เรือนเพาะชำแบบควบคุมสภาพแวดล้อม

ENVIRONMENTAL GREENHOUSE

โดย

นายพงษ์พันธุ์ กฤษสิงห์

นายฉัตรพร โลหะนะ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

007699

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2534

ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เรือนเพาะชำแบบควบคุมสภาพแวดล้อม

ผู้จัดทำ

1. นาย พงษ์พันธุ์ กฤษสิงห์
2. นาย ฉัตรพร โลหะนะ

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ภัทรชัย วิชัยยะ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ พิชิต กิตตินนท์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.เกรียงศักดิ์ สุวรรณโพธิ์ศรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
สารบัญรูปภาพ	ค
สารบัญตาราง	ง
บทนำ	จ
วัตถุประสงค์	ฉ
บทที่ 1 สิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช	1
บทที่ 2 ปริมาณการหมุนเวียนอากาศใน Greenhouse	10
บทที่ 3 หลักการทางความร้อน	22
บทที่ 4 Evaporative Cooling	31
บทที่ 5 ประโยชน์ของ Greenhouse	34
บทที่ 6 ส่วนประกอบของ Greenhouse	38
บทที่ 7 การคำนวณ Heat Loss & Heat Gain	48
บทที่ 8 การเลือกขนาดพัดลม	55
ประเมินราคาค่าก่อสร้าง	60
บทที่ 9 ระบบควบคุมภายใน Greenhouse	62
บทที่ 10 สรุป ข้อเสนอแนะ	66
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	ช
เอกสารอ้างอิง	ช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรือนเพาะชำแบบควบคุมสภาพแวดล้อม

ฉัตรพร โลหะนะ
พงษ์พันธุ์ กฤษสิงห์
ภัทรชัย วิชัยยะ อาจารย์ที่ปรึกษา
พิชิต กิตตินนท์ อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.เกรียงศักดิ์ สุวรรณโพธิ์ศรี อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2534

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการออกแบบ คำนวณ และสร้าง Greenhouse เพื่อรองรับวิทยาการทางการเกษตรแผนใหม่ เพื่อให้เกษตรกรสามารถเพาะปลูกพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น Greenhouse เป็นโรงเรือนที่ใช้เพาะปลูกพืชผลทางการเกษตร โดยมีการควบคุมสภาวะแวดล้อม (อุณหภูมิ ความชื้นอากาศ) ให้เหมาะสมกับพืชและการเจริญเติบโตของพืช ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ออกแบบ Greenhouse เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพอากาศร้อนที่มีอุณหภูมิประมาณ 28 - 35 °C การลดอุณหภูมิภายใน Greenhouse ทำโดยใช้พัดลมระบายอากาศเป็นอุปกรณ์ระบายอากาศร้อนออกนอกโรงเรือน และใช้ Evaporative cooling เป็นอุปกรณ์เพิ่มความชื้นอากาศเข้าใน Greenhouse รวมทั้งมีการติดตั้งม่านเปิด -ปิดบังแสงเพื่อลดอุณหภูมิ มีการติดตั้งระบบควบคุมการทำงานของพัดลม, Evaporative cooling และมอเตอร์เปิด-ปิดม่านบังแสงสามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติผ่านทางอุปกรณ์ตรวจวัดความร้อนเป็นตัวส่งสัญญาณมายังส่วนควบคุม (Digital Controller) โดยที่ส่วนควบคุมจะส่งสัญญาณควบคุมออกไปควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ติดตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Environmental Greenhouse

Chatporn Lohana
Pongpan Kritsighha
Pattarachai Vichaiya **Advisor**
Pichit Kittinon **Advisor**
Kriengsak Suwanposri **Advisor**
Academic Year 1991

Abstract

The design and complete plan of control environment Greenhouse construction is included in this Thesis.The objective of the design is to facililate the experiment on plant growing in controlled environment (for example Temperature,Humidity). The design of Temperature in the Greenhouse base on the concept of the 1st law of Thermodynamic (Energy Conservation). The inside Temperature of Greenhouse can be controlled by Air Ventilation of Greenhouse. The humidity inside the Greenhouse can be controlled through Evaporative Cooling Unit. Light and Radiation Heat can be controlled through Shading and Screen over the roof of the construction. All of these controlling equipments will recieve signals from Thermocouple sensor and through digital Controller, the system will operate automatically according to the temperature setting of each equipment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	Radiation Power Distribution of Light sources per 100 Watts Total Radiation	5
ตารางที่ 2	Transmissivity of Glazing Materials	15
ตารางที่ 3	Heat Loss Through various Greenhouse Covering	16
ตารางที่ 4	Natural Infiltration Air Exchange for Greenhouse	20
ตารางที่ 5	Apparent Emissivity of the Greenhouse	21
ตารางที่ 6	Thermal Resistance of Greenhouse Covering Material	24
ตารางที่ 7	Inner Surface Resistance of Greenhouse Cover	25
ตารางที่ 8	Outer Surface Resistance of Greenhouse Cover	25
ตารางที่ 9	Approxinations of Heat Transfer coefficients for Greenhouse Glazing Methods and Materials	28
ตารางที่ 10	Solar Radiation Intensity and Calculation constants	30
ตารางที่ 11	แสดงผลการคำนวณที่ได้จาก ความสัมพันธ์ระหว่าง ΔT กับ M	52
ตารางที่ 12	ตารางเปรียบเทียบ ขนาดพัดลม ราคา ความแตกต่างอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือน	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 1	การรวมพลังงานที่เกี่ยวข้องกับสมดุลพลังงานใน Greenhouse	10
รูปที่ 2	Evaporative Cooling on Psychometric Chart	33
รูปที่ 3	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง มวลอากาศ (kg/s) กับ ความแตกต่างอุณหภูมิ	53
รูปที่ 4	กราฟเวลาที่ใช้ในการถ่ายเทอากาศ (second) กับ ความแตกต่างอุณหภูมิ	54
รูปที่ 5	แสดงผังการต่อสายไฟทำงานของ Digital Controller	61
รูปที่ 6	แสดงการส่งสัญญานออกมาเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น	62
รูปที่ 7	แสดงการส่งสัญญานออกมาเมื่ออุณหภูมิลดลง	64
รูปที่ 8	แสดงการทำงานของอุปกรณ์ควบคุม	65
รูปที่ 9	วงจรควบคุมการทำงาน เปิด - ปิดม่านบังแดด	66
รูปที่ 10	Solar Radiation Hourly January 1991 Bangkok	ภาคผนวก (1)
รูปที่ 11	Solar Radiation Hourly February 1991 Bangkok	ภาคผนวก (2)
รูปที่ 12	Solar Radiation Hourly March 1991 Bangkok	ภาคผนวก (3)
รูปที่ 13	Solar Radiation Hourly April 1991 Bangkok	ภาคผนวก (4)
รูปที่ 14	Solar Radiation Hourly May 1991 Bangkok	ภาคผนวก (5)
รูปที่ 15	Solar Radiation Hourly June 1991 Bangkok	ภาคผนวก (6)
รูปที่ 16	Solar Radiation Hourly July 1991 Bangkok	ภาคผนวก (7)
รูปที่ 17	Solar Radiation Hourly August 1991 Bangkok	ภาคผนวก (8)
รูปที่ 18	Solar Radiation Hourly September 1991 Bangkok	ภาคผนวก (9)
รูปที่ 19	Solar Radiation 1989 Bangkok Metropolis	ภาคผนวก (10)
รูปที่ 20	Solar Radiation 1990 Bangkok Metropolis	ภาคผนวก (11)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

สิ่งที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของพืชแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ แร่ธาตุ น้ำ และสภาพแวดล้อม แม้ว่าพืชที่ปลูกจะได้รับแร่ธาตุต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตในปริมาณที่เพียงพอก็ตาม พืชก็อาจเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ หรือบางทีอาจหยุดการเจริญเติบโตเลย ถ้าพืชไม่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เหตุที่พืชไม้เมืองหนาวพักตัวในฤดูหนาว หรือพืชบางชนิดออกดอกเฉพาะฤดูก็เนื่องมาจากระยะเวลาช่วงแสงของแต่ละวันสั้นกว่าปกติในฤดูหนาว เหล่านี้เป็นผลมาจากอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมที่มีต่อการรเจริญเติบโตของพืช

สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชนี้ หมายถึง

ความชื้น (Humidity)

ความเข้มของแสง (Solar Intensity)

กระแสอากาศรอบ ๆ ต้นพืช (Air Circulation)

อุณหภูมิอากาศ (Temperature)

ความยาวคลื่นแสง (Solar Wavelength)

ขณะที่วิทยาการด้านต่าง ๆ ก้าวหน้าไปไม่หยุดยั้ง นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามค้นคว้าสรีรวิทยาของพืชชนิดต่าง ๆ ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ การศึกษาสิ่งแวดล้อมที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชในระยะต่าง ๆ ก็เป็นจุดประสงค์หนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์ให้ความสนใจ หลังจากทราบว่าพืชต้องการสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโตเช่นไรแล้ว นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมให้กับพืชที่ปลูกสร้างเป็นห้องเล็ก ๆ หรือโรงเรือนขนาดใหญ่ โดยติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการปรับและควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และ แสง ซึ่งเราเรียก โรงเรือนนั้นว่า Greenhouse

Greenhouse คือ โรงเรือนปลูกพืชที่สามารถจัด ความชื้น อุณหภูมิ และแสง ได้ตามความต้องการ โดยทั่วไป Greenhouse สามารถแบ่งออกได้เป็น Glass House และ Plastic House ซึ่งเป็น Greenhouse ที่ใช้วัสดุคลุมโรงเรือนแตกต่างกัน โดยใช้กระจกและแผ่น Plastic หรือ Acrylic เป็นวัสดุในการคลุมโรงเรือน แต่ทั้งนี้เนื่องจาก Glass House มีค่าก่อสร้างและการลงทุนค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงนิยมปลูกสร้างเป็น Plastic House

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ในการทำโครงงาน เรือนเพาะชำแบบควบคุมสภาพแวดล้อม

1. ต้องการศึกษาอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อพืช
2. ศึกษาการคำนวณพลังงานที่ได้รับและสูญเสียภายใน Greenhouse
3. ต้องการออกแบบ Greenhouse ให้เหมาะสมกับการอนุบาลพืช
4. ต้องการคำนวณค่าพลังงานที่รับ และส่งออกใน Greenhouse
5. ต้องการออกแบบการนำอุปกรณ์ควบคุมไปใช้งาน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
6. ต้องการนำ Greenhouse ไปใช้เพื่ออนุบาลพืช โดยที่มีการควบคุมสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับพืชนั้น
7. ต้องการศึกษาความเป็นไปได้และ เทมาะสม ในการนำ Greenhouse มาใช้ในประเทศไทย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
สิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบ
ต่อการเจริญเติบโตของพืช

เนื่องจากอุณหภูมิ และปริมาณความเข้มของ CO_2 ในอากาศ ที่เปลี่ยนแปลง ความสกปรกของอากาศตามธรรมชาติเพราะสารเจือปน แขวนลอยในอากาศ ความแตกต่างกันตามชนิดของดิน(องค์ประกอบ)ในเพาะปลูก เป็นสาเหตุใหญ่ ในการสร้างและนำ Greenhouse แบบปิดเพื่อควบคุมสภาพแวดล้อม มาใช้

1.1 อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)

ตามปกติอุณหภูมิที่จะใช้ในการควบคุมจะใช้อุณหภูมิที่ปากใบ ซึ่งเรียก อุณหภูมิใบไม้ (Leaf Temperature) เป็นผลจาก สมดุลพลังงาน (Energy Balance) ภายในระบบที่พิจารณา (Greenhouse) โดยที่อุณหภูมิใบไม้ (Leaf Temperature) จะเกี่ยวข้องกับ

- อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)
- พลังงานการแผ่รังสี (Radiation Energy)
- พลังงานความร้อน (Thermal Energy)
- การเปลี่ยนแปลง ความร้อนแฝงและความร้อนสัมผัสโดยการพาความร้อน (The Convection Exchange of Sensible Heat and Latent Heat)

การพาความร้อนสัมผัส เป็นการส่งผ่านความร้อนที่เกิดเนื่องจาก ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของอากาศกับอุณหภูมิใบไม้พืช การเคลื่อนที่ของอากาศเหนือใบไม้จะเป็นการเพิ่มการพาความร้อนสัมผัสของพืชออกทางใบไม้มากขึ้น โดยที่ความต้านทาน (r) เป็นสัดส่วนของ ความเร็วอากาศ (v) กับ Boundary Layer (k) ดังนี้คือ $r = kv^{-0.5}$

นั่นคือ ถ้าใบไม้เล็กหรือ บางลง จากความสัมพันธ์ถ้าอากาศที่ผ่านมีความเร็วสูงจะทำให้อุณหภูมิอากาศลดลงได้มากกว่า ใบไม้ที่หนากว่าหรือใหญ่กว่า ที่อุณหภูมิและการแผ่รังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียวกัน ใน Greenhouse ที่มี การเคลื่อนตัวของอากาศ และ อุณหภูมิอากาศภายในสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ทั้งนี้เพราะการพาความร้อนจะต่ำกว่าที่เกิดในระบบเปิด และ จุดสมดุลหรือจุดเปลี่ยนแปลงเป็นผลจาก โครงสร้างของใบไม้และความแตกต่างของพลังงานความร้อนในระบบ เมื่ออุณหภูมิอากาศต่ำกว่าจุดสมดุลจะทำให้อุณหภูมิใบไม้เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเกี่ยวข้องกับความเร็วอากาศที่พัดผ่านในระบบ และเมื่ออุณหภูมิอากาศสูงเกินจุดสมดุล อุณหภูมิใบไม้จะลดต่ำลงเป็นการทำให้เย็นลงมากกว่าสิ่งแวดล้อม การไหลของอากาศที่เพิ่มขึ้นเป็นสาเหตุที่ทำให้อุณหภูมิใบไม้เพิ่มมากกว่า การลดลงเนื่องจากการระเหยอันเนื่องจากความเค้นทางกล ใน Greenhouse ทั้งอุณหภูมิภายในโรงเรือน และสิ่งต่างๆที่อยู่ภายในจะมีอุณหภูมิสูงกว่าภายนอก ทั้งนี้เนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ และมีการพาความร้อนออกภายนอกได้น้อยกว่าระบบเปิดทั่วไป

ผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการต่างๆ ของพืช จะหมายถึงผลอันเกิดเนื่องจาก อุณหภูมิอากาศ มากกว่า อุณหภูมิใบไม้ ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิอากาศสามารถวัดได้ทางอุตุนิยมวิทยา แต่อุณหภูมิใบไม้เป็นการยากที่จะวัดได้อย่างแน่นอน ซึ่งอุณหภูมิใบไม้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ อาทิเช่น

- ช่วงเวลาของแต่ละวัน
- เดือนของแต่ละปี
- เมฆ หมอก ควัน ความเร็วลม
- ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ และม่านบังแดด
- ความสูงเหนือระดับพื้นดิน
- ขนาดของใบไม้

แต่ในขณะที่อุณหภูมิของรากพืช ขึ้นอยู่กับ

- ช่วงเวลาของแต่ละวัน
- เดือนของแต่ละปี
- ความลึกของรากจากระดับพื้นดิน
- ความสามารถของดินทางการดูดซึมและการส่งผ่านความร้อน
- องค์ประกอบของดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืชทุกชนิดจะมีอุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเหมาะสม และอุณหภูมิสูงสุด เพื่อการเจริญเติบโต ซึ่งอุณหภูมิจะเป็นตัวการสำคัญกระตุ้น ลักษณะทางพันธุกรรม การเจริญเติบโต การตอบสนองต่อสิ่งเร้าจากภายนอก ขอบเขตของการเจริญเติบโตจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงสามารถอธิบายได้โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงที่เอนไซม์ของพืช การที่อุณหภูมิสูงเกินไปจะเข้าทำลาย โปรตีนที่อยู่ในพืชนั้นโดยเข้าทำลาย Inactivated Enzymes และ Disintegrate Cell Membranes แต่ในกรณีที่อุณหภูมิต่ำเกินไปจะทำให้เกิดการเสียหายทางกายภาพที่เซลพืช (Physical Injury) ทั้งนี้เนื่องจากน้ำที่อยู่ใน Cytoplasm สูญเสียออกไปและเปลี่ยนสภาพเป็นน้ำแข็ง ความเสียหายที่เกิดขึ้นต้องแล้วแต่ว่า การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมินั้นเกิดอย่างรวดเร็วหรืออย่างช้า ๆ

จากอุณหภูมิที่สูงเกินไป หรือต่ำเกินไปของสภาวะแวดล้อมเป็นสาเหตุทำให้ต้องมีการนำ Greenhouse ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้เป็นที่ต้องการของพืชนั้น ทั้งนี้เพื่อให้การเจริญเติบโตของพืชเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (Relative Humidity)

ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ เป็นอัตราส่วนของความกดดันจริงไอน้ำที่ระเหยในอากาศ ต่อความกดดันอากาศที่อากาศอิ่มตัว ณ อุณหภูมิเดียวกัน ไอน้ำที่ระเหยจากที่หนึ่งไปยังอีกแห่งหนึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของความดันไอ นั่นคือความชื้นสัมพัทธ์ เป็นผลมาจากการระเหยของน้ำที่เกิดจากความแตกต่างความดันที่ใบไม้และอากาศขณะนั้น ทั้งนี้โดยที่การระเหยกลายเป็นไอน้ำเกิดเนื่องจาก

- ขนาดรูเปิดปากใบ (Degree of Stomatal Opening)
- ความสมดุลของไอน้ำระหว่างอากาศและใบไม้
  (Vapor Deficit Between Plant leaf and Air)
- กระแสการไหลเวียนของอากาศรอบ ๆ ใบไม้
  (Air Turbulence)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ต่ำมาก ๆ จะเพิ่มการสูญเสียน้ำ เนื่องจากการระเหยกลายเป็นไอของน้ำที่พืชจนเกินความสามารถทางความจุของการแทนที่น้ำในพืช (เมื่อมีการสูญเสียน้ำไป พืชจะดูดน้ำขึ้นมาทดแทนส่วนที่สูญเสีย แต่ไม่สามารถขึ้นมาทดแทนได้ทันท่วงที) เป็นผลให้เกิดการเหี่ยวแห้งกับพืช ซึ่งตามปกติพืชต้องการความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 50 - 85 เปอร์เซนต์

ความชื้นสัมพัทธ์ และความดันไอน้ำในพืช เป็นผลมาจากการส่งผ่านความร้อนแฝงจากใบไม้โดยการระเหยออกของน้ำ ตามปกติความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ อัตราการระเหยกลายเป็นไอของน้ำจะสูงขึ้น ตามรายงานผลกระทบที่เกิดจากความชื้นสัมพัทธ์ 40 - 80 เปอร์เซนต์ มีผลกระทบต่ออุณหภูมิใบไม้พืชน้อยมากเมื่ออากาศรอบ ๆ มีอุณหภูมิ 20 °C แต่จะมีผลกระทบอย่างมากเมื่ออุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้นถึง 40 °C ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างความดันไอที่ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 40-80 เปอร์เซนต์ ที่ 20 °C เท่ากับ 0.95 kg/m^2 เมื่อเปรียบเทียบกับที่ 40 °C เท่ากับ 3 kg/m^2 แต่ถ้าปากใบของพืชปิดอยู่ ถึงแม้ว่าความชื้นสัมพัทธ์จะต่ำก็ไม่ได้เพิ่มอัตราการระเหยเป็นไอเลย

จากรายงานการทดลอง การเพิ่มขึ้นของความชื้นสัมพัทธ์เป็น 90 เปอร์เซนต์จะไม่มีผลกระทบมากนักซึ่งจากการศึกษาเห็นได้ชัดว่า ความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำเป็นข้อจำกัดที่สำคัญ มากกว่าความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงเกิน นอกเสียจากพืชที่อยู่ใน Greenhouse เป็นพืชที่เพิ่งเพาะชำใหม่ ซึ่งจะเกิด รากเน่าได้ง่ายในกรณีที่ความชื้นสัมพัทธ์สูง

1.3 แสง (Lights)

หน้าที่หลักของแสงคือ ใช้เพื่อการสังเคราะห์แสงของพืช โดยอาศัยพลังงานจากแสงอาทิตย์มาเปลี่ยน คาร์บอนไดออกไซด์ และ น้ำ ให้กลายเป็น คาร์โบไฮเดรต โดยปฏิกิริยาเคมีและชีวเคมี การตอบสนองต่อการสังเคราะห์แสงของพืช จากรูป จะเห็นได้ว่าช่วงสูงสุดอยู่ที่ แสงสีแดง และแสงสีน้ำเงิน ของแสงขาว นั่นคือการสังเคราะห์แสงจะเกิดสูงมากในช่วงแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินนั่นเอง ซึ่งในกรณีที่แสงไม่พอเพียงกับความต้องการของพืชจะทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง จำเป็นต้องมีการให้แสงแก่พืชนั้นโดยใช้ Incandescent Lamps เพื่อเพิ่มความเข้มของแสงในเพียงพอกับการตอบสนองต่อการเจริญเติบโตของพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามปกติพืชจะถูกกระตุ้นเพื่อการสังเคราะห์แสงเมื่อแสงมีความเข้มอย่างน้อย 0.9 W/m^2 ซึ่งในกรณีที่ความเข้มของแสงไม่เพียงพอจำเป็นต้องมีการใส่อุปกรณ์เพิ่มโดยใช้อุปกรณ์ดังตาราง

ตารางที่ 1 Radiation Power Distribution of Light sources per 100 Watts Total Radiation

Source	UV 400 nm W	PAR+FR 400-850 nm W	IR 850-2700 nm W	THERMAL >2700 nm W	TOTAL Radiation W
FCW	2	36	1	61	100
HG/DX	3	19	18	60	100
MH	4	41	8	47	100
HPS	0.4	50	12	38	100
LPS	0.1	56	3	41	100
INC	0.2	17	74	9	100
SUN	6	59	33	2	100

โดยที่ INC : Incandescent

HPS : High pressure Sodium

MH : Metal Halide

F : Fluorescent

HG : Clear Mercury

LPS : Low pressure Sodium

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืชจะเจริญเติบโตได้ดีก็ต่อเมื่อ ได้รับแสงอย่างพอเพียงเป็นเวลาอย่างน้อยประมาณ 8 ชั่วโมง ต่อวัน ตามปกติสามารถแบ่งพืชออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

- Short day นั่นคือพืชต้องการแสงน้อยกว่า 8 ชั่วโมงต่อวัน แต่ก็ต้องให้เพียงพอกับการสังเคราะห์แสงของพืชด้วย โดยมากจะเป็นจำพวกพืชออกดอก
- Long day นั่นคือโดยเฉลี่ยแล้วพืชต้องการแสงมากกว่า 8 ชั่วโมง ต่อวัน เมื่อได้รับแสงน้อยกว่าเวลาที่พืชต้องการจะมีผลต่อการเจริญเติบโต พืชจะอยู่ในช่วงพักผ่อน หยุดการเจริญเติบโต ทั้งนี้เพราะช่วงเวลารับแสงสั้น
- Daylength intermediate เป็นพืชจำพวกที่ต้องการแสงในช่วง 10 - 14 ชั่วโมงต่อวัน ถ้าได้รับแสงน้อยกว่านี้ พืชจะไม่ออกดอกและมีแนวโน้มว่าจะหยุดการเจริญเติบโต
- Day neutral Plants พืชที่ต้องการช่วงแสงเป็นเวลาประมาณ 12 ชั่วโมงต่อวัน โดยมากเป็นพืชเมืองร้อนที่เกิดในแถบทะเลทราย

ตามปกติความเข้มของแสงที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชประมาณ 9 W/m^2 ถ้าความเข้มของแสงน้อยลง ก็จำเป็นต้องเพิ่ม ความเข้มของแสงโดยใช้อุปกรณ์แสงช่วย หรือเพิ่มช่วงเวลาในการรับแสงของพืช ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นคือ พืชจะมีใบขนาดใหญ่ขึ้น ใบสีเขียวเข้มมากขึ้น

1.4 การเคลื่อนที่ของอากาศ (Air Movement)

ความเร็วในการเคลื่อนที่ของอากาศเป็นตัวแปรสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากขนาดของมวลอากาศที่เคลื่อน และทิศทางการเคลื่อนที่ เป็นผลกระทบต่อการระเหยกลายเป็นไอของน้ำและปริมาณ CO_2 ที่พืชต้องการ ซึ่งอุณหภูมิใบไม้เป็นผลโดยตรงเนื่องจาก ความเร็วลมที่ผ่านและเป็นผลทางอ้อมเนื่องจากการระเหยอันเนื่องจากกระแสลมพัดผ่านใบไม้

ตามปกติพืชต้องการความเร็วอากาศเคลื่อนที่ประมาณ 0.5 - 0.7 m/s (100 - 140 feets per meters) เพื่อการเจริญเติบโตของพืช ทั้งนี้เป็นการทดลองโดยควบคุมตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปรอื่น ๆ ตามปกติความเร็วอากาศที่พัดผ่านใบไม้ประมาณ 0.1 - 0.25 m/s ทำให้ปริมาณ CO_2 ที่บริเวณใบอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม แต่ถ้าความเร็วอากาศ 0.5 m/s จะทำให้ปริมาณ CO_2 ลดลง ถ้าความเร็วอากาศสูงกว่า 1 m/s พืชอาจพักการเจริญเติบโตได้ และถ้าความเร็วอากาศสูงกว่า 4.5 m/s จะเป็นอันตรายต่อลักษณะทางกายภาพของพืชได้ ซึ่งยังไม่คำนึงถึงทิศทางที่ความเร็วอากาศนั้นพัดผ่าน

การไหลของอากาศผ่านใบไม้จะถูกทำให้ช้าลง เนื่องจากความเสียดทานที่ผิวใบไม้ ซึ่งสามารถพิจารณาได้จาก Velocity Profile ของอากาศที่พัดผ่านผิวใบ ซึ่งตามหลักการทางกลศาสตร์ของไหลความเร็วที่ผิวใบไม้จะเท่ากับ 0 ทั้งนี้โดยการกำหนดขอบเขตควบคุมของใบไม้ (Boundary Layer) จากขนาดความหนาของใบไม้นั้นสามารถพิจารณา อัตราการ แผ่กระจายความร้อน ,การกระจายตัวของไอน้ำ, ปริมาณ CO_2 ระหว่างใบไม้กับ อากาศรอบ ๆ ทั้งนี้ความหนาของขอบเขตควบคุมที่พิจารณา (Boundary Layer)ขึ้นอยู่กับ ความเร็วอากาศที่ผ่านใบ , รูปร่างใบไม้ และขนาดใบไม้เป็นหลัก

ความต้านทานการเคลื่อนที่ของอากาศบริเวณของขอบเขตควบคุมสามารถลดลงได้โดยเพิ่มความเร็วอากาศที่พัดผ่านใบไม้ ทั้งนี้การระเหยของน้ำที่ใบจะเพิ่มขึ้น การส่งผ่านความร้อนจะเพิ่มมากขึ้น การเคลื่อนตัวของ CO_2 เพิ่มมากขึ้น แต่ถ้าความเร็วอากาศสูงกว่า 0.9 m/s (176 fpm) ไม่จำเป็นต้อง พิจารณาความต้านทานของขอบเขตควบคุมนั้น

1.5 มลภาวะทางอากาศ (Pollutants)

ตามปกติพืชจะไวต่อมลภาวะต่างๆ อาทิเช่น Ethylene , Ozone Other, Oxidants ที่ปนอยู่ในอากาศ ทั้งนี้มลภาวะเหล่านี้จะทำให้ใบไม้เป็นจุด และเกิดใบเหลืองเหี่ยวเฉาตลอดต้นได้ ผลที่เกิดขึ้นสามารถเกิดได้ทั้งใน Greenhouse และนอกโรงเรือน ในกรณีที่เกิดในโรงเรือน Greenhouse สามารถควบคุมและลดปริมาณมลภาวะในอากาศโดยให้อากาศที่เข้าผ่านการกรองอากาศก่อนเข้าระบบระบายอากาศ แต่ทั้งนี้ก็ต้องคำนึงถึงภาวะทางเศรษฐกิจด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ethylene ถูกปลดปล่อยออกมาเนื่องจากการเผาผลาญน้ำมันและเชื้อเพลิง ที่มีองค์ประกอบของไฮโดรคาร์บอน ซึ่งพืชสามารถรับความเข้มข้นของ Ethylene ได้เพียง 1 ppm. การแก้ไขปัญหานี้สามารถกระทำได้โดยการอุดรอยรั่วต่าง ๆ ของ Greenhouse เป็นการป้องกันมลภาวะจากภายนอกเข้าสู่ด้านใน ผลดีทางอ้อม คือ สามารถลด Infiltration ของอากาศด้วยพร้อม ๆ กัน

1.6 น้ำและสารอาหารที่จำเป็น (Water and Nutrient)

น้ำเป็นสิ่งสำคัญที่สุดของการปลูกพืช ทั้งนี้เนื่องจาก 85-90 เปอร์เซนต์ของเซลพืชจะบรรจุด้วยน้ำ อาศัยน้ำเป็นตัวกลางส่งผ่านอาหาร และแร่ธาตุอื่นๆ ปริมาณความต้องการน้ำใน Greenhouse ขึ้นอยู่กับ

- ขนาดของพืช (เล็ก,ใหญ่)
- ขนาดของ Greenhouse
- ความสามารถในการดูดซึมน้ำของพืชนั้น
- ความเป็นรูพรุนในการระบายน้ำของระบบ

ตามปกติการให้น้ำของระบบจะให้น้ำในปริมาณที่มากกว่าความต้องการพืชเสมอ และเมื่อพืชเจริญเติบโตขึ้นก็ต้องการน้ำมากขึ้น การเพิ่มปริมาณน้ำต้องให้เหมาะสมกับความต้องการน้ำของพืช และการสูญเสียน้ำที่เป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมระบบกระทำ ซึ่งอัตราการสูญเสียน้ำขึ้นอยู่กับ

- ชนิดของพืช
- ชนิดของระบบเพาะปลูก
- ขนาดของระบบเพาะปลูก
- ชนิดของดินเพาะปลูก
- พื้นที่ผิวใบไม้
- องค์ประกอบเงื่อนไขของสภาพแวดล้อม ได้แก่

ความเร็วอากาศ

ความกดอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

Photon Flux Density อุณหภูมิอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แร่ธาตุหลักที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของพืช

- nitrogen - phosphorus
- potassium - calcium
- magnesium - Sulfur

แร่ธาตุรองที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของพืช คือ

- copper - iron
- manganese - boron
- copper - zinc
- molybdenum - cobalt
- chlorine - sodium

Nitrogen เป็นส่วนประกอบสำคัญในการเจริญเติบโตของพืช การเพิ่มขึ้นของ Nitrogen และ Potassium โดยไม่สมดุลกันเป็นผลให้เกิดความเสียหายกับใบ

พืชต้องการ pH ในระดับ 6 - 7 เป็นระดับที่เหมาะสมมากที่สุด ถ้าระดับ pH 5-5.5 จะมีการดูดซึมเหล็กในดินมากขึ้น แต่ถ้าระดับ pH ต่ำกว่า 5 จะเพิ่มการดูดซึม อลูมิเนียมและแมงกานีส ซึ่งถ้าแมงกานีสเข้ามากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อพืช ถึงขั้นเป็นพิษ อลูมิเนียมที่มากเกินไปสามารถแก้ไขได้โดยเติม Calcium หรือ Phosphate ลงในดินนั้น

ไนเตรตในดินสามารถดูดซึมได้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 13 °C ความต้านทานพิษของพืชอันเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของระดับ manganese สามารถเพิ่มได้โดยเพิ่มอุณหภูมิระบบ

จะเห็นได้ว่าพืชต้องการทั้ง น้ำ และ แร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตในปริมาณที่พอเหมาะและต้องพอเพียงกับความต้องการด้วย ทั้งนี้อุณหภูมิก็เป็นตัวแปรสำคัญที่จะเป็นตัวกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาเคมีด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

007699

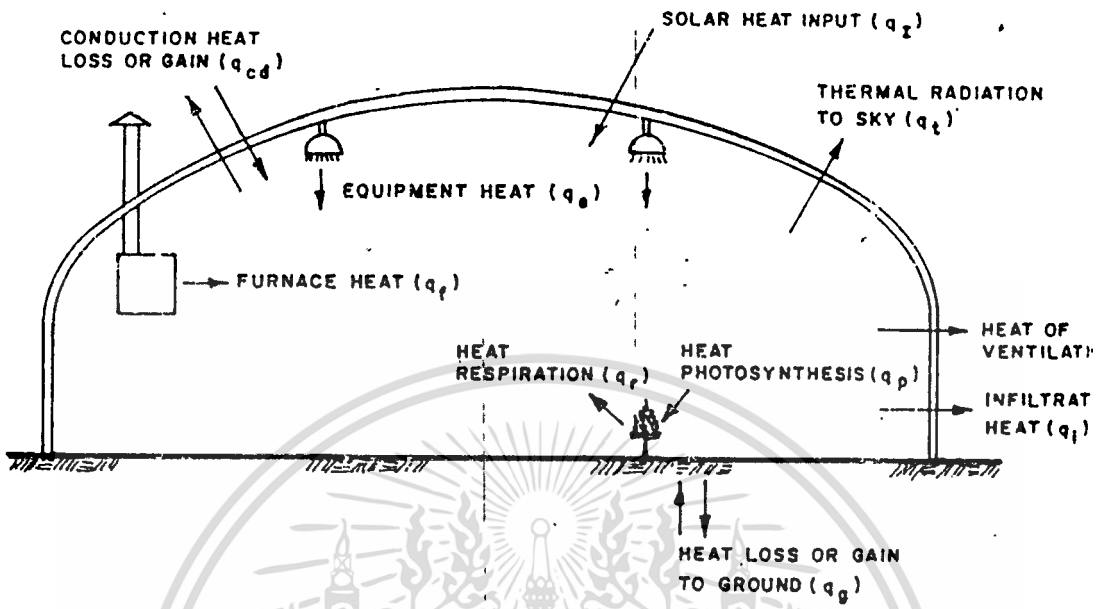
บทที่ 2
ปริมาณการหมุนเวียนอากาศ
ใน Greenhouse

การควบคุมอุณหภูมิที่สูงขึ้นใน Greenhouse อันเนื่องมาจาก การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ จะสามารถทำได้โดย การระบายความร้อนออกสู่ภายนอกโรงเรือน แต่ถ้าต้องการให้อากาศภายในมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศภายนอก ก็จำเป็นต้องใช้ Evaporative cooling ช่วยในการระบายอากาศเป็นการลดอุณหภูมิต่อนอากาศเข้า Greenhouse และเป็นการลดความเครียดที่เกิดกับต้นพืชอันเนื่องมาจากการสูญเสียน้ำ โดยการเพิ่มความชื้นอากาศขาเข้า ตามปกตินิยมใช้การระบายอากาศทั้งแบบธรรมดา (ใช้ลมพัดตามธรรมชาติ)และแบบบังคับ (ใช้พัดลมเป่า) แต่ถ้าเป็นระบบระบายอากาศแบบบังคับ มักใช้ควบคู่กับ Evaporative cooling เสมอ

เพื่อที่จะหาอัตราการระบายความร้อนอากาศ และ เพื่อการติดตั้ง Evaporative cooling ให้ได้ตามความต้องการ จำเป็นต้องมีการพิจารณาถึงสมดุลพลังงานภายในระบบ (Energy Balance) ซึ่งตามปกติโดยหลักการทางเทอร์โมไดนามิกส์ ความร้อนเข้าจะต้องเท่ากับความร้อนที่สูญเสียออกไปเสมอ โดยที่ในขณะที่กำลังพิจารณาอยู่นั้นให้ถือว่าเป็นสภาวะเสถียร (Steady State) เป็นสภาวะในการคำนวณหาค่า ความร้อนและการระบายความร้อนในโรงเรือน ทั้งนี้มีการพิจารณาในขณะกระตุ้น (dynamic non-steady-state) เพื่อเป็นการพิจารณาความสำคัญอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรออกแบบแต่ละชนิดต่างๆ

2.1 สมดุลพลังงาน (Energy Balance of A Greenhouse)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Energy losses and gains in a ventilated greenhouse.

รูป 1 เป็นการรวมพลังงานที่เกี่ยวข้องกับสมดุลพลังงานใน Greenhouse ทั้งนี้โดยการกำหนดให้ อุณหภูมิอากาศใน Greenhouse สูงกว่า อุณหภูมิอากาศภายนอก จากสมดุลพลังงานโดย First Law of Thermodynamic

$$E_{in} = E_{out}$$

เมื่อ E : Energy

$$Q_{in} = Q_{out}$$

เมื่อ Q : Heat

จาก figure 1. จะได้ว่า

$$Q_{in} = Q_{out}$$

$$Q_I + Q_e + Q_f + Q_r = Q_{cd} + Q_g + Q_v + Q_i + Q_t + Q_p$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ Q_I : Solar Radiation Heat

Q_e : Equipment Heat in Greenhouse (lights , motors etc.)

Q_f : Furnace Heat

หมายเหตุ $Q_f = 0$ เพราะในประเทศไทยไม่ต้องมีการติดตั้ง heater เพื่อช่วยให้ความร้อนแก่ต้นพืช ในขณะที่ต่างประเทศที่มีอากาศหนาวเย็นจำเป็นต้องมีการติดตั้ง

Q_r : Heat of Respirations

ตามปกติ ต้นพืชต้องมีการหายใจเพื่อเอา O_2 ไปใช้งานเช่นเดียวกับมนุษย์การหายใจย่อมต้องใช้พลังงาน และมีการถ่ายเทพลังงานออกมา Q_r เป็นพลังงานที่ได้จากการหายใจของพืชที่อยู่ใน Greenhouse โดยที่พลังงานส่วนนี้มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับ Q_I ดังนั้นจึง ประมาณ = 0

Q_{cd} : Conduction Heat

เมื่อเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวหน้าทั้งสองข้างของตัวกลางส่งผ่าน (Gradient Temperature) จะเกิดการส่งถ่ายพลังงานจากที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยมีการนำความร้อนผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็ง ในที่นี้คือ แผ่นพลาสติกใส

Q_g : Ground Conduction Heat

เป็นการนำความร้อนผ่านตัวกลางที่เป็นพื้นดิน มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับการนำความร้อนผ่านผนังด้านต่าง ๆ

Q_v : Ventilation heat

เกิดในขณะที่อากาศภายนอกไหลพัดผ่านเข้าหรือออกจากโครงสร้างของ Greenhouse หรือเมื่อมีความแตกต่างทางด้านอุณหภูมิภายในเมื่อเทียบกับภายนอกระบบ พลังงานหรือความร้อนที่ได้รับการถ่ายเท โดยใช้พัดลม หรือไม่ใช้พัดลม(การไหลเวียนของอากาศด้วยตัวเอง) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลหรือการพัดพาของอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Q_i : **Infiltration Heat**

เกิดเมื่ออากาศสามารถเคลื่อนตัวผ่านรอยรั่ว ช่องเปิดของ Greenhouse รวมทั้งอากาศเคลื่อนตัวผ่านออกทางประตูด้วย

Q_p : **Photosynthesis Energy**

เป็นพลังงานที่ต้นพืชรับเข้าและส่งออกอันเนื่องมาจากการสังเคราะห์แสง ทั้งนี้เนื่องจากการสังเคราะห์แสงของพืชต้องใช้พลังงานไปส่งหนึ่ง และอีกส่วนหนึ่งแปรเปลี่ยนออกมาเป็นพลังงาน โดยมากจะอยู่ในรูปของความร้อน

หมายเหตุ พลังงานเนื่องจากการสังเคราะห์แสงของพืชมากกว่าพลังงานเนื่องจากการหายใจ (Respiration Heat) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับ heat loss หรือ heat gain อื่นๆแล้ว นับว่าน้อยมาก ประมาณ 2 - 3 % ของพลังงานทั้งหมด จึงไม่นำมาพิจารณาในสมการนี้

ในแต่ละเทอมของสมการสามารถแทนได้ด้วยความสัมพันธ์และตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้ แต่ทั้งนี้ในเทอมที่มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับเทอมอื่นแล้วจะสามารถตัดทิ้งไม่นำมาพิจารณา (neglected) ดังเช่น ความร้อนเนื่องจากการหายใจของพืช (Heat of Respiration ,Q_r) น้อยมาก ทั้งนี้เนื่องจากผลของ ชนิดพืช ช่วงเวลาแสง อุณหภูมิ ซึ่งมีค่าประมาณ 1/10 ของพลังงานในการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis Heat , Q_p) แต่ในขณะเดียวกัน พลังงานในการสังเคราะห์แสง ก็ยังมีปริมาณเพียง 3% ของพลังงานที่รับเข้า และ สูญเสียออกไป ซึ่งนับว่าน้อยมากและ สามารถตัดทิ้งได้เลย

การส่งผ่านความร้อนจากพื้นดิน (Q_g) สามารถเป็นได้ทั้งการส่งและ รับความร้อนได้พร้อม ๆกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิภายในโรงเรือนว่าจะสูงกว่า อุณหภูมิพื้นดิน หรือไม่ ซึ่งพื้นดินบางครั้งเป็นฉนวนใช้ในการเก็บพลังงานความร้อนได้ดี แต่ในกรณีที่ไม่เป็นฉนวน การส่งผ่านความร้อนโดยการนำพาความร้อนจากพื้นจะน้อยมากเมื่อเทียบกับ การส่งผ่านความร้อนจากดวงอาทิตย์ผ่านผนังและหลังคา Greenhouse สู่ภายใน Greenhouse ดังนั้น จึงไม่นำมาพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนอันเนื่องจากอุปกรณ์พิเศษ (Q_e) จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเดินเครื่องหรืออุปกรณ์นั้น โดย ทั่วไปจะเป็นพวก หลอดไฟ มอเตอร์ไฟฟ้า เพื่อควบคุมสภาวะแวดล้อมตามต้องการ

ความร้อนอันเนื่องจากอุปกรณ์ให้ความร้อน (Q_f) เป็นสิ่งที่เพิ่มกับพืชที่ต้องการอุณหภูมิค่อนข้างร้อนในประเทศเมืองหนาว แต่การทำเช่นนี้จะมีผลกับความชื้นของระบบ การทำงานของเครื่องให้ความร้อนต้องอาศัยข้อมูลจาก ผู้ผลิตอุปกรณ์นั้น ๆ ด้วย

2.2 การแผ่ความร้อนจากดวงอาทิตย์ (Solar Radiation Heat Gain)

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นส่วนสำคัญในการเจริญเติบโตของพืช แต่ในขณะเดียวกันถ้าพลังงานที่พืชรับมากเกินความจำเป็น ก็ต้องอาศัยม่านบังแดดเป็นตัวลดพลังงานจากดวงอาทิตย์ ซึ่งในระหว่างฤดูหนาวและฤดูร้อนค่าพลังงานที่พืชต้องการย่อมไม่เท่ากัน ทั้งนี้เนื่องมาจากองค์ประกอบทางธรรมชาติ อาทิ เมฆ หมอก ความชื้นอากาศ ฯลฯ ซึ่งในแต่ละช่วงเวลาเราสามารถคำนวณค่าพลังงาน ความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้โดย สมการ

$$Q_I = T \times I_s \times A_f$$

: Solar Radiation Heat Input

เมื่อ

T : Transmittance of the Greenhouse cover to Solar Radiation , dimensionless

I_s : Intensity of Solar Radiation , kW/ m^2

A_f : Greenhouse floor area , m^2

หรือ

$$Q_I = T \times (1-r) \times I$$

เมื่อ

T : The light transmittance of the Greenhouse

r : The average reflectivity of the Greenhouse

I : Solar Irradiance , W/m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 Transmissivity of Glazing Materials.

	TRANSMISSIVITY	
	Solar	Infrared
Temperature of Radiation Source (^{o}F)	10,000	80
Wavelength of Radiation (nanometers)	380-2,000	4,000-10,000
MATERIAL		
Window Glass	0.85	0.02
Fiberglass	0.88	0.02
Acrylic	0.92	0.02
Polycarbonate	0.85	0.01
Polyethylene	0.92	0.81
Acrylic,double layer extrusion	0.83	<0.02
Polycarbonate ,double layer extrusion	0.77	<0.01

2.3 การนำความร้อน (Conduction Heat Gain & Loss)

เมื่อเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิ (Gradient Temperature) ระหว่างผิวหน้าทั้งสองข้างของตัวกลางส่งผ่าน จะทำให้เกิดการส่งถ่ายพลังงานจากที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยมีการนำความร้อนผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็ง ในที่นี้คือ แผ่นพลาสติกใส

$$Q_{cd} = U \times A \times \Delta T$$

: Conduction Heat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ U : Overall Heat Transfer Coefficient, BTU/ ft^2.hrs.F

A : Area Cover Greenhouse , ft^2 หรือ m^2

ΔT : Temperature Difference ,

: Inside Temperature Design -Outside Temperature

ตารางที่ 3 Heat Loss through Various Greenhouse Covering

Covering Material	U , Heat Loss (BTU/ ft^2.hrs.F)
Glass	1.13
Glass ,double layer 1/4 in. space	0.65
PVC.	0.92
Fiberglass reinforced panel (FRP)	1.00
Acrylic single 1/8 in. (Plexiglass)	1.00
Acrylic double layer rigid panel	0.56
Polycarbonate double layer rigid panel	0.62
Polyethylene Film, single layer (2,4,6 mm.)	1.15
Polyethylene Film, double layer	0.70

มีพลังงานมากมายที่สามารถส่งผ่านได้ทางผนัง ค่าที่ได้จากการคำนวณเป็นได้ทั้งบวกและ ลบ ได้ ตามปกติผนังที่ปกคลุม Greenhouse จะเป็นวัสดุใส ซึ่งการเป็นฉนวนที่เลว การเสียความร้อนโดยการนำความร้อนเป็นส่วนสำคัญในการพิจารณาความร้อนของระบบ เพื่อที่จะลดการสูญเสียความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนนี้จึงมีการทำผนังเป็น 2 และ 3 ชั้นและในส่วนอื่นๆ ของ Greenhouse ใช้วัสดุที่เป็นฉนวนกันแสง หรือฉนวนพิเศษ ตามปกติการสูญเสียความร้อนเนื่องจากการนำความร้อนจะเกิดในเวลากลางคืนมากกว่ากลางวันทั้งนี้เพราะ อุณหภูมิภายใน Greenhousse สูงกว่าอากาศภายนอก การทำ Evaporative Cooling สามารถลดอุณหภูมิภายใน Greenhouse ลงได้ ซึ่งพลังงานที่เกิดจากการนำความร้อนสามารถ แทนได้ด้วยสมการการนำความร้อนผ่านตัวกลางแข็ง

2.4 พลังงานเนื่องจากการถ่ายเทความร้อน (Heat of Ventilation)

เกิดในขณะที่อากาศภายนอกไหลพัดผ่านเข้าหรือออกจากโครงสร้างของ Greenhouse หรือเมื่อมีความแตกต่างทางด้านอุณหภูมิภายในเมื่อเทียบกับภายนอกระบบ พลังงานหรือความร้อนที่ได้รับการถ่ายเท โดยใช้พัดลม หรือไม่ใช้พัดลม(การไหลเวียนของอากาศด้วยตัวเอง) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลหรือการพัดพาของอากาศ เป็นหลักกสำคัญในการคำนวณความร้อนที่เกิดขึ้นภายใน Greenhouse ซึ่งความร้อนที่ถูกระบายออกจะประกอบด้วยความร้อนแฝง (Latent Heat) และความร้อนสัมผัส (Sensible Heat)

$$Q_v = q_s + q_l$$

เมื่อ q_s = sensible heat , kJ/s

q_l = latent heat , kJ/s

ความร้อนสัมผัสเป็นส่วนหนึ่งของพลังงานความร้อนที่ออกจากระบบโดยการถ่ายเทความร้อนทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในอากาศ

$$q_s = \text{Sensible heat}$$

$$= \frac{M}{V} \times C_p \times \pm T$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ M : Air Mass Movement by Ventilation , kg/s

C_p : Specific Heat of Air , (1.007 kJ/kg.K)

ΔT : Temperature Difference

: Inside Temperature Design - Outside Temperature

V : Specific Volume of Air at Inside Condition for Exhaust Fans and at Outside Condition for Pressure System, m^3/kg dry air

ถ้าใช้ Evaporative Cooling อุณหภูมิอากาศภายนอกที่เข้ามาใน Greenhouse จะเปลี่ยนเป็นดังสมการนี้

$$T'_o = T_o - \text{eff Evap } (T_o - T_{wb})$$

ตามปกติ Evaporative Cooling จะมี eff Evap 85 % ดังนั้น

$$T'_o = T_o - \text{eff Evap } (T_o - T_{wb})$$
$$= 0.15T_o + 0.85\ T_{wb}$$

เมื่อ T'_o : อุณหภูมิอากาศที่ออกจาก Evaporative Cooling

T_{wb} : wet bulb Temperature ของอากาศภายนอก

ความร้อนแฝงเป็นความร้อนที่ทำให้เกิดการระเหยกลายเป็นไอ เป็นผลให้มีการระเหยของน้ำที่ใบไม้พืช และการระเหยของน้ำในดิน สามารถคำนวณได้จากสมการ

q_l : Latent Heat

$= E \times F \times Q_I$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ E : the ratio of evapotranspiration to solar radiation

F : the portion of Greenhouse space actually in plant

Q_I : Solar radiation Heat

หรือ

q_s : Sensible heat

$= VA \times D \times C_p \times (T_i - T_o)$

โดย

VA : Ventilation rate per unit floor area , $(m^3/s.m^2)$

C_p : Specific Heat of Air ,(1.007 kJ/kg.K)

D : Density , kg/m^3

T : Temperature inside and outside Greenhouse

หรือ q_l : Latent heat

$= E \times T \times (1-r) \times I$

โดย

T : The light transmission of the Greenhouse

r : average reflectivity of the Greenhouse

I : Solar irradiance , W/m^2

E : Fraction of absorbed Solar radiation

ในสภาพอากาศที่แห้ง ความชื้นลดต่ำลง การระเหยของน้ำจากใบไม้สูงขึ้น เป็นสาเหตุให้พืชต้องการน้ำ เพื่อคงสภาพไม่เหี่ยวเฉา และในกรณีที่ความชื้นสูงการระเหยของน้ำจะถูกกระทำโดยการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ค่า E ที่แนะนำให้ใช้ คือ 0.5

$$q_l = 0.5xT \times (1-r) \times I$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 พลังงานที่ออกเนื่องจากรอยแตกและช่องเปิดต่าง ๆ (Infiltration heat)

ที่จริงแล้วก็เป็นส่วนหนึ่งของพลังงานที่สูญเสียออกโดยการถ่ายเทความร้อน การแทรกซึมผ่านของความร้อนเป็นการเคลื่อนตัวของอากาศผ่านช่องเปิด ใน Greenhouse Structure ซึ่งเกี่ยวข้องกับ ความแตกต่างทางความกดดันของอากาศ และ การลอยตัวของอุณหภูมิ

สามารถลดได้โดยการปิดช่องเปิดทุกส่วนให้หมด เน้นการบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพรวมถึงการเลือกใช้วัสดุโครงสร้างที่ดี ซึ่งค่า Infiltration Heat สามารถแทนได้จากตารางที่ 4

ตารางที่ 4 NATURAL INFILTRATION AIR EXCHANGE FOR GREENHOUSES

Construction	System	Air Exchanges per hours
New construction	Glass or Fiberglass	0.75 - 1.5
New construction	Double layer Plastic film	0.5 - 1.0
Old construction		1 - 2
Old construction	Glass poor condition	2 - 4

2.6 การแผ่รังสีความร้อนระหว่างวัตถุ (Thermal Radiation Exchange)

เป็นการถ่ายเทความร้อนกันระหว่างผนังของ Greenhouse กับ บรรยากาศรอบนอก ซึ่งเกิดขึ้นตามปกติที่ผนังของวัตถุสองชนิดจะมีการแผ่รังสีจากผิวหนึ่งไปยังอีกผิวหนึ่งในรูปคลื่นความร้อน และจำเป็นต้องนำมาคิดคำนวณถ้า ผนังนั้นเป็น Polyetylene ซึ่งมีการส่งผ่านความร้อนได้ดี สามารถคำนวณได้จาก

$$Q_t = E_s * T_t * A_f * \beta(T^4_i - E_a T^4_o)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ E_s : average emissivity of the interior surface

T_t : thermal transmittance

A_f : Greenhouse floor area

σ : Stefan Boltzmann's constant ($5.67*10^{-8}$ W/m^2)

E_a : apparent atmospheric emissivity from table

T_i : interior temperature

T_o : ambient temperature

ตารางที่ 5 APPARENT EMISSIVITY OF THE ATMOSPHERE

Dewpoint Temperature ^oC	E_a
-17.8	0.73
-6.7	0.775
4.4	0.818
15.6	0.858
26.7	0.883

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
หลักการทางความร้อน

GREENHOUSE ถูกนำมาใช้ในงานทางการเกษตรเพื่อที่จะทำให้เกิดความเหมาะสมของสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกพืชและการเจริญเติบโตของพืช และประโยชน์ที่ได้รับเป็นผลพลอยได้ คือ ผลของลม ฝน หิมะ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายใน Greenhouse เป็นผลมาจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ แต่ถ้าในวันที่หรือสถานที่ที่มีการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์น้อยจำเป็นต้องมี heater เสริมเพื่อให้สภาวะภายในเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของต้นพืช

Solar Radiation เป็นการส่งผ่านความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยอาศัยการแผ่รังสีความร้อนอันเนื่องมาจากพลังงานความร้อนที่ส่งออกมาในรูปคลื่นความร้อน ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามเส้น latitude ของแต่ละพื้นที่ที่แสงตกกระทบ และเวลาที่ตกกระทบในแต่ละวัน แต่ละเดือนที่ตกกระทบพื้นผิวโลก แต่ก็ไม่ทั้งหมดของคลื่นพลังงานความร้อนที่ตกกระทบ GREENHOUSE จะส่งผ่านเข้าไปยังด้านใน บางส่วนจะถูกสะท้อนออก บางส่วนถูกดูดไว้โดยส่วนที่ปกคลุมอยู่ด้านนอกของโครงสร้าง อัตราส่วนของการส่งผ่านรังสีถูกนำมาวิเคราะห์ในเรื่องของการเลือกนำวัสดุปกคลุมมาใช้ให้เหมาะสมกับสภาวะที่ต้องการให้เป็น ทั้งนี้ก็ต้องพิจารณาถึงวัน เดือน และปีด้วย

3.1 การระบายความร้อนออกจาก GREENHOUSE

เหตุผลสำคัญที่ต้องมีการระบายอากาศออกจาก GREENHOUSE ก็เพื่อ

3.1.1. เพื่อการควบคุมอุณหภูมิภายใน GREENHOUSE ให้อยู่ในสภาวะที่พืชต้องการ

3.1.2. เพื่อควบคุมปริมาณน้ำให้เหมาะสมกับขนาดความต้องการของต้นพืช

3.1.3. เพื่อควบคุมปริมาณ CO_2 ให้เหมาะกับการสังเคราะห์แสงของพืช

ซึ่งเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้ Greenhouse มีความเหมาะสมในการดำรงอยู่ของพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การสูญเสียพลังงานความร้อนออกจาก GREENHOUSE

พลังงานความร้อนที่ออกจาก Greenhouse เราสามารถคาดการณ์ คำนวณได้ ทั้งนี้เพื่อหาขนาดของ Greenhouse Heater ที่พอเหมาะกับความจำเป็น การพิจารณาการไหลเชิงความร้อนที่ออกจาก Greenhouse สามารถแยกพิจารณาออกได้เป็น 2 ทาง คือ

3.2.1 โดยการนำความร้อนผ่านผนัง

3.2.2 โดยการไหลของความร้อนออกทางช่องเปิดต่างๆ

นั่นคือ

$$Q = Q_c + Q_i$$

เมื่อ

Q_c : การนำความร้อนผ่านผนัง

the conductive heat loss (W/m^2)

Q_i : การไหลของความร้อนออกทางช่องเปิด

the loss by air infiltration (W/m^2)

ทั้งนี้เราสามารถอธิบายความหมายของ the conductive heat loss โดยสมการ

$$Q_c = k \times (A_c / A_g) \times (T_i - T_o) \qquad W/m^2$$

โดย A_c - the area of greenhouse cover , m^2

A_g - the ground area of greenhouse , m^2

k - the overall heat coefficient of cover , W/m^2K

$T_i - T_o$ - temperature difference between inside and outside

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้าในกรณีที่ผนังที่ในปกคลุม greenhouse ไม่ได้ใช้วัสดุชนิดเดียวกันตลอดก็สามารถคำนวณค่า k ได้เช่นกันดังนี้

$$k = 1 / (R_i + R_s + R_o) \qquad W / m^2K$$

เมื่อ

R_i - thermal resistance of inner surface

R_s - thermal resistance of the material forming element

R_o - thermal resistance of outer surface

ตารางที่ 6 Thermal Resistance of Greenhouse Covering Material (R_s)

Covering Material	m^2K / W
Single Glass	0.01
Single plastic sheet, corrugated 1 mm. thick	0.01
Rigid double layer with air space : 15 mm.	0.24
12 mm.	0.11
6 mm.	0.09
Single Plastic film sheet , PVC ,PE	0.01
Double layer Plastic , Air space : 12 mm.	0.15
5 mm.	0.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 Inner Surface Resistance of Greenhouse Cover (R_i)

Heating system	m^2K / W
High level pipes	0.09
Pipes on walls and stanchions	0.09
Pipes under benches	0.10
Pipes on floor	0.12
High level air heaters	0.09
Ducted air heating	0.10
Mixed pipes and air heating	0.10

ที่พื้นผิวด้านนอกของ Greenhouse ความร้อนจะถูกนำผ่านโดย การพาความร้อนแบบบังคับ (Forced Convection) และ การแผ่รังสีความร้อน (Thermal Radiation)

ตารางที่ 8 Outer Surface Resistance of Greenhouse Cover (R_o)

Exposure to wind	Wall	Roof (m^2 K/W)
Sheltered	0.08	0.07
Normal	0.055	0.045
Exposed	0.03	0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสูญเสียความร้อนเนื่องจากการไหลของความร้อนออกทางช่องเปิด

$$Q_i = (ACR \times V / A_g) D \times C_p \times (T_i - T_o) /3600 \quad W/m^2$$

เมื่อ ACR - The Rate of Air Exchange , h^{-1}

V - Volume of Greenhouse , m^3

D - The density of Air , kg/m^3

C_p - The Specific Heat of Air at constant temperature

จากสมการของ การนำความร้อน และ การไหลของความร้อนออกทางช่องเปิด สามารถนำมารวมกันเป็นสมการเดียวกันได้โดย แปลงค่า Coefficient of heat loss by air infiltration จะได้ว่า

$$k_i = \frac{ACR \times V \times D \times C_p}{3600 \times A_c}$$

รวม total Heat loss ได้เป็น

$$Q = \frac{(k + k_i) A_c (T_i - T_o)}{A_g} \quad W / m^2$$

การเลือกค่าที่เหมาะสมในการคำนวณ Mass & Heat Transfer

จากความรู้เกี่ยวกับเงื่อนไขต่างๆ จะส่งผลถึงการใช้ประโยชน์ในการสร้าง และเข้าใจลักษณะโครงสร้าง และอุปกรณ์ต่าง ๆ จะนำมาสู่สมดุลทางความร้อน และความชื้นภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรงเรือน Greenhouse จากที่กล่าวมาทั้งหมด <u>ปัจจัยในการออกแบบ</u> คือ

1. Interior Design condition

เพื่อที่จะพิจารณาความต้องการการระบายอากาศ สิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึงคือ การจำกัดและควบคุมอุณหภูมิภายใน Greenhouse เพื่อที่จะหาอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกพืชมากที่สุด และโดยการคำนึงภาวะทางเศรษฐศาสตร์ด้วย ทั้งนี้ความต้องการอุณหภูมิใน Greenhouse แตกต่างกันไปมากมายตามแต่ ชนิดของพืช ฤดูกาล วัน ความแตกต่างของอุณหภูมิตอนกลางวันกับตอนกลางคืนก็ต้องคำนึงถึงเช่นกันเพื่อที่จะให้สามารถเพาะปลูกได้มากมายจึงกำหนดช่วงอุณหภูมิไว้ที่ 10 - 28 ^{o}C อุณหภูมิที่เกิดใน Greenhouse จะเกิดค่าที่ตั้งไว้เสมอในวันที่มีอากาศแจ่มใส ถ้าระบบการระบายอากาศถ่ายเทความร้อนไม่สามารถลดอุณหภูมิลงได้ก็จำเป็นต้องใช้ Evaporative Cooling เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิ

ถึงแม้ว่าอุณหภูมิจะเป็นค่าตัวแปรวิกฤตที่ต้องคำนึงถึงอย่างมากก็ตาม ความชื้นก็เป็นตัวแปรที่ต้องนึกถึงควบคู่กันไป ในกรณีที่ความชื้นต่ำกว่า 70 % จะทำให้พืชเกิดความกดดันในการคายน้ำออกทางใบ จึงจำเป็นต้องการการเพิ่มความชื้นให้กับระบบ ทั้งนี้ก็โดยการ Evaporative cooling ช่วยเพิ่มความชื้นให้ระบบการระบายอากาศอีกทาง

2. Exterior Design condition

อากาศภายนอก Greenhouse เป็นเพียงองค์ประกอบในการพิจารณา เพราะแต่ละสถานที่ย่อมมีอุณหภูมิแตกต่างกันไป ดังนั้นการสร้าง Greenhouse ต้องคำนึงถึงอุณหภูมิอากาศภายนอกด้วย และเพื่อให้ Greenhouse ที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้ผลดีตลอดทั้งปี จำเป็นต้องมีการหาข้อมูล ความเหมาะสมทางอุณหภูมิภายนอกด้วย

3. Characteristics of the Glazing Material

จากสมดุลทางพลังงานจะเห็นได้ว่า ชนิดของวัสดุ เป็นสิ่งสำคัญมากในการส่งผ่านความร้อน ส่งทะลุผ่านของพลังงานจากแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1) **Transmission of Solar Radiation** พลังงานที่ได้รับจากดวงอาทิตย์เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้พืชเจริญเติบโต แต่ก็ต้องในปริมาณที่พอเหมาะดังนั้น Shading compound จึงถูกนำมาใช้บังเพื่อป้องกันการแผ่รังสีที่มากเกินไป ในฤดูร้อน ไม่เพียงแต่การใช้ Shading compound เท่านั้นยังต้องคำนึงถึงวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำผนังด้วย

การส่งผ่านความร้อนสามารถเป็นได้ทั้ง การได้รับการแผ่รังสีโดยตรง (direct Solar radiation)ซึ่งมุมที่ตกกระทบมีความสำคัญอย่างมากในการส่งผ่านพลังงาน และการแผ่กระจายอันเนื่องจากการแผ่รังสี (Diffuse Solar radiation)

3.2) **Transmission of Thermal Radiation** ตามปกติย่อมต้องมีการแผ่รังสีความร้อนระหว่างพื้นดิน ต้นพืช พุ่มไม้ ฯลฯ กับ ท้องฟ้า บรรยากาศรอบนอก

ตารางที่ 9, APPROXIMATIONS OF HEAT TRANSFEER COEFFICIENTS FOR GREENHOUSE GLAZING METHODS AND MATERIALS

Greenhouse Covering	$W/m^2\ ^oC$	$Btu/h\ ^oF\ ft^2$
Single glass (sealed)	6.3	1.1
Single plastic	6.8	1.2
Single fiberglass	6.8	1.2
Double plastic,Polyethylene	4.0	0.7
Rigid double wall acrylic	3.0	0.5
Double glass (sealed)	3.0	0.5
Single glass & Thermal Blanket	3.0	0.5
Double plastic & Thermal Blanket	2.5	0.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Conduction Heat Transfer Coefficient

ค่าสัมประสิทธิการส่งผ่านความร้อน U นำมาพิจารณาการนำความร้อนผ่านพื้นผิว ซึ่งสามารถใช้ค่า Heat transmission coefficient แทนได้แต่ค่าที่ได้จากการคำนวณจะน้อยกว่าการใช้ค่า U ค่าที่ได้จากการคำนวณไม่เพียงแต่สามารถประมาณค่าการสูญเสียความร้อนอันเนื่องจากการนำความร้อนผ่านผนังเท่านั้นแต่ยังหมายถึงการแผ่รังสีแลกเปลี่ยนทางความร้อนด้วย ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสามารถเลือกได้จากตารางค่า U ทั้งนี้เลือกจากวัสดุที่นำมาปกคลุม Greenhouse นั้น ซึ่งก็ให้ค่าการนำความร้อนที่แตกต่างกันไปแต่ละชนิดของวัสดุด้วย

5. Solar Radiation Intensity

พลังงานความร้อนส่วนมากที่จำเป็นต้องระบายออกเกิดมาจากพลังงานจากดวงอาทิตย์ ซึ่งแหล่งความร้อนนี้จะแปรเปลี่ยนไปแต่ละวันและเวลาตามทิศทางของดวงอาทิตย์และมุมที่รับแสง ดังนั้นการที่ได้ค่าพลังงานจากดวงอาทิตย์ จึงเป็นเป้าหมายเพื่อการกำจัดความร้อน ออกจาก Greenhouse ทั้งนี้ตามมาตรฐานที่ ASHRAE เคยทดลองวัดค่าจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 1322 - 1358 W/m^2 ซึ่งโดยปกติในช่วงเวลา เที่ยงวัน จะให้พลังงานความร้อนออกมาสูงสุด ซึ่งจากค่าพลังงานความร้อนนี้ จะใช้เป็นค่าหลักในการคำนวณการระบายความร้อนออก เราสามารถคำนวณค่าความเข้มพลังงานความร้อนโดย

$$I = (C + \sin \beta) \times A \times e^{(-B/\sin \beta)}$$

เมื่อ

I ความเข้มแสงจากดวงอาทิตย์

A , B , C เป็นค่าคงที่ จากตาราง

β เป็น Solar altitude

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๔๐ Solar Radiation Intensity and Calculation constants

Month	A (W/m^2)	B	C
January	1230	0.142	0.058
February	1214	0.144	0.060
March	1185	0.156	0.071
April	1135	0.180	0.097
May	1103	0.196	0.121
June	1088	0.205	0.134
July	1085	0.207	0.136
August	1107	0.201	0.122
September	1151	0.177	0.092
October	1192	0.160	0.073
November	1220	0.149	0.063
December	1233	0.142	0.057

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

Evaporative Cooling

การนำ Evaporative Cooling เป็นที่ยอมรับกันทางในทางเศรษฐศาสตร์และเป็นส่วนที่เพิ่มขึ้นเพื่อใช้กับบริเวณที่มีอากาศแห้งมาก ซึ่ง Evaporative Cooling สามารถนำไปติดตั้งได้ทั้งในโรงเรือนที่เลี้ยงสัตว์ และ Greenhouse เพื่อเป็นอุปกรณ์ช่วยในการปรับสภาพอุณหภูมิภายในโรงเรือนนั้น

หลักการของ EVAPORATIVE COOLING

เมื่ออากาศในสภาพไม่อิ่มตัว (non-Saturated Air) สัมผัสกับไอน้ำอิสระที่เกิดจากการระเหยเนื่องจากการได้รับความร้อนแผงอากาศ มีการส่งผ่านระหว่างพลังงานและมวล เพราะว่าความดันไอของไอน้ำอิสระสูงกว่าของอากาศไม่อิ่มตัวมาก น้ำจะถูกส่งผ่านไปทั้งนี้เนื่องจากเกิดความแตกต่างของความดันไอนั่นเอง การส่งผ่านนี้เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสถานะระหว่างของเหลวเป็นไอ ซึ่งจำเป็นต้องการความร้อนจำนวนหนึ่งในการเปลี่ยนสถานะเป็นไอ และความร้อนนี้เองเป็นความร้อนสัมผัส (Sensible Heat)ของ อากาศและน้ำ เป็นผลทำให้อุณหภูมิอากาศและน้ำลดลง เกิดเป็นอุณหภูมิกลางที่เกิดเนื่องจากส่วนผสมของไอน้ำและอากาศ (Air-Vapor Mixture) การเปลี่ยนแปลงความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงและเกิดสมดุลทางเทอร์โมไดนามิกส์

และถ้าไม่มีความร้อนภายนอกเข้ามารบกวนกระบวนการ พลังงานความร้อนสุดท้ายจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง นั่นคือเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบ Adiabatic ของความร้อนแผงของการเปลี่ยนแปลงสถานะ ซึ่งเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกับสิ่งแวดล้อมของระบบ จากการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำที่อุณหภูมิผสมไอน้ำกับอากาศ (Air Vapor Mixture)

กระบวนการที่เกิดขึ้นนี้สามารถอธิบายได้โดยอาศัย Psychrometric Chart ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าจุด A แทน อากาศภายนอก (Outdoor Air) เคลื่อนที่เข้าผ่านการทำความเย็น(ลดอุณหภูมิ) ซึ่งจะเคลื่อนที่ไปตามเส้น Wet Bulb ทั้งนี้เป็นผลมาจาก Adiabatic System ทำให้พลังงานคงที่ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะดำเนินไปตามเส้นพลังงานคงที่ (Enthalpy) คงที่ จนถึงจุด B ซึ่งเป็นจุดที่อากาศอิ่มตัวที่ Enthalpy และ Wet bulb นั้น

แต่ในความเป็นจริงแล้วการที่อากาศจะอิ่มตัวสมบูรณ์ไม่สามารถเกิดขึ้นได้เลย ดังนั้นอากาศที่ออกจากส่วนลดอุณหภูมิทำความเย็นจึงทำได้เพียงแค่ จุด C เท่านั้น ซึ่ง Wet Bulb ยังคงที่ แต่ Dry Bulb จะลดลงและความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ก็เพิ่มขึ้นด้วย

Evaporative cooling for Greenhouse

ในระบบของ Greenhouse การทำ Evaporative cooling ถูกใช้เพื่อลดอุณหภูมิและทำให้อากาศเข้าอิ่มตัว พืชจะเจริญเติบโตได้ดีเมื่อความชื้นสูง เพราะการระเหยของน้ำที่ใบลดลง ช่วงความชื้นที่พืชต้องการคือ 70 - 85 เปอร์เซนต์ และอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 21 ^{o}C ถึง 27 ^{o}C ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ระดับความเข้มของแสงเพื่อการสังเคราะห์แสง และ ชนิดพืช

ใน Greenhouse เมื่อได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ อุณหภูมิภายในจะเพิ่มมากขึ้นแต่ความชื้นสัมพัทธ์ไอน้ำในอากาศลดลง จากการทดลองความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซนต์ที่ออกจาก pad ลดลงเหลือ 80 เปอร์เซนต์ หลังจากเคลื่อนที่ไป 3 เมตร

ใน Greenhouse ค่าต่ำสุดของการระบายอากาศที่ควรใช้ ประมาณ 3/4 ถึง 1 ของอัตราการเปลี่ยนแปลงอากาศ ต่อ นาที โดยที่ในวันแสงดีท้องฟ้าแจ่มใส 3/4 ของอัตราการเปลี่ยนแปลงอากาศสามารถทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป 6 องศา และที่ 1 เท่าของอัตราการเปลี่ยนแปลงอากาศสามารถทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป 5 องศานับจากทางเข้าจนออกจากส่วนทำความเย็น

ในการติดตั้ง Evaporative Cooling จำเป็นต้องมีการคำนวณระยะการติดตั้งเพื่อป้องกันการเกิด Stagnant Hot Spot ทั้งนี้โดยใช้สมการ

$$V = \frac{5.5}{D^{1/2}}$$

V : ความเร็วอากาศเนื่องจากพัดลม

D : ระยะห่างระหว่างพัดลมแต่ละตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PSYCHROMETRIC CHART Normal Temperatures

Barometric Pressure 29.92 Inches of Mercury

Enthalpy at saturation, Btu per pound of dry air

Grains of moisture per pound of dry air

Pounds of moisture per pound of dry air

ADDITIVE CORRECTIONS FOR W, h, AND v WHEN BAROMETRIC PRESSURE DIFFERS FROM STANDARD BAROMETER

Wet-Bulb Temp.	Sat. Vapor Press.	APPROXIMATE ALTITUDE IN FEET									
		−900		900		1800		2700		3600	
		$p_b - p = 1$		$p_b - p = 1$		$p_b - p = 2$		$p_b - p = 3$		$p_b - p = 4$	
t_{wb}	p_s	$-W_{wb}$	v	$-W_{wb}$	v	$-W_{wb}$	v	$-W_{wb}$	v	$-W_{wb}$	v
32	.197	−.53	−.0028	.53	.0028	1.11	.0029	1.72	.0030	2.35	.0030
33	.206	−.53	−.0028	.53	.0028	1.12	.0029	1.74	.0030	2.37	.0031
34	.215	−.53	−.0028	.54	.0028	1.12	.0029	1.75	.0030	2.39	.0031
35	.225	−.54	−.0029	.54	.0029	1.13	.0029	1.76	.0030	2.41	.0031
36	.235	−.54	−.0029	.54	.0029	1.13	.0029	1.77	.0030	2.42	.0031
37	.245	−.54	−.0029	.55	.0029	1.14	.0029	1.78	.0030	2.44	.0031
38	.255	−.54	−.0029	.55	.0029	1.14	.0029	1.79	.0030	2.46	.0031
39	.266	−.54	−.0029	.55	.0029	1.15	.0029	1.80	.0030	2.47	.0031
40	.277	−.54	−.0029	.56	.0029	1.15	.0029	1.81	.0030	2.49	.0031
41	.288	−.54	−.0029	.56	.0029	1.16	.0029	1.82	.0030	2.50	.0031
42	.299	−.54	−.0029	.56	.0029	1.16	.0029	1.83	.0030	2.52	.0031
43	.311	−.54	−.0029	.57	.0029	1.17	.0029	1.84	.0030	2.53	.0031
44	.323	−.54	−.0029	.57	.0029	1.17	.0029	1.85	.0030	2.55	.0031
45	.336	−.54	−.0029	.57	.0029	1.18	.0029	1.86	.0030	2.56	.0031
46	.349	−.54	−.0029	.58	.0029	1.18	.0029	1.87	.0030	2.58	.0031
47	.362	−.54	−.0029	.58	.0029	1.19	.0029	1.88	.0030	2.59	.0031
48	.376	−.54	−.0029	.58	.0029	1.19	.0029	1.89	.0030	2.61	.0031
49	.390	−.54	−.0029	.59	.0029	1.20	.0029	1.90	.0030	2.62	.0031
50	.404	−.54	−.0029	.59	.0029	1.20	.0029	1.91	.0030	2.64	.0031
51	.419	−.54	−.0029	.60	.0029	1.21	.0029	1.92	.0030	2.65	.0031
52	.434	−.54	−.0029	.60	.0029	1.21	.0029	1.93	.0030	2.67	.0031
53	.450	−.54	−.0029	.61	.0029	1.22	.0029	1.94	.0030	2.68	.0031
54	.466	−.54	−.0029	.61	.0029	1.22	.0029	1.95	.0030	2.70	.0031
55	.482	−.54	−.0029	.62	.0029	1.23	.0029	1.96	.0030	2.71	.0031
56	.498	−.54	−.0029	.62	.0029	1.23	.0029	1.97	.0030	2.73	.0031
57	.515	−.54	−.0029	.63	.0029	1.24	.0029	1.98	.0030	2.74	.0031
58	.533	−.54	−.0029	.63	.0029	1.24	.0029	1.99	.0030	2.76	.0031
59	.551	−.54	−.0029	.64	.0029	1.25	.0029	2.00	.0030	2.77	.0031
60	.569	−.54	−.0029	.64	.0029	1.25	.0029	2.01	.0030	2.79	.0031
61	.588	−.54	−.0029	.65	.0029	1.26	.0029	2.02	.0030	2.80	.0031
62	.607	−.54	−.0029	.65	.0029	1.26	.0029	2.03	.0030	2.82	.0031
63	.627	−.54	−.0029	.66	.0029	1.27	.0029	2.04	.0030	2.83	.0031
64	.647	−.54	−.0029	.66	.0029	1.27	.0029	2.05	.0030	2.85	.0031
65	.668	−.54	−.0029	.67	.0029	1.28	.0029	2.06	.0030	2.86	.0031
66	.689	−.54	−.0029	.67	.0029	1.28	.0029	2.07	.0030	2.88	.0031
67	.711	−.54	−.0029	.68	.0029	1.29	.0029	2.08	.0030	2.89	.0031
68	.733	−.54	−.0029	.68	.0029	1.29	.0029	2.09	.0030	2.91	.0031
69	.756	−.54	−.0029	.69	.0029	1.30	.0029	2.10	.0030	2.92	.0031
70	.779	−.54	−.0029	.69	.0029	1.30	.0029	2.11	.0030	2.94	.0031
71	.803	−.54	−.0029	.70	.0029	1.31	.0029	2.12	.0030	2.95	.0031
72	.827	−.54	−.0029	.70	.0029	1.31	.0029	2.13	.0030	2.97	.0031
73	.852	−.54	−.0029	.71	.0029	1.32	.0029	2.14	.0030	2.98	.0031
74	.877	−.54	−.0029	.71	.0029	1.32	.0029	2.15	.0030	3.00	.0031
75	.902	−.54	−.0029	.72	.0029	1.33	.0029	2.16	.0030	3.01	.0031
76	.928	−.54	−.0029	.72	.0029	1.33	.0029	2.17	.0030	3.03	.0031
77	.954	−.54	−.0029	.73	.0029	1.34	.0029	2.18	.0030	3.04	.0031
78	.980	−.54	−.0029	.73	.0029	1.34	.0029	2.19	.0030	3.06	.0031
79	.9990	−.54	−.0029	.74	.0029	1.35	.0029	2.20	.0030	3.07	.0031
80	1.032	−.53	−.0031	.74	.0031	1.35	.0031	2.21	.0032	3.09	.0033
81	1.059	−.54	−.0031	.75	.0031	1.36	.0031	2.22	.0032	3.10	.0033
82	1.087	−.54	−.0031	.75	.0031	1.37	.0031	2.23	.0032	3.12	.0033
83	1.116	−.54	−.0031	.76	.0031	1.37	.0031	2.24	.0032	3.13	.0033
84	1.145	−.54	−.0031	.76	.0031	1.38	.0031	2.25	.0032	3.15	.0033

Wet-Bulb Temp.	Sat. Vapor Press.	APPROXIMATE ALTITUDE IN FEET									
		4500		5400		6300		7200		8100	
		$p_b - p = 5$		$p_b - p = 6$		$p_b - p = 7$		$p_b - p = 8$		$p_b - p = 9$	
t_{wb}	p_s	$-W_{wb}$	v	$-W_{wb}$	v	$-W_{wb}$	v	$-W_{wb}$	v	$-W_{wb}$	v
32	.197	2.98	.0030	3.63	.0030	4.29	.0030	4.97	.0030	5.66	.0030
33	.206	3.00	.0031	3.65	.0031	4.32	.0031	5.00	.0031	5.69	.0031
34	.215	3.02	.0031	3.68	.0031	4.34	.0031	5.03	.0031	5.73	.0031
35	.225	3.04	.0031	3.70	.0031	4.37	.0031	5.06	.0031	5.76	.0031
36	.235	3.06	.0031	3.72	.0031	4.39	.0031	5.09	.0031	5.79	.0031
37	.245	3.08	.0031	3.74	.0031	4.42	.0031	5.11	.0031	5.82	.0031
38	.255	3.09	.0031	3.76	.0031	4.44	.0031	5.14	.0031	5.85	.0031
39	.266	3.11	.0031	3.78	.0031	4.46	.0031	5.17	.0031	5.88	.0031
40	.277	3.13	.0031	3.80	.0031	4.49	.0031	5.20	.0031	5.91	.0031
41	.288	3.15	.0031	3.82	.0031	4.51	.0031	5.22	.0031	5.94	.0031
42	.299	3.16	.0031	3.84	.0031	4.54	.0031	5.25	.0031	5.97	.0031
43	.311	3.18	.0031	3.86	.0031	4.56	.0031	5.28	.0031	6.00	.0031
44	.323	3.20	.0031	3.88	.0031	4.58	.0031	5.31	.0031	6.03	.0031
45	.336	3.22	.0031	3.90	.0031	4.61	.0031	5.33	.0031	6.06	.0031
46	.349	3.24	.0031	3.92	.0031	4.63	.0031	5.36	.0031	6.09	.0031
47	.362	3.25	.0031	3.94	.0031	4.66	.0031	5.39	.0031	6.12	.0031
48	.376	3.27	.0031	3.96	.0031	4.68	.0031	5.42	.0031	6.15	.0031
49	.390	3.29	.0031	3.98	.0031	4.71	.0031	5.45	.0031	6.18	.0031
50	.404	3.31	.0031	4.00	.0031	4.73	.0031	5.47	.0031	6.21	.0031
51	.419	3.33	.0031	4.02	.0031	4.76	.0031	5.50	.0031	6.24	.0031
52	.434	3.34	.0031	4.04	.0031	4.78	.0031	5.53	.0031	6.27	.0031
53	.450	3.36	.0031	4.06	.0031	4.81	.0031	5.56	.0031	6.30	.0031
54	.466	3.38	.0031	4.08	.0031	4.83	.0031	5.59	.0031	6.33	.0031
55	.482	3.40	.0031	4.10	.0031	4.86	.0031	5.61	.0031	6.36	.0031
56	.498	3.42	.0031	4.12	.0031	4.88	.0031	5.64	.0031	6.39	.0031
57	.515	3.43	.0031	4.14	.0031	4.91	.0031	5.67	.0031	6.42	.0031
58	.533	3.45	.0031	4.16	.0031	4.93	.0031	5.70	.0031	6.45	.0031
59	.551	3.47	.0031	4.18	.0031	4.96	.0031	5.73	.0031	6.48	.0031
60	.569	3.49	.0031	4.20	.0031	4.98	.0031	5.75	.0031	6.51	.0031
61	.588	3.51	.0031	4.22	.0031	5.01	.0031	5.78	.0031	6.54	.0031
62	.607	3.52	.0031	4.24	.0031	5.03	.0031	5.81	.0031	6.57	.0031
63	.627	3.54	.0031	4.26	.0031	5.06	.0031	5.84	.0031	6.60	.0031
64	.647	3.56	.0031	4.28	.0031	5.08	.0031	5.87	.0031	6.63	.0031
65	.668	3.58	.0031	4.30	.0031	5.11	.0031	5.89	.0031	6.66	.0031
66	.689	3.60	.0031	4.32	.0031	5.13	.0031	5.92	.0031	6.69	.0031
67	.711	3.61	.0031	4.34	.0031	5.16	.0031	5.95	.0031	6.72	.0031
68	.733	3.63	.0031	4.36	.0031	5.18	.0031	5.98	.0031	6.75	.0031
69	.756	3.65	.0031	4.38	.0031	5.21	.0031	6.01	.0031	6.78	.0031
70	.779	3.67	.0031	4.40	.0031	5.23	.0031	6.03	.0031	6.81	.0031
71	.803	3.69	.0031	4.42	.0031	5.26	.0031	6.06	.0031	6.84	.0031
72	.827	3.71	.0031	4.44	.0031	5.28	.0031	6.09	.0031	6.87	.0031
73	.852	3.72	.0031	4.46	.0031	5.31	.0031	6.12	.0031	6.90	.0031
74	.877	3.74	.0031	4.48	.0031	5.33	.0031	6.15	.0031	6.93	.0031
75	.902	3.76	.0031	4.50	.0031	5.36	.0031	6.18	.0031	6.96	.0031
76	.928	3.78	.0031	4.52	.0031	5.38	.0031	6.21	.0031	6.99	.0031
77	.954	3.80	.0031	4.54	.0031	5.41	.0031	6.24	.0031	7.02	.0031
78	.980	3.82	.0031	4.56	.0031	5.43	.0031	6.27	.0031	7.05	.0031
79	.9990	3.83	.0031	4.58	.0031	5.46	.0031	6.30	.0031	7.08	.0031
80	1.032	3.85	.0033	4.60	.0033	5.48	.0033	6.33	.0033	7.11	.0033
81	1.059	3.87	.0033	4.62	.0033	5.51	.0033	6.36	.0033	7.14	.0033
82	1.087	3.89	.0033	4.64	.0033	5.53	.0033	6.39	.0033	7.17	.0033
83	1.116	3.91	.0033	4.66	.0033	5.56	.0033	6.42	.0033	7.20	.0033
84	1.145	3.93	.0033	4.68	.0033	5.58	.0033	6.45	.0033	7.23	.0033

t_{db} = Dry-bulb temperature (F)

t_{wb} = Wet-bulb temperature (F)

p = Barometric pressure (in. of Hg)

$p_b - p$ = Pressure difference from standard barometer (in. of Hg)

W_s = Moisture content of air (gr per lb of dry air)

W_{wb} = Moisture content of air saturated at wet-bulb temperature (gr per lb of dry air)

$-W$ = Moisture content correction of air when temperature pressure differs from standard barometer (gr per lb of dry air)

$-W_{wb}$ = Moisture content correction of air saturated at wet-bulb temperature when temperature pressure differs from standard barometer (gr per lb of dry air)

NOTE: To obtain $-W$ reverse $-W_{wb}$ by 1°F where $t_{db} - t_{wb} = 24$ F

Correct proportionately when $t_{db} - t_{wb}$ is not 24 F

h = Enthalpy of moist air (Btu per lb of dry air)

h_s = Enthalpy correction, for saturated or unsaturated air, when barometric pressure differs from standard (Btu per lb of dry air)

v = Volume of moist air (cu ft per lb of dry air)

$$v = \frac{754.98\,n}{p} - 459.71\left[1 - \frac{W}{4360}\right]$$

Example: At a barometric pressure of 28.92 with 90 F DB and 70 F WB, determine W, h, and v. $-W$ and $-h_s$ are -4 and from table $\Delta W_{wb} = 17.6$. From note reverse $-W = -1 W_{wb} - \left(\frac{20}{24} 8.01 \times 17.6\right) = 17.6 - 15 = 17.45$

Therefore $W = 78.0$ (from chart) $- 17.45 = 93.45$ gr per lb of dry air. From table $3h = 2.75$. Therefore h = saturation enthalpy from chart − deviation = 27.3 − 24.09 = 16 − 2.72 = 18.66 Btu per lb of dry air. From expression above

$$v = \frac{754.190 - 459.71\left[1 - \frac{93.45}{4360}\right]}{28.92} = 16.24 \text{ cu ft per lb dry air}$$

ENTHALPY OF ADDED OR REJECTED MOISTURE

Temperature of water F

Enthalpy of ice Btu per pound of dry air

Grains of moisture per pound of dry air

Enthalpy of water Btu per pound of dry air

Temperature of ice F

Wet-Bulb, Dewpoint or Saturation Temperature F

Dry-Bulb Temperature F

Sensible heat factor

Evaporative Cooling.

Given initial air DB = 95 °F

WB = 70 °F

water humidifies air to 90% RH

Find WB

Moisture added

Heat added

The air absorbs moisture without a change in total heat (Adiabatic)

The wet bulb temperature of the air remains constant

therefore $t_{awb} = t_{lwb} = 70$ WB

locate condition of final air : WB =70 °F , RH =90 %

From Psychometric Chart

$W_{aa} = 70$ gr. $W_{la} = 107$ gr.

$h_{awb} = 34.09$ Btu. $h_{lwb} = 34.09$ Btu.

$h_{ad} = -0.22$ Btu. $h_{ld} = -0.02$ Btu.

Moisture added : 107 - 70 = 37 gr per lb of dry air

h_w (at top of chart for 37 gr. and 70 °F) = 0.2 Btu.

$h_{aa} = 34.09 + (-0.22) = 33.87$ Btu.

$h_{la} = 34.09 + (-0.02) = 34.07$ Btu.

Heat added = 34.07 - 33.87 - 0.2 = 0 Btu. per lb of dry air

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ประโยชน์ของ Greenhouse

ประโยชน์ของ Greenhouse มีมากมายหลายประการทั้งทางด้านวิชาการ และด้านธุรกิจ ซึ่งสามารถกล่าวเป็นข้อใหญ่ ๆ ดังนี้

5.1. ประโยชน์ด้านการค้นคว้าทดลองทางวิทยาศาสตร์การเกษตร

การสั่งพืชชนิดใหม่จากต่างประเทศเข้ามาในประเทศ นั้นต้องมีการทดสอบศัตรูพืช ที่อาจติดมากับพืชนั้น การตรวจสอบอาจใช้เวลานานจึงรู้ผล

การตรวจสอบและเก็บรักษาจะทำใน Greenhouse ที่ปกปิดมิดชิด การเก็บรักษาพันธุ์พืชใน Greenhouse นอกจากจะจัดสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชแล้วยังเป็นการป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรค หรือศัตรูพืชชนิดอื่นที่อาจปะปนมากับพันธุ์พืชด้วย ถ้าหากพบว่าพืชที่นำเข้ามามีศัตรูพืชติดเข้ามาผู้ตรวจสอบจะทำการกำจัดได้ง่ายกว่า โดยที่ศัตรูพืชไม่สามารถแพร่พันธุ์ได้เลย และเมื่อพบว่าพืชนั้นปราศจากศัตรูพืชและโรคแล้วก่อนที่จะนำไปเพาะปลูกเพื่อแพร่พันธุ์ที่ใดที่หนึ่งจำเป็นต้องสำรวจก่อนว่าพื้นที่นั้น ๆ มีสภาพภูมิอากาศเช่นใด เราควรทดลองปลูกพันธุ์พืชนั้นใน Greenhouse ที่จัดสภาพแวดล้อมให้เหมือนหรือใกล้เคียงกับพื้นที่นั้นๆก่อนที่จะนำไปปลูกจริง การทำเช่นนี้ทำให้เราแน่ใจได้ว่าพื้นที่ที่เราจะใช้เพาะปลูกแพร่พันธุ์นั้นมีสภาพแวดล้อมเหมาะกับการเจริญเติบโตของพันธุ์พืชจากต่างประเทศอย่างแท้จริง การทดลองปลูกพืชใน Greenhouse โดยวิธีดังกล่าวเป็นขั้นแรกของการทดลองที่จะหาพื้นที่ที่ถูกต้องเหมาะสมก่อนนำพันธุ์พืชนั้นไปปลูกจริง

Greenhouse มีประโยชน์มากในการศึกษาอิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่อการงอกของมล็ด การเจริญเติบโตของ ลำต้น ตา ดอก ใบ การออกดอก ออกผล ฯลฯ ในกรณีนี้เราดำเนินการทดลองโดยจัดสภาพแวดล้อมภายใน Greenhouse แต่ละโรงให้แตกต่างกันตามที่เราต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำพืชไปปลูกและรอดูผลการเจริญเติบโต

นอกจากนี้ Greenhouse ยังมีประโยชน์ทางด้านวิทยาศาสตร์การเกษตร อาทิเช่น การผสมพันธุ์ บางครั้งการผสมพันธุ์พืชมีปัญหาเกี่ยวกับการเพาะเมล็ดพันธุ์ลูกผสมให้เป็นต้นกล้า กล่าวคือ พืชบางชนิดเช่น เมล็ดกุหลาบงอกได้ยากมากในสภาพปกติ และต้นกล้าที่งอกมักไม่สมบูรณ์ แต่ถ้านำเมล็ดกุหลาบไปเพาะใน Greenhouse ที่ควบคุมสิ่งแวดล้อมให้มี ความชื้นสูง อุณหภูมิปานกลาง จะทำให้เมล็ดงอกได้ดีขึ้น

5.2. ป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับต้นพืช เนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม

สภาพพื้นที่บางแห่งอาจไม่เหมาะสมกับการเพาะปลูก เช่น ในฤดูร้อนอากาศร้อนเกินไป อุณหภูมิที่สูงมาก ๆ (สูงกว่า 95 ^{o}F) จะทำให้พืชหยุดการเจริญเติบโต ถ้าอุณหภูมิสูงติดต่อกันเป็นเวลานาน ๆ อาจทำให้พืชตายได้ เช่นเดียวกันในฤดูหนาวที่อากาศหนาวมากและมีหิมะตกติดต่อกันเป็นเวลานาน พืชอาจหยุดการเจริญเติบโต แต่ถ้าพืชทนความหนาวไม่ไหวก็อาจตายได้ ฉะนั้นสภาพแวดล้อมของแต่ละพื้นที่จึงสามารถจำกัดชนิดของพืชที่ปลูกได้ แต่ถ้าเรามี Greenhouse เราสามารถปลูกพืชที่มีอยู่ได้เกือบทุกชนิดในสภาพพื้นที่ทุกแบบในโลก เช่น ในเมืองหนาวเราสามารถปลูกพืชเมืองร้อนได้ และในเมืองร้อนเราสามารถปลูกพืชเมืองหนาวได้เช่นกัน พืชที่ปลูกใน Greenhouse จะให้ผลใกล้เคียงกับที่ปลูกในถิ่นกำเนิดของมัน ด้วยเหตุนี้การปลูกพืชเพื่อหวังผลทางการค้าจึงนิยมทำใน Greenhouse โดยเฉพาะพืชชนิดใหม่และต้องสั่งนำเข้าจากต่างประเทศที่แปลกๆ สามารถจำหน่ายได้ในราคาสูง ตัวอย่างเช่น การปลูกพืชไม้เมืองร้อนในมลรัฐคาลิฟอร์เนีย ผู้ดำเนินธุรกิจได้ลงทุนสร้าง Greenhouse ขนาดใหญ่เพื่อปลูกต้นโกศล พลูด่าง และไม้เมืองร้อนอื่น ๆ อีกหลายชนิด ต้นโกศลขนาดสูง 1 ฟุต สามารถจำหน่ายได้ราคา 5 เหรียญสหรัฐ พลูด่างใบ 7-10 ใบ จำหน่ายราคา 3 เหรียญสหรัฐ และต้นเพิร์นปลูกรวมกับโกศลและพลูด่างลงในกระถางดินเผาเคลือบสามารถจำหน่ายในราคาสูงถึง 12-14 เหรียญ จะเห็นได้ว่าราคาค่อนข้างสูง และไม่ต้องสงสัยเลยว่าเงินลงทุนเพื่อสร้าง Greenhouse นั้นสามารถได้คืนมาในเวลาอันรวดเร็ว

นอกจากนั้น Greenhouse ยังสามารถป้องกันความเสียหายของพืชอันเกิดจากสภาวะที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสลมมีความเร็วสูงอีกด้วย ความเสียหายดังกล่าวมักเกิดกับพืชที่มีลำต้นอ่อน หรือไม้ดอกที่กำลังออกดอก ลมอาจจะพัดลมต้นให้โค่นล้มเสียหายจนไม่สามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ นอกจากนั้นขณะที่พืชออกดอก ถ้ามีลมแรงพัดผ่านอาจทำให้ดอกไม้ชอกช้ำ ทำให้คุณภาพดอกลดลง หรือดอกอาจเหี่ยวแห้ง และร่วงจากต้นในที่สุด ก่อนเวลาอันสมควร ปัญหาเหล่านี้จะได้รับการป้องกันและแก้ไขได้ถ้าปลูกพืชเหล่านั้นใน Greenhouse

5.3 สามารถบังคับให้พืชออกดอกได้ตามเวลาที่ต้องการ

พืชบางชนิดออกดอกเมื่ออยู่ในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมเท่านั้น ตัวอย่างเช่น เบญจมาศจะออกดอกในช่วงที่มีระยะกลางวันที่สั้นเท่านั้น ดังนั้นต้นเบญจมาศ จะออกดอกในฤดูหนาวซึ่งเป็นช่วงที่มีกลางวันสั้น ส่วนในแคลิฟอร์เนียและ ฮาวาย ต้นเบญจมาศ จะออกดอกตลอดปี แม้ว่าต้นยังเล็กอยู่ก็ตาม การออกดอกเช่นนี้มักจะไม่เป็นต้องการของผู้ปลูกนัก เพราะการที่เบญจมาศออกดอกบ่อยเกินไป จะทำให้อาหารที่ใบสร้างขึ้นไปเลี้ยงดอกไม่เพียงพอ ทำให้ดอกมีขนาดเล็ก ดอกเบญจมาศก็จะต่ำลง ด้วยเหตุนี้จึงมีการคิดค้นวิธีการบังคับให้ดอกเบญจมาศออกดอกเป็นช่วงๆ ระยะๆ ในเวลาที่ตลาดต้องการโดยปลูกเบญจมาศใน Greenhouse และจะจัดให้แสงแก่ต้นพืชในเวลาที่ไม่ต้องการให้ออกดอก

พืชอีกชนิดหนึ่งที่นิยมปลูกใน Greenhouse คือ ต้นคริสตมาส (Euphorbio sp.) พืชชนิดนี้มีหลายสี แต่ก่อนที่ยอดจะเปลี่ยนสีต่าง ๆ ตามพันธุ์ของมันนั้น ต้นคริสตมาสจะออกดอกเสียก่อน ต้นคริสตมาสจะออกดอกในช่วงระยะที่มีอุณหภูมิต่ำ ดังนั้นในเมืองหนาวต้นคริสตมาสจึงออกดอกตลอดปี แต่ตลาดต้องการต้นไม้ชนิดนี้เฉพาะในฤดูหนาวเท่านั้น ดังนั้นผู้ปลูกจึงนิยมปลูกต้นคริสตมาสใน Greenhouse และจัดอุณหภูมิค่อนข้างอบอุ่น จนกระทั่งประมาณเดือนพฤศจิกายนของทุกปีผู้ปลูกจะลดอุณหภูมิให้ต่ำลงเพื่อให้ต้นคริสตมาสออกดอกและยอดของต้นคริสตมาสเปลี่ยนจากสีเขียวออกเป็นสีต่าง ๆ และก็พร้อมที่จะจำหน่ายในเดือน ธันวาคม นั้น

5.4 สะดวกต่อการป้องกันศัตรูพืช และ การบำรุงรักษาต้นพืช

โดยเหตุที่ Greenhouse เป็นโรงเรือนที่ค่อนข้างปิดมิดชิด ซึ่งตามปกติแมงศัตรูพืชไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเข้าไปได้ ดังนั้นจึงสะดวกต่อการป้องกันศัตรูพืชที่จะเข้ามาทำลายต้นพืช การกำจัดศัตรูพืชใน Greenhouse ก่อนที่จะนำไปปลูก การใช้พันธุ์ที่ปราศจากโรคและแมลงและการระมัดระวังมิให้ศัตรูพืชเข้าทางประตูของ Greenhouse ก็เป็นการเพียงพอในการป้องกันพืชใน Greenhouse จากศัตรูพืช อย่างไรก็ตามศัตรูพืชอาจเกาะติดไปกับคนที่เข้าไปทำงานใน Greenhouse เช่นกัน รวมทั้งเครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ น้ำที่ให้กับพืช ถ้าพบว่าพืชที่ปลูกถูกศัตรูพืชทำลาย เราสามารถใช้ยากำจัดศัตรูพืชฉีดพ่นภายใน Greenhouse แล้วปิดประตูให้ยาอบอยู่ภายในเป็นการควบคุมไม่ให้ศัตรูพืชนั้นระบาดได้ ส่วนในด้านการบำรุงรักษาต้นพืชก็อาจทำได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นกัน กล่าวคือ เราสามารถจัดเครื่องมือที่ใช้ปลูก ดิน หรือดินผสม และสิ่งอื่นๆให้เหมาะสมถูกต้องตามความต้องการของพืชที่ปลูกได้สะดวก นอกจากนั้นก่อนการให้ปุ๋ยแก่พืช เราอาจนำเอาตัวอย่างดินไปตรวจสอบเพื่อให้ทราบว่าดินนั้นขาดแร่ธาตุใด และขาดเป็นปริมาณเท่าใด เราสามารถเพิ่มแร่ธาตุในปริมาณที่เหมาะสมในส่วนที่ดินนั้นขาด วิธีการทดสอบดินนี้ เราสามารถทำได้อย่างสะดวกรวดเร็ว เพราะเครื่องปลูกส่วนใหญ่จะมีส่วนผสมอย่างเดียวกัน ซึ่งแตกต่างกับดินที่เกิดตามธรรมชาติ ซึ่งแต่ละที่มักมีส่วนผสมแร่ธาตุแตกต่างกัน เมื่อพืชได้รับแร่ธาตุต่างๆ ในปริมาณที่เหมาะสมประกอบกับการได้รับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมภายใน Greenhouse ทำให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ เมื่อถึงเวลาที่พืชออกดอกออกผล ก็อาจหวังได้ว่าผลผลิตที่ได้จะดีทั้งคุณภาพและ ปริมาณที่ผู้ปลูกต้องการ

จะเห็นได้ว่า Greenhouse ที่ใช้นี้มีคุณอนันต์ต่อการทดลองค้นคว้าเกี่ยวกับพืช อันจะนำไปสู่ความก้าวหน้าทางความรู้ใหม่ ๆ และมีประโยชน์ในการทำการเกษตรแบบประยุกต์ ซึ่งรวมถึงความก้าวหน้าทางการผลิตพืชชนิดอื่น ๆ ที่แปลกใหม่ รวมถึงการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรตลอดจนการขยายกิจการทางการเกษตรให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
ส่วนประกอบของ Greenhouse

โดยทั่วไป Greenhouse มักสร้างเป็นโรงเรือนโล่ง ๆ ภายในโรงเรือนมีอุปกรณ์ชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ควบคุม อุณหภูมิ ความชื้น การหมุนเวียนอากาศ และความเข้มของแสง ถ้าเป็นระบบที่ทำงานโดยอัตโนมัติก็ต้องมีหน่วยควบคุมอัตโนมัติ เพื่อสะดวกในการตั้งค่ามาตรฐานเพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบกับค่าที่เป็นจริงขณะนั้นเพื่อให้เกิดการทำงานที่ถูกต้องและเหมาะสมกับพืชที่ปลูก

พื้นที่ภายในโรงเรือนจะต้องดัดแปลงให้เหมาะสมกับพืชที่ปลูกด้วย โดยคำนึงถึงการทำงานของคนและเครื่องจักรอุปกรณ์ต่างๆ ด้วย Greenhouse ในบางแห่งมี Head house ซึ่งเป็นห้องที่สร้างแยกตัวออกจากโรงเรือนแต่มีทางที่เข้าออกติดต่อกับ Greenhouse โดยห้องนี้จะเป็นที่จัดเก็บวัสดุที่จำเป็นในการเพาะปลูก และเป็นห้องปฏิบัติการเล็กๆ น้อยๆ ได้ด้วย

ส่วนประกอบต่าง ๆของ Greenhouse โดยสังเขป มีดังนี้

6.1. ตัวโรงเรือน (structure) ตัวโรงเรือนของ Greenhouse สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบใหญ่ ๆ คือ

6.1.1 - โรงเรือนที่มีหลังคาเป็นเพิงหมาแหงน

6.1.2 - โรงเรือนที่มีหลังคาเป็นหน้าจั่ว

6.1.3 - โรงเรือนที่มีหลังคาเป็นวงโค้ง

โรงเรือนที่มีหลังคาเป็นเพิงแหงน จะมีหลังคาลาดชันเพียงข้างเดียว ส่วนแบบที่ 2 มีหลังคาลาดชัน 2 ข้าง โดยที่ความลาดชันและความยาวของด้านที่ลาดชันของทั้ง 2 ด้านมักจะเท่ากันซึ่งถ้ามองจากด้านข้างหน้าจะเห็นเป็น สามเหลี่ยมหน้าจั่ว แบบที่ 3 หลังคาโค้งเป็นครึ่งวงกลม โดยมากจะเห็นหลังคาโค้งในประเทศแถบที่มีอุณหภูมิสูงโดยเฉพาะในเขตทะเลทราย โรงเรือนทั้ง 3 แบบอาจสร้างเป็นโรงเดียว หรืออาจสร้างต่อกันหลาย ๆ โรงก็ได้ โรงเรือนที่สร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดี่ยว ๆ นั้นจะทำให้แสงแดดส่องเข้าไปข้างในได้มากกว่า การระบายอากาศเข้า-ออก และการหมุนเวียนอากาศภายในโรงเรือนดีกว่าโรงเรือนที่สร้างติดต่อกัน และโรงเรือนที่เป็นโรงเรือนเดี่ยวสามารถทำให้อุณหภูมิภายในและภายนอกเท่ากันได้ง่ายกว่า โรงเรือนที่สร้างติดกัน แต่โรงเรือนที่สร้างเดี่ยว ๆ จะมีต้นทุนในการสร้างแพงกว่า เสียเนื้อที่ในการเพาะปลูกมากกว่า

ในกรณีที่ต้องการปลูกพืชหลายชนิดที่มีสภาวะแวดล้อมแตกต่างกัน หรือที่ต้องการศึกษาอิทธิพลของสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสง ฯลฯ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เราควรสร้าง Greenhouse เป็นโรงเดี่ยว ๆ หลาย ๆโรง หรืออาจสร้างติดต่อกันแต่ต้องมีฝาผนังกั้นให้แต่ละโรงแยกจากกัน โดยส่วนมาก Greenhouse ที่เป็นแบบเดี่ยว ๆ จะใช้สำหรับทดลองค้นคว้า แต่ถ้าเป็นแบบติดต่อกันจะใช้มากในส่วนที่ทำการเพาะปลูกเพื่อจำหน่าย

โครงสร้างของโรงเรือนส่วนมากจะทำด้วยไม้เนื้อแข็ง เช่น ประดู่ ไม้แดง ฯลฯ หรือบางทีก็ทำด้วยโลหะ โลหะที่ใช้ส่วนมากจะเป็นเหล็กวิลาส หรืออลูมิเนียมผสมก็ได้ บางครั้งก็มีการนำไม้กับเหล็กมาทำเป็นโครงในโรงเรือนเดียวกันก็มี การที่ใช้ไม้ทำโครงสร้างโรงเรือนจะทำให้ต้นทุนเริ่มต้นถูกกว่าการใช้โลหะ แต่ความคงทนจะน้อยกว่าการใช้โลหะทำโครงสร้าง ดังนั้น โครงสร้าง Greenhouse สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

- เป็นไม้ทั้งหมด
- เป็นโลหะทั้งหมด
- เป็นไม้และโลหะประกอบกัน

6.2. **พื้นที่ภายใน Greenhouse** ถ้าต้องการปลูกพืชใน Greenhouse พื้นที่ภายในจำเป็นต้องมีการปรับพื้นที่ให้เรียบร้อยก่อน ต้องจัดที่ไว้สำหรับเป็นทางเดินและที่ปลูกพืช ทางเดินอาจมีทั้งขนาดเล็กระหว่างร่องปลูกพืชที่ติดต่อกับทางเดินใหญ่ และทางเดินขนาดใหญ่เพื่อให้เครื่องมือหรือรถเข็นเดินได้สะดวก ถ้าต้องการปลูกพืชในกระถางหรือกระบะอาจวางกระถางหรือกระบะปลูกพืชบนดินโดยตรงได้เลย แต่ที่นิยมทำกันมักวางกระบะหรือกระถางบนชั้นหรือโต๊ะมากกว่าทั้งนี้เพื่อให้กระบะหรือกระถางสูงกว่าพื้นดินเล็กน้อย กรณีนี้นิยมทำพื้นเป็นคอนกรีตแล้วใช้โต๊ะวางเว้นที่สำหรับทางเดินระหว่างโต๊ะวางกระถาง การจัดพื้นที่ภายใน Greenhouse พื้นเป็นคอนกรีต คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตัดปัญหาเรื่องวัชพืชได้แน่นอน ทั้งนี้เพราะวัชพืช เป็นแหล่งสะสมศัตรูพืช
- ทำให้ Greenhouse สะอาดกว่าพื้นดิน พื้นคอนกรีตทำความสะอาดง่ายกว่าดิน
- ลดความชื้นแฉะที่พื้นโรงเรือน เพราะถ้าวางแผนระบายน้ำก่อนที่จะเทคอนกรีต จะทำให้พื้นภายในโรงเรือนแห้ง พื้นที่แฉะจะเป็นอุปสรรคต่อการทำงานของคนงาน

พื้นของ Greenhouse ที่ทันสมัยมักขุดเป็นร่องทางยาวตลอดโรงเรือน มีฝาเปิดปิดได้ ร่องนี้ใช้วางท่อระบบต่าง ๆ เช่น ท่อให้น้ำกลับ ท่อน้ำร้อน ท่อระบายน้ำ ท่อร้อยสายไฟ ฯลฯ ร่องนี้จะลดความเกะกะเนื่องจากการติดตั้งอุปกรณ์ของระบบต่าง ๆ ใน Greenhouse

6.3.วัสดุปกคลุมโรงเรือน จุดประสงค์สำคัญของ Greenhouse คือ การควบคุมอุณหภูมิ และ ความชื้น นอกจากนั้นพืชยังต้องการแสงในการเจริญเติบโต ดังนั้นวัสดุปกคลุมโรงเรือนจะต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้

- แสงสามารถผ่านได้ (เป็นแบบโปร่งแสง หรือ โปร่งใส ก็ได้)
- เป็นฉนวนทางความร้อน
- สามารถป้องกันความชื้นได้

ซึ่งวัสดุดังกล่าวนี้ได้แก่ กระจก และแผ่น Plastic โดยที่กระจกที่ใช้เป็นวัสดุปกคลุมโรงเรือนมี 2 ชนิด คือ แบบกระจกใส กับ กระจกฝ้า จะต้องไม่มีสี ซึ่งกระจกใสใช้ในกรณีที่ต้องการแสงผ่านเข้า Greenhouse มาก แต่ถ้าต้องการให้แสงเข้า Greenhoise น้อยก็ควรใช้กระจกฝ้า ความหนาของกระจกขึ้นอยู่กับที่ตั้งและสภาพแวดล้อมของ Greenhouse นั้น ๆ คือ ถ้าสภาพแวดล้อมปกติตลอดปีและเป็นที่ ๆไม่มีหิมะตกควรใช้กระจกบาง ๆ น้ำหนักน้อย ซึ่งส่วนมากกระจกจะตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยม ขนาด 18*24 นิ้ว หรือ 20*20 นิ้ว กระจกที่มีความหนาเท่ากันและมีขนาดเล็กจะมีความทนทานและแตกยากกว่ากระจกที่มีขนาดใหญ่ ๆ อย่างไรก็ตาม ถ้าใช้กระจกแผ่นเล็กมาก ๆ ในการปิดคลุมโรงเรือนที่มีขนาดใหญ่ จะต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายในวัสดุและค่าแรงในการทำกรอบกระจกมากขึ้น

แผ่นพลาสติกที่ใช้ปกคลุมโรง Greenhouse มีทั้งพลาสติกอ่อนที่มีความหนาพิเศษและมีขนาดใหญ่ ที่สามารถปกคลุมโรงเรือนได้ทั้งหลัง และพลาสติกแข็งที่เป็นแผ่นเรียบ ๆ หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบเป็นลอนคล้ายกระเบื้องมุงหลังคา พลาสติกทั้งสองชนิดที่นำมาใช้ต้องมีคุณสมบัติโปร่งใส ไม่มีสี ซึ่งข้อดีของการใช้แผ่นพลาสติกอ่อน คือ เสียเงินลงทุนแรกน้อยกว่าการใช้วัสดุอื่น แต่ก็มีข้อเสียเช่นกัน คือ ไม่คงทนถาวร เพราะแสงอุลตราไวโลเลต ที่มีอยู่ในแสงแดดจะทำให้คุณภาพของพลาสติกเสื่อมลงอย่างรวดเร็ว การใช้พลาสติกอ่อนปกคลุมโรงเรือนควรระมัดระวังเรื่องการติดตั้งเป็นพิเศษ เพราะถ้ามีรอยฉีกขาดจะทำให้เกิดความเสียหายได้ง่ายมากเมื่อเวลาลมพัด พลาสติกแบบนี้ยืดตัวได้ง่าย เมื่อได้รับความร้อน จากแสงแดด และเมื่อยืดตัวแล้วก็ไม่สามารถหดตัวกลับได้เลย ดังนั้นจึงไม่สมควรใช้อย่างมากในประเทศที่มีอากาศร้อน และ ลมแรงจัด อีกทั้งการทำความสะอาดก็ยากกว่าการใช้วัสดุอื่น เพราะความอ่อนตัวของมัน เมื่อเปรียบเทียบกับกระจกจะเห็นว่าการใช้กระจกปิดคลุมโรงเรือนจะคงทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดีกว่า ใช้ได้กว้างขวางกว่าและอายุการใช้งานก็ยาวนานกว่าการใช้แผ่นพลาสติกอ่อน ดังนั้นจึงมีผู้นิยมใช้กระจกมากกว่าพลาสติกอ่อน ถ้าคิดถึงต้นทุนในระยะยาวแล้วการใช้กระจกจะมีต้นทุนต่ำกว่า เพราะการใช้พลาสติกอ่อนต้องเปลี่ยนบ่อย แต่อย่างไรก็ตามพลาสติกอ่อนก็ยังเป็นที่นิยมสำหรับผู้ที่มีทุนน้อย เพราะสามารถเริ่มกิจการได้โดยนำเงินที่จะซื้อกระจกไปใช้ในส่วนที่จำเป็นกว่าได้

พลาสติกอีกชนิดที่นิยมปกคลุมโรงเรือน Greenhouse คือ พลาสติกแข็งทำจาก vinyl หรือ Polyvinyl ที่มีคุณสมบัติโปร่งแสง ไม่มีสี อาจเป็นแผ่นเรียบ ๆ หรือเป็นลอนก็ได้ พลาสติกพวกนี้คงทนมากกว่าพลาสติกชนิดอื่น อายุใช้งานนานกว่า เมื่อเทียบกับกระจกพลาสติกนี้จะมีความแข็งพอ ๆ กับกระจกแต่มีความทนทานต่อการกระแทกสูงกว่ากระจกมาก โดยเฉพาะพลาสติกที่เป็นลอน อย่างไรก็ดี พลาสติกแข็งมีอายุใช้งานสั้นกว่ากระจก ถ้าล้างและถูมาก ๆ ผิวของแผ่นพลาสติกจะเป็นรอยขูด ทำให้สิ่งสกปรกเกาะได้ง่ายในภายหลัง

ดังนั้นกระจก จึงเป็นวัสดุที่เหมาะสมในการปกคลุมมากกว่า พลาสติกแข็งและพลาสติกอ่อน

6.4 หน่วยควบคุมสภาวะบรรยากาศภายใน Greenhouse

Greenhouse ที่ติดตั้งระบบการให้น้ำ ระบบควบคุมอุณหภูมิ ระบบระบายอากาศ และระบบควบคุมแสงอัตโนมัติ หรือกึ่งอัตโนมัติ ควรมีตู้หรือห้องเล็ก ๆ สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของระบบต่างๆ ทั้งนี้เพื่อความสะดวกต่อการเปลี่ยนแปลงอันอาจเกิดขึ้นกับระบบควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อความเหมาะสม และเพื่อให้อุปกรณ์เหล่านั้น มีอายุการใช้งานนานขึ้น หน่วยควบคุมการทำงานของระบบต่างๆ อาจอยู่ภายในหรือภายนอก Greenhouse ก็ได้

ถ้าหน่วยควบคุมติดตั้งอยู่ภายใน Greenhouse จะต้องให้ห่างจากบริเวณละอองน้ำ แต่ถ้าติดตั้งไว้นอกโรงเรือน จะต้องติดตั้งอุปกรณ์บางส่วนข้างในโรงเรือน เช่น Thermocouple , Thermostat ของระบบควบคุมอุณหภูมิไว้ภายในหน่วยควบคุมอุณหภูมิไว้ภายในเพื่อเป็นตัว Sensor แล้วส่งต่อให้อุปกรณ์อื่นทำงาน ส่วน Timer อาจติดตั้งในหน่วยควบคุมระบบการทำงานได้ ในกรณีที่ติดตั้งหน่วยควบคุมการทำงานไว้ข้างนอก Greenhouse อาจติดตั้งไว้ที่ Head house ก็ได้

ระบบควบคุมอุณหภูมิภายใน Greenhouse

การควบคุมอุณหภูมิภายใน Greenhouse ทำได้โดยการติดตั้ง เครื่องทำความเย็น เครื่องทำความร้อน หรือทั้งสองอย่าง ในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำตลอดปีจำเป็นต้องติดตั้งเครื่องทำความร้อนใน Greenhouse และเช่นกันในที่ที่มีอุณหภูมิร้อนตลอดปีจำเป็นต้องมีการติดตั้งเครื่องทำความเย็นหรือมีระบบระบายอากาศช่วยทำให้อุณหภูมิภายใน Greenhouse ลดลง การทำเช่นนี้เพื่อเป็นการรักษาสภาพภูมิอากาศให้เหมาะสมกับสภาพความต้องการของพืชนั้น ๆ

6.4.1. **ระบบทำความร้อนภายใน Greenhouse** สามารถแยกออกได้เป็น

6.4.1.1 **ระบบใช้น้ำร้อน** ประกอบด้วย หม้อต้มน้ำ ปกติจะตั้งไว้นอก Greenhouse มีท่อน้ำร้อนต่อจากหม้อน้ำเพื่อนำน้ำร้อนเข้าไปยัง Greenhouse โดยผ่านทางเครื่องสูบน้ำ เป็นการทำให้น้ำมีการหมุนเวียนระหว่างหม้อน้ำ กับ Greenhouse โดยน้ำที่ให้ความร้อนแก่ Greenhouse จะมีอุณหภูมิประมาณ 180 - 220 ^{o}F

6.4.1.2 **ระบบไอน้ำเดือด** ระบบนี้อุปกรณ์คล้ายระบบแรก กล่าวคือใช้ไอน้ำร้อนที่มีหม้อน้ำและท่อไอน้ำร้อนเป็นส่วนประกอบ ระบบนี้ไม่ต้องใช้เครื่องสูบน้ำ ไอน้ำร้อนจะเข้าสู่ Greenhouse จากหม้อไอน้ำโดยแรงอัดน้ำเดือด ซึ่งมีลิ้นควบคุมการไหล มี Thermostat เป็นตัวรักษาอุณหภูมิใน Greenhouse อุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 212 - 250 ^{o}F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4.1.3 ระบบอากาศร้อน ใช้หลักการการเป่าอากาศร้อนเข้าไปยัง Greenhouse นั้น โดยมีแหล่งทำความร้อนและตัวกระจายอากาศร้อนโดยอาศัย พัดลมหรือ Blower พัดเอาอากาศร้อนเข้าสู่ Greenhouse

6.4.2. ระบบทำความเย็นใน Greenhouse

ปกติ Greenhouse เป็นโรงเรือนที่ปิด แต่แสงแดดสามารถเข้าไปได้สะดวก แสงแดดเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิภายใน Greenhouse สูงขึ้น ในสภาพปกติอุณหภูมิภายใน Greenhouse จะสูงกว่าภายนอกเสมอ ดังนั้นถ้า Greenhouse ตั้งอยู่ในที่ที่มีอากาศร้อนอยู่แล้ว จะยิ่งทำให้อากาศภายในมีอุณหภูมิสูงมากกว่าภายนอกมาก จึงจำเป็นต้องมีการติดตั้งเครื่องทำความเย็นให้กับ Greenhouse นั้นๆ เพื่อให้อุณหภูมิเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช โดยทั่วไปการติดตั้งเครื่องทำความเย็นให้ผลดีกับพืชที่ปลูก ดังนี้

- ทำให้อุณหภูมิภายใน Greenhouse ต่ำลงในระดับที่พืชเจริญเติบโตได้ตามปกติ
- ทำให้ความชื้นภายใน Greenhouse สูงขึ้น
- พืชสามารถรับแสงที่มีความเข้มสูง ๆ ได้โดยพืชไม่เป็นอันตราย

Greenhouse ที่มีอุณหภูมิต่ำลง และ ความชื้นสูงขึ้นจะทำให้การคายน้ำทางใบพืชน้อยลง รูใบ (Stomata) จะเปิดอยู่เสมอ ทำให้ CO_2 ผ่านเข้าออกได้สะดวก และถ้าแสงมีความเข้มสูงจะทำให้พืชสามารถใช้ CO_2 และสร้างสารอาหารได้ดีขึ้น ทำให้การเจริญเติบโตดีขึ้น ระบบทำความเย็นสามารถแยกออกได้เป็น

6.4.2.1 ใช้น้ำรดหลังคา Greenhouse การลดอุณหภูมิแบบนี้ทำได้ง่ายมาก เริ่มต้นด้วยการต่อท่อน้ำขึ้นไปบนหลังคา แล้วปล่อยน้ำให้ไหลจากหลังคาลงสู่เบื้องล่าง น้ำที่ไหลผ่านหลังคาจะดูดความร้อนจาก Greenhouse ทำให้อุณหภูมิภายใน Greenhouse ลดลงการใช้น้ำรดหลังคามักไม่ได้ผลนัก กล่าวคือ อุณหภูมิที่สูงมาก ๆ มิได้ลดลงถึงจุดที่ต้องการ เราไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนให้คงที่ได้ อุณหภูมิภายใน Greenhouse จะขึ้นๆ ลงๆ ตามความเข้มของแสงที่ส่องมาในโรงเรือนและตามอุณหภูมิภายนอก การใช้น้ำฉีดหลังคาใช้ได้ดีเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Greenhouse ที่ใช้วัสดุคลุมแข็งเท่านั้น ปัญหาที่เกิดอีกอย่างหนึ่ง คือ น้ำที่ใช้ฉีดอาจทำให้หลังคาและผนังเกิดเป็น ตะไคร่น้ำ จับ และถ้าน้ำนั้นไม่บริสุทธิ์พอจะมีตะกอนแร่ธาตุทำให้กระจกเป็นฝ้า แสงแดดที่ผ่านเข้ามาจะลดลง มีความเข้มแสงน้อยลง และการใช้น้ำเช่นนี้จะทำให้ต้องเสียน้ำในปริมาณมาก ส่วนข้อดีคือ การฉีดน้ำรดหลังคาแบบนี้มีอุปกรณ์การติดตั้งง่าย และราคาถูก

6.4.2.2 การฉีดพ่นละอองน้ำภายใน Greenhouse การลดอุณหภูมิแบบนี้เป็นการฉีดน้ำเป็นละอองฝอยใน Greenhouse ละอองน้ำทำให้อุณหภูมิอากาศภายใน Greenhouse ลดลงโดยที่น้ำที่ใช้ฉีดได้จากการให้น้ำพืชโดย วิธีพ่นหมอก (Nozzle Line) อย่างไรก็ตามการพ่นหมอกน้ำอาจทำให้อุณหภูมิลดลงแต่ก็อาจไม่ถึงระดับที่ต้องการโดยเฉพาะบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง

6.4.2.3 การใช้เครื่องทำความเย็น Greenhouse ที่สร้างในบริเวณที่มีอากาศร้อนมักติดตั้งเครื่องทำความเย็น เพราะถ้าอากาศภายนอกร้อน อากาศภายใน Greenhouse จะยิ่งสูงกว่าภายนอกมาก เป็นผลให้การลดความร้อนระบบอื่นใช้งานไม่ได้ผลตามต้องการ เครื่องทำความเย็น จะประกอบด้วย เครื่องกรองอากาศ เครื่องดูดลม ถังน้ำ ส่วนทำความเย็น Thermostat และท่อชนิดต่างๆ โดยปกติส่วนประกอบต่าง ๆ ยกเว้น Thermostat และท่อบางส่วน จะตั้งอยู่นอกโรงเรือน เครื่องดูดลมจะดูดอากาศจากภายนอกผ่านเข้ามาทางเครื่องกรองอากาศ อากาศที่ผ่านแล้วจะผ่านเข้าเครื่องทำความเย็น แล้วผ่านเข้าในหม้อน้ำตามลำดับ อากาศเย็นขึ้นจะผ่านเข้าภายใน Greenhouse และ อุณหภูมิภายในลดลง จนกระทั่งถึงระดับที่ตั้งไว้ Thermostat จะอ่านค่าอุณหภูมิ แล้วบังคับให้เครื่องทำงานอีกต่อหนึ่ง อย่างนี้เรื่อยไป

6.4.2.4 Evaporative Cooling เป็นการลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้า Greenhouse โดยอาศัยหลัก นำอากาศในสภาพไม่อิ่มตัว (non-Saturated Air) สัมผัสกับไอน้ำอิสระที่เกิดจากการระเหยเนื่องจากการได้รับความร้อนจากภายนอก มีการส่งผ่านระหว่างพลังงานและมวล เพราะว่าความดันไอของไอน้ำอิสระสูงกว่าของอากาศไม่อิ่มตัวมาก น้ำจะถูกส่งผ่านไปทั้งนี้เนื่องจากเกิดความแตกต่างของความดันไอนั่นเอง การส่งผ่านนี้เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสถานะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างของเหลวเป็นไอ ผลที่ได้คืออุณหภูมิอากาศเข้าลดลง ความชื้นอากาศเข้าเพิ่มขึ้น

จะเห็นว่าวิธีการที่ทำให้อุณหภูมิภายใน Greenhouse อยู่ในระดับที่ต้องการนั้นจะต้องติดตั้งระบบทำความร้อน หรือระบบทำความเย็น อย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่างแล้วแต่กรณี ส่วนอุปกรณ์ที่สำคัญในการควบคุมอุณหภูมิภายใน Greenhouse และการทำงานของระบบทั้งสอง คือ Thermostat ซึ่งอุปกรณ์ชนิดนี้มีหลายแบบ บางแบบกำหนดช่วงอุณหภูมิคงที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เหมาะสำหรับ Greenhouse ที่ปลูกเพื่อเป็นการค้า ส่วน Thermostat ที่สามารถปรับช่วงอุณหภูมิได้ตามต้องการจำเป็นอย่างยิ่งในการทดลองค้นคว้าทาง Greenhouse

6.5 ระบบการหมุนเวียนอากาศภายใน Greenhouse

อากาศภายใน Greenhouse มักไม่ค่อยหมุนเวียนนัก อุณหภูมิหรือส่วนผสมอากาศที่จุดต่างๆ ภายใน Greenhouse อาจแตกต่างกับอีกจุดได้ อีกประการหนึ่งถ้า Greenhouse นั้นติดตั้งระบบทำความร้อนหรือระบบทำความเย็นที่ออกจากท่อแผ่กระจายไปทั่วโรงเรือนได้รวดเร็วขึ้น อุณหภูมิแต่ละจุดจะใกล้เคียงกันมากขึ้น

การติดตั้งระบบหมุนเวียนอากาศอาจทำได้โดยวิธีง่าย ๆ คือ ติดตั้ง **พัดลม** ตามจุดต่าง ๆ ภายใน Greenhouse การติดตั้งพัดลมต้องระมัดระวังมิให้กระแสลมกระทบกับต้นพืชโดยตรง อาจติดตั้งที่ผาผนังของโรงเรือนก็ได้ ตำแหน่งของการติดตั้งอาจติดตั้งไว้เหนือประตู ใต้โต๊ะวางกระถาง หรืออาจติดตั้งไว้บนหลังคาก็ได้

จุดประสงค์อีกอย่างหนึ่งของการติดตั้งระบบหมุนเวียนอากาศ คือ เพื่อแลกเปลี่ยนอากาศภายนอกกับอากาศภายใน Greenhouse วิธีการติดตั้งทำได้โดยเจาะผาผนัง Greenhouse นำพัดลมดูดอากาศมาติดตั้งดูดอากาศออกจาก Greenhouse ส่วนผาอีกด้านหนึ่งติดตั้งพัดลมดูดอากาศเข้าโดยอากาศที่ดูดเข้าจะผ่านเครื่องกรองอากาศ เพื่อป้องกันเชื้อโรคต่าง ๆ ที่มากับลม ถ้าต้องการให้พัดลมทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติจะต้องติดตั้งอุปกรณ์บังคับการทำงานและหยุดการทำงานของพัดลม โดยติด Timer ซึ่งสามารถปรับระยะเวลาการทำงาน และช่วงเวลาการทำงานและช่วงเวลาการหยุดทำงานของพัดลมโดยปรับ Timer ตามความเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับ Greenhouse ที่ไม่ได้ติดตั้งระบบปรับปรุงอุณหภูมิอาจติดตั้งระบบระบายอากาศเพื่อให้อากาศเข้าออกได้ โดยใช้ เส้นใย ปอ นุ่น บุผนังแทนกระจก วัสดุเหล่านี้สามารถป้องกันเชื้อโรคมิให้เข้าในโรงเรือนได้ การใช้วัสดุดังกล่าวบุผ้าแทนกระจกนอกจากจะทำให้อากาศผ่านเข้าได้สะดวกแล้ว ยังทำให้ความอบอ้าวใน Greenhouse ลดลงอีก แต่การติดตั้งแบบนี้เป็นการยากที่จะควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายใน Greenhouse ให้เป็นตามต้องการ แต่อุณหภูมิภายใน Greenhouse จะมีระดับใกล้เคียงกับภายนอก มักใช้กับ Greenhouse ที่มีจุดประสงค์เพื่อทดลองและศึกษาเกี่ยวกับโรคพืชและจะได้ผลดีในพื้นที่ที่มีลมผ่านอยู่เสมอ

6.6 ระบบการให้น้ำพืช สามารถแยกออกได้เป็น

6.6.1 - ใช้คนรดน้ำ ไม่สะดวกนักในกรีที่มีจำนวนต้นพืชมาก ๆ และไม่สามารถให้น้ำได้ตลอดเวลาอีกทั้งการควบคุมปริมาณน้ำก็ทำได้ยาก

6.6.2 - ติดตั้งระบบ Sprinkler นิยมใช้อยู่ 3 แบบ คือ

FIXED HEAD SPRINKLER ต้องวางท่อน้ำไปตามแถวที่วางกระถาง กระบะ หรือแถวที่ปลูกพืช จากนั้นต่อท่อน้ำที่วางขนานกับพื้นดิน ให้ตั้งฉากกับพื้นดิน ท่อที่ตั้งฉากกับพื้นดินมีความสูงตั้งแต่ 50 ถึง 100 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับพืชที่ปลูก ที่ปลายท่อน้ำมีหัว Sprinkler ติดอยู่ โดย Sprinkler แบบนี้เคลื่อนที่ไม่ได้ ถ้าพื้นที่ปลูกพืชมีขนาดใหญ่จะต้องติดท่อตั้งฉากหลาย ๆ ท่อให้ระยะของแต่ละท่อห่างกันพอที่น้ำจากหัว Sprinkler ไปถูกกับพืชที่ปลูกทั้งหมด Sprinkler แบบนี้ใช้ได้กับพืชทุกขนาดใน Greenhouse เพราะละอองน้ำมีขนาดเล็กไม่เป็นอันตรายต่อพืช

ROTATING IMPACT SPRINKLER แบบนี้หัวฉีดหมุนได้ ฉีดได้ไกลกว่าแบบแรก แต่ละอองน้ำมีขนาดใหญ่กว่า ไม่เหมาะกับพืชที่มีขนาดเล็ก ๆ ปักชำ แต่เหมาะกับพืชขนาดใหญ่

NOZZLE LINE SPRINKLER นิยมใช้มากใน Greenhouse โดยเฉพาะที่ต้องการปักชำ ลักษณะของ Sprinkler แบบนี้ประกอบด้วย ท่อน้ำ ที่ติดตั้งอยู่เหนือต้นพืชที่ปลูก ท่อน้ำนี้อาจติดตั้งจากโต๊ะ ตั้งกระถาง พื้นดิน หรืออาจติดตั้งจากหลังคาของ Greenhouse ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.6.3 -ระบบการให้น้ำกับดินที่ใช้ปลูก ใช้ได้ดีกับพืชที่มีอายุตั้งแต่ 2 ปีขึ้นไปและพืชที่ไม่ต้องการน้ำถูกใบ การให้น้ำแบบนี้สามารถลดโรคระบาดที่มากับน้ำได้ด้วย วิธีการให้น้ำทำโดยการวางท่อน้ำกับพื้นดิน บนโต๊ะตั้งกระถาง ที่ท่อส่งน้ำเจาะรูเล็ก ๆ ขนาดพอที่จะให้ท่อยางเล็ก ๆ สอดเข้าไปได้ นำปลายท่อยางอีกข้างสอดเข้าไปในรูและอีกข้างวางไว้โคนต้นพืช ท่อยางขนาดเล็ก ๆท่อหนึ่งใช้ได้กับต้นไม้เพียงต้นเดียว ถ้าเป็นต้นไม้ใหญ่ ๆ อาจใช้ 2 - 3 ท่อ การให้น้ำแบบนี้ให้ผลคล้ายคลึงกับการให้น้ำแบบ Furrow และเป็นที่นิยมใช้กันใน Greenhouse ที่สร้างใหม่ โดยเฉพาะ Greenhouse ที่ปลูกพืชใบจำหน่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

การคำนวณค่า

Heat Loss & Heat Gain

Q_I : Solar Radiation Heat Input

$= TxI_SxA_f$

กำหนดให้ T = 0.92 จากตารางที่ 2 พลาสติก Acrylic.

I_S = 1,322 W/m^2 จากค่าเฉลี่ยความเข้มแสงตลอดปี

$Q_I = (0.92)(1.322\ kW/m^2)(32\ m^2)$

$= (1.21624)(32)$

$= 38.9$ kW.

Q_{cd} : Conduction Heat

$= U \times A \times \Delta T$

กำหนดให้ U = 1 BTU/ ft^2.hrs.F จากตารางที่ 2 ชนิด Acrylic

Q_{cd} = (1 BTU/ ft^2.hrs.F)(roof area + 2 side area + front area + back area)(ΔT)

จาก การคำนวณหา พื้นที่ของ Greenhouse

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

front area = 12.885 m^2

= 138.6 ft^2

back area = 12.885 m^2

= 138.6 ft^2

side area = 19.2 m^2

= 206.4 ft^2

roof area = 39 m^2

= 419.25 ft^2

รวมพื้นที่ทั้งหมด = 2(12.885) + 2(19.2) + 39

= 103.17 m^2

= 1109.29 ft^2

Q_{cd} = (1 Btu/ ft^2.hrs.F)(1109.29 ft^2)(ΔT)

= (1109.29 Btu/hrs)(ΔT)

= (1109.29 / 3.413)(ΔT) W.

= 0.325 ΔT kW.

Q_v : Ventilation heat

= M x C_p x ΔT

Q_v = (M kg/s)(1.007 kJ/Kg.K)(ΔT K)

= (M kg/s)(1.007ΔT kJ/kg)

= 1.007 ΔT * M kW.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Q_i : Infiltration Heat

จากตารางที่ 4 ชนิด New Structure Fiberglass กำหนดให้

infiltration heat = (0.5-0.75) Air Exchange /hours

จาก M kg/s (Air Change Rate)

M kg/hr *3600 (Air Change Rate)

spacific volume = 0.88 m^3/kg. เปิดจาก Psychometric chart

เมื่อกำหนดสภาวะอากาศดังนี้

อุณหภูมิอากาศภายใน ~ 35 - 40 ^oC

อุณหภูมิอากาศภายนอก 28 - 35 ^oC

ความชื้น 40 - 45 %

AIr change Rate / Hours = (3600*M kg/h)(0.88 m^3/kg)

= 3096*M m^3 / h

Q_i = 3096 x M x (0.75)

เนื่องจากค่าที่คำนวณได้น้อยกว่า 1% ของ M แต่เพื่อความเหมาะสมจึง ~ 1 % M

ดังนั้น $Q_v + Q_i = (1.017*M)(\Delta T)$ kW.

จาก Heat Balance

$$Q_I + Q_e + Q_f + Q_r = Q_{cd} + Q_g + Q_v + Q_i + Q_t + Q_p$$

กำหนดให้

$$Q_e = Q_f = Q_r = 0$$

$$Q_g = Q_t = Q_p = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ว่า

$$Q_I = Q_{cd} + Q_v + Q_i$$

แทนค่า

Q_I = 38.9 kW.

Q_{cd} = 0.325 ΔT kW.

$Q_v + Q_i$ = (1.017*M)(ΔT) kW. ลงในสมการ

จาก $Q_I = Q_{cd} + Q_v + Q_i$

จะได้

$$38.9 = (0.325\ \Delta T) + (1.017*M)(\Delta T)$$

$$38.9 = (0.325 + 1.017M)(\Delta T)$$

$$\frac{38.9}{(0.325 + 1.017M)} = \Delta T$$

จากสมการดังกล่าวข้างต้น เป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง

M (Air Mass Change Rate) ,[kg/s]

ΔT (Temperature Difference)

นำความสัมพันธ์ดังกล่าวไป plot Graph ได้ออกมาดังรูป 2

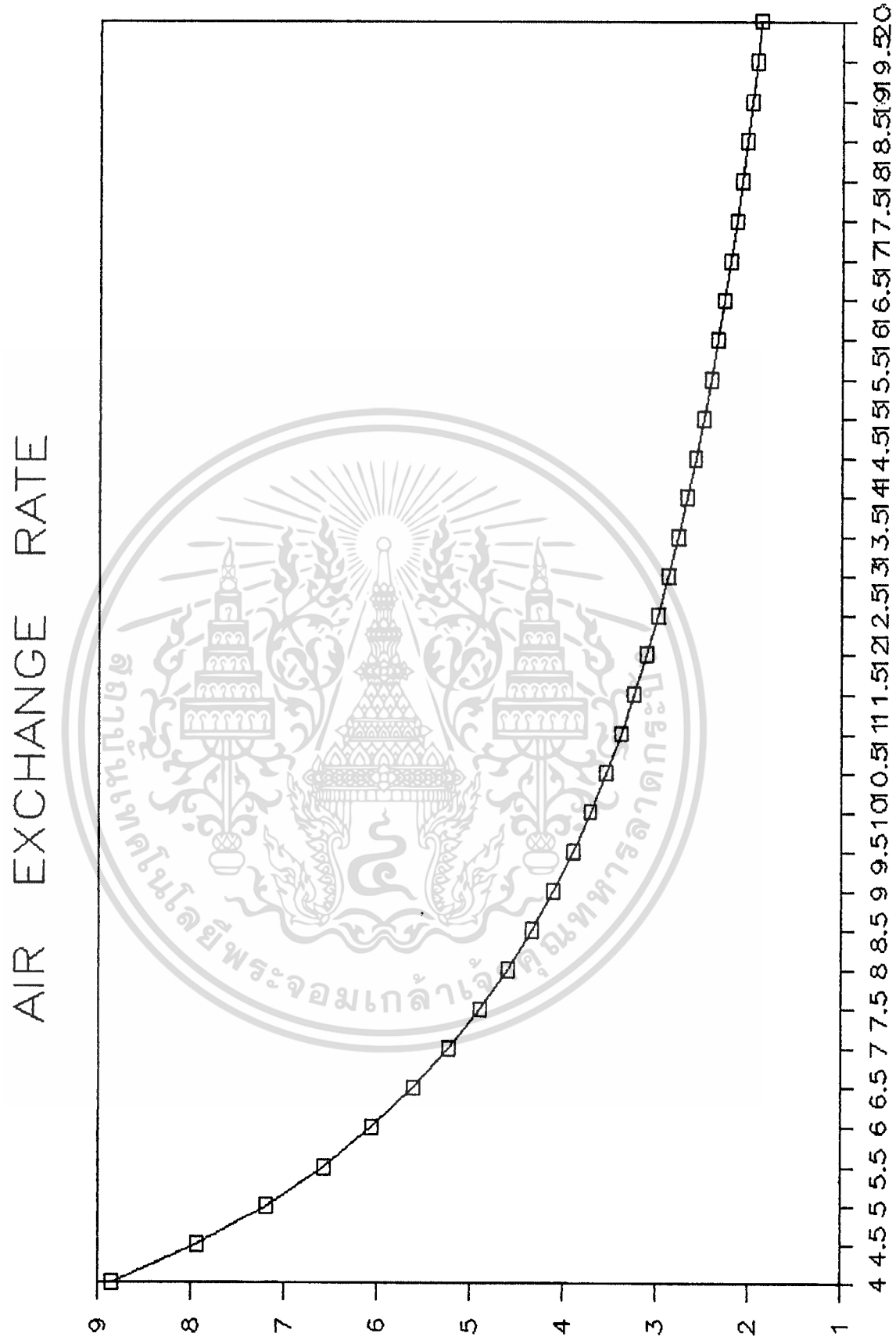
หมายเหตุ เนื่องจากเป็นงานออกแบบจึงต้องอาศัยการ assume ค่านำค่าไป iteration เพิ่มค่าทีละน้อยจนได้กราฟ ออกมาดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

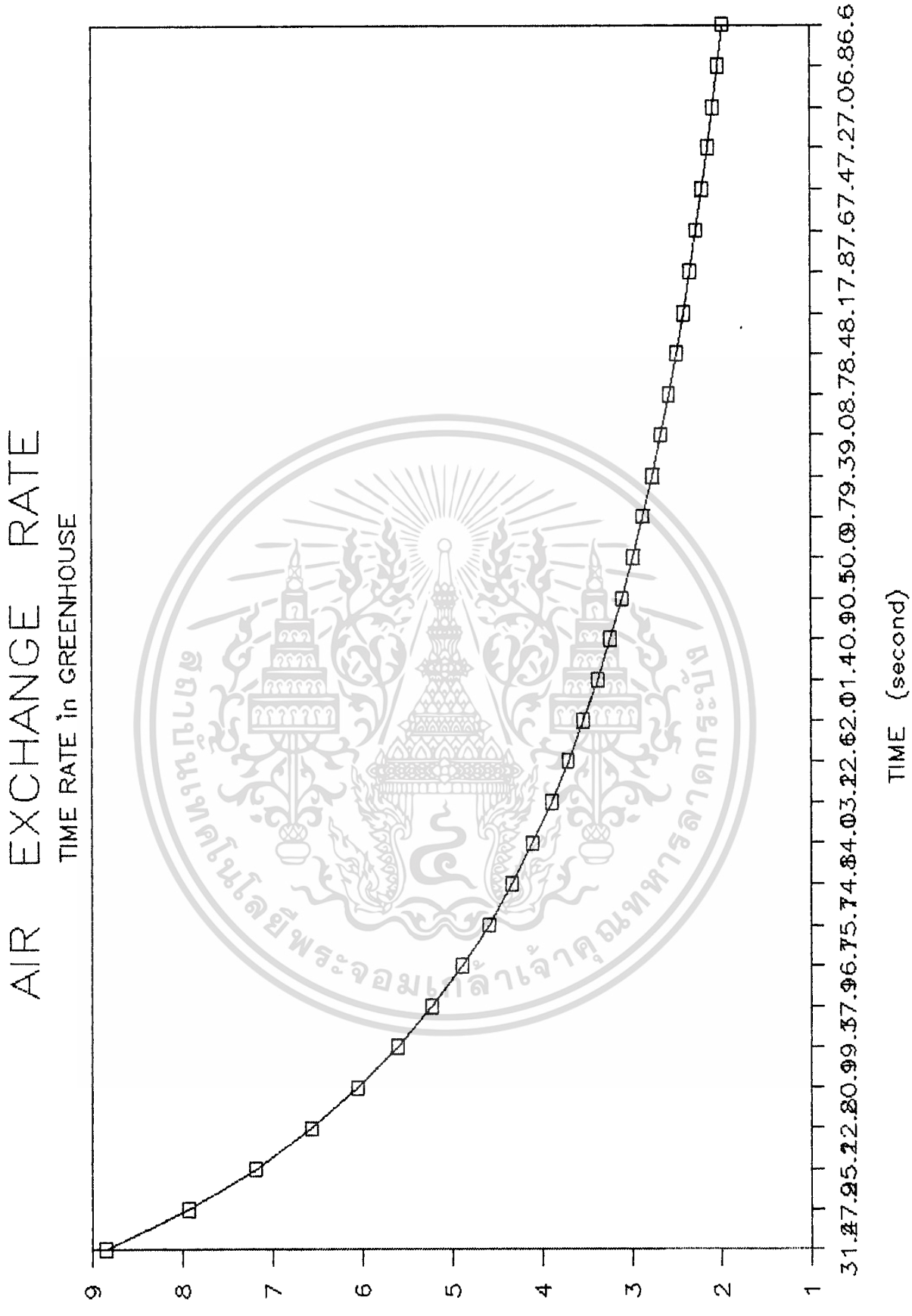
ตารางที่ 10 แสดงผลการคำนวณ ที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่าง ΔT กับ M

(kg/s)	(cfm)	Time (sec.)	ΔT
3	5462.5	41.9	11.522
3.5	6372.9	35.9	10.014
4	7283.4	31.4	8.855
4.5	8193.8	27.9	7.936
5	9104.2	25.1	7.190
5.5	10014.6	22.8	6.573
6	10925.0	20.9	6.052
6.5	11835.4	19.3	5.608
7	12745.9	17.9	5.225
7.5	13656.3	16.7	4.891
8	14566.7	15.7	4.597
8.5	15477.1	14.8	4.337
9	16387.5	14.0	4.104
9.5	17298.0	13.2	3.895
10	18208.4	12.6	3.706
11	20029.2	11.4	3.379
12	21850.1	10.5	3.105
13	23670.9	9.7	2.871
14	25491.7	9.0	2.671
15	27312.6	8.4	2.497
16	29133.4	7.8	2.343

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8
การเลือกขนาดพัดลมระบายอากาศ

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ΔT กับ M ดังสมการ

$$\frac{38.9}{(0.325 + 1.017M)} = \Delta T$$

แปลงค่า M (kg/s) เป็น cfm (Cubic foot per minutes)

เปลี่ยน kg/s ให้เป็น m^3/s โดย

M (kg/s) * Specific Volume ของอากาศที่สภาวะนั้น ๆ (m^3/kg)

กำหนด 1 m^3 = (3.28*3.28*3.28)

= 35.287 ft^3

แปลง m^3/s เป็น cfm.

โดย

m^3/s * 60 * 35.287 = m^3/s * 2117.22 cfm.

หรือ

M [kg/s] x Specific Vol. x 2117.22 = cfm.

จากกราฟเลือกช่วงความแตกต่างอุณหภูมิภายในและภายนอก Greenhouse ประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6 - 2 องศา ทั้งนี้เพราะ จากกราฟที่ความแตกต่างอุณหภูมิภายในและภายนอก 2 องศา เส้นกราฟมีความชันลดน้อยลงจนเกือบขนานกับแกน x นั่นหมายความว่า

ไม่ว่าจะเพิ่มอัตราการระบายอากาศออกมากเท่าใดก็ตาม ก็สามารถทำให้อุณหภูมิภายในและภายนอกแตกต่างกันได้เพียง 2 องศาเท่านั้น โดยอัตราการถ่ายเทอากาศที่ใช้เพื่อให้อากาศภายในและภายนอกแตกต่างกัน 2 องศา มีค่าประมาณ 22000 cfm ซึ่งต้องใช้พัดลมขนาดใหญ่มากและอย่างน้อย 3 ตัวขึ้นไป เป็นการสิ้นเปลืองทั้งค่าพัดลมและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

การที่เลือกอุณหภูมิภายในและภายนอกแตกต่างกันน้อยกว่า 6 องศาเพราะข้อจำกัดทางอุณหภูมิของพืช เพราะตามปกติอากาศภายนอก Greenhouse ประมาณ 28-35 ^{o}C ถ้าให้อากาศภายในและภายนอกแตกต่างกันมากกว่า 6 องศา นั่นคือ อากาศภายใน Greenhouse จะประมาณ 35-42 ^{o}C ขึ้นไป ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สูงมาก

ในช่วงความแตกต่างอุณหภูมิ 2 - 6 องศา อุณหภูมิอากาศภายใน Greenhouse จะอยู่ที่ประมาณ 30-35 ^{o}C ซึ่งไม่จัดว่าร้อนเกินไป เพียงพอให้พืชเจริญเติบโตอยู่ได้

ที่ความแตกต่างอุณหภูมิภายในและภายนอกประมาณ 6 องศา
ต้องใช้พัดลมขนาด ~ 10000 cfm หรือ พัดลม 20 นิ้ว จำนวน 2 ตัว
ค่าใช้จ่ายพัดลม 1500 บาท / ตัว
มอเตอร์ 1/4 แรงม้า ประมาณ 187 w กินกระแส 0.85 แอมแปร์
โดยเฉลี่ยเปิดให้พัดลมทำงานนาน 6 ชั่วโมง
ค่าซื้อพัดลม 3000 บาท
ค่าไฟเดือนละ 110 บาท

ที่ความแตกต่างอุณหภูมิภายในและภายนอกประมาณ 5 องศา
ต้องใช้พัดลมขนาด ~ 12000 cfm หรือ พัดลม 20 นิ้ว จำนวน 1 ตัว
และ พัดลม 24 นิ้ว จำนวน 1 ตัว
ค่าใช้จ่ายพัดลม 1500 บาท / ตัว (20 นิ้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ 1/4 แรงม้า ประมาณ 187 W กินกระแส 0.85 แอมแปร์

ค่าใช้จ่ายพัดลม 1700 บาท / ตัว (24 นิ้ว)

มอเตอร์ 1/3 แรงม้า ประมาณ 250 W กินกระแส 1.13 แอมแปร์

โดยเฉลี่ยเปิดให้พัดลมทำงานนาน 5 ชั่วโมง

ค่าซื้อพัดลม 3200 บาท

ค่าไฟเดือนละ 240 บาท

ที่ความแตกต่างอุณหภูมิภายในและภายนอกประมาณ 4-5 องศา

ต้องใช้พัดลมขนาด ~ 15000 cfm หรือ พัดลม 24 นิ้ว จำนวน 2 ตัว

ค่าใช้จ่ายพัดลม 1700 บาท / ตัว

มอเตอร์ 1/3 แรงม้า ประมาณ 250 W กินกระแส 1.13 แอมแปร์

โดยเฉลี่ยเปิดให้พัดลมทำงานนาน 6 ชั่วโมง

ค่าซื้อพัดลม 3400 บาท

ค่าไฟเดือนละ 275 บาท

ที่ความแตกต่างอุณหภูมิภายในและภายนอกประมาณ 4 องศา

ต้องใช้พัดลมขนาด ~ 16500 cfm หรือ พัดลม 30 นิ้ว จำนวน 1 ตัว

และ พัดลม 24 นิ้ว จำนวน 1 ตัว

ค่าใช้จ่ายพัดลม 2200 บาท / ตัว (30 นิ้ว)

มอเตอร์ 1 แรงม้า ประมาณ 746 W กินกระแส 3.4 แอมแปร์

ค่าใช้จ่ายพัดลม 1700 บาท / ตัว (24 นิ้ว)

มอเตอร์ 1/3 แรงม้า ประมาณ 250 W กินกระแส 1.13 แอมแปร์

โดยเฉลี่ยเปิดให้พัดลมทำงานนาน 6 ชั่วโมง

ค่าซื้อพัดลม 3900 บาท

ค่าไฟเดือนละ 540 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ความแตกต่างอุณหภูมิภายในและภายนอกประมาณ 3-4 องศา

ต้องใช้พัดลมขนาด ~ 18000 cfm หรือ พัดลม 30 นิ้ว จำนวน 2 ตัว

ค่าใช้จ่ายพัดลม 2200 บาท / ตัว

มอเตอร์ 1 แรงม้า ประมาณ 746 W กินกระแส 3.4 แอมแปร์

โดยเฉลี่ยเปิดให้พัดลมทำงานนาน 6 ชั่วโมง

ค่าซื้อพัดลม 4400 บาท

ค่าไฟเดือนละ 810 บาท

ตารางเปรียบเทียบ ขนาดพัดลม ราคาและความแตกต่างอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือน

ขนาดพัดลม (นิ้ว)		ΔT	ค่าพัดลม (บาท)	ค่าไฟ (บาท/เดือน)
20	20	6	3000	110
20	24	5	3200	240
24	24	4 - 5	3400	275
24	30	4	3900	540
30	30	3 - 4	4400	810

ที่ ΔT ประมาณ 4 – 5 นั่นคือ สามารถเลือกได้ทั้ง 20" กับ 24" หรือ 24" กับ 24" ซึ่งสามารถเลือกใช้ได้แบบใดแบบหนึ่งก็ได้ แต่ถ้าเลือกพัดลมขนาดเท่ากันทั้ง 2 ตัวจะเป็นการง่ายในการทำประกอบติดตั้งและการควบคุมการทำงานของเครื่องเพื่อให้รับภาระเท่า ๆ กัน ซึ่งถ้าเลือกขนาด 20" กับ 24" การประกอบและติดตั้งต้องทำ 2 ชุดที่แตกต่างกัน การรับภาระการทำงานของพัดลมย่อมแตกต่างกัน เป็นผลถึงการควบคุมภาวะอากาศภายใน Greenhouse อาจเกิดจุดอับของลมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้าเลือก 20" กับ 20" สามารถทำให้อุณหภูมิภายในและภายนอกแตกต่างกันได้ 6 องศาซึ่งเสียค่าพัดลม 3200 บาท แต่ถ้ายอมเสียอีก 200-400 บาท จะสามารถลดความแตกต่างของอุณหภูมิลงได้อีก 1-2 องศา ซึ่งหมายความว่าสามารถลดเวลาการทำงานลงได้อีก ดังนั้นการเลือกพัดลม 20" กับ 20" จึงไม่ค่อยคุ้มค่านัก เมื่อเทียบกับการเพิ่มเงิน 200 - 400 บาท ซื้อพัดลมขนาด 20" กับ 24" หรือ 24" กับ 24"

แต่ถ้าเลือกพัดลมขนาด 24"กับ 30" หรือ 30" กับ 30" ซึ่งสามารถทำให้ความแตกต่างอุณหภูมิภายในและภายนอกแตกต่างกัน 3 - 4 องศา เมื่อเทียบกับเลือกใช้พัดลมขนาด 24" กับ 24" สามารถทำให้อุณหภูมิภายในและภายนอกแตกต่างกันประมาณ 4 องศา สามารถประหยัดเงินได้ 500 บาท สรุปคือถ้าต้องการลดอุณหภูมิลงอีก 1 องศาต้องใช้เงินอย่างน้อย 500 บาทซึ่งนับว่าไม่คุ้มค่าเลย อีกทั้งพัดลมก็ยังมีขนาดใหญ่ต้องใช้กระแสไฟสูงกว่า อุปกรณ์ติดตั้งย่อมแพงกว่า

ดังนั้นจึงสมควรเลือกพัดลมขนาด 24" x 24" ทั้งนี้โดยพิจารณาจากค่าพัดลมแรกซื้อ ค่าไฟฟ้าในการทำงาน และค่าอุปกรณ์ประกอบติดตั้ง และที่สำคัญคือความเหมาะสมในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเมินราคาค่าก่อสร้าง

1. ดินถม 2 คันรถ

เป็นเงิน 2,400 บาท

2. หินเบอร์ 1 จำนวน 10 cu.ft

เป็นเงิน 3,000 บาท

3. หินเบอร์ 3 จำนวน 10 cu.ft

เป็นเงิน 3,000 บาท

4. เหล็กท่อกลม ธรรมดา เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 6 เมตร เส้นละ 450 บาท

เป็นเงิน 1,500 บาท

5. เหล็กท่อกลม แข็ง เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 6 เมตร เส้นละ 600-

เป็นเงิน 5,000 บาท

6. เหล็กแผ่นขนาด 2" x 8' หนา 1/8 นิ้ว

เป็นเงิน 3,000 บาท

7. แผ่นพลาสติก 4' x 8' หนา 3 mm. แผ่นละ 1,300 บาท

เป็นเงิน 45,000 บาท

8. พัดลม ขนาด 24 " จำนวน 2 ตัว ตัวละ 1,700 บาท

เป็นเงิน 3,400 บาท

9. Thermocouple แบบ J-Type 1 ชุด

เป็นเงิน 1,000 บาท

10. ชุดอุปกรณ์ Evaporative Cooling

เป็นเงิน 2,000 บาท

11. Digital Controller 1 ชุด

เป็นเงิน 5,000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12.ชุดอุปกรณ์ควบคุมอื่น ๆ

เป็นเงิน 5,000 บาท

13.ชุดม่านคลุมแคด

เป็นเงิน 4,000 บาท

14.ชุดอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งระบบ

เป็นเงิน 4,000 บาท

15.ค่าแรงประกอบและเชื่อมยึดโครง

เป็นเงิน 6,000 บาท

รวมทั้งสิ้น เป็นเงิน ประมาณ 100,000 บาท

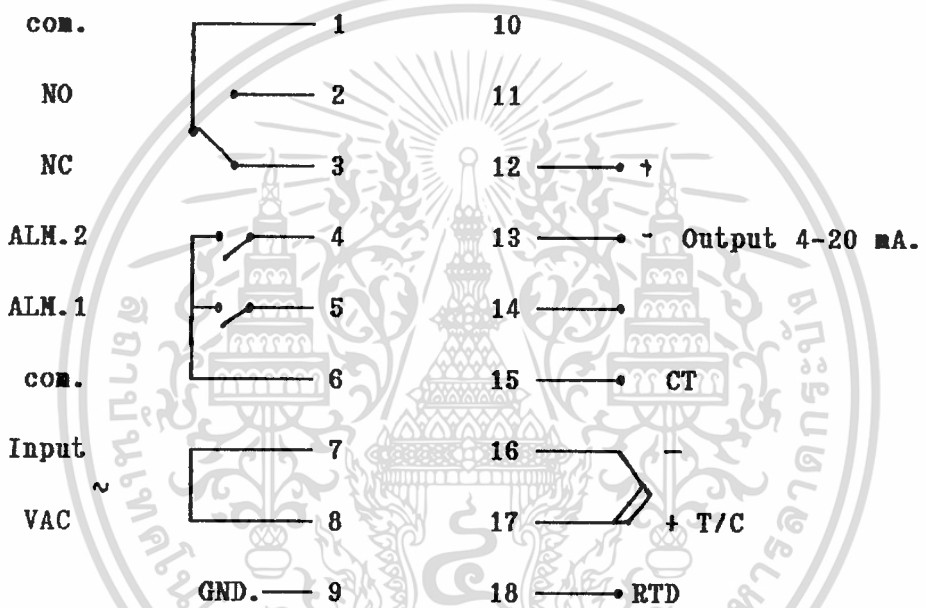
คาดว่าจะใช้เวลาในการก่อสร้าง ทั้งสิ้น 7 - 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 9

ระบบควบคุมภายใน Greenhouse

ผังต่อสายไฟทำงานของ Digital Controller



การทำงานของ Digital Controller

Digital Controller สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ 3 ค่าโดยการตั้ง Setpoint T_1,T_2,T_3 ทางหน้าจอเครื่อง โดยสมมติ กำหนดให้

T_1 ตั้งที่ 30 °C

T_2 ตั้งที่ 35 °C

T_3 ตั้งที่ 40 °C

ต่อไฟ 220 VAC เข้าที่ช่อง 7,8

ต่อสาย Thermocouple เข้าช่อง 16,17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อสาย Output ควบคุม#1 เข้าช่อง 2

ต่อสาย Output ควบคุม#2 เข้าช่อง 5 (ALM.1)

ต่อสาย Output ควบคุม#3 เข้าช่อง 4 (ALM.2)

จาก Thermocouple ที่ติดระดับต้นพืชใน Greenhouse จะวัดอุณหภูมิส่งสัญญานมาเข้า Digital Controller ทางช่อง 16,17 ภายใน Digital Controller จะทำการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิที่วัดได้กับอุณหภูมิที่ตั้งไว้

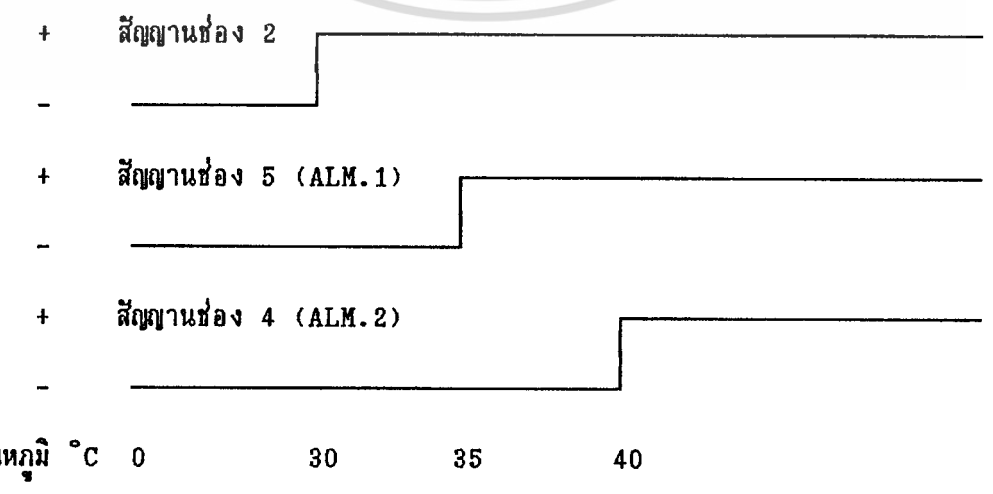
ถ้าอุณหภูมิที่วัดได้ เกิน 30 °C Digital Controller จะส่งสัญญานออกมาที่ช่อง 2 และจะส่งสัญญานนี้ จนกว่าอุณหภูมิจะลดลงต่ำกว่า 30 °C จึงตัดสัญญานทิ้ง

ถ้าอุณหภูมิที่วัดได้ เกิน 35 °C Digital Controller จะส่งสัญญานออกมาที่ช่อง 5 และจะส่งสัญญานนี้ จนกว่าอุณหภูมิจะลดลงต่ำกว่า 35 °C จึงตัดสัญญานทิ้ง

ถ้าอุณหภูมิที่วัดได้ เกิน 40 °C Digital Controller จะส่งสัญญานออกมาที่ช่อง 4 และจะส่งสัญญานนี้ จนกว่าอุณหภูมิจะลดลงต่ำกว่า 40 °C จึงตัดสัญญานทิ้ง

การทำงานของ Digital Controller ทำงานเป็นอิสระ แต่ละช่องไม่เกี่ยวข้องกัน ซึ่งสามารถแสดงผลการส่งสัญญานออกมาเป็น

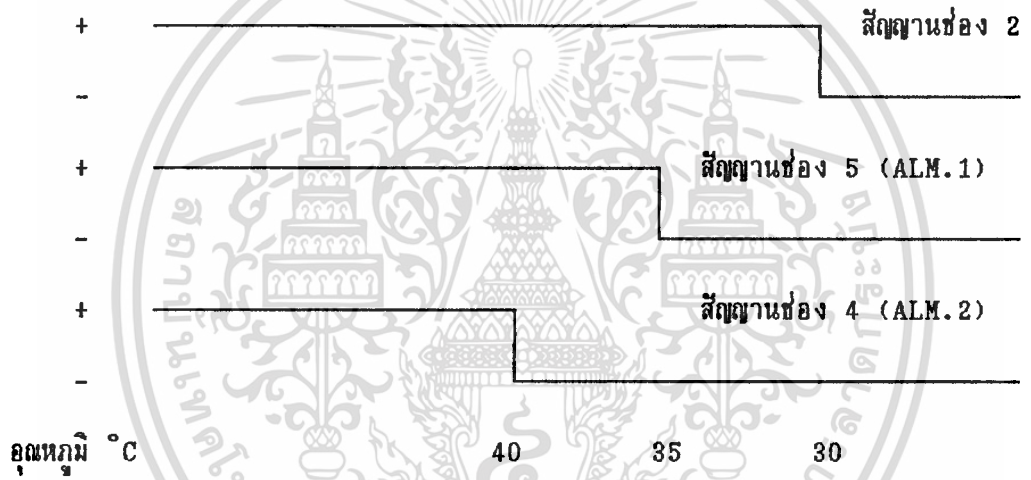
แสดงการส่งสัญญานออกมาเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิที่วัดได้เกิน ค่าอุณหภูมิ Setpoint ที่ตั้งไว้ Digital Controller จะเปรียบเทียบค่าและส่งสัญญานออกมาทางช่อง Output ที่ตั้งไว้เมื่ออุณหภูมิเกินค่า อุณหภูมิ Setpoint2 ที่ตั้งไว้ Digital Controllerจะเปรียบเทียบค่าและส่งสัญญานออกมา ทางช่อง ALM.1 และเมื่ออุณหภูมิเกินค่าอุณหภูมิ Setpoint3 ที่ตั้งไว้ Digital Controller จะเปรียบเทียบค่าและส่งสัญญานออกมาทาง ช่อง ALM.2 แบบต่อเนื่องกัน

แสดงการส่งสัญญานออกมาเมื่ออุณหภูมิลดลง



เมื่ออุณหภูมิลดลง Digital Controller จะเปรียบเทียบค่ากับอุณหภูมิ Setpoint ถ้าอุณหภูมิที่ลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิ Setpoint 3 Digital Controller จะหยุดส่งสัญญาน ALM.2 ทำให้การควบคุมที่เกิดจาก ALM.2 ไม่ทำงาน

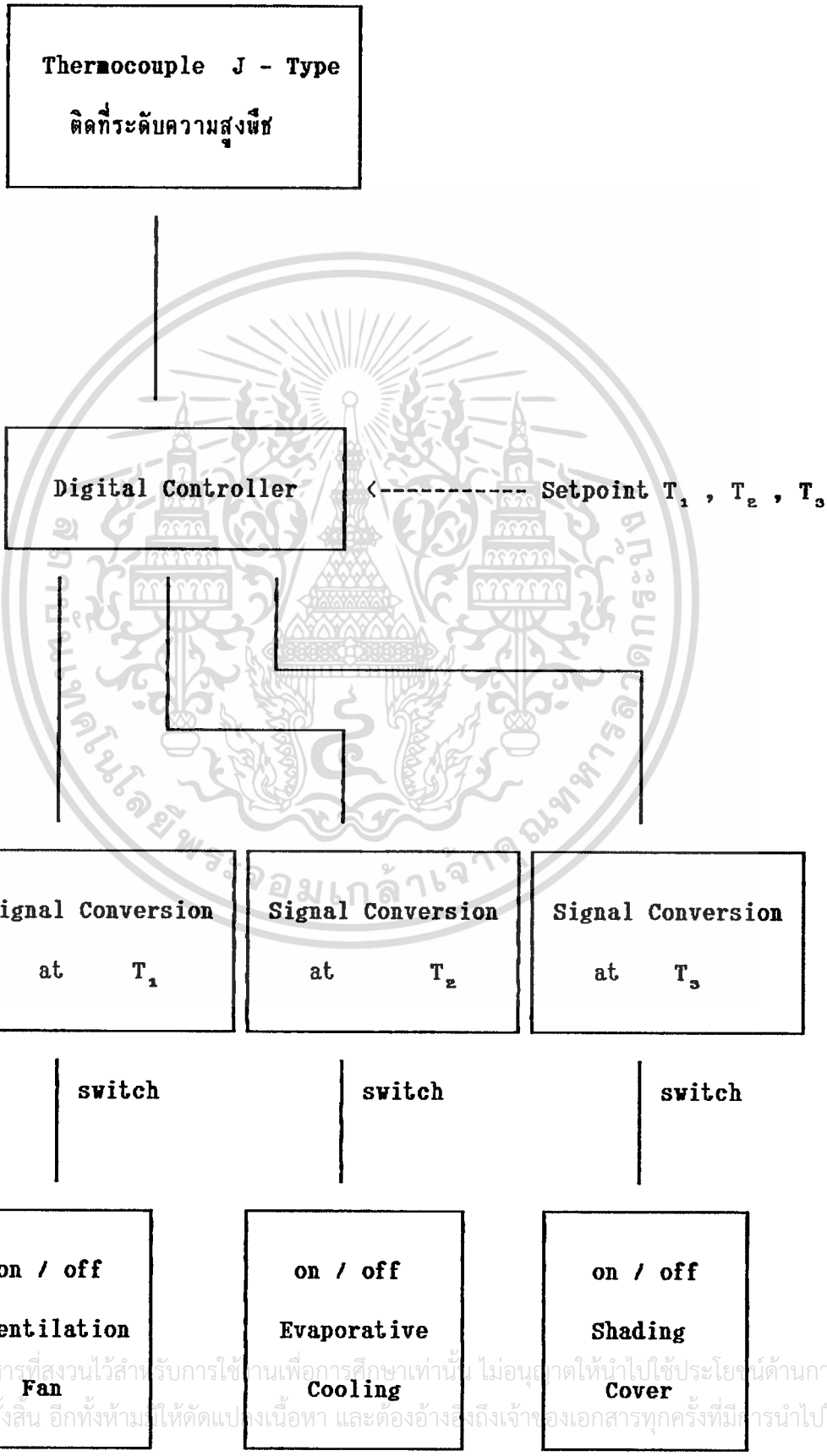
เมื่ออุณหภูมิลดลงจนต่ำกว่าอุณหภูมิ Setpoint 2 Digital Controllerจะหยุดส่งสัญญาน ALM.1 ทำให้การควบคุมที่เกิดจาก ALM.1 ไม่ทำงาน

และเมื่ออุณหภูมิลดลงจนต่ำกว่าอุณหภูมิ Setpoint 1 Digital Controller จะหยุดส่งสัญญานช่อง 2 ทำให้การควบคุมที่เกิดจากสัญญานช่อง 2 ไม่ทำงาน

นั่นคือเมื่ออุณหภูมิลดลงจนต่ำกว่าอุณหภูมิ Setpoint 1 จะไม่มีการควบคุมอุปกรณ์ใดเลย เป็นการตัดการควบคุมออกทีละชุด โดยที่แต่ละชุดจะสามารถทำงานและหยุดการทำงานโดยไม่มีผลกระทบต่อการทำงานและการควบคุมชุดอื่นเลย เป็นการทำงานที่อิสระในตัวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของอุปกรณ์ควบคุม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 10
สรุป และ ข้อเสนอแนะ

สรุป จากวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้เมื่อเสร็จสิ้นโครงงานนี้ ได้ศึกษาอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งสิ่งแวดล้อมที่จำเป็นในการเจริญเติบโต และจำเป็นต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมนั้น ให้อยู่ในปริมาณที่พอเหมาะพอเพียงกับความต้องการไม่มากและไม่น้อยจนเกินไป ซึ่งตัวการหลักในโครงงานนี้ คือ การควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในปริมาณที่พอเหมาะกับพืชเมืองร้อน และปริมาณความชื้นเป็นตัวการรอง ทั้งนี้โดยที่อุณหภูมิที่สูงเกิดขึ้นจากการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ จำเป็นต้องมีการคำนวณค่าพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทเข้าออกจาก Greenhouse ทั้งนี้โดยอาศัยทฤษฎี, หลักการ และ สมการการถ่ายเทความร้อนเป็นส่วนสำคัญในการคำนวณปริมาณความร้อนของระบบ ซึ่งความร้อนของระบบส่วนนี้จำเป็นต้องมีการระบายออกนอก Greenhouse โดยอาศัยพัดลมดูดอากาศร้อนออกข้างนอก Greenhouse ซึ่งขนาดของพัดลมสามารถหาได้โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่าง M (kg/s) กับ ΔT ความแตกต่างอุณหภูมิภายในกับภายนอกโรงเรือน ซึ่งแสดงออกมาดังรูปที่ 3 และสามารถหาเวลาที่น้อยที่สุดในการปรับอุณหภูมิให้ได้ตามต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4

ซึ่งผลจากการคำนวณเมื่อมีการติดตั้งพัดลม ก็จำเป็นต้องมีการควบคุมให้พัดลมสามารถทำงานได้อุณหภูมิดังที่ต้องการ ซึ่งจำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของระบบระบายความร้อน ซึ่งในที่นี้หมายถึง พัดลมระบายอากาศ ,Evaporative Cooling ,ม่านเปิด ปิดบังแสงแดด จากโครงงานนี้ได้จัดซื้อ Digital Controller เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิโดยตั้ง Setpoint 1,2,3 เพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก Thermocouple เมื่อส่วนควบคุมเปรียบเทียบค่าเรียบร้อยแล้ว จะแสดงผลออกมาทางช่อง Output 1,2,3 นำไปทำการควบคุมอีกทีหนึ่ง เมื่อผ่านขั้นตอนการคำนวณก็นำผลจากการคำนวณ มาออกแบบขนาดและวัสดุที่จะใช้ในการประกอบ ซึ่งในโครงงานนี้ได้แทรกแบบ (Drawing) ของ Greenhouse

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไว้ในส่วนท้าย เมื่อออกแบบ, เขียนแบบ เรียบร้อย ก็นำแบบและวัสดุไปประเมินราคาค่าก่อสร้าง รวมทั้งระยะเวลาในการก่อสร้าง แต่ในโครงงานนี้ไม่สามารถจัดสร้าง Greenhouse จริงได้ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อประเมินราคาแล้ว รวมราคาของและค่าก่อสร้างเป็นเงินประมาณ 100,000 บาทซึ่งเป็นจำนวนเงินที่สูงมาก เห็นสมควรว่าจะสร้างเป็น Model แทน และนำอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าประกอบใน Model ให้สามารถทำงานได้จริง ซึ่งผลจากการทำงานภายใน Model อยู่ในขั้นที่น่าพอใจ และ Model นี้สามารถเป็นสื่อการเรียนการสอนในอนาคตได้

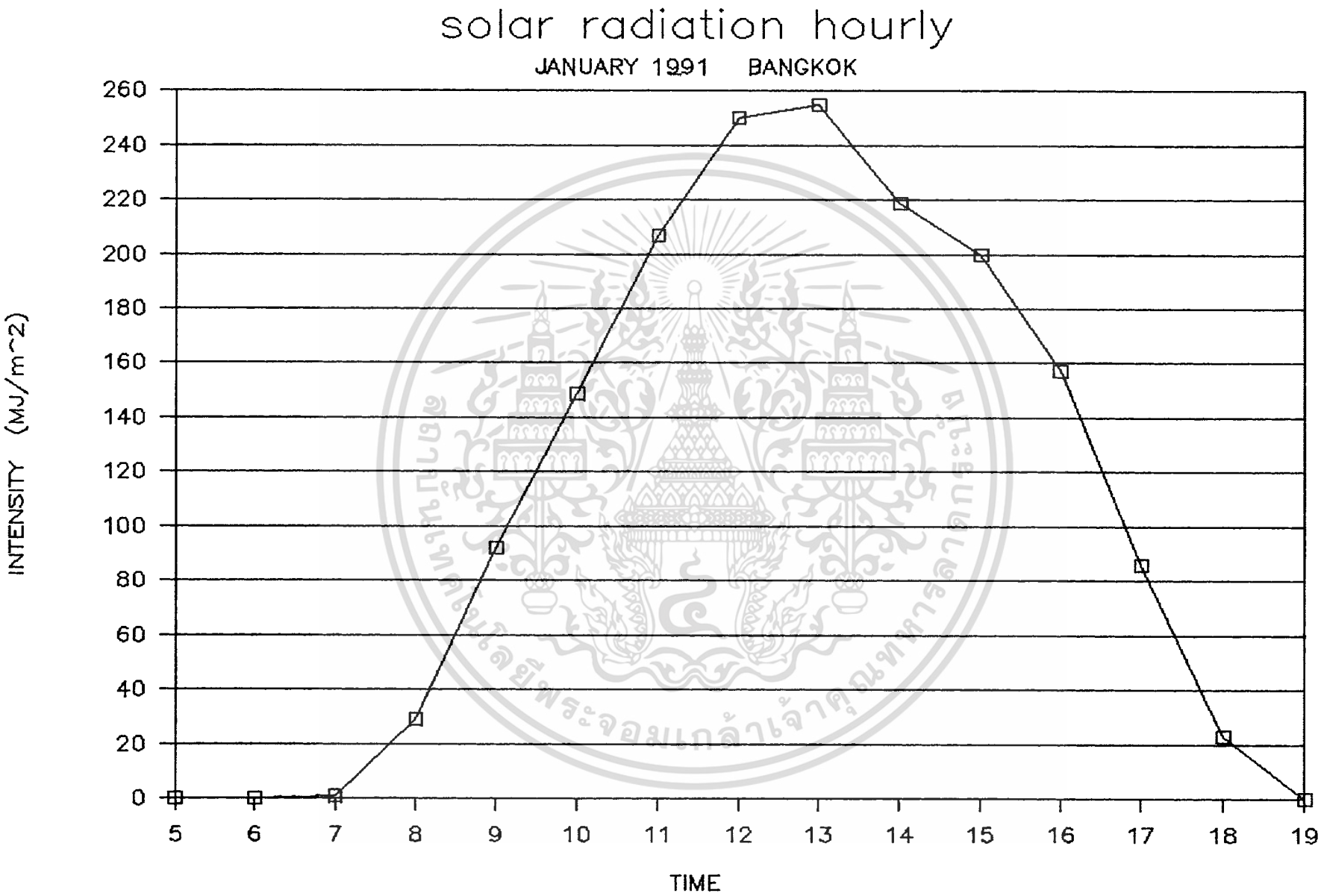
<u>ข้อเสนอแนะ</u>

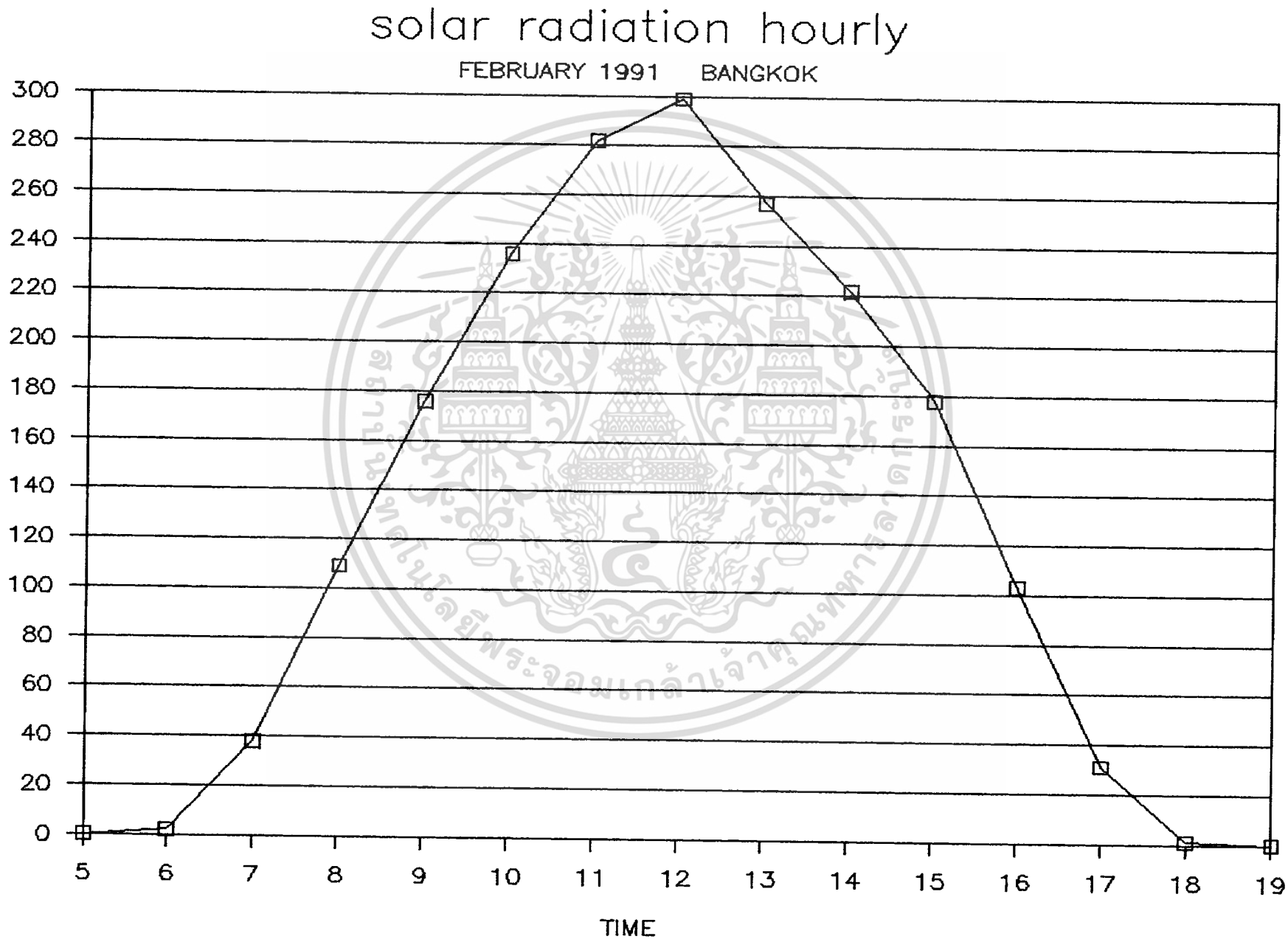
1. Model ที่สร้างขึ้นยังมีส่วนที่ต้องปรับปรุงและต่อเติมอีกมาก อาทิ
   - ระบบระบายน้ำ
   - ระบบการให้น้ำ
   - ระบบการจ่ายน้ำใน Evaporative Cooling
   - ม่านบังแดด ยังต้องมีการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากกว่านี้
2. จาก Drawing เมื่อจะทำการสร้างจริงต้องมีการปรับปรุงแบบเป็นบางส่วนทั้งนี้เพื่อให้เหมาะกับ สภาพการณ์ในปัจจุบัน
3. จากส่วนการประเมินราคา เมื่อทำการสร้างจริงราคาสินค้าจะเปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้เนื่องจากโครงงานนี้ประเมินราคาสินค้าก่อนคิดภาษีมูลค่าเพิ่ม ปี 2535
4. ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการคำนวณ อาจต้องมีการคิดค่า I_g ใหม่ ทั้งนี้เนื่องจากสภาวะเรือนกระจกบนโลกกำลังเพิ่มสูงขึ้น ทำให้โลกรับแสงมากขึ้นอากาศร้อนขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

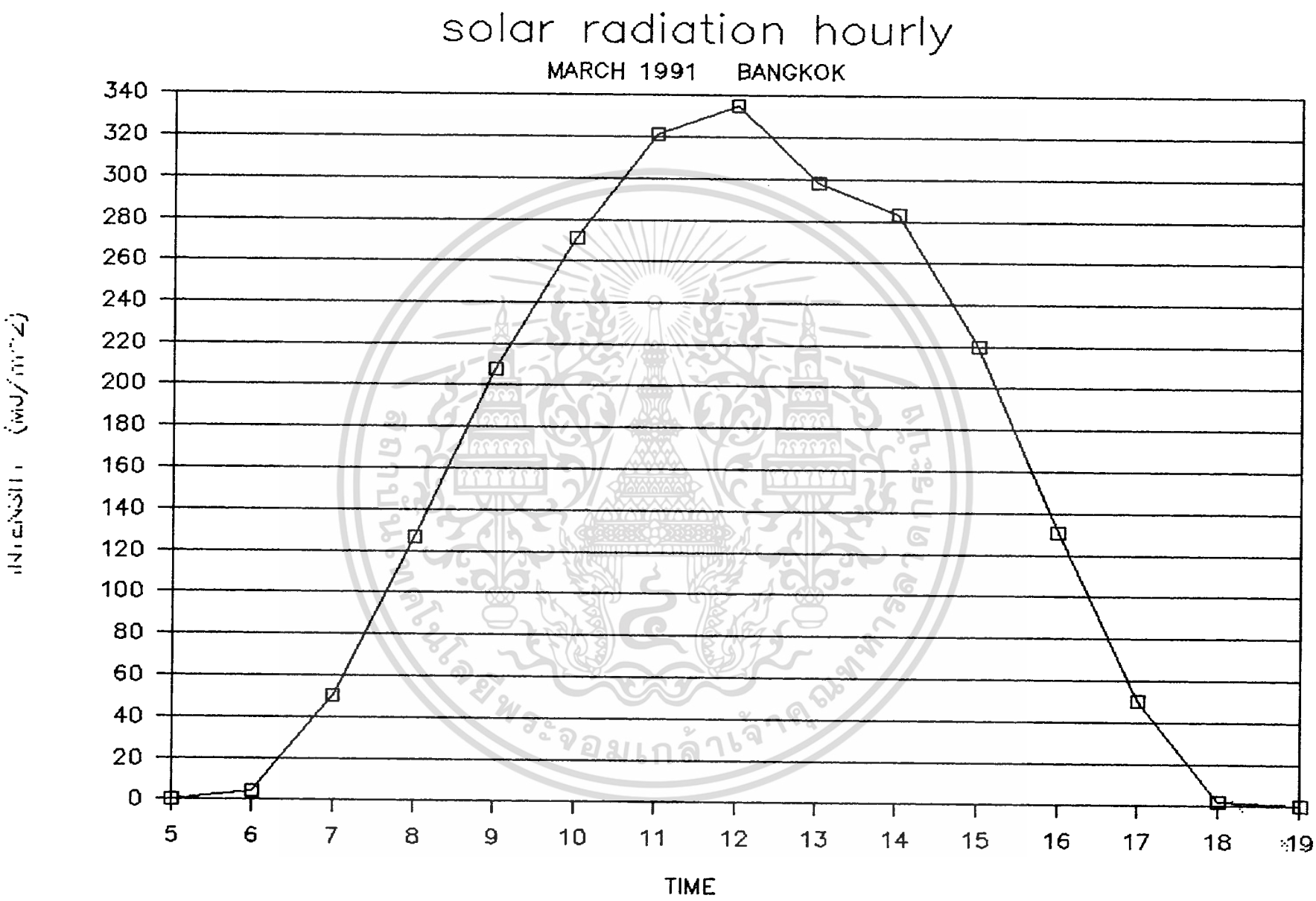
ภาคผนวก

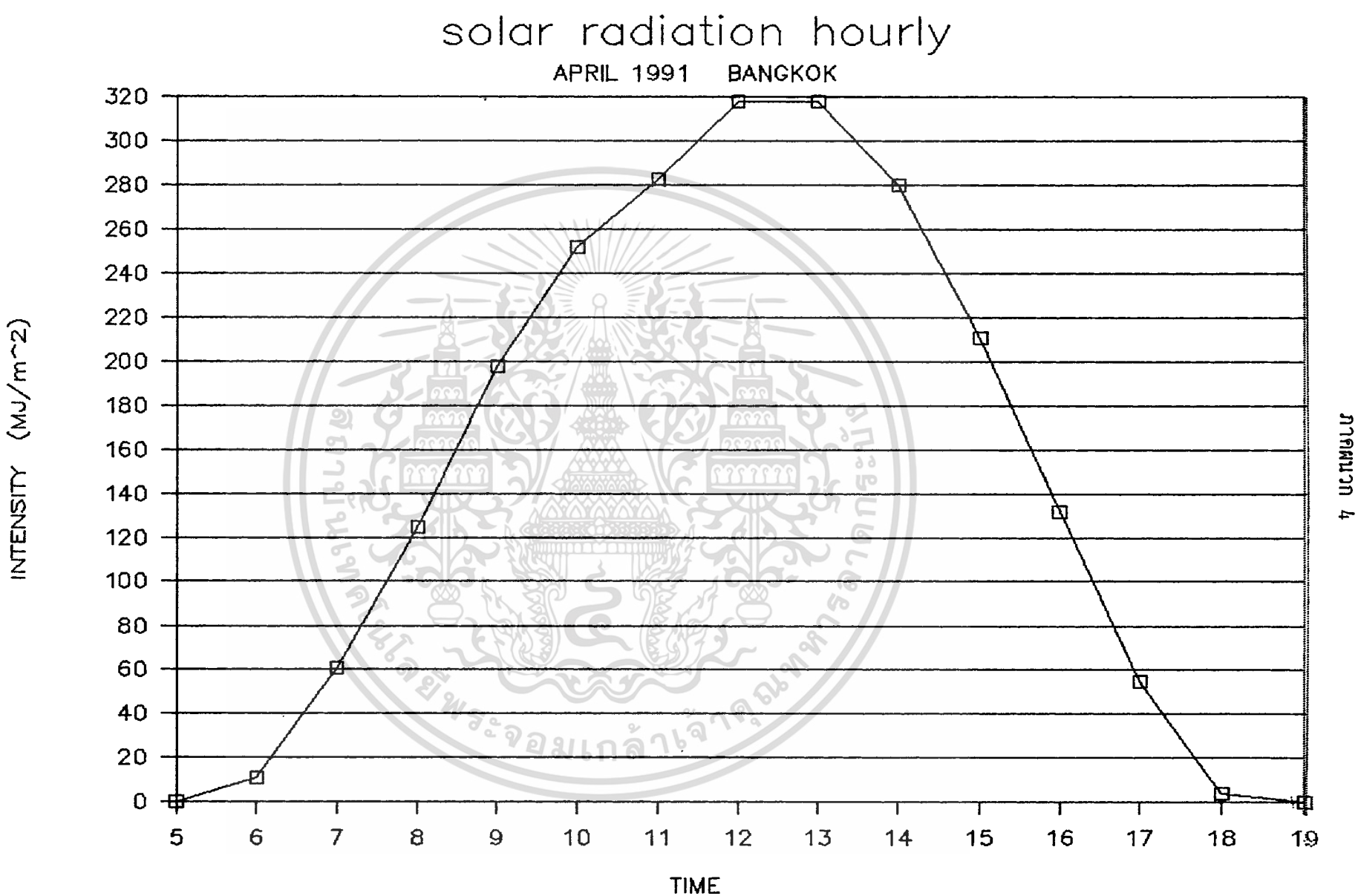
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

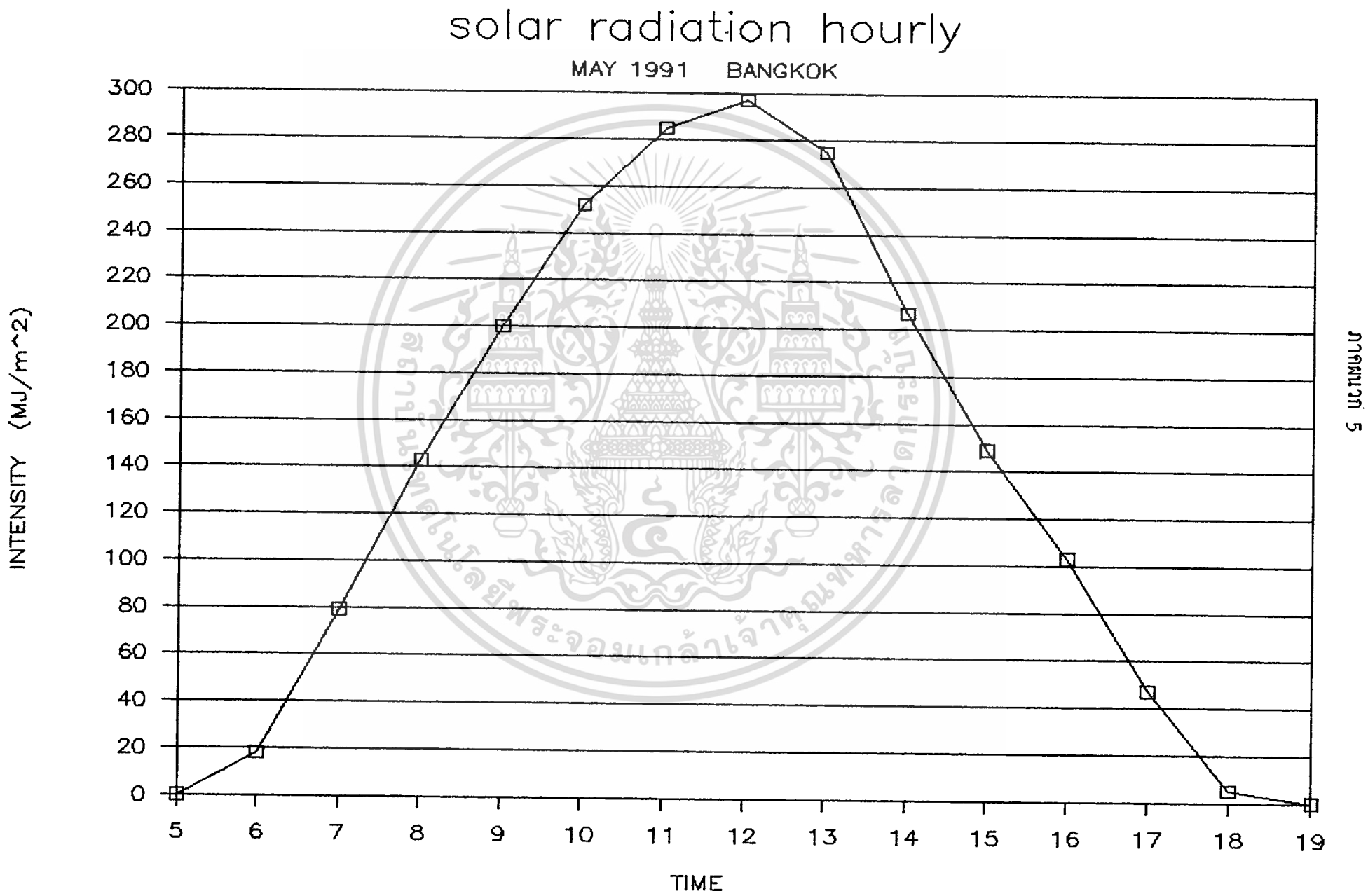

solar radiation hourly
JANUARY 1991 BANGKOK
INTENSITY (MJ/m^2)
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
TIME

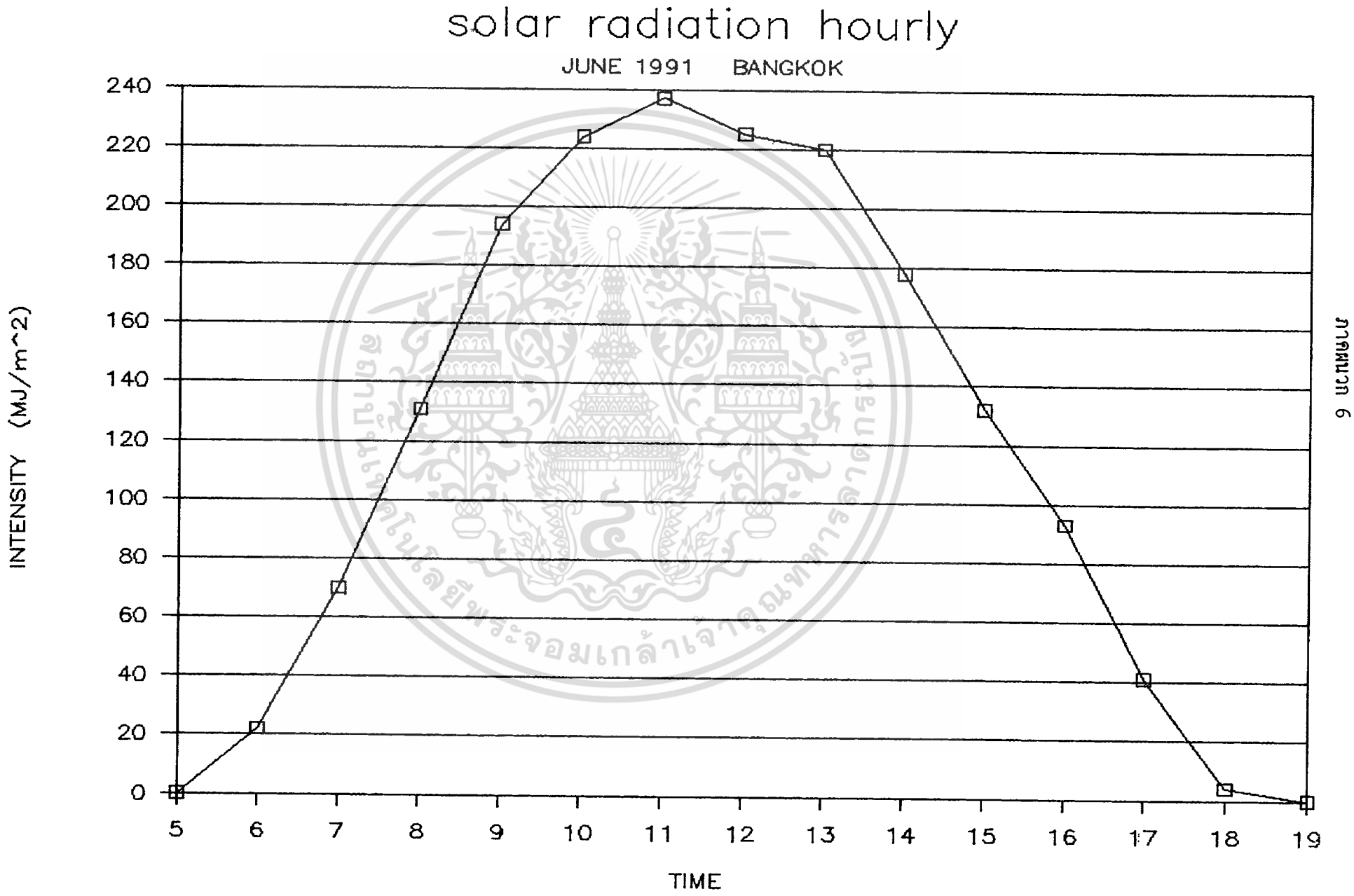

solar radiation hourly
FEBRUARY 1991 BANGKOK
300
280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
TIME

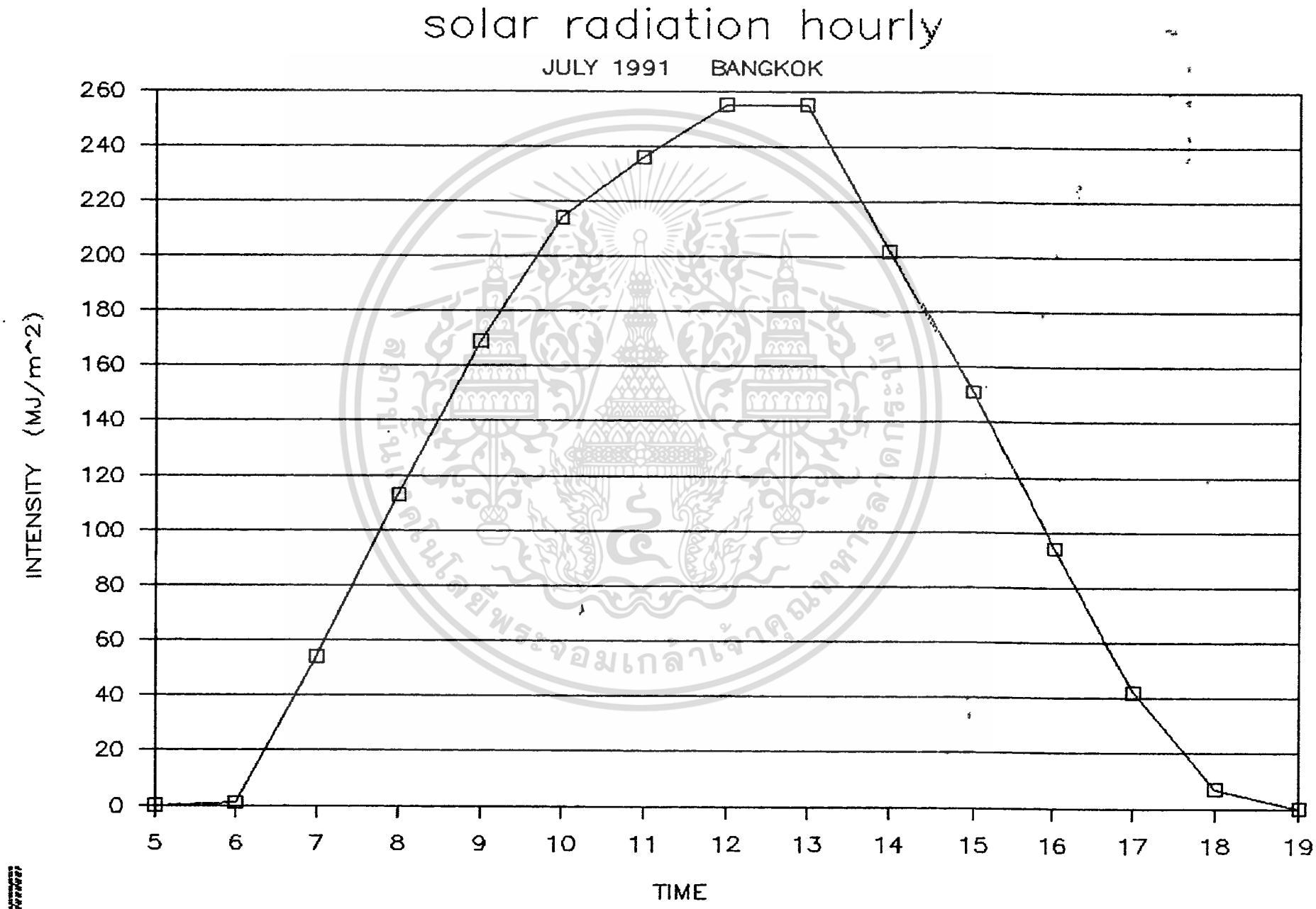
ภาคผนวก 2

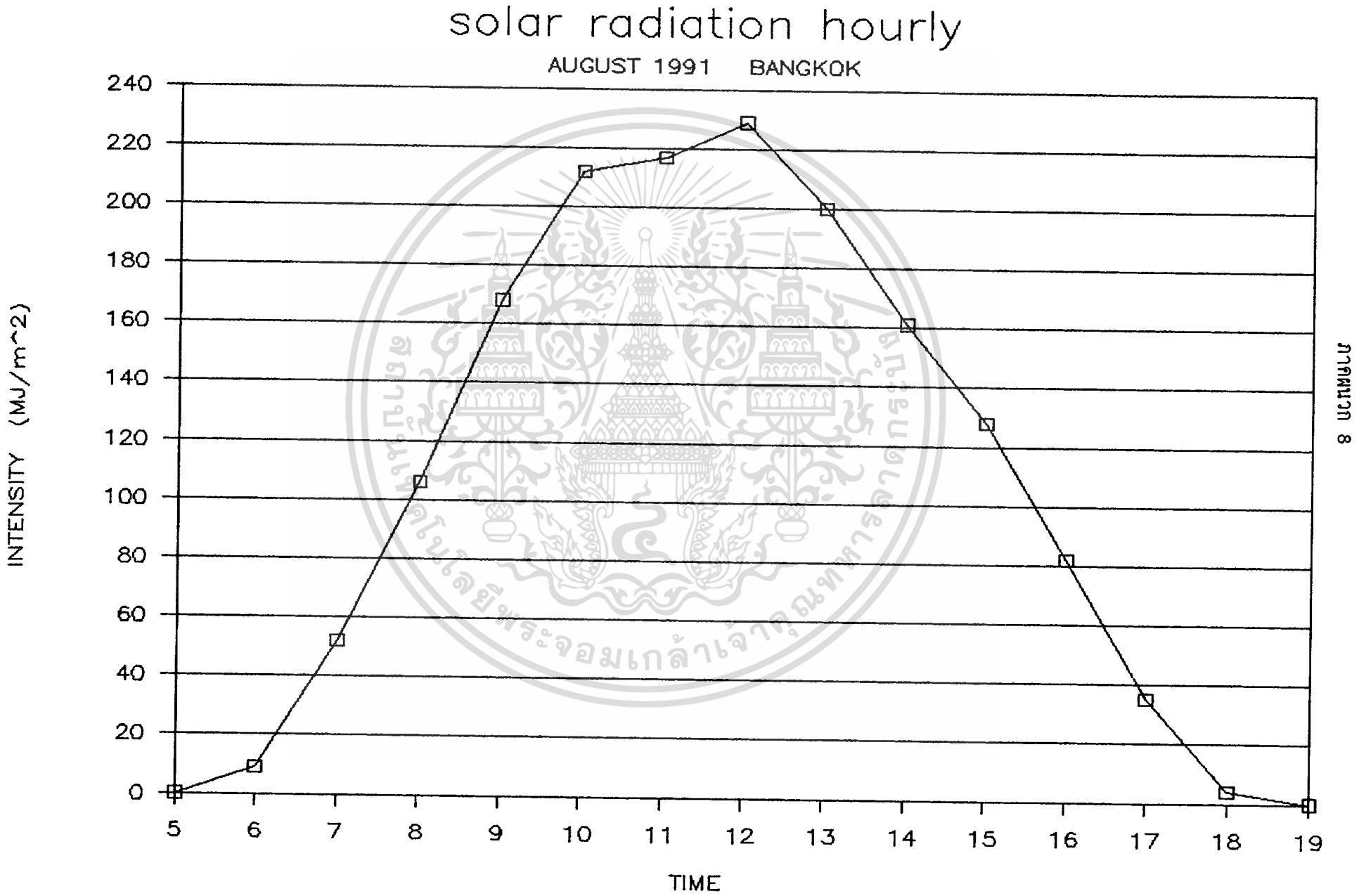

solar radiation hourly
MARCH 1991 BANGKOK
340
320
300
280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
TIME

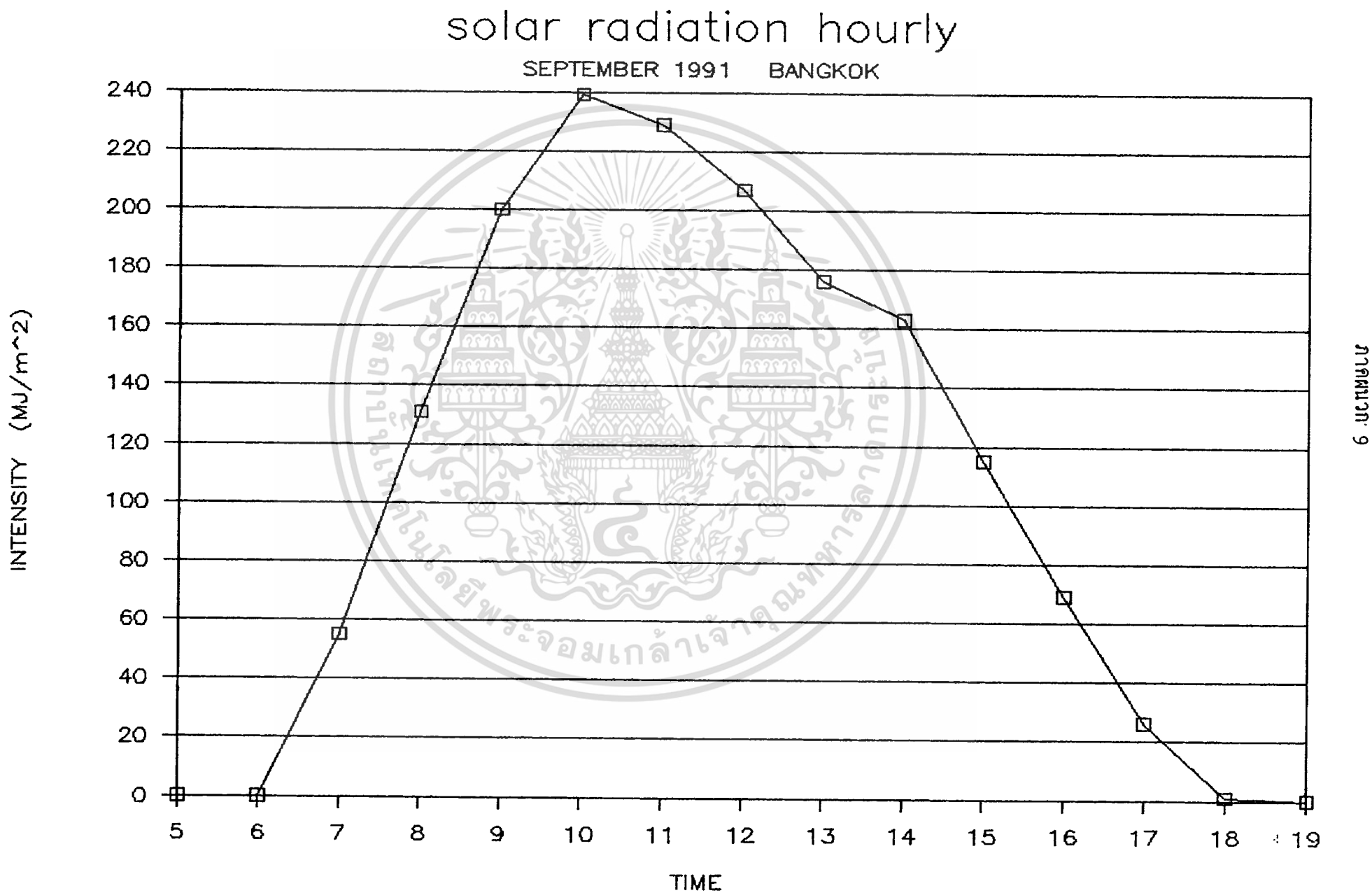

solar radiation hourly
APRIL 1991 BANGKOK
INTENSITY (MJ/m^2)
320
300
280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
TIME


solar radiation hourly
MAY 1991 BANGKOK
INTENSITY (MJ/m^2)
300
280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
TIME


solar radiation hourly
JUNE 1991 BANGKOK
INTENSITY (MJ/m^2)
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
TIME

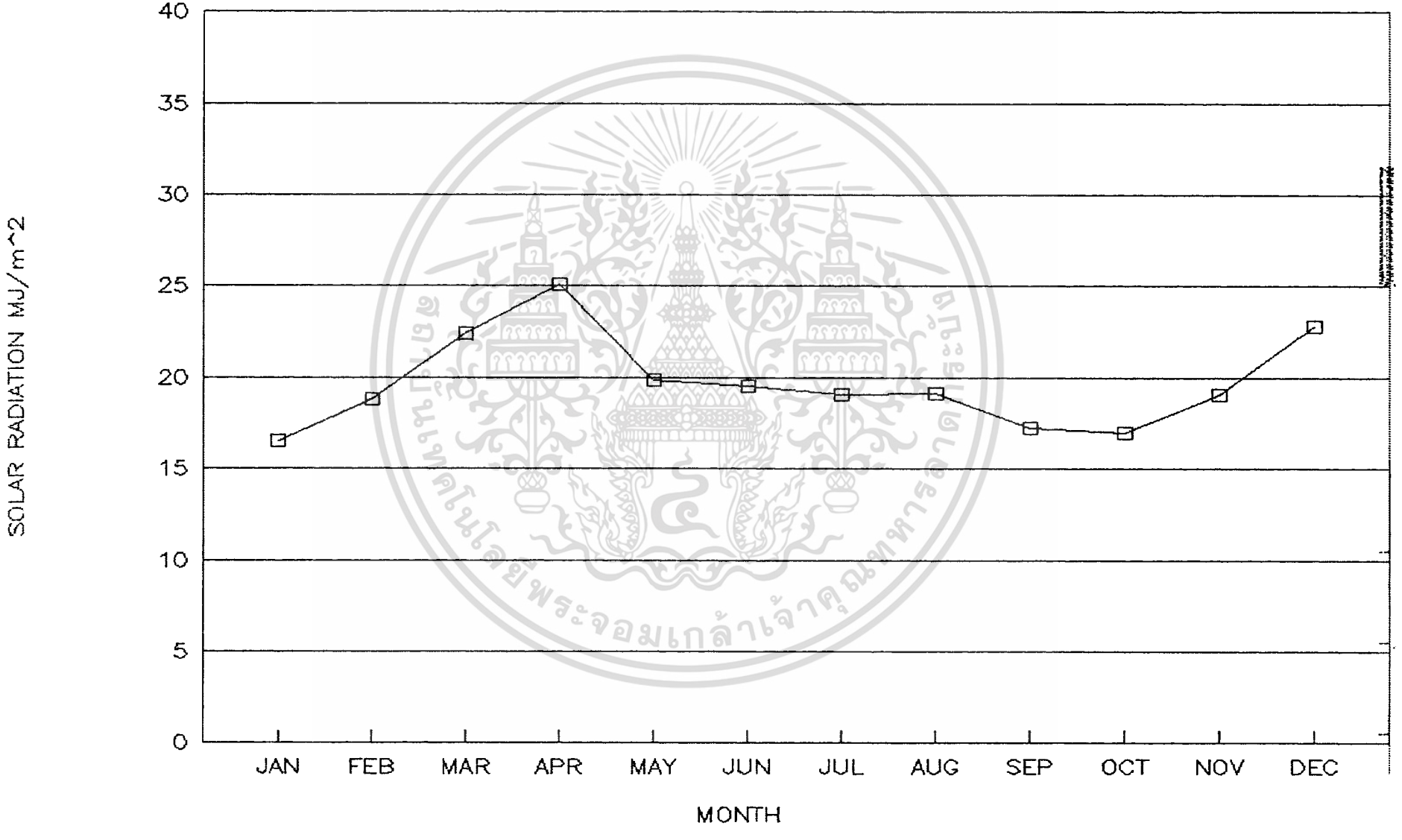

solar radiation hourly
JULY 1991 BANGKOK
INTENSITY (MJ/m^2)
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
TIME


solar radiation hourly
AUGUST 1991 BANGKOK
INTENSITY (MJ/m^2)
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
TIME


solar radiation hourly
SEPTEMBER 1991 BANGKOK
INTENSITY (MJ/m^2)
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
TIME

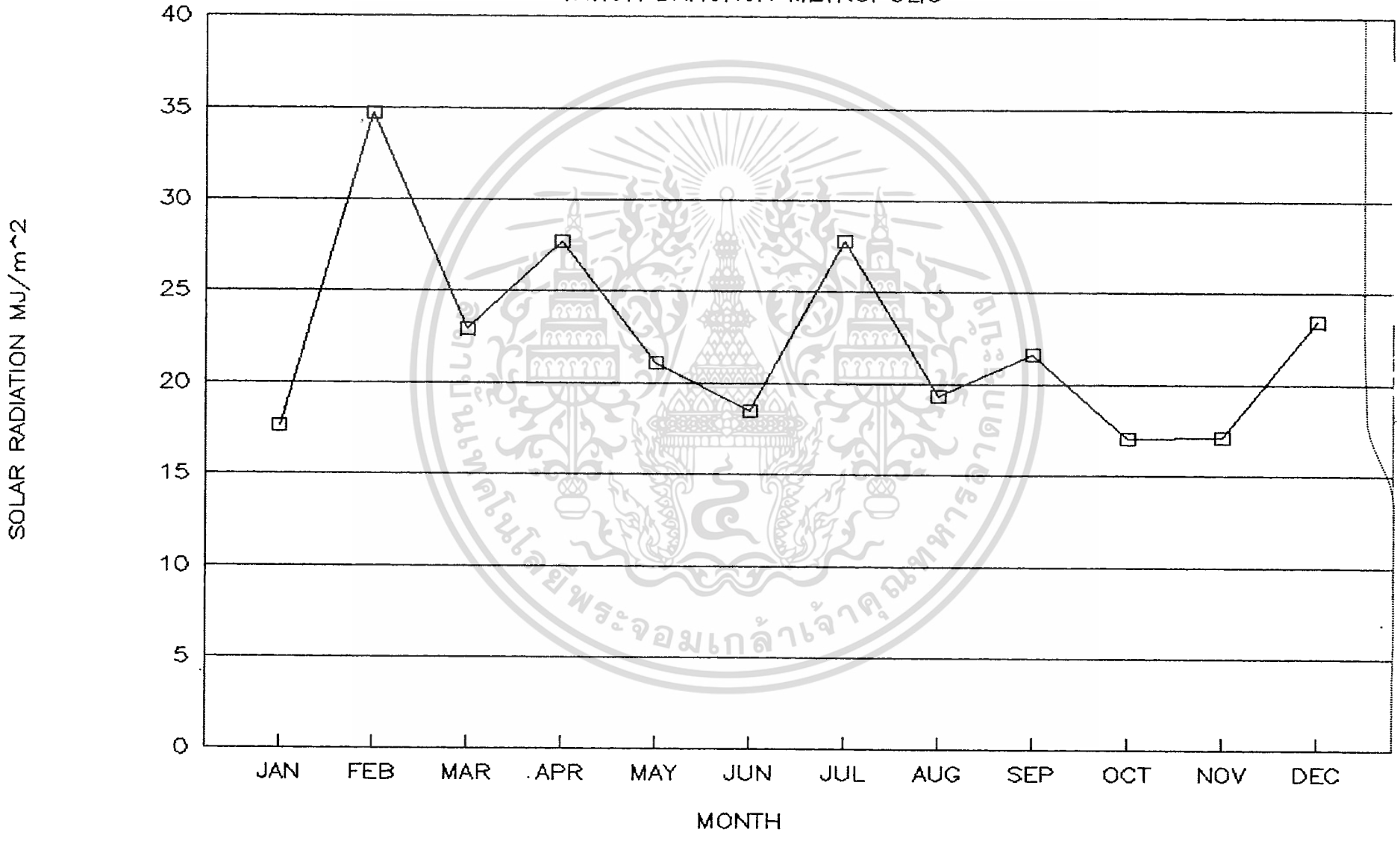
SOLAR RADIATION 1989

STATION BANGKOK METROPOLIS



SOLAR RADIATION 1990

STATION BANGKOK METROPOLIS



กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้โดย ได้รับคำแนะนำจาก

อาจารย์ ภัทรชัย วิชัยยะ

อาจารย์ พิชิต กิตตินนท์

อาจารย์ รศ. เกรียงศักดิ์ สุวรรณโพธิ์ศรี

อาจารย์ ปรีชานันท์ ศรีแก้ว

คุณ บุญช่วย กังสวัสดิ์

คุณ พัชรา ชัยลิขิตเจริญ

และทุกท่านที่มิได้กล่าวนาม ที่มีส่วนช่วยเหลือจนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ทางผู้จัดทำขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ทางคณะผู้จัดทำ หวังว่า ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านไม่มากก็น้อย คุณความดีของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบแด่ ท่านอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ ประสาทวิชา ตราบจนวันสุดท้ายของการเรียน

31 มีนาคม 2535

นาย ฉัตรพร โลหะนะ

นาย พงษ์พันธุ์ กฤษสิงห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Aldrich Robert A. and John W. Bartok,Jr., "Greenhouse Engineering" NRAES, 1987

2. Brumbaugh,1987, "Heating , Ventilating and Air Condition Library Volume I", Macmillan,New York.

3. Brumbaugh,1987, "Heating , Ventilating and Air Condition Library Volume II ", Macmillan,New York.

4. Brumbaugh,1987, "Heating , Ventilating and Air Condition Library Volume III", Macmillan,New York.

5. Buffington Dennis E.,"Performance Characteristics of Evaporartive cooling Systems--progress report" ASAE. paper no. 83-4023

6. Duffie,J.A., and Beckman,"Solar engineering of Thermal Processes" John Wiley & sons,Inc., New York,1980

7. EI-Wakil M.M ,"Powerplant Technology",McGraw-Hill,Singapore,1985

8. Hall, F.,"Design Calculations for Plumbing & Heating Engineering", Longman Publishing,

9. Hellickson M.A. and J.N. Walker, " Ventilation of Agricultural Structure" ASAE, 372 p.,1983

10. Incropera Frank P.and David P Dewitt,"Fundamental of Heat and Mass Transfer",Third Editon,John Wiley & sons,Inc.,Singapore.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. Johnson Curtis D., "Process Control Instrumentation Technology" Third Edition,John Wiley & sons,Inc., Singapore.

12. Lunde,Peter J.,1980,"Solar Thermal Engineering",John Wiley & sons, Inc.,America.

13. Raynoud K Schneider,1981,"HVAC Control System", John Wiley & sons, Inc.,America.

14. Sodha M.S.,N.K.Bansal,A.Kumar,P.K.Bansal,M.A.S. Malik,1986," Solar Passive Building Science and Design",PERGAMON Press.

15. Teddy T. Agami,1987,"The Design and Sizing of Active Solar Thermal System", Oxford Science publications.

16. Traister John E.,1981, "Heating,Ventilating and Air Conditioning Design for Building Construction",Prentice Hall,America.

17. T.Takakura, K.A.Jordan and L.L.Boyd, "Dynamic Simulation of Plant Growth and Environment in the Greenhouse", ASAE. paper no. 69-942

18. Watson Harold , "Evaporative Cooling of Swine Farrowing Buildings" ASAE. paper no. 80-4564

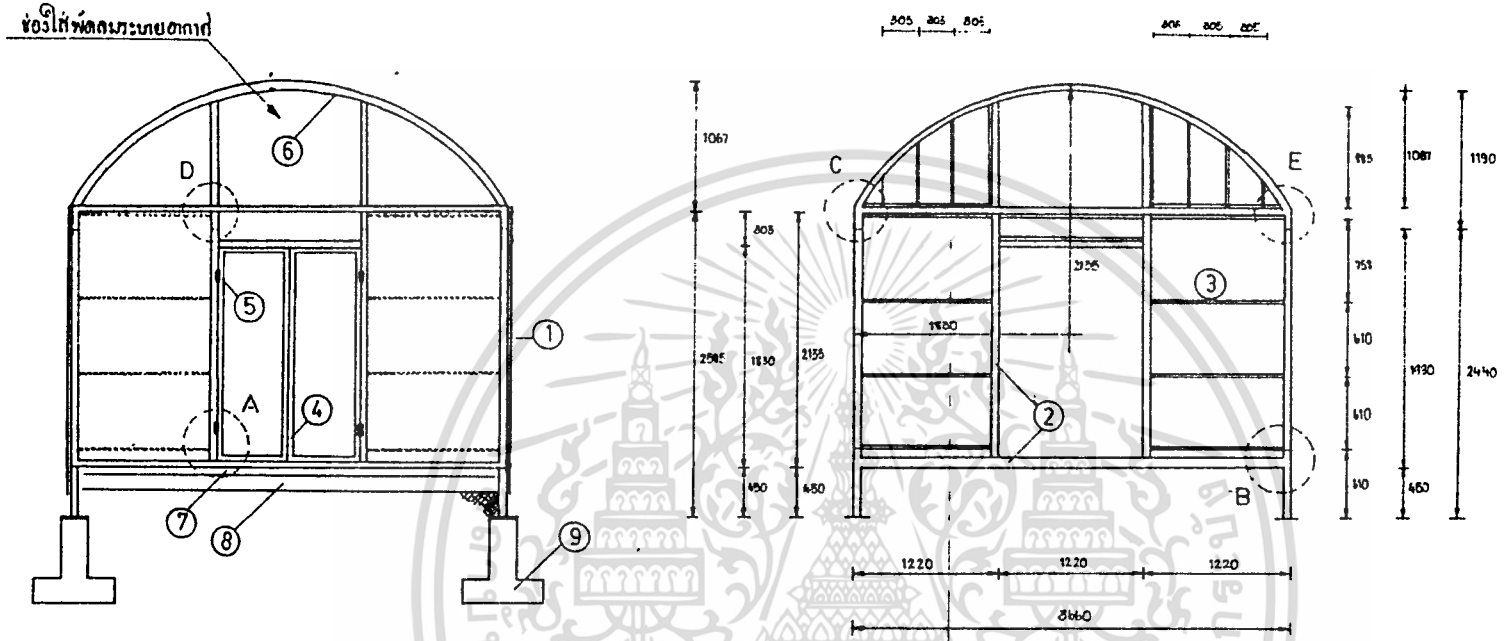
19. อัครเดช สินธุภัค,"การทำความเย็น",JICA Printed,1990

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DRAWING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



① แผ่นพลาสติก หรือ อะคริลิก ขนาด 4' x 8' หนา 5 มม.

② ท่อเหล็ก ชนิดแข็ง ϕ 2"

③ เหล็กแผ่น กว้าง 50 มม. หนา 3 มม. ทับขึ้นรูป

④ ท่อเหล็ก ชนิดธรรมดา ϕ 1.5"

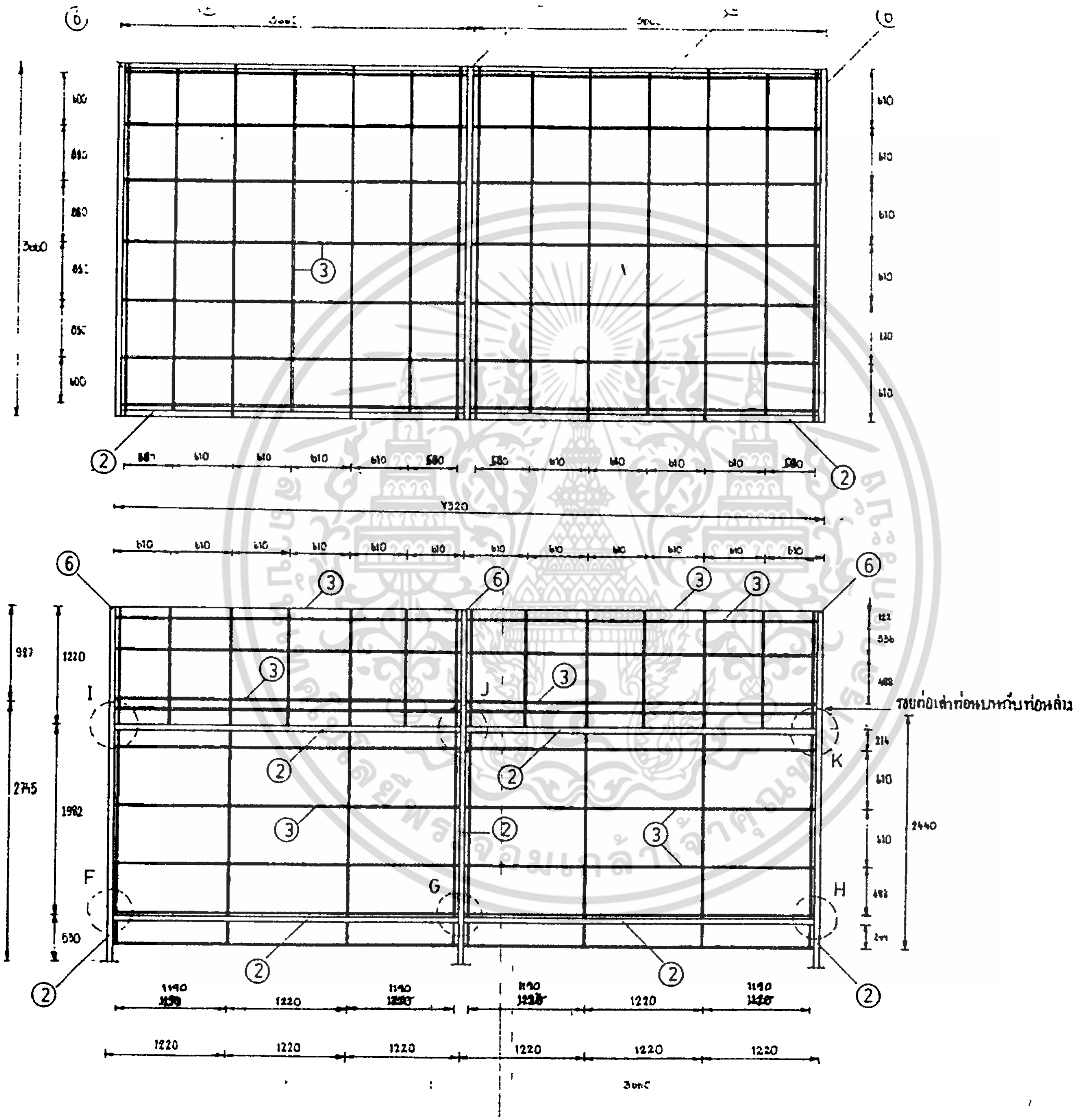
⑤ บานพับประตูเหล็ก แบบ เดือยล่วม

⑥ ท่อเหล็ก ชนิดธรรมดา ϕ 2" งอโค้งขึ้นรูป รัศมี 2155 มม.

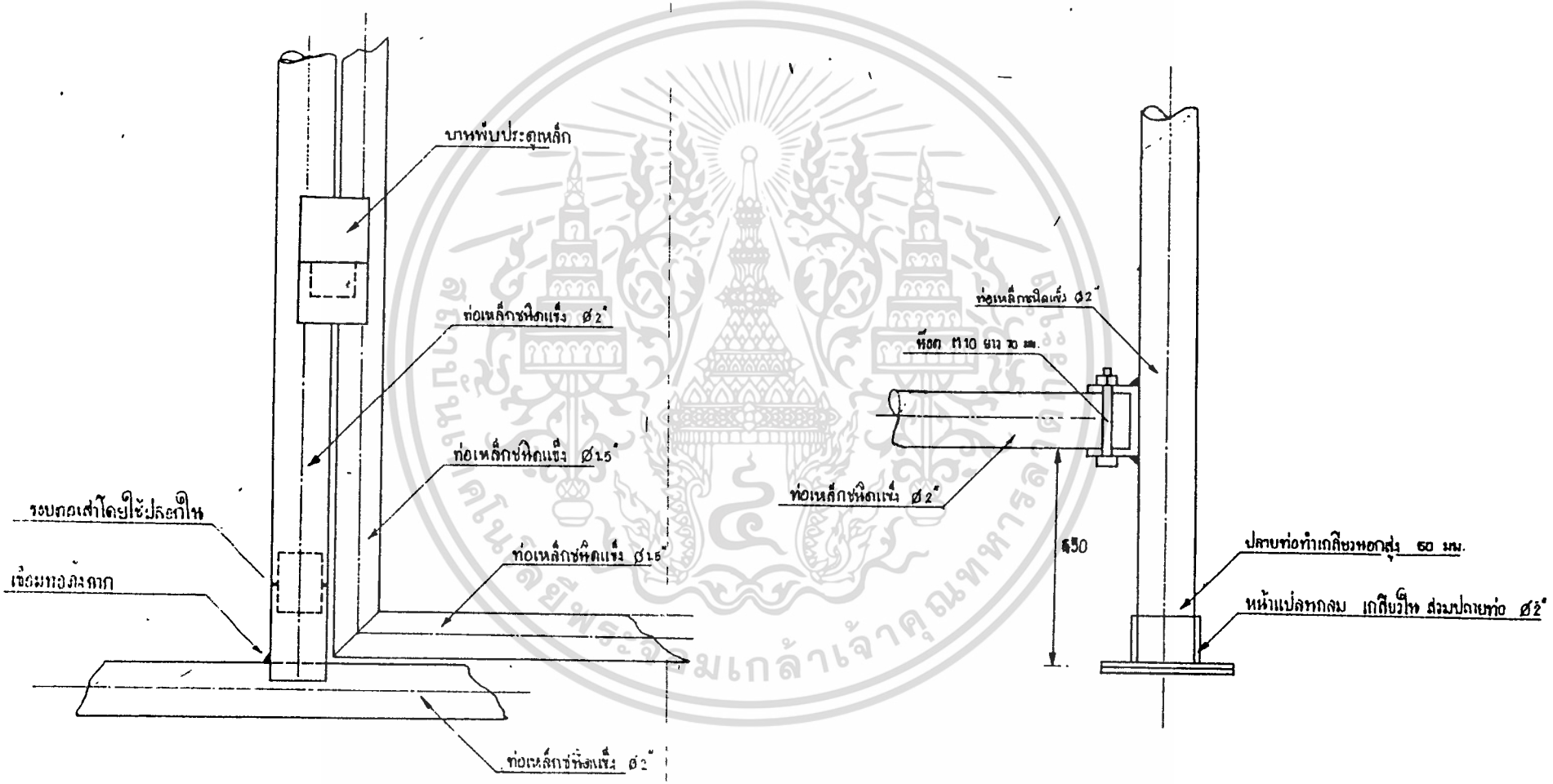
⑦ พื้นคอนกรีต หนา 60 มม.

⑧ พื้นหินบด หนา 150 มม.

⑨ รูเกรก

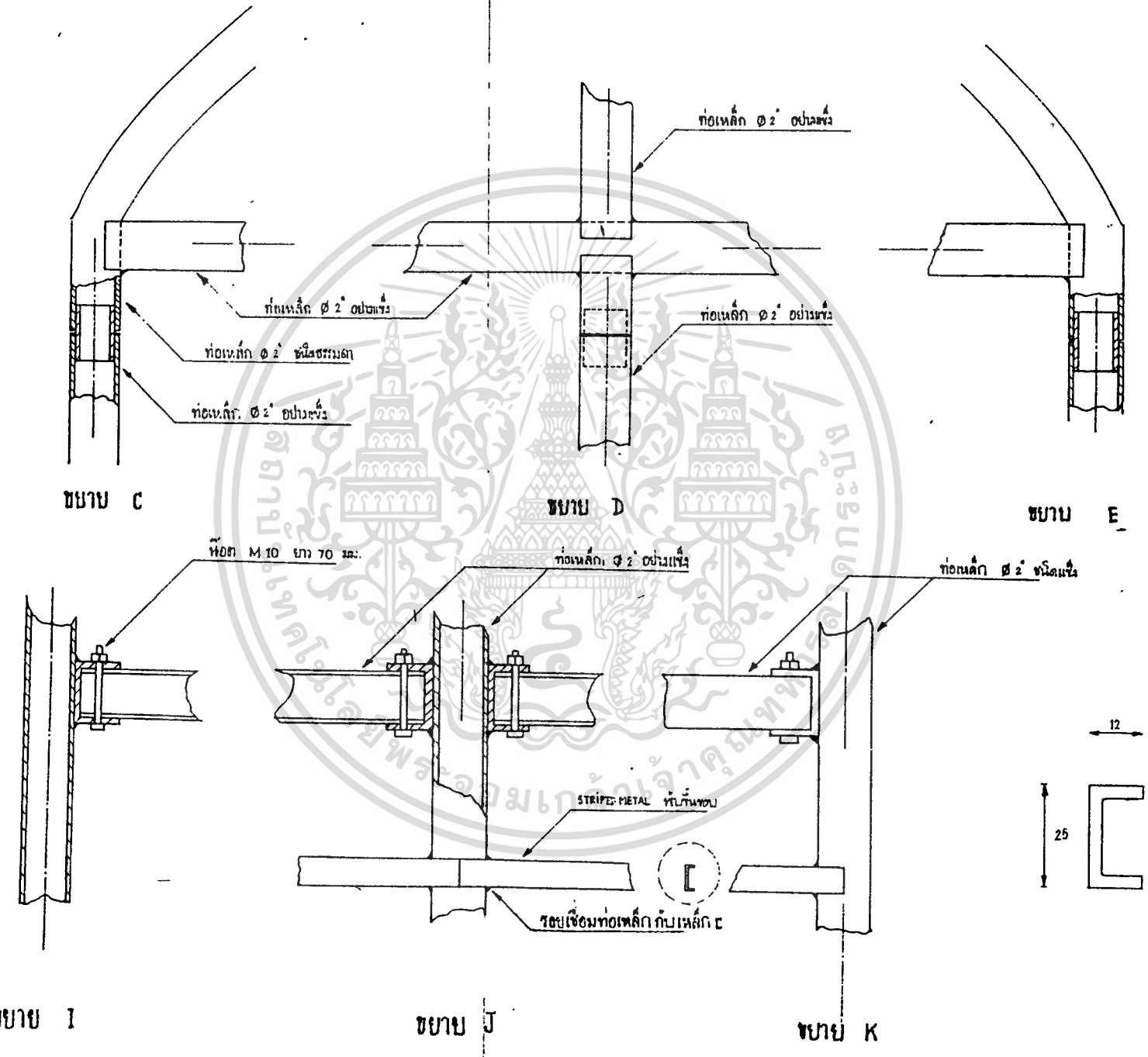


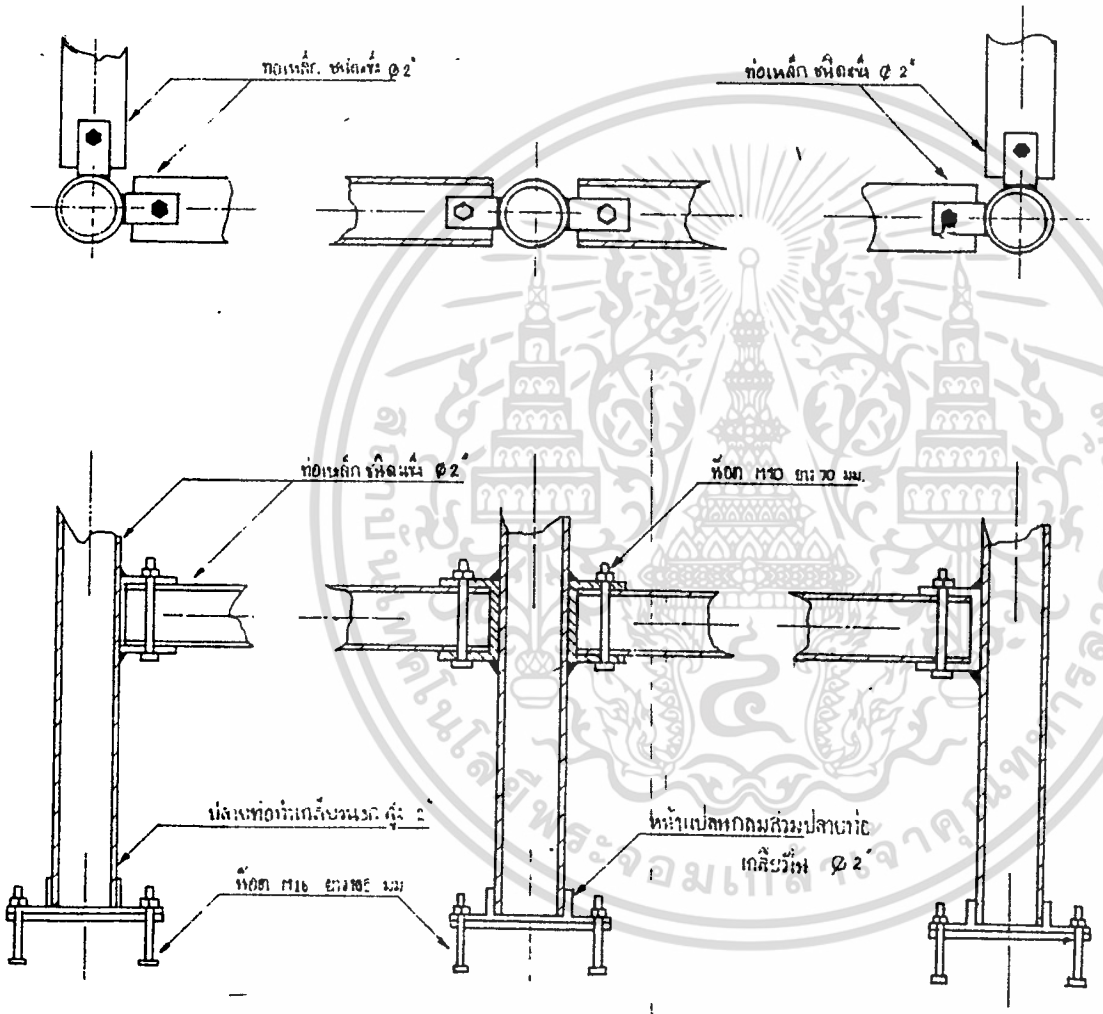
3000
7320
610
1220
987
2745
1982
550
2440
1190
I
J
K
F
G
H
รอยต่อเสาท่อนบนกับท่อนล่าง



ขยาย A (บานประตู)

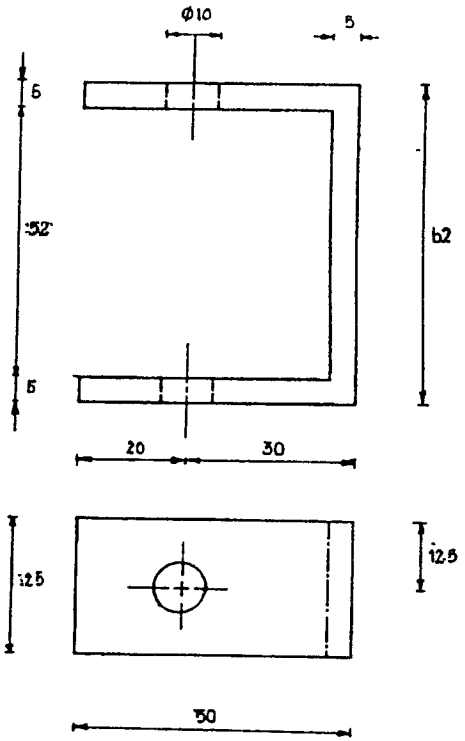
ขยาย B


ท่อเหล็ก Ø 2" อย่างแข็ง
ท่อเหล็ก Ø 2" อย่างแข็ง
ท่อเหล็ก Ø 2" ชนิดธรรมดา
ท่อเหล็ก Ø 2" อย่างแข็ง
ขยาย C
ขยาย D
ขยาย E
น็อต M 10 ยาว 70 มม.
ท่อเหล็ก Ø 2" อย่างแข็ง
ท่อเหล็ก Ø 2" ชนิดแข็ง
STRIPE METAL หัวบิ้นทอบ
รอยเชื่อมท่อเหล็กกับเหล็ก E
ขยาย I
ขยาย J
ขยาย K
12
25
3

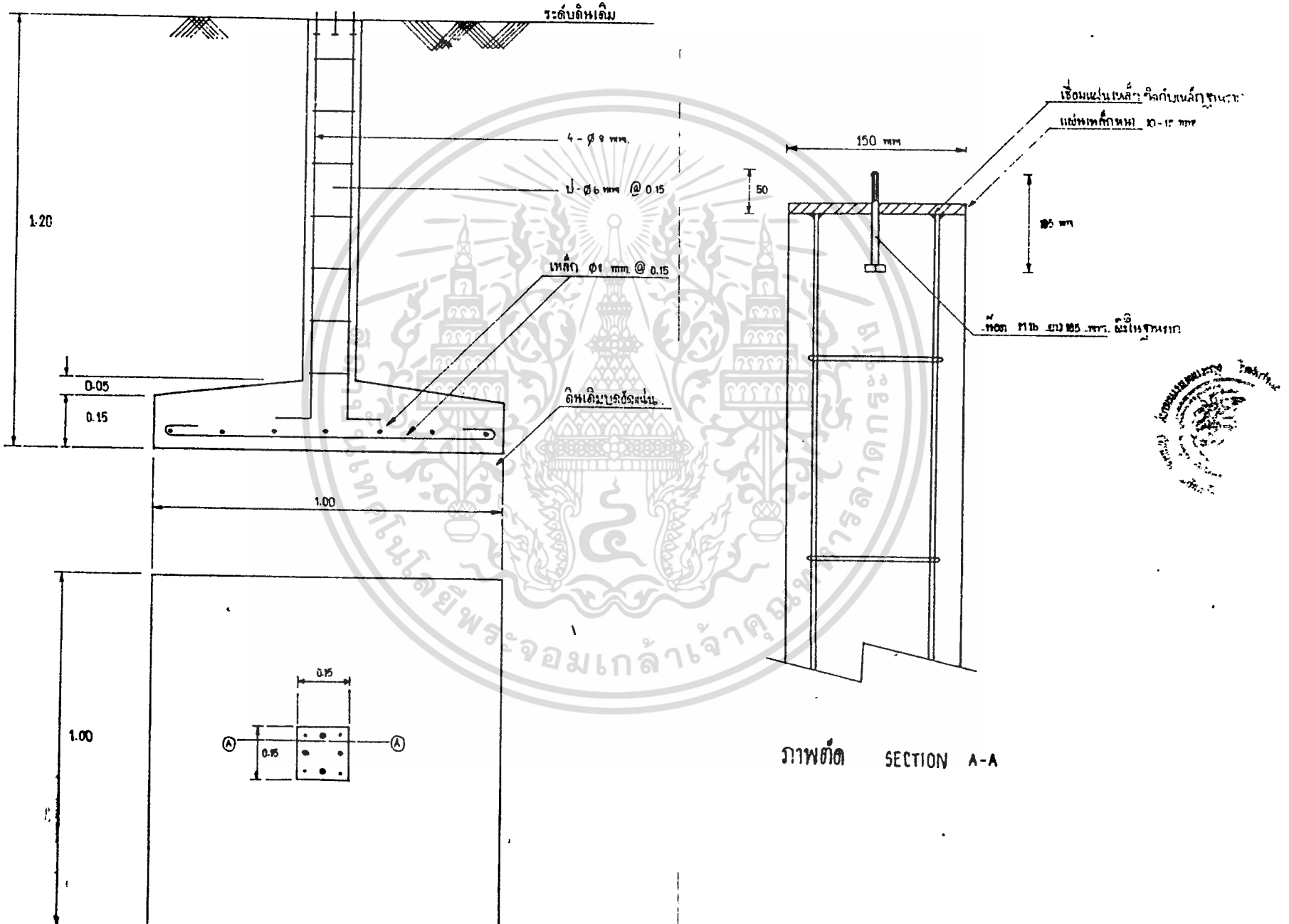


ขยาย F

ขยาย G



ขยาย H



ภาพตัด SECTION A-A