ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี
ภาควิชาปฐพีวิทยา

เรื่อง

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบ Evaporative cooling system และระบบอุโมงค์ลมในการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนขนาดเล็ก

The effect of Evaporative cooling system and Wind Tunnel for reducing temperature in greenhouse

โดย

นางสาว รุจิเรศ แข็งขัน

ได้พิจารณาเห็นชอบจาก

.....

(ผศ. สมเกียติ สีสนอง)

อาจารย์ที่ปรึกษา

วันที่ 17 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 2550

ภาควิชารับรอง

.....

(รศ.ดร. สุมิตรา ภู่วโรดม)

หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา

วันที่ 20 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 50

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส 3172

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบ Evaporative Cooling System และระบบอุโมงค์ลมในการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนขนาดเล็ก

The Effect of Evaporative Cooling System and Wind Tunnel for Reducing Temperature in Greenhouse

T099766

โดย

นางสาวรุจิเรศ แข็งขัน

วพ.
ร662ก
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 99766
วัน.เดือน,ปี 18 มิ.ย. 2550

.b 11926338
.i.....

เสนอ

ภาควิชาปฐพีวิทยา

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาตรีวิทยาศาสตร์ (เกษตรศาสตร์)

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง	การทดสอบประสิทธิภาพของระบบ Evaporative Cooling System และระบบอุโมงค์ลมในการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนขนาดเล็ก The Effect of Evaporative Cooling System and Wind Tunnel for Reducing Temperature in Greenhouse
โดย	นางสาว รุจิเรศ แข็งขัน
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตร์ (เกษตรศาสตร์)
ภาควิชา	ปฐพีวิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. สมเกียติ สีสนอง

บทคัดย่อ

การศึกษาทดลองระบบระบายความร้อนภายในโรงเรือน ด้วยระบบ Evaporative cooling system (EVAP) ได้ทำการทดลองในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2550 ซึ่งจากการทดลองจะพบว่า ระบบ EVAP มีประสิทธิภาพดีกว่าระบบท่ออุโมงค์ลมในการปรับลดอุณหภูมิในโรงเรือนให้มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกและสามารถเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนให้อยู่ในระดับที่สูงกว่าระบบอุโมงค์ลม และระบบ EVAP จะมีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิมากกว่าในขณะที่อุณหภูมิภายนอกเพิ่มสูงขึ้น อุณหภูมิที่ระดับความสูงต่างๆกันภายในโรงเรือนพบว่า อุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระดับความสูงภายในโรงเรือนเพิ่มสูงขึ้นไม่ว่าจะอยู่ภายใต้สภาพที่โรงเรือนปิดระบบทั้งหมดหรือเปิดระบบทั้งหมดคือความสูงสัมพันธ์กับอุณหภูมิโดยตรง และที่ระยะห่างจากแผ่น CELdek ก็มีผลต่ออุณหภูมิที่ระยะใกล้แผ่น CELdek จะมีอุณหภูมิต่ำที่สุดและเมื่อระยะห่างออกไป อุณหภูมิก็จะสูงขึ้นเรื่อยๆ

การทดลองนี้กระทำในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึง เดือนมีนาคม 2550 ซึ่งอยู่ในช่วงคาบเกี่ยวกันระหว่างฤดูหนาวกับฤดูร้อน และในช่วงนี้เกิดปรากฏการณ์โลกร้อนจัดทำให้อุณหภูมิที่ได้ไม่แน่นอน อาจสูงกว่าความเป็นจริงทั้งนี้ประสิทธิภาพของระบบอุโมงค์ลมและระบบ Evaporation cooling system จะมีปัจจัยหลายๆอย่างในการเพิ่มหรือลดประสิทธิภาพของระบบดังนี้คือ ขนาดของโรงเรือน , ขนาดท่อลม , ขนาดรูท่อลม , ความแรงของพัดลม , ขนาดของแผ่น CELdek , วัสดุที่ใช้ทำโรงเรือน , อุณหภูมิของอากาศ , ประสิทธิภาพเครื่องปั๊มน้ำ , ความชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น

รุจิเรศ แข็งขัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น เนื่องจากความอนุเคราะห์และความกรุณาเสียสละเวลาให้คำแนะนำปรึกษาต่างๆ ทั้งทางด้านการทดลองและด้านการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดลอง ทั้งนี้ต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาคือ ผศ. สมเกียรติ สีสนอง ที่ให้คำปรึกษาและวิชาความรู้ต่างๆ ตลอดเวลาในการทำปัญหาพิเศษ จนกระทั่งปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ และขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความกรุณาให้แนวความคิด ให้คำปรึกษาแนะนำเป็นอย่างดี

และขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ญาติพี่น้องทุกๆคนที่สนับสนุนในด้านการศึกษาและให้กำลังใจในการศึกษาเล่าเรียนตลอดมา ขอให้คุณความดีทั้งหลายทั้งปวงจงสนองตอบแด่ทุกท่าน

เทอญ

รุจิเรศ แข็งขัน

มีนาคม 2550

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
คำนิยม	
สารบัญตาราง	I
สารบัญภาพ	II
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	15
ผลการทดลอง	18
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	30
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	อุณหภูมิสูงสุดของการทดลองที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์	18
2	อุณหภูมิต่ำสุดของการทดลองที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์	19
3	ความชื้นของการทดลองที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์	20
4	อุณหภูมิสูงสุดของการทดลองที่ติดตั้งระบบอุโมงค์ลมที่ระดับบน	21
5	อุณหภูมิต่ำสุดของการทดลองที่ติดตั้งระบบอุโมงค์ลมที่ระดับบน	22
6	ความชื้นของการทดลองที่ติดตั้งระบบอุโมงค์ลมที่ระดับบน	23
7	อุณหภูมิสูงสุดของการทดลองที่ติดตั้งระบบอุโมงค์ลมที่ระดับล่าง	24
8	อุณหภูมิต่ำสุดของการทดลองที่ติดตั้งระบบอุโมงค์ลมที่ระดับล่าง	25
9	ความชื้นของการทดลองที่ติดตั้งระบบอุโมงค์ลมที่ระดับล่าง	26
10	อุณหภูมิสูงสุดของการทดลองที่ติดตั้งระบบ Evaporation cooling system	27
11	อุณหภูมิต่ำสุดของการทดลองที่ติดตั้งระบบ Evaporative cooling system	28
12	ความชื้นของการทดลองที่ติดตั้งระบบ Evaporative cooling system	29
ตารางผนวกที่		
1	แสดงอุณหภูมิแบบไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อลดอุณหภูมิ	33
2	แสดงอุณหภูมิของระบบอุโมงค์ลมระดับบน	37
3	แสดงอุณหภูมิของระบบอุโมงค์ลมระดับล่าง	41
4	แสดงอุณหภูมิของระบบ Evaporative cooling system	45
5	แสดงความชื้นแบบไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อลดอุณหภูมิ	49
6	แสดงความชื้นของระบบอุโมงค์ลมระดับบน	51
7	แสดงความชื้นของระบบอุโมงค์ลมระดับล่าง	53
8	แสดงความชื้นของระบบ Evaporation cooling system	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.	แสดงสภาพอากาศที่ไหลผ่าน CELdek pad	5
ภาพผนวกที่		
1	แสดงโรงเรือนก่อนติดตั้งระบบ	57
2	แสดง CELdek pad	57
3	แสดงการติดตั้งระบบอุโมงค์ลม	58
4	แสดงการติดตั้งระบบ Evaporation cooling system	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านการเกษตรมีความก้าวหน้าสูงมาก การปลูกผักในโรงเรือนเพื่อให้ปลอดจากสารกำจัดแมลงก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะทำให้บริโภคผักที่ไม่มีสารเคมีตกค้าง เนื่องจากต้องการป้องกันโรคและแมลงให้ได้ผลดีที่สุด ในการทดลองจึงได้ใช้โรงเรือนแบบปิดที่ทำด้วยแผ่นพลาสติกที่ใส่สารป้องกันแสงอุลตราไวโอเลต (UV) ที่สามารถทนความร้อนและรังสีจากดวงอาทิตย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพแต่ความร้อนภายในโรงเรือนเป็นปัญหาที่สำคัญสำหรับการปลูกพืชโดยเฉพาะในเขตร้อนชื้นอย่างประเทศไทย ดังนั้นเพื่อลดปัญหาของอุณหภูมิที่สูงมากภายในโรงเรือนจึงได้มีการนำเอาระบบระบายความร้อนแบบ Evaporative cooling system และระบบอุโมงค์ลมเข้ามาใช้เพื่อลดอุณหภูมิและควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืชจุดประสงค์ที่ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบนี้ขึ้นก็เพื่อที่จะได้เป็นแนวทางสำหรับผู้ที่สนใจและต้องการที่จะนำระบบนี้มาใช้ในทางเศรษฐกิจ เนื่องจากระบบนี้ถ้ามีการศึกษาและพัฒนาต่อไปอีกเชื่อว่าจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

รุจิเรศ แข็งขัน

มีนาคม 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบ Evaporative cooling system และระบบอุโมงค์ลมในการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนแบบปิดและเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้น
2. เพื่อศึกษาระดับอุณหภูมิในการติดตั้งท่ออุโมงค์ลมที่ระนาบต่างกันภายในโรงเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

ระบบทำความเย็น (Cooling system) **ภายใน** Greenhouse

ระบบ Evaporative cooling system หรือ Fan and pad cooling system หรือระบบ EVAP ได้มีกันใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศมานานหลายปีแล้ว แต่สำหรับในประเทศไทยระบบนี้เป็นระบบที่ยังใหม่ยังไม่แพร่หลายในการใช้งาน อย่างไรก็ตามปัจจุบันประเทศไทยได้มีผู้นำมาใช้ในทางการค้าแล้ว แต่ต้องใช้งบประมาณในการลงทุนราคาสูง จึงทำให้มีการใช้ระบบนี้กับเกษตรกรรายใหญ่เท่านั้น การทดลองนี้เป็นการทดสอบระบบเพื่อจะนำมาใช้กับโรงเรือนที่ใช้ปลูกพืชแบบปลอดสารพิษและเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับผู้ที่สนใจจะนำไปปรับปรุงเปลี่ยนแปลง เพื่อจะนำระบบนี้ไปใช้สำหรับปลูกพืชหรือใช้ในทางการค้าต่อไป

ปัจจัย 2 อย่างที่ต่างกันอย่างเห็นได้ชัดในการทำความเย็นภายในโรงเรือนคือโรงเรือนสำหรับฤดูร้อนและฤดูหนาว ในช่วงฤดูร้อนที่มีความร้อนจัดนั้นจะมีผลกระทบต่อผลผลิตของพืช อุณหภูมิภายในโรงเรือนจะอยู่ในระดับที่สูงกว่าอุณหภูมิภายนอก ซึ่งจะมีผลต่อการสร้างลำต้น, ดอกจะมีขนาดเล็กลง , การออกดอกช้าลงและมักจะมีการออกช่อดอกก่อนกำหนด การทำงานของระบบทำความเย็นแบบนี้จะขึ้นอยู่กับกระบวนการดูดความร้อนระหว่างการระเหยไปของน้ำ แต่ความร้อนที่เพิ่มขึ้นก็ยังเป็นปัญหา แม้ว่าอุณหภูมิภายในจะลดลงพอๆกับอุณหภูมิด้านนอก การเก็บกักพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ของโรงเรือนก็อาจจะทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงขึ้นจนถึงระดับวิกฤตได้

การจัดสภาพอากาศที่เหมาะสมนับว่าเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งในการกำหนดผลประโยชน์สูงสุดที่จะได้รับ การสร้างโรงเรือนและโรงเลี้ยงปศุสัตว์ในประเทศที่มีสภาพภูมิอากาศเขตร้อนและร้อนชื้นจะมีปัญหาเกี่ยวกับอุณหภูมิที่สูงมากภายในโรงเรือนเสมอ อัตราผลผลิตของพืชและสัตว์มักได้รับความเสียหายจากที่อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นและอากาศร้อนจัด

ในอดีตได้มีการใช้วิธีการที่เชื่อถือได้โดยการใช้พลังงานต่ำสุดในการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนจากการทดลองนี้ A Growelectric Handbook (1979) แสดงให้เห็นว่าการทำความเย็นโดยการระเหยน้ำจะมีหลักการคือการใช้แผ่นรังผึ้งระเหยน้ำ (pad) และพัดลม (fan) ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงในการที่จะเพิ่มผลผลิต ตามปกติแล้วระบบระบายอากาศที่กระทำโดยการปราศจากการทำให้เย็นอุณหภูมิอากาศที่ผ่านเข้ามาในโรงเรือนจะเป็นอุณหภูมิเดียวกับอุณหภูมิภายนอก แต่ก็ขึ้นอยู่กับความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วย ความร้อนที่ส่งผ่านมายังโรงเรือนจะทำให้ความร้อนภายในเพิ่มสูงขึ้นจนอาจจะสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

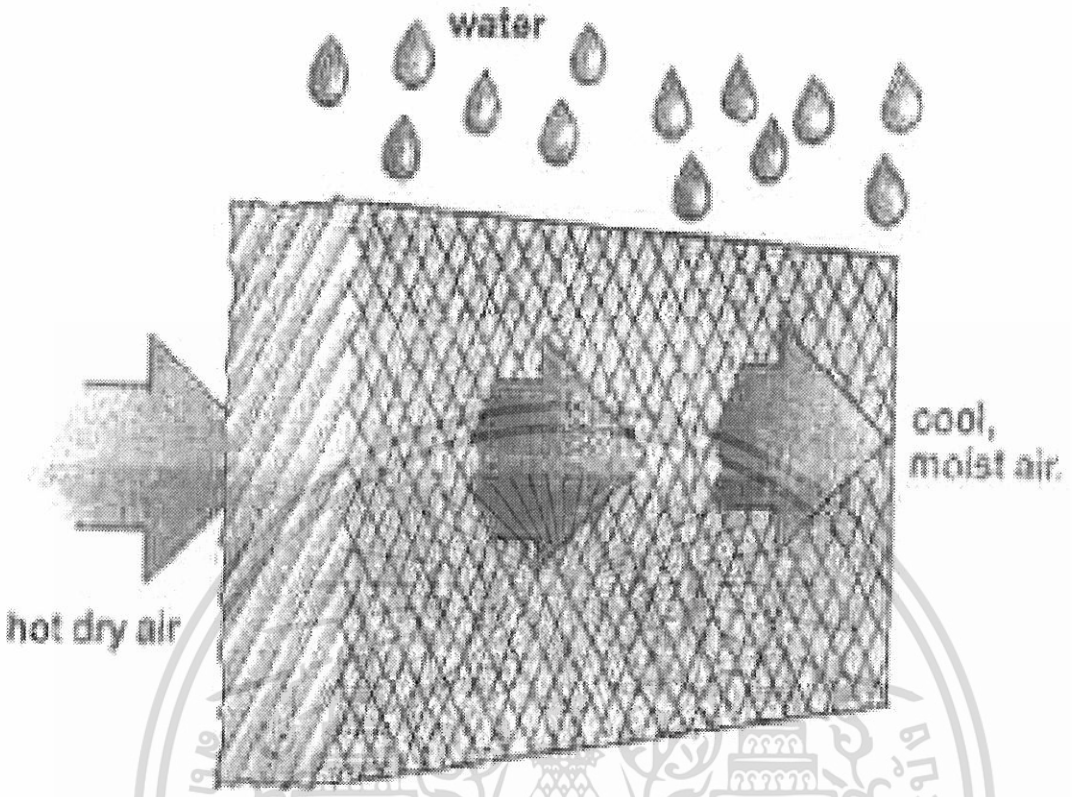
การทำความเย็นแบบการทำให้น้ำระเหยไป เป็นการทำให้เย็นโดยอาศัยหลักการทางธรรมชาติ คือ ลม ตัวอย่างเช่น ลมพัดผ่านเหนือผิวน้ำในทะเลจะทำให้น้ำส่วนนี้ระเหยไป ผลจากปรากฏการณ์นี้จะทำให้อุณหภูมิในอากาศลดลง เพราะว่ากระบวนการนี้จะเปลี่ยนพลังงานความร้อนไปเป็นลมเย็น การนำกระบวนการนี้มาจำลองใช้ในโรงเรือนหรือโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ปีกจะต้องทำให้พื้นผิวของน้ำอยู่เหนือสิ่งที่จะทำให้เกิดการระเหยและสามารถนำไอน้ำที่ระเหยออกไปสู่โรงเรือนได้ จึงได้มีการนำระบบนี้มาใช้โดยจะมีวิธีการที่จะควบคุมการไหลของอากาศผ่านมายังพื้นผิวของน้ำและจะต้องควบคุมระบบทั้งหมดอย่างดีและถูกต้อง

ระบบ EVAP เกิดขึ้นมาตั้งแต่ ค.ศ. 1954 และยังเป็นระบบที่ธรรมดาที่สุดแต่นิยมใช้กันมากในแถบยุโรป อเมริกาและประเทศที่มีสภาพภูมิอากาศแห้งแล้ง หลักการคือที่ผนังด้านหนึ่งของโรงเรือนจะเป็นส่วที่น้ำไหลผ่านแผ่น pad ลงมาตามแนวยาวของแผ่น ตามปกติแล้วแผ่น pad จะผลิตจาก Cellulose แต่ปัจจุบันนี้จะทำมาจากส่วนประกอบของ cross-fluted cellulose อากาศภายนอกจะผ่านไปสู่แผ่น pad ที่ชื้น น้ำในแผ่น pad ก็จะระเหยไปโดยการดูดเอาพลังงานความร้อนรอบๆแผ่นมาใช้ระเหย โครงสร้างของโรงเรือนจะมีเครื่องระบายอากาศติดอยู่บนหลังคาเมื่อเวลาที่ต้องการความเย็นก็จะเปิดเครื่องระบายอากาศนี้ แล้วความเย็นก็จะปกคลุมอากาศภายในโรงเรือนทั่วไปหมดผลที่ได้ก็คือ อุณหภูมิที่พืชได้รับจะลดลงทีละน้อยและต่อมาอัตราการเจริญเติบโตของพืชจะมีความแตกต่างกันในแต่ละวัน (A Growelectric Handbook, 1979)

หลักการทำงานของระบบ EVAP (Evaporative cooling system system) **หรือระบบ** EVAP

วิธีทำความเย็นแบบนี้ก็คือให้อากาศภายนอกผ่านแผ่น pad ที่เปียกชื้นซึ่งจัดให้อยู่บริเวณตามยาวของผนังโรงเรือน โดยกำหนดให้แผ่น pad มีความยาวที่เหมาะสมกับขนาดของโรงเรือน เมื่ออากาศสัมผัสกับความชื้นมวลอากาศเดิมจะมีอุณหภูมิลดลง เนื่องจากกระบวนการดูดความร้อนจากการเปลี่ยนสถานะของน้ำไปเป็นไอน้ำ อากาศจะมีอุณหภูมิลดลงผันแปรตามปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้น และถ้าสภาวะอากาศภายนอกมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำถึงปานกลางหรืออากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูงการลดอุณหภูมิโดยวิธีนี้จะมีประสิทธิภาพมากขึ้น ในทางปฏิบัติตัวอาคารโรงเรือนจะต้องปิดมิดชิดมีส่วนให้อากาศผ่านเข้าโรงเรือนทางแผ่น pad ที่ชุ่มด้วยน้ำเท่านั้น โดยจะมีปั๊มน้ำติดตั้งทำหน้าที่หมุนเวียนน้ำให้กับ pad ขณะเดียวกันพัดลมจะติดตั้งอยู่ด้านท้ายของโรงเรือนเพื่อดูดอากาศจากภายนอกเข้ามาภายในโรงเรือน (ภาพที่ 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 แสดงสภาพอากาศที่ไหลผ่าน CELdek pad
ที่มา : www.coolmax.com.au

เมื่อระบบทำงานพัดลมจะดูดอากาศภายในโรงเรือนออกสู่ภายนอกและอากาศภายนอกจะไหลเข้ามาแทนที่อากาศภายในโรงเรือนโดยผ่านแผ่น pad ที่เปียก ขณะที่อากาศเคลื่อนที่ผ่านแผ่น pad ที่เปียกนั้น อากาศจะได้รับการเพิ่มความชื้นและลดอุณหภูมิหรือเรียกว่าการระเหยของน้ำและจะทำให้อากาศเย็นลง เมื่อระบบทำงานอย่างต่อเนื่องจะส่งผลให้ระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้ต่ำกว่าภายนอกได้ตามประสิทธิภาพ ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วสภาพอากาศในประเทศไทยจะสามารถลดอุณหภูมิได้ 5-8 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิภายนอกและความชื้นสัมพัทธ์จะเป็นตัวกำหนดขอบเขตการลดอุณหภูมิของอากาศที่ผ่านเข้ามา ความชื้นสัมพัทธ์โดยการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิแห้งและอุณหภูมิเปียก อุณหภูมิสูงสุดที่ลดลงมาอาจเท่ากับอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างอุณหภูมิเปียกและอุณหภูมิแห้งซึ่งอุณหภูมิเปียกและอุณหภูมิแห้งนี้จะเท่ากันที่ความชื้นสัมพัทธ์ 100 % พลังงานที่ใช้ในกระบวนการระเหยนี้นำมาจากความร้อนในอากาศที่ไหลผ่านเข้ามาในโรงเรือนโดยการส่งผ่านความร้อนในอากาศมายังไอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำซึ่งจะทำให้อุณหภูมิลดลง กระบวนการทำความเย็นนี้ต้องได้รับพลังงานความร้อนที่คงที่ติดต่อกันไปไม่แนะนำความเร็วลมที่มากกว่า 1.5 m/s เพราะความเร็วระดับนี้จะไปลดประสิทธิภาพของพัดลมอันเนื่องมาจากความดันอากาศที่ต่ำเกินไป (Nelson.K.S., 1980)

หลักการสำคัญในการพิจารณาเพื่อการติดตั้งระบบ EVAP

สิ่งที่เราควรพิจารณานั้นประกอบไปด้วย

1. อัตราความร้อนในอากาศจะต้องเคลื่อนที่ออกจากโรงเรือนเพื่อให้อากาศเย็นเข้ามาแทนที่
2. แผ่น pad ที่ใช้ควรจะมีลักษณะที่ระเหยน้ำได้ดี
3. สถานที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งพัดลม
4. กระแสลม

อัตราความเคลื่อนไหวของอากาศภายในโรงเรือนจะเพิ่มขึ้นโดยผันแปรตรงกับความสูงของโรงเรือนที่สูงขึ้นเช่นกัน ความหนาแน่นของอากาศลดลงและปริมาณแสงก็จะเพิ่มขึ้น ความสามารถของอากาศที่จะพาเอาความร้อนภายในโรงเรือนออกไปสู่ภายนอกไม่ได้ขึ้นอยู่กับน้ำหนักของอากาศ ดังนั้นปริมาตรขนาดใหญ่ของอากาศที่ผ่านเข้าไปในโรงเรือนจะอยู่ในระดับสูงมากกว่าระดับต่ำเพื่อที่จะให้ความเย็นสมดุลย์กัน

อัตราความเคลื่อนไหวของอากาศขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงภายในโรงเรือน ในขณะที่ความเข้มของแสงมีปริมาณมากขึ้นความร้อนที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ก็เพิ่มขึ้น อัตราความเคลื่อนไหวของอากาศที่ความเข้มของแสงในอัตรา 5000 foot candle (fc) เป็นระดับที่น่าพอใจสำหรับการเพาะปลูก และมีการกำบังแสงบนโรงเรือนให้ปกคลุมโดยบังแสงจากขอบหลังคาด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง พลังงานความร้อนที่อยู่ในอากาศได้ผ่าน pad ไปสู่พัดลม ถ้าอุณหภูมิที่ผ่านเข้าไปยังโรงเรือนเป็นอุณหภูมิที่คงที่หมายถึงว่าจะสามารถลดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นได้ สิ่งที่จำเป็นมากอีกอย่างหนึ่งคือ การเพิ่มอัตราการเคลื่อนไหวของอากาศที่ผ่านเข้าไปยังโรงเรือนเพื่อให้เกิดประโยชน์สำหรับการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิ

ตำแหน่งของแผ่น pad และพัดลม ควรจะอยู่ในตำแหน่งที่ตรงข้ามกับกำแพง กำแพงเหล่านี้อาจจะอยู่ด้านหลังหรือด้านข้างของโรงเรือนก็ได้ ระยะห่างระหว่าง pad กับพัดลมเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นสำคัญก่อนการติดตั้งระบบ ระยะที่ดีที่สุดสำหรับโรงเรือนขนาดใหญ่คือ 100 - 200 ฟุต ถ้าระยะความห่างเกิน 200 ฟุต จะเป็นผลให้อุณหภูมิที่ผ่านเข้ามาในโรงเรือนสูงขึ้นมากกว่าที่ต้องการ หรือถ้าระยะความห่างไม่ถึง 100 ฟุต อัตราความเคลื่อนไหวของอากาศก็จะต่ำลงและอากาศจะเย็นจัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดอัตราความเคลื่อนไหวของอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงเรือนโดยใช้มาตราฐานที่ถูกต้องของขนาดความกว้างและความยาวของโรงเรือนตามลำดับ สูตรสมการอัตราการเคลื่อนไหวของอากาศเท่ากับ 8 cfm/ft² (2.5 cmm/m²) ของพื้นที่คือ

Standard cfm = LxWx8

Standard cmm = LxWx2.5

cmm = cubic metre per minute cfm = cubic foot per minute

L = ความยาวของโรงเรือน W = ความกว้างของโรงเรือน

ในปัจจุบันมตราฐานที่สมบูรณ์ของอัตราความเคลื่อนไหวของอากาศมีหลายประเภทด้วยกันแต่ในที่นี้จะพูดถึงหลักใหญ่ๆ 2 ประการด้วยกันคือ F house

F house = F elev x F light x F temp

F house = ปัจจัยของโรงเรือน F elev = ปัจจัยความต่างระดับของพื้นที่

F light = ปัจจัยของแสง F temp = ปัจจัยของอุณหภูมิ

ดังนั้นความสามารถของกำลังแรงของพัดลมควรจะเท่ากับ

Total cfm = Standard cfm x F house x F temp

หรือ Total cmm = Standard cmm x (F house x F temp)

ลำดับต่อไปควรจะเลือกขนาดและจำนวนของพัดลม พัดลมที่ดีควรจะมีอัตราความเคลื่อนไหวของอากาศน้อยและควรมีอัตราแรงดันน้ำอยู่ในดับคงที่ที่ 0.1 นิ้ว ถ้ากำแพงเอียงหรือเทลาดลงอยู่แล้ว (ในกรณีที่พัดลมอยู่ด้านนอก) พัดลมนั้นควรจะมีแรงดันของน้ำอยู่ในระดับที่ 0.05 นิ้ว แรงดันที่คงที่จะทำให้สามารถต้านทานแรงของพัดลมที่พัดอากาศผ่านไปยัง pad พื้นที่ของพัดลมไม่ควรจะมากกว่า 25 ฟุต ต่อส่วน ถ้าด้านท้ายสุดของโรงเรือนมีความกว้าง 60 ฟุต ควรจะมีพัดลมอย่างน้อย 3 เครื่อง ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นมาก พัดลมแต่ละเครื่องจะต้องมีความจุความเคลื่อนไหวของอากาศ โดยจะแบ่งเป็น Total cfm (cmm) เป็น 3 ส่วน พัดลมเหล่านี้ควรจะมีความสามารถครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของโรงเรือนและเพื่อเป็นหลักประกันว่าอากาศที่ผ่านเข้าในโรงเรือนได้ไหลผ่านไปยังพืชอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอในขณะที่พืชเจริญเติบโต

Cross-Fluted Cellulose Pad โดยทั่วไปแล้วแผ่น pad ที่ใช้จะมีความหนา 1-1.5 นิ้ว Cooling Pad จะผลิตมาจาก Cross-Fluted Cellulose Material แผ่น pad เหล่านี้จะมีลักษณะคล้ายกระดาษย่นแข็ง มีอายุการใช้งานประมาณ 10 ปี ถ้านำมาใช้อย่างถูกต้องและเหมาะสมควรจะมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้องกันไม่ให้ pad โดนฝนกระแทกแรงๆหรือโดนน้ำสาดอย่างแรง แม้ว่าแผ่น cell pad จะมีราคาแพง แต่ก็สามารถใช้งานได้นานถึง 10 ปี

Cross-Fluted Cellulose Pad จะวัดเป็นหน่วยความกว้างเท่ากับ 1 ฟุต ความหนาเท่ากับ 2,4,6 หรือ 12 นิ้ว และที่ความสูงเท่ากับ 1 ฟุต ความสูงอาจเพิ่มขึ้นเป็น 2-5 ฟุต เมื่อความหนาของแผ่น pad เท่ากับ 2 นิ้ว ความสูงของแผ่น pad 2-6 ฟุต เมื่อแผ่น pad หนา 4-6 นิ้ว และที่ความสูงของแผ่น pad 2-4 ฟุต เมื่อแผ่น pad หนา 12 นิ้ว ถ้าวัดแผ่น pad ตามแนวตั้ง ความยาวจะเพิ่มขึ้นอย่างละ 1 ฟุตของจำนวน pad ทั้งหมดในโรงเรือน ในปัจจุบันนี้ความหนาของแผ่น pad ที่นิยมใช้กันมากคือ 4 นิ้ว สำหรับ pad ที่มีความหนา 4 นิ้วต่อพื้นที่ 1 ตารางฟุตของแผ่นจะสามารถจุอากาศได้ 252 cfm ในขณะที่ความหนาของ pad 6 นิ้วจะสามารถจุอากาศได้ 350 cfm ถ้า pad หนา 12 นิ้วพื้นที่ภายในโรงเรือน บริเวณนั้นอาจจะร้อนเกินไปหรือชื้นเกินไป เพราะฉะนั้นขนาดของโรงเรือน โดยทั่วไปจะเหมาะกับ pad ที่หนาเพียง 4 นิ้ว และ 6 นิ้ว หรือ 60 และ 43 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่โรงเรือนทั้งหมด

ขนาดพื้นที่ที่เหมาะสมของ pad อาจคำนวณได้จากรูปร่างตามที่ได้กล่าวมา Cooling pad ควรจะขยายไปตามแนวยาวของกำแพงในโรงเรือนซึ่งขนาดพื้นที่ที่เหมาะสมจะต้องทำให้พืชทั้งหมดได้รับอากาศเย็นอย่างทั่วถึง ควรจะติดตั้ง pad ที่ส่วนท้ายสุดของโรงเรือนและขอบของกำแพงการติดตั้งเครื่องถ่ายลมที่กำแพง pad ด้านนอกเพื่อเปิดให้อากาศทะลุผ่านเข้ามาระหว่างอากาศร้อนและอากาศด้านนอก พัดลมดูดอากาศจะตั้งอยู่บนกำแพงที่ตรงกันข้ามกับ pad เพื่อจะได้นำเอาอากาศเย็นไหลผ่านเข้าปกคลุมทุกบริเวณของโรงเรือน

การสร้างรูที่ท่อสำหรับ Cross-Fluted Cellulose Pad ควรจะมีการปรับให้เหมาะสม โดยให้มีส่วนรองรับการกระแทกของน้ำจากท่อกระจายน้ำ น้ำที่พุ่งออกมาจากรูของท่อกระจายน้ำก็จะไปกระทบกับบริเวณนั้น ท่อพลาสติกที่เจาะรูจะทำให้น้ำไหลเป็นหยดๆไปบนแผ่น pad ที่สูง 2 นิ้วและหนาเท่ากับ Cellulose pad ที่อยู่ด้านล่าง แผ่น pad นี้จะทำให้น้ำแตกกระจายและจะทำให้น้ำเปียกไปทั่วทั้งแผ่น Cellulose pad ซึ่งนับว่าเป็นสิ่งสำคัญมาก การป้องกันไม่ให้อากาศแห้งผ่านเข้าไปสู่แผ่น pad ซึ่งจะทำให้ลดประสิทธิภาพของแผ่นและควรจะมีการสร้างบริเวณเก็บกักน้ำเพื่อรองรับน้ำส่วนเกินที่ไหลลงมาจากแผ่น pad ระยะห่างระหว่างบริเวณเก็บกักน้ำกับ pad ควรห่างกันครึ่งหนึ่งของความยาวท่อพลาสติก

ในวันที่อากาศร้อนและแห้งปริมาณน้ำที่ระเหยไปจากแผ่น pad ขนาด 100 ฟุต อาจมากถึง 1 แกลลอนต่อ 1 นาที ดังนั้น จึงควรต่อท่อน้ำที่มีวาล์วปิดเปิดไปยังแทงก์น้ำให้เป็นแบบอัตโนมัติเพื่อรักษาระดับของน้ำให้สม่ำเสมอ ขณะที่น้ำระเหยออกจากผิวหน้าของแผ่น pad เกลือที่อยู่ในน้ำจะไม่ระเหยออกมาด้วย หากใช้แผ่น pad ติดต่อกันเป็นเวลานานๆ หลังจากปิดระบบแล้วจะมีเกลือสีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตกตะกอนและจะเกาะอยู่บนแผ่น pad ดังนั้นจึงขึ้นอยู่กับเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำที่ใช้แก่ระบบบางครั้งจึงจำเป็นต้องระบายน้ำส่วนนี้ออกไป 1-2 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำทั้งหมดที่ไหลเวียนกลับมาจากแผ่น pad เพื่อหลีกเลี่ยงการก่อตัวของเม็ดเกลือ วาล์วปิดเปิดเพื่อระบายน้ำส่วนนี้ออกไปควรมีขนาด 3/8 นิ้ว โดยจะติดตั้งที่บริเวณท่อปล่อยน้ำออกของปั้มน้ำและจะต้องปรับอัตราการไหลของน้ำเพื่อกำจัดคราบเกลือที่อยู่บนแผ่น pad การก่อตัวของคราบเหล่านี้บนแผ่น pad จะไม่สามารถสังเกตเห็นได้เมื่อใช้แผ่น pad ในระยะเวลาที่ไม่นาน

เมื่อใช้งานแผ่น pad เป็นระยะเวลา 2-3 ปี จะมีสาหร่าย (algae) เกิดขึ้นที่บริเวณ Cross-Fluted Cellulose Pad สาหร่ายที่เกิดขึ้นนี้จะไม่ทำลายแผ่น pad แต่จะไปอุดตันทางไหลของน้ำภายในแผ่น pad วิธีแก้ไขอาจจะแก้ไขโดยใส่สารละลายโซเดียมไฮโปคลอเรต (สารฟอกขาว) 1 เปอร์เซ็นต์ เข้าไปผสมกับน้ำที่ให้แก่แผ่น pad เพื่อให้ปริมาณคลอรีนมีประมาณ 4-5 ppm ซึ่งจะใช้ได้กับปริมาณน้ำอย่างต่ำ 30 แกลลอนต่อเดือน การกำจัดสาหร่ายในแผ่น pad ที่ทีความยาว 30 เมตรและหนา 6 นิ้ว จะเกิดปัญหาเมื่อใช้สารฟอกขาวคือ จะทำให้น้ำมี pH เพิ่มขึ้น ระดับของ pH จะต้องไม่เกิน 9.0 เพราะจะทำให้แผ่น pad นุ่มลงหรือไม่ต้องควบคุมระดับ pH ไม่ต่ำกว่า 6.0 ได้มีผู้ประกอบการบางรายใส่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลงไปในน้ำที่ไหลเวียนให้แก่แผ่น pad ซึ่งจะไม่ทำให้ pH สูงขึ้น วิธีการใช้คลอรีนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์แม้จะแก้ปัญหาในส่วนนี้ได้แต่ก็จะเกิดปัญหาตามมาด้วย ดังนั้นควรนำมาใช้ร่วมกับระบบนี้เป็นครั้งคราว (Nelson.P.V., 1991)

ระบบ EVAP สามารถทำได้ทั้งระบบอัตโนมัติและลงมือปฏิบัติเอง ในระบบอัตโนมัติเมื่อต้องการความเย็น พัดลมดูดดอากาศจะทำงานและเครื่องระบายอากาศเหนือแผ่น pad จะเปิดออกถ้าระบบใช้ความเย็นได้ไม่เพียง งพอตามที่ต้องการและอุณหภูมิเพิ่มที่เริ่มจะสูงขึ้น ปั้มน้ำจะเริ่มทำงานเพื่อทำการให้น้ำแก่แผ่น pad เมื่อได้ความเย็นตามที่ต้องการแล้วระบบก็จะปิด

การวางตำแหน่งของพัดลม (Fan Placement)

Nelson.P.V. (1991) กล่าวว่าการวางตำแหน่งของพัดลมควรวางไว้ในด้านใต้ลมของโรงเรือนหรือทางด้านที่ลมพัดผ่านและให้แผ่น pad อยู่ทางด้านทิศทางลม เพราะว่าลมจะมีส่วนช่วยให้ระบบมีประสิทธิภาพมากกว่าที่จะต่อต้านระบบ ถ้าพัดลมดูดอากาศเข้าในด้านเหนือลม ความจุของพัดลมเพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์หรือมากกว่านั้น และถ้ามีโรงเรือน 2 หลังหรือมากกว่านั้นตั้งอยู่ติดกัน ปัจจัยที่ควบคุมทิศทางลมคือตำแหน่งที่ตั้งของพัดลมในโรงเรือนนั้นๆ นั่นหมายถึงพัดลมจะต้องไม่ดูดเอาอากาศที่เปียกชื้นของโรงเรือนหลังใกล้เคียงเข้ามาในแผ่น pad ของโรงเรือนที่อยู่ติดกัน ดังนั้นโรงเรือนควรจะตั้งห่างกันอย่างน้อยที่สุด 50 ฟุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะวัสดุที่ใช้

สิ่งที่สำคัญของระบบ EVAP นี้คือแผ่น pad ที่ทำให้เกิดการระเหยของน้ำ แผ่น CELdex pad จะต้องผลิตเป็นร่องที่ทำจากกระดาษลอนยึดติดด้วยกาวและเคลือบสารชนิดพิเศษป้องกันการเปื่อยยุ่ยเมื่อสัมผัสระหว่างลมและน้ำมากจะช่วยให้เกิดการระเหยน้ำได้มากขึ้นโดยมีพัดลมช่วยทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศ

แผ่น pad ที่ใช้ในการกระจายน้ำจะแพร่น้ำไปบนพื้นผิวของแผ่น เพื่อให้แน่ใจว่ารูปแบบนี้จะสามารถนำน้ำไปยังแผ่น pad ได้ทั่วทั้งแผ่น และนำอากาศจากภายนอกเข้ามาสัมผัสที่พื้นผิวที่เปียกชื้นได้ พัดลมจะถูกติดตั้งที่ด้านตรงกันข้ามซึ่งจะทำให้ภายในโรงเรือนถูกแบ่งออกเป็นส่วนที่มีความดันแตกต่างกันเป็นสาเหตุให้อากาศดูดเข้ามาทางแผ่น pad เมื่อมีการสัมผัสกันระหว่างอากาศและน้ำนี้ก็จะทำให้เกิดการระเหย การควบคุมระบบจะต้องใช้เครื่องปั้มน้ำและจำนวนพัดลมระบบนี้จะใช้ไฟฟ้าในปริมาณน้อยนั่นคือในส่วนของพัดลมและปั้มน้ำ ในวันที่ร้อนและแดดจัดปริมาณความชื้นในอากาศจะมีค่าคงที่สิ่งนี้หมายถึงความสัมพันธ์ของความชื้นที่ต่ำที่สุด ในตอนบ่ายเมื่อมีอุณหภูมิสูงสุดในตอนนั้นและผลจากความชื้นที่ต่ำคือการทำความเย็นโดยการระเหยหรือในอีกแง่หนึ่งผลจากการทำความเย็นของระบบจะมีประสิทธิภาพสูงสุด (Virhammer K., 1982)

ระบบอุโมงค์ลม (Wind Tunnel)

อุโมงค์ลมเป็นระบบที่ใช้กันมากในแถบเขตหนาว เพราะในแถบบริเวณนี้เมื่ออากาศที่หนาวเย็นมากๆ จะส่งผลกระทบต่อพืชทำให้เกิดความเสียหาย จึงนำหลักการอุโมงค์ลมมาใช้ในการแก้ปัญหาอุณหภูมิภายในโรงเรือนที่ต่ำเกินไป หลักการทำงานก็คือดูดอากาศทางด้านหลังผ่านแผงทำความร้อนที่อยู่ทางด้านหน้าของพัดลมส่งต่อไปยังท่อพลาสติกที่เจาะรู ทำให้ลมที่ผ่านเข้ามาภายในท่อมีอุณหภูมิสูงกว่าภายนอก แล้วลมที่มีอุณหภูมิสูงกว่าภายนอกนี้ก็จะกระจายออกไปยังช่องว่างที่เจาะเอาไว้ ทำให้อากาศที่ปล่อยออกมาจากท่อพลาสติกผสมกับอากาศภายนอกที่อยู่ภายในโรงเรือนเกิดการหมุนเวียนเป็นผลให้อุณภูมิภายในโรงเรือนสูงขึ้น Nelson.P.V.(1991) ได้ทำการศึกษาระบบอุโมงค์ลมในเขตอากาศหนาว จึงนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศที่ร้อนของประเทศไทยคือเป็นการปล่อยลมเย็นเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสง (Ligth)

แสงจะมีความสัมพันธ์กับพืชอยู่ 2 ทางคือ ด้านการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของพืช แสงเป็นแหล่งพลังงานของขบวนการสังเคราะห์แสง พืชจะตรึงคาร์บอนแล้วเปลี่ยนมาอยู่ในรูปคาร์โบไฮเดรต สุดท้ายจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบเชิงซ้อนในพืช ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและช่วงคลื่นแสงจะสูงในช่วง 400-700 นาโนเมตร แสงจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ตัวอย่างเช่น การเจริญทางด้านลำต้นกับการเจริญทางด้านการสืบพันธุ์ กระบวนการนี้จะเกิดได้ดีในช่วงเวลาของแสงที่เหมาะสมและความเข้มแสงต่ำ

การจัดการปัจจัยต่างๆ ที่เหมาะสมจะพบว่า อัตราการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มของแสงแต่เมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้นถึงจุดๆหนึ่ง อัตราการสังเคราะห์แสงจะไม่เพิ่มขึ้นอีกต่อไปเรียกจุดนี้ว่า จุดอิ่มตัวด้วยแสง หากความเข้มแสงสูงเกินไปจะมีผลไปยับยั้งขบวนการสังเคราะห์ได้จากการศึกษาเปรียบเทียบกันระหว่างพืชเมืองหนาวกับพืชเมืองร้อน โดยเฉพาะกับพืชตระกูลหญ้าพบว่าหญ้าเมืองหนาวมีจุดอิ่มตัวด้วยแสงต่ำกว่าหญ้าเมืองร้อน คือจะมีจุดอิ่มตัวที่ความเข้มแสงประมาณ 20,000 - 30,000 lux ในขณะที่พืชเมืองร้อนเช่นข้าวโพด อ้อยจะมีจุดอิ่มตัวประมาณ 50,000 - 60,000 lux การสังเคราะห์ของพืชเมืองร้อนและพืชเมืองหนาวจะมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับความเข้มแสงในปริมาณต่ำๆ อัตราการสังเคราะห์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วขณะที่อัตราความเข้มแสงเพิ่มขึ้นนี้อัตราการเพิ่มจะลดลงเป็นลำดับ เมื่อยิ่งเพิ่มความเข้มแสงในที่สุดก็จะถึงจุดอิ่มตัวด้วยแสง

ประสิทธิภาพการใช้แสงของพืช

ประสิทธิภาพการใช้แสงหรือการเปลี่ยนพลังงานแสงไปเป็นพลังงานเคมีในการสังเคราะห์แสงของพืชขึ้นอยู่กับปริมาณและช่วงเวลาที่พืชได้รับแสงพืชจะใช้แสงที่มีความเข้มของแสงต่ำได้ดีกว่าความเข้มของแสงสูง ดังนั้นจากปริมาณแสงที่เท่ากัน ถ้าพืชได้รับแสงเป็นเวลานานกว่าจะใช้แสงได้ดีกว่า Cooper and Tainton (1968) กล่าวว่าพืชต่างชนิดกันมีประสิทธิภาพต่ำกว่าพวกหญ้าเมืองร้อนที่จุดอิ่มตัวด้วยแสงกล่าวคือ พวกหญ้าเมืองหนาวจะมีประสิทธิภาพการใช้แสงอยู่ระหว่าง 2-3 % เปรียบเทียบกับ 5-6 % ที่พบในหญ้าเมืองร้อน แต่ที่ความเข้มของแสงต่ำกว่าที่จุดอิ่มตัวด้วยแสงประสิทธิภาพการใช้แสงของพืชทั้งสองอาจไม่แตกต่างกัน คืออยู่ระหว่าง 12-15 %

อุณหภูมิ (Temperature)

ความร้อนเป็นพลังงานอีกรูปหนึ่งที่เป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจะส่งผลกระทบที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับพืชได้ ซึ่งอาจเกิดจากอุณหภูมิที่สูงหรือต่ำมากเกินไปกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่ความต้องการของพืช ดังนั้นอุณหภูมิจึงเป็นอีกปัจจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนึ่งที่ควบคุมอัตราการเจริญเติบโตของพืช อย่างไรก็ตามถ้าอุณหภูมินั้นไม่สูงหรือต่ำจนเกินไปหรือไม่แตกต่างจากอุณหภูมิที่เหมาะสมนักจะไม่มีผลกระทบรุนแรง อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดสำหรับพืชจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้

1. แสง ในวันที่มีปริมาณความเข้มแสงต่ำ (มีเมฆมาก) อุณหภูมิในตอนกลางวันจะสูงกว่าอุณหภูมิในตอนกลางคืน ในวันที่มีแสงแดดและอุณหภูมิสูงจะเป็นประโยชน์ต่ออัตราการเจริญเติบโตของพืช แต่ระดับอุณหภูมิที่สูงนี้อาจจะเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชน้อยในฤดูหนาว แต่จะมีประโยชน์มากในฤดูร้อนเมื่อปริมาณความเข้มแสงสูงและไม่จำกัดการเจริญเติบโตของพืช

2. ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ภายในโรงเรือน ระดับคาร์บอนไดออกไซด์นี้มักจะไปจำกัดอัตราการเจริญเติบโตของพืชเมื่อมีปริมาณระดับคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น การเจริญเติบโตจะเพิ่มสูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิที่จุดๆหนึ่ง ซึ่งจะเป็นจุดที่อัตราการเจริญเติบโตจะไม่เพิ่มขึ้นอีกต่อไป อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นในตอนกลางวันมักจะเป็นประโยชน์เมื่อบรรยากาศภายในโรงเรือนมีปริมาณระดับคาร์บอนไดออกไซด์สูง

พืชแต่ละชนิดมีอุณหภูมิที่เหมะสมต่ออัตราการเจริญเติบโตหรือการสังเคราะห์แสงแตกต่างกัน พวกพืชเมืองหนาวส่วนใหญ่จะมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 20-25 อาศาเซลเซียส อัตราการเจริญเติบโตจะลดลงอย่างรวดเร็วถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส แต่ที่ 5 องศาเซลเซียส การเจริญน้อยมากแต่ก็ยังมีชีวิตอยู่ได้ และในทำนองเดียวกันถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส การเจริญก็จะลดลงถึงแม้ว่าจะมีการให้น้ำอย่างเพียงพอก็ตาม หลักปฏิบัติทั่วไปของพืชเมืองหนาวในโรงเรือนจะเจริญเติบโตได้ในอุณหภูมิ 3-6 องศาเซลเซียส หรือมากกว่านั้นอุณหภูมิในตอนกลางคืนอยู่ในช่วง 18 องศาเซลเซียส ซึ่งจะมากกว่าอุณหภูมิในตอนกลางวัน คาร์บอนไดออกไซด์ก็เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้พืชงอกงาม อุณหภูมิในตอนกลางคืนของพืชในโรงเรือนโดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 4-21 องศาเซลเซียส พืชพันธุ์ต่างๆมักจะเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส สำหรับพวกพืชเมืองร้อนและกึ่งเมืองร้อน เช่น ข้าวโพดและอ้อยจะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตสูงกว่าพืชเมืองหนาวคืออยู่ระหว่าง 30-35 องศาเซลเซียส การเจริญจะมีน้อยมากถ้าอุณหภูมิลดลงเหลือ 10-15 องศาเซลเซียสและอาจตายได้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส พืชเมืองร้อนส่วนใหญ่จะมีความต้านทานต่ออุณหภูมิต่ำได้ไม่ดีเท่าพืชเมืองหนาว ดังนั้นการปลูกพืชเมืองร้อนบนที่สูงจากระดับน้ำทะเลมากๆ การเจริญของพืชจะได้รับผลกระทบความหนาวเย็นได้ การศึกษาในเรื่องของอุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชควรพิจารณาถึงระดับของอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดที่พืชจะเจริญหรือมีชีวิตอยู่ได้นอกเหนือไปจากอุณหภูมิที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพาะปลูกในเขตร้อน อุณหภูมิได้เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ไปจำกัดการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตเมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยอื่นๆ ยกเว้นแต่ว่าอุณหภูมินั้นจะมีระดับสูงหรือต่ำเกินไป การเพาะปลูกในเขตร้อนแทบจะไม่ได้ผลกระทบจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในรอบปี ทั้งนี้อุณหภูมิเฉลี่ยในรอบปีค่อนข้างสม่ำเสมอและอยู่ในระดับที่เหมาะสมแก่การเจริญของพันธุ์พืชเมืองร้อนทั่วๆไป ซึ่งแตกต่างกับเขตหนาวที่มีอุณหภูมิต่ำมากในช่วงฤดูหนาว แต่ทั้งนี้อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นจนถึงระดับวิกฤตก็จะทำให้พืชได้รับผลกระทบได้

ความชื้น (Humidity)

ความชื้น (Humidity) หมายถึง จำนวนไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศความชื้นของอากาศมีเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความดันและอุณหภูมิ

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relativety humidity) หมายถึง "อัตราส่วนของปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ ต่อ ปริมาณไอน้ำที่จะทำให้อากาศอิ่มตัว ณ อุณหภูมิเดียวกัน หรือ "อัตราส่วนของความดันไอน้ำที่มีอยู่จริง ต่อ ความดันไอน้ำอิ่มตัว" ค่าความชื้นสัมพัทธ์แสดงในรูปของร้อยละ (%)

ความชื้นสัมพัทธ์ = ปริมาณไอน้ำที่อยู่ในอากาศ / ปริมาณไอน้ำที่ทำให้อากาศอิ่มตัว x 100%

หรือ

ความชื้นสัมพัทธ์ = ความดันไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ / ความดันไอน้ำของอากาศอิ่มตัว x 100%

ปริมาณของไอน้ำในอากาศขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศ อากาศร้อนสามารถเก็บไอน้ำได้มากกว่าอากาศเย็น ดังนั้นหากต้องการลดอุณหภูมิของอากาศจนถึงจุดๆ หนึ่ง จะเกิด "อากาศอิ่มตัว" (Saturated air) อากาศไม่สามารถเก็บกักไอน้ำไว้ได้มากกว่านี้ หรือกล่าวได้ว่า อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ 100% ดังนั้นหากอุณหภูมิยังคงลดต่ำลงอีก ไอน้ำจะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว อุณหภูมิที่ทำให้เกิดการควบแน่นนี้เรียกว่า "จุดน้ำค้าง" (Dew point) ในการวัดความชื้นสัมพัทธ์ใช้เครื่องมือซึ่งเรียกว่า "ไฮโกรมิเตอร์" (Hygrometer) ซึ่งมีอยู่หลายหลากชนิด มีทั้งทำด้วยกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์ และเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ไฮโกรมิเตอร์ซึ่งสามารถทำได้เองและมีความน่าเชื่อถือเรียกว่า "สลิงไซโครมิเตอร์" (Sling psychrometer) ประกอบด้วย เทอร์โมมิเตอร์จำนวน 2 อันอยู่คู่กัน โดยมีเทอร์โมมิเตอร์อันหนึ่งมีผ้าชุบน้ำหุ้มกระเปาะไว้ เรียกว่า " กระเปาะเปียก " (Wet bulb) ส่วนกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์อีกอันหนึ่งไม่ได้หุ้มอะไรไว้ เรียกว่า " กระเปาะแห้ง " (Dry bulb) เมื่อหมุนสลิงไซโครมิเตอร์จับเวลา 3 นาที แล้วอ่านค่าแตกต่างของอุณหภูมิกระเปาะทั้งสองบนตารางเปรียบเทียบก็จะได้ค่าความชื้นสัมพัทธ์มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (ภาควิชาวิศวกรรมเคมี, 2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. โรงเรือนเพาะชำสำเร็จรูปทำด้วยตาข่ายและพลาสติกที่ใส่สารป้องกัน UV ขนาด 2x7x2.5 เมตร ประกอบด้วยพัดลมดูดอากาศที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตรจำนวน 1 เครื่อง
2. ระบบ Evaporative cooling system (EVAP)

1. แผ่นระบายความร้อนแบบรังผึ้งหรือแผ่น CELdek pad ขนาด 90 x 90 เซนติเมตร 1 แผ่น
2. ปั๊มน้ำ (Pump)
3. พลาสติกป้องกันรังสี UV
4. ท่อ PVC
5. ท่อพลาสติก
6. เทปกาว

3. เทอร์โมมิเตอร์แบบวัดอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดจำนวน 10 เครื่อง
4. เครื่องวัดความชื้นในอากาศ จำนวน 10 เครื่อง
5. อุปกรณ์เครื่องมือช่าง
6. เลื่อย
7. เหล็กฉากและน๊อตยึดเหล็กฉาก
8. ลวด

วิธีการ

การติดตั้งระบบ Evaporative cooling system (EVAP) (ยูที เอนยีเนียริง จำกัด,บริษัท. ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์)

1. ทำการติดตั้งโรงเรือนในแนวตามทิศทางลม
2. ติดตั้งพัดลมระบายอากาศด้านหน้าโรงเรือน 1 ตัว
3. ด้านหลังโรงเรือนเจาะพลาสติกเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 90x 90 เซนติเมตร เพื่อติดตั้งแผ่นระบายความร้อนแบบรังผึ้ง (CELdek)
4. นำแผ่น (CELdek) ติดตรงรอยเจาะของแผ่นพลาสติกโดยตั้งให้ตรงและปิดบริเวณรอยต่อให้สนิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ติดตั้งปั๊มน้ำด้านนอกหลังโรงเรือนและต่อท่อไปยังแผ่น (CELdek) แล้วทำท่อระบายน้ำทิ้งด้านหลังโรงเรือน

6. ติดตั้งเครื่องบันทึกอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดและเครื่องบันทึกความชื้น โดยบันทึกผลอุณหภูมิภายนอก, ภายในและความชื้นภายในโรงเรือนเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์

การติดตั้งระบบอุโมงค์ลม

1. ทำท่ออุโมงค์ลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว
2. เจาะรูท่ออุโมงค์ลมห่างกัน 60 เซนติเมตร
3. ติดตั้งพัดลมโดยมีท่อพลาสติกที่เจาะรูแล้วต่อเข้ากับด้านหน้าพัดลม
4. ติดตั้งพัดลมดูดอากาศออกเพื่อให้ระบบมีการหมุนเวียน
5. ทำการติดตั้งอุโมงค์ลมในระดับบนของโรงเรือนเหนือหลุมปลูกพืช 55 เซนติเมตรก่อนแล้วบันทึกผลอุณหภูมิภายนอก, ภายในและความชื้นภายในโรงเรือนระยะเวลา 1 สัปดาห์
6. เมื่อครบ 1 สัปดาห์เปลี่ยนการติดตั้งอุโมงค์ลมเป็นบริเวณระดับล่างของโรงเรือนเหนือหลุมปลูกพืช 20 เซนติเมตรแล้วบันทึกผลเช่นเดียวกับข้อ 5

ในแต่ละระดับอุโมงค์ลมจะทำการวัดผลย่อย โดยการติดตั้ง CELdek เข้าไปหน้าพัดลมและแบบไม่ติด CELdek บันทึกผล 1 สัปดาห์เช่นกันแล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบว่าที่ตำแหน่งใดส่งผลต่อการลดอุณหภูมิในโรงเรือนดีที่สุด

การบันทึกผลการทดลอง

1. บันทึกข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และความชื้นของโรงเรือนเพาะปลูกขนาดเล็ก โดยไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อลดอุณหภูมิ ทำการบันทึกข้อมูลเป็นระยะเวลา 4 วัน ตั้งแต่เวลา 9.00-16.00 น.
2. บันทึกข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และความชื้นของโรงเรือนเพาะปลูกขนาดเล็ก โดยการทดลองติดตั้งระบบอุโมงค์ลมที่ระดับบน ทำการบันทึกข้อมูลเป็นระยะเวลา 4 วัน ตั้งแต่เวลา 9.00-16.00 น.
3. บันทึกข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และความชื้นของโรงเรือนเพาะปลูกขนาดเล็ก โดยการทดลองติดตั้งระบบอุโมงค์ลมที่ระดับล่าง ทำการบันทึกข้อมูลเป็นระยะเวลา 4 วัน ตั้งแต่ เวลา 9.00-16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. บันทึกข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และความชื้นของโรงเรือนเพาะปลูกขนาดเล็ก โดยการทดลองติดตั้งระบบ Evaporative cooling system ทำการบันทึกข้อมูลเป็นระยะเวลา 4 วัน ตั้งแต่เวลา 9.00-16.00 น.

5. สถานที่ทำการทดลอง

ชั้น 5 อาคารเจ้าคุณทหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าฉลองกระบัง

ผลการทดลอง

1. ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อลดอุณหภูมิ โดยทำการวัดอุณหภูมิสูงสุด–ต่ำสุดและความชื้นที่ระดับ 45 เซนติเมตรและ 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูก

ตารางที่ 1 อุณหภูมิสูงสุดของการทดลองที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์เพื่อลดอุณหภูมิที่ระดับ 45 เซนติเมตร และ 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกและภายนอกโรงเรือน

วันที่ / เวลา	1		2		3		4		เฉลี่ย	อุณหภูมิภายนอก
	45cm	25cm	45cm	25cm	45cm	25cm	45cm	25cm		
9:00 น.	34.7	34.3	34.7	35.0	35.0	34.0	35.0	34.7	34.7	34.0
10:00 น.	37.0	37.3	36.3	36.7	35.0	35.7	35.7	36.0	36.2	35.0
11:00 น.	38.7	41.0	37.3	38.7	35.7	36.7	37.0	38.0	37.9	36.0
12:00 น.	40.0	41.3	40.0	41.0	38.7	39.7	38.3	39.3	39.8	36.3
13:00 น.	40.7	41.3	41.0	41.7	40.3	40.7	39.7	40.7	40.8	36.5
14:00 น.	41.7	41.7	41.7	41.7	40.7	41.3	40.7	40.7	41.3	36.3
15:00 น.	42.0	40.0	39.7	40.3	40.0	40.7	40.3	39.3	40.3	35.8
16:00 น.	40.3	38.3	39.3	39.3	39.0	38.7	39.0	38.0	39.0	35.8
เฉลี่ย	39.4	39.4	38.8	39.3	38.0	38.4	38.2	38.3	38.7	35.7

จากตารางที่ 1 พบว่าอุณหภูมิสูงสุดของการทดลองที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อลดอุณหภูมิเท่ากับ 42 องศาเซลเซียสที่เวลา 15.00 น.และมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 38.7 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดภายนอกโรงเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 35.7 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความสูงของจุดที่ทำการวัดอุณหภูมิพบว่า ในระดับความสูง 45 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกมีแนวโน้มของอุณหภูมิต่ำกว่าระดับล่างคือที่ความสูง 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูก โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 38.6 และ 38.9 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
99760

ตารางที่ 2 อุณหภูมิต่ำสุดของการทดลองที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์เพื่อลดอุณหภูมิที่ระดับ 45 เซนติเมตร และ 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกและภายนอกโรงเรือน

วันที่ / เวลา	1		2		3		4		เฉลี่ย	อุณหภูมิภายนอก
	45cm	25cm	45cm	25cm	45cm	25cm	45cm	25cm		
9:00 น.	33.0	34.2	32.3	33.7	33.3	32.7	33.3	33.7	33.3	32.0
10:00 น.	35.0	35.3	33.7	34.7	33.3	33.7	34.0	35.0	34.3	32.5
11:00 น.	36.0	37.2	35.3	36.3	34.3	35.0	35.3	36.0	35.7	33.8
12:00 น.	38.5	38.7	38.7	38.7	36.3	37.3	36.7	37.7	37.8	34.0
13:00 น.	38.0	38.5	38.7	39.0	38.0	39.0	38.0	38.7	38.5	34.5
14:00 น.	39.3	38.5	39.7	39.7	38.7	40.0	39.0	39.3	39.3	34.3
15:00 น.	37.3	37.0	37.7	38.7	39.0	39.0	38.3	38.0	38.1	32.5
16:00 น.	36.8	36.7	37.3	37.3	37.7	37.7	37.7	36.7	37.2	32.0
เฉลี่ย	36.8	37.0	36.7	37.3	36.3	36.8	36.5	36.9	36.8	33.2

จากตารางที่ 2 พบว่าอุณหภูมิต่ำสุดของการทดลองที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อลดอุณหภูมิเท่ากับ 32.3 องศาเซลเซียสที่เวลา 9.00 น.และมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 36.8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดภายนอกโรงเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 33.2 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความสูงของจุดที่ทำการวัดอุณหภูมิพบว่า ในระดับความสูง 45 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกมีแนวโน้มของอุณหภูมิต่ำกว่าระดับล่างคือที่ความสูง 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูก โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 38.6 และ 37.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ความชื้นของการทดลองที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์เพื่อลดอุณหภูมิที่ระดับ 45 เซนติเมตรและ 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกและภายนอกโรงเรือน

วันที่ / เวลา	1		2		3		4		เฉลี่ย	ความชื้นภายนอก
	45cm	25cm	45cm	25cm	45cm	25cm	45cm	25cm		
9:00 น.	64	64	64	63	63	59	65	64	63	63
10:00 น.	55	64	59	62	55	57	64	65	60	62
11:00 น.	51	56	48	57	57	55	61	62	56	58
12:00 น.	52	58	52	56	55	54	60	55	55	56
13:00 น.	54	61	60	64	58	57	60	66	60	61
14:00 น.	59	58	59	61	56	58	62	61	59	60
15:00 น.	49	56	51	50	54	58	62	55	54	57
16:00 น.	51	54	58	53	55	57	60	54	55	57
เฉลี่ย	54	59	56	58	57	57	62	60	58	59

จากตารางที่ 3 พบว่าความชื้นเฉลี่ยตลอดการทดลองที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อลดอุณหภูมิเท่ากับ 58 เปอร์เซนต์ และความชื้นภายนอกโรงเรือนเท่ากับ 59 เปอร์เซนต์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความสูงของจุดที่ทำการวัดความชื้นพบว่า ในระดับความสูง 45 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกมีแนวโน้มของความชื้นต่ำกว่าระดับล่าง โดยมีความชื้นเฉลี่ยที่ 57 และ 59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ติดตั้งระบบอุโมงค์ลมที่ระดับบนโดยทำการวัดอุณหภูมิสูงสุด–ต่ำสุดและความชื้นที่ระดับ 45 เซนติเมตรและ 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูก

ตารางที่ 4 อุณหภูมิสูงสุดของการทดลองที่ติดตั้งระบบอุโมงค์ลมที่ระดับบน ระดับ 45 เซนติเมตรและ 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกและภายนอกโรงเรือน

วันที่ / เวลา	1		2		3		4		เฉลี่ย	อุณหภูมิภายนอก
	45cm	25cm	45cm	25cm	45cm	25cm	45cm	25cm		
9:00 น.	33.3	34.0	33.3	34.7	33.3	33.0	35.3	34.7	34.0	34.3
10:00 น.	34.0	34.7	35.0	35.0	33.7	34.7	35.7	37.0	35.0	34.3
11:00 น.	36.0	37.3	36.3	37.7	37.0	38.3	36.7	38.3	37.2	35.3
12:00 น.	39.0	38.3	39.3	39.7	39.7	39.3	39.7	40.3	39.4	35.8
13:00 น.	40.7	41.0	40.3	41.0	40.3	40.3	40.7	41.3	40.7	36.5
14:00 น.	40.7	40.7	40.7	42.0	39.7	39.7	40.3	41.7	40.7	36.5
15:00 น.	41.0	41.3	41.3	41.0	40.7	39.3	41.0	40.3	40.8	36.3
16:00 น.	40.7	38.0	39.7	39.7	42.7	39.3	40.3	39.7	40.0	36.3
เฉลี่ย	38.2	38.2	38.3	38.8	38.4	38.0	38.7	39.2	38.5	35.6

จากตารางที่ 4 พบว่าอุณหภูมิสูงสุดของการทดลองที่ติดตั้งระบบอุโมงค์ลมที่ระดับบน เท่ากับ 41.7 องศาเซลเซียสที่เวลา 14.00 น.และมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 38.5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดภายนอกโรงเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 35.6 องศาเซลเซียสเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความสูงของจุดที่ทำการวัดอุณหภูมิพบว่า ในระดับความสูง 45 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกมีแนวโน้มของอุณหภูมิต่ำกว่าระดับล่างคือที่ความสูง 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูก โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 38.4 และ 38.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 อุณหภูมิต่ำสุดของการทดลองที่ติดตั้งระบบอุโมงค์ลมที่ระดับบน ระดับ 45 เซนติเมตรและ 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกและภายนอกโรงเรือน

วันที่ / เวลา	1		2		3		4		เฉลี่ย	อุณหภูมิภายนอก
	45cm	25cm	45cm	25cm	45cm	25cm	45cm	25cm		
9:00 น.	29.3	28.7	29.3	30.0	29.3	29.7	36.0	34.7	30.9	30.5
10:00 น.	29.7	28.3	29.7	30.3	31.7	33.3	34.0	35.7	31.6	31.0
11:00 น.	33.3	34.7	33.7	34.7	34.7	35.7	36.0	37.0	35.0	31.5
12:00 น.	35.7	37.2	36.0	36.7	36.3	38.0	39.3	40.0	37.4	32.0
13:00 น.	36.7	37.1	37.0	37.3	39.0	39.3	40.3	40.3	38.4	32.5
14:00 น.	36.1	36.3	37.3	37.0	38.7	38.3	40.7	41.0	38.2	32.8
15:00 น.	35.7	36.3	36.7	36.7	38.3	38.2	41.3	41.7	38.1	32.0
16:00 น.	38.7	37.0	37.0	37.3	39.7	37.7	40.0	38.3	38.2	32.3
เฉลี่ย	34.4	34.4	34.6	35.0	36.0	36.3	38.5	38.6	36.0	31.8

จากตารางที่ 5 พบว่าอุณหภูมิต่ำสุดของการทดลองที่ติดตั้งระบบอุโมงค์ลมที่ระดับบน เท่ากับ 28.3 องศาเซลเซียสที่เวลา 10.00 น.และมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 36 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดภายนอกโรงเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 31.8 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความสูงของจุดที่ทำการวัดอุณหภูมิพบว่า ในระดับความสูง 45 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกมีแนวโน้มของอุณหภูมิต่ำกว่าระดับล่างคือที่ความสูง 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูก โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 35.8 และ 36.1 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ความชื้นของการทดลองที่ติดตั้งระบบอุโมงค์ลมที่ระดับบน ระดับ 45 เซนติเมตรและ 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกและภายนอกโรงเรือน

วันที่ / เวลา	1		2		3		4		เฉลี่ย	ความชื้นภายนอก
	45cm	25cm	45cm	25cm	45cm	25cm	45cm	25cm		
9:00 น.	62	61	64	65	60	64	64	65	63	64
10:00 น.	55	58	56	64	56	56	62	61	59	59
11:00 น.	56	65	61	58	54	63	59	54	59	59
12:00 น.	52	55	54	55	54	61	61	57	56	59
13:00 น.	43	59	54	55	45	53	55	55	52	54
14:00 น.	49	60	56	56	43	54	56	56	54	55
15:00 น.	49	59	53	57	45	52	58	61	54	56
16:00 น.	51	52	57	55	46	55	60	58	54	57
เฉลี่ย	52	59	57	58	50	57	59	58	56	58

จากตารางที่ 6 พบว่าความชื้นเฉลี่ยตลอดการทดลองที่ติดตั้งระบบอุโมงค์ลมที่ระดับบน เท่ากับ 56 เปอร์เซนต์ และความชื้นภายนอกโรงเรือนเท่ากับ 58 เปอร์เซนต์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความสูงของจุดที่ทำการวัดความชื้นพบว่าในระดับความสูง 45 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกมีแนวโน้มของความชื้นต่ำกว่าระดับล่าง โดยมีความชื้นเฉลี่ยที่ 55 และ 58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ติดตั้งระบบอุโมงค์ลมที่ระดับล่างโดยทำการวัดอุณหภูมิสูงสุด–ต่ำสุดและความชื้นที่ระดับ 45 เซนติเมตรและ 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูก

ตารางที่ 7 อุณหภูมิสูงสุดของการทดลองที่ติดตั้งระบบอุโมงค์ลมที่ระดับล่าง ระดับ 45 เซนติเมตรและ 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกและภายนอกโรงเรือน

วันที่ / เวลา	1		2		3		4		เฉลี่ย	อุณหภูมิภายนอก
	45cm	25cm	45cm	25cm	45cm	25cm	45cm	25cm		
9:00 น.	36.7	37.3	36.7	37.3	37.3	37.7	36.0	36.3	36.9	34.8
10:00 น.	36.7	37.0	37.0	37.0	37.3	37.3	37.3	38.3	37.3	34.8
11:00 น.	38.0	39.3	38.0	37.7	37.3	38.0	39.0	38.7	38.3	35.8
12:00 น.	38.7	39.3	38.7	39.0	38.3	38.7	39.3	40.0	39.0	36.5
13:00 น.	39.7	40.0	39.3	39.7	40.0	40.3	40.0	40.7	40.0	37.0
14:00 น.	40.7	40.7	40.3	40.3	40.7	40.7	40.7	40.7	40.6	37.3
15:00 น.	40.7	40.0	40.7	40.0	39.7	40.0	41.0	41.0	40.4	36.5
16:00 น.	37.3	37.0	38.7	38.7	38.3	37.7	40.7	38.7	38.4	35.5
เฉลี่ย	38.5	38.8	38.7	38.7	38.6	38.8	39.3	39.3	38.8	36.0

จากตารางที่ 7 พบว่าอุณหภูมิสูงสุดของการทดลองที่ติดตั้งระบบอุโมงค์ลมที่ระดับล่าง เท่ากับ 41 องศาเซลเซียสที่เวลา 15.00 น.และมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 38.8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดภายนอกโรงเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 36 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความสูงของจุดที่ทำการวัดอุณหภูมิพบว่า ในระดับความสูง 45 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกมีแนวโน้มของอุณหภูมิต่ำกว่าระดับล่างคือที่ความสูง 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูก โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 38.8 และ 38.9 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 อุณหภูมิต่ำสุดของการทดลองที่ติดตั้งระบบอุโมงค์ลมที่ระดับล่าง ระดับ 45 เซนติเมตรและ 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกและภายนอกโรงเรือน

วันที่ / เวลา	1		2		3		4		เฉลี่ย	อุณหภูมิภายนอก
	45cm	25cm	45cm	25cm	45cm	25cm	45cm	25cm		
9:00 น.	32.0	33.7	34.0	34.3	35.3	35.3	35.0	35.0	34.3	32.3
10:00 น.	33.3	34.7	34.7	35.7	36.0	35.7	36.0	37.3	35.4	32.8
11:00 น.	36.3	38.0	35.7	36.3	36.0	36.3	37.7	37.7	36.8	33.5
12:00 น.	36.3	36.3	36.7	37.0	36.7	36.3	36.7	37.7	36.7	34.5
13:00 น.	36.7	37.0	37.7	38.0	36.7	37.0	38.0	38.7	37.5	35.3
14:00 น.	36.7	36.3	38.3	38.7	38.0	37.3	38.3	39.0	37.8	35.5
15:00 น.	37.0	37.0	39.0	38.3	37.7	37.7	38.7	38.0	37.9	34.8
16:00 น.	35.7	35.7	37.3	37.3	36.7	36.3	36.3	36.0	36.4	33.8
เฉลี่ย	35.5	36.1	36.7	37.0	36.6	36.5	37.1	37.4	36.6	34.0

จากตารางที่ 8 พบว่าอุณหภูมิต่ำสุดของการทดลองที่ติดตั้งระบบอุโมงค์ลมที่ระดับล่าง เท่ากับ 32 องศาเซลเซียสที่เวลา 9.00 น.และมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 36.6 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดภายนอกโรงเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 34 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความสูงของจุดที่ทำการวัดอุณหภูมิพบว่า ในระดับความสูง 45 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกมีแนวโน้มของอุณหภูมิต่ำกว่าระดับล่างคือที่ความสูง 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูก โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 36.5 และ 36.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 ความชื้นของการทดลองที่ติดตั้งระบบอุโมงค์ลมที่ระดับล่าง ระดับ 45 เซนติเมตรและ 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกและภายนอกโรงเรือน

วันที่ / เวลา	1		2		3		4		เฉลี่ย	ความชื้นภายนอก
	45cm	25cm	45cm	25cm	45cm	25cm	45cm	25cm		
9:00 น.	68	62	61	62	60	59	59	62	62	60
10:00 น.	62	61	60	61	61	62	56	59	60	59
11:00 น.	65	63	58	56	58	55	61	61	60	59
12:00 น.	67	79	57	56	58	62	58	63	63	61
13:00 น.	58	58	56	59	60	56	60	61	59	59
14:00 น.	56	59	53	56	55	54	63	59	57	58
15:00 น.	61	62	57	60	55	58	50	56	57	55
16:00 น.	64	65	62	60	60	61	57	63	62	61
เฉลี่ย	63	64	58	59	58	59	58	61	60	59

จากตารางที่ 9 พบว่าความชื้นเฉลี่ยตลอดการทดลองที่ติดตั้งระบบอุโมงค์ลมที่ระดับล่างเ ท่ากับ 60 เปอร์เซนต์ และความชื้นภายนอกโรงเรือนเท่ากับ 59 เปอร์เซนต์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความสูงของจุดที่ทำการวัดความชื้นพบว่า ในระดับความสูง 45 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกมีแนวโน้มของความชื้นต่ำกว่าระดับล่าง โดยมีความชื้นเฉลี่ยที่ 59 และ 61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ระบบ Evaporative cooling system โดยทำการวัดอุณหภูมิสูงสุ – ต่ำสุดและความชื้นที่ระดับ 45 เซนติเมตรและ 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูก

ตารางที่ 10 อุณหภูมิสูงสุดของการทดลองที่ติดตั้งระบบ Evaporation cooling system ที่ระดับ 45 เซนติเมตรและ 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกและภายนอกโรงเรือน

วันที่ / เวลา	1		2		3		4		เฉลี่ย	อุณหภูมิภายนอก
	45cm	25cm	45cm	25cm	45cm	25cm	45cm	25cm		
9:00 น.	36.7	36.7	35.7	35.7	36.3	36.3	34.7	34.3	35.8	35.8
10:00 น.	37.7	38.7	36.7	37.0	36.0	36.3	34.3	35.0	36.5	35.8
11:00 น.	39.3	40.0	37.7	38.0	37.0	36.3	35.7	35.3	37.4	36.8
12:00 น.	39.3	39.3	37.3	38.0	38.0	38.0	36.0	36.3	37.8	37.0
13:00 น.	39.7	39.3	37.0	38.3	39.0	38.7	36.7	37.3	38.3	37.0
14:00 น.	39.7	40.3	38.3	37.7	39.0	40.0	38.3	37.7	38.9	37.8
15:00 น.	39.3	40.0	37.3	37.0	40.7	39.3	36.0	36.7	38.3	37.3
16:00 น.	38.3	38.0	36.7	36.7	39.0	38.3	35.3	35.7	37.3	36.5
เฉลี่ย	38.8	39.0	37.1	37.3	38.1	37.9	35.9	36.0	37.5	36.7

จากตารางที่ 10 พบว่าอุณหภูมิสูงสุดของการทดลองที่ติดตั้งระบบ Evaporation cooling system เท่ากับ 40.7 องศาเซลเซียสที่เวลา 15.00 น.และมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 37.5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดภายนอกโรงเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 36.7องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความสูงของจุดที่ทำการวัดอุณหภูมิพบว่า ในระดับความสูง 45 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกมีแนวโน้มของอุณหภูมิต่ำกว่าระดับล่างคือที่ความสูง 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูก โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 37.5 และ 37.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 อุณหภูมิต่ำสุดของการทดลองที่ติดตั้งระบบ Evaporative cooling system ที่ระดับ 45 เซนติเมตรและ 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกและภายนอกโรงเรือน

วันที่ / เวลา	1		2		3		4		เฉลี่ย	อุณหภูมิภายนอก
	45cm	25cm	45cm	25cm	45cm	25cm	45cm	25cm		
9:00 น.	33.7	34.7	32.3	33.0	34.3	33.3	32.7	32.7	33.3	33.8
10:00 น.	34.7	36.7	34.0	35.0	34.3	34.3	33.0	33.3	34.4	34.3
11:00 น.	36.0	38.0	35.3	36.3	35.3	35.0	34.0	33.7	35.5	35.0
12:00 น.	36.3	37.3	35.0	36.3	36.0	36.7	34.0	35.0	35.8	35.0
13:00 น.	37.3	38.0	36.7	37.3	37.3	37.7	35.3	34.7	36.8	35.3
14:00 น.	36.7	37.7	36.3	37.0	37.7	38.7	35.0	35.3	36.8	36.3
15:00 น.	37.0	38.0	35.3	35.3	39.3	38.0	34.7	35.3	36.6	35.8
16:00 น.	36.3	36.3	34.7	34.7	37.3	36.3	34.3	34.7	35.6	35.3
เฉลี่ย	36.0	37.1	35.0	35.6	36.5	36.3	34.1	34.3	35.6	35.1

จากตารางที่ 11 พบว่าอุณหภูมิต่ำสุดของการทดลองที่ติดตั้งระบบ Evaporation cooling system เท่ากับ 32.3 องศาเซลเซียสที่เวลา 9.00 น.และมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 35.6 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดภายนอกโรงเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 35.1 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความสูงของจุดที่ทำการวัดอุณหภูมิพบว่า ในระดับความสูง 45 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกมีแนวโน้มของอุณหภูมิต่ำกว่าระดับล่างคือที่ความสูง 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูก โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 35.4 และ 35.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 ความชื้นของการทดลองที่ติดตั้งระบบ Evaporative cooling system ระดับ 45เซนติเมตร และ 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกและภายนอกโรงเรือน

วันที่ / เวลา	1		2		3		4		เฉลี่ย	ความชื้นภายนอก
	45cm	25cm	45cm	25cm	45cm	25cm	45cm	25cm		
9:00 น.	60	60	62	67	63	65	64	57	62	62
10:00 น.	61	58	60	64	67	62	61	56	61	60
11:00 น.	69	60	64	61	64	59	60	59	62	60
12:00 น.	56	57	61	60	56	62	56	56	58	58
13:00 น.	59	66	61	63	58	60	59	64	61	61
14:00 น.	53	45	57	62	59	62	71	62	59	63
15:00 น.	47	51	60	58	57	57	70	61	58	61
16:00 น.	54	53	56	58	58	57	61	58	57	58
เฉลี่ย	58	56	60	62	60	60	63	59	60	61

จากตารางที่ 12 พบว่าความชื้นเฉลี่ยตลอดการทดลองที่ติดตั้งระบบ Evaporation cooling system เท่ากับ 60 เปอร์เซนต์ และความชื้นภายนอกโรงเรือนเท่ากับ 61 เปอร์เซนต์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความสูงของจุดที่ทำการวัดความชื้นพบว่า ในระดับความสูง 45 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกมีแนวโน้มของความชื้นต่ำกว่าระดับล่าง โดยมีความชื้นเฉลี่ยที่ 60 และ 59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาทดลองแบบไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อลดอุณหภูมิ พบว่าอุณหภูมิสูงสุดของการทดลองนี้เท่ากับ 42 องศาเซลเซียสที่เวลา 15.00 น. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 38.7 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิสูงสุดภายนอกโรงเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 35.7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดของการทดลองนี้เท่ากับ 32.3 องศาเซลเซียสที่เวลา 9.00 น. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 36.8 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิสูงสุดภายนอกโรงเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 33.2 องศาเซลเซียส ความชื้นเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 58 เปอร์เซนต์ และความชื้นภายนอกโรงเรือนเท่ากับ 59 เปอร์เซนต์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความสูงของจุดที่ทำการวัดอุณหภูมิและความชื้นพบว่าในระดับความสูง 45 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกมีแนวโน้มของอุณหภูมิต่ำกว่าระดับล่างคือที่ความสูง 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูก ดังแสดงในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 3

การทดลองแบบติดตั้งระบบอุโมงค์ลมที่ระดับบน พบว่าอุณหภูมิสูงสุดของการทดลองนี้เท่ากับ 41.7 องศาเซลเซียสที่เวลา 14.00 น. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 38.5 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิสูงสุดภายนอกโรงเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 35.6 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดของการทดลองนี้เท่ากับ 28.3 องศาเซลเซียสที่เวลา 10.00 น. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 36 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิสูงสุดภายนอกโรงเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 31.8 องศาเซลเซียส ความชื้นเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 56 เปอร์เซนต์ และความชื้นภายนอกโรงเรือนเท่ากับ 58 เปอร์เซนต์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความสูงของจุดที่ทำการวัดอุณหภูมิและความชื้นพบว่าในระดับความสูง 45 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกมีแนวโน้มของอุณหภูมิต่ำกว่าระดับล่างคือที่ความสูง 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูก ดังแสดงในตารางที่ 4 ถึงตารางที่ 6

การทดลองแบบติดตั้งระบบอุโมงค์ลมที่ระดับล่าง พบว่าอุณหภูมิสูงสุดของการทดลองนี้เท่ากับ 41 องศาเซลเซียสที่เวลา 15.00 น. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 38.8 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิสูงสุดภายนอกโรงเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 36 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดของการทดลองนี้เท่ากับ 32 องศาเซลเซียสที่เวลา 9.00 น. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 36.6 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิสูงสุดภายนอกโรงเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 34 องศาเซลเซียส ความชื้นเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 56 เปอร์เซนต์ และความชื้นภายนอกโรงเรือนเท่ากับ 58 เปอร์เซนต์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความสูงของจุดที่ทำการวัดอุณหภูมิและความชื้นพบว่าในระดับความสูง 45 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกมีแนวโน้มของอุณหภูมิต่ำกว่าระดับล่างคือที่ความสูง 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูก ดังแสดงในตารางที่ 7 ถึงตารางที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองแบบติดตั้งระบบ Evaporative cooling system พบว่าอุณหภูมิสูงสุดของการทดลองนี้เท่ากับ 40.7 องศาเซลเซียสที่เวลา 15.00 น. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 37.5 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิสูงสุดภายนอกโรงเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 36.7องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดของการทดลองนี้เท่ากับ 32.3 องศาเซลเซียสที่เวลา 9.00 น. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 35.6 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิสูงสุดภายนอกโรงเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 35.1 องศาเซลเซียส ความชื้นเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 60 เปอร์เซนต์ และความชื้นภายนอกโรงเรือนเท่ากับ 61 เปอร์เซนต์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความสูงของจุดที่ทำการวัดอุณหภูมิและความชื้นพบว่า ในระดับความสูง 45 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกมีแนวโน้มของอุณหภูมิต่ำกว่าระดับล่างคือที่ความสูง 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูก ดังแสดงในตารางที่ 9 ถึงตารางที่ 12

จากการทดลองจะพบว่า ระบบ Evaporative cooling system (EVAP) มีประสิทธิภาพดีกว่าระบบท่ออุโมงค์ลมในการปรับลดอุณหภูมิในโรงเรือนให้มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกและสามารถเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนให้อยู่ในระดับที่สูงกว่าการใช้ระบบอุโมงค์ลม และระบบ Evaporation cooling system จะมีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิมากกว่าในขณะที่อุณหภูมิภายนอกเพิ่มสูงขึ้น อุณหภูมิที่ระดับความสูงต่างๆกันภายในโรงเรือนพบว่าอุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระดับความสูงภายในโรงเรือนเพิ่มสูงขึ้นไม่ว่าจะอยู่ภายใต้สภาพที่โรงเรือนปิดระบบทั้งหมดหรือเปิดระบบทั้งหมดคือความสูงสัมพันธ์กับอุณหภูมิโดยตรง และอุณหภูมิที่ระยะห่างต่างจากแผ่น CELdek ที่ระยะใกล้แผ่น CELdek จะมีอุณหภูมิต่ำที่สุดและเมื่อระยะห่างออกไปอุณหภูมิก็จะสูงขึ้นเรื่อยๆ

อย่างไรก็ตามระบบ Evaporative cooling system เป็นระบบที่สามารถลดอุณหภูมิได้อย่างมีประสิทธิภาพมาก หากมีการศึกษาแก้ไขและปรับปรุงต่อไปคาดว่าจะเป็นประโยชน์อย่างมากในด้านเศรษฐกิจ เนื่องจากในปัจจุบันคนไทยได้ตื่นตัวในด้านการบริโภคพืชผักที่ปลอดจากสารพิษและสารกำจัดแมลง อีกทั้งระบบนี้เหมาะกับสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย ดังนั้นการทดลองนี้จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในประเทศไทยในอนาคต ส่วนระบบอุโมงค์ลมเป็นระบบที่ไม่สามารถลดอุณหภูมิได้ดีเท่าที่ควรเมื่อเทียบกับระบบ Evaporative cooling system อาจเนื่องมาจากการปล่อยลมเข้าทางอุโมงค์ลมอาจมีลมน้อยเกินไปไม่สามารถทนต่อสภาพอากาศที่ร้อนจัดในขณะที่ทำการทดลองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ยูที เอนยีเนียริง จำกัด,บริษัท. ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์. เอกสารคู่มือประกอบการใช้แผ่น CELdek. กรุงเทพฯ

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี. 2537. การประยุกต์หลักวิชาการทางวิศวกรรมเคมีเพื่อควบคุมสภาวะในโรงเรือนเพาะปลูก, เอกสารประกอบการสัมมนา, ศูนย์วิจัยพัฒนาและทดสอบผลิตภัณฑ์และเทคโนโลยีขั้นสูง, คณะวิศวกรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ

A Growelectric Handbook. 1979. Ventilation for greenhouse, The electricity Council. Warwickshire. 17-21 p.

Nelson.K.S. 1980. Greenhouse management for flower and Plant Production, The Interstate & Publishers, Inc. 63-64 p.

Nelson.P.V. 1981. Greenhouse operation and Management, A Prentice-hall company, Reston,
Virginia,No. 2.

Nelson.P.V. 1991. Greenhouse operation and Management, A Prentice-hall, Inc.Englewood Cliffs, New Jersey. No 157-163 p.

Virhammer K.1982 . Plastic Greenhouse for warm climates. Food and Agriculture Organization of the united Nation, Rome. 8-10 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 แสดงอุณหภูมิแบบไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อลดอุณหภูมิที่ระดับ 45 เซนติเมตรและ 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกและภายนอกโรงเรือน วันที่ 1

เวลา	ระดับ (cm)	อุณหภูมิ แถวที่ 1		อุณหภูมิ แถวที่ 2		อุณหภูมิ แถวที่ 3		เฉลี่ย	อุณหภูมิ ภายนอก		เฉลี่ย
		Max	Min	Max	Min	Max	Min		Max	Min	
9:00 น.	45	36	33	35	33	33	32	33.7	34	32	33
	25	35	34	34	33	34	33	33.8			
10:00 น.	45	36	35	37	35	38	35	36	36	33	34.5
	25	38	35	37	36	37	34	36.2			
11:00 น.	45	39	37	40	36	37	34	37.2	37	35	36
	25	42	36	40	36	41	37	38.7			
12:00 น.	45	41	39	41	39	38	36	39	37	35	36
	25	42	40	41	39	41	38	40.2			
13:00 น.	45	41	40	42	39	39	36	39.5	37	34	35.5
	25	43	39	41	37	40	37	39.5			
14:00 น.	45	42	40	43	40	40	38	40.5	37	34	35.5
	25	42	40	42	39	41	39	40.5			
15:00 น.	45	42	39	43	38	41	36	39.8	37	34	35.5
	25	42	38	40	37	38	36	38.5			
16:00 น.	45	40	39	41	37	40	35	38.7	37	34	35.5
	25	40	37	38	37	37	36	37.5			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ) วันที่ 2

เวลา	ระดับ (cm)	อุณหภูมิ แถวที่ 1		อุณหภูมิ แถวที่ 2		อุณหภูมิ แถวที่ 3		เฉลี่ย	อุณหภูมิ ภายนอก		เฉลี่ย
		Max	Min	Max	Min	Max	Min		Max	Min	
9:00 น.	45	37	34	34	32	33	31	33.5	35	33	34
	25	36	35	35	33	34	33	34.3			
10:00 น.	45	37	34	36	33	36	34	35	35	33	34
	25	37	35	36	33	37	36	35.7			
11:00 น.	45	37	35	36	34	39	37	36.3	36	34	35
	25	39	36	37	35	40	38	37.5			
12:00 น.	45	41	40	41	39	38	37	39.3	36	34	35
	25	42	40	41	38	40	38	39.8			
13:00 น.	45	42	40	42	39	39	37	39.8	36	35	35.5
	25	43	39	42	39	40	39	40.3			
14:00 น.	45	43	40	42	40	40	39	40.7	36	35	35.5
	25	42	41	42	39	41	39	40.7			
15:00 น.	45	41	39	40	38	38	36	38.7	34	32	33
	25	41	40	41	39	39	37	39.5			
16:00 น.	45	40	39	40	38	38	35	38.3	34	32	33
	25	39	38	40	38	39	36	38.3			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ) วันที่ 3

เวลา	ระดับ (cm)	อุณหภูมิ แถวที่ 1		อุณหภูมิ แถวที่ 2		อุณหภูมิ แถวที่ 3		เฉลี่ย	อุณหภูมิ ภายนอก		เฉลี่ย
		Max	Min	Max	Min	Max	Min		Max	Min	
9:00 น.	45	36	34	35	34	34	32	34.2	33	30	32.5
	25	35	33	34	33	33	32	33.3			
10:00 น.	45	35	34	35	33	35	33	34.2	33	31	32.5
	25	36	33	36	34	35	34	34.7			
11:00 น.	45	36	35	35	34	36	34	35	34	32	33
	25	37	36	36	34	37	35	35.8			
12:00 น.	45	40	36	39	38	37	35	37.5	35	33	33.5
	25	41	37	40	39	38	36	38.5			
13:00 น.	45	41	38	40	39	40	37	39.2	36	34	35
	25	42	39	41	40	39	38	39.8			
14:00 น.	45	42	39	40	39	40	38	39.7	35	33	34
	25	42	40	42	41	40	39	40.7			
15:00 น.	45	41	40	40	39	39	38	39.5	34	31	32.5
	25	41	39	41	40	40	38	39.8			
16:00 น.	45	40	38	39	38	38	37	38.3	34	30	32
	25	39	38	38	37	39	38	38.2			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ) วันที่ 4

เวลา	ระดับ (cm)	อุณหภูมิ แถวที่ 1		อุณหภูมิ แถวที่ 2		อุณหภูมิ แถวที่ 3		เฉลี่ย	อุณหภูมิ ภายนอก		เฉลี่ย
		Max	Min	Max	Min	Max	Min		Max	Min	
9:00 น.	45	36	34	35	33	34	33	34.2	35	33	34
	25	35	34	35	34	34	33	34.2			
10:00 น.	45	36	34	36	34	35	34	34.8	35	33	34
	25	37	36	36	35	35	34	35.5			
11:00 น.	45	38	35	37	36	36	35	36.2	36	34	35
	25	39	36	38	36	37	36	37			
12:00 น.	45	39	37	38	37	38	36	37.5	36	34	35
	25	40	38	38	37	40	38	38.5			
13:00 น.	45	40	38	39	37	40	39	38.8	36	35	35.5
	25	41	39	40	38	41	39	39.7			
14:00 น.	45	41	38	40	39	41	40	39.7	36	35	35.5
	25	40	39	41	39	41	40	40			
15:00 น.	45	40	38	41	38	40	39	39.3	35	33	34
	25	39	38	40	38	39	38	38.7			
16:00 น.	45	39	38	39	38	39	37	38.3	35	32	33.5
	25	38	37	38	37	38	36	37.7			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 แสดงอุณหภูมิของระบบอุโมงค์ลมระดับบน ที่ระดับ 45 เซนติเมตรและ 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกและภายนอกโรงเรือน วันที่ 1

เวลา	ระดับ (cm)	อุณหภูมิ แถวที่ 1		อุณหภูมิ แถวที่ 2		อุณหภูมิ แถวที่ 3		เฉลี่ย	อุณหภูมิ ภายนอก		เฉลี่ย
		Max	Min	Max	Min	Max	Min		Max	Min	
9:00 น.	45	34	30	34	30	32	28	31.3	34	29	31.5
	25	35	29	34	30	33	27	31.3			
10:00 น.	45	34	30	35	30	33	29	31.8	34	30	32
	25	36	30	35	30	33	25	31.5			
11:00 น.	45	36	34	37	34	35	33	34.8	35	30	32.5
	25	39	34	37	35	36	34	35.8			
12:00 น.	45	40	36	40	36	37	35	37.3	36	30	33
	25	40	37	38	37	37	36	37.5			
13:00 น.	45	41	36	42	37	39	35	38.3	37	30	33.5
	25	42	37	41	36	40	36	38.7			
14:00 น.	45	42	37	41	36	39	35	38.3	37	30	33.5
	25	42	36	41	37	39	35	38.3			
15:00 น.	45	42	36	42	36	39	35	38.3	37	30	33.5
	25	42	37	42	37	40	35	38.8			
16:00 น.	45	40	39	41	39	41	38	39.7	37	30	33.5
	25	39	37	38	37	37	37	37.5			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ) วันที่ 2

เวลา	ระดับ (cm)	อุณหภูมิ แถวที่ 1		อุณหภูมิ แถวที่ 2		อุณหภูมิ แถวที่ 3		เฉลี่ย	อุณหภูมิ ภายนอก		เฉลี่ย
		Max	Min	Max	Min	Max	Min		Max	Min	
9:00 น.	45	34	29	34	30	32	29	31.3	35	30	32.5
	25	36	30	35	30	33	30	32.3			
10:00 น.	45	35	30	36	30	34	29	32.3	35	31	33
	25	36	31	35	31	34	29	32.7			
11:00 น.	45	37	34	37	34	35	33	35	36	31	33.5
	25	39	35	38	35	36	34	36.2			
12:00 น.	45	40	37	40	36	38	35	37.7	37	31	34
	25	41	38	40	37	38	35	38.2			
13:00 น.	45	41	38	41	37	39	36	38.7	38	32	35
	25	42	38	41	38	40	36	39.2			
14:00 น.	45	41	38	41	38	40	36	39	38	32	35
	25	43	37	42	37	41	37	39.5			
15:00 น.	45	42	37	42	37	40	36	39	37	31	34
	25	42	37	41	37	40	36	38.8			
16:00 น.	45	40	37	40	37	39	37	38.3	37	31	34
	25	41	38	40	37	38	37	38.5			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ) วันที่ 3

เวลา	ระดับ (cm)	อุณหภูมิ แถวที่ 1		อุณหภูมิ แถวที่ 2		อุณหภูมิ แถวที่ 3		เฉลี่ย	อุณหภูมิ ภายนอก		เฉลี่ย
		Max	Min	Max	Min	Max	Min		Max	Min	
9:00 น.	45	34	29	34	30	32	29	31.3	35	33	34
	25	33	30	34	31	32	28	31.3			
10:00 น.	45	34	32	33	33	34	30	32.7	35	33	34
	25	36	34	35	34	33	32	34			
11:00 น.	45	37	35	38	35	36	34	35.8	36	34	35
	25	39	35	39	36	37	36	37			
12:00 น.	45	40	37	41	37	38	35	38	36	35	35.5
	25	40	38	40	39	38	37	38.7			
13:00 น.	45	41	40	41	40	39	37	39.7	36	35	35.5
	25	41	40	41	40	39	38	39.8			
14:00 น.	45	41	40	40	39	38	37	39.2	36	35	35.5
	25	41	39	40	38	39	38	39			
15:00 น.	45	41	39	41	39	40	37	39.5	37	36	36.5
	25	41	38.5	39	38	40	38	38.8			
16:00 น.	45	44	40	42	39	42	40	41.2	38	36	37
	25	40	38	40	38	38	37	38.5			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ) วันที่ 4

เวลา	ระดับ (cm)	อุณหภูมิ แถวที่ 1		อุณหภูมิ แถวที่ 2		อุณหภูมิ แถวที่ 3		เฉลี่ย	อุณหภูมิ ภายนอก		เฉลี่ย
		Max	Min	Max	Min	Max	Min		Max	Min	
9:00 น.	45	34	33	36	34	35	33	35.7	33	30	31.5
	25	35	34	35	33	35	34	34.7			
10:00 น.	45	36	34	35	34	37	35	34.8	33	30	31.5
	25	36	35	36	35	38	36	36.3			
11:00 น.	45	37	35	37	36	39	37	36.3	34	31	32.5
	25	39	36	38	37	40	38	37.7			
12:00 น.	45	40	38	39	37	40	38	39.5	34	32	33
	25	40	39	40	38	41	39	40.2			
13:00 น.	45	41	40	41	39	40	39	40.5	35	33	34
	25	42	41	42	40	41	38	40.8			
14:00 น.	45	42	41	41	40	40	38	40.5	35	34	34.5
	25	43	41	40	39	42	40	41.3			
15:00 น.	45	42	40	41	40	41	39	41.2	34	31	32.5
	25	42	39	40	39	40	39	41			
16:00 น.	45	40	38	39	37	39	37	40.2	33	32	32.5
	25	39	38	39	38	38	36	39			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 แสดงอุณหภูมิของระบบอุโมงค์ลมระดับล่างที่ระดับ 45 เซนติเมตรและ 25 เซนติเมตร เหนือหลุมปลูกและภายนอกโรงเรือน วันที่ 1

เวลา	ระดับ (cm)	อุณหภูมิ แถวที่ 1		อุณหภูมิ แถวที่ 2		อุณหภูมิ แถวที่ 3		เฉลี่ย	อุณหภูมิ ภายนอก		เฉลี่ย
		Max	Min	Max	Min	Max	Min		Max	Min	
9:00 น.	45	37	33	36	33	37	30	34.3	36	32	34
	25	39	35	37	34	36	32	35.5			
10:00 น.	45	37	34	36	33	37	33	35	36	32	34
	25	39	36	37	34	35	34	35.8			
11:00 น.	45	38	37	39	37	37	35	37.2	36	34	35
	25	39	37	40	39	39	38	38.7			
12:00 น.	45	38	36	40	37	38	36	37.5	37	35	36
	25	39	35	40	37	39	37	37.8			
13:00 น.	45	40	36	40	37	39	37	38.2	37	35	36
	25	40	35	40	38	40	38	38.5			
14:00 น.	45	41	36	41	38	40	36	38.7	37	35	36
	25	41	35	40	36	41	38	38.5			
15:00 น.	45	41	38	41	37	40	36	38.8	36	34	35
	25	40	37	40	37	40	37	38.5			
16:00 น.	45	38	36	38	36	36	35	36.5	34	33	33.5
	25	37	35	37	36	37	36	36.3			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ) วันที่ 2

เวลา	ระดับ (cm)	อุณหภูมิ แถวที่ 1		อุณหภูมิ แถวที่ 2		อุณหภูมิ แถวที่ 3		เฉลี่ย	อุณหภูมิ ภายนอก		เฉลี่ย
		Max	Min	Max	Min	Max	Min		Max	Min	
9:00 น.	45	38	35	35	33	37	34	35.3	35	33	34
	25	39	35	35	33	38	35	35.8			
10:00 น.	45	38	35	36	34	37	35	35.8	35	33	34
	25	38	36	36	35	37	36	36.3			
11:00 น.	45	39	36	37	35	38	36	36.8	36	33	34.5
	25	38	36	38	37	37	36	37			
12:00 น.	45	39	37	39	36	38	37	37.7	37	34	35.5
	25	39	37	39	37	39	37	38			
13:00 น.	45	39	38	40	37	39	38	38.5	38	36	37
	25	40	38	40	38	39	38	38.8			
14:00 น.	45	40	38	41	38	40	39	39.3	39	37	38
	25	40	39	41	39	40	38	39.5			
15:00 น.	45	41	40	40	38	41	39	39.8	38	36	37
	25	40	39	40	38	40	38	39.3			
16:00 น.	45	39	38	38	37	39	37	38.2	37	36	36.5
	25	38	39	39	36	39	37	38			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ) วันที่ 3

เวลา	ระดับ (cm)	อุณหภูมิ แถวที่ 1		อุณหภูมิ แถวที่ 2		อุณหภูมิ แถวที่ 3		เฉลี่ย	อุณหภูมิ ภายนอก		เฉลี่ย
		Max	Min	Max	Min	Max	Min		Max	Min	
9:00 น.	45	37	34	38	37	37	35	36.3	34	32	33
	25	39	34	37	36	37	36	36.5			
10:00 น.	45	37	36	38	37	37	35	36.7	34	33	33.5
	25	38	35	36	35	38	37	36.5			
11:00 น.	45	37	36	38	37	37	35	36.7	35	33	34
	25	38	37	38	36	38	36	37.2			
12:00 น.	45	38	36	39	37	38	37	37.5	36	34	35
	25	39	37	38	36	39	36	37.5			
13:00 น.	45	40	37	41	37	39	36	38.3	36	34	35
	25	41	37	40	37	40	37	38.7			
14:00 น.	45	41	39	41	38	40	37	39.3	36	34	35
	25	41	38	41	37	40	37	39			
15:00 น.	45	40	38	40	39	39	36	38.7	35	34	34.5
	25	41	38	40	39	39	36	38.8			
16:00 น.	45	38	36	39	38	38	36	37.5	34	33	33.5
	25	38	37	38	37	37	35	37.2			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ) วันที่ 4

เวลา	ระดับ (cm)	อุณหภูมิ แถวที่ 1		อุณหภูมิ แถวที่ 2		อุณหภูมิ แถวที่ 3		เฉลี่ย	อุณหภูมิ ภายนอก		เฉลี่ย
		Max	Min	Max	Min	Max	Min		Max	Min	
9:00 น.	45	36	35	36	35	36	35	35.5	34	32	33
	25	35	34	37	35	37	36	35.7			
10:00 น.	45	37	36	38	36	37	36	36.7	34	33	33.5
	25	38	37	39	38	38	37	37.8			
11:00 น.	45	39	38	39	37	39	38	38.3	36	34	35
	25	38	37	40	39	38	37	38.2			
12:00 น.	45	39	37	41	37	38	36	38	36	35	35.5
	25	40	38	40	37	40	38	38.8			
13:00 น.	45	40	38	40	38	40	38	39	37	36	36.5
	25	41	39	41	38	40	39	39.7			
14:00 น.	45	41	39	41	39	40	37	39.5	37	36	36.5
	25	41	39	41	39	40	39	39.8			
15:00 น.	45	41	39	42	39	40	38	39.8	37	35	36
	25	42	38	41	38	40	38	39.5			
16:00 น.	45	41	37	41	36	40	36	38.5	37	33	35
	25	39	36	39	36	38	36	37.3			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 แสดงอุณหภูมิของระบบ Evaporative cooling system ที่ระดับ 45 เซนติเมตรและ 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกและภายนอกโรงเรือน วันที่ 1

เวลา	ระดับ (cm)	อุณหภูมิ แถวที่ 1		อุณหภูมิ แถวที่ 2		อุณหภูมิ แถวที่ 3		เฉลี่ย	อุณหภูมิ ภายนอก		เฉลี่ย
		Max	Min	Max	Min	Max	Min		Max	Min	
9:00 น.	45	36	33	37	35	37	33	35.2	37	35	36
	25	37	35	37	36	36	33	35.7			
10:00 น.	45	38	34	38	36	37	34	36.2	37	35	36
	25	39	37	39	38	38	35	37.7			
11:00 น.	45	40	35	40	37	38	36	37.7	38	36	37
	25	39	37	40	38	41	39	39			
12:00 น.	45	40	35	40	37	38	37	37.8	38	35	36.5
	25	38	36	40	38	40	38	38.3			
13:00 น.	45	40	35	40	39	39	38	38.5	38	35	36.5
	25	39	37	40	39	39	38	38.7			
14:00 น.	45	38	34	41	38	40	38	38.2	39	36	37.5
	25	40	36	41	38	40	39	39			
15:00 น.	45	38	34	40	38	40	39	38.2	38	36	37
	25	40	37	40	38	40	39	39			
16:00 น.	45	37	34	39	37	39	38	37.3	37	36	36.5
	25	38	37	38	36	38	36	37.2			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ) วันที่ 2

เวลา	ระดับ (cm)	อุณหภูมิ แถวที่ 1		อุณหภูมิ แถวที่ 2		อุณหภูมิ แถวที่ 3		เฉลี่ย	อุณหภูมิ ภายนอก		เฉลี่ย
		Max	Min	Max	Min	Max	Min		Max	Min	
9:00 น.	45	35	32	36	32	36	33	34	35	33	34
	25	35	32	35	33	37	34	34.3			
10:00 น.	45	36	33	37	34	37	35	35.3	35	34	34.5
	25	37	34	37	35	37	36	36			
11:00 น.	45	38	34	38	36	37	36	36.5	36	35	35.5
	25	38	35	38	37	38	37	37.2			
12:00 น.	45	35	33	39	36	38	36	36.2	36	35	35.5
	25	36	34	39	37	39	38	37.2			
13:00 น.	45	34	34	39	38	38	38	36.8	36	35	35.5
	25	37	36	39	38	39	38	37.8			
14:00 น.	45	37	34	39	38	39	37	37.3	37	36	36.5
	25	36	35	39	38	38	38	37.3			
15:00 น.	45	36	33	38	37	38	36	36.3	36	35	35.5
	25	37	34	37	36	37	36	36.2			
16:00 น.	45	36	33	37	35	37	36	35.7	36	35	35.5
	25	36	34	37	35	37	35	35.7			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ) วันที่ 3

เวลา	ระดับ (cm)	อุณหภูมิ แถวที่ 1		อุณหภูมิ แถวที่ 2		อุณหภูมิ แถวที่ 3		เฉลี่ย	อุณหภูมิ ภายนอก		เฉลี่ย
		Max	Min	Max	Min	Max	Min		Max	Min	
9:00 น.	45	36	34	36	35	37	34	35.3	36	35	35.5
	25	38	33	35	33	36	34	34.8			
10:00 น.	45	36	34	36	34	36	35	35.2	36	35	35.5
	25	36	34	36	35	37	34	35.3			
11:00 น.	45	37	35	37	36	37	35	36.2	37	35	36
	25	36	35	36	35	37	35	35.7			
12:00 น.	45	38	36	37	36	39	36	37	38	36	37
	25	38	37	38	37	38	36	37.3			
13:00 น.	45	39	37	39	38	39	37	38.2	39	37	38
	25	38	37	39	38	39	38	38.2			
14:00 น.	45	38	37	39	38	40	38	38.3	40	39	39.5
	25	40	38	40	39	40	39	39.3			
15:00 น.	45	40	39	41	40	41	39	40	40	38	39
	25	39	37	39	38	40	39	38.7			
16:00 น.	45	39	38	39	37	39	37	38.2	39	37	38
	25	38	37	38	36	39	36	37.3			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ) วันที่ 4

เวลา	ระดับ (cm)	อุณหภูมิ แถวที่ 1		อุณหภูมิ แถวที่ 2		อุณหภูมิ แถวที่ 3		เฉลี่ย	อุณหภูมิ ภายนอก		เฉลี่ย
		Max	Min	Max	Min	Max	Min		Max	Min	
9:00 น.	45	34	32	35	33	35	33	33.7	35	32	33.5
	25	33	32	34	32	36	34	33.5			
10:00 น.	45	34	33	34	33	35	33	33.7	35	33	34
	25	34	33	35	33	36	34	34.2			
11:00 น.	45	36	34	36	34	35	34	34.8	36	34	35
	25	35	33	36	35	35	33	34.5			
12:00 น.	45	36	34	36	34	36	34	35	36	34	35
	25	36	35	37	35	36	35	35.7			
13:00 น.	45	37	35	37	36	36	35	36	35	34	34.5
	25	37	34	38	35	37	35	36			
14:00 น.	45	39	33	39	36	37	36	36.7	35	34	34.5
	25	38	34	38	36	37	36	36.5			
15:00 น.	45	33	32	37	36	38	36	35.3	35	34	34.5
	25	35	33	37	36	38	37	36			
16:00 น.	45	33	32	36	35	37	36	34.8	34	33	33.5
	25	34	33	36	35	37	36	35.2			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 แสดงความชื้นแบบไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อลดอุณหภูมิที่ระดับ 45 เซนติเมตรและ 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกและภายนอกโรงเรือน วันที่ 1

เวลา	ความชื้น แถวที่1		ความชื้น แถวที่ 2		ความชื้น แถวที่ 3		เฉลี่ยบน	เฉลี่ยล่าง	ความชื้นภายนอก
	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm			
9:00 น.	63	64	65	59	65	68	64	64	50
10:00 น.	67	65	37	62	62	65	55	64	49
11:00 น.	43	50	55	49	54	70	51	56	73
12:00 น.	49	55	54	49	53	69	52	58	74
13:00 น.	49	69	54	54	58	59	54	61	67
14:00 น.	65	59	54	56	58	60	59	58	62
15:00 น.	50	44	49	49	48	75	49	56	52
16:00 น.	49	48	53	52	52	63	51	54	52
เฉลี่ย	54	57	53	54	56	66	54	59	60

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ) วันที่ 2

เวลา	ความชื้น แถวที่1		ความชื้น แถวที่ 2		ความชื้น แถวที่ 3		เฉลี่ยบน	เฉลี่ยล่าง	ความชื้นภายนอก
	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm			
9:00 น.	64	65	65	62	63	61	64	63	50
10:00 น.	66	63	62	62	48	60	59	62	50
11:00 น.	46	60	54	53	44	58	48	57	56
12:00 น.	45	53	53	61	58	53	52	56	56
13:00 น.	63	67	57	59	59	65	60	64	59
14:00 น.	67	60	60	62	49	61	59	61	59
15:00 น.	45	53	54	39	53	59	51	50	56
16:00 น.	53	53	58	62	63	45	58	53	56
เฉลี่ย	56	59	58	58	55	58	56	58	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ) วันที่ 3

เวลา	ความชื้น แถวที่1		ความชื้น แถวที่ 2		ความชื้น แถวที่ 3		เฉลี่ยบน	เฉลี่ยล่าง	ความชื้นภายนอก
	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm			
9:00 น.	67	61	60	59	61	58	63	59	62
10:00 น.	62	63	52	57	50	52	55	57	58
11:00 น.	55	51	59	54	57	60	57	55	62
12:00 น.	61	52	51	58	54	51	55	54	63
13:00 น.	65	61	58	55	52	54	58	57	59
14:00 น.	67	62	51	52	50	60	56	58	55
15:00 น.	53	54	51	57	59	62	54	58	52
16:00 น.	52	54	54	55	58	61	55	57	52
เฉลี่ย	60	57	55	56	55	57	57	57	58

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ) วันที่ 4

เวลา	ความชื้น แถวที่1		ความชื้น แถวที่ 2		ความชื้น แถวที่ 3		เฉลี่ยบน	เฉลี่ยล่าง	ความชื้นภายนอก
	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm			
9:00 น.	63	63	68	64	64	65	65	64	65
10:00 น.	62	67	65	65	66	63	64	65	62
11:00 น.	59	64	70	61	53	60	61	62	62
12:00 น.	58	58	69	55	54	53	60	55	59
13:00 น.	59	62	59	69	63	67	60	66	59
14:00 น.	58	65	60	59	67	60	62	61	58
15:00 น.	53	57	75	56	57	53	62	55	61
16:00 น.	63	55	63	53	53	53	60	54	60
เฉลี่ย	59	61	66	60	60	59	62	60	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 6 แสดงความชื้นของระบบอุโมงค์ลมระดับบนที่ระดับ 45 เซนติเมตรและ 25 เซนติเมตร เหนือหลุมปลูกและภายนอกโรงเรือน วันที่ 1

เวลา	ความชื้น แถวที่1		ความชื้น แถวที่ 2		ความชื้น แถวที่ 3		เฉลี่ยบน	เฉลี่ยล่าง	ความชื้นภายนอก
	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm			
9:00 น.	62	67	62	49	62	68	62	61	59
10:00 น.	40	67	62	40	62	68	55	58	58
11:00 น.	53	63	57	57	57	74	56	65	56
12:00 น.	50	54	54	53	53	59	52	55	61
13:00 น.	38	54	44	48	48	75	43	59	57
14:00 น.	38	54	55	50	54	75	49	60	62
15:00 น.	38	54	55	54	54	69	49	59	62
16:00 น.	45	53	54	49	53	54	51	52	56
เฉลี่ย	46	58	55	50	55	68	52	59	59

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ) วันที่ 2

เวลา	ความชื้น แถวที่1		ความชื้น แถวที่ 2		ความชื้น แถวที่ 3		เฉลี่ยบน	เฉลี่ยล่าง	ความชื้นภายนอก
	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm			
9:00 น.	62	65	67	65	63	65	64	65	50
10:00 น.	62	63	43	62	62	68	56	64	50
11:00 น.	67	60	59	55	58	59	61	58	56
12:00 น.	54	53	54	53	53	59	54	55	56
13:00 น.	56	67	54	48	53	49	54	55	59
14:00 น.	56	60	58	53	54	54	56	56	59
15:00 น.	52	53	54	54	54	65	53	57	56
16:00 น.	54	53	53	53	63	60	57	55	56
เฉลี่ย	58	59	55	55	58	60	57	58	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ) วันที่ 3

เวลา	ความชื้น แถวที่1		ความชื้น แถวที่ 2		ความชื้น แถวที่ 3		เฉลี่ยบน	เฉลี่ยล่าง	ความชื้นภายนอก
	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm			
9:00 น.	68	67	49	57	63	67	60	64	67
10:00 น.	53	63	57	49	57	55	56	56	62
11:00 น.	50	58	54	57	58	75	54	63	62
12:00 น.	54	54	54	54	54	75	54	61	62
13:00 น.	43	54	43	46	49	59	45	53	56
14:00 น.	37	48	43	50	49	64	43	54	56
15:00 น.	42	54	43	42	50	60	45	52	52
16:00 น.	42	54	42	46	54	65	46	55	67
เฉลี่ย	49	57	48	50	54	65	50	57	61

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ) วันที่ 4

เวลา	ความชื้น แถวที่1		ความชื้น แถวที่ 2		ความชื้น แถวที่ 3		เฉลี่ยบน	เฉลี่ยล่าง	ความชื้นภายนอก
	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm			
9:00 น.	65	68	67	65	61	62	64	65	59
10:00 น.	62	64	64	63	59	57	62	61	57
11:00 น.	59	54	58	55	60	53	59	54	65
12:00 น.	63	55	60	61	59	54	61	57	62
13:00 น.	54	56	53	55	58	53	55	55	58
14:00 น.	58	59	57	54	54	54	56	56	54
15:00 น.	54	55	53	56	68	72	58	61	56
16:00 น.	52	52	53	54	75	68	60	58	54
เฉลี่ย	58	58	58	58	62	59	59	58	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 7 แสดงความชื้นของระบบอุโมงค์ลมระดับล่างที่ระดับ 45 เซนติเมตรและ 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกและภายนอกโรงเรือน วันที่ 1

เวลา	ความชื้น แถวที่1		ความชื้น แถวที่ 2		ความชื้น แถวที่ 3		เฉลี่ยบน	เฉลี่ยล่าง	ความชื้นภายนอก
	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm			
9:00 น.	68	64	68	54	68	69	68	62	62
10:00 น.	62	60	62	59	62	64	62	61	62
11:00 น.	63	60	63	54	68	75	65	63	67
12:00 น.	79	93	63	68	59	75	67	79	65
13:00 น.	60	58	56	55	59	61	58	58	57
14:00 น.	55	59	54	54	58	65	56	59	57
15:00 น.	58	59	57	58	68	69	61	62	67
16:00 น.	63	63	62	63	68	69	64	65	73
เฉลี่ย	64	65	61	58	64	68	63	64	64

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ) วันที่ 2

เวลา	ความชื้น แถวที่1		ความชื้น แถวที่ 2		ความชื้น แถวที่ 3		เฉลี่ยบน	เฉลี่ยล่าง	ความชื้นภายนอก
	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm			
9:00 น.	62	65	60	62	61	58	61	62	60
10:00 น.	61	59	59	63	59	62	60	61	62
11:00 น.	59	58	57	55	57	55	58	56	62
12:00 น.	54	59	58	54	59	54	57	56	62
13:00 น.	56	56	54	56	59	66	56	59	63
14:00 น.	54	54	52	54	52	59	53	56	62
15:00 น.	53	60	58	59	59	60	57	60	59
16:00 น.	61	59	65	62	59	60	62	60	60
เฉลี่ย	58	59	58	58	58	59	58	59	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ) วันที่ 3

เวลา	ความชื้น แถวที่1		ความชื้น แถวที่ 2		ความชื้น แถวที่ 3		เฉลี่ยบน	เฉลี่ยล่าง	ความชื้นภายนอก
	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm			
9:00 น.	59	60	60	59	62	57	60	59	62
10:00 น.	61	62	62	63	60	62	61	62	62
11:00 น.	58	58	59	57	57	51	58	55	60
12:00 น.	59	65	62	54	53	67	58	62	60
13:00 น.	62	57	59	57	58	55	60	56	62
14:00 น.	56	55	55	54	53	54	55	54	59
15:00 น.	54	55	52	59	58	60	55	58	58
16:00 น.	56	60	63	64	62	60	60	61	65
เฉลี่ย	58	59	59	58	58	58	58	59	61

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ) วันที่ 4

เวลา	ความชื้น แถวที่1		ความชื้น แถวที่ 2		ความชื้น แถวที่ 3		เฉลี่ยบน	เฉลี่ยล่าง	ความชื้นภายนอก
	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm			
9:00 น.	59	62	58	61	60	62	59	62	64
10:00 น.	57	55	55	59	57	63	56	59	64
11:00 น.	61	60	56	54	67	69	61	61	62
12:00 น.	54	65	58	54	63	70	58	63	62
13:00 น.	60	59	53	53	68	72	60	61	60
14:00 น.	61	61	54	56	75	59	63	59	58
15:00 น.	44	61	48	50	59	57	50	56	59
16:00 น.	52	64	56	57	62	69	57	63	61
เฉลี่ย	56	61	55	56	64	65	58	61	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 8 แสดงความชื้นของระบบ Evaporative cooling system ที่ระดับ 45 เซนติเมตรและ 25 เซนติเมตรเหนือหลุมปลูกและภายนอกโรงเรือน วันที่ 1

เวลา	ความชื้น แถวที่1		ความชื้น แถวที่ 2		ความชื้น แถวที่ 3		เฉลี่ยบน	เฉลี่ยล่าง	ความชื้นภายนอก
	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm			
9:00 น.	63	58	59	65	59	58	60	60	62
10:00 น.	60	59	61	55	62	61	61	58	62
11:00 น.	79	64	68	58	59	59	69	60	68
12:00 น.	61	59	55	56	53	57	56	57	58
13:00 น.	67	67	57	57	54	75	59	66	59
14:00 น.	62	48	43	43	54	43	53	45	58
15:00 น.	50	54	43	48	48	50	47	51	54
16:00 น.	52	53	52	54	59	52	54	53	56
เฉลี่ย	62	58	55	55	56	57	58	56	60

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ) วันที่ 2

เวลา	ความชื้น แถวที่1		ความชื้น แถวที่ 2		ความชื้น แถวที่ 3		เฉลี่ยบน	เฉลี่ยล่าง	ความชื้นภายนอก
	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm			
9:00 น.	61	69	65	59	61	72	62	67	54
10:00 น.	59	61	51	67	69	64	60	64	56
11:00 น.	78	62	56	62	58	59	64	61	62
12:00 น.	67	68	57	53	59	59	61	60	68
13:00 น.	70	62	53	63	59	64	61	63	76
14:00 น.	73	68	50	54	48	64	57	62	54
15:00 น.	62	59	60	57	58	57	60	58	60
16:00 น.	58	59	52	54	59	60	56	58	58
เฉลี่ย	66	64	56	59	59	62	60	62	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

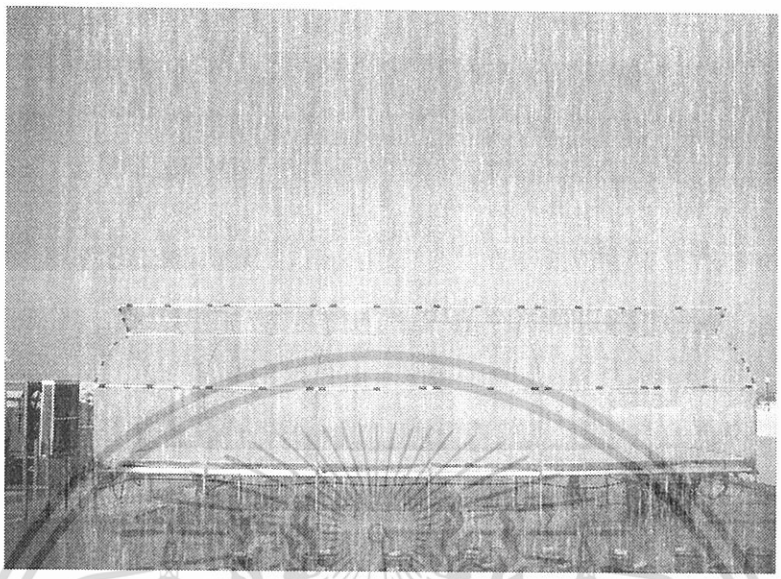
ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ) วันที่ 3

เวลา	ความชื้น แถวที่1		ความชื้น แถวที่ 2		ความชื้น แถวที่ 3		เฉลี่ยบน	เฉลี่ยล่าง	ความชื้นภายนอก
	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm			
9:00 น.	63	64	65	62	62	68	63	65	52
10:00 น.	67	65	68	67	65	54	67	62	54
11:00 น.	64	61	58	57	69	58	64	59	49
12:00 น.	55	58	55	69	59	58	56	62	53
13:00 น.	59	61	55	52	60	67	58	60	56
14:00 น.	65	59	60	63	52	63	59	62	52
15:00 น.	57	59	51	54	62	58	57	57	53
16:00 น.	62	61	54	53	59	58	58	57	55
เฉลี่ย	62	61	58	60	61	61	60	60	53

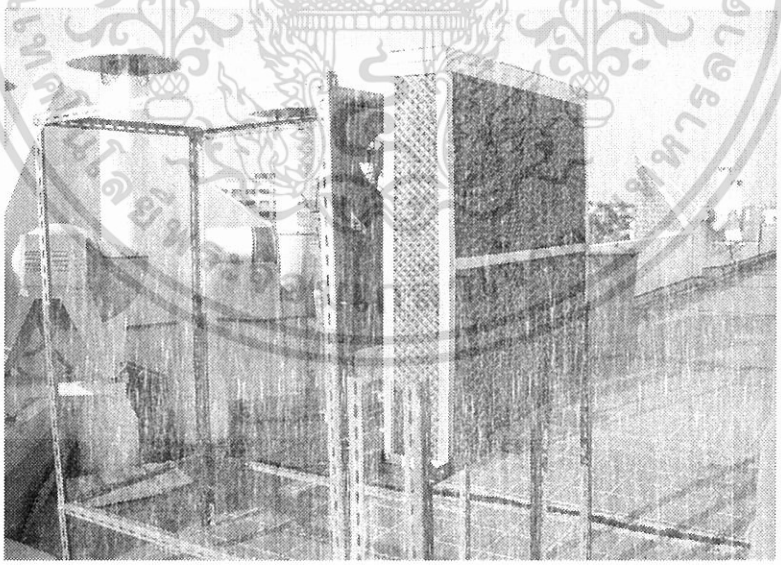
ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ) วันที่ 4

เวลา	ความชื้น แถวที่1		ความชื้น แถวที่ 2		ความชื้น แถวที่ 3		เฉลี่ยบน	เฉลี่ยล่าง	ความชื้นภายนอก
	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm	45 cm	25 cm			
9:00 น.	65	51	63	57	64	62	64	57	58
10:00 น.	64	57	62	53	58	59	61	56	61
11:00 น.	59	58	58	53	62	65	60	59	59
12:00 น.	62	63	53	52	52	54	56	56	60
13:00 น.	57	64	67	68	53	59	59	64	60
14:00 น.	79	68	70	63	63	55	71	62	63
15:00 น.	85	68	63	62	63	54	70	61	62
16:00 น.	61	59	63	57	58	57	61	58	60
เฉลี่ย	67	61	62	58	59	58	63	59	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

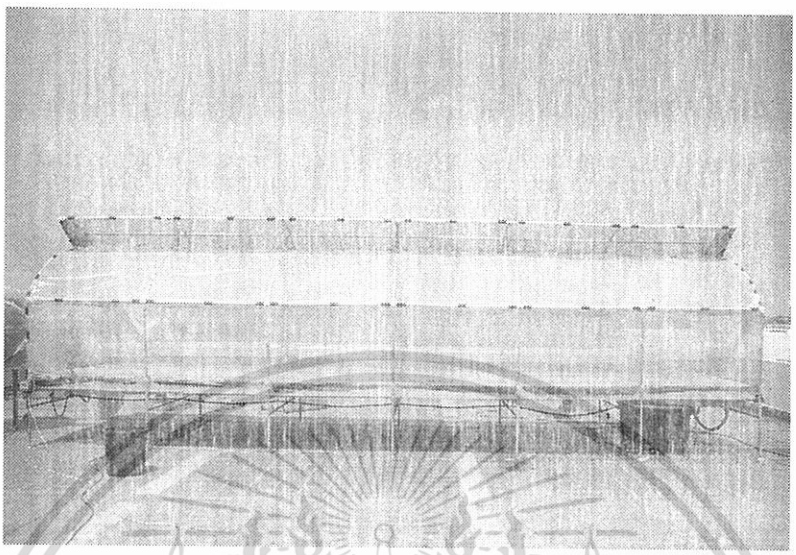


ภาพผนวกที่ 1 แสดงโรงเรือนก่อนติดตั้งระบบ

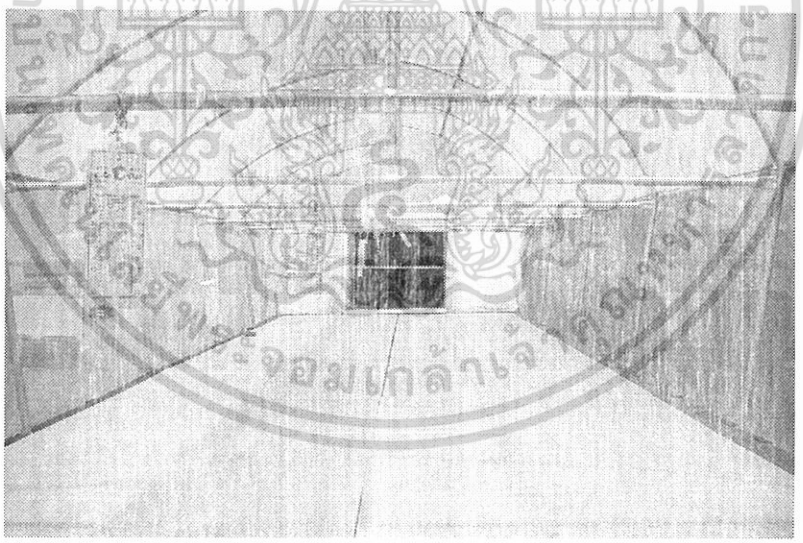


ภาพผนวกที่ 2 แสดง CELdek pad

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 3 แสดงการติดตั้งระบบอุโมงค์ลม



ภาพผนวกที่ 4 แสดงการติดตั้งระบบ Evaporative cooling system

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้