สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาโรงเรือนสาธิตระบบทำความเย็นด้วยการระเหยละอองหมอก

Development of Demonstration Greenhouse with Mist Evaporative Cooling System

นางสาวจินตานุช เจียมวิจิตรกุล
นายต่อศักดิ์ เสือสา
นายเมธี เทพพักทัน

วพ.
จ 4731
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 82977
วัน,เดือน,ปี 30 ก.ค. 2551

b 11958265
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาโรงเรือนสาธิตระบบทำความเย็นด้วยการระเหยละอองหมอก

Development of Demonstration Greenhouse with Mist Evaporative Cooling System

นางสาวจินดานุช เจียมวิจิตรกุล

นายต่อศักดิ์ เสือฮา

นายเมธี เทพพักทัน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

วิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาโรงเรือนสาธิตระบบทำความเย็นด้วยการระเหยละอองหมอก

Development of Demonstration Greenhouse with Mist Evaporative Cooling System

โดย

นางสาวจินดานุช เจียมวิจิตรกุล

นายต่อศักดิ์ เสือสา

นายเมธี เทพพักทัน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

วิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาโรงเรือนสาธิตระบบทำความเย็นด้วยการระเหยละอองหมอก

Development of Demonstration Greenhouse with Mist Evaporative Cooling System

ผู้จัดทำ

1. นางสาวจินดานุช	เจียมวิจิตรกุล	รหัสประจำตัว	47010103
2. นายต่อศักดิ์	เสือสา	รหัสประจำตัว	47010261
3. นายเมธี	เทพพักทัน	รหัสประจำตัว	47010598

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.ทรงวุฒิ แสงจันทร์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.ณัตวิภา เจียระไนวชิระ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.วินัย กล้าจริง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาโรงเรือนสาธิตระบบทำความเย็นด้วยการระเหยละอองหมอก

นางสาวจินดานุช เจียมวิจิตรกุล
นายต่อศักดิ์ เสือสา
นายเมธี เทพพักทัน
ผศ.ดร.ทรงวุฒิ แสงจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.ดร.ณัตวิภา เจียระไนวชิระ อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.ดร.วินัย กล้าจริง อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษา และ พัฒนา การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นระบบทำความเย็นด้วยการระเหยละอองหมอก โดยการทดลองหาประสิทธิภาพของโรงเรือนสาธิตระบบทำความเย็นแบบระเหยละอองหมอกคลุมด้วยพลาสติก ขนาด 3x6x3 เมตร โดยใช้หัวพ่นหมอกในการทดลองเพื่อใช้เป็นตัวกลางในการเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำและอากาศ ได้เก็บผลการทดลองที่เวลา 9.00-10.00 น. , 12.00-13.00 น. และ 15.00-16.00 น. โดยใช้น้ำที่ผ่านการทำความเย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้สูงสุดประมาณ 6 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 80-100% จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อมภายนอก สภาพอากาศ ช่วงเวลา และประสิทธิภาพของหัวจ่ายน้ำ สังเกตได้จากอุณหภูมิภายในโรงเรือนเวลากลางวัน และ เย็น อุณหภูมิภายในโรงเรือนอาจสูงได้ถึง 42 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิน้ำที่ใช้ในการทดลองนั้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Development of Demonstration Greenhouse with Mist Evaporative Cooling System

Jindanuch Jeamwijitkul
Torsak Suasa
Methee Theppukthun
Assist.Prof.Dr.Songvoot Sangchan Advisor
Assist.Prof.Dr.Nutvipa Jayranaiwachira Advisor
Assist.Prof.Dr.Vinai Klajring Advisor

Abstract

This thesis aimed to study and develop the controlling of temperature and moisture of mist evaporative cooling system. To find out the efficiency of greenhouse 3x6x3 m. which cover by plastic. By using the mist as the media for heat exchanger between water and air, then get the results of the experiment at 9:00-10:00 am, 12:00-13:00 and 15:00-16:00 pm. By using cooling water 5 c , it found that the maximum temperature in greenhouse decreased 6 c and it has relative humidity 80-100%. From the experiment, it shown that temperature inside the greenhouse will change by environment, climate, time, and the efficiency of sprayer. The temperature at mid day and afternoon might increase up to 42 c, and the temperature of cooling water will have effect on the changing of relative humidity in greenhouse.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาได้แก่ ผศ.ดร. ทรงวุฒิ แสงจันทร์ ผศ.ดร. ณัตวิภา เจียระไนวชิระ และผศ.ดร.วินัย กล้าจริง ที่ให้คำปรึกษา และแนะนำในการทำโครงงาน และแก้ไขรูปเล่มปริญญานิพนธ์ ขอขอบพระคุณอาจารย์ผู้สอนทุกท่านที่ให้ความรู้ความรัก และอบรมสั่งสอนจนกระทั่งจบการศึกษา ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ และนายช่างเทคนิคของภาควิชาที่ให้คำแนะนำ และช่วยเหลือ ตลอดจนเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความเป็นมิตร และกำลังใจในระหว่างที่ศึกษา

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาผู้ให้กำเนิด ผู้ให้ความรัก ความห่วงใย ตลอดจนกำลังใจจนกระทั่งจบการศึกษา

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 โรงเรือนระบบการทำความเย็นแบบระเหย	3
2.2 ส่วนประกอบสำคัญของโรงเรือนระบบทำความเย็นแบบระเหย	10
2.2.1 พัดลมดูดอากาศ	11
2.2.2 หัวพ่นหมอก	12
2.2.3 ผ้าม่านและวัสดุพรางแสง	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.2.4 ปั๊มน้ำและถังพักน้ำ	14
2.2.5 ชุดทำน้ำเย็น	17
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างโรงเรือนสาธิตระบบทำความเย็นแบบระเหย	19
3.1 การออกแบบและการสร้าง	19
3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างโรงเรือน	19
3.2 รายละเอียด	19
3.2.1 โครงสร้างของโรงเรือน	19
3.2.2 ลักษณะของโรงเรือนภายใน	20
3.2.3 ช่องเปิดของโรงเรือน	20
3.2.4 ประตูทางเข้าออกของโรงเรือน	21
3.2.5 ฉากด้านล่างของช่องเปิด	21
3.2.6 การออกแบบพัดลม และ ช่องเปิด	21
3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	24
3.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	26
3.4.1 การพัฒนาโรงเรือนสาธิต	26
3.4.2 การสร้างระบบทำน้ำเย็น	28
บทที่ 4ผลการทดลอง และ วิเคราะห์ผล	32
4.1 วิธีการทดลอง และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.2 ผลการทดลอง	34
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ	61
5.1 สรุปผล	61
5.2 ข้อเสนอแนะ	62
ภาคผนวก ก	63
ภาคผนวก ข.	73
ภาคผนวก ค.	75
ภาคผนวก ง.	77
เอกสารอ้างอิง	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

ภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 ภาพแสดงระบบทำความเย็นด้วยการระเหย	4
รูปที่ 2.2โรงเรือนหลังคาหน้าจั่วแบบสมมาตร (Even span หรือ single span)	6
รูปที่ 2.3 โรงเรือนหลังคาหน้าจั่วสองชั้น	6
รูปที่ 2.4โรงเรือนหลังคาหน้าจั่วแบบไม่สมมาตร (Uneven span)	7
รูปที่ 2.5โรงเรือนหลังคาครึ่งวงกลม (Quonset)	7
รูปที่ 2.6โรงเรือนหลังคาครึ่งวงกลมเหลื่อม	8
รูปที่ 2.7 โรงเรือนหลังคาครึ่งทรงกลม (Dome)	8
รูปที่ 2.8 โรงเรือนหลังคาต่อเนื่อง (Ridge and furrow)	9
รูปที่ 2.9โรงเรือนขนาดเล็ก	9
รูปที่ 2.10 พัดลมระบายอากาศของโรงเรือน	12
รูปที่ 2.11 ลักษณะการปล่อยน้ำของหัวจ่ายน้ำแบบต่าง	13
รูปที่ 2.12 หัวพ่นหมอกของโรงเรือน	13
รูปที่ 2.13โรงเรือนกระจก	14
รูปที่ 2.14โรงเรือนกระเบื้องใส	15
รูปที่ 2.15โรงเรือนผ้าใบพลาสติก	16
รูปที่ 2.16 ปั๊มน้ำ	17
รูปที่ 2.17 ชุดทำน้ำเย็น	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

ภาพ	หน้า
รูปที่ 3.1โรงเรือนทำความเย็นด้วยการระเหยละอองหมอก	19
รูปที่ 3.2 ช่องเปิดของโรงเรือนที่มีหัวพ่นหมอกติดอยู่ด้านบน	20
รูปที่ 3.3 หัวพ่นหมอกความยาว 90 เซนติเมตรด้านบนช่องเปิด	20
รูปที่ 3.4 ประตูโรงเรือน	21
รูปที่ 3.5 ถาดด้านล่างของช่องเปิด	21
รูปที่ 3.6 เครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger)	24
รูปที่ 3.7 เทอร์โมคับเปิ้ล ชนิด K (Thermocouple type K)	24
รูปที่ 3.8 เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้งกระเปาะเปียก	25
รูปที่ 3.9 อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบพัดลม (Inverter)	25
รูปที่ 3.10 โรงเรือนสาธิตแบบหลังคาหน้าจั่ว 2 ชั้น	26
รูปที่ 3.11 โครงช่องเปิดท้ายโรงเรือน	26
รูปที่ 3.12 หัวพ่นหมอกแบบ Fogger	27
รูปที่ 3.13 ท่อปล่อยน้ำ	27
รูปที่ 3.14 ท่อปล่อยน้ำแบบสปริงเกอร์	28
รูปที่ 3.15 ชุดทำน้ำเย็น	28
รูปที่ 3.16 Evaporator	29
รูปที่ 3.17 Condensing air	29
รูปที่ 3.18 Compressor	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

ภาพ	หน้า
รูปที่ 3.19 Capillary tube ของชุดทำน้ำเย็น	30
รูปที่ 3.20 ระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำ	31
รูปที่ 4.1 ลักษณะการติดตั้งหัวพ่นหมอก	32
รูปที่ 4.2 ลักษณะการติดตั้งระบบทำความเย็นกับเครื่องสูบน้ำ	32
รูปที่ 4.3 แสดงจุดวัดอุณหภูมิโดยสายเทอร์โมคับเปิ้ลภายในโรงเรือน	33
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น.	34
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น.	34
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในของโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำ ที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น.	35
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น.	35
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น.	36
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในของโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำ ที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น.	36
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น.	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

ภาพ หน้า

รูปที่ 4.11 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น. 37

รูปที่ 4.12 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในของโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำ ที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น. 38

รูปที่ 4.13 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น. 38

รูปที่ 4.14 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น. 39

รูปที่ 4.15 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างภายนอกและภายในของโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำ ที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น. 39

รูปที่ 4.16 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น. 40

รูปที่ 4.17 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น. 40

รูปที่ 4.18 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในของโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำ ที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น. 41

รูปที่ 4.19 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น. 41

รูปที่ 4.20 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น. 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

ภาพ หน้า

รูปที่ 4.21 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในของโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำ ที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น. 42

รูปที่ 4.22 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น. 43

รูปที่ 4.23 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น. 43

รูปที่ 4.24 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในของโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำ ที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น. 44

รูปที่ 4.25 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น. 44

รูปที่ 4.26 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น. 45

รูปที่ 4.27 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในของโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำ ที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น. 45

รูปที่ 4.28 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น. 46

รูปที่ 4.29 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 46

รูปที่ 4.30 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในของโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำ ที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น. 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

ภาพ หน้า

รูปที่ 4.31 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น. 47

รูปที่ 4.32 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น. 48

รูปที่ 4.33 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในของโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำ ที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น. 48

รูปที่ 4.34 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น. 49

รูปที่ 4.35 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น. 49

รูปที่ 4.36 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในของโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำ ที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น. 50

รูปที่ 4.37 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น. 50

รูปที่ 4.38 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น. 51

รูปที่ 4.39 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในของโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำ ที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น. 51

รูปที่ 4.40 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้ท่อปล่อยน้ำเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น. 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

ภาพ หน้า

รูปที่ 4.41 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้ท่อปล่อยน้ำเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น. 52

รูปที่ 4.42 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในของโรงเรือน โดยใช้ท่อปล่อยน้ำเป็นตัวปล่อยน้ำ ที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น. 53

รูปที่ 4.43 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้ท่อปล่อยน้ำเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 53

รูปที่ 4.44 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้ท่อปล่อยน้ำเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น. 54

รูปที่ 4.45 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในของโรงเรือน โดยใช้ท่อปล่อยน้ำเป็นตัวปล่อยน้ำ ที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น. 54

รูปที่ 4.46 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้ท่อปล่อยน้ำเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น. 55

รูปที่ 4.47 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้ท่อปล่อยน้ำเป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น. 55

รูปที่ 4.48 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในของโรงเรือน โดยใช้ท่อปล่อยน้ำเป็นตัวปล่อยน้ำ ที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น. 56

รูปที่ 4.49 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้สปริงเกอร์เป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 56

รูปที่ 4.50 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้สปริงเกอร์เป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น. 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

ภาพ หน้า

รูปที่ 4.51 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในของโรงเรือน โดยใช้สปริงเกอร์เป็นตัวปล่อยน้ำ ที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 57

รูปที่ 4.52 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้สปริงเกอร์เป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น. 58

รูปที่ 4.53 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้สปริงเกอร์เป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น. 58

รูปที่ 4.54 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในของโรงเรือน โดยใช้สปริงเกอร์เป็นตัวปล่อยน้ำ ที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น. 59

รูปที่ 4.55 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้สปริงเกอร์เป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น. 59

รูปที่ 4.56 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้สปริงเกอร์เป็นตัวปล่อยน้ำที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น. 60

รูปที่ 4.57 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในของโรงเรือน โดยใช้สปริงเกอร์เป็นตัวปล่อยน้ำ ที่น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น. 60

รูปที่ ข.1 แสดงคู่มือการใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิน้ำ 74

รูปที่ ค.1 แสดงอุณหภูมิ ที่ระดับช่องเปิดจากการคำนวณของโปรแกรม Airpak 2.0 ที่อุณหภูมิภายนอก 29 องศาเซลเซียส 76

รูปที่ ค.2 แสดงอุณหภูมิ ที่ระดับช่องเปิดจากการคำนวณของโปรแกรม Airpak 2.0 ที่อุณหภูมิภายนอก 36 องศาเซลเซียส 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

ภาพ หน้า

รูปที่ ค.3 แสดงอุณหภูมิ ที่ระดับช่องเปิดจากการคำนวณของโปรแกรม Airpak 2.0 ที่อุณหภูมิภายนอก 37 องศาเซลเซียส 76

รูปที่ ง.1 แผนภูมิอากาศสำหรับระบบทำความเย็นแบบระเหย(9.00-10.00 น.) 78

รูปที่ ง.2 แผนภูมิอากาศสำหรับระบบทำความเย็นแบบระเหย(12.00-13.00 น.) 79

รูปที่ ง.3 แผนภูมิอากาศสำหรับระบบทำความเย็นแบบระเหย(15.00-16.00 น.) 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 3.1 ประสิทธิภาพของพัดลมขนาดใบพัด 24 นิ้ว	23
ตารางที่ ก.1 ผลการทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะน้ำที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 9.00-10.00 น.วัดที่ระดับช่องเปิด	64
ตารางที่ ก.2 ผลการทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 12.00-13.00 น. วัดที่ระดับช่องเปิด	64
ตารางที่ ก.3 ผลการทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 15.00-16.00 น. วัดที่ระดับช่องเปิด	65
ตารางที่ ก.4 ผลการทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 9.00-10.00 น. วัดที่ระดับช่องเปิด	65
ตารางที่ ก.5 ผลการทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 12.00-13.00 น. วัดที่ระดับช่องเปิด	66
ตารางที่ ก.6 ผลการทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 15.00-16.00 น. วัดที่ระดับช่องเปิด	66
ตารางที่ ก.7 ผลการทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 9.00-10.00 น. วัดที่ระดับพื้นดิน	67
ตารางที่ ก.8 ผลการทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 12.00-13.00 น. วัดที่ระดับพื้นดิน	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง หน้า

ตารางที่ ก.9 ผลการทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ
5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 15.00-16.00 น. วัดที่ระดับพื้นดิน 68

ตารางที่ ก.10 ผลการทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ
5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 9.00-10.00 น. วัดที่ระดับหลังคาจั่ว 68

ตารางที่ ก.11 ผลการทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ
5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 12.00-13.00 น. วัดที่ระดับหลังคาจั่ว 69

ตารางที่ ก.12 ผลการทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ
5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 15.00-16.00 น. วัดที่ระดับหลังคาจั่ว 69

ตารางที่ ก.13 ผลการทดลองโดยใช้ท่อปล่อยน้ำเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ
5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 9.00-10.00 น. วัดที่ระดับช่องเปิด 70

ตารางที่ ก.14 ผลการทดลองโดยใช้ท่อปล่อยน้ำเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ
5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 12.00-13.00 น. วัดที่ระดับช่องเปิด 70

ตารางที่ ก.15 ผลการทดลองโดยใช้ท่อปล่อยน้ำเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ
5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 15.00-16.00 น. วัดที่ระดับช่องเปิด 71

ตารางที่ ก.16 ผลการทดลองโดยใช้สปริงเกอร์เป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ
5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 9.00-10.00 น. วัดที่ระดับช่องเปิด 71

ตารางที่ ก.17 ผลการทดลองโดยใช้สปริงเกอร์เป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ
5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 12.00-13.00 น. วัดที่ระดับช่องเปิด 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง หน้า

ตารางที่ ก.18 ผลการทดลองโดยใช้สปริงเกอร์เป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ

5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 15.00-16.00 น. วัดที่ระดับช่องเปิด 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 ที่มาของโครงการ

การเพาะปลูกพืชนั้น เกษตรกรย่อมมีความต้องการที่จะได้ผลตอบแทนจากการเพาะปลูกในรูปของผลผลิตเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการที่จะผลิตผลผลิตให้ได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าแล้วนั้นก็จะต้องมีการดูแลรักษาเป็นอย่างดีให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชชนิดนั้นๆ

สภาพอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลอย่างมากต่อการเจริญเติบโตของพืช เพราะพืชต่างชนิดกันย่อมต้องมีความต้องการที่แตกต่างกัน และ ในปัจจุบันการปลูกพืชภายในโรงเรือนเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายโดยมากมักมีจุดประสงค์ในการป้องกันการรุกรานของแมลงศัตรูพืช การป้องกันรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่มีมากเกินไป หรือเพื่อใช้ในการปลูกพืชที่ต้องการการดูแลรักษาและควบคุมปัจจัยต่างๆทั้ง อุณหภูมิและความชื้นซึ่งมีผลกระทบอย่างมากกับการปลูกพืช ดังนั้นการปลูกพืชภายในโรงเรือนจึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการศึกษาเพื่อทดสอบประสิทธิภาพ และ ปัจจัยในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เพื่อเป็นอีกแนวทางในการเพิ่มผลผลิต และพัฒนาคุณภาพผลผลิตต่อไป

สำหรับโครงงานนี้เป็นการออกแบบ และสร้างโรงเรือนทำความเย็น โดยการใช้ระบบระเหยละอองหมอก ซึ่งผู้ใช้สามารถควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้โดยที่ไม่ต้องกังวลว่าพืชจะได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิและความชื้นที่ไม่เหมาะสม ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการที่พืชเจริญเติบโตเร็วให้ผลผลิตสูง และ ผลผลิตที่ได้รับมีคุณภาพสูงขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพระบบควบคุมอุณหภูมิ และ ความชื้นโรงเรือนสาธิต

1.2.2 ออกแบบ และ สร้างโรงเรือนระบบทำความเย็นแบบระเหยละอองหมอก

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษาหาข้อมูลการทำงานของโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิ และ ความชื้น ด้วยละออง หมอก

1.3.2 ออกแบบ และ สร้างโรงเรือนระบบทำความเย็นด้วยการระเหยละอองหมอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.3 ทดสอบและหาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของโรงเรือนสาธิตได้แก่ การควบคุมอุณหภูมิ และ ความชื้น

1.3.4 เก็บข้อมูลการทดสอบ ประเมินผลประสิทธิภาพของโรงเรือนสาธิต

1.3.5 วิเคราะห์ข้อมูล และ สรุปผลการทดสอบ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 การออกแบบและสร้างโรงเรือน

1.4.2 การออกแบบระบบทำความเย็นด้วยการระเหยละอองหมอก

1.4.3 ทดสอบและหาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของโรงเรือนสาธิต

1.4.4 เก็บข้อมูลการทดสอบ ประเมินผลประสิทธิภาพของโรงเรือนสาธิต

1.4.5 วิเคราะห์ข้อมูล และ สรุปผลการทดสอบ

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เพื่อให้ได้โรงเรือนสาธิตที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ และ ความชื้น ด้วยเครื่องพ่นหมอก เป็นชุดสาธิตในการศึกษาระบบเพื่อใช้ในการเกษตร

1.5.2 เป็นแนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพของโรงเรือนระบบทำความเย็นแบบระเหยละอองหมอก

1.5.3 โรงเรือนสามารถนำไปใช้ในการศึกษาและพัฒนาเพื่อใช้กับพืชชนิดต่างๆได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี และ หลักการ

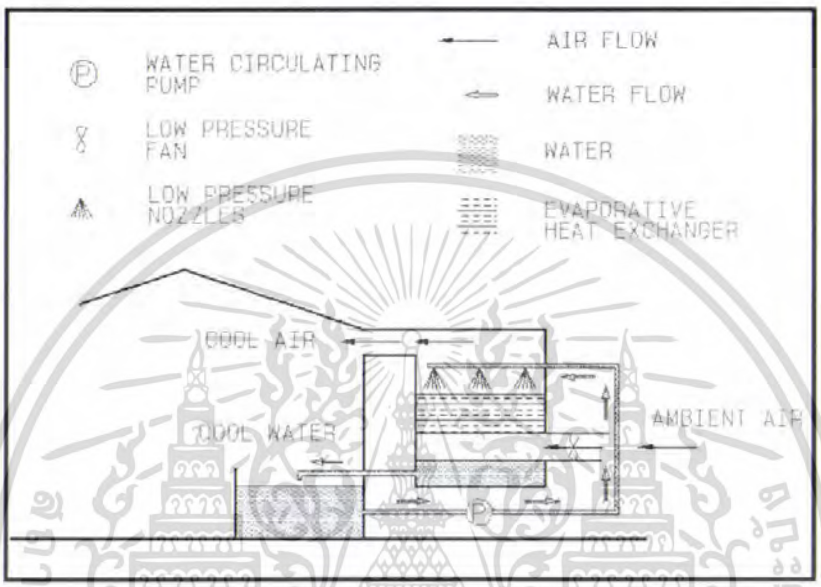
ระบบโรงเรือนทำความเย็นแบบระเหยนั้นอาศัยหลักการในการทำความเย็นโดยการระเหยของละอองน้ำในอากาศ โรงเรือนทำความเย็นแบบระเหยนั้นอาจทำได้หลายวิธี เช่น วิธีพ่นละอองน้ำฝอยโดยพ่นไปยังกลุ่มสัตว์เลี้ยง การใช้ละอองหมอก วิธีการทำความเย็นแบบระเหยโดยผ่านแผ่นซับน้ำ โดยมีจุดประสงค์เดียวกันคือเพื่อควบคุมอุณหภูมิ และ ความชื้นภายในโรงเรือนให้เหมาะสมกับความต้องการ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ และลดการสูญเสียอันเนื่องจากอุณหภูมิและ ความชื้น และยังเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตอีกวิธีหนึ่งเช่นกัน

2.1 โรงเรือนระบบการทำความเย็นแบบระเหย

การทำความเย็นด้วยการระเหยนั้นคือกระบวนการในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิด้วยการระเหยของน้ำไปเป็นละอองน้ำ และในการระเหยนั้นพลังงานที่สูญเสียไปของอากาศจะทำให้เกิดการลดลงของอุณหภูมิ อุณหภูมิ 2 ชนิดที่มีความสำคัญเมื่อใช้ระบบทำความเย็นด้วยการระเหย คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง และ อุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิกระเปาะแห้ง คือ อุณหภูมิที่เรารู้จักกันว่าเป็นอุณหภูมิของอากาศ เป็นอุณหภูมิที่สามารถวัดได้ด้วยเทอร์โมมิเตอร์ธรรมดา อุณหภูมิกระเปาะเปียก คือ อุณหภูมิที่ต่ำที่สุดที่สามารถวัดได้โดยการระเหยของน้ำเท่านั้น เป็นอุณหภูมิที่คนเรารู้สึกถึงเมื่อผิวหนังเปียก ไม่เหมือนกับอุณหภูมิกระเปาะแห้ง อุณหภูมิกระเปาะเปียกนั้นเป็นการแสดงถึงค่าความชื้นในอากาศ อุณหภูมิกระเปาะแห้งนั้นสามารถวัดได้โดยการใช้ไซโครมิเตอร์ ไซโครมิเตอร์กระเปาะเปียกประกอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์ 2 อันที่วัดพร้อมๆกันในสถานที่เดียวกัน โดยที่เทอร์โมมิเตอร์อันหนึ่งจะถูกหุ้มด้วยใยผ้าเปียก เมื่อน้ำที่ผ้าเปียกระเหยนั่นจะทำให้อุณหภูมิลดต่ำลงเป็นอุณหภูมิกระเปาะเปียกที่เทอร์โมมิเตอร์อีกอันหนึ่งนั้นวัดอุณหภูมิโดยการสัมผัสอากาศที่จุดนั้นโดยตรงได้เป็นอุณหภูมิกระเปาะแห้ง ค่าที่ได้จากการวัดอุณหภูมิทั้งสองชนิด คือ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งเป็นประโยชน์มากสำหรับระบบการทำความเย็นด้วยการระเหย เนื่องจากเป็นค่าที่แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนถึงอุณหภูมิของอากาศที่ถูกทำให้เย็นด้วยการทำความเย็นด้วยการระเหยอย่างเดียว ในระบบการทำความเย็นแบบระเหยนั้นหลักสำคัญคือการที่ละอองน้ำสัมผัสกับอากาศที่มีอุณหภูมิกระเปาะเปียกน้อยกว่าละอองน้ำนั้น ประสิทธิภาพของการทำความเย็นด้วยการระเหยอาจขึ้นอยู่กับระดับความชื้นของอากาศ ยิ่งอากาศมีความแห้งมาเท่าใดก็ยิ่งแสดงให้เห็นว่าระบบการทำความเย็นนั้นมีประสิทธิภาพดีมากเท่านั้น หากไอน้ำกระจายไปเป็นบริเวณกว้าง จะทำให้ประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิจะมากขึ้น เนื่องจากพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนความร้อนมีมากขึ้น ละอองน้ำเย็นที่อยู่ในอากาศนั้นจะเกิดการแลกเปลี่ยน ความร้อนกับอากาศรอบๆทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลงเนื่องจากน้ำเย็นที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนมีอุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่ามากทำให้อากาศที่แลกเปลี่ยนความร้อนด้วยมีอุณหภูมิต่ำลงมากขึ้นด้วยในขณะที่น้ำเย็นและอากาศเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกัน ละอองน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นจะลอยขึ้นสู่ด้านบนตามหลักทางทฤษฎีที่ความร้อนจะลอยตัวขึ้นสู่ที่สูงเสมอในขณะที่อากาศที่เย็นลงจะถูกทำให้หมุนเวียนอยู่ภายในด้วยพัดลมดูดอากาศที่จะดูดอากาศร้อนออกนอกโรงเรือนในขณะเดียวกันก็จะเป็นการดูดให้อากาศภายนอกไหลเข้ามาทางช่องเปิดและเริ่มต้นระบบทำความเย็นต่อไป



รูปที่ 2.1 ภาพแสดงระบบทำความเย็นด้วยการระเหย

โรงเรือนสำหรับปลูกพืชมีหลายรูปแบบ การเลือกหรือการออกแบบออกแบบโรงเรือนที่เหมาะสมต่อความต้องการ จำเป็นต้องพิจารณาจากปัจจัยหลายอย่างของพื้นที่ก่อสร้างโรงเรือนประกอบกัน ได้แก่

- **ลักษณะภูมิอากาศ** เช่น อากาศร้อนในบางฤดูและหนาวมากในบางฤดู ฝนตกหนักในบางฤดู อากาศแห้งในบางฤดู และลมแรงในบางฤดู เป็นต้น
- **ลักษณะภูมิประเทศ** เช่น พื้นที่ก่อสร้างเป็นที่ลาดชัน หรือพื้นที่ก่อสร้างเป็นที่ลุ่มน้ำขังในบางฤดู เป็นต้น
- **ระบบปลูกที่เลือกใช้** การติดตั้งอุปกรณ์ของระบบปลูกแต่ละระบบแตกต่างกัน จึงต้องออกแบบรายละเอียดภายในโรงเรือนที่แตกต่างกัน ระบบปลูกที่ต้องการการหมุนเวียนสารละลาย อาจต้องสร้างหลุมในโรงเรือนเพื่อวางถัง
- **ชนิดของพืชที่ต้องการปลูก** พืชจำพวก แตงและมะเขือเทศ จำเป็นต้องออกแบบให้มีเครื่องค้ำจุนลำต้น ในขณะที่ผักไม่จำเป็นต้องมี โรงเรือนสำหรับปลูกกล้วยไม้และหน้าวัวจำเป็นต้องมีการพรางแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

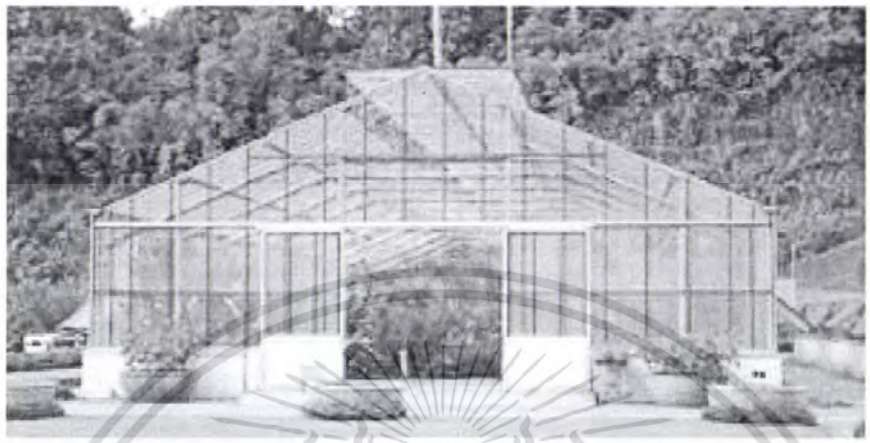
- **ปริมาณการผลิต** และความแปรปรวนในรอบปี ราคาพืชส่วนใหญ่แปรปรวนตามปัจจัยด้านการตลาด การผลิตจึงอาจจำเป็นต้องหมุนเวียนปลูกพืชหลายชนิดสลับกัน เพื่อเลือกพืชราคาเหมาะสมในฤดูนั้นๆ โรงเรือนจึงจำเป็นต้องออกแบบให้เหมาะสมกับการปลูกพืชหลายชนิด
- **การระบาดของศัตรูพืช** พื้นที่ซึ่งมีการระบาดของศัตรูพืชรุนแรง จำเป็นต้องเข้มงวดในการป้องกัน หรือสลับไปปลูกพืชชนิดอื่นในฤดูที่มีการระบาด จึงต้องออกแบบโรงเรือนในตอบสนองต่อความต้องการเหล่านี้ได้ เพื่อลดความเสียหาย
- **ทุนและแหล่งทุนของผู้ประกอบการ** ผู้ประกอบการที่มีทุนน้อยอาจจำเป็นต้องเลือกสร้างโรงเรือนราคาถูกก่อนในระยะเริ่มต้น
- **ขนาดพื้นที่** การสร้างโรงเรือนในพื้นที่น้อย จำเป็นต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพการใช้พื้นที่ในลำดับต้นๆ ของการตัดสินใจ ในขณะที่การออกแบบโรงเรือนในพื้นที่กว้างสามารถพิจารณาปัจจัยอื่นก่อน
- **ลักษณะการใช้ประโยชน์** โรงเรือนที่ต้องการปลูกพืชเพื่อการจัดแสดง จำเป็นต้องคำนึงถึงความสวยงามด้านสถาปัตยกรรมในลำดับต้นๆ ในขณะที่โรงเรือนเพื่อการผลิต ควรคำนึงถึงประสิทธิภาพการผลิตและต้นทุนเป็นลำดับต้นๆ

รูปแบบโรงเรือนสามารถจำแนกตามรูปทรง ได้ดังนี้

1. โรงเรือนหลังคาหน้าจั่วแบบสมมาตร (Even span หรือ single span)
2. โรงเรือนหลังคาหน้าจั่วสองชั้น
3. โรงเรือนหลังคาหน้าจั่วแบบไม่สมมาตร (uneven span)
4. โรงเรือนหลังคาครึ่งวงกลม (Quonset)
5. โรงเรือนหลังคาครึ่งวงกลมเหลื่อม
6. โรงเรือนหลังคาครึ่งทรงกลม (Dome)
7. โรงเรือนหลังคาต่อเนื่อง (Ridge and furrow)
8. โรงเรือนขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. โรงเรือนหลังคาหน้าจั่วแบบสมมาตร (Even span หรือ single span) เป็นรูปแบบโรงเรือนที่ใช้กันแพร่หลายในเขตอบอุ่นและเขตหนาว หลังคาอาจออกแบบให้เปิดได้เพื่อระบายอากาศร้อนในฤดูร้อน รูปแบบอาคารแบบนี้ไม่ค่อยเหมาะสำหรับประเทศในเขตร้อน



รูปที่ 2.2โรงเรือนหลังคาหน้าจั่วแบบสมมาตร (Even span หรือ single span)

2. โรงเรือนหลังคาหน้าจั่วสองชั้น อาคารรูปแบบนี้สร้างขึ้นเพื่อให้อากาศร้อนภายในอาคารระบายออกได้ดี แม้ในช่วงฝนตกน้ำฝนก็ไม่สาดเข้ามาภายในอาคาร โรงเรือน อาคารรูปแบบนี้เหมาะสำหรับประเทศในเขตร้อน

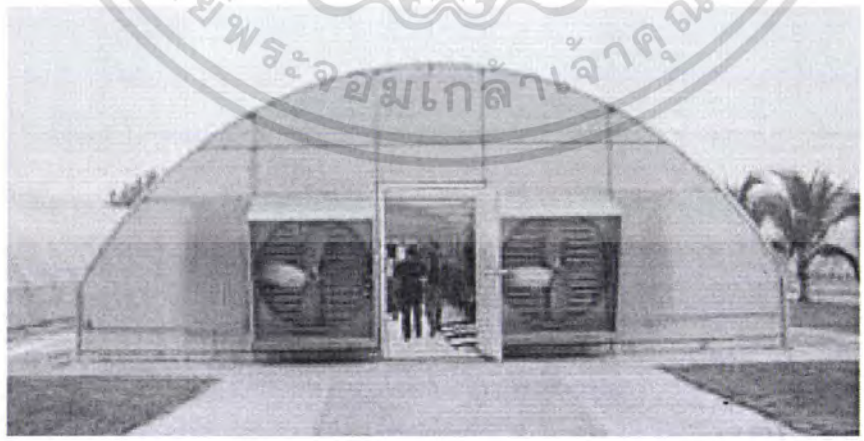
รูปที่ 2.3 โรงเรือนหลังคาหน้าจั่วสองชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โรงเรือนหลังคาหน้าจั่วแบบไม่สมมาตร (uneven span) โรงเรือนแบบนี้จะมีหลังคาด้านหนึ่งยาวกว่าอีกด้านหนึ่ง เหมาะสำหรับการก่อสร้างในพื้นซึ่งเป็นเนินเขา

รูปที่ 2.4โรงเรือนหลังคาหน้าจั่วแบบไม่สมมาตร (Uneven span)

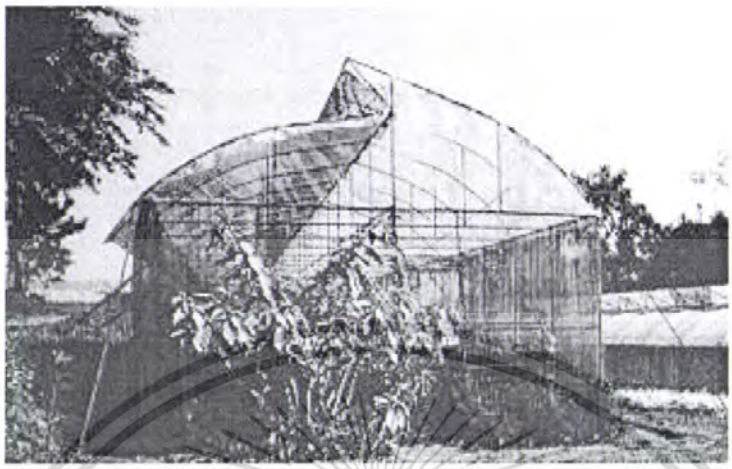
4. โรงเรือนหลังคาครึ่งวงกลม (Quonset) เป็นแบบโรงเรือนที่ได้รับความนิยมแพร่หลายในเขตอบอุ่นและเขตหนาวอีกแบบหนึ่ง การก่อสร้างไม่ซับซ้อนมากนัก เหมาะสำหรับกรณีที่ต้องการมุงหลังคาด้วยวัสดุที่โค้งงอได้ง่าย เช่น แผ่นพลาสติกชนิดต่าง ๆ การระบายอากาศร้อนทำได้ยากจึงไม่เหมาะสำหรับประเทศในเขตร้อน



รูปที่ 2.5โรงเรือนหลังคาครึ่งวงกลม (Quonset)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. โรงเรือนหลังคาครึ่งวงกลมเหลื่อม เป็นโรงเรือนที่ออกแบบให้ง่ายต่อการระบายอากาศร้อน เนื่องจากหลังคามีช่องเปิด โรงเรือนแบบนี้จึงเหมาะสำหรับประเทศในเขตร้อน



รูปที่ 2.6โรงเรือนหลังคาครึ่งวงกลมเหลื่อม

6. โรงเรือนหลังคาครึ่งทรงกลม (dome) โรงเรือนแบบนี้ยากต่อการขยายให้ครอบคลุมพื้นที่กว้าง จึงไม่ค่อยนิยมสร้างสำหรับการผลิตพืชในเชิงพาณิชย์ ส่วนใหญ่สร้างขึ้นเพื่อให้มีจุดเด่นทางด้านสถาปัตยกรรมใน Botanical Garden หรือสถาบันการศึกษาต่าง ๆ

รูปที่ 2.7 โรงเรือนหลังคาครึ่งทรงกลม (Dome)

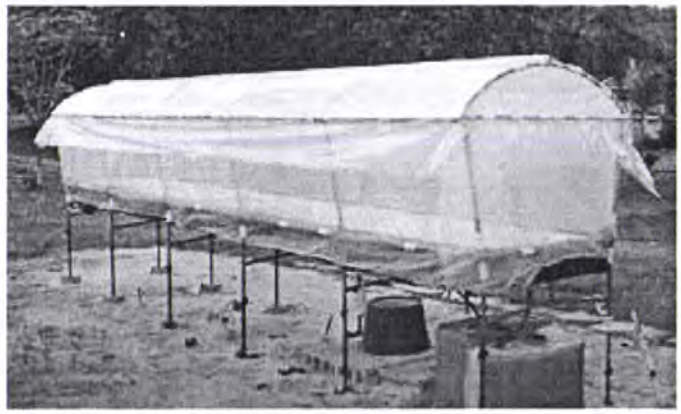
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. โรงเรือนหลังคาต่อเนื่อง (ridge and furrow) โรงเรือนแบบนี้จะสร้างหลังคาแบบหน้าจั่วหรือครึ่งวงกลมต่อเนื่องกัน เพื่อให้โรงเรือนคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง และมีค่าก่อสร้างต่ำกว่าการสร้างหลังคาเดี่ยวขนาดใหญ่

รูปที่ 2.8 โรงเรือนหลังคาต่อเนื่อง (Ridge and furrow)

8. โรงเรือนขนาดเล็ก โรงเรือนขนาดใหญ่ช่วยให้สามารถควบคุมสิ่งแวดล้อมภายในโรงเรือนได้ง่าย แต่ขณะเดียวกันก็มีข้อเสียหลายอย่า เช่น เสียพื้นที่ส่วนหนึ่งเพื่อเป็นทางเดินและลำเลียงวัสดุ ทำให้มีค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้นในส่วนที่ไม่จำเป็นนี้ ค่าก่อสร้างแพงและต้องใช้เงินลงทุนครั้งละมากๆ และแก้ไขได้ยากเมื่อเกิดการระบาดของโรคหรือแมลง เป็นต้น ในพื้นที่เขตร้อนของโลก ซึ่งมีอุณหภูมิสูงพอสำหรับการเจริญเติบโตของพืชตลอดทั้งปี การสร้างโรงเรือนขนาดใหญ่ เพื่อเก็บความร้อนให้มีอุณหภูมิสูงพอสำหรับการเจริญเติบโตของพืชจึงไม่จำเป็น โรงเรือนขนาดเล็กที่มีเพียงหลังคากันฝน หรือมีมุ้งกันแมลงก็เพียงพอต่อการปลูกพืช นอกจากนี้ เกษตรกรยังไม่จำเป็นต้องลงทุนสูงในครั้งเดียว สามารถวางแผนการผลิตได้ง่าย และมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่ำ จึงเป็นที่นิยมของเกษตรกรในหลายพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9โรงเรือนขนาดเล็ก

ประโยชน์หลายอย่างจากการปลูกพืชในโรงเรือน เช่น

1. สามารถป้องกันแมลงไม่ให้เข้าไปทำลายพืชที่ปลูก ทำให้ไม่ต้องใช้ยาฆ่าแมลง ผู้บริโภคพืชผักที่ปลูกโดยวิธีนี้จึงมีความปลอดภัยจากสารพิษตกค้างในผลผลิต
2. ป้องกันน้ำฝนลงไปเจือปนในสารละลายธาตุอาหาร จนสารละลายเจือจางเกินไปไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของพืช และมีปริมาตรที่เพิ่มขึ้นจนไหลล้นออกมาจากเครื่องปลูก ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายกับการปลูกพืชทั้งระบบ
3. สามารถควบคุมปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมในการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช เช่น ความเข้มแสง ระยะเวลาที่พืชรับแสง ความเข้มข้นของแก๊ส CO_2 และอุณหภูมิ เป็นต้น ทำให้สามารถผลิตพืชได้ทั้งปี โดยไม่ต้องอาศัยฤดูกาลตามธรรมชาติเข้าช่วย ผู้ปลูกสามารถวางแผนการผลิตได้ง่าย และเสี่ยงต่อการแปรปรวนของธรรมชาติน้อยกว่าการปลูกในพื้นที่โล่งแจ้ง
4. สามารถออกแบบให้เป็นการผลิตอัตโนมัติ เช่นเดียวกับการผลิตสินค้าอุตสาหกรรมต่างๆ ได้ง่าย ช่วยประหยัดแรงงานในการดำเนินการ
5. ลดโอกาสในการสัมผัสสิ่งสกปรก ทำให้พืชที่ผลิตได้ สะอาดไม่เป็นพาหะนำโรค
6. สามารถติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เช่น อุปกรณ์พยุงลำต้น อุปกรณ์แขวนผล เป็นต้น ได้ง่าย และอาจติดตั้งเพียงครั้งเดียว แต่สามารถใช้งานติดต่อกันได้หลายฤดูปลูก
7. มีสิ่งแวดล้อมในการทำงานที่ดี และสะอาดไม่เปื้อนดินโคลน ช่วยให้ผู้ปลูกมีความเพลิดเพลินในการทำงานมากกว่า

2.2 ส่วนประกอบสำคัญของโรงเรือนระบบทำความเย็นแบบระเหย

ลักษณะของโรงเรือนทำความเย็นระบบระเหยละอองหมอก เป็นโรงเรือนที่มีลักษณะเหมือนโรงเรือนทั่วๆไป แต่มีลักษณะพิเศษกว่าคือเป็นโรงเรือนแบบปิด และ มีการควบคุมอุณหภูมิ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นโดยการระเหยของละอองน้ำจากหัวพ่นหมอก สัมผัสกับอากาศ ส่วนประกอบที่สำคัญของโรงเรือนระบบทำความเย็นแบบระเหย มีดังนี้

1. พัดลมดูดอากาศ (Exhaust fan)

2. หัวพ่นหมอก

3. ผ้าม่านหรือวัสดุพรางแสง

4. ปั๊มน้ำและถังพักน้ำ (Pump and Storage tank)

5. ชุดทำความเย็น

2.2.1 พัดลมดูดอากาศ (Exhaust fan)

พัดลมเป็นอุปกรณ์สำคัญในระบบโรงเรือนปิดที่ทำหน้าที่ระบายอากาศภายในโรงเรือนออกสู่ภายนอกโดยดึงเอาความร้อนภายในโรงเรือนออกไปพร้อมกับอากาศที่ถูกดูดออก และยังทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศภายในโรงเรือนอีกด้วย เนื่องจากในขณะที่พัดลมดูดอากาศภายในโรงเรือนออก ก็เป็นจังหวะเดียวกับที่อากาศภายนอกจะถูกดูดเข้ามาแทนที่อากาศที่ถูกดูดออกไปในปริมาตรใกล้เคียงกัน โดยอากาศที่เข้ามาใหม่นั้นเมื่อผ่านกระบวนการการทำความเย็นไปแล้วก็จะถูกดูดออกโดยพัดลม พร้อมๆกับดูดอากาศภายนอกเข้ามาใหม่อีกครั้งหนึ่งเกิดการถ่ายเทของอากาศ

ข้อควรรู้สำหรับพัดลมดูดอากาศมีดังนี้

1.ในโรงเรือนที่มีขนาดใหญ่พัดลมที่มีขนาดใหญ่จะมีประสิทธิภาพดีกว่าพัดลมที่มีขนาดเล็ก โดยการเลือกขนาดของพัดลมควรเลือกให้มีความเหมาะสมกับขนาดของโรงเรือน

2. การติดตั้งพัดลม ควรติดตั้งพัดลมดูดอากาศที่ปลายของโรงเรือนเนื่องจากพัดลมที่อยู่ด้านหน้าจะมีประสิทธิภาพดีกว่าพัดลมที่อยู่ด้านข้าง เพราะพัดลมที่อยู่ด้านหน้าสามารถดูดอากาศได้มากโดยตรง

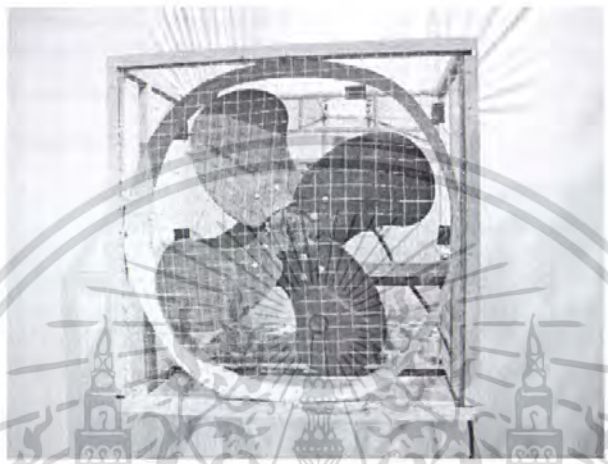
3. ในการออกแบบทิศทางของพัดลมดูดอากาศควรหันพัดลมไปในทิศทางเดียวกันกับลมในช่วงฤดูร้อน

4. ถ้าโรงเรือนมีระบบพลางแสงจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อนประมาณ 30-40 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ในกรณีที่โรงเรือนยาวกว่า 500 ฟุตควรติดตั้งพัดลมไว้ทั้งบริเวณต้นโรงเรือนและท้ายโรงเรือน หรือควรมีทางระบายอากาศด้านบนของโรงเรือนเพื่อให้อากาศร้อนลอยตัวออกไปและให้อากาศเย็นเข้ามาแทนที่

6. ความเร็วลมเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งในโรงเรือนระบบปิดโดยความเร็วลมควรจะมีมากพอที่จะดึงความร้อนที่เกิดขึ้นภายในโรงเรือนทั้งหมดออกสู่ภายนอก



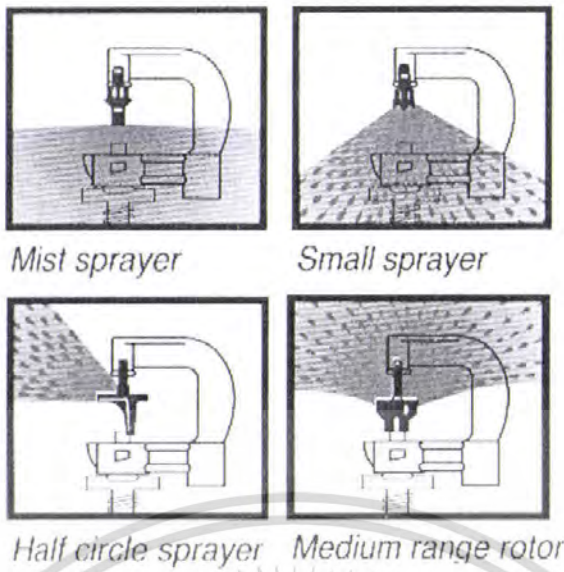
รูปที่ 2.10 พัดลมระบายอากาศของโรงเรือน

2.2.2 หัวพ่นหมอก

หัวพ่นหมอกเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการกำหนดขนาดของละอองน้ำที่ออกมาจากหัวพ่นหมอกภายในโรงเรือน

การเลือกหัวพ่นหมอกที่จะใช้ในโรงเรือนนั้นมีผลอย่างมากกับการทำความเย็นโดยการเลือกหัวพ่นหมอกให้มีการปล่อยละอองที่มีขนาดเล็ก และ กระจายออกเป็นบริเวณกว้างนั้น จะทำให้มีพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศได้มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับหัวพ่นหมอกที่ปล่อยละอองน้ำขนาดใหญ่กว่า และมีการกระจายของละอองน้อยกว่า ซึ่งมีผลต่อระบบการทำความเย็น คือ หากมีการแลกเปลี่ยนความร้องระหว่างละอองน้ำ กับ อากาศยิ่งมาก ก็จะทำให้อากาศภายในโรงเรือนมีอุณหภูมิต่ำลงมากกว่าในช่วงเวลาเดียวกัน หรืออาจกล่าวได้ว่า อากาศจะใช้เวลาในการลดอุณหภูมิน้อยกว่านั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ลักษณะการปล่อยน้ำของหัวจ่ายน้ำแบบต่าง

รูปที่ 2.12 หัวพ่นหมอกของโรงเรือน

2.2.3 ผ้าม่านและวัสดุพรางแสง

จุดประสงค์หลักในการเลือกใช้ผ้าม่านในโรงเรือนระบบปิดคือ ป้องกันไม่ให้อากาศภายนอกเข้ามาภายในโรงเรือน ยกเว้นทางช่องเปิดเท่านั้น ดังนั้นผ้าม่านจึงต้องปิดสนิท โดยควรเลือกใช้ผ้าม่านเป็นพลาสติก หรือ PVC ที่มี UV protection นอกจากนี้โรงเรือนทำความเย็นที่ติดตั้งอยู่บริเวณกลางแจ้งนั้นจะได้รับผลกระทบจากแสงแดดตลอดเวลา ดังนั้นควรจะมีการติดตั้งม่านพรางแสงแดด เพื่อช่วยในการลดความเข้มของแสงแดด และ เป็นการช่วยลดอุณหภูมิได้อีกทางหนึ่ง

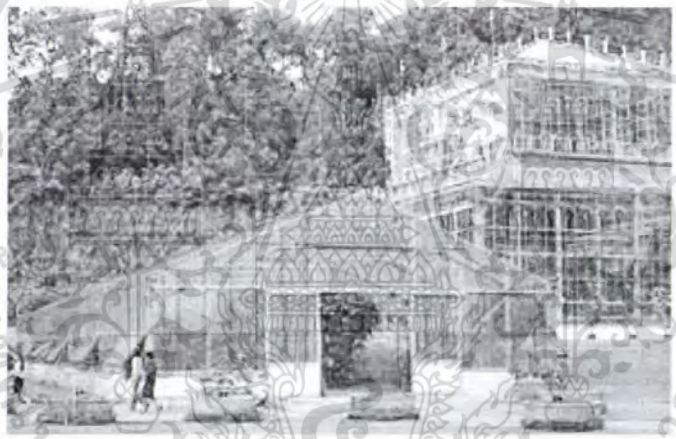
ตัวอย่างวัสดุคลุมโรงเรือน

วัสดุคลุมโรงเรือนปลูกพืชควรเป็นวัสดุที่ยอมให้แสงในช่วงความยาวคลื่น 400 - 700 นาโนเมตร ส่งผ่านได้มากที่สุด ถึงแม้ว่าจะไม่มีวัสดุชนิดใดยอมให้แสงในย่านความยาวคลื่นนี้ส่องผ่านได้ 100% วัสดุมุงหลังคาอาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กระจก (Glass) กระจกที่ใช้เพื่อการเกษตรยอมให้รังสีจากดวงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่น 400 - 2500 นาโนเมตร ส่องผ่านได้ดี แต่รังสีนอกย่านความยาวคลื่นส่องผ่านได้น้อย กระจกมีอายุการใช้งานได้นาน แต่มีน้ำหนักมาก (ความหนาแน่นสูง) ทำให้โรงเรือนที่ใช้กระจกมุงหลังคาต้องมีโครงสร้างที่แข็งแรง จึงมีค่าก่อสร้างที่สูงขึ้นตามไปด้วย กระจกสามารถแตกได้ง่ายเมื่อได้รับแรงกระแทกแรงๆ หรือการยืด-หดตัวเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ กระจกมีหลายชนิด เช่น

- Float Glass เป็นกระจกที่ใช้สำหรับงานทั่วไป แสงอาทิตย์ส่องผ่านได้ประมาณ 88 - 90% แตกง่าย ราคาต่ำ
- Tempered Glass มีราคาสูงกว่าประเภทแรก แต่มีความแข็งแรงสูงกว่าประมาณ 5 เท่า และมีน้ำหนักมากกว่า
- Low-iron glass เป็นกระจกที่มีเหล็กต่ำ แสงส่องผ่านได้ดีกว่า float glass ประมาณ 5 - 6%



รูปที่ 2.13 โรงเรือนกระจก

2. พลาสติกชนิดแผ่นแข็ง (กระเบื้องใส) วัสดุประเภทนี้มีน้ำหนักเบากว่ากระจกทำให้ไม่ต้องใช้โครงสร้างที่แข็งแรงมาก จึงประหยัดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างมากกว่า อายุการใช้งานสั้นกว่ากระจก แต่นานกว่าพลาสติกชนิดแผ่นม้วน พลาสติกชนิดแผ่นแข็งมีหลายชนิด ได้แก่

- Fiberglass เป็นวัสดุที่ทำจากใยแก้วฝังตัวใน acrylic resin แสงอาทิตย์ส่องผ่านได้ประมาณ 78 - 88% แสงเกิดการกระจายเมื่อส่องผ่าน ทำให้พืชในโรงเรือนได้รับแสงสม่ำเสมอ อุณหภูมิไม่สูงที่แถบใดแถบหนึ่ง พืชจึงไม่เสียหายในช่วงที่มีแดดจัด ผู้ผลิตมักผลิตเป็นลอนคลื่น ทำให้น้ำฝนหรือหยดน้ำสามารถไหลได้ง่าย มีอายุการใช้งาน 10 - 15 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Polycrylate แสงอาทิตย์ส่องผ่านได้ประมาณ 78 - 88% ความโปร่งแสงมักไม่เปลี่ยนเมื่ออายุการใช้งานนานขึ้น วัสดุชนิดนี้จะเปราะมากขึ้นเมื่ออายุการใช้งานนานขึ้น โดยทั่วไปมีอายุการใช้งานประมาณ 20 ปี ติดไฟได้ง่าย
- Polycarbonate แสงอาทิตย์ส่องผ่านได้ประมาณ 75 - 85% สำหรับแผ่นสองชั้น โค้งงอได้ง่าย เหมาะกับโรงเรือนหลังคาโค้ง วัสดุชนิดนี้ค่อยๆ มีสีเหลืองเข้มขึ้นเมื่ออายุการใช้งานนานขึ้น โดยทั่วไปมีอายุการใช้งานประมาณ 8 ปี ติดไฟยากกว่า Polycrylate
- Polyester
- Polysulfonate

รูปที่ 2.14 โรงเรือนกระเบื้องใส

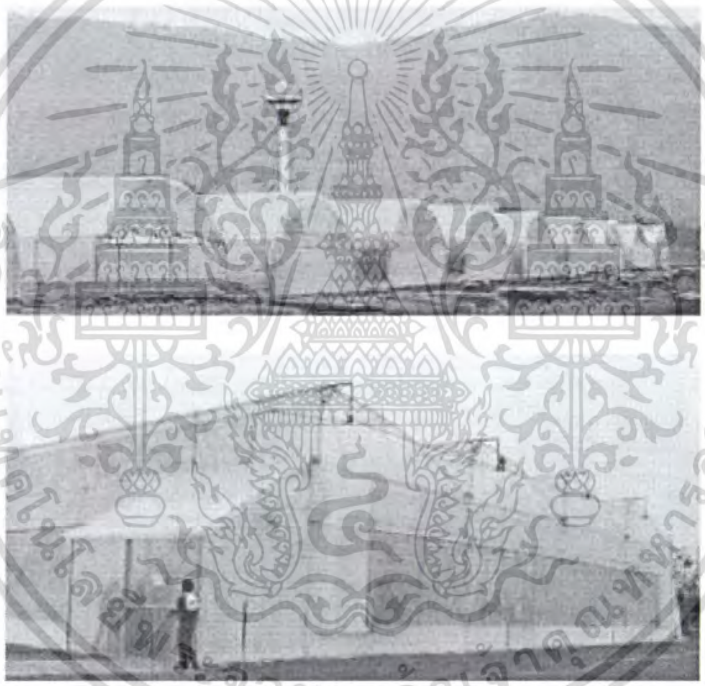
3. พลาสติกชนิดแผ่นม้วน (film) เช่น Polyethylene (PE) และ Polyvinyl Chloride (PVC) เป็นต้น พลาสติกเหล่านี้ที่ไม่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพมักมีอายุการใช้งานสั้น เนื่องจากโมเลกุลของโพลีเมอร์ขาดออกเมื่อได้รับแสงอาทิตย์เป็นเวลานาน ทำให้เนื้อพลาสติกเปราะและฉีกขาดง่าย แผ่นพลาสติกที่ถูกดึงให้ตึง มักหย่อนได้ง่าย พลาสติกที่ไม่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ จึงไม่ค่อยนิยมใช้มุงหลังคาโรงเรือน

แผ่นพลาสติกที่ใช้มุงหลังคาโรงเรือนในปัจจุบัน นิยมใช้แผ่น Polyethylene ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพต่างๆ แล้ว เช่น

- ผสมหรือเคลือบด้วยสารเสริมความแข็งแรง เพื่อป้องกันไม่ให้แผ่นพลาสติกยืดออก เมื่อถูกดึงให้ตึงเป็นเวลานาน
- ผสมหรือเคลือบด้วยสารป้องกันโมเลกุลแตกเป็นโมเลกุลเล็ก เนื่องจากได้รับแสง Ultra-violet เป็นเวลานาน(UV Stabilizer) เพื่อยืดอายุการใช้งานให้นานขึ้น ในขณะที่ไม่รบกวนแมลงที่ช่วยผสมเกสร
- ผสมหรือเคลือบด้วยสารดูดกลืนแสง Ultra-violet (UV Absorber) ช่วยยืดอายุการใช้งานให้นานขึ้น และรบกวนการทำงานของแมลงศัตรูพืชที่เข้าไปภายในโรงเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผสมหรือเคลือบด้วยสารดูดกลืนรังสี Infrared (IR) โดยดูดกลืนรังสี IR คลื่นสั้น (750-1,400 nm) ในเวลากลางวัน เพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนในเวลากลางวันสูงเกินไป และดูดกลืนรังสี IR คลื่นยาว (3,000-14,000 nm) ซึ่งเป็นรังสีสะท้อน ในเวลากลางคืน เพื่อเก็บความร้อนไว้ภายในโรงเรือนในเวลากลางคืน
- ผสมหรือเคลือบด้วยสารลดแรงตึงผิว (Anti-Drip or Anti-Condensate) ช่วยให้น้ำที่กลั่นตัวเกาะบนผิวพลาสติกได้ดีขึ้น และไหลลงสู่พื้นตามแนวแผ่นพลาสติก แทนที่จะหยดลงสู่พื้นโรงเรือน ซึ่งเป็นสาเหตุให้ดอกหรือใบพืชเปียกชื้นเสียหาย (Scorching)
- ผสมหรือเคลือบด้วยสารกระจายแสง (Light diffusion) ช่วยให้ความเข้มแสงในโรงเรือนสม่ำเสมอ พืชสามารถเจริญเติบโตได้สม่ำเสมอตามไปด้วย และลดปัญหาใบพืชไหม้ในช่วงแดดจัด



รูปที่ 2.15 โรงเรือนผ้าใบพลาสติก

2.2.4 ปั๊มน้ำและถังพักน้ำ (Pump and Storage tank)

ปั๊มน้ำและถังพักน้ำเป็นส่วนประกอบสำคัญ ที่ทำให้การทำความเย็นแบบระเหยทำงานได้อย่างสมบูรณ์ และมีท่อน้ำเป็นอุปกรณ์ในการลำเลียงน้ำจากถังเก็บน้ำที่ผ่านการทำความเย็นด้วยชุดทำความเย็นมาแล้วก่อนจะถูกส่งต่อไปใช้ในระบบโดยการพ่นออกทางหัวพ่นหมอกในจุดต่างๆทั่วโรงเรือน

หลักการสำคัญเกี่ยวกับปั๊มและ ท่อมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

1. ปั๊มน้ำควรมีแรงดันเพียงพอที่จะส่งน้ำไปทั่วทั้งระบบ แต่หากมีแรงดันมากเกินไป อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบมีได้รับแรงดันน้ำมากๆจะมีอายุการใช้งานต่ำกว่าอุปกรณ์ชิ้นอื่นๆ แต่หากมีแรงดันน้อยเกินไปน้ำก็จะไม่มีแรงดันเพียงพอที่จะออกมาเป็นละอองหมอกได้
2. ท่อที่จะจ่ายน้ำควรมีขนาดที่เหมาะสมไม่ใหญ่หรือเล็กจนเกินไป อาจออกแบบเพื่อให้มีส่วนช่วยในการรักษาแรงดันของน้ำที่ออกจากปั๊มให้มีค่าความดันเพียงพอที่จะใช้ในระบบ
3. ควรมีการติดตั้งที่กรองน้ำก่อนที่จะนำมาใช้ เพื่อป้องกันการอุดตัน ทั้งยังเป็นการยืดอายุการใช้งานของปั๊ม และ ช่วยลดภาระในการทำความสะอาดอุปกรณ์ได้โดยอ้อม

รูปที่ 2.16 ปั๊มน้ำ

ถังพักน้ำ หรือ บ่อพักน้ำเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ปั๊มสามารถทำงานได้ตลอดระยะเวลาของการทำงาน

ข้อควรรู้สำหรับถังพักน้ำมีดังนี้

1. บ่อที่รับน้ำจากอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยควรติดตั้งระบบกรองน้ำให้มีความสะอาด

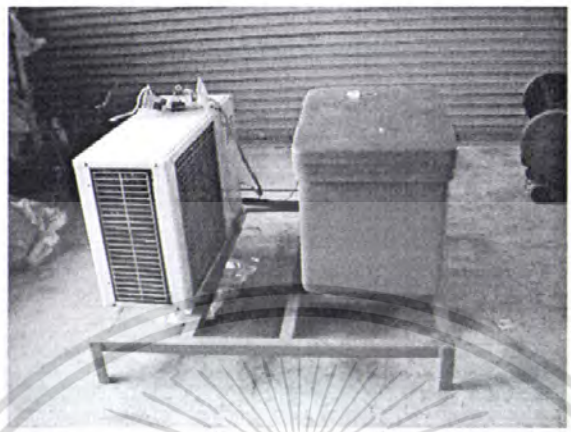
2. บ่อพักน้ำควรติดตั้งอยู่กึ่งกลางของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหย มีฝาเปิด-ปิดที่สามารถป้องกันแมลง และแสงแดดได้ดี และง่ายต่อการบำรุงรักษา

2.2.5 ชุดทำน้ำเย็น

ชุดทำน้ำเย็นถือเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการช่วยลดอุณหภูมิของโรงเรือนทำความเย็นด้วยระบบระเหยละอองหมอก เนื่องจากน้ำที่จะนำมาพ่นเป็นละอองหมอกภายในโรงเรือนจะต้องผ่านการทำความเย็นที่ชุดทำความเย็นก่อน โดยการทำให้น้ำที่จะพ่นในโรงเรือนเย็นนั้นจะช่วยให้การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศ และ น้ำมีประสิทธิภาพดีขึ้น คือ อากาศที่ผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำที่ผ่านการทำความเย็นมาแล้วนั้นจะมีค่าความแตกต่างของช่วงอุณหภูมิมากกว่าอากาศที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
82977

แลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับน้ำที่ไม่ได้ผ่านการทำความเย็น และยัง ช่วยลดระยะเวลาในการแลกเปลี่ยนความร้อนเนื่องจากเมื่อค่าความแตกต่างของอุณหภูมิยิ่งมีค่ามากการที่จะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกันก็จะเกิดได้ง่ายขึ้น



รูปที่ 2.17 ชุดทำน้ำเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและสร้างโรงเรือนสาธิตระบบทำความเย็นแบบระเหย

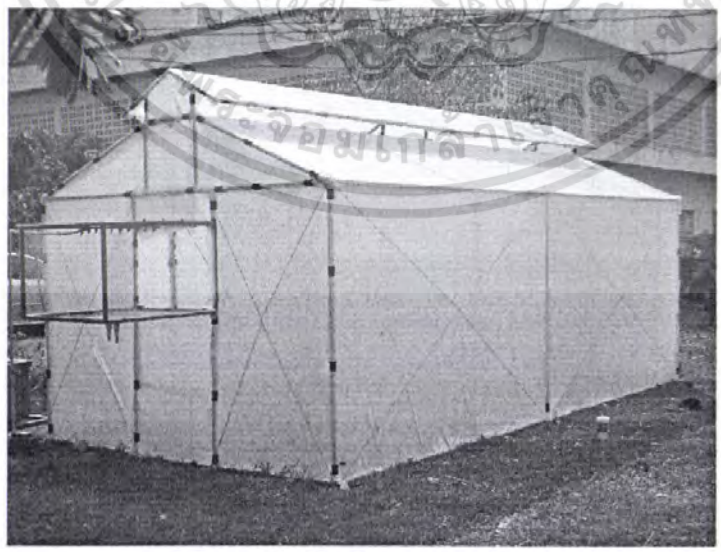
3.1 การออกแบบ และ การสร้าง

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างโรงเรือน

1. โครงสร้างโรงเรือนใช้เหล็กท่อประปาขนาด 1 นิ้ว และ เหล็กกล่องขนาด 1 นิ้ว
2. หลังคา ผนังด้านข้าง ประตูทางเข้า-ออกโรงเรือน และ หน้าต่างใช้ผ้าใบพลาสติกเคลือบมุก
3. พัดลมระบายอากาศขนาด 24 นิ้ว
4. ปั๊มน้ำ
5. ระบบควบคุมอุณหภูมิและการทำงานในระบบ
6. ชุดทำน้ำเย็น
7. ท่อ PVC และ หัวพ่นหมอก

3.2 รายละเอียด

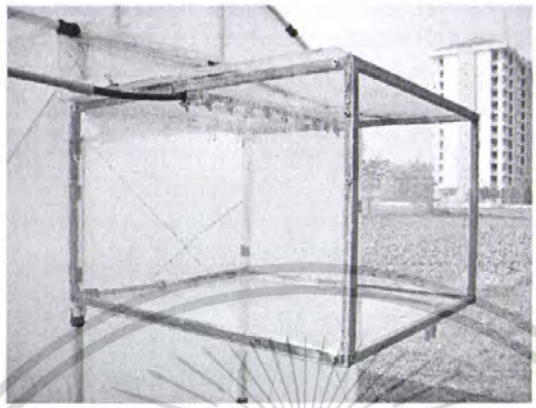
3.2.1 โครงสร้างของโรงเรือนสาธิตทำจากเหล็กท่อน้ำประปาขนาด 1 นิ้ว ทำโครงโรงเรือน ซึ่งมีขนาด 3×6×3 เมตร ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โรงเรือนทำความเย็นด้วยการระเหยละอองหมอก

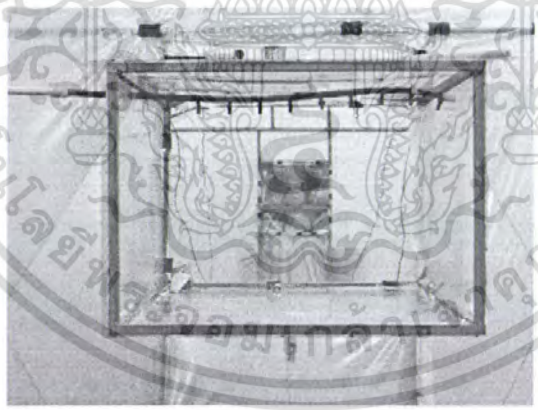
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ลักษณะของโรงเรือนภายในจะมีม่านละอองหมอกจากหัวพ่นหมอกที่บริเวณช่องเปิด พัดลมระบายอากาศ ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ช่องเปิดของโรงเรือนที่มีหัวพ่นหมอกติดอยู่ด้านบน

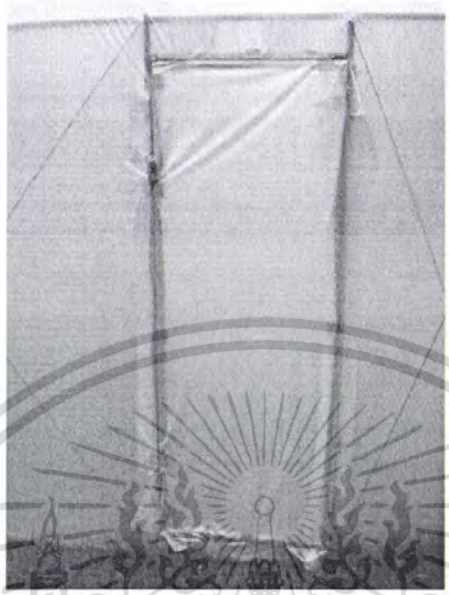
3.2.3 ช่องเปิดให้อากาศไหลผ่านของโรงเรือน ในการออกแบบตัวกลาง ให้อากาศผ่านเข้า ใช้หัวพ่นหมอกติดเข้าที่ด้านบนของช่องเปิดมีความยาว 90 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 หัวพ่นหมอกความยาว 90 เซนติเมตรด้านบนช่องเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 ประตูทางเข้า-ออกโรงเรือนอยู่ด้านข้างโรงเรือนทำจากเหล็กกล่องขนาด 1 นิ้วมีขนาดประตู 0.5 ×1.6 เมตร ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ประตูโรงเรือน

3.2.5 ถาดด้านล่างของช่องเปิดเจาะรูต่อท่อให้น้ำเหลือทิ้งไหลกลับลงสู่ถังน้ำเย็นทางด้านบนของตัวถัง ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 ถาดด้านล่างของช่องเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 การออกแบบพัดลม และ ช่องอากาศ

- การคำนวณขนาดพัดลม

จากสมการ $q = m (i_2-i_1)$ (3.1)

$Q = mv$ (3.2)

เมื่อ q = พลังงาน Btu/hr

m = อัตราการไหลเชิงมวล lb/hr

i = เอนทราปี้ Btu/lb

Q = อัตราการไหลเชิงปริมาตร cfm

v = ปริมาตรจำเพาะ cf/lb

อุณหภูมิอากาศเข้า คือ 95 F 50 %RH

ทิศเหนือ	160×6×2	=	1,920 Btu/hr
ทิศใต้	250×6×2	=	3,000 Btu/hr
ทิศตะวันออก	250×3×2	=	1,500 Btu/hr
ทิศตะวันตก	160×3×2	=	960 Btu/hr
หลังคาชั้นบน	400× 0.65× 6× 2	=	3,120 Btu/hr
หลังคาชั้นล่าง	400×1.3×6×2	=	6,240 Btu/hr
	รวม	=	16,740 Btu/hr

i_2 = 46 Btu/lb i_1 = 42.5 Btu/lb

แทนค่าในสมการ 3.1 :

16,740 = m (46-42.5)

m = 16,740/3.5

m = 4,782.85 lb/hr

m = 79.71 lb/min

จากสมการ 3.2 Q = mv

V = 14.25 cf/lb

แทนค่าในสมการ Q = 79.71×14.25

Q = 1,135.86 cfm

Q = 1136 cfm

เลือกขนาดพัดลม 1, 571.74 cfm มาคิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-การคำนวณขนาดช่องเปิด

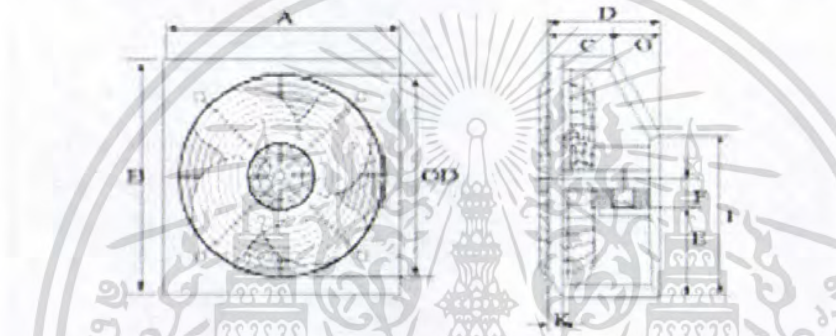
จากสมการ ขนาดช่องเปิด = ปริมาณการไหลของพัดลม (cfm)/250 (cfm/ft^2)

แทนค่าในสมการ ขนาดช่องเปิด = 1,571.74/250

= 6.28 ft^2

ดังนั้น ได้ขนาดช่องเปิดเป็น 90×50 เซนติเมตร

ตารางที่ 3.1 ประสิทธิภาพของพัดลมขนาดใบพัด 24 นิ้ว



รุ่น Model	DIMENSION (มม.)										PERFORMANCE			
	A	B	C	D	E	F	G	H	K	OD	PHASE (ø)	HP (แรงม้า)	CFM (ปริมาตรลม)	RPM (รอบ)
EC-16	510	510	100	210	190	100	100	330	25	420	220V	1/4	4,500	1,450
EC-18	560	560	100	210	210	100	100	380	25	480	220V	1/4	5,000	1,450
EC-20	610	610	100	210	220	100	100	420	25	520	220V	1/4	5,000	1,450
EC-24	710	710	100	210	250	100	100	540	25	620	220V	1/3	5,200	1,450
EC-30	865	865	120	280	320	110	140	600	35	760	380V	1	12,500	900
EC-36	1015	1015	140	320	180	110	160	870	35	900	380V	1	18,500	600

จากกฎของพัดลม

CFM2 = (RPM2/RPM1) × CFM1 ------- (1)

ดังนั้น RPM2 = (CFM2/CFM1) × RPM1 ------- (2)

จากสมการที่ 2 แทนค่า

เมื่อ CFM1 = 5,200

CFM2 = 1,571.74

RPM1 = 1,450

ดังนั้น RPM 2 = (1,571.74 / 5,200) × 1,450

RPM 2 = 483.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

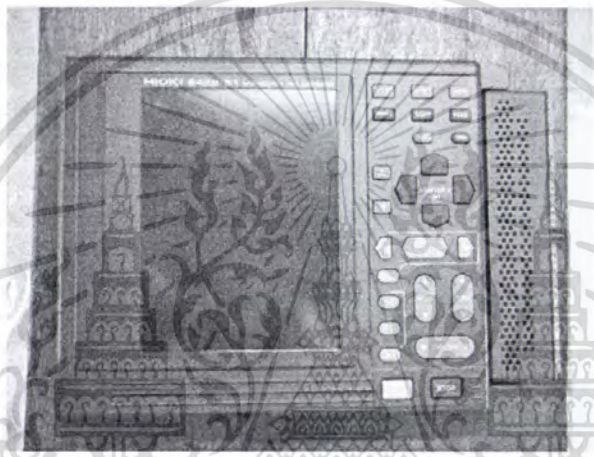
ที่ 1,450 RPM มีค่าความถี่เป็น 50 Hz

ดังนั้น ที่ 483.27 RPM มีค่าความถี่เป็น (438.27 / 1,450) × 50 = 15.12 Hz

ดังนั้น เพื่อให้ได้ปริมาตรอากาศเป็น 1,571.74 CFM จะต้องใช้ความถี่ของพัดลมเป็น15.12 Hz

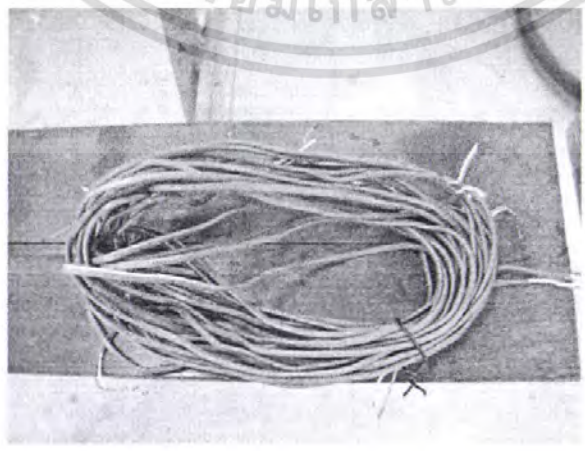
3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) ใช้ในการวัดบันทึกค่าอุณหภูมิที่จุดต่างๆ ที่วัดค่าโดยใช้เทอร์โมคับเปิ้ล (Thermocouple)



รูปที่ 3.6 เครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger)

2. เทอร์โมคับเปิ้ล ชนิด K (Thermocouple type K) วัดค่าอุณหภูมิต่อเข้ากับ เครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger)



รูปที่ 3.7 เทอร์โมคับเปิ้ล ชนิด K (Thermocouple type K)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้งกระเปาะเปียก เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งกระเปาะเปียกทั้งภายในและภายนอกโรงเรือน เพื่อนำค่าที่ได้เมาหาค่าความชื้นโรงเรือนเป็น % RH (Relative Humidity)

รูปที่ 3.8 เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้งกระเปาะเปียก

4. อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบพัดลม (Inverter) ปรับความถี่พัดลม และ ความเร็วรอบ เพื่อให้ได้ค่าปริมาณการไหลของอากาศที่ต้องการ

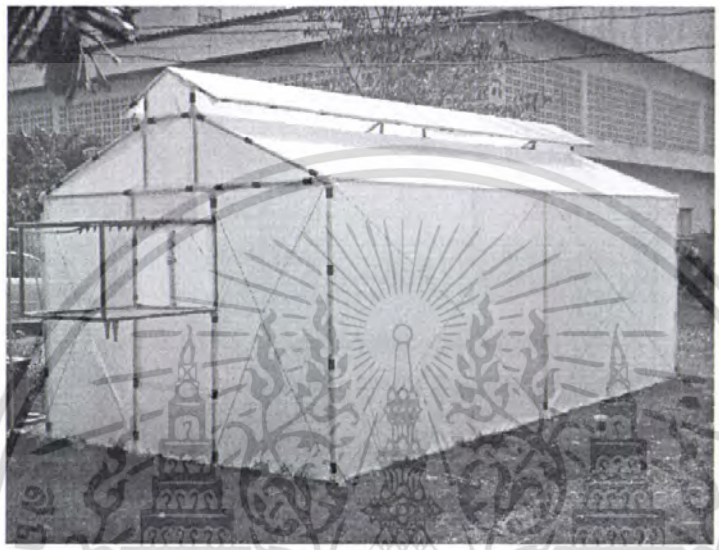
รูปที่ 3.9 อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบพัดลม (Inverter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

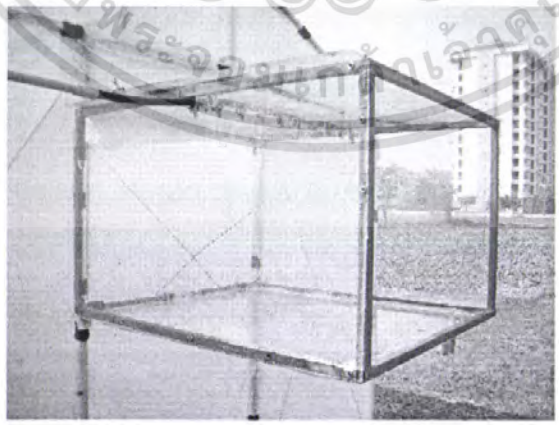
3.4.1 การพัฒนาโรงเรือนสาธิต

1. หาข้อมูลเรื่องโรงเรือนและนำข้อมูลมาศึกษาออกแบบลักษณะโรงเรือนสาธิต
2. สร้างโรงเรือนสาธิตแบบหลังคาหน้าจั่ว 2 ชั้น ขนาด 3×6×3 เมตร



รูปที่ 3.10 โรงเรือนสาธิตแบบหลังคาหน้าจั่ว 2 ชั้น

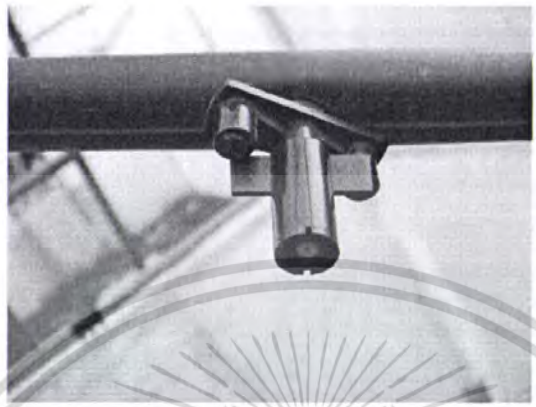
3. สร้างโครงช่องเปิดท้ายโรงเรือน ทำจากเหล็กกล่อง 1 นิ้วมีขนาดประมาณ90×100×50 เซนติเมตร



รูปที่ 3.11 โครงช่องเปิดท้ายโรงเรือน

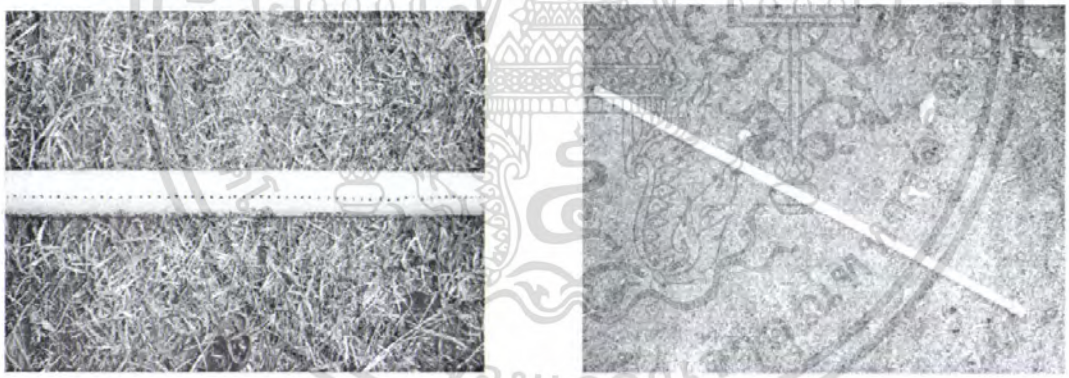
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หัวพ่นหมอกแบบ Fogger เป็นตัวปล่อยน้ำที่สามารถพ่นน้ำออกมาได้ละเอียดมาก มีอัตราการไหล 14 ลิตร/ชั่วโมง โดยจะติดตั้งอยู่กับเพดานช่องเปิดทำให้ละอองน้ำสามารถกระจายตัวได้อย่างทั่วถึง ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 หัวพ่นหมอกแบบ Fogger

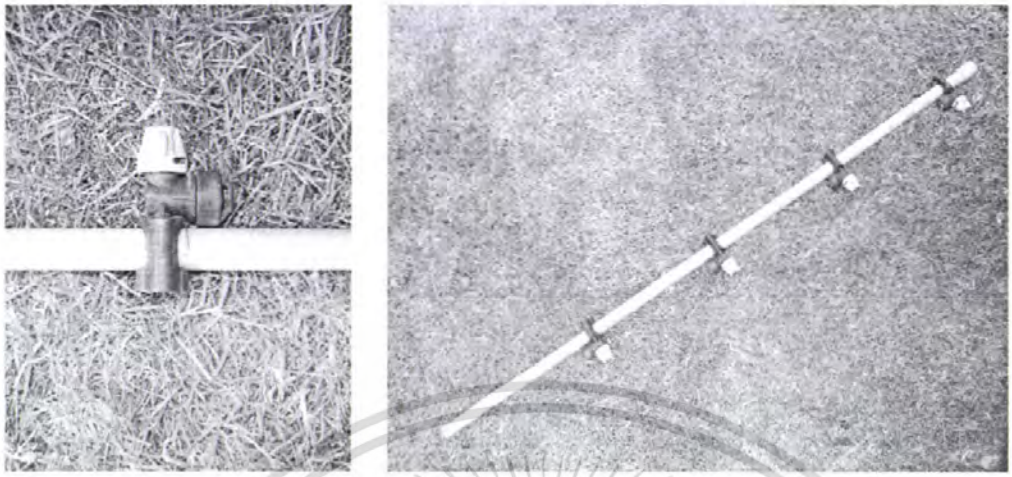
5. ท่อปล่อยน้ำ ทำจากท่อพีวีซี โดยใช้ท่อขนาด ¾ นิ้ว ยาว120 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ท่อปล่อยน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

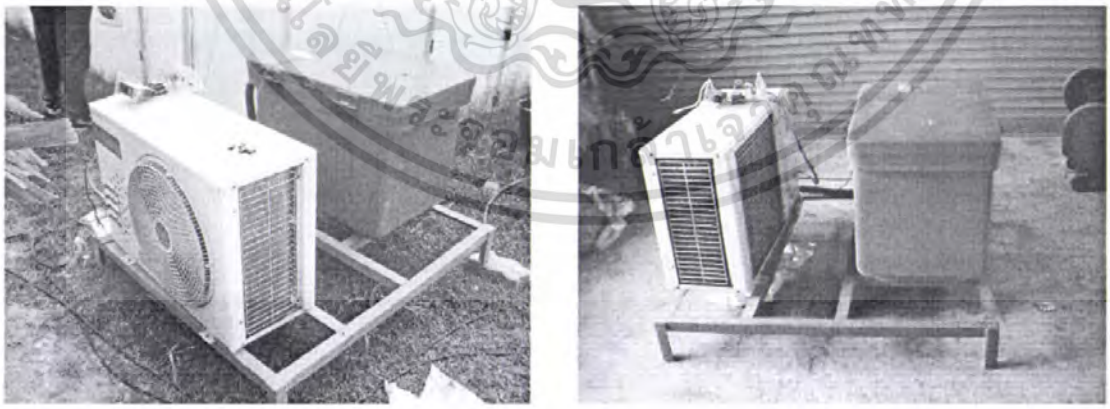
6. ท่อปล่อยน้ำแบบสปริงเกอร์ มีความยาว 120 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ท่อปล่อยน้ำแบบสปริงเกอร์

3.4.2 การสร้างระบบทำน้ำเย็น

ถังน้ำเย็นเป็นส่วนหนึ่งที่มีการพัฒนาในระบบทำความเย็นแบบระเหยเพื่อปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น ซึ่งถังทำน้ำเย็นมีส่วนประกอบสำคัญอยู่ 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ระบบทำความเย็น (Evaporator Compressor Condenser และ Capillary tube) กับระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำ ซึ่งลักษณะของถังทำน้ำเย็นมีลักษณะ ดังรูปที่ 3.15

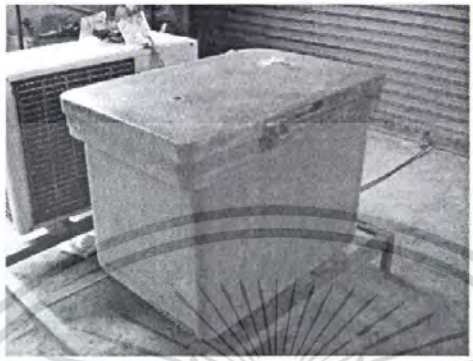


รูปที่ 3.15 ชุดทำน้ำเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

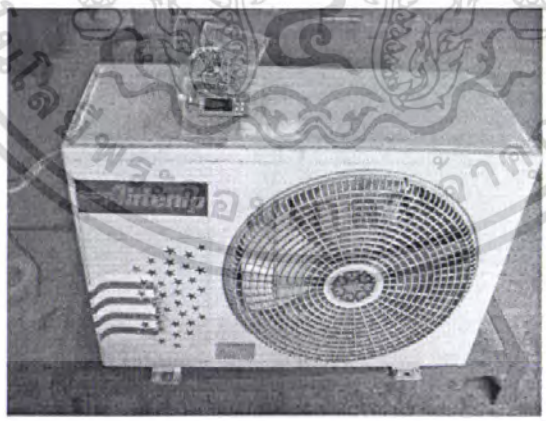
1.ระบบทำความเย็นประกอบด้วยอุปกรณ์ต่อไปนี้

- Evaporator เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อน โดยในตัวถังน้ำเย็นนี้ น้ำจะแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารทำความเย็น (Freon R-12) โดยใช้ท่อทองแดงขนาด 3/8 นิ้วดัดเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม และใส่ในถังน้ำเย็นปริมาตร 100 ลิตร ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 Evaporator

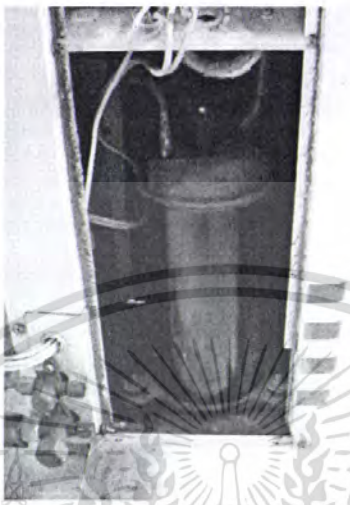
- Condensing air เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนของไอสารทำความเย็นที่ถูกอัดจนเป็นไอยิ่งยวดที่ออกจาก Compressorกับอากาศ ทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวอิ่มตัว ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 Condensing air

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-Compressor เป็นอุปกรณ์เพิ่มความดันให้แก่ไอของสารทำความเย็นที่ผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ Evaporator ให้กลายเป็นไอยิ่งยวด เพื่อส่งสารทำความเย็นไปแลกเปลี่ยนความร้อนที่ Condenser และทำให้เกิดการหมุนเวียนของสารทำความเย็น ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 Compressor

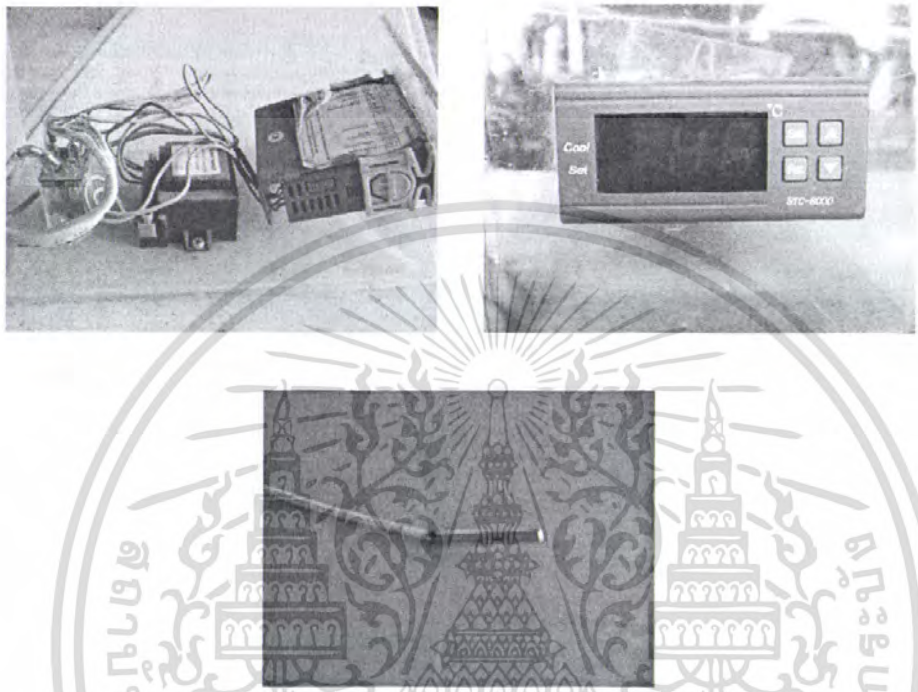
-Capillary tube เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการลดความดันของสารทำความเย็นที่ออกจาก Condenser เพื่อให้มีสถานะเหมาะสมกับการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ Evaporator ดังรูปที่ 3.19

รูปที่ 3.19 Capillary tube ของชุดทำน้ำเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำ

Temperature Controller ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิน้ำโดนการตัดการทำงานของ Compressor โดยควบคุมผ่านRelay ซึ่งสามารถกำหนดช่วงการควบคุมอุณหภูมิได้โดยการตั้งค่าอุณหภูมิสูงสุด และ ต่ำสุด เพื่อให้อุณหภูมิอยู่ในช่วงที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 ระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

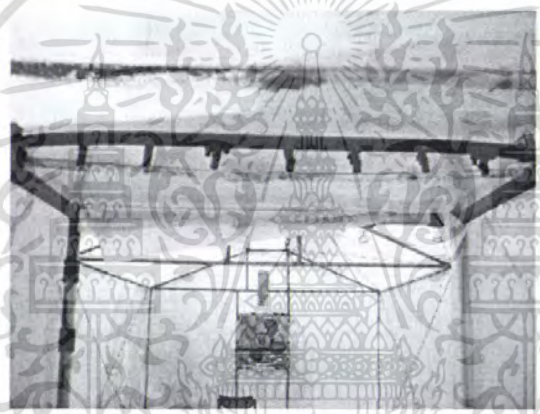
การทดลอง และผลการทดลอง

ในการทดลอง การพัฒนาโรงเรือนสาธิตระบบทำความเย็นแบบระเหย มีการทำการทดลองตัวอย่าง

4.1 วิธีการทดลอง และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

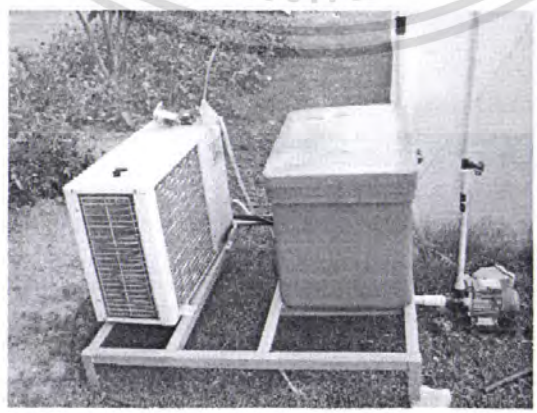
ขั้นตอนการทดลองมีดังนี้

4.1.1 ติดตั้งอุปกรณ์การให้น้ำแต่ละชนิด ตรงช่องเปิด โดยจะใช้ในการทดลองทีละชนิด คือ หัวพ่นหมอก ท่อปล่อยน้ำ และ สปริงเกอร์ ดังรูป



รูปที่ 4.1 ลักษณะการติดตั้งหัวพ่นหมอก

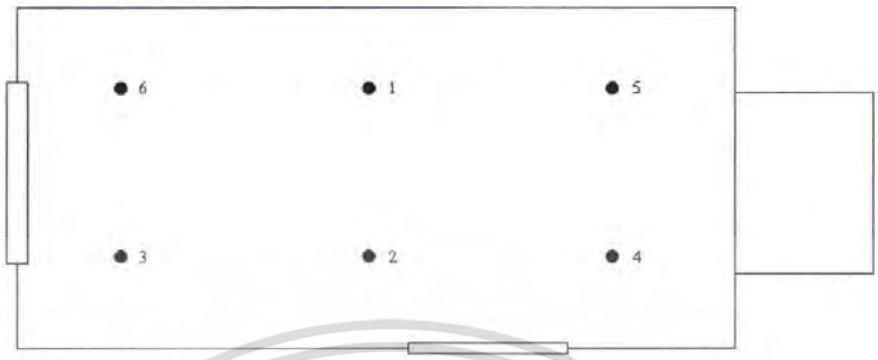
4.1.2 ติดตั้งระบบทำความเย็นกับปั๊มน้ำ



รูปที่ 4.2 การติดตั้งระบบทำความเย็นกับเครื่องสูบน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ต่อเครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) กับสายเทอร์โมคับเปิ้ล โดยปลายสายอีกข้างหนึ่งจะนำไปต่อที่จุดต่างๆที่ทำการทดสอบทั้ง 6 จุด ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงจุดวัดอุณหภูมิโดยสายเทอร์โมคับเปิ้ลภายในโรงเรือน

4.1.4 ทำการทดลองเปิดน้ำเข้าถังเก็บน้ำ และ เปิดเครื่องทำความเย็นน้ำให้ได้น้ำอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 5 องศาเซลเซียสโดยการทดลองด้วยน้ำที่อุณหภูมิเริ่มต้น 5 องศาเซลเซียส เวลา 9.00น. ทำการวัดและบันทึกผล อุณหภูมิเริ่มต้นที่จุดต่างๆ 6 จุด อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกโรงเรือน และอุณหภูมิกระเปาะเปียกทั้งภายนอกและภายในโรงเรือน โดทำการวัดและบันทึกผลทุก 10 นาที

4.1.5 ทำการทดลองที่เวลา 12.00น. และ 15.00 น. และบันทึกผลเหมือนข้อ 4.1.4

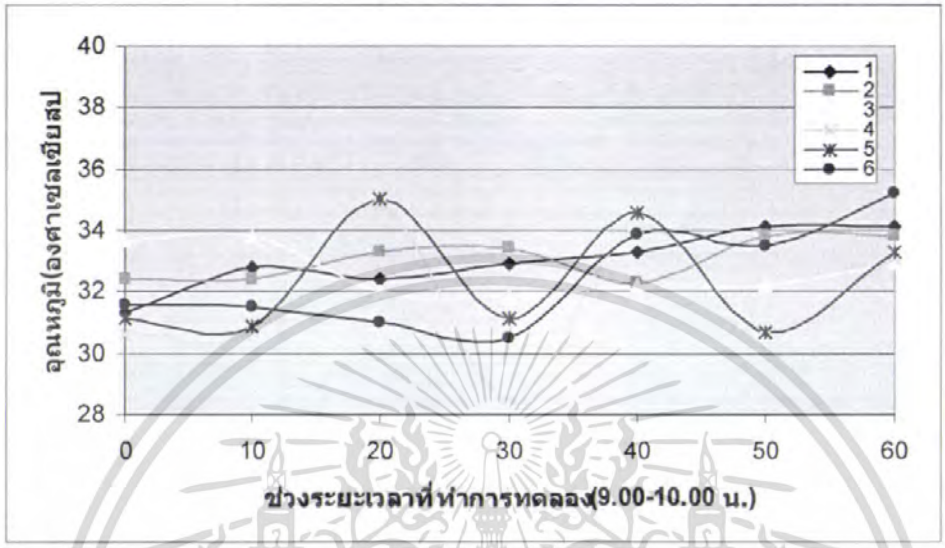
4.1.6 เปลี่ยนอุปกรณ์การให้น้ำ ทำการทดลอง และ บันทึกผลเหมือนข้อ4.1.4 และ4.1.5

4.1.7 นำข้อมูลที่ได้มาสรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง โดยนำข้อมูลที่ได้ไปหาความสัมพันธ์กัน โดยแสดงเป็นกราฟระหว่าง อุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในโรงเรือน

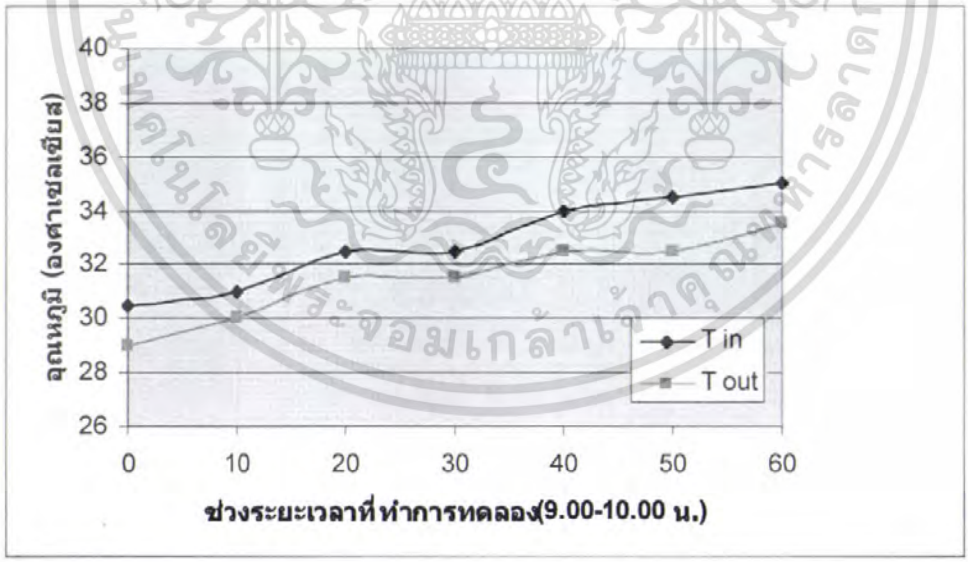
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลอง

4.2.1 การทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่สภาวะอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส วัดค่าที่ระดับช่องเปิด

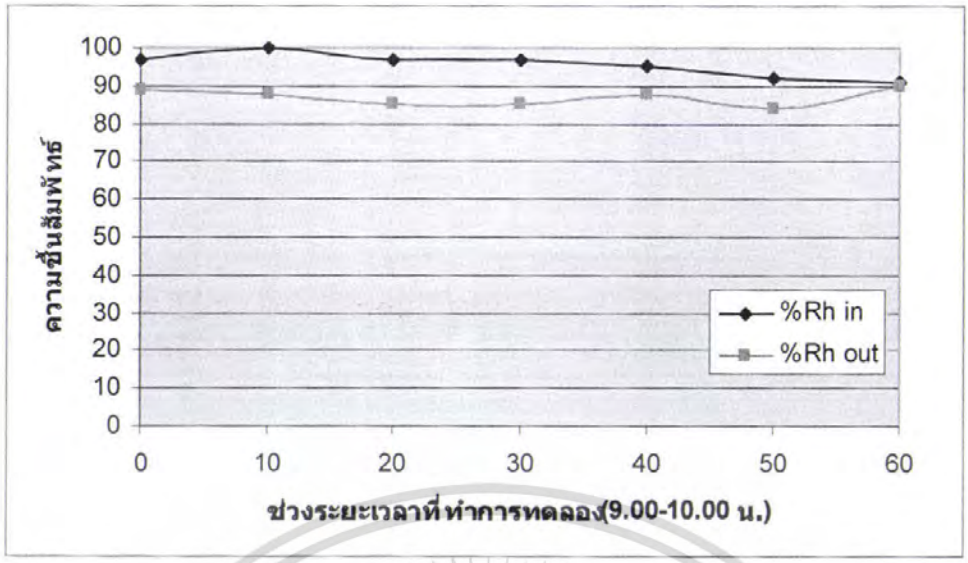


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น.

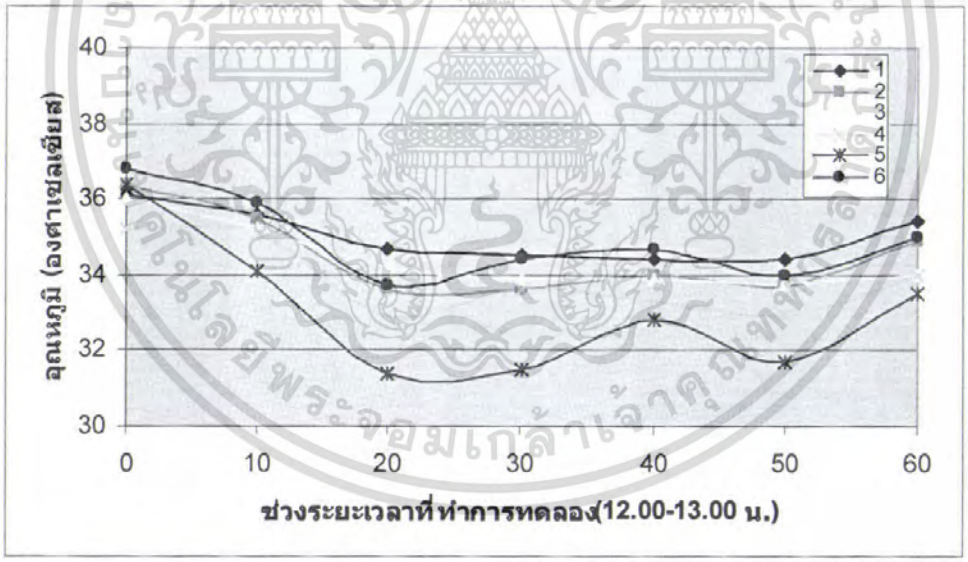


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

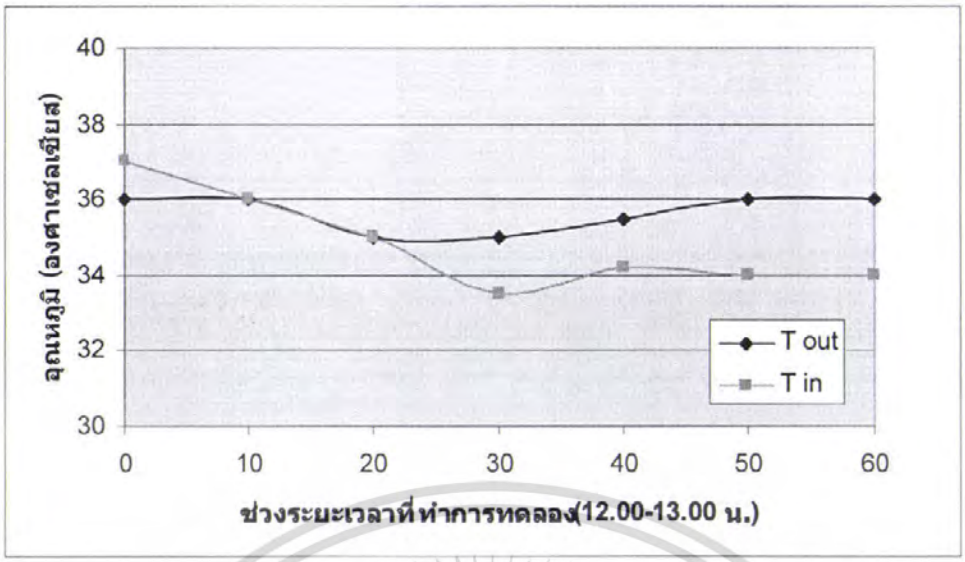


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือนโดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น.

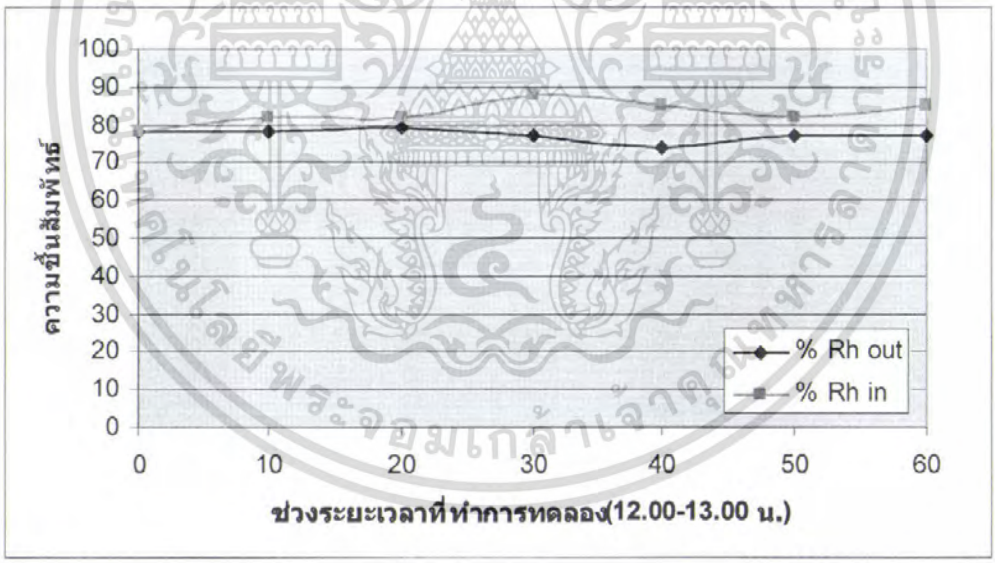


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

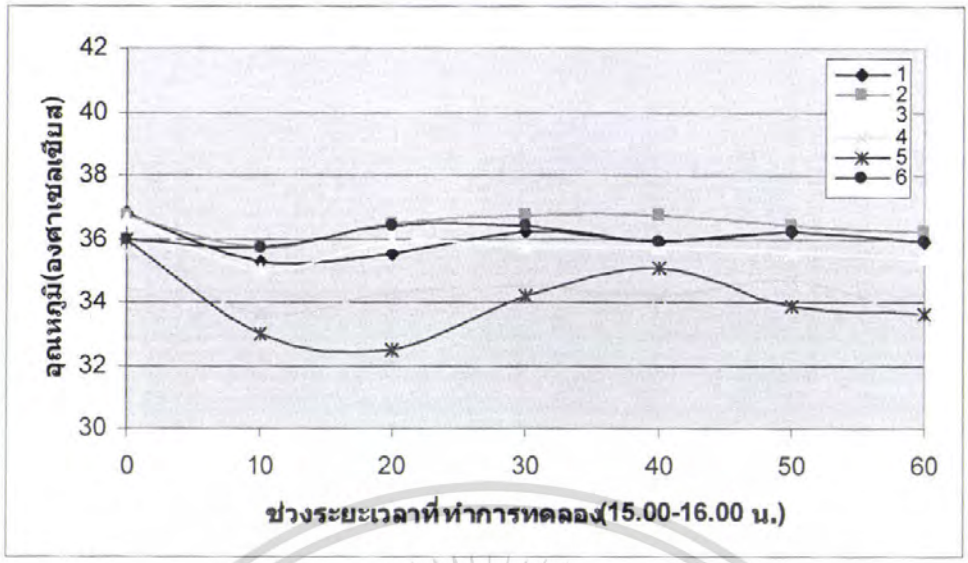


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น.

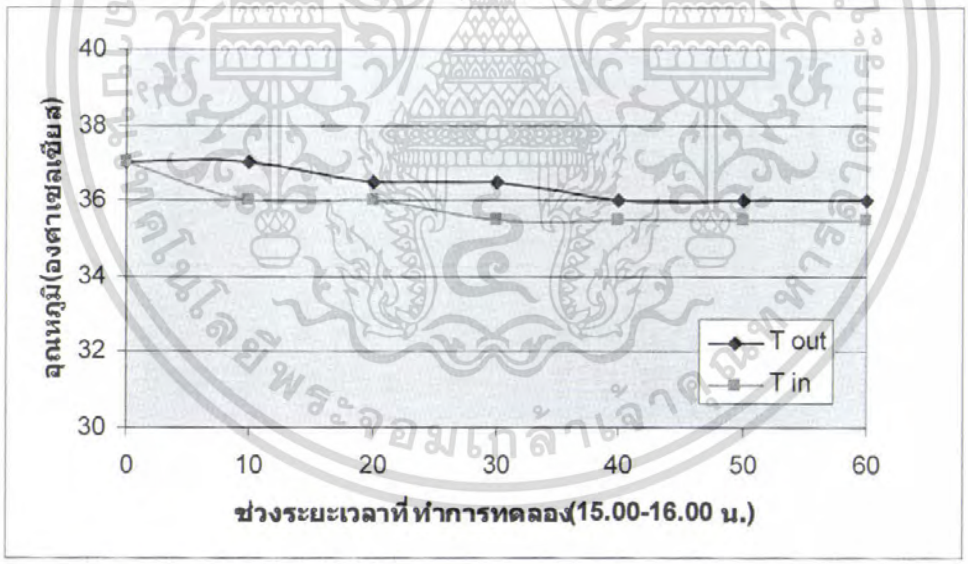


รูปที่ 4.9 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

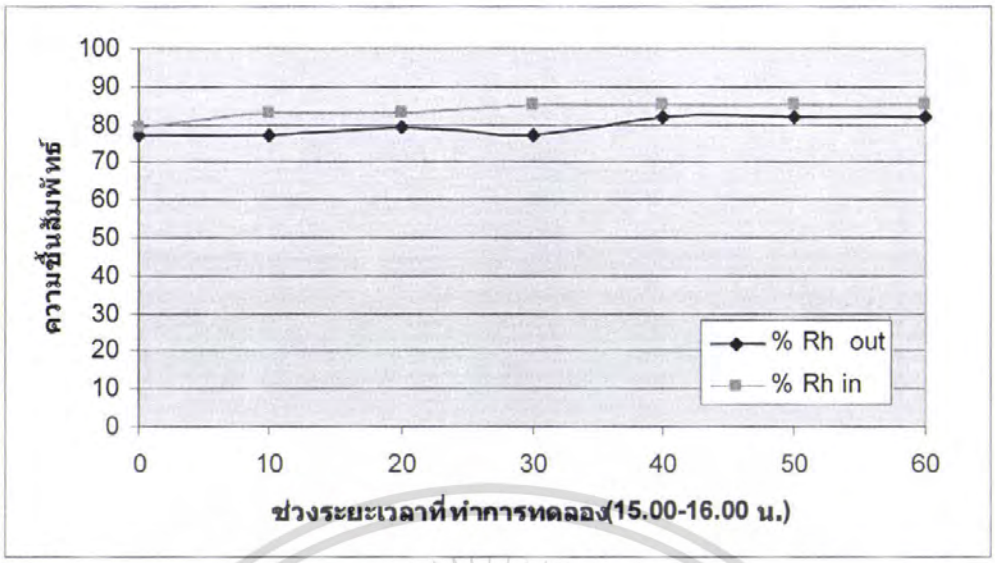


รูปที่ 4.10 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น.

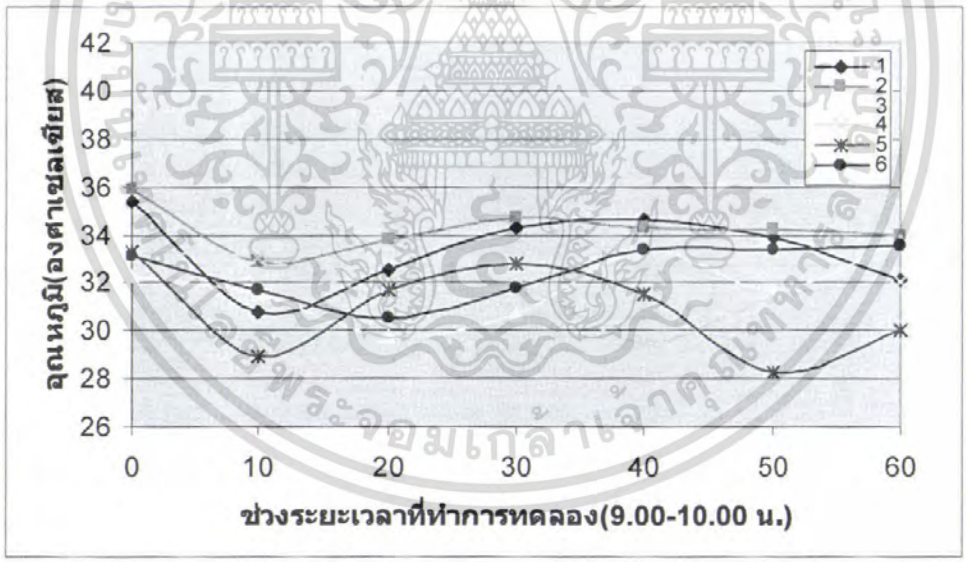


รูปที่ 4.11 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

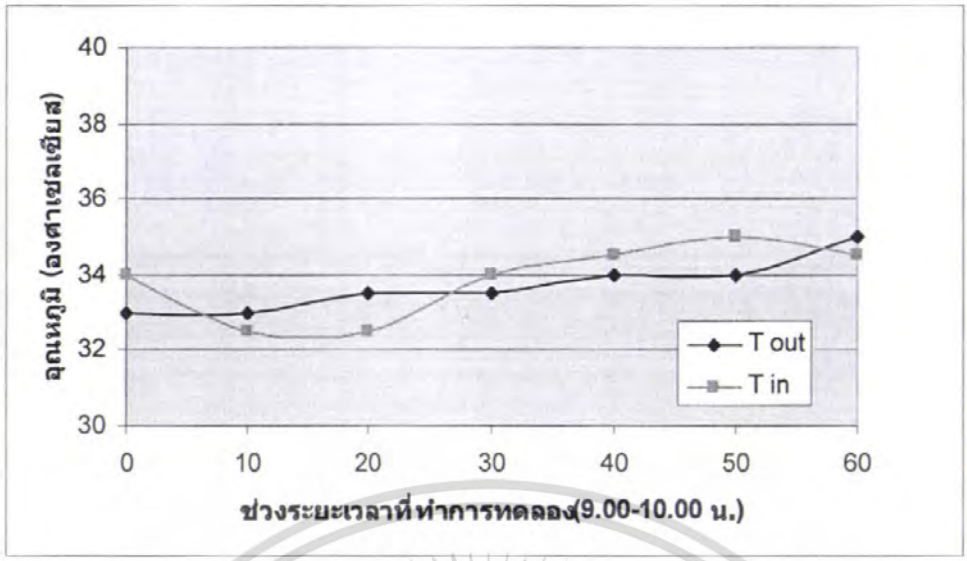


รูปที่ 4.12 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น.

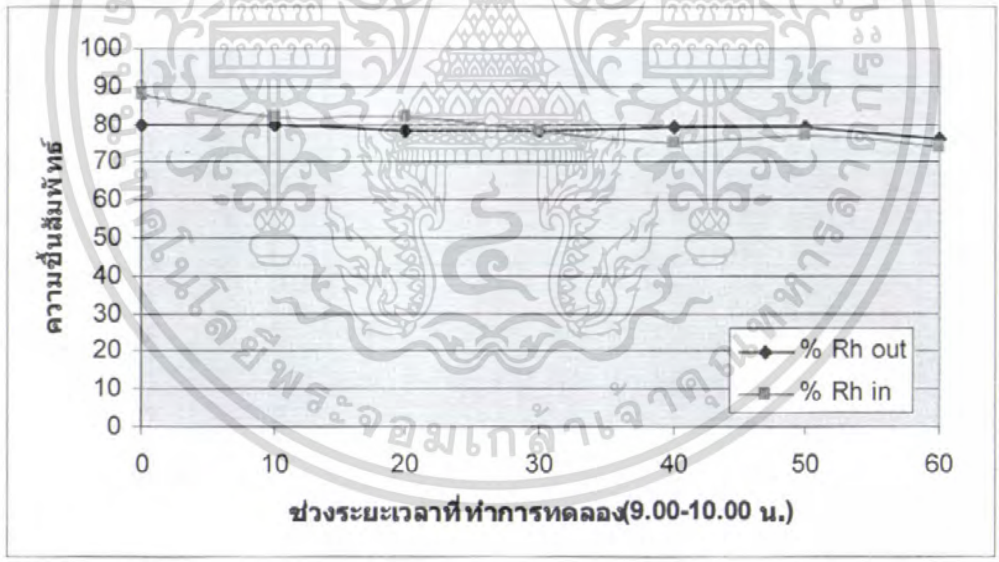


รูปที่ 4.13 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

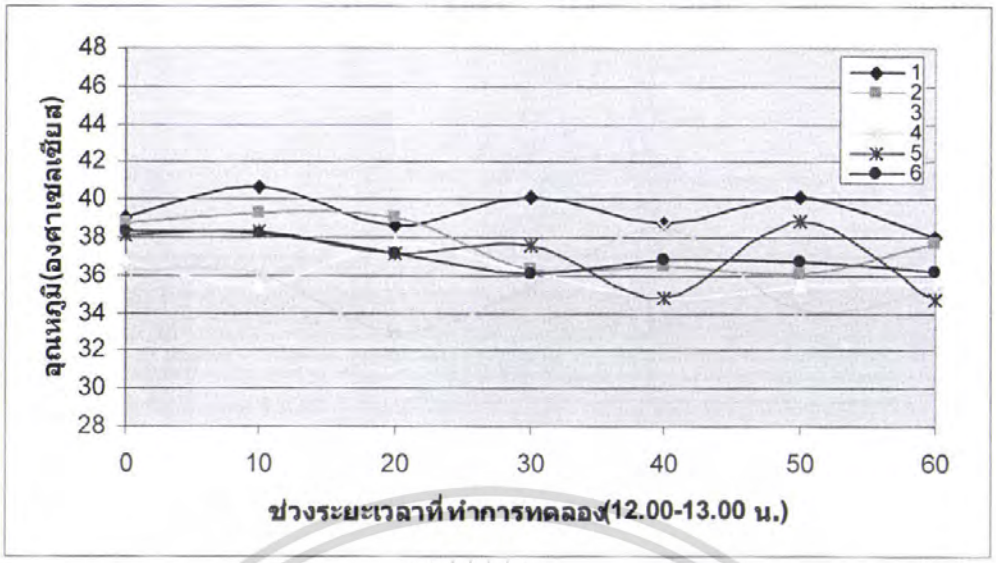


รูปที่ 4.14 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น.

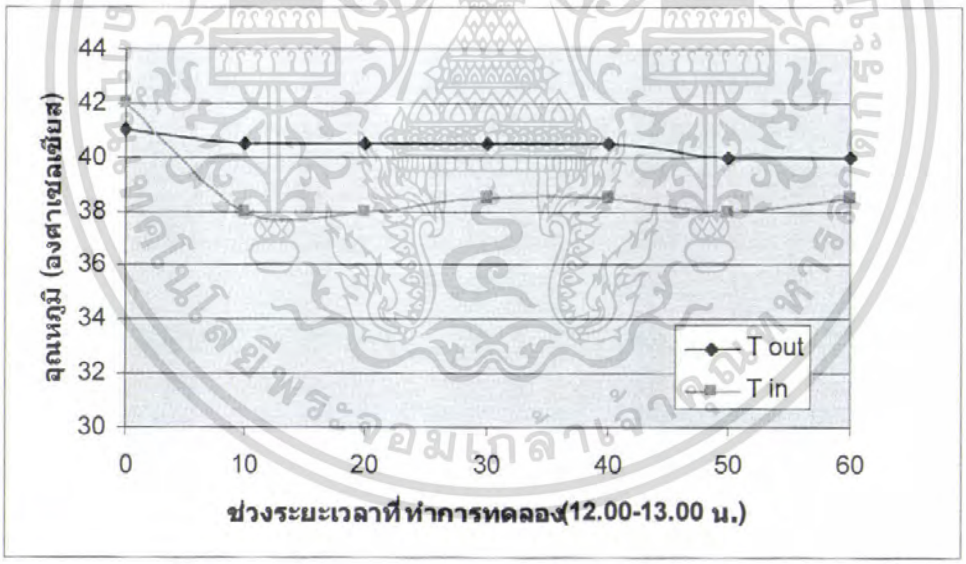


รูปที่ 4.15 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

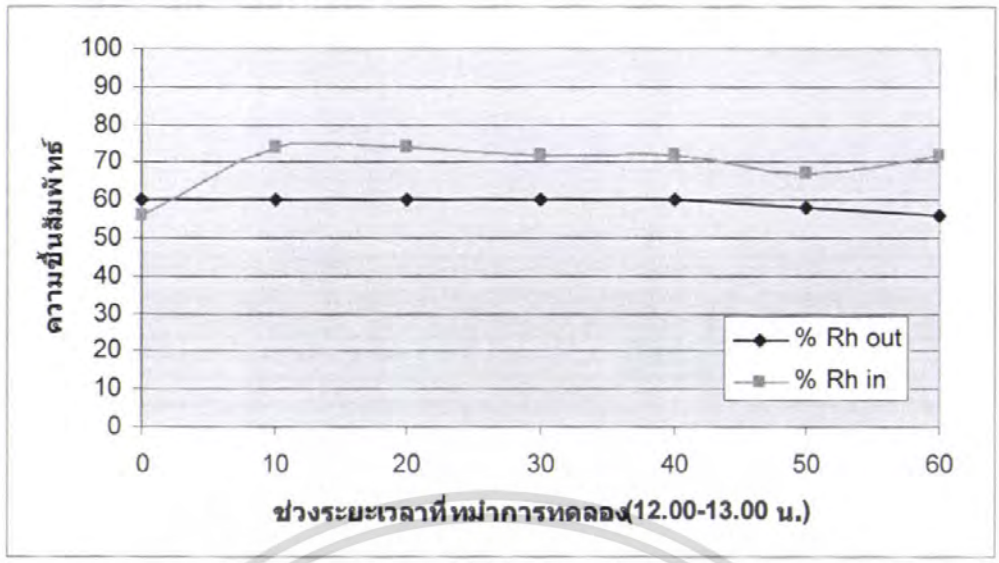


รูปที่ 4.16 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น.

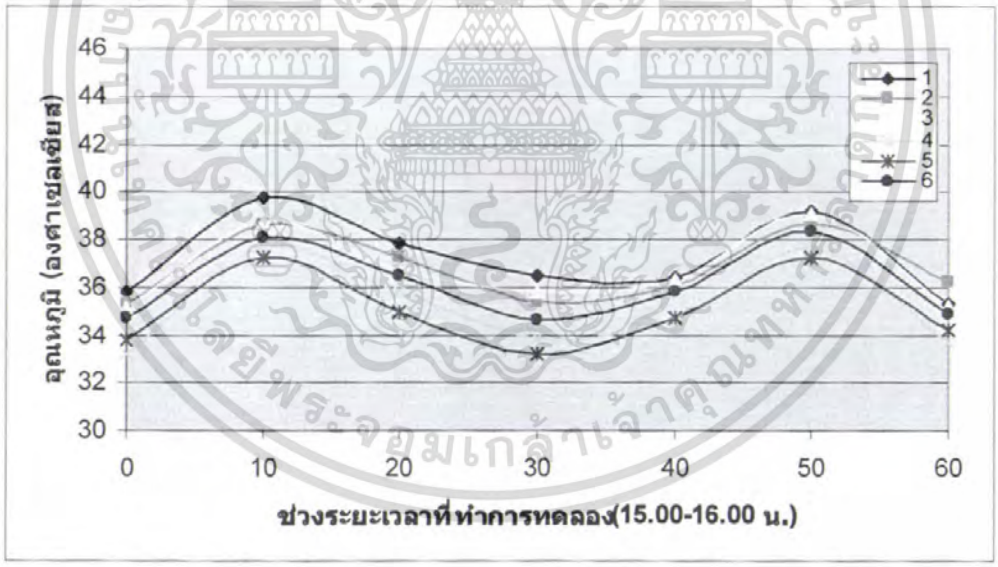


รูปที่ 4.17 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

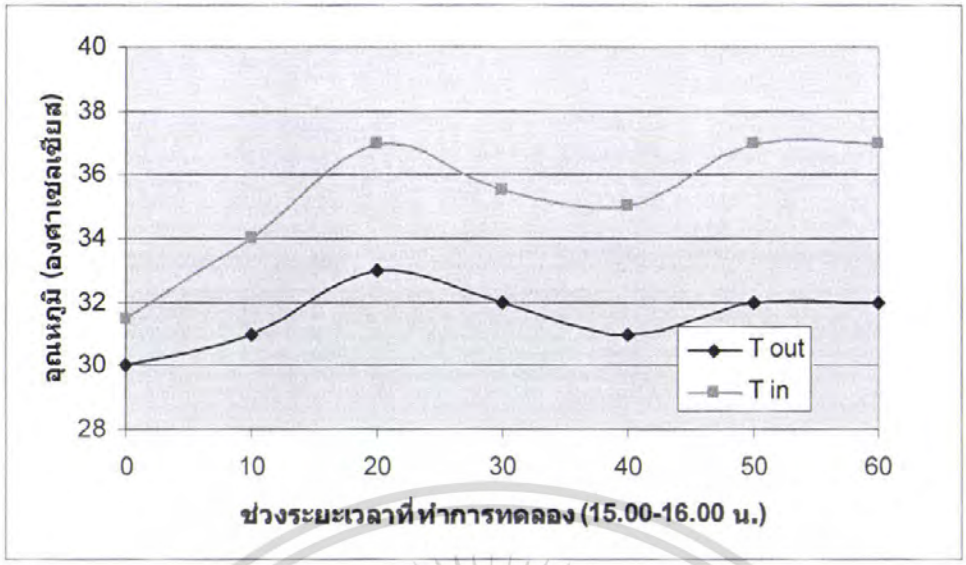


รูปที่ 4.18 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น.

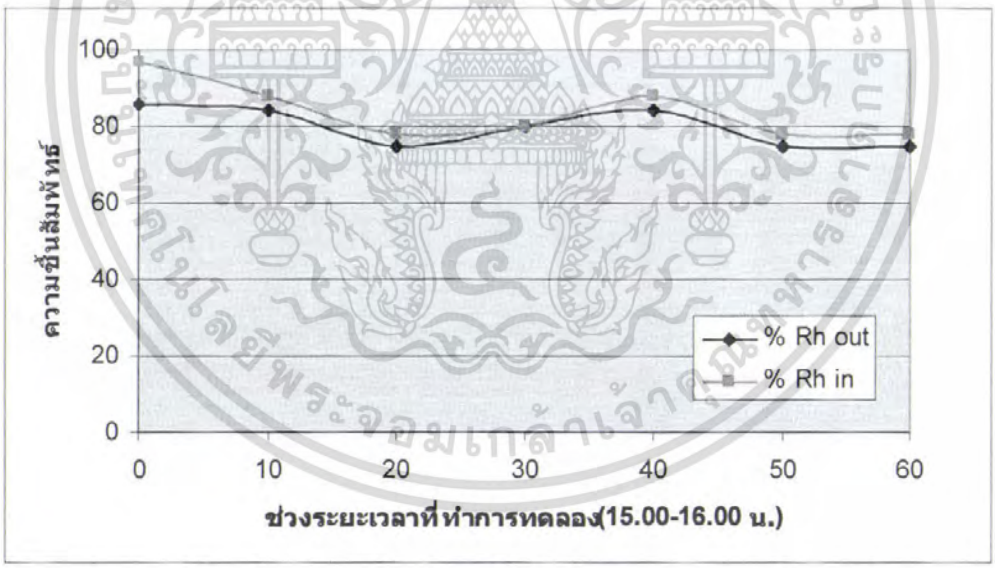


รูปที่ 4.19 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



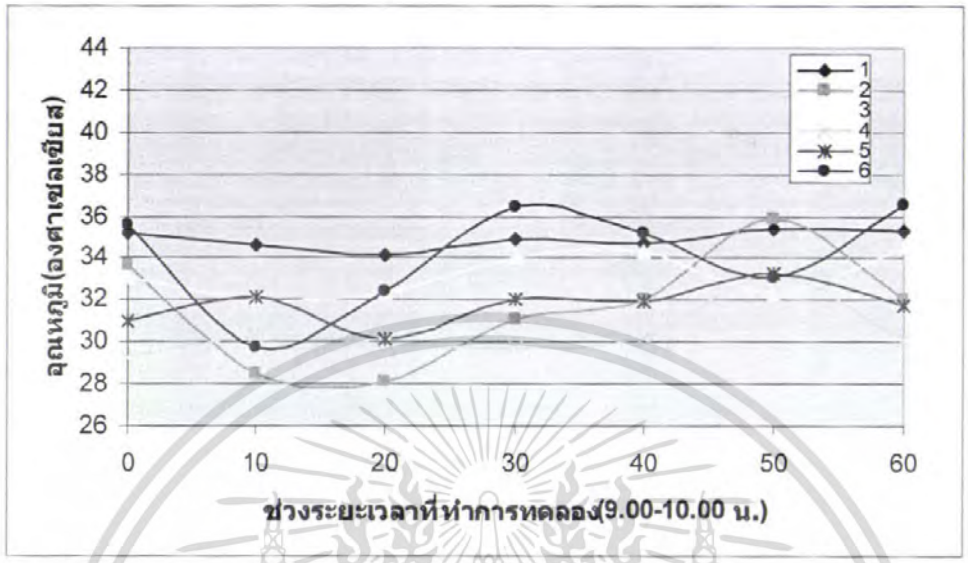
รูปที่ 4.20 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น.



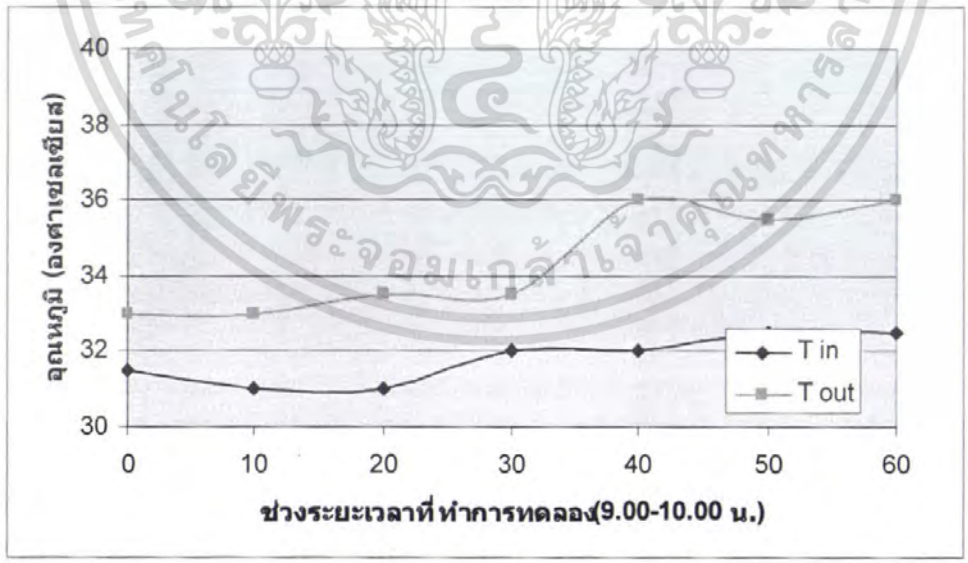
รูปที่ 4.21 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่สภาวะอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส วัดค่าที่ระดับพื้นดิน

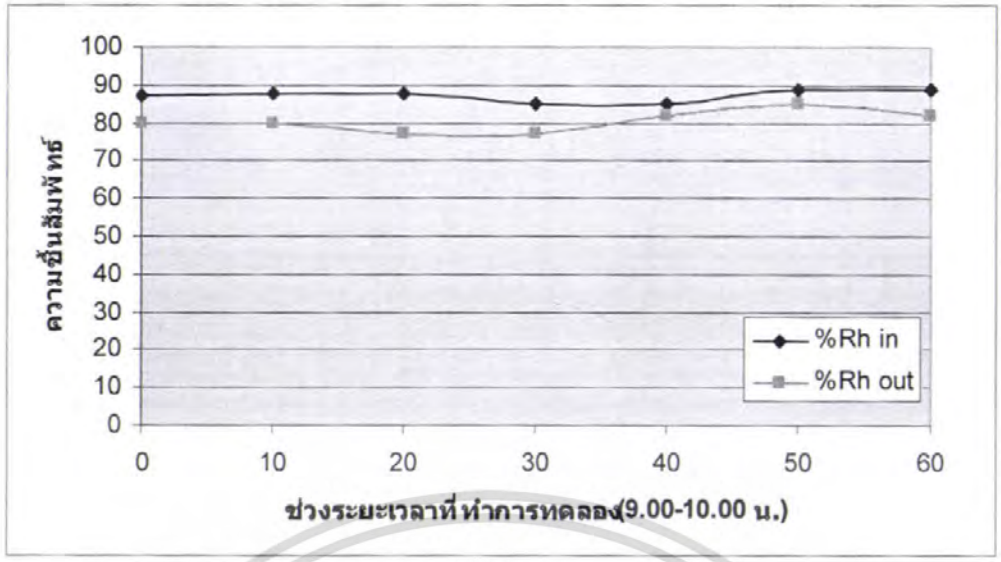


รูปที่ 4.22 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น.

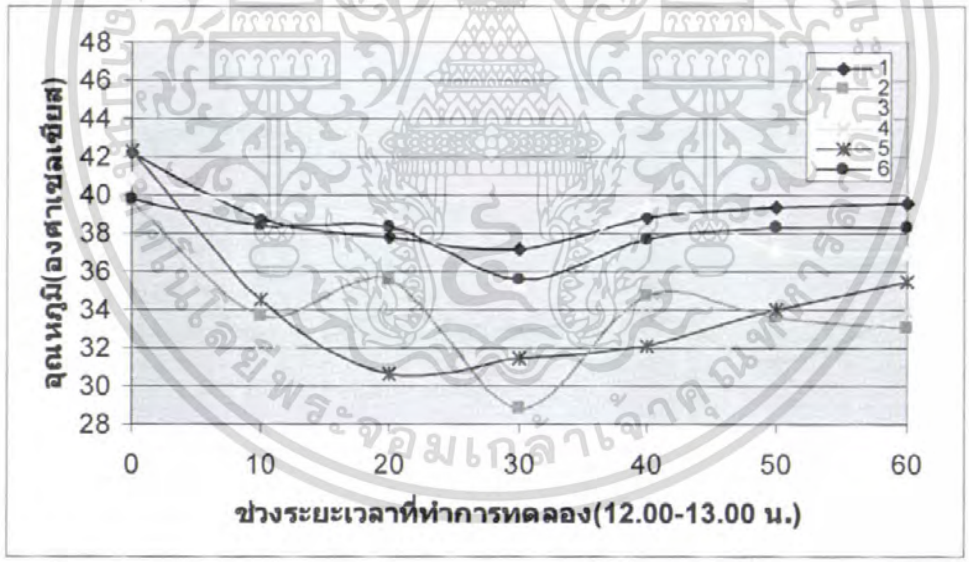


รูปที่ 4.23 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

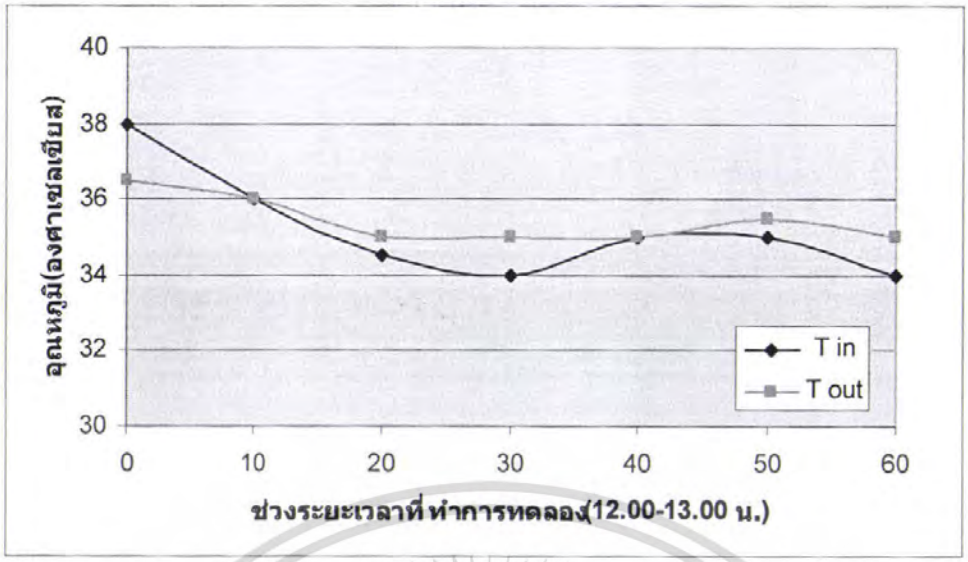


รูปที่ 4.24 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายใน โรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น.

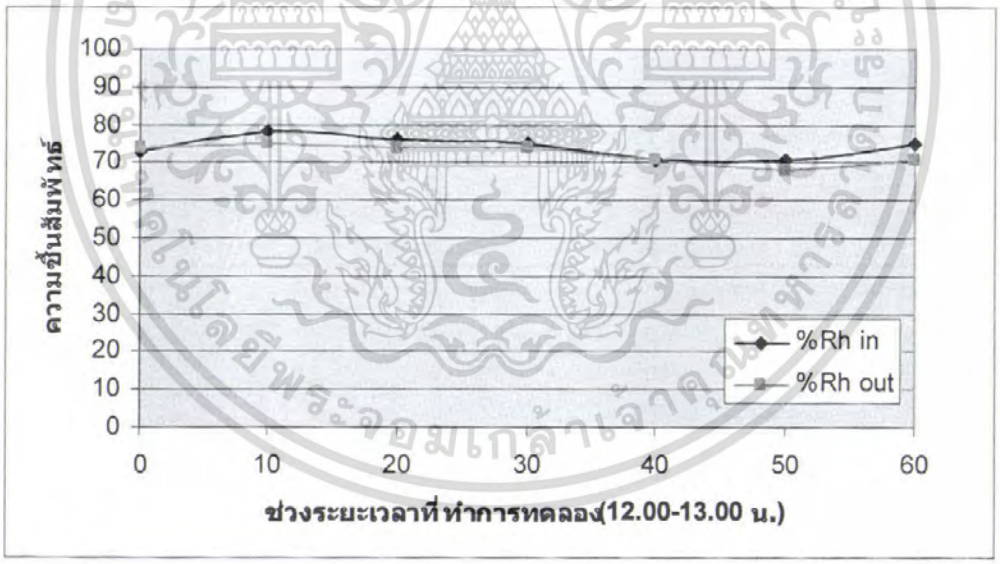


รูปที่ 4.25 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

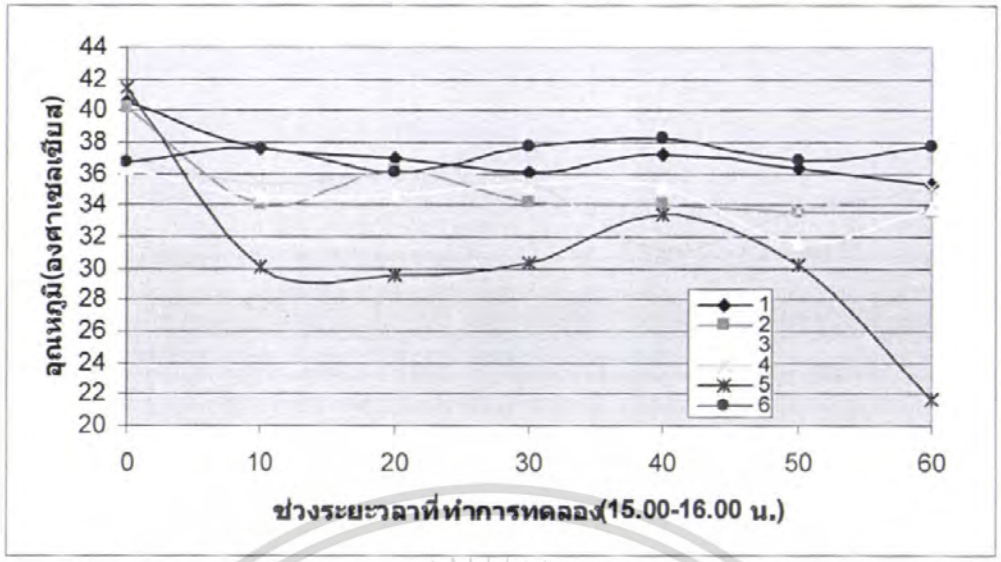


รูปที่ 4.26 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น.

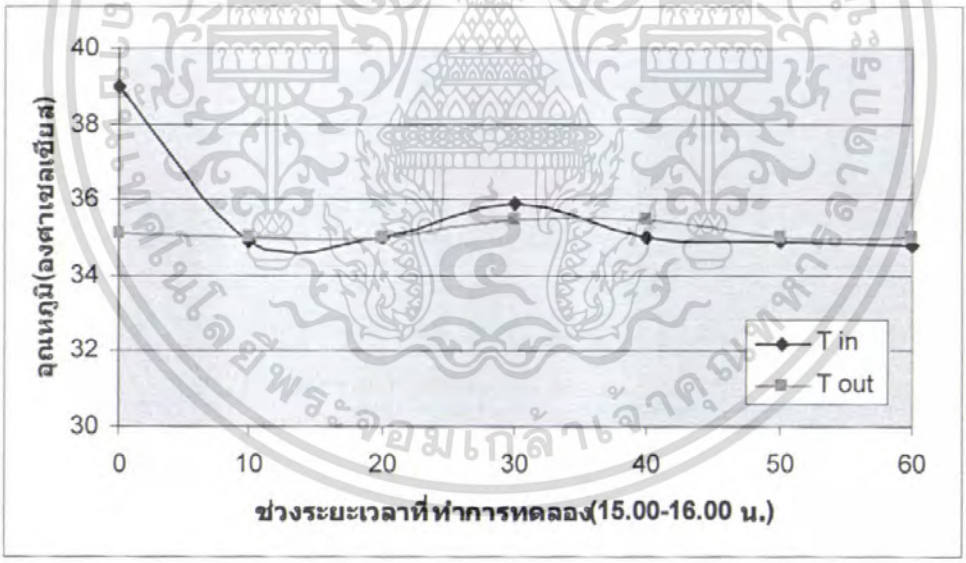


รูปที่ 4.27 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

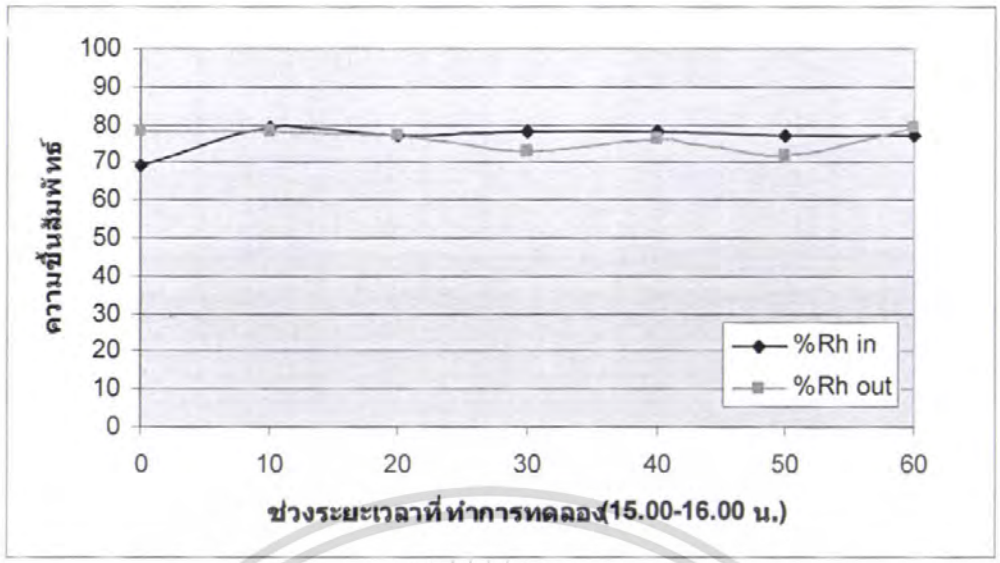


รูปที่ 4.28 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น.



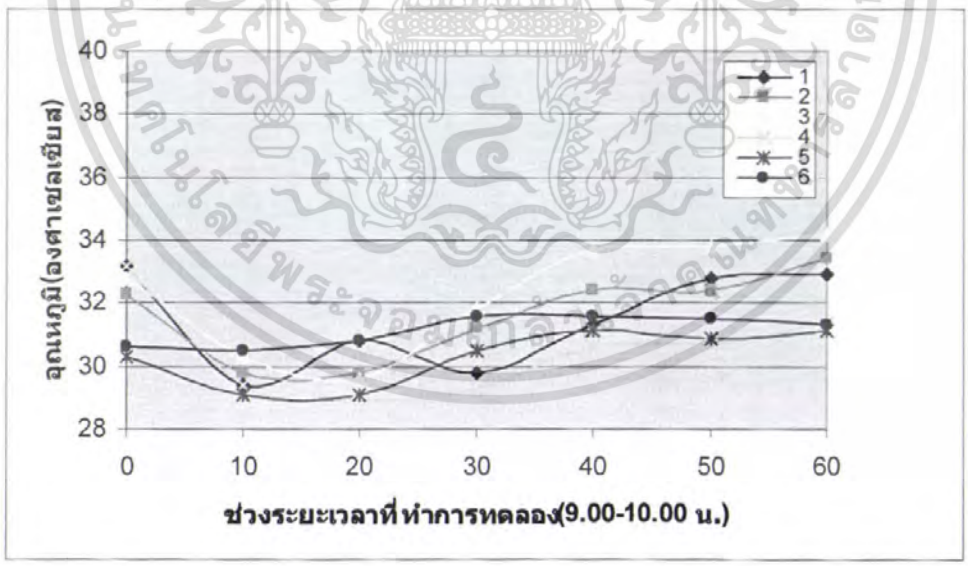
รูปที่ 4.29 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



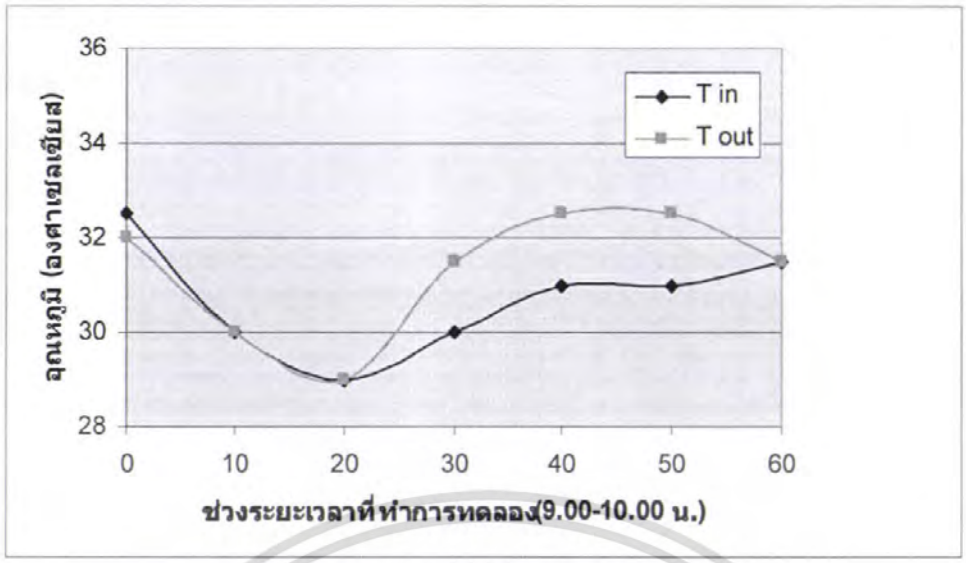
รูปที่ 4.30 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น.

4.2.3 การทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำที่สภาวะอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส วัดค่าที่ระดับหลังคาจั่ว

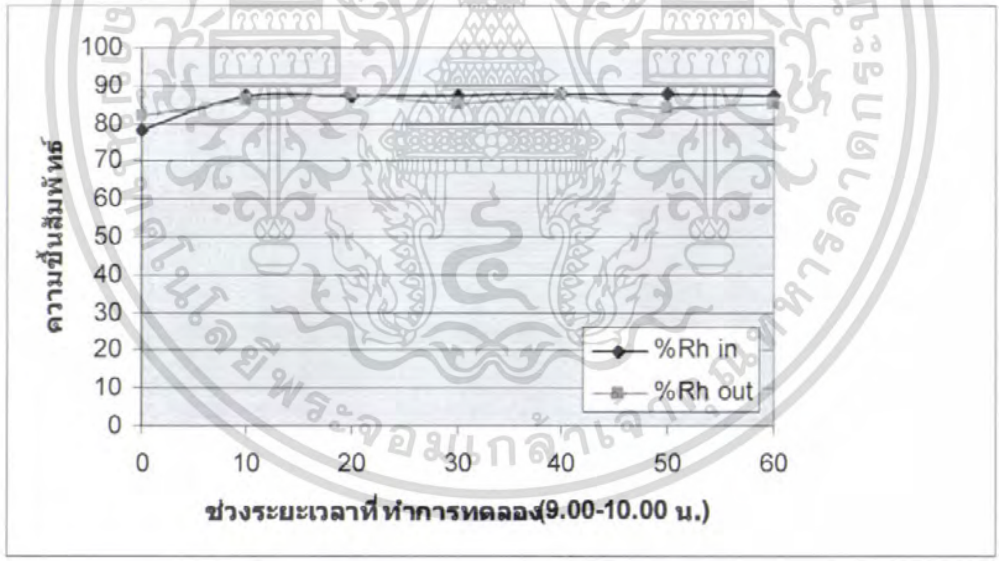


รูปที่ 4.31 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

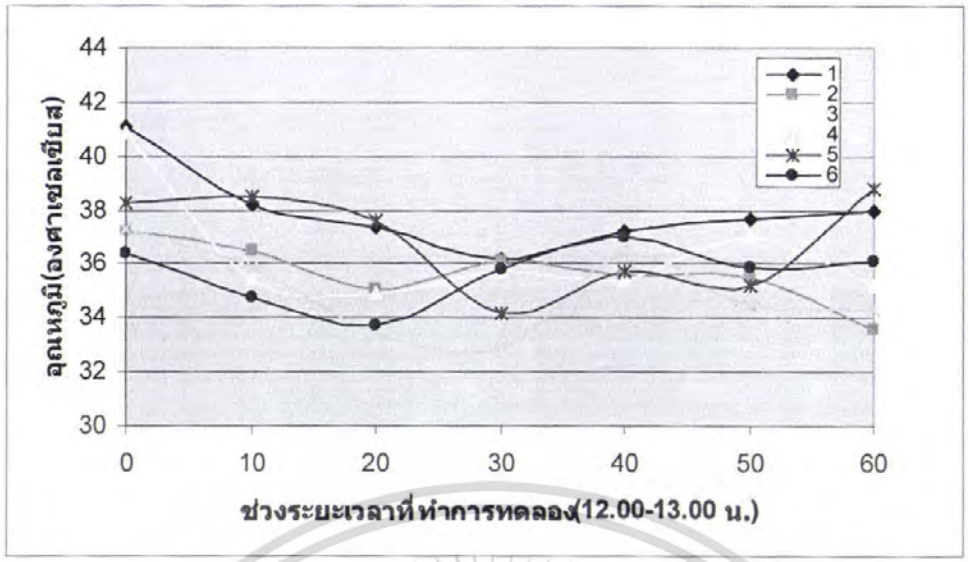


รูปที่ 4.32 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น.

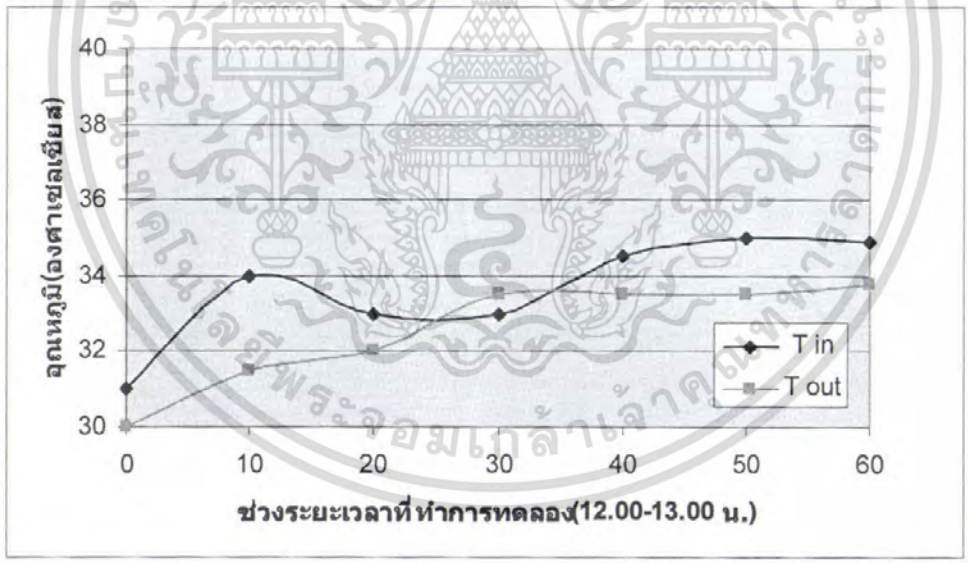


รูปที่ 4.33 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

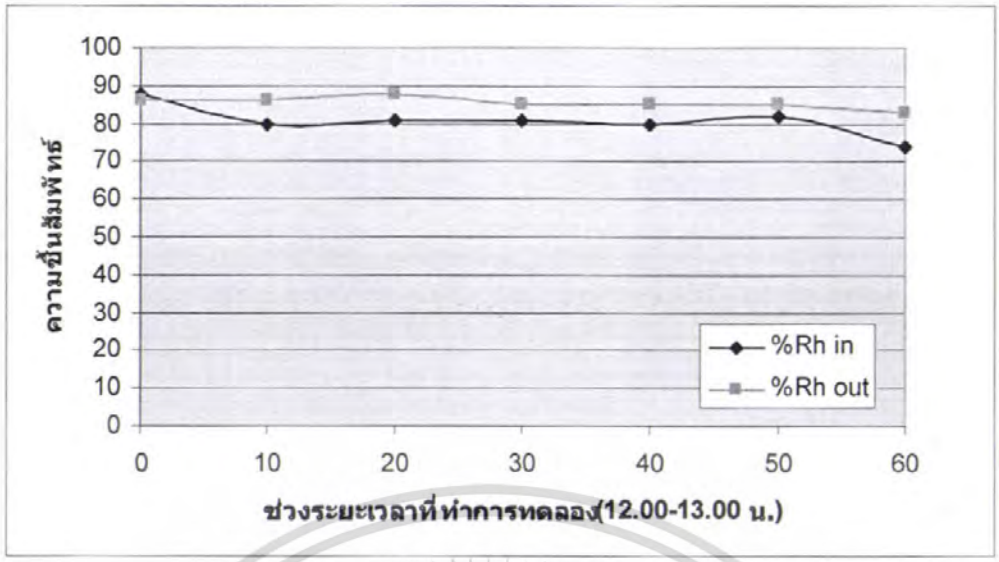


รูปที่ 4.34 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น.

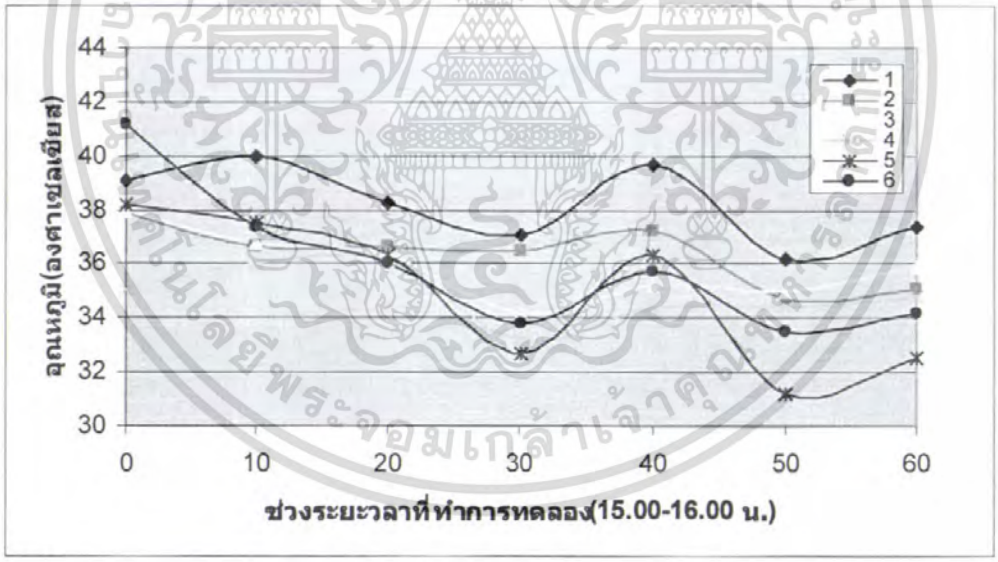


รูปที่ 4.35 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

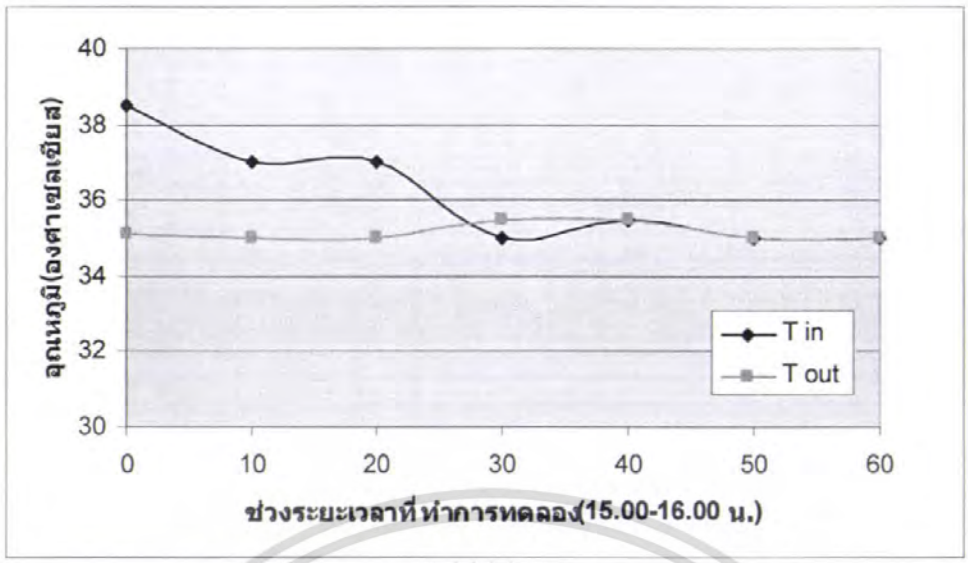


รูปที่ 4.36 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น.

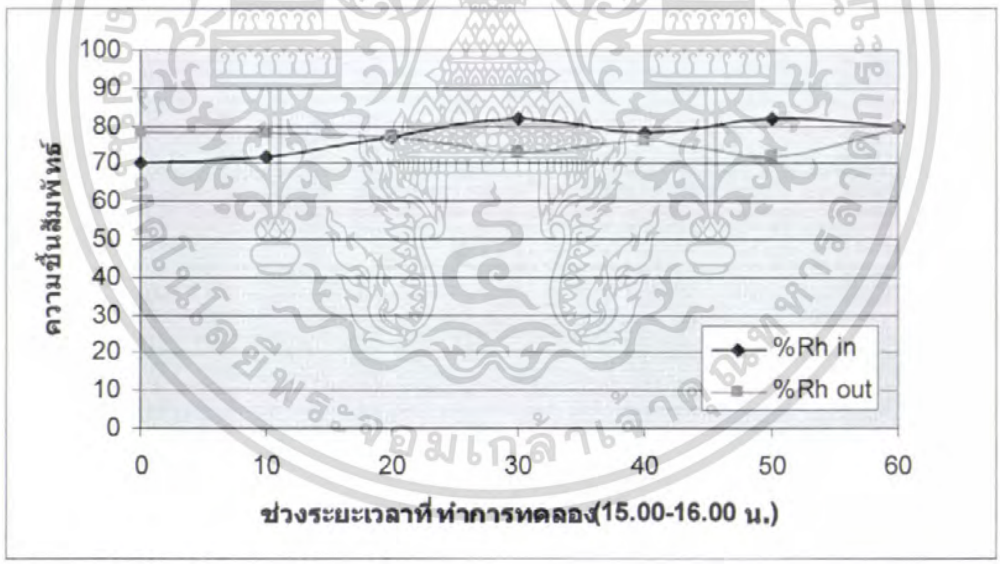


รูปที่ 4.37 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



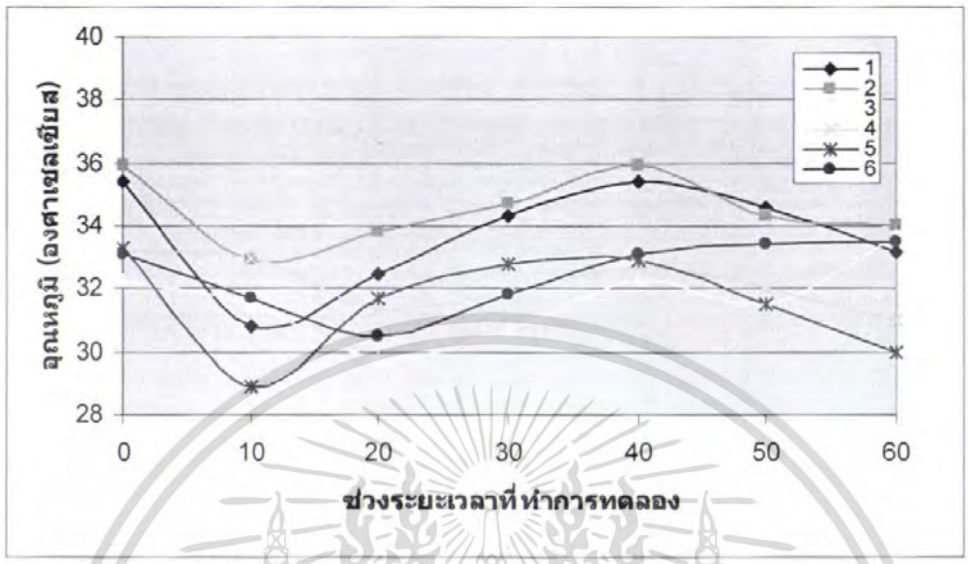
รูปที่ 4.38 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น.



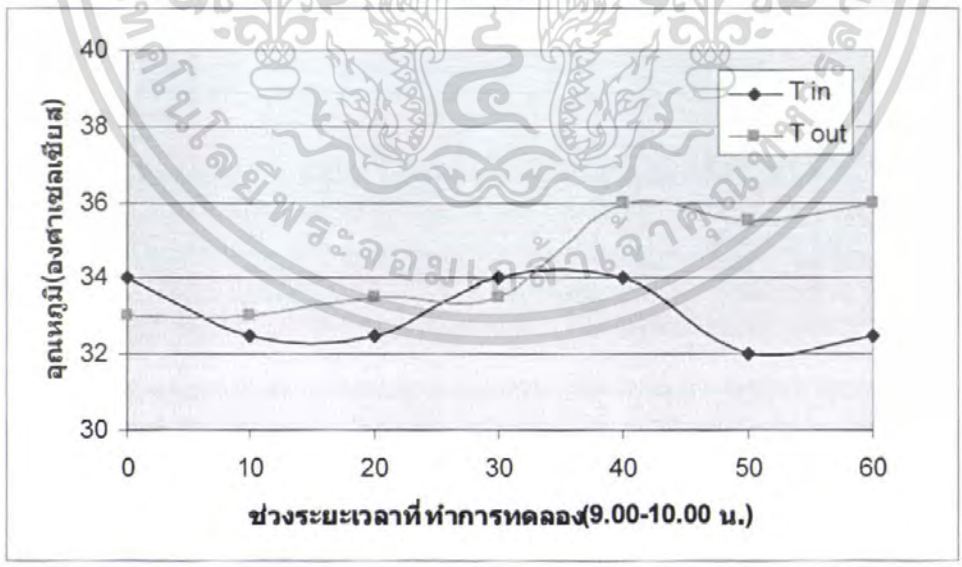
รูปที่ 4.39 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้หัวพ่นหมอกให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การทดลองโดยใช้ท่อปล่อยน้ำเป็นตัวปล่อยน้ำที่สภาวะอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส วัดค่าที่ระดับช่องเปิด

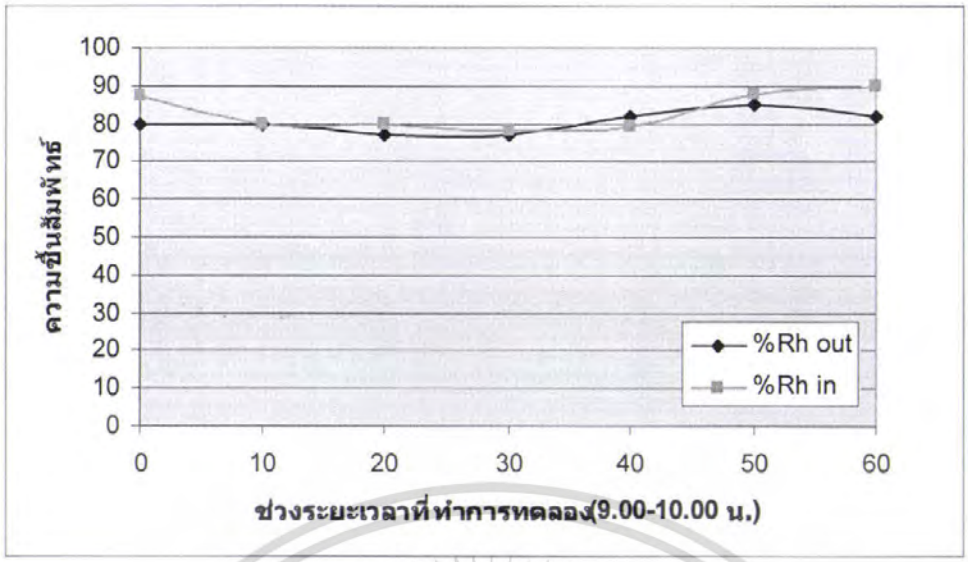


รูปที่ 4.40 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้ท่อปล่อยน้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น.

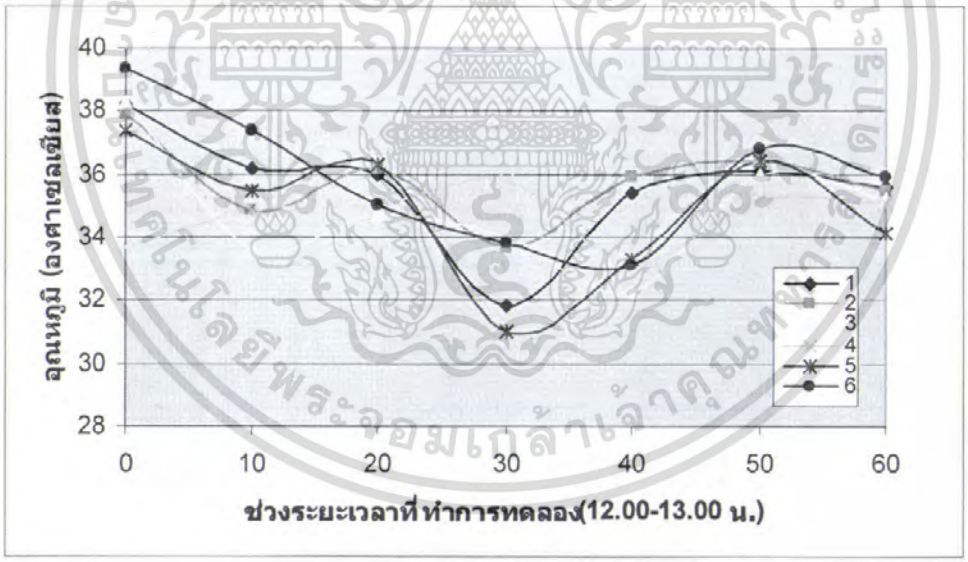


รูปที่ 4.41 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้ท่อปล่อยน้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

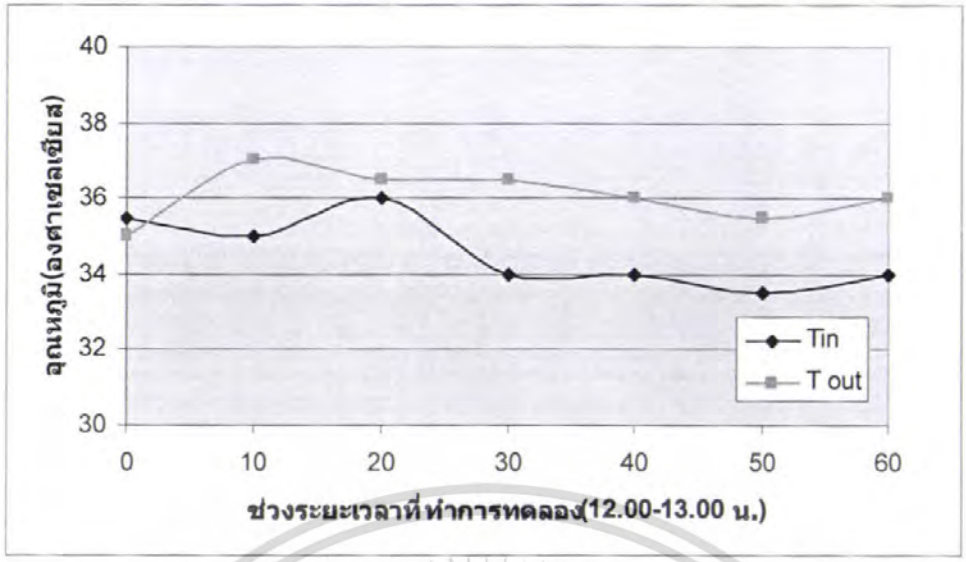


รูปที่ 4.42 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้ท่อปล่อยน้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น.

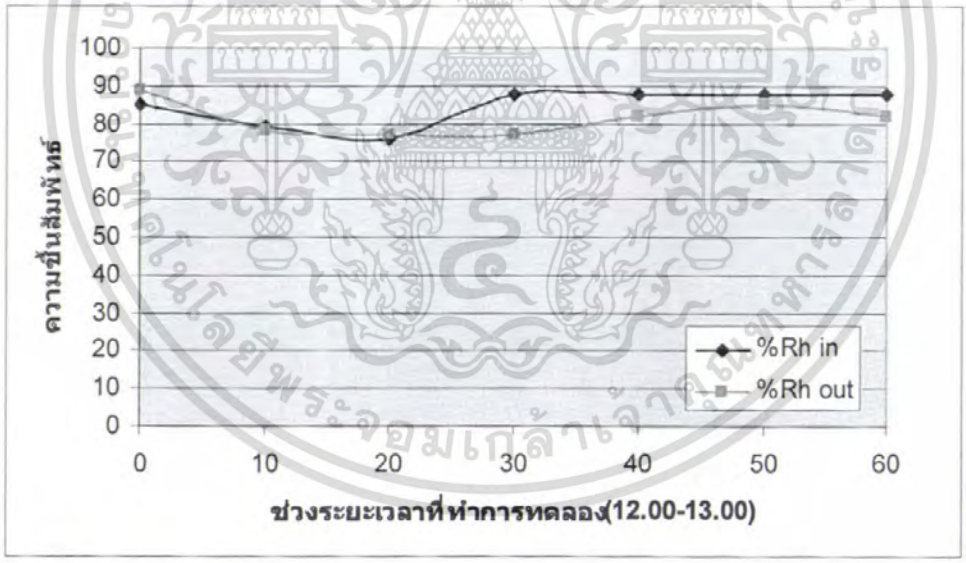


รูปที่ 4.43 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้ท่อปล่อยน้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

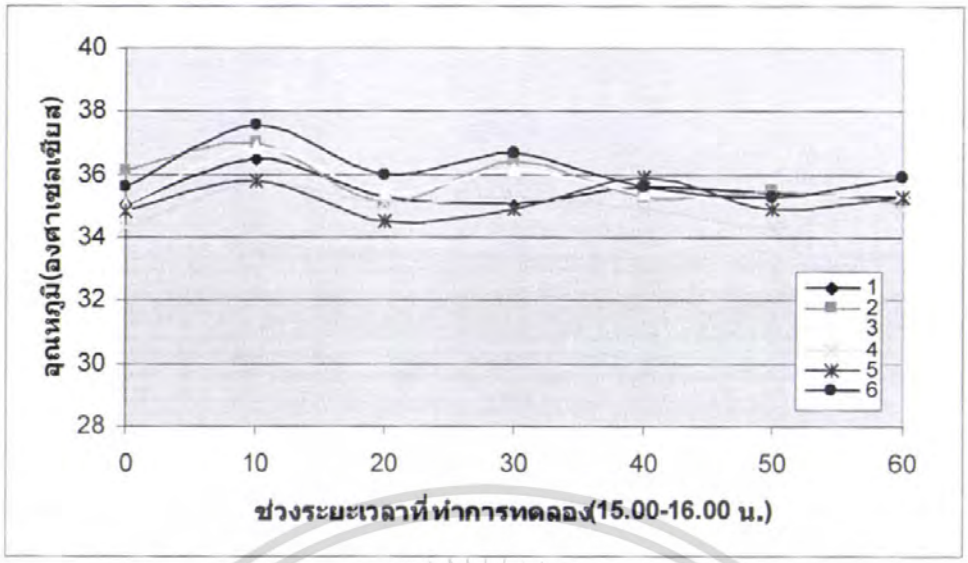


รูปที่ 4.44 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้ท่อปล่อยน้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น.

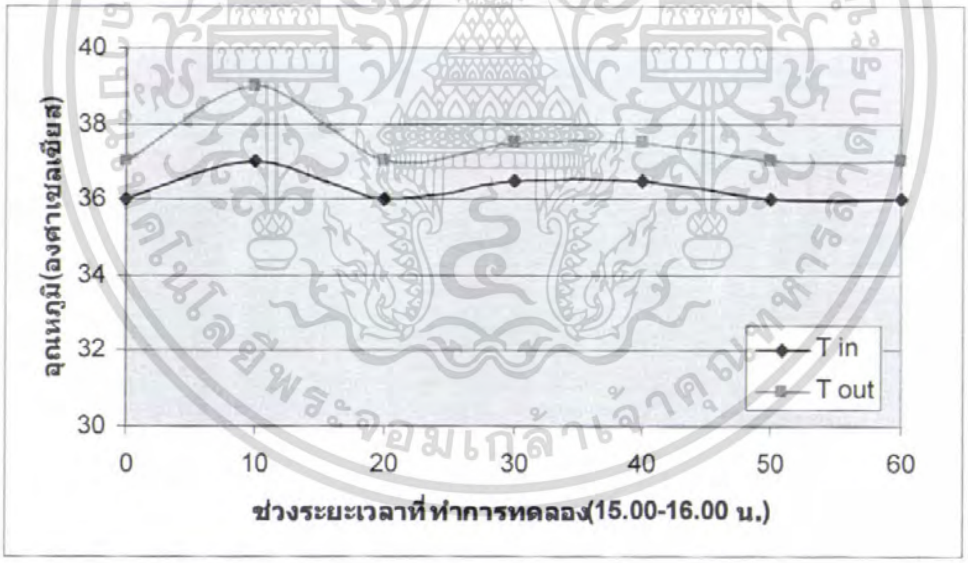


รูปที่ 4.45 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้ท่อปล่อยน้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

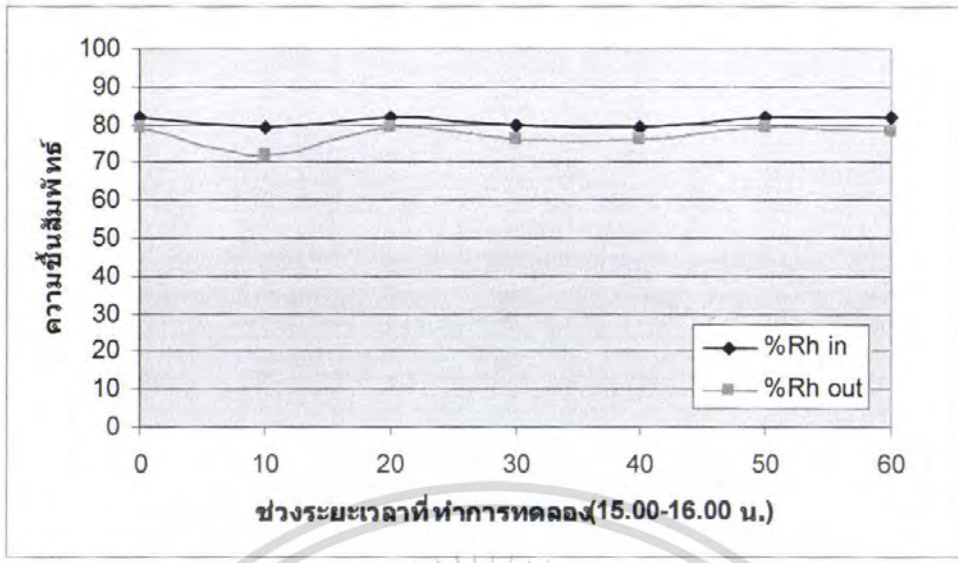


รูปที่ 4.46 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้ท่อปล่อยน้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น.



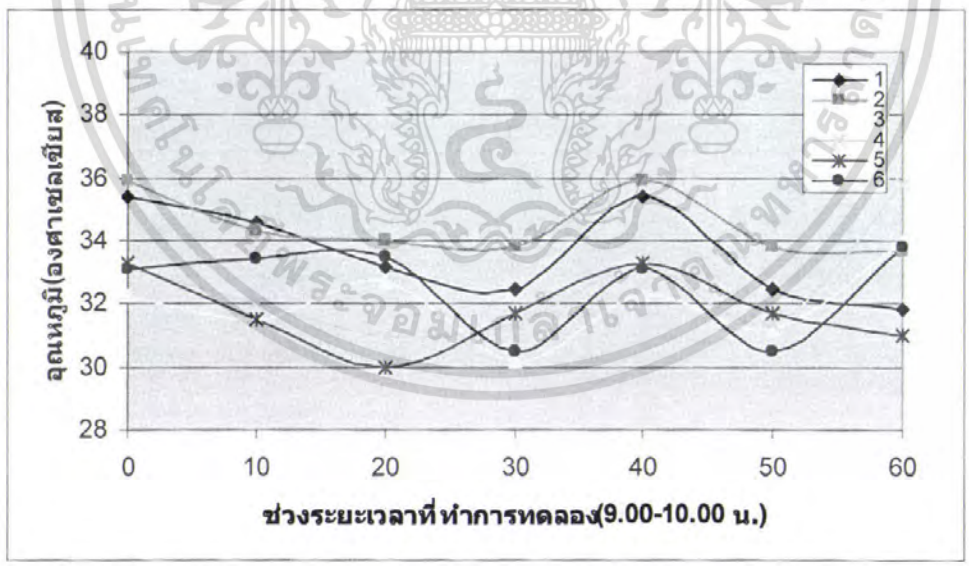
รูปที่ 4.47 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้ท่อปล่อยน้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



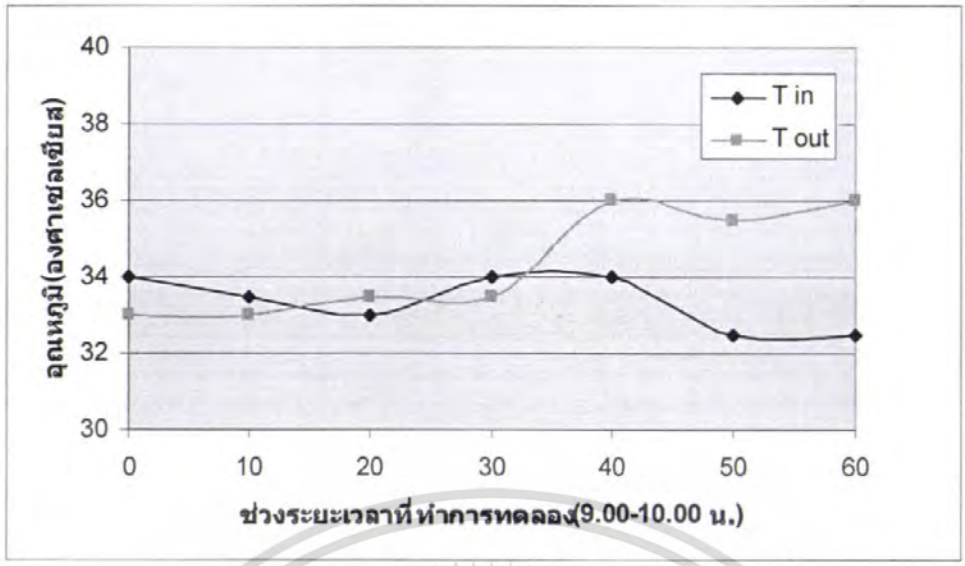
รูปที่ 4.48 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้ท่อปล่อยน้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น.

4.2.5 การทดลองโดยใช้สปริงเกอร์เป็นตัวปล่อยน้ำที่สภาวะอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส วัดค่าที่ระดับช่องเปิด

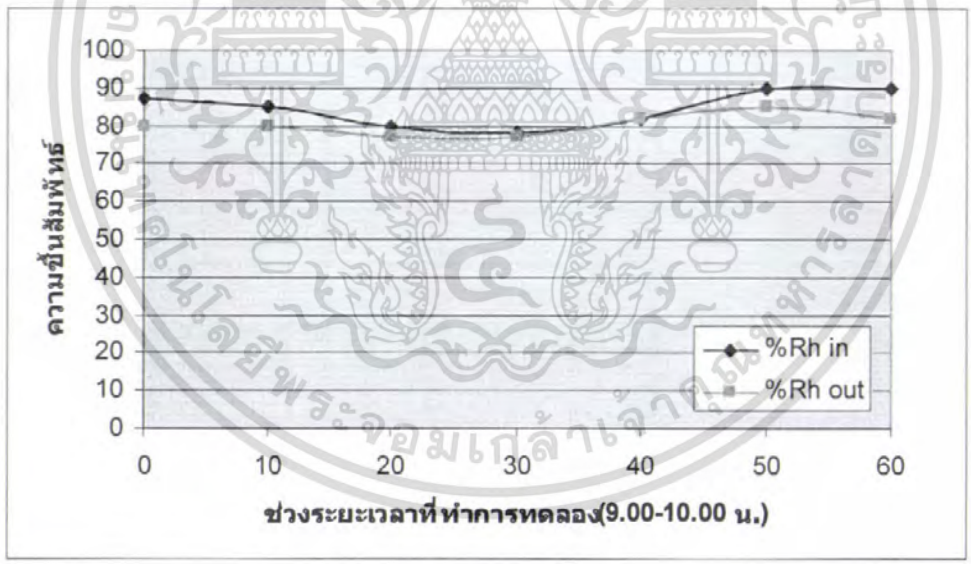


รูปที่ 4.49 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้สปริงเกอร์ให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

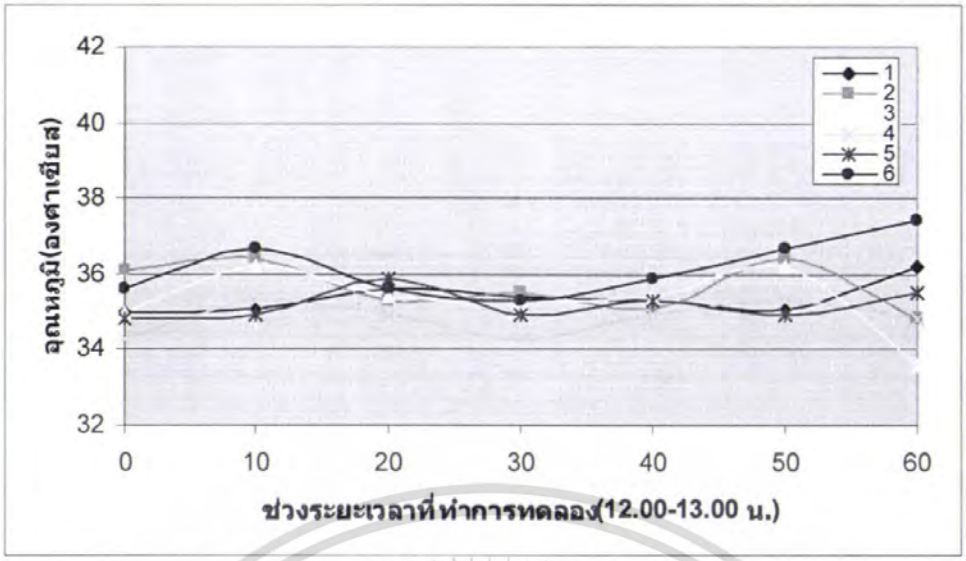


รูปที่ 4.50 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้สปริงเกอร์ให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น.

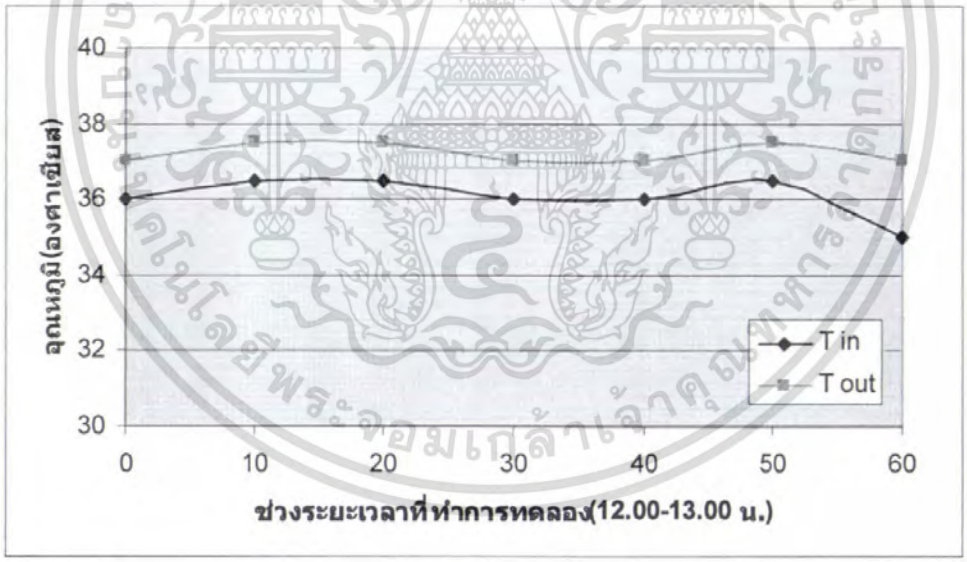


รูปที่ 4.51 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้สปริงเกอร์ให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 9.00-10.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

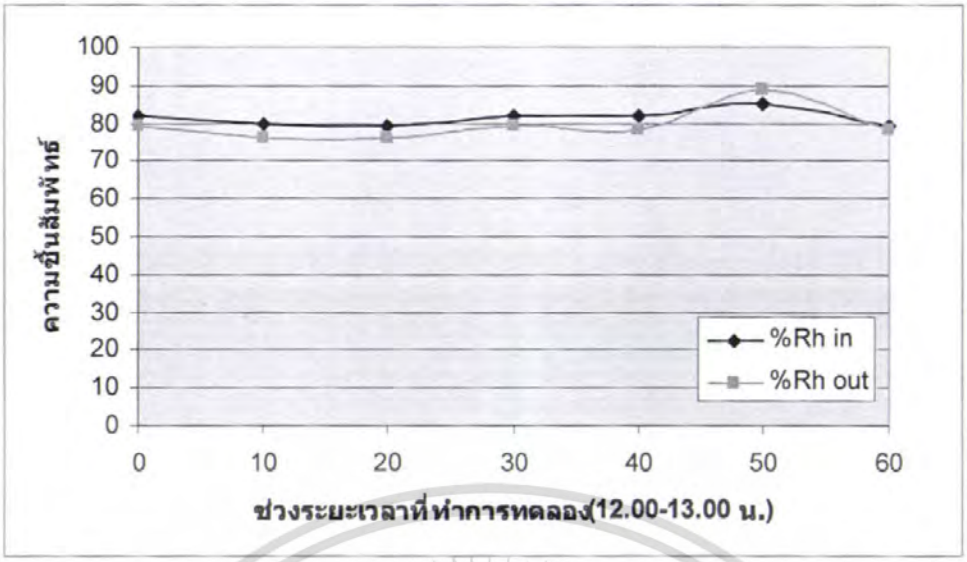


รูปที่ 4.52 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้สปริงเกอร์ให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น.

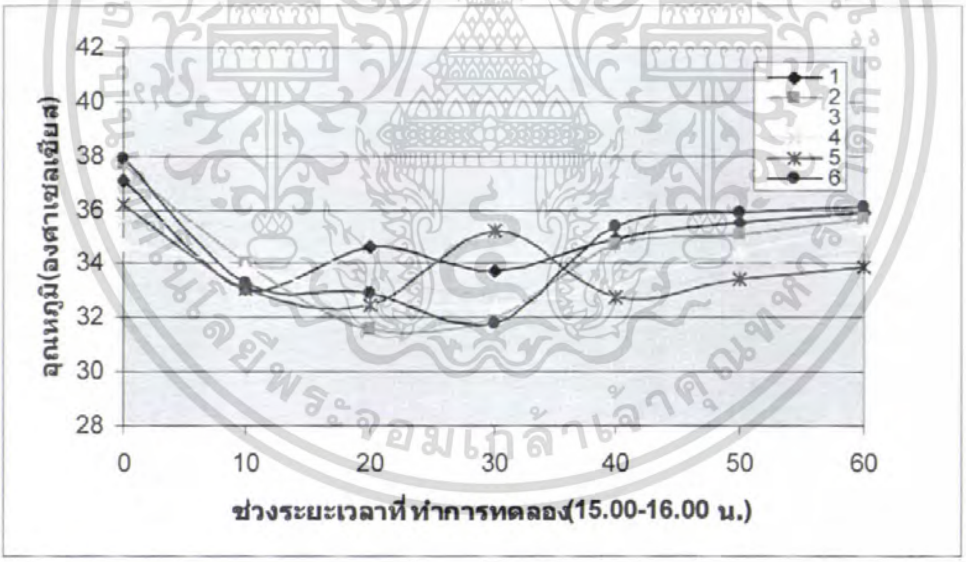


รูปที่ 4.53 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้สปริงเกอร์ให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

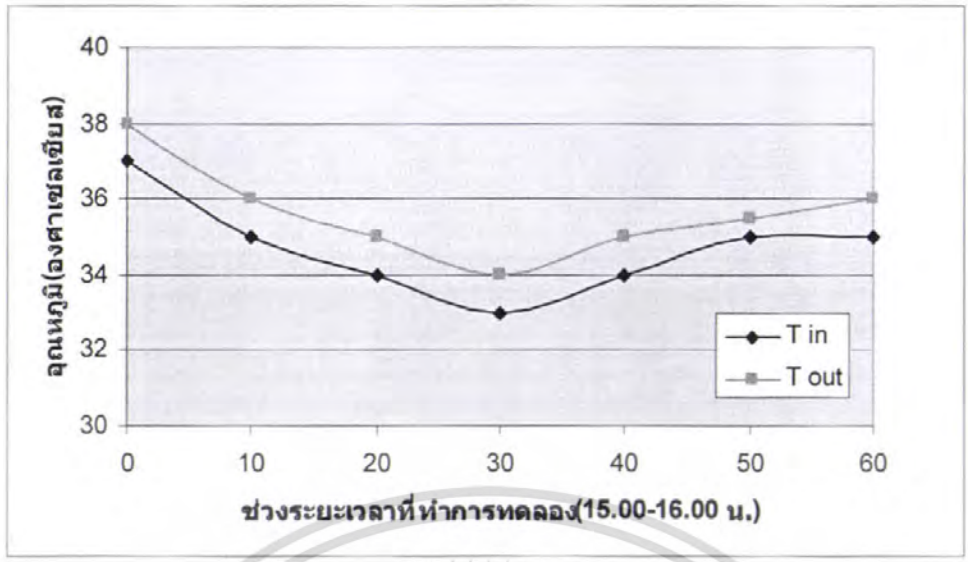


รูปที่ 4.54 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้สปริงเกอร์ให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00-13.00 น.

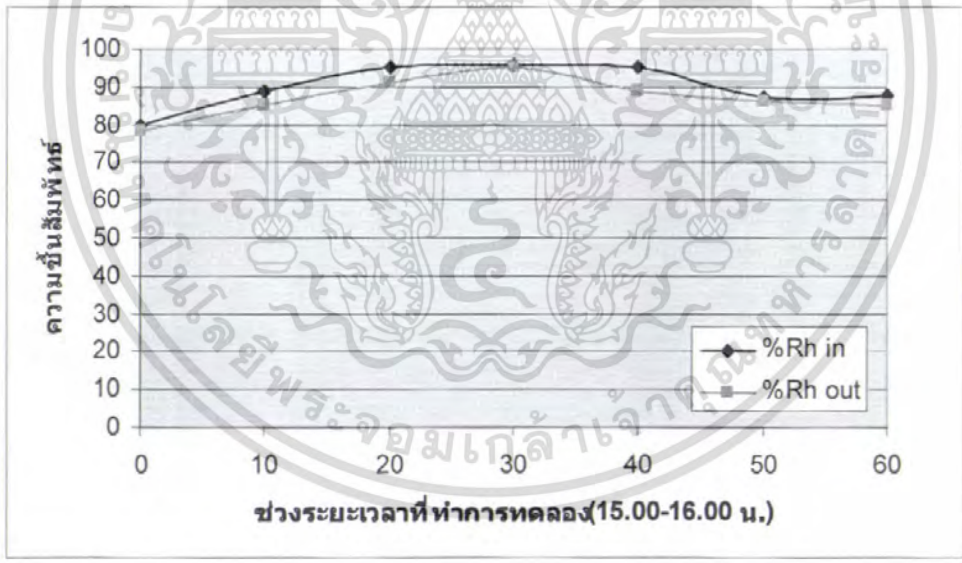


รูปที่ 4.55 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิจาก 6 จุด โดยใช้สปริงเกอร์ให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.56 กราฟแสดงผลการทดลองการลดอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้สปริงเกอร์ให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น.



รูปที่ 4.57 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือน โดยใช้สปริงเกอร์ให้น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15.00-16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผล และ ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการทดลองโรงเรือนสาธิตระบบทำความเย็นแบบระเหยละอองหมอก โดยการทดลองจากอุปกรณ์การปล่อยน้ำทั้งหมด 3 ชนิด การทดลองแต่ละอุปกรณ์ ที่ใช้ทำการทดลอง ใน 3 เวลาทดลองโดยใช้น้ำที่มีการทำความเย็น ซึ่งการทดลองทั้งหมดพบว่าสามารถลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้ดี เมื่อน้ำมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศได้มาก เนื่องจากละอองน้ำในช่องเปิดสัมผัสกับอากาศร้อนภายนอกโรงเรือน จะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อน และ การเปลี่ยนสถานะ ซึ่งสามารถทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนลดลง

5.1.1 อุณหภูมิภายในโรงเรือนมีผลเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาที่ใช้ในการทดลอง

จากกราฟผลการทดลองจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนจะมีผลเปลี่ยนไปตามช่วงเวลาที่ทำการทดลอง คือ เมื่อเวลาผ่านไปในช่วงเช้า กลางวัน และ เย็น ภาระของโรงเรือนที่เกิดจากการรับการแพร่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ และจะมีการสะสมมากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนในช่วงเวลาต่างๆกันจะมีประสิทธิภาพแตกต่างกันไป

5.1.2 หัวพ่นหมอกมีประสิทธิภาพดีกว่า ท่อปล่อยน้ำ และสปริงเกอร์

จากกราฟผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการใช้หัวพ่นหมอกนั้นมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิของโรงเรือนมีค่ามากกว่าการใช้ท่อปล่อยน้ำและ สปริงเกอร์ ซึ่งเป็นผลมาจากการที่พื้นที่ผิวสัมผัสของละอองหมอกที่ได้จากหัวพ่นหมอกมีมากกว่าพื้นที่ผิวสัมผัสของน้ำที่ได้จากอุปกรณ์ปล่อยน้ำชนิดอื่น และ เมื่อละอองหมอกมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่าแล้วก็จะทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของน้ำกับอากาศมีมากขึ้นด้วยในช่วงระยะเวลาเท่ากันอันเป็นผลมาจากพื้นที่ผิวสัมผัสที่มากกว่านั่นเอง ในการทดลองนี้จึงทำให้พบว่าความสามารถในการลดอุณหภูมินั้นขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของตัวปล่อยน้ำ ดังจะเห็นได้จากผลการทดลองที่กล่าวมาข้างต้น

5.1.3 อุณหภูมิน้ำมีผลต่อการลดอุณหภูมิน้ำในช่วงแรก

จากการทดลองอุณหภูมิอาจเห็นได้ชัดเจน เนื่องจากสามารถควบคุมน้ำให้มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยคงที่ได้ ว่าในช่วงแรกของการทดลอง เช่นรูปที่ 4.17 ที่เวลา 12.00-13.00 น. หัวพ่นหมอกวัดที่ระดับช่องเปิด จะเห็นว่าความสามรถในการลดอุณหภูมิช่วงแรกมีค่ามากโดยเห็นได้จากการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว และค่าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการศึกษาและทดลองการติดตั้งพัดลม และ ช่องเปิดในระดับความสูงต่างๆ เนื่องจากในการทดลองจะสังเกตเห็นว่าละอองน้ำบางส่วนไม่สามารถต้านแรงโน้มถ่วงของโลกได้ตกลงบนพื้นบริเวณหน้าช่องเปิด

5.2.2 ควรทำการทดลองระบบทำความเย็นของโรงเรือนในสภาวะที่มีการคลุมโรงเรือน ซึ่งช่วยให้การลดอุณหภูมิของโรงเรือนไม่เป็นไปตามสภาพแวดล้อมภายนอก

5.2.3 ควรมีการทดลองใช้หัวพ่นหมอกชนิดความดันสูง และ ปั๊มน้ำแรงดันสูง

5.2.4 ควรมีการกำหนดจุดวัดอุณหภูมิภายในพื้นที่ละเอียดกว่านี้

5.2.5 ควรให้มีการคิดคำนวณค่าทางเศรษฐศาสตร์ เช่น ความคุ้มค่าในการลงทุนทั้งในระยะสั้น และ ระยะยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก (ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ผลการทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะน้ำที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 9.00-10.00 น.วัดที่ระดับช่องเปิด

เวลา	T น้ำ	T out		T in									RH	
		db	wb	1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย	db	wb	out	in
0	5	29	27.5	31.3	32.4	33.7	30.6	31.1	31.6	31.78	30.5	30	89	97
10	5	30	28	32.8	32.4	33.8	30.7	30.9	31.5	32.02	31	31	88	100
20	5	31.5	29	32.4	33.3	32	34.8	35	31	33.08	32.5	32	85	97
30	5	31.5	29	32.9	33.4	31.8	28.5	31.1	30.5	31.37	32.5	32	85	97
40	5	32.5	30.5	33.3	32.3	32.2	34.1	34.6	33.9	33.4	34	33.5	88	95
50	5	32.5	30.5	34.1	33.8	32.2	30.8	30.7	33.5	32.52	34.5	33.5	84	92
60	5	33.5	32	34.1	33.8	32.9	33.1	33.3	35.2	33.73	35	34	90	91

ตารางที่ ก.2 ผลการทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 12.00-13.00 น. วัดที่ระดับช่องเปิด

เวลา	T น้ำ	T out		T in									RH	
		db	wb	1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย	db	wb	out	in
0	5	36	32	36.1	36.4	36	35.2	36.4	36.8	36.15	37	33	78	78
10	5	36	32	35.6	35.5	35.2	35.1	34.1	35.9	35.23	36	33	78	82
20	5	35	31.5	34.7	33.6	34.2	32.9	31.4	33.7	33.42	35	32	79	82
30	5	35	31	34.5	33.6	33.9	33.6	31.5	34.4	33.58	33.5	31.5	77	88
40	5	35.5	31	34.4	34	33.9	33.3	32.8	34.7	33.85	34.2	31.5	74	85
50	5	36	32	34.4	33.7	33.8	32.9	31.7	34	33.42	34	31	77	82
60	5	36	32	35.4	34.9	34	34	33.5	35	34.47	34	31.5	77	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ผลการทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 15.00-16.00 น. วัดที่ระดับช่องเปิด

เวลา	T น้ำ	T out		T in									RH	
		db	wb	1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย	db	wb	out	in
0	5	37	34	36.8	36.7	36.6	35.6	36	36	36.28	37	35	77	79
10	5	37	34	35.3	35.7	35	33.6	33	35.7	34.72	36	34	77	83
20	5	36.5	34	35.5	36.5	35.9	34.3	32.5	36.4	35.18	36	34	79	83
30	5	36.5	33.5	36.2	36.7	35.8	34.5	34.2	36.4	35.63	35.5	33.5	77	85
40	5	36	33.5	35.9	36.7	35.7	34.2	35.1	35.9	35.58	35.5	33.5	82	85
50	5	36	33.5	36.2	36.4	35.6	34.7	33.9	36.2	35.5	35.5	33.5	82	85
60	5	36	33.5	35.9	36.2	35.4	33.5	33.6	35.9	35.08	35.5	33.5	82	85

ตารางที่ ก.4 ผลการทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 9.00-10.00 น. วัดที่ระดับช่องเปิด

เวลา	T น้ำ	T out		T in									RH	
		db	wb	1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย	db	wb	out	in
0	5	33	30	35.4	35.9	32.3	33.2	33.3	33.1	33.87	34	32	80	88
10	5	33	30	30.8	32.9	31.5	33	28.9	31.7	31.47	32.5	29.5	80	82
20	5	33.5	31	32.5	33.8	29.8	31.4	31.7	30.5	31.62	32.5	29.5	78	82
30	5	33.5	31	34.3	34.7	30.7	31.9	32.8	31.8	32.7	34	30.5	78	78
40	5	32	31.5	34.6	34.3	33.4	29.5	31.5	33.4	32.78	34.5	30.5	79	75
50	5	34	31.5	33.9	34.2	31.7	31.4	28.3	33.4	32.15	35	31	79	77
60	5	34.5	31.5	32.1	34	33.7	32	30	33.5	32.55	34.5	30	76	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 ผลการทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 12.00-13.00 น. วัดที่ระดับช่องเปิด

เวลา	T น้ำ	T out		T in									RH	
		db	wb	1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย	db	wb	out	in
0	5	41	34	39.1	38.7	36.7	36.3	38.1	38.3	37.87	42	36	60	56
10	5	40.5	33	40.7	39.3	35.4	36.1	38.3	38.2	38	38	33	60	74
20	5	40.5	33	38.6	39.1	37.7	33	37.1	37.2	37.12	38	33	60	74
30	5	40.5	33	40.1	36.3	36.2	35.3	37.6	36.1	36.93	38.5	33.5	60	72
40	5	40.5	33	38.7	36.5	34.8	38.5	34.8	36.8	36.68	38.5	33	60	72
50	5	40	32.5	40.1	36.1	35.4	34.2	38.9	36.7	36.9	38	32	58	67
60	5	40	32	38.0	37.7	35.6	35.1	34.7	36.2	36.23	38.5	33	56	72

ตารางที่ ก.6 ผลการทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 15.00-16.00 น. วัดที่ระดับช่องเปิด

เวลา	T น้ำ	T out		T in									RH	
		db	wb	1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย	db	wb	out	in
0	5	30	28	35.8	35.3	35.1	33.2	33.8	34.7	34.53	31.5	31	86	97
10	5	31	28	39.8	38.6	38.8	37.7	37.2	38.1	38.37	34	32	84	88
20	5	33	29	37.8	37.2	36.7	35.8	35.0	36.5	36.5	37	34	75	78
30	5	32	29	36.5	35.4	35.8	33.9	33.2	34.6	34.9	35.5	32.5	80	80
40	5	31	28.5	36.4	36.1	36.3	34.6	34.7	35.8	35.8	35	33	84	88
50	5	32	28	39.2	38.7	39.1	37.7	37.2	38.3	38.3	37	34	75	78
60	5	32	28	35.3	36.2	35.2	33.7	34.2	34.9	34.9	37	34	75	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.7 ผลการทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 9.00-10.00 น. วัดที่ระดับพื้นดิน

เวลา	T น้ำ	T out		T in									RH	
		db	wb	1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย	db	wb	out	in
0	5	33	30	35.2	33.7	33.1	29.3	31	35.6	32.98	31.5	29.5	80	87
10	5	33	30	34.6	28.5	32	30.3	32.1	29.7	31.2	31	29	80	88
20	5	33.5	30	34.1	28.1	32.3	29.9	30.1	32.4	31.15	31	29	77	88
30	5	33.5	30	34.9	31.1	34	29.7	32	36.4	33.02	32	29.5	77	85
40	5	36	33	34.7	32	34.3	30.2	31.9	35.2	33.05	32	29.5	82	85
50	5	35.5	33	35.4	35.9	32.3	33.2	33.3	33.1	33.87	32.5	30.5	85	89
60	5	36	33	35.3	32	34.5	30.1	31.7	36.5	33.35	32.5	30.5	82	89

ตารางที่ ก.8 ผลการทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 12.00-13.00 น. วัดที่ระดับพื้นดิน

เวลา	T น้ำ	T out		T in									RH	
		db	wb	1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย	db	wb	out	in
0	5	36.5	31.5	42.2	39.7	40.8	39.9	42.3	39.8	40.78	38	33.8	74	73
10	5	36	31.5	38.7	33.7	39.4	32.2	34.5	38.4	36.15	36	32	75	78
20	5	35	30.5	37.8	35.6	38.7	33.7	30.6	38.3	35.78	34.5	30.5	74	76
30	5	35	30.5	37.2	28.8	35.40	33	31.5	35.6	33.58	34	29.9	74	75
40	5	35	30	38.8	34.7	39.5	33.8	32.1	37.7	36.1	35	30	71	71
50	5	35.5	30	39.4	33.6	37.2	31.3	34	38.3	35.63	35	30	68	71
60	5	35	30	39.6	33.1	36.9	33.9	35.5	38.3	36.22	34	29.5	71	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.9 ผลการทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 15.00-16.00 น. วัดที่ระดับพื้นดิน

เวลา	T น้ำ	T out		T in									RH	
		db	wb	1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย	db	wb	out	in
0	5	35.1	32.9	40.6	40.2	36.4	36.8	41.4	36.7	38.68	39	34.5	78	69
10	5	35	32.5	37.6	34	34.6	35.3	30.1	37.6	34.87	34.9	32	78	79
20	5	35	31.5	37	36.2	34.7	35.9	29.6	36.1	34.92	35	32	77	77
30	5	35.5	31	36.1	34.2	35.3	35.5	30.4	37.7	34.87	35.9	33.1	73	78
40	5	35.5	31	37.2	34	35.2	31.1	33.4	38.3	34.87	35	32.5	76	78
50	5	35	31	36.4	33.5	31.6	33.6	30.2	36.8	33.68	34.9	31.1	72	77
60	5	35	30.5	35.3	33.5	33.8	35.1	21.7	37.8	32.87	34.8	31.1	79	77

ตารางที่ ก.10 ผลการทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 9.00-10.00 น. วัดที่ระดับหลังคาจั่ว

เวลา	T น้ำ	T out		T in									RH	
		db	wb	1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย	db	wb	out	in
0	5	32	29	33.2	32.3	32.8	33.2	30.3	30.6	32.07	32.5	29	82	78
10	5	30	28	29.4	29.8	30.3	29.4	29.1	30.5	29.75	30	28	86	87
20	5	29	27.5	30.8	29.8	29.6	28.9	29.1	30.8	29.83	29	27	88	87
30	5	31.5	29	29.8	31.2	31.8	29.3	30.5	31.6	30.7	30	28	85	87
40	5	32.5	30.5	31.3	32.4	33.7	30.6	31.1	31.6	31.78	31	29	87	88
50	5	32.5	30	32.8	32.4	33.8	30.7	30.9	31.5	32.02	31	29	84	88
60	5	31.5	29	32.9	33.4	34.2	31.4	31.1	31.3	32.38	31.5	29.5	85	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.11 ผลการทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 12.00-13.00 น. วัดที่ระดับหลังคาจั่ว

เวลา	T น้ำ	T out		T in									RH	
		db	wb	1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย	db	wb	out	in
0	5	30	28	41.1	37.2	40.9	37.3	38.3	36.4	38.53	31	29	86	88
10	5	31.5	29	38.2	36.5	35.4	35.9	38.5	34.8	36.55	34	31	86	80
20	5	32	30	37.4	35.1	34.9	33.4	37.6	33.7	35.35	33	30	88	81
30	5	33.5	31.5	36.2	36.1	35.7	32.9	34.2	35.8	35.15	33	30	85	81
40	5	33.5	31.5	37.2	35.6	35.4	36.3	35.7	37	36.2	34.5	31.5	85	80
50	5	33.5	31.4	37.7	35.5	37	34.5	35.2	35.9	35.97	35	32.5	85	82
60	5	33.8	31.2	38	33.6	35.2	34.3	38.8	36.1	36	34.9	31	83	74

ตารางที่ ก.12 ผลการทดลองโดยใช้หัวพ่นหมอกเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 15.00-16.00 น. วัดที่ระดับหลังคาจั่ว

เวลา	T น้ำ	T out		T in									RH	
		db	wb	1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย	db	wb	out	in
0	5	35.1	32.9	39.1	37.9	38	35.1	38.2	41.2	38.25	38.5	34	78	70
10	5	35	32.5	40	36.6	36.8	36	37.5	37.4	37.38	37	32	78	72
20	5	35	31.5	38.3	36.6	36.3	36.1	36.3	36	36.6	37	33	77	77
30	5	35.5	31	37.1	36.5	34.2	33.1	32.7	33.8	34.57	35	32	73	82
40	5	35.5	31	39.7	37.2	35.2	34.4	36.3	35.7	36.42	35.5	31.5	76	78
50	5	35	31	36.2	34.7	35	34.4	31.2	33.5	34.17	35	32	72	82
60	5	35	30.5	37.4	35.1	35.9	34.8	32.5	34.2	34.98	35	31.5	79	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.13 ผลการทดลองโดยใช้ท่อปล่อยน้ำเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 9.00-10.00 น. วัดที่ระดับช่องเปิด

เวลา	T น้ำ	T out		T in									RH	
		db	wb	1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย	db	wb	out	in
0	5	33	30	35.4	35.9	32.3	33.2	33.3	33.1	33.87	34	32	80	87
10	5	33	30	30.8	32.9	31.5	33	28.9	31.7	31.47	32.5	29.5	80	80
20	5	33.5	30	32.5	33.8	29.8	31.4	31.7	30.5	31.62	32.5	29.5	77	80
30	5	33.5	30	34.3	34.7	30.7	31.9	32.8	31.8	32.7	34	30.5	77	78
40	5	36	33	35.4	35.9	32.3	32.7	32.9	33.1	33.72	34	30.5	82	79
50	5	35.5	33	34.6	34.3	31.5	32	31.5	33.4	32.88	32	30	85	88
60	5	36	33	33.2	34	33.7	31	30	33.5	32.57	32.5	31	82	90

ตารางที่ ก.14 ผลการทดลองโดยใช้ท่อปล่อยน้ำเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 12.00-13.00 น. วัดที่ระดับช่องเปิด

เวลา	T น้ำ	T out		T in									RH	
		db	wb	1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย	db	wb	out	in
0	5	35	33	38.2	37.9	38.3	33.7	37.4	39.35	37.48	35.5	33	89	85
10	5	37	34	36.2	34.8	33.6	34.8	35.5	37.4	35.38	35	31.5	78	79
20	5	36.5	32.5	36	36.2	34.7	35	36.3	35	35.53	36	32	77	76
30	5	36.5	32.5	31.8	33.7	34	35.8	31	33.8	33.35	34	32	77	88
40	5	36	33	35.4	35.9	32.3	33.2	33.3	33.1	33.87	34	32	82	88
50	5	35.5	33	36.1	36.4	36	35.2	36.4	36.8	36.15	33.5	31.5	85	88
60	5	36	33	35.6	35.5	35.2	35.1	34.1	35.9	35.23	34	32	82	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.15 ผลการทดลองโดยใช้ท่อปล่อยน้ำเป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 15.00-16.00 น. วัดที่ระดับช่องเปิด

เวลา	T น้ำ	T out		T in							RH			
		db	wb	1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย	db	wb	out	in
0	5	37	35	35	36.1	35	34.3	34.8	35.6	35.13	36	33	79	82
10	5	39	36	36.5	37	36.9	35.7	35.8	37.6	36.58	37	34	72	79
20	5	37	35	35.3	35.1	35.4	35.1	34.5	36	35.23	36	33	79	82
30	5	37.5	35	35.1	36.4	36.2	35.3	34.9	36.7	35.77	36.5	33	76	80
40	5	37.5	35	35.6	35.3	35.4	34.9	35.9	35.6	35.45	36.5	33.5	76	79
50	5	37	35	35.4	35.5	35.3	34.3	34.9	35.3	35.12	36	33	79	82
60	5	37	34.5	35.3	35.1	35.4	34.9	35.3	35.9	35.32	36	33.5	78	82

ตารางที่ ก.16 ผลการทดลองโดยใช้สปริงเกอร์เป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 9.00-10.00 น. วัดที่ระดับช่องเปิด

เวลา	T น้ำ	T out		T in							RH			
		db	wb	1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย	db	wb	out	in
0	5	33	30	35.4	35.9	32.3	33.2	33.3	33.1	33.87	34	32	80	87
10	5	33	30	34.6	34.3	31.5	32	31.5	33.4	32.88	33.5	31	80	85
20	5	33.5	30	33.2	34	32.7	31	30	33.5	32.4	33	29.5	77	80
30	5	33.5	30	32.5	33.8	30.2	31.4	31.7	30.5	31.68	34	30.5	77	78
40	5	36	33	35.4	35.9	32.3	33.2	33.3	33.1	33.87	34	31	82	82
50	5	35.5	33	32.5	33.8	31.2	31.4	31.7	30.5	31.85	32.5	30	85	90
60	5	36	33	31.8	33.7	34	35.8	31	33.8	33.35	32.5	30	82	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.17 ผลการทดลองโดยใช้สปริงเกอร์เป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 12.00-13.00 น. วัดที่ระดับช่องเปิด

เวลา	T น้ำ	T out		T in									RH	
		db	wb	1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย	db	wb	out	in
0	5	37	35	35	36.1	35	34.3	34.8	35.6	35.13	36	33	79	82
10	5	37.5	35	35.1	36.4	36.2	35.3	34.9	36.7	35.77	36.5	33	76	80
20	5	37.5	35	35.6	35.3	35.4	34.9	35.9	35.6	35.45	36.5	33.5	76	79
30	5	37	35	35.4	35.5	35.3	34.3	34.9	35.3	35.12	36	33	79	82
40	5	37	34.5	35.3	35.1	35.4	34.9	35.3	35.9	35.32	36	33.5	78	82
50	5	37.5	35	35.1	36.4	36.2	35.3	34.9	36.7	35.77	36.5	33	89	85
60	5	37	34	36.2	34.8	33.6	34.8	35.5	37.4	35.38	35	31.5	78	79

ตารางที่ ก.18 ผลการทดลองโดยใช้สปริงเกอร์เป็นตัวปล่อยน้ำในสภาวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทดลองเวลา 15.00-16.00 น. วัดที่ระดับช่องเปิด

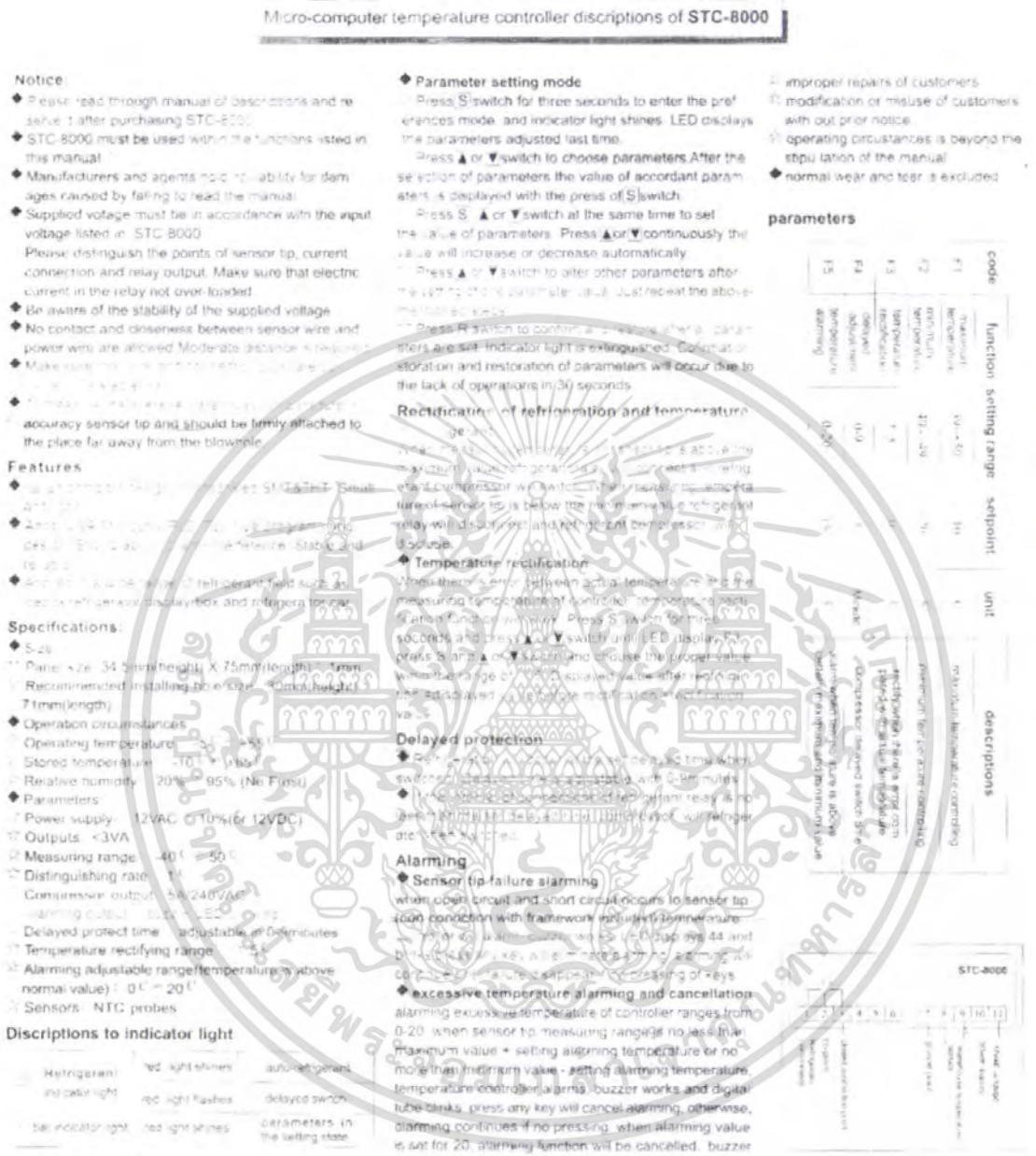
เวลา	T น้ำ	T out		T in									RH	
		db	wb	1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย	db	wb	out	in
0	5	38	36	37.1	37.7	34.7	35.6	36.2	37.9	36.53	37	36	78	80
10	5	36	35	33.1	34	33.9	35.3	33.1	33.3	33.78	35	34	85	89
20	5	35	34.5	34.6	31.6	32.7	33.6	32.5	32.9	32.98	34	33	91	95
30	5	34	33	33.7	32	32.4	32.8	35.2	31.8	32.98	33	32.5	95	96
40	5	35	34	34.9	34.7	33.3	32.7	32.8	35.4	33.97	34	33	89	95
50	5	35.5	34	35.5	35.1	34.5	33.8	33.4	35.9	34.7	35	33.5	86	87
60	5	36	35	35.9	35.7	35.3	34.5	33.9	36.1	35.23	35	33	85	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิน้ำ



Micro-computer temperature controller discriptions of **STC-8000**

Notice

- Please read through manual of descriptions and re serve it after purchasing STC-8000.
- STC-8000 must be used within the functions listed in this manual.
- Manufacturers and agents hold no liability for dam ages caused by failing to read the manual.
- Supplied voltage must be in accordance with the input voltage listed in STC-8000.
  Please distinguish the points of sensor tip, current connection and relay output. Make sure that electric current in the relay not over-loaded.
- Be aware of the stability of the supplied voltage.
- No contact and closeness between sensor wire and power wire are allowed. Moderate distance is required.
- Make sure [illegible]
- [illegible]
  accuracy sensor tip and should be firmly attached to the place far away from the blowhole.

Features

- [illegible]
- [illegible]
- [illegible] field such as electric refrigerator, display box and refrigerator car.

Specifications:

- S-26
- Outline size: 34.5mm(height) X 75mm(length) X 71mm
- Recommended installing hole size: 29mm(height) X 7 1mm(length)
- Operation circumstances
  - Operating temperature: -5[illegible] ~ +55
  - Stored temperature: -10[illegible] ~ +65
  - Relative humidity: 20% ~ 95% (No Frost)
- Parameters:
  - Power supply: 12VAC ± 10%(or 12VDC)
  - Outputs: <3VA
  - Measuring range: -40 ~ +50
  - Distinguishing rate: 1
  - Compressor output: 5A/240VAC
  - [illegible]
  - Delayed protect time: adjustable in 0-6minutes
  - Temperature rectifying range: -5 ~ +5
  - Alarming adjustable range(temperature is above normal value): 0 ~ 20
  - Sensors: NTC probes

Discriptions to indicator light

Refrigerant and cold light	red light shines	automatic refrigerant
	red light flashes	delayed switch
Set indicator light	red light shines	parameters in the setting state

Switch Functions

- **check mode of setting parameters (in the state of nonsetting)**
  press ▲ switch to display the maximum value, and current temperature is restored after two seconds.
  Press ▼switch to display minimum value and current temperature is restored after two seconds.
  Press S switch to display delayed time. Excessive tem perature alarming value appears in two seconds. Then current temperature is restored.
  Press R switch,futile.

- **Parameter setting mode**
  Press S switch for three seconds to enter the pref erences mode, and indicator light shines. LED displays the parameters adjusted last time.
  Press ▲ or ▼switch to choose parameters.After the se ection of parameters the value of accordant param eters is displayed with the press of S switch.
  Press S, ▲ or ▼switch at the same time to set the value of parameters. Press ▲or ▼continuously the value will increase or decrease automatically.
  Press ▲ or ▼switch to alter other parameters after the set up of one parameter value. Just repeat the above-mentioned steps.
  Press R switch to confirm the setting after the param eters are set. Indicator light is extinguished. Conclusion and restoration of parameters will occur due to the lack of operations in 30 seconds.

Rectification of refrigeration and temperature

[illegible]

- **Temperature rectification**
  [illegible] between actual temperature and measuring temperature of controller. To compensate such a fault, function [illegible]. Press S switch for three seconds and press ▲ or ▼switch until LED displays "[illegible]", press S and ▲ or ▼switch and choose the proper value within the range of [illegible]. The value after rectification = measured value + rectified value.

Delayed protection

- [illegible] switch [illegible] time when switch [illegible] with compressor.
- [illegible] refrigerant relay is not [illegible] time [illegible] after [illegible] temperature [illegible].

Alarming

- **Sensor tip failure alarming**
  when open circuit and short circuit occurs to sensor tip upon conection with framework and [illegible] temperature [illegible] displays "[illegible]", buzzer [illegible] and digital tube [illegible] all [illegible] automatic [illegible] cancelled by pressing of keys.
- **excessive temperature alarming and cancellation**
  alarming excessive temperature of controller ranges from 0-20, when sensor tip measuring range is no less than maximum value + setting alarming temperature or no more than minimum value - setting alarming temperature, temperature controller alarms, buzzer works and digital tube blinks, press any key will cancel alarming, otherwise, alarming continues if no pressing. when alarming value is set for 20, alarming function will be cancelled, buzzer and digital tube will fail to work.
- **indication of measuring range**
  measuring range of temperature controller is -40 ~ +50, temperature>50,LED displays "HH", temperature <-40, LED displays "LL".

warranty

- Please present warranty manual and invoice in case of repair.
- Warranty period: valid in one year dated from the day of purchase.
- restrictions of warranty
  - improper repairs of customers.
  - modification or misuse of customers with out prior notice.
  - operating circumstances is beyond the stipu lation of the manual.
  - normal wear and tear is excluded.

parameters

code	function	setting range	setpoint	unit	descriptions
F1	maximum temperature	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
F2	minimum temperature	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
F3	temperature rectification	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
F4	delayed protection	0-30	[illegible]	[illegible]	[illegible]
F5	temperature alarming	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

STC-8000

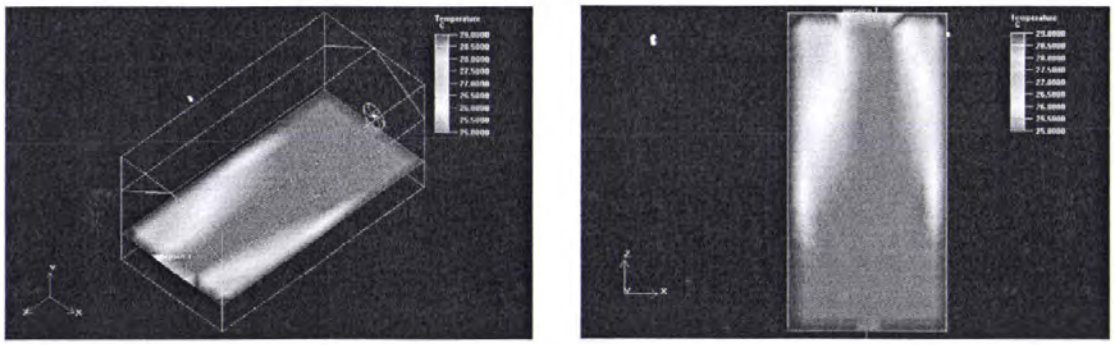
[illegible]

รูปที่ ข.1 แสดงคู่มือการใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

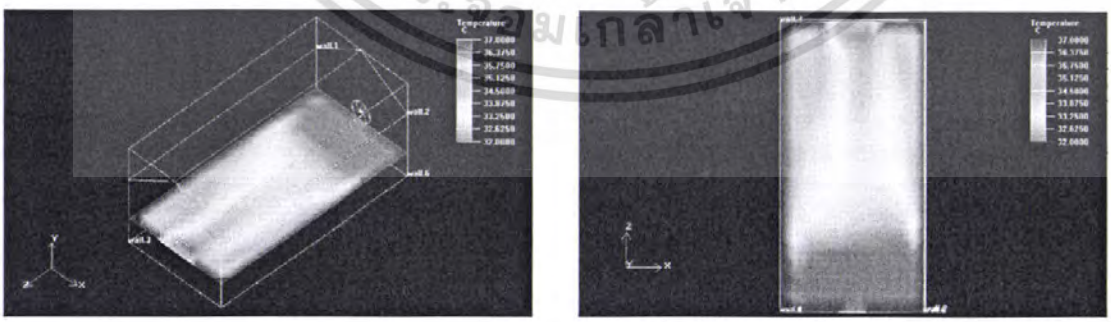
ภาคผนวก(ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.1 แสดงอุณหภูมิ ที่ระดับช่องเปิดจากการคำนวณของโปรแกรม Airpak 2.0 ที่อุณหภูมิภายนอก 29 องศาเซลเซียส

รูปที่ ค.2 แสดงอุณหภูมิ ที่ระดับช่องเปิดจากการคำนวณของโปรแกรม Airpak 2.0 ที่อุณหภูมิภายนอก 36 องศาเซลเซียส

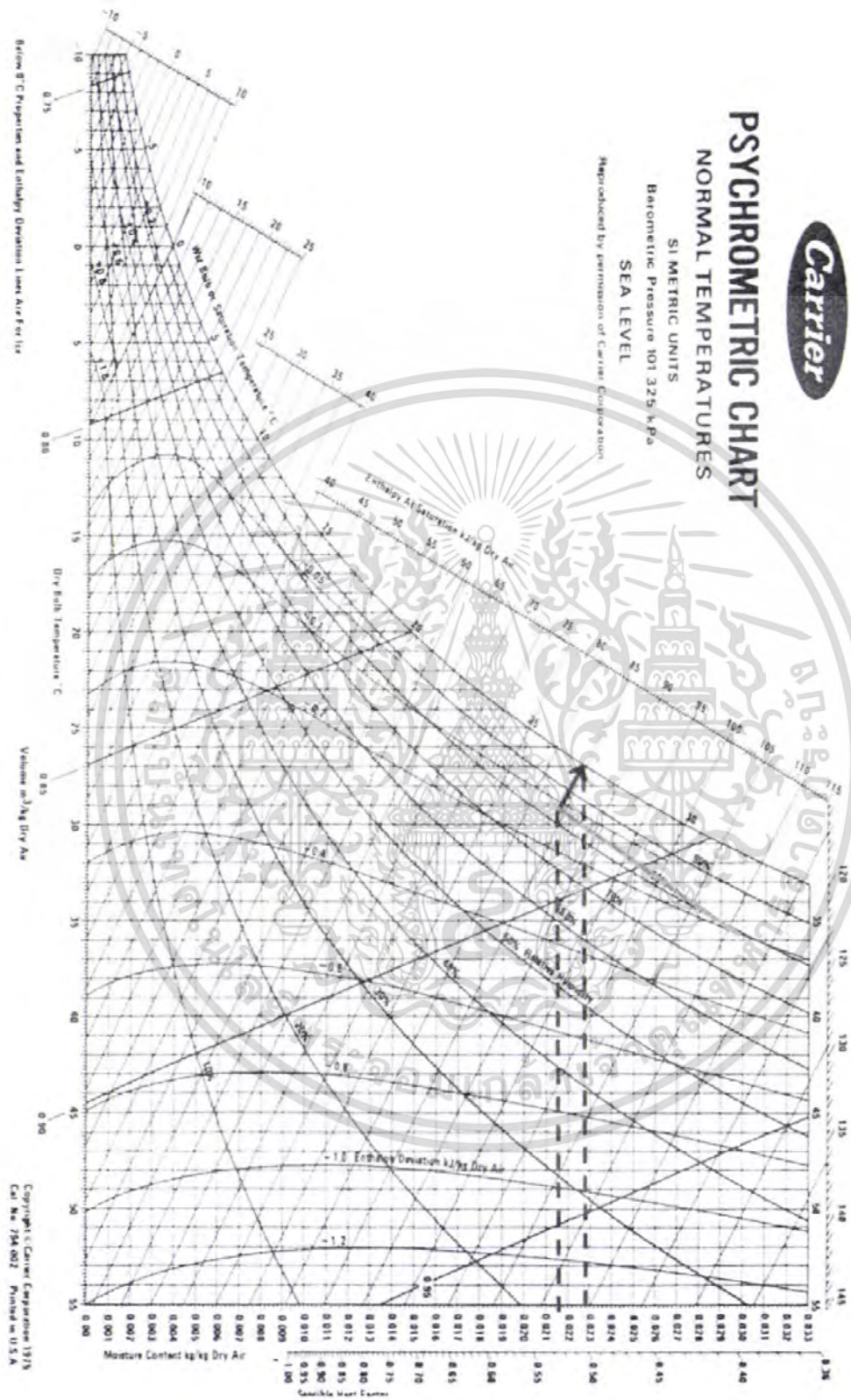


รูปที่ ค.3 แสดงอุณหภูมิ ที่ระดับช่องเปิดจากการคำนวณของโปรแกรม Airpak 2.0 ที่อุณหภูมิภายนอก 37 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

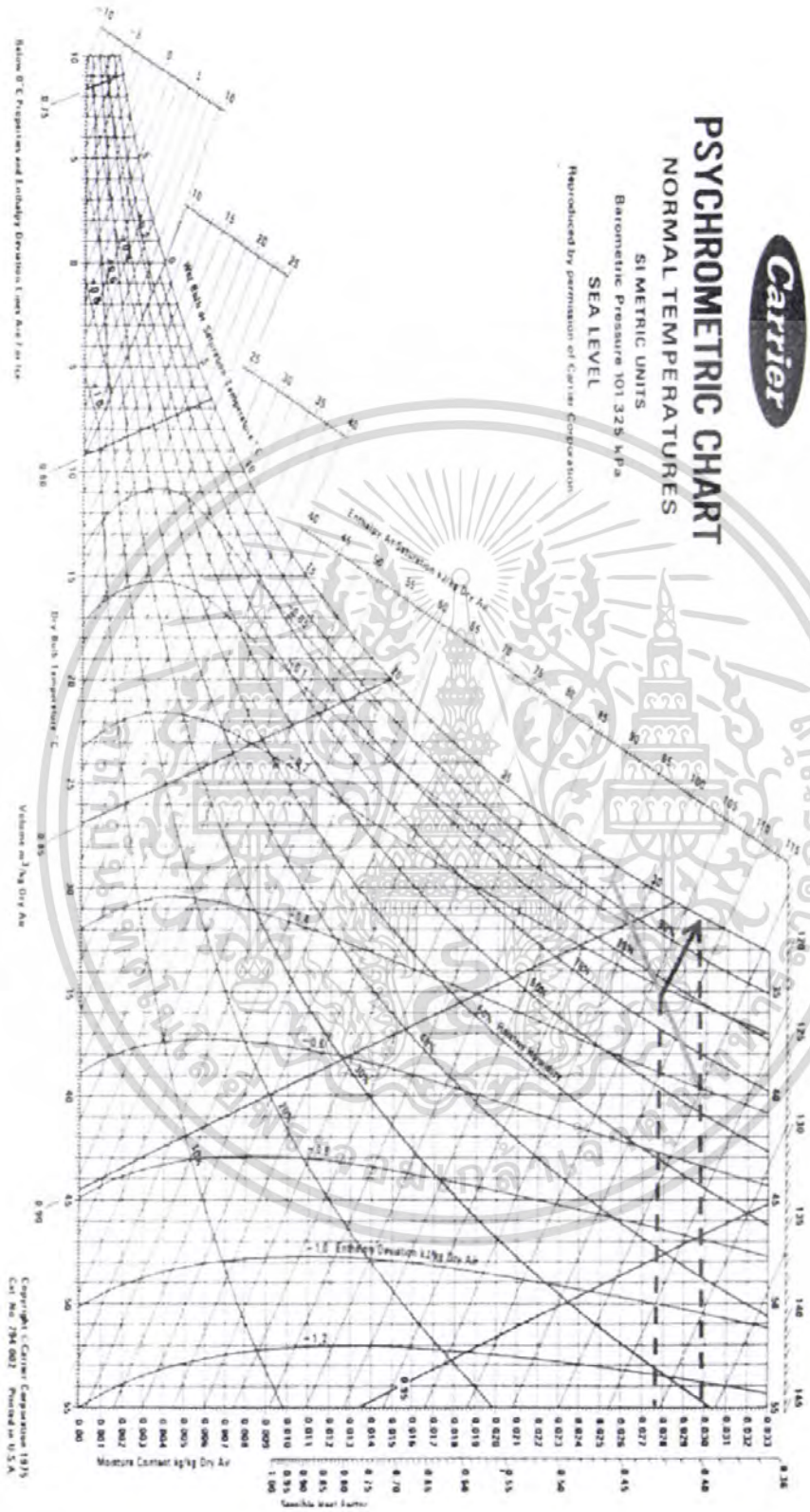
ภาคผนวก (ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



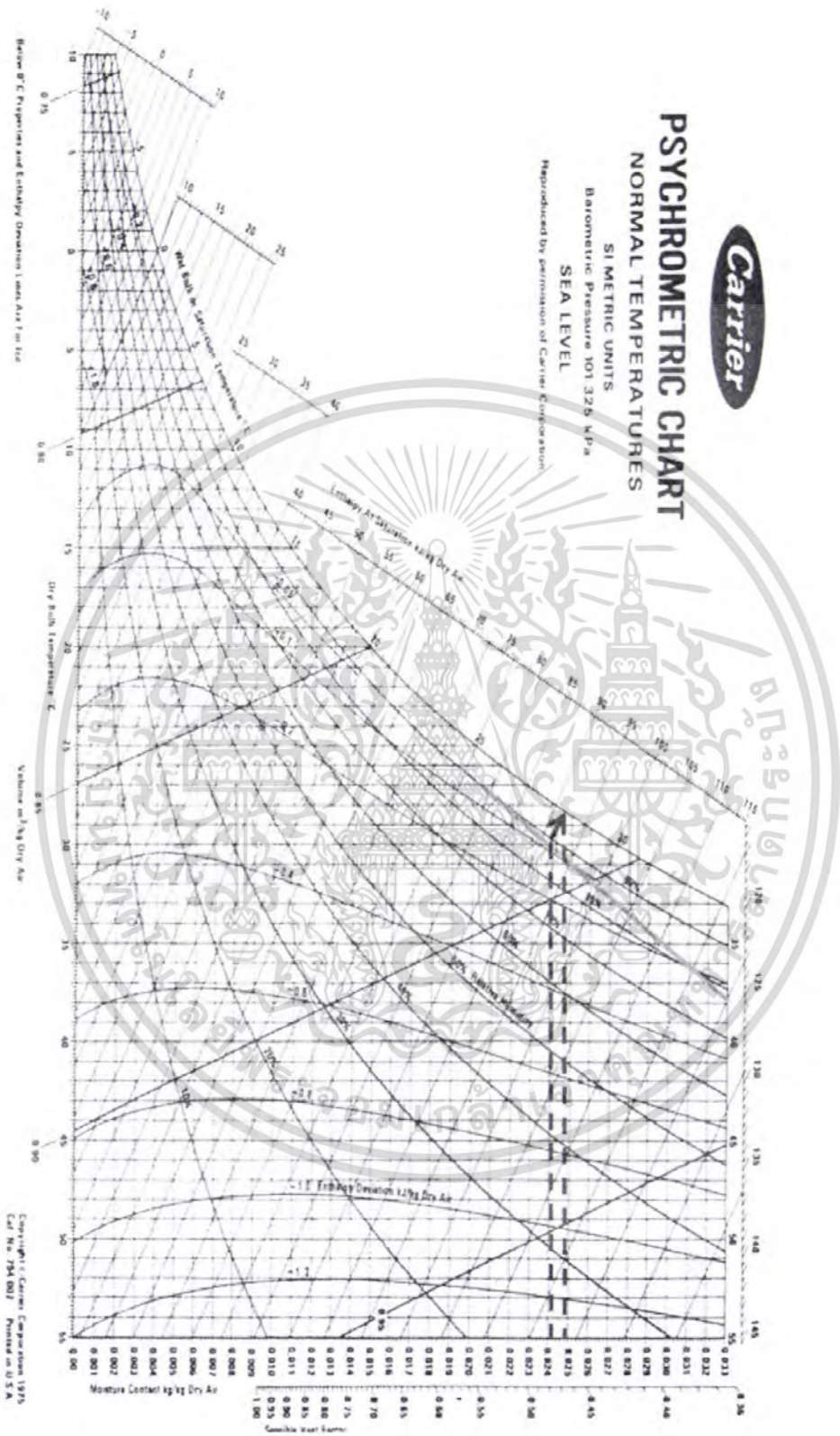
รูปที่ ง.1 แผนภูมิอากาศสำหรับระบบทำความเย็นแบบระเหย(9.00-10.00 น.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.2 แผนภูมิอากาศสำหรับระบบทำความเย็นแบบระเหย(12.00-13.00 น.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.3 แผนภูมิอากาศสำหรับระบบทำความเย็นแบบระเหย(15.00-16.00 น.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

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

ทศพร จันทร์โสภา,อัจฉรา คาวช่วย,อำนาจ ชาทอง,"โรงเรือนสาธิตระบบทำความเย็นแบบระเหย", ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2547

คิรศักดิ์ 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