การศึกษาลมพัดผ่านไม้ประดับบริเวณระเบียงทางเดินอาคาร เพื่อให้ได้ความเร็วลมในสภาวะน่าสบาย

The study of wind blowing through the garden plant at corridor for comfort zone - wind velocity

นารีรัตน์ บัวบุตร

Nareerat Bourbud

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Environmental Management
Prince of Songkla University

2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การศึกษาความเร็วลมที่พัดผ่านไม้ประดับ ประดับอาคารบริเวณระเบียงทางเดินอาคาร

The study of wind blowing through the garden plant at corridor

นารีรัตน์ บัวบุตร

Nareerat Bourbud

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Science in Environmental Management
Prince of Songkla University

2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาความเร็วลมที่พัดผ่านไม้ประดับ ประดับอาคารบริเวณระเบียงทางเดินอาคาร

ผู้เขียน นางสาวนารีรัตน์ บัวบุตร

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	**คณะกรรมการสอบ**
.....	.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกื้ออนันต์ เตชะโต)	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.ไชยวัฒน์ รงค์สยามานนท์)
	.....กรรมการ
	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระวี เจียรวิภา)
	.....กรรมการ
	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ ชัยวิวัฒน์วรกุล)
	.....กรรมการ
	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกื้ออนันต์ เตชะโต)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

.....

(ศาสตราจารย์ ดร.ดำรงศักดิ์ ฟ้ารุ่งสาง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกื้ออนันต์ เตชะโต)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ .....
(นางสาวนารีรัตน์ บัวบุตร)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ .....
(นางสาวนารีรัตน์ บัวบุตร)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาลมพัดผ่านไม้ประดับบริเวณระเบียงทางเดินอาคารเพื่อให้ได้ความเร็วลมในสภาวะน่าสบาย
ชื่อผู้เขียน นางสาว นารีรัตน์ บัวบุตร
สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความเร็วลมที่พัดผ่านไม้ประดับอาคารบริเวณระเบียงทางเดินอาคาร เพื่อหาความเหมาะสมในการปลูกพืชประดับระเบียงอาคาร ที่ส่งผลต่อสภาวะน่าสบาย แก่ผู้ที่อาศัย จากการศึกษาใช้พืชในการทดลอง 3 ชนิด คือ ลิ้นมังกร, ว่านกาบหอย และสับปะรดสี จากผลการทดลองพบว่า ลิ้นมังกรลมไหลผ่านได้ดีที่สุด เนื่องจากลิ้นมังกรมีลักษณะใบที่เรียวยาวลำต้นสูง ทำให้ลมสามารถผ่านได้ดีสุด เนื่องจากมีช่องว่างให้ลมสามารถไหลผ่านได้มากกว่า ความเร็วลมต้นทางที่แตกต่างกันจะส่งผลโดยส่งต่อการลดลงของความเร็วลมที่พัดผ่านลิ้นมังกร โดยพบว่า เมื่อมีความเร็วลมต้นทางที่หน้าพืชเพิ่มมากขึ้น ความเร็วลมลมที่จะพัดผ่านด้านหลังพืชก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วย จากการทดลองความเร็วลมต้นทางที่ 2.00 m/s ขึ้นไป พบว่าเป็นความเร็วลมที่ทำให้ลมที่พัดผ่านอยู่ในสภาวะน่าสบาย และจากการทดลองปัจจัยด้านความสูงของพืชที่แตกต่างกันก็ส่งผลต่อการลดลงของความเร็วลม โดยทำการทดลองศึกษาที่หน้าต่าง (120 x 110 cm) จะเห็นได้ว่าที่ระดับความสูงของพืชที่ 30 cm เหมาะแก่การปลูกพืชมากที่สุดเนื่องจากเป็นระดับที่ลมไหลผ่านได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับระดับความสูงเมื่อเทียบกับความสูงที่ 40 และ 50 cm ซึ่งคิดเป็น 27.27% ของขนาดหน้าต่าง จากผลการทดลองยังพบว่า ปัจจัยลักษณะการปลูกก็ส่งผลต่อการลดลงของความเร็วลม ซึ่งลักษณะการปลูกแบบ 1 แถว ลมสามารถพัดผ่านบริเวณด้านหลังของพืชได้ดีที่สุด เมื่อเทียบกับลักษณะการปลูกแบบอื่น เนื่องจากมีช่องว่าให้ลมสามารถไหลผ่านได้มากกว่า ส่วนการปลูกแบบ 2 แถว และ 2 แถวสลับนั้น เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันพบว่าการปลูกแบบ 2 แถวลมจะไหลผ่านได้ดีกว่าการปลูกแบบ 2 แถวสลับ เพราะการปลูกแบบ 2 แถวสลับ จะมีช่องว่างให้ลมไหลผ่านได้น้อยกว่า เพราะการปลูกแบบสลับจะเป็นกันบดบังช่องว่างที่ลมจะไหลผ่าน นอกจากนี้การทดลองยังพบว่าระยะห่างจากความเร็วลมต้นทางก็ส่งผลต่อการลดลงของความเร็วลม จากการทดลองเมื่อระยะที่ตรวจวัดความเร็วลมด้านหลังพืช ห่างไปจากตำแหน่งของความเร็วลมต้นทาง ลมที่ไหลผ่านก็จะมีความเร็วลมที่ลดน้อยลงไปด้วย จากผลการทดลองสรุปได้ว่าที่ความเร็วลมต้นทางเป็น 1.00 m/s ที่ระดับความสูงพืช 30 cm และความเร็วลมต้นทางที่ 2.50 m/s ที่ความสูงพืช 50 cm จะนำไปสู่สภาวะน่าสบาย

Thesis Title The study of wind blowing through the garden plant at corridor for comfort zone-wind velocity

Author Miss Nareerat Bourbud

Major Program Environmental Management

Academic Year 2017

Abstract

This research aims at studying the effect on indoor wind speed through the use of cultivated indoor plants in order to leading to more comfort for the building' s occupants. *Sansevieria trifasciata*, *Tradescantia discolor* and *Aechmea fasciata* were used in the study. The results showed that the wind speed was at its highest with the use of *Sansevieria trifasciata* due to the shape of its long leaves and high stem, leading to the gap effect for the wind to flow over, with the difference of the starting wind speed leading to the decrease of the wind speed. The results have shown that the increase of the wind speed at the front of plants was affected by the increase of the wind speed at the back of the plants. A wind speed of up to 2.00 m/s is considered to be the comfort zone. The results showed that the height difference of plants directly affected the reduction of wind speed. A study of the windows (120 x 110 cm) has found that a height of 30 cm was appropriate for planting due to the higher level of wind flow, compared to a planting height of 40 or 50 cm, which accounts for 27.27% of the window size. The results showed that the planting factors had an influence on the reduction of the wind speed. With the planting of 1 row, the wind was able to blow through the back of the plants at its highest speed because there was the gap the wind could flow through. When planting 2 rows and additionally 2 alternate rows it was found that the wind flow was higher with 2 rows than with 2 alternate rows due to the 2 alternate rows having less space for allowing the wind to flow through. In addition, the distance from starting the wind speed affected the reduction of wind speed.The result showed that when measuring the wind speed of behind the plants

from the location of the starting wind speed was found the lower of wind speed. This study indicated that a plant height of 30 cm resulted in a wind speed of 1.00 m/s, and a plant height of 50 cm leading to wind speed of up to 2.50 m/s, and therefore leading to more comfortable zones.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้ความช่วยเหลือและคำแนะที่ดีจากอาจารย์หลายๆ ท่าน ผู้วิจัย ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกื้ออนันต์ เตชะโต อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา และคอยช่วยเหลือในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ในการทำวิจัย ช่วยตรวจสอบความถูกต้องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ อีกทั้งสอนกระบวนการคิด ขั้นตอนการวางแผนงานวิจัย ตลอดจนทั้งคอยให้กำลังใจผู้วิจัยตลอดมาจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จ

ขอขอบคุณ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่เป็นทั้งสถานที่ให้ความรู้และสถานที่ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม ที่ให้ความเป็นมิตรภาพที่ดี และให้ความช่วยเหลือในหลาย ๆ ขั้นตอนของการทำวิจัย ครั้งนี้

และสุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณครอบครัวของผู้วิจัย ที่เป็นแรงผลักดัน สนับสนุนดูแลในทุกๆ ด้าน และเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยตลอดมาจนทำให้การศึกษาระดับปริญญาโทสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นารีรัตน์ บัวบุตร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(5)
Abstract	(6)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญรูป	(12)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 สมมติฐานของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย	2
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	4
2.1 สภาพอากาศของประเทศไทย	4
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับความเร็วลม	5
2.3 ขอบเขตความสบายของประเทศไทย	9
2.4 การระบายอากาศ	15
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	22
3.1 การคัดเลือกพันธุ์พืช	22
3.1 พื้นที่ทำการทดลอง	28
3.2 การทดลอง และการเก็บข้อมูล	29
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	35
4.1 การศึกษาเปรียบเทียบความเร็วลม	35
4.1.1 ลิ้นมังกร	35
4.1.2 สับปะรดสี	37
4.1.3 ว่านกาบหอย	39

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.2 การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะความสูงของพืช	43
4.1.1 ลิ้นมังกร	43
4.1.2 สับปะรดสี	45
4.1.3 ว่านกาบหอย	47
4.3 การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะการปลูก ของพืช	50
4.3.1 ลิ้นมังกร	50
4.3.2 สับปะรดสี	52
4.3.3 ว่านกาบหอย	54
4.4 ข้อมูลประกอบเกี่ยวกับอุณหภูมิและความชื้น	57
4.5การศึกษาลักษณะการไหลผ่านของลมโดยใช้อุโมงค์ลม	58
4.5.1 ลิ้นมังกร	58
4.5.2 สับปะรดสี	59
4.5.3 ว่านกาบหอย	61
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	68
เอกสารอ้างอิง	70
ภาคผนวก	75
ประวัติผู้เขียน	85

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เปรียบเทียบความเร็วลมและชนิดลมของมาตรโบฟอร์ด	7
2.2 ความเร็วลมเฉลี่ยในจังหวัดสงขลาปี พ.ศ. 2559 ที่สถานีตรวจอากาศเกษตรคอหงส์	8
2.3 ความเร็วลมกับความรู้สึกของมนุษย์	13
2.4 ขอบเขตความสบายของประเทศไทยโดยใช้ลมธรรมชาติ	13
2.5 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียระหว่างระบบระบายอากาศธรรมชาติ ระบบกลระบายอากาศ และระบบระบายอากาศแบบผสม	18
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
3.1 ระดับความเร็วลมต้นทางและระยะการตรวจวัดความเร็วลม	33
4.1 ผลการทดลองความเร็วลมที่พัดผ่านลิ้นมังกร	35
4.2 ผลการทดลองความเร็วลมที่พัดผ่านสับปะรดสี	37
4.3 ผลการทดลองความเร็วลมที่พัดผ่านว่านกาบหอย	39
4.4 ลักษณะพืชแต่ละชนิดและการจัดแบ่งกลุ่ม	41
4.5 เปรียบเทียบความเร็วลมที่พัดผ่านลิ้นมังกรที่ความสูงต่างๆ	43
4.6 เปรียบเทียบความเร็วลมที่พัดผ่านสับปะรดสีที่ความสูงต่างๆ	45
4.7 เปรียบเทียบความเร็วลมที่พัดผ่านว่านกาบหอยที่ความสูงต่างๆ	47
4.8 เปรียบเทียบความเร็วลมที่พัดผ่านลิ้นมังกรที่ลักษณะการปลูกต่างๆ	50
4.9 เปรียบเทียบความเร็วลมที่พัดผ่านสับปะรดสีที่ลักษณะการปลูกต่างๆ	52
4.10 เปรียบเทียบความเร็วลมที่พัดผ่านว่านกาบหอยที่ลักษณะการปลูกต่างๆ	54
4.11 ข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น	57
4.12 สรุปผลการทดลอง	67
ภาคผนวกที่ 1 ความเร็วลมที่พัดผ่านลิ้นมังกรที่ความสูง 30 cm	76
ภาคผนวกที่ 2 ความเร็วลมที่พัดผ่านลิ้นมังกรที่ความสูง 40 cm	77
ภาคผนวกที่ 3 ความเร็วลมที่พัดผ่านลิ้นมังกรที่ความสูง 50 cm	78
ภาคผนวกที่ 4 ความเร็วลมที่พัดผ่านสับปะรดสีที่ความสูง 30 cm	79
ภาคผนวกที่ 5 ความเร็วลมที่พัดผ่านสับปะรดสีที่ความสูง 40 cm	80
ภาคผนวกที่ 6 ความเร็วลมที่พัดผ่านสับปะรดสีที่ความสูง 50 cm	81
ภาคผนวกที่ 7 ความเร็วลมที่พัดผ่านว่านกาบหอยที่ความสูง 30 cm	82
ภาคผนวกที่ 8 ความเร็วลมที่พัดผ่านว่านกาบหอยที่ความสูง 40 cm	83

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ภาคผนวกที่ 9 ความเร็วลมที่พัดผ่านว่านกาบหอยที่ความสูง 50 cm 84

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แผนภูมิแสดงสภาวะน่าสบาย Bioclimatic Chart	10
2.2 การระบายอากาศแบบข้ามฟาก (Cross ventilation)	15
2.3 การระบายอากาศด้วยปล่องความร้อน (stack ventilation)	15
2.4 การระบายอากาศทางเดียว (single-side ventilation)	16
2.5 การระบายอากาศแบบผสม	17
3.1 ลักษณะต้นลิ้นมังกร	25
3.2 ลักษณะต้นสับปะรดสี	26
3.3 ลักษณะต้นว่านกาบหอย	27
3.4 แสดงการใช้สอยพื้นที่ในแต่ละชั้นของอาคารเรียนคณะการจัดการ-สิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	28
3.5 ภายในอาคารชั้น 1 และบริเวณระเบียงอาคารชั้น 1 คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม	29
3.6 แผนผังการทดลอง	30
3.7 ลักษณะการปลูกพืชแต่ละชนิด	31
3.8 เครื่อง Termo-Anemometro PCM/MCM + Termometro-infrarrojo Modelo AN 200	32
3.9 การทดลองลักษณะการไหลผ่านของลม	34
4.1 ความเร็วลมที่พัดผ่านลิ้นมังกร	36
4.2 ความเร็วลมที่พัดผ่านสับปะรดสี	38
4.3 ความเร็วลมที่พัดผ่านว่านกาบหอย	39
4.4 เปรียบเทียบลักษณะความสูงของลิ้นมังกร	44
4.5 เปรียบเทียบลักษณะความสูงของสับปะรดสี	46
4.6 เปรียบเทียบลักษณะความสูงของว่านกาบหอย	48
4.7 เปรียบเทียบลักษณะการปลูกของลิ้นมังกร	51
4.8 เปรียบเทียบลักษณะการปลูกของสับปะรดสี	53
4.9 เปรียบเทียบลักษณะการปลูกว่านกาบหอย	55
4.10 ลักษณะการไหลของลมผ่านลิ้นมังกรที่ความสูง 30 cm	58
4.11 ลักษณะการไหลของลมผ่านลิ้นมังกรที่ความสูง 50 cm	59
4.12 ลักษณะการไหลของลมผ่านสับปะรดสีที่ความสูง 50 cm	60

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.13 ลักษณะการไหลของลมผ่านสับปะรดสีที่ความสูง 50 cm	61
4.14 ลักษณะการไหลของลมผ่านว่านกาบหอยที่ความสูง 30 cm	62
4.15 ลักษณะการไหลของลมผ่านว่านกาบหอยที่ความสูง 50 cm	63

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

เนื่องจากปัญหาสภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน ทำให้มีแนวโน้มอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นถึง 1.1- 6.4 °C ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาสภาวะโลกร้อน ส่วนหนึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้น จากการทำกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ เช่น การเผาถ่านหินและเชื้อเพลิง รวมถึงสารเคมีที่มีส่วนผสมของก๊าซเรือนกระจก จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ก๊าซเรือนกระจกรวมตัวอยู่บนชั้นบรรยากาศของโลก ส่งผลทำให้รังสีของดวงอาทิตย์ที่ควรสะท้อนกลับออกไปในปริมาณที่เหมาะสม กลับถูกก๊าซเรือนกระจกกักเก็บไว้ จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้อุณหภูมิของโลกค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นจากเดิม

ผลกระทบที่เกิดจากภาวะโลกร้อน เช่น การเปลี่ยนแปลงของสภาพลมฟ้าอากาศของโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงที่แปลกไปจากเดิม การเกิดภัยธรรมชาติที่มีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น น้ำท่วม แผ่นดินไหว พายุที่มีความรุนแรง สภาพอากาศที่มีความร้อนเพิ่มมากขึ้นจนผิดปกติจนทำให้มีคนเสียชีวิตได้ และรวมไปถึงการเกิดโรคระบาดชนิดใหม่ๆ หรือโรคระบาดที่หายไปจากโลกนี้แล้วก็กลับมาให้เราได้เห็นใหม่ และพาหะนำโรคที่เพิ่มจำนวนมากขึ้น ในอนาคตคาดว่าผลกระทบของภาวะโลกร้อนจะมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นการช่วยกันลดภาวะโลกร้อนจึงเป็นทางออกหลักในการแก้ปัญหา ซึ่งแนวทางในการแก้ปัญหามีได้หลายวิธี วิธีการหลักๆ คือ การปลูกต้นไม้เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหาสภาวะโลกร้อนได้ เพราะต้นไม้จะดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และปล่อยก๊าซออกซิเจนออกมา เปรียบเสมือนเป็นเครื่องฟอกอากาศให้กับโลก แต่พบว่าในปัจจุบันนั้นป่าไม้ถูกทำลายและมีจำนวนลดลงเป็นอย่างมาก ฉะนั้นถ้าทุกคนช่วยกันปลูกต้นไม้ ก็เหมือนเป็นการช่วยเพิ่มจำนวนเครื่องฟอกอากาศให้กับโลก

ปัจจุบันงานทางด้านสถาปัตยกรรมในประเทศไทย นั้นมีความจำเป็นต้องอาศัยการใช้พลังงานจากการใช้เครื่องปรับอากาศเป็นจำนวนมาก เนื่องจากประเทศไทยนั้น มีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น (Hot and humid climate) ซึ่งเป็นสภาพอากาศที่อยู่นอกเหนือจากเขตสบายเกือบทั้งปี (สุนทร บุญญาธิการ, 2542) ดังนั้นวิธีในการแก้ปัญหาที่ดีและนิยมนำมาใช้คือการใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อปรับให้สภาพอากาศเข้าสู่สภาวะน่าสบาย (Comfort zone) แต่พลังงานที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศ เมื่อมีการเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดอื่นๆ พบว่าเครื่องปรับอากาศเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองพลังงานมากที่สุด โดยคิดเป็น 50% โดยประมาณของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอาคาร จึงเป็นสาเหตุทำให้ประเทศต้องนำเข้าพลังงานมาจากต่างประเทศ และนอกจากนั้นยังส่งผลให้เกิดผลกระทบต่างๆ อีกมากมาย เช่น ทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจก เกิดปัญหามลภาวะทางอากาศจากการผลิตกระแสไฟฟ้า

เป็นต้น ดังนั้นแนวทางที่จะช่วยลดการใช้พลังงาน คือ การหาวิธีการต่างๆ ที่เหมาะสมเพื่อเป็นการช่วยประหยัดพลังงาน และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากอาคารแต่ละอาคาร มักจะมีระเบียงยื่นออกมาและมีการปลูกต้นไม้หรือการจัดสวนขนาดเล็กบริเวณระเบียงอาคาร ทางผู้วิจัยได้เห็นความสำคัญในเรื่องการปลูกต้นไม้บริเวณรอบระเบียงอาคาร จึงศึกษาหาพืชที่เหมาะกับการปลูกบริเวณระเบียงอาคาร หาสภาวะที่เหมาะสมในปลูกและศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาวะน่าสบายของผู้ที่อาศัยอยู่ภายในอาคาร เนื่องจากบางครั้งการปลูกต้นไม้ในรูปแบบที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลเสียมากกว่าผลดี ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาการลดลงของความเร็วลมที่พัดผ่านพืชประดับอาคาร โดยนำพืชมาปลูกบริเวณอาคารเพื่อหาการลดลงของความเร็วลมที่พัดผ่านพืชประดับอาคารเข้ามาภายในอาคาร และหาปัจจัยที่มีผลต่อการลดลงของความเร็วลมเพื่อสภาวะน่าสบายของผู้ที่อาศัยภายในอาคาร และเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการนำมาประยุกต์ใช้กับอาคารที่พักอาศัยจริง

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเร็วลมที่พัดผ่านไม้ประดับอาคาร และเปรียบเทียบความเร็วลมที่พัดผ่านบริเวณด้านหน้าและหลังต้นไม้
2. เพื่อศึกษาปัจจัยทีมีผลต่อการลดลงของความเร็วลม

1.3 สมมติฐานของงานวิจัย

ชนิดของไม้ประดับอาคารและลักษณะการจัดวางในการปลูก ไม้ประดับอาคารแต่ละชนิดจะมีผลต่อการลดลงของความเร็วลมที่ผัดผ่านเข้าสู่อาคารไม่เท่ากัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบถึงความเร็วลมที่ลดลงที่พัดผ่านไม้ประดับอาคาร ที่พัดผ่านระหว่างบริเวณด้านหน้าและหลังต้นไม้
2. ได้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการลดลงของความเร็วลม ที่พัดผ่านไม้ประดับอาคาร
3. ได้แนวทางการปลูกต้นไม้บริเวณระเบียงทางเดินอาคาร

1.5 ขอบเขตการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยเรื่องการศึกษาการลดลงของความเร็วลมที่เข้ามาภายในอาคารโดยการพัดผ่านพืชประดับอาคาร ได้กำหนดขอบเขตของการศึกษาไว้ดังนี้คือ

1.5.1 ขอบเขตเนื้อหา

จะทำการศึกษาการลดลงของความเร็วลมที่เข้ามาภายในอาคารโดยการพัดผ่านไม้ประดับอาคาร โดยทำการศึกษาเนื้อหาเกี่ยวกับสภาพปัญหาของการใช้ลมธรรมชาติของอาคาร และศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีการระบายอากาศจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดแนวทางการศึกษา

1.5.2 ขอบเขตด้านความเร็วลม

ความเร็วลมที่ใช้ในการทดลองคือ 0.50 – 4.00 m/s เนื่องจากเป็นช่วงความเร็วลมเฉลี่ยภายในจังหวัดสงขลา (ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก,2559)

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

2.1 สภาพอากาศของประเทศไทย

ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 5 - 21 ° เหนือ ทางด้านตะวันออกอยู่ที่ลองติจูด 106 ° ตะวันออก ตะวันตกอยู่ที่ลองติจูด 97 ° ตะวันออก ประเทศไทยอยูภายใตอิทธิพลของมรสุม 2 ชนิด คือ

- มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จะพัดปกคลุมประเทศไทยระหวางกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม โดยมีแหลงกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกใตบริเวณมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งขจะพัดออกจากศูนยกลางเปนลมตะวันออกเฉียงใต และเปลี่ยนเปนลมตะวันตกเฉียงใตเมื่อพัดขามเสนศูนยสูตร มรสุมนี้จะนำมวลอากาศชื้นจากมหาสมุทรอินเดียมาสูประเทศไทย ทำใหมีเมฆมากและฝนชุกทั่วไป โดยเฉพาะอยางยิ่งตามบริเวณชายฝงทะเล และเทือกเขาดานรับลมจะมีฝนมากกวาบริเวณอื่น

- มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ หลังจากหมดอิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใตแลวประมาณกลางเดือนตุลาคมจะมีมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทยจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ มรสุมนี้มีแหลงกำเนิดจากบริเวณความกด อากาศสูงในซีกโลกเหนือแถบประเทศมองโกเลียและจีน จึงพัดพาเอามวลอากาศเย็นและแหงจากแหลงกำเนิดเขา มาปกคลุมประเทศไทยทำใหทองฟาโปรงอากาศหนาวเย็นและแหงแลงทั่วไป โดยเฉพาะภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สวนภาคใตจะมีฝนชุกโดยเฉพาะภาคใตฝงตะวันออก เนื่องจากมรสุมนี้นำความชุมชื้นจากอาวไทยเขามาปกคลุม (วิรัช มณีสาร,2538)

2.1.1 สภาพภูมิอากาศภาคใต้

ลักษณะภูมิอากาศของภาคใต้นั้นจัดเป็นแบบมรสุมเมืองร้อน ซึ่งจะมีฝนตกชุกและมีความแห้งแล้งสลับกันในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ทางตอนบนของภาคจะมีฝนน้อยกว่าทางตอนล่าง อุณหภูมิโดยเฉลี่ยของภาคใต้อยู่ระหว่าง 26 – 28 °C ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้นั้นแทบทุกจังหวัดมีฝนตกมาก ฤดูกาลในภาคใต้ มีเพียง 2 ฤดู คือฤดูฝน และ ฤดูร้อน

2.1.1.1 ภูมิอากาศจังหวัดสงลา

สงขลาเป็นจังหวัดชายทะเลตั้งอยู่ทางภาคใต้ฝั่งตะวันออกของประเทศไทย ตั้งอยู่ประมาณที่ละติจูด 6.3° - 7.9 ° เหนือ ลองจิจูด 100.1 ° - 101.1 ° ตะวันออก

ลักษณะอากาศทั่วไป จังหวัดสงขลาอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุมที่พัดประจำ เป็นฤดูกาล 2 ชนิดคือ ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่ง เป็นลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ ที่พัดเอามวลอากาศชื้นจากมหาสมุทรอินเดียมาสู่ประเทศไทยระหว่างกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม หรือในช่วงฤดูฝน ทำให้จังหวัดสงขลามีฝนชุกทั่วไป ส่วนมรสุมอีกชนิดหนึ่งคือมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ที่พัดเอามวลอากาศเย็นและแห้งจากประเทศจีนมาสู่ ประเทศไทยระหว่างกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ทำให้จังหวัดสงขลามีอากาศเย็นลงและมีฝนชุกต่อเนื่องอีกระยะหนึ่ง เนื่องจากมรสุมนี้พัดพามวลอากาศชื้นจากอ่าวไทยมาปะทะชายฝั่งบริเวณพื้นที่ราบชายฝั่งทะเลด้านตะวันออก ซึ่งเป็นด้านรับลมจึงมีปริมาณฝนมากกว่าพื้นที่ด้านตะวันตก โดยเฉพาะในเดือนพฤศจิกายน และธันวาคม

อุณหภูมิ จากสภาพภูมิประเทศ สงขลาเป็นจังหวัดที่อยู่ติดกับทะเล อุณหภูมิระหว่างฤดูกาลและกลางวันกลางคืนจึง ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 27.9 °C อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 31.5 °C และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 24.8 °C เดือนที่มีอากาศร้อนอบอ้าวที่สุดคือเดือนเมษายน อุณหภูมิสูงที่สุดที่เคยตรวจวัดได้คือ 40.3 °C เมื่อวันที่ 27 เมษายน 2559 ที่ สถานีตรวจอากาศสะเดา และอุณหภูมิต่ำที่สุดที่เคยตรวจวัดได้คือ 13.7 °C เมื่อวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2557 ที่สถานีอากาศการเกษตรคอหงส์ อ.หาดใหญ่

ฝน จังหวัดสงขลามีฝนชุกตลอดปี เนื่องจากอิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะตั้งแต่เดือนพฤษภาคมเป็นต้นไปจนถึงเดือนธันวาคม ส่วนช่วงต้นปีตั้งแต่เดือนมกราคมฝนจะลดลงเป็นลำดับ จนถึงช่วงระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายนจะเป็นช่วงที่มีฝนน้อย ปริมาณฝนบริเวณอำเภอเมืองเฉลี่ยตลอด ปีประมาณ 2066.7 ml มีฝนตกประมาณ 162 วัน เดือนที่มีฝนตกมากที่สุดคือเดือนพฤศจิกายน มีฝนเฉลี่ย ประมาณ 545.9 ml และมีฝนตกประมาณ 23 วัน ปริมาณฝนสูงที่สุดที่เคยตรวจวัดได้ใน 24 ชั่วโมง 521.8 ml เมื่อวันที่ 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2548 (ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยากรมอุตุนิยมวิทยา,2560)

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับความเร็วลม

อากาศหรือกระแสลม (Air Flow) เกิดได้จากความแตกต่างของอุณหภูมิ และเกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศ การระบายอากาศจึงเป็นมาตรการหนึ่งที่จะถูกนำมาใช้เพื่อควบคุมความเข้มข้นของสารเคมีในสิ่งแวดล้อมต่อการทำงาน นอกจากนั้นยังพบว่าการระบายอากาศยังช่วยลดความร้อน ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดความเหนื่อยล้า ความรู้สึกที่ไม่สบายตัวของมนุษย์ ตลอดจนยังช่วยควบคุมปัญหาในเรื่องกลิ่น ความชื้น และคุณภาพอากาศภายในอาคารด้วย (วันทนีย์ พันธุ์-ประสิทธิ์, 2549) การระบายอากาศโดยทั่วไปนั้นแบ่งได้ เป็น 2 ชนิด คือ

(1) การระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanical Ventilation)

(2) การระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural Ventilation)

ซึ่งวิธีการการระบายอากาศโดยทั่วไปนั้นมีวัตถุประสงค์ เพื่อเจือจางสารปนเปื้อนภายในอากาศให้อยู่ ในระดับที่สามารถยอมรับได้ เพื่อให้ได้มาซึ่งคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality, IAQ)

จากวิกฤติด้านพลังงานจึงนำมาซึ่งมาตรการประหยัดพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ ถูกนำมาใช้รวมทั้งการจำกัด อัตราการไหลถ่ายเทอากาศเข้าและออกภายในอาคาร ในปี 1989 ASHRAE ได้จัดทำมาตรฐาน ASHRAE 62-1989 ซึ่งเสนอแนะอัตราการไหลต่ำสุดของอากาศจากภายนอกเข้าสู่อาคารเท่ากับ 20 cfm (9.2 L/s) ต่อคนในอาคารสำนักงาน การควบคุมให้อัตราการไหลของอากาศจากภายนอกเข้าสู่อาคารด้วยอัตราที่เสนอแนะโดย ASHRAE นี้เรียกว่า “Ventilation Rate Procedure” ซึ่งวิธีนี้ไม่จำเป็นต้องคำนวณหรือประเมินอัตราการเกิดของสารปนเปื้อนใน

2.2.1 การวัดลม

การวัดลมมีวิธีการวัด 2 วิธี คือ วัดทิศลม และวัดความเร็วลม

- ทิศทางลม (Wind Direction) ทิศการกำเนิดของกระแสลมเทียบกับจุดสังเกตุ การเรียกทิศลมจะมีการเรียกชื่อตามทิศต่าง ๆ ของเข็มทิศ หรืออาจจะมีการเรียกเป็นองศาจากทิศจริง ในปัจจุบันการวัดทิศลมนิยมวัดตามเข็มทิศและวัดเป็นองศา ถ้าใช้วิธีการวัดทิศลมด้วยเข็มทิศ จะถูกแบ่งออกเป็นทิศใหญ่ๆ 4 ทิศ คือ ทิศเหนือ, ทิศใต้, ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ซึ่งสามารถแบ่งย่อยออกรวมเป็น 8 ทิศ คือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ, ทิศตะวันออกเฉียงใต้, ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งย่อยได้เป็น 16 ทิศ หรือ 32 ทิศ แต่มักจะนิยมรายงานจำนวนทิศเพียง 8 หรือ 16 ทิศ เท่านั้น ในส่วนของการวัดทิศลมที่เป็นองศาบอกมุมของลมจากทิศจริงในลักษณะเวียนตามเข็มนาฬิกา ใช้สเกลจาก 0° ไปจนถึง 360°

- ความเร็วลม (Wind Speed) ความเร็วลม คือ อัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของอากาศที่ทำให้เกิดแรงหรือความกดที่ผ่านจุดที่กำหนดให้บนพื้นผิวโลก และแรงหรือความกดเป็นสัดส่วนกับกำลัง 2 ของความเร็วลม ความเร็วลมมีผลกระทบต่อการการพยากรณ์อากาศ, เครื่องบิน, การเดินทางทางทะเล, โครงการก่อสร้าง, การเจริญเติบโตและอัตราการเผาผลาญของพืชหลายชนิด และผลกระทบอื่นๆ อีกมากมาย ความเร็วลมวัดด้วยเครื่องวัดความเร็วลม (anemometer) ซึ่งอาจจะมีหน่วยเป็น m/s, km/h, mph หรือ Knots เป็นต้น แต่ยังสามารถจำแนกได้โดยใช้โบฟอร์ดสเกล ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความเร็วลม คือ การกระจายของความกดอากาศ, คลื่นในทะเล และสภาพอากาศท้องถิ่น (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน,2557)

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบความเร็วลมและชนิดลมของมาตรโบฟอร์ด

มาตราโบฟอร์ดและคำอธิบาย	อัตราเร็วลมเทียบเท่ามาตรฐานที่ความสูง 10 m เหนือพื้นดิน (m/s)	คุณสมบัติสำหรับการประมาณการความเร็วเหนือพื้นดิน
0 ลมอ่อน	0 – 0.2	สงบ ควันลอยดิ่งขึ้นตรง
1 ลมเบา	0.3 – 1.5	ทิศทางลมมองเห็นได้โดยควันที่ลอยขึ้น แต่ไม่ใช่จากศรลม
2 ลมอ่อน	1.6 - 3.3	รู้สึกมีลมปะทะหน้า ใบไม้เคลื่อนไหวศรลมเริ่มหันทิศทางไปตามลม
3 ลมเฉื่อย	3.4 – 5.4	ใบไม้และกิ่งไม้เล็กๆ เคลื่อนไหวตลอดเวลา ธงคลี่ออกตามลม
4 ลมปานกลาง	5.5 – 7.9	ฝุ่นฟุ้ง กระดาษปลิว กิ่งไม้เล็กๆ โยก
5 ลมกระโชก	8.0 – 10.7	ต้นไม้เล็กๆ เริ่มโยก แหล่งน้ำบนบกเริ่มเห็นยอดเป็นคลื่นระลอกเล็กๆ
6 ลมแรง	10.8 – 13.8	กิ่งไม้ใหญ่โยก สายโทรเลขดังหวือๆ ไม่สะดวกที่จะใช้ร่ม
7 พายุปานกลาง	13.9 – 17.1	ต้นไม้โยก เดินต้านลมไม่สะดวก
8 พายุกระโชก	17.2 – 20.7	กิ่งไม้หัก เดินไปข้างหน้าไม่สะดวก
9 พายุแรง	20.8 – 24.4	เบี่ยงโครงสร้างความเสียหายที่เกิดขึ้น (ปล่องควันและกาแพงแยกออก)
10 พายุจัด	24.5 – 28.4	ต้นไม้ถอนราก สิ่งก่อสร้างเสียหายมาก
11 พายุรุนแรง	28.5 – 32.6	สิ่งก่อสร้างเสียหายเป็นบริเวณกว้าง
12 พายุเฮอริเคน	≥ 32.7	

ที่มา : ดวงพร นพคุณ (2536)

2.2.2 ความเร็วลมในจังหวัดสงขลา

ระบบการหมุนเวียนของลมในจังหวัดสงขลา พบว่าช่วงเดือนพฤศจิกายน-เมษายน จะเป็นลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ช่วงเดือนพฤษภาคมและสิงหาคมจะเป็นลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และในช่วงเดือนมิถุนายน กรกฎาคม กันยายน และตุลาคม จะเป็นลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

ตารางที่ 2.2 ความเร็วลมเฉลี่ยในจังหวัดสงขลาปี พ.ศ. 2559 ที่สถานีตรวจอากาศเกษตรคอหงส์

เดือน	**ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)**
มกราคม	3.94
กุมภาพันธ์	4.69
มีนาคม	4.11
เมษายน	3.97
พฤษภาคม	4.11
มิถุนายน	4.02
กรกฎาคม	3.78
สิงหาคม	4.52
กันยายน	4.44
ตุลาคม	3.58
พฤศจิกายน	3.00
ธันวาคม	3.94

ที่มา: ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก กรมอุตุนิยมวิทยา (2559)

2.3 ขอบเขตความสบายของประเทศไทย

2.3.1 สภาวะน่าสบาย (Comfort Zone)

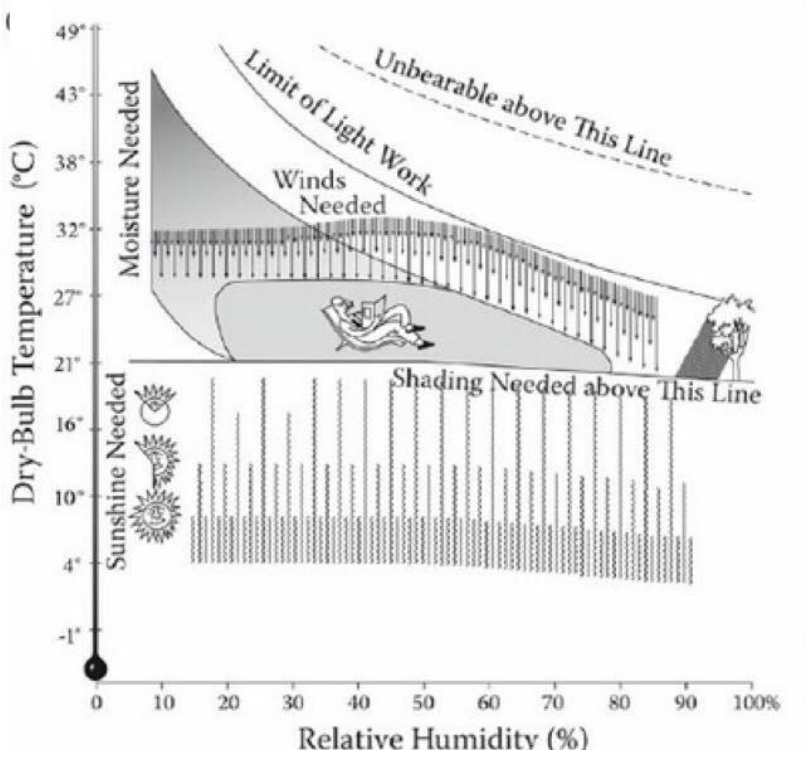
จากคำจำกัดความสภาวะน่าสบายของ ASHRAE (2008)“The condition of mind that expresses satisfaction with the thermal environment” สภาวะน่าสบาย คือสภาพของจิตใจที่มีความพึงพอใจในอุณหภูมิแวดล้อม มนุษย์พยายามที่จะหาวิธีสร้างสภาวะน่าสบาย จากสภาพแวดล้อมให้ตนเองในหลากหลายวิธี เช่นการเลือกที่นั่งในร่มใต้ต้นไม้ เพื่อเป็นการหลบความร้อนจากแสงอาทิตย์ การโบกพัดเพื่อช่วยคลายร้อนจากอุณหภูมิรอบข้าง ส่วนในเรื่องของสิ่งปลูกสร้างในงานทางด้านสถาปัตยกรรม ตั้งแต่สมัยประวัติศาสตร์มนุษย์ได้สร้างที่อยู่อาศัยเพื่อหลบแดด หลบฝน และพายุแล้ว ยังเป็นเพราะมนุษย์รู้ว่าอุณหภูมิภายนอกกับภายในที่อยู่อาศัยนั้นมีความแตกต่างกัน มนุษย์นำความรู้นี้มาพัฒนากับภูมิปัญญาของคนในแต่ละท้องถิ่น และจากวัตถุดิบในสภาพแวดล้อมที่มีความต่างกัน อาคารที่อยู่อาศัยในแต่ละภูมิประเทศจึงมีลักษณะที่แตกต่างกันไป ทั้งนี้เป็นเพราะมนุษย์เรานั้นรู้จักหาวิธีการป้องกันตัวเองจากภัยธรรมชาติ และพยายามที่จะเลือกหาสภาวะน่าสบายที่เหมาะสมกับอาคารหรือที่อยู่อาศัย ซึ่งการค้นหาสภาวะน่าสบายนี้มีมาตั้งแต่ยังไม่มีการกำหนดคำหรือคำจำกัดความของสภาวะน่าสบาย ซึ่งมนุษย์ได้มีการพัฒนาและพยายามสร้างการควบคุมสภาวะน่าสบายในอาคารมาอย่างต่อเนื่องจนกระทั้งถึงปัจจุบัน

สภาวะน่าสบายยังมีผลต่อการประกอบกิจกรรมของมนุษย์ เช่น ระหว่างการนั่งอ่านหนังสือในห้องที่อุณหภูมิและสภาพแวดล้อมที่กำลังพอเหมาะและสงบเงียบ กับการนั่งอ่านหนังสือในห้องที่ร้อน อับชื้น และถูกรบกวนจากเสียงอันไม่พึงประสงค์ สภาพของห้องแรกจะทำให้เราอ่านหนังสือได้รู้เรื่องมากกว่า และยังไม่สงผลกระทบต่อสุขภาพทั้งร่างกายและจิตใจของเรา ดังนั้นในสถานศึกษาสภาวะน่าสบายจึงมีความสำคัญต่อการเรียนรู้ เป็นต้น

ตามหลักสถาปัตยกรรม สามารถวัดได้อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ถึงความรู้สึกถึงความสบายของมนุษย์ ถ้าอยู่ในช่วงของสิ่งแวดล้อมดังนี้ (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

1) อุณหภูมิ (Temperature) 21.1 - 27 ℃

2) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ในปริมาณร้อยละ 20 - 75 ดังนั้นสิ่งที่สำคัญในการทำให้รู้สึกสบาย ก็คือการลดความร้อนและลดความชื้นของอากาศนั้นเอง ที่จะทำให้บ้านอยู่สบาย ดังที่แสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แผนภูมิแสดงสภาวะน่าสบาย Bioclimatic Chart

ที่มา : Victor Olgyay (1969)

สมสิทธิ์ นิตยะ (2545) พบว่าจากผลงานวิจัย อุณหภูมิที่พอเหมาะและสบายในเขตเส้นศูนย์สูตร อยู่ระหว่าง 22 - 29 °C โดยมีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่างร้อยละ 20-50 ซึ่งจะต้องมีสภาพแวดล้อมอื่นๆ เข้ามาร่วมด้วย ซึ่งจากข้อมูลแรกที่ได้จากวิธีการหาค่าของสภาวะน่าสบาย ด้วยการออกแบบในอาคาร โดยไม่ต้องใช้ข้อมูลตามตารางที่ยุ่งยาก โดยวิธี Victor olgyay system ซึ่งพบว่าค่าของสภาวะน่าสบายของตำแหน่งเส้นรุ้ง (Latitude) ซึ่งเรียกว่า Bioclimatic Chart ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ได้รวมข้อมูลของการต้องการ การกันแดด, การแผ่รังสีความร้อน, กระแสลม และความชื้นในอากาศของสภาวะน่าสบาย ซึ่งทำให้สามารถพิจารณาเอาสิ่งที่ต้องการนำมาใช้เพื่อให้การออกแบบสมบูรณ์ได้ รวมทั้งขอบเขตที่จะต้องนำเอาอุปกรณ์เข้ามาผนวกด้วย

จากแผนภูมิตาราง Bioclimatic chart จะเห็นว่าตำแหน่งของสภาวะน่าสบายอยู่ตรงกลาง

1) เหนือตำแหน่งสภาวะน่าสบาย (Comfort zone) คือ ตำแหน่งของสภาวะร้อนวิกฤติหรือสภาวะร้อนจัด (Overheated zone) จากรูปที่ 2.1 จะเห็นเส้นแสดงของความเร็วลม ซึ่งจะสามารถช่วยทำให้ที่นั้นๆ ยังอยู่ในสภาวะน่าสบาย

2) นอกจากนี้ที่เหนือตำแหน่ง สภาวะน่าสบาย จะเห็นเส้นแสดงค่าความชื้นในอากาศ ซึ่งจะสามารถช่วยให้เกิดสภาวะน่าสบายได้ ในที่มีความชื้นในอากาศต่ำ

3) ใต้สภาวะน่าสบาย มีเส้นแสดงการต้องการร่มเงา (การกันแดด) ใต้ตำแหน่งสภาวะน่าสบายลงไปเรียกว่า สภาวะเย็นวิกฤติ หรือสภาวะหนาวเย็น (Underheated zone) จะมีเส้นแสดงปริมาณความต้องการ การแผ่รังสีความร้อน หรือต้องการความร้อนเพิ่ม ในทางใดทางหนึ่ง

2.3.2 ปัจจัยสภาวะน่าสบาย

ธนิต จินดาวณิค (2540) ได้ทำการศึกษาพบว่าในการออกแบบอาคารโดยการปรับความเย็นด้วยวิธีธรรมชาติ ผู้ออกแบบจะต้องทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะน่าสบาย ซึ่งจากการศึกษาผู้วิจัยพบว่าอุณหภูมิของอากาศไม่ได้เป็นเพียงปัจจัยเดียวที่จะส่งผลต่อสภาวะน่าสบาย แต่ยังมีปัจจัยด้านอื่นๆ ทางด้านสิ่งแวดล้อมที่จะส่งผลต่อสภาวะน่าสบาย ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยทางด้าน อุณหภูมิอากาศ, ความชื้นสัมพัทธ์, อุณหภูมิที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อน และความเร็วลม ดังนั้นผู้ออกแบบอาคารจึงจำเป็นที่จะต้องออกแบบให้จัดการควบคุมปัจจัยในด้านต่างๆ เพื่อจะทำให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกสบาย ปัจจัยหลักในการที่จะนำมาวิเคราะห์สภาวะน่าสบายของอาคาร ได้แก่

1) อุณหภูมิอากาศ (Air temperature)

อุณหภูมิ คือระดับของความร้อนหนาวของอากาศ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิคือเทอร์โมมิเตอร์ โดยหน่วยที่ใช้วัดที่นิยมในปัจจุบันมี 2 แบบคือ

- แบบเซลเซียส จุดเดือดเป็น 100 และ จุดเยือกแข็งเป็น 0
- แบบฟาเรนไฮด์ จุดเดือดเป็น 212 จุดเยือกแข็งเป็น 32

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิประจำวัน ซึ่งเกิดจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ และการแผ่รังสีของพื้นผิวโลก โดยการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์จะอยู่ในรูปคลื่นสั้น ซึ่งจะเริ่มตั้งแต่ช่วงเช้าที่ดวงอาทิตย์เริ่มขึ้น รังสีจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และช่วงเวลาที่โลกได้รับรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุดคือช่วงเที่ยงวัน หลังจากนั้นปริมาณรังสีก็จะลดลงตามลำดับ ซึ่งเมื่อโลกได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์แล้วก็จะแผ่รังสีออกไปในบรรยากาศในรูปของคลื่นยาวทำให้อากาศร้อนขึ้น ความร้อนส่วนใหญ่ที่อากาศได้รับเป็นความร้อนจากการแผ่รังสีของโลกบวกกับจากวัตถุต่าง ๆ ซึ่งจะเก็บความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ไว้แล้วเกิดการถ่ายเทความร้อนขึ้น (รัชนีกร บุญ-หลง, 2536 อ้างถึงใน รัตน์พันธ์ นันทวิจารณ์, 2547) อุณหภูมิจะมีผลต่อพฤติกรรมมนุษย์ ซึ่งในระยะยาวก็มีผลต่อเรื่องของการเปลี่ยนแปลงหรือปรับตัว

ของสภาพร่างกายของมนุษย์ด้วย และอุณหภูมิยังก่อให้เกิดผลกระทบทั้งสภาวะอารมณ์และการทำงานของร่างกาย

2) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)

ความชื้นสัมพัทธ์ คือ อัตราส่วนของปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ ต่อ ปริมาณไอน้ำที่จะทำให้อากาศอิ่มตัว ณ อุณหภูมิเดียวกัน หรือ อัตราส่วนของความดันไอน้ำที่มีอยู่จริง ต่อ ความดันไอน้ำอิ่มตัว ซึ่งค่าความชื้นสัมพัทธ์แสดงในรูปของร้อยละ (%)

3) ความเร็วลม (Air velocity)

ลม คือ อากาศที่เคลื่อนที่ไปในแนวราบ ซึ่งจะเคลื่อนจากบริเวณที่ความกดอากาศสูงไปยังบริเวณที่ความกดอากาศต่ำ การวัดลมนั้นจะวัดได้สองแบบ คือ วัดทิศทางของลม และวัดความเร็วลม แต่ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยฉบับนี้คือ เรื่องการวัดความเร็วลม ที่เป็นลมระดับผิวพื้น เครื่องมือวัดความเร็วลมคือ แอนีโมมิเตอร์ (Anemometer) ซึ่งมีหลากหลายรูปแบบทั้งแบบถือและแบบตั้ง มีหน่วยวัดเป็นเมตรต่อวินาที (m/s) (รัชนีกร บุญ-หลง, 2536)

ผลจากการทดลองเกี่ยวกับ ความเร็วของลมกับความรู้สึกของมนุษย์ เพื่อทำการหาระดับความเร็วลมที่มนุษย์รู้สึกได้ถึงพึงพอใจ ไม่ว่าจะเป็นลมที่เป็นลมปกติธรรมชาติหรือแม้แต่ลมที่เกิดจากพัดลมที่มนุษย์เราประดิษฐ์ขึ้น ซึ่งจากตารางที่ 2.3 เห็นได้ว่าความเร็วลมที่ระดับ 0.25 - 0.50 m/s เป็นความเร็วลมที่พึงพอใจมากที่สุด แต่ก็มีเงื่อนไขอยู่บ้างเกี่ยวกับประเด็นที่เป็นลมภายใน หรือภายนอกอาคาร และสภาพว่ามีลักษณะอย่างไร เช่นถ้าอากาศร้อน ความเร็วลม 1 m/s สามารถทำให้เป็นที่พอใจได้ ส่วนภายในอาคารนั้นยอมรับได้ถึงประมาณ 1.5 m/s แต่ถ้าเป็นอากาศหนาว ในห้องที่มีเครื่องทำความอุ่นก็ยอมรับให้มีลมได้ไม่เกิน 0.25 m/s (รัชนีกร บุญ-หลง, 2536)

ตารางที่ 2.3 ความเร็วลมกับความรู้สึกของมนุษย์

ความเร็วลม (m/s)	ความรู้สึก
< 0.25	ไม่รู้สึกว่ามีลม
0.25 – 0.50	พึงพอใจ
0.50 – 1.00	รู้สึกว่ามีลม
1.00 – 1.50	รู้สึกว่าลมรบกวน
> 1.50	รู้สึกว่าลมรบกวนมาก

ที่มา : รัชนีกร บุญ-หลง (2536)

การทดลองหาสภาวะน่าสบายสำหรับคนไทยแสดงในตารางที่ 2.4 พบว่า ขอบเขตสภาวะน่าสบายสำหรับคนไทยอยู่ที่อุณหภูมิ 27 - 36.3 °C ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50-80 เมื่อเพิ่มความเร็วลมขึ้น 0.23 m/s

ตารางที่ 2.4 ขอบเขตความสบายของประเทศไทยโดยใช้ลมธรรมชาติ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)
22.0 – 29.5	50 – 80	0.00 – 0.25
29.5 – 30.7	50 – 80	0.25 - 0.50
30.7 – 32.5	50 – 80	0.50 – 1.00
32.5 – 34.0	50 – 80	1.00 – 1.50
34.0 – 36.0	50 – 80	1.50 – 2.00
36.0 – 36.5	50 – 80	2.00 – 3.00

ที่มา : Khedari et al.(2000)

4) รังสีความร้อน (Radiation)

รังสีความร้อน จะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนหรือถ่ายเทความร้อนในอากาศ และนอกจากจะแลกเปลี่ยนหรือถ่ายเทระหว่างสภาพแวดล้อมด้วยกันแล้ว ยังจะสามารถที่จะทำการแลกเปลี่ยนหรือถ่ายเทระหว่างสภาพแวดล้อมกับร่างกายมนุษย์ด้วย ซึ่งทั้งนี้อุณหภูมิภายในร่างกายของคนเราเมื่ออยู่ในสภาวะสมดุลจะมีค่าประมาณ 37 °C ในขณะที่อุณหภูมิที่ผิวหนังจะอยู่ระหว่าง 31– 34 °C ซึ่งอุณหภูมิจะขึ้นอยู่กับสภาพของสภาวะแวดล้อม และอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ย (Mean radiant temperature: MRT) ซึ่งถ้าในสภาวะอากาศที่นิ่ง ค่า MRT จะมีเท่ากับค่า GT (Globe temperature) ซึ่งการที่ร่างกายมนุษย์เกิดการแลกเปลี่ยนหรือถ่ายเทความร้อนกับสภาพแวดล้อมนั้นจะเกี่ยวข้องกับพลังงานและการถ่ายเทความร้อนในรูปแบบต่างๆ

2.4 การระบายอากาศ

การระบายอากาศเป็นการเคลื่อนที่ของอากาศภายนอกเข้ามาในพื้นที่อาคารหรือพื้นที่ห้องและเข้าแทนที่อากาศภายในอาคารหรือห้อง ซึ่งจุดประสงค์หลักของการระบายอากาศในอาคารคือเพื่อให้ อากาศที่มีดีพอสำหรับการหายใจ พร้อมทั้งเจือจางมลพิษที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่และการกำจัดมลพิษออก จากอาคาร โดยการระบายอากาศในอาคารประกอบด้วย 3 องค์ประกอบพื้นฐานดังนี้

(1) อัตราการระบายอากาศ (Ventilation rate) คือ ปริมาตรอากาศภายนอกที่ไหลเข้าสู่พื้นที่และเป็นอากาศที่มีคุณภาพ

(2) ทิศทางการไหลของอากาศ (Airflow direction) คือ การคำนึงถึงทิศทางการไหลของอากาศโดยรวมภายในอาคาร โดยอากาศควรจะไหลจากพื้นที่ที่สะอาดไปยังพื้นที่ที่สกปรก

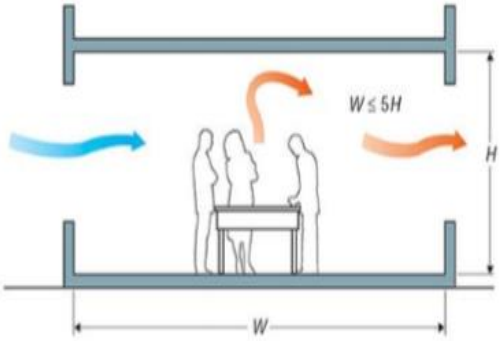
(3) การกระจายตัวของอากาศ (Air distribution) คือ อากาศภายนอกควรเข้าถึงทุกพื้นที่และระบายเอามลพิษในอากาศออกไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการระบายอากาศภายในอาคารแบ่งออกเป็น 3 ประเภทได้แก่ การระบายอากาศธรรมชาติ, การระบายอากาศด้วยระบบกล และการระบายอากาศแบบผสม

2.4.1 การระบายอากาศธรรมชาติ (Natural ventilation)

การระบายอากาศธรรมชาติเป็นการระบายอากาศที่ใช้แรงจากธรรมชาติ เช่น ลม, ความแตกต่างของอุณหภูมิ และความแตกต่างของความดันอากาศ ซึ่งจะทำให้อากาศไหลผ่านเข้าออกทางช่องเปิดของอาคาร โดยขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ การออกแบบอาคาร และพฤติกรรมในการใช้งานอาคารของมนุษย์ การระบายอากาศธรรมชาติแบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

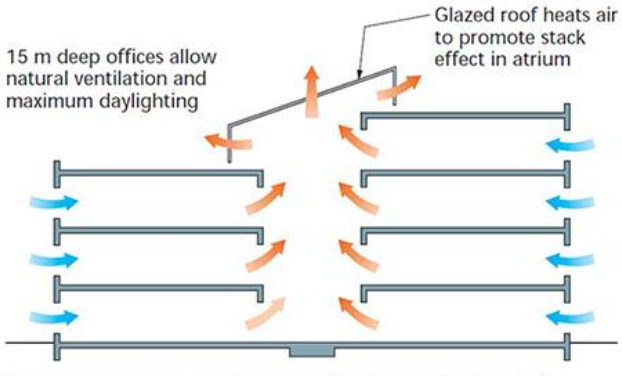
(1) การระบายอากาศข้ามฟาก (Cross ventilation) การระบายอากาศแบบข้ามฟากเกิดขึ้นโดยการเปิดช่องเปิดของเปลือกอาคาร สองด้านตรงข้ามกันซึ่งทำให้เกิดความแตกต่างของความกดอากาศที่ช่องอากาศเข้า และช่องอากาศออกทำให้อากาศไหลผ่านอาคาร แต่ข้อจำกัดของการไหลของ

อากาศ คือลักษณะของแปลนและความซับซ้อนซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดความร้อนและมลพิษที่เกิดขึ้นภายในอาคาร โดยความกว้างของพื้นที่ที่แนะนำจะต้องไม่เกิน 5 เท่าของความสูงภายในพื้นที่นั้น ดังแสดงในรูป รูปที่ 2.2



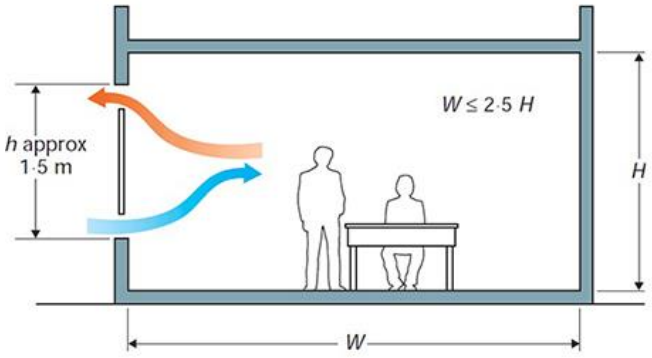
รูปที่ 2.2 การระบายอากาศแบบข้ามฟาก (Cross ventilation)
ที่มา: Andrew Dyke (2014)

(2) การระบายอากาศด้วยปล่องความร้อน (Stack ventilation) การระบายอากาศด้วยปล่องความร้อนเป็นการระบายอากาศที่อาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิ (Buoyancy effect) ซึ่งจะเห็นได้ชัดเมื่อลมภายนอกมีความเร็วต่ำและบริเวณช่องอากาศออกจะมีความร้อนที่สูงกว่าส่วนอื่นๆ โดยอากาศร้อนจะลอยตัวสูงขึ้นและอากาศที่เย็นกว่าจะเข้าไปแทนที่ทำให้เกิดการไหลของอากาศภายในอาคาร แต่การไหลของอากาศที่เกิดจากการเคลื่อนที่ไหลผ่านจะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าการใช้หลักการความแตกต่างของอุณหภูมิ ดังแสดงรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การระบายอากาศด้วยปล่องความร้อน (stack ventilation)
ที่มา: Andrew Dyke (2014

(3) การระบายอากาศทางเดียว (Single-sided ventilation) การระบายอากาศทางเดียวมักพบเห็นในห้องเดียว เช่น ห้องพักคอนโดมิเนี่ยม, สำนักงาน หรือห้องที่มีช่องเปิดด้านเดียว โดยการไหลของอากาศเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในพื้นที่เป็นส่วนใหญ่และอาศัยหลักความแตกต่างของความดัน อากาศเพียงเล็กน้อย โดยอากาศที่มีความร้อนจะลอยสูงขึ้นและไหลออกทางช่องด้านบนของช่องเปิด และอากาศเย็นจะไหลเข้ามาแทนที่อากาศร้อนที่ไหลออกไป โดยความกว้างของพื้นที่ใช้งานที่มีระบบระบายอากาศแบบทางเดียวที่ใช้หลักการความแตกต่างของอุณหภูมิ (Buoyancy effect) ต้องกว้างไม่เกิน 2.5 เท่าของความสูงของพื้นที่ และไม่เกิน 2 เท่าของความสูงของพื้นที่หากเป็นการระบายอากาศทางเดียวที่ใช้ หลักความแตกต่างของความดันอากาศในการระบายอากาศ ดังแสดงรูปที่ 2.4



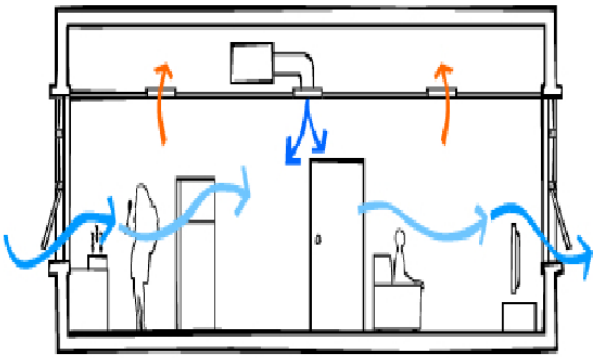
รูปที่ 2.4 การระบายอากาศทางเดียว (single-side ventilation)
ที่มา: Andrew Dyke (2014)

2.4.2 การระบายอากาศด้วยระบบกล (Mechanical Ventilation)

การนำเอาระบบกลเช่น พัดลมมาติดตั้งบนพนัง หรือบริเวณหน้าต่าง หรือการระบายอากาศผ่านทางระบบท่อเพื่อให้อากาศมีการไหลเวียนภายในพื้นที่ โดยรูปแบบของระบบกลขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ โดยสามารถติดตั้งระบบกรองอากาศเผื่อดักจับเศษฝุ่นละอองที่ลอยอยู่ในอากาศ หรือติดตั้งตัวดักจับความชื้นในอากาศ หากในพื้นที่มีความชื้นสูงโดยระบบกลระบายอากาศสามารถ ควบคุมทิศทางการไหลของอากาศได้ดีกว่าการระบายอากาศธรรมชาติ และยังสามารถควบคุมความกดอากาศภายในห้องให้เหมาะสมกับการใช้งานได้

2.4.3 การระบายอากาศแบบผสม (Hybrid Ventilation)

ด้วยข้อจำกัดของการระบายอากาศแบบธรรมชาติที่ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศภายนอกเช่น ลมภายนอกที่เบาเกินไป หรืออุณภูมิภายนอกที่สูงเกินไป จึงทำให้ความร้อนในการใช้การระบายอากาศธรรมชาติลดลง การใช้การระบายอากาศแบบผสมคือระหว่างธรรมชาติและระบบกลจึงเป็นวิธีอย่างง่ายในการ จัดการการระบายอากาศซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนการใช้งานให้เหมาะสมกับหลายสภาพอากาศ โดยรูปแบบหลักในการใช้ระบบระบายอากาศแบบผสมมี 3 รูปแบบ คือ การปรับสลับใช้ระหว่างการระบายอากาศธรรมชาติและระบบกล, การใช้พัดลมในการระบายอากาศธรรมชาติ และการใช้งานร่วมกันของ ระบบระบายอากาศธรรมชาติและระบบกล การระบายอากาศแบบผสมสามารถปรับใช้ได้กับอาคารที่มีทางเดินเดียว (Single corridor), อาคารที่มีทางเดินกลาง (Central corridor), อาคารที่มีโถงสูง (Atrium) และช่องระบายอากาศด้วยความร้อน (Chimney) ซึ่งสามารถนำระบบกลเข้าไปปรับใช้เพื่อช่วยในการระบายอากาศที่เพิ่มขึ้น และที่สำคัญยังสามารถออกแบบและควบคุมทิศทางได้อีกด้วย ดังแสดงรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การระบายอากาศแบบผสม
ที่มา: Martin Liddament (2010)

ระบบระบายอากาศธรรมชาติแต่ละประเภทจะเหมาะสมต่อการใช้งานขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศของแต่ละพื้นที่ สภาพพื้นที่ภายในอาคาร รวมทั้งงบประมาณในการติดตั้งและบำรุงรักษาระบบระบายอากาศ โดยได้เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของระบบระบายอากาศแต่ละประเภทในตารางที่ 2.5 ดังนี้

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียระหว่างระบบระบายอากาศธรรมชาติ ระบบกลระบายอากาศ และระบบระบายอากาศแบบผสม

	ระบบระบายอากาศธรรมชาติ	ระบบกลระบายอากาศ	ระบบระบายอากาศแบบผสม
ข้อดี	- เหมาะสำหรับพื้นที่ที่อากาศอบอุ่น และเย็น - ใช้เงินทุนในการดำเนินการและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่ต่ำ - ให้อัตราการระบายอากาศสูง - สามารถควบคุมได้ในช่วงกว้าง	- เหมาะสำหรับทุกสภาพภูมิอากาศ และปรับใช้กับระบบปรับอากาศได้ - สามารถควบคุมและสร้างสภาวะ ความสบายในสภาพแวดล้อมได้ - สามารถควบคุมได้ในช่วงสั้น เช่นในห้อง	- เหมาะสำหรับทุกสภาพภูมิอากาศ - ประหยัดพลังงาน - สามารถปรับเปลี่ยนการใช้งานให้ เหมาะสมได้ทุกสภาพแวดล้อม
ข้อเสีย	- ได้รับผลกระทบจากสภาพอากาศ ภายนอกหรือพฤติกรรมจาก ผู้ใช้งานได้ง่าย - ยากในการคาดการ วิเคราะห์ และ ออกแบบ - ไม่สามารถสร้างความสบายให้ผู้ใช้ เมื่ออากาศร้อน ชื้น หรือหนาว เกินไป	- มีค่าใช้จ่านในการติดตั้งและบำรุงรักษาสูง - อาจเกิดสภาวะที่อัตราแลกเปลี่ยน อากาศไม่เป็นไปตามมาตรฐาน - อาจเกิดเสียงรบกวนจากอุปกรณ์	- อาจมีค่าใช้จ่ายสูง - ยากในการออกแบบ

ที่มา: Atkinson *et* al.(2010

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พาสินี สุนากร (2554) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การเพิ่มสมรรถนะในการลดการถ่ายเทความร้อนของแผงกันแดดไม้เลื้อยด้วยการระบายอากาศ ผลการศึกษาพบว่าแผงกันแดดไม้เลื้อยมีสมรรถนะในการลดการถ่ายเทความร้อนจากอากาศภายนอกได้ดีที่สุด เมื่อมีกระแสลมแรงที่สุดจากการระบายอากาศตามธรรมชาติ

Sharples *et al*.(2001) ได้ทำการศึกษาการใช้การจำลองอาคารดวยอัตราสวน 1:100 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ courtyard และ atrium ที่มีตอ comfort ventilation ภายในอาคาร โดยใช เครื่องมือวัดความเร็วลมภายในหุนจำลองกอนนำไปคำนวณหาคาสัดสวนความเร็วลมบริเวณ

Ken Yeang (2002) เสนอแนวความคิดการออกแบบการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ โดยการออกแบบให้มีช่องลมบริเวณทางเดินอาคาร เพื่อที่จะทำให้ลมที่อยู่ภายนอกสามารถที่จะเคลื่อนที่ผ่านเข้ามาภายในพื้นที่ส่วนกลางของอาคารได้ ผังอาคารที่เลือกนำมาใช้ทดสอบการจำลองการระบายอากาศในครั้งนี้ จึงออกแบบให้มีช่องเปิดบริเวณทางเดินเพื่อช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพของการรับลมของห้องพักที่อยู่ใต้ลมชองเปดตอความเร็วลมอางอิง ผลการศึกษาเสนอวาการออกแบบโดยใช atrium ที่มีชองเปดใตหลังคาหันไปทางดานอับลมจะสามารถ เพิ่มการระบายอากาศและความเร็วลมภายในอาคารได

Stec *et al*. (2005) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการใช้ต้นไม้ภายในระบบผนัง 2ชั้น (Double Skin Facade) แทนการใช้เกล็ดบังแดด (Blinds) ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิของเกล็ดบังแดดสูงขึ้นมากกว่าใบไม้ถึง 2 เท่า จากการรับรังสีความร้อนปริมาณเท่ากัน ซึ่งทำให้การถ่ายเทความร้อนในช่องว่างที่ต้นไม้ น้อยกว่า อุณหภูมิของผนังด้านหลังต้นไม้ต่ำากว่าด้านหลังเกล็ดบังแดดประมาณ 20% อุณหภูมที่เพิ่มขึ้นของอากาศในช่องว่างต่ำกว่าถึง 20 – 30% และต่ำกว่าช่องว่างที่ไม่มีทั้งต้นไม้และเกร็ดบังแดด

Tecle *et al*. (2013) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประเภท ขนาดและตำแหนงของชองเปด รวมถึงรูปแบบการกั้นห่องภายในอาคารที่มีผลตอ comfort ventilation โดยใชวิธีการศึกษาคลายคลึงกันและนำเสนอรูปแบบการใชชองเปดที่สามารถใหความเร็วลมเฉลี่ย ภายในอาคารสูงสุด

ตาราง 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชื่อผู้วิจัย/ปี	ชื่องานวิจัย	ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
โอภาส สามเสน (2536)	เรื่อง การศึกษาเชิงวิศวกรรมของสภาพแวดล้อมที่สบายภายในอาคารสำนักงาน	อุณหภูมิ ,ความเร็วลม
นุภาพ แย้มไตรพัฒน์ (2541)	การสร้างแผนภูมิความสบายของการถ่ายเทอากาศสำหรับประเทศไทย	อุณหภูมิ , ลม
วราภรณ์ กาญจนวิโรจน์ (2542)	การศึกษาการเพิ่มขอบเขตภาวะน่าสบายในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น	อุณหภูมิอากาศความชื้นสัมพัทธ์ , ความเร็วลม และอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อน
ณรงค์ วัชรเสถียร (2543)	การพัฒนาพัดลมปรับความเร็วตามสภาวะแวดล้อมแบบอัตโนมัติ	ความเร็วลม
วัฒนา ศรีวาจนะ (2545)	ผลของความเร็วลมต่อภาวะสบายเชิงความร้อน	ความเร็วลม
จิตพัต ฉอเรืองวิวัฒน์ (2545)	สาระสำคัญด้านสภาวะน่าสบายที่เสริมสร้างอัจฉริยภาพของบ้านไทยในอดีต	อุณหภูมิ , ความเร็วลม
ฤชิมน ธนบุญสมบัติ (2546)	แนวทางการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานเนื่องจากสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติโดยรอบอาคาร	อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลม
Kattia *et al.* (2014)	สภาวะน่าสบายบริเวณกลางแจ้งในสภาพภูมิอากาศร้อนและชื้นของโคลอมเบีย: ศึกษานอกสถานที่ในบาร์รันกียา	อุณหภูมิ ,การระบายอากาศ , ความเร็วลม, ความร้อน

ตารางที่ 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง(ต่อ)

ชื่อผู้วิจัย/ปี	ชื่องานวิจัย	ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง
Kattia *et al.* (2014)	สภาวะน่าสบายบริเวณกลางแจ้งในสภาพภูมิอากาศร้อนและชื้นของโคลอมเบีย: ศึกษานอกสถานที่ในบาร์รันกียา	อุณหภูมิ ,การระบายอากาศ ,ความเร็วลม, ความร้อน
Insick *et al*.(2015)	การศึกษาสภาวะน่าสบายความร้อนและฉนวนกันความร้อนสำหรับเสื้อผ้าเด็กก่อนวัยเรียนในเกาหลี	อุณหภูมิ ,ความชื้น,การไหลของลม
Manoj *et al*.((2015)	การพัฒนารูปแบบสภาวะน่าสบายสำหรับเขตภูมิอากาศต่างๆของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของอินเดีย	อุณหภูมิ ,การระบายอากาศ , ความร้อน
R. Daghigh (2015)	การประเมินสภาวะน่าสบายและการระบายอากาศในประเทศมาเลเซียและภูมิภาคโดยรอบ	อุณหภูมิ ,การระบายอากาศ , ความร้อน

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 การคัดเลือกพันธุ์พืช

พืชพรรณที่จะใช้ในการบังลม ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกชนิดพืชไม้ประดับอาคาร เนื่องจากสอดคล้องกับงานวิจัยที่จะใช้ทดลองปลูกประดับบริเวณระเบียงอาคารโดย ใช้เกณฑ์เบื้องต้นในการคัดออก (ศูนย์ความรู้ด้านเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)

เกณฑ์การคัดเลือกที่ 1 เป็นพืชที่นิยมปลูกประดับอาคารและเป็นไม้ประดับอาคาร เลือกมา 20 ชนิด ดังนี้

ปาล์มไผ่	วาสนาราชินี	สาวน้อยประแป้ง	กวักมรกต	ลิ้นมังกรแคระ
มรกตแดง	ประกายเงิน	เยอบีร่า	พลูด่าง	กุหลาบหิน
ออมเงิน,ออมทอง	คล้าหางนกยูง	เฟิร์นบอสตัน	ว่านกาบหอย	หนวดปลาหมึก
เฟิร์นดาบออสเตรเลีย	สับปะรดสี	ฟิโลเซลลอม	โกสน	เดหลี

เกณฑ์การคัดเลือกที่ 2 ลักษณะความสูงของต้น ต้องสูงน้อย – ปานกลาง เพราะถ้าพืชที่สูงเกินไปจะบดบังลมมากเกินไปจึงไม่เหมาะกับการนำมาทดลอง

- สูงตั้งแต่ 100 cm ขึ้นไป
- สูงปานกลาง 31 -100 cm
- สูงน้อย (เตี้ย) 1- 30 cm

ปาล์มไผ่	วาสนาราชินี	สาวน้อยประแป้ง	กวักมรกต	ลิ้นมังกร
มรกตแดง	ประกายเงิน	เยอบีร่า	พลูด่าง	กุหลาบหิน
ออมเงิน,ออมทอง	คล้าหางนกยูง	เฟิร์นบอสตัน	ว่านกาบหอย	หนวดปลาหมึก
เฟิร์นดาบออสเตรเลีย	สับปะรดสี	ฟิโลเซลลอม	โกสน	เดหลี

จากเกณฑ์การคัดเลือกที่ 2 จะได้พันธุ์ไม้ 17 ชนิด ได้แก่ สาวน้อยประแป้ง , กวักมรกต ,ลิ้นมังกร , มรกตแดง , ประกายเงิน ,เยอบีร่า , พลูด่าง , กุหลาบหิน , ออมเงิน ออมทอง , คล้าหางนกยูง , เฟิร์นบอสตัน , ว่านกาบหอย, หนวดปลาหมึก ,เฟิร์นดาบออสเตรเลีย , สับปะรดสี , ฟิโลเซลลอม , เดหลี

เกณฑ์การคัดเลือกที่ 3 คัดเลือกตามพฤติกรรมการต้องการแสง พืชแต่ละชนิดมีพฤติกรรมความต้องการแสงที่แตกต่างกัน บางชนิดต้องการแสงจ้า บางชนิดต้องการแสงรำไร ซึ่งเป็นธรรมชาติของพืชชนิดนั้นๆจัดแบ่งเป็นประเภทย่อยๆได้ดังนี้

(1) ไม้ในร่มหรือไม้ร่มเงา เป็นพรรณไม้ที่ต้องการความเข้มของแสงน้อยเจริญได้ดีในที่ร่มหรือที่มีแสงรำไร

(2) ไม้กลางแจ้ง เป็นพรรณไม้ที่ต้องการความเข้มของแสงมากหรือต้องการแสงเกือบตลอดทั้งวัน เจริญเติบโตได้ดีเมื่อได้รับแสงโดยตรง (ปิฎฐะ บุนนาค,2523)

เพื่อให้สอดคล้องกับการทดลอง พืชที่เหมาะสมจะต้องเจริญเติบโตในที่ที่มีแสงได้ เนื่องจากพื้นที่ในการทดลองมีสภาพอากาศที่ได้รับแสงแสดตลอดทั้งวัน

- แสงแดดรำไร
- แสงแดดปานกลาง
- แสงตลอดวัน
- ~~คัดออก (พืชที่ไม่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกก่อนหน้านี้)~~

~~ปาล์มไผ่~~	~~ว่านราชินี~~	สาวน้อยประแป้ง	กวักมรกต	ลิ้นมังกร
มรกตแดง	ประกายเงิน	เยอบีร่า	พลูด่าง	กุหลาบหิน
ออมเงิน,ออมทอง	คล้าหางนกยูง	เฟิร์นบอสตัน	ว่านกาบหอย	หนวดปลาหมึก
เฟิร์นดาบออสเตรเลีย	สับปะรดสี	ฟิโลเซลลอม	~~โกสน~~	เดหลี

จากเกณฑ์การคัดเลือกที่ 3 จะได้พันธุ์ไม้ 11 ชนิด ได้แก่ สาวน้อยประแป้ง , กวักมรกต ,ลิ้นมังกร , มรกตแดง , ประกายเงิน ,เยอบีร่า , กุหลาบหิน , คล้าหางนกยูง, ว่านกาบหอย, หนวดปลาหมึก,สับปะรดสี

เกณฑ์การคัดเลือกที่ 4 การดูแลรักษา การให้น้ำแก่ไม้ประดับมีความสำคัญต่อลักษณะของการเจริญเติบโต เพราะการให้น้ำที่มากหรือน้อยเกินไป และการให้น้ำที่ไม่ถูกวิธีจะส่งผลทำให้เกิดปัญหากับพืชได้ ดังนั้นการให้น้ำต้องดูปริมาณการต้องการน้ำของพืชและดูเวลาการให้น้ำ ต้องคำนึงถึงความสะดวกและปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ เช่น ดินปลูก ความชื้นในดิน ฤดูกาล ชนิดพืช ความเข้มแสง อุณหภูมิ ฯลฯ (จุฑามาศ อ่อนวิมล,2546) เพื่อให้สอดคล้องกับงานวิจัย ควรเลือกพืชที่ดูแลรักษาง่าย ต้องการน้ำน้อย ทนแล้ง

- ต้องการน้ำน้อย
- ต้องการน้ำปานกลาง
- ต้องการน้ำมาก
- ~~——~~ คัดออก (พืชที่ไม่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกก่อนหน้านี้)

~~ปาล์มไผ่~~	~~ว่านราชินี~~	สาวน้อยประแป้ง	กวักมรกต	ลิ้นมังกร
มรกตแดง	ประกายเงิน	เยอบีร่า	~~พลูด่าง~~	กุหลาบหิน
~~ออมเงิน,ออมทอง~~	คล้าหางนกยูง	~~เฟิร์นบอสตัน~~	ว่านกาบหอย	หนวดปลาหมึก
~~เฟิร์นดาบออสเตรเลีย~~	สับปะรดสี	~~ฟิโลเดนดรอน~~	~~โกสน~~	~~เดหลี~~

จากเกณฑ์การคัดเลือกที่ 4 จะได้พืช 3 ชนิด ได้แก่ สับปะรดสี , ว่านกาบหอย และ ลิ้นมังกร

3.1.1 ข้อมูลพันธุ์ไม้

ลิ้นมังกร

ชื่อพื้นเมือง : ลิ้นมังกร

ชื่อสามัญ : Mather in law's Tongue

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Sansevieria trifasciata*

ชื่อวงศ์ : DRACAENACEAE

รูปที่ 3.1 ลักษณะต้นลิ้นมังกร
ที่มา: www.biogang.net

ลักษณะทั่วไป: มีลำต้นที่เป็นหัวหรือเหง้าอยู่ใต้ดิน ใบของลิ้นมังกรจะเกิดมาจากหัวที่โผล่พ้นดินดินออกมาประกอบกันขึ้นเป็นกอ ลิ้นมังกรจะมีใบที่มีลักษณะกลมยาวหรือมีใบที่แบนกว้าง มีส่วนปลายแหลมแข็งหนาและเป็นมัน ลิ้นมังกรมีลักษณะของขอบใบจะเรียบโค้งงอเล็กน้อย หรือเป็นเกลียว ใบมีความกว้าง 4 - 7 cm และยาว 30 - 60 cm และลักษณะลวดลายบนใบของลิ้นมังกรที่มีความแตกต่างและสวยงามอันเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของแต่ละชนิดสายพันธุ์ ซึ่งจะพบว่าสีสันของใบลิ้นมังกรจะมีตั้งแต่สีเขียวซีดจนถึงสีเขียวเข้ม พบว่าลิ้นมังกรบางพันธุ์ใบจะเป็นสีเขียวเข้ม ขอบใบมีลักษณะสีเหลืองทอง หรือใบมีสีเหลืองและมีสีขาวเป็นเส้นตามแนวใบ ลิ้นมังกรมักจะมีการออกดอกในช่วงเดือนมีนาคม - พฤษภาคม ดอกของลิ้นมังกรจะมีสีขาวหรือสีเขียวอ่อนและมีกลิ่นหอม ดอกของลิ้นมังกรจะประกอบด้วยกลีบดอก 5 กลีบ ดอกจะมีขนาดเล็กประมาณ 1.5 cm เรียงเป็นแนวตามชั้นของก้านดอก

การขยายพันธุ์ : จะขยายพันธุ์โดยใช้วิธีการแยกหน่อ, การปักชำใบ, การเพาะเมล็ด และการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ประโยชน์: ช่วยฟอกอากาศบริเวณรอบๆ ให้มีคุณภาพมากขึ้น ช่วยดูดซับสารพิษ ไอระเหยประเภทฟอร์มาลดีไฮด์, โทลูอีน, เบนซิน, คลอโรฟอร์ม, ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และสารพิษอื่น ๆ ที่มาจากสีทาบ้าน, เฟอร์นิเจอร์, เครื่องถ่ายเอกสาร เป็นต้น

การดูแลรักษา: หลังจากการปลูก ให้รดน้ำทุกวัน วันละ 1 ครั้ง พอให้หน้าดินชุ่ม และให้รดน้ำต่อเนื่องจนใบแตกหน่อใหม่แล้ว และหลังจากที่หน่อและใบใหม่ยาวได้มากกว่า 5-10 cm ค่อยลดปริมาณน้ำที่ให้ลง อาจให้เพียง 2-3 ครั้ง/สัปดาห์ ขึ้นอยู่กับสภาพความชุ่มของหน้าดิน

สับปะรดสี

ชื่อพื้นเมือง : สับปะรดสี

ชื่อสามัญ : Bromeliad

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Aechmea fasciata*

วงศ์ : BROMELIACEAE

รูปที่ 3.2 ลักษณะต้นสับปะรดสี
ที่มา : www.thaisecondhand.com

ลักษณะทั่วไป: สับปะรดสีเป็นพันธุ์ไม้ประดับที่มีลักษณะใบเป็นกลีบแข็ง แผ่ออกไปรอบๆ ข้างบนใบจะมีลวดลายและสีสันที่สวยงามที่แตกต่างกันออกไปแล้วแต่ชนิดสายพันธุ์ สับปะรดสีเป็นพันธุ์ไม้ที่มีอัตราการเจริญเติบโตที่ช้า จะมีช่อดอกที่ยาวสูง และมีใบที่ฉูดฉาดคงอยู่ได้นานหลายอาทิตย์ สับปะรดสีเป็นพืชที่ ดูแลง่ายรักษาได้ง่าย สามารถทนแล้งได้ดี สามารถทนทานอยู่ได้ทั้งในที่มีแสงมากและแสงน้อย แต่ถ้าได้รับแสงมากจะทำให้ใบมีสีสันสวยงามน่ามองยิ่งขึ้น

การขยายพันธุ์: สับปะรดสีขยายพันธุ์ด้วยวิธีการแยกหน่อ โดยใช้มีดตัดหน่อที่แตกออกมาใหม่โดยตัดให้ชิดโคน จากนั้นทาปูนแดงหรือยากันราบริเวณรอยตัด ทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วจึงนำไปปลูกลงวัสดุปลูก วัสดุปลูกที่แนะนำคือ กาบมะพร้าวสับ รองลงมาคือ การเพาะเมล็ดเหมาะสำหรับผสมพันธุ์ใหม่ ได้ลูกผสมที่อาจสวยกว่าเดิมหรือด้อยกว่า ซึ่งต้องคัดต่อไปเรื่อยๆ ให้ได้ลูกผสมที่มีลักษณะที่สวยชัดเจน

ประโยชน์: ถึงแม้สับปะรดสีจะมีคุณสมบัติในการดูดสารพิษของสับปะรดสีจะไม่มากนัก แต่คุณสมบัติเด่นของสับปะรดสี คือสับปะรดสีเป็นพืชที่คายออกซิเจนออกมาตอนกลางคืนและดูดคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไป จึงเหมาะที่จะปลูกไว้ในห้องนอน (ชื่นดวงใจ คงบาล, 2556)

การดูแลรักษา: ใบเปนแบบแผนเรียบ จะมีแองน้ำบนยอดสามารถเก็บกักน้ำไปใชประโยชนได ดังนั้น การใหน้ำจึงควรรดน้ำใหเต็มแองสม่ำเสมอ โดยจะให้น้ำวันเว้นวันในหน้าร้อน แต่ถ้าเป็นฤดูฝนไม่จำเป็นต้องให้น้ำเพราะถ้าน้ำมากเกินไปอาจทำให้ต้นเน่าตาย ไม่ควรใส่ปุ๋ยลงไปในส่วนยอดที่มีน้ำขังอยู่ เพราะความเข้มข้นของปุ๋ยอาจทำลายยอดอ่อนใบที่กำลังงอกได้

ว่านกาบหอย

ชื่อพื้นเมือง : ว่านกาบหอย

ชื่อสามัญ : Oyster plant , White flowered tradescantia

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Tradescantia discolor*

วงศ์ : Commelinaceae

รูปที่ 3.3 ลักษณะต้นว่านกาบหอย
ที่มา: www.thaigoodview.com

ลักษณะทั่วไป : ว่านกาบหอยจัดเป็นไม้ล้มลุก มีความสูงประมาณ 30 - 60 cm มีลักษณะลำต้นเป็นเหง้าอวบน้ำอยู่ใต้ดิน ว่านกาบหอยมีลักษณะใบเป็นใบเดี่ยวรูปหอก กว้าง 3 - 5 cm และ มีสูง 15 - 45 cm หลังใบสีเขียวเข้มและท้องใบสีม่วงแดง ใบจะออกเป็นกระจุกเหนือดินขึ้นมา ดอกของว่านกาบหอยจะมีลักษณะเป็นช่อเล็กๆ ซึ่งดอกจะออกอยู่ที่ซอกในของใบประดับมีขนาดใหญ่รูปคล้ายกับเรือสีม่วงแดงโอบช่อดอกไว้ ดอกจะมีสีขาวขนาดเล็กมีกลีบดอก 3 กลีบ

การขยายพันธุ์: การเพาะเมล็ด หรือแยกหน่อ

ประโยชน์: เป็นพืชปลูกคลุมดินและใช้เป็นสมุนไพร

การดูแลรักษา: รดน้ำในช่วงเช้าเพียงวันละ 1 ครั้งก็พอ และพยายามอย่ารดน้ำจนดินแฉะมากเกินไปด้วย เพราะรากและใบอาจเน่าตายได้ ส่วนปุ๋ยควรให้ปุ๋ยคอกเดือนละครั้ง

3.2 พื้นที่ทำการทดลอง

ผู้วิจัยได้พิจารณาตำแหน่งที่ใช้ในการทดลอง คือ อาคารคณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เนื่องจากอาคารมีลักษณะที่เหมาะสมมีพื้นที่เอื้ออำนวยในการทดลอง อีกทั้งมีความพร้อมสำหรับการทดลองและมีความสะดวกในการติดตั้งเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และในฐานะที่เป็นผู้นำด้านการศึกษา วิจัย และบริการทางด้านวิชาการด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม

รูปที่ 3.4 แสดงการใช้สอยพื้นที่ในแต่ละชั้นของอาคารเรียนคณะการจัดการสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ที่มา: ถ่ายจากสถานที่จริงของอาคารคณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

(เมื่อวันที่ 20 กรกฎาคม 2558)

ผู้วิจัยเลือกใช้ บริเวณชั้น 1 ของอาคารคณะการจัดการสิ่งแวดล้อม เป็นพื้นที่ทดลอง เนื่องจากเป็นโถงกว้างและมีระเบียงที่ยื่นออกมาเหมาะสำหรับการทดลอง

รูปที่ 3.5 ภายในอาคารชั้น 1 และบริเวณระเบียงอาคารชั้น 1 คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม

ขนาดหน้าต่าง

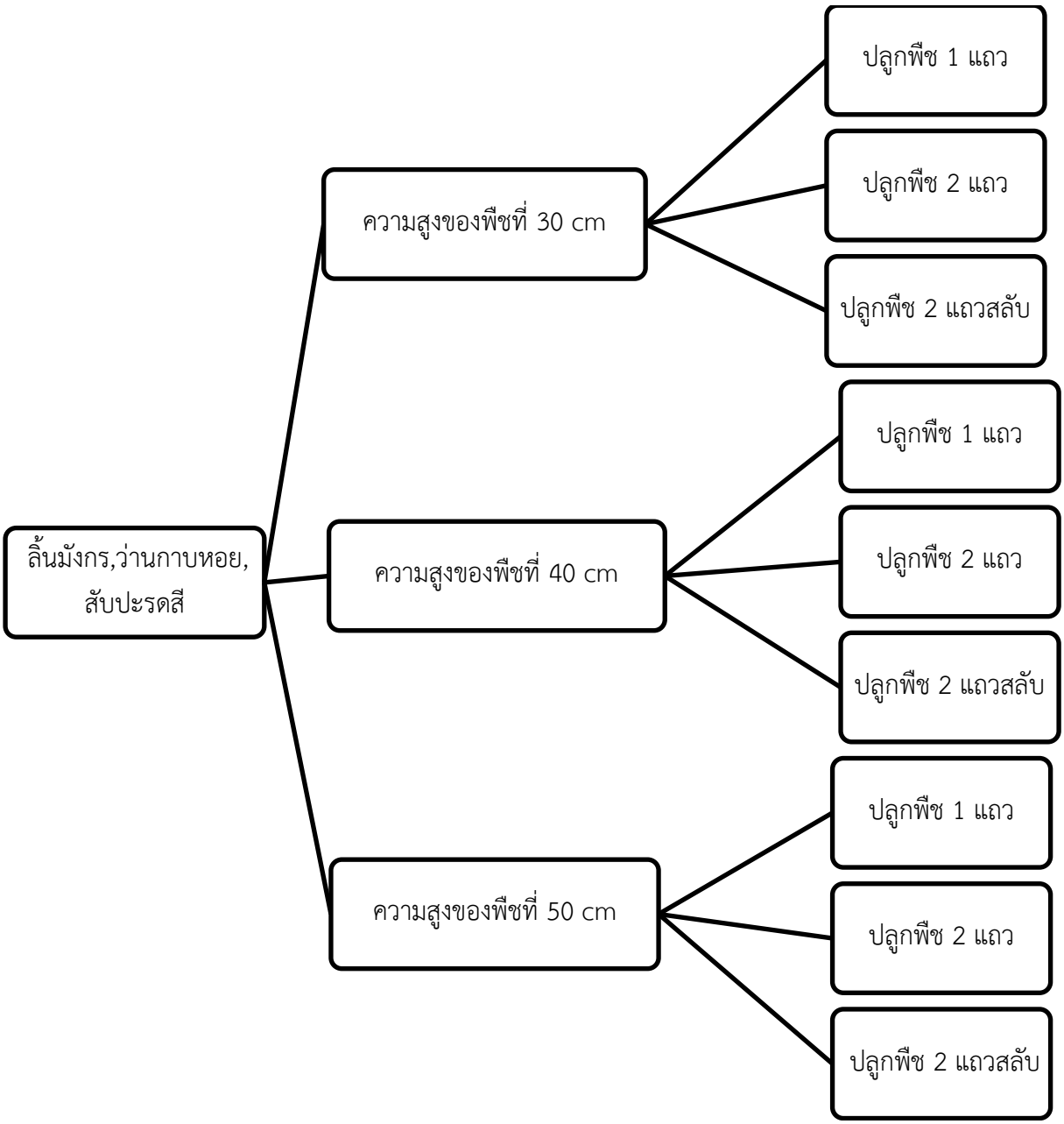
ในการทดลองทางผู้วิจัยได้ทำการทดลองที่ขนาดช่องหน้าต่างกว้าง 120 cm สูง 110 cm

3.3 การทดลอง และการเก็บข้อมูล

3.3.1 การทดลองความเร็วลมที่พัดผ่านไม้ประดับ

(1) ขั้นตอนการปลูก

พืชที่ผู้วิจัยเลือกมาทำการทดลองที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก คือ ลิ้นมังกร, ว่านกาบหอย และ สับปะรดสี ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน พืชแต่ละชนิดจะนำมาทำการปลูกโดยวิธีการแยกหน่อพืชแล้วนำมาปักชำในดิน เมื่อดูจากอัตราการเจริญเติบโตแล้ว พบว่าพืชที่นำมาปลูกจะมีอายุที่ต่างการ เนื่องพืชแต่ละชนิดจะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่างกัน ดังนั้นจากทางผู้วิจัยจะเลือกพืชมาทำการทดลองโดยจะดูจากลักษณะความสูงของต้นเป็นเกณฑ์ โดยจะเลือกพืชทั้ง 3 ชนิด คือ ลิ้นมังกร, ว่านกาบหอย และ สับปะรดสี ที่มีขนาดความสูงของต้น 30, 40 และ 50 cm หลังจากปักชำให้พืชได้ระดับความสูงที่ต้องการแล้วจึงนำมาทำการทดลอง แต่เนื่องจากลิ้นมังกรเป็นพืชที่มีความสูงมากจึงต้องมีการตัดปรับแต่งใบเพื่อให้ได้ความสูงเหมาะสมตามการทดลอง จากนั้นนำไม้ประดับอาคารทั้ง 3 ชนิด นำมาปลูกในกระถางที่ใส่ดินเตรียมไว้ โดยจะตั้งกระถางให้เสมอกับขอบหน้าต่างที่ทำการทดลอง พืชแต่ละชนิดจะแบ่งการปลูกลักษณะความสูง และลักษณะการปลูกของพืช ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ซึ่งการทดลองจะแบ่งออกเป็น 9 ชุดการทดลอง



รูปที่ 3.6 แผนผังการทดลอง

รูปที่ 3.7 ลักษณะการปลูกพืชแต่ละชนิด (a) ลิ้นมังกรปลูกแบบ 1 แถว, (b) ลิ้นมังกรปลูกแบบ 2 แถว(c) ลิ้นมังกรปลูกแบบ 2 แถวสลับ, (d) ว่านกาบหอยปลูกแบบ 1 แถว, (e) ว่านกาบหอยปลูกแบบ 2 แถว, (f) ว่านกาบหอยปลูกแบบ 2 แถวสลับ, (g) สับปะรดสีปลูกแบบ 1 แถว, (h) สับปะรดสีปลูกแบบ 2 แถว และ (i) สับปะรดสีปลูกแบบ 2 แถวสลับ

(2) การตรวจวัดค่าความเร็วลม, ค่าความชื้นสัมพัทธ์ และค่าอุณหภูมิอากาศ

เครื่องมือที่ใช้ในในการเก็บข้อมูลคือ เครื่องวัดความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้น แบบ pocket รุ่น testo 410-2 ผลิตโดยบริษัท Extech ประเทศสหรัฐอเมริกา

รูปที่ 3.8 เครื่องTermo-Anemometro PCM/MCM + Termometro infrarrojo Modelo AN 200

- การวัดความเร็วลม

กำหนดความเร็วลมในการทดลอง โดยใช้การเปิดพัดลมแทนความเร็วลมในธรรมชาติ โดยจะแบ่งระดับความเร็วลมต้นทางเป็น 8 ระดับความเร็วลม และแต่ละระดับความเร็วลมจะทำการตรวจวัด ที่ตำแหน่งในการตรวจวัดแบ่งเป็น 5 ระยะการตรวจวัด ดังแสดงในตารางที่ 3.1 โดยจะทำการวัดความเร็วลมที่ระดับความสูงเหนือพื้นบริเวณกึ่งกลางลำต้นของพืช แต่ละชุดการทดลองจะเก็บข้อมูล 3 ซ้ำ

ตารางที่ 3.1 ระดับความเร็วลมต้นทางและระยะการตรวจวัดความเร็วลม

ระดับความเร็วลมต้นทาง (m/s)	ระยะตรวจวัดด้านหลังพืช (cm)
0.50	
1.00	0
1.50	50
2.00	100
2.50	150
3.00	200
3.50	
4.00	

- วัดค่าอุณหภูมิอากาศ และ ความชื้นสัมพัทธ์

ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น และ อุณหภูมิอาศ ในขณะทำการทดลอง ตรวจวัดในการแต่ละชุดการทดลอง วัด 3 ซ้ำ บันทึกผลการทดลอง

3.2.2 ศึกษาลักษณะการไหลของลม

ทำการติดตั้งอุปกรณ์อุโมงค์ลม ซึ่งทำการทดลองดูลักษณะการไหลของลมผ่านไม้ประดับอาคารทั้ง 3 คือ ลิ้นมังกร, ว่านกาบหอย และสับปะรดสี โดยนำพืชมาจัดวางในตำแหน่งเหมือนการปลูกจริง ที่ความสูง 30 cm , 50 cm ลักษณะการปลูกแบบ 1 แถว , 2 แถว และ 2 แถวสลับ โดยจะปรับความเร็วลมต้นทางที่ระดับ 0.50 m/s , 1.00 m/s และ 2.00 m/s โดยจะดูลักษณะการไหลของลมจากเส้นควันที่ปล่อยออกมาจากเครื่องปล่อยควัน แล้วทำการถ่ายรูปเพื่อดูลักษณะการไหลของลม

รูปที่ 3.9 การทดลองลักษณะการไหลผ่านของลม

3.2.3 การวิเคราะห์และประเมินผล

นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บผลการทดลอง ทั้ง 9 ชุดการทดลอง นำมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel

- วิเคราะห์ข้อมูลความเร็วลมที่พัดผ่านไม้ประดับอาคาร และค่าอุณหภูมิและ ความชื้นสัมพัทธ์ โดยวิถีแจกแจงความถี่ ร้อยละ และค่าเฉลี่ย

- หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความเร็วลมที่พัดผ่านไม้ประดับอาคาร

- เปรียบเทียบความเร็วลมที่พัดผ่านไม้ประดับอาคาร,ความสูง และลักษณะการปลูกของพืชแต่ละชนิดโดยการใช้กราฟแสดงลักษณะความเร็วลมที่วัดได้ด้านหน้าและด้านหลังของไม้ประดับ โดยเปรียบเทียบกันทั้งสามชนิดพืช และประเมินผลการทดลอง

- วิเคราะห์ลักษณะการไหลของลมผ่านอุโมงค์ลม วิเคราะห์จากภาพถ่ายอภิปรายและประเมินผลการทดลอง

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาเปรียบเทียบความเร็วลม

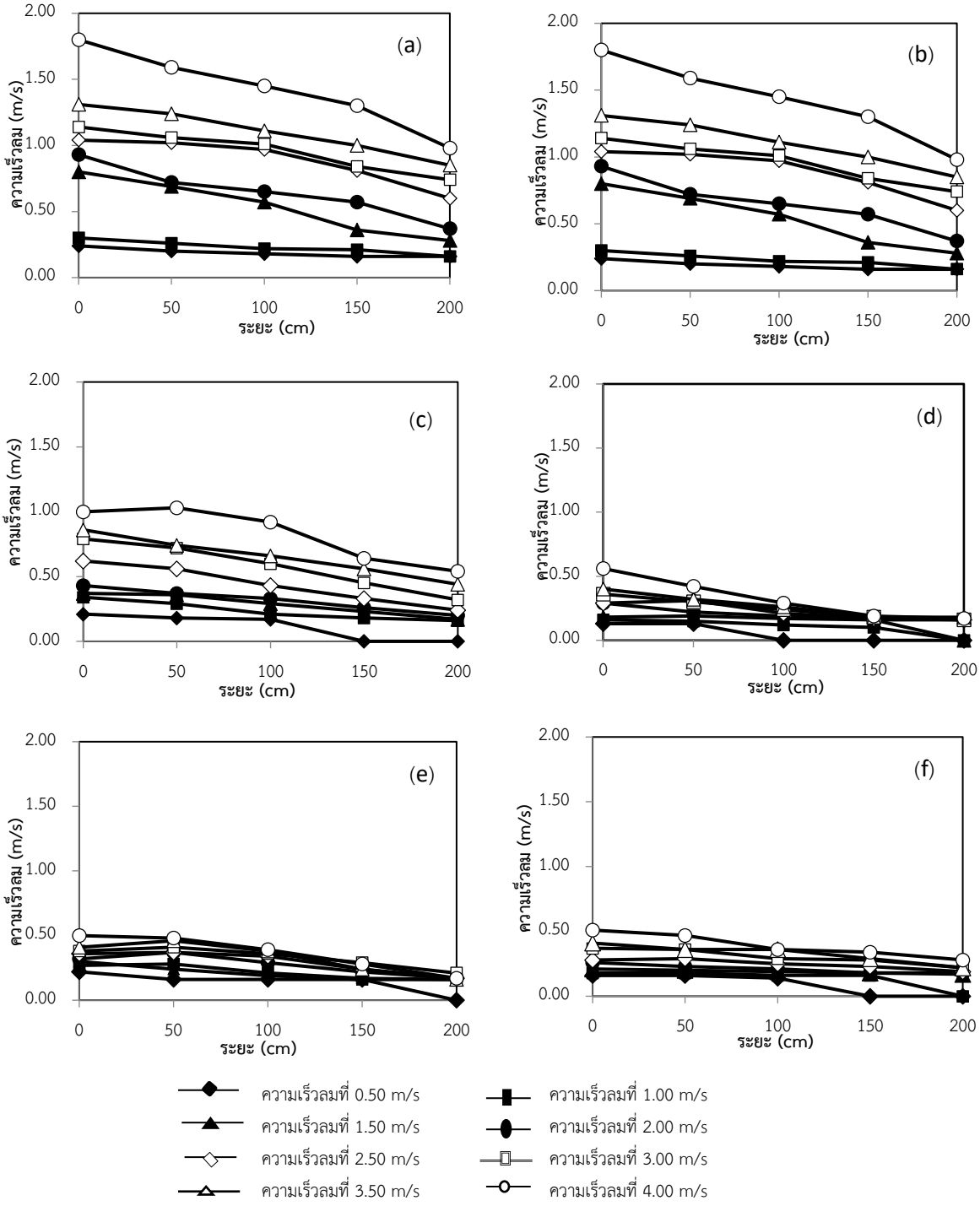
4.1.1 ลิ้นมังกร

ผลการทดลองเปรียบเทียบความเร็วลมที่พัดผ่านลิ้นมังกรที่ความสูง 30 cm และ 50 cm ที่ความเร็วลม 0.50, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50, 3.00 และ 4.00 m/s และลักษณะการปลูกแบบ 1 แถว , 2 แถว และ 2 แถวสลับ ผลการศึกษาช่วงความเร็วลมต่ำสุดและสูงสุดที่พัดผ่านลิ้นมังกร ดังแสดงในตาราง 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองความเร็วลมที่พัดผ่านลิ้นมังกร

ความเร็วลมต้นทาง (m/s)	ความเร็วลมที่พัดผ่าน (m/s)	
	ความสูง 30 cm	ความสูง 50 cm
0.50	0 - 0.24	0 – 0.21
1.00	0.16 – 0.30	0 – 0.21
1.50	0.16 – 0.80	0.16 – 0.23
2.00	0.17 – 0.93	0.21 – 0.23
2.50	0.17 – 1.04	0.22 – 0.57
3.00	0.21 – 1.14	0.25 – 0.98
3.50	0.16 – 1.31	0.13 – 0.99
4.00	0.17 – 1.80	0.21 – 1.11

จากตาราง 4.1 จะเห็นได้ว่า ลิ้นมังกรที่ความสูง 30 cm ที่ความเร็วลม 4.00 m/s ลมที่พัดผ่านลิ้นมังกรพัดผ่านได้มากที่สุดคือที่ช่วงความเร็วลม 0.17–1.80 m/s และที่ความเร็วลม 0.50 m/s ลมพัดผ่านลิ้นมังกรได้น้อยที่สุดคือช่วงความเร็วลม 0–0.24 m/s และลิ้นมังกรที่ความสูง 50 cm ที่ความเร็วลม 4.00 m/s ลมที่พัดผ่านลิ้นมังกรพัดผ่านได้มากที่สุดคือที่ช่วงความเร็วลม 0.21 – 1. m/s และที่ความเร็วลม 0.50m/s ลมพัดผ่านลิ้นมังกรได้น้อยที่สุดคือช่วงความเร็วลม 0 – 0.21 m/s



รูปที่ 4.1 ความเร็วลมที่พัดผ่านลิ้นมังกร (a) ความเร็วลมที่พัดผ่านลิ้นมังกรที่ความสูง 30 cm ปลูกแบบ 1 แถว, (b) ความเร็วลมที่พัดผ่านลิ้นมังกรที่ความสูง 50 cm ปลูกแบบ 1 แถว, (c) ความเร็วลมที่พัดผ่านลิ้นมังกรที่ความสูง 30 cm ปลูกแบบ 2 แถว, (d) ความเร็วลมที่พัดผ่านลิ้นมังกรที่ความสูง 50 cm ปลูกแบบ 2 แถว, (e) ความเร็วลมที่พัดผ่านลิ้นมังกรที่ความสูง 30 cm ปลูกแบบ 2 แถวสลับ และ (f) ความเร็วลมที่พัดผ่านลิ้นมังกรที่ความสูง 50 cm ปลูกแบบ 2 แถวสลับ

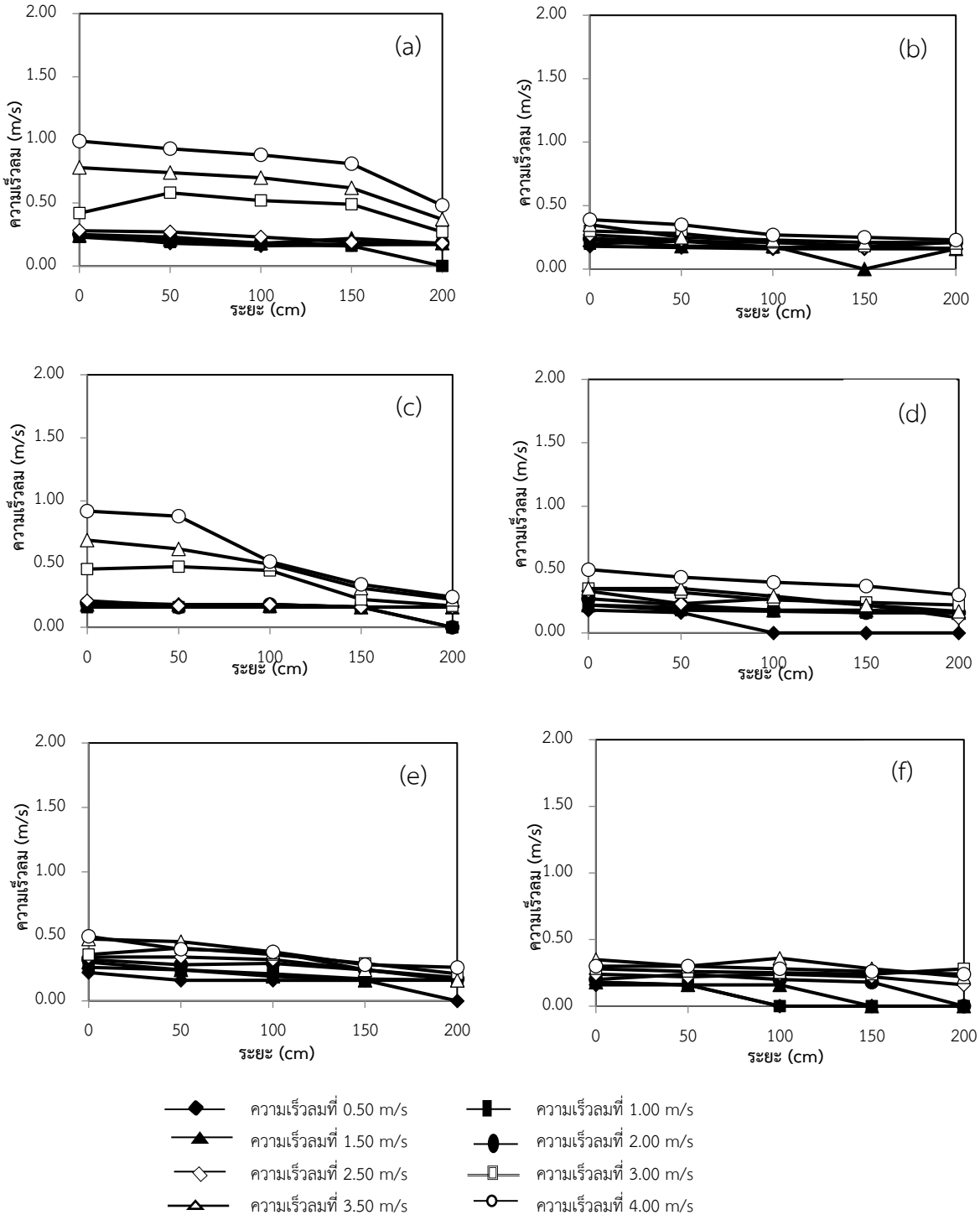
4.1.2 สับปะรดสี

ผลการทดลองเปรียบเทียบความเร็วลมที่พัดผ่านสับปะรดสีที่ความสูง 30 cm และ 50 cm ที่ความเร็วลม 0.50, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50, 3.00 และ 4.00 m/s และลักษณะการปลูกแบบ 1 แถว, 2 แถว และ 2 แถวสลับ ผลการศึกษาช่วงความเร็วลมต่ำสุดและสูงสุดที่พัดผ่านลิ้นมังกร ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองความเร็วลมที่พัดผ่านสับปะรดสี

ความเร็วลมต้นทาง (m/s)	ความเร็วลมที่พัดผ่าน (m/s)	
	ความสูง 30 cm	ความสูง 50 cm
0.50	0 - 0.25	0 – 0.18
1.00	0.16 – 0.23	0 – 0.20
1.50	0.16 – 0.24	0 – 0.23
2.00	0.17 – 0.25	0 – 0.24
2.50	0.18 – 0.28	0.16 – 0.27
3.00	0.21 – 0.42	0.28 – 0.30
3.50	0.16 – 0.78	0.22 – 0.35
4.00	0.26 – 0.99	0.24 – 0.39

จากตารางที่ 4.2 พบว่าสับปะรดสีที่ความสูง 30 cm ที่ความเร็วลม 4.00 m/s ลมที่พัดผ่านลิ้นมังกรพัดผ่านได้มากที่สุดคือที่ช่วงความเร็วลม 0.26 – 0.99 m/s และที่ความเร็วลม 0.50 m/s ลมพัดผ่านได้น้อยที่สุดคือช่วงความเร็วลม 0 – 0.25 m/s และที่ความสูง 50 cm ที่ความเร็วลม 4.00 m/s ลมที่พัดผ่านพัดผ่านได้มากที่สุดคือที่ช่วงความเร็วลม 0.24 – 0.39 m/s และที่ความเร็วลม 0.50m/s ลมพัดผ่านได้น้อยที่สุดคือช่วงความเร็วลม 0 – 0.18 m/s



รูปที่ 4.2 ความเร็วลมที่พัดผ่านสับปะรดสี (a) ความเร็วลมที่ความสูง 30 cm ปลูกแบบ 1 แถว, (b) ความเร็วลมที่ความสูง 50 cm ปลูกแบบ 1 แถว, (c) ความเร็วลมที่ความสูง 30 cm ปลูกแบบ 2 แถว, (d) ความเร็วลมที่ความสูง 50 cm ปลูกแบบ 2 แถว, (e) ความเร็วลมที่ความสูง 30 cm ปลูกแบบ 2 แถวสลับ และ (f) ความเร็วลมที่ความสูง 50 cm ปลูกแบบ 2 แถวสลับ

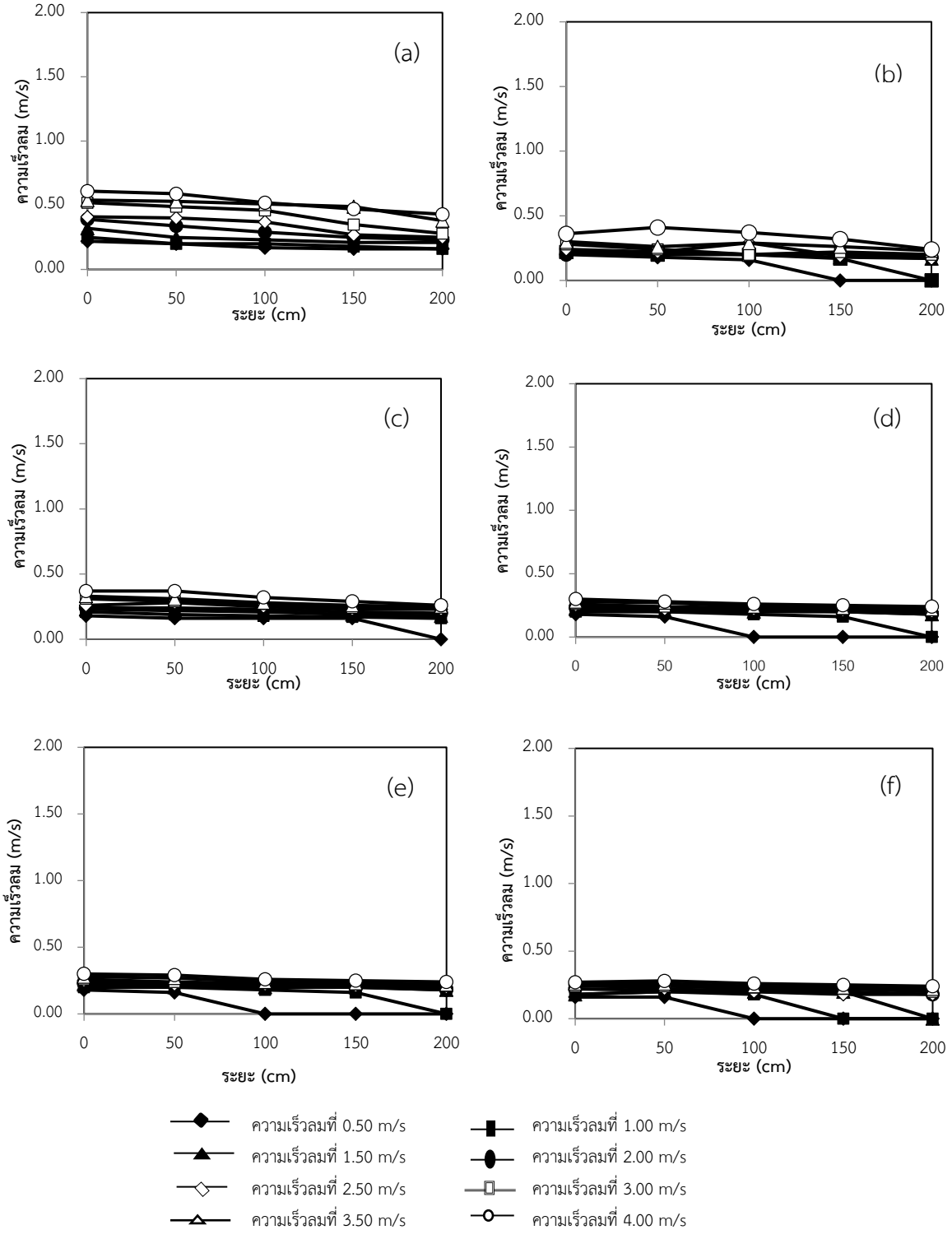
4.1.3 ว่านกาบหอย

ผลการทดลองเปรียบเทียบความเร็วลมที่พัดผ่านว่านกาบหอย ที่ความสูง 30 cm และ 50 cm ที่ความเร็วลม 0.50, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50, 3.00 และ 4.00 m/s และลักษณะการปลูกแบบ 1 แถว , 2 แถว และ 2 แถวสลับ ผลการศึกษาช่วงความเร็วลมต่ำสุดและสูงสุดที่พัดผ่าน ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองความเร็วลมที่พัดผ่านว่านกาบหอย

ความเร็วลมต้นทาง (m/s)	ความเร็วลมที่พัดผ่าน (m/s)	
	ความสูง 30 cm	ความสูง 50 cm
0.50	0 - 0.22	0 – 0.20
1.00	0 – 0.25	0 – 0.22
1.50	0.18 – 0.32	0 – 0.23
2.00	0.18 – 0.39	0.18 – 0.20
2.50	0.20 – 0.41	0.18 – 0.24
3.00	0.21 – 0.52	0.20 – 0.28
3.50	0.22 – 0.54	0.22 – 0.30
4.00	0.24 – 0.61	0.24 – 0.36

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า ว่านกาบหอยที่ความสูง 30 cm ที่ความเร็วลม 4.00 m/s ลมพัดผ่านได้มากที่สุดคือที่ช่วงความเร็วลม 0.24 – 0.61 m/s และที่ความเร็วลม 0.50 m/s ลมพัดผ่านได้น้อยที่สุดคือช่วงความเร็วลม 0 – 0.22 m/s และที่ความสูง 50 cm ที่ความเร็วลม 4.00 m/s ลมที่พัดผ่านว่านกาบหอยพัดผ่านได้มากที่สุดคือที่ช่วงความเร็วลม 0.24 – 0.36 m/s และที่ความเร็วลม 0.50m/s ลมพัดผ่านได้น้อยที่สุดคือช่วงความเร็วลม 0 – 0.20 m/s



รูปที่ 4.3 ความเร็วลมที่พัดผ่านว่านกาบหอย (a) ความเร็วลมที่ความสูง 30 cm ปลูกแบบ 1 แถว, (b) ความเร็วลมที่ความสูง 50 cm ปลูกแบบ 1 แถว, (c) ความเร็วลมที่ความสูง 30 cm ปลูกแบบ 2 แถว, (d) ความเร็วลมที่ความสูง 50 cm ปลูกแบบ 2 แถว, (e) ความเร็วลมที่ความสูง 30 cm ปลูกแบบ 2 แถวสลับ และ (f) ความเร็วลมที่ความสูง 50 cm ปลูกแบบ 2 แถวสลับ

ตารางที่ 4.4 ลักษณะพืชแต่ละชนิดและการจัดแบ่งกลุ่ม

ลิ้นมังกร	ว่านกาบหอย	สับปะรดสี
กลุ่มพืชมีใบที่เรียวยาว ใบสูง	กลุ่มพืชที่มีใบแบนใหญ่ที่แผ่ออกเป็นวงกลม	กลุ่มพืชที่มีใบที่เล็กเรียวยาว ใบมีจำนวนมากแผ่ออกเป็นกอหนา

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองศึกษาเปรียบเทียบความเร็วลมที่พัดผ่านพืชทั้ง 3 ชนิด คือ ลิ้นมังกร, ว่านกาบหอย และสับปะรดสี จะเห็นได้ว่าพืชแต่ละชนิดจะสามารถบังลมที่จะเข้าสู่อาคารได้แตกต่างกัน เนื่องจากพืชแต่ละชนิดมีลักษณะของใบและต้นที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งลักษณะทางกายภาพของพืชแต่ละชนิดที่แตกต่างกันจะส่งผลโดยตรงต่อความเร็วลมที่ไหลผ่านพืช เนื่องจากยิ่งพืชมีลักษณะใบที่กว้างและมีความเป็นพุ่มที่แผ่ออกกว้างมากขึ้นการที่พืชจะบังลมที่ไหลผ่านก็จะมากขึ้นด้วย จึงสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยด้านลักษณะใบและต้นของพืชส่งผลต่อการลดลงของความเร็วลม จากการทดลองพบว่าพืชที่มีความเร็วลมไหลผ่านได้ดีที่สุด คือ ลิ้นมังกร มีลักษณะเมื่อเปรียบเทียบกับพืชอีก 2 ชนิด เนื่องจากลิ้นมังกรมีลักษณะใบที่เรียวยาวลำต้นสูง ในขณะที่สับปะรดสีมีลักษณะใบที่แบนกว้างใบแผ่ออกเป็นพุ่ม และว่านกาบหอยมีลักษณะใบที่เรียวยาวแต่ลักษณะใบกระจุกเป็นพุ่ม จึงทำให้ลิ้นมังกรลมสามารถผ่านได้ดีสุด เพราะมีช่องว่างให้ลมสามารถไหลผ่านได้มากกว่า โดยดูจากตารางที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 ซึ่งแนวโน้มความเร็วลมสูงสุดที่พัดผ่านพืชทั้ง 3 ชนิด เรียงจากมากไปน้อย คือ ลิ้นมังกร สับปะรดสี และว่านกาบหอบตามลำดับ

ปัจจัยความเร็วลมต้นทางก็มีผลโดยตรงต่อการลดลงของความเร็วลมที่พัดผ่านพืช จากการทดลองเปรียบเทียบความเร็วลมที่พัดผ่านลิ้นมังกร พบว่าความเร็วลมต้นทางที่แตกต่างกันจะส่งผลโดยส่งต่อการลดลงของความเร็วลมที่พัดผ่านด้านหลังไม้ประดับอาคาร จากรูปที่ 4.1 – 4.3 จะเห็นได้ว่าเมื่อมีความเร็วลมต้นทางที่หน้าพืชเพิ่มมากขึ้น ความเร็วลมลมที่จะพัดผ่านด้านหลังพืชก็จะเพิ่มมาก

ขึ้นด้วย จากการทดลองจะเห็นว่าที่ความเร็วลมต้นทาง 4.00 m/s ลมที่พัดผ่านไม้ประดับลมสามารถไหลผ่านได้ดีที่สุด ความเร็วลมอยู่ในช่วง 0.17 – 1.80 m/s ซึ่งช่วงความเร็วลมดังกล่าวสอดคล้องกับสภาวะน่าสบายคือความเร็วลมจะอยู่ที่ 0.25 – 1.50 m/s (Victor Olgyay,1969) และที่ความเร็วลมต้นทาง 0.50 m/s ความเร็วลมที่พัดผ่านอยู่ในช่วง 0 – 0.24 m/s ซึ่งช่วงความเร็วลมนี้มนุษย์จะไม่รู้สึกสบาย แต่จะเห็นได้ว่าที่ความเร็วลม 4.00 m/s มีความเร็วลมที่เลยสภาวะน่าสบาย มนุษย์รู้สึกได้ถึงการถูกลมรบกวน ซึ่งช่วงความเร็วลมดังกล่าวเกิดจากระยะตรวจวัดที่ด้านสนหลังพืชที่แตกต่างกัน ทำให้แต่ละระยะตรวจวัดจะมีลมไหลผ่านที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นระยะการตรวจวัดที่แตกต่างกัน ก็ส่งผลต่อการลดลงของความเร็วลมที่พัดผ่าน จากการทดลองความเร็วลมต้นทางที่ 2.00 m/s ขึ้นไป จะทำให้ลมที่พัดผ่านพืชมีความเร็วลมที่อยู่ในสภาวะน่าสบาย

จากการทดลองเมื่อระยะที่ตรวจวัดความเร็วลมด้านหลังพืช ห่างไปจากตำแหน่งของความเร็วลมต้นทางลมที่ไหลผ่านก็จะมีความเร็วลมที่ลดน้อยลงไปด้วย พบว่าที่ความเร็วลมต้นทางที่ระดับความเร็วลม 4.00 m/s ที่ระยะตรวจวัดที่หลังพืชที่ 0 cm ความเร็วลมสูงสุดที่ลมไหลผ่านที่ตรวจวัดได้ในระยะตรวจวัดนี้คือ 1.80 m/s ความเร็วลมที่ลดลงคิดเป็น 45% ของความเร็วลมต้นทาง และที่ระยะตรวจวัดที่หลังพืชที่ 200 cm ซึ่งเป็นระยะตรวจวัดที่ห่างจากลมต้นทางมากที่สุด ความเร็วลมสูงสุดที่ลมไหลผ่านที่ตรวจวัดได้ในระยะตรวจวัดนี้คือ 0.98 m/s ความเร็วลมที่ลดลงคิดเป็น 75.50% เป็นระยะที่ความเร็วลมที่ไหลผ่านมาต่ำที่สุดคือลมไม่สามารถไหลผ่านได้เลยเมื่อเทียบกับระยะตรวจวัดอื่น และที่ความเร็วลมต้นทางที่ระดับความเร็วลม 0.50 m/s ที่ระยะตรวจวัดด้านหลังพืชที่ 0 cm ความเร็วลมสูงสุดที่ลมไหลผ่านที่ตรวจวัดได้ในระยะตรวจวัดนี้คือ 0.24 m/s ความเร็วลมที่ลดลงคิดเป็น 48% ของความเร็วลมต้นทาง และที่ระยะตรวจวัดที่หลังพืชที่ 200 cm ซึ่งเป็นระยะตรวจวัดที่ห่างจากลมต้นทางมากที่สุด ความเร็วลมสูงสุดที่ลมไหลผ่านที่ตรวจวัดได้ในระยะตรวจวัดนี้คือ 0 m/s ความเร็วลมที่ลดลงคิดเป็น 100% เป็นระยะที่ความเร็วลมที่ไหลผ่านมาต่ำที่สุดคือลมไม่สามารถไหลผ่านได้เลยเมื่อเทียบกับระยะตรวจวัดอื่น จะเห็นได้ว่าระยะตรวจวัดที่หลังพืชจะมีผลต่อความเร็วลมที่ลดลง และมีความสัมพันธ์กันกับความเร็วลมต้นทาง เนื่องจากลมจะมีความเร็วลดลงเรื่อยๆ เมื่อมีระยะทางที่ไกลขึ้นจากต้นทางของลม สามารถสรุปได้ว่าที่ระยะตรวจวัด 200 cm ยังอยู่ในสภาวะที่ผู้อาศัยสัมผัสได้ถึงสภาวะน่าสบาย แต่มีเงื่อนไขอยู่ที่ความเร็วลมต้นทางต้องมีความแรงมากพอ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Victor Olgyay (1969) กล่าวว่า การรับรู้ต่อการเคลื่อนไหวของลมตามธรรมชาติ หรือเกิดจากพัดลม ซึ่งทำให้เกิดความรู้สึกเย็นลงนั้น ขึ้นอยู่กับอัตราความเร็วลม โดยมนุษย์จะรู้สึกเย็นลง 4 °C เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นประมาณ 0.25 m/s สามารถสรุปได้ว่าเนื่องจากแต่ละระยะตรวจวัดลมจะไหลผ่านจะลดลงไม่เท่ากัน แต่พบว่าทุกระยะตรวจวัดจะอยู่ในสภาวะน่า-สบาย ถ้าความเร็วลมต้นทางเป็น 1.00 m/s ที่ระดับความสูงพืช 30 cm และความเร็วลมต้นทางที่ 2.50 m/s ที่ความสูงพืช 50 cm

4.2 ศึกษาเปรียบเทียบความสูงของพืช

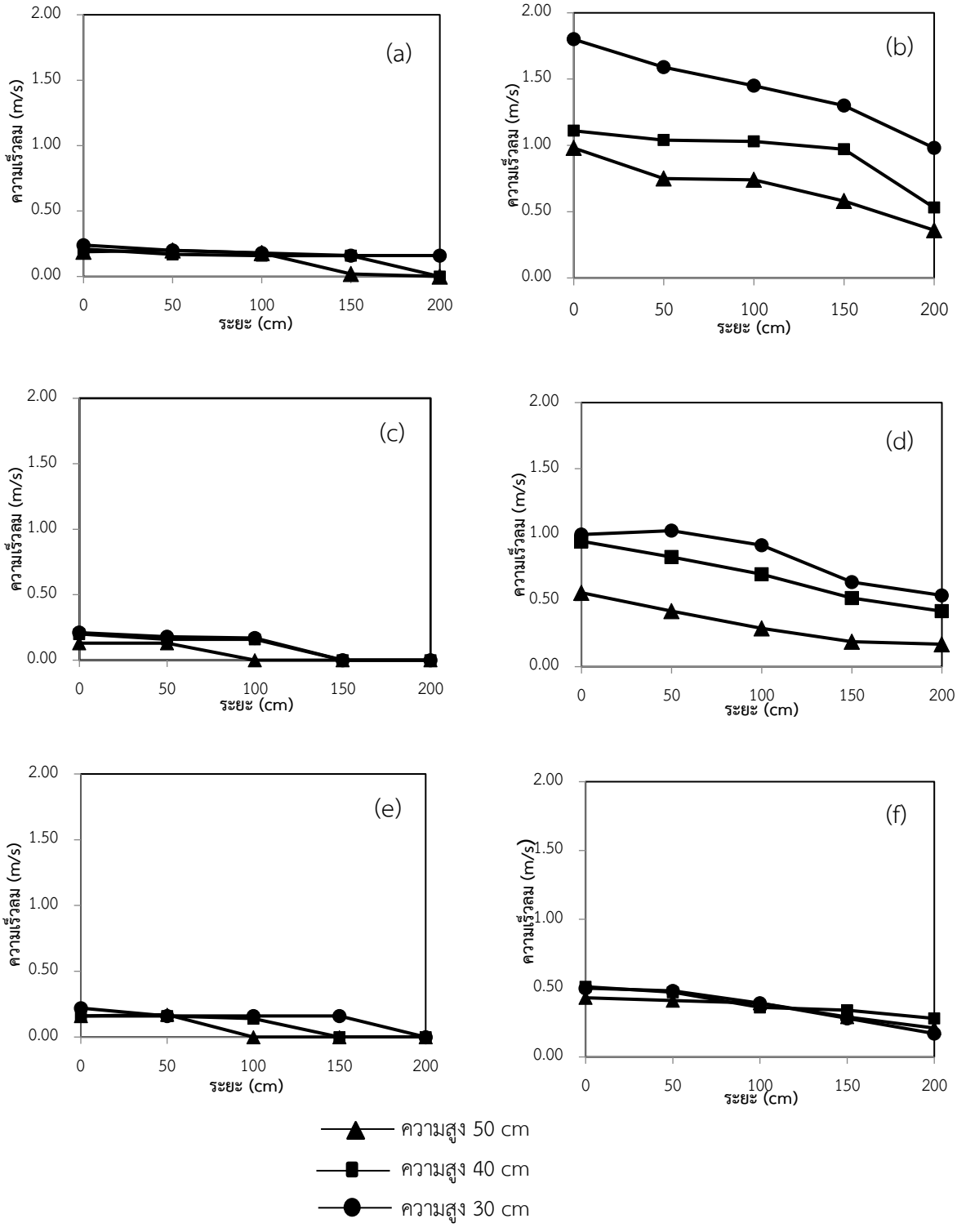
4.2.1 ลิ้นมังกร

ผลของการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบลักษณะความสูงของลิ้นมังกรที่ความสูง 30 cm, 40 cm และ 50 cm ที่ระดับความเร็วลม 0.50, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50, 3.00,3.50 และ 4.00 m/s ผลการศึกษาแสดงผลการทดลองที่ระดับความเร็วลมต้นทางที่ 0.50 และ 4.00 m/s ช่วงความเร็วลมที่ลมพัดผ่านต่ำสุดและสูงสุดที่พัดผ่านลิ้นมังกร ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบความเร็วลมที่พัดผ่านลิ้นมังกรที่ความสูงต่างๆ

ความสูงพืช (cm)	ความเร็วลมต้นทาง (m/s)	ความเร็วลมที่พัดผ่าน (m/s)
30	0.50	0 - 0.24
	4.00	0.17 - 1.80
40	0.50	0 - 0.21
	4.00	0.21 - 1.11
50	0.50	0 - 0.19
	4.00	0.28 - 0.98

จากตารางที่ 4.5 พบว่าลิ้นมังกรที่มีความสูง 30 cm ลมไหลผ่านได้ดีที่สุด 0.17 - 1.80 m/s และลิ้นมังกรที่ความสูง 50 cm ลมไหลผ่านได้น้อยที่สุด



รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบลักษณะความสูงของลิ้นมังกร (a) ปลูกแบบ 1 แถว ที่ความเร็วลม 0.50 m/s, (b) ปลูกแบบ 1 แถว ที่ความเร็วลม 4.00 m/s, (c) ปลูกแบบ 2 แถว ที่ความเร็วลม 0.50 m/s, (d) ปลูกแบบ 2 แถว ที่ความเร็วลม 4.00 m/s, (e) ปลูกแบบ 2 แถวสลับ ที่ความเร็วลม 0.50 m/s และ (f) ปลูกแบบ 2 แถวสลับ ที่ความเร็วลม 4.00 m/s

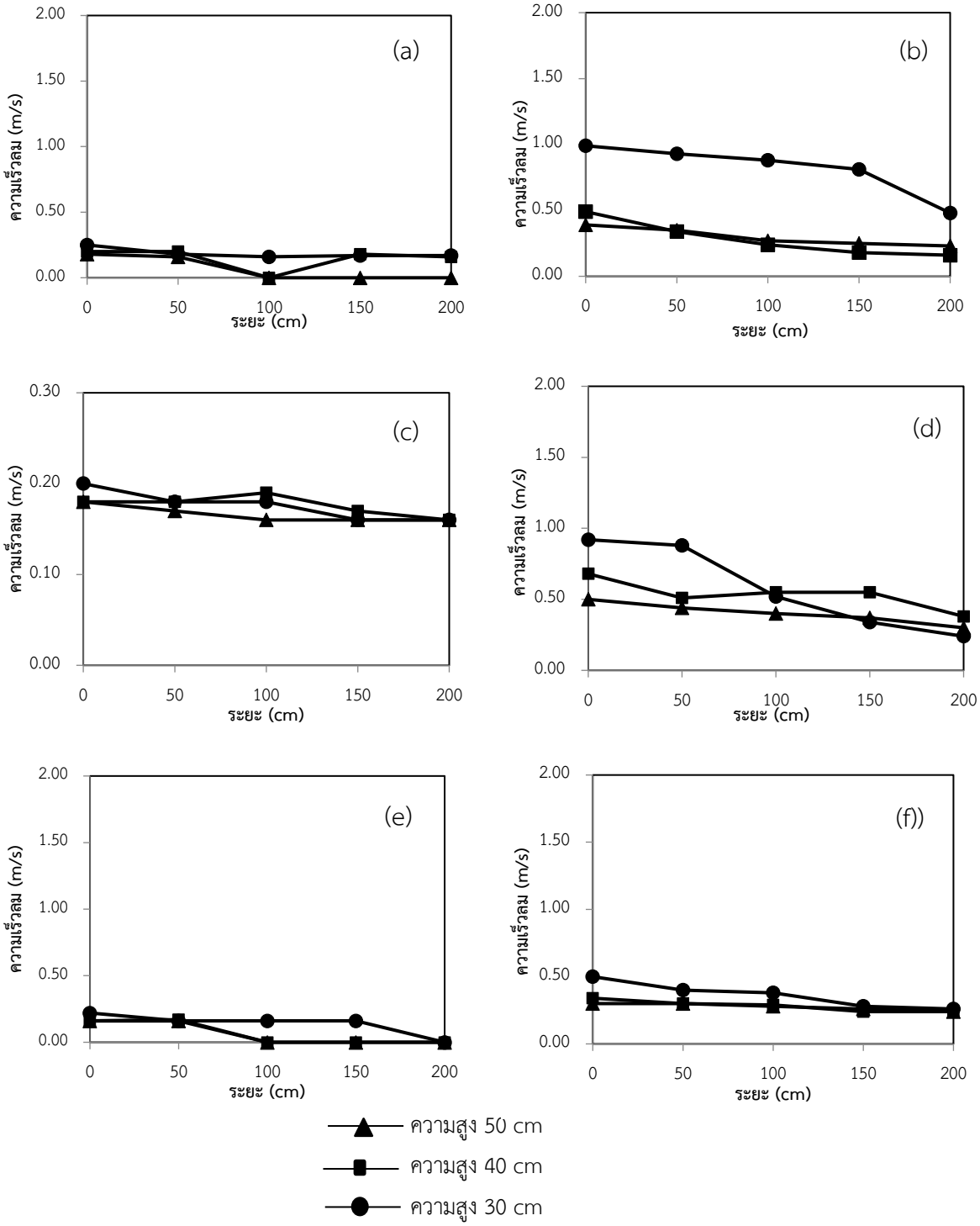
4.2.2 สับปะรดสี

ผลของการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบลักษณะความสูงของสับปะรดสีที่ความสูง 30 cm, 40 cm และ 50 cm ที่ระดับความเร็วลม 0.50, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50, 3.00,3.50 และ 4.00 m/s ผลการศึกษาแสดงผลการทดลองที่ระดับความเร็วลมต้นทางที่ 0.50 และ 4.00 m/s ช่วงความเร็วลมที่ลมพัดผ่านต่ำสุดและสูงสุดที่พัดผ่านสับปะรดสี ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบความเร็วลมที่พัดผ่านสับปะรดสีที่ความสูงต่างๆ

ความสูงพืช (cm)	ความเร็วลมต้นทาง (m/s)	ความเร็วลมที่พัดผ่านลิ้นมังกร (m/s)
30	0.50	0 - 0.25
	4.00	0.26 – 0.99
40	0.50	0 - 0.20
	4.00	0.24 – 0.68
50	0.50	0 - 0.18
	4.00	0.24 - 0.39

จากตารางที่ 4.6 สับปะรดสีที่มีความสูง 30 cm ลมไหลผ่านได้ดีที่สุด 0.26 – 0.99 m/s และสับปะรดสีที่ความสูง 50 cm ลมไหลผ่านได้น้อยที่สุด



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบลักษณะความสูงของสับปะรดสี (a) ปลูกแบบ 1 แถว ที่ความเร็วลม 0.50 m/s, (b) ปลูกแบบ 1 แถว ที่ความเร็วลม 4.00 m/s, (c) ปลูกแบบ 2 แถว ที่ความเร็วลม 0.50 m/s, (d) ปลูกแบบ 2 แถว ที่ความเร็วลม 4.00 m/s, (e) ปลูกแบบ 2 แถวสลับ ที่ความเร็วลม 0.50 m/s และ (f) ปลูกแบบ 2 แถวสลับ ที่ความเร็วลม 4.00 m/s

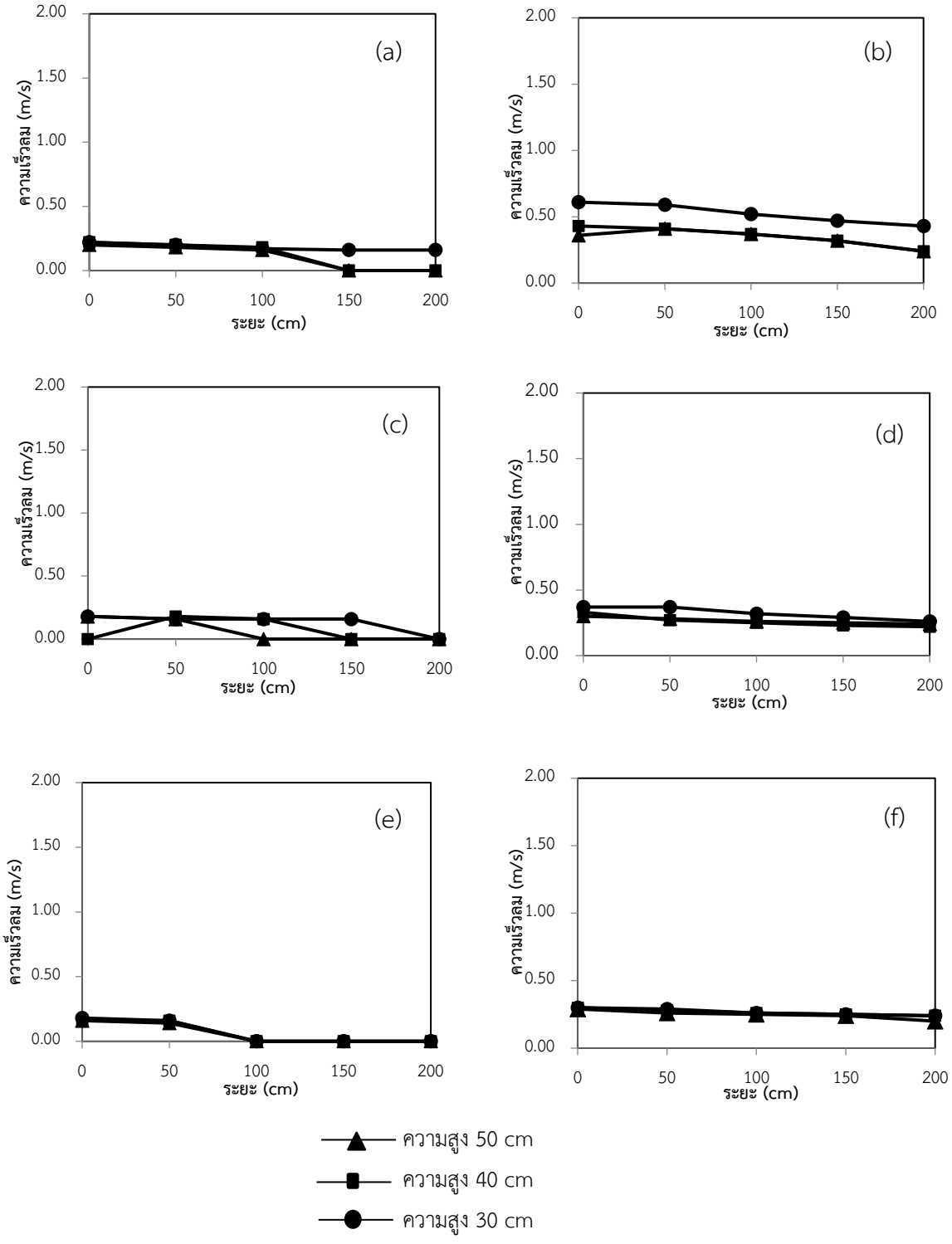
4.2.3 ว่านกาบหอย

ผลของการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบลักษณะความสูงของว่านกาบหอยที่ความสูง 30 cm, 40 cm และ 50 cm ที่ระดับความเร็วลม 0.50, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50, 3.00,3.50 และ 4.00 m/s ผลการศึกษาแสดงผลการทดลองที่ระดับความเร็วลมต้นทางที่ 0.50 และ 4.00 m/s ช่วงความเร็วลมที่ลมพัดผ่านต่ำสุดและสูงสุดที่พัดผ่าน ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบความเร็วลมที่พัดผ่านว่านกาบหอยที่ความสูงต่างๆ

ความสูงพืช (cm)	ความเร็วลมต้นทาง (m/s)	ความเร็วลมที่พัดผ่าน (m/s)
30	0.50 4.00	0 - 0.22 0.24 – 0.61
40	0.50 4.00	0 - 0.22 0.20 – 0.43
50	0.50 4.00	0 - 0.20 0.24 - 0.36

จากตารางที่ 4.7 ว่านกาบหอยที่มีความสูง 30 cm ลมไหลผ่านได้ดีที่สุด 0.22 – 0.61 m/s และว่านกาบหอยที่ความสูง 50 cm ลมไหลผ่านได้น้อยที่สุด



รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบลักษณะความสูงของว่านกาบหอย (a) ปลูกแบบ 1 แถวความเร็วลม 0.50 m/s, (b) ปลูกแบบ 1 แถว ที่ความเร็วลม 4.00 m/s, (c) ปลูกแบบ 2 แถว ที่ความเร็วลม 0.50 m/s, (d) ปลูกแบบ 2 แถว ที่ความเร็วลม 4.00 m/s, (e) ปลูกแบบ 2 แถวสลับ ที่ความเร็วลม 0.50 m/s และ (f) ปลูกแบบ 2 แถวสลับ ที่ความเร็วลม 4.00 m/s

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองความเร็วลมที่ไหลผ่านด้านหลังของพืช ทั้ง 3 ชนิด คือ ลิ้นมังกร, สับปะรดสี และว่านกาบหอย โดยศึกษาปรียบเทียบลักษณะความสูงของพืช ที่ความสูง 30 cm, 40 cm และ 50 cm ซึ่งผลการทดลองจะแสดงผลเปรียบเทียบที่ระดับความเร็วลมต้นทางที่ระดับความเร็วลมต่ำสุด จากรูปที่ 4.4, 4.5 และ 4.6 จะเห็นได้ว่าที่ระดับความสูงของพืชที่ 30 cm ลมสามารถไหนผ่านได้ดีที่สุด ความเร็วลมที่ไหลผ่านอยู่ในช่วงสภาวะน่าสบายที่มนุษย์รู้สึกได้ทั้งที่ระดับความเร็วลมต้นทาง 0.50 m/s และ 4.00 m/s แต่สับปะรดสี และลิ้นมังกร มนุษย์จะรับรู้และอยู่ในสภาวะน่าสบายได้ที่ครระดับความเร็วลมต้นทาง 4.00 m/s เท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย ของ Szokolay (2008) กล่าวว่าที่ความเร็วลมในระดับนี้ช่วงต่ำกว่า 0.25 m/s เป็นช่วงความเร็วลมที่ทำให้มนุษย์รู้สึกไม่มีลมรู้สึกไม่อยู่ในสภาวะน่าสบาย ปัจจัยด้านความสูงของพืชจะส่งผลโดยตรงต่อการบังลม ที่จะเข้าสู่อาคาร พืชยิ่งมีความสูงเพิ่มขึ้นลมที่จะไหลผ่านเข้าสู่อาคารก็จะน้อยลงด้วย ปัจจัยด้านความสูงของพืชจึงส่งผลโดยตรงต่อการลดลงของความเร็วลม และจะเห็นว่าต่อให้พืชมีระดับความสูงเท่าไหรแต่ความเร็วลมต้นทางน้อยลมที่ไหลผ่านก็จะน้อย ทำให้มนุษย์ไม่ได้อยู่ในสภาวะน่าสบายได้ ดังนั้นปัจจัยด้านความสูงกับความเร็วลมต้นทางจึงมีความสัมพันธ์กัน

จากการทดลองได้ทำการศึกษาที่หน้าต่างขนาด กว้าง 120 cm สูง 110 cm จากผลการทดลองที่ระดับความสูงของพืชที่ 30 cm เหมาะแก่การปลูกพืชมากที่สุดเพราะเป็นระดับที่ลมไหลผ่านได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับระดับความสูงอื่นๆ ซึ่งคิดเป็น 27.27% ของขนาดหน้าต่าง และพืชที่ระดับความสูง 40 cm คิดเป็น 36.36% , ที่ระดับความสูงพืช 50 cm คิดเป็น 45.45% ของขนาดหน้าต่าง ซึ่งความสูงที่ 40 และ 50 cm อาจจะยอมรับได้ถ้ามีความเร็วลมต้นทางที่มากพอ แต่อาจจะส่งผลต่อบริบทอื่นเช่น การบังแดดที่มาดเกินไปอาจจะทำให้แสงเข้าสู่อาคารได้น้อย การบดบังทัศนียภาพภายนอกอาคารของผู้ที่อยู่อาศัย เป็นต้น

4.3 ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะการปลูกของพืช

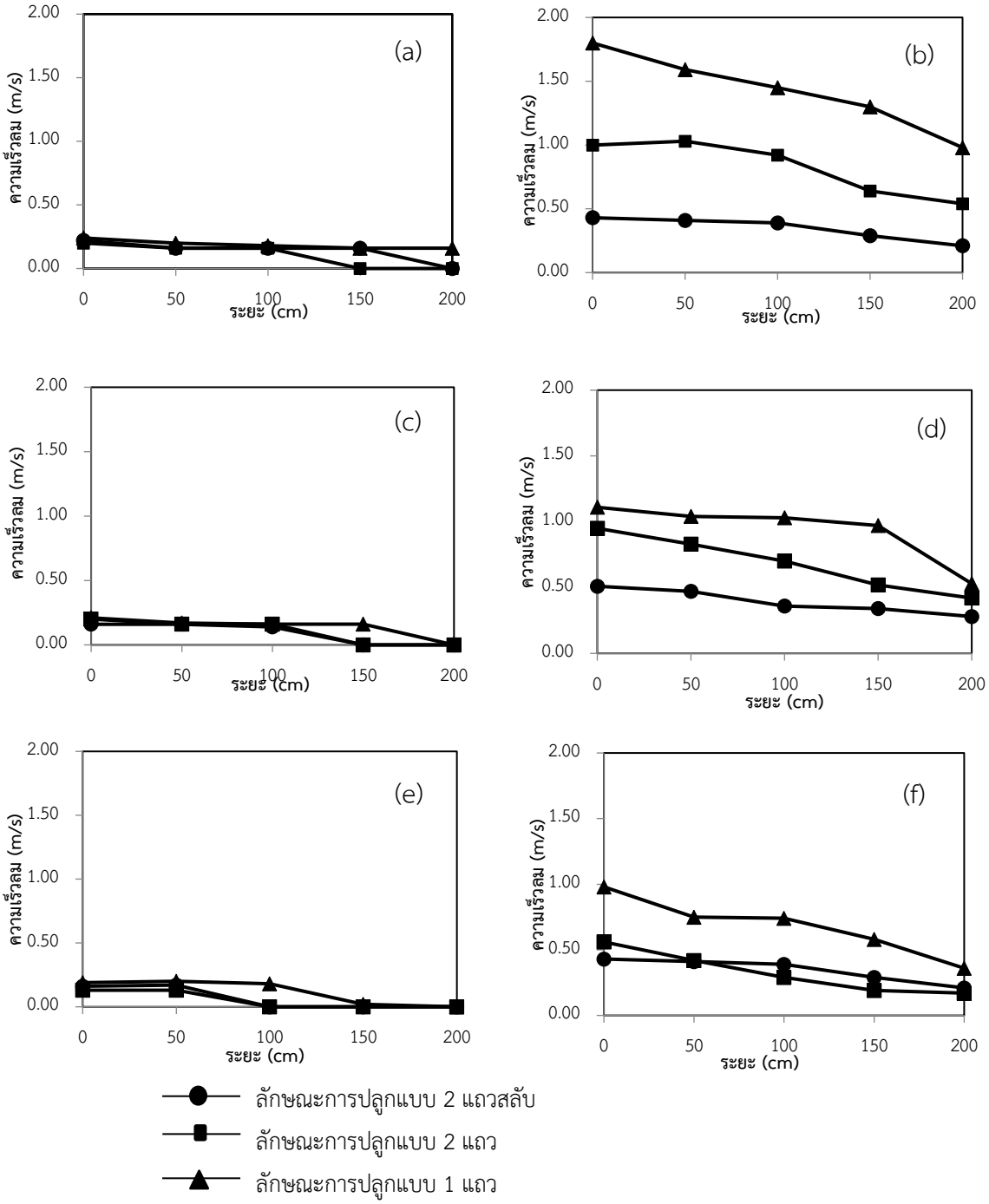
4.3.1 ลิ้นมังกร

ผลของการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบลักษณะการปลูกของลิ้นมังกรที่ความสูง 30 cm, 40 cm และ 50 cm ที่ระดับความเร็วลม 0.50, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50, 3.00, 3.50 และ 4.00 m/s ผลการศึกษาแสดงผลการทดลองที่ระดับความเร็วลมต้นทางที่ 0.50 และ 4.00 m/s ช่วงความเร็วลมที่ลมพัดผ่านต่ำสุดและสูงสุดที่พัดผ่าน ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบความเร็วลมที่พัดผ่านลิ้นมังกรที่ลักษณะการปลูกต่างๆ

ลักษณะการปลูก	ความสูง (cm)	ความเร็วลมต้นทาง (m/s)	ความเร็วลมที่พัดผ่าน (m/s)
1 แถว	30	0.50	0.16 – 0.24
		4.00	0.98 – 1.80
	50	0.50	0 – 0.19
		4.00	0.36 – 0.98
2 แถว	30	0.50	0 – 0.21
		4.00	0.54 – 1.00
	50	0.50	0 – 0.13
		4.00	0.17 – 0.56
2 แถวสลับ	30	0.50	0 – 0.16
		4.00	0.17 – 0.50
	50	0.50	0 – 0.16
		4.00	0.28 – 0.51

จากตารางที่ 4.8 ลิ้นมังกรที่ลักษณะการปลูกแบบ 1 แถว ลมพัดผ่านด้านหลังพืชได้ดีที่สุด ซึ่งที่ระดับความเร็วลมต้นทาง 4.00 m/s ความเร็วลมสูงสุดที่พัดผ่านคือ 1.80 m/s ลดลง 55 % ของความเร็วลมต้นทาง เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะการปลูกแบบ 2 แถว และ 2 แถวสลับ



รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบลักษณะการปลูกของลิ้นมังกร (a) ความสูง 30 cm ที่ความเร็วลม 0.50 m/s, (b) ความสูง 30 cm ที่ความเร็วลม 4.00 m/s, (c) ความสูง 40 cm ที่ความเร็วลม 0.50 m/s, (d) ความสูง 40 cm ที่ความเร็วลม 4.00 m/s, (e) ความสูง 50 cm ที่ความเร็วลม 0.5 m/s และ (f) ความสูง 50 cm ที่ความเร็วลม 4.00 m/s

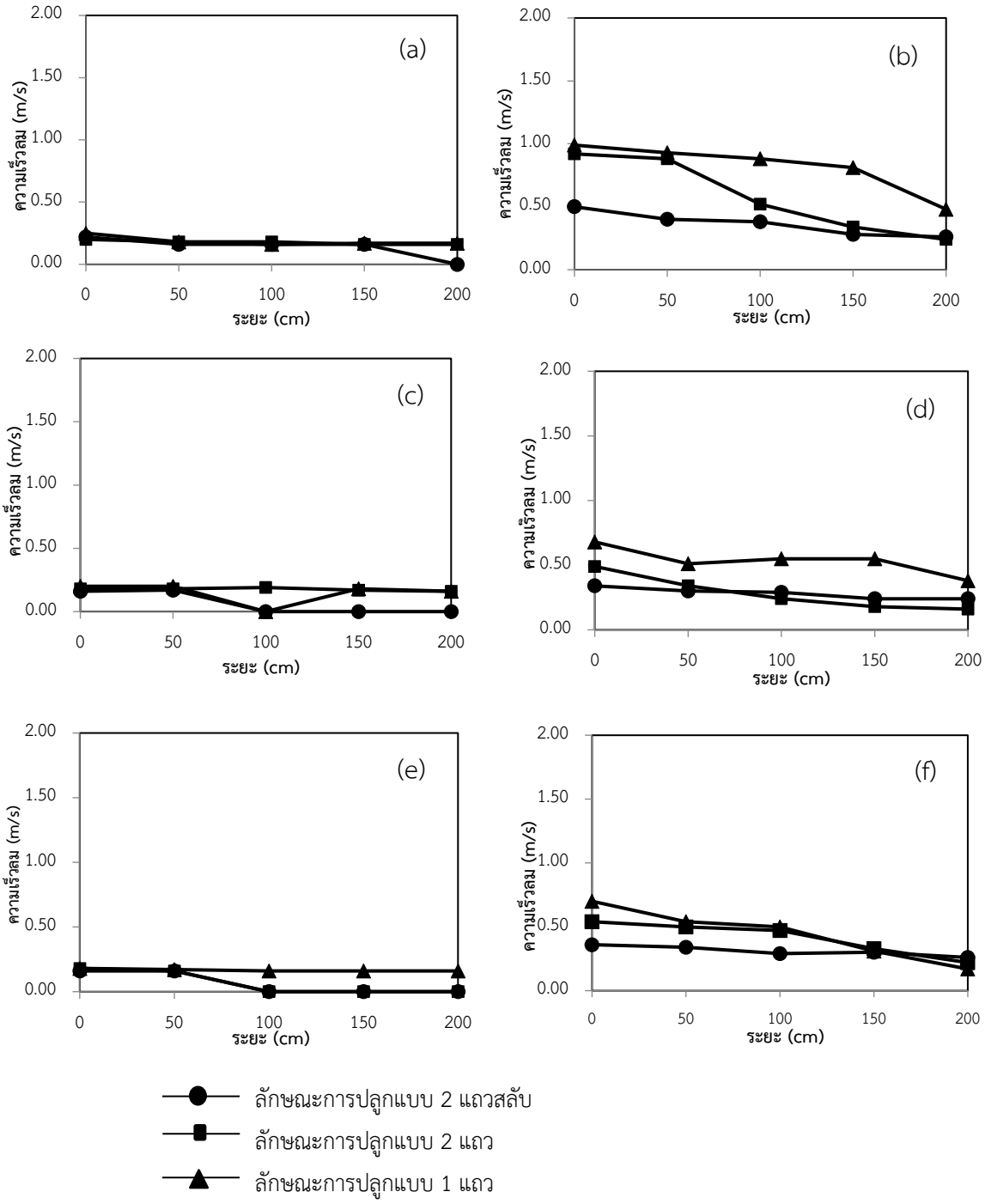
4.3.2 สับปะรดสี

ผลของการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบลักษณะการปลูกของสับปะรดสีที่ความสูง 30 cm, 40 cm และ 50 cm ที่ระดับความเร็วลม 0.50, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50, 3.00,3.50 และ 4.00 m/s ผลการศึกษาแสดงผลการทดลองที่ระดับความเร็วลมต้นทางที่ 0.50 และ 4.00 m/s และที่ความสูง 30 cm, และ 50 cm ช่วงความเร็วลมที่ลมพัดผ่านต่ำสุดและสูงสุดที่พัดผ่าน ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบความเร็วลมที่พัดผ่านสับปะรดสีที่ลักษณะการปลูกต่างๆ

ลักษณะการปลูก	ความสูง (cm)	ความเร็วลมต้นทาง (m/s)	ความเร็วลมที่พัดผ่าน (m/s)
1 แถว	30	0.50	0.17 – 0.25
		4.00	0.48 –0.99
	50	0.50	0.16 – 0.20
		4.00	0.25 – 0.39
2 แถว	30	0.50	0.16 – 0.20
		4.00	0.24 – 0.92
	50	0.50	0 – 0.18
		4.00	0.37 – 0.50
2 แถวสลับ	30	0.50	0 – 0.22
		4.00	0.26 – 0.50
	50	0.50	0 – 0.16
		4.00	0.24 – 0.30

จากผลการทดลอง ตารางที่ 4.9 สับปะรดสีที่ลักษณะการปลูกแบบ 1 แถว ลมพัดผ่านด้านหลังพืชได้ดีที่สุด ซึ่งที่ระดับความเร็วลมต้นทาง 4.00 m/s ความเร็วลมสูงสุดที่พัดผ่าน คือ 0.99 m/s ซึ่งลดลง 75.25% ของความเร็วลมต้นทาง เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะการปลูกแบบ 2 แถว และ 2 แถวสลับ



รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบลักษณะการปลูกของสับปะรดสี (a) ความสูง 30 cm ที่ความเร็วลม 0.50 m/s, (b) ความสูง 30 cm ที่ความเร็วลม 4.00 m/s, (c) ความสูง 40 cm ที่ความเร็วลม 0.50 m/s, (d) ความสูง 40 cm ที่ความเร็วลม 4.00 m/s, (e) ความสูง 50 cm ที่ความเร็วลม 0.5 m/s และ (f) ความสูง 50 cm ที่ความเร็วลม 4.00 m/s

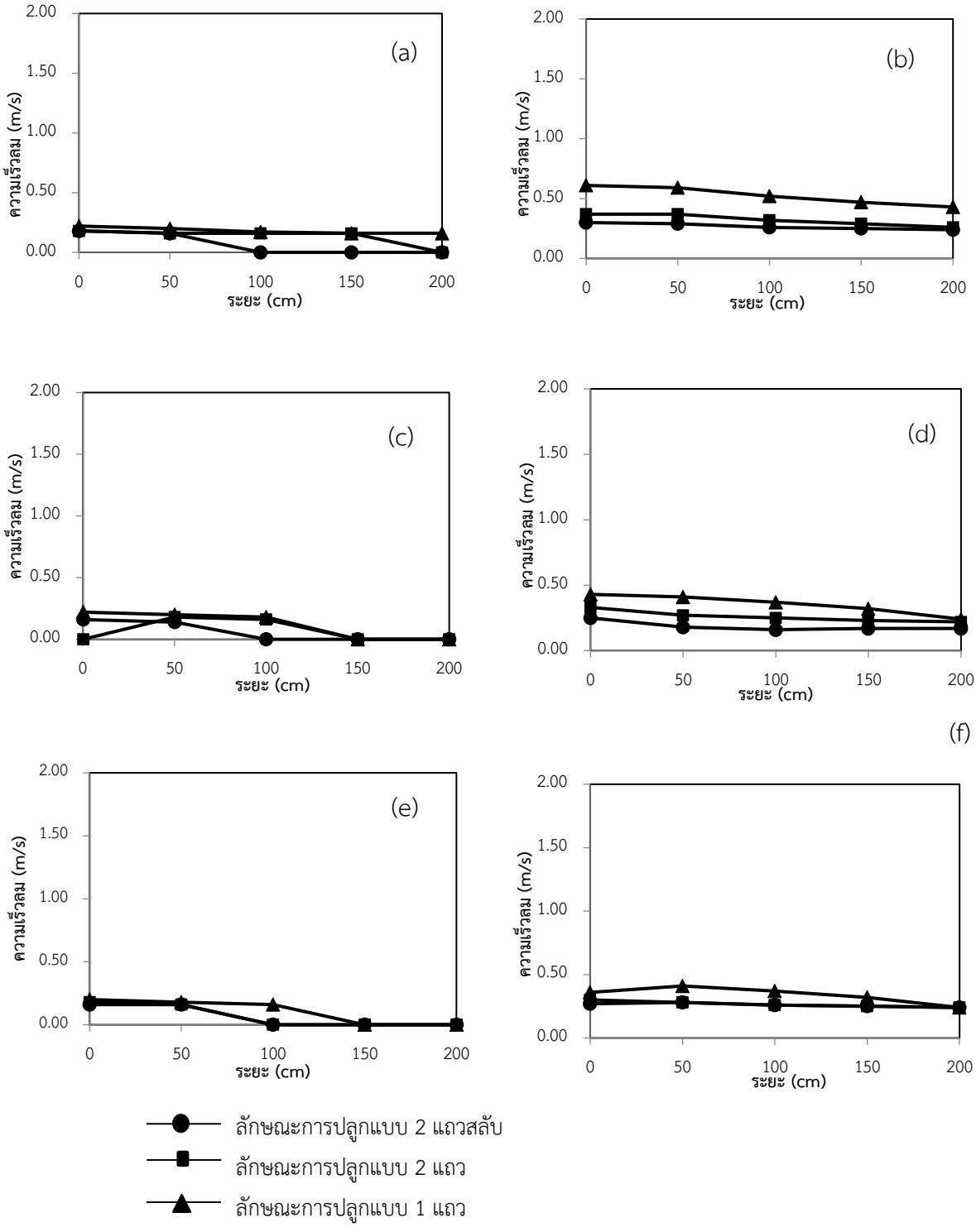
4.3.3 ว่านกาบหอย

ผลของการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบลักษณะการปลูกของว่านกาบหอยที่ความสูง 30 cm, 40 cm และ 50 cm ที่ระดับความเร็วลม 0.50, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50, 3.00,3.50 และ 4.00 m/s ผลการศึกษาแสดงผลการทดลองที่ระดับความเร็วลมต้นทางที่ 0.50 และ 4.00 m/s และที่ความสูง30 cm, และ 50 cm ช่วงความเร็วลมที่ลมพัดผ่านต่ำสุดและสูงสุดที่พัดผ่าน ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบความเร็วลมที่พัดผ่านว่านกาบหอยที่ลักษณะการปลูกต่างๆ

ลักษณะการปลูก	ความสูง (cm)	ความเร็วลมต้นทาง (m/s)	ความเร็วลมที่พัดผ่าน (m/s)
1 แถว	30	0.50	0.16 – 0.22
		4.00	0.43 –0.61
	50	0.50	0 – 0.20
		4.00	0.24 – 0.36
2 แถว	30	0.50	0.16 – 0.20
		4.00	0.26 – 0.37
	50	0.50	0 – 0.18
		4.00	0.24 – 0.30
2 แถวสลับ	30	0.50	0 – 0.16
		4.00	0.24 – 0.30
	50	0.50	0 – 0.16
		4.00	0.24 – 0.27

จากผลการทดลอง ตารางที่ 4.10 ว่านกาบหอย ที่ลักษณะการปลูกแบบ 1 แถว ลมพัดผ่านด้านหลังพืชได้ดีที่สุด ซึ่งที่ระดับความเร็วลมต้นทาง 4.00 m/s ความเร็วลมสูงสุดที่พัดผ่าน คือ 0.61 m/s ซึ่งลดลง 84.75% ของความเร็วลมต้นทาง เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะการปลูกแบบ 2 แถว และ 2 แถวสลับ



รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบลักษณะการปลูกว่านกาบหอย (a) ความสูง 30 cm ที่ความเร็วลม 0.50 m/s, (b) ความสูง 30 cm ที่ความเร็วลม 4.00 m/s, (c) ความสูง 40 cm ที่ความเร็วลม 0.50 m/s, (d) ความสูง 40 cm ที่ความเร็วลม 4.00 m/s, (e) ความสูง 50 cm ที่ความเร็วลม 0.5 m/s และ (f) ความสูง 50 cm ที่ความเร็วลม 4.00 m/s

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองความเร็วลมที่พัดผ่านพืชทั้ง 3 ชนิด คือ ลิ้นมังกร, สับปะรดสี และว่าน-กาบหอย โดยศึกษาเปรียบเทียบลักษณะการปลูกแบบ 1 แถว, 2 แถว และ 2 แถวสลับ พบว่าพืชทั้ง3 ชนิดมีผลการทดลองที่เหมือนกันคือ ลักษณะการปลูกแบบ 1 แถว ลมสามารถพัดผ่านบริเวณด้านหลังของพืชได้ดีที่สุด เมื่อเทียบกับลักษณะการปลูกแบบอื่น พบว่าลักษณะการปลูกแบบ 1 แถว ที่ระดับความเร็วลมต้นทาง 4.00 m/s ความเร็วลมสูงสุดที่พัดผ่าน คือ 1.80 m/s ลดลงคิดเป็น 55 % ของความเร็วลมต้นทาง และเนื่องจากคนมักคิดว่าการปลูกแบบ 2 แถวสลับ ดีกว่าการปลูกแบบ 2 แถว เพราะการปลูกแบบ 2 แถวสลับมีตำแหน่งการจัดวางการปลูกที่น้อยกว่าแบบ 2 แถว แต่จากผลการศึกษากลับพบว่าปลูกแบบ 2 แถว ลมไหลผ่านได้ดีกว่า จากการทดลองผลความเร็วลมสูงสุดที่พัดผ่านคือ 0.95 m/s ลดลงคิดเป็น 76.25 % แต่การปลูกแบบ 2 แถวสลับ ความเร็วลมสูงสุดที่พัดผ่านคือ 0.43 m/s ลดลงคิดเป็น 89.25 % จะเห็นได้ว่าการปลูกแบบ 2 แถว ลมไหลผ่านได้ดีกว่า

ดังนั้นลักษณะการปลูกแบบ 1 แถว ดีที่สุดเมื่อเทียบกับลักษณะการปลูกแบบอื่น เนื่องจากการปลูกแบบ 1 แถว มีช่องว่าให้ลมสามารถไหลผ่านได้มากกว่า ส่วนการปลูกแบบ 2 แถว และ 2 แถวสลับนั้น เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันพบว่าการปลูกแบบ 2 แถว ลมจะไหลผ่านได้ดีกว่าการปลูกแบบ 2 แถวสลับ เพราะการปลูกแบบ 2 แถวสลับจะมีช่องว่างให้ลมไหลผ่านได้น้อยกว่า เนื่องจากการปลูกแบบ 2 แถวสลับ จะเป็นกันบดบังช่องว่างที่ลมจะไหลผ่าน การปลูกแบบ 2 แถวสลับจึงไม่ใช่ลักษณะการปลูกที่ดีที่ควรนำไปใช้ปลูกในอาคารจริง เพราะการบังลมที่มากเกินไปทำให้ผู้ที่อาศัยอยู่ภายในอาคารไม่สามารถรับรู้ได้ถึงการมีลมไม่อยู่ในสภาวะน่าสบาย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วรากร สงวนทรัพย์ (2552) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การออกแบบอุปกรณ์บังแดดและตำแหน่งช่องเปิดเพื่อระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติสำหรับอาคารพักอาศัยประเภทห้องชุดในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าถ้ามีมุ้งลวดกันแมลงจะมีผลต่อการลดลงของความเร็วลมภายในห้องเมื่อความเร็วลมภายนอกอาคารต่ำ เช่น ความเร็วลมภายนอกเท่ากับ 0.50 – 1.60 m/s ความเร็วลมภายในจะลดลง 60% และ 50% ตามลำดับ ซึ่งการใช้มุ้งลวดก็เหมือนกับการที่ปลูกพืชบริเวณหน้าต่างทางเดินอาคารเนื่องจากไปบดบังลมที่จะเข้าสู่อาคารเหมือนกัน

4.4 ข้อมูลประกอบเกี่ยวกับอุณหภูมิและความชื้น

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น

ชนิดพืช	อุณหภูมิ(C)	ความชื้น (%)
ว่านกาบหอย	29.7	77
ลิ้นมังกร	30.2	78
สับปะรดสี	30.9	73

จากการผลทดลองพืชทั้ง 3 ชนิด พบว่าอุณหภูมิที่วัดได้จากการทดลอง อยู่ในช่วง 29.7 -30.9 °C และความชื้นอยู่ที่ ร้อยละ 73-77 ซึ่งช่วงความชื้นและอุณหภูมิดังกล่าว อยู่ในช่วงความเร็วลมปกติอยู่ในสภาวะน่าสบาย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khedari *et al*.(2000) ได้ทำการศึกษาและนำเสนอ comfort ventilation chart สำหรับประเทศไทย จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลสภาวะสบายของผู้ทดลองรวมกับข้อมูลสภาพอากาศภายในห้องทดลองซึ่งมีการควบคุมสภาพอากาศรวมถึงลักษณะการแต่งกายและกิจกรรมของผู้ทดลอง และ Fountain *et al*.(1994) ได้ทำการศึกษาในลักษณะเดียวกันและพบว่าความเร็วลมบริเวณพื้นที่ใช้งาน (พัดลม) 1 m/s ขึ้นไป สามารถขยายขอบเขตอุณหภูมิอากาศสูงสุดที่ยอมรับได้ใน ภูมิอากาศร้อนชื้นขึ้นเป็น 31 และ 29 °C ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Oropeza-Perez and Ostergaard (2014) ซึ่งพบว่าความเร็วลมใน ช่วงระหว่าง 0.05 ถึง 1.70 m/s (พัดลม) สามารถขยายขอบเขตอุณหภูมิอากาศสูงสุดที่ยอมรับได้ ขึ้นเป็น 30 °C (ความชื้นสัมพัทธ์ 60%) และการศึกษาของ Taleb (2014) ซึ่งพบว่าความเร็วลม ในช่วงระหว่าง 0 - 2 m/s (พัดลม) สามารถขยายอุณหภูมิอากาศสูงสุดที่ยอมรับได้ขึ้นเป็น 28-32 °C โดยในการศึกษานี้ยังตั้งข้อสังเกตเพิ่มเติมอีกว่าความเร็วลมที่ยอมรับได้นั้นเกิน 0.8 m/s เป็นความเร็วลมสูงสุดที่ยอมรับได้ตามตามมาตรฐาน ASHRAE 55-2010 ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าการศึกษาสภาวะสบายที่เกิดจาก comfort ventilation ในภูมิอากาศเขตร้อนนั้นมีผลไปในทิศทางเดียวกัน การเพิ่มความเร็วลมในพื้นที่ใช้งานสามารถขยายขอบเขตสภาวะสบายได้ จะเห็นว่า อุณหภูมิ, ความชื้น และความเร็วลม ต่อสภาวะน่าสบายมีความสัมพันธ์ แต่เนื่องจากในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยมุ่งเน้นศึกษาเฉพาะเรื่องลม ไม่ได้ควบคุมในส่วนของปัจจัยด้านอุณหภูมิและความชื้น เพราะปัจจัยทั้ง 2 อย่างนี้ ต้องควบคุมโดยการใช้เครื่องปรับอากาศ ในการทดลองครั้งนี้จะมุ่งเน้นศึกษาการระบายลมโดยวิธีการธรรมชาติ

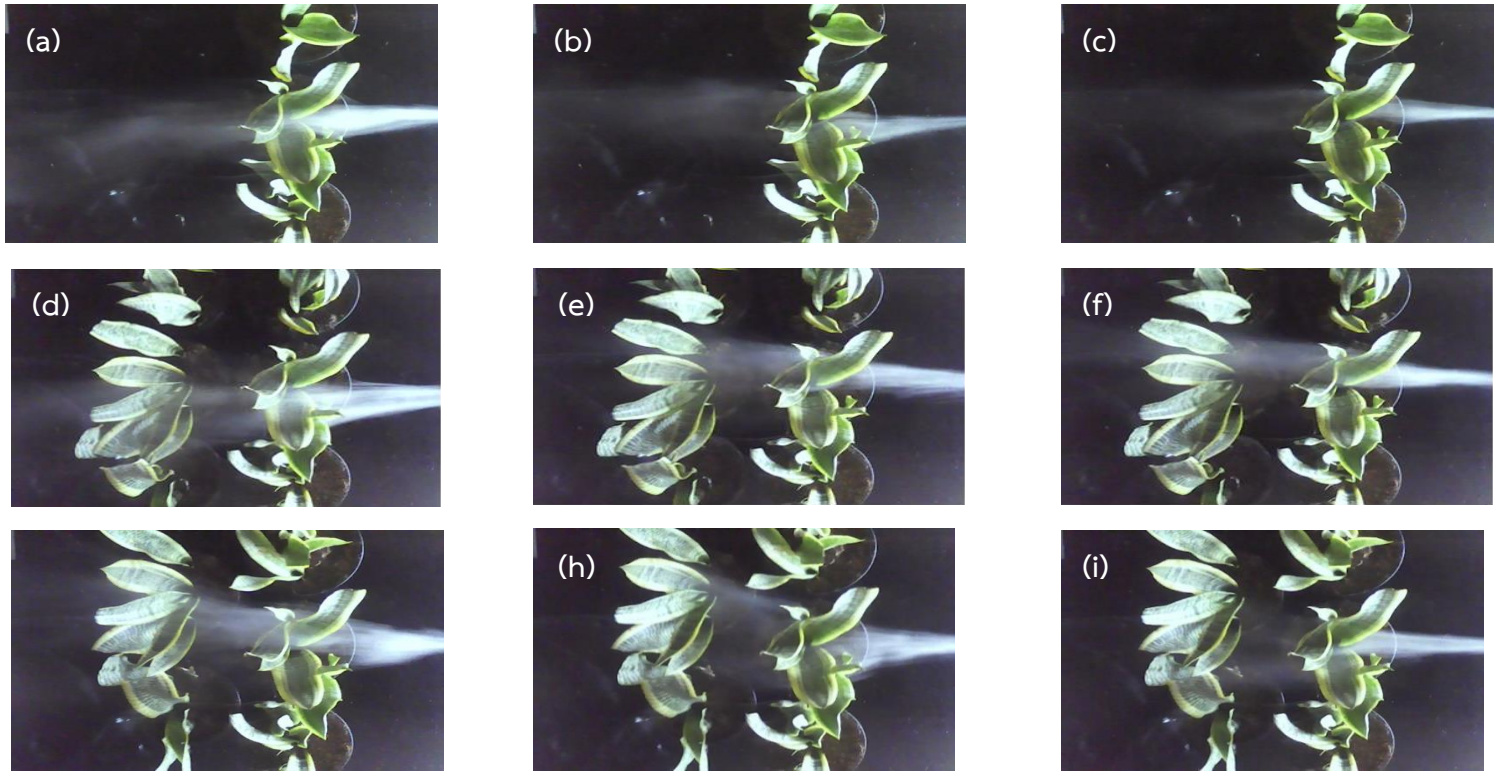
4.5 การศึกษาลักษณะการไหลผ่านของลมโดยใช้อุโมงค์ลม

การศึกษาลักษณะการไหลผ่านของลม โดยใช้อุโมงค์ลม จะทำการศึกษาโดยพืชทั้ง 3 ชนิด คือ ลิ้นมังกร,ว่านกาบหอย และสับปะรดสี การทดลองนี้กำหนดความเร็วลม ที่ระดับความเร็วลม 0.50 cm , 1.00 cm และ 2.00 cm ปลูกแบบ 1 แถว, 2 แถว และ 2 แถวสลับ โดยการถ่ายรูปเพื่อดูลักษณะการไหลของลม จะแสดงผงเปรียบเทียบที่ระดับความสูงของพืชที่ 30 cm และ 50 cm

4.5.1 ลิ้นมังกร

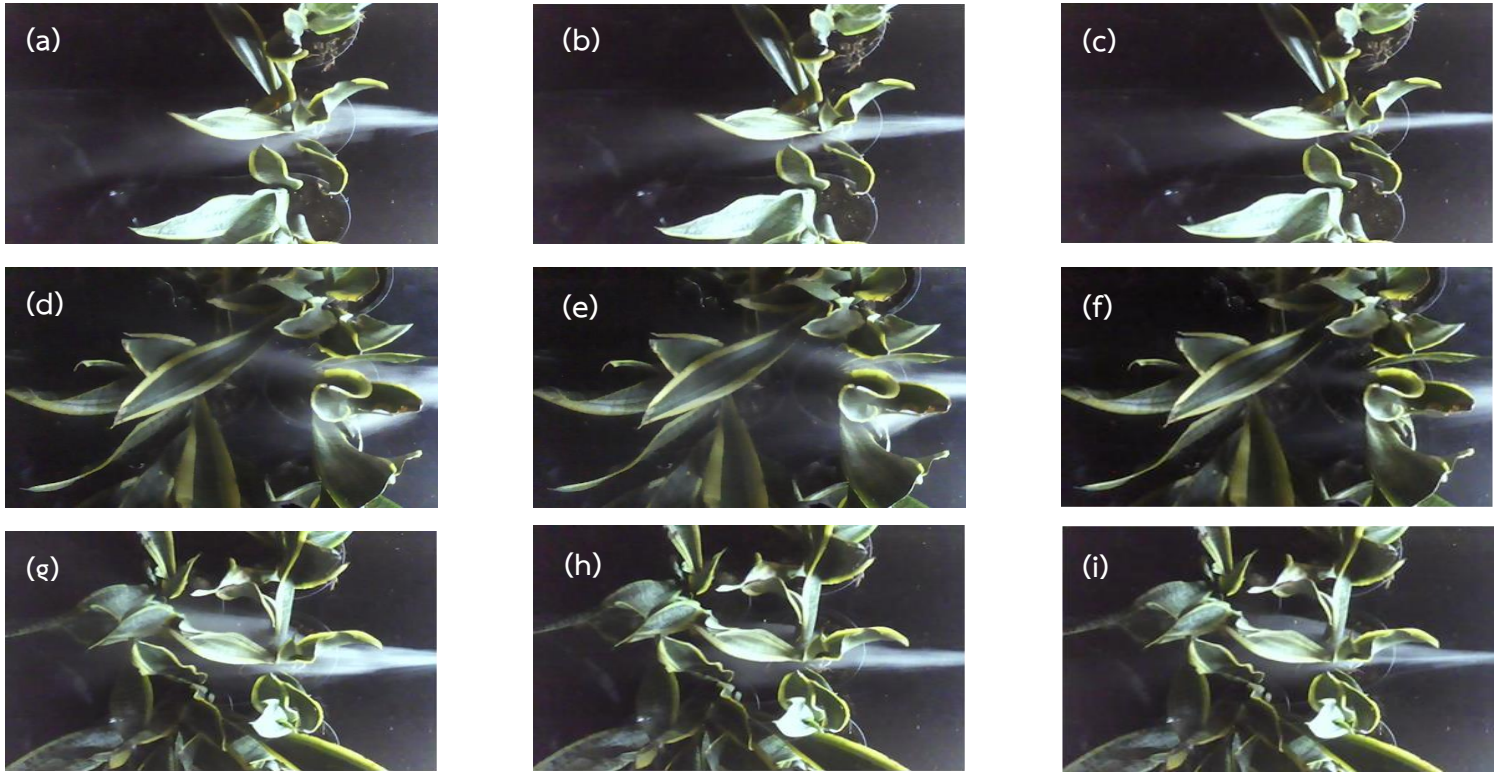
ผลการทดลองศึกษาลักษณะการไหลผ่านของลมผ่านลิ้นมังกร จากรูป 4.10 และ รูปที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าเมื่อมีความเร็วลมที่เพิ่มมากขึ้นลมก็จะไหลผ่านพืชได้เพิ่มมากขึ้นด้วย และเมื่อมีลักษณะการปลูกที่มีจำนวนแถวเพิ่มขึ้นการไหลผ่านของลมก็จะน้อยลง ความสูงของพืชก็มีผลต่อการลดลงของการไหลผ่านของลม จะเห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบที่ความสูง 30 และ 50 cm ที่ความสูง 30 cm ลักษณะการไหลผ่านของลมจะดีกว่า

- ลิ้นมังกรที่ความสูง 30 cm



รูปที่ 4.10 ลักษณะการไหลของลมผ่านลิ้นมังกรที่ความสูง 30 cm (a) ความเร็วลม 0.50 m/s ปลูกแบบ 1 แถว, (b) ความเร็วลม 1.00 m/s ปลูกแบบ 1 แถว, (c) ความเร็วลม 2.00 m/s ปลูกแบบ 1 แถว, (d) ความเร็วลม 0.50 m/s ปลูกแบบ 1 แถว, (e) ความเร็วลม 1.00 m/s ปลูกแบบ 2 แถว, (f) ความเร็วลม 2.00 m/s ปลูกแบบ 2 แถว, (g) ความเร็วลม 0.50 m/s ปลูกแบบ 2 แถวสลับ, (h) ความเร็วลม 1.00 m/s ปลูกแบบ 2 แถวสลับ และ (i) ความเร็วลม 2.00 m/s ปลูกแบบ 2 แถวสลับ

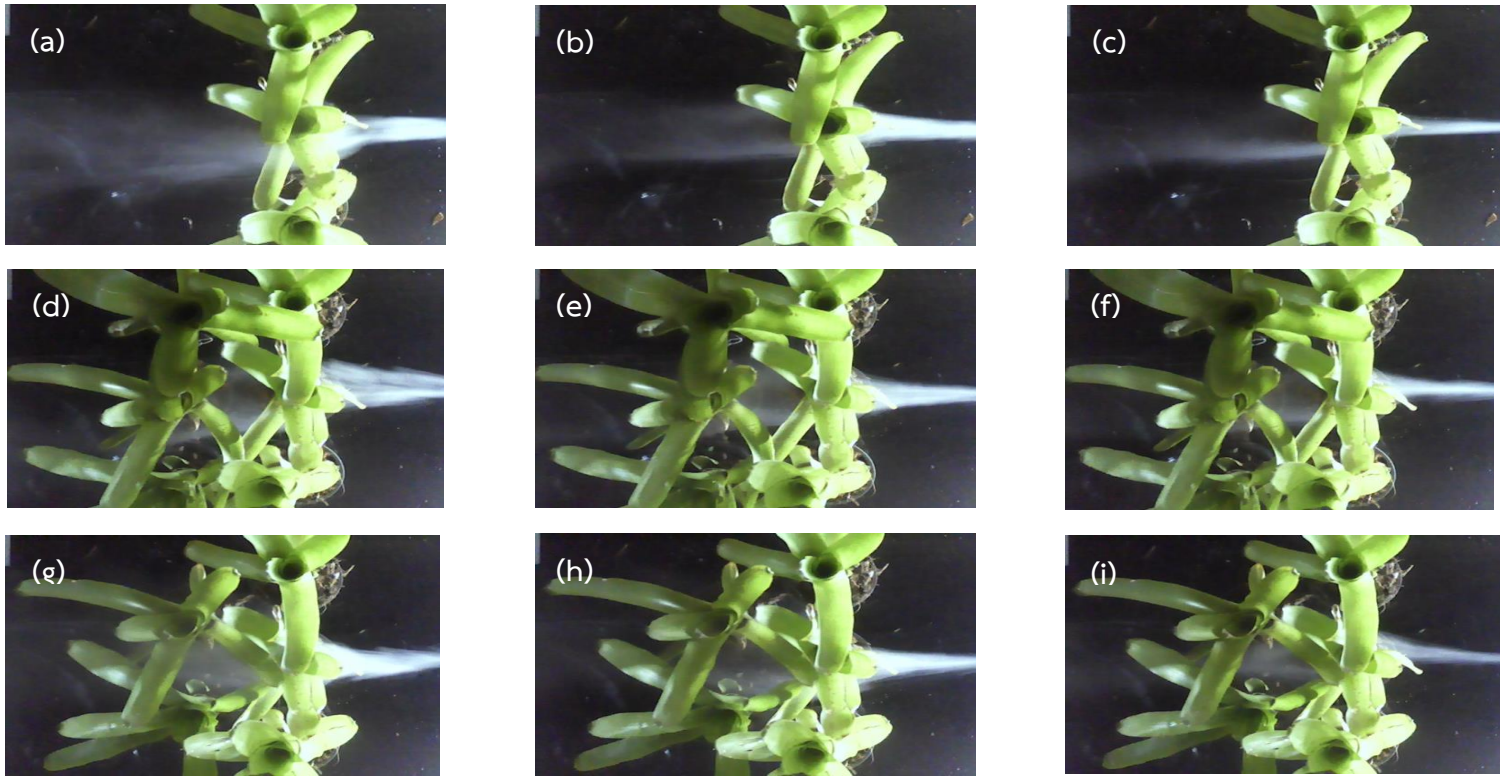
- ลิ้นมังกรที่ความสูง 50 cm



รูปที่ 4.11 ลักษณะการไหลของลมผ่านลิ้นมังกรที่ความสูง 50 cm (a) ความเร็วลม 0.50 m/s ปลูกแบบ 1 แถว, (b) ความเร็วลม 1.00 m/s ปลูกแบบ 1 แถว, (c) ความเร็วลม 2.00 m/s ปลูกแบบ 1 แถว, (d) ความเร็วลม 0.50 m/s ปลูกแบบ 1 แถว, (e) ความเร็วลม 1.00 m/s ปลูกแบบ 2 แถว, (f) ความเร็วลม 2.00 m/s ปลูกแบบ 2 แถว, (g) ความเร็วลม 0.50 m/s ปลูกแบบ 2 แถวสลับ, (h) ความเร็วลม 1.00 m/s ปลูกแบบ 2 แถวสลับ และ (i) ความเร็วลม 2.00 m/s ปลูกแบบ 2 แถวสลับ

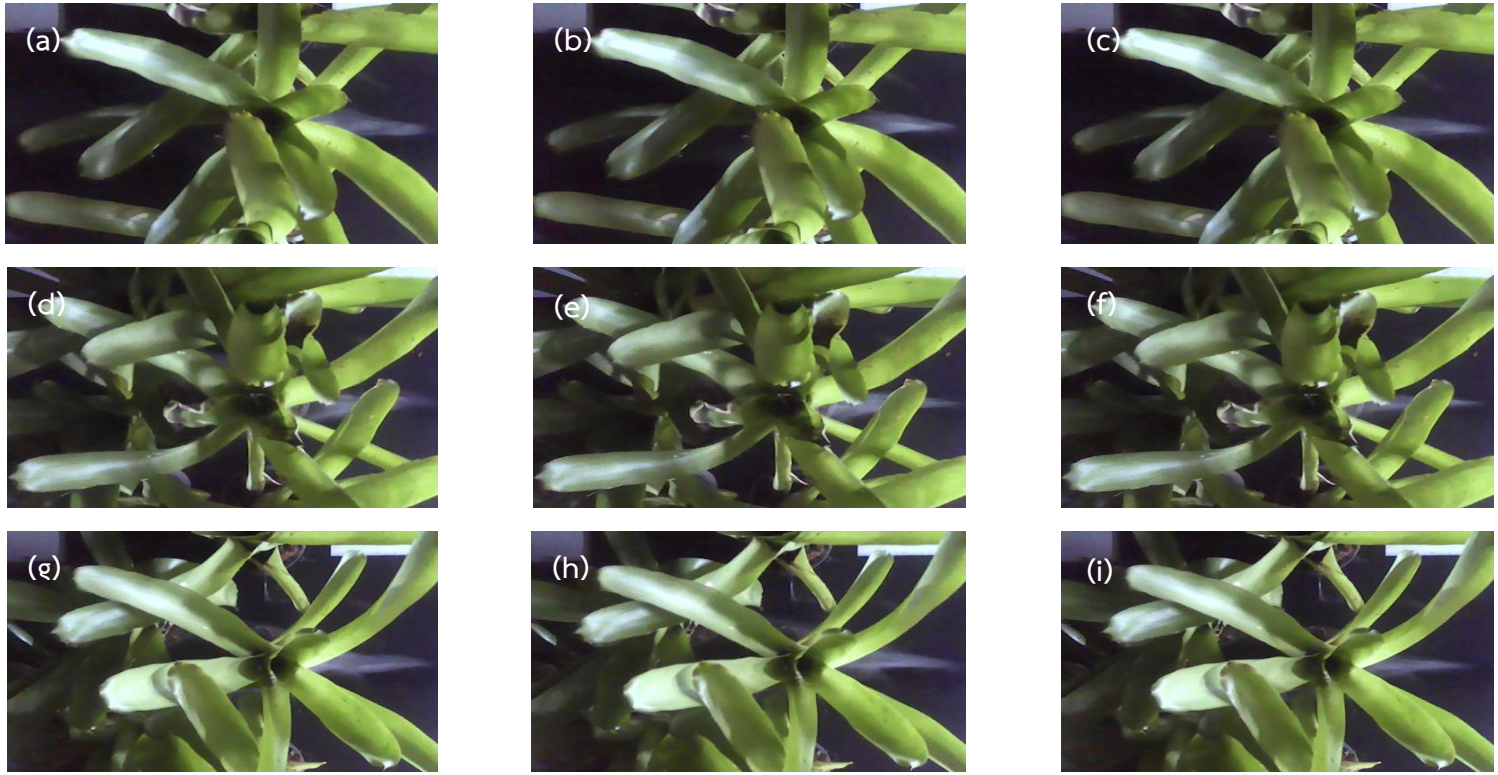
4.5.2 สับปะรดสี

- สับปะรดสีที่ความสูง 30 cm



รูปที่ 4.12 ลักษณะการไหลของลมผ่านสับปะรดสีที่ความสูง 30 cm (a) ความเร็วลม 0.50 m/s ปลูกแบบ 1 แถว, (b) ความเร็วลม 1.00 m/s ปลูกแบบ 1 แถว, (c) ความเร็วลม 2.00 m/s ปลูกแบบ 1 แถว, (d) ความเร็วลม 0.50 m/s ปลูกแบบ 1 แถว, (e) ความเร็วลม 1.00 m/s ปลูกแบบ 2 แถว, (f) ความเร็วลม 2.00 m/s ปลูกแบบ 2 แถว, (g) ความเร็วลม 0.50 m/s ปลูกแบบ 2 แถวสลับ, (h) ความเร็วลม 1.00 m/s ปลูกแบบ 2 แถวสลับ และ (i) ความเร็วลม 2.00 m/s ปลูกแบบ 2 แถวสลับ

- สับปะรดสีที่ความสูง 50 cm



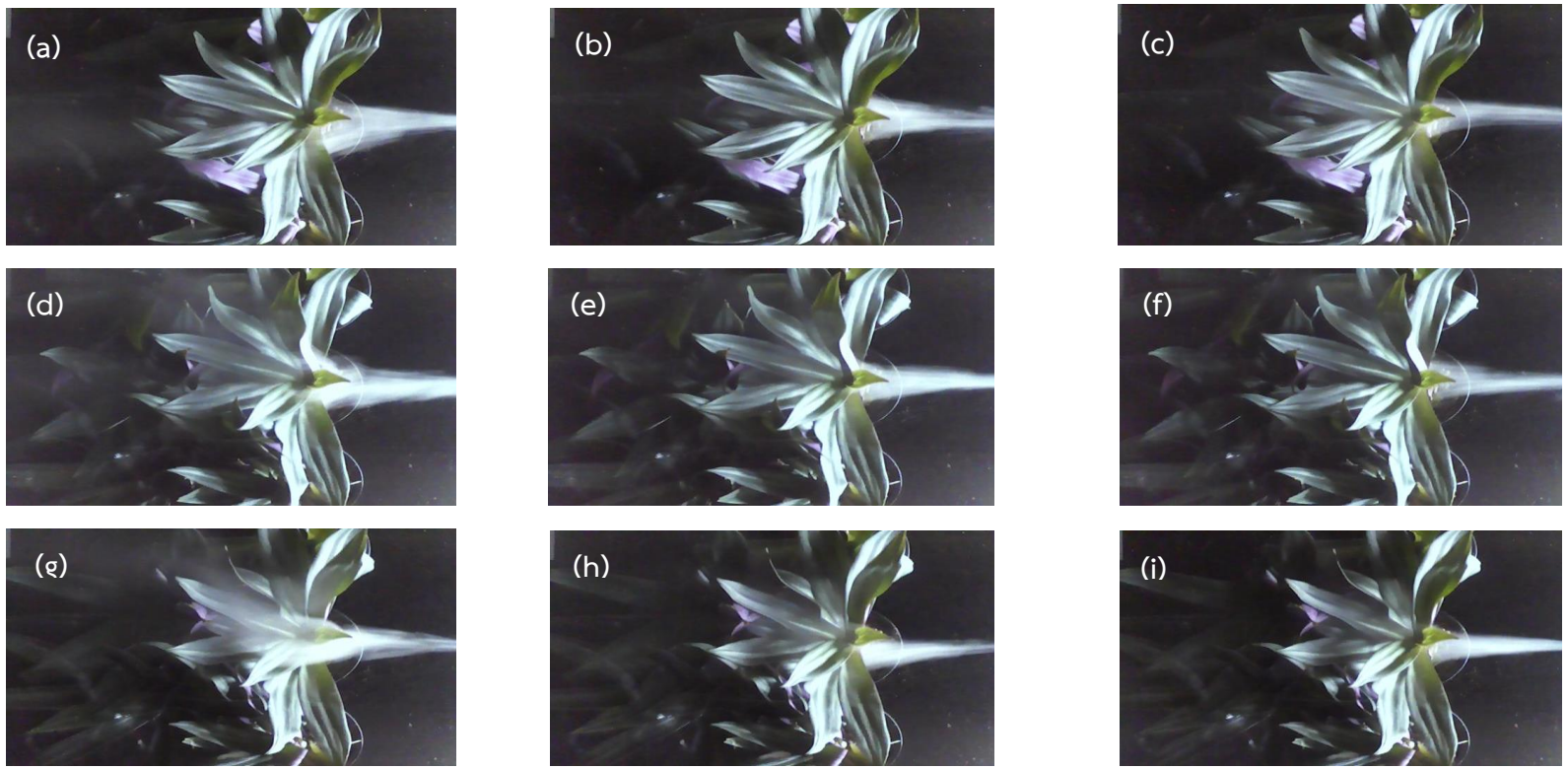
รูปที่4.13 ลักษณะการไหลของลมผ่านสับปะรดสีที่ความสูง 50 cm (a) ความเร็วลม 0.50 m/s ปลูกแบบ 1 แถว, (b) ความเร็วลม 1.00 m/s ปลูกแบบ 1 แถว, (c) ความเร็วลม 2.00 m/s ปลูกแบบ 1 แถว, (d) ความเร็วลม 0.50 m/s ปลูกแบบ 1 แถว, (e) ความเร็วลม 1.00 m/s ปลูกแบบ 2 แถว, (f) ความเร็วลม 2.00 m/s ปลูกแบบ 2 แถว, (g) ความเร็วลม 0.50 m/s ปลูกแบบ 2 แถวสลับ, (h) ความเร็วลม 1.00 m/s ปลูกแบบ 2 แถวสลับ และ (i) ความเร็วลม 2.00 m/s ปลูกแบบ 2 แถวสลับ

ผลการทดลองลักษณะการไหลผ่านของลมผ่านสับปะรดสี จากรูป 4.12 และ รูปที่ 4.13 จะเห็นได้ว่าเมื่อที่ความเร็วลม 2.00 m/s ลักาณะการไหลผ่านของลมจะดีกว่าที่ ความเร็วลม 0.50 m/s และเมื่อมีลักษณะการปลูกแบบ 1 แถว ลักษณะการไหลผ่านของลมจะดีกว่าแบบ 2 แถว และ 2 แถวสลับ ความสูงของพืชก็มีผลต่อการลดลงของการไหลผ่านของลม จะเห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบที่ความสูง 30 และ 50 cm ที่ความสูง 30 cm ลักษณะการไหลผ่านของลมจะดีกว่า

4.5.3 ว่านกาบหอย

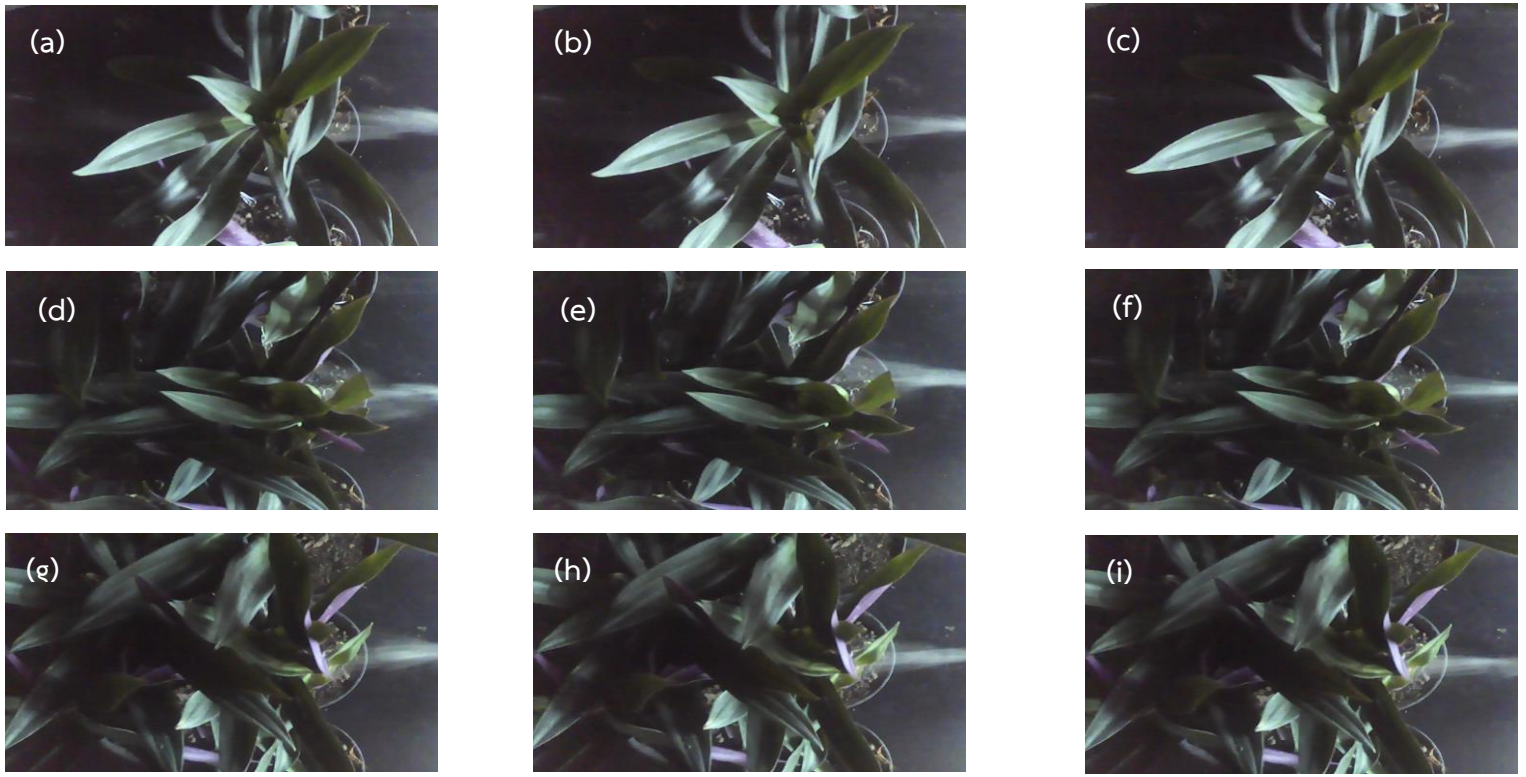
ผลการทดลองลักษณะการไหลผ่านของลมผ่านว่านกาบหอย จากรูปที่ 4.14 และ รูปที่ 4.15 พบว่าเมื่อที่ความเร็วลม 2.00 m/s ลักษณะการไหลผ่านของลมจะดีกว่าที่ ความเร็วลม 0.50 m/s และเมื่อมีลักษณะการปลูกแบบ 1 แถว ลักษณะการไหลผ่านของลมจะดีกว่าแบบ 2 แถว และ 2 แถวสลับ ความสูงของพืชก็มีผลต่อการลดลงของการไหลผ่านของลม จะเห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบที่ความสูง 30 และ 50 cm ที่ความสูง 30 cm ลักษณะการไหลผ่านของลมจะดีกว่า

- ว่านกาบหอยที่ความสูง 30 cm



รูปที่ 4.14 ลักษณะการไหลของลมผ่านว่านกาบหอยที่ความสูง 30 cm (a) ความเร็วลม 0.50 m/s ปลูกแบบ 1 แถว, (b) ความเร็วลม 1.00 m/s ปลูกแบบ 1 แถว, (c) ความเร็วลม 2.00 m/s ปลูกแบบ 1 แถว, (d) ความเร็วลม 0.50 m/s ปลูกแบบ 1 แถว, (e) ความเร็วลม 1.00 m/s ปลูกแบบ 2 แถว, (f) ความเร็วลม 2.00 m/s ปลูกแบบ 2 แถว, (g) ความเร็วลม 0.50 m/s ปลูกแบบ 2 แถวสลับ, (h) ความเร็วลม 1.00 m/s ปลูกแบบ 2 แถวสลับ และ (i) ความเร็วลม 2.00 m/s ปลูกแบบ 2 แถวสลับ

- ว่านกาบหอยที่ความสูง 50 cm



รูปที่ 4.15 ลักษณะการไหลของลมผ่านว่านกาบหอยที่ความสูง 50 cm (a) ความเร็วลม 0.50 m/s ปลูกแบบ 1 แถว, (b) ความเร็วลม 1.00 m/s ปลูกแบบ 1 แถว, (c) ความเร็วลม 2.00 m/s ปลูกแบบ 1 แถว, (d) ความเร็วลม 0.50 m/s ปลูกแบบ 1 แถว, (e) ความเร็วลม 1.00 m/s ปลูกแบบ 2 แถว, (f) ความเร็วลม 2.00 m/s ปลูกแบบ 2 แถว, (g) ความเร็วลม 0.50 m/s ปลูกแบบ 2 แถวสลับ, (h) ความเร็วลม 1.00 m/s ปลูกแบบ 2 แถวสลับ และ (i) ความเร็วลม 2.00 m/s ปลูกแบบ 2 แถวสลับ

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองศึกษาลักษณะการไหลของลมผ่านพืชโดยใช้อุโมงค์ลมผู้วิจัยทำการทดลองการไหลผ่านของลมโดยดูเส้นการไหลของควันที่ปล่อยออกมา เพื่อศึกษาดูลักษณะการไหลของลมแบบ การไหลแบบราบเรียบ (Laminar flow) และการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow) ซึ่งเป็นการทดสอบเชิงคุณภาพนำผลที่ได้มาสนับสนุน ในส่วนของการทดลองความเร็วลมพัดผ่านพืช หากผลการทดลองกราฟที่ได้มีแนวโน้มกราฟที่ไม่ปกติจะได้นำข้อมูลส่วนนี้ไปสนับสนุนเปรียบเทียบ แต่ผลการทดลองปรากฏว่ากราฟที่ได้เป็นปกติ ดังนั้นจึงจะเห็นแค่ความแตกต่างของลักษณะการไหลผ่านพืชแต่ละชนิด

จากการศึกษาภาพถ่ายลักษณะการไหลของลมผ่าน ลิ้นมังกร, สับปะรดสี และว่านกาบหอย พบว่าลักษณะการไหลผ่านของลม พบว่าเมื่อลมไหลจากต้นทางผ่านความเร็วลมที่ออกมาจะเป็นเส้น แต่เมื่อลมไหลผ่านพืชจะมีการแยกตัวกระจายออกไหลผ่านตามช่องว่างระหว่างใบพืช ซึ่งผลการทดลองลักษณะการไหลของลมได้เป็นเหตุผลสนับสนุนผลการทดลองเรื่องความเร็วลมที่ลดลงที่พัดผ่านพืช เนื่องลมจะไหลอ้อมใบพืชผ่านช่องว่าง ซึ่งผลจากการดูลักษณะการไหลของลมกับผลการทดลองความเร็วลมที่ลดลงที่พัดผ่านพืช พบว่าเมื่อพืชมีใบที่หนาและมีความเป็นพุ่มมากลมก็จะไหลผ่านได้น้อยเหมือนกับผลการทดลองที่จะเห็นว่าสับปะรดสีและว่านกาบหอย ลมสามารถไหลผ่านได้น้อยทำให้ไม่อยู่ในสภาวะน่าสบาย และสนับสนุนเหตุผลในส่วนของลักษณะการปลูกพืชที่พบว่าการปลูกแบบ2 แถว และ 2 แถวสลับ มีความหนาและมีช่องว่างที่ลมจะไหลผ่านได้น้อยเกินไปทำให้ลมที่ไหลผ่านไม่อยู่ในช่วงน่าสบาย ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลการทดลองทั้ง 2 ส่วนนี้มีความสอดคล้องกันและละเป็นเหตุผลสนับสนุนกัน

ตารางที่ 4.12 สรุปผลการทดลอง

ปัจจัย	ชนิดพืช		
	ลิ้นมังกร	สับปะรดสี	ว่านกาบหอย
ความสูงของพืช			
30 cm	+	+	+
40 cm	+	+	-
50 cm	+	-	-
ลักษณะการปลูก			
1 แถว	+	+	+
2 แถว	+	+	-
2 แถวสลับ	+	-	-

+ อยู่ในสภาวะน่าสบาย
- ไม่อยู่ในสภาวะน่าสบาย

จากตารางที่ 4.12 จะสรุปได้ว่าชนิดพืชมีอิทธิพลต่อการลดลงของความเร็วลมมากกว่าปัจจัยด้านอื่นๆ คือ ลิ้นมังกรเป็นพืชที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพืชอีก 2 ชนิด ที่ส่งผลให้ลมไหลพัดได้ดีที่สุด ที่ส่งผลให้อยู่ในสภาวะน่าสบายของผู้ที่อาศัย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากกการศึกษาพบว่าเมื่อเปรียบเทียบพืชทั้ง 3 ชนิด คือ ลิ้นมังกร, ว่านกาบหอย และสับปะรดสี จากการทดลองพบว่าพืชที่มีความเร็วลมไหลผ่านได้ดีที่สุด คือ ลิ้นมังกร เมื่อเปรียบเทียบกับพืชอีก 2 ชนิด เนื่องจากลิ้นมังกรมีลักษณะใบที่เรียวยาวลำต้นสูง ทำให้ลิ้นมังกรลมสามารถผ่านได้ดีสุด เพราะมีช่องว่างให้ลมสามารถไหลผ่านได้มากกว่าพืชอีก 2ชนิด ดังนั้นจากการทดลองสามารถสรุปได้ว่าในการนำไปปลูกจริง ควรเลือกพืชที่ใบไม่ใหญ่และแผ่เป็นพุ่มจนเกิดไปเพราะยิ่งพืชเป็นพุ่มมากการบังลมที่ไหลผ่านก็จะมากขึ้นด้วย ความเร็วลมต้นทางที่แตกต่างกันจะส่งผลโดยส่งต่อการลดลงของความเร็วลมที่พัดผ่านด้านหลังไม้ประดับอาคาร จะเห็นได้ว่าเมื่อมีความเร็วลมต้นทางหน้าพืชเพิ่มมากขึ้น ความเร็วลมลมที่จะพัดผ่านด้านหลังพืชก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วย จากการทดลองความเร็วลมต้นทางที่ 2.00 m/s ขึ้นไป จะทำให้ลมที่พัดผ่านพืชมีความเร็วลมที่อยู่ในสภาวะน่าสบาย

ปัจจัยด้านความสูงก็ส่งผลต่อการลดลงของความเร็วลม จากการทดลองศึกษาที่หน้าต่างที่ขนาด กว้าง 120 cm สูง 110 cm จากผลการทดลองที่ระดับความสูงของพืชที่ 30 cm เหมาะแก่การปลูกพืชมากที่สุดเพราะเป็นระดับที่ลมไหลผ่านได้ดีที่สุด เมื่อเทียบกับระดับความสูงอื่นๆ ซึ่งความสูงของพืชคิดเป็น 27.27 % ของขนาดหน้าต่าง และพืชที่ระดับความสูง 40 cm คิดเป็น 36.36 % , ที่ระดับความสูงพืช 50 cm คิดเป็น 45.45% ของขนาดหน้าต่าง ซึ่งความสูงที่ 40 และ 50 cm อาจจะยอมรับได้ถ้ามีความเร็วลมต้นทางที่มากพอ แต่อาจจะส่งผลต่อบริบทอื่นเช่น การบังแดดที่มาดเกินไปอาจจะทำให้แสงเข้าสู่อาคารได้น้อย การบดบังทัศนียภาพภายนอกอาคารของผู้ที่อยู่

ปัจจัยลักษณะการปลูก ก็ส่งผลต่อการลดลงของความเร็วลม จากการทดลอง พบว่าลักษณะการปลูกแบบ 1 แถว ลมสามารถพัดผ่านบริเวณด้านหลังของพืชได้ดีที่สุด เมื่อเทียบกับลักษณะการปลูกแบบอื่น ลักษณะการปลูกแบบ 1 แถว ที่ระดับความเร็วลมสูงสุดพบว่ามีความเร็วลมลดลง 55 %, การปลูกแบบ 2 แถว ความเร็วลมลดลง 76.25 % และ 2 แถวสลับ ความเร็วลมลดลง 89.25 % จะเห็นได้ว่าการปลูกแบบ 1 แถวลมจะไหลผ่านได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับการปลูกแบบอื่น เนื่องจาก มีช่องว่าให้ลมสามารถไหลผ่านได้มากกว่า ส่วนการปลูกแบบ 2 แถว และ 2 แถวสลับนั้น เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันพบว่าการปลูกแบบ 2 แถว ลมจะไหลผ่านได้ดีกว่าการปลูกแบบ 2 แถวสลับ เพราะการปลูกแบบ 2 แถวสลับ จะมีช่องว่างที่ให้ลมไหลผ่านได้น้อยกว่า เนื่องจากการปลูกแบบสลับจะเป็นกันบดบังช่องว่างที่ลมจะไหลผ่าน การปลูกแบบ 2 แถวสลับจึงไม่ใช่ลักษณะการปลูกที่ดีที่ควรนำไปใช้ปลูกในอาคารจริง เพราะการบังลมที่มากเกินไปทำให้ผู้ที่อาศัยอยู่ภายในอาคารไม่สามารถรับรู้ได้ถึงการมีลมไม่อยู่ในสภาวะน่าสบาย

จากการทดลองยังพบว่าระยะห่างจากความเร็วลมต้นทางก็ส่งผลต่อการลดลงของความเร็วลม จากการทดลองเมื่อระยะที่ตรวจวัดความเร็วลมด้านหลังพืช ห่างไปจากตำแหน่งของความเร็วลมต้นทาง ลมที่ไหลผ่านก็จะมีความเร็วลมที่ลดน้อยลงไปด้วย ผลจากการทดลองปรากฏว่าทุกระยะตรวจวัดจะอยู่ในสภาวะน่าสบาย ถ้าความเร็วลมต้นทางเป็น 1.00 m/s ที่ระดับความสูงพืช 30 cm และความเร็วลมต้นทางที่ 2.50 m/s ที่ความสูงพืช 50 cm

นอกกจากนี้ปัจจัยด้านอุณหภูมิและความชื้นก็ส่งผลต่อสภาวะน่าสบาย เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นแต่มีลม ก็ทำให้มนุษย์อยู่ในสภาวะน่าสบาย และความชื้นที่เพิ่มขึ้นต่อให้อุณหภูมิสูงขึ้น ก็ทำให้มนุษย์อยู่ในสภาวะน่าสบายได้ จะเห็นว่า อุณหภูมิ, ความชื้น และความเร็วลม ต่อสภาวะน่าสบายมีความสัมพันธ์ แต่เนื่องจากการทดลองมุ่งเน้นศึกษาเฉพาะเรื่องลม ไม่ได้ควบคุมในส่วนของอุณหภูมิและความชื้น เพราะ 2 อย่างนี้ต้องควบคุมโดยการใช้เครื่องปรับอากาศ การทดลองครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษาการระบายลมโดยวิธีการธรรมชาติ

ข้อเสนอแนะ

การนำไปปลูกใช้กับอาคารจริง ควรจะต้องดูหลายๆปัจจัย ถึงความเหมาะสมของการปลูก เพราะการปลูกที่ไม่เหมาะสมอาจจะส่งผลเสียมากกว่าผลดี เช่น

- จากการทดลองผลการทดลองพบว่าในการนำไปปลูกจริงควรจะเลือกพืชในกลุ่มที่มีลักษณะใบเรียวยาวและสูง ต้นพืชควรเป็นพุ่มไม่เป็นกอที่ใหญ่จนเกินไป ไม่ควรเลือกพืชที่ใบใหญ่กว้างและแผ่ออกเป็นพุ่มกว้าง เพราะจะส่งผลต่อการบังลมที่จะเข้าสู่อาคาร การจัดเรียงลักษณะการปลูกควรปลูกแบบ 1 แถว เนื่องจากลมไหลผ่านได้ดี แต่ไม่ควรปลูกแบบ 2 แถวสลับ เพราะลมจะไหลผ่านเข้าได้น้อย พืชจะบังลมมากเกินไป

- ที่ความเร็วลมต้นทางที่ ≥ 1 m/s เหมาะสำหรับการปลูกพืชที่มีความสูง 30 cm คิดเป็น 27% ของพื้นที่หน้าต่าง

- ที่ความเร็วลมต้นทางที่ ≥ 2.5 m/s เหมาะสำหรับการปลูกพืชที่มีความสูง 50 cm คิดเป็น 45% ของพื้นที่หน้าต่าง

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2557). พลังงานลม. In กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, สารานุกรมพลังงานทดแทน (pp. 282, 303-305, 307, 309, 311, 316). กรุงเทพมหานคร,ประเทศไทย.

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. 2544. แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย. เซ็นทรัลการพิมพ์,กรุงเทพฯ.

กรมอุตุนิยมวิทยา. ลม. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://www.tmd.go.th. [19 กรกฎาคม 2558].

จิตพัต ฉอเรืองวิวัฒน์. 2545. สาระสำคัญด้านสภาวะน่าสบายที่เสริมสร้างอัจฉริยภาพของบ้านไทยในอดีต.วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ (สถาปัตยกรรม) บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.กรุงเทพมหานคร.

จุฑามาศ อ่อนวิมล. 2547. ไม้ประดับ. พิมพ์ครังที 3. สำนักพิมพ์เกษตรสาส์น. กรุงเทพ.

ชื่นดวงใจ คงบาล. 2556. อาณาจักรพืชสวน. ปีที6 ฉบับที62 สิงหาคม2556, ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพ การเกษตร จังหวัดนครราชสีมา (พืชสวน). จังหวัดนครราชสีมา. 2 หน้า.

ณรงค์ วัชรเสถียร. 2543. การพัฒนาพัดลมปรับความเร็วตามสภาวะแวดล้อมแบบอัตโนมัติ.

ดวงพร นพคุณ. 2436. ภูมิอากาศวิทยา กรุงเทพฯ : บริษัทพัฒนกิจการพิมพ์ และกระดาษ. พิมพ์ครั้งที่ 1. 74-75.

ตรึงใจ บูรณสมภพ. 2521. การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย.นำอักษรการพิมพ์. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ (เทคโนโลยีพลังงาน) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ธนิต จินดาวณิค. 2540. สถาปัตยกรรมและเทคโนโลยี. กรุงเทพมหานคร. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นักสิทธิ์ คูวัฒนาชัย. 2526. การถ่ายเทความร้อน. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

นิติ สีหวงษ์. 2528. การรวบรวมและปลูกรักษาพันธุกรรมไม้หอม. งานวิจัยด้านพืช ภาควิชากีฎวิทยา คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กำแพงแสน.

นุภาพ แย้มไตรพัฒน์. 2541. การสร้างแผนภูมิความสบายของการถ่ายเทอากาศสำหรับประเทศไทย.

ปัทมา หงษ์เผือก. 2540. การศึกษาสภาพแสงสว่างในห้องเรียนของอาคารเรียนรวมในระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปิฎฐะ บุนนาค. 2523. ไม้ดอกไม้ประดับ. สำนักพิมพ์บรรณกิจ. กรุงเทพฯ.

พรพิมล เชวงศักดิ์โสภาคย์. 2551. ระดับความเข้มของแสงสว่างในโรงเรียนมัธยมศึกษาของรัฐ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.

พาสินี สุนากร และ ชนิการต์ ยิ้มประยูร. 2554. การเพิ่มสมรรถนะในการลดการถ่ายเทความร้อนของแผงกันแดดไม้เลื้อยด้วยการระบายอากาศ. วารสารวิจัยพลังงาน,ปีที่ 8: ฉบับที่2554/1.

พิรัส เหล่าไพศาลศักดิ์. 2546. การนำแสงธรรมชาติสู่อาคาร. สาระศาสตร์สถาปัตย์ 02(41): 40-45.

ภานุวัฒน์ จึงศรีพิษนุ. 2545. ปริมาณความเข้มของแสงสว่างในห้องเรียนของโรงเรียนสังกัดเทศบาลภายในอาคาร. คณะสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต . จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รักศักดิ์ เสริมศักดิ์ และหัสชัย บุญจูง. 2550. การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดิจิตอลเพื่อประเมินดัชนีพื้นที่ใบของถั่วเหลือง. คณะเทคโนโลยีการผลิตพืช. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

รัชนีกร บุญ-หลง. 2536. ภูมิศาสตร์กายภาพ. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฤชิมน ธนบุญสมบัติ. 2546. แนวทางการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานเนื่องจากสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติโดยรอบอาคาร.วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ (สถาปัตยกรรม) บัณฑิตวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลมในจังหวัดส่งขลา ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา.กรมอุตุนิยมวิทยา. ประจำเดือนมิถุนายน 2560.

วราภรณ์ กาญจนวิโรจน์. 2542. การศึกษาการเพิ่มขอบเขตภาวะน่าสบายในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. สาขาวิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ (เทคโนโลยีอาคาร) บัณฑิตวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วัฒนา ศรีวาจนะ. 2545. ผลของความเร็วลมต่อภาวะสบายเชิงความร้อน.วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ (วิศวกรรมเครื่องกล) บัณฑิตวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์. 2549. การระบายอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม, กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ธรรมสาร.

วิรัช มณีสาร, เรือโท. ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะอากาศตามฤดูกาลของภาคต างๆ ในประเทศไทย. เอกสารวิชาการเลขที่ 551.582-02-2538, ISBN : 974-7567-25-3, กันยายน 2538.

ศูนย์ความรู้ด้านเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ม.ป.ป.การจัดทำฐานข้อมูลพรรณไม้ที่ใช้ในงานภูมิสถาปัตยกรรม. (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://agkc.lib.ku.ac.th/plantwebsite/webpage/Home/ SelectTypeSearch.html. [19 กรกฎาคม 2558].

ศูนย์อุตุนิยมวิทยาทางทะเล กรมอุตุนิยมวิทยา. สภาพภูมิอากาศจังหวัดสงขลา. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://www.marine.tmd.go.th/thai/tus_type/songkhla.html. [19 กรกฎาคม 2559].

สภาพอากาศประเทศไทย. 2558. ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา.กรมอุตุนิยมวิทยา.

สมสิทธิ์ นิตยะ. 2545. การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. กรุงเทพมหานคร.โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,พิมพ์ครั้งที่ 2, หน้า 25.

สมสิทธิ์ นิตยะ. 2541. การออกแบบอาคารสำหรับภูมิภาคเขตร้อนชื้น. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, พิมพ์ครั้งที่ 1.

สรรสุดา เจียมจิต. 2548. การประเมินสภาวะน่าสบายในอาคารสถาปัตยกรรมไทยในภูมิภาคเขตร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ (สถาปัตยกรรม) บัณฑิตวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2555. การสำรวจโรงพยาบาลและสถานพยาบาลเอกชน. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/themes/files/privatehostpital55.pdf . [19 กรกฎาคม 2559].

สุนทร บุญญาธิการ. 2542. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่าง. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โอภาส สามเสน. 2536. การศึกษาเชิงวิศวกรรมของสภาพแวดล้อมที่สบายภายในอาคารสำนักงาน. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ (วิศวกรรมเครื่องกล) บัณฑิตวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Andrew Dyke. 2014. Automatic Natural ventilation.

ASHRAE. 2008. ASHRAE standard 170- 2008: ventilation of health care facilities. atlanta: the american society of heating, refrigerating and air- conditioning engineers.

Atkinson, J., Yves, C., Camen, L. and Paul, L. 2010. Natural ventilation for infection control in health-care settings. USA : world health organization.

Auliciems, A. and Szokolay, Z. 1997. Thermal comfort. brisbane. The university of queensl and printery.

Chen, J.M. and Black, T.A. 2007. Defining leaf area index for non-flat leaves. Plant cell and environment. 5: 23-35.

Daghigh, R. 2015. Assessing the thermal comfort and ventilation in Malaysia and the surrounding regions. Renewable and sustainable energy reviews. 48: 681-691.

Fountain, M., Bauman, F., Arens, E., Miura, K. and Dear, R.d. 1994. Locally controlled air movement preferred in warm isothermal environments. ASHRAE Transactions. 100(2):937-952.

Givoni, B. 1998. Climate consideration in building and urban design. New York: John Wiley & Sons.

Khedari, J., Yamtraipat, N., Pratintong, N., Hirunlabh, J. 2000. Thailand ventilation comfort chart. Energy and buildings. 32: 245–249.

Martin Liddament . 2010. Natural ventilation for infection control in health-care settings. world health organization.

Nan, I., Yang, J., Lee, D., Park, E. and Sohn, J. 2015. A study on the thermal comfort and clothing insulation characteristics of preschool children in Korea. Building and environment. 92: 724-733.

Nematchoua, K. M., Tchinda, R. and Orosa, A.J. 2014. Adaptation and comparative study of thermal comfort in naturally ventilated classrooms and buildings in the wet tropical zones. Energy and buildings. 85: 321-328.

Olgyay, V. 1963. Design with climate: a bioclimatic approach to architectural regionalism. Princeton university press.

Sharples, S. and Bensalem, R. 2001. Airflow in courtyard and atrium buildings in the urban environment: a wind tunnel study. Solar energy. 70(3):237-244.

Singh, K. M., Mahapatra, S. and Teller, J. 2015. Development of thermal comfort models for various climatic zones of North-East India. Sustainable cities and society.14: 133-145.

Szokolay, S. 2008. Introduction to architectural science: the basis of sustainable design, 2nd ed. Oxford: Architectural press.

Taleb, H. M. 2014. Using passive cooling strategies to improve thermal performance and reduce energy consumption of residential buildings in U.A.E. buildings. Frontiers of architectural research. 3(2):154-165.

Villadiego, K. and Velay-Dat, A.M. 2014. Outdoor thermal comfort in a hot and humid climate of Colombia: A field study in Barranquilla. Building and environment. 75: 142-152.

Wolverton, B. C. and Wolverton, J. D.1993. Plants and soil microorganisms removal of for maldehyde, xylene and ammonia from the indoor environment. Journal of the mississippi academy of sciences. Available source.

Yeang, K. 2002. Reinventing the skyscraper a vertical theory of urban design. Chichester, England: john willey & sons.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวนารีรัตน์ บัวบุตร

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5610920007

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมี-ชีววิทยา)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2555

ทุนการศึกษา

-ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ ประจำปีงบประมาณ 2560

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

Nareerat Bourbud and Kua-anan Techato.Suitable of the garden plant positioning for reducing the wind speed in hospital.International Conference on Agricultural,Environmental and Civil Engineering(Aece-2016) kuala Lumpur Malaysia 5-6 January 2016

Nareerat Bourbud and Phitchayakorn Techato. Suitable of the garden plant positioning for reducing the wind speed in hospital. The 41St National and International Graduate Research Conference 2016 Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Pathum Thani,Thailand 8-9 December,2016