1393

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบ Evaporative cooling system ในการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน

The effect of Evaporative cooling system for reducing temperature in greenhouse

โดย

นายธีรยุทธ อัศวเมฆิน

นางสาวปาริฉัตร วิเศษรจนา

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รศ.ดร. สุมิตรา ภู่วโรดม)

หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา

วันที่ 22 เดือน เมษายน พ.ศ. 2539

14697
20 มิ.ค. 2541
ปพ.
ธ๖๙๓
2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14697

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบ Evaporative cooling system ในการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน

The effect of Evaporative cooling system for reducing temperature in greenhouse

T099578

โดย

นายธีรยุทธ อัศวเมฆิน

นางสาวปาริฉัตร วิเศษรจนา

ปพ.
ส672ก
2538
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....9957ส.....
วัน,เดือน,ปี.....16 Jul 2539

เสนอ

ภาควิชาปฐพีวิทยา

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาตรีวิทยาศาสตร์(เกษตรศาสตร์)

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การทดสอบประสิทธิภาพของระบบ Evaporative cooling system ในการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน

: The effect of Evaporative cooling system for reducing temperature in greenhouse

โดย : นายธีรยุทธ อัศวเมฆิน

นางสาวปาริฉัตร วิเศษรจนา

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อาจารย์ที่ปรึกษา : .....

(รศ.ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ)

การศึกษาทดลองระบบระบายความร้อนภายในโรงเรือน ด้วยระบบ Evaporative cooling system ได้ทำการทดลองในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ. 2538 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2539 พบว่าระบบ Evaporative cooling system มีประสิทธิภาพสามารถลดอุณหภูมิที่สูงภายในโรงเรือนลงมาให้อยู่ที่ระดับอุณหภูมิภายนอกหรือต่ำกว่าระดับอุณหภูมิภายนอกได้และสามารถควบคุมระดับของอุณหภูมิภายใน Greenhouse ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม อีกทั้งยังสามารถเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศให้สูงขึ้นในระดับที่ต้องการ โดยพบว่า ถ้าเปิดเฉพาะพัดลมระบายอากาศทั้ง 2 เครื่อง อุณหภูมิภายในจะลดลงมาแต่อยู่ในระดับที่สูงกว่าอุณหภูมิภายนอกเล็กน้อยประมาณ 1-2 องศา-เซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้ในขณะนั้น คือ 65 %RH และถ้าเปิดระบบ Evaporative cooling system อุณหภูมิภายในโรงเรือนจะลดต่ำลงอีกจนอยู่ในระดับที่เท่ากับหรือต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอก วัดค่าความชื้นได้ประมาณ 76 %RH ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิของระบบจะขึ้นอยู่กับช่วงอุณหภูมิสูงสุดในแต่ละวันและความชื้นสัมพัทธ์ในขณะนั้นด้วย หรืออาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า ประสิทธิภาพของระบบจะเพิ่มสูงขึ้นในวันที่มีอุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ นอกจากนี้ระบบ Evaporative cooling system นี้ยังสามารถรักษาระดับอุณหภูมิได้โดยอัตโนมัติจากการติดตั้งระบบนี้ร่วมกับอุปกรณ์อื่น คือ เทอร์โมสตาร์ทและวงจรจ่ายไฟแบบอัตโนมัติ

จากการศึกษาทดลอง พบว่า ระดับความสูงจากพื้นดินมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอุณหภูมิภายในโรงเรือน คือ เมื่อความสูงเพิ่มมากขึ้นอุณหภูมิก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้คาดว่าประ-สิทธิภาพของระบบยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอีกหลายอย่าง เช่น ความหนาและขนาดของแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CELdex, ขนาดโรงเรือน, วัสดุที่ใช้ทำโรงเรือน, อุณหภูมิอากาศ, ความชื้นสัมพัทธ์, ประสิทธิภาพของเครื่องปั้มน้ำ, แสงแดด, ประสิทธิภาพของพัดลม(ความแรงของพัดลม) เป็นต้น

ธีรยุทธ อัศวเมฆิน

(นายธีรยุทธ อัศวเมฆิน)

(นางสาวปาริฉัตร วิเศษรจนา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น เนื่องจากความอนุเคราะห์และความกรุณาเสียสละเวลาให้คำแนะนำปรึกษาต่าง ๆ ทั้งทางด้านการทดลองและด้านการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดลอง ทั้งนี้ต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา คือ ผศ.ดร. อิทธิสุนทร นันท-กิจ ที่ได้ให้คำปรึกษาและวิชาความรู้ต่าง ๆตลอดเวลาในการทำปัญหาพิเศษ จนกระทั่งปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ และขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความกรุณาให้แนวความคิด ให้คำปรึกษาแนะนำเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณนุจรี บุญแปลง และคุณป้าสำราญ ช้างน้อย เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา ที่ให้ความสะดวกในเรื่องอุปกรณ์ต่าง ๆในการทดลอง ขอขอบคุณเพื่อน ๆทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านกำลังกายและกำลังใจ ตลอดการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

และขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ญาติพี่น้องทุก ๆคนที่สนับสนุนในด้านการศึกษาและให้กำลังใจในการศึกษาเล่าเรียนตลอดมา ขอให้คุณความดีทั้งหลายทั้งปวงจงสนองตอบแด่ทุกท่าน เทอญ

ธีรยุทธ อัศวเมฆิน
ปาริฉัตร วิเศษรจนา
มีนาคม 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
คำนิยม	
สารบัญตาราง	i,ii
สารบัญภาพ	iii
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	16
ผลการทดลอง	23
สรุปผลและวิจารณ์การทดลอง	34
เอกสารอ้างอิง	37
ภาคผนวก	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ก-1 แสดงอุณหภูมิระนาบที่ 1 ในสภาพ Greenhouse แบบปิดหมด 26
ข-1 แสดงอุณหภูมิระนาบที่ 2 ในสภาพ Greenhouse แบบปิดหมด 26
ค-1 แสดงอุณหภูมิระนาบที่ 3 ในสภาพ Greenhouse แบบปิดหมด 27
ง-1 แสดงอุณหภูมิระนาบที่ 4 ในสภาพ Greenhouse แบบปิดหมด 27
ก-2 แสดงอุณหภูมิระนาบที่ 1 ในสภาพ Greenhouse แบบเปิดพัดลมระบายอากาศ 28
ข-2 แสดงอุณหภูมิระนาบที่ 2 ในสภาพ Greenhouse แบบเปิดพัดลมระบายอากาศ 28
ค-2 แสดงอุณหภูมิระนาบที่ 3 ในสภาพ Greenhouse แบบเปิดพัดลมระบายอากาศ 29
ง-2 แสดงอุณหภูมิระนาบที่ 4 ในสภาพ Greenhouse แบบเปิดพัดลมระบายอากาศ 29
ก-3 แสดงอุณหภูมิระนาบที่ 1 ในสภาพ Greenhouse แบบเปิดระบบ EVAP 30
ข-3 แสดงอุณหภูมิระนาบที่ 2 ในสภาพ Greenhouse แบบเปิดระบบ EVAP 30
ค-3 แสดงอุณหภูมิระนาบที่ 3 ในสภาพ Greenhouse แบบเปิดระบบ EVAP 31
ง-3 แสดงอุณหภูมิระนาบที่ 4 ในสภาพ Greenhouse แบบเปิดระบบ EVAP 31
1. แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบปิดหมด 39
2. แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบเปิดพัดลมระบายอากาศ 41
3. แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบเปิดระบบ EVAP 43
4. แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพที่ Greenhouse มีการเปลี่ยนแปลงหลายสภาพ 45
5. แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพที่ Greenhouse เปิดพัดลมและเปิดระบบ EVAP โดยลดระดับ RTD 47
6. แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพที่ Greenhouse เปิดพัดลมและเปิดระบบ EVAP โดยเปลี่ยนตำแหน่งของ RTD 49
7. แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบปิดหมดในเวลากลางคืน 51
8. แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบปิดในขณะที่ทำ Contour temperature 51
9. แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบเปิดพัดลมระบายอากาศ ในขณะที่ทำ Contour temperature 54
10. แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบเปิดระบบ EVAP ในขณะที่ ทำ Contour temperature 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ก แสดงการไหลของอากาศในแผ่น CELdek	5
1. แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบปิดหมด	40
2. แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบเปิดพัดลมระบายอากาศ	42
3. แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบเปิดระบบ EVAP	44
4. แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพที่ Greenhouse มีการเปลี่ยนแปลงหลายสภาพ	46
5. แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพที่ Greenhouse เปิดพัดลมและเปิดระบบ EVAP โดยลดระดับ RTD	48
6. แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพที่ Greenhouse เปิดพัดลมและเปิดระบบ EVAP โดยเปลี่ยนตำแหน่งของ RTD	50
7. แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบปิดหมดในเวลากลางคืน	52
8. แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบปิดในขณะที่ทำ Contour temperature	53
9. แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบเปิดพัดลมระบายอากาศ ในขณะที่ทำ Contour temperature	55
10. แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบเปิดระบบ EVAP ในขณะที่ทำ Contour temperature	56
11. แสดง Greenhouse และด้านหน้าของ Greenhouse	57
12. แสดงด้านหลังของ Greenhouse และการติดตั้งระบบ EVAP	58
13. แสดงระบบ EVAP	59
14. แสดงแหล่งน้ำที่นำมาใช้ในระบบ EVAP	59
15. แสดงการติดตั้งแผ่น CELdek บริเวณด้านหลัง Greenhouse	60
16. แสดงการติดตั้งพัดลมระบายอากาศทั้ง 2 เครื่องบริเวณด้านหน้า Greenhouse ทั้งด้านซ้ายและด้านขวา	60
17. แสดงการติดตั้งวงจรตัดจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติ	61
18. แสดงเครื่องบันทึกข้อมูล(Recorder)	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

19. แสดงการติดตั้งตำแหน่งของ RTD ภายใน Greenhouse 62
20. แสดงการติดตั้งเทอร์โมสตาร์ท 62
21. แสดงการติดตั้งตำแหน่ง RTD บริเวณด้านนอก Greenhouse 63
22. แสดงการติดตั้งจานวัดความเข้มแสงบริเวณด้านหลัง Greenhouse 63
23. แสดง RTD ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ 64
24. แสดงเทอร์โมมิเตอร์แบบวัดอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด 64
25. แสดงเครื่องวัดความชื้นแบบปรอท 65
26. แสดงการติดตั้งปรอทเพื่อทำ Contour temperature 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านการเกษตรมีความหน้าสูงมาก การปลูกผักในโรงเรือนเพื่อให้ปลอดจากสารกำจัดแมลงก็เป็นอีกแนวทางหนึ่ง ที่จะทำให้เราบริโภคผักที่ไม่มีสารเคมีตกค้าง เนื่องจากต้องการป้องกันโรคและแมลงให้ได้ผลดีที่สุด ในการทดลองนี้จึงใช้โรงเรือนแบบปิดที่ทำด้วยแผ่นพลาสติกที่ใส่สารป้องกันแสง UV ซึ่งสามารถทนความร้อนและรังสีจากดวงอาทิตย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ความร้อนภายในโรงเรือนเป็นปัญหาสำคัญสำหรับการปลูกพืชโดยเฉพาะในเขตร้อนชื้นอย่างประเทศไทย ดังนั้นเพื่อลดปัญหาของอุณหภูมิที่สูงมากภายในโรงเรือนจึงได้มีการนำเอาระบบระบายความร้อนแบบ Evaporative cooling system เข้ามาใช้เพื่อลดอุณหภูมิและควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช จุดประสงค์ที่ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบนี้ขึ้นก็เพื่อที่จะได้เป็นแนวทางสำหรับผู้ที่สนใจและต้องการที่จะนำระบบนี้มาใช้ในทางเศรษฐกิจ เนื่องจากระบบนี้ถ้ามีการศึกษาและพัฒนาต่อไปอีก เชื่อว่าจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

ธีรยุทธ อัศวเมฆิน
ปาริฉัตร วิเศษรจนา
มีนาคม 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของระบบ Evaporative cooling system ว่ามีหลักการทำงานอย่างไร
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบ Evaporative cooling system ในการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนแบบปิด
3. เพื่อศึกษาผลจากการใช้ระบบ Evaporative cooling system กับโรงเรือนแบบปิดและเปรียบเทียบอุณหภูมิ, ความเข้มแสงในโรงเรือนสภาพต่าง ๆกัน
4. เพื่อศึกษาระดับอุณหภูมิที่ระนาบต่าง ๆกันในแต่ละจุดภายใน Greenhouse

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

ระบบทำความเย็น(Cooling system)ภายใน Greenhouse

1. Evaporative cooling system หรือ Fan and pad cooling system หรือระบบ EVAP

ระบบระบายอากาศแบบ Evaporative cooling system ได้มีใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศมานานหลายปีแล้ว แต่สำหรับในประเทศไทยระบบนี้เป็นระบบที่ยังใหม่อยู่และมีผู้ที่รู้จักระบบนี้ไม่มากนักจึงมีการใช้ไม่แพร่หลาย อย่างไรก็ตามปัจจุบันประเทศไทยได้มีผู้นำมาใช้ในทางการค้าแล้ว เช่น ติดตั้งภายในโรงเรือนเลี้ยงไก่ หมู และสัตว์เศรษฐกิจอื่น ๆ แต่ต้องใช้งบประมาณในการลงทุนราคาสูง จึงทำให้มีการใช้ระบบนี้กับเกษตรกรรายใหญ่เท่านั้น อย่างไรก็ตามการทดลองนี้เป็นการทดสอบระบบเพื่อจะนำมาใช้กับโรงเรือนที่ใช้ปลูกพืชแบบปลอดสารพิษ และเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับผู้ที่สนใจจะนำไปปรับปรุงเปลี่ยนแปลง เพื่อจะนำระบบนี้ไปใช้สำหรับปลูกพืชหรือใช้ในทางการค้าต่อไป

ปัจจัย 2 อย่างที่ต่างกันอย่างเห็นได้ชัดในการทำความเย็นภายใน Greenhouse คือ Greenhouse สำหรับฤดูร้อนและฤดูหนาว ในช่วงฤดูร้อนที่มีความร้อนจัดนั้นจะมีผลกระทบต่อผลผลิตของพืช อุณหภูมิภายใน Greenhouse จะอยู่ในระดับที่สูงกว่าอุณหภูมิภายนอก ซึ่งจะมีผลต่อการสร้างลำต้น, ดอกจะมีขนาดเล็กลง, การออกดอกช้าลงและมักจะมีการออกช่อดอกก่อนกำหนด การทำงานของระบบทำความเย็นแบบนี้จะขึ้นอยู่กับกระบวนการดูดความร้อนระหว่างการระเหยไปของน้ำ แต่ความร้อนที่เพิ่มขึ้นก็ยังเป็นปัญหา แม้ว่าอุณหภูมิภายในจะลดต่ำลงพอ ๆกับอุณหภูมิด้านนอก การเก็บกักพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ของ Greenhouse ก็อาจจะทำให้อุณหภูมิภายใน Greenhouse สูงขึ้นจนถึงระดับวิกฤตได้

การจัดสภาพอากาศที่เหมาะสมนับว่าเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งในการกำหนดผลประโยชน์สูงสุดที่จะได้รับ การสร้าง Greenhouse และโรงเลี้ยงปศุสัตว์ในประเทศที่มีสภาพภูมิอากาศเขตร้อนและร้อนชื้นจะมีปัญหาเกี่ยวกับอุณหภูมิที่สูงมากภายใน Greenhouse เสมอ อัตราผลผลิตของพืชและสัตว์มักจะได้รับความเสียหายจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นสูงและอากาศร้อนจัด

ในอดีตได้มีการใช้วิธีการที่เชื่อถือได้โดยการใช้พลังงานต่ำสุดในการลดอุณหภูมิภายใน Greenhouse จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การทำความเย็นโดยการระเหยน้ำจะมีหลักการง่ายๆนั่นก็คือ การใช้แผ่นรังผึ้งระเหยความร้อน(pad) และพัดลม (fan) ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงในการที่จะเพิ่มผลผลิต ตามปกติแล้วระบบระบายอากาศที่กระทำโดยปราศจากการทำให้เย็นอุณหภูมิอากาศที่ผ่านเข้ามาใน Greenhouse จะเป็นอุณหภูมิเดียวกันกับอุณหภูมิภายนอก แต่กระนั้นก็ขึ้นอยู่กับความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วย ความร้อนที่ส่งผ่านมายัง Greenhouse จะทำให้ความร้อนภายในเพิ่มสูงขึ้นจนอาจจะสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำความเย็นแบบการทำให้น้ำระเหยไป เป็นการทำให้เย็นโดยอาศัยหลักการทางธรรมชาติ คือ ลม ตัวอย่างเช่น ลมพัดผ่านเหนือผิวน้ำในทะเลจะทำให้น้ำส่วนนี้ระเหยไป ผลจากปรากฏการณ์นี้จะทำให้อุณหภูมิในอากาศลดลง เพราะว่าขบวนการนี้จะเปลี่ยนพลังงานความร้อนไปเป็นลมเย็น การนำขบวนการนี้มาจำลองใช้ใน Greenhouse หรือ โรงเรือนเลี้ยงสัตว์ปีก จะต้องทำให้พื้นผิวของน้ำอยู่เหนือสิ่งที่จะทำให้เกิดการระเหยและสามารถนำไอน้ำที่ระเหยออกไปสู่ Greenhouse ได้ จึงได้มีการนำระบบนี้มาใช้โดยจะมีวิธีการที่จะควบคุมการไหลของอากาศผ่านมายังพื้นผิวของน้ำและจะต้องควบคุมระบบทั้งหมดอย่างดีและถูกต้อง

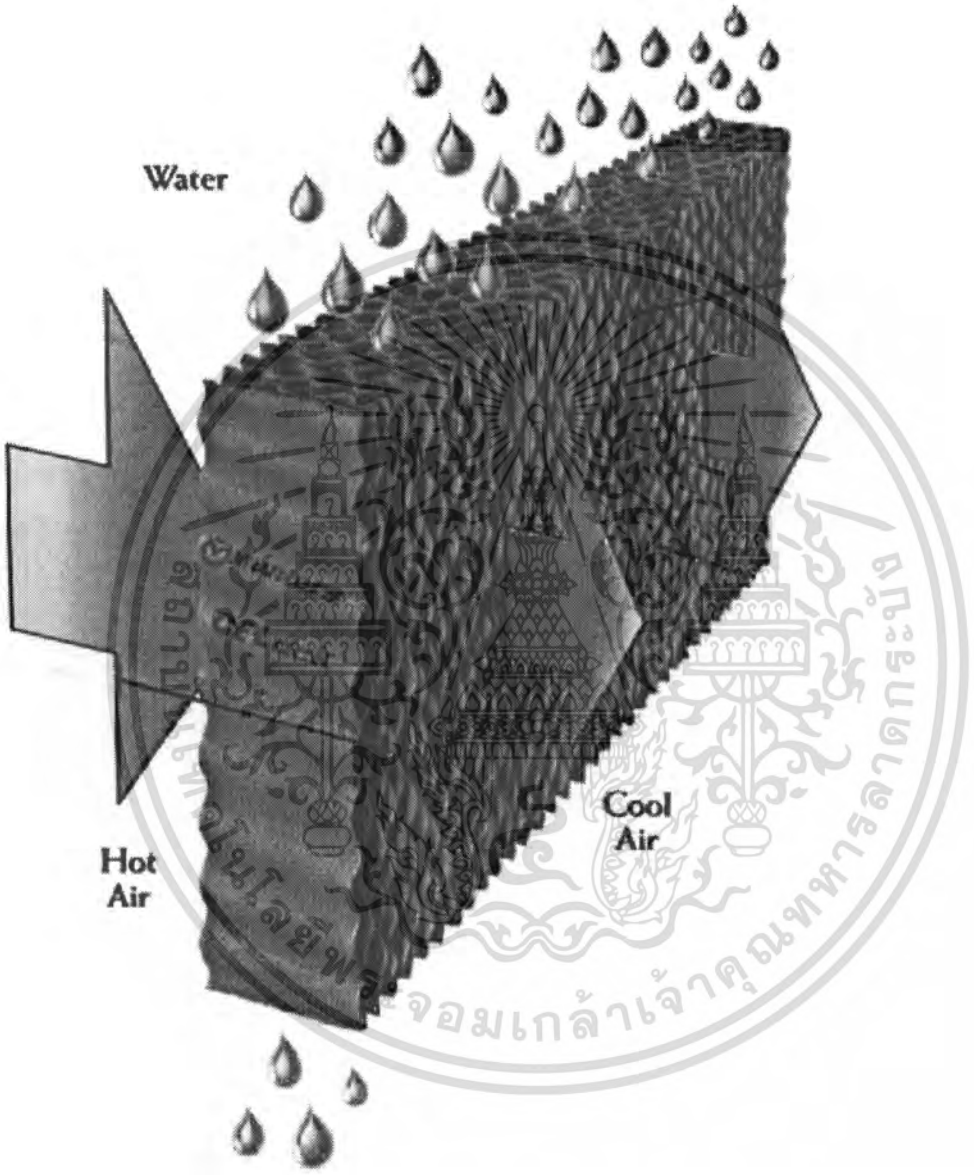
ระบบ Evaporative cooling system หรือระบบ EVAP นี้เกิดมาตั้งแต่ ค.ศ. 1954 และยังคงเป็นระบบที่ธรรมดาที่สุดใช้ใน Greenhouse ระบบนี้เป็นระบบที่นิยมใช้กันมากในประเทศแถบยุโรป, อเมริกาและเหมาะสมกับประเทศที่มีสภาพภูมิอากาศแห้งและร้อน หลักการง่าย ๆคือที่ผนังด้านหนึ่งของ Greenhouse จะเป็นส่วนที่น้ำไหลผ่านแผ่น pad ลงมาตามแนวยาวของแผ่น ตามปกติแล้วแผ่น pad จะผลิตจาก cellulose แต่ปัจจุบันนี้จะทำมาจากส่วนประกอบของ cross-fluted cellulose อากาศจากภายนอกจะผ่านไปสู่แผ่น pad ที่ชื้น น้ำในแผ่น pad ก็จะระเหยไปโดยการจะดูดเอาพลังงานความร้อนรอบ ๆแผ่นมาใช้ในการระเหย

โดยปกติแล้วโครงสร้างของ Greenhouse จะมีเครื่องระบายอากาศติดอยู่บนหลังคา เมื่อเวลาที่ต้องการความเย็นก็จะเปิดเครื่องระบายอากาศนี้ แล้วความเย็นก็จะปกคลุมอากาศภายใน Greenhouse ทั่วไปหมด ผลที่ได้ก็คืออุณหภูมิที่พืชได้รับจะลดลงทีละน้อยและต่อมาอัตราการเจริญเติบโตของพืชจะมีความแตกต่างกันในแต่ละวัน ระบบ fan-tube ventilation มักจะใช้กันในฤดูหนาวและจะลดปัญหาของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและอากาศที่หมุนเวียนอยู่ภายใน Greenhouse

หลักการทำงานของระบบ (Evaporative cooling system) หรือระบบEVAP

วิธีทำความเย็นแบบนี้ก็คือ ให้อากาศภายนอกผ่านแผ่น pad ที่เปียกชื้นซึ่งจัดให้อยู่บริเวณตามยาวของผนัง Greenhouse โดยกำหนดให้แผ่น pad มีความยาวที่เหมาะสมกับขนาดของ Greenhouse เมื่ออากาศสัมผัสกับความชื้นจะทำให้อากาศได้รับการเพิ่มความชื้น มวลอากาศเดิมนั้นจะมีอุณหภูมิลดลง เนื่องมาจากกระบวนการการดูดความร้อนจากการเปลี่ยนสถานะของน้ำไปเป็นไอน้ำ อากาศจะมีอุณหภูมิลดลงผันตามปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้น ดังตัวอย่างอากาศที่ 35 องศาเซลเซียสและ 50 %RH เมื่อได้รับการเพิ่มความชื้นถึงระดับ 80 %RH จะมีอุณหภูมิลดลงเหลือ 29 องศาเซลเซียส และถ้าสภาวะอากาศภายนอกมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำถึงปานกลางหรือสภาพอากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูงการลดอุณหภูมิโดยวิธีนี้จะมีประสิทธิภาพมากขึ้น ในทางปฏิบัติตัวอาคารโรงเรือนจะต้องปิดมิดชิดมีส่วนให้อากาศผ่านเข้าทางโรงเรือนทางแผ่น pad ที่ชุ่มด้วยน้ำเท่านั้น โดยมีปั๊มน้ำติดตั้งทำหน้าที่หมุนเวียนน้ำให้กับ pad ขณะเดียวกันพัดลมจะติดตั้งอยู่ด้านท้ายของโรงเรือนเพื่อดูดอากาศจากภายนอกเข้ามาภายใน Greenhouse (ภาพ ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพ ก. แสดงสภาพอากาศที่ไหลผ่าน CELdek pad

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อระบบทำงานพัดลมจะดูดอากาศในโรงเรือนออกสู่ภายนอกและอากาศภายนอกจะไหลเข้ามาแทนที่อากาศภายในโรงเรือนโดยผ่านแผ่น pad ที่เปียก ขณะที่อากาศเคลื่อนตัวผ่านแผ่น pad ที่เปียกนั้น อากาศจะได้รับการเพิ่มความชื้นและลดอุณหภูมิหรือเรียกว่าการระเหยของน้ำและจะทำให้อากาศเย็นขึ้น เมื่อระบบทำงานอย่างต่อเนื่อง จะส่งผลให้ระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิภายใน Greenhouse ให้ต่ำกว่าสภาพภายนอกได้ตามประสิทธิภาพ ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วจะสามารถลดอุณหภูมิได้ประมาณ 5-8 องศาเซลเซียส สำหรับสภาพอากาศในประเทศไทย

อุณหภูมิภายนอกและความชื้นสัมพัทธ์จะเป็นตัวกำหนดขอบเขตการลดอุณหภูมิของอากาศที่ผ่านเข้ามา ความชื้นสัมพัทธ์จะวัดโดยเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิแห้งและอุณหภูมิเปียก อุณหภูมิสูงสุดที่ลดลงมาอาจจะเท่ากับอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างอุณหภูมิเปียกและอุณหภูมิแห้ง ซึ่งอุณหภูมิเปียกและอุณหภูมิแห้งนี้จะเท่ากันที่ความชื้นสัมพัทธ์ 100 % พลังงานที่ใช้ในขบวนการระเหยน้ำนี้จะนำมาจากความร้อนในอากาศที่ไหลผ่านเข้ามาใน Greenhouse โดยการส่งผ่านความร้อนในอากาศมายังไอน้ำซึ่งจะทำให้อุณหภูมิลดลง ขบวนการทำความเย็นนี้จะต้องได้รับพลังงานความร้อนที่คงที่ติดต่อกันไป ปกติแล้วจะไม่แนะนำความเร็วลมที่มากกว่า 1.5 m/s เพราะว่าที่ความเร็วลมระดับนี้จะไปลดประสิทธิภาพของพัดลมอันเนื่องมาจากความดันอากาศที่ต่ำเกินไป

ทฤษฎีพื้นฐานของการระเหยไปของน้ำ

ในน้ำมักจะมีปริมาณของแร่ธาตุที่ละลายน้ำได้อยู่เสมอ เมื่อน้ำเกิดการระเหยกลายเป็นไอ ปริมาณความเข้มข้นของแร่ธาตุในน้ำที่ไหลเวียนให้แก่ระบบ EVAP จะเพิ่มขึ้น เพื่อทดแทนปริมาณน้ำที่กลายเป็นไอจะต้องให้น้ำบริสุทธิ์เพิ่มเข้าไปในระบบ ในการที่จะหลีกเลี่ยงแร่ธาตุที่ไม่ละลายน้ำไปเกาะอยู่ตามบริเวณผิวหน้าของ pad ซึ่งจะมีผลทำให้ไปเพิ่มแรงดันของหยดน้ำ ดังนั้นจึงต้องระบายน้ำที่ไหลเวียนกลับมาออกไปบางส่วนและเติมน้ำบริสุทธิ์เพิ่มเข้าไปแทนที่น้ำที่ถูกระบายออกนั่นคือ น้ำที่สูญเสียไปโดยการระเหยและระบายออกจะถูกเข้าแทนที่โดยการเพิ่มน้ำบริสุทธิ์ให้ระบบอย่างต่อเนื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำที่ระบายออกและปริมาตรของน้ำที่ระเหยไปในที่นี้หมายถึง อัตราส่วนของน้ำที่ระบายออกต่อปริมาณน้ำที่ระเหยไป ปริมาตรของน้ำที่ระบายออกจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำว่ามีความบริสุทธิ์เพียงใด ซึ่งสามารถวิเคราะห์หาค่าได้แน่นอนโดยทำการวัดในห้องปฏิบัติการ

หลักสำคัญในการพิจารณาเพื่อการติดตั้งระบบ EVAP

สิ่งที่เราควรพิจารณานั้นประกอบด้วย

1. อัตราความร้อนในอากาศจะต้องเคลื่อนที่ออกจาก Greenhouse เพื่อให้อากาศเย็นเข้ามาแทนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แผ่น pad ที่ใช้ควรจะมีลักษณะที่ระเหยน้ำได้ดี

3. สถานที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งพัดลม

4. กระแสลม

อัตราการเปลี่ยนแปลงของอากาศใช้มาตราวัดเป็น 1 ลูกบาศก์ฟุตต่อ 1 นาที (cfm) หรือ 1 ลูกบาศก์เมตรต่อ 1 นาที (cmm) โดยปกติอัตราความเคลื่อนไหวของอากาศเท่ากับ 8 cfm/ft^2 (2.5 cmm/m^2) ถึงจะพอเพียงกับพื้นที่ภายใน Greenhouse อัตราการเปลี่ยนแปลงของอากาศภายใน Greenhouse ที่ 1,000 ฟุต (300 เมตร.) ซึ่งอยู่ในระดับที่สูงขึ้น ความเข้มของแสงจะเพิ่มขึ้นแต่ไม่เกิน 5,000 fc(,53.8 klux) และอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น 7 องศาฟาเรนไฮน์(4 องศาเซลเซียส) จาก pad ไปสู่พัดลม

อัตราความเคลื่อนไหวของอากาศภายใน Greenhouse จะเพิ่มขึ้นโดยผันตรงกับความสูงของ Greenhouse ที่สูงขึ้นเช่นกัน ความหนาแน่นของอากาศลดลงและปริมาณแสงก็จะเพิ่มขึ้น ความสามารถของอากาศที่จะพาเอาความร้อนภายใน Greenhouse ออกไปสู่ภายนอกไม่ได้ขึ้นอยู่กับน้ำหนักของอากาศ ดังนั้นปริมาตรขนาดใหญ่ของอากาศที่ผ่านเข้าไปใน Greenhouse จะอยู่ในระดับสูงมากกว่าระดับต่ำเพื่อที่จะให้ความเย็นสมดุลย์กัน

อัตราความเคลื่อนไหวของอากาศขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงภายใน Greenhouse ในขณะที่ความเข้มของแสงมีปริมาณมากขึ้น ความร้อนที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ก็เพิ่มขึ้น อัตราความเคลื่อนไหวของอากาศใน Greenhouse ก็จำเป็นต้องเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่ออัตราความเคลื่อนไหวของอากาศ ความเข้มของแสงในอัตรา 5,000 fc (53.8 klux เป็นระดับที่น่าพึงพอใจสำหรับการเพาะปลูกและมีการกำบังแสงบน Greenhouse ให้ปกคลุมโดยบังแสงจากขอบหลังคาด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง พลังงานความร้อนที่อยู่ในอากาศได้ผ่าน pad ไปสู่พัดลม ถ้าอุณหภูมิที่ผ่านเข้าไปยัง Greenhouse เป็นอุณหภูมิที่คงที่ นั่นหมายถึงว่าจะสามารถลดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นได้ สิ่งที่จำเป็นมากอีกอย่างคือ การเพิ่มอัตราการเคลื่อนไหวของอากาศที่ผ่านเข้าไปยัง Greenhouse เพื่อให้เกิดประโยชน์สำหรับการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิ

ตำแหน่งของแผ่น pad และพัดลม ควรจะอยู่ในตำแหน่งที่ตรงข้ามกับกำแพง กำแพงเหล่านี้อาจจะอยู่ด้านหลังหรือด้านข้างของ Greenhouse ก็ได้ ระยะห่างระหว่าง pad กับพัดลมเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นสำคัญก่อนการติดตั้งระบบ ระยะที่ดีที่สุดสำหรับ Greenhouse ขนาดใหญ่คือ 100-200 ฟุต (30-60 เมตร) ถ้าระยะความห่างเกิน 200 ฟุต (60 เมตร) จะเป็นผลให้อุณหภูมิที่ผ่านเข้ามาใน Greenhouse สูงขึ้นมากกว่าที่เราต้องการ หรือถ้าระยะความห่างไม่ถึง 100 ฟุต (30 เมตร) อัตราความเคลื่อนไหวของอากาศก็จะลดต่ำลงและอากาศจะเย็นจัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดอัตราความเคลื่อนไหวของอากาศที่เหมาะสมสำหรับ Greenhouse โดยใช้มาตรฐานที่ถูกต้องของขนาดความกว้างและความยาวของ Greenhouse ตามลำดับ สูตรสมการอัตราความเคลื่อนไหวของอากาศเท่ากับ 8 cfm/ft ^{2} (2.5 cmm/m^2)ของพื้นที่ คือ

Standard cfm = LxWx8

Standard cmm = LxWx2.5

ในปัจจุบันมาตราฐานที่สมบูรณ์ของอัตราความเคลื่อนไหวของอากาศมีหลายประเภทด้วยกัน แต่ในที่นี้จะขอพูดถึงหลักใหญ่ๆ 2 ประการด้วยกัน คือ F house หรือ F vel.

F house จะคำนวณได้ดังนี้

F house = F elev x F light x F temp

ดังนั้นความสามารถของกำลังแรงของพัดลมควรจะเท่ากับ

Total cfm = Standard cfm x F house x F temp

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

ลำดับต่อไปควรจะเลือกขนาดและจำนวนของพัดลม พัดลมที่ดีควรจะมีอัตราความเคลื่อนไหวของอากาศน้อยและควรจะมีอัตราแรงดันน้ำอยู่ในระดับคงที่ที่ 0.1 นิ้ว ถ้ากำแพงเอียงหรือเทลาดลงอยู่แล้ว (ในกรณีที่พัดลมอยู่ด้านนอก) พัดลมนั้นควรจะมีแรงดันของน้ำอยู่ในระดับที่ 0.05 นิ้ว แรงดันที่คงที่จะทำให้สามารถต้านทานแรงของพัดลมที่พัดอากาศผ่านไปยัง pad พื้นที่ของพัดลมไม่ควรจะมากกว่า 25 ฟุต (7.6 เมตร) ต่อส่วน ถ้าด้านท้ายสุดของ Greenhouse มีความกว้าง 60 ฟุต (18 เมตร) ควรจะมีพัดลมอย่างน้อย 3 เครื่อง ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นมาก พัดลมแต่ละเครื่องจะต้องมีความจุความเคลื่อนไหวของอากาศ โดยจะแบ่ง Total cfm (cmm) เป็น 3 ส่วนของ พัดลมเหล่านี้ควรจะมีความสามารถครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของ Greenhouse และเพื่อเป็นหลักประกันว่าอากาศที่ผ่านเข้ามาใน Greenhouse ได้ไหลผ่านไปยังพืชอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอขณะที่พืชเจริญเติบโต

Cross-Fluted Cellulose Pad โดยทั่วไปแล้วแผ่น pad ที่ใช้จะมีความหนา 1-1.5 นิ้ว (2.5-4 เซนติเมตร) Cooling Pad จะผลิตมาจาก Cross-Fluted Cellulose Material แผ่น pad เหล่านี้จะมีลักษณะคล้ายกระดาษย่นแข็ง มีอายุการใช้งานประมาณ 10 ปี ถ้านำมาใช้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ควรจะมีการป้องกันไม่ให้ pad โดนฝนกระแทกแรงๆ หรือโดนน้ำสาดอย่างแรง แม้ว่าแผ่น Cellulose pad จะมีราคาแพงแต่ก็สามารถใช้งานได้ถึง 10 ปีทีเดียว

Cross-Fluted Cellulose Pad จะวัดเป็นหน่วยความกว้างเท่ากับ 1 ฟุต (30 เซนติเมตร) ความหนาเท่ากับ 2, 4, 6, หรือ 12 นิ้ว(5,10, 15 หรือ 30 เซนติเมตร) และที่ความสูงเท่ากับ 1 ฟุต(30 เซนติเมตร) ความสูงอาจเพิ่มขึ้นเป็น 2-5 ฟุต (0.6-1.5 เมตร) เมื่อความหนาของแผ่น pad เท่า-กับ 2 นิ้ว (5 เซนติเมตร), ความสูงของแผ่น pad 2-6 ฟุต(0.6-1.8 เมตร)เมื่อแผ่น pad หนา 4-6 นิ้ว(10 และ 15 เซนติเมตร) และที่ความสูงของแผ่น pad 2-4 ฟุต (0.6-1.2 เมตร) เมื่อแผ่น pad

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนา 12 นิ้ว(30 เซนติเมตร) ถ้าวัดแผ่น pad ตามแนวตั้ง ความยาวจะเพิ่มขึ้นอย่างละ 1 ฟุต (30 เมตร) ของจำนวน pad ทั้งหมดใน Greenhouse ในปัจจุบันนี้ความกว้างของแผ่น pad ที่นิยมใช้กันมากก็คือ 4 นิ้ว สำหรับ pad ที่มีความหนา 4 นิ้วต่อพื้นที่ 1 ตารางฟุตของแผ่นจะสามารถจุอากาศได้ 252 cfm (75 cmm/m^2) ในขณะที่ความหนาของ pad 6 นิ้ว จะสามารถจุอากาศได้ 350 cfm (105 cmm/m^2) ถ้า pad หนา 12 นิ้ว พื้นที่ภายใน Greenhouse บริเวณนั้นอาจจะร้อนเกินไปหรือชื้นเกินไป เพราะฉะนั้นขนาดของ Greenhouse โดยทั่วไปจะเหมาะกับ pad ที่หนาเพียง 4 นิ้ว และ 6 นิ้ว หรือเพียง 60 และ 43 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ Greenhouse ทั้งหมด

ขนาดพื้นที่ที่เหมาะสมของ pad อาจคำนวณได้จากรูปร่างตามที่ได้กล่าวมา Cooling pad ควรจะขยายไปตามแนวยาวของกำแพงใน Greenhouse ซึ่งขนาดพื้นที่ที่เหมาะสมจะต้องทำให้พืชทั้งหมดได้รับอากาศเย็นอย่างทั่วถึง ควรจะติดตั้ง pad ทันทีที่ส่วนท้ายสุดของ Greenhouse และขอบของกำแพง การติดตั้งเครื่องถ่ายลมที่กำแพง pad ด้านนอกเพื่อเปิดให้อากาศทะลุผ่านเข้ามาระหว่างอากาศร้อนและอากาศด้านนอก . พัดลมดูดอากาศจะตั้งอยู่บนกำแพงที่ตรงกันข้ามกับ pad เพื่อจะได้นำเอาอากาศเย็นไหลผ่านเข้าปกคลุมทุกบริเวณของ Greenhouse

การสร้างรูที่ท่อสำหรับ Croos-Fluted Cellulose Pad ควรจะมีการปรับให้เหมาะสม โดยให้มีส่วนรองรับการกระแทกของน้ำจากท่อกระจายน้ำ น้ำที่พุ่งออกมาจากรูของท่อกระจายน้ำก็จะไปกระทบกับบริเวณนั้น ท่อพลาสติกที่เจาะรูจะทำให้น้ำไหลเป็นหยดๆ ไปบนแผ่น pad ที่สูง 2 นิ้ว (5 เซนติเมตร)และหนาเท่ากับ Cellulose pad ที่อยู่ด้านล่าง แผ่น pad นี้จะทำให้น้ำแตกกระจายและจะทำให้น้ำเปียกไปทั่วทั้งแผ่น Cellulose pad ซึ่งนับว่าเป็นสิ่งสำคัญมาก การป้องกันไม่ให้อากาศแห้งผ่านเข้าไปสู่แผ่น pad ซึ่งจะทำให้ไปลดประสิทธิภาพของแผ่นและควรจะมีการสร้างบริเวณเก็บกักน้ำเพื่อรองรับน้ำส่วนเกินที่ไหลลงมาจากแผ่น pad ระยะห่างระหว่างบริเวณเก็บกักน้ำกับแผ่น pad ควรห่างกันครึ่งหนึ่งของความยาวท่อพลาสติกคือ 4 นิ้ว (10 เซนติเมตร) กำลังดี

ในวันที่อากาศร้อนและแห้งปริมาณน้ำที่ระเหยไปจากแผ่น pad ขนาด 100 ตารางฟุต อาจจะมากถึง 1 แกลลอนต่อ 1 นาที ดังนั้น จึงควรต่อท่อน้ำที่มีวาล์วปิดเปิดไปยังแทงก์น้ำให้เป็นแบบอัตโนมัติเพื่อรักษาระดับของน้ำให้สม่ำเสมอ ขณะที่น้ำระเหยออกจากผิวหน้าของแผ่น pad เกลือที่อยู่ในน้ำจะไม่ระเหยออกมาด้วย หากใช้แผ่น pad ติดต่อกันเป็นเวลานาน ๆหลังจากปิดระบบแล้วจะมีเกลือสีขาวตกตะกอนและจะเกาะอยู่บนแผ่น pad ดังนั้นจึงขึ้นอยู่กับเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำที่ใช้แก่ระบบ บางครั้งจึงจำเป็นต้องระบายน้ำส่วนนี้ออกไป 1-2 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำทั้งหมดที่ไหลเวียนกลับมาจาก pad เพื่อหลีกเลี่ยงการก่อตัวของเม็ดเกลือ วาล์วปิดเปิดเพื่อระบายน้ำส่วนนี้ออกไปควรมีขนาด 3/8 นิ้ว โดยจะติดตั้งที่บริเวณท่อปล่อยน้ำออกของปั๊มน้ำ และจะต้องปรับอัตราการไหลของน้ำ เพื่อกำจัดคราบเกลือที่อยู่บนแผ่น pad การก่อตัวของคราบเหล่านี้บน pad จะไม่สามารถสังเกตุเห็นได้เมื่อใช้ pad ในระยะเวลาที่ไม่นาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้งานแผ่น pad เป็นระยะเวลา 2-3 ปี จะมีสาหร่าย (algae) เกิดขึ้นที่บริเวณ Croos-Fluted Cellulose Pad สาหร่ายที่เกิดขึ้นนี้จะไม่ทำลายแผ่น pad แต่จะไปอุดตันทางไหลของน้ำภายใน pad วิธีแก้ไขอาจจะแก้ไขโดยใส่สารละลายโซเดียมไฮโปคลอเรต(สารฟอกขาว) 1 เปอร์เซ็นต์ เข้าไปผสมกับน้ำที่ให้แก่แผ่น pad เพื่อให้ปริมาณคลอรีนมีประมาณ 4-5 ppm. ซึ่งจะใช้ได้กับปริมาณน้ำอย่างต่ำ 30 แกลลอน (114 ลิตร) ต่อเดือน การกำจัดสาหร่ายในแผ่น pad ที่มีความยาว 30 เมตร และหนา 6 นิ้ว จะเกิดปัญหาเมื่อใช้สารฟอกขาวก็คือ จะทำให้น้ำมี pH เพิ่มสูงขึ้น ระดับของ pH จะต้องไม่เกิน 9.0 เพราะว่ามันจะทำให้แผ่น pad นุ่มลง หรือไม่ก็จะต้องควบคุมระดับ pH ให้ต่ำกว่า 6.0 ได้มีผู้ประกอบการบางรายใส่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลงไปในน้ำที่ไหลเวียนให้แก่แผ่น pad ซึ่งจะไม่ทำให้ pH เพิ่มสูงขึ้น วิธีการใช้คลอรีนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์แม้จะแก้ปัญหาในส่วนนี้ได้แต่ก็จะเกิดปัญหาตามมาด้วย ดังนั้น จึงควรนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบนี้เป็นครั้งคราว

ระบบ EVAP สามารถทำได้ทั้งแบบอัตโนมัติและลงมือปฏิบัติเอง ในระบบอัตโนมัติเมื่อต้องการความเย็น พัดลมดูดอากาศจะทำงานและเครื่องระบายอากาศเหนือ pad จะเปิดออก ถ้าระบบให้ความเย็นได้ไม่เพียงพอตามที่ต้องการและอุณหภูมิเริ่มที่จะเพิ่มสูงขึ้น ปั๊มน้ำจะเริ่มทำงานเพื่อทำการให้น้ำแก่แผ่น pad เมื่อได้ความเย็นตามที่ต้องการแล้วระบบก็จะปิด

การวางตำแหน่งของพัดลม (Fan Placement)

การวางตำแหน่งของพัดลมควรจะวางไว้ในด้านใต้ลมของ Greenhouse หรือทางด้านที่ลมพัดผ่าน และให้ pad อยู่ทางด้านทิศทางลม เพราะว่า ลมจะมีส่วนช่วยให้ระบบมีประสิทธิภาพมากกว่าที่จะต่อต้านระบบ ถ้าพัดลมดูดอากาศเข้ามาในด้านเหนือลม ความจุของพัดลมจะเพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่านั้น และถ้ามี Greenhouse 2 หลัง หรือมากกว่า ตั้งอยู่ติดกัน ปัจจัยที่ควบคุมทิศทางลม คือตำแหน่งที่ตั้งของพัดลมใน Greenhouse หลังหนึ่งๆ นั่นหมายถึงพัดลมจะต้องไม่ดูดเอาอากาศที่เปียกชื้นของ Greenhouse หลังใกล้เคียงเข้ามาในแผ่น pad ของ Greenhouse ที่อยู่ติดกัน ดังนั้น Greenhouse ควรจะตั้งอยู่ห่างกันอย่างน้อยที่สุด 50 ฟุต (15.2 เมตร)

ลักษณะของวัสดุที่ใช้

สิ่งสำคัญของระบบ EVAP นี้คือ แผ่น PAD ที่ทำให้เกิดการระเหยของน้ำ แผ่น CELdek pad จะต้องผลิตเป็นร่อง (Flute) ที่ทำจากกระดาษลอนยึดติดด้วยกาวและเคลือบสารชนิดพิเศษป้องกันการเปื่อยยุ่ยเมื่อสัมผัสหรือแช่อยู่ในน้ำ และเพื่อให้มีอายุการใช้งานได้นาน มีลักษณะคล้ายรังผึ้งทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างลมและน้ำมาก จะช่วยให้เกิดการระเหยน้ำได้มากขึ้น โดยมีพัดลมทำหน้าที่ช่วยให้เกิดการไหลของอากาศ

แผ่น pad ที่ใช้ในการกระจายน้ำจะแพร่น้ำไปบนพื้นผิวของแผ่น เพื่อให้แน่ใจว่ารูปแบบนี้จะสามารถนำน้ำไปยังผนังของแผ่นได้ทั่วทั้งแผ่น และนำอากาศจากภายนอกเข้ามาสัมผัสที่พื้นผิวที่เปียกชื้นได้ พัดลมจะถูกติดตั้งที่ด้านตรงข้ามซึ่งจะทำให้ภายใน Greenhouse ถูกแบ่งออกเป็น

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่มีความดันแตกต่างกันเป็นสาเหตุให้อากาศถูกดูดเข้ามาทางแผ่น pad เมื่อมีการสัมผัสกันระหว่างอากาศและน้ำนี้ก็จะทำให้เกิดการระเหย การควบคุมระบบจะใช้เครื่องปั๊มน้ำและจำนวนพัดลม ระบบนี้จะใช้ไฟฟ้าในปริมาณน้อยนั่นคือ ในส่วนของพัดลมและปั๊มน้ำ ในวันที่ร้อนและแดดจัด ปริมาณความชื้นในอากาศจะมีค่าคงที่ สิ่งนี้หมายถึงความสัมพันธ์ของความชื้นที่ต่ำที่สุดในตอนบ่ายเมื่อมีอุณหภูมิสูงสุดในตอนนั้น และผลจากความชื้นที่ต่ำคือ การทำความเย็นโดยการระเหยหรือในอีกแง่หนึ่ง ผลจากการทำความเย็นของระบบจะมีประสิทธิภาพสูงสุด

2. Fog Cooling Systems

ระบบนี้ได้นำมาใช้ใน Greenhouse เมื่อ ค.ศ. 1980 หลักการจัดการคล้ายกับระบบ EVAP แต่จะแตกต่างกันที่ขั้นตอนการเตรียมการต่างๆ เครื่องปั๊มจะบรรจุด้วยหยดน้ำที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน หยดน้ำเหล่านี้จะมีปริมาณที่เพียงพอสำหรับอากาศและในขณะที่มีการระเหย Fog จะกระจายไปทั่ว Greenhouse ระบบนี้เป็นระบบที่มีประโยชน์ในการทำให้เมล็ดพืชงอกและเหมาะแก่การเพาะพันธุ์พืช

การระเหยของน้ำที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจะทำให้อัตราความเย็นของอากาศเพิ่มขึ้นอย่างเหมาะสม ขนาดของน้ำที่ตกลงมาจะมีขนาดเล็กลง Mist ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1,000 ไมครอน ละอองที่มีขนาดใหญ่จะทำให้พุ่งจากอากาศไปยังพื้นผิวที่เปียกของพืชและดิน ในขณะที่ละออง Fog จะมีขนาด 40 ไมครอน หรือเล็กกว่า อัตราการระเหยจะเท่ากับ 10,000 เท่าของน้ำในถ้วยที่มีปริมาตรเท่ากัน ละอองน้ำเล็กๆ เหล่านี้จะคงสภาพเสมือนสารแขวนลอยในอากาศ ในขณะที่ Fog ระเหยจะทำให้อากาศเย็นไปด้วยและปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นโดยปราศจากการควบแน่นของหยดน้ำ

ระบบ Fog Cooling Systems จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งถ้ามีการเปลี่ยนแปลงขนาดของละอองซึ่งระบบนี้สามารถเปลี่ยนแปลง 99.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำ ไปเป็นละอองขนาด 40 ไมครอน หรือเล็กกว่า โดยเฉลี่ยแล้วขนาดของละอองจะเล็กกว่า 10 ไมครอน ผลจากการระเหยของละอองเหล่านี้ จะทำให้อากาศเย็นที่ประสิทธิภาพเกือบร้อยเปอร์เซ็นต์ ระบบ Fog Cooling Systems สามารถใช้เพื่อทำความเย็นกับเครื่องระบายอากาศภายใน Greenhouse สำหรับกระบอกฉีด Fog จะอยู่เหนือต้นพืชตลอดทั้ง Greenhouse Fog จะถูกพ่นลงมาเป็นละอองบางๆ เพื่อให้อากาศภายในGreenhouse เป็นอากาศที่เย็นโดยตลอด เมื่ออากาศที่เย็นเริ่มที่จะอุ่นขึ้นอากาศจะไหลออกจาก Greenhouse โดยผ่านทางเครื่องระบายอากาศ อากาศจากภายนอกก็จะเข้ามาและจะถูกทำให้เย็นโดยละออง fog ต่อไป

คุณภาพของน้ำเป็นสิ่งสำคัญสำหรับระบบนี้ เนื่องจากอนุภาคเม็ดดินหรือเม็ดทรายที่ติดมากับน้ำอาจไปอุดตันปลายท่อฉีด Fog ได้จึงต้องใช้เตรื่องกรองอานุภาพที่มีขนาดเล็กกว่า 5 ไมครอน เพื่อป้องกันการก่อตัวของคราบที่จะก่อให้เกิดการอุดตัน จึงได้มีการกำจัดเอาคาร์บอเนต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และไบคาร์บอเนตออก โดยใช้ซัลเฟอร์และเหล็กเติมลงไปในน้ำที่ใช้ฉีด Fog ซึ่งมันจะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์พวกราให้ไปย่อยสลายสิ่งที่อุดตันอยู่ปลายท่อได้

ระบบควบคุม Varicus จะถูกนำมาใช้กับระบบ Fog Cooling โดยใช้เครื่องจับเวลา (Timer) เป็นอุปกรณ์สำคัญของระบบ โดยจะตั้งเครื่องจับเวลาไว้ที่ตำแหน่ง 24 ชั่วโมง ให้ทำความเย็นในตอนกลางวันได้ตามต้องการแล้วแต่จำเป็น วงจรไฟฟ้าจะต่อผ่านไปยังเครื่องจับเวลา ตัวอย่างการตั้งเวลาเช่น การติดตั้งที่ใช้กับ Fog ให้พักในช่วงเวลา 30 วินาที - 4 นาที เพราะว่าในแต่ละรอบการทำงานจะใช้เวลา 1-20 นาทีการควบคุมสภาพนี้ให้ได้ผลสำเร็จ จะใช้ Humidistat เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นภายใน Greenhouse ความชื้นลดลงและจะตั้งค่าความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในระดับคงที่ ซึ่งค่านี้จะทำให้เกิดค่าความเย็นสูงสุดเมื่อใช้ Fog Cooling กับพืชที่กำลังเจริญเติบโตในช่วงที่ตลาดต้องการ โดยมากจะตั้งระดับความชื้นสัมพัทธ์ที่ Humidistat ในช่วง 80-90 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามการงอกของพืชจะสัมพันธ์กับระดับความชื้นสัมพัทธ์ จากประโยชน์เหล่านี้ละอองหมอกเริ่มแรกที่ออกจากปลายท่อ จะหยุดครั้งละประมาณ 2-3 นาที จึงจะพ่นออกมาใหม่ โดยทั่วไปจะใช้ Fog กับ Greenhouse เพื่อการงอกของเมล็ดพืช การปฏิบัตินี้มีเป้าหมาย คือ เพื่อลดการระเหยเป็นไอของ Fog และการระเหยจนถึงจุด ๆที่ต้องการ บางครั้งอาจมีการประยุกต์ใช้ร่วมกับปุ๋ยได้ซึ่ง วิธีนี้จะเป็นการใช้ประโยชน์จากน้ำในช่วงที่ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปัญหาเกี่ยวกับน้ำนี้เกิดขึ้นเพราะ Fog มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่เกินไป นั่นคือจะเกิดฟิล์มของน้ำก่อตัวขึ้นบริเวณรากพืชขนาดกลาง ฟิล์มของน้ำเหล่านี้จะไปทำให้เมล็ดและรากพืชได้รับปริมาณออกซิเจนลดลง การตั้งค่าความชื้นสัมพัทธ์ให้ค่อนข้างต่ำกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ จะใช้สำหรับพืชที่ขยายพันธุ์และเมล็ดที่เริ่มงอก ระบบ Fog cooling นี้อาจจะนำมาใช้ในการเพาะเมล็ดให้สมบูรณ์และขยายพันธุ์โดยผสมสารอาหารลงไปในน้ำที่ให้แก่พืชในระบบ จุดอิ่มตัวของอากาศจะเป็นตัวควบคุมระบบ Fog cooling ดังนั้นความชื้นจะควบแน่นอยู่บนพื้นผิวของต้นพืช Fog จะมีประสิทธิภาพในการซึมผ่านพืชได้เป็นอย่างดี นั่นคือ จะทำให้ใบพืชได้รับสารอาหารไปใช้อย่างทั่วถึงทั้งต้น

ข้อดีของการติดตั้งระบบ Fog cooling กับ Greenhouse นั้นควรปฏิบัติดังนี้

1. ระบบนี้จะใช้ไฟน้อยมากเมื่อคิดหน่วยเป็นวัตต์ ซึ่งระบบจะมีอุปกรณ์ที่ใช้ไฟ คือ เครื่องปั๊มน้ำที่ใช้กับ Fog และพัดลมดูดอากาศ ซึ่งระบบจะใช้ไฟน้อยกว่าพัดลมดูดอากาศและปั๊มน้ำที่ใช้กับแผ่น pad ในระบบ EVAP

2. ความร้อนที่สูงขึ้นจะถูกควบคุมเมื่ออยู่ภายใน Greenhouse

3. พืชสามารถได้รับอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั่วทั้ง Greenhouse ขณะระบบทำความเย็น

4. ระบบนี้จะทำหน้าที่แทนระบบ Mist ได้ในGreenhouse ที่ใช้เพื่อการขยายพันธุ์พืชและในบริเวณที่ต้องการน้ำในปริมาณต่ำ ทำให้เสี่ยงต่อการติดเชื้อได้น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสง(Light)

แสงจะมีความสัมพันธ์กับพืชอยู่ 2 ทาง คือ ด้านการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของพืช แสงเป็นแหล่งพลังงานของขบวนการสังเคราะห์แสง(Photosynthesis) พืชจะตรึงคาร์บอนแล้วเปลี่ยนมาอยู่ในรูปคาร์โบไฮเดรต สุดท้ายจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบเชิงซ้อนในพืช ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและช่วงคลื่นแสงจะสูงในช่วง 400-700 นาโนเมตร แสงจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ตัวอย่างเช่น การเจริญทางด้านลำต้นกับการเจริญทางด้านการสืบพันธ์ ขบวนการนี้จะเกิดได้ดีในช่วงเวลาของแสงที่เหมาะสมและความเข้มแสงต่ำ

การจัดการปัจจัยต่าง ๆให้เหมาะสม จะพบว่า อัตราการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มของแสง แต่เมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้นถึงจุด ๆหนึ่ง อัตราการสังเคราะห์แสงจะไม่เพิ่มขึ้นอีกต่อไป เรียกจุดนี้ว่า จุดอิ่มตัวด้วยแสง หากความเข้มแสงสูงเกินไปจะมีผลไปยับยั้งขบวนการสังเคราะห์แสงได้ จากการศึกษาเปรียบเทียบกันระหว่างพืชเมืองหนาวกับพืชเมืองร้อนโดยเฉพาะพืชตระกูลหญ้า พบว่าหญ้าเมืองหนาวมีจุดอิ่มตัวด้วยแสงต่ำกว่าหญ้าเมืองร้อน คือจะมีจุดอิ่มตัวที่ความเข้มแสงประมาณ 20,000-30,000 lux ในขณะที่พืชเมืองร้อนเช่นข้าวโพด อ้อย จะมีจุดอิ่มตัวประมาณ 50,000-60,000 lux การสังเคราะห์แสงของพืชเมืองร้อนและเมืองหนาวจะความสัมพันธ์ในทางบวกกับความเข้มแสงในปริมาณต่ำ ๆ อัตราการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วขณะที่อัตราความเข้มแสงเพิ่มขึ้นนี้อัตราการเพิ่มจะลดลงเป็นลำดับ เมื่อยิ่งเพิ่มความเข้มแสงในที่สุดก็จะถึงจุดอิ่มตัวด้วยแสง

-ประสิทธิภาพการใช้แสงของพืช

ประสิทธิภาพการใช้แสงหรือการเปลี่ยนพลังงานแสงไปเป็นพลังงานเคมีในการสังเคราะห์แสงของพืชขึ้นอยู่กับปริมาณและช่วงเวลาที่พืชได้รับแสง พืชจะใช้แสงที่มีความเข้มของแสงต่ำได้ดีกว่าที่ความเข้มของแสงสูง ดังนั้นจากปริมาณแสงที่เท่ากัน ถ้าพืชได้รับแสงเป็นเวลานานกว่าจะใช้แสงได้ดีกว่า Cooper and Tainton(1968) กล่าวว่า พืชต่างชนิดกันมีประสิทธิภาพต่ำกว่าพวกหญ้าเมืองร้อนที่จุดอิ่มตัวด้วยแสง กล่าวคือ พวกหญ้าเมืองหนาวจะมีประสิทธิภาพการใช้แสงอยู่ระหว่าง 2-3 % เปรียบเทียบกับ 5-6 % ที่พบในหญ้าเมืองร้อน แต่ที่ความเข้มของแสงต่ำกว่าที่จุดอิ่มตัวด้วยแสงประสิทธิภาพการใช้แสงของพืชทั้งสองอาจไม่แตกต่างกัน คือจะอยู่ระหว่าง 12-15 %

อุณหภูมิ(Temperature)

ความร้อนเป็นพลังงานอีกรูปหนึ่งที่เป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจะส่งผลกระทบที่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่พืชได้ ซึ่งอาจเกิดจากระดับอุณหภูมิที่สูงหรือต่ำมากเกินไปกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่ความต้องการของพืช ดังนั้นอุณหภูมิจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ควบคุมอัตราการเจริญเติบโตของพืช อย่างไรก็ตามถ้าอุณหภูมินั้นไม่สูงหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่ำจนเกินไปหรือไม่แตกต่างจากอุณหภูมิที่เหมาะสมมากนักจะไม่มีผลกระทบรุนแรง อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดสำหรับพืชจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้

-แสง ในวันที่มีปริมาณความเข้มแสงต่ำ(มีเมฆมาก) อุณหภูมิในตอนกลางวันจะสูงกว่าอุณหภูมิในตอนกลางคืน ในวันที่มีแสงแดดและอุณหภูมิสูงจะเป็นประโยชน์ต่ออัตราการเจริญเติบโตของพืช แต่ระดับอุณหภูมิที่สูงนี้อาจจะเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชน้อยในฤดูหนาว แต่จะมีประโยชน์มากในฤดูร้อนเมื่อปริมาณความเข้มแสงสูงและไม่จำกัดการเจริญเติบโตของพืช

-ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ภายใน Greenhouse ระดับคาร์บอนไดออกไซด์นี้มักจะไปจำกัดอัตราการเจริญเติบโตของพืชเมื่อมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น การเจริญเติบโตจะเพิ่มสูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิที่จุด ๆหนึ่ง ซึ่งจะเป็นจุดที่อัตราการเจริญเติบโตจะไม่เพิ่มขึ้นอีกต่อไป อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นในตอนกลางวันมักจะเป็นประโยชน์เมื่อบรรยากาศภายใน Greenhouse มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง

พืชแต่ละชนิดมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่ออัตราการเจริญเติบโตหรือการสังเคราะห์แสงแตกต่างกัน พวกพืชเมืองหนาวส่วนใหญ่จะมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 20-25 องศาเซลเซียส อัตราการเจริญเติบโตจะลดลงอย่างรวดเร็วถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส แต่ที่ 5 องศาเซลเซียส การเจริญมีน้อยมากแต่ก็ยังมีชีวิตอยู่ได้ และในทำนองเดียวกันถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส การเจริญก็ลดลงถึงแม้ว่าจะมีการให้น้ำอย่างเพียงพอก็ตาม หลักปฏิบัติทั่วไปของพืชเมืองหนาวใน Greenhouse จะเจริญเติบโตได้ในอุณหภูมิ 3-6 องศาเซลเซียสหรือมากกว่านั้น อุณหภูมิในตอนกลางคืนจะอยู่ในช่วง 18 องศาเซลเซียส ซึ่งจะมากกว่าอุณหภูมิในตอนกลางวัน คาร์บอนไดออกไซด์ก็เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้พืชงอกงาม อุณหภูมิในตอนกลางคืนของพืชใน Greenhouse โดยทั่วไปอยู่ในระหว่าง 4-21 องศาเซลเซียส พืชพันธุ์ต่าง ๆมักจะเจริญเติบดตได้ดีที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส สำหรับพวกพืชเมืองร้อนและกึ่งร้อน เช่นข้าวโพดและอ้อย จะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตสูงกว่าพืชเมืองหนาว คือ อยู่ระหว่าง 30-35 องศาเซลเซียส การเจริญจะมีน้อยมากถ้าอุณหภูมิลดลงเหลือ 10-15 องศาเซลเซียส และอาจตายได้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส พืชเมืองร้อนส่วนใหญ่จะมีความต้านทานต่ออุณหภูมิต่ำได้ไม่ดีเท่าพืชเมืองหนาว ดังนั้นการปลูกพืชพันธุ์เมืองร้อนบนที่สูงจากระดับน้ำทะเลมาก ๆการเจริญของพืชจะได้รับผลกระทบจากความหนาวเย็นได้ การศึกษาในเรื่องของอุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชควรพิจารณาถึงระดับของอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดที่พืชจะเจริญได้หรือมีชีวิตอยู่ได้ นอกเหนือไปจากอุณหภูมิที่เหมาะสม

Whiteman(1968) ได้จัดจำแนกพืชอาหารสัตว์ออกเป็น 3 กลุ่มตามอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การเจริญของพืช ดังนี้

-หญ้าเมืองร้อนมีอุณหภูมิที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 30-35 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ถั่วเมืองร้อนมีอุณหภูมิที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส

-หญ้าและถั่วเมืองหนาวมีอุณหภูมิที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 20-25 องศาเซลเซียส

ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในเวลากลางวันและกลางคืน จะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกันไปตามชนิดพืช เช่นอุณหภูมิของกลางวัน 24 องศาเซลเซียส แล้วลดลงเหลือ 15 องศาเซลเซียส ในเวลากลางวันอุณหภูมิจะช่วยเร่งการเจริญทางด้านลำต้นและรากในพวกพืชเมืองหนาว แต่กลับลดการเจริญของพวกเมืองร้อน อุณหภูมิต่ำในระหว่างเวลากลางคืนจะมีผลทำให้การเจริญลดลง จะพบได้กับพืชเมืองร้อนทั่ว ๆไป แต่สภาพเช่นนั้นกลับมีผลดีต่อพืชเมืองหนาว

การเพาะปลูกในเขตร้อน อุณหภูมิมิได้เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ไปจำกัดการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิต เมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยอื่น ๆยกเว้นแต่ว่าอุณหภูมินั้นจะมีระดับสูงหรือต่ำเกินไป การเพาะปลูกในเขตร้อนแทบจะไม่ได้รับผลกระทบกระเทือนจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในรอบปี ทั้งนี้เพราะว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบปีค่อนข้างสม่ำเสมอและอยู่ในระดับที่เหมาะสมแก่การเจริญของพันธุ์พืชเมืองร้อนทั่ว ๆไป ซึ่งแตกต่างกับเขตหนาวที่มีอุณหภูมิต่ำมากในช่วงฤดูหนาว แต่ทั้งนี้อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นจนถึงระดับวิกฤตก็จะทำให้พืชได้รับผลกระทบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง(Materials)

1. โรงเรือนเพาะชำ(Greenhouse)สำเร็จรูปทำด้วยพลาสติกที่ใส่สารป้องกันแสง UV ขนาด 6 x6 x 3 เมตร

ประกอบด้วยพัดลมดูดอากาศ(Exhaust fans)ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร จำนวน 2 เครื่อง ขนาด 1/4 แรงม้า

2. ระบบ Evaporative Cooling System(EVAP)

-แผ่นระบายความร้อนแบบรังผึ้งหรือแผ่น CELdek pad ขนาด 60x180x20 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น

-ปั๊มน้ำ(Pump) ขนาด 0.5 HP

-ท่อ PVC

-สายยางชนิดทึบแสง

-วาล์วปิด-เปิดน้ำ

-ยางในรถยนต์

-เครื่องกรองน้ำ

-ผ้าพลาสติกสีดำ

-เข็มขัดรัดสายยาง

-เทปกาว เทปพันท่อและกาวทาท่อ PVC

-เชือก, เชือกฟาง

3. เครื่องบันทึก(Recorder) ใช้บันทึกอุณหภูมิและความเข้มแสง ประกอบด้วย

-RTD จำนวน 3 ตัว

-อุปกรณ์วัดปริมาณแสง จำนวน 1 เครื่อง

4. เทอร์โมมิเตอร์

-เทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้ว จำนวน 120 ตัว

-เทอร์โมมิเตอร์แบบวัดอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด จำนวน 1 เครื่อง

5. เครื่องวัดความชื้นในอากาศ
6. เทอร์โมสตาร์ท จำนวน 1 เครื่อง
7. เครื่องวัดความเร็วลม
8. อุปกรณ์เครื่องมือช่าง
9. เลื่อยไฟฟ้า
10. สีกันสนิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. เหล็กฉากและน็อตยึดเหล็กฉาก
12. แผ่นโฟม
13. เส้นเอ็นขนาดเล็ก
14. ลวด
15. สารเคมีกำจัดแมลง เช่น ฟูราดาน

วิธีการทดลอง

●การติดตั้งระบบ Evaporative cooling system(EVAP)

ทำการติดตั้ง Greenhouse บนพื้นหญ้าสม่ำเสมอในแนวทิศตะวันตก-ทิศตะวันออก(รูปที่ 11) ติดตั้งพัดลมระบายอากาศด้านหน้า Greenhouse ด้านซ้ายและด้านขวาด้านละ 1 ตัว ด้านหลังของ Greenhouse เจาะพลาสติกเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 1.8x1.2 ตารางเมตร เพื่อติดตั้งแผ่นระบายความร้อนแบบรังผึ้ง(CELdek pad)จำนวน 2 แผ่นต่อกัน หลังจากนั้นนำแผ่นCELdek ติดตรงรอยเจาะของพลาสติกโดยตั้งให้ตรงและปิดตรงรอยต่อให้สนิท ติดตั้งปั๊มน้ำด้านนอกหลัง Greenhouse และต่อสายยางนำน้ำไปยังแผ่น CELdek โดยใช้สายยางต่อกับท่อ PVC ขนาดเล็กเจาะรูเพื่อปล่อยน้ำลงมายังแผ่น CELdek แล้วทำท่อระบายน้ำทิ้งลงบ่อน้ำด้านหลัง Greenhouse ติดตั้งเครื่องบันทึกอุณหภูมิโดยเก็บไว้ในตู้เก็บอุปกรณ์ไฟฟ้าบริเวณด้านหลัง Greenhouse และเดินสาย RTD จำนวน 3 ตัวต่อเข้ากับเครื่องบันทึกพร้อมกับต่อสายจากจานวัดปริมาณแสงเข้าเครื่องบันทึกเช่นกัน โดยที่จานวัดปริมาณแสงจะตั้งอยู่บริเวณข้างนอกด้านข้างของ Greenhouse โดยจะต้องติดตั้งในบริเวณที่โล่งแจ้งสามารถรับแสงแดดได้เต็มที่

●การวัดความเร็วลม

ทำการวัดความเร็วลมโดยใช้เครื่องวัดความเร็วลมวัดที่พัดลมระบายอากาศทั้ง 2 เครื่อง บริเวณด้านนอกของ Greenhouse และที่บริเวณแผ่น CELdek ด้านในของ Greenhouse โดยวัดในขณะที่เปิดระบบ EVAP เพื่อนำข้อมูลมาคำนวณหา ปริมาณอากาศที่ถูกดูดเข้าและปริมาณอากาศที่ถูกดูดออกและขนาดของแผ่น CELdek ที่พอดีกับ Greenhouse

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

99578

●การทดลอง

1. บันทึกข้อมูลโดยใช้เครื่องบันทึกอุณหภูมิ ทำการบันทึกข้อมูลในสภาพที่ Greenhouse แตกต่างกัน 8 สภาพดังนี้

1.1 บันทึกข้อมูลของอุณหภูมิและปริมาณแสงในสภาพที่ Greenhouse ปิดหมด โดยที่ยังไม่ได้ติดตั้งระบบ EVAP (ยังไม่ได้เจาะแผ่นพลาสติกด้านหลัง Greenhouse)

-ทำการบันทึกในวันที่ 19 กันยายน 2538 เวลา 12.30 น.

1.2 บันทึกข้อมูลของอุณหภูมิและปริมาณแสงในสภาพที่ Greenhouse ปิดหมด โดยที่มีอากาศเข้าได้เพียงบางส่วนทางแผ่น CELdek (หลังการติดตั้งระบบ EVAP)

-ทำการบันทึกในวันที่ 25 พ.ย. 2538 ตั้งแต่เวลา 6.00 น.-18.00 น.

1.3 บันทึกข้อมูลของอุณหภูมิและปริมาณแสงในสภาพที่ Greenhouse ใช้การระบายอากาศโดยใช้พัดลมระบายอากาศ 2 เครื่องที่ด้านซ้ายและด้านขวา โดยยังไม่เปิดระบบ EVAP

-ทำการบันทึกในวันที่ 24 พ.ย. 2538 ตั้งแต่เวลา 6.00 น.-17.00 น. โดยจะเริ่มเปิดพัดลมระบายอากาศ เวลา 8.00 น.-16.00 น.

1.4 บันทึกข้อมูลของอุณหภูมิและปริมาณแสงในสภาพที่ Greenhouse เปิดระบบระบายความร้อนแบบ Eaporative Cooling System(EVAP)

-ทำการบันทึกในวันที่ 26 พ.ย. 2538 ตั้งแต่เวลา 7.00 น.-17.00 น. โดยเริ่มเปิดระบบ EVAP เวลา 8.00 น.-16.00 น.

1.5 บันทึกข้อมูลของอุณหภูมิและปริมาณแสงในสภาพที่ Greenhouse มีการเปลี่ยนแปลงสภาพหลายแบบ ในช่วงเวลาดังนี้ คือ

-เวลา 8.00-10.00 น. ทำการบันทึกอุณหภูมิและปริมาณแสงในสภาพที่ Greenhouse ปิดระบบหมด

-เวลา 10.00-11.00 น. ทำการบันทึกอุณหภูมิและปริมาณแสงในสภาพที่Greenhouse เปิดพัดลมระบายอากาศ

-เวลา 11.00-12.00 น. ทำการบันทึกอุณหภูมิและปริมาณแสงในสภาพที่ Greenhouse เปิดระบบ EVAP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-เวลา 12.00-14.00 น. ทำการบันทึกอุณหภูมิและปริมาณแสงในสภาพที่ Greenhouse ปิดระบบ EVAP แต่ยังเปิดพัดลมระบายอากาศอยู่

-เวลา 14.00-17.00 น. ทำการบันทึกอุณหภูมิและปริมาณแสงในสภาพที่ Greenhouse ปิดระบบทั้งหมด

-ทำการบันทึกในวันที่ 22 พ.ย. 2538 ตั้งแต่เวลา 8.00 น.-17.00 น.

หมายเหตุ ; การบันทึกอุณหภูมิในการทดลองที่ 1.1-1.5 ตำแหน่งของ RTD 3 ตัวอยู่ในตำแหน่งดังนี้ คือ

-RTD 1 ติดตั้งอยู่บริเวณกลาง Greenhouse อยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 2.7 เมตร โดยติดตั้งอยู่ภายใต้ที่กำบังแสง

-RTD 2 ติดตั้งอยู่บริเวณกลาง Greenhouse อยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 1 เมตร โดยติดตั้งอยู่ภายใต้ที่กำบังแสง

-RTD 3 ติดตั้งอยู่บริเวณด้านนอกของ Greenhouse อยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 1 เมตร โดยติดตั้งอยู่ภายใต้ที่กำบังแสง

1.6 บันทึกข้อมูลของอุณหภูมิและปริมาณแสงในสภาพที่ Greenhouse เปิดพัดลมระบายอากาศและเปิดระบบ EVAP โดยลดระดับของ RTD ในช่วงเวลาดังนี้

-เวลา 13.00 น.-13.30 น. ทำการบันทึกอุณหภูมิและปริมาณแสงในสภาพที่ Greenhouse เปิดพัดลมระบายอากาศทั้ง 2 เครื่อง

-เวลา 13.30 น.-15.00 น. ทำการบันทึกอุณหภูมิและปริมาณแสงในสภาพที่ Greenhouse เปิดระบบ EVAP

-เวลา 15.00 น.-15.30 น. ทำการบันทึกอุณหภูมิและปริมาณแสงในสภาพที่ Greenhouse ปิดระบบทั้งหมด

-ทำการบันทึกในวันที่ 4 ธันวาคม 2538 ในช่วงเวลาตั้งแต่ 13.00 น.-15.30 น.

หมายเหตุ ; การบันทึกอุณหภูมิในการทดลองที่ 1.6 ตำแหน่งของ RTD มีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

-RTD 1 :ช่วงเวลา 13.00 น.-14.00 น.จะติดตั้งอยู่บริเวณด้านใน Greenhouse ห่างจากแผ่น CELdek ประมาณ 0.2 เมตร และสูงจากพื้นดินประมาณ 1 เมตร โดยติดตั้งอยู่ภายใต้ที่กำบังแสง

:ช่วงเวลา 14.00 น.-15.30 น. จะปรับตำแหน่งโดยลดระดับลงมาให้อยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 0.3 เมตร

-RTD 2 :ช่วงเวลา 13.00 น.-14.00 น.จะติดตั้งอยู่บริเวณกลาง Greenhouse ห่างจากแผ่น CELdek ประมาณ 3 เมตร สูงจากพื้นดินประมาณ 1 เมตร โดยติดตั้งอยู่ภายใต้ที่กำบังแสง

:ช่วงเวลา 14.00 น.-15.30 น. จะปรับตำแหน่งโดยลดระดับลงมาให้อยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 0.3 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-RTD 3 :ช่วงเวลา 13.00 น.-15.30 น. จะติดตั้งอยู่บริเวณด้านนอกของ Greenhouse สูงจากพื้นดินประมาณ 1 เมตร โดยติดตั้งอยู่ภายใต้ที่กำบังแสง

1.7 บันทึกข้อมูลของอุณหภูมิและปริมาณแสงในสภาพที่ Greenhouse เปิดพัดลมระบายอากาศและเปิดระบบ EVAP โดยเปลี่ยนตำแหน่งของ RTD ในช่วงเวลาดังนี้

-เวลา 9.00 น.-12.00 น. ทำการบันทึกอุณหภูมิและปริมาณแสงในสภาพที่ Greenhouse แบบปิดหมด

-เวลา 12.00 น.-13.00 น. ทำการบันทึกอุณหภูมิและปริมาณแสงในสภาพที่ Greenhouse เปิดพัดลมระบายอากาศทั้ง 2 เครื่อง

-เวลา 13.00 น.-14.00 น. ทำการบันทึกอุณหภูมิและปริมาณแสงในสภาพที่ Greenhouse เปิดระบบ EVAP

-เวลา 14.00 น.-14.30 น. ทำการบันทึกอุณหภูมิและปริมาณแสงในสภาพที่ Greenhouse ปิดระบบทั้งหมด

-ทำการบันทึกในวันที่ 13 ธันวาคม 2538 ตั้งแต่เวลา 9.00 น.-14.30 น.

หมายเหตุ ; การทดลองที่ 1.7 ตำแหน่งของ RTD ทั้ง 3 ตัว คือ

-RTD 1 อยู่ภายใน Greenhouse ห่างจากแผ่น CELdek ประมาณ 0.2 เมตร และสูงจากพื้นดินประมาณ 1 เมตร โดยติดตั้งภายใต้ที่กำบังแสง

-RTD 2 อยู่กลาง Greenhouse ห่างจากแผ่น CELdek ประมาณ 3 เมตร และสูงจากพื้นดินประมาณ 1 เมตร โดยติดตั้งภายใต้ที่กำบังแสง

-RTD 3 อยู่ภายใน Greenhouse ห่างจากประตูทางเข้าประมาณ 0.2 เมตรหรือห่างจากแผ่น CELdek ประมาณ 5.8 เมตร และอยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 1 เมตร โดยติดตั้งภายใต้ที่กำบังแสง

1.8 บันทึกอุณหภูมิและปริมาณแสงในสภาพ Greenhouse ปิดหมดในเวลากลางคืน

-ทำการบันทึกตั้งแต่เวลา 18.00 น.วันที่ 22 พฤศจิกายน 2538 -6.00 น.วันที่ 23 พฤศจิกายน 2538

หมายเหตุ ; ตำแหน่ง RTD ของการทดลองข้อ 1.8 เหมือนกับตำแหน่งของ RTD ในข้อ 1.1-1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14697

2. บันทึกอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้วที่ Greenhouse ระดับต่าง ๆ(Contour temperature) ทำการบันทึกข้อมูลในสภาพ Greenhouse ที่แตกต่างกัน 3 แบบ ดังนี้คือ

2.1 บันทึกข้อมูลของอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ในสภาพที่ Greenhouse แบบปิดหมด ที่ระนาบความสูง 4 ระดับ

-ทำการบันทึกตั้งแต่เวลา 11.00 น.-12.30 น. วันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2539

2.2 บันทึกข้อมูลของอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ในสภาพที่ Greenhouse แบบเปิดพัดลมระบายอากาศทั้ง 2 เครื่อง ที่ระนาบความสูง 4 ระดับ

-ทำการบันทึกตั้งแต่เวลา 13.00 น.-14.30 น. วันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2539

2.3 บันทึกข้อมูลของอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ในสภาพที่ Greenhouse แบบเปิดระบบ EVAP ที่ระนาบความสูง 4 ระดับ

-ทำการบันทึกตั้งแต่เวลา 14.00 น.-15.00 น. วันที่ 20 มกราคม พ.ศ. 2539

ระนาบความสูง 4 ระดับของเทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้ว มีดังนี้คือ

-ระนาบที่ 1 ระดับของเทอร์โมมิเตอร์จะอยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 0.1-0.15 เมตร บันทึกอุณหภูมิจำนวน 49 จุด

-ระนาบที่ 2 ระดับของเทอร์โมมิเตอร์จะอยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 1 เมตร บันทึกอุณหภูมิจำนวน 49 จุด

-ระนาบที่ 3 ระดับของเทอร์โมมิเตอร์จะอยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 1.85 เมตร บันทึกอุณหภูมิจำนวน 35 จุด

-ระนาบที่ 4 ระดับของเทอร์โมมิเตอร์จะอยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 2.7 เมตร บันทึกอุณหภูมิจำนวน 7 จุด

หมายเหตุ ; ตำแหน่ง RTD ในการทดลองนี้ คือ

-RTD 1 ติดตั้งภายใน Greenhouse ห่างจากแผ่น CELdek ประมาณ 0.2 เมตรและสูงจากพื้นดินประมาณ 0.3 เมตร โดยติดตั้งภายใต้ที่กำบังแสง

-RTD 2 ติดตั้งอยู่บริเวณกลาง Greenhouse ห่างจากแผ่น CELdek ประมาณ 3 เมตร และอยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 0.3 เมตร โดยติดตั้งภายใต้ที่กำบังแสง

-RTD 3 ติดตั้งอยู่บริเวณด้านนอกของ Greenhouse อยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 1 เมตร โดยติดตั้งภายใต้ที่กำบังแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดกลาง เทคโนโลยีราชมงคล
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

3. สถานที่ทำการทดลอง

Greenhouse บริเวณด้านหลังตึกคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระ-จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4. ระยะเวลาการทดลอง

เดือนกันยายน พ.ศ. 2538-เดือนมกราคม พ.ศ. 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

1. ผลการทดลองจากการบันทึกข้อมูลโดยใช้เครื่องบันทึกข้อมูล ทำการบันทึกข้อมูลในสภาพที่ Greenhouse แตกต่างกัน 6 สภาพ ดังนี้

1.1 ในสภาพที่ Greenhouse ปิดหมดโดยที่ยังไม่มีการติดตั้งระบบ EVAP (ยังไม่ได้เจาะแผ่นพลาสติกด้านหลัง Greenhouse) อุณหภูมิสูงสุดวัดโดยเฉลี่ยในเวลากลางวันภายใน Greenhouseที่ความสูง 2.7 เมตร ประมาณ 48-55.8 องศาเซลเซียส ที่ความสูง 1 เมตรอุณหภูมิสูงสุดโดยเฉลี่ยประมาณ 45-51.6 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยประมาณ 34.4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ภายใน Greenhouseมีค่าต่ำมากไม่สามารถวัดค่าเป็นตัวเลขได้

1.2 ในสภาพที่ Greenhouse ปิดหมดโดยที่มีอากาศเข้าได้บางส่วนทางด้านแผ่น CELdek หลังการติดตั้งระบบ EVAP แล้ว อุณหภูมิสูงสุดโดยเฉลี่ยในเวลาเที่ยงวันภายใน Greenhouse ที่ความสูง 2.7 เมตรประมาณ 46.6 องศาเซลเซียส ที่ความสูง 1 เมตรอุณหภูมิสูงสุดโดยเฉลี่ยประมาณ 45.2 องศาเซลเซียส ขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดประมาณ 32.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ภายใน Greenhouse ต่ำมากไม่สามารถวัดค่าเป็นตัวเลขได้(ตารางที่ 1, ภาพที่ 1)

1.3 ในสภาพที่ Greenhouse ใช้ระบบระบายอากาศโดยใช้พัดลมระบายอากาศทั้ง 2 เครื่อง อุณหภูมิสูงสุดโดยเฉลี่ยในเวลาเที่ยงวันภายใน Greenhouse ที่ความสูง 2.7 เมตรประมาณ 36-37 และที่ความสูง 1 เมตรอุณหภูมิสูงสุดโดยเฉลี่ยประมาณ 31.2 องศาเซลเซียส ขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณ 30.4 องศาเซลเซียส ระดับความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 65 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าหลังจากเปิดระบบนี้แล้วอุณหภูมิภายใน Greenhouse จะลดลงจนมีระดับใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกแต่ยังสามารถลดอุณหภูมิได้ไม่ดีเท่าที่ควร กล่าวคือ อุณหภูมิภายใน Greenhouse ยังสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกอยู่ประมาณ 1-2 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 2, ภาพที่ 2)

1.4 ในสภาพที่ Greenhouse ใช้ระบบระบายอากาศ EVAP อุณหภูมิสูงสุดโดยเฉลี่ยในเวลาเที่ยงวันภายใน Greenhouse ที่ความสูง 2.7 เมตรประมาณ 36.4 องศาเซลเซียส ที่ความสูง 1 เมตรอุณหภูมิสูงสุดโดยเฉลี่ยประมาณ 28.8-31.6 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณ 30-31.6 องศาเซลเซียส วัดระดับความชื้นสัมพัทธ์ภายใน Greenhouse ประมาณ 76 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่าหลังจากเปิดระบบนี้แล้วอุณหภูมิภายใน Greenhouse จะลดลงจนมีระดับใกล้เคียง เท่ากับหรือต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอก กล่าวคือ สามารถลดอุณหภูมิภายใน Greenhouse ให้ลดต่ำลงจากเดิมได้ประมาณ 3-4 องศาเซลเซียสแล้วจะรักษาระดับอุณหภูมิในระดับนี้ต่อไปเรื่อย ๆทั้งนี้ขึ้นกับอุณหภูมิภายนอกและความเข้มแสงด้วย(ตารางที่ 3, ภาพที่ 3)

1.5 ในสภาพที่ Greenhouse มีการเปลี่ยนแปลงหลายสภาพ ดังนี้ คือ ปิดระบบ-เปิดพัดลม-เปิดระบบ EVAP -ปิดระบบ EVAP + เปิดพัดลม-ปิดระบบทั้งหมด พบว่าอุณหภูมิสูงสุดภายใน Greenhouse ในตอนช่วงเช้าที่ไม่มีการเปิดระบบโดยเฉลี่ยจะประมาณ 37 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิภายนอกจะประมาณ 31-32 องศาเซลเซียส เมื่อมีการระบายอากาศโดยใช้พัดลมระบายอากาศพบว่า อุณหภูมิสูงสุดโดยเฉลี่ยภายใน Greenhouse ที่ความสูง 2.7 เมตรประมาณ 40-40.5 องศาเซลเซียสและที่ความสูง 1 เมตรอุณหภูมิสูงสุดโดยเฉลี่ยประมาณ 35-37 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิภายนอก Greenhouse เฉลี่ยประมาณ 33-34 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นได้ใช้ระบบ EVAP พบว่าอุณหภูมิสูงสุดโดยเฉลี่ยภายใน Greenhouse ประมาณ 34 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิภายนอกประมาณ 33.8 องศาเซลเซียส ซึ่งนับว่าอุณหภูมิทั้งภายในและภายนอก Greenhouse จะมีค่าใกล้เคียงกัน คือประมาณ 33-34 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นได้ปิดระบบ EVAPแล้วแต่ยังเปิดพัดลมอยู่ สภาพอากาศภายใน Greenhouseก็ยังสามารถรักษาระดับอุณหภูมิได้ใกล้เคียงกับภายนอก คือ ที่ความสูง 1 เมตรอุณหภูมิประมาณ 34-34.8 องศาเซลเซียส ส่วนที่ความสูง 2.7 เมตรอุณหภูมิจะประมาณ 39-40 องศาเซลเซียสและเมื่อปิดระบบทั้งหมดอุณหภูมิภายใน Greenhouse จะเพิ่มสูงขึ้นไปมากกว่าอุณหภูมิภายนอกประมาณ 4-5 องศาเซลเซียส

จากผลการทดลองในตอนนี้ พบว่าหลังจากใช้ระบบทั้งสองแบบร่วมกันโดยทำการทดสอบเป็นขั้นตอนแล้วจะสามารถลดอุณหภูมิภายใน Greenhouse จากที่ไม่ใช้ระบบได้ประมาณ 4 -5 องศาเซลเซียสและเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายนอกแล้วจะมีความใกล้เคียงกัน หรืออาจจะต่ำกว่าก็เป็นได้ (ตารางที่ 4, ภาพที่ 4)

1.6 ในสภาพที่ Greenhouse เปิดพัดลมระบายอากาศ-เปิดระบบ EVAP โดยลดระดับ RTD คือที่ระดับ RTD เท่ากับ 1 เมตรเมื่อวัดอุณหภูมิได้ที่ระดับหนึ่งแล้วหลังจากนั้นจะลดระดับของ RTD ลงมาที่ระดับ 30 เซนติเมตร วัดอุณหภูมิได้ดังนี้คือ ขณะเริ่มเปิดพัดลมก่อนเปลี่ยนระดับ RTD อุณหภูมิภายใน Greenhouse จะสูงประมาณ 44.5 องศาเซลเซียสและจะลดลงเรื่อย ๆ เหลือประมาณ 31-32.5 องศาเซลเซียส ขณะที่อุณหภูมิภายนอกประมาณ 31-32 องศาเซลเซียส หลังจากเปิดระบบ EVAP อุณหภูมิภายในที่ RTD1 ซึ่งอยู่ห่างจากแผ่น CELdek ประมาณ 0.2 เมตร อุณหภูมิโดยเฉลี่ย 26.3 องศาเซลเซียส, RTD2 อุณหภูมิโดยเฉลี่ยจะประมาณ 29.5 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิภายนอกจะประมาณ 31.5 องศาเซลเซียส และเมื่อหลังจากลดระดับ RTD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงมาที่ระดับ 30 เซนติเมตร พบว่าอุณหภูมิภายใน Greenhouse จะลดลงไปจากเดิมประมาณ 4-5 องศาเซลเซียส วัดได้ประมาณ 22-24 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิภายนอกประมาณ 31-32 องศา-เซลเซียส หลังจากนั้นพอปิดระบบทั้งหมดพบว่าอุณหภูมิภายใน Greenhouse จะสูงขึ้นจากเดิม 7-8 องศาเซลเซียสแต่ยังคงรักษาระดับอุณหภูมิได้เท่า ๆกับอุณหภูมิภายนอก(ตารางที่ 5, ภาพที่ 5)

1.7 ในสภาพที่ Greenhouse เปิดพัดลมและเปิดระบบ EVAP โดยเปลี่ยนตำแหน่งของ RTD ดังนี้ คือ RTD 1 จะอยู่ภายใน Greenhouseบริเวณด้านหน้าแผ่น CELdek อยู่ห่างจากแผ่นประมาณ 0.2 เมตร RTD 2 จะอยู่บริเวณกลาง Greenhouse ห่างจากแผ่น CELdek ประมาณ 3 เมตร และ RTD 3 จะอยู่ห่างจากแผ่นมากที่สุดคือบริเวณด้านหน้าติดประตู โดยจะอยู่ห่างจากแผ่นประมาณ 5.8 เมตร ทั้งนี้เพื่อเป็นการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ระยะห่างต่าง ๆกัน ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้คือ ก่อนจะเปิดพัดลมระบายอากาศทั้ง 2 เครื่องนั้นพบว่า ที่บริเวณใกล้แผ่น CELdek จะมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 37-40.3 องศาเซลเซียสและที่บริเวณกลาง Greenhouse จะมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 38.6-42.3 องศาเซลเซียส ส่วนบริเวณด้านหน้าของ Greenhouse อุณหภูมิจะสูงกว่าบริเวณหน้าแผ่น CELdek แต่จะต่ำกว่าอุณหภูมิบริเวณกลาง Greenhouse คือ ประมาณ 38-42 องศาเซลเซียสหลังจากเปิดพัดลมแล้วพบว่า อุณหภูมิบริเวณกลาง Greenhouse จะลดต่ำลงจนมีระดับใกล้เคียงกับอุณหภูมิบริเวณหน้าแผ่น CELdek คือประมาณ 30-32.2 องศาเซลเซียส ส่วนบริเวณด้านหน้า Greenhouse จะมีอุณหภูมิสูงกว่าวัดได้ประมาณ 31.4-33 องศาเซลเซียส หลังจากเปิดระบบ EVAP แล้วอุณหภูมิที่บริเวณทั้ง 3 จะลดลงไปอีก ดังนี้ บริเวณด้านหน้าแผ่น CELdek อุณหภูมิจะลดลงเหลือประมาณ 26.9-28 องศา-เซลเซียส ส่วนบริเวณกลาง Greenhouse และบริเวณด้านหน้าของ Greenhouse จะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน คือประมาณ 28.7-30.6 องศาเซลเซียส และหลังจากปิดระบบแล้วอุณหภูมิทั้ง 3 บริเวณจะเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 34-35.7 องศาเซล-เซียส(ตารางที่ 6, ภาพที่ 6)

1.8 ในสภาพที่ Greenhouse ปิดระบบทั้งหมดในเวลากลางคืน อุณหภูมิภายใน Greenhouse จะลดต่ำลงกว่าในตอนกลางวันเฉลี่ยประมาณ 23-24 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิภายนอก Greenhouse จากการทดลองที่ได้ พบว่าจะสูงกว่าอุณหภูมิภายใน ซึ่งวัดได้โดยเฉลี่ยประมาณ 24-25 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 7, ภาพที่ 7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลการทดลองการบันทึกอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้วที่ Greenhouse ระดับต่าง ๆ(Contour temperature)บันทึกในสภาพที่ Greenhouse แตกต่างกัน 3 แบบ ดังนี้

2.1 ทำการบันทึกข้อมูลในสภาพที่ Greenhouse แบบปิดหมด

ตารางที่ ก-1 แสดงอุณหภูมิระนาบที่ 1 ในสภาพ Greenhouse แบบปิดหมด

แถวที่	1	2	3	4	5	6	7	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ	35.0	37.0	36.0	39.0	37.0	37.0	39.0	37.0
(°C)	35.0	37.0	38.0	37.0	38.0	40.0	41.0	38.0
	36.0	38.0	41.0	38.0	42.0	41.0	38.0	39.0
	34.0	37.0	41.0	38.0	44.0	41.0	37.0	38.8
	38.0	41.0	41.0	40.0	39.0	41.0	38.0	39.7
	32.0	32.0	43.0	39.0	38.0	36.0	35.0	36.4
	35.0	37.0	37.0	37.0	41.0	35.0	35.0	36.7
เฉลี่ย	35.0	37.0	39.6	38.3	39.8	38.7	37.6	38.0

ตารางที่ ข-1 แสดงอุณหภูมิระนาบที่ 2 ในสภาพ Greenhouse แบบปิด

แถวที่	1	2	3	4	5	6	7	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ	38.0	40.0	40.0	42.0	42.0	42.0	42.0	40.8
(°C)	39.0	41.0	41.0	41.0	41.0	43.0	41.0	41.0
	38.0	40.0	42.0	41.0	42.0	43.0	41.0	41.0
	40.0	42.0	40.0	43.0	43.0	42.0	40.0	41.4
	40.0	41.0	41.0	41.0	43.0	43.0	41.0	41.4
	40.0	42.0	40.0	42.0	42.0	42.0	39.0	41.0
	38.0	40.0	40.0	39.0	41.0	41.0	37.0	39.4
ค่าเฉลี่ย	39.0	40.8	40.6	41.3	42.0	42.3	40.1	40.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-1 แสดงอุณหภูมิระนาบที่ 3 ในสภาพ Greenhouse แบบปิด

แถวที่	2	3	4	5	6	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ	42.0	43.0	41.0	42.0	44.0	42.4
(°C)	41.0	43.0	44.0	44.0	45.0	43.4
	42.0	42.0	43.0	43.0	45.0	43.0
	43.0	42.0	43.0	42.0	45.0	43.0
	43.0	41.0	41.0	44.0	43.0	42.4
	43.0	41.0	43.0	43.0	41.0	42.2
	43.0	41.0	40.0	42.0	42.0	41.6
ค่าเฉลี่ย	42.4	41.8	42.1	42.8	43.6	42.5

ตารางที่ ง-1 แสดงอุณหภูมิระนาบที่ 4 ในสภาพ Greenhouse แบบปิด

แถวที่	4
อุณหภูมิ	46.0
(°C)	47.0
	47.0
	47.0
	49.0
	49.0
	46.0
ค่าเฉลี่ย	42.2

อุณหภูมิโดยเฉลี่ยทั้ง Greenhouse ในสภาพแบบปิดหมด คือ 42.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทำการบันทึกข้อมูลในสภาพที่ Greenhouse แบบเปิดพัดลม

ตารางที่ ก-2 แสดงอุณหภูมิระนาบที่ 1 ในสภาพ Greenhouse แบบเปิดพัดลม

แถวที่	1	2	3	4	5	6	7	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ	32.0	33.5	35.0	31.0	32.0	35.0	36.0	33.5
(°C)	37.0	34.0	33.0	32.0	35.0	36.0	38.0	35.0
	32.0	33.0	34.0	31.0	39.0	36.0	36.0	33.9
	35.0	33.0	33.0	33.0	36.0	35.0	34.0	34.1
	35.0	37.0	34.0	34.0	34.0	34.0	32.0	34.3
	27.0	28.0	36.0	33.0	36.0	33.0	33.0	32.3
	29.0	34.0	35.0	34.0	35.0	33.0	34.0	33.4
เฉลี่ย	32.4	33.2	34.3	32.6	34.7	34.6	34.7	33.8

ตารางที่ ข-2 แสดงอุณหภูมิระนาบที่ 2 ในสภาพ Greenhouse แบบเปิดพัดลม

แถวที่	1	2	3	4	5	6	7	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ	39.0	35.0.5.0	36.0	33.0	32.0	37.0	40.0	35.5
(°C)	36.0	36.0	36.0	33.0	36.0	37.0	37.0	35.8
	35.0	35.0	36.0	33.0	36.0	39.0	36.0	35.4
	36.0	36.0	34.0	35.0	36.0	36.0	35.0	35.4
	35.0	36.0	34.0	33.0	35.0	35.0	35.0	34.7
	36.0	36.0	34.0	39.0	34.0	35.0	34.0	34.9
	34.0	33.0	33.0	33.0	34.0	33.0	33.0	33.3
ค่าเฉลี่ย	35.3	25.3	34.7	33.6	34.7	35.7	35.1	34.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-2 แสดงอุณหภูมิระนาบที่ 3 ในสภาพ Greenhouse แบบเปิดพัดลม

แถวที่	2	3	4	5	6	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ	38.0	36.0	33.0	32.0	39.0	35.6
(°C)	36.0	37.0	35.0	38.0	38.0	36.8
	36.0	36.0	34.0	37.0	38.0	36.2
	36.0	36.0	36.0	35.0	38.0	36.2
	36.0	34.0	35.0	37.0	35.0	35.4
	36.0	35.0	37.0	36.0	34.0	35.6
	35.0	35.0	34.0	34.0	34.0	34.4
ค่าเฉลี่ย	36.1	35.6	34.8	35.6	36.5	35.7

ตารางที่ ง-2 แสดงอุณหภูมิระนาบที่ 4 ในสภาพ Greenhouse แบบเปิดพัดลม

แถวที่	4
อุณหภูมิ	39.0
(°C)	39.0
	39.0
	39.0
	40.0
	39.0
	39.0
ค่าเฉลี่ย	35.8

อุณหภูมิโดยเฉลี่ยทั้ง Greenhouse ในสภาพแบบเปิดพัดลมคือ 35.8 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์มีค่า ประมาณ 59 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทำการบันทึกข้อมูลในสภาพ Greenhouse แบบเปิดระบบ EVAP

ตารางที่ ก-3 แสดงอุณหภูมิระนาบที่ 1 ในสภาพ Greenhouse แบบเปิดระบบ EVAP

แถวที่	1	2	3	4	5	6	7	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ	32.0	32.0	32.0	30.0	30.0	32.0	34.0	31.7
(°C)	31.0	29.0	29.0	22.0	29.0	31.0	32.0	29.0
	32.0	29.0	28.0	26.0	28.0	30.0	32.0	29.3
	28.0	27.0	27.0	30.0	26.0	29.0	30.0	28.1
	32.0	29.0	25.0	29.0	28.0	29.0	30.0	28.9
	29.0	32.0	31.0	30.0	30.0	31.0	31.0	30.6
	30.0	30.0	30.0	32.0	31.0	30.0	31.0	30.6
เฉลี่ย	30.6	29.7	28.8	28.4	28.8	30.3	31.4	29.8

ตารางที่ ข-3 แสดงอุณหภูมิระนาบที่ 2 ในสภาพ Greenhouse แบบเปิดระบบ EVAP

แถวที่	1	2	3	4	5	6	7	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ	32.0	33.0	34.0	27.0	34.0	34.0	39.0	33.3
(°C)	32.0	33.0	34.0	25.0	34.0	33.0	33.0	32.0
	31.0	33.0	33.0	28.0	33.0	33.0	32.0	31.7
	29.0	29.0	31.0	30.0	32.0	32.0	30.0	30.1
	28.0	30.0	31.0	31.0	31.0	31.0	30.0	30.3
	28.0	29.0	31.0	31.0	30.0	31.0	31.0	30.1
	30.0	30.0	30.0	31.0	30.0	31.0	30.0	30.3
ค่าเฉลี่ย	29.7	31.0	32.0	28.8	32.0	32.0	32.1	31.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-3 แสดงอุณหภูมิระนาบที่ 3 ในสภาพ Greenhouse แบบเปิดระบบ EVAP

แถวที่	2	3	4	5	6	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ	35.0	34.0	28.0	34.0	37.0	33.6
(°C)	32.0	35.0	30.0	34.0	35.0	33.2
	33.0	34.0	32.0	34.0	34.0	33.4
	32.0	33.0	34.0	31.0	33.0	32.6
	31.0	31.0	32.0	32.0	31.0	31.4
	32.0	31.0	32.0	32.0	30.0	31.4
	32.0	31.0	31.0	30.0	30.0	30.8
ค่าเฉลี่ย	32.4	32.7	31.3	32.4	32.8	32.3

ตารางที่ ง-3 แสดงอุณหภูมิระนาบที่ 4 ในสภาพ Greenhouse แบบเปิดระบบ EVAP

แถวที่	4
อุณหภูมิ	38.0
(°C)	35.0
	35.0
	35.0
	37.0
	35..0
	35.0
ค่าเฉลี่ย	32.2

อุณหภูมิโดยเฉลี่ยทั้ง Greenhouse ในสภาพเปิดระบบ EVAP คือ 32.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผลจากการวัดความเร็วลมโดยใช้เครื่องวัดความเร็วลมอัตโนมัติ

3.1 การระบายอากาศออก(วัดจากพัดลมระบายอากาศจำนวน 2 เครื่อง)

การคำนวณ -ความเร็วลมเฉลี่ยที่พัดลมระบายอากาศด้านซ้าย = 7.13 m/sec.

-ความเร็วลมเฉลี่ยที่พัดลมระบายอากาศด้านขวา = 6.97 m/sec.

ปริมาตรอากาศที่ระบายออก = ความเร็วลมเฉลี่ย(m/sec.) x พื้นที่หน้าตัดของพัดลม(m^2)

Volume(m^3/sec.) = v(เฉลี่ย) x πr^2

ปริมาตรอากาศที่ระบายออก = 7.13 x 22/7 x0.5^2 (m^3/sec)

(พัดลมด้านซ้าย)

= 1.43 m^3/sec.

ปริมาตรอากาศที่ระบายออก = 6.97 x 22/7 x 0.5^2 (m^3/sec)

(พัดลมด้านขวา)

= 1.39 m^3/sec.

∴ ปริมาตรอากาศที่ระบายออกทั้งหมด = 1.43 + 1.39(m^3/sec)

= 2.82 m^3/sec.

3.2 การดูดอากาศเข้า(วัดจากอากาศที่ผ่านเข้ามาทางแผ่น CELdek)

การคำนวณ -ความเร็วลมเฉลี่ยที่แผ่น CELdek = 0.79 m/sec.

ปริมาตรของอากาศที่ดูดเข้า = ความเร็วลมเฉลี่ย(m/sec.) x พื้นที่แผ่น CELdek(m^2)

ปริมาตรของอากาศที่ดูดเข้า = 0.79 x 1.2 x 1.8 (m^3/sec)

= 1.71 m^3/sec.

∴ ปริมาตรอากาศที่ถูกดูดเข้าทั้งหมด = 1.71 m^3/sec.

จากผลการคำนวณ ปริมาตรอากาศระบายออกมากกว่าปริมาตรอากาศที่ดูดเข้า เท่ากับ 2.82-1.71 = 1.11 m^3/sec. แสดงว่ามีปริมาณอากาศที่ไหลเข้ามาภายใน Greenhouse ทางบริเวณอื่นโดยไม่ได้ไหลผ่านทางแผ่น CELdek 1.11 m^3/sec.

3.3 ขนาดของแผ่น CELdek ที่พอดีกับขนาด Greenhouse

การคำนวณ ขนาดของ Greenhouse: 6 x 6 = 36 m^2

พลังงานแสงอาทิตย์ภายนอก 900 W/m^2

ร่มเงา 10 % (พลังงานแสงอาทิตย์ภายใน: 810 W/m^2)

ความเร็วลม 0.79 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาตรอากาศที่ไหลผ่านเข้ามา = 36 (m^2) x 254 ($m^3/m^2.h$)

= 9144 (m^3/h)

= 2.54 (m^3/s)/0.79 (m/s)

ขนาดของแผ่น CELdek ที่เหมาะสม = 3.22 m^2

ในการทดลองนี้ได้ติดตั้งแผ่น CELdek มีพื้นที่ คือ 1.2 x 1.8 = 2.16

จากการทดลองจะเห็นว่าพื้นที่ของแผ่น CELdek ที่ใช้ในการทดลองมีเนื้อที่น้อยกว่าที่ควรจะเป็น ดังนั้นจึงมีผลต่อประสิทธิภาพของระบบ EVAP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลและวิจารณ์การทดลอง

จากการศึกษาทดลองระบบระบายความร้อนภายใน Greenhouse พบว่า ระบบ Evaporative Cooling System(EVAP) สามารถช่วยลดอุณหภูมิที่สูงภายใน Greenhouse ให้ลดต่ำลงมาได้ ดังนี้ ในสภาพที่ Greenhouse ปิดระบบอุณหภูมิสูงสุดบริเวณกลาง Greenhouse ที่ความสูงจากพื้น 1 เมตร คือ 45.2 องศาเซลเซียส และที่ความสูง 2.7 เมตร อุณหภูมิสูงสุดคือ 46.6 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมากจนไม่สามารถวัดค่าได้ ในขณะที่อุณหภูมิสูงสุดภายนอก คือ 32.5 องศาเซลเซียส เมื่อเปิดระบบ EVAP อุณหภูมิสูงสุดบริเวณกลาง Greenhouse ที่ความสูง 1 เมตร อุณหภูมิสูงสุดคือ 31.6 องศาเซลเซียส และที่ความสูง 2.7 เมตร อุณหภูมิสูงสุดคือ 37.7 องศาเซลเซียส ความชื้นในอากาศจะเพิ่มขึ้นจนถึงระดับ 76%RH ในขณะที่อุณหภูมิสูงสุดภายนอก คือ 30.7 องศาเซลเซียส เมื่อเปิดเฉพาะพัดลมระบายอากาศทั้ง 2 เครื่อง อุณหภูมิสูงสุดที่ความสูง 1 เมตร คือ 32 องศาเซลเซียส และที่ความสูง 2.7 เมตร คือ 38 องศาเซลเซียส ความชื้นในอากาศเพิ่มขึ้นจนถึงระดับ 65 %RH ในขณะที่อุณหภูมิสูงสุดภายนอกคือ 30.8 องศาเซลเซียส จะเห็นว่าประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายนอกด้วย

จากการทดลองพบว่า ระบบ EVAP มีประสิทธิภาพดีกว่าพัดลมระบายอากาศในการปรับลดอุณหภูมิภายใน Greenhouse ให้มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกและสามารถเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ภายใน Greenhouse ให้อยู่ในระดับที่สูงกว่าการใช้พัดลมระบายอากาศและระบบ EVAP จะมีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิมากกว่าในขณะที่อุณหภูมิภายนอกเพิ่มสูงขึ้น เป็นที่น่าสังเกตุอย่างมากว่า เมื่อเวลาประมาณ 14.00 น. เป็นต้นไปอุณหภูมิภายใน Greenhouse ที่ความสูง 1 เมตรจากพื้นบริเวณกลาง Greenhouse สามารถที่จะลดลงได้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกในกรณีใช้พัดลมระบายอากาศ และลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกอย่างเด่นชัดในกรณีใช้ระบบ EVAP

จากการทดลองทำ Contour temperature ทำให้ได้ผลสรุปของอุณหภูมิที่ระดับต่าง ๆดังนี้ ในสภาพ Greenhouse แบบปิดระบบทั้งหมด อุณหภูมิที่ระนาบที่ 1 ซึ่งสูงจากพื้นดินประมาณ 0.1-0.15 เมตร อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 38 องศาเซลเซียส ระนาบที่ 2 อยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 1 เมตร อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 40.9 องศาเซลเซียส ระนาบที่ 3 อยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 1.85 เมตร อุณหภูมิโดยเฉลี่ยประมาณ 42.54 องศาเซลเซียส และที่ระนาบสูงสุดจะสูงจากพื้นดินประมาณ 2.7 เมตร อุณหภูมิโดยเฉลี่ยประมาณ 47.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง Greenhouse เท่ากับ 42.2 องศาเซลเซียส สภาพความชื้นต่ำกว่า 50 %RH ในสภาพที่ Greenhouse เปิดพัดลม ระนาบที่ 1 อุณหภูมิโดยเฉลี่ยประมาณ 33.8 องศาเซลเซียส ระนาบที่ 2 อุณหภูมิโดยเฉลี่ยประมาณ 34.9 องศาเซลเซียส ระนาบที่ 3 อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 35.7 องศาเซลเซียส และระนาบที่ 4 อุณหภูมิโดยเฉลี่ยประมาณ 38.8 อุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง Greenhouse ประมาณ 35.8 องศา-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลเซียส วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้เท่ากับ 59 %RH ในขณะที่สภาพ Greenhouse เปิดระบบ EVAP อุณหภูมิเฉลี่ยที่ระนาบที่ 1 ประมาณ 29.8 องศาเซลเซียส ระนาบที่ 2 อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 31 องศาเซลเซียส ระนาบที่ 3 อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 32.3 องศาเซลเซียส และที่ความสูงในระนาบที่ 4 อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 35.7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง Greenhouse เท่ากับ 32.2 องศาเซลเซียส ระดับความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 65 %RH

อุณหภูมิที่ระดับความสูงต่าง ๆกันภายใน Greenhouse พบว่า อุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระดับความสูงภายใน Greenhouse เพิ่มมากขึ้นไม่ว่าจะอยู่ภายใต้สภาพที่ Greenhouse ปิดหมด, เปิดพัดลมระบายอากาศหรือเปิดระบบ EVAP นั่นคือ ความสูงมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิโดยตรงและอุณหภูมิที่ระยะห่างต่าง ๆจากแผ่น CELdek ตามหลักแล้วที่ระยะใกล้แผ่น CELdek นั้นจะมีอุณหภูมิต่ำที่สุดและเมื่อระยะห่างออกไป อุณหภูมิก็จะสูงขึ้นเรื่อย ๆ

การคำนวณปริมาตรของอากาศที่ผ่านเข้า-ออกจาก Greenhouse โดยใช้เครื่องวัดความเร็วลม ผลปรากฏว่า เมื่อเปิดระบบ EVAP แล้วนั้น พัดลมระบายอากาศทั้ง 2 เครื่อง มีความสามารถที่จะระบายอากาศภายใน Greenhouse ออกไปภายนอกด้วยอัตรา 2.82 m^3/sec. ในขณะที่อากาศจากภายนอก Greenhouse ไหลผ่านแผ่น CELdek ด้วยอัตรา 1.71 m^3/sec. ทำให้สรุปได้ว่าอากาศภายในถูกระบายออกมามากกว่าการดูดอากาศเข้า จากสาเหตุนี้เองแสดงว่ามีปริมาณของอากาศที่ไหลเข้า Greenhouse โดยไม่ผ่านเข้าทางแผ่น CELdek และไม่สามารถวัดค่าได้ ทำให้ประสิทธิภาพของระบบ EVAP นี้ลดลงไป และจากการคำนวณขนาดของแผ่น CELdek ที่พอดีกับขนาดของ Greenhouse พบว่า ขนาดของแผ่นที่ได้จากการคำนวณควรมีพื้นที่ผิวอย่างต่ำเท่ากับ 3.22 ตารางเมตร แต่ขนาดพื้นที่ของแผ่น CELdek ที่ใช้ในการทดลองคือ 2.16 ตารางเมตร แสดงว่าจะต้องเพิ่มพื้นที่ของแผ่น CELdek ให้มีขนาดเท่ากับ 3.22 ตารางเมตร สำหรับการทดลองนี้ไม่สามารถจะกระทำได้ เนื่องจากมีงบประมาณไม่เพียงพอ

การทดลองนี้กระทำในช่วงเดือนกันยายน 2538 ถึง เดือนมกราคม 2539 ซึ่งอยู่ในช่วงคาบเกี่ยวกันระหว่างฤดูฝนและฤดูหนาว ทำให้มีอุณหภูมิที่ไม่สูงมากนัก จึงไม่อาจที่จะครอบคลุมไปถึงอากาศในช่วงฤดูร้อนได้มากนัก คาดว่าระบบอาจจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นในช่วงฤดูร้อนที่มีอากาศร้อนและอุณหภูมิสูงขึ้น ทั้งนี้ ประสิทธิภาพของระบบ EVAP จะมีปัจจัยหลาย ๆอย่างในการเพิ่มหรือลดประสิทธิภาพของระบบ ดังนี้คือ ขนาดของแผ่น CELdek และขนาดของ Greenhouse จะต้องมีความสัมพันธ์กันและจะต้องมีการคำนวณว่าขนาด-ความหนาของแผ่นเท่าใดจึงจะเหมาะกับขนาดของ Greenhouse ที่ใช้ รวมถึงประสิทธิภาพของปั๊มน้ำในการส่งน้ำมายังแผ่น CELdek ประสิทธิภาพของพัดลมในการที่จะระบายอากาศออก ถ้าพัดลมมีความแรงมากก็จะไประเหยเอาหยดน้ำที่บริเวณแผ่น CELdek ออกมามากทำให้สามารถลดอุณหภูมิได้มาก นอกจากนี้น้ำก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากน้ำที่บริสุทธิ์ไม่มีตะกอนจะทำให้แผ่น CELdek

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สะอาด ไม่มีสิ่งอุดตันที่จะไปลดประสิทธิภาพของแผ่น ส่วนปัจจัยอื่น ๆเป็นปัจจัยทางธรรมชาติที่เราไม่สามารถควบคุมได้ เช่น แสงแดด อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น

ส่วนการทดลองทำ Contour temperature อุณหภูมิที่อ่านได้จากการทดลองก็ขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆตามที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับความถูกต้องของเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ในการวัด, ปริมาณต้นหญ้าภายใน Greenhouse และร่มเงาที่เกิดจากต้นไม้บริเวณใกล้เคียง Greenhouse ด้วย ทำให้ค่าอุณหภูมิที่วัดได้แต่ละจุดมีความแตกต่างกันมาก ดังนั้นจึงควรพิจารณาปัจจัยเหล่านี้ประกอบด้วย

อย่างไรก็ตามระบบ EVAP นี้เป็นระบบที่สามารถลดอุณหภูมิได้อย่างมีประสิทธิภาพมาก หากมีการศึกษา แก้ไขและปรับปรุงต่อไป คาดว่าจะเป็นประโยชน์อย่างมากในด้านเศรษฐกิจ เนื่องจากในปัจจุบัน คนไทยเริ่มตื่นตัวในด้านการบริโภคพืชผักที่ปลอดจากสารพิษและสารกำจัดแมลง อีกทั้งระบบนี้ใช้ในดีสำหรับภูมิอากาศในประเทศไทย ดังนั้นการทดลองนี้จึงเหมาะที่จะนำมาใช้และมีแนวโน้มที่จะมีการใช้อย่างแพร่หลายในอนาคตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

เฉลิมพล แซมเพชร. สรีรวิทยาการผลิตพืช. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, พิมพ์ครั้งที่ 1, หน้า 39-45, 130-131.

บริษัทยูที เอนยีเนียริ่ง จำกัด. เอกสารคู่มือประกอบการใช้แผ่น CELdek. กรุงเทพฯ.

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี. 2537.การประยุกต์หลักวิชาการทางวิศวกรรมเคมีเพื่อควบคุมสภาวะในโรงเรือนเพาะปลูก, เอกสารประกอบการสัมมนา, ศูนย์วิจัยพัฒนาและทดสอบผลิตภัณฑ์เทคโนโลยีขั้นสูง. คณะวิศวกรรมศาสตร์ , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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

Manaker,G.H. 1981. Interior Plantscapes, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 71:82 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. 4:137-157,359-362,382-391 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

ตารางที่ 1 แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบปิดหมด

เวลา(Time)	ความเข้มแสง(mv)	RTD ตำแหน่งที่ 1	RTD ตำแหน่งที่ 2	RTD ตำแหน่งที่ 3
6.00 น.	0.00	18.90	18.80	19.90
7.00 น.	0.80	20.50	19.50	20.00
8.00 น.	3.64	30.00	27.30	22.40
9.00 น.	6.00	35.50	34.50	26.00
10.00 น.	8.26	39.20	38.80	27.90
11.00 น.	9.60	41.50	40.90	29.80
12.00 น.	10.04	46.60	45.20	31.60
13.00 น.	9.60	46.60	44.00	32.50
14.00 น.	7.53	43.60	38.90	31.80
15.00 น.	6.00	39.00	34.80	30.00
16.00 น.	2.96	32.70	31.40	28.60
17.00 น.	0.80	28.70	28.70	27.00
18.00 น.	0.00	24.00	24.00	24.30

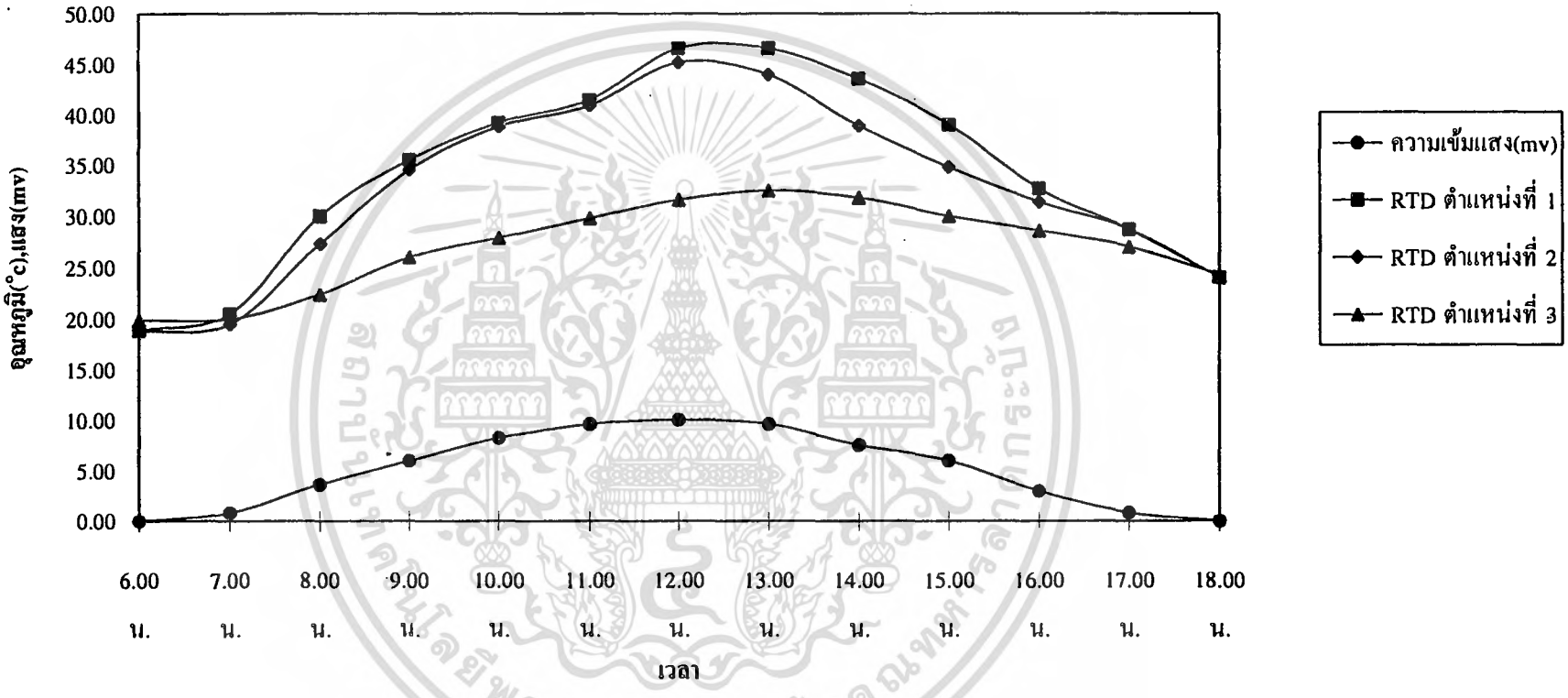
หมายเหตุ; -RTD 1 อยู่บริเวณกลาง Greenhouse สูงจากพื้นดิน 2.7 เมตร

-RTD 2 อยู่บริเวณกลาง Greenhouse สูงจากพื้นดิน 1 เมตร

-RTD 3 อยู่ด้านนอก Greenhouse สูงจากพื้นดิน 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 1 แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบปิดหมด



หมายเหตุ; -RTD1 อยู่กลาง Greenhouse สูงจากพื้น 2.7 เมตร

-RTD2 อยู่กลาง Greenhouse สูงจากพื้น 1 เมตร

-RTD3 อยู่นอก Greenhouse สูงจากพื้น 1 เมตร

ตารางที่ 2 แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบเปิดพัดลมระบายอากาศ

เวลา(Time)	ความเข้มแสง(mv)	RTD ตำแหน่งที่ 1	RTD ตำแหน่งที่ 2	RTD ตำแหน่งที่ 3
6.00 น.	0.00	21.00	21.00	22.00
7.00 น.	1.10	24.00	23.50	23.00
8.00 น.	3.73	33.10	29.50	25.00
9.00 น.	6.00	32.00	27.40	26.60
10.00 น.	8.16	35.20	29.30	28.30
11.00 น.	9.60	37.00	31.00	30.00
12.00 น.	9.98	38.00	31.40	30.30
13.00 น.	9.60	38.00	32.00	30.80
14.00 น.	8.18	34.10	30.50	30.40
15.00 น.	5.80	31.50	29.00	28.80
16.00 น.	0.60	28.30	27.00	27.30
17.00 น.	0.40	27.50	27.30	27.30

หมายเหตุ: -RTD 1 อยู่บริเวณกลาง Greenhouse สูงจากพื้นดิน 2.7 เมตร

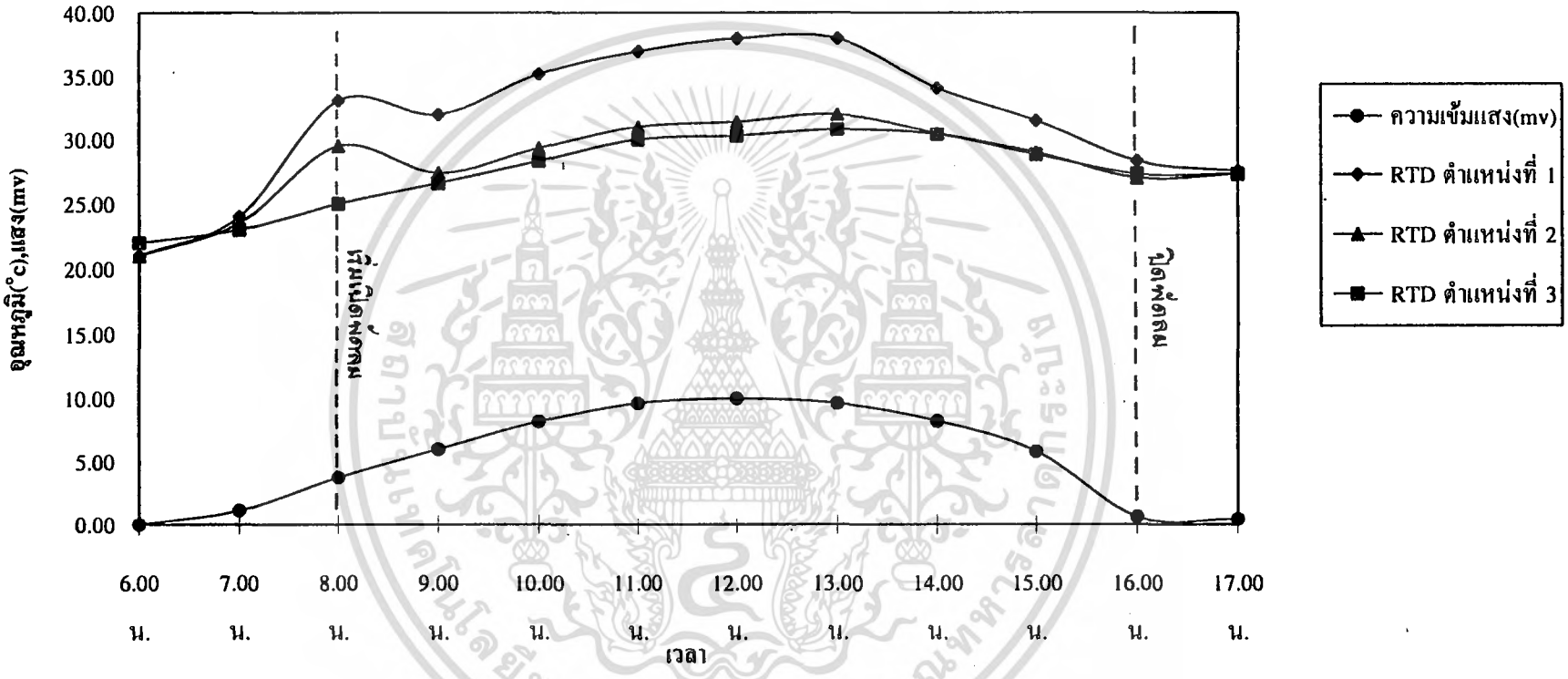
-RTD 2 อยู่บริเวณกลาง Greenhouse สูงจากพื้นดิน 1 เมตร

-RTD 3 อยู่ด้านนอก Greenhouse สูงจากพื้นดิน 1 เมตร

-เริ่มเปิดพัดลมตั้งแต่เวลา 8.00 น.-16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2 แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบเปิดพัดลม



หมายเหตุ; -RTD1 อยู่กลาง Greenhouse สูงจากพื้น 2.7 เมตร

-RTD2 อยู่กลาง Greenhouse สูงจากพื้น 1 เมตร

-RTD3 อยู่นอก Greenhouse สูงจากพื้น 1 เมตร

ตารางที่ 3 แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบเปิดระบบ EVAP

เวลา(Time)	ความเข้มแสง(mv)	RTD ตำแหน่งที่ 1	RTD ตำแหน่งที่ 2	RTD ตำแหน่งที่ 3
7.00 น.	1.20	22.70	22.50	21.50
8.00 น.	4.07	33.10	31.20	24.80
9.00 น.	6.80	31.10	26.70	27.00
10.00 น.	8.82	35.50	29.70	28.80
11.00 น.	10.00	37.70	31.20	30.00
12.00 น.	10.93	37.70	31.60	30.70
13.00 น.	9.60	37.00	31.00	31.00
14.00 น.	8.29	33.20	28.80	31.60
15.00 น.	6.00	34.00	27.00	30.20
16.00 น.	1.60	27.90	25.70	28.40
17.00 น.	0.40	28.00	27.40	28.80

หมายเหตุ: -RTD 1 อยู่บริเวณกลาง Greenhouse สูงจากพื้นดิน 2.7 เมตร

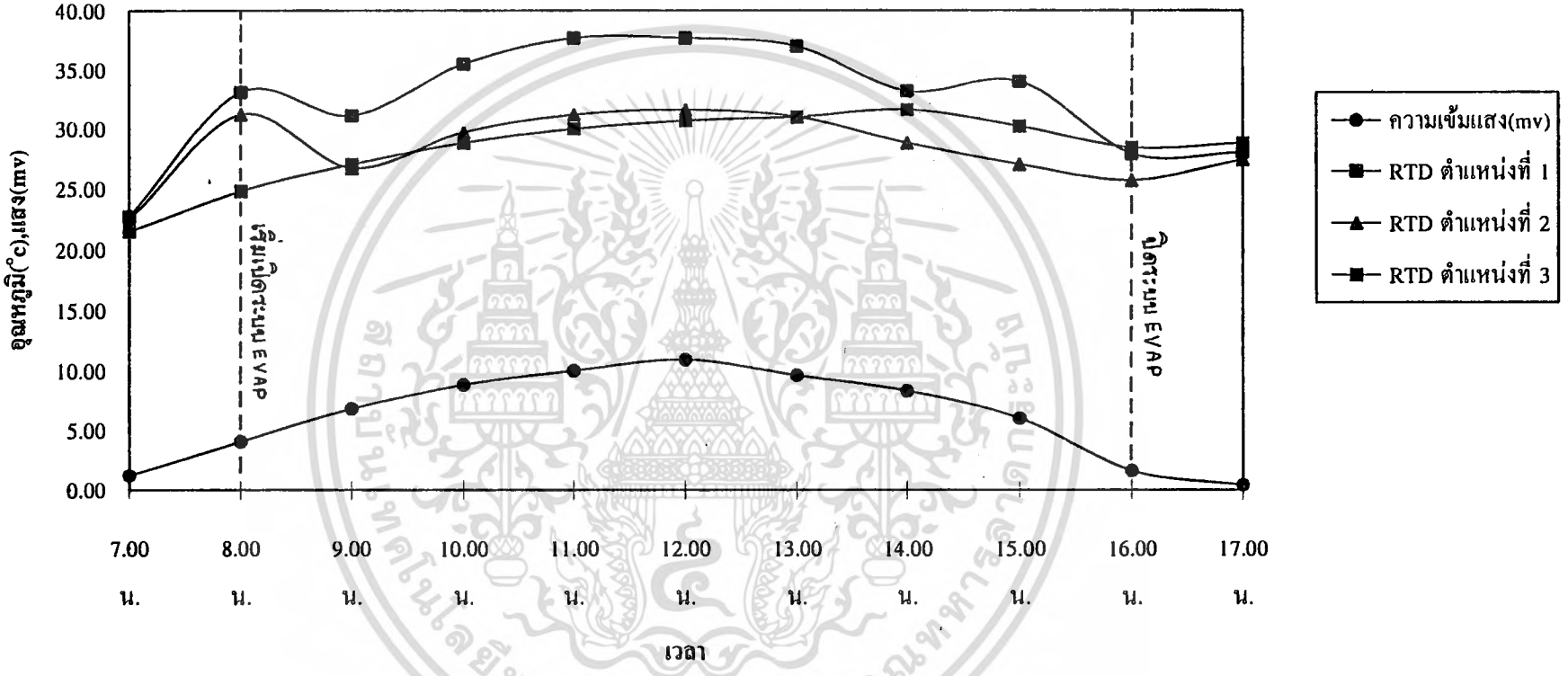
-RTD 2 อยู่บริเวณกลาง Greenhouse สูงจากพื้นดิน 1 เมตร

-RTD 3 อยู่ด้านนอก Greenhouse สูงจากพื้นดิน 1 เมตร

-เริ่มเปิดระบบ EVAP ตั้งแต่เวลา 8.00 น.-16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3 แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบเปิดระบบ EVAP



หมายเหตุ; -RTD1 อยู่กลาง Greenhouse สูงจากพื้น 2.7 เมตร

-RTD2 อยู่กลาง Greenhouse สูงจากพื้น 1 เมตร

-RTD3 อยู่นอก Greenhouse สูงจากพื้น 1 เมตร

ตารางที่ 4 แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพที่ Greenhouse มีการเปลี่ยนแปลงหลายสภาพ

เวลา(Time)	ความเข้มแสง(mv)	RTD ตำแหน่งที่ 1	RTD ตำแหน่งที่ 2	RTD ตำแหน่งที่ 3
8.00 น.	2.80	31.00	28.80	26.80
9.00 น.	3.60	34.00	33.00	30.00
10.00 น.	9.50	40.50	38.60	33.90
11.00 น.	9.80	40.00	35.20	34.60
12.00 น.	10.00	40.90	34.10	33.80
13.00 น.	9.26	41.00	34.80	34.70
14.00 น.	8.30	38.50	34.00	34.20
15.00 น.	5.60	41.00	37.00	32.50
16.00 น.	0.65	34.20	32.40	31.40
17.00 น.	0.15	25.00	24.70	25.00

หมายเหตุ; -เริ่มเปิดพัดลมตั้งแต่เวลา 10.00 น.-11.00 น.

-เริ่มเปิดระบบ EVAP ตั้งแต่เวลา 11.00 น.-12.00 น.

-ปิดระบบ EVAP และเปิดพัดลมอย่างเดียวตั้งแต่เวลา 12.00 น.-14.00 น.

-ปิดระบบทั้งหมดเวลา 14.00 น.

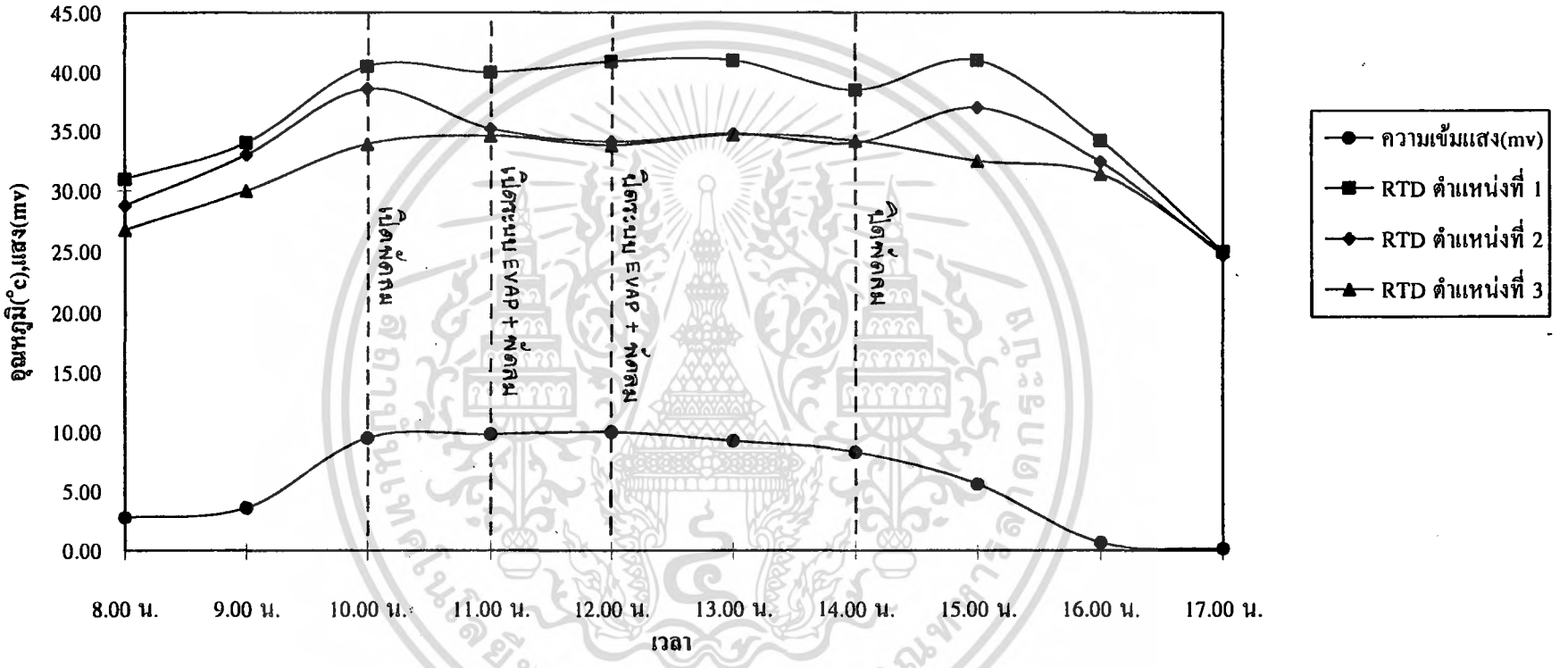
-RTD 1 อยู่บริเวณกลาง Greenhouse สูงจากพื้นดิน 2.7 เมตร

-RTD 2 อยู่บริเวณกลาง Greenhouse สูงจากพื้นดิน 1 เมตร

-RTD 3 อยู่ด้านนอก Greenhouse สูงจากพื้นดิน 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4 แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพที่ Greenhouse มีการเปลี่ยนแปลงหลายสภาพ



หมายเหตุ; -RTD1 อยู่กลาง Greenhouse สูงจากพื้น 2.7 เมตร

-RTD2 อยู่กลาง Greenhouse สูงจากพื้น 1 เมตร

-RTD3 อยู่นอก Greenhouse สูงจากพื้น 1 เมตร

ตารางที่ 5 แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพที่ Greenhouse เปิดพัดลมระบายอากาศ และเปิดระบบ EVAP โดยลดระดับ RTD

เวลา(Time)	ความเข้มแสง(mv)	RTD ตำแหน่งที่ 1	RTD ตำแหน่งที่ 2	RTD ตำแหน่งที่ 3
13.00 น.	9.60	44.50	44.50	32.50
13.30 น.	9.00	31.00	32.50	31.50
14.00 น.	7.96	26.30	29.50	31.50
14.30 น.	7.20	22.50	24.00	32.00
15.00 น.	6.10	22.90	24.00	31.50
15.30 น.	4.40	30.50	31.50	31.50

หมายเหตุ; -เริ่มเปิดพัดลมเวลา 13.00 น.-13.30 น.

-เริ่มเปิดระบบ EVAP เวลา 13.30 น.-15.00 น.

-ปิดระบบทั้งหมดเวลา 15.00 น.

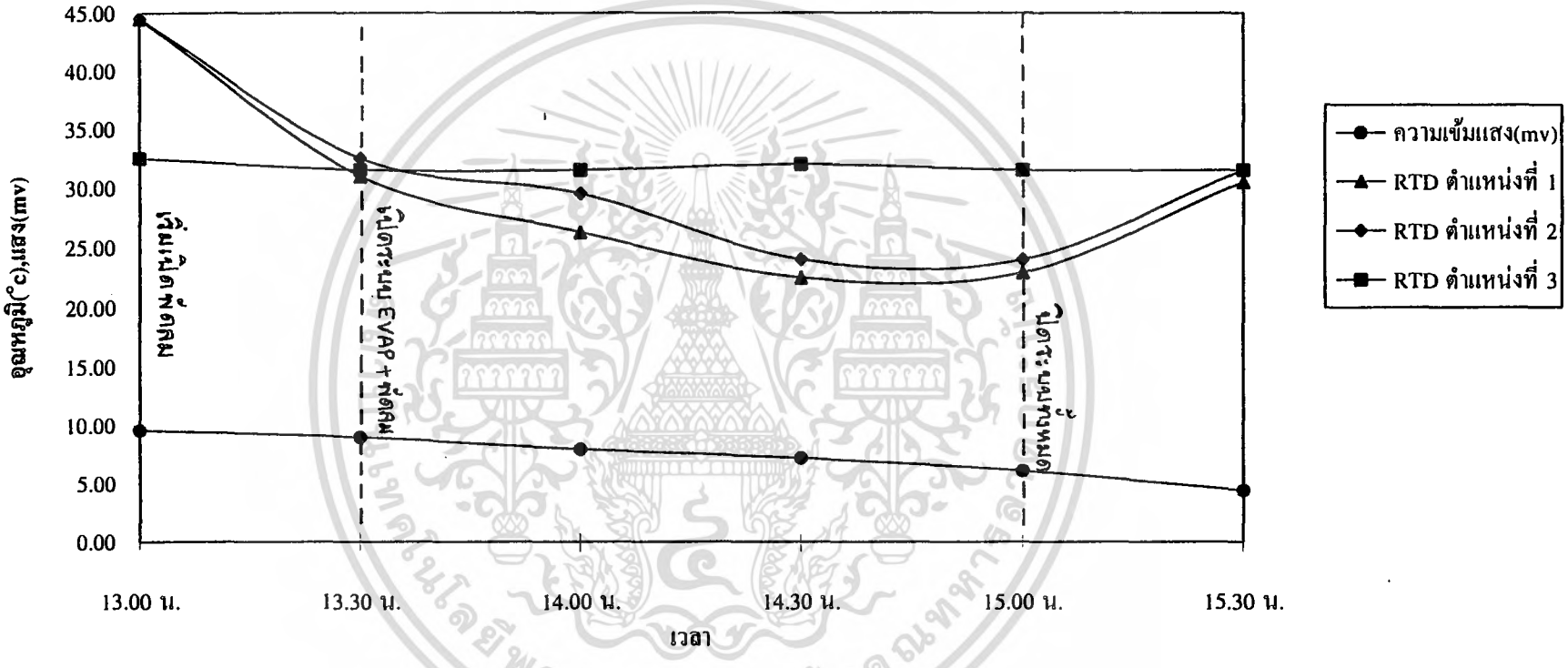
-เวลา 13.00 น.-14.00 น. RTD1 จะอยู่ห่างจากแผ่น 0.2 เมตร สูงจากพื้น 1 เมตร, RTD2 อยู่ห่างจากแผ่น 3 เมตร สูงจากพื้น 1 เมตร

-เวลา 14.00 น.-15.30 น. ลดระดับRTD1 ให้สูงจากพื้น 0.3 เมตร, RTD2 สูงจากพื้น 0.3 เมตร

-RTD3 อยู่บริเวณด้านนอกของ Greenhouse สูงจากพื้น 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5 แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพที่ Greenhouse เปิดพัดลมและเปิดระบบ EVAP โดยลดระดับ RTD



หมายเหตุ; -เวลา 13.00 น.-14.00 น. RTD1 อยู่ห่างจากแผ่น 0.2 เมตร สูง 1 เมตร,RTD2 อยู่ห่างจากแผ่น 3 เมตร สูง 1 เมตร, RTD3 อยู่นอก Greenhouse สูงจากพื้น 1 เมตร

-เวลา 14.00 น.-15.30 น. RTD1,RTD2 อยู่สูงจากพื้น 0.3 เมตร

ตารางที่ 6 แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพที่ Greenhouse เปิดพัดลมระบายอากาศ และเปิดระบบ EVAP โดยเปลี่ยนตำแหน่งของ RTD

เวลา (Time)	ความเข้มแสง(mv)	RTD ตำแหน่งที่ 1	RTD ตำแหน่งที่ 2	RTD ตำแหน่งที่ 3
9.00 น.	7.51	36.80	38.50	38.30
9.30 น.	8.20	39.00	41.90	41.30
10.00 น.	8.80	39.30	42.50	41.50
10.30 น.	6.40	38.50	40.30	40.00
11.00 น.	6.76	37.20	38.60	38.10
11.30 น.	10.00	40.30	42.30	42.00
12.00 น.	8.00	42.40	45.00	44.00
12.30 น.	6.10	31.80	32.20	33.10
13.00 น.	6.02	29.30	30.70	31.40
13.30 น.	6.40	28.50	30.60	30.00
14.00 น.	3.20	26.90	28.70	28.80
14.30 น.	5.90	34.50	35.70	35.00

หมายเหตุ; -เริ่มเปิดพัดลมตั้งแต่เวลา 12.00 น.-13.00 น.

-เริ่มเปิดระบบ EVAPตั้งแต่ เวลา 13.00 น.-14.00 น.

-ปิดระบบเวลา 14.00 น.

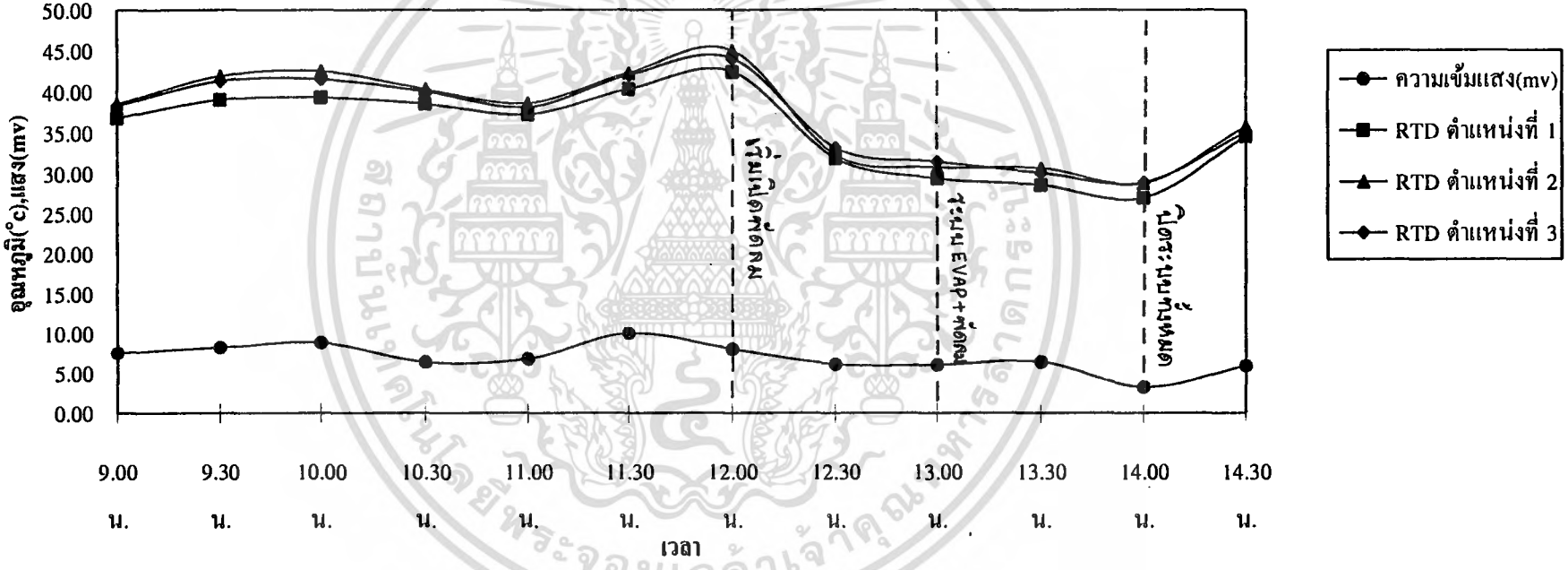
-RTD1 อยู่ภายใน Greenhouse ห่างจากแผ่น 0.2 เมตร สูง 1 เมตร

-RTD2 อยู่ภายใน Greenhouse ห่างจากแผ่น 3 เมตร สูง 1 เมตร

-RTD3 อยู่ภายใน Greenhouse ห่างจากแผ่น 5.8 เมตร สูง 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6 แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพที่ Greenhouse เปิดพัดลมและเปิดระบบ EVAP โดยเปลี่ยนตำแหน่งของ RTD



หมายเหตุ; -RTD1 อยู่ห่างจากแผ่น 0.2 เมตร สูง 1 เมตร

-RTD2 อยู่ห่างจากแผ่น 3 เมตร สูง 1 เมตร

-RTD3 อยู่ห่างจากแผ่น 5.8 เมตร สูง 1 เมตร

ตารางที่ 7 แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบปิดหมดในตอนกลางคืน

เวลา(Time)	ความเข้มแสง(mv)	RTD ตำแหน่งที่ 1	RTD ตำแหน่งที่ 2	RTD ตำแหน่งที่ 3
18.00 น.	0.02	27.90	27.50	28.20
20.00 น.	0.00	26.50	26.40	27.10
22.00 น.	0.00	24.90	24.70	25.30
24.00 น.	0.00	24.40	24.00	25.30
2.00 น.	0.00	23.10	23.20	24.00
4.00 น.	0.00	22.70	22.70	23.20
6.00 น.	0.04	22.40	22.40	22.90

หมายเหตุ; -RTD 1 อยู่บริเวณกลาง Greenhouse สูงจากพื้นดิน 2.7 เมตร

-RTD 2 อยู่บริเวณกลาง Greenhouse สูงจากพื้นดิน 1 เมตร

-RTD 3 อยู่ด้านนอก Greenhouse สูงจากพื้นดิน 1 เมตร

ตารางที่ 8 แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบปิดหมดในขณะที่ทำ Contour temperature

เวลา(Time)	ความเข้มแสง(mv)	RTD ตำแหน่งที่ 1	RTD ตำแหน่งที่ 2	RTD ตำแหน่งที่ 3
11.00 น.	9.20	38.50	44.50	32.00
11.30 น.	9.40	39.30	46.40	31.50
12.00 น.	9.40	39.50	46.30	31.30
12.30 น.	8.90	41.20	46.00	32.50

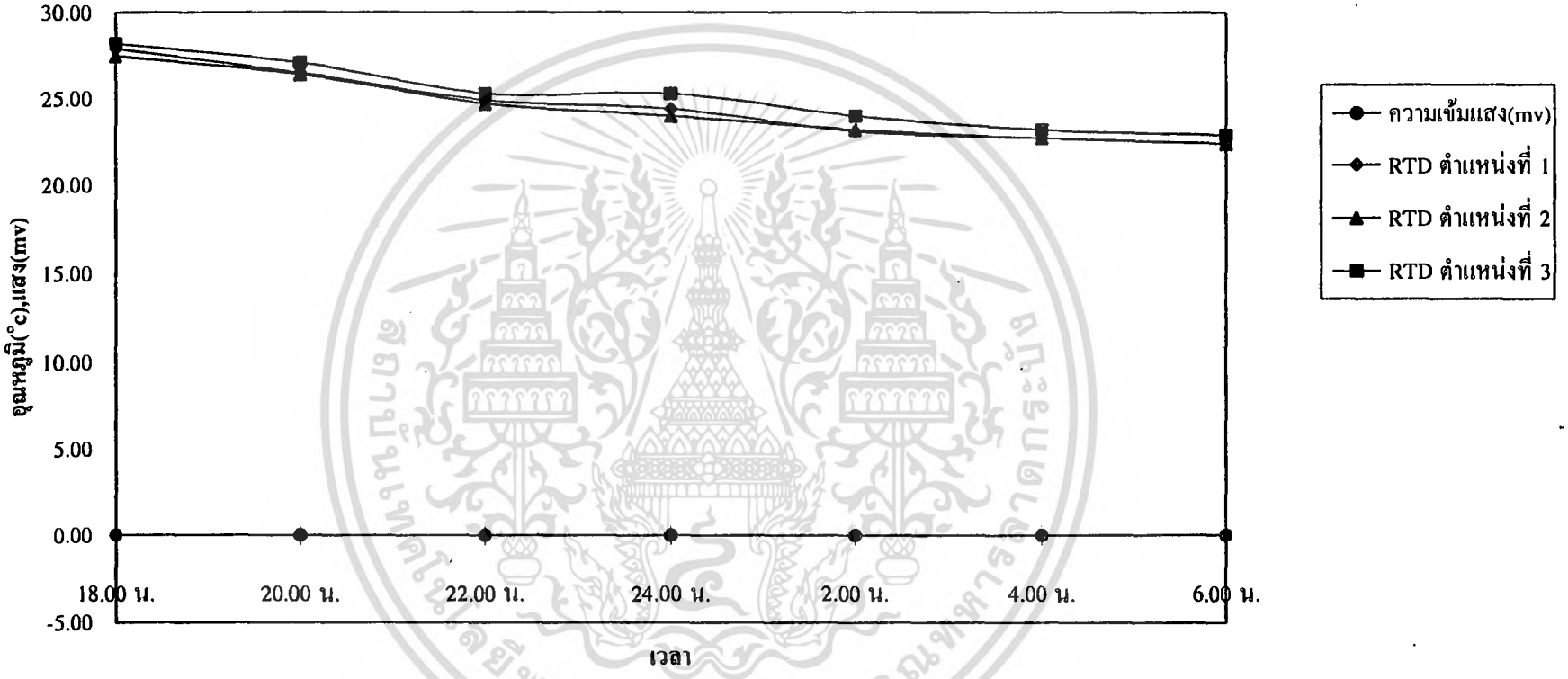
หมายเหตุ; -RTD1 อยู่ภายใน Greenhouse ห่างจากแผ่น 0.2 เมตร สูงจากพื้น 0.3 เมตร

-RTD2 อยู่ภายใน Greenhouse ห่างจากแผ่น 3 เมตร สูงจากพื้น 0.3 เมตร

-RTD3 อยู่ด้านนอก Greenhouse สูงจากพื้น 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 7 แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบปิดหมดในตอนกลางคืน

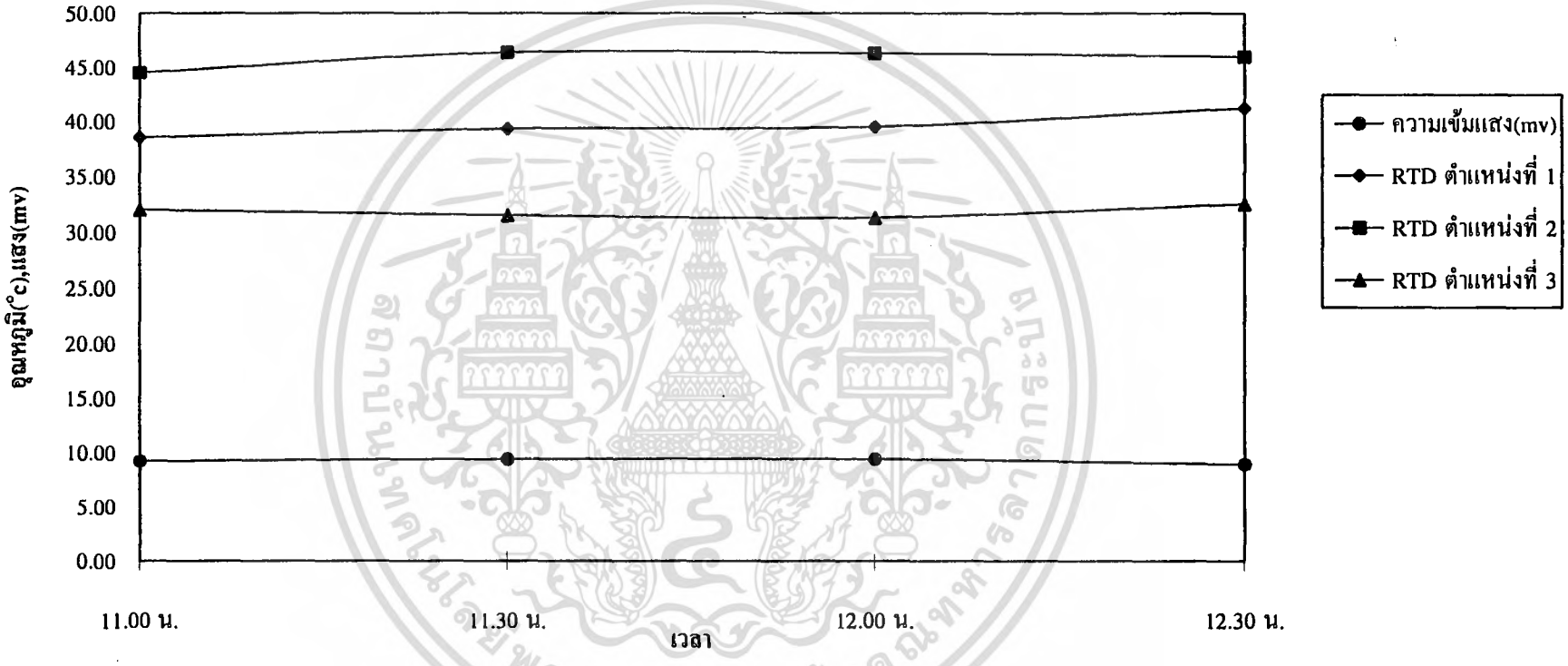


หมายเหตุ; -RTD1 อยู่กลาง Greenhouse สูง 2.7 เมตร

-RTD2 อยู่กลาง Greenhouse สูง 1 เมตร

-RTD3 อยู่นอก Greenhouse สูง 1 เมตร

ภาพที่ 8 แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบปิดหมดในขณะทำ Contour temperature



หมายเหตุ; -RTD1 อยู่ห่างแผ่น 0.2 เมตร สูง 0.3 เมตร

-RTD2 อยู่ห่างแผ่น 3 เมตร สูง 0.3 เมตร

-RTD3 อยู่นอก Greenhouse สูง 1 เมตร

ตารางที่ 9 แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบเปิดพัดลมในขณะที่ทำ Contour temperature

เวลา(Time)	ความเข้มแสง(mv)	RTD ตำแหน่งที่ 1	RTD ตำแหน่งที่ 2	RTD ตำแหน่งที่ 3
13.00 น.	9.20	27.30	34.00	34.00
13.30 น.	9.20	30.80	34.00	33.80
14.00 น.	8.10	32.80	34.10	34.00
14.30 น.	6.60	32.50	32.50	33.50

หมายเหตุ: -RTD1 อยู่ภายใน Greenhouse ห่างจากแผ่น 0.2 เมตร สูงจากพื้น 0.3 เมตร
-RTD2 อยู่ภายใน Greenhouse ห่างจากแผ่น 3 เมตร สูงจากพื้น 0.3 เมตร
-RTD3 อยู่ด้านนอก Greenhouse สูงจากพื้น 1 เมตร

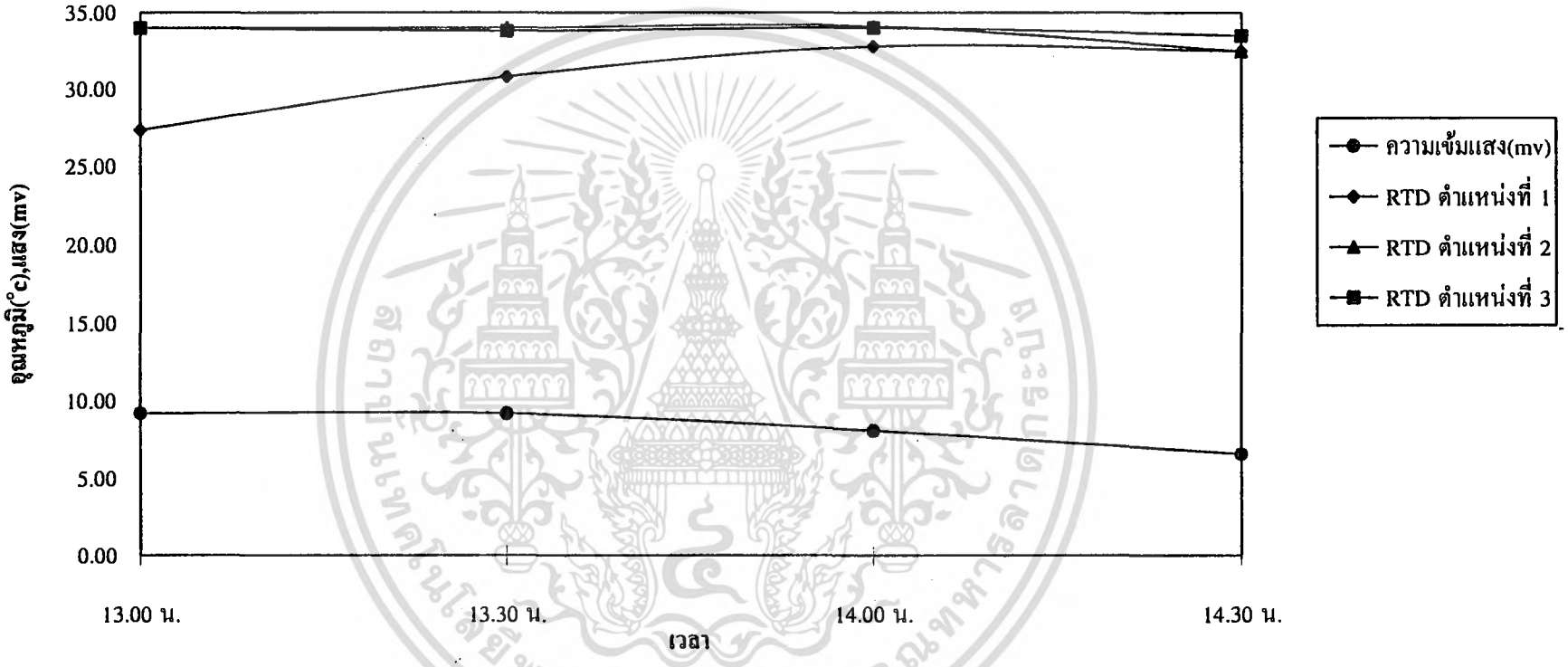
ตารางที่ 10 แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบเปิดระบบ EVAP ในขณะที่ทำ Contour temperature

เวลา(Time)	ความเข้มแสง(mv)	RTD ตำแหน่งที่ 1	RTD ตำแหน่งที่ 2	RTD ตำแหน่งที่ 3
14.00 น.	7.50	26.10	27.50	33.30
14.30 น.	6.40	26.00	27.30	33.30
15.00 น.	5.80	25.50	27.00	33.20

หมายเหตุ: -RTD1 อยู่ภายใน Greenhouse ห่างจากแผ่น 0.2 เมตร สูงจากพื้น 0.3 เมตร
-RTD2 อยู่ภายใน Greenhouse ห่างจากแผ่น 3 เมตร สูงจากพื้น 0.3 เมตร
-RTD3 อยู่ด้านนอก Greenhouse สูงจากพื้น 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 9 แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพที่ Greenhouse เปิดพัดลมในขณะทำ Contour temperature

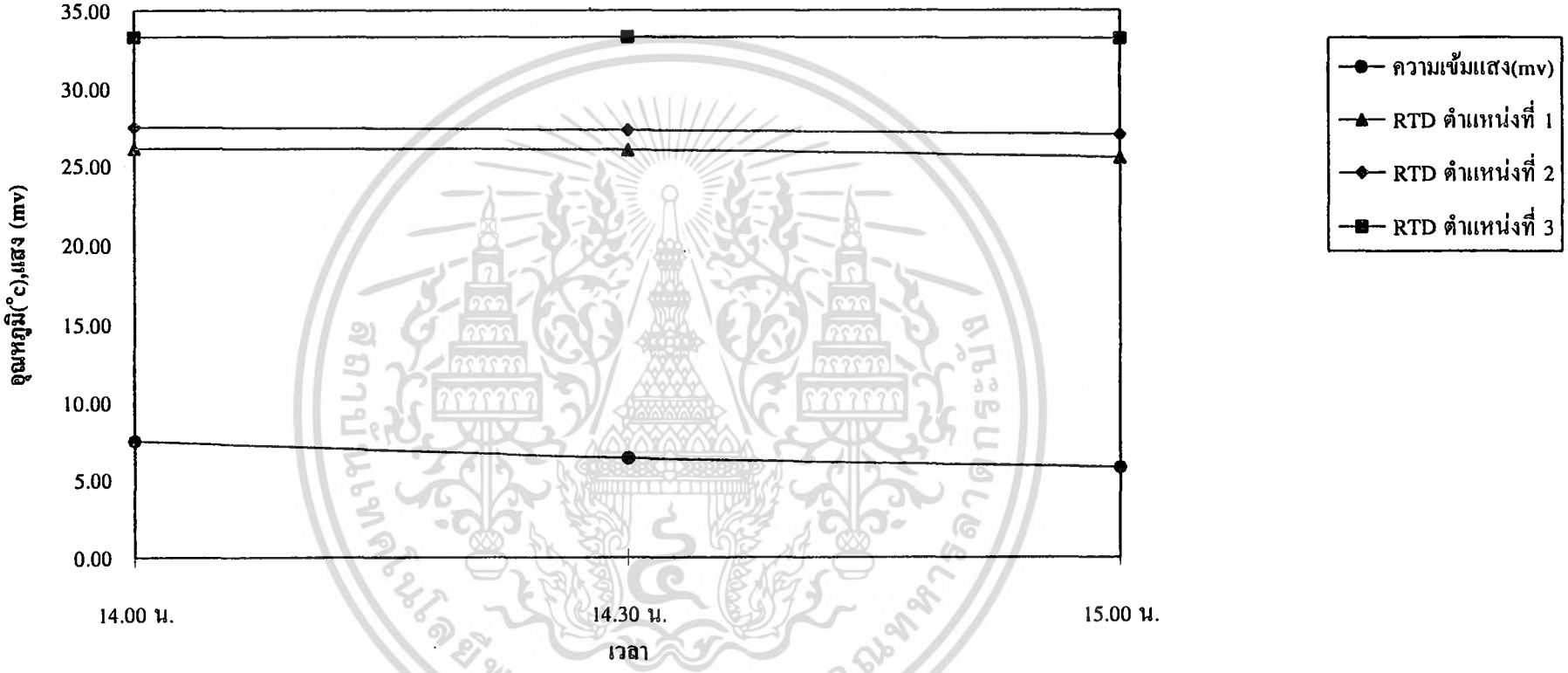


หมายเหตุ; -RTD1 อยู่ห่างแผ่น 0.2 เมตร สูง 0.3 เมตร

-RTD2 อยู่ห่างแผ่น 3 เมตร สูง 0.3 เมตร

-RTD3 อยู่นอก Greenhouse สูง 1 เมตร

ภาพที่ 10 แสดงอุณหภูมิและความเข้มแสงในสภาพ Greenhouse แบบเปิดระบบ EVAP ในขณะทำ Contour temperature



หมายเหตุ; -RTD1 อยู่ห่างแผ่น 0.2 เมตร สูง 0.3 เมตร

-RTD2 อยู่ห่างแผ่น 3 เมตร สูง 0.3 เมตร

-RTD3 อยู่นอก Greenhouse สูง 1 เมตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาพที่ 11 แสดง Greenhouse และด้านหน้าของ Greenhouse

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

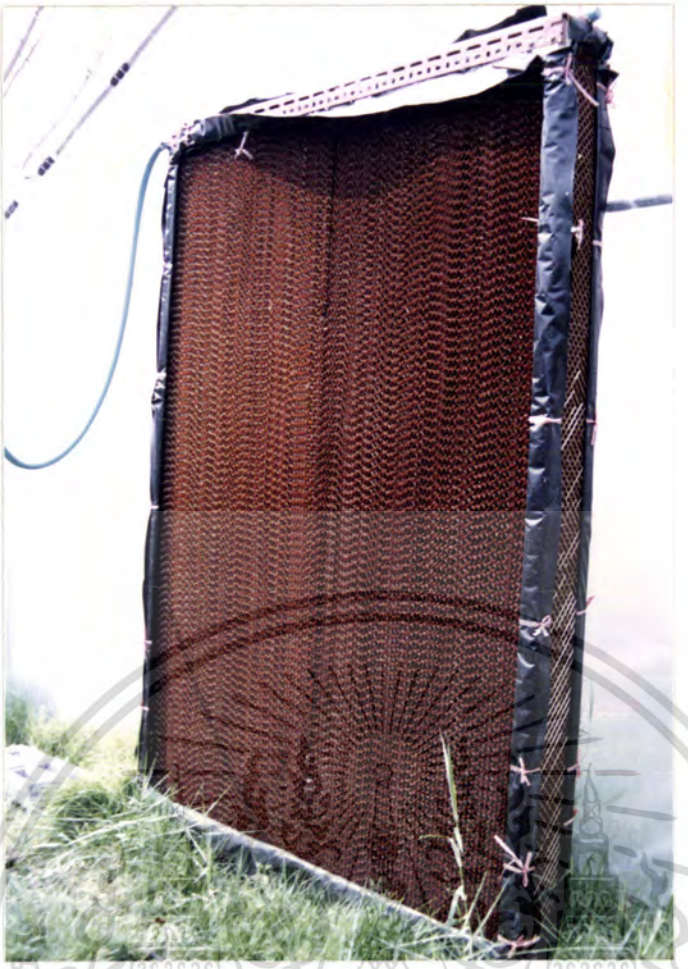
ภาพที่ 12 แสดงด้านหลังของ Greenhouse และการติดตั้งระบบ EVAP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 13 แสดงระบบ EVAP

ภาพที่ 14 แสดงแหล่งน้ำที่นำมาใช้ในระบบ EVAP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

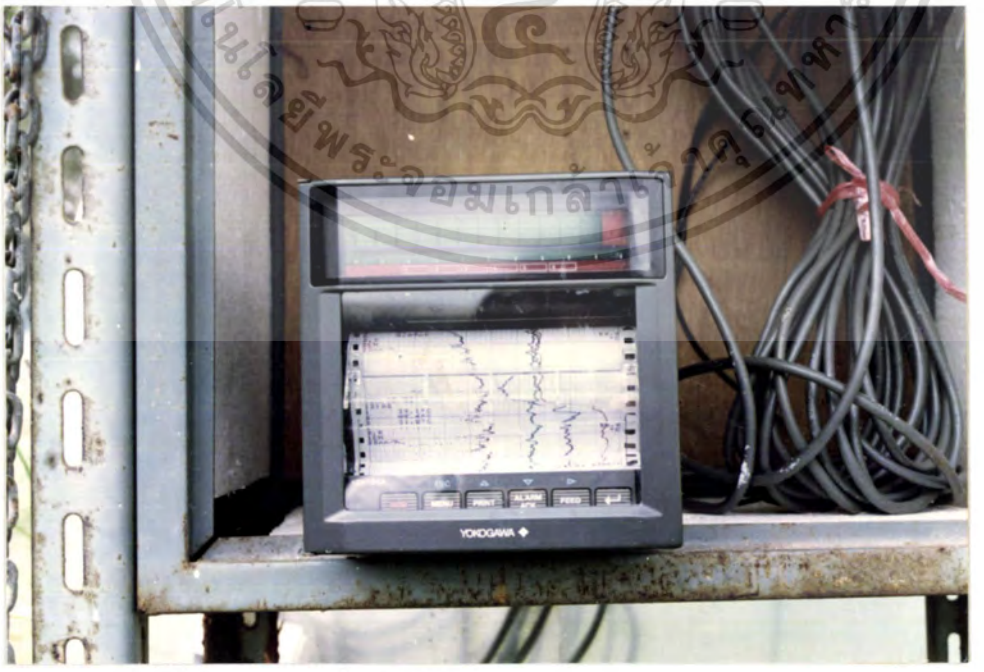


ภาพที่ 15 แสดงการติดตั้งแผ่น CELdek บริเวณด้านหลัง Greenhouse

ภาพที่ 16 แสดงการติดตั้งพัดลมระบายอากาศทั้ง 2 เครื่องบริเวณด้านหน้า Greenhouseทั้งด้านซ้ายและด้านขวา

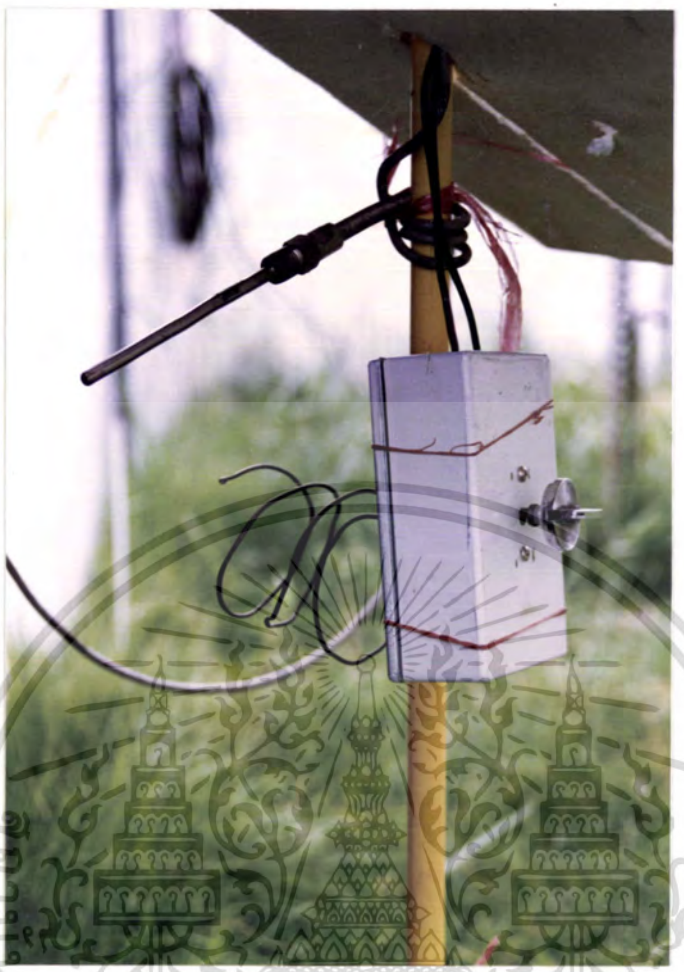
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 17 แสดงการติดตั้งวงจรตัดจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติ



ภาพที่ 18 แสดงเครื่องบันทึกข้อมูล (Recorder)

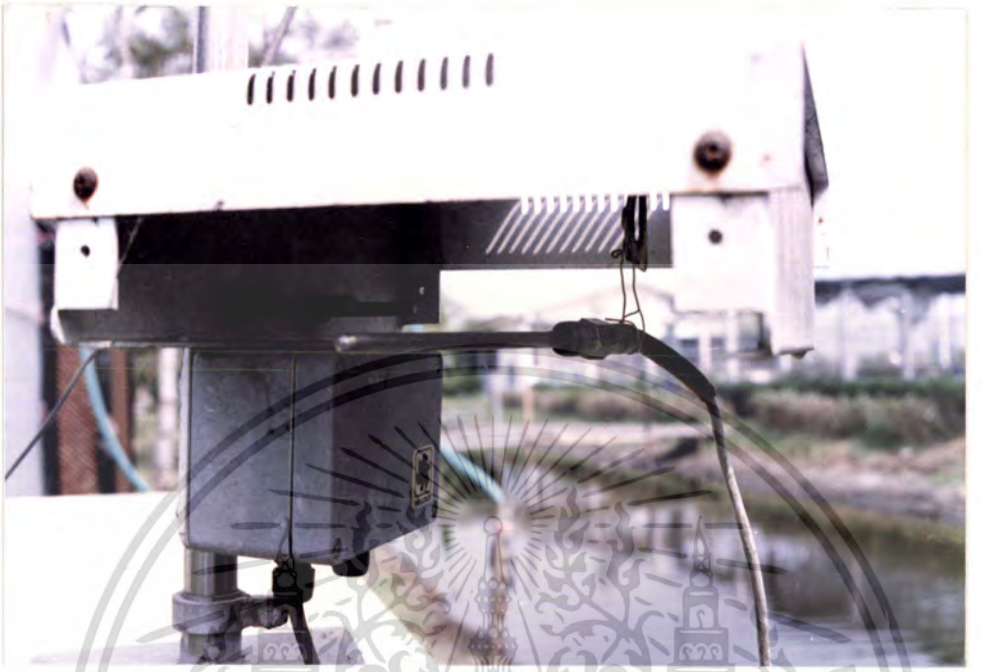
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 19 แสดงการติดตั้งตำแหน่งของ RTD ภายใน Greenhouse

ภาพที่ 20 แสดงการติดตั้งเทอร์โมสตาร์ท

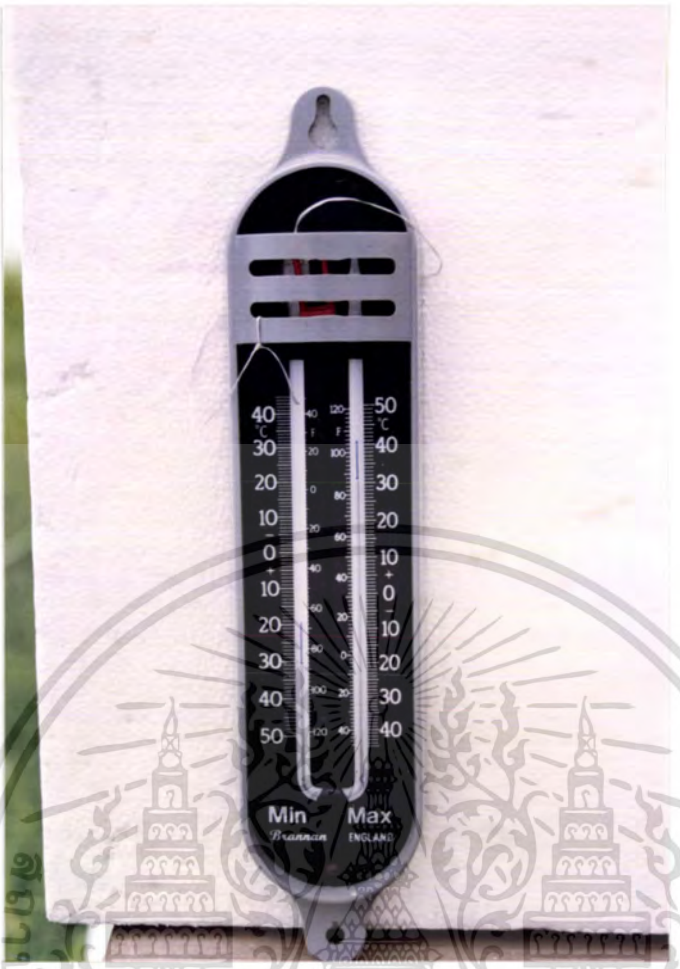
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 21 แสดงการติดตั้งตำแหน่ง RTD บริเวณด้านนอก Greenhouse

ภาพที่ 22 แสดงการติดตั้งจานวัดความเข้มแสงบริเวณด้านหลังของ Greenhouse

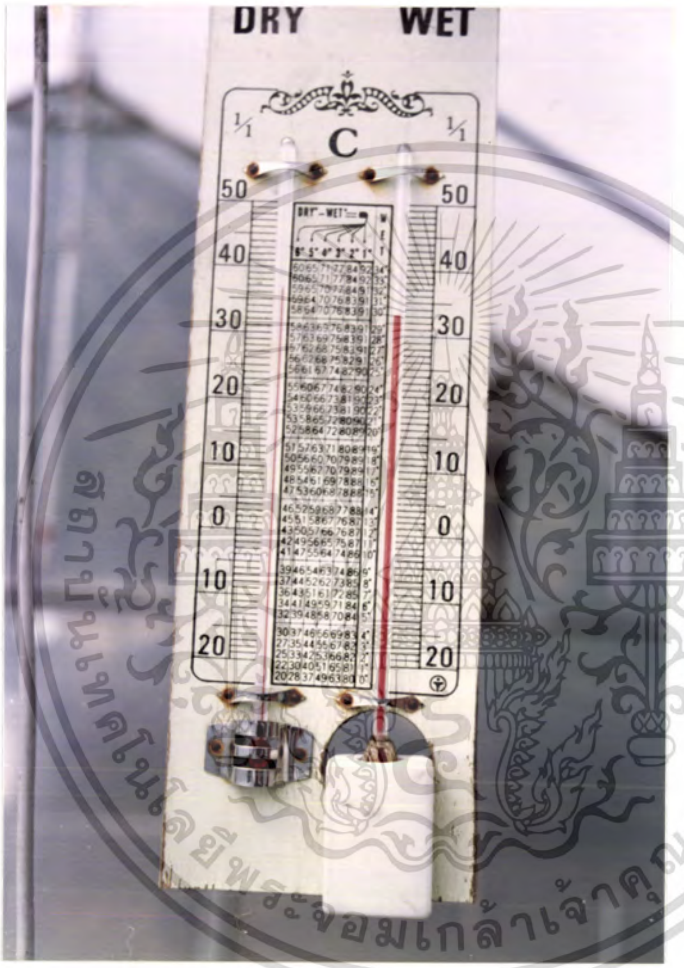
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 23 แสดงเทอร์โมมิเตอร์แบบวัดอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด

ภาพที่ 24 แสดง RTD ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 25 แสดงเครื่องวัดความชื้นแบบปรอท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 26 แสดงการติดตั้งปรอทเพื่อทำ Contour temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง