สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การปลูกผักบุ้งตามแนวกำแพงในโรงเรือนปิดโดยการควบคุมอุณหภูมิ

WALL CULTURALING OF VEGETABLE IN GREENHOUSE

T119399

นางสาวพัชรลักษณ์ รักธรรมจิรสุข
นางสาววชิรญาณ์ เลขะวัฒนะ
นางสาววันทนี พูนพัฒนาชัย

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119399
วัน,เดือน,ปี - 7 ส.ค. 2554

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปลูกผักบุ้งตามแนวกำแพงในโรงเรือนปิดโดยการควบคุมอุณหภูมิ

WALL CULTURALING OF VEGETABLE IN GREENHOUSE

โดย

นางสาวพัชรลักษณ์ รักธรรมจิรสุข

นางสาววชิรญาณ์ เลขะวัฒนะ

นางสาววันทนี พูนพัฒนาชัย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

วิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WALL CULTURALING OF VEGETABLE IN GREENHOUSE

PATCHARALAK RAKTHAMJIRASUK

WACHIRAYA LEKHAWATTANA

WANTANEE PHOONPHATTHANACHAI

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE BACHELOR DEGREE OF AGRICULTURAL ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การปลูกผักปุ้งตามแนวกำแพงในโรงเรือนปิดโดยการควบคุมอุณหภูมิ

Wall Culturaling of Vegetable in Greenhouse

ผู้จัดทำ

1. นางสาวพัชรลักษณ์ รักธรรมจิรสุข รหัสประจำตัว 50010007
2. นางสาววชิรญาณ์ เลขะวัฒนะ รหัสประจำตัว 50011344
3. นางสาววันทนี พูนพัฒนาชัย รหัสประจำตัว 50011442

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.ภัทรชัย วิชัยยะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปลูกผักบุ้งตามแนวกำแพงในโรงเรือนปิดโดยการควบคุมอุณหภูมิ

นางสาวพัชรลักษณ์ รักธรรมจิรสุข
นางสาววชิรญาณ์ เลขะวัฒนะ
นางสาววันทนี พูนพัฒนาชัย
อาจารย์ภัทรชัย วิชัยยะ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้จัดทำขึ้นเพื่อทดสอบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนใช้การปลูกผักบุ้งตามแนวกำแพง เป็นดัชนีในการศึกษาความสามารถของโรงเรือนในควบคุมอุณหภูมิ โดยใช้ Micro – Controller ในการควบคุมพัดลมให้เกิดการไหลเวียนของอากาศ และใช้ระบบทำความเย็นแบบระเหยน้ำ (Evaporative cooling) มาใช้ในการลดอุณหภูมิของโรงเรือน เมื่ออุณหภูมิภายในโรงเรือนมีค่าเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส ระบบจะสั่งการให้เปิดพัดลม และระบบการทำความเย็นโดยใช้ Evaporative cooling เริ่มทำงานเมื่ออุณหภูมิเท่ากับ 35 องศาเซลเซียส และจะหยุด การทำงานเมื่ออุณหภูมิมีค่าต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส การเก็บข้อมูลจะทำการเก็บค่าอุณหภูมิเป็นช่วงเวลาคือ ช่วงที่ 1 คือ 9:00 น. ช่วงที่ 2 คือ 12:00 น. และช่วงที่ 3 คือ 16:00 น. เมื่อวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์พบว่าภายในโรงเรือนมีค่าความชื้น 60 – 80 % ด้วยระบบการลดความร้อนแบบ Evaporative cooling พบว่าสามารถลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้ต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกได้ 1 – 3 องศาเซลเซียส เมื่อการเก็บข้อมูลผลผลิตของผักบุ้งภายในโรงเรือน เก็บได้ 2 ช่วงเวลาคือ วันที่ 27 มกราคม 2554 และวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2554 ได้ผลผลิต 2079.37 กรัม และ 7 วันต่อมาได้ผลผลิตจำนวน 2271.11 กรัม เกณฑ์ในการเก็บผลผลิต มีความยาวของผักบุ้งที่ 30 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตของผักบุ้งที่ปลูกภายนอกโรงเรือนยังไม่สามารถเก็บได้ในช่วงเวลาเดียวกัน เพราะผักบุ้งยังมีความยาวต่ำกว่าเกณฑ์คือ 30 เซนติเมตร ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการปลูกผักบุ้งในโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิโตเร็วกว่าการปลูกผักบุ้งภายนอกโรงเรือน ซึ่งเปรียบเทียบผลผลิตของผักบุ้งภายนอกที่ยังไม่สามารถเก็บได้ เนื่องจากยังมีการเจริญเติบโตไม่เต็มที่ในช่วงเวลาเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wall Culturaling of Vegetable in Greenhouse

Patcharalak Rakthamjirasuk
Wachiraya Lekhawattana
Wantanee Phoonphatthanachai
Pattarachai Vichaiya Advisor

Abstract

This thesis intended to test the control of the temperature in a greenhouse. The growing morning glory planted along the wall is the indicator for temperature control. Micro – Controller was used to control the fan and evaporative cooling system. When temperature above 30 °C , the control would turn the fan on and if the temperature reached 35°C the evaporative cooling system would turn on. The temperature would be monitored 3 times a day , at 9:00 AM , 12:00 PM and 16:00 PM. On the average , fan and evaporative cooling system could reduce the temperature in the greenhouse around 1-3°C compared to the outside temperature , with relative humidity of 60-80 %. The morning glory was to be cut at the length of 30 cm. The first cut was on 17 days after planting. The collected weight was 2079.37 gram. The second cut was 19 days after the first cut with the weight of 2271.11 gram. During 36 days , morning glory which was planted outside greenhouse could not be harvested at all , since the length was less than 30 cm. It was concluded that the morning glory in the greenhouse growed faster than outside the greenhouse. The reason may be that the humidity inside the greenhouse prevented the loss of water through leaf so there was no water stress for the plant in the greenhouse.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยการแนะนำการทำโครงงาน และแก้ไขรูปเล่ม ปริญญานิพนธ์ จากอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ภัทรชัย วิชัยยะ ภาควิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ทรงวุฒิ แสงจันทร์ ภาควิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์และกรุณาให้คำเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการทำโครงงานจนสำเร็วลุล่วงได้ตามวัตถุประสงค์ และช่วยเหลือในการศึกษาค้นคว้าในสำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ ภาควิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้กรุณาส่งเสริมสนับสนุน ตลอดจนให้คำแนะนำต่างๆ ในการจัดทำโครงงานครั้งนี้

ขอขอบคุณอาจารย์วิลาวัลย์ เลขะวัฒนะ นายทิศากร กวีมงคลรัตน์ เจ้าหน้าที่ธุรการภาควิชาวิศวกรรมเกษตร นายช่างเทคนิค และรุ่นพี่ปริญญาโททุกท่าน ตลอดจนเพื่อนๆที่มีส่วนช่วยเหลือในการทำโครงงานครั้งนี้ ทำให้การดำเนินงานสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้อง เพื่อนทุกคนที่เป็นกำลังใจ ทำให้การศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ กระผู้จัดทำขออุทิศเพื่อบูชาพระคุณบิดา มารดา และบูรพาจารย์ที่ให้การศึกษาอบรม สั่งสอน ให้สติปัญญาและคุณธรรมอันเป็นเครื่องชี้นำจนประสบความสำเร็จในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
หน้าบทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	ซ
สารบัญตาราง	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี และ หลักการ	2
2.1 โรงเรือน (Greenhouse)	2
2.1.1 ที่ตั้ง (Location)	2
2.1.2 ชนิดของโรงเรือน (Type of greenhouse)	3
2.1.3 ลักษณะโครงสร้าง (Structure materials)	4
2.2 ผ้าม่านและวัสดุพรางแสง	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.2.1 กระจก (Glass)	6
2.2.2 ไฟเบอร์กลาส (Fiberglass)	6
2.2.3 พลาสติกคู่ (Double wall plastic)	6
2.2.4 ฟิล์มพลาสติก (Film plastic)	7
2.3 ประโยชน์จากการปลูกพืชในโรงเรือน	9
2.4 ระบบทำความเย็นในโรงเรือน	9
2.4.1 ใช้น้ำรดหลังคา Greenhouse	10
2.4.2 การฉีดพ่นละอองน้ำภายใน Greenhouse	10
2.4.3 การใช้เครื่องทำความเย็น Greenhouse	10
2.4.4 Evaporative cooling pad	10
2.5 ระบบหมุนเวียนอากาศภายใน	11
2.6 ความหมายของการปลูกพืชไม่ใช้ดิน	13
2.6.1 ข้อดีในการปลูกพืชไม่ใช้ดิน	14
2.6.2 ข้อเสียในการปลูกพืชไม่ใช้ดิน	14
2.6.3 ความแตกต่างระหว่างการปลูกพืชใช้ดินและการปลูกพืชไม่ใช้ดิน	14
2.7 การใช้ผักบุ้งเป็นดัชนีในการวัดประสิทธิผลของโรงเรือน	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 อุปกรณ์และการออกแบบ	17
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้	17
3.2 การออกแบบโรงเรือน	17
3.2.1 การออกแบบขนาดโรงเรือน	17
3.2.2 การออกแบบพัดลม	18
3.2.3 การออกแบบแผ่นรังผึ้ง (Evaporative cooling pad)	24
3.2.4 การออกแบบปั๊มน้ำ	25
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	27
4.1 วิธีการทดลอง	27
4.2 ผลการทดลอง(ก่อนการปรับปรุงระบบทำความเย็น)	32
4.3 ผลการทดลองครั้งที่ 1	32
4.4 การทดลอง(หลังการปรับปรุงระบบทำความเย็นนำสังกะสีปิดบริเวณช่องทางเข้าแผ่น Evaporative cooling)	33
4.5 ผลการทดลอง(หลังการปรับปรุงระบบทำความเย็นนำสังกะสีปิดบริเวณช่องทางเข้าแผ่น Evaporative cooling)	34
4.6 ผลการทดลอง	35
บทที่ 5 ข้อเสนอแนะ	39
5.1 ข้อเสนอแนะ	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ก	40
เอกสารอ้างอิง	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 การเลือกทำเลที่ตั้งของโรงเรือนควรคำนึงถึงการบังเงาของแสงในฤดูร้อนและหนาว 2

รูปที่ 2.2 LEAN-TO 3

รูปที่ 2.3 EVAN-SPAN 3

รูปที่ 2.4 FREEATANDING STRUCTURES 3

รูปที่ 2.5 WINDOW-MOUNTED 3

รูปที่ 2.6 ลักษณะโรงเรือนในลักษณะต่างๆ 5

รูปที่ 2.7 โรงเรือนใช้วัสดุจากกระจก 6

รูปที่ 2.8 แผ่น Cooling pad 11

รูปที่ 2.9 พัดลมระบายอากาศในโรงเรือน 12

รูปที่ 2.10 หลักการทำงานระบบภายในโรงเรือน 13

รูปที่ 2.11 ปลูกพืชแบบ HYDROPONICS 15

รูปที่ 2.12 ปลูกพืชโดยใช้แผ่นโฟม 15

รูปที่ 2.13 ปลูกพืชแบบ SOILLESS CULTURE 15

รูปที่ 2.14 ปลูกพืชโดยใช้ใยมะพร้าวอัดก้อน 15

รูปที่ 3.1 ตารางแสดงรายละเอียดของพัดลม 18

รูปที่ 3.2 การวัดความเร็วลม 19

รูปที่ 3.3 Clear- day isolation in Lincoln , Nebraska , on September 30, 1979. 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Q และ ΔT 22

รูปที่ 3.5 ขั้นตอนของ Evaporative Cooling 24

รูปที่ 3.6 ตารางคุณสมบัติของอากาศ 24

รูปที่ 3.7 ตารางแสดงรายละเอียดของปั๊มน้ำ 26

รูปที่ 4.1 โรงเรือนสาธิตแบบหลังคาหน้าจั่ว 2 ชั้น 27

รูปที่ 4.2 โครงช่องเปิดท้ายโรงเรือน 27

รูปที่ 4.3 การติดตั้งกล่องควบคุมอุณหภูมิ 28

รูปที่ 4.4 แผนผังตำแหน่งแต่ละจุดการวัดอุณหภูมิภายในโรงเรือน 28

รูปที่ 4.5 ตำแหน่งแต่ละจุดการวัดอุณหภูมิภายในโรงเรือน 29

รูปที่ 4.6 หัวพ่นหมอกแบบ Fogger 29

รูปที่ 4.7 ตำแหน่งหัวพ่นหมอกแบบ Fogger ภายในโรงเรือน 30

รูปที่ 4.8 ทำการเริ่มปลูกผักบุ้งภายในโรงเรือน 30

รูปที่ 4.9 ผักบุ้งภายในโรงเรือนเริ่มเจริญเติบโต 30

รูปที่ 4.10 ทำการเริ่มปลูกผักบุ้งภายนอกโรงเรือน 31

รูปที่ 4.11 ผักบุ้งภายนอกโรงเรือนเริ่มเจริญเติบโต 31

รูปที่ 4.12 แผนภูมิแสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนและภายนอกโรงเรือน
ก่อนการปรับปรุงโรงเรือน ณ เวลาต่างๆ กัน 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.13 ปิดช่องทางเข้าบริเวณแผ่น Evaporative cooling 33

รูปที่ 4.14 หัวพ่นหมอกภายในโรงเรือน 33

รูปที่ 4.15 สังกะสีมาครอบปากทางด้านดูดลมออกของพัดลม 34

รูปที่ 4.16 แผนภูมิแสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนและภายนอกโรงเรือน หลังการปรับปรุงโรงเรือน ณ เวลาต่างๆ กัน 34

รูปที่ 4.17 แผนภูมิแสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนก่อนและหลังการปรับปรุงโรงเรือน 35

รูปที่ 4.18 กราฟแสดงค่าความแตกต่างของความสูงของผักบุ้งภายในโรงเรือนและภายนอกโรงเรือน 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวัสดุคลุม 7

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทั่วไปของวัสดุคลุมโรงเรือน 8

ตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบความสูงของผักบุ้งภายในโรงเรือนและภายนอกโรงเรือน 36

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักของผักบุ้งภายในโรงเรือนและภายนอกโรงเรือน 36

ตารางที่4.3 แสดงตัวอย่างประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิในช่วง 4 วัน โดยการสุ่มข้อมูล 37
ระหว่างวันที่ 8 -11 ของการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในการทำการเกษตรกรรม เกษตรกรจะต้องได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและผลตอบแทน ที่คุ้มค่า ดังนั้นเกษตรจึงต้องดูแลรักษาผลผลิตเป็นอย่างดี พร้อมกับต้องเข้าใจถึงปัจจัยในการผลิตให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชชนิดนั้นๆด้วย

สภาพอากาศ เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชต่างชนิดกันย่อมมีความต้องการสภาพอากาศที่แตกต่างกัน ในปัจจุบันการปลูกพืชภายในโรงเรือนเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย โดยมีจุดประสงค์ในการดูแลรักษาและควบคุมปัจจัยต่างๆ เช่น ฝน โรคและแมลง ซึ่งจำเป็นที่จะต้องศึกษาปัจจัยต่างๆ ให้เหมาะสมสำหรับพืชแต่ละชนิด การสร้างโรงเรือนในการปลูก-พืชเพื่อการศึกษาปัจจัยในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เป็นแนวทางในการพัฒนาเพิ่มคุณภาพของผลผลิต

โครงงานนี้เป็นการทดลองปลูกผักบุ้งตามแนวกำแพงภายในโรงเรือนที่ควบคุมอุณหภูมิ โดยใช้ Micro – Controller เพื่อควบคุมพัดลมให้เกิดการไหลเวียนของอากาศ และการมีระบบทำความเย็นแบบระเหยน้ำ (Evaporative cooling) มาช่วยในการลดอุณหภูมิของโรงเรือน

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างและทดสอบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน
2. เพื่อศึกษาการปลูกผักบุ้งตามแนวกำแพงในแนวตั้ง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. การหาค่าคุณสมบัติต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น โดยจะใช้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิและใช้แผ่น Evaporative cooling pad ในการลดอุณหภูมิ
2. ใช้การปลูกผักบุ้งตามแนวกำแพง เป็นดัชนีในการศึกษาความสามารถในการควบคุมสภาพอากาศภายในโรงเรือน

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถหาแนวทางการจัดการสภาพแวดล้อม ในการเจริญเติบโตของพืชภายในโรงเรือน
2. ได้แนวคิดใหม่ในการผลิตพืชภายในโรงเรือนให้เหมาะสมกับพืชตามแนวกำแพง เพื่อประหยัดพื้นที่ และเพิ่มคุณภาพผลผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 โรงเรือน (Greenhouse)

2.1.1 ที่ตั้ง (Location)

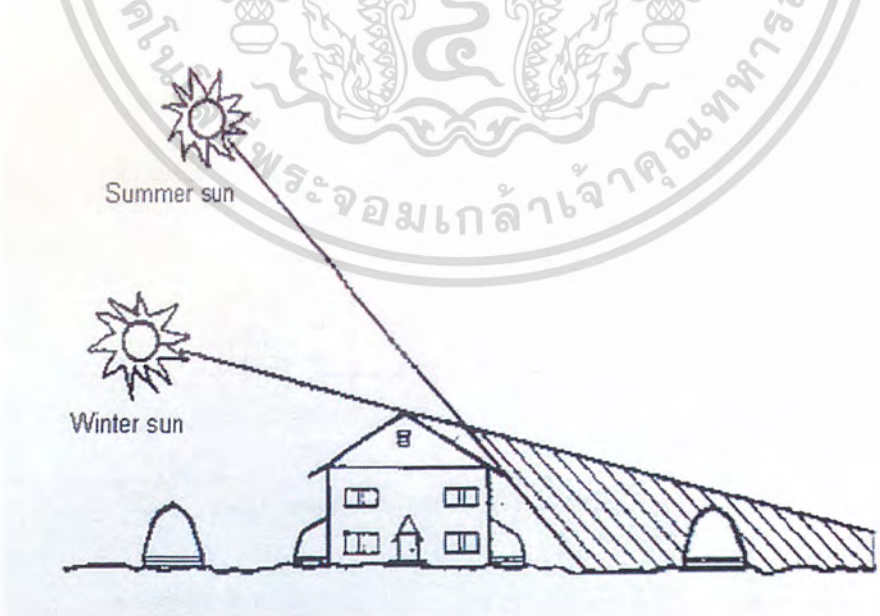
ก. โรงเรือนควรจะตั้งอยู่ที่ที่รับแสงแดดได้เต็มที่

ข. ตั้งโรงเรือนอยู่ทางทิศใต้ หรือทิศตะวันออกเฉียงใต้และรับแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน แต่ควรได้รับแสงจากตอนเช้าในทิศตะวันออกอย่างเพียงพอ เพราะแสงแดดในตอนเช้าจะทำให้พืชได้ปรุงอาหาร ทำให้พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้เต็มที่

ค. ในทางตะวันออกจะได้รับแสงมากในช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนกุมภาพันธ์ และทิศที่เหมาะสมกับการติดตั้งคือทิศใต้หรือทิศตะวันออกเฉียงใต้ ตามลำดับ

ง. ในทิศเหนือจะได้รับแสงแดดลงมาน้อย ซึ่งเหมาะสมสำหรับพืชที่ไม่ต้องการแสงมากจำพวกพืชตระกูลไม้เลื้อย

ดังนั้นลักษณะที่ตั้งโรงเรือนควรคำนึงถึงคำแนะนำดังกล่าวข้างต้นซึ่งมีรายละเอียดดังรูปภาพที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การเลือกทำเลที่ตั้งของโรงเรือนควรคำนึงถึงการบังเงาของแสงในฤดูร้อนและหนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ชนิดของโรงเรือน (Type of greenhouse)

ลักษณะของโรงเรือนโดยทั่วไปที่ใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ LEAN-TO , EVAN-SPAN , FREE SATANDING STRUCTURES และ WINDOW-MOUNTED มีรูปแบบดังภาพที่ 2.2-2.5

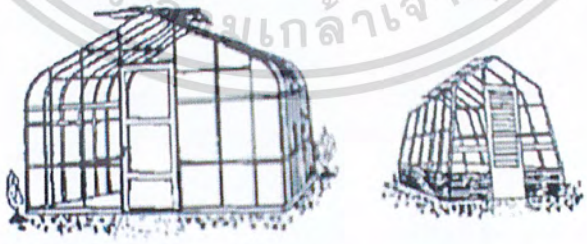
ก. LEAN-TO

ภาพที่ 2.2 LEAN-TO

ข. EVAN-SPAN

ภาพที่ 2.3 EVAN-SPAN

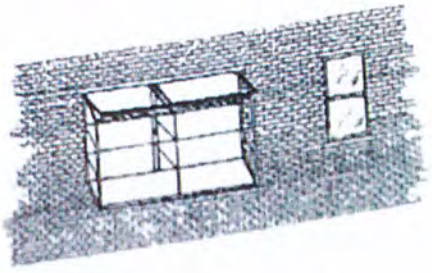
ค. FREEATANDING STRUCTURES



รูปที่ 2.4 FREEATANDING STRUCTURES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. WINDOW-MOUNTED



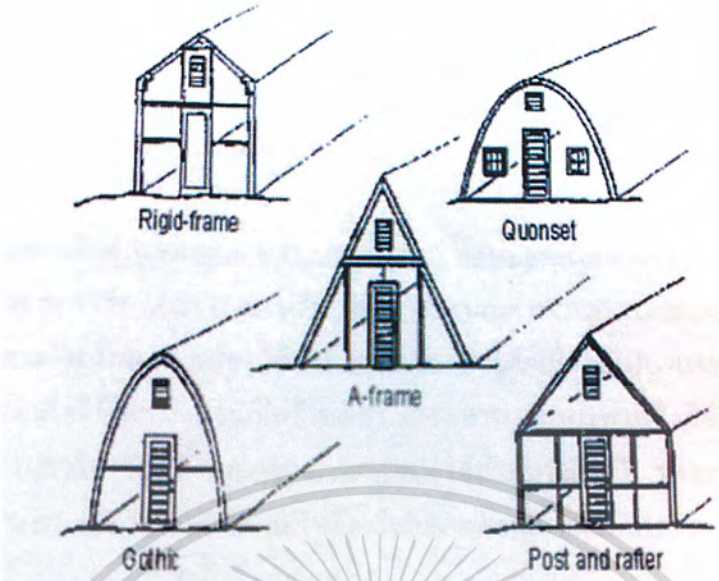
รูปที่ 2.5 WINDOW-MOUNTED

2.1.3 ลักษณะโครงสร้าง (Structure materials)

การเลือกโครงสร้างของโรงเรือน ควรคำนึงถึงราคาวัสดุที่จะนำมาประกอบเป็นโครงโรงเรือน โครงเรือนส่วนใหญ่ดังภาพที่ 2.6 มักทำมาจากไม้ เหล็กชุบสังกะสี อะลูมิเนียม เป็นต้น ถ้าจะสร้างโรงเรือนอย่างง่ายมักจะใช้ ไม้ ท่อเหล็ก ท่อพีวีซี โครงเหล็กสามารถคลุมด้วยกระจกไฟเบอร์กลาส แผ่นพลาสติกหรือฟิล์มพลาสติก โครงสร้างของโรงเรือนได้แก่

1. โรงเรือนแบบโครงเหลี่ยม (Frames) เป็นโครงเรือนแบบธรรมดาเรียบง่าย เป็นการออกแบบที่มีโครงสร้างค่อนข้างแข็งแรง
2. โรงเรือนแบบโครงโค้ง (Quonset) เป็นโรงเรือนที่มีความแข็งแรงทางโครงสร้าง มักทำด้วยท่อแสตนเลท เป็นโครงโค้ง มักคลุมด้วยพลาสติก แบบ Quonset มีทั้งแบบผนังด้านข้างสูงและแบบผนังด้านข้างต่ำ
3. โรงเรือนแบบโครงโค้งสูง (Gothic) เป็นโรงเรือนที่มีลักษณะคล้ายแบบ Quonset แต่จะมีส่วนหัวค่อนข้างสูง และผนังด้านข้างสูงกว่าแบบ Quonset
4. โรงเรือนแบบโครงแข็ง (Rigid-Frame) เป็นโรงเรือนที่มีแนวตั้ง และแนวนอนแบนราบ ไม่มีข้อต่อที่หลังคม โครงสร้างหลักมักทำด้วยวัสดุแข็งและเป็นชิ้นเดียว เป็นโรงเรือนที่รับน้ำหนักได้ระดับหนึ่ง
5. โรงเรือนแบบโครงค้ำรูปตัววี (Post and rafter and a frame) เป็นโรงเรือนที่ต้องการความแข็งแรง ควรใช้ไม้หรือโลหะที่มีความแข็งแรงเป็นโครงสร้างหลัก เพราะโรงเรือนแบบนี้มักเป็นโรงเรือนขนาดใหญ่ เพื่อรับแรงกดของลม มีประสิทธิภาพในการหมุนเวียนอากาศที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ลักษณะโรงเรือนในลักษณะต่างๆ

2.2 วัสดุคลุมโรงเรือน (Covering)

วัสดุคลุมโรงเรือน (Covering) มีจุดประสงค์สำคัญคือ การวางแยกบรรยากาศภายนอกออกจากสภาพอากาศภายในโรงเรือน นอกจากนั้นยังมีความสามารถในการการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น พืชใช้แสงในการปรุงอาหาร ดังนั้นวัสดุคลุมโรงเรือนจะต้องมีคุณสมบัติ คือ ให้แสงสามารถผ่านเข้าได้ เป็นฉนวนทางความร้อน และยังสามารถป้องกันความชื้นผ่านออกจากโรงเรือนได้ วัสดุเหล่านี้ได้แก่ กระจก (Glass) ไฟเบอร์กลาส (Fiberglass) พลาสติกคู่ (Double wall plastic) ฟิล์ม-พลาสติก (Film plastic) และวัสดุอื่นๆที่คล้ายคลึงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 กระจก (Glass)

กระจก (Glass) ลักษณะของกระจก คือ จะโปร่งแสง มีความทนสูง กระจกมีความหลากหลายตามลักษณะการใช้งาน สำหรับกระจกถ้าจะเพิ่มความแข็งแรงอาจจะต้องวางซ้อน 2 – 3 อัน ข้อเสียของกระจก คือ กระจกจะแตกง่าย ราคาต้นทุนเริ่มแรกสูงและโครงที่ใช้ทำโรงเรือนกระจกจะต้องแข็งแรงกว่าไฟเบอร์-สกลาส (Fiberglass) และพลาสติก (Plastic)

รูปที่ 2.7 โรงเรือนใช้วัสดุจากกระจก

2.2.2 ไฟเบอร์กลาส (Fiberglass)

ไฟเบอร์กลาส (Fiberglass) ลักษณะของไฟเบอร์กลาส จะมีน้ำหนักเบา แข็งแรง คุณภาพของไฟเบอร์กลาสมีหลายคุณภาพ ถ้าไฟเบอร์กลาสคุณภาพต่ำจะมีสีที่ไม่ดี ไฟเบอร์กลาสชนิดที่โปร่งแสงใช้ได้ดีสำหรับโรงเรือน ไฟเบอร์กลาสมีอายุการใช้งานประมาณ 10 – 15 ปี ความโปร่งแสงของไฟเบอร์กลาสจะคล้ายกระจก แต่จะขุนลงตามสภาพการใช้งาน

2.2.3 พลาสติกคู่ (Double wall plastic)

พลาสติกคู่ (Double wall plastic) ลักษณะพลาสติกคู่เป็นพลาสติกแข็ง 2 แผ่นติดกันทำด้วย อะคริลิก (Acrylic) หรือโพลีคาร์บอนเนต (Polycarbonate) มีอายุการใช้งานยาวนาน อะคริลิกเมื่อใช้ไปนานจะไม่เป็นสีเหลือง ส่วนโพลีคาร์บอนเนตเมื่อใช้ไปนานจะออกเป็นสีเหลือง แต่สามารถทนทานรังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet) ได้ วัสดุทั้งสองชนิดสามารถอยู่ได้ประมาณ 10 ปี ทั้งอะคริลิกและโพลีคาร์บอนเนต สามารถนำมาดัดโค้งได้ แต่โพลี-คาร์บอนเนตจะเป็นที่นิยมมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ฟิล์มพลาสติก (Film plastic)

ฟิล์มพลาสติก (Film plastic) ฟิล์มพลาสติกมีหลายแบบตามคุณภาพ สามารถเปลี่ยนหลายครั้งเพราะมีราคาถูกสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก ฟิล์มพลาสติกทำด้วย POLYETHYLENE (PE) , POLYVINYL CHLORIDE (PVC) , COPOLYMES และวัสดุอื่นๆ สำหรับการใช้งานฟิล์มพลาสติกแบบ PE ทนทานต่อรังสีอัลตราไวโอเลตได้ มีอายุการใช้งานประมาณ 12 – 18 เดือน สำหรับ COPOLYMES จะมีอายุการใช้งานประมาณ 2 – 3 ปี

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวัสดุคลุม

วัสดุคลุม	ข้อดี	ข้อเสีย
GLASS	ส่งผ่านรังสีจากแสงได้สูง ทนต่อสภาพภูมิอากาศ มีการขยายตัวต่ำเมื่ออุณหภูมิสูง ทนทานต่อแสง UV ทนต่อการกัดกร่อน	มีน้ำหนักมาก ราคาสูง ต้องมีกรอบกระจกเวลาติดตั้ง
ACRYLIC	ส่งผ่านรังสีจากแสงได้สูง ทนต่อสภาพภูมิอากาศ ทนทานต่อแสง UV น้ำหนักเบา	เกิดรอยขีดข่วนได้ง่าย มีการขยายตัวสูงเมื่ออุณหภูมิสูง สามารถติดไฟได้ จะเปราะมากเมื่อใช้เป็นเวลานาน
POLYCARBONATE	ทนต่อแรงกระแทกสูง มีช่วงอุณหภูมิกว้างในการใช้งาน	มีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศต่ำ ทนทานต่อแสง UV ต่ำ มีการขยายตัวสูงเมื่ออุณหภูมิสูง สามารถติดไฟได้ เกิดรอยขีดข่วนได้ง่าย
POLYVINYL - FUORIDE	ส่งรังสีจากแสงได้สูง ทนทานต่อแสง UV ทนต่อแรงกระแทกสูง เมื่อโดนความร้อนจะหดตัว	ราคาสูง ฉีกขาดได้ง่าย
POLYVINYL - CHLORIDE	ส่งรังสีจากแสงได้สูง ทำจากพลาสติกได้หลายชนิด	เปลี่ยนเป็นสีดำคล้ำได้ง่าย ทนต่อแรงกระแทกต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุคลุม	ข้อดี	ข้อเสีย
POLYETHYLENE (PE)	ราคาไม่แพง ง่ายต่อการติดตั้ง แผ่นมีขนาดใหญ่ ทนต่อแรงกระแทกสูง	อายุการใช้งานสั้น ส่งผ่านรัวสีจากแสงได้ต่ำ
POLYESTER	ส่งผ่านรังสีจากแสงได้สูง ทนต่อสภาพภูมิอากาศ ง่ายต่อการติดตั้ง	ทนต่อแรงกระแทกต่ำ ทนทานต่อแสง UV ต่ำ
FIBER REINFORED PLASIC (FRP)	ง่ายต่อการติดตั้ง ทนต่อสภาพภูมิอากาศ ทนต่อแรงกระแทก	ทนทานต่อแสง UV ต่ำ มักจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อใช้เป็นเวลานานๆ สามารถติดไฟได้ อายุการใช้งานปานกลาง

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทั่วไปของวัสดุคลุมโรงเรือน

COVERING	THICKNESS (mm)	PAR TRANSMISSIVITY (%)	THERMAL TRANSMISSIVITY (%)	HEAT LOSS	LIFE TIME (YEAR)
GLASS	3,4	88	3	6.3	25+
	25	90 - 92	< 3	6.3	25+
ACRYLIC	8,16,32	83	< 3	3.5	20+
POLYCAR-BONATE	4,6,8,16	79	< 3	3.5	5 - 7
POLYVINYL FUORIDE	90 - 120μm	92	21	5.7	>10
FIBER REINFORED PLASIC (FRP)	1.2 – 1.8 Kgm^{-2}	88	< 3	5.7	10 - 15
POLYETHYLENE (PE)	100 - 150μm	87	50	6.3	2 - 3
POLYESTER	51 - 150μm	85 - 88	30	-	7 - 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ประโยชน์จากการปลูกพืชในโรงเรือน

1. สามารถป้องกันแมลงไม่ให้เข้าไปทำลายพืชที่ปลูก ทำให้ไม่ต้องใช้ยาปราบศัตรูพืช ผู้บริโภคพืชผักที่ปลูกโดยวิธีนี้จึงมีความปลอดภัยจากสารพิษตกค้างในผลผลิต
2. สามารถควบคุมปัจจัยสิ่งแวดล้อมในการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช เช่นความเข้มแสง ระยะเวลาที่พืชรับแสง ความเข้มข้นของแก๊ส CO_2 และอุณหภูมิ เป็นต้น ทำให้สามารถผลิตพืชได้ทั้งปี โดยไม่ต้องอาศัยฤดูกาลตามธรรมชาติเข้ามาช่วย ผู้ปลูกสามารถวางแผนการผลิตได้ง่าย และเสี่ยงต่อการแปรปรวนของธรรมชาติน้อยกว่าการปลูกพื้นที่โล่งแจ้ง
3. สามารถออกแบบให้เป็นการผลิตอัตโนมัติ เช่นเดียวกับการผลิตสินค้าอุตสาหกรรมต่างๆ ได้ง่าย ช่วยประหยัดแรงงานในการดำเนินการ
4. ลดโอกาสในการสัมผัสสิ่งสกปรก ทำให้พืชสะอาดไม่เป็นพาหะนำโรค
5. สามารถติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เช่น อุปกรณ์พยุงลำต้น อุปกรณ์แขวนผล เป็นต้น ได้ง่าย และอาจติดตั้งเพียงครั้งเดียว แต่สามารถใช้งานติดต่อกันได้หลายฤดู
6. สร้างสิ่งแวดล้อมในการทำงานที่ดี และสะอาดไม่เปื้อนดินโคลน ช่วยให้ผู้ปลูกมีความเพลิดเพลินในการทำงานมากกว่า

2.4 ระบบทำความเย็นในโรงเรือน

โดยปกติ Greenhouse เป็นโรงเรือนระบบปิด แต่แสงแดดสามารถเข้าไปได้ แสงแดดเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิภายใน Greenhouse สูงขึ้น ในสภาพส่องปกติอุณหภูมิภายใน Greenhouse จะสูงกว่าภายนอกเสมอ ดังนั้นถ้า Greenhouse ที่ตั้งอยู่ในที่ที่มีอากาศร้อนอยู่แล้ว จะทำให้อากาศภายในมีอุณหภูมิสูงมากกว่าภายนอกมาก จำเป็นต้องมีการติดตั้งระบบการลดอุณหภูมิให้แก่ Greenhouse เพื่อให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช โดยทั่วไประบบ การลดอุณหภูมิให้ผลดีกับพืชที่ปลูก ดังนี้

- ทำให้อุณหภูมิภายใน Greenhouse ต่ำลง ทำให้พืชเจริญเติบโตได้
- ทำให้ความชื้นภายใน Greenhouse สูงขึ้น
- พืชสามารถรับแสงที่มีความเข้มสูงๆ ได้โดยไม่เป็นอันตราย

Greenhouse ที่มีอุณหภูมิต่ำ และความชื้นสูงขึ้น จะทำให้การคายน้ำทางใบของพืช ลดน้อยลง รูใบ (Stomata) จะเปิดอยู่เสมอ ทำให้ CO_2 ผ่านเข้าออกได้สะดวก และถ้าแสงมีความเข้มสูงจะทำให้พืชสามารถใช้ CO_2 และสร้างสารอาหารได้ดีขึ้น ทำให้การเจริญเติบโตดีขึ้น ระบบทำความเย็นสามารถแบ่งออกได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ใช้น้ำรดหลังคา Greenhouse

การลดอุณหภูมิแบบนี้ทำได้ง่าย เริ่มต้นด้วยการต่อท่อน้ำขึ้นไปบนหลังคา แล้วปล่อยน้ำให้ไหลจากหลังคาลงสู่เบื้องล่าง น้ำที่ไหลผ่านหลังคาจะดูดความร้อนจาก Greenhouse ทำให้อุณหภูมิภายใน Greenhouse ลดลง การใช้น้ำรดบนหลังคามักไม่ได้ผลนัก กล่าวคือ อุณหภูมิที่สูงมากๆ มิได้ลดลงถึงจุดที่ต้องการ เราไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนให้คงที่ได้ อุณหภูมิภายใน Greenhouse จะขึ้นๆ ลงๆ ตามความเข้มของแสงที่ส่องลงมาในโรงเรือนและตามอุณหภูมิภายนอก การใช้น้ำฉีดหลังคาใช้ได้ดีเฉพาะ Greenhouse ที่ใช้วัสดุแข็งคลุมเท่านั้น ปัญหาที่อาจเกิดขึ้น คือ น้ำที่ใช้ลดอุณหภูมิอาจทำให้หลังคาและผนังเกิดเป็นตะไคร่น้ำจับ หากน้ำไม่บริสุทธิ์ มีตะกอนแร่ธาตุทำให้กระจกเป็นฝ้า แสงแดดที่ผ่านเข้ามาจะลดลง ทำให้ความเข้มแสงน้อยลง การใช้น้ำในการลดอุณหภูมิลักษณะนี้ จะทำให้ต้องเสียน้ำในปริมาณมาก ข้อดีการฉีดน้ำรดหลังคาคือติดตั้งอุปกรณ์ง่าย และมีราคาถูก

2.4.2 การฉีดพ่นละอองน้ำภายใน Greenhouse

การลดอุณหภูมิแบบนี้เป็นการฉีดน้ำเป็นละอองฝอยใน Greenhouse ละอองน้ำทำให้อุณหภูมิอากาศภายใน Greenhouse ลดลง วิธีพ่นหมอก (Nozzle mist) อย่างไรก็ตามการพ่นหมอกน้ำอาจทำให้อุณหภูมิลดลงแต่ก็อาจไม่ถึงระดับที่ต้องการ

2.4.3 การใช้เครื่องทำความเย็น Greenhouse

ที่สร้างในบริเวณที่มีอากาศร้อนมักติดตั้งเครื่องทำความเย็น เพราะถ้าอากาศภายนอกร้อน อากาศภายใน Greenhouse จะยิ่งสูงกว่าภายนอกมาก เป็นผลให้การลดความร้อนระบบอื่นใช้งานไม่ได้ผลตามที่ต้องการ

เครื่องทำความเย็นจะประกอบไปด้วย เครื่องกรองอากาศ เครื่องดูดลม ถังน้ำ ส่วนทำความเย็น Thermostat และท่อชนิดต่างๆ โดยปกติส่วนประกอบต่างๆ ยกเว้น Thermostat และท่อบางส่วน จะตั้งอยู่นอกโรงเรือน เครื่องดูดลมจะดูดอากาศจากภายนอกเข้ามาทางเครื่องกรองอากาศ อากาศที่ผ่านแล้วจะผ่านเข้าเครื่องทำความเย็น แล้วผ่านเข้าในหม้อน้ำตามลำดับ อากาศเย็นชื้นภายใน Greenhouse และอุณหภูมิภายในลดลง จนกระทั่งถึงระดับที่ตั้งไว้
Thermostat จะอ่านค่าอุณหภูมิ แล้วบังคับให้เครื่องทำงานอีกต่อหนึ่ง อย่างนี้เรื่อยไป

2.4.4 Evaporative Cooling pad

ระบบทำความเย็น เป็นการใช้กระดาษ Cooling pad สำหรับทำความเย็น โดยมีชั้นบางๆของน้ำที่เคลือบกับผิวกระดาษไฟเบอร์ ที่มีลักษณะเป็นลูกฟูกสลับไปมา เมื่ออากาศจากภายนอกที่แห้งและร้อนถูกดูดจากพัดลมผ่านเข้ามาในแผ่น Cooling pad น้ำที่ซึมซับอยู่บนเยื่อกระดาษจะดูดซับความร้อนในอากาศและระเหยออกไป โดยพาความร้อนจำนวนมากออกไปด้วย ดังนั้นอุณหภูมิของอากาศที่ผ่าน Cooling pad ที่เปียกชื้นนี้จึงลดลง ตลอดการทำงานนั้น อากาศที่ชื้นและเย็นจะถูกนำเข้าไปในโรงเรือน หลังจากที่ไปผสมกับอากาศภายในที่ร้อน ก็จะถูกพัดลมระบายออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของ Cooling pad

1. ผลิตภัณฑ์นี้ มีโครงสร้างพิเศษที่ทำด้วยกระดาษจัดเป็นแบบรังผึ้ง ความสูงของลูกฟูก 5 ม.ม. และ 7 ม.ม. มุมลูกฟูก 45°*45° ใช้วัสดุโพลีเมอร์รุ่นใหม่และเทคโนโลยีแบบ Space crosslink เพื่อให้ดูดซับน้ำได้มากขึ้น กันน้ำได้ดีมาก สามารถป้องกันเชื้อราและมีอายุการใช้งานได้ยาวนาน

2. เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความสามารถในการระเหยน้ำ (Evaporative) ได้ดี มีประสิทธิภาพในการทำความเย็นได้มากกว่า 80%

3. พื้นผิวไม่มีสารใดๆที่เป็น Active agent สามารถดูดซับน้ำได้อย่างเป็นธรรมชาติ แพร่กระจายน้ำด้วยความเร็วสูงทั่วถึงและมีประสิทธิภาพหยดน้ำสามารถซึมซับได้ภายใน 4-5 วินาที จึงมีคุณสมบัติเหนือกว่าผลิตภัณฑ์ในแบบเดียวกัน ความสูงของน้ำที่ซึมซับ 60-70 ม.ม./5 นาที 200 ม.ม./1.5 ชั่วโมง ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรม

4. ตัวผลิตภัณฑ์ไม่มีสาร Phenol หรือ สารเคมีอื่นใด ที่ทำให้เกิดการแพ้ต่อผิวหนัง ไม่มีสารพิษ ไม่มีอันตรายใดๆ ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ พิทักษ์สิ่งแวดล้อม ประหยัดและใช้งานได้ดี

รูปที่ 2.8 แผ่น Cooling pad

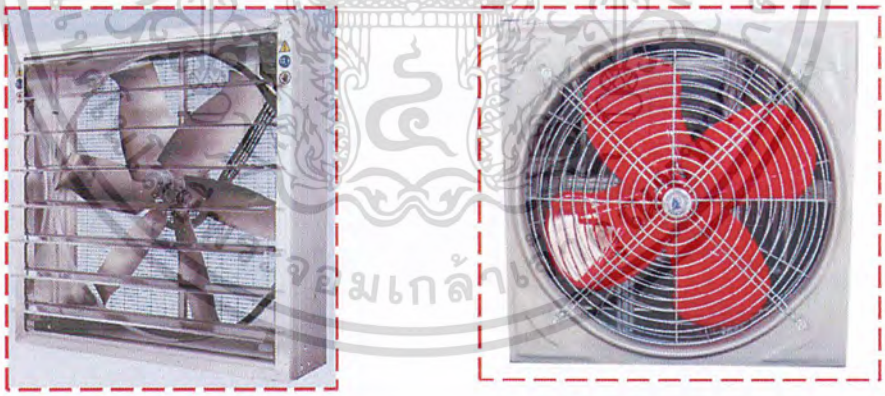
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ระบบหมุนเวียนอากาศภายใน

อากาศภายใน Greenhouse มักไม่ค่อยหมุนเวียนดีหนัก อุณหภูมิหรือส่วนผสมอากาศที่จุดต่างๆ ภายใน Greenhouse อาจแตกต่างกัน อีกประการหนึ่งถ้า Greenhouse นั้น ติดตั้งระบบทำความเย็นที่ออกจากท่อกระจายไปทั่วโรงเรือนได้รวดเร็วขึ้น อุณหภูมิแต่ละจุดจะใกล้เคียงกันมากขึ้น

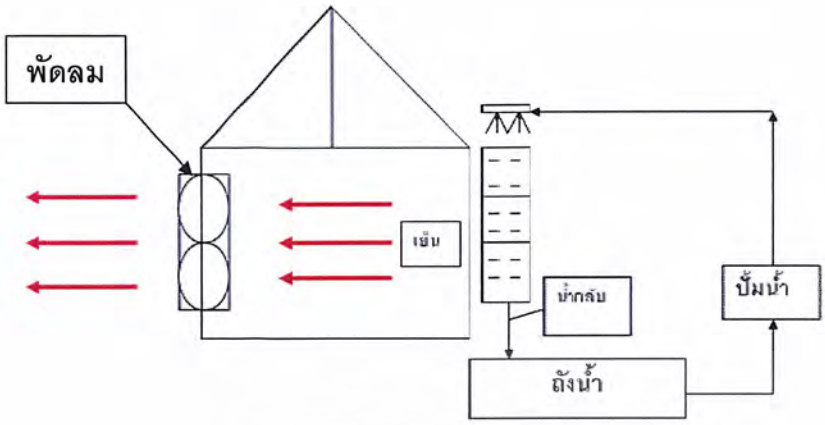
การติดตั้งระบบหมุนเวียนอากาศอาจทำได้โดยวิธีง่ายๆ คือ การติดตั้ง **พัดลม** ตามจุดต่างๆ ภายใน Greenhouse การติดตั้งพัดลมต้องระมัดระวังมิให้กระแสลมกระทบกับต้นพืชโดยตรง อาจติดตั้งผนังของโรงเรือนก็ได้ ตำแหน่งของการติดตั้งอาจติดตั้งไว้เหนือประตู หรืออาจติดตั้งไว้บนหลังคาก็ได้

จุดประสงค์อีกอย่างหนึ่งของการติดตั้งระบบหมุนเวียนอากาศ คือ เพื่อแลกเปลี่ยนอากาศภายนอกกับอากาศภายใน Greenhouse วิธีการติดตั้งทำได้โดยการเจาะผนัง Greenhouse นำพัดลมดูดอากาศมาติดตั้งโดยอากาศที่ดูดเข้าจะผ่านเครื่องกรองอากาศ เพื่อป้องกันเชื้อโรคต่างๆ ที่มากับลม ถ้าต้องการให้พัดลมทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ จะต้องติดตั้งอุปกรณ์บังคับการทำงานและ การหยุดทำงานของพัดลม โดยติด Timer ซึ่งสามารถปรับระยะเวลาการทำงาน และช่วงเวลา การทำงานและช่วงเวลาการหยุดทำงานของพัดลมโดยปรับ Timer ตามความเหมาะสม



รูปที่ 2.9 พัดลมระบายอากาศในโรงเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 หลักการทำงานระบบภายในโรงเรือน

สำหรับโรงเรือนที่ไม่ได้ติดตั้งระบบปรับปรุงอุณหภูมิอาจติดตั้งระบบระบายอากาศ เพื่อให้อากาศเข้าออกได้ โดยใช้เส้นใย ปอ นุ่น บุผนังแทนกระจก วัสดุเหล่านี้สามารถป้องกันเชื้อโรคมิให้เข้าในโรงเรือนได้ การใช้วัสดุดังกล่าวบุผนังแทนกระจก นอกจากจะทำให้อากาศผ่านเข้าได้สะดวกแล้ว ยังทำให้ความอบอ้าวในโรงเรือนลดลงอีก แต่การติดตั้งแบบนี้เป็นการยากที่จะควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนให้เป็นตามต้องการ โรงเรือนที่ออกแบบมาให้อุณหภูมิภายในและอุณหภูมิภายนอกภายในโรงเรือน จะมีระดับใกล้เคียงกัน มักใช้กับโรงเรือนที่มีจุดประสงค์ เพื่อทดลองและศึกษาเกี่ยวกับโรคพืชและจะได้ผลดีในพื้นที่ที่ลมผ่านอยู่เสมอ

2.6 ความหมายของการปลูกพืชไม่ใช้ดิน

การปลูกผักโดยไม่ใช้ดิน หรือที่เรียกกันจนติดปากในปัจจุบันว่า “ซอยเลสคัลเจอร์” (Soilless culture) หมายถึงการปลูกพืชโดยใช้วัสดุใดๆ ที่ไม่ใช้ดินและพืชจะได้รับจากธาตุอาหารต่างๆ ที่ต้องการสารละลายธาตุอาหารที่ให้กับพืชเท่านั้น ดินในที่นี้หมายรวมถึงวัสดุใดก็ตามที่มีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์แก่พืช ได้แก่ ดินชนิดต่างๆ ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยคอก พีทมอส เป็นต้น ส่วนวัสดุที่ไม่ใช้ดินก็คือวัสดุอื่นใดที่ไม่มีธาตุอาหารให้แก่พืช อาทิเช่น ทราย กรวด น้ำ ขุยมะพร้าว แกลบ ใยหิน เพอร์ไรท์ เวอร์มิคูไลท์ เป็นต้น ดังนั้นการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจึงเป็นกานปลูกพืช ในลักษณะที่เราไม่เปิดโอกาสให้พืชได้อาหารจากแหล่งอื่นเลย นอกจากได้จากสารละลายธาตุอาหารที่เราให้แก่พืชเท่านั้น ทำให้เราสามารถควบคุมปริมาณธาตุอาหารให้กับพืชได้อย่างสม่ำเสมอนั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 ข้อดีในการปลูกพืชไม่ใช้ดิน

1. เป็นระบบที่ช่วยให้สามารถปลูกพืชในแหล่งที่ดินอาจไม่เหมาะแก่การปลูกพืช หรือขาดน้ำได้

2. เป็นระบบที่ทำให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว เพราะได้รับน้ำและอาหารอย่างเพียงพอและตลอดเวลา

3. เป็นระบบที่สามารถให้จำนวนต้นต่อพื้นที่ได้มาก ทำให้ได้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูง

4. เป็นระบบที่ทำให้ผลผลิตสะอาด เนื่องจากไม่มีการใช้ดิน สามารถลดขั้นตอนการทำความสะอาดผลผลิต

5. เป็นระบบที่สามารถหลีกเลี่ยงหรือลดการใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชได้ ทำให้ผลผลิตปลอดภัยต่อสารเคมีตกค้าง

2.6.2 ข้อเสียในการปลูกพืชไม่ใช้ดิน

1. เป็นระบบที่ต้องลงทุนสูง เพราะวัสดุอุปกรณ์เฉพาะหลายอย่างในตอนเริ่มดำเนินการ

2. เป็นระบบที่ต้องพึ่งพาพลังงานตลอดเวลา ทำให้มีต้นทุนการผลิตสูงและหากไฟฟ้าขัดข้องเป็นเวลานานเกินไป และไม่มีระบบไฟฟ้าสำรอง พืชจะขาดน้ำ

3. เป็นระบบที่ต้องการดูแลรักษาอย่างใกล้ชิดและต้องการบุคลากรที่มีความรู้ความชำนาญและประสบการณ์ในการดูแล รักษาระบบจึงจะประสบความสำเร็จได้

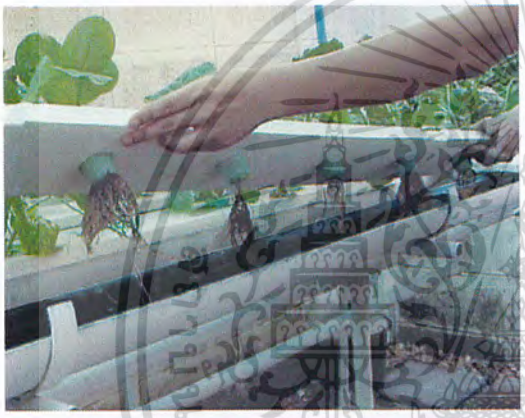
2.6.3 ความแตกต่างระหว่างการปลูกพืชใช้ดินและการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

โดยปกติแล้วการที่พืชจะเจริญเติบโตได้ดี ต้องอาศัยปัจจัยต่าง ๆ ที่เหมาะสมเช่น สภาพภูมิอากาศ (แสงแดด อุณหภูมิ) ธาตุอาหาร น้ำและอากาศ (ออกซิเจน ไฮโดรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์) ทั้งทางรากส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดิน การที่พืชจะนำธาตุอาหารไปใช้ได้นั้นจเกี่ยวข้องกับความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของดิน

การปลูกพืชบนดินโดยทั่วไป ถึงแม้ดินจะมีธาตุอาหารอันเป็นปัจจัยที่พืชต้องการ แต่ก็มักมีข้อเสียคือดินจะไม่มีความอุดมสมบูรณ์ตามที่พืชต้องการ ดินจะมีคุณสมบัติที่ไม่แน่นอนแตกต่างกันไปตามสภาพพื้นที่ เช่น โครงสร้างของดิน ปริมาณธาตุอาหารหรือความอุดมสมบูรณ์ ระดับ pH ไม่เหมาะสม ทำให้ยุ่งยากต่อการปรับปรุงคุณภาพและเสียค่าใช้จ่ายสูง ปัญหาเหล่านี้ทำให้ผลผลิตไม่แน่นอน ส่วนการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนั้น พืชจะได้รับสารละลายที่มีธาตุอาหาร เรียกว่า "สารละลายธาตุอาหารพืช" ที่ประกอบด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชที่อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที เพราะมีการปรับค่า EC (Electrical Conductivity) และ pH ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการปลูกพืชบนดินธรรมชาติ สารอาหารในดิน (Soil solution) ที่เป็นอาหารพืชที่อยู่ในน้ำในดิน หรือ ธาตุอาหารในสารละลายและที่ดูดซับกับ คอลลอยด์ดิน (Soil colloid) นั้นจะมาจากวัตถุที่เน่าเปื่อยผุพังย่อยสลายที่มาจากวัสดุที่เป็นทั้ง อินทรีสาร (Organic) เช่นปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยหมัก ย่อยสลายเป็นฮิวมัส และ อนินทรีย์สาร (Inorganic) เช่นปุ๋ยเคมีหรือสารเคมีที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในขณะที่การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนั้นพืชจะได้รับ สารละลายธาตุอาหาร ที่มาจากการละลายของปุ๋ยเคมีหรือสารเคมีในน้ำที่ให้ธาตุอาหาร (ส่วนใหญ่เป็นอนินทรีย์สาร ยกเว้นเพียงยูเรียที่เป็นอินทรีย์สาร) เรียกว่า สารละลายธาตุอาหารพืช เพียงอย่างเดียว ทั้งสารอาหารในดินที่ได้จากการเน่าเปื่อยผุพังตามธรรมชาติ ในกรณีของการปลูกพืชบนดินและสารละลายธาตุอาหารจากการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจะสัมผัสกับรากพืชซึ่งพืชจะดูดเอาไปใช้ในการเจริญเติบโตต่อไป



รูปที่ 2.11 ปลูกพืชแบบ HYDROPONICS

รูปที่ 2.12 ปลูกพืชโดยใช้แผ่นโฟม

รูปที่ 2.13 ปลูกพืชแบบ SOILLESS CULTURE

รูปที่ 2.14 ปลูกพืชโดยใช้ใยมะพร้าวอัดก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การใช้ผักบุ้งเป็นดัชนีในการวัดประสิทธิผลของโรงเรือน

2.7.1 ผักบุ้ง

ผักบุ้งที่นิยมปลูกในประเทศไทย มี 2 ชนิดคือผักบุ้งจีนและผักบุ้งไทย (Ipomoea aquatic Var-aquatica) มีดอก สีม่วงอ่อน ก้านสีเขียวหรือม่วงอ่อน ใบสีเขียวเข้ม และก้านใบสีม่วง ส่วนผักบุ้งจีน (Ipomoea aquatica Var. reptans) มีใบสีเขียว ก้านสีเหลืองหรือขาว ก้านดอกและดอกสีขาว ผักบุ้งจีนนิยมนำมาประกอบอาหารกว้างขวางกว่าผักบุ้งไทย จึงนิยมปลูกเป็นการค้าอย่างแพร่หลาย ทั้งการปลูกเพื่อบริโภคสด และเพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ ปัจจุบันผักบุ้งจีนได้พัฒนาเป็นพืชผักส่งออกที่มีความสำคัญ โดยส่งออกทั้งในรูปผักสด และเมล็ดพันธุ์ สำหรับเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนประเทศไทยสามารถส่งออกเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนในปี 2538 ปริมาณ 540.6 ตัน มูลค่าการส่งออก 19.8 ล้านบาท

ผักบุ้งจีนใช้เวลาในการงอก 48 ชั่วโมง ระยะแรกของการเจริญเติบโต ลำต้นจะตั้งตรง หลังจากงอกได้ 5-7 วัน จะมีใบเลี้ยงออกมา 2 ใบ มีลักษณะปลายใบเป็นแฉก ไม่เหมือนกับใบจริง เมื่อต้นโตในระยะสองสัปดาห์แรก จะมีการเจริญเติบโตทางลำต้นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งอายุประมาณ 30-45 วัน การเจริญเติบโตจะเปลี่ยนไปในทางทอดยอด สำหรับผักบุ้งจีนที่หว่านด้วยเมล็ด การแตกกอจะมีน้อยมาก การแตกกอเป็นการแตกหน่อออกมาจากตาที่อยู่บริเวณโคนต้นที่ติดกับราก มีตาอยู่รอบต้น 3-5 ตา เมื่อแตกแถวออกมาแล้วจะเจริญทอดยอดยาวออกไปเป็นลำต้น มีปล้องข้อ และทุกข้อจะให้ดอกและใบ

นอกจากแสงแล้วอุณหภูมิก็มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเจริญของกล้าพืชอีกด้วย โดยปกติอุณหภูมิขนาดปานกลางถึงค่อนข้างต่ำจะช่วยให้กล้าพืชเจริญได้แข็งแรงซึ่ง พืชฤดูร้อนควรจะมีอุณหภูมิราว ๓๐ – ๔๐ องศาเซลเซียส ในเวลากลางวัน และอุณหภูมิที่ต่ำกว่านี้ ๕ – ๑๐ องศาเซลเซียส ในเวลากลางคืน การให้น้ำแก่กล้าพืชก็เป็นเรื่องสำคัญ คือ จะต้องคอยสังเกตความชื้นในภาชนะเพาะ และความต้องการน้ำของกล้าพืชเป็นสำคัญ โดยรักษาระดับความชื้นในแปลงเพาะให้พอเหมาะ ไม่มากเกินไป จนทำให้อากาศถ่ายเทในดินไม่สะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 3

อุปกรณ์และการออกแบบ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้

1. โรงเรือนขนาด 3×6×3 เมตร
2. พัดลมระบายอากาศ
3. แผ่น Cooling Pad ชุดอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิและการทำงานในระบบ
4. ปั๊มน้ำ
5. ท่อ PVC และ หัวพ่นหมอก

3.2 การออกแบบโรงเรือน

3.2.1 การออกแบบขนาดของโรงเรือน

ขนาดของโรงเรือน 3 x 6 x 3 เมตร

$$\text{Volume} = W \times L \times H \qquad (3.1)$$

$$\text{Volume} = 54\ m^3$$

Volume คือ ปริมาตรอากาศของโรงเรือน (m^3)

W คือ ความกว้างของโรงเรือน (m)

L คือ ความยาวของโรงเรือน (m)

H คือ ความสูงของ

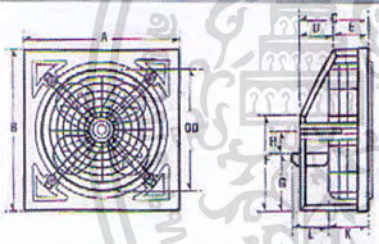
ดังนั้นจึงควรออกแบบขนาดของพัดลมให้มีการถ่ายเทอากาศที่เพียงพอ ทราบว่าปริมาตรอากาศภายในโรงเรือนมีปริมาตรของอากาศ 54 m^3

119399

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การออกแบบพัดลม

เมื่อได้ขนาดปริมาตรของอากาศแล้วนำมาเลือกขนาดของพัดลมจากรูปที่ 3.1 โดยทำการเลือกขนาดของ พัดลมดังนี้ Model BO-E4120 ขนาด 1/4 HP , 927 CFM , 1440 RPM



รายละเอียดทั้งหมด :

MODEL	DIMENSION (mm.)										
	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	OD
BO-E412D	410	410	210	100	110	230	140	60	120	140	360
BO-E414D	460	460	210	100	110	290	170	65	120	140	405
BO-E416D	510	510	210	100	110	335	190	70	120	140	450
BO-E418D	560	560	210	100	110	390	210	70	120	140	510
BO-E420D	610	610	210	100	110	425	230	75	120	140	565
BO-E424D	720	720	210	100	110	525	280	85	120	140	670
BO-E428D	815	815	210	100	110	550	315	90	120	140	725
BO-E430D	865	865	260	130	130	650	350	90	140	180	760
BO-E436D	1070	1070	320	165	155	810	435	100	160	200	935

MODEL	PERFORMANCE				WEIGHT kg.
	VOTAGE	HP	CFM	RPM	
BO-E412D	220	1/4	927	1440	11
BO-E414D	220	1/4	1,236	1440	12
BO-E416D	220	1/4	2,163	1440	13
BO-E418D	220	1/4	3,090	1440	14
BO-E420D	220	1/4	3,605	1440	15
BO-E424D	220	1/3	4,635	1440	18
BO-E428D	220/380	1	8,652	1440	25
BO-E430D	220/380	1	10,815	1440	34
BO-E436D	380	2	17,005	925	53

ค่าที่เลือกในการออกแบบ

รูปที่ 3.1 ตารางแสดงรายละเอียดของพัดลม

การคำนวณหาอัตราการไหลของอากาศ

$$Q = AV \qquad (3.2)$$

Q คือ อัตราการไหลของอากาศ (m^3/s)

A คือ พื้นที่ของพัดลม (m^2)

V คือ ความเร็วลม (m/s)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q_{actual} = C_d \cdot A_{actual} \cdot V_{actual} \quad (3.3)$$

$$A_{actual} = \pi r^2 \quad (3.4)$$

Q_{actual} คือ อัตราการไหลของอากาศที่ได้จริง (m^3/s)

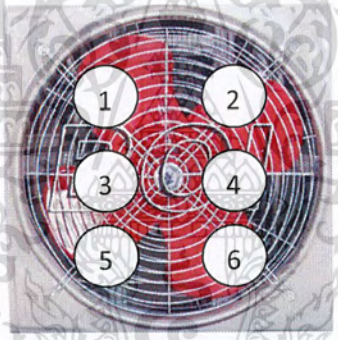
A_{actual} คือ พื้นที่ของช่องอากาศ (m^2)

C_d คือ 0.6 (Coefficienct of dischange)

r คือ รัศมีของพัดลม (m)

V_{actual} คือ ความเร็วลมของพัดลมที่วัดได้จริง (m/s)

การคำนวณหา V_{actual} ได้จากการวัดความเร็วลม



รูปที่ 3.2 การวัดความเร็วลม

V_{actual} คือค่าที่ได้จากการวัดจากเครื่องมือวัดความเร็วลมโดยทำการวัดค่า จำนวน 6 จุด พบว่า ค่าที่ได้จากการทดลองในจุดที่ 1 ถึงจุดที่ 6 ตามลำดับคือ 4.35m/s, 1.28m/s, 1.24m/s, 3.85m/s, 1.89m/s, 4.05m/s

จุดที่	1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย
ความเร็วลมที่วัดได้ (m/s)	4.35	1.28	1.24	3.85	1.89	4.05	2.61

ค่าเฉลี่ยความเร็วลมที่วัดได้มีค่า เท่ากับ 2.61 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถหา A_{actual} ได้โดยแทนค่าในสมการ (3.4)

$A_{actual} = \pi(r^2)$

$A_{actual} = \pi(0.15^2)$

$A_{actual} = 0.07$ m

ดังนั้นสามารถหา Q_{actual} ได้โดยแทนค่าในสมการ (3.3)

$Q_{actual} = C_d \cdot A_{actual} \cdot V_{actual}$

$Q_{actual} = 0.6 \cdot 0.07\text{m} \cdot 2.61$ m/s

$Q_{actual} = 0.10$ m^3/s

Q_{actual} คืออัตราการไหลของอากาศที่ได้จริงมีค่าเท่ากับ 0.10 m^3/s

เนื่องจากพลังงานที่ส่วนใหญ่ที่ทำให้โรงเรือนร้อนเนื่องมาจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการแผ่รังสีความร้อนทำให้ปริมาณความร้อนในโรงเรือนสูงขึ้น สมการนี้มาจากรายวิชา 01105312 Plant and animal environmental control

$$Q = \frac{q_h + q_m + q_s + \frac{A}{R}\Delta T}{1.006\rho\Delta T} \qquad (3.5)$$

Q คือ อัตราการไหลของอากาศ (m^3/s)

q_h คือ Solar heat gain ให้แก่พลังงงานที่ได้รับจากแสงอาทิตย์โดยตรง ($watt/m^2$)

q_m คือ Energy ที่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เช่นหลอดไฟมอเตอร์ของพัดลม (watt)

q_s คือ Energy ที่พืชหรือสัตว์ผลิตได้มาจากการทดลอง (watt/kg)

A คือ พื้นที่ของโรงเรือน (m^2)

R คือ Heat of conduction (kJ/kg K)

ρ คือ air density (kg/m^3)

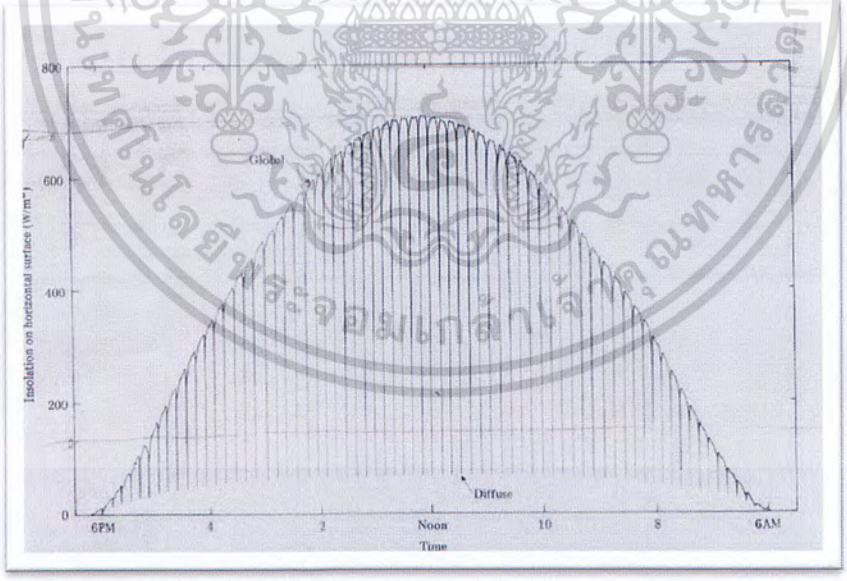
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ΔT คือ ค่าแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในกับอุณหภูมิภายนอก ($^{\circ}c$)

แทนค่าลงในสมการที่ (3.5)

$$Q = \frac{q_h + q_m + q_s + \frac{A}{R}\Delta T}{1.006\rho\Delta T} \qquad (3.5)$$

- เนื่องจากโรงเรือนมีขนาดเล็ก ค่า Heat of conductionมีค่าน้อย ดังนั้นความร้อนส่วนใหญ่เกิดมาจากดวงอาทิตย์จึงขอตั้งสมมติฐานให้ $\frac{A}{R} = 1$
- q_h คือ Solar heat gain ให้แก่พลังงานที่ได้รับจากแสงอาทิตย์โดยตรง (watt/m^2) จากรูปที่ 3.3 พบว่าค่า q_h ณ เวลา 12.00 น. เท่ากับ 700 watt/m^2 ซึ่งเป็นค่าที่ช่วงพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์สูงที่สุด แต่ว่าในทางทฤษฎีพลังงานที่ได้รับจากแสงอาทิตย์คิดเป็น 1/8 เท่าของค่าพลังงานที่ได้รับ
  ดังนั้น 700 watt/m^2 x (1/8) = 87.5 watt/m^2
  คิดเป็นค่าต่อพื้นที่ภายในโรงเรือน 87.5 watt/m^2 x 18 m^2 = 1575 watt
- ค่า ρ คือ air density (kg/m^3) หาจากตารางคุณสมบัติของอากาศ พบว่าค่า ρ มีค่า 1.09 kg/m^3

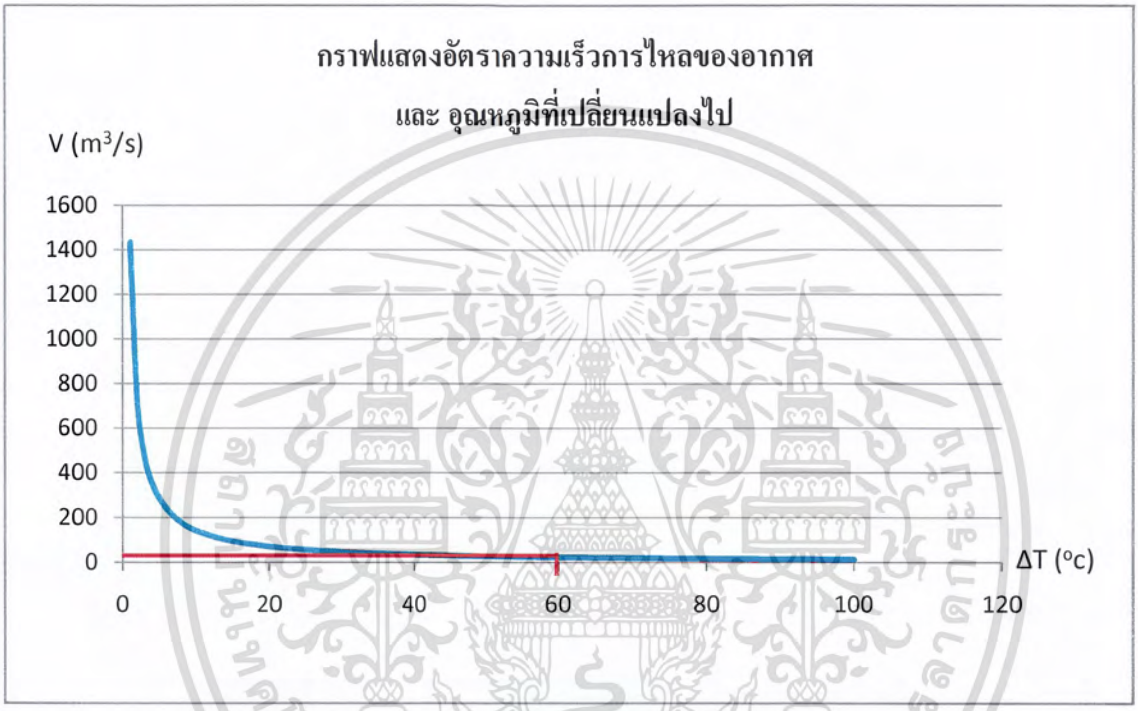


รูปที่ 3.3 Clear- day isolation in Lincoln , Nebraska , on September 30, 1979.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำไปแทนค่าในสมการที่ (3.5) จะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง v กับ ΔT

ΔT(°c)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Q (m^3/s)	1437.24	719.08	479.69	359.99	288.17	240.3	206.1	180.45	160.5	144.54	131.48	120.6	111.39	103.5	96.66



รูปที่ 3.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Q และ ΔT

เมื่อนำค่า Q = 0.10 m^3/s จากสมการที่ (3.3) จากกราฟรูปที่ 3.4 พบว่า ΔT คือ อุณหภูมิระหว่างภายในโรงเรือนกับภายนอกโรงเรือน พบว่าค่า ΔT มีค่าเท่ากับ 60°c ทำให้ได้อุณหภูมิที่สูงมากเกินไปทำให้โรงเรือนร้อนไม่เหมาะแก่การเพาะปลูก

จึงทำการเลือก ΔT = 15 °c จะได้ Q = 96.66 m^3/s เป็นหลักการของการระบายอากาศ การระบายความร้อน เพื่อนำเอาอากาศภายนอกซึ่งมีคุณภาพดีกว่าเข้ามาภายในโรงเรือน เพื่อผสมหรือทดแทนอากาศเดิม ซึ่งทำให้ได้อากาศได้สภาพดีกว่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดค่า ΔT ให้เท่ากับ 15

หาค่า $\Delta T = T_{in} - T_{out}$

T_{in} คือ อุณหภูมิที่ต้องการให้เกิดขึ้นภายในโรงเรือน

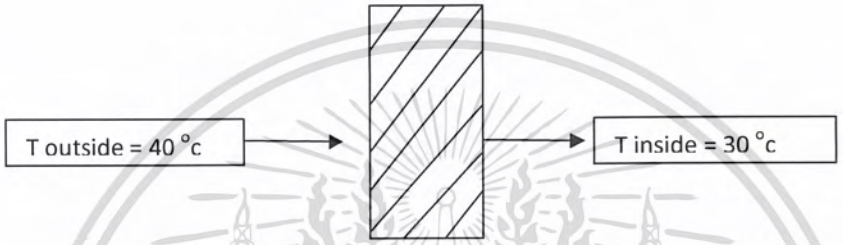
T_{out} คือ ค่าอุณหภูมิที่ต้องการให้เกิดขึ้นภายนอกที่เป็นไป

$\Delta T = 15\ ^{o}c$ เมื่อ $T_{in} = 55\ ^{o}c$ และ $T_{out} = 55\ ^{o}c$

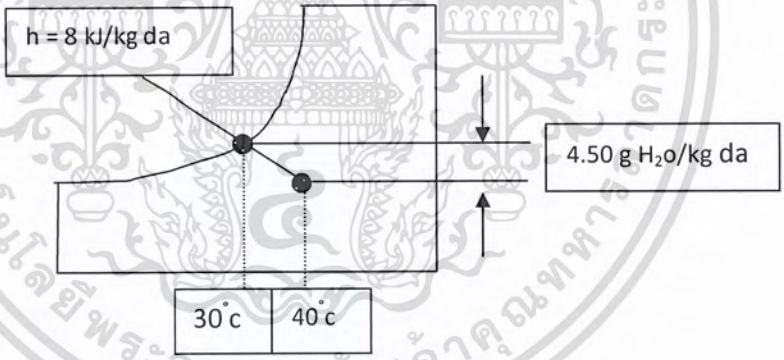
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การออกแบบแผ่นรังผึ้ง (Evaporative Cooling Pad)

ขบวนการ Evaporative Cooling เป็นขบวนการลดอุณหภูมิโดยอาศัยหลักการระเหยของน้ำวิธีการคือ การใช้กระดาษเรียงกัน ขั้นตอนของ Evaporative Cooling เกิดขึ้นเมื่อความร้อน enthalpy ในอากาศทำการระเหยน้ำที่เป็นฟิล์มบางๆ ตามกระบวนการ Evaporative Cooling ขบวนการนี้สามารถศึกษาได้จากตารางคุณสมบัติของอากาศ เมื่ออุณหภูมิภายนอกซึ่งร้อนและแห้งผ่านน้ำโดย enthalpy ไม่เปลี่ยนแปลง ในทางทฤษฎีแล้วกระบวนการจะดำเนินไปจนกว่า อุณหภูมิจะลดลงถึง T_{wb} หรือ T_{db} หรือ RH=100%



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนของ Evaporative Cooling



รูปที่ 3.6 ตารางคุณสมบัติของอากาศ

จากข้อมูลตามรูปพบว่า

ถ้าประสิทธิภาพการทำงานของระบบ Evaporative Cooling = 100% สามารถลดอุณหภูมิได้ 10°c $\Delta T = 40\text{-}30 = 10^{\circ}c$ ทำให้ทราบว่าควรใช้น้ำใน ปริมาณ 4.50 g H_2o/kg da เพื่อให้เพียงพอกับการระบายความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การออกแบบปั๊มน้ำ

จากปริมาณน้ำที่ใช้ในแผง Cooling Pad ทำให้ทราบว่าควรใช้น้ำใน ปริมาณ 4.50 g H_2o/kg da เพื่อให้เพียงพอกับการระบายความร้อน จากระบบ Evaporative Cooling โดยอาศัยพลังงานความร้อนของอากาศไปทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอ ดังนั้นพลังงานความร้อนในอากาศลดลงซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศลดลง

$$q = \dot{m}c_p\Delta T \qquad (3.6)$$

q คือ ค่าพลังงานความร้อน (kJ/kg da)

$\dot{m}$ คือ mass flowrate (m^3/s)

c_p คือ specific heat เท่ากับ 1.0325 kJ/kgda $^{\circ}c$

ΔT คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนและภายในโรงเรือน

แทนค่าลงในสมาการที่ (3.6)

$$\frac{8\text{kJ}}{\text{kgda}} = \dot{m}\left(1.0325\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{da}^{\circ}\text{C}}\right)(10^{\circ}\text{C})$$

$$\dot{m} = \left(0.96\frac{\text{kg}\cdot\text{da}}{\text{s}}\right)\left(0.896\frac{\text{m}^3}{\text{kg}\cdot\text{da}}\right)$$

mass flowrate $Q = 0.86\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

$$Q = 3\frac{\text{g H}_2\text{O}}{\text{kg}\cdot\text{da}}\left(0.96\frac{\text{kg}\cdot\text{da}}{\text{s}}\right)$$

$$Q = 2.88\frac{g\,H_2O}{s}\left(\frac{m^3}{1000x10^3g}\right)$$

$$Q = 2.88\,x10^{-6}\frac{m^3}{s}$$

$$Q = \left(2.88\,x10^{-6}\frac{m^3}{s}\right)\left(\frac{1000l}{1\,m^3}\right)$$

$$Q = \left(2.88\,\text{x}10^{-3}\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)\left(\frac{60\text{s}}{\text{min}}\right)$$

$$Q = 0.17\frac{l}{min}$$

เมื่อต้องการให้อุณหภูมิลดลง 10 $^{\circ}$c จึงต้องใช้ปริมาณน้ำ 0.17 ลิตร/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากน้ำที่ใช้มีปริมาณน้อยขนาดของปั๊มน้ำ จึงไม่ใช้ปัญหาที่สำคัญ สามารถเลือกใช้ปั๊มน้ำขนาดใดก็ได้ ในกรณีนี้ได้เลือกใช้ขนาดของปั๊มดังต่อไปนี้ ขนาด 1" , มอเตอร์ 250 watt , ท่อดูด 1" ท่อจ่าย 1" , ระยะส่ง 27 m , ปริมาณน้ำสูงสุด 45 ลิตร/นาที เพราะว่าเป็นปั๊มที่มีอยู่แล้ว

รุ่น	มอเตอร์ (วัตต์)	ระยะส่ง (เมตร)	ปริมาณน้ำ(ลิตร/นาที) สูงสุด	ระยะ 12 ม.	จุดที่ใช้น้ำ* (จำนวนก๊อก)	สวิตช์ความดัน (กก./ซม.²) เปิด	ปิด	ท่อดูด ขนาด(นิ้ว)	ท่อจ่าย ขนาด(นิ้ว)	น้ำหนัก (กก.)
WP-85Q	80	8	29	21	2-3	0.9	1.8	20(3/4)	20(3/4)	13
WP-105Q	100	11	29	21	2-3	1.2	1.8	20(3/4)	20(3/4)	13
WP-155Q	150	12	35	26	3-4	1.3	1.9	25(1)	25(1)	13
WP-205Q	200	16	42	32	4-5	1.8	2.8	25(1)	25(1)	19
WP-255Q	250	19	45	35	5-6	2.1	2.8	25(1)	25(1)	19
WP-305Q	300	19	47	37	6-7	2.1	2.8	25(1)	25(1)	19
WP-405Q	400	20	53	45	8-9	2.2	2.8	30(1-1/4)	30(1-1/4)	21
CP-255Q	250	27	45	35	-	-	-	25(1)	25(1)	11
CP-405Q	400	30	53	45	-	-	-	30(1-1/4)	30(1-1/4)	12
EP-155Q	150	12	35	26	3-4	1.3	-	25(1)	25(1)	11
EP-205Q	200	16	42	32	4-5	1.8	-	25(1)	25(1)	13
EP-305Q	300	19	47	37	6-7	2.1	-	25(1)	25(1)	13
EP-405Q	400	20	53	45	8-9	2.2	-	30(1-1/4)	30(1-1/4)	14

ค่าที่เลือกใช้

ปั๊มน้ำแบบอัตโนมัติ ปั๊มน้ำแบบธรรมดา ปั๊มน้ำแบบแรงดันคงที่อัตโนมัติ

รูปที่ 3.7 ตารางแสดงรายละเอียดของปั๊มน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

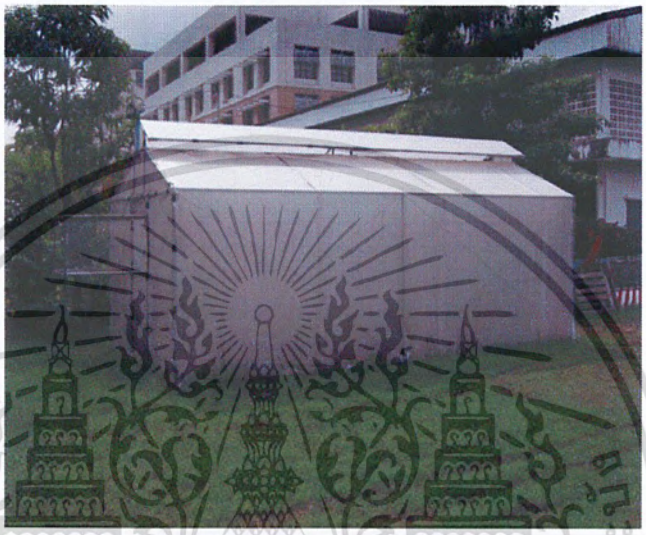
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 วิธีการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองมีดังนี้

4.1.1 หาข้อมูลเรื่องโรงเรือนและนำข้อมูลมาศึกษาลักษณะโรงเรือนสาธิต

4.1.2 โรงเรือนสาธิตแบบหลังคาหน้าจั่ว 2 ชั้น ขนาด 3×6×3 เมตร



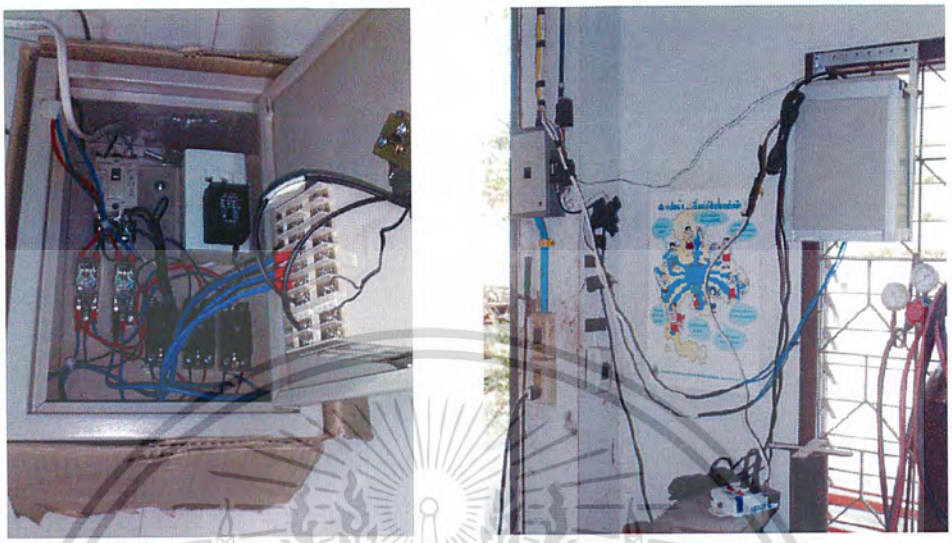
รูปที่ 4.1 โรงเรือนสาธิตแบบหลังคาหน้าจั่ว 2 ชั้น

4.1.3 ช่องเปิดท้ายโรงเรือนติดตั้งแผ่น Evaporative Cooling Pad และพัดลมดูดอากาศ ทำจากเหล็กกล่อง 1 นิ้วมีขนาดประมาณ 180×30×15 เซนติเมตร

รูปที่ 4.2 โครงช่องเปิดท้ายโรงเรือน

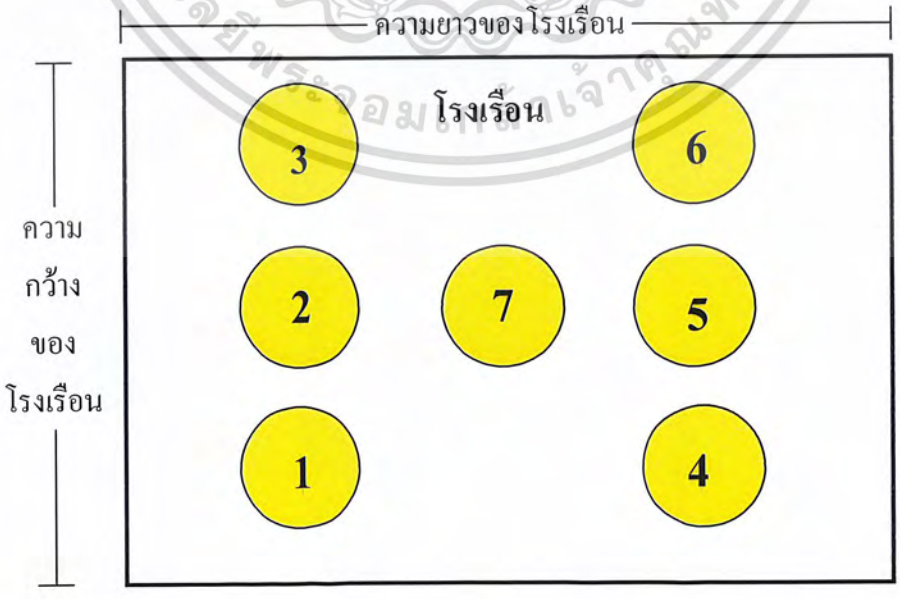
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ติดตั้งกล่องควบคุมอุณหภูมิกับระบบไฟในอาคารปฏิบัติการ ภาควิศวกรรมเกษตร



รูปที่ 4.3 การติดตั้งกล่องควบคุมอุณหภูมิ

4.1.5 ทำการทดลองเปิดน้ำเข้าถังเก็บน้ำ ต่อปั๊มน้ำเข้ากับระบบการให้น้ำ เปิดสวิตช์กล่องควบคุมอุณหภูมิ ตั้งค่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนมีค่าเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส ระบบจะสั่งการให้เปิดพัดลม และระบบการทำความเย็นโดยใช้ Evaporative cooling จะเริ่มทำงานเมื่ออุณหภูมิเท่ากับ 35 องศาเซลเซียส และจะหยุดการทำงานเมื่ออุณหภูมิมีค่าต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส

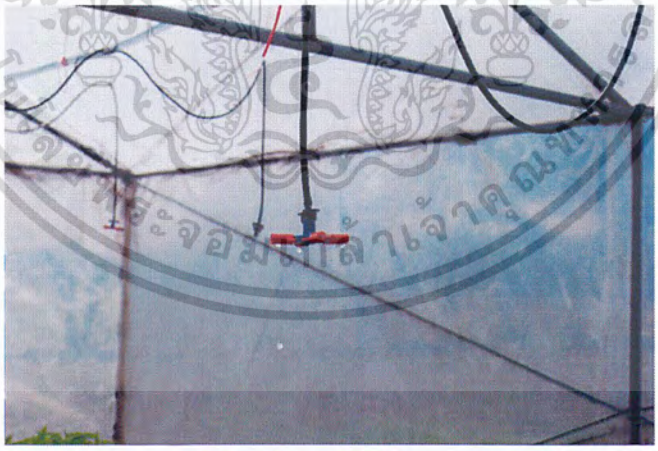


รูปที่ 4.4 แผนผังตำแหน่งแต่ละจุดการวัดอุณหภูมิภายในโรงเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

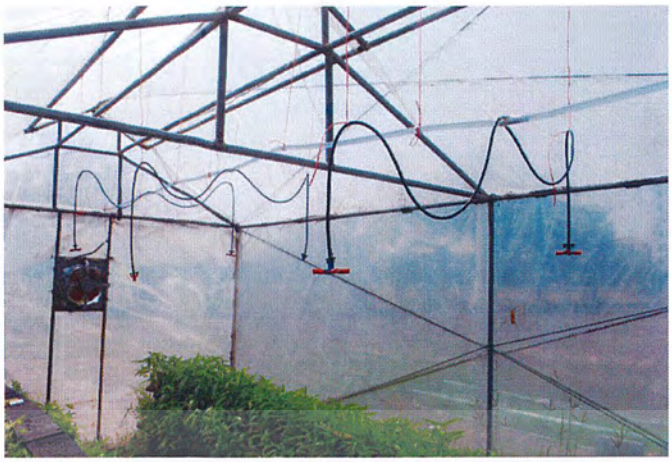
รูปที่ 4.5 ตำแหน่งแต่ละจุดการวัดอุณหภูมิภายในโรงเรือน

4.1.6 หัวพ่นหมอกแบบ Fogger จะติดตั้งอยู่บนช่องเปิดเพดานหม้อน้ำทำให้ละอองน้ำสามารถกระจายตัวได้อย่างทั่วถึง



รูปที่ 4.6 หัวพ่นหมอกแบบ Fogger

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ตำแหน่งหัวพ่นหมอกแบบ Fogger ภายในโรงเรือน

4.1.7 ทำการทดลองที่เวลา 9.00, 12.00 และ 16.00 น. และบันทึกผล

4.1.8 ทำการปลูกผักบุ้งตามแนวกำแพงภายในโรงเรือน และนอกโรงเรือน มาเปรียบเทียบกันโดยค่าน้ำหนัก และความสูงของผักบุ้งเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว

รูปที่ 4.8 ทำการเริ่มปลูกผักบุ้งภายในโรงเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9 ผักบุ้งภายในโรงเรือนเริ่มเจริญเติบโต

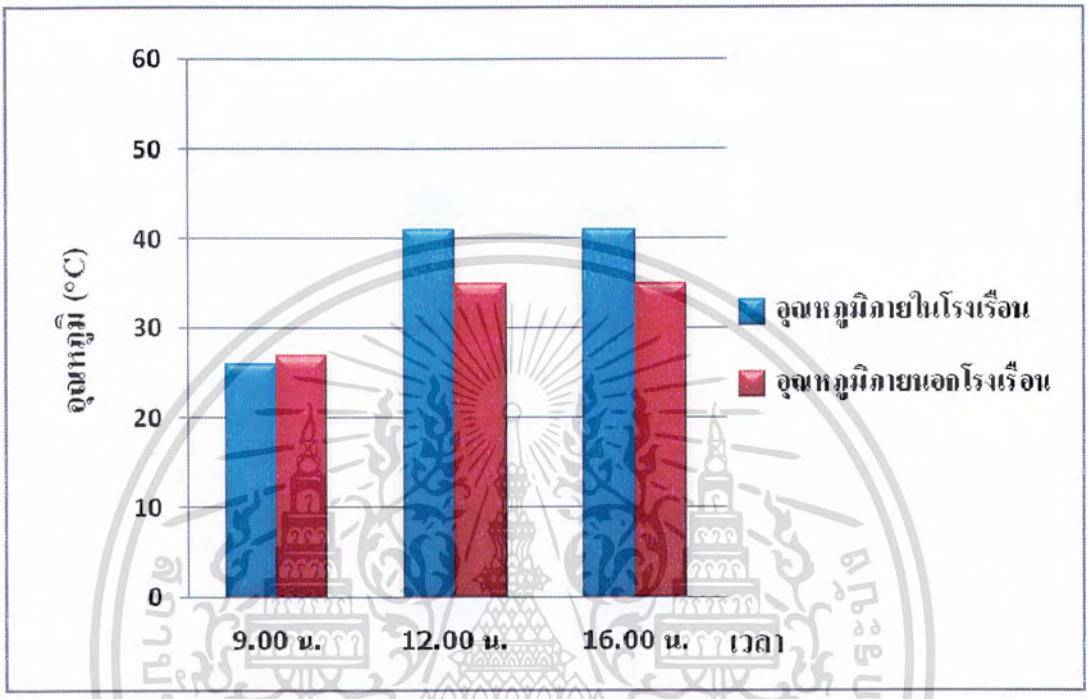
รูปที่ 4.10 ทำการเริ่มปลูกผักบุ้งภายนอกโรงเรือน

รูปที่ 4.11 ผักบุ้งภายนอกโรงเรือนเริ่มเจริญเติบโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.7 นำข้อมูลที่ได้มาสรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง โดยนำข้อมูลที่ได้ไปหาความสัมพันธ์กัน โดยแสดงเป็นกราฟระหว่าง อุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในโรงเรือน

4.2 ผลการทดลอง (ก่อนการปรับปรุงระบบทำความเย็น)



รูปที่ 4.12 แผนภูมิแสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนและภายนอกโรงเรือนก่อนการปรับปรุงโรงเรือน ณ เวลาต่างๆ กัน

4.3 ผลการทดลองครั้งที่ 1

จากการทดลองโรงเรือนสาธิตระบบควบคุมภายในโรงเรือนแบบ Evaporative cooling โดยทำการทดลองที่ 3 ช่วงเวลา คือ ช่วงที่ 1 เวลา 9.00 น. ช่วงที่ 2 เวลา 12.00 น. และช่วงที่ 3 เวลา 16.00 น. ในช่วงเวลา 17 วัน พบว่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนร้อนมาก จึงได้มีการสังเกตพบว่าที่ระบบ Evaporative cooling มีช่องอากาศที่อากาศสามารถไหลเข้าได้ จึงทำการปิดบริเวณช่องที่อากาศไหลเข้า และทำการทดลองใหม่เป็นครั้งที่ 2

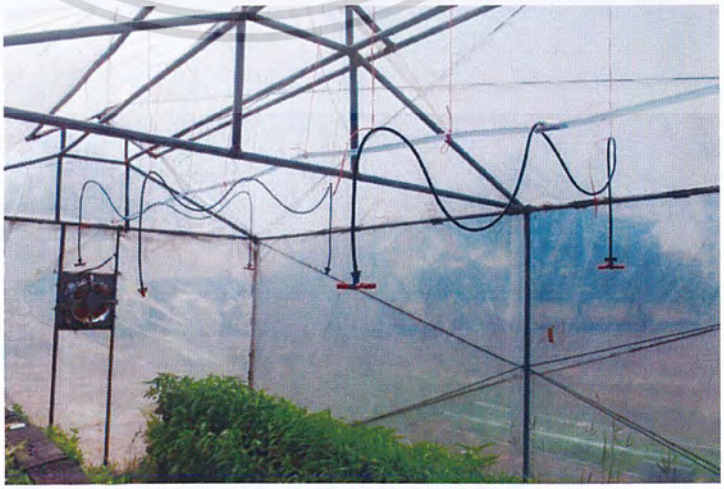
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลอง(หลังการปรับปรุงระบบทำความเย็นนำสังกะสีปิดบริเวณช่องทางเข้าแผ่น Evaporative cooling)

4.4.1 นำสังกะสีมาปิดบริเวณช่องทางเข้าแผ่น Evaporative cooling

รูปที่ 4.13 ปิดช่องทางเข้าบริเวณแผ่น Evaporative cooling

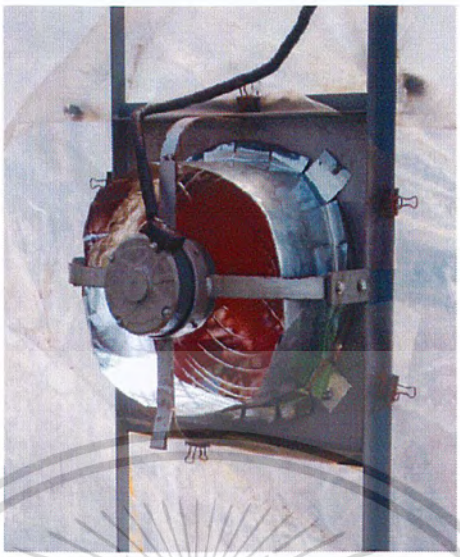
4.4.2 นำหัวพ่นหมอกมาติดบริเวณภายในโรงเรือน



รูปที่ 4.14 หัวพ่นหมอกภายในโรงเรือน

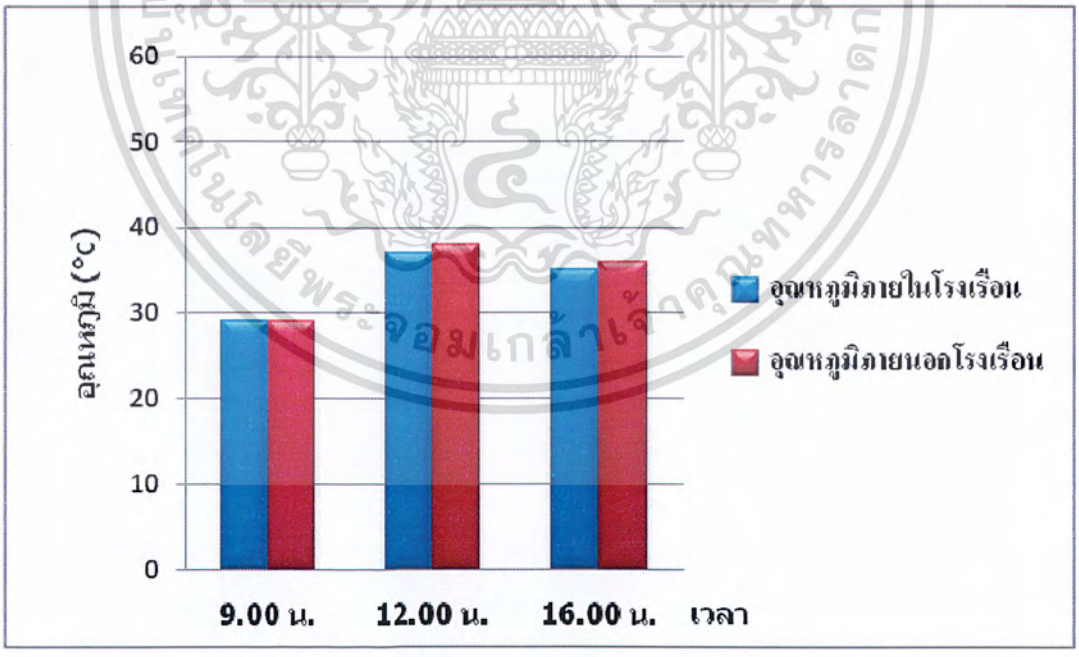
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 นำสังกะสีมาครอบปากทางด้านดูดลมออกของพัดลม



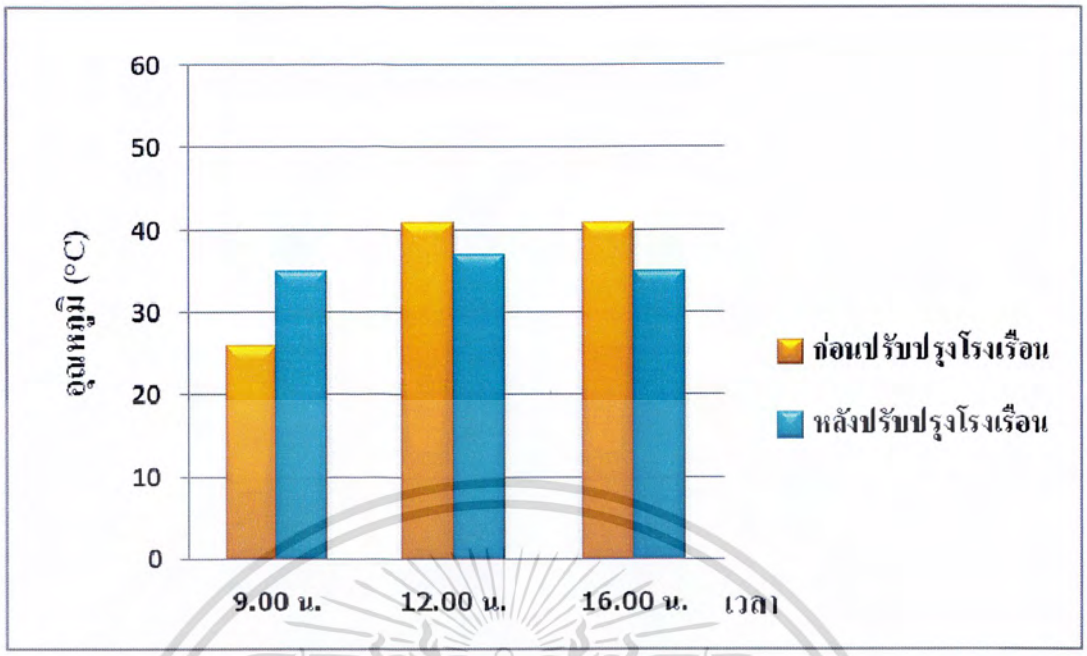
รูปที่ 4.15 สังกะสีมาครอบปากทางด้านดูดลมออกของพัดลม

4.5 ผลการทดลอง(หลังการปรับปรุงระบบทำความเย็นนำสังกะสีปิดบริเวณช่องทางเข้าแผ่น Evaporative cooling)



รูปที่ 4.16 แผนภูมิแสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนและภายนอกโรงเรือนหลังการปรับปรุงโรงเรือน ณ เวลาต่างๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 แผนภูมิแสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือน
ก่อนและหลังการปรับปรุงโรงเรือน

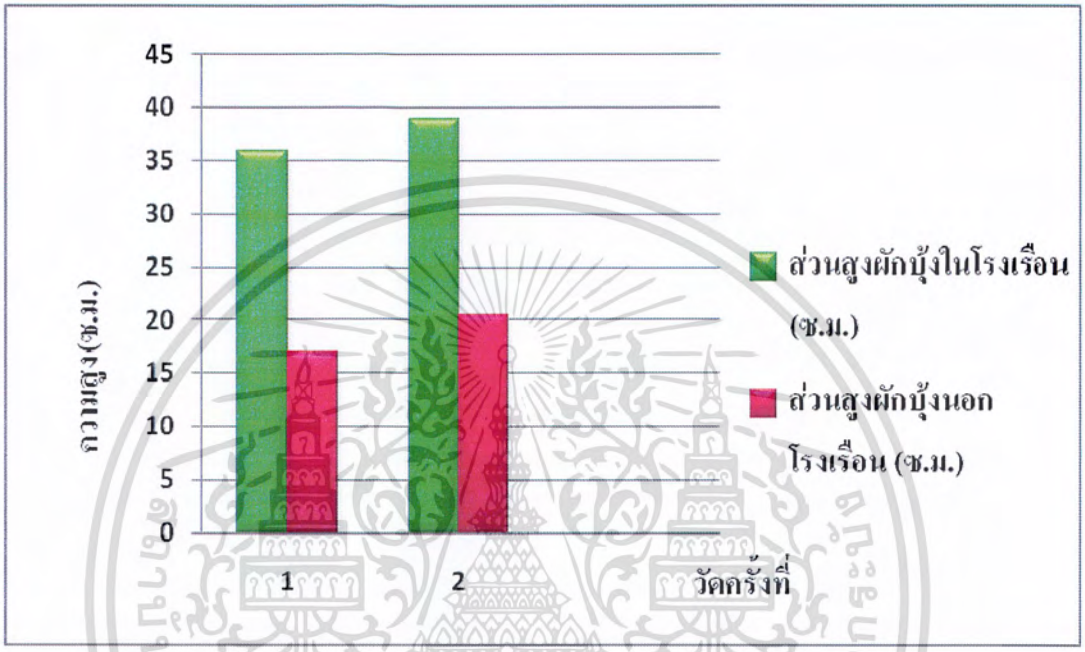
4.6 ผลการทดลอง

จากการทดลองครั้งที่ 2 พบว่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนสามารถควบคุมอุณหภูมิได้กว่าการทดลองครั้งที่ 1 แต่ในช่วงที่ 1 เวลา 9.00 น. เป็นเวลา 19 วัน สังเกตพบว่าอุณหภูมิก่อนปรับปรุงโรงเรือนมีอุณหภูมิน้อยกว่าอุณหภูมิหลังการปรับปรุงโรงเรือน เนื่องจากสภาพอากาศช่วงนั้นอยู่ในช่วงฤดูหนาวจึงทำให้อุณหภูมิก่อนปรับปรุงโรงเรือนจึงมีอุณหภูมิน้อยกว่าอุณหภูมิหลังการปรับปรุงโรงเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบความสูงของผักบุ้งภายในโรงเรือนและภายนอกโรงเรือน

ครั้ง	ส่วนสูงผักบุ้งในโรงเรือน (ซ.ม.)	ส่วนสูงผักบุ้งนอกโรงเรือน (ซ.ม.)
1	36	17
2	39	20.5



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงค่าความแตกต่างของความสูงของผักบุ้งภายในโรงเรือนและภายนอกโรงเรือน

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักของผักบุ้งภายในโรงเรือนและภายนอกโรงเรือน

ครั้งที่	น้ำหนักผักบุ้งในโรงเรือน (กรัม)	น้ำหนักผักบุ้งนอกโรงเรือน (กรัม)
1	2079.37	-
2	2271.11	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.3 แสดงตัวอย่างประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิในช่วง 4 วัน โดยการสุ่มข้อมูลระหว่างวันที่ 8 -11 ของการทดลอง

วันที่	ช่วงเวลา	อุณหภูมิภายนอกโรงเรือน(°C) (เฉลี่ย)	อุณหภูมิภายในโรงเรือน(°C) (เฉลี่ย)	ประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิ(%)
8	9.00 น.	28	27	3.5
	12.00 น.	35	36	-2.8
	16.00 น.	34	35	-0.2
9	9.00 น.	29	27	6.8
	12.00 น.	35	34	2.8
	16.00 น.	33	31	6
10	09.00 น.	27	29	-7.4
	12.00 น.	37	36	2.7
	16.00 น.	35	33	5.7
11	09.00 น.	30	31	-3.3
	12.00 น.	33	32	3
	16.00 น.	40	37	7.5

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงตัวอย่างประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิในช่วง4วัน

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิที่มีค่าเป็น (-) หมายถึง ระบบ Evaporative Cooling ทำให้อุณหภูมิภายในน้อยกว่าอุณหภูมิภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

1. จากผลการทดลองที่จะเห็นได้ว่าการใช้แผ่น Evaporative Cooling Pad นั้น มีผลทำให้ประสิทธิภาพในการควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้ สามารถลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้ 1-3 องศาเซลเซียส 3 ช่วงเวลา คือ ช่วงที่ 1 เวลา 9.00 น. ช่วงที่ 2 เวลา 12.00 น. และช่วงที่ 3 เวลา 16.00 น. ในช่วงเวลา 17 วัน พบว่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนร้อนมาก จึงได้มีการสังเกตพบว่าที่ระบบทำความเย็นมีช่องอากาศที่อากาศสามารถไหลเข้ามา จึงทำการปิดบริเวณช่องที่อากาศไหลเข้า และทำการทดลองใหม่เป็นครั้งที่ 2 หลังจากที่ได้ทำการปิดบริเวณช่องที่อากาศไหลเข้าแล้ว

2. เมื่อเก็บข้อมูลผลผลิตของผักบุ้งภายในโรงเรือน โดยใช้เกณฑ์ความยาวของผักบุ้งที่ 30 ซม. เป็นจำนวน 2 ครั้ง หลังจากปิดบริเวณช่องที่อากาศไหลเข้า คือ วันที่ 27 มกราคม 2554 สามารถชั่งน้ำหนักได้เท่ากับ 2079.37 กรัม และครั้งที่ 2 คือ วันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2554 สามารถชั่งน้ำหนักได้เท่ากับ 2271.11 กรัม ซึ่งเปรียบเทียบผลผลิตของผักบุ้งภายนอกที่ยังไม่สามารถเก็บได้ เนื่องจากยังเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ผักบุ้งที่ปลูกได้ในโรงเรือนเจริญเติบโต และให้ผลผลิตได้เร็วกว่าผักบุ้งที่ปลูกนอกโรงเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ข้อเสนอแนะ

5.1 ข้อเสนอแนะ

5.1.1 ควรให้มีการคิดคำนวณค่าทางเศรษฐศาสตร์ เช่น ความคุ้มค่าในการลงทุนทั้งในระยะสั้น และ ระยะยาว

5.1.2 ควรมีจุดการวัดอุณหภูมิภายในโรงเรือนมากกว่านี้เพื่อให้ได้ผลที่ละเอียดกว่าการทดลองครั้งนี้

5.1.3 ควรมีการเก็บข้อมูลให้ถี่ขึ้นในช่วงเวลาแต่ละวัน

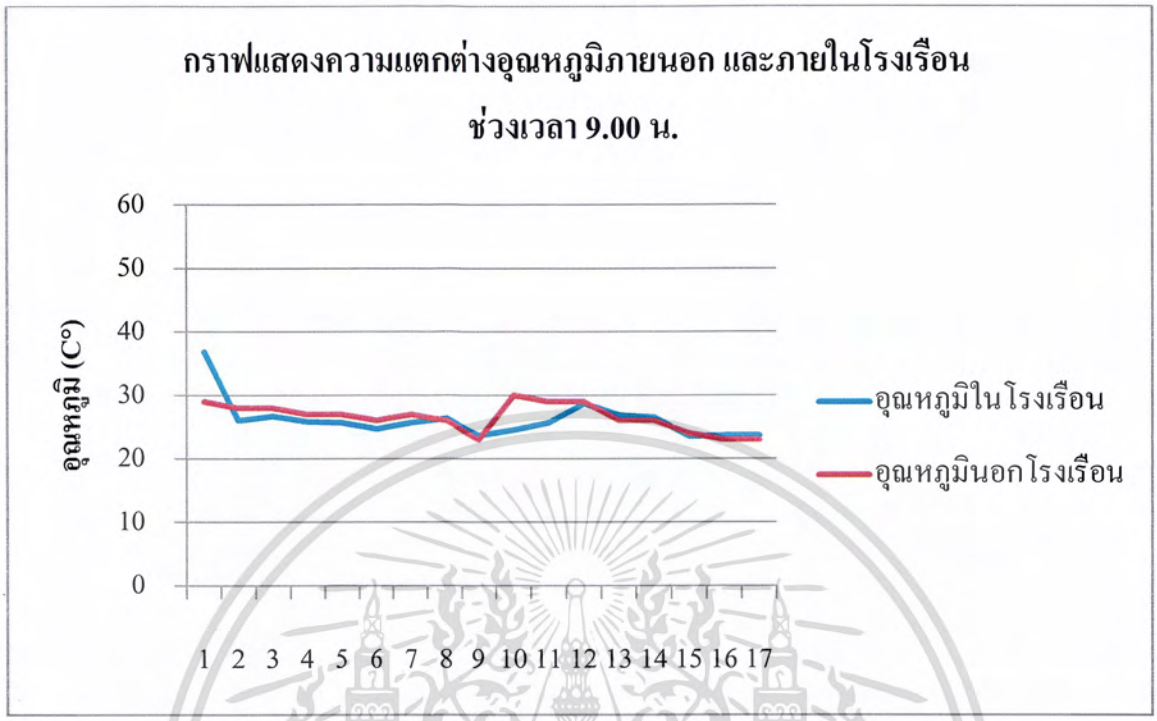
5.1.4 ควรมีการศึกษาและทดลองการติดตั้งพัดลม และ ให้มีสัดส่วนที่เหมาะสม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

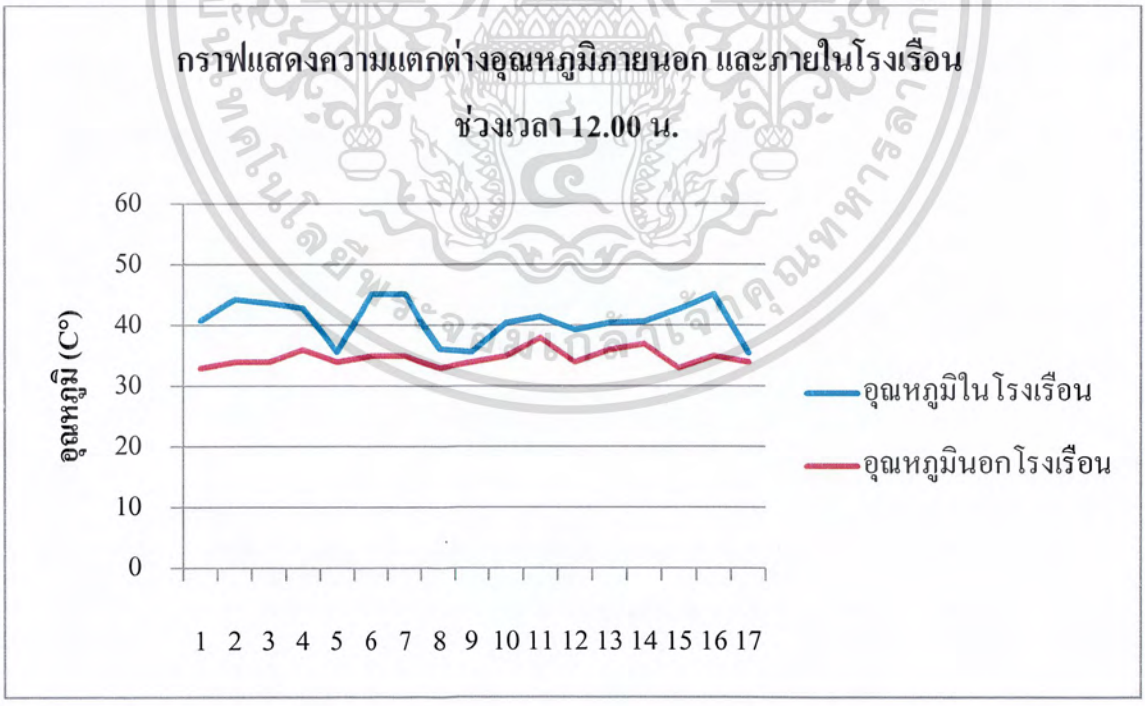
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก (ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

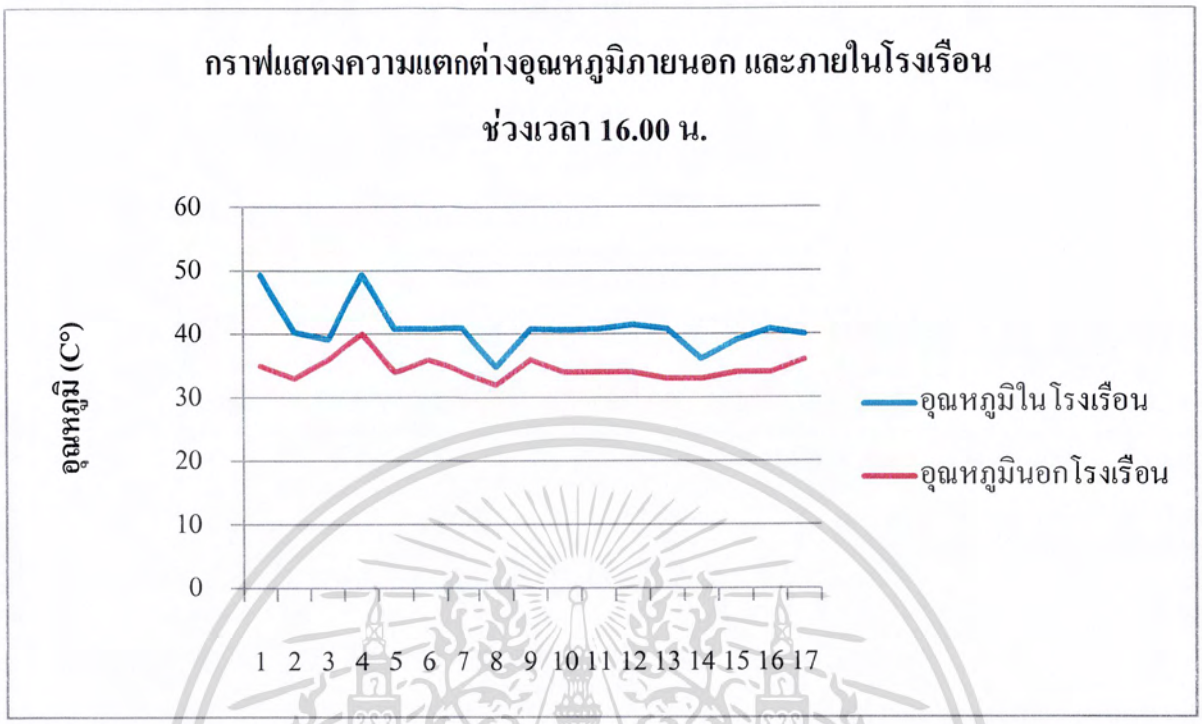


รูปที่ ก.1 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิ ที่เวลา 9.00 น.



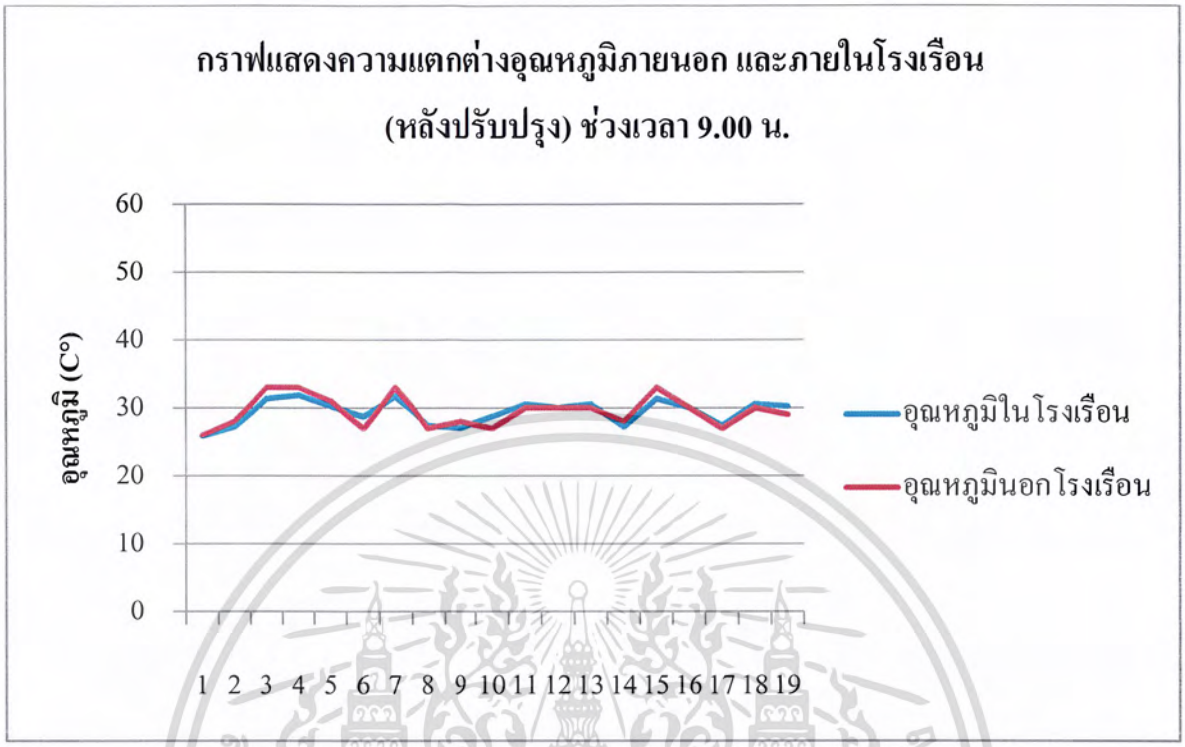
รูปที่ ก.2 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิ ที่เวลา 12.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

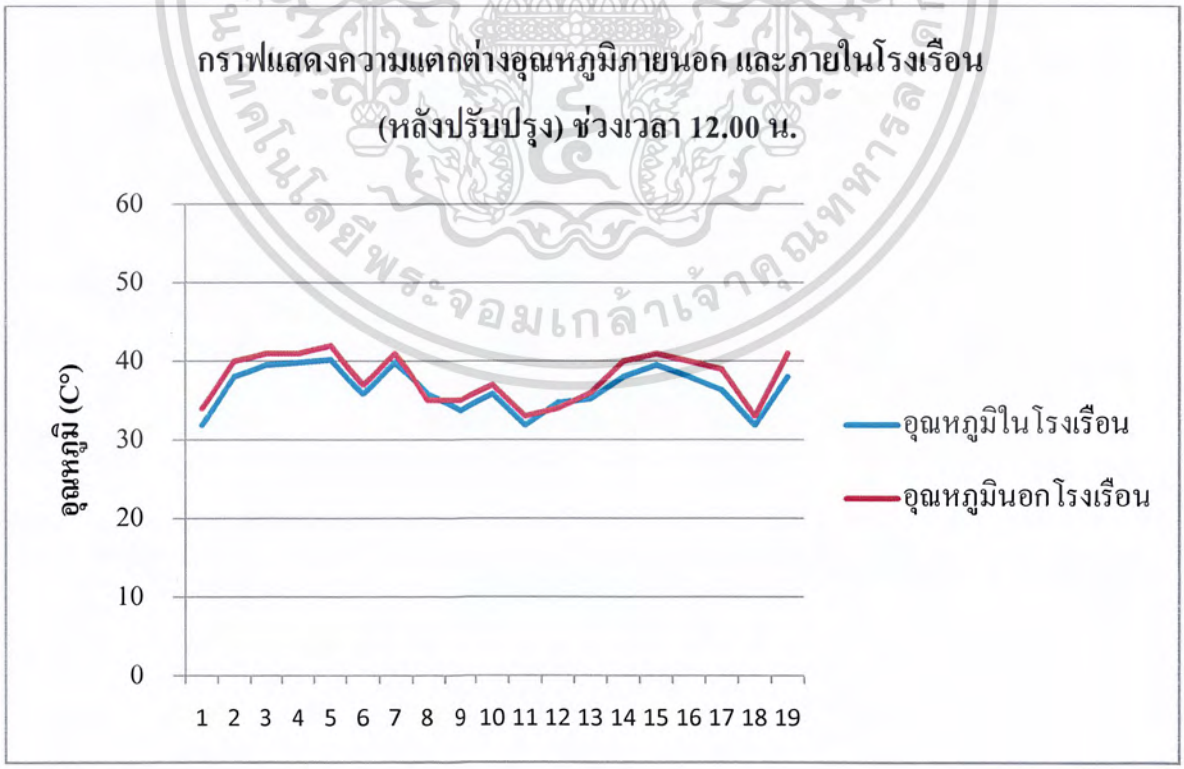


รูปที่ ก.3 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิ ที่เวลา 16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

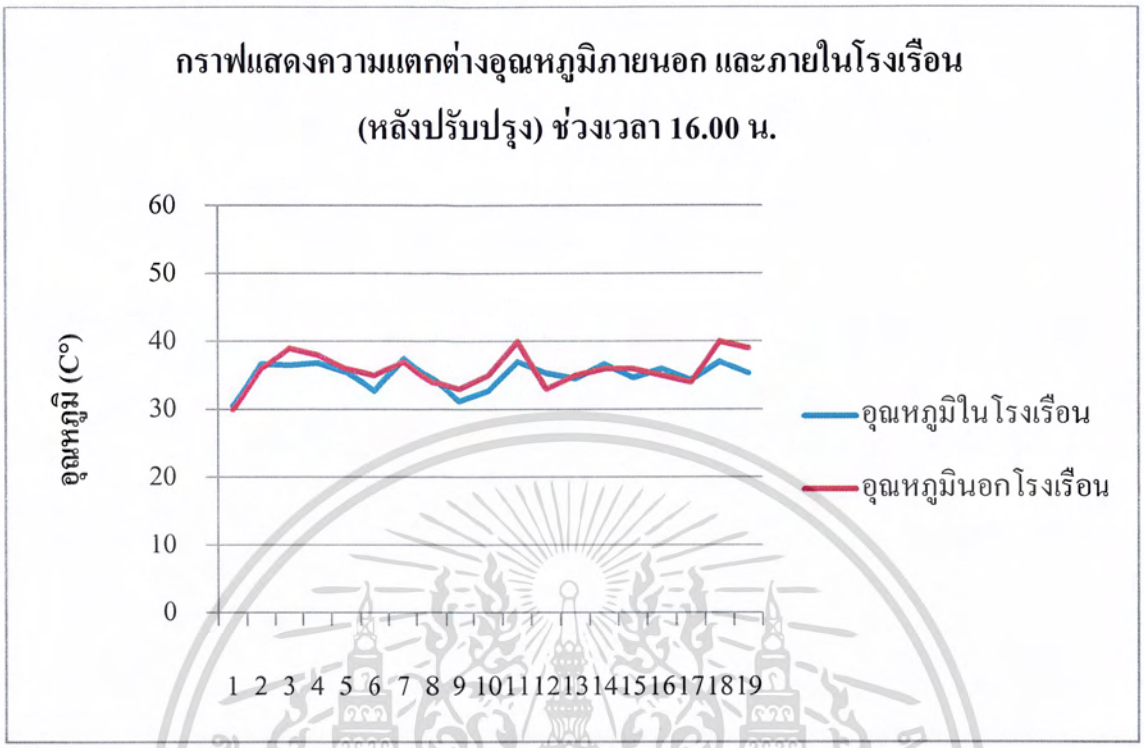


รูปที่ ก.4 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิ ที่เวลา 9.00 น.



รูปที่ ก.5 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิ ที่เวลา 12.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.6 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิ ที่เวลา 16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 บอกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละวัน

วัน/เดือน/ปี	เวลา	อุณหภูมิ/ค่าRH						อุณหภูมิตู้ Control	อุณหภูมิภายนอกโรงเรือน
		จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6		
4 / 1 / 2011	09:00 น.	36/44	37/41	37/39	36/40	37/41	38/40	35	29
	12:00 น.	40/39	41/40	42/41	41/40	40/39	41/40	41	33
	16:00 น.	49/43	50/41	47/45	48/43	51/40	51/42	42	35
5 / 1 / 2011	09:00 น.	27/68	27/76	26/71	25/68	25/70	26/77	26	28
	12:00 น.	43/50	45/47	45/52	44/48	46/50	43/49	46	34
	16:00 น.	38/66	39/74	37/69	44/64	43/60	41/64	43	33
6 / 1 / 2011	09:00 น.	28/64	27/70	26/69	26/67	26/68	27/61	29	28
	12:00 น.	42/52	45/49	45/57	43/52	45/52	42/53	46	34
	16:00 น.	37/49	39/50	39/47	41/55	39/49	40/52	42	36
7 / 1 / 2011	09:00 น.	27/68	27/70	24/76	24/66	26/73	27/72	29	27
	12:00 น.	40/53	45/49	44/60	44/53	42/57	42/58	46	36
	16:00 น.	49/43	50/41	47/45	48/43	51/40	51/42	45	40
8 / 1 / 2011	09:00 น.	26/62	25/67	24/70	26/60	25/71	28/66	28	27
	12:00 น.	37/58	35/74	35/64	36/60	35/64	36/60	34	34
	16:00 น.	41/47	41/53	40/55	41/60	40/53	42/54	38	34
9 / 1 / 2011	09:00 น.	26/58	25/65	24/62	24/54	24/56	25/54	28	26
	12:00 น.	44/42	44/46	41/40	46/50	47/56	49/40	44	35
	16:00 น.	41/41	42/52	39/51	40/53	41/58	42/54	38	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัน/เดือน/ปี	เวลา	อุณหภูมิ/ค่าRH						อุณหภูมิตู้ Control	อุณหภูมิภายนอกโรงเรือน
		จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6		
10 / 1 / 2011	09:00 น.	26/62	25/67	24/70	26/60	25/71	28/66	28	27
	12:00 น.	44/42	44/46	41/40	46/50	47/56	49/40	44	35
	16:00 น.	40/39	41/52	39/61	39/63	44/59	43/44	42	34
11 / 1 / 2011	09:00 น.	26/58	25/65	24/62	24/54	24/56	25/54	28	26
	12:00 น.	37/58	38/64	35/64	36/60	35/61	36/59	34	33
	16:00 น.	35/58	35/64	35/53	35/53	34/58	35/59	33	32
12 / 1 / 2011	09:00 น.	23/65	25/70	24/64	23/58	24/61	23/64	25	23
	12:00 น.	37/58	35/74	35/64	36/60	35/64	36/60	34	34
	16:00 น.	41/41	42/52	39/51	40/53	41/58	42/54	38	36
13 / 1 / 2011	09:00 น.	28/54	26/57	24/64	23/54	23/64	23/43	28	30
	12:00 น.	42/34	40/48	42/43	39/53	40/48	40/43	37	35
	16:00 น.	40/43	41/57	40/54	41/57	42/58	40/55	37	34
14 / 1 / 2011	09:00 น.	27/56	27/54	25/54	24/59	24/50	27/50	28	29
	12:00 น.	45/34	43/48	38/48	40/34	42/44	41/42	42	38
	16:00 น.	41/47	41/53	40/55	41/60	40/53	42/54	38	34
15 / 1 / 2011	09:00 น.	28/43	30/49	27/54	29/64	28/51	30/48	28	29
	12:00 น.	39/34	39/53	40/46	38/54	40/40	40/43	38	34
	16:00 น.	42/49	44/50	41/58	40/59	41/48	41/65	44	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัน/เดือน/ปี	เวลา	อุณหภูมิ/ค่าRH						อุณหภูมิตู้ Control	อุณหภูมิภายนอกโรงเรือน
		จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6		
16 / 1 / 2011	09:00 น.	27/60	28/48	27/60	26/58	26/60	27/58	28	26
	12:00 น.	39/34	42/59	38/44	40/49	43/45	41/49	40	36
	16:00 น.	42/50	43/52	40/58	40/63	40/59	40/53	39	33
17 / 1 / 2011	09:00 น.	26/53	27/59	26/55	25/56	26/54	29/56	28	26
	12:00 น.	40/42	43/53	39/58	40/55	40/53	42/54	41	37
	16:00 น.	35/33	36/59	35/38	36/62	37/33	38/54	37	33
18 / 1 / 2011	09:00 น.	24/55	24/58	23/58	22/59	23/60	25/67	27	24
	12:00 น.	42/44	46/53	45/54	41/44	42/45	40/44	40	33
	16:00 น.	38/65	40/54	38/66	39/63	39/44	40/60	38	34
19 / 1 / 2011	09:00 น.	23/65	25/70	24/64	23/58	24/61	23/64	25	23
	12:00 น.	44/42	44/46	41/40	46/50	47/56	49/40	44	35
	16:00 น.	41/47	41/53	40/55	41/60	40/53	42/54	38	34
20 / 1 / 2011	09:00 น.	23/65	25/70	24/64	23/58	24/61	23/64	25	23
	12:00 น.	36/58	35/74	35/64	36/60	35/64	36/60	34	34
	16:00 น.	40/41	42/52	38/51	40/53	41/58	39/54	39	36
21 / 1 / 2011	09:00 น.	26/67	27/48	25/67	25/67	25/87	27/55	26	26
	12:00 น.	33/56	32/54	32/66	31/67	32/56	31/66	33	34
	16:00 น.	31/56	30/67	30/45	30/54	31/66	31/54	31	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัน/เดือน/ปี	เวลา	อุณหภูมิ/ค่าRH						อุณหภูมิตู้ Control	อุณหภูมิภายนอกโรงเรือน
		จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6		
22 / 1 / 2011	09:00 น.	27/68	27/56	28/45	26/75	27/58	28/58	28	28
	12:00 น.	40/58	37/70	38/65	40/58	38/58	35/62	41	40
	16:00 น.	37/57	37/45	38/57	36/59	36/65	36/58	37	36
23 / 1 / 2011	09:00 น.	33/60	31/67	31/68	33/76	30/69	30/67	34	33
	12:00 น.	40/67	38/67	39/66	40/65	41/87	39/75	39	41
	16:00 น.	38/62	36/56	36/64	35/67	37/56	37/59	37	39
24 / 1 / 2011	09:00 น.	30/54	31/67	32/58	33/54	31/56	34/55	34	33
	12:00 น.	40/54	38/54	39/54	41/54	41/54	40/45	40	41
	16:00 น.	38/54	38/55	38/54	35/45	35/54	37/44	38	38
25 / 1 / 2011	09:00 น.	29/45	29/54	30/59	31/67	31/65	31/55	32	31
	12:00 น.	39/65	39/76	40/76	42/65	40/65	41/54	41	42
	16:00 น.	36/58	35/74	35/64	36/60	35/64	36/60	35	36
26 / 1 / 2011	09:00 น.	29/76	28/45	29/56	29/76	28/45	29/45	28	27
	12:00 น.	35/65	34/65	36/76	37/87	37/56	36/77	38	37
	16:00 น.	34/65	33/56	34/56	32/76	32/55	31/56	35	35
27 / 1 / 2011	09:00 น.	31/54	33/65	32/56	31/54	31/56	32/55	33	33
	12:00 น.	40/54	38/54	39/54	41/54	41/54	40/45	40	41
	16:00 น.	37/54	37/55	38/54	38/45	38/54	37/44	38	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัน/เดือน/ปี	เวลา	อุณหภูมิ/ค่าRH						อุณหภูมิตู้ Control	อุณหภูมิภายนอกโรงเรือน
		จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6		
28 / 1 / 2011	09:00 น.	28/73	28/55	28/45	27/56	27/87	26/86	27	27
	12:00 น.	34/57	36/61	34/61	35/59	34/57	33/60	36	35
	16:00 น.	33/50	35/54	35/59	35/55	33/65	36/58	34	34
29 / 1 / 2011	09:00 น.	27/54	27/59	28/45	27/56	27/65	26/56	28	28
	12:00 น.	33/57	34/67	34/87	35/48	34/67	32/56	35	35
	16:00 น.	32/65	31/55	32/56	32/64	30/67	30/45	33	33
30 / 1 / 2011	09:00 น.	29/76	28/45	29/56	29/76	28/45	29/45	28	27
	12:00 น.	35/65	34/65	36/76	37/87	37/56	36/77	38	37
	16:00 น.	34/65	33/56	34/56	32/76	32/55	31/56	35	35
31 / 1 / 2011	09:00 น.	31/56	30/65	29/66	32/60	29/63	32/65	32	30
	12:00 น.	32/56	31/60	32/63	31/63	32/59	33/64	34	33
	16:00 น.	36/60	35/62	36/62	38/63	38/59	39/54	38	40
1 / 2 / 2011	09:00 น.	30/54	30/59	28/61	31/55	29/60	32/53	31	30
	12:00 น.	35/57	36/61	34/61	36/59	34/57	33/60	36	34
	16:00 น.	33/50	35/54	35/59	35/55	38/65	36/58	34	33
2 / 2 / 2011	09:00 น.	31/56	30/65	29/66	32/60	29/63	32/65	32	30
	12:00 น.	36/57	37/68	36/63	35/60	34/60	33/65	37	36
	16:00 น.	34/59	35/67	35/63	33/64	36/64	34/71	36	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัน/เดือน/ปี	เวลา	อุณหภูมิ/ค่าRH						อุณหภูมิตู้ Control	อุณหภูมิภายนอกโรงเรือน
		จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6		
3 / 2 / 2011	09:00 น.	27/68	27/56	28/45	26/75	27/58	28/58	28	28
	12:00 น.	40/58	37/70	38/65	40/58	38/58	35/62	41	40
	16:00 น.	37/57	37/45	38/57	36/59	36/65	36/58	37	36
4 / 2 / 2011	09:00 น.	33/60	31/70	31/68	33/64	30/59	30/70	34	33
	12:00 น.	40/56	38/70	39/66	40/56	41/59	39/69	39	41
	16:00 น.	35/59	35/67	35/63	33/64	36/64	34/71	35	36
5 / 2 / 2011	09:00 น.	30/54	30/59	28/61	31/55	29/60	32/53	31	30
	12:00 น.	39/68	37/58	37/67	40/58	40/56	35/62	38	40
	16:00 น.	34/59	35/67	35/63	33/64	36/64	34/71	36	35
6 / 2 / 2011	09:00 น.	28/73	28/55	28/45	27/56	27/87	26/86	27	27
	12:00 น.	36/87	35/65	36/67	35/67	38/56	38/56	37	39
	16:00 น.	34/57	34/68	36/63	35/60	34/60	33/65	33	34
7 / 2 / 2011	09:00 น.	31/56	30/65	29/66	32/60	29/63	32/65	32	30
	12:00 น.	32/56	31/60	32/63	31/63	32/59	33/64	34	33
	16:00 น.	36/60	35/62	36/62	38/63	38/59	39/54	38	40
8 / 2 / 2011	09:00 น.	30/59	30/65	30/67	31/65	31/54	29/54	30	29
	12:00 น.	37/43	36/75	38/65	39/45	40/65	38/54	40	41
	16:00 น.	37/54	37/55	38/54	38/45	38/54	37/44	38	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

จินดานุช เจียมวิจิตรกุล , ต่อศักดิ์ เสือสา , เมธี เทพพักทัน.2550. “การพัฒนาโรงเรือนสาธิตระบบทำความเย็นด้วยการระเหยละอองหมอก” . ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร,คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วัฒนา หนูดำ ,สุรินทร์ ชาติวิเชียร ,”การพัฒนาโรงเรือนสาธิตระบบทำความเย็นแบบระเหย”, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2548

ทศพร จันทร์โสภา,อัจฉรา ดาวช่วย,อำนาจ ชาทอง,”โรงเรือนสาธิตระบบทำความเย็นแบบระเหย”, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2547

ศิรศักดิ์ ยงสืบชาติ ,สัญญา ใจเที่ยง ,อำนาจ ภาระจ่า,”ระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบปิด”, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546

แทนเทพ เลื่องสุนทร ,สุธน กอประเสริฐ,”การควบคุมการจ่ายน้ำภายในโรงเรือนกล้วยไม้”, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546

วันชัย คุปวานิชพงษ์,นาวี จิระชีวี,วิโรจน์ โหราศาสตร์,วุฒิพล จันทร์สระคู,กมล อยู่ทอง ,กาญจนา กิระศักดิ์,จงวัฒนา พุ่มหิรัญ,”วิจัยและพัฒนาโรงเรือนและระบบการให้น้ำหน้าวัว”, สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม, 2548

http://webhost.wu.ac.th/msomsak/soilless/Chapter07/Greenhouse.htm

http://online.benchama.ac.th/science/learning/sci/pra_website2/pan11.htm

http://www.eng.cmu.ac.th/homepat/newweb/thesis/files/10034.pdf

http://www.worldpump-wpm.com/info_service/Pump%20Selection.ppt#260,6,ภาพนิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้