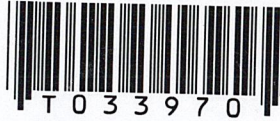


อุปกรณ์ให้น้ำพืชอัตโนมัติควบคุมโดยคอมพิวเตอร์

AUTOMATIC IRRIGATION EQUIPMENT CONTROLLED BY COMPUTER



ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เลขที่.....  
เลขทะเบียน..... 33970  
วัน, เดือน, ปี 23 ก.ย. 2542

สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ซึ่งหากมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2541

อุปกรณ์ให้น้ำพืชอัตโนมัติควบคุมโดยคอมพิวเตอร์

AUTOMATIC IRRIGATION EQUIPMENT CONTROLLED BY COMPUTER

โดย

นายพัชฌ์ภูมิ

คงอุทิศ

นายนครินทร์

ใจเดช

นายจักรินทร์

แก้วทอง

นายคุณากร

ศรีมันตะ

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ทรงวุฒิ

แสงจันทร์

อาจารย์ภัทราภรณ์

เมฆพฤษวงค์

อาจารย์ปรีชานันท์

ศรีแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2541

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง อุปกรณ์ให้นำไฟฟ้าอัตโนมัติควบคุมโดยคอมพิวเตอร์

ผู้จัดทำ

1. นายพยัคฆภูมิ ดงอุทิศ
2. นายนครินทร์ ใจเดช
3. นายจักรินทร์ แก้วทอง
4. นายคุณากร ศรีมันตะ

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ทรงวุฒิ แสงจันทร์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ภัทรารักษ์ เมฆพุกษาวงศ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ปรีชานันท์ ศรีแก้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## อุปกรณ์ให้น้ำพืชอัตโนมัติควบคุมโดยคอมพิวเตอร์

พยัคฆภูมิ	คงอุทิศ	
นครินทร์	ใจเดช	
จักรินทร์	แก้วทอง	
คุณากร	ศรีมันตะ	
ทรงวุฒิ	แสงจันทร์	อาจารย์ที่ปรึกษา
ภัทรภรณ์	เมฆพุกษาวงศ์	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปรีชานันท์	ศรีแก้ว	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2541		

### บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อรายงานการศึกษาการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ให้น้ำพืช โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุม และในการควบคุมประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ ส่วนเก็บข้อมูลภูมิอากาศ ส่วนโปรแกรมควบคุม และส่วนของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนเก็บข้อมูลภูมิอากาศนั้นจะเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่มีผลต่อการคายระเหยน้ำของพืช คือ อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, ค่ารังสีอาทิตย์, ความเร็วลม, ปริมาณฝน, ความกดอากาศ ส่วนโปรแกรมควบคุมจะรับข้อมูล ดังกล่าวมาประมวลผลและสั่งให้ส่วนของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำงาน โดยจะสั่งให้เครื่องสูบน้ำและโซลินอยด์วาล์วเปิดเพื่อจ่ายน้ำไปยังหัวจ่ายน้ำแบบไมโครสปริงเกลอร์จ่ายน้ำให้พืชจนเท่ากับปริมาณน้ำที่พืชใช้ไปแล้วจึงหยุดจ่ายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## AUTOMATIC IRRIGATION EQUIPMENT CONTROLLED BY COMPUTER

Phayakhaphoom	Dong-uthit	
Nakarin	Chaidet	
Chakarin	Khaewthong	
Kunakorn	Simunta	
Songvoot	Sangchan	Advisor
Pathaporn	Mekpruksawong	Advisor
Preechanun	Srikaew	Advisor

1998

### Abstract

The objective of this thesis is to study and design the automatic irrigation equipment controlled by computer. The control unit composes of three different components. The first is climate station which records data such as temperature, relative humidity, solar radiation, wind speed, rain fall and barometric pressure. The second is control program unit that gets data from climate station and processes them and gives a signal to the third unit - commonly called a circuit unit. When this unit receives a signal from the second unit, pump and solinoid valve is operated until soil moisture level is field capacity.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญรูปภาพ	ข
สารบัญตาราง	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.2 ขอบเขตของโครงการ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 น้ำในดิน	2
2.1.1 ชนิดของน้ำในดิน	2
2.1.2 Field Capacity	3
2.1.3 จุดเหี่ยวเฉาถาวร ( Wilting point )	3
2.1.4 ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ ( Available Moisture )	4
2.1.5 การเคลื่อนของน้ำในดิน	5
2.1.6 ดินเก็บน้ำไว้อย่างไร	6
2.1.7 แรงดึงความชื้น ( Soil Moisture Tension )	7
2.1.8 การหาจำนวนความชื้นในดิน	8
2.2 วิธีการให้น้ำพืช	9
2.2.1 การให้น้ำแบบฉีดฝอย	10
2.2.2 การเลือกการใช้น้ำแบบฉีดฝอย	10
2.2.3 อุปกรณ์ให้น้ำแบบฉีดฝอย	12
2.2.4 ระบบให้น้ำแบบฉีดฝอย	12
2.3 การกำหนดการให้น้ำพืช	12
2.3.1 พืชกับการกำหนดการให้น้ำ	13
2.3.2 ดินกับการกำหนดการให้น้ำ	14
2.3.3 องค์ประกอบอื่น ๆ กับการกำหนดการให้น้ำ	16
2.3.4 วิธีการกำหนดการให้น้ำ	18
2.3.5 การเปรียบเทียบกับกระเหยที่วัดได้	19

2.4	พืชและการใช้น้ำของพืช	20
2.4.1	การใช้น้ำของพืช	20
2.4.2	องค์ประกอบที่มีผลต่อการใช้น้ำของพืช	20
2.4.3	ลักษณะการแผ่กระจายของราก	21
2.4.4	สัมประสิทธิ์ของการแผ่กระจายของน้ำ	21
2.4.5	รอบเวรในการให้น้ำ (Irrigation Period, Irrigation Rotation)	22
2.4.6	ประสิทธิภาพการให้น้ำ (Water Application Efficiency)	22
2.5	การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ด้วยวิธี Modified Penman (Reference Crop Evapotranspiration by Modified Penman)	23
2.5.1	ความดันไอที่ขาดหายไปจากสภาพอ้อมตัว ( $e_{as} - e_a$ )	24
2.5.2	ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลม ( $F(u)$ )	24
2.5.3	ค่าปรับแก้ ( $W$ )	25
2.5.4	ค่ารังสีสุทธิ (Net Radiation / $R_n$ )	25
2.5.5	ค่าปรับแก้ ( $C$ )	26
บทที่ 3	การคำนวณและการสร้าง	33
3.1	อุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับวงจรถอนิกส์	33
3.1.1	ET - PC CARD SERIAL ET - PC 8255	33
3.1.2	การติดตั้ง ET - PC 8255 กับเครื่อง PC	33
3.1.3	การทำงานของ ET - PC 8255	34
3.1.4	การใช้งาน IC 8255	34
3.1.5	การ DECODE PORT	42
3.1.6	การประกอบ ET - PC 8255	44
3.2	ส่วนเก็บข้อมูลภูมิอากาศ	44
3.2.1	การทำงานของสถานีภูมิอากาศ	44
3.3	ส่วนของวงจรถอนิกส์	45
3.3.1	วงจรถอนิกส์ที่ควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำและโซลินอยด์วาล์ว	45
3.3.1.1	วงจรถอนิกส์ที่ควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำ	45
3.3.1.2	วงจรถอนิกส์ที่ควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว	45
3.4	ส่วนของโปรแกรมควบคุม	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 การติดตั้งอุปกรณ์และการทดสอบ	49
4.1 ระบบการจ่ายน้ำ	49
4.2 การทดสอบ	60
4.2.1 วิธีทำการทดสอบ	60
4.2.2 ผลการทดสอบ	60
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	64
5.1 สรุป	64
5.2 ข้อเสนอแนะ	64

ภาคผนวก

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารอ้างอิง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 น้ำในดินและระดับความชื้นของดินที่จุดต่างๆ	4
3.1 ET - PC 8255	33
3.2 Pin - Configuration	35
3.3 IC 8255 BLOCK DIAGRAM	36
3.4 Mode O Configurations	37-39
4.1 ภาพแสดงการติดตั้งระบบท่อส่งน้ำ	49
4.2 ภาพแสดงการติดตั้งเครื่องสูบน้ำ	50
4.3 ภาพแสดงโซลินอยด์วาล์วและการติดตั้ง	51
4.4 ภาพแสดงการติดตั้งชุดไมโครสปริงเกลอร์	52
4.5 ภาพแสดงวงจรควบคุมเครื่องสูบน้ำและโซลินอยด์วาล์ว	53
4.6 ภาพแสดงการติดตั้งวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำและโซลินอยด์วาล์ว	54
4.7 ภาพแสดงแปลงทดสอบ	55
4.8 ภาพแสดง ET - PC 8255	56
4.9 ภาพแสดงโซลินอยด์วาล์ว	57
4.10 ภาพแสดงสถานีสูบน้ำ	58
4.11 แผนภาพการทำงานโดยรวมของระบบทั้งหมด	59
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการจ่ายน้ำจริงกับเวลาที่คำนวณได้จาก โปรแกรม	61
4.13 เปรียบเทียบความชื้น โดยน้ำหนักที่จุด Field Capacity	63

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชโดยวิธีของ Modified Penman Crop Coefficient of Modified Penman Method ( $K_c$ – Modified Penman)	27 – 32
4.1 แสดงค่าการเก็บข้อมูลการอบดินและเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนักในแต่ละ วันในช่วงการทดสอบ	62



## บทที่ 1

### บทนำ

ในการทำเกษตรกรรมปัจจัยหนึ่งที่มีความจำเป็นและสำคัญต่อพืชที่ทำการเพาะปลูกมาก คือ น้ำ แต่ในสภาพปัจจุบัน น้ำเป็นทรัพยากรที่มีอย่างจำกัด ทั้งเพื่อการอุปโภค บริโภค และการเกษตร ดังนั้น การนำเอาน้ำมาใช้จึงจำเป็นต้องหาวิธีให้น้ำพืชในรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อให้การใช้น้ำมีประโยชน์สูงสุด การนำเอาเทคโนโลยีมาพัฒนาการให้น้ำพืชเป็นสิ่งจำเป็น เพราะการให้น้ำควรจะให้ในปริมาณที่เพียงพอแก่ความต้องการของพืช ไม่มากเกินไปจนสูญเสีย น้ำ หรือน้อยเกินไปจนเกิดผลกระทบแก่ผลผลิตของพืช ขณะเดียวกันเทคโนโลยีที่พัฒนาจนสามารถลดแรงงานคนที่ต้องดูแลให้น้ำพืชและในสภาพพื้นที่เพาะปลูกไม่อำนวยต่อการใช้คนเข้าไปดูแลการให้น้ำ

ในการที่จะให้พืชมีการเจริญเติบโตตามช่วงอายุของพืชอย่างเหมาะสมและให้ผลผลิตสูงนั้น จะต้องคอยควบคุมการจ่ายน้ำให้อยู่ในระดับการใช้น้ำของพืชตลอดช่วงอายุของพืชอย่างต่อเนื่อง ถ้าเราสามารถปฏิบัติได้ดังกล่าวก็จะทำให้มีการใช้น้ำได้อย่างประหยัด และเกิดประโยชน์สูงสุด พืชก็จะได้รับน้ำได้พอดีกับความต้องการ

สำหรับโครงการนี้เป็นการสร้างอุปกรณ์ให้น้ำพืชโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุม ซึ่งจะให้การให้น้ำพืชได้ถูกต้องแม่นยำ และผู้ใช้สามารถควบคุมการจ่ายน้ำให้แก่พืชได้โดยไม่ต้องมีความรู้เรื่องคอมพิวเตอร์มากนัก อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับการให้น้ำพืชหรือสารเคมีได้ด้วย

#### 1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์การให้น้ำพืชแบบอัตโนมัติโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมในการทำงาน
2. สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการให้น้ำพืชในพื้นที่เกษตรกรรมที่มีขนาดใหญ่
3. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการใช้น้ำของพืช

#### 1.2 ขอบเขตของโครงการ

อุปกรณ์ให้น้ำพืชซึ่งควบคุมโดยคอมพิวเตอร์สามารถจ่ายน้ำได้จริงและจ่ายน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1 น้ำในดิน (Soil Water)

การให้น้ำพืชจะเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่นั้น พืชจะต้องดูดน้ำจากดินได้ตลอดเวลา ดังนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องทราบว่าดินชนิดหนึ่งๆ นั้นมีความสามารถเก็บน้ำไว้ได้มากน้อยเพียงไร พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริงเท่าไร ตลอดจนจะต้องทราบว่าน้ำเคลื่อนที่ในดินอย่างไร

##### 2.1.1 ชนิดของน้ำในดิน

การเรียงตัวของเม็ดดินทำให้เกิดช่องว่างที่มีขนาดและรูปร่างต่างๆ ขึ้น เมื่อฝนตกหรือให้น้ำแก่พืช น้ำก็จะแทรกเข้าไปอยู่ในช่องว่างเหล่านี้ และเกาะติดอยู่กับเม็ดดินด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของดินกับโมเลกุลของน้ำ (Adhesive Force) และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำด้วยกัน (Cohesive Force) ซึ่งรวมเรียกว่า แรงดูดซับ (Capillary Force) ถ้าหากน้ำเข้าไปแทนที่อากาศจนเต็มทุกช่องว่างเรากล่าวว่าดินนั้น อิ่มน้ำ (Saturated) และน้ำที่อยู่ในช่องว่างนั้นทั้งหมดจะเป็นปริมาณสูงสุดที่ดินจะเก็บกักเอาไว้ได้ถ้าไม่มีแรงภายนอกมากระทำ แต่เนื่องจากว่าสสารทุกอย่างที่อยู่บนผิวโลกจะถูกแรงดึงดูดของโลกกระทำอยู่ตลอดเวลา รวมทั้งน้ำที่ขังอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินด้วย ในช่องว่างที่มีขนาดเล็ก ดังนั้นเมื่อผลรวมของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างน้ำต่อและน้ำต่อดินน้อยกว่าแรงดึงดูดของโลกน้ำก็จะไหลลงสู่ที่ต่ำกว่า น้ำในดินที่ไหลด้วยสาเหตุดังกล่าวนี้ เรียกว่า น้ำอิสระ (Gravitational Water หรือ Free Water) เมื่อฝนหยุดตกหรือหยุดให้น้ำแก่พืช น้ำที่อยู่ในช่องว่างขนาดใหญ่จะระบายออกโดยใช้เวลา 2-3 วัน ในดินที่มีการระบายน้ำได้ดี น้ำอิสระจะถูกระบายออกไปหมดก่อนที่จะเป็นอันตรายต่อพืชและจะมีอากาศเข้ามาแทนที่ ส่วนน้ำในช่องว่างที่มีขนาดเล็กซึ่งไม่ถูกระบายออกด้วยแรงดึงดูดของโลกอาจจะยังคงมีการเคลื่อนที่อยู่ด้วยแรงดูดซับ (Capillary Force) น้ำซึ่งอยู่ในช่องว่างที่มีขนาดเล็กดังกล่าวนี้เรียกว่า น้ำซับ (Capillary Water) ซึ่งมีการเคลื่อนที่ช้ามาก ช้ากว่าน้ำอิสระ และจะมีทิศทางไปทางใดก็ได้ โดยเคลื่อนที่ไปสู่จุดที่มีแรงดูดซับมากที่สุดเสมอ

การสูญเสียน้ำโดยการระเหยจากผิวดิน และจากที่พืชดูดเอาไปใช้จะทำให้ปริมาณความชื้นในดินลดลงจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งที่น้ำในดินไม่มีการเคลื่อนที่อีก ทั้งนี้เพราะว่าแรงที่นำหรือความชื้นจับยึดติดแน่นเป็นแผ่นบางๆ รอบเม็ดดินจะมากจนกระทั่งพืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้ พืชก็จะเหี่ยวเฉาและถ้าหากไม่ให้น้ำแก่พืชในตอนนั้นแล้วพืชก็ตาย น้ำซึ่งยึดติดแน่นกับเม็ดดินและไม่สามารถที่จะทำให้เคลื่อนที่ได้ด้วยแรงดึงดูดของโลกหรือแรงดูดซับ (Capillary Force) นี้เรียกว่า น้ำเยื่อ (Hygroscopic Water)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรดาน้ำในดินทั้งสามชนิดที่กล่าวมานี้ น้ำที่เกี่ยวข้องกับการชลประทานมากที่สุดคือ น้ำอิสระ (Gravitational Water) และน้ำซึบ (Capillary Force) ส่วนน้ำเยื่อ (Hygroscopic Water) นั้นพืชไม่สามารถนำไปใช้ได้จึงไม่ค่อยมีความสำคัญนัก

### 2.1.2 Field Capacity

หลังจากที่น้ำอิสระได้ถูกระบายออกจากช่องว่างขนาดใหญ่หมดแล้วความชื้นในดินก็จะเปลี่ยนแปลงน้อยลง เพราะน้ำที่เหลืออยู่มีการเคลื่อนที่ช้ามาก ปริมาณความชื้นในดินหลังจากน้ำอิสระถูกระบายออกไปหมดแล้วนี้ เรียกว่าเป็นความชื้นที่ *Field Capacity*

จำนวนความชื้นที่ *Field Capacity* นี้ไม่อาจหาเป็นค่าตัวเลขที่แน่นอนได้ ทั้งนี้เนื่องจากว่า จะยังคงมีการเคลื่อนที่ของน้ำซึบอยู่ตลอดเวลา แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นไม่มากนักในทางปฏิบัติมักจะถือว่า ในดินที่มีการระบายน้ำได้ดีปริมาณความชื้นหลังจากที่มีฝนตกหนักหรือหายุคให้น้ำแล้ว 2-3 วัน เป็นความชื้นที่ *Field Capacity*

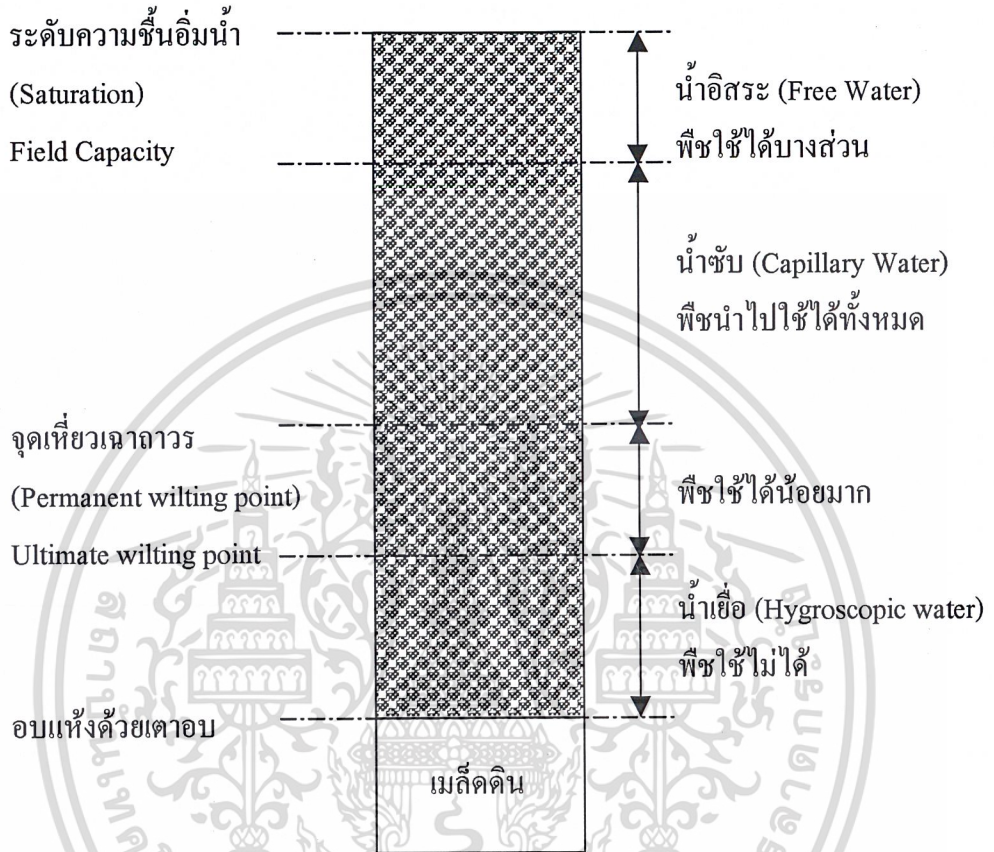
### 2.1.3 จุดเหี่ยวเฉาถาวร

ความชื้นในดินเมื่อพืชไม่สามารถดูดมาใช้ให้เพียงพอสำหรับการคายน้ำ และพืชเริ่มมีการเหี่ยวเฉาอย่างถาวร เรียกว่าเป็นความชื้นที่ จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point)

อาการเหี่ยวเฉาของพืชอาจเกิดขึ้นได้หลายครั้งก่อนที่จะถึงจุดที่พืชเหี่ยวเฉาอย่างถาวร เช่น ตอนกลางวันที่มีอากาศร้อนจัด ความชื้นของอากาศต่ำ ลมแรงและพืชมีใบกว้าง ลักษณะของอากาศและพืชเช่นที่กล่าวนี้จะทำให้พืชมีการสูญเสียน้ำโดยการคายน้ำออกทางใบมาก และเมื่ออัตราที่พืชดูดน้ำจากดินน้อยกว่าที่คายออกทางใบพืชก็จะเหี่ยวเฉา ถึงแม้ว่าขณะนั้นดินจะมีความชื้นอยู่มากก็ตาม แต่เมื่ออากาศเย็นลงพืชก็จะสดชื่นตามเดิม จะเห็นได้ว่าอาการเหี่ยวเฉาของพืชไม่ว่าจะเป็นการเหี่ยวเฉาอย่างถาวรหรือชั่วคราวหนึ่งนั้นจะขึ้นอยู่กับอัตราการใช้น้ำของพืช ความลึกและการแผ่กระจายของราก จำนวนความชื้นในดิน ตลอดจนความสามารถของดินที่จะเก็บน้ำไว้ให้พืชใช้ได้ เราถือว่าพืชมีการเหี่ยวเฉาอย่างถาวรถ้าหากว่านำพืชที่เหี่ยวนั้น ไปไว้ในห้องที่มีอากาศเย็นและมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศประมาณ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพืชจะมีการสูญเสียน้ำน้อยมากหรือไม่มีการสูญเสียน้ำแล้วพืชนั้นยังไม่สดชื่น

หลังจากที่ความชื้นในดินลดลงจนถึงจุดเหี่ยวเฉาถาวรแล้วพืชอาจจะยังดูดความชื้นจากดินได้อีกถึงแม้ว่าจะเป็นปริมาณไม่มากนักก็ตาม กล่าวคือความชื้นที่ได้นี้ไม่พอที่จะทำให้พืชเจริญเติบโตขึ้น แต่จะสามารถหล่อเลี้ยงชีวิตพืชให้อยู่ต่อไปอีกช่วงสั้นๆ ช่วงเวลาหนึ่งจนกว่าจะได้รับน้ำมาเพิ่มเติม ถ้าหากไม่ให้น้ำแก่พืช น้ำในดินก็จะเหลือแต่น้ำเยื่อ (Hygroscopic Water) ซึ่งพืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้และจะตายไปในที่สุด ความชื้นของดินที่มีแต่น้ำเยื่อเหลืออยู่นี้เรียกว่า ความชื้นที่ *Ultimate Wilting Point* ความชื้นในดินจากจุดเหี่ยวเฉาถาวรถึง *Ultimate Wilting Point* เรียกว่า *Wilting Range* ซึ่งเป็นความชื้นที่พืชเริ่มเหี่ยวเฉาจากใบที่แก่ที่สุดจนกระทั่งเหี่ยวหมดทั้งต้นเมื่อไม่อาจรณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นในดินถึง *Ultimate Wilting Point* น้ำในดินและระดับความชื้นของดินที่จุดต่างๆ แสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 น้ำในดินและระดับความชื้นของดินที่จุดต่างๆ

#### 2.1.4 ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (Available Moisture)

น้ำในรูปของความชื้นในดินที่พืชนำไปใช้ได้สำหรับการเจริญเติบโตก็คือ น้ำซับ ซึ่งอยู่ระหว่าง Field capacity กับจุดเหี่ยวเฉาถาวร ดังนั้นผลต่างระหว่างความชื้นในดินสองค่านี้ก็คือความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (Available Moisture)

ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้นี้จะวัดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง เปอร์เซ็นต์เอกสารโดยปริมาตร หรือเป็นความลึกของน้ำที่ เช่น ดินร่วน (Loam) มีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ 1.5 นิ้ว ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิลลิเมตรต่อความลึกของดิน 1 เซนติเมตร เป็นต้น หน่วยทั้งสามนี้สามารถเปลี่ยนแปลงจากหน่วยหนึ่งเป็นอีกหน่วยหนึ่ง ได้ถ้าทราบความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน

ขนาดของเม็ดดิน หรือเนื้อดินจะมีผลต่อปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ได้มาก กล่าวคือในดินที่มีเนื้อละเอียดจะมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้มากกว่าดินที่มีเนื้อหยาบอย่างไรก็ตามดินทรายบางชนิดอาจมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้มากกว่าดินเหนียวทั้งนี้เพราะดินที่มีเนื้อละเอียดมากๆ จะมีน้ำที่ยึดอยู่รอบๆ เม็ดดินซึ่งพืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้เป็นจำนวนมากด้วย

ตามปกติแล้วเรามักจะมองข้ามความสำคัญของน้ำอิสระไปโดยถือว่าพืชไม่ได้ใช้น้ำนี้แต่ตามความเป็นจริงแล้วพืชอาจใช้น้ำอิสระได้มากเหมือนกัน เช่น ในการให้น้ำแบบฉีดฝอย (sprinklers Irrigation) ซึ่งน้ำจะซึมจากผิวดินและทำให้ดินชั้นบนอิ่มน้ำก่อนที่การให้น้ำนั้นจะเสร็จ ขณะที่ดินชั้นบนอิ่มน้ำนี้รากพืชตอนบนจะดูดน้ำอิสระไปใช้ได้บ้าง แต่จะเป็นปริมาณน้อยเท่าไรนั้นย่อมขึ้นอยู่กับดินจะระบายน้ำออกจนเหลือเป็นความชื้นที่ Field Capacity โดยใช้เวลาเท่าใด และความถี่ในการให้น้ำนั้นบ่อยครั้งแค่ไหน แต่เนื่องจากว่าโอกาสที่พืชจะดูดไปใช้มีไม่มากนัก ดังนั้นส่วนนี้จึงมักจะไม่นำเข้ามาพิจารณาโดยถือว่าเป็นส่วนน้อยที่ตัดทิ้งได้

#### 2.1.5 การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน

การหาทิศทางการไหลของน้ำในดินนั้นเป็นเรื่องที่ค่อนข้างจะยุ่งยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อดินนั้นไม่อิ่มน้ำ ทั้งนี้เพราะน้ำที่ไหลนั้นอาจจะอยู่ในสภาพของของเหลวหรือไอน้ำ และแรงที่ทำให้เกิดการไหลอาจจะเนื่องมาจากแรงดึงดูดของโลก แรงดูดซับ (Capillary Force) หรือเนื่องมาจากความร้อนก็ได้ กล่าวคือ แรงดึงดูดของโลกจะทำให้ น้ำไหลลงในแนวตั้ง แรงดูดซับทำให้น้ำไหลในช่องว่างระหว่างเม็ดดินในทิศทางใดก็ได้และความร้อนทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำและแพร่กระจายผ่านเข้าไปในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน

อัตราการไหลของน้ำอิสระ (Free Water) ในดินส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับขนาดและความต่อเนื่องกันของช่องว่างระหว่างเม็ดดิน โดยปกติแล้วมันจะไหลในช่องว่างที่มีขนาดใหญ่ได้เร็วกว่าในช่องว่างขนาดเล็ก ทั้งนี้เพราะช่องว่างขนาดเล็กจะมีความเสียดทานต่อการไหลมากกว่า การไหลของน้ำอิสระจะถูกทำให้ช้าลงถ้าหากว่ามีชั้นดินซึ่งมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ต่ำ (Low Permeability) ขวางอยู่ เช่นมีชั้นดินเหนียวแทรกตัวอยู่ในชั้นดินทราย เป็นต้น ในกรณีที่มีชั้นดินทรายแทรกตัวอยู่ในดินเหนียว น้ำที่ซึมลงมาจากชั้นดินเหนียวจะหยุดอยู่ตรงผิวสัมผัสระหว่างดินทั้งสองซึ่งระยะเวลาหนึ่ง ทั้งนี้เพราะว่าช่องว่างระหว่างเม็ดดินทั้งสองมีขนาดแตกต่างกันจึงทำให้ไม่เกิดความต่อเนื่องในการไหล แต่เมื่อน้ำนั้นไหลเข้ามาบรรจุนเต็มช่องว่างที่มีขนาดใหญ่แล้วการไหลซึมของน้ำก็จะดำเนินไปตามปกติ

ขณะที่ให้น้ำแก่ดินน้ำจะเคลื่อนตัวแผ่ออกไปเป็นแนว ดินส่วนที่ใกล้จุดที่ให้น้ำหรือสัมผัสกับน้ำจะอิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturated) ส่วนที่อยู่ถัดต่อมาจะมีความชื้นน้อยลง และจะมีการเปลี่ยนค่า

ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นอย่างรวดเร็ว คือจากความชื้นใกล้จุดอิ่มตัวด้วยน้ำถึงความชื้นของดินเดิมในแนวที่น้ำแผ่กระจายไปทั่วแนวที่น้ำแผ่กระจายออกไปนี้จะเห็นได้ชัดถ้าดินนั้นแห้ง

การเคลื่อนที่ของน้ำซัพ (Capillary Water) นั้น เนื่องมาจากความแตกต่างของแรงดึงระหว่างน้ำซึ่งเกาะอยู่รอบๆ เม็ดดินที่มีความหนาต่างกัน น้ำจะเคลื่อนที่จากเม็ดดินที่มีน้ำเกาะอยู่หนาไปสู่เม็ดดินที่มีน้ำเกาะบางกว่า ถ้าหากแรงที่ทำให้น้ำเคลื่อนที่นี้คิดเป็นแรงดึงน้ำซัพก็จะไหลจากจุดที่มีแรงดึงที่มีน้ำเกาะบางกว่า ถ้าหากแรงที่ทำให้น้ำเคลื่อนที่นี้คิดเป็นแรงดึง น้ำซัพก็จะไหลจากจุดที่มีแรงดึงน้อยไปสู่จุดที่มีแรงดึงมากกว่า ในดินที่เปียกหรืออมน้ำ น้ำจะเคลื่อนที่ในดินทรายได้เร็วกว่าดินเหนียว แต่ในดินแห้งน้ำจะเคลื่อนที่ในดินเหนียวได้เร็วกว่าในดินทราย ทั้งนี้เพราะว่าในขณะที่มีน้ำอยู่ในดินเป็นปริมาณมากน้ำย่อมจะไหลในดินที่มีช่องว่างขนาดใหญ่ได้เร็วกว่า แต่เมื่อดินนั้นแห้ง น้ำจะไหลไม่เต็มช่องว่างที่มีขนาดใหญ่ จึงต้องเคลื่อนตัวไปบนผิวของเม็ดดินซึ่งทำให้ไหลช้ามาก สำหรับดินที่มีช่องว่างขนาดเล็กน้ำจะยังคงไหลได้เต็มช่องว่าง ดังนั้น ในดินแห้งน้ำซัพจึงเคลื่อนที่ในดินเหนียวได้เร็วกว่าในดินทราย

ความร้อนทำให้น้ำในดินเคลื่อนที่ในรูปของไอน้ำ ขณะที่ไอน้ำแพร่กระจายผ่านดินตอนผิวดินมันอาจจะกลั่นตัวเป็นน้ำและค้างอยู่ในดิน หรือไหลออกมาสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำก็ได้ ขณะที่น้ำระเหยจากผิวดิน ดินชั้นบนจะแห้งและก่อให้เกิดแรงดึงความชื้นขึ้น น้ำซัพจากดินชั้นที่อยู่ต่ำลงมาซึ่งมีความชื้นมากกว่าก็จะไหลขึ้นมาแทนที่ การระเหยนี้จะมีต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งความหนาของชั้นดินแห้งบนผิวดินมากขึ้นการเคลื่อนที่ของน้ำในลักษณะดังกล่าวก็จะหมดไป แต่อาจจะยังมีการสูญเสียน้ำจากดินได้อีกในรูปของไอน้ำที่แพร่กระจายผ่านชั้นดินที่แห้งขึ้นมา

### 2.1.6 ดินเก็บน้ำไว้ได้อย่างไร

ดังที่ได้อธิบายในตอนแรกแล้วว่า เมื่อให้น้ำแก่ดิน น้ำก็จะไหลซึมเข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินและยึดติดกับเม็ดดินด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำกับโมเลกุลของเม็ดดิน (Adhesive Force) และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำด้วยกัน (Cohesive Force) รวมเป็นแรงดูดซัพ (Capillary Force) ดังนั้นการที่จะทำให้น้ำในดินเคลื่อนที่หรือดูดน้ำออกจากดินจึงต้องใช้แรงที่มากกว่าแรงดังกล่าวนี้ ขนาดของแรงที่ใช้ซึ่งอยู่ในรูปของแรงดึงจะขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดิน กล่าวคือ ถ้าดินยังมีความชื้นมากเท่าใดน้ำที่เกาะอยู่รอบๆ เม็ดดินก็จะหนามากขึ้น โมเลกุลของน้ำที่อยู่ห่างจากเม็ดดินมากก็จะไม่ได้รับอิทธิพลจากแรงยึดเหนี่ยวกับโมเลกุลดิน ดังนั้นมันจะถูกทำให้เคลื่อนที่ด้วยแรงดึงดูดของโลกหรือไหลไปสู่เม็ดดินที่มีน้ำเกาะอยู่บางกว่าได้ง่าย แต่เมื่อความชื้นในดินลดลง แรงยึดเหนี่ยวจากโมเลกุลดินที่จะมีอิทธิพลมากขึ้น การที่จะดูดน้ำจากดินไปใช้จึงต้องใช้แรงมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.7 แรงดึงความชื้น (Soil Moisture Tension)

แรงดึงความชื้น คือ แรงที่ใช้วัดความเหนียวแน่นที่ดินยึดเอาน้ำไว้และเป็นแรงที่จะต้องใช้เพื่อจะดูดน้ำออกจากดินต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ หน่วยที่ใช้วัดแรงดึงความชื้นที่มีค่าจะวัดเป็นบรรยากาศ (ความกดดันของอากาศที่ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส) หนึ่งบรรยากาศจะมีค่าเท่ากับความกดดัน 14.71 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือแท่งน้ำสูง 34.01 ฟุต หรือ 1,036 เซนติเมตร

ค่าแรงดึงความชื้นของดินไม่ได้เป็นสิ่งที่แสดงปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดินหรือบอกปริมาณน้ำที่จะสามารถดูดออกจากดินได้ แต่จะบอกถึงความยากง่ายที่พืชจะดูดน้ำจากดินไปใช้ได้มากกว่า เพราะว่าปริมาณน้ำในดินจะขึ้นอยู่กับเนื้อดินและโครงสร้างของดินโดยทั่วๆ ไปแล้วน้ำในดินทรายจะถูกระบายออกเกือบหมดโดยใช้แรงดึงความชื้นเพียงเล็กน้อย แต่ดินที่มีเนื้อละเอียด เช่น ดินเหนียว จะยังควรมีน้ำอยู่เป็นจำนวนมาก ถึงแม้ว่าแรงดึงความชื้นจะมีค่าสูงในขนาดที่พืชซึ่งปลูกในดินที่มีแรงดึงความชื้นขนาดนั้นจะแสดงอาการเหี่ยวเฉาแล้วก็ตาม

ความชื้นของดินที่ Field Capacity และที่จุดเหี่ยวเฉาถาวรเป็นความชื้นที่ยังเหลืออยู่ในดินเมื่อน้ำจำนวนหนึ่งได้ถูกระบายออกไปแล้ว เราอาจจะหาความชื้นเหล่านี้ในห้องทดลองได้โดยการนำตัวอย่างดินมาทำให้อิ่มน้ำ แล้วให้รับแรงดึงความชื้นหรือดูดน้ำออกในขนาดที่จะทำให้น้ำอิสระระบายออกไปหมดหรือขนาดที่ความชื้นที่เหลืออยู่ในดินนั้นทำให้พืชเริ่มมีอาการเหี่ยวเฉาอย่างถาวร

จากการทดลองพบว่า ความชื้นที่เหลืออยู่ในดินเมื่อผ่านการดูดความชื้นออกด้วยแรงขนาด 1/10 ถึง 1/3 บรรยากาศจะเป็นความชื้นที่ Field Capacity ถ้าหากว่าน้ำในดินนั้นมีเกลือละลายไม่เกินกว่าระดับปกติ ค่าแรงดึงความชื้นที่ Field Capacity นี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการระบายน้ำของดินด้วย เช่น ดินทรายจะมีแรงดึงความชื้นประมาณ 1/0 บรรยากาศ ดินเหนียวมีแรงดึงความชื้นสูงกว่า คือ ประมาณ 1/3 บรรยากาศ ดินในพื้นที่เพาะปลูกทั่วๆ ไปจะมีแรงดึงความชื้นที่ Field Capacity ประมาณ 1/10 บรรยากาศ อย่างไรก็ตามเนื่องจากว่าโดยปกติแล้วความชื้นที่เหลืออยู่ในดินเมื่อมันได้รับแรงดึงความชื้น 1/10 และ 1/3 บรรยากาศ นั้นอาจแตกต่างกันมาก ดังนั้นจึงควรพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสม มิฉะนั้นจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการคำนวณปริมาณความชื้นที่ต้องให้แก่ดินได้

แรงดึงความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร มีค่าประมาณตั้งแต่ 7 ถึง 40 บรรยากาศ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการใช้น้ำของพืช ความหนาแน่นและการแผ่กระจายของราก โครงสร้างของดิน เนื้อดิน และปริมาณเกลือในดิน ถ้าหากอุณหภูมิและอัตราการใช้น้ำของพืชสูง อาการเหี่ยวเฉาอย่างถาวรของพืชก็อาจจะเกิดขึ้นได้ในขณะที่แรงดึงความชื้นไม่มากนัก คือความชื้นในดินยังสูงอยู่ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากว่าโดยปกติแล้วความชื้นที่เหลืออยู่ในดินก็จะไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นจึงมักถือว่าความชื้นในดินเมื่อมีแรงดึงความชื้น 15 บรรยากาศ เป็นความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.8 การหาจำนวนความชื้นในดิน

การหาจำนวนความชื้นในดิน ถึงแม้ว่าจะเป็นงานที่ต้องใช้เวลาและสิ้นเปลืองมากแต่ก็เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในงานชลประทาน การหาจำนวนความชื้นตามปกติจะทำโดยการใช้ส่วานเจาะเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกที่ต้องการ แล้วบรรจุในกระป๋องเก็บตัวอย่างซึ่งมีฝาปิดมิดชิด นำมาชั่งและอบให้แห้งในเตาอบซึ่งมีอุณหภูมิ 105 ถึง 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าดินนั้นจะแห้งทั่วถึงกัน ตัวอย่างดินที่เก็บควรจะหนักไม่น้อยกว่า 100 กรัม น้ำหนักที่หายไปหลังจากที่อบให้แห้งแล้วก็คือ น้ำหนักของน้ำที่อยู่ในดิน

การหาจำนวนความชื้นในดินอาจทำได้ 2 แบบ คือ คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินอบแห้ง และเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

ก. เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนัก เหมาะสำหรับการหาจำนวนความชื้นเมื่อไม่ทราบปริมาตรของตัวอย่างดินที่เก็บมาหรือเมื่อทราบความถ่วงจำเพาะปรากฏ (Apparent Specific Gravity,  $A_s$ ) ของดินแล้ว การคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนักทำโดยใช้สมการ

$$P_w = (W_w / W_s) \times 100$$

เมื่อ  $P_w$  = เปอร์เซ็นต์ความชื้น โดยเทียบกับน้ำหนักของดินแห้ง  
 $W_w$  = น้ำหนักของน้ำในดิน  
 $W_s$  = น้ำหนักของดินที่อบให้แห้งด้วยเตาอบ

การบอกเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนักนั้น บอกโดยเทียบกับน้ำหนักของดินแห้งเสมอ

ข. เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยปริมาตร การหาจำนวนความชื้นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรทำได้ยากกว่าเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง ทั้งนี้เพราะจำเป็นต้องทราบปริมาตรของตัวอย่างดินด้วย ทำให้กระบอกเก็บตัวอย่างดิน (soil Core Sample) หรือหาปริมาตรของก้อนตัวอย่างดินโดยวิธีอื่นอย่างไรก็ตาม การบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยปริมาตรทำโดยใช้สมการ

$$P_v = (V_w / V) \times 100$$

เมื่อ  $P_v$  = เปอร์เซ็นต์ความชื้น โดยเทียบกับปริมาตรของดินทั้งก้อน  
 $V_w$  = ปริมาตรของน้ำในดิน  
 $V$  = ปริมาตรของก้อนดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ทราบความถ่วงจำเพาะปรากฏหรือ Bulk Density ของดินแล้ว การหาจำนวนความชื้นของดินเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรจะง่ายขึ้น โดยทำการหาความชื้นเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งจะสะดวกกว่า แล้วใช้สูตร

$$P_v = P_w \times A_s$$

ความถ่วงจำเพาะปรากฏ (Apparent specific Gravity,  $A_s$ ):

ความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน คืออัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของดินต่อน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่าปริมาตรของดินที่นำมาหาความถ่วงจำเพาะปรากฏนี้เท่ากับปริมาตรของเม็ดดินรวมกับปริมาตรของน้ำและอากาศที่แทรกตัวอยู่ระหว่างเม็ดดินด้วย

$$A_s = (W_s / V) \times \gamma_w$$

เมื่อ  $\gamma_w$  = น้ำหนักจำเพาะของน้ำ

## 2.2 วิธีการให้น้ำแก่พืช

การชลประทาน หรือการให้น้ำแก่พืชนั้นอาจทำได้หลายวิธี การที่จะเลือกใช้วิธีหนึ่งวิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ คุณสมบัติของดิน ลักษณะของพื้นที่ที่ได้เตรียมไว้ พืชที่ปลูก วิธีการเพาะปลูก เงินค่าลงทุน ตลอดจนน้ำที่จะต้องจัดการมาให้แก่พืช วิธีการให้น้ำนั้นมักจะเรียกตามลักษณะอาการที่ให้น้ำแก่พืชซึ่งอาจแบ่งออกเป็นสี่แบบใหญ่ๆ ด้วยกัน คือ

- 1) การให้น้ำแบบฉีดฝอย (Sprinkler Irrigation)
- 2) การให้น้ำทางผิวดิน (Surface Irrigation)
- 3) การให้น้ำทางใต้ดิน (Subsurface Irrigation)
- 4) การให้น้ำแบบหยด (Drip or Trickle Irrigation)

แต่ละแบบที่กล่าวต่างก็มีทั้งข้อดีและข้อเสียต่างๆ กัน อย่างไรก็ตาม ในพื้นที่เพาะปลูกแปลงหนึ่งๆ อาจจะใช้การให้น้ำได้หลายแบบ แต่โดยปกติแล้วเกษตรกรมักจะเลือกใช้แบบที่ตนเคยใช้มา หรือมีใช้อยู่ในแถบนั้น ทั้งๆ ที่บางครั้งวิธีที่ใช้อยู่ไม่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และพืชที่ปลูกหรือมีประสิทธิภาพต่ำมากก็ตาม การที่จะเลือกใช้หรือแนะนำให้เกษตรกรเลือกใช้วิธีใดนั้นควรจะคำนึงถึงค่าลงทุน ค่าแรง และความรู้ความชำนาญของผู้ใช้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.1 การให้น้ำแบบฉีดฝอย

สำหรับการให้น้ำแบบฉีดฝอยนี้จะทำได้โดยฉีดน้ำจากหัวฉีดขึ้นไปบนอากาศแล้วให้เม็คน้ำตกลงมาบนพื้นที่เพาะปลูก โดยมีรูปทรงการแผ่กระจายของเม็คน้ำสม่ำเสมอและอัตราที่น้ำตกลงบนพื้นน้อยกว่าอัตราการซึมของน้ำเข้าไปในดิน เนื่องจากการให้น้ำโดยวิธีนี้มีลักษณะอาการเช่นเดียวกับฝน ดังนั้นจึงเรียกการให้น้ำแบบนี้ว่าการให้น้ำแบบฝนโปรย

### 2.2.2 การเลือกใช้การให้น้ำแบบฉีดฝอย

โดยแท้จริงแล้วการให้น้ำแบบฉีดฝอยนี้สามารถจะใช้ได้กับพืชและดินทุกชนิด แต่เนื่องจากว่าค่าลงทุนสูงมากจึงมักเลือกใช้วิธีนี้เมื่อวิธีอื่นไม่สามารถจะใช้ได้ หรือใช้ได้แต่ให้ประสิทธิภาพต่ำมากสรุปได้ว่าการชลประทานแบบฉีดฝอยจะเหมาะสมกว่าแบบอื่นเมื่อสภาพของพื้นที่และองค์ประกอบอื่นๆ มีลักษณะดังต่อไปนี้ คือ

- 1) ดินมีอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินสูงมาก กล่าวคือสูงกว่า 75 มิลลิเมตรต่อชั่วโมงซึ่งจะทำให้การให้น้ำแบบอื่นมีประสิทธิภาพต่ำ
- 2) ความลึกของชั้นดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชชั้นมาก และลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ไม่เหมาะที่จะทำการปรับพื้นที่เพื่อให้น้ำทางผิวดิน
- 3) พื้นที่ที่มีความลาดเทมากและดินถูกพัดพาได้ง่าย
- 4) อัตราการส่งน้ำจากคลองชลประทานมายังที่เพาะปลูก หรือน้ำจากแหล่งอื่นที่หาได้น้อยเกินไปที่จะให้น้ำทางผิวดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 5) พื้นที่เป็นคลื่น ซึ่งถ้าจะทำการปรับพื้นที่เพื่อการให้น้ำทางผิวดินแล้วต้องลงทุนสูงมาก
- 6) ผู้ให้น้ำไม่มีความรู้ความชำนาญทางการให้น้ำทางผิวดิน
- 7) ต้องการใช้พื้นที่ให้เกิดผลผลิตโดยเร็ว การให้แบบฉีดฝอยนี้สามารถออกแบบและติดตั้งได้รวดเร็วมาก

การให้น้ำแบบฉีดฝอยนอกจากจะเหมาะสมกับสภาพของพื้นที่ คุณสมบัติของดิน ฯลฯ ดังกล่าวแล้ว ยังมีข้อดีอีกหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับชลประทานแบบผิวดิน คือ

- 1) การวัดน้ำทำได้ง่ายและสะดวกกว่า
- 2) สามารถที่จะออกแบบระบบให้น้ำให้มีความกระทบกระเทือนต่อการปฏิบัติงานในพื้นที่เพาะปลูกได้น้อยกว่า เช่น ไม่มีคูคลองส่งน้ำมากีดขวางการปฏิบัติงานของเครื่องจักรเกษตรนอกจากนั้นยังไม่ต้องเสียพื้นที่ สำหรับคูคลองส่งน้ำอีกด้วย
- 3) มีประสิทธิภาพในการให้น้ำสูง
- 4) ในกรณีที่ต้องสูบน้ำขึ้นมาจากคลองส่งน้ำหรือบ่อบาดาลอยู่แล้ว การใช้การให้น้ำแบบ

ฉีดฝอยจะไม่ต้องลงทุนเพื่อเพิ่มความดันของน้ำที่หัวฉีดอีกมากถ้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 5) ถ้าหากมีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำแห่งเดียวกันเพื่อวัตถุประสงค์อย่างอื่นด้วย เช่น ใช้เลี้ยงสัตว์หรือใช้ในบ้าน ก็อาจจะใช้ท่อส่งน้ำร่วมกันได้
  - 6) ถ้าหากสามารถส่งน้ำซึ่งมีแรงดันสูงพอ ไปยังพื้นที่เพาะปลูก โดยอาศัยแรงดึงดูดของโลกได้ด้วยแล้วการให้น้ำวิธีนี้จะยิ่งนำ้ใช้มากขึ้น เพราะจะสามารถลดค่าเชื้อเพลิงลงได้มาก
  - 7) การให้น้ำแบบฉีดฝอยสามารถให้น้ำครั้งละน้อยๆ และบ่อยครั้งได้อย่างมีประสิทธิภาพทำให้เหมาะกับพืชที่มีรากตื้น เช่น พืชที่เริ่มงอก หรือพวกผักต่างๆ ซึ่งมีรากตื้นและต้องการให้ดินมีความชุ่มชื้นอยู่เสมอ
  - 8) ระบบให้น้ำแบบนี้อาจจะใช้ให้ปุ๋ยและสารเคมีแก่พืชในขณะเดียวกันกับให้น้ำได้ด้วย
  - 9) ในภูมิประเทศที่มีอากาศหนาวจัด ระบบให้น้ำแบบฉีดฝอยอาจจะใช้ป้องกันการเสียหายจากการแข็งตัวของพืชเมื่ออุณหภูมิของบรรยากาศลดลงต่ำกว่าจุดเยือกแข็งได้ด้วย
- สำหรับข้อเสียของการให้น้ำแบบฉีดฝอยก็มี
- 1) ค่าลงทุนครั้งแรกสูงมาก นอกจากนั้นยังจะต้องเสียค่าเชื้อเพลิงหรือไฟฟ้าในการให้น้ำทุกครั้งและยังมีอุปกรณ์ซึ่งต้องบำรุงรักษาอยู่เป็นประจำอีกด้วย
  - 2) การเคลื่อนย้ายท่อและอุปกรณ์เพื่อนำไปใช้ในพื้นอื่นหลังจากที่ให้น้ำแก่พืชเสร็จแล้วอาจจะทำได้ไม่สะดวก เพราะดินจะเปียกและเป็นโคลน โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นพวกดินเหนียว
  - 3) การให้น้ำแก่พืชโดยให้มีดินน้ำตกลงบนผิวดินอย่างทั่วถึงกันนั้นอาจทำให้เมล็ดของพืชต่างๆ งอกงาม และจะต้องมีการกำจัดวัชพืชมากขึ้น
  - 4) เมล็ดน้ำที่ตกลงมาบนดินและใบพืชจะชะล้างยาฆ่าแมลงที่ฉีดไว้ออกไปด้วย ดังนั้นการฉีดยาเหล่านี้จะต้องทำภายหลังจากการให้น้ำแล้ว
  - 5) เนื่องจากน้ำจะเปียกผิวดิน ตลอดจนถึง ใบ และลำต้นของพืชจนทั่ว ดังนั้นการให้แบบนี้จะมีการสูญเสียน้ำไปในการระเหยมากกว่าแบบอื่นๆ
  - 6) การแผ่กระจายของเมล็ดน้ำที่ตกลงบนผิวดินจะไม่สม่ำเสมอถ้าหากมีลมพัดแรง ทำให้ประสิทธิภาพในการให้น้ำลดลง อาจจะต้องมีการออกแบบเป็นพิเศษถ้าจะเลือกการใช้วิธีการให้น้ำแบบนี้ในเขตที่มีลมพัดแรงเป็นประจำ
  - 7) ในกรณีที่มีความจำเป็นจะต้องให้น้ำแก่พื้นที่ทั้งหมดในระยะเวลาอันสั้น เช่น ขณะที่ต้นพืชยังเล็กอยู่และอากาศร้อนจัดซึ่งจะต้องให้น้ำบ่อย สภาพดังกล่าวนี้อาจจะเคลื่อนย้ายอุปกรณ์และให้ไม่ทันต่อความต้องการ แต่ถ้าหากมีน้ำมากพออยู่แล้ว การให้น้ำทางผิวดินจะสามารถให้น้ำในระยะเวลาอันสั้นได้ง่ายและรวดเร็วกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.3 อุปกรณ์ให้น้ำแบบฉีดฝอย

ระบบให้น้ำแบบฉีดฝอยประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญสื่ออย่างด้วยกันคือ เครื่องสูบน้ำ (Pumping) ท่อประธาน(Mainline Pipe) ท่อแยก(Lateral Pipe) และหัวจ่ายน้ำ(Sprinkler)

- 1) เครื่องสูบน้ำ (Pumping) ทำหน้าที่สูบน้ำจากแหล่งน้ำและเพิ่มความดันให้กับหัวจ่ายน้ำ (Sprinkler) เครื่องสูบน้ำอาจจะขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ก็ได้
- 2) ท่อประธาน (Mainline Pipe) ทำหน้าที่ส่งน้ำจากเครื่องสูบน้ำไปสู่ท่อแยก (Lateral Pipe) ท่อประธานนี้อาจจะเป็นท่ออ่อน (Flexible) ท่อโลหะที่ถอดได้เป็นท่อนๆหรือเป็นท่อที่ต่อติดอยู่กับที่ก็ได้
- 3) ท่อแยก (Lateral Pipe) ทำหน้าที่จ่ายน้ำจากท่อประธานให้กับหัวจ่ายน้ำ ท่อแยกนี้มีสามแบบเช่นเดียวกันกับท่อประธาน แต่มีขนาดเล็กกว่าและมีอุปกรณ์สำหรับติดตั้งท่อตั้ง (Riser) เพื่อให้หัวฉีดจ่ายน้ำอยู่สูงกว่าระดับยอดพืช
- 4) หัวจ่ายน้ำ (Sprinkler) ทำหน้าที่จ่ายน้ำซึ่งโดยทั่วไปนิยมจ่ายโดยการหมุนหัวฉีดเป็นวงกลมในแนวราบ (Perforated Pipe)

### 2.2.4 ระบบให้น้ำแบบฉีดฝอย

ระบบให้น้ำแบบฉีดฝอยแบ่งออกได้เป็น 3 แบบด้วยกันคือ

- 1) แบบติดอยู่กับที่ (Permanent System) เป็นแบบที่อุปกรณ์ทุกอย่างติดอยู่กับที่เคลื่อนย้ายไม่ได้ โดยปกติแล้วท่อต่างๆ มักจะฝังอยู่ใต้ดิน หรือมีฉะนั้นก็จะยกสูงเลยผิวดิน ระบบแบบนี้มักจะใช้ในเรือนเพาะชำหรือใช้กับพืชที่ต้องให้น้ำบ่อยๆ และให้ผลตอบแทนสูง เพราะค่าลงทุนจะสูงกว่าแบบอื่นๆแต่จะประหยัดค่าแรงในการให้น้ำได้มาก
- 2) แบบเคลื่อนที่ได้เพียงบางส่วน (Semi - portable System) แบบนี้อุปกรณ์บางอย่างจะติดอยู่กับที่บางอย่างสามารถเคลื่อนย้ายได้โดยมากเครื่องสูบน้ำ ท่อประธานและรองประธาน จะติดอยู่กับที่ส่วนท่อแยก ซึ่งมีท่อตั้งและหัวจ่ายน้ำติดอยู่สามารถถอดออกเป็นท่อนๆ ด้วยมือแล้วนำไปติดตั้งที่อื่นได้ ท่อแยกบางชนิดได้รับการออกแบบเป็นพิเศษเพื่อให้สามารถใช้รถหรือเคลื่อนที่ทางด้านด้วยตัวของมันเองโดยอาศัยแรงดันของน้ำหรือมอเตอร์หรือหมุนเป็นวงกลมรอบปลายข้างหนึ่งของท่อแยก
- 3) แบบเคลื่อนย้ายได้ทั้งหมด (Portable System) อุปกรณ์ของระบบให้น้ำแบบนี้ทุกอย่างตั้งแต่เครื่องสูบน้ำถึงท่อแยกเคลื่อนย้ายได้ทั้งหมด

## 2.3 การกำหนดการให้น้ำแก่พืช

ในการชลประทาน หรือการให้น้ำแก่พืชเพื่อให้พืชเจริญเติบโตและให้ผลตอบแทนสูงนั้น เรามักจะพบกับปัญหาซึ่งเป็นหัวใจของการชลประทานอยู่เสมอคือ **เมื่อไรควรจะให้ น้ำแก่พืชและ** **ราคา** **ไม่** **ว่า** **กรณี** **ใดๆ** **ทั้งสิ้น** **อีก** **ทั้ง** **ห้าม** **มิ** **ให้** **ตัด** **แปลง** **เนื้อหา** **และ** **ต้อง** **อ้างอิง** **ถึง** **เจ้า** **ของ** **เอกสาร** **ทุก** **ครั้ง** **ที่** **มี** **การ** **นำ** **ไป** **ใช้**

ให้เป็นปริมาณมากน้อยเท่าใด ถ้าหากทราบค่าทั้งสองข้อนี้ก็ย่อมเป็นที่แน่ใจได้ว่าการชลประทานนั้นจะสัมฤทธิ์ผลโดยการเพิ่มผลผลิตขึ้นได้อย่างแน่นอน แต่ก่อนที่จะให้คำตอบนี้ได้นั้นเราจำเป็นต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับพืช ดิน และน้ำ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของการชลประทานเสียก่อน ถึงที่เรากำลังต้องการทราบก็มี

- 1) ปริมาณน้ำที่พืชต้องการที่ระยะเวลาต่างๆ ตลอดอายุของมัน
- 2) ความสามารถเก็บน้ำไว้ได้ของดินในเขตราก
- 3) ปริมาณน้ำที่หามาทำการชลประทานได้ และกำหนดเวลาที่จะได้รับน้ำนั้น

ปริมาณน้ำที่พืชต้องการที่ระยะเวลาต่างๆ ตลอดอายุของมัน และความสามารถเก็บน้ำไว้ได้ของดินในเขตราก เป็นข้อมูลสำคัญเบื้องต้นซึ่งจะต้องนำมาใช้หาความถี่ในการให้น้ำ และปริมาณที่จะต้องให้น้ำในแต่ละครั้ง อย่างไรก็ตาม ในบางครั้งเราไม่สามารถจะให้แก่พืชได้เต็มจำนวนตามที่มันต้องการเสมอไปเนื่องจากว่าน้ำที่มีอยู่นั้นมีจำนวนจำกัด หรือในขณะที่พืชต้องการน้ำนั้นยังไม่ถึงกำหนดส่งน้ำจากโครงการชลประทาน ดังนั้น จึงต้องทราบด้วยว่าจะมีน้ำที่สามารถให้แก่พืชได้อย่างแน่นอนเท่าใดและมีหมายกำหนดการส่งน้ำแก่พืชอย่างไร เพื่อที่จะได้จัดเวลาที่ขอมให้พืชขาดน้ำอยู่ในช่วงที่จะกระทบกระเทือนต่อผลผลิตน้อยที่สุด หรือถ้ามีน้ำมากพอแต่การส่งน้ำนั้นไม่ตรงกับพืชต้องการ ก็จะได้จัดเตรียมเก็บกักน้ำไว้ใช้ในกรณีที่มิได้มีการส่งน้ำด้วย

### 2.3.1 พืชกับการกำหนดการให้น้ำ

พืชที่กำลังเจริญเติบโตย่อมมีการใช้น้ำอยู่ตลอดเวลา อัตราการใช้น้ำจะขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืช รังสีอาทิตย์ อุณหภูมิและสภาพภูมิอากาศอื่นๆ การให้น้ำแก่พืชในแต่ละครั้งปริมาณที่ควรจะให้มากพอกับความต้องการของพืชไปจนกว่าจะถึงกำหนดการให้คราวหน้าซึ่งอาจจะมีระยะเวลา 2-3 วัน จนถึงสองสามอาทิตย์ ความถี่ในการให้น้ำเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องพิจารณากันอย่างรอบคอบเพราะว่าพืชบางชนิดเช่น พวกผักต่างๆ ต้องการให้ดินมีความชื้นสูงอยู่ตลอดเวลา ถ้าดินแห้งผลผลิตจะต่ำหรือมีคุณภาพเลวลง แต่พืชบางชนิด เช่น ส้มและไม้ผลอื่นๆ อีกหลายอย่าง ต้องให้มีการขาดน้ำบางเล็กน้อยเสียก่อนจึงจะออกดอกออกผล ดังนั้น การกำหนดความถี่ในการให้น้ำจึงจำเป็นต้องทราบอุปนิสัยของพืชที่ปลูกด้วย โดยทั่วไปแล้วการกำหนดเวลาที่ควรจะให้ให้น้ำแก่พืชอาจทำได้สองแบบคือ โดยการสังเกตลักษณะอาการของพืชและโดยการพิจารณาจากจำนวนความชื้นที่ยังเหลืออยู่ในดิน

การกำหนดการให้น้ำโดยการสังเกตจากลักษณะอาการของพืชนั้นสามารถใช้กับพืชเพียงบางชนิด เช่น พืชที่มีรากเป็นหัวจะแสดงอาการเหี่ยวเฉาเมื่อเริ่มขาดน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตอนบ่ายที่มีอาการร้อนจัด ถั่ว ฝ้าย เมื่อเริ่มมีการขาดน้ำใบของมันจะมีสีเขียวเข้มขึ้นกว่าปกติ สำหรับไม้ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ควรกำหนดการให้น้ำโดยวิธีนี้ เพราะกว่าจะถึงเวลาที่พืชอาจจะขาดน้ำติดต่อกันเป็นเวลาหลายวันแล้ว ซึ่งจะทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพและปริมาณลดลง

พืชทุกชนิดเมื่อมีการขาดน้ำจะลดอัตราการเจริญเติบโตลง ดังนั้น ถ้าไม่จำเป็นแล้วควรให้พืชมีน้ำใช้อย่างเพียงพออยู่เสมอ โดยทั่วไปแล้วเราจะกำหนดเวลาที่ต้องให้น้ำแก่พืชโดยการพิจารณาจากจำนวนความชื้นที่พืชนำไปใช้ (Available Moisture) ที่ยังมีเหลืออยู่ในดิน เพราะความชื้นดังกล่าวนี้เท่านั้นที่จะบอกว่าพืชกำลังขาดน้ำอยู่หรือเปล่า

การที่จะให้พืชมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและให้ผลผลิตสูง จะต้องคอยควบคุมจำนวนความชื้นในดินให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะอยู่เสมอ พืชส่วนใหญ่สามารถดูดน้ำจากดินไปใช้ได้เป็นอย่างดี ถ้าดินมีความชื้นสูง เมื่อความชื้นในดินลดลงแรงถึงความชื้นในดินก็จะเพิ่มขึ้นถ้าหากไม่มีน้ำมาเพิ่มความชื้นให้เกิดขึ้นในที่สุดพืชจะไม่สามารถดูดน้ำมาใช้ให้เพียงพอกับความต้องการได้ อัตราการเจริญเติบโตก็จะลดลงหรือหยุดเจริญเติบโต แต่ถ้าหากมีการให้น้ำแก่พืชในตอนนี้อย่างเหมาะสมพืชบางชนิดจะสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ตามปกติโดยมีการเสียหากเพียงเล็กน้อยหรือไม่เสียเลย พืชบางชนิดอาจจะเสียหายมากถ้าหากความชื้นในดินอยู่ในจุดเหี่ยวเฉา (Wilting Point) ติดต่อกันเป็นเวลาหลายวันถึงแม้ว่ามันอาจจะเจริญเติบโตต่อไปได้ แต่จะพบว่าผลผลิตที่ได้ลดลงไป

เนื่องจากว่าระดับความเสียหายที่เกิดจากการขาดน้ำนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืช ดังนั้นในเมื่อมีความจำเป็นที่จะต้องยอมให้พืชขาดน้ำ ก็ควรจะเลือกให้อยู่ในระยะที่กระทบกระเทือนต่อผลผลิตมากที่สุด เช่นการทดลองให้น้ำข้าวโพดพบว่า ถ้าให้ความชื้นในดินลดลงจนถึงขีดเฉาเป็นเวลา 1-2 วันในช่วงที่ขั้วโพดกำลังออกช่อดอกจะทำให้ผลผลิตลดลงได้มากถึง 22 % และถ้าให้ขาดน้ำในช่วงนี้ติดต่อกันเป็นเวลา 6-8 วัน ผลผลิตอาจจะลดลง 50 % ดังนั้นถ้าต้องการปลูกข้าวโพดให้ได้ผลผลิตสูงแล้วก็ต้องป้องกันมิให้ความชื้นในดินลดลงใกล้ขีดเฉาเลยตลอดอายุของมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงเวลาก่อนออกช่อดอก

สำหรับพืชบางชนิด เช่น ฝ้ายซึ่งมีการใช้น้ำในดินอย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าพืชชนิดอื่น อาจไม่จำเป็นต้องให้ดินมีความชื้นสูงอยู่ตลอดเวลา แต่ถ้าหากมันขาดน้ำผลผลิตก็จะลดลงเช่นเดียวกันโดยปกติแล้วควรจะให้ดินมีความชื้นสูงอยู่ตลอดเวลาหลังจากที่มันเริ่มออกดอกแล้วสำหรับยาสูบในระยะแรกๆไม่ควรให้น้ำมากนักแต่ควรจะให้ดินมีความชื้นสูงอยู่เสมอในช่วงหลังของการเพาะปลูก

พืชเกือบทุกชนิดจะให้ผลผลิตลดลงหรือมีคุณภาพเลวลงถ้ามีการขาดน้ำที่ระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง ระยะเวลาที่เมื่อมีการขาดน้ำแล้วจะก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิตมากที่สุดเรียกว่า ช่วงวิกฤต (Critical Point) ดังนั้น ในช่วงระยะเวลาดังกล่าวนี้จะต้องคอยรักษาให้ดินมีความชื้นสูงอยู่เสมอ

### 2.3.2 ดินกับการกำหนดการให้น้ำ

ถึงแม้ว่าการรักษาความชื้นของดินให้ระดับสูงอยู่เสมอเป็นสิ่งที่จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและให้ผลผลิตสูง แต่ในทางปฏิบัติแล้วเราไม่สามารถจะรักษาความชื้นของดินให้อยู่อย่างสม่ำเสมอได้ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ระดับใดระดับหนึ่งตลอดฤดูการเพาะปลูกได้ นอกจากนั้นพืชแต่ละชนิดยังต้องการให้ดินมีความชื้นอยู่ตลอดเวลาจึงจะทำให้คุณภาพและปริมาณของผลผลิตดี กล่าวคือ จะต้องไม่ยอมให้ความชื้นของดินลดลงไปใกล้ขีดเฉา (Wilting Point) เลย ระดับความชื้นก่อนการให้เป็นสิ่งที่จะบอก ว่าดินนั้นมีความชื้นสูงอยู่ตลอดเวลาหรือไม่ เราอาจถือว่าถ้าดินยังมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้เหลืออยู่ประมาณสองในสามหรือประมาณ 66 เปอร์เซ็นต์ แล้วดินนั้นยังชื้นอยู่ แต่ถ้าความชื้นดังกล่าวเหลืออยู่เพียงหนึ่งในสามหรือในประมาณ 33 เปอร์เซ็นต์ ก็ถือว่าดินนั้นแห้ง

ระดับความชื้นของดินก่อนการให้น้ำอาจจะเทียบหาได้จากแรงดึงความชื้นของดิน ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นของดิน (Soil Moisture Tension) กับจำนวนความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (Available Moisture)

เนื่องจากว่าช่องว่างระหว่างเม็ดดินแต่ละชนิดมีขนาดไม่เท่ากัน น้ำในดินที่มีเนื้อหยาบ เช่น ทราย จะถูกดูดไปใช้เกือบหมดโดยใช้แรงดึงความชื้นเพียงเล็กน้อย แต่ในดินที่มีเนื้อละเอียดจะยังคงมีความชื้นเหลืออยู่เป็นจำนวนมากเมื่อใช้แรงดึงความชื้นขนาดเดียวกัน หรือถ้าพิจารณาทางด้านความชื้นในดินที่ยังเหลืออยู่ที่ระดับความชื้นที่ยังเหลืออยู่ 50 เปอร์เซ็นต์ ดินเหนียวจะมีแรงดึงความชื้นประมาณ 4.5 บรรยากาศ ส่วนดินร่วนและดินทรายจะมีแรงดึงความชื้นประมาณ 2.0 และ 0.75 บรรยากาศตามลำดับ อย่าลืมว่ารากพืชจะต้องใช้แรงดูดน้ำจากดินได้ขนาดหนึ่ง เมื่อแรงดึงความชื้นของดินเพิ่มขึ้น หรือดินแห้งมากขึ้นรากพืชก็จะต้องใช้แรงดูดน้ำมากขึ้นและจะดูดน้ำจากดินได้น้อยลง เมื่ออัตราที่รากดูดน้ำได้น้อยกว่าที่มันคายออกทางใบ พืชก็จะขาดน้ำและเกิดอาการเหี่ยวเฉา ดังนั้นจากตัวอย่างดินทั้งสามที่กล่าวนี้ ถ้าต้องการให้น้ำเมื่อความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้เหลือ 50 เปอร์เซ็นต์ ก็จะต้องให้น้ำเมื่อดินเหนียว ดินร่วน และดินทราย มีแรงดึงความชื้น 4.5, 2.0, และ 0.75 บรรยากาศตามลำดับ

ความชื้นในดินที่พืชนำไปใช้ได้จะยังคงสูงอยู่ถ้าหากแรงดึงความชื้นต่ำ ดังนั้น อาจพบว่าผลผลิตที่ได้จะแตกต่างกันถ้าให้น้ำเมื่อความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้เหลือ 50 เปอร์เซ็นต์เท่าๆ กัน ที่เป็นดังนี้เพราะพืชจะต้องออกแรงดึงดูดความชื้นจากดินเหนียวมากกว่าดินร่วนหรือดินทราย และจะพบว่าพืชที่ปลูกในดินเหนียวจะแสดงอาการขาดน้ำก่อน ถึงแม้ว่ายังมีความชื้นเหลืออยู่มากกว่าก็ตาม แต่ถ้าหากให้น้ำเมื่อแรงดึงความชื้นมีค่าเท่าๆ กันจะพบว่าผลผลิตที่ได้แตกต่างกันไม่มากนัก ทั้งๆ ที่ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้เหลืออยู่แตกต่างกันมาก เช่น ถ้าให้น้ำเมื่อแรงดึงความชื้นเท่ากับ 2.0 บรรยากาศ ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ดินเหนียว ดินร่วนและดินทราย จะเหลืออยู่ 75, 50 และ 27 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น

ไม่ว่าความถี่ในการให้น้ำจะกำหนดจากแรงดึงความชื้น หรือจากจำนวนความชื้นที่ยังเหลืออยู่ก็ตาม เราไม่สามารถใช้ค่าดังกล่าวนี้กับพืชหรือดินทุกชนิดได้ ค่าเหล่านี้ควรจะทดลองหาจากแปลงเพาะปลูกโดยตรง นอกจากนั้นความถี่ในการให้น้ำควรจะพิจารณาจากค่าแรงและอุปกรณ์ในไม่ช้ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การให้น้ำ และจากการเปรียบเทียบปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ตลอดจนราคาของผลผลิตในท้องตลาดด้วยว่าถ้ามีการควบคุมความชื้นในดินให้อยู่ในระดับที่ต้องการแล้วจะให้ผลตอบแทนคุ้มค่าหรือไม่

ในเขตแห้งแล้งและกึ่งแห้งแล้งน้ำที่พืชได้รับส่วนใหญ่เป็นน้ำชลประทาน จากการศึกษาพบว่าควรจะให้น้ำเมื่อความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ลดลงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง ถ้าหากหลังการให้น้ำทุกครั้งดินมีความชื้นที่ Field Capacity ดินจะมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้อยู่ระหว่าง 50 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ตลอดเวลา

ถ้าหากในเขตชุ่มชื้นน้ำที่พืชใช้ส่วนใหญ่อาจมาจากฝน ดังนั้นการให้น้ำจึงทำกันเฉพาะในช่วงที่ขาดฝนและถ้าหากต้องการจะใช้น้ำฝนให้มากที่สุดเพื่อเป็นการประหยัดน้ำชลประทานแล้ว ก็จะต้องจัดที่ไว้สำหรับเก็บน้ำฝนให้มากที่สุด นั่นก็คือ ขอมให้ความชื้นในดินลดลงมาใกล้ขีดเฉาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยไม่กระทบกระเทือนต่อผลผลิต

การกำหนดค่าความชื้นที่ยังเหลืออยู่ก่อนการให้น้ำ จะต้องพิจารณาทั้งความสะดวกในการให้น้ำ และความชื้นที่พืชต้องการเพื่อให้เกิดผลผลิตสูงสุดด้วย ในบางครั้งก็อาจจะยังไม่ต้องการให้น้ำเนื่องจากความชื้นในดินยังสูงอยู่ สำหรับพืชทั่วไปอาจจะยอมให้พืชขาดความชื้นไปใช้ 40 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ แล้วจึงให้น้ำ แต่ถ้าเป็นพืชที่มีราคาแพงซึ่งถ้าให้ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ลดลงมากแล้วจะทำให้ปริมาณหรือคุณภาพของผลผลิตลดลง ก็อาจจะต้องให้น้ำเมื่อดินยังมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้เหลืออยู่ 65 ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น

การกำหนดค่าความชื้นที่ยังเหลืออยู่ก่อนการให้น้ำเป็นสิ่งสำคัญมาก เพราะว่าพืชจะไม่สามารถดูดน้ำมาใช้ให้พอเพียงกับความต้องการได้ ถ้าหากความชื้นในดินลดลงใกล้ขีดเฉา เนื่องจากแรงดึงความชื้นจะสูงมากจากการทดลองพบว่าผลผลิตของพืชเกือบทุกชนิดจะลดลงถ้าหากความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ลดลงเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์หรือต่ำกว่า สำหรับพืชและดินบางชนิดผลผลิตอาจจะลดลงได้เมื่อความชื้นลดลงเหลือ 30 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์

จำนวนความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ที่ยังเหลืออยู่ในดินในระดับที่เริ่มจะกระทบกระเทือนต่อผลผลิตนี้เรียกว่า ระดับความชื้นวิกฤติ (Critical Moisture Level) หรือบางที่เรียกสั้นๆ ว่า จุดวิกฤติ (Critical point) ค่าดังกล่าวนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของดินและพืชที่ปลูก

### 2.3.3 องค์ประกอบอื่นๆ กับการกำหนดการให้น้ำ

การกำหนดการให้น้ำ นอกจากจะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติของดินและพืชที่ปลูกแล้ว ยังมีองค์ประกอบอย่างอื่นที่จะต้องนำมาพิจารณาด้วย คือ สภาพภูมิอากาศ และการจัดการเพาะปลูก สภาพภูมิอากาศที่เกี่ยวข้องก็มี รังสีอาทิตย์ อุณหภูมิและความชื้นของบรรยากาศ และความยาวของช่วงกลางวันตลอดฤดูกาลเพาะปลูก เป็นต้น สภาพภูมิอากาศเหล่านี้จะมีผลต่อปริมาณการใช้น้ำของพืชที่

จะต้องนำมาใช้หาความถี่ในการให้น้ำนั่นเอง สำหรับองค์ประกอบเกี่ยวกับการจัดการเพาะปลูกก็ได้แก่ ไม่ว่าจะเป็นกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงฤดูกาลที่ทำการเพาะปลูกและเก็บเกี่ยว ความหนาแน่นของพืชที่ปลูกต่อไร่ วิธีการและค่าใช้จ่าย ในการให้น้ำ และการให้ปุ๋ย เป็นต้น

กลุ่มที่ต้องการการให้น้ำบ่อยครั้ง มีสภาวะของพืช ดิน ภูมิอากาศ และการจัดการเพาะปลูก ดังนี้คือ

ก. พืช

1. มีรากตื้น ไม่หนาแน่น และอัตราการแผ่ขยายต่ำ
2. การเจริญเติบโตส่วนใหญ่อยู่ในช่วงที่ไม่มีฝนหรือช่วงที่มีการระเหยและคายน้ำมาก
3. ผลผลิตที่ต้องการเป็น ลำต้น ใบ ดอกหรือผลสด

ข. ดิน

1. ชั้นดินตื้น โครงสร้างของดินไม่ดีทำให้รากแผ่ขยายออกไปได้แคบและตื้น
2. อัตราการซึมของน้ำเข้าไปในดินต่ำ การระบายน้ำในดินไม่ดีและมีการถ่ายเทอากาศไม่ดี
3. มีโรคที่เป็นอันตรายต่อรากพืชอยู่ในดิน
4. ดินระบายน้ำออกมาให้พืชได้น้อย เมื่อใช้แรงดึงความชื้นต่ำ
5. เป็นดินเค็ม และ/หรือน้ำชลประทานมีเกลือละลายอยู่เป็นปริมาณมาก
6. มีปุ๋ยอยู่ในดินเป็นปริมาณมาก หรือปุ๋ยส่วนใหญ่อยู่ในดินชั้นบน
7. ดินมีอุณหภูมิสูงมาก และพืชมีรากตื้น

ค. ภูมิอากาศ

1. มีลักษณะที่ทำให้อัตราการระเหยและการคายน้ำสูง
2. ไม่มีฝนตกในฤดูกาลเพาะปลูก

ง. การจัดการเพาะปลูก

1. ปลูกพืชตอนต้นฤดูแล้ง
2. ต้องการผลผลิตสูง ถึงแม้ว่าจะทำให้การเก็บเกี่ยวล่าช้าไปบ้างก็ยอม
3. ราคาของผลผลิตขึ้นอยู่กับน้ำหนักสด หรือขนาดของส่วนที่เก็บเกี่ยว

กลุ่มที่ไม่จำเป็นต้องให้น้ำบ่อยครั้งนัก มีสภาวะของพืช ดิน ภูมิอากาศ และการจัดการเพาะปลูกดังนี้

ก. พืช

1. มีรากลึก แผ่กระจายอย่างหนาแน่น และมีอัตราการแผ่ขยายของรากสูง
2. พืชมีความต้านทานต่อการขาดน้ำสูง
3. การเจริญเติบโตส่วนใหญ่อยู่ในฤดูฝน หรือในช่วงที่มีการระเหยและการคายน้ำน้อย
4. ผลผลิตที่ต้องการเป็นเมล็ดหรือผลแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข. ดิน

1. ชั้นดินลึก โครงสร้างดี
2. อัตราการซึมของน้ำเข้าไปในดินพอเหมาะ การระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศในดินดี
3. ดินระบายน้ำออกมาให้พืชได้มากเมื่อใช้แรงดึงความชื้นต่ำ
4. ดินและน้ำชลประทานมีเกลืออยู่น้อย
5. มีปุ๋ยอยู่ในดินไม่มากนัก และเผากระจายอยู่ตลอดความลึกของชั้นดิน
6. น้ำใต้ดินอยู่ในระดับที่พืชสามารถดูดมาใช้ได้บ้าง

## ค. ภูมิอากาศ

1. มีอัตราการระเหยและการคายน้ำต่ำ
  2. มีฝนตกในฤดูกลางเพาะปลูก
- ง. การจัดการเพาะปลูก
1. ปลูกและเจริญเติบโตในฤดูฝน และ/หรือในช่วงที่มีการระเหย
  2. ปลูกและเจริญเติบโตเต็มที่ก่อนถึงฤดูแล้ง
  3. ต้องการให้ผลผลิตแก่หรือสุกเร็วเพราะว่าตลาดกำลังต้องการ ถึงแม้ว่าคุณภาพและปริมาณจะด้อยกว่าปกติก็ยอม

### 2.3.4 วิธีการกำหนดการให้น้ำ

ดังได้กล่าวแล้วว่า การกำหนดการให้น้ำพืชอาจทำได้หลายวิธี ทุกๆ วิธีมีวัตถุประสงค์อย่างเดียวกัน คือ เพื่อให้สามารถให้น้ำแก่พืชได้ทันเวลาที่มันต้องการ โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิตอันเนื่องมาจากการขาดน้ำ อย่างไรก็ตาม การที่จะต้องเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งนั้นย่อมขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและองค์ประกอบอื่นๆ ด้วย เช่น ในท้องที่ที่ให้น้ำได้ยากหรือน้ำมีราคาแพง การให้น้ำควรจะกำหนดเพื่อให้ผลผลิตต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของน้ำที่ใช้สูงสุด ถ้าท้องที่นั้นหาน้ำได้ง่าย แต่คุณภาพของดินไม่ดีหรือพื้นที่ดินมีราคาสูง ก็ควรกำหนดการให้น้ำเพื่อให้ได้ผลผลิตต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่สูงสุด นอกจากนั้นการกำหนดการให้น้ำอาจจะต้องดัดแปลงให้เข้ากับสภาพแวดล้อมอย่างอื่น เช่น เพื่อให้เข้ากับกำหนดการส่งน้ำจากโครงการชลประทาน เพื่อให้เข้ากับการทำงานอย่างอื่นในไร่นา เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการให้น้ำให้เหลือน้อยที่สุด เพื่อการควบคุมระดับน้ำใต้ดินและเพื่อการชะล้างเกลือออกจากดิน เป็นต้น

การกำหนดการให้น้ำอาจพิจารณาได้จากลักษณะอาการของพืชที่ปลูก คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับจำนวนความชื้นของดิน ซึ่งมีทั้งการวัดจำนวนความชื้นของดินโดยตรง การดูลักษณะและความรู้สึกสัมผัสของดิน ตลอดจนการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์วัดคุณสมบัติบางอย่างแล้วเทียบเป็นจำนวนความชื้นที่ดินมีอยู่ในขณะนั้น ส่วนอีกวิธีหนึ่งก็คือ การหาว่าดินยังมีความชื้นเหลืออยู่เท่าใด โดยการเปรียบเทียบกับการระเหยที่วัดได้จากถาดวัดการระเหยหรือการใช้ น้ำของพืชที่วัดได้

เปรียบเทียบกับการระเหยที่วัดได้จากถาดวัดการระเหยหรือการใช้ น้ำของพืชที่วัดได้ แต่ในที่นี้จะไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวถึงแต่เฉพาะสองอย่างหลัง คือ คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับจำนวนความชื้นของดิน และการเปรียบเทียบกับการระเหยหรือการใช้น้ำของพืชที่วัดได้

### 2.3.5 การเปรียบเทียบกับ การระเหยที่วัดได้

เนื่องจากสภาพของภูมิอากาศทุกอย่าง เช่น รังสีจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ฯลฯ ต่างก็มีผลการระเหยของน้ำจากผิวดินการระเหยด้วยกันทั้งนั้น ดังนั้นการวัดการระเหยที่ได้รับการติดตั้งอย่างถูกต้อง จึงให้ค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชในระยะเวลาสั้นๆ ได้ถูกต้องดีกว่าสูตรเอมไพริคอลที่ใช้ข้อมูลภูมิอากาศเพียงอย่างเดียวหรือสองสามอย่าง การระเหยที่วัดได้จากผิวดินการระเหยจึงสามารถนำมาใช้กำหนดการให้น้ำแก่พืชได้เป็นอย่างดี การกำหนดการให้น้ำโดยวิธีนี้เราจำเป็นต้องทราบ

1. ความสามารถเก็บน้ำไว้ได้ของดินในเขตราก
2. จำนวนความชื้นที่ยอมให้พืชดูดไปใช้ได้ก่อนการให้น้ำครั้งต่อไป (Allowable Depletion)
3. ความลึกของเขตราก
4. อัตราการใช้น้ำของพืช อัตราดังกล่าวนี้หามาได้โดยการแปลงการระเหยจากผิวดินการระเหยให้เป็นอัตราการใช้น้ำของพืช
5. ปริมาณฝนที่ตกในแปลงเพาะปลูก

หลักการกำหนดการให้น้ำโดยวิธีนี้ มีลักษณะเช่นเดียวกับการทำบัญชีความชื้นของดิน โดยเริ่มต้นคำนวณเมื่อดินมีความชื้นที่ Field Capacity ซึ่งควรจะเป็นวันถัดจากวันฝนตกหนักหรือให้น้ำแก่พืช หลังจากวัดปริมาณการระเหยจากผิวดินการระเหยแล้วทุกเช้าก็คำนวณความชื้นที่เหลืออยู่ในดิน โดยการหักค่าความชื้นที่เหลืออยู่จากวันก่อนด้วยปริมาณน้ำที่พืชใช้ไป ถ้าหากมีฝนตกก็ให้รวมปริมาณน้ำฝนที่วัดได้เข้าเป็นความชื้นของดินด้วย แต่ถ้าปริมาณน้ำฝนนั้นเมื่อรวมกับความชื้นเดิมของดินแล้วทำให้ดินมีความชื้นมากกว่า Field Capacity ก็ให้ถือว่าดินมีความชื้นแค่ Field Capacity ที่เหลือก็เป็นน้ำผิวดินไหลไปสู่ที่ต่ำกว่า หรือสูญเสียไปโดยการซึมลงเขตราก แต่ถ้าอัตราที่ฝนนั้นสูงมากจนกระทั่งไม่สามารถซึมลงไปในดินได้ทัน และเกิดเป็นน้ำผิวดินก่อนที่ดินจะถึง Field Capacity ก็จะต้องตรวจและประมาณคว่ำหลังฝนตกแล้วมีน้ำฝนซึมลงไปในดินประมาณเท่าไรและใช้ค่าประมาณนี้รวมกับความชื้นเดิมของดิน หรือประมาณค่าโดยตรงเลยก็ได้ว่าจำนวนความชื้นของดินในเขตรากหลังฝนเท่ากับเท่าไร ผลที่ได้ก็จะเป็นความชื้นที่จะใช้สำหรับการคำนวณในวันถัดไป

เมื่อความชื้นในดินลดลงจนถึงจุดวิกฤติ (Critical Point) ก็ถึงเวลาที่จะต้องให้น้ำแก่พืชและถ้าไม่คำนึงถึงประสิทธิภาพในการให้น้ำ ปริมาณน้ำที่จะต้องให้ก็คือปริมาณที่จะเพิ่มความชื้นของดินจากจุดวิกฤติมาเป็น Field Capacity หรือเท่ากับจำนวนความชื้นที่ยอมให้ลดลงได้ (Allowable Depletion) นั่นเอง การคำนวณหลังจากนี้ก็จะเหมือนกันกับที่ได้อธิบายไว้ในตอนแรกแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่ควรนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยไว้ล่วงหน้า

วิธีนี้มีข้อดีที่ว่าไม่ต้องการเครื่องมือที่มีราคาแพง ต้องการแรงงานไม่มากนัก ส่วนความถูกต้องจะขึ้นอยู่กับความประมาทค่าความสามารถเก็บน้ำไว้ได้ของดินในเขตราก และการใช้น้ำของพืชในแต่ละวัน

ถ้าหากมีเครื่องมือกำหนดการให้น้ำ เช่น เครื่องวัดแรงดึงความชื้น (Tensionmeter) ประกอบด้วย ก็จะช่วยให้สามารถกำหนดการให้น้ำแก่พืชได้ถูกต้องดีขึ้น โดยเอาไว้ตรวจสอบกัน วิธีนี้จุดใดจุดหนึ่งและเอาไว้ตรวจสอบว่าน้ำฝนหรือน้ำชลประทานที่ให้แก่พืชซึมลงไปถึงจุดที่ต้องการหรือเปล่า

## 2.4 พืชและการใช้น้ำของพืช

### 2.4.1 การใช้น้ำของพืช (Consumptive use or Evapotranspiration)

ปริมาณการใช้น้ำของพืชเป็นข้อมูลสำคัญอย่างยิ่งที่ผู้ออกแบบระบบการชลประทานและโครงการชลประทานจำเป็นต้องทราบ เพราะปริมาณการใช้น้ำของพืชนี้จะเข้ามาเกี่ยวข้องกับปริมาณและความถี่ในการให้น้ำ การออกแบบขนาดของอาคารชลประทาน การจัดหาน้ำมาให้กับโครงการชลประทาน ตลอดจนศึกษาว่าโครงการชลประทานนั้นจะให้ผลคุ้มค่าหรือไม่ด้วย

ปริมาณการใช้น้ำของพืชเป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียจากพื้นที่เพาะปลูกสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำ ปริมาณดังกล่าวนี้ประกอบขึ้นด้วยส่วนใหญ่ว่าสองส่วนคือ

1. ปริมาณน้ำที่พืชดูดไปจากดิน นำไปใช้สร้างเซลล์และเนื้อเยื่อแล้วคายออกทางใบสู่บรรยากาศ ซึ่งเรียกว่า การคายน้ำ (Transpiration)
2. ปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินบริเวณรอบๆ ต้นพืช จากผิวน้ำในขณะให้น้ำหรือขณะที่มีน้ำขังอยู่และจากน้ำที่เกาะอยู่ตามใบเนื่องจากฝนหรือการให้น้ำซึ่งเรียกว่า การระเหย (Evaporation)

### 2.4.2 องค์ประกอบที่มีผลต่อการใช้น้ำของพืช

ปริมาณการใช้น้ำของพืชจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 4 อย่าง คือ

1. สภาพภูมิอากาศรอบๆ ต้นพืช ซึ่งได้แก่พลังงานความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์หรือรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ และความเร็วลม เป็นต้น
2. พืช ซึ่งได้แก่ชนิดและอายุของพืช พืชแต่ละชนิดมีความต้องการน้ำแตกต่างกัน สำหรับพืชชนิดเดียวกัน การใช้น้ำจะน้อยเมื่อเริ่มปลูกและจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนมากที่สุดเมื่อถึงวัยขยายพันธุ์ซึ่งพืชโตเต็มที่ จากนั้นจะค่อยๆ ลดลง
3. ดิน ซึ่งได้แก่ความชื้นในดิน เนื้อดิน ความสามารถอุ้มน้ำไว้ให้พืชใช้ได้ ความเข้มของเกลือในดินหรือสารที่เป็นพิษอย่างอื่น เป็นต้น
4. องค์ประกอบอื่นๆ เช่น วิธีการให้น้ำพืชและความลึกที่ให้แต่ละครั้ง ฤดูกาลเพาะปลูก การไถพรวนดิน การคลุมดิน เป็นต้น

### 2.4.3 ลักษณะการแผ่กระจายของราก

การแผ่กระจายของรากพืชแต่ละชนิดนั้นไม่เหมือนกัน พืชบางชนิดมีรากแผ่กระจายออกเป็นบริเวณกว้างในระดับที่ไม่ลึกนัก พืชบางชนิดมีรากหยั่งลงไปลึกและมีการแผ่กระจายในแนวราบน้อย อย่างไรก็ตามสำหรับพืชชนิดเดียวกัน ลักษณะการแผ่กระจายของรากจะขึ้นอยู่กับชนิดและความลึกของดิน ระดับน้ำใต้ดิน ฤดูกาลเพาะปลูก ตลอดจนปริมาณน้ำที่ให้แก่พืชในแต่ละครั้ง

การงอกของรากลงสู่ระดับที่ลึกกว่าอาจจะถูกจำกัดโดยชั้นดินที่มีเนื้อแน่นทึบ เช่น ดินดาน ดินที่มีเนื้อแน่นนี้อาจจะแทรกอยู่ในเขตราก ซึ่งจะทำให้รากพืชไม่สามารถงอกลึกลงไปกว่านี้ได้

โดยปกติแล้วรากพืชจะไม่สามารถงอกออกในดินที่มีความชื้นต่ำกว่าจุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point) ดังนั้นถ้าหากมีชั้นดินที่แห้งมากอยู่ในดิน ก็จะทำให้รากพืชไม่สามารถงอกผ่านไปได้เหมือนกัน เนื่องจากว่ารากพืชต้องการออกซิเจนสำหรับหายใจด้วย ดังนั้นมันจะไม่ขยายตัวลงต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน เพราะว่ามีออกซิเจนและแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่น้อยมาก ระดับน้ำใต้ดินจึงเป็นองค์ประกอบที่มีผลต่อการแผ่กระจายของรากอีกอย่างหนึ่ง

ความลึกของรากอาจจะถูกจำกัดโดยปริมาณน้ำที่ให้แก่พืชแต่ละครั้ง กล่าวคือ ถ้าให้น้ำแก่พืชครั้งละน้อยๆ ความลึกของดินที่เก็บน้ำไว้ให้พืชใช้ก็จะตื้น ดังนั้นรากก็จะแผ่กระจายอยู่แต่ในบริเวณที่มันสามารถดูดน้ำจากดินไปใช้ได้ ซึ่งทำให้พืชต้องดูดเอาอาหารและแร่ธาตุจากดินชั้นบนและทำให้ดินจืดอย่างรวดเร็วจนต้องไต่ปุ๋ยมากขึ้น โดยปกติแล้วเราต้องการให้พืชมีรากลึกและแผ่กระจายไปทั่ว เพราะว่ามันนอกจากจะทำให้ไม่ต้องให้น้ำบ่อยครั้งขึ้นแล้ว พืชยังสามารถดูดน้ำและอาหารได้มากกว่าอีกด้วย

### 2.4.4 สัมประสิทธิ์ของการแผ่กระจายของน้ำ

$$C_u = 100 [1 - (\sum X / m \cdot n)]$$

เมื่อ	$C_u$	=	สัมประสิทธิ์ของการแผ่กระจายของน้ำเป็นเปอร์เซ็นต์
	$X$	=	ผลต่างระหว่างค่าความลึกของน้ำที่วัดได้แต่ละจุดกับค่าเฉลี่ยของความลึกของน้ำทุกๆ จุด ซึ่งเรียกชื่อตามวิชาสถิติว่า Deviation
	$m$	=	ค่าความลึกของน้ำที่วัดได้แต่ละจุด ซึ่งมีชื่อสถิติว่า Observation
	$n$	=	จำนวนจุดที่วัดความลึกของน้ำหนักรวมทั้งหมด ซึ่งมีชื่อทางวิชาสถิติว่า Number of observation

ค่า  $C_u$  ที่ได้ควรมีค่าเกิน 85 เปอร์เซ็นต์ จึงจะแสดงว่า ความสม่ำเสมอของการให้น้ำอยู่ในเกณฑ์ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 2.4.5 รอบเวรในการให้น้ำ (Irrigation Period, Irrigation Rotation)

รอบเวรในการให้น้ำ หมายถึง จำนวนวันที่จะให้น้ำแก่พืชครบทั่วทุกแปลงในพื้นที่ที่กำหนดให้โดยถือว่าในขณะที่นั้นพืชมีอัตราการใช้น้ำสูงสุด

เนื่องจาก ในขณะที่พืชกำลังมีการใช้น้ำมากที่สุดนั้น ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงวิกฤตของความตึงเครียดน้ำ (Critical Period) ซึ่งถ้าหากไม่สามารถจัดหาน้ำมาให้แก่พืชให้ทันกับความต้องการในช่วงนี้แล้วจะกระทบกระเทือนต่อผลผลิตมาก ดังนั้นจะต้องออกแบบระบบชลประทานให้มีขนาดใหญ่พอที่จะให้น้ำแก่พืชทั่วทุกแปลงในระยะเวลาที่กำหนดให้

รอบเวรในการให้น้ำ =  $\frac{\text{ผลต่างของความชื้นของดินก่อนให้น้ำกับความชื้นต่ำสุดที่ยอมให้อัตราการใช้น้ำของพืชในช่วงที่มีการใช้น้ำสูงสุด}}{\text{ความชื้นที่ขาดหายไป}}$

#### 2.4.6 ประสิทธิภาพการให้น้ำ (Water Application Efficiency)

เมื่อส่งน้ำมาถึงพื้นที่เพาะปลูกแล้ว น้ำส่วนนี้ก็จะถูกส่งให้แก่พืช โดยการเพิ่มความชื้นของดินในเขตรากให้ขึ้นมาถึง Field Capacity ส่วนที่เกินกว่าดินในเขตรากจะเก็บไว้ได้ก็เป็นการสูญเสีย ดังนั้น

$$E_a = (W_s / W_f) 100$$

โดย  $E_a$  = ประสิทธิภาพการให้น้ำ

$W_s$  = ปริมาณที่เก็บกักอยู่ในเขตรากจากการให้น้ำซึ่งต้องการให้มีค่าเท่ากับปริมาณสุทธิที่จะต้องให้แก่พืช

$W_f$  = ปริมาณน้ำที่ให้แก่พืชที่พื้นที่เพาะปลูก

ปริมาณน้ำที่สูญเสียไปในขณะที่ให้น้ำส่วนใหญ่เป็นการไหลเลยท้ายแปลงเพาะปลูกออกไป (Runoff) และซึมเลยเขตราก (Deep Percolation) ส่วนการระเหยจากพื้นที่เพาะปลูกในขณะที่ให้น้ำนั้นน้อยมาก ความสามารถของผู้ให้น้ำก็มีผลต่อประสิทธิภาพในการให้น้ำมากเหมือนกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการให้น้ำทางผิวดินที่มีความลาดเท ถ้าหากผู้ให้น้ำสามารถลดอัตราการให้น้ำให้พอเหมาะับอัตราการซึมของน้ำเข้าไปในดินได้ ก็จะทำให้มีการสูญเสียน้ำน้อยลงและเป็นผลให้มีประสิทธิภาพในการให้น้ำสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการคำนวณหาประสิทธิภาพการให้น้ำ ถ้าหากน้ำที่ให้ในแปลงไม่มีการไหลซึมเลยเขตรากเลยค่าปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในเขตรากจากการให้น้ำ ( $W_r$ ) ควรจะใช้ค่าเฉลี่ยของทั้งแปลง แต่ถ้ามีบางส่วนไหลซึมเลยเขตรากออกไป การหาค่าเฉลี่ยเฉพาะส่วนที่อยู่ในเขตรากค่อนข้างจะยุ่งยาก ในทางปฏิบัติใช้ค่าความลึกต่ำสุดที่ซึมลงไปในดินที่วัดได้แต่ไม่เลยเขตรากเป็นความลึกของน้ำที่เก็บกักอยู่ในเขตรากจากการให้น้ำ เพราะถ้าหากใช้ค่าเฉลี่ยของทั้งหมดแล้วจะทำให้ประสิทธิภาพการให้น้ำสูงกว่าปกติเนื่องจากจะมีส่วนที่ซึมเลยเขตรากพิจารณาเฉลี่ยรวมอยู่ด้วย ทำให้ดูเหมือนว่าพื้นที่ทั้งหมดได้รับน้ำเท่ากับที่ต้องการจริงๆ ที่บางจุดยังขาดอยู่อีกมาก และขอให้สังเกตด้วยว่า ถ้าหากดินได้รับน้ำอย่างน้อยที่สุดเท่ากับปริมาณสุทธิที่จะต้องให้แก่พืชแล้ว ประสิทธิภาพการให้น้ำก็จะเท่ากับประสิทธิภาพของการชลประทานที่แปลงเพาะปลูก

## 2.5 การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ด้วยวิธี Modified Penman (Reference Crop Evapotranspiration by Modified Penman)

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณการคายระเหย ได้แก่ อุณหภูมิ รังสีดวงอาทิตย์ ความเร็วลม ความชื้น วิธีนี้ได้นำหลักการของพลังงานและการถ่ายเทมวลมาพิจารณาควบคู่กันไปทำให้สูตรของ Penman ประกอบไปด้วยเทอมของพลังงานเนื่องจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์กับพลังงานเนื่องจากการเคลื่อนที่ของลมและความชื้น สูตรดั้งเดิมของ Penman (1948) ได้มีการปรับปรุงเทอมของการเคลื่อนที่ของลมและปรับแก้ผลกระทบจากสภาพอากาศกลางวันและกลางคืน ขั้นตอนการคำนวณของวิธี Penman นี้ค่อนข้างซับซ้อน เนื่องจากสูตรที่ใช้ในการหาเทอมต่างๆ ต้องอาศัยข้อมูลภูมิอากาศ ซึ่งบางครั้งไม่ได้ทำการวัดไว้จึงต้องแปลงจากข้อมูลที่วัดได้ เช่น หากข้อมูลการแผ่รังสีสุทธิ มิได้ทำการวัดโดยตรงก็สามารถคำนวณได้จากข้อมูล ความชื้นของเมฆ รังสีจากดวงอาทิตย์ (solar radiation) ร่วมกับความเร็วลมและอุณหภูมิที่ทำการวัดไว้ วิธีของ Penman จะได้ค่าการระเหยใกล้เคียงกับความจริง เนื่องจากพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการคายระเหย

$$ET_o = C*[W*R_n + (1-W)*f(u)*(e_{as} - e_a)]$$

เมื่อ	$ET_o$	=	ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (mm/day)
	$W$	=	ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ
	$R_n$	=	การแผ่รังสีสุทธิเทียบเท่ากับการระเหย (mm/day)
	$e_{as} - e_a$	=	ความแตกต่างระหว่างความดันไออิ่มตัวที่อุณหภูมิเฉลี่ยกับความดันไจริงของอากาศ (mbar)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C = \text{ค่าปรับแก้ เนื่องจากสภาพอากาศกลางวันและกลางคืน}$$

$$f(u) = \text{ปัจจัยเกี่ยวกับลม (km/hr)}$$

### 2.5.1 ความดันไอที่ขาดหายไปจากสภาพอิ่มตัว (eas-ea)

ความชื้นมีผลกระทบกับปริมาณการคายระเหย ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) ก็คือ อัตราส่วนระหว่างจำนวนไอน้ำที่มีจริงในอากาศกับจำนวนไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิเดียวกัน โดยมีหน่วยเปอร์เซ็นต์ในการวัดความชื้นจะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า psychrometer ซึ่งประกอบด้วย เทอร์โมมิเตอร์ 2 อัน อันหนึ่งเรียกว่า กระจเปาแห้ง (dry bulb) ทำหน้าที่บันทึกอุณหภูมิของอากาศธรรมดา อีกอันหนึ่งเรียกว่า กระจเปาเปียก (wet bulb) ซึ่งจะถูกควบคุมให้เปียกโดยหุ้มด้วยผ้าฝ้ายที่ชุ่มน้ำตลอดเวลา ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ทั้งสอง เรียกว่า wet bulb depression ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากกระจเปาแห้งและ wet bulb depression จะนำไปหาความชื้นได้ วิธีการหาค่า eas-ea โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. นำค่าอุณหภูมิเฉลี่ยไปหาค่า eas จากตาราง 2.2.1
2.  $ea = (eas * RH_{\text{mean}}) / 100$
3. นำค่าที่ได้จากข้อ 1 และ 2 มาลบกัน ก็จะได้ค่า eas-ea

### 2.5.2 ปัจจัยที่เกี่ยวกับลม f(u)

ได้มีการศึกษาผลกระทบของลมที่มีต่อการคายระเหยสำหรับสภาพภูมิอากาศต่างๆ ได้ความสัมพัทธ์ดังนี้

$$f(u) = 0.27(1+u)/100$$

เมื่อ  $u$  = ความเร็วลมที่ระดับเหนือพื้นดิน 2 เมตร มีหน่วยเป็น กม./วัน  
สำหรับความเร็วลมในหนังสือสถิติภูมิอากาศของประเทศไทย ซึ่งจัดทำโดยกรมอุตุนิยมวิทยา นั้น ใช้หน่วยเป็น น็อต (knot) หนึ่งน็อตมีค่าเท่ากับ 44.478 กม./วัน  
ถ้าหากความเร็วลมวัดที่ระดับอื่น ก็ให้แปลงเป็นค่าความเร็วลมพื้นดิน 2 เมตร

$$f(u) = u_z \log 2 / \log z$$

เมื่อ  $u_s$  = ความเร็วเฉลี่ยของลมที่ระดับ  $z$  เมตรจากพื้นดิน

### 2.5.3 ค่าปรับแก้ (W)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W เป็นค่าปรับแก้เนื่องจากรังสี ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความสูง ดังแสดงในตาราง 2.2.2 ส่วน (1-W) เป็นค่าปรับแก้เนื่องจาก ลม และความชื้น

#### 2.5.4 ค่ารังสีสุทธิ (Net radiation / Rn)

รังสีสุทธิ คือ ผลต่างระหว่างรังสีที่วัดได้รับไว้กับรังสีที่วัดปล่อยออกมา รังสีสุทธิสามารถทำการวัดได้ แต่โดยปกติแล้วข้อมูล Rn ไม่ค่อยมีการวัด Rn จึงมักคำนวณจากข้อมูลชั่วโมงแสงแดด รังสีจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ และความชื้นที่วัด

ปริมาณรังสีที่บรรยากาศตอนบนรับไว้ (Ra) ขึ้นอยู่กับละติจูดและช่วงเวลาของปี ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 2.2.4 บางส่วนของ Ra ถูกดูดคืนและกระจัดกระจายเมื่อผ่านชั้นบรรยากาศ บางส่วนที่กระจัดกระจายสามารถลงมาถึงผิวโลกได้ เรียกว่า รังสีดวงอาทิตย์ (Rs) Rs ขึ้นอยู่กับ Ra และสามารถแทรกซึมผ่านชั้นบรรยากาศ ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณเมฆที่ปกคลุมหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ความครึ้มของเมฆ Rs บางส่วนจะสะท้อนกลับไปที่ดินและพื้น และสูญเสียไปในบรรยากาศการสะท้อนกลับ (Reflection,  $\alpha$ ) ขึ้นอยู่กับสภาพผิว หากเป็นน้ำจะเกิดประมาณ 5-7 เปอร์เซ็นต์ และ 15-25 เปอร์เซ็นต์ สำหรับพืชเกือบทุกชนิด ส่วนที่มีได้สะท้อนกลับ เรียกว่า รังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้นสุทธิ (Net short wave solar radiation, Rns) ส่วนผิวโลกนั้นจะแผ่รังสี ซึ่งเป็นคลื่นยาว (long wave) กลับสู่บรรยากาศ โดยปกติการแผ่รังสีคลื่นยาวออกสู่บรรยากาศของผิวโลกจะมีมากกว่ารังสีคลื่นยาวที่บรรยากาศส่งมายังโลก ความแตกต่างระหว่างรังสีคลื่นยาวที่โลกปล่อยออกและรับเข้านี้ เรียกว่า รังสีคลื่นยาวสุทธิ (Net longwave radiation, Rnl) ซึ่งก็คือ พลังงานที่สูญเสียไปเพราะฉะนั้น

$$\text{รังสีสุทธิทั้งหมด (Rn)} = \text{Rns-Rnl}$$

ในการคำนวณ Rn สามารถคำนวณตามขั้นตอนดังนี้

1. ถ้ารังสีดวงอาทิตย์ Rs ไม่มีข้อมูลให้เลือกใช้ Ra จากตาราง 2.2.4
2. คำนวณหา Rs จากสมการ  $R_s = (0.25 + 0.50 n/N) R_a$

เมื่อ  $n$  = ชั่วโมงแสงแดดที่มีจริง (จากตาราง 2.2.10)

$N$  = ชั่วโมงแสงแดดที่เป็นไปได้สูงสุด ซึ่งขึ้นอยู่กับละติจูดและช่วงเวลาของปี หาได้จากตาราง 2.2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คำนวณ  $R_{ns}$  จาก  $R_s$  ซึ่งต้องปรับแก้ค่าเนื่องจากชนิดพื้นผิวโลก ดังนี้

$$R_{ns} = (1-\alpha) R_s$$

สำหรับพีชส่วนใหญ่  $\alpha = 0.25$

4.  $R_{nl}$  ได้จากการนำข้อมูลอุณหภูมิ, ความดันไอ ( $e_a$ ) และ  $n/N$  ไปหาค่าผลกระทบจากอุณหภูมิ ( $f(t)$ ) ความดันไอ ( $f(e_a)$ ) และ  $n/N$  ( $f(n/N)$ ) ตามสูตรและตารางที่ 2.2.6 , 2.2.7 และ 2.2.8
5.  $R_n$  ได้จากผลต่างของรังสีคลื่นสั้นสุทธิ ( $R_{ns}$ ) กับรังสีคลื่นยาวสุทธิ ( $R_{nl}$ )

### 2.5.5 ค่าปรับแก้ C

สมการของ Penman ใช้สมมติฐานสำหรับสภาพอากาศส่วนใหญ่ กล่าวคือ การแผ่รังสีปานกลางถึงสูง ความชื้นสัมพัทธ์ปานกลางถึงสูงและความเร็วลมกลางวันปานกลาง คือประมาณสองเท่าของความเร็วลมกลางคืน อย่างไรก็ตาม สภาพอากาศบางแห่งอาจจะไม่เหมือนสมมติฐานที่ตั้งไว้ เช่น บริเวณติดชายทะเลที่มีลักษณะเป็น breeze และฟ้าผดปกติ จะมีสัดส่วนระหว่างความเร็วลมกลางวันหรือความเร็วลมกลางคืน ประมาณ 3-5 ในสภาพเช่นนี้จึงต้องมีการปรับแก้สมการของ Penman เนื่องจากสมการจะให้ค่าการคายระเหยสูงกว่าปกติ ตารางที่ 2.2.9 แสดงค่าปรับแก้ C สำหรับความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด รังสีจากดวงอาทิตย์ ความเร็วลมกลางวัน และสัดส่วนความเร็วลมกลางวันหรือกลางคืนต่างกัน อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ใช้ประกอบตารางที่ 2.2.9 นั้น อาจหาได้ลำบาก เนื่องจากไม่มีการเก็บข้อมูล แต่อาจหาได้จากหนังสือเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศของท้องถิ่นได้

ตารางที่ 2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชโดยวิธีของ Modified Penman  
Crop Coefficient of Modified Penman Method (Kc - Modified Penman)

สัปดาห์ที่ Week	ข้าว กข. Rice HYV	ข้าวสาลี Wheat	ข้าวโพด หวาน Sweet Corn	ถั่วเหลือง Soybean	ถั่วลิสง Groundnut	ถั่วเขียว Mungbean	ยาสูบ Tobacco
1	0.90	0.41	0.55	0.57	0.52	0.49	0.43
2	0.94	0.43	0.58	0.62	0.63	0.74	0.54
3	0.98	0.50	0.71	0.73	0.74	1.00	0.65
4	1.13	0.63	0.84	0.91	0.82	1.24	0.83
5	1.21	0.95	0.96	1.13	0.89	1.13	0.96
6	1.27	1.08	1.01	1.22	0.94	1.05	1.29
7	1.32	1.14	1.00	1.25	0.97	0.58	1.53
8	1.30	1.16	0.95	1.23	1.03	0.39	1.40
9	1.26	1.14	0.78	1.16	0.95	0.30	1.29
10	1.21	1.07	0.59	1.00	0.91		1.04
11	1.11	0.92	0.50	0.78	0.83		0.97
12	0.85	0.67		0.68	0.70		0.80
13	0.75	0.48		0.64	0.56		
14		0.35		0.62	0.47		
15		0.30			0.42		
เฉลี่ย	1.09	0.75	0.77	0.89	0.75	0.77	0.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชโดยวิธีของ Modified Penman

Crop Coefficient of Modified Penman Method (Kc - Modified Penman)

สัปดาห์ที่ Week	ทานตะวัน Sunflower	แตงโม Watermelon	มะเขือเทศ Tomato	หอมหัวใหญ่ Onion	หอมแดง Shallot	กะหล่ำดอก Cauliflower	คะน้า Chinese Kale
1	0.56	0.67	0.59	0.59	0.95	0.89	0.46
2	0.60	0.86	0.66	0.60	0.67	0.95	0.54
3	0.62	1.21	0.74	0.64	0.77	1.00	0.61
4	0.64	1.44	0.82	0.71	0.85	1.03	0.64
5	0.66	1.59	0.91	0.81	0.93	1.04	0.70
6	0.69	1.48	0.98	0.90	0.97	1.02	0.74
7	0.73	1.35	1.05	0.96	0.97	1.00	0.65
8	0.77	1.12	1.10	1.04	0.93		0.60
9	0.83	0.80	1.12	1.07	0.84		
10	0.90	0.60	1.12	1.08	0.72		
11	0.94	0.52	1.09	1.09	0.60		
12	0.88	0.41	1.04	1.07	0.52		
13	0.80		0.96	1.04			
14	0.70		0.85	1.01			
15	0.63		0.72	0.95			
เฉลี่ย	0.73	1.01	0.92	0.90	0.78	0.99	0.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชโดยวิธีของ Modified Penman  
Crop Coefficient of Modified Penman Method (Kc - Modified Penman)

เดือน Month	ฝ้าย Cotton	อ้อย Sugarcane	กะทัง Castor bean	หน่อไม้ฝรั่ง Asparagus	เผือก Taro
1	0.71	0.47	0.70	0.62	0.93
2	1.03	0.68	0.79	1.00	1.15
3	1.08	0.85	0.82	1.27	2.06
4	0.98	1.03	0.84	0.31	2.16
5	0.75	1.20	0.81	0.07	1.62
6	0.55	1.00	0.73	0.88	1.46
7		0.86	0.60	0.71	
8		0.65	0.41	0.56	
9		0.50		0.47	
10		0.42		0.54	
11				0.66	
12				0.66	
เฉลี่ย	0.85	0.76	0.71	0.76	1.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชโดยวิธีของ Modified Penman  
Crop Coefficient of Modified Penman Method (Kc - Modified Penman)

	เดือน Month	มะนาว (Lemon)	
		ต้นเล็ก	ต้นใหญ่
1	มีนาคม	0.91	0.97
2	เมษายน	1.17	1.25
3	พฤษภาคม	1.25	1.31
4	มิถุนายน	1.3	1.38
5	กรกฎาคม	1.12	1.17
6	สิงหาคม	0.94	0.99
7	กันยายน	1.15	1.18
8	ตุลาคม	1.23	1.25
9	พฤศจิกายน	1.03	1.06
10	ธันวาคม	0.99	1.07
11	มกราคม	0.88	0.96
12	กุมภาพันธ์	0.85	0.92
	เฉลี่ย	1.07	1.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชโดยวิธีของ Modified Penman  
Crop Coefficient of Modified Penman Method (Kc - Modified Penman)

เดือน Month		มะม่วง Mango
1	มิถุนายน	1.48
2	กรกฎาคม	2.06
3	สิงหาคม	2.33
4	กันยายน	2.07
5	ตุลาคม	2.12
6	พฤศจิกายน	2.29
7	ธันวาคม	1.54
8	มกราคม	1.44
9	กุมภาพันธ์	1.29
10	มีนาคม	1.04
11	เมษายน	1.06
12	พฤษภาคม	1.04
เฉลี่ย		1.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.1 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชโดยวิธีของ Modified Penman**

**Crop Coefficient of Modified Penman Method (Kc - Modified Penman)**

เดือน Month		ส้มโอ Pomelo
1	ธันวาคม	1.44
2	มกราคม	1.32
3	กุมภาพันธ์	1.19
4	มีนาคม	0.91
5	เมษายน	0.87
6	พฤษภาคม	1.00
7	มิถุนายน	1.73
8	กรกฎาคม	2.04
9	สิงหาคม	2.17
10	กันยายน	1.79
11	ตุลาคม	1.82
12	พฤศจิกายน	1.74
เฉลี่ย		1.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

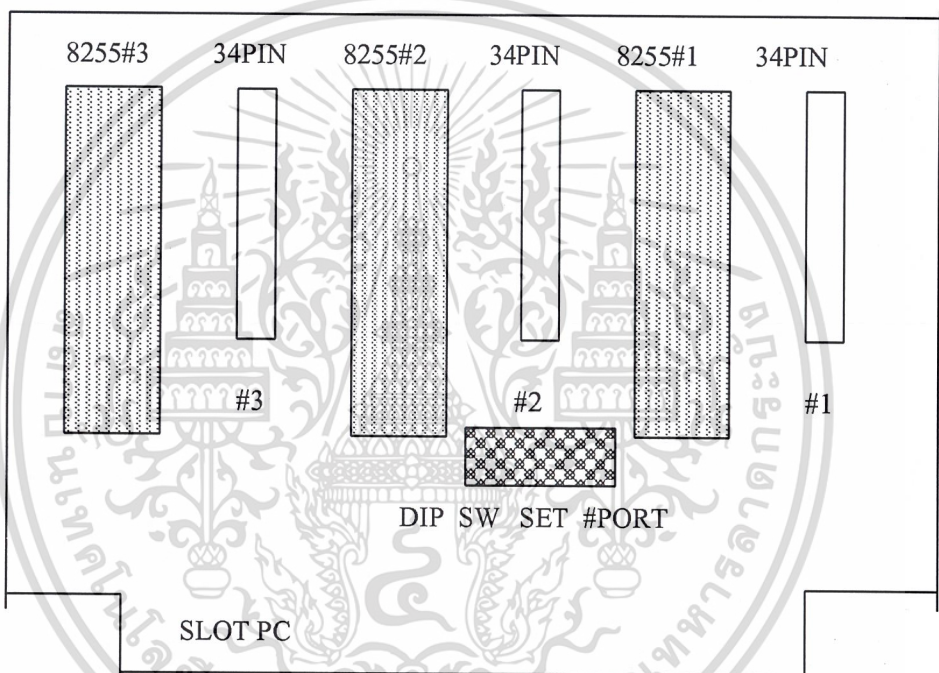
### บทที่ 3

#### การคำนวณและการสร้าง

#### 3.1 อุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์

##### 3.1.1 ET-PC CARD SERIAL ET-PC 8255

##### ลักษณะของ ET-PC 8255



รูปที่ 3.1 ET-PC 8255

ET-PC 8255 จะเป็น CARD ต่อขยายระบบเครื่อง PC ให้มีส่วนของ INPUT, OUTPUT PORT ใช้งานมากขึ้น โดยจะมี PORT ใช้งานเป็น INPUT หรือ OUTPUT จำนวน 9 PORT หรือ 72 BIT (TTL 0-5V)

##### 3.1.2 การติดตั้ง ET-PC 8255 กับเครื่อง PC

1. ปิด SW. POWER ของเครื่องคอมพิวเตอร์ PC นั้นก่อน
2. เปิดฝาเครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. SET DIP SW. ตำแหน่ง PORT ของ CARD ET-PC 8255 ไม่ให้ตรงกับตำแหน่ง PORT ของ CARD อื่นๆ (ดูในเรื่อง SET DIP SW. ตำแหน่ง PORT)
4. นำ CARD ET-PC 8255 ใส่นำเข้าไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ PC ทาง SLOT PC 62 PIN ดูการใส่ CARD ให้เรียบร้อยสนิทดีด้วยกับ SLOT PC
5. ถ้ามีการต่อสายแพรจาก 34 PIN ไปใช้งานก็ให้ต่อก่อนให้เรียบร้อยแล้วเสร็จก่อน
6. เปิด SW.POWER เครื่องคอมพิวเตอร์ PC

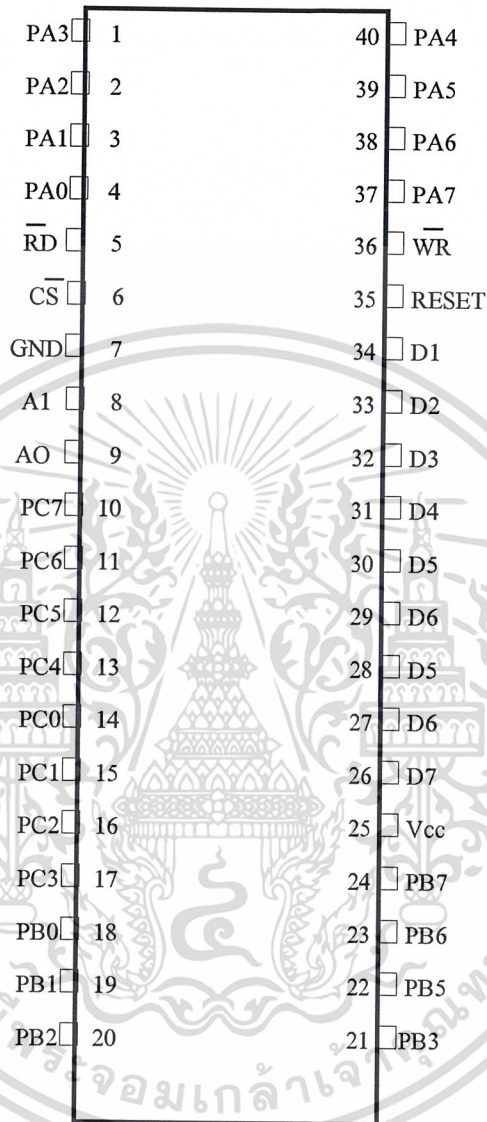
### 3.1.3 การทำงานของ ET-PC 8255

CARD ET-PC 8255 จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ ก็คือ ส่วน IC 8255 ซึ่งเป็น IC ทำหน้าที่เป็น INPUT, OUTPUT PORT และเป็นส่วนของวงจร IC DECODE (เลือกตำแหน่งของ PORT 8255) คือ PC 74LS139 และ DIP SW.

### 3.1.4 การใช้งาน IC 8255

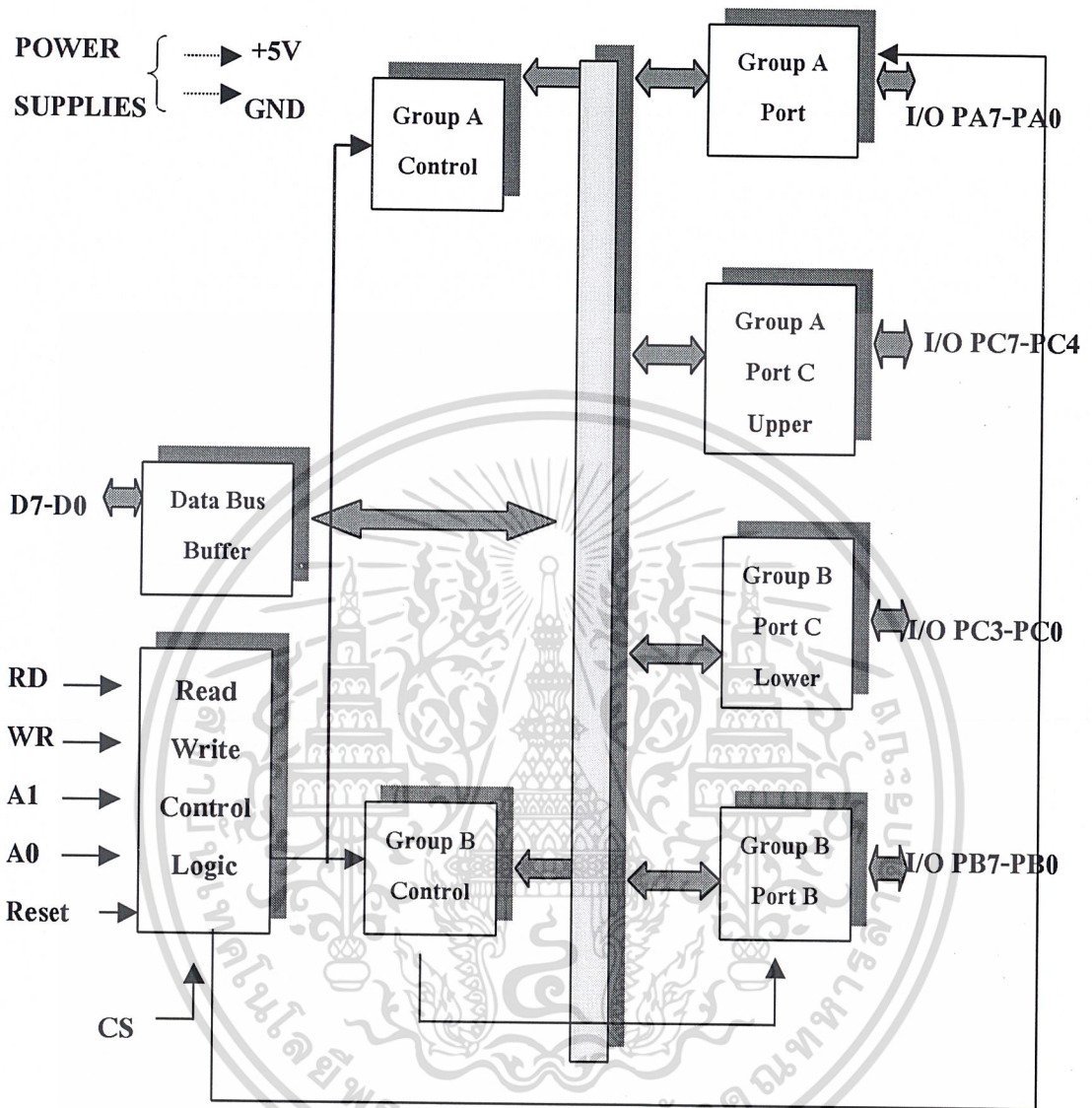
IC 8255 นี้จะเป็น IC ซึ่งประกอบด้วย PORT ใช้งาน 3 PORT และอีก 1 PORT ควบคุม ก่อนที่เราจะใช้งาน 8255 เราจะต้องส่งข้อมูลไปให้ยัง PORT ควบคุมก่อนว่าจะให้ PORT ทั้ง 3 PORT ของ 8255 ที่เหลือนั้นทำหน้าที่อะไร เป็น INPUT หรือ OUTPUT PORT เราจะต้องเป็นผู้กำหนด CONTROL CODE PORT ควบคุมดังรูป

## Pin Configuration



รูปที่ 3.2 Pin Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



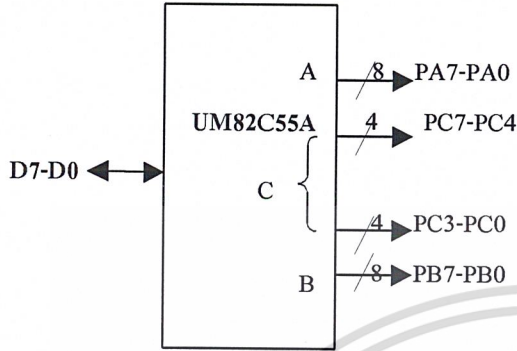
รูปที่ 3.3 IC 8255 Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Mode 0 Configurations**

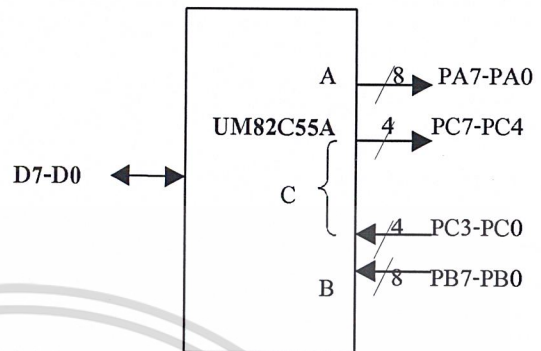
CONTROL WORD #0

D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0  
1 0 0 0 0 0 0 0



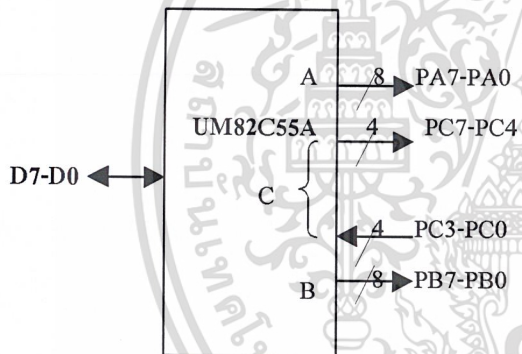
CONTROL WORD #3

D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0  
1 0 0 0 0 0 1 1



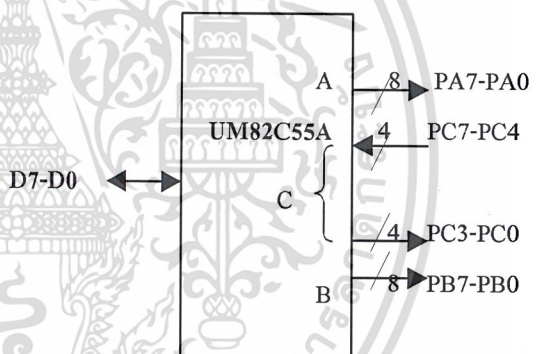
CONTROL WORD #1

D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0  
1 0 0 0 0 0 0 1



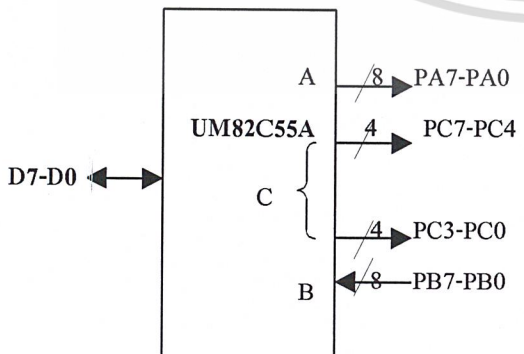
CONTROL WORD #4

D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0  
1 0 0 0 1 0 0 0



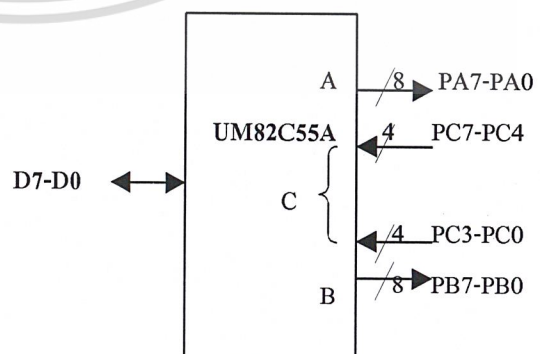
CONTROL WORD #2

D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0  
1 0 0 0 0 0 1 0



CONTROL WORD #5

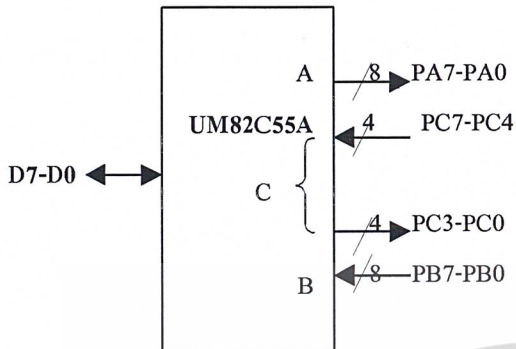
D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0  
1 0 0 0 1 0 0 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

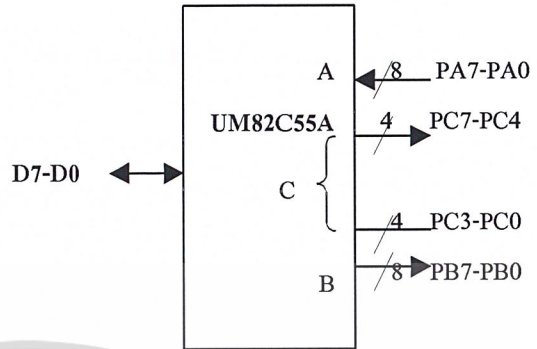
CONTROL WORD #6

D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0  
1 0 0 0 1 0 1 0



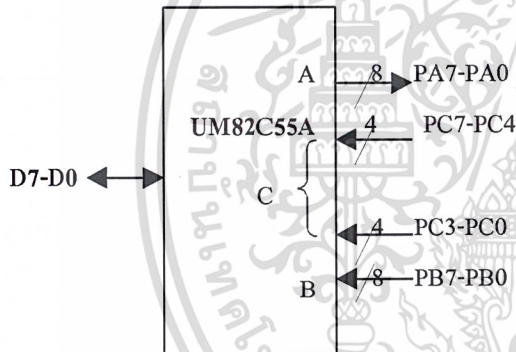
CONTROL WORD #9

D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0  
1 0 0 1 0 0 0 1



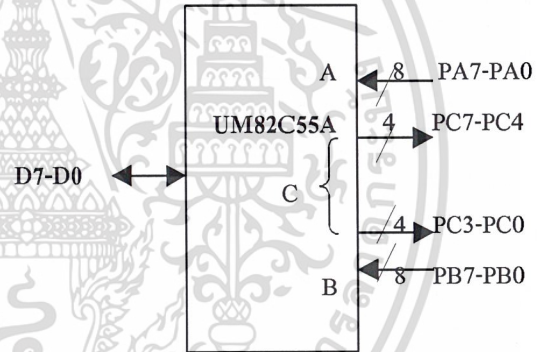
CONTROL WORD #7

D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0  
1 0 0 0 1 0 1 1



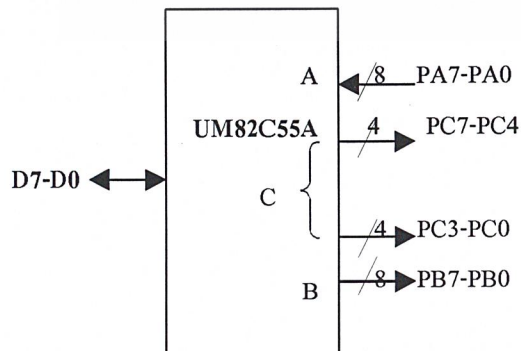
CONTROL WORD #10

D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0  
1 0 0 1 0 0 1 0



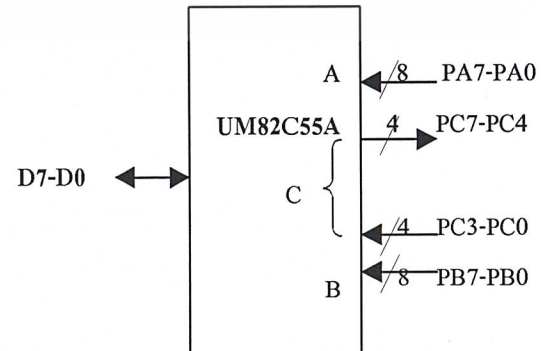
CONTROL WORD #8

D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0  
1 0 0 1 0 0 0 0



CONTROL WORD #11

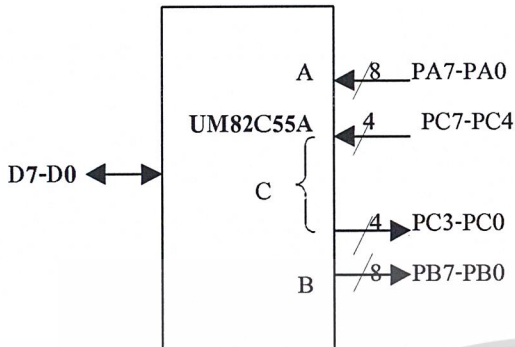
D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0  
1 0 0 1 0 0 1 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

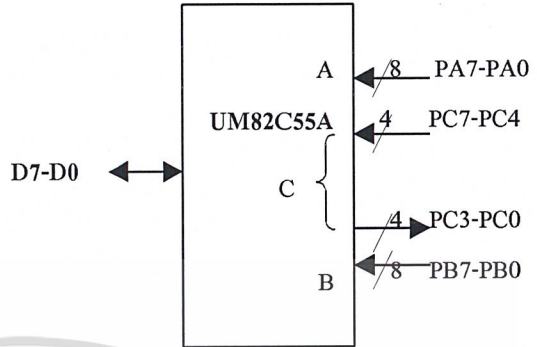
CONTROL WORD #12

D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0  
1 0 0 1 1 0 0 0



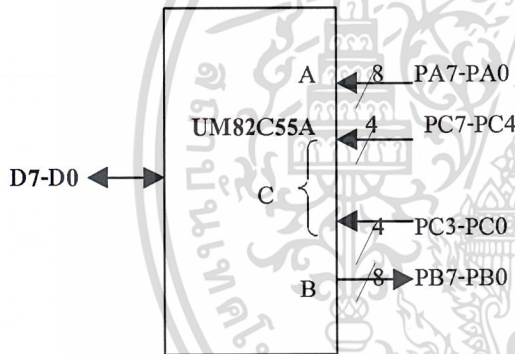
CONTROL WORD #14

D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0  
1 0 0 1 1 0 1 0



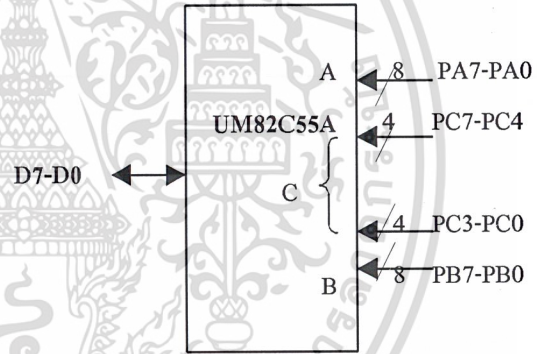
CONTROL WORD #13

D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0  
1 0 0 1 1 0 0 1



CONTROL WORD #15

D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0  
1 0 0 1 1 0 1 1



รูปที่ 3.4 Mode 0 Configurations

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 PC HARDWARE I/O MAP

8088 Class Systems	
Address	Function
000-00F .....	DMA Controller (8237A)
020-021 .....	Interrupt controller (8259A)
040-043 .....	Timer (8255A)
060-063 .....	PPI (8255A)
080-083 .....	DMA page register (74LS612)
0A0-0AF .....	NMI – Non Maskable Interrupt
200-20F .....	Game Port Joystick controller
210-217 .....	Expansion Unit
2E8-2EF .....	COM4: Serial Port
2F8-2FF .....	COM2: Serial Port
300-31F .....	Prototype Card
320-32F .....	Hard Disk
378-37F .....	Parallel Printer Port 1
380-38F .....	SDLC
3B0-3BF .....	MDA – Monochrome Adapter and printer
3D0-3D7 .....	CGA – Color Graphics Adapter
3E8-3EF .....	COM3: Serial Port
3F0-3F7 .....	Floppy Diskette Controller
3F8-3FF .....	COM1: Serial Port

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

80286 /366/486 Class Systems	
Address	Function
000-01F .....	DMA Controller #1 (8237A-5)
020-03F .....	Interrupt controller #1 (8259A)
040-05F .....	Timer (8254)
060-06F .....	Keyboard (8042)
070-07F .....	NMI – Non Maskable Interrupt & CMOS RAM
080-09F .....	DMA page register (74LS612)
0A0-0BF .....	Interrupt controller #2 (8259A)
0C0-0DF .....	DMA Controller #2 (8237A)
0F0-0FF .....	80287 Math Coprocessor
1F0-1F8 .....	Hard Disk
200-20F .....	Game Port Joystick controller
258-25F .....	Intel Above Board
278-27F .....	Parallel Printer Port 2
2E8-2EF .....	COM4: Serial Port
2F8-2FF .....	COM2: Serial Port
300-31F .....	Prototype Card
378-37F .....	Parallel Printer Port 1
380-37F .....	SDLC or Bisynchronous Comm Port 2
3A03AF .....	Bisynchronous Comm Port 1
3B0-3BF .....	MDA – Monochrome Adapter
3BC-3BE .....	Parallel Printer on Monochrome Adapter
3C0-3CF .....	EGA – Reserved
3D0-3D7 .....	CGA – Color Graphics Adapter
3E8-3EF .....	COM3: Serial Port
3F0-3F7 .....	Floppy Diskette Controller
3F8-3FF .....	COM1: Serial Port

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน **PC Hardware** เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.5 การ DECODE PORT

DECODE PORT 8255 บน CARD เราจะใช้ IC TTL 74LS688, IC TTL 74LS139 และ DIP SW. 8 PIN เป็นวงจร DECODE เพื่อให้สามารถปรับ SET DIP SW. ตั้งตำแหน่งเบอร์ PORT ของ CARD ได้โดยในการปรับ DIP SW. นั้นจะต้องไม่ไปตรงกับตำแหน่ง PORT ของเครื่องคอมพิวเตอร์ PC ด้วย ดังรูป

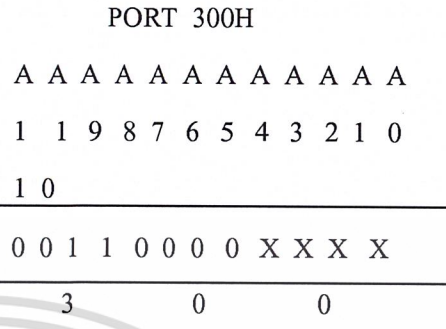
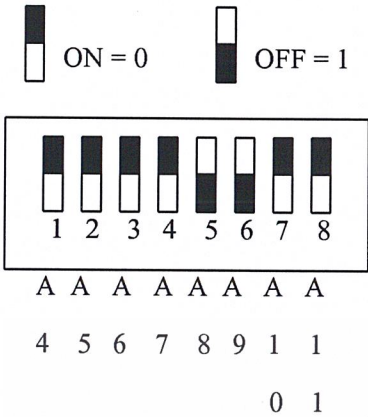
โดย CARD ET- PC 8255 จะใช้ตำแหน่ง PORT 12 PORT ต่อ CARD DECODE PORT

XX0H	PORT A (#1)
XX1H	PORT B (#1)
XX2H	PORT C (#1)
XX3H	CONTROL PORT (#1)
XX4H	PORT A (#2)
XX5H	PORT B (#2)
XX6H	PORT C (#2)
XX7H	CONTROL PORT (#2)
XX8H	PORT A (#3)
XX9H	PORT B (#3)
XXAH	PORT C (#3)
XXBH	CONTROL PORT (#3)

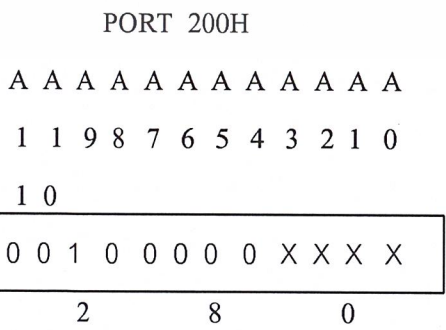
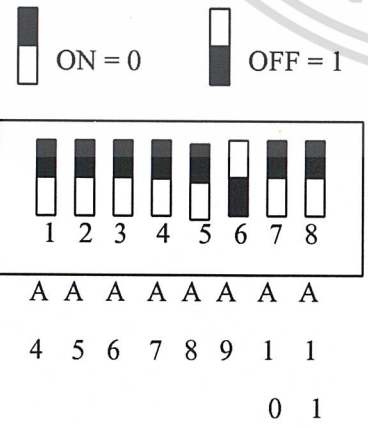
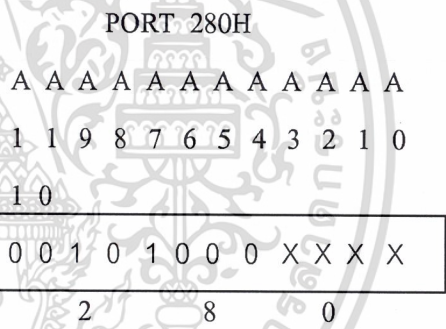
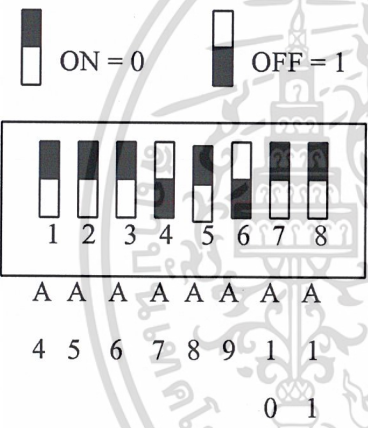
เราตั้งเบอร์ DECODE PORT ได้โดยการปรับ DIP SW. ซึ่งก็มีค่าเท่ากับค่า ADDRESS นั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น เราตั้งตำแหน่ง 300 H จะ SET DIP SW. ดังนี้



ถ้าต้องการตั้งตำแหน่ง 280H จะ SET DIP SW. ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## SPECIFICATIONS

LOGIC INPUT AND OUTPUT	: MIN	MAX	
INPUT LOGIT LOW	: +0.5	0.8	VOLTS
INPUT LOGIT HIGH	: 2.0	5	VOLTS
OUTPUT LOW VOLTAGE PORTS (I-SINK = 1.7 MA)	: -	0.45	VOLTS
OUTPUT HIGH VOLTAGE PORTS (I-SOURCE = 200 UA)	: 2.4	-	VOLTS
POWER CONSUMPTION	: 300 MA	+5V	
SIZE	: HALF SLOT	(13 × 11 CM)	
PORT	: 3	(8255 I/O PORT 3 × 8 BIT)	
CONNECTOR	: 3	(34 PIN HEADER-STRIP ETT IO BUS)	

### 3.1.6 การประกอบ ET-PC 8255

1. การใส่อุปกรณ์ตามลำดับ คือ ตัวต้านทาน, ตัวเก็บประจุ, SOCKET
2. ตัวเก็บประจุให้ใส่ให้ถูกขั้วตามที่พิมพ์ด้วย
3. LED ขาวคือ A ขาสั้นคือ K ใส่ตามรูปบน PCB
4. การบัดกรีให้กระทำเฉพาะด้านล่างเพียงด้านเดียว ด้านบนไม่ต้องบัดกรี
5. เมื่อเรียบร้อยแล้วใส่ IC ลงใน SOCKET ระวังไม่ให้ผิดตำแหน่งหรือกลับหัว
6. ประกอบแผ่นเหล็กยึด PRINT

## 3.2 ส่วนเก็บข้อมูลภูมิอากาศ

### 3.2.1 การทำงานของสถานีภูมิอากาศ

สถานีภูมิอากาศจะมีตัวโปรแกรมที่ชื่อว่า Starlite Program ซึ่งจะรับข้อมูลต่างๆ ดังนี้ ค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ทิศทางลม ความเร็วลม ความกดอากาศ ค่ารังสีอาทิตย์ และจะรับข้อมูลในรูปแบบ Textfile ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#1999-02-23 16:57:00#,36.35294,52.94118,25,48,50.30259,0,1014.118,0,50.4,0,0,1  
 #1999-02-23 17:57:01#,33.88235,63.92157,26.27,288.2202,0,1016.471,0,0,0,0,11.5  
 #1999-02-23 18:57:01#,31.05882,80,27.28,29.90965,0,1016.471,0,0,0,0,11.52353  
 #1999-02-23 19:57:01#,30,85,4902,27.36,112.8409,0,1017.647,0,0,0,0,11.52353  
 #1999-02-23 20:57:01#,28.94118,89.80392,27.13,87.00988,0,1018.824,0,0,0,0,11.5  
 #1999-02-23 21:57:01#,29.29412,91.37255,27.77,116.9195,0,1020,0,0,0,0,11.52353  
 #1999-02-23 22:57:01#,29.29412,93.72549,28.2,95.16706,0,1018.824,0,0,0,0,11.60

ข้อมูลในแต่ละบรรทัดจะเรียงตามลำดับดังนี้

#Year-Month-Date Hour : Minute : Second #, Temperature, RH, Dewpoint, Wind direction,  
 Windspeed, Barometric Pressure, Rain, Solar Radiation, Temperature1, Temperature2, Volt

### 3.3 ส่วนของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

3.3.1 วงจรที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำและโซลีนอยด์วาล์ว

3.3.1.1 วงจรที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำ มีหลักการทำงานดังนี้:

ในวงจรเราจะนำเอา อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับด้วยแสงหรือเรียกว่า ออปโตไอโซเลเตอร์ มาเป็นสวิทช์ โดยการทำงานนั้น เมื่อเราส่งลอจิก 1 (+5v) ออกไปทางพอร์ตของ 8255 ขาที่ 13 ทำให้เกิดแรงดันระหว่างตัวรับแสงภายในอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับด้วยแสง วงจรควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำเกิดกระแสไหลครบวงจรทำให้เครื่องสูบน้ำทำงาน เช่นเดียวกัน เมื่อเราส่งลอจิก 0 (+0v) ออกไปทางพอร์ตของ 8255 ขาที่ 13 ก็จะไม่เกิดแรงดันระหว่างตัวรับแสงภายในอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับด้วยแสง ไม่มีกระแสไหลภายในวงจร เครื่องสูบน้ำก็จะไม่ทำงาน

จากที่เราได้อธิบายมา เราก็จะสามารถควบคุมให้เครื่องสูบน้ำมีการทำงานโดยการป้อน ลอจิก 1 และเมื่อป้อนลอจิก 0 เครื่องสูบน้ำก็จะไม่ทำงาน

3.3.1.2 วงจรควบคุมการทำงานของโซลีนอยด์วาล์ว

การทำงานภายในวงจรควบคุมการทำงานของโซลีนอยด์เป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ในวงจรนี้เราจะนำเอาทรานซิสเตอร์มาเป็นสวิทช์โดยการทำงานนั้นทรานซิสเตอร์จะทำงานเป็น switch on ก็ต่อเมื่อมีแรงดันตกคร่อมที่ขา Base-Collector( $b-c$ ) = 0.6 หรือ 0.7 volt และมีกระแส I จะทำให้กระแส I ไหลผ่านเปรียบเสมือนทรานซิสเตอร์เปิด(transistor on)

2. จากที่ได้อธิบายมาในข้อ 1. เราจะเห็นได้ว่า เมื่อเราส่งลอจิกเป็น 1 ออกไปทางพอร์ตของ 8255 ขาที่ 15 ทำให้ขา Base ของทรานซิสเตอร์ได้รับกระแส I ดังนั้นทำให้ทรานซิสเตอร์ on เมื่อเราส่งลอจิกเป็น 0 ออกไปทางพอร์ตของ 8255ขาที่ 15 ทำให้ขา Base ของทรานซิสเตอร์เปรียบเสมือนต่อลงกราวด์ ดังนั้นทำให้ทรานซิสเตอร์ไม่ได้รับกระแส I มีผลทำให้ทรานซิสเตอร์ off

3. จากที่เราอธิบายมาในข้อสอง เราก็สามารถควบคุมให้โซลินอยด์วาล์วซึ่งมีการทำงานโดยการป้อนลอจิก 1 ทำให้สวิทช์ on และเมื่อป้อนลอจิก 0 ทำให้สวิทช์ off

เพื่อให้การระบายน้ำเป็นไปอย่างได้ผลและเหมาะสม โซลินอยด์วาล์วควรวางลาดบนพื้นกรวดหยาบเนื้อที่ประมาณ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร

#### ข้อมูลการใช้งานของโซลินอยด์วาล์ว

ความดันทำงาน	1-6	บาร์
ตัวกลางของไหลคือ	น้ำ	
อุณหภูมิใช้งานสูงสุด	40	องศาเซลเซียส
แรงดันตกคร่อมใช้งาน	9	โวลท์
กระแสไฟฟ้าที่ใช้	275	มิลลิแอมแปร์

#### โครงสร้างภายในของโซลินอยด์วาล์ว

1. สวิทช์เลือกโหมดการทำงาน ซึ่งมีโหมดการทำงานแบบ Manual แบบบังคับด้วยมือ และแบบ Automatic
2. เมมเบรนวาล์ว (Membrane valve) ทำงานโดยอาศัยสนามแม่เหล็กควบคุม ซึ่งเป็น การประหยัดพลังงาน
3. วาล์วระบายน้ำอัตโนมัติ
4. ท่อยื่นเชื่อมต่อกับท่อใช้งาน ซึ่งมีขนาด 19 มิลลิเมตร.(3/4")

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การทำงานของโซลินอยด์วาล์ว

การทำงานของวาล์วหลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก โดยเมื่อมีการป้อนไฟเข้าหือแปลงภายในขดลวดจะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้น ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำให้หน้าสัมผัสติดกันกับแผ่นเหล็ก ทำให้เปิดช่องจ่ายน้ำ ดังนั้นจึงทำให้น้ำไหลผ่านได้และเมื่อหยุดป้อนไฟแรงเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กน้อยกว่าแรงดันสปริง ทำให้หน้าสัมผัสหลุดออกจากกันทำให้แผ่นเหล็กหลุดออกมาอุดช่องจ่ายน้ำ รูที่น้ำผ่านจึงถูกปิด ซึ่งเกิดจาก

1. ไม่มีแรงดึงดูดของแม่เหล็กเมื่อหยุดป้อนไฟ
2. แรงดันสปริงมากกว่าแรงดึงดูดระหว่างหน้าสัมผัสกับแผ่นเหล็ก
3. แรงดันของน้ำที่ผ่านเข้ามา

- ฟลักซ์ระหว่างหน้าสัมผัสสัมผัสกันโดยตรงควรมีเพิ่มอีก ถ้าในกรณีที่แรงดึงดูดของแม่เหล็กมีมากจะทำให้แผ่นเหล็กถูกดูดไว้ไม่ยอมหลุด

- เมื่อมีการป้อนไฟทำให้เกิดการเหนี่ยวนำกระแสเกิดขึ้น หน้าสัมผัสติดกับแผ่นเหล็กทำให้น้ำไหลผ่าน เกิดการจ่ายน้ำ แรงดึงดูดระหว่างหน้าสัมผัสกับแผ่นเหล็กมากกว่าแรงดันสปริง

- เมื่อหยุดป้อนไฟจะทำให้ไม่มีแรงเหนี่ยวนำแม่เหล็ก แรงดันสปริงไม่สามารถเอาชนะได้รวมทั้งแรงดันน้ำก็ช่วยดันให้แผ่นเหล็กประกบกับแผ่นแม่บรมสนธิ์ แรงดันสปริงน้อยกว่าแรงดึงดูดระหว่างหน้าสัมผัสกับแผ่นเหล็ก

### ข้อเสีย

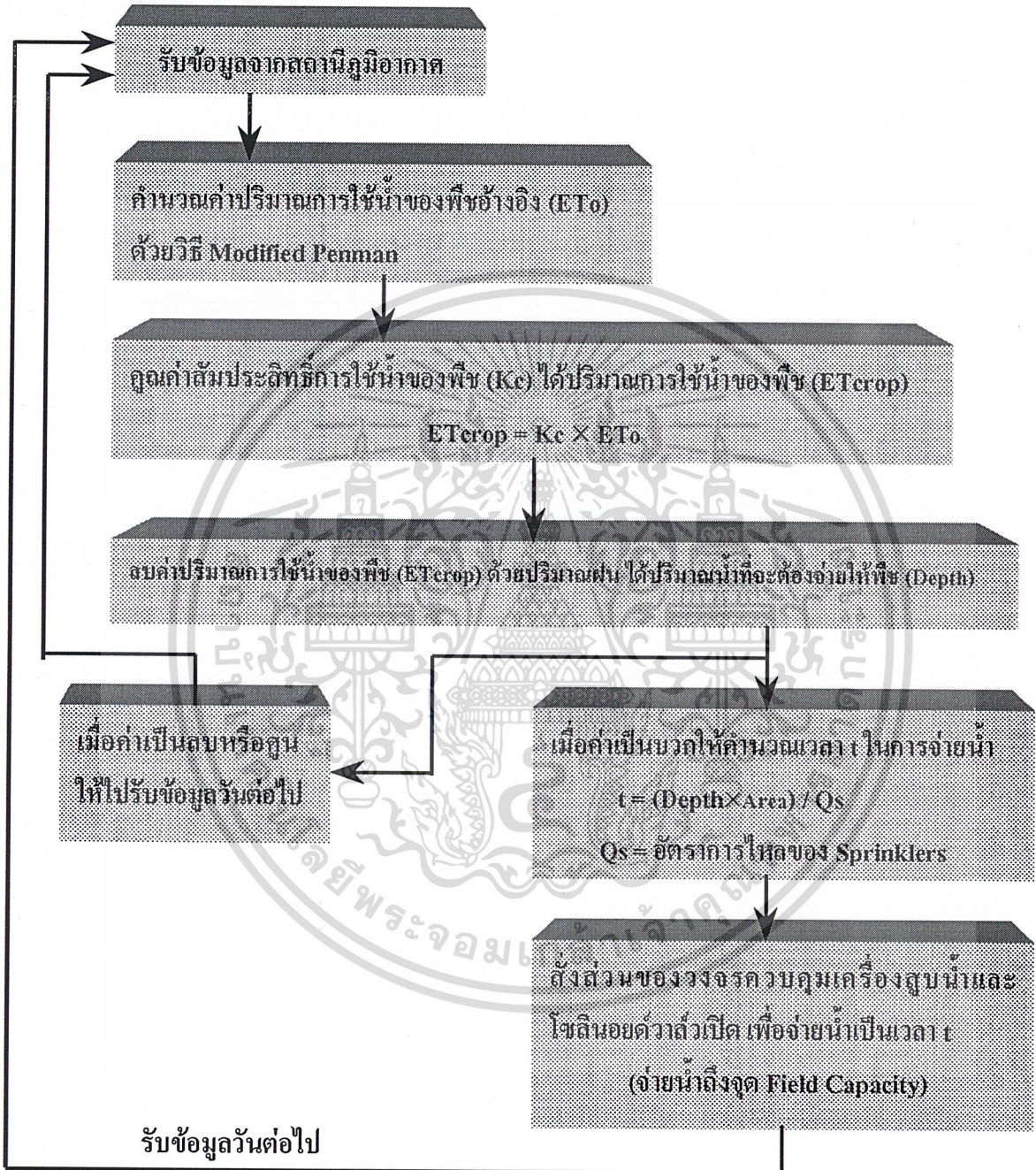
1. หน้าสัมผัสไม่ยอมหลุดแม้หยุดป้อนไฟเพราะมีแผ่นกั้นระหว่างหน้าสัมผัสบางเกินไปแก้ไขโดยการเพิ่มเข้าไปอีก
2. แรงดันไม่สม่ำเสมอในระหว่างทำงาน

### ข้อดี

ประหยัดไฟมากใช้เพียง 275 มิลลิแอมแปร์

### 3.4 ส่วนของโปรแกรมควบคุม

ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมควบคุม คือ ภาษาปาสคาล  
ขั้นตอนของโปรแกรมทั้งหมดสามารถเขียนได้ดังนี้



หมายเหตุ

โปรแกรมจะประมวลผลวันละ 1 ครั้ง จำนวน 14 วัน

รูปที่ 3.5 Block Diagram ขั้นตอนของโปรแกรมทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การติดตั้งอุปกรณ์และการทดสอบ

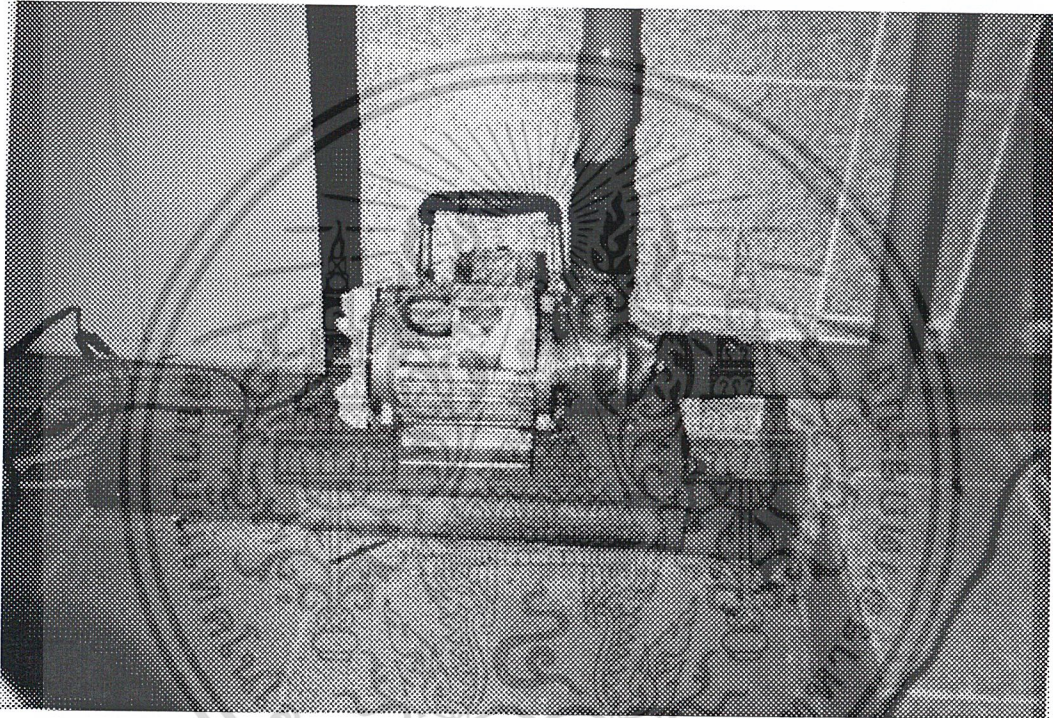
#### 4.1 ระบบการจ่ายน้ำ

ในการทดสอบโครงการนี้ ได้ทำการทำแปลงทดสอบขนาด  $4 \times 2$  เมตร โดยทำการปลูกคะน้า เพื่อทดสอบอุปกรณ์การให้น้ำ ซึ่งได้ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ทั้งระบบ ดังภาพแสดงต่อไปนี้



รูปที่ 4.1. ภาพการติดตั้งระบบท่อส่งน้ำ

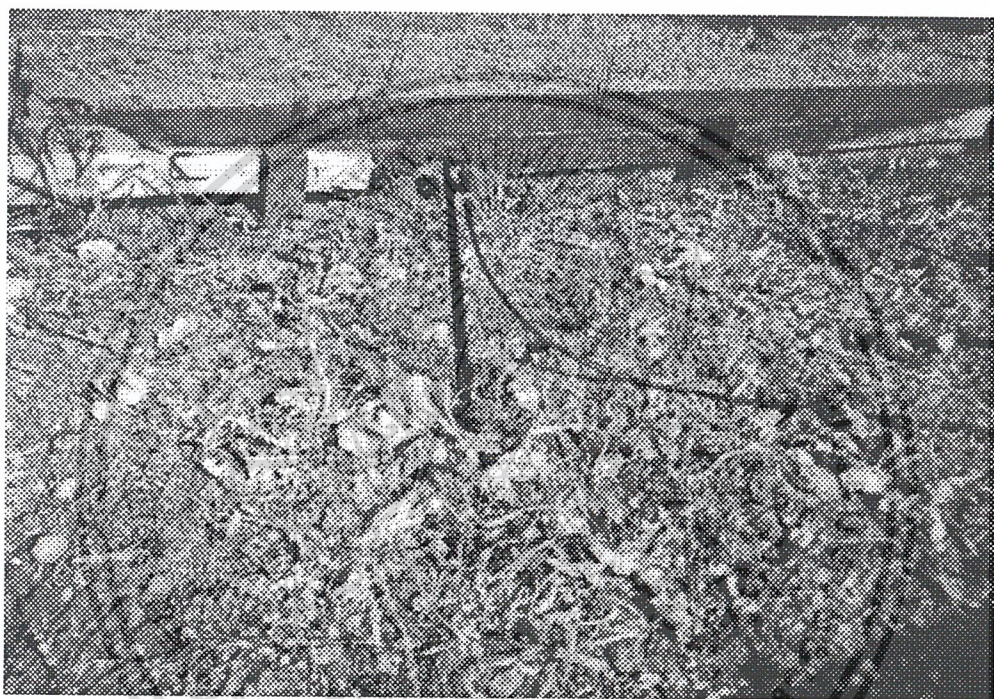
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ รูปที่ 4.2 รูปแสดงการติดตั้งเครื่องสูบน้ำ ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

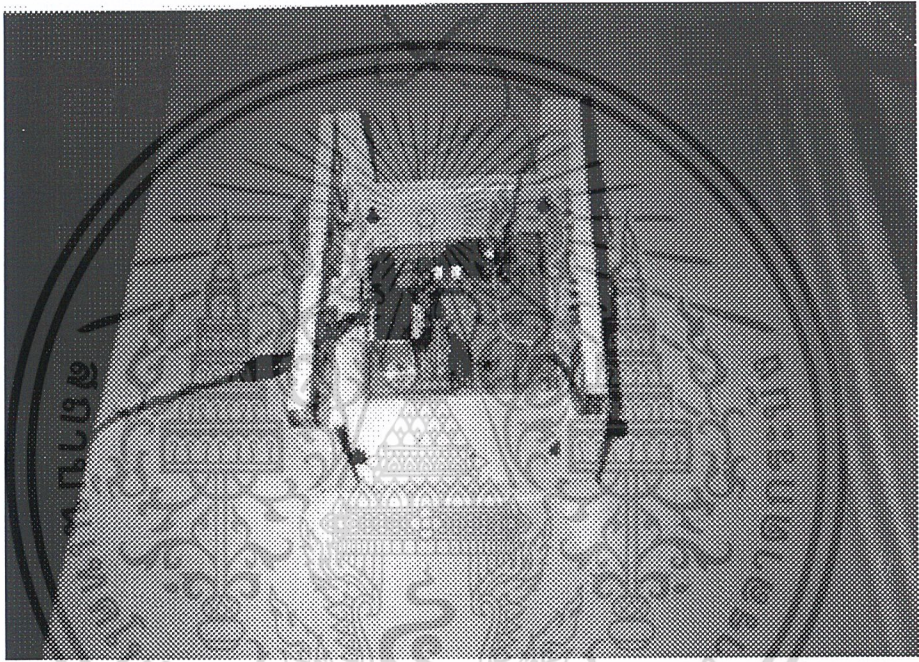


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
**รูปที่ 4.3 ภาพแสดง โขดน้อยคว่ำถั่วและการติดตั้ง**  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

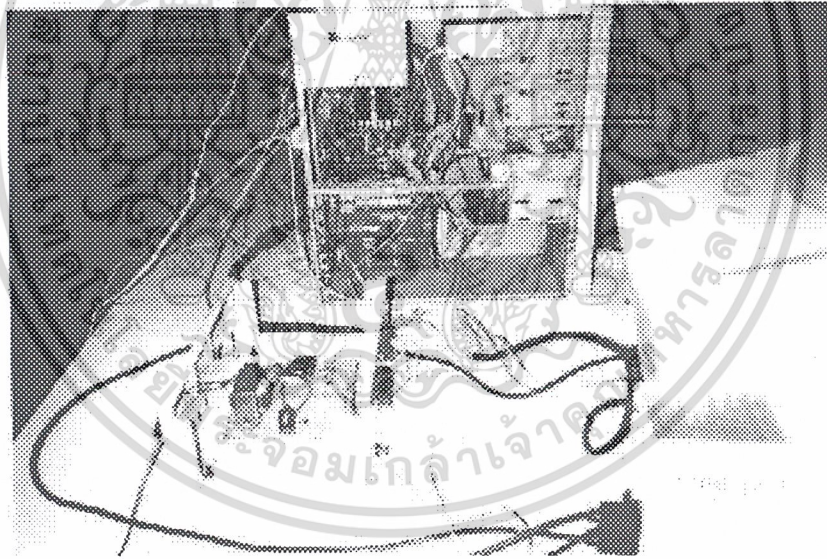
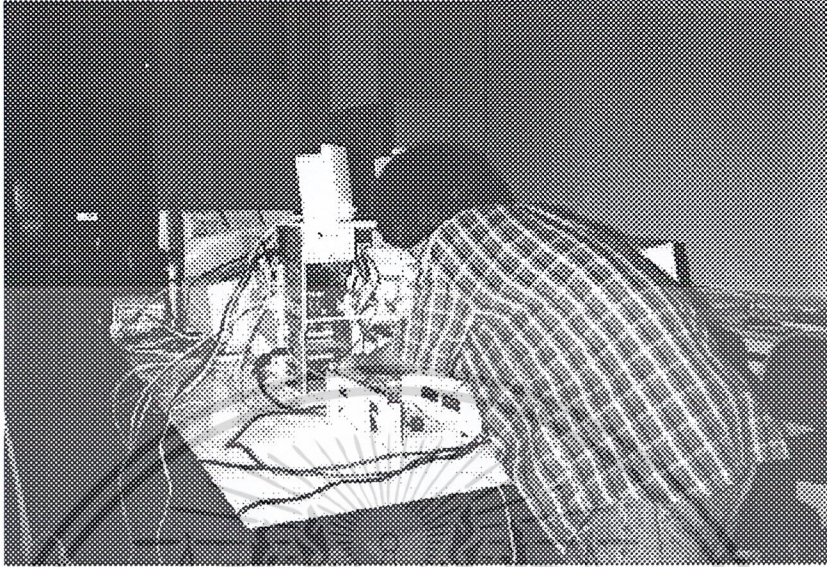


**รูปที่ 4.4 ภาพแสดงการติดตั้งชุดไมโครสปริงเกลอร์**

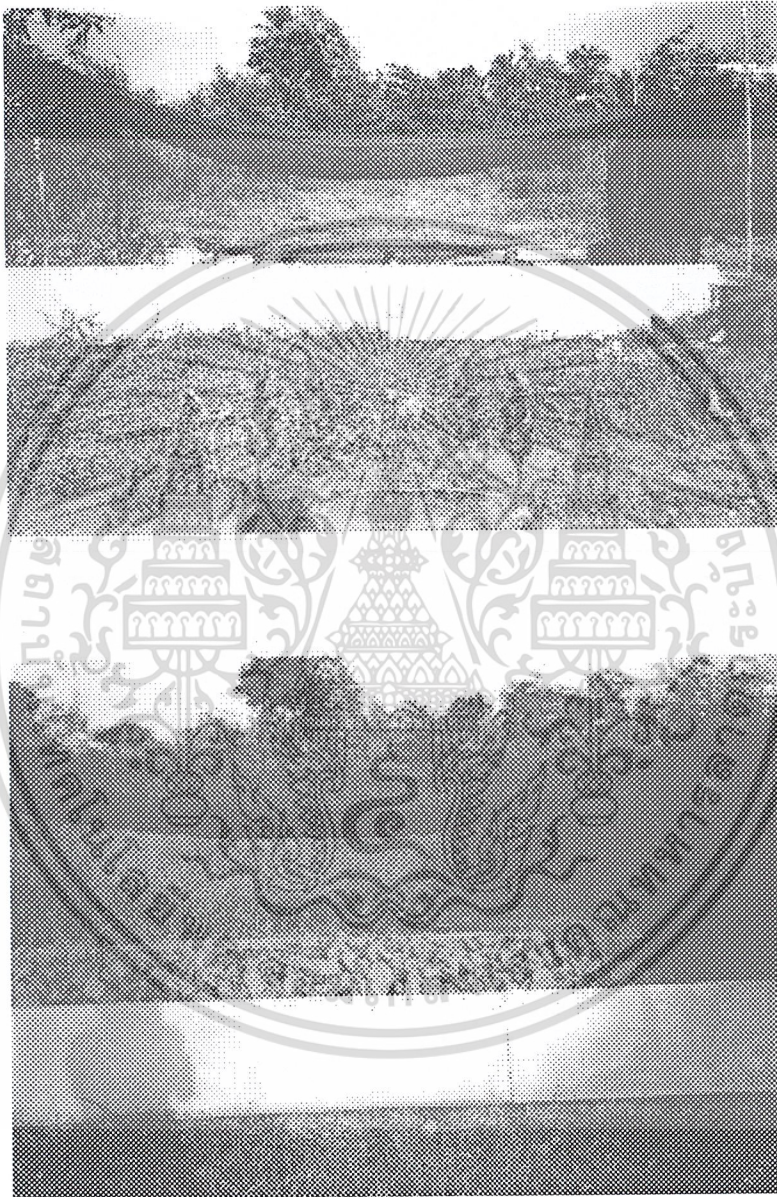
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
**รูปที่ 4.5 ภาพแสดงวงจรควบคุมเครื่องสูบน้ำและโซลินอยล์วาล์ว**  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

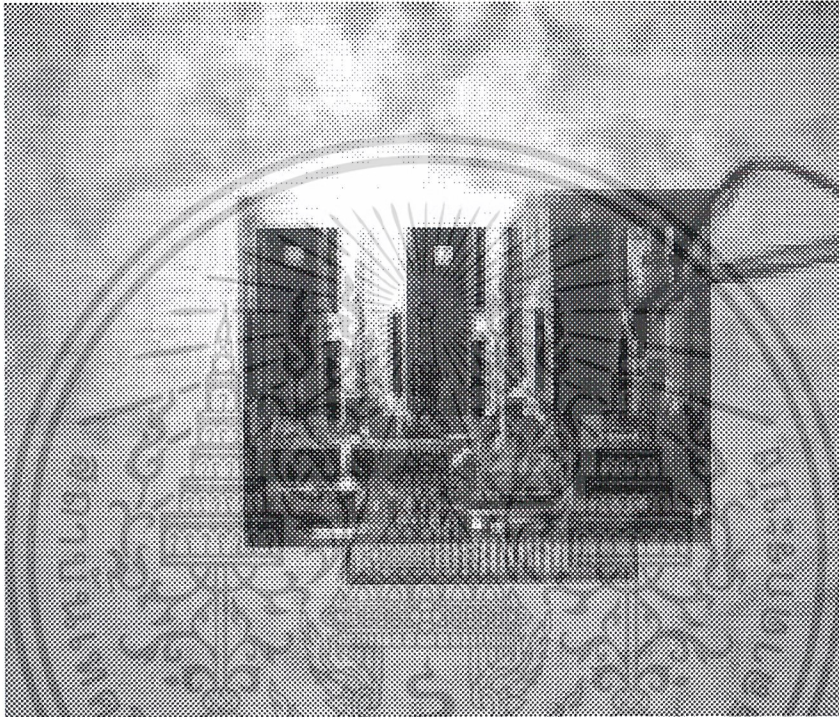


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ 4.6 ภาพแสดงการติดตั้งวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำและ โซลินอยด์วาล์ว  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่บนสื่อโซเชียลมีเดีย และต้องขออนุญาตเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งหากนำไปใช้

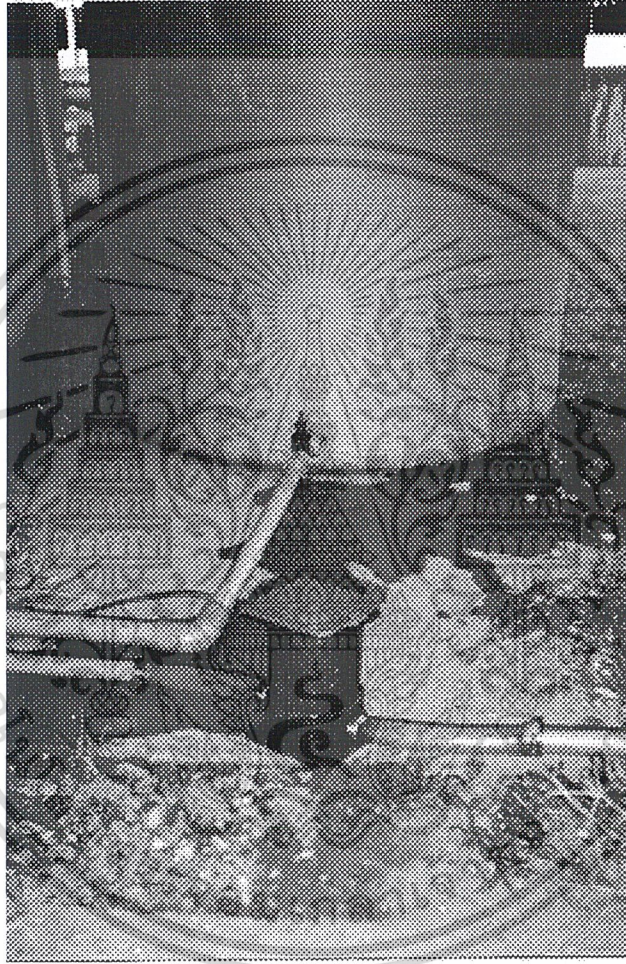


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดซ้ำลงนิตยสาร และต้องขออนุญาตเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

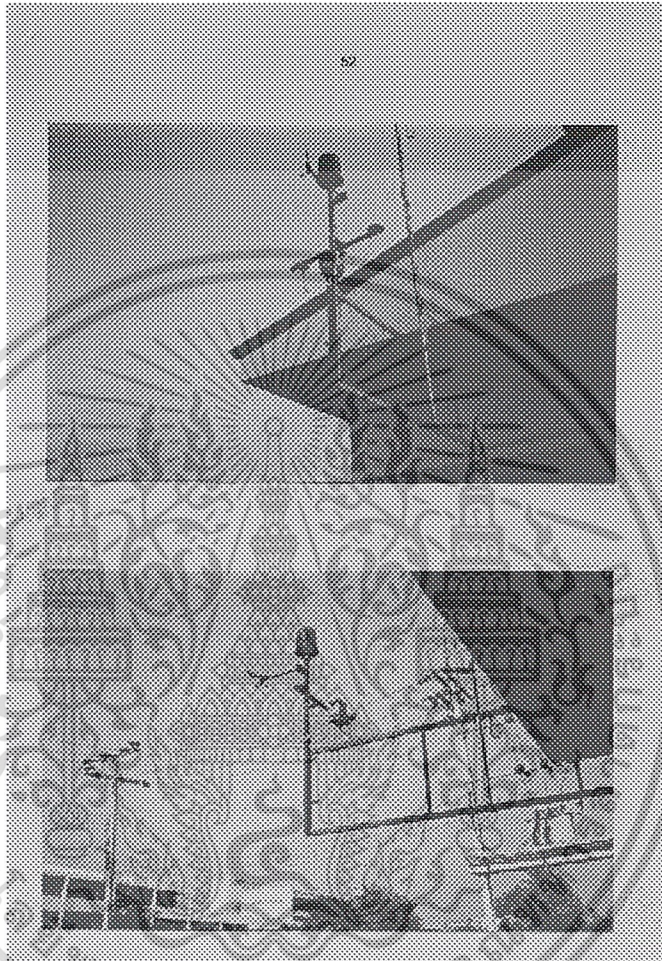
**รูปที่ 4.7 ภาพแสดงแปลงทดสอบ**



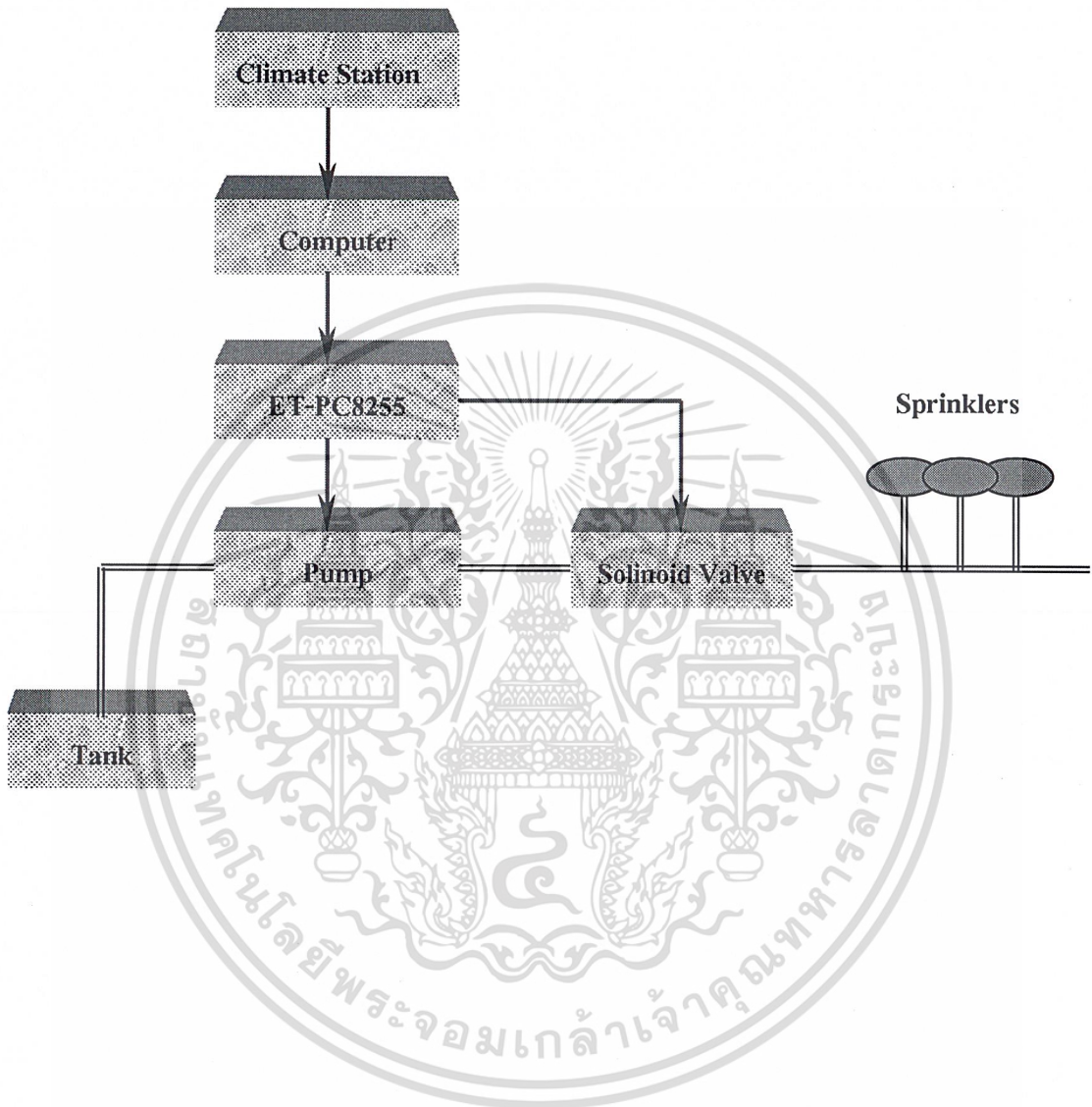
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดรูปที่ 4.8 ภาพแสดง ET-8255ซ้ำของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้รูปที่ 4.9 ภาพแสดงโซลินอยด์ว่าลิ้วของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัด รูปที่ 4.10 ภาพแสดงสถานีภูมิอากาศ เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แผนภาพการทำงาน โดยรวมของระบบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 การทดสอบ

### 4.2.1 วิธีทำการทดสอบ

1. ทำการวัดความชื้นก่อนการจ่ายน้ำทุกวัน โดยการชูดินที่ความลึกประมาณเขตรากผักค่น้ำประมาณ 100 กรัม นำมาอบที่เตาอบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส
2. ทำการรดน้ำผักค่น้ำในแปลงทดสอบให้ชุ่ม เสมือนว่ามีฝนตกแล้วปล่อยให้แห้งไว้นึ่งวันจะได้ความชื้นที่จุด Field Capacity และเริ่มให้สถานีภูมิอากาศเก็บข้อมูลภูมิอากาศ
3. ตรวจสอบควบคุมเครื่องสูบน้ำและโซลินอยด์วาล์ว เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์
4. ให้ระบบทั้งหมดทำการจ่ายน้ำในแต่ละวัน
5. ทำการหาความชื้นที่ Field Capacity และเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่จุดที่เฉพาะของดินในแปลงทดสอบ

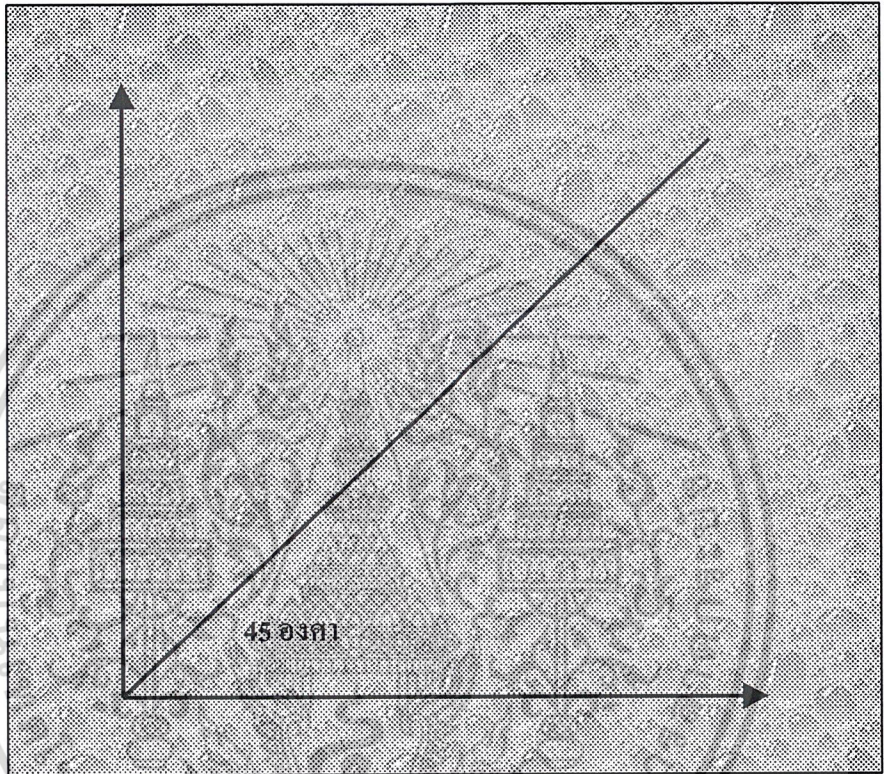
### 6. ทดสอบอัตราการไหลของหัวสปริงเกอร์

### 4.2.2 ผลการทดสอบ

1. จากการทดสอบการทำงานทั้งระบบการการจ่ายน้ำ ผลปรากฏว่าวงจรควบคุมเครื่องสูบน้ำและโซลินอยด์วาล์วสามารถทำงานได้ที่ต้องการ คือ เมื่อค่าความลึกน้ำที่คำนวณได้มากกว่าศูนย์ จะทำการจ่ายน้ำได้ตามปริมาณความลึกนั้น และเมื่อค่าความลึกน้ำที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าศูนย์เครื่องสูบน้ำและโซลินอยด์วาล์วจะไม่ทำงาน (ในวันทดสอบทั้ง 14 วัน ไม่มีฝนตกจึงไม่มีกรณีค่าความลึกน้ำน้อยกว่าศูนย์ ในการทดสอบจึงสมมติค่าความลึกน้ำเป็นค่าลบแล้วจึงทดสอบผล ปรากฏว่าเครื่องสูบน้ำและโซลินอยด์วาล์วไม่ทำงาน) และค่าปริมาณน้ำที่จ่ายจะแปรผันตรงกับเวลาการจ่ายน้ำ
2. จากการทดสอบเวลาในการจ่ายน้ำของเครื่องสูบน้ำพบว่าระยะเวลาที่เครื่องสูบน้ำทำงานตรงตามเวลาที่กำหนดได้จากโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เวลาในการจ่ายน้ำของเครื่องสูบน้ำ



เวลาที่คำนวณได้จากโปรแกรม

รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการจ่ายน้ำจริงกับเวลาที่คำนวณได้จากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

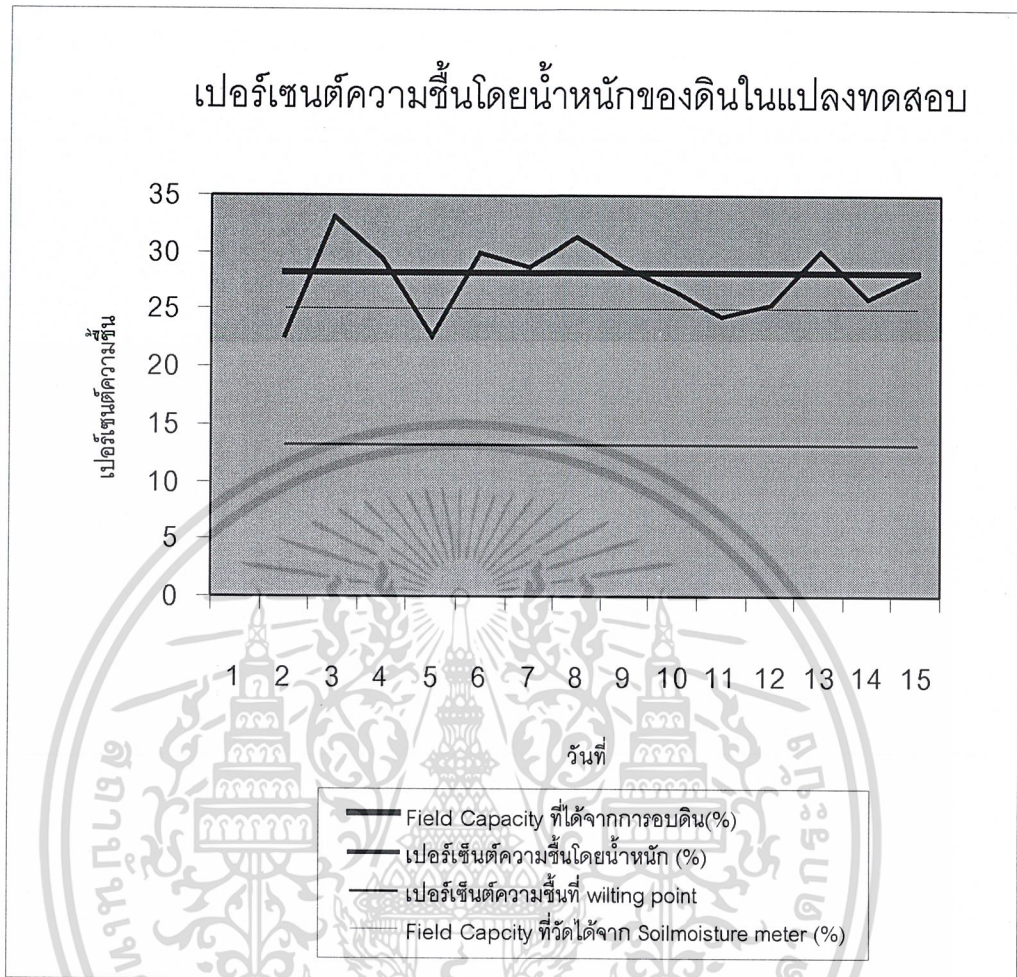
2. เมื่อทำการทดลอง นำดินไปอบในเตาอบ เพื่อหาค่าความชื้นในดิน ได้ผลดังนี้

วันที่	เปอร์เซ็นต์ความชื้น ที่ Wilting Point	Field Capacity ที่วัดได้จาก Soil moisture meter (%)	Field Capacity ที่ได้จาก การอบดิน (%)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น โดย น้ำหนัก (%)
1	13.22	25	28.21	22.59
2	13.22	25	28.21	33.10
3	13.22	25	28.21	29.51
4	13.22	25	28.21	22.65
5	13.22	25	28.21	29.94
6	13.22	25	28.21	28.79
7	13.22	25	28.21	31.40
8	13.22	25	28.21	28.73
9	13.22	25	28.21	26.67
10	13.22	25	28.21	24.32
11	13.22	25	28.21	25.46
12	13.22	25	28.21	30.07
13	13.22	25	28.21	25.97
14	13.22	25	28.21	27.98
mean	13.22	25	28.21	26.11

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าการเก็บข้อมูลการอบดินและเปอร์เซ็นต์ความชื้น  
โดยน้ำหนักในแต่ละวันในช่วงการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.13 เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนักที่จุด Field Capacity และ Wilting Point



ได้ค่า Standard deviation = 7.47 %

เปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยจากการวัดทั้ง 3 แบบ = 26.44 %

ในการทดสอบหา Wilting Point โดยใช้ Tensionmeter นั้น เกิดความผิดพลาดทางตัวอุปกรณ์ จึงได้เปลี่ยนการหา Wilting Point แบบใช้ Tension Meter มาเป็นแบบทฤษฎีแทน กล่าวคือ การประมาณเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาสามารถประมาณได้โดย การนำค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนักที่ Field Capacity มาหารด้วยค่า Factor ระหว่าง 2.0 ถึง 2.4 ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณตะกอนทราย(Silt)ในดิน สำหรับดินที่มีตะกอนทราย(Silt)ปนอยู่สูง จะใช้ค่า Factor 2.4 สำหรับในการทดลองนี้ใช้ค่า Factor เท่ากับ 2.0 เพราะที่ดินในแปลงทดสอบมีปริมาณ ตะกอนทราย ปนอยู่บ้างเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุป

โครงการนี้เป็นการสร้างระบบให้น้ำพืชอัตโนมัติ ซึ่งลักษณะการจ่ายน้ำเป็นแบบสปริงเกอร์ โดยใช้หัวสปริงเกอร์แบบไมโครสปริงเกอร์ ซึ่งควบคุมโดยคอมพิวเตอร์

ขอบเขตการให้น้ำพืช คือ สามารถจ่ายน้ำได้ในปริมาณที่พืชต้องการในแต่ละวัน จะเห็นว่าความชื้นที่พืชนำไปใช้ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) มีค่าใกล้เคียงกันมาก แต่จะมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างเล็กน้อย อาจเป็นเพราะ

1. สถานีภูมิอากาศรับข้อมูลไม่ตรงกับความเป็นจริง เช่น เมื่อผู้ทำการทดลองใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ แล้วไปเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่สถานีภูมิอากาศเก็บข้อมูลไว้ จะได้ค่าอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ประมาณ +3 ถึง +5 องศาเซลเซียส เป็นต้น
2. ในความเป็นจริง ความชื้นที่ Field Capacity จะหาค่าได้ยาก การทดลองนี้ การจ่ายน้ำอาจจะไม่ได้เริ่มต้นที่จุดความชื้น Field Capacity
3. ความคลาดเคลื่อนจากห้องปฏิบัติการ

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากสถานีภูมิอากาศรับข้อมูลเกิดความคลาดเคลื่อนไม่ตรงกับความเป็นจริงมากนัก ควรจะนำสถานีภูมิอากาศไปตรวจสภาพ เพื่อให้เก็บข้อมูลได้ตรงกับกับความเป็นจริงมากที่สุด
2. เนื่องจากวงจรควบคุมเครื่องสูบน้ำ ใช้ควบคุมได้เฉพาะเครื่องสูบน้ำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ไม่เกิน 2.3 แอมป์ ควรจะออกแบบวงจรให้ใช้งานกับเครื่องสูบน้ำได้หลายขนาด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2.2.1 Saturated Vapour Pressure (eas) in mbar as function of Mean Air Temperature (C)

Temperature (C)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
eas (mbar)	6.1	6.6	7.1	7.6	8.1	8.7	9.3	10.0	10.7	11.5	12.3	13.1	14.0	15.0	16.1	17.0	18.2	19.4	20.6	22.0	23.4

Temperature (C)	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Eas (mbar)	24.9	26.4	28.1	29.8	31.7	33.6	35.7	37.8	40.1	42.4	44.9	47.6	50.3	53.2	56.2	59.4	62.8	66.3	69.9	74.0

Table 2.2.2 Values of Weight Factor (W) for the effect of Radiation on ETO at different Temperature and Altitude

Temperature (C)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
W at altitude (m)																				
0	0.43	0.46	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.78	0.80	0.82	0.83	0.84	0.85
500	0.44	0.48	0.51	0.54	0.57	0.60	0.62	0.65	0.67	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78	0.79	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85
1000	0.46	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.80	0.82	0.83	0.85	0.86	0.87
2000	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88
3000	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89
4000	0.54	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87	0.89	0.90	0.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2.2.3 Mean Daily Duration of Maximum Possible Sunshine Hour (N) for Different Months and Latitudes

Northern Latitude	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
Southern Latitude	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June
50 degree	8.5	10.1	11.8	13.8	15.4	16.3	15.9	14.5	12.7	10.8	9.1	8.1
48	8.8	10.2	11.8	13.6	15.2	16.0	15.6	14.3	12.6	10.9	9.3	8.3
46	9.1	10.4	11.9	13.5	14.9	15.7	15.4	14.2	12.6	10.9	9.5	8.7
44	9.3	10.5	11.9	13.4	14.7	15.4	15.2	14.0	12.6	11.0	9.7	8.9
42	9.4	10.6	11.9	13.4	14.6	15.2	14.9	13.9	12.6	11.1	9.8	9.1
40	9.6	10.7	11.9	13.3	14.4	15.0	14.7	13.7	12.5	11.2	10.0	9.3
35	10.1	11.0	11.9	13.1	14.0	14.5	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8
30	10.4	11.1	12.0	12.9	13.6	14.0	13.9	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2
25	10.7	11.3	12.0	12.7	13.3	13.7	13.5	13.0	12.3	11.6	10.9	10.6
20	11.0	11.5	12.0	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9
15	11.3	11.6	12.0	12.5	12.8	13.0	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2
10	11.6	11.8	12.0	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5
5	11.8	11.9	12.0	12.2	12.3	12.4	12.3	12.3	12.1	12.0	11.9	11.8
0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2.2.4 Extra Terrestrial Radiation (Ra) expressed in equivalent evaporation in mm/day

Northern Hemisphere												Lat	Southern Hemisphere											
Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec		Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
3.8	6.1	9.4	12.7	15.8	17.1	16.4	14.1	10.9	7.4	4.5	3.2	50	17.5	14.7	10.9	7.0	4.2	3.1	3.5	5.5	8.9	12.9	16.5	18.2
4.3	6.6	9.8	13.0	15.9	17.2	16.5	14.3	11.2	7.8	5.0	3.7	48	17.6	14.9	11.2	7.5	4.7	3.5	4.0	6.0	9.3	13.2	16.6	18.2
4.9	7.1	10.2	13.3	16.0	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.3	46	17.7	15.1	11.5	7.9	5.2	4.0	4.4	6.5	9.7	13.4	16.7	18.3
5.3	7.6	10.6	13.7	16.1	17.2	16.6	14.7	11.9	8.7	6.0	4.7	44	17.8	15.3	11.9	8.4	5.7	4.4	4.9	6.9	10.2	13.7	16.7	18.3
5.9	8.1	11.0	14.0	16.2	17.3	16.7	15.0	12.2	9.1	6.5	5.2	42	17.8	15.5	12.2	8.8	6.1	4.9	5.4	7.4	10.6	14.0	16.8	18.3
6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7	40	17.9	15.7	12.5	9.2	6.6	5.3	5.9	7.9	11.0	14.2	16.9	18.3
6.9	9.0	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10.0	7.5	6.1	38	17.9	15.8	12.8	9.6	7.1	5.8	6.3	8.3	11.4	14.4	17.0	18.3
7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8.0	6.6	36	17.9	16.0	13.2	10.1	7.5	6.3	6.8	8.8	11.7	14.6	17.0	18.2
7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2	34	17.8	16.1	13.5	10.5	8.0	6.8	7.2	9.2	12.0	14.9	17.1	18.2
8.3	10.2	12.8	15.0	16.5	17.0	16.8	15.6	13.6	11.2	9.0	7.8	32	17.8	16.2	13.8	10.9	8.5	7.3	7.7	9.6	12.4	15.1	17.2	18.1
8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3	30	17.8	16.4	14.0	11.3	8.9	7.8	8.1	10.1	12.7	15.3	17.3	18.1
9.3	11.1	13.4	15.3	16.5	16.8	16.7	15.7	14.1	12.0	9.9	8.8	28	17.7	16.4	14.3	11.6	9.3	8.2	8.6	10.4	13.0	15.4	17.2	17.9
9.8	11.5	13.7	15.3	16.4	16.7	16.6	15.7	14.3	12.3	10.3	9.3	26	17.6	16.4	14.4	12.0	9.7	8.7	9.1	10.9	13.2	15.5	17.2	17.8
10.2	11.9	13.9	15.4	16.4	16.6	16.5	15.8	14.5	12.6	10.7	9.7	24	17.5	16.5	14.6	12.3	10.2	9.1	9.5	11.2	13.4	15.6	17.1	17.7
10.7	12.3	14.2	15.5	16.3	16.4	16.4	15.8	14.6	13.0	11.1	10.2	22	17.4	16.5	14.8	12.6	10.6	9.6	10.0	11.6	13.7	15.7	17.0	17.5
11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7	20	17.3	16.5	15.0	13.0	11.0	10.0	10.4	12.0	13.9	15.8	17.0	17.4
11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1	18	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1
12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	15.0	13.9	12.4	11.6	16	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8
12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12.0	14	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.6
12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5	12	16.6	16.3	15.4	14.0	12.5	11.6	12.0	13.2	14.7	15.8	16.4	16.5
13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9	10	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5	14.8	15.9	16.2	16.2
13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3	8	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16.0	16.0
13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7	6	15.8	16.0	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14.0	15.0	15.7	15.8	15.7
14.3	15.0	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1	4	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4
14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4	2	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8	0	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2.2.5 Conversion Factor for Extra-terrestrial Radiation ( $R_a$ ) to Net Solar Radiation ( $R_{ns}$ ) for a Given Reflection  $\alpha$  of 0.25 and Different Ratios of Actual to Maximum Sunshine Hours  $(1-\alpha)(0.25 + 0.50 n/N)$

n/N	0.0	.05	.10	.15	.20	.25	.30	.35	.40	.45	.50	.55	.60	.65	.70	.75	.80	.85	.90	.95	1.0
$(1-\alpha)(0.25 + 0.50 n/N)$	0.19	.21	.22	.24	.26	.28	.30	.32	.34	.36	.37	.39	.41	.43	.45	.47	.49*	.51	.52	.54	.56

Table 2.2.6 Effect of Temperature  $f(T)$  on Longwave Radiation ( $R_{nl}$ )

T°C	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
$f(T) = \sigma T_k^4$	11.0	11.4	11.7	12.0	12.4	12.7	13.1	13.5	13.8	14.2	14.6	15.0	15.4	15.9	16.3	16.7	17.2	17.7	18.1

Table 2.2.7 Effect of Vapour Pressure  $f(e_a)$  on Longwave Radiation ( $R_{nl}$ )

Ea mbar	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
$f(e_a) = 0.34 - 0.044 \sqrt{e_a}$	0.23	.22	.20	.19	.18	.16	.15	.14	.13*	.12	.12	.11	.10	.09	.08	.08	.07	.06

Table 2.2.8 Effect of the Ratio Actual and Maximum Bright Sunshine Hours  $f(n/N)$  on Longwave Radiation ( $R_{nl}$ )

n/N	0	.05	.1	.15	.2	.25	.3	.35	.4	.45	.5	.55	.6	.65	.7	.75	.8	.85	.9	.95	1.0
$f(n/N) = 0.1 + 0.9 n/N$	0.10	.15	.19	.24	.28	.33	.37	.42	.46	.51	.55	.60	.64	.69	.73	.78	.82*	.87	.91	.96	1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

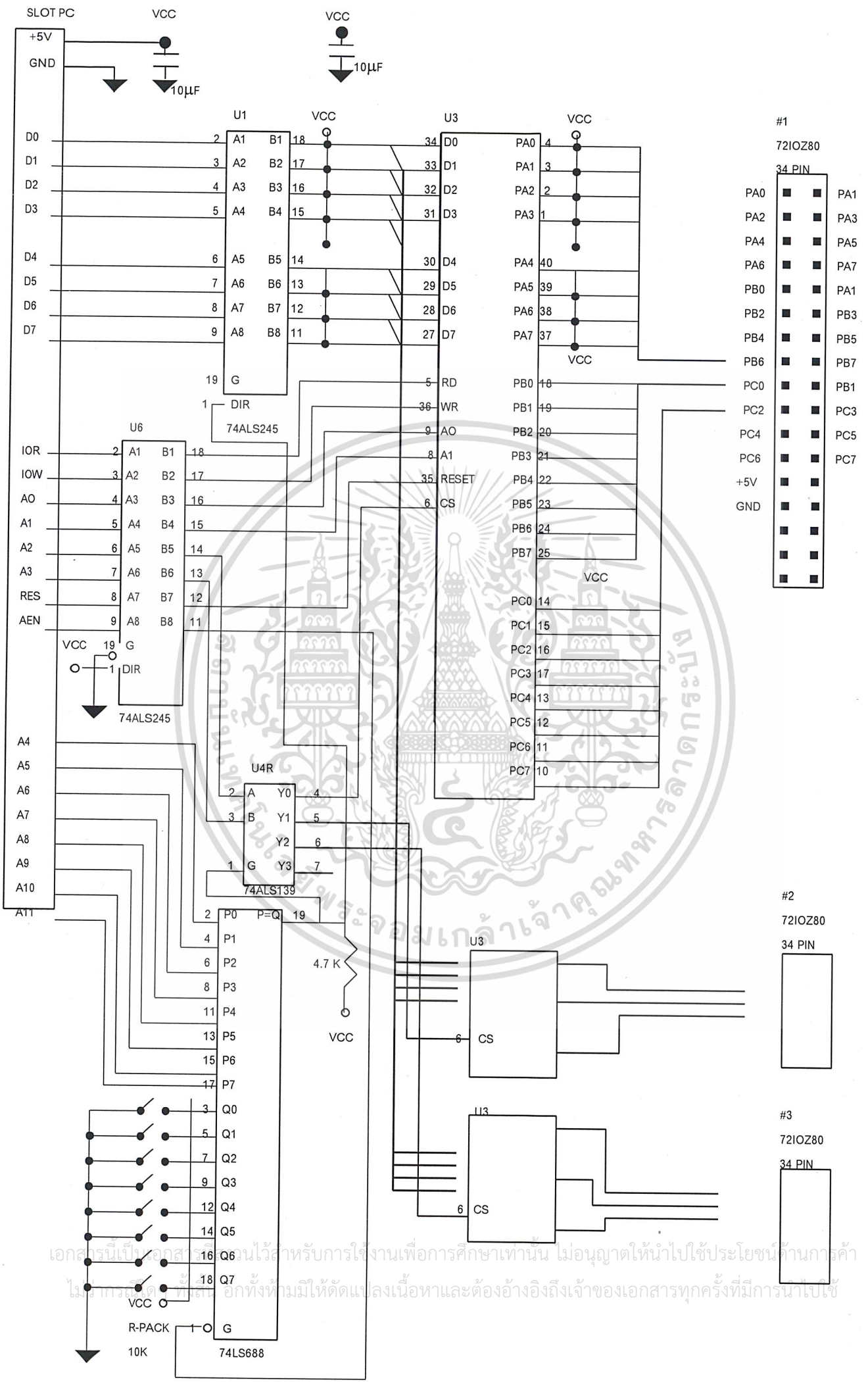
Table 2.2.9 Adjustment Factor (c) in Presented Penman Equation

Rs mm/day	R Hmax = 30 %				R Hmax = 60 %				R Hmax = 90 %			
	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
Uday m/sec	Uday / Unight = 4.0											
0	.86	.90	1.00	1.00	.96	.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	.79	.84	.92	.97	.92	1.00	1.11	1.19	.99	1.10	1.27	1.32
6	.68	.77	.87	.93	.85	.96	1.11	1.19	.94	1.10	1.26	1.33
9	.55	.65	.78	.90	.76	.88	1.02	1.14	.88	1.01	1.16	1.27
Uday / Unight = 3.0												
0	.86	.90	1.00	1.00	.96	.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	.76	.81	.88	.94	.87	.96	1.06	1.12	.94	1.04	1.18	1.28
6	.61	.68	.81	.88	.77	.88	1.02	1.10	.86	1.01	1.15	1.22
9	.46	.56	.72	.82	.67	.79	.88	1.05	.73	.92	1.06	1.18
Uday / Unight = 2.0												
0	.86	.90	1.00	1.00	.96	.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	.69	.76	.92	.92	.83	.91	.99*	1.05*	.89	.98	1.10*	1.14*
6	.53	.61	.84	.84	.70	.80	.94	1.02	.79	.92	1.05	1.12
9	.37	.48	.6	.76	.59	.70	.84	.95	.71	.81	.96	1.06
Uday / Unight = 1.0												
0	.86	.90	1.00	1.00	.96	.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	.64	.71	.82	.89	.78	.86	.94*	.99*	.85	.92	1.01*	1.05*
6	.43	.53	.68	.79	.62	.70	.84	.93	.72	.82	.95	1.00
9	.27	.41	.59	.70	.50	.60	.75	.87	.62	.72	.87	.96

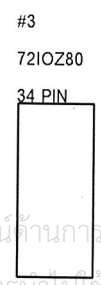
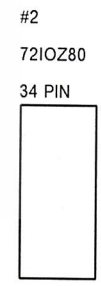
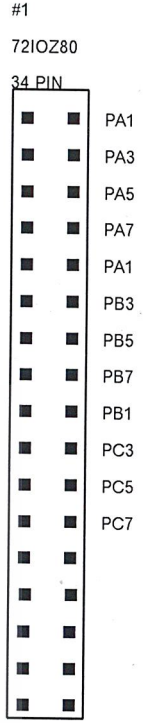
Table 2.2.10 Sunshine Duration Data for Period 1961 – 1990 Station at Bangkok Metropolis

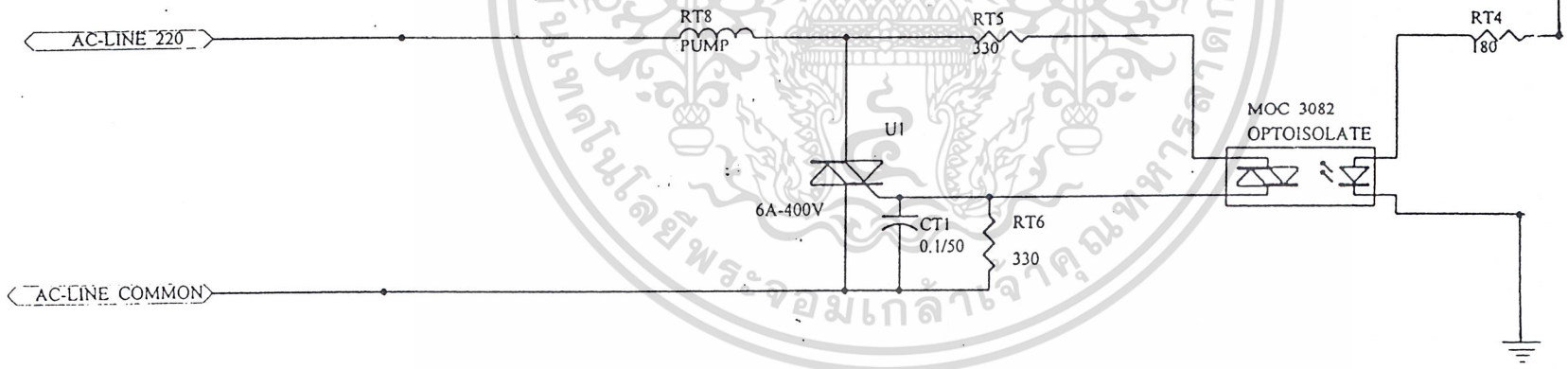
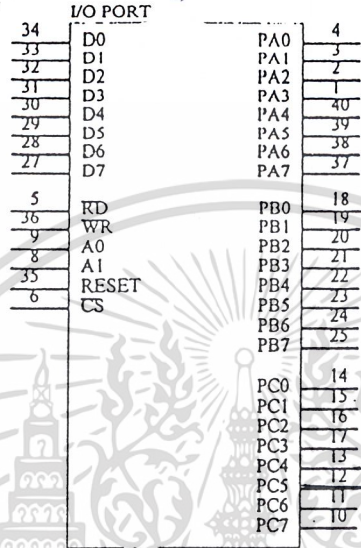
Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Sunshine duration mean (hr/day)	8.79	8.92	8.67	8.55	6.96	5.93	5.51	5.17	5.16	6.39	7.80	8.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

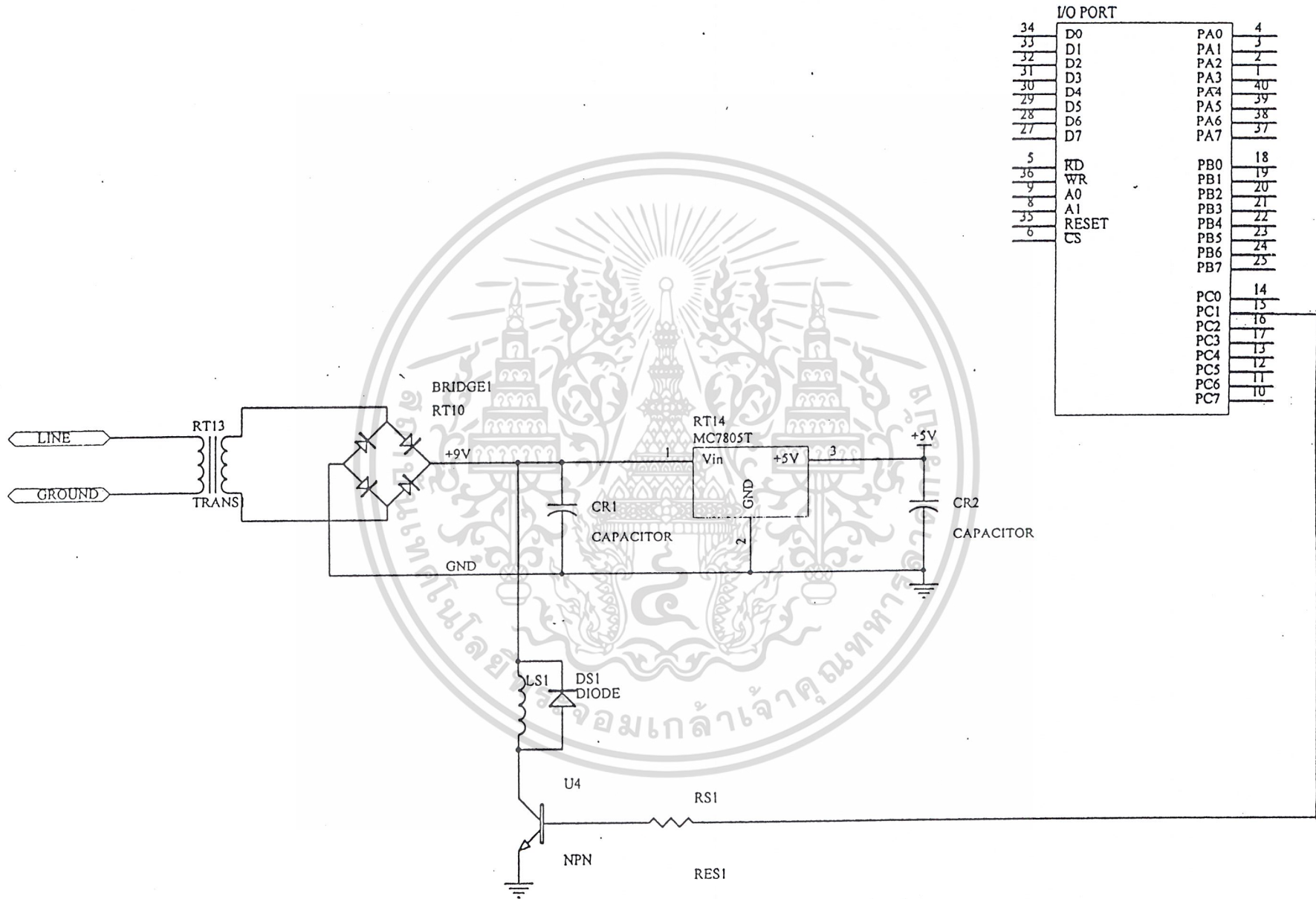


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่สามารถคัดลอกหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต หากฝ่าฝืนจะดำเนินการตามกฎหมายที่เกี่ยวข้อง



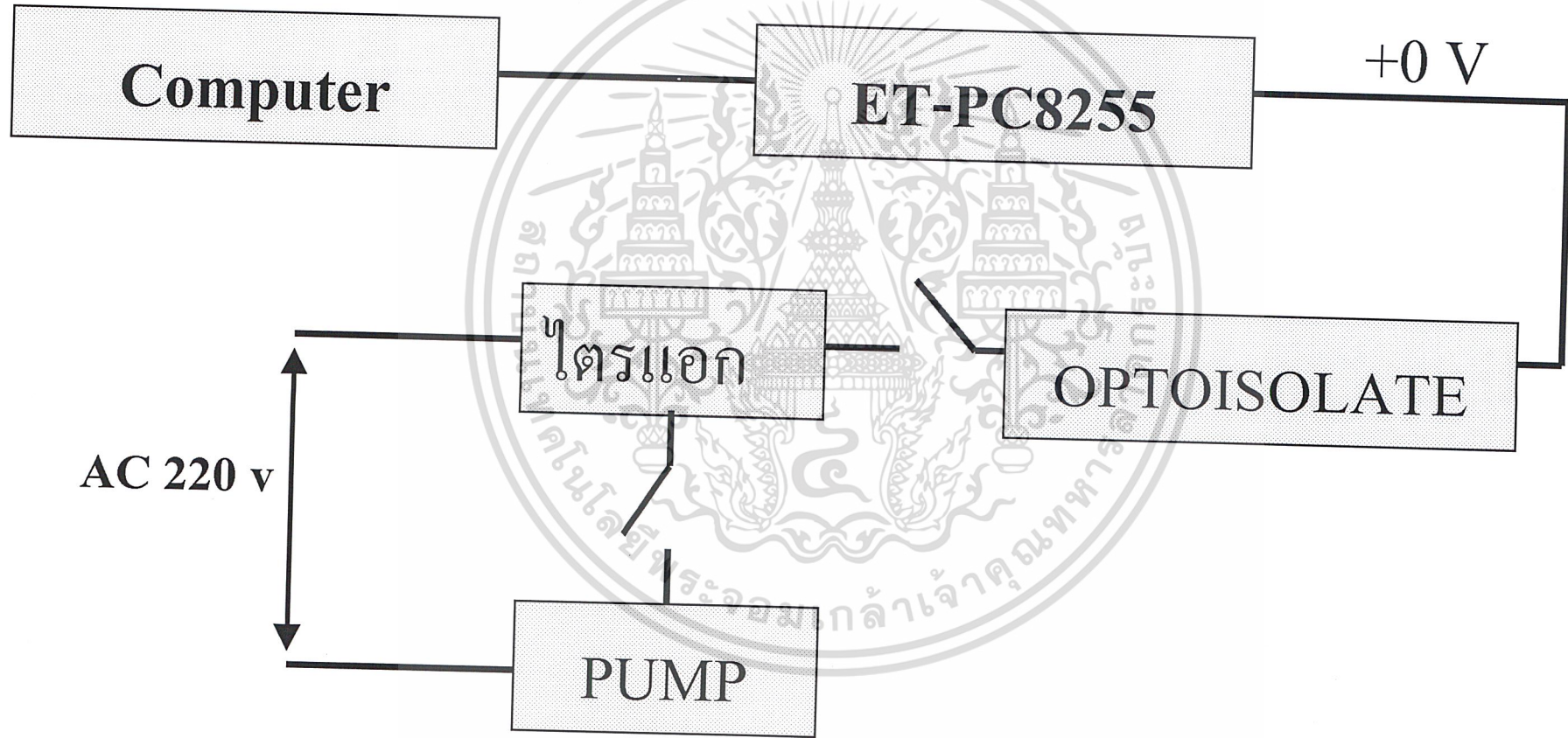


วงจรควบคุมการทำงานของปั๊ม

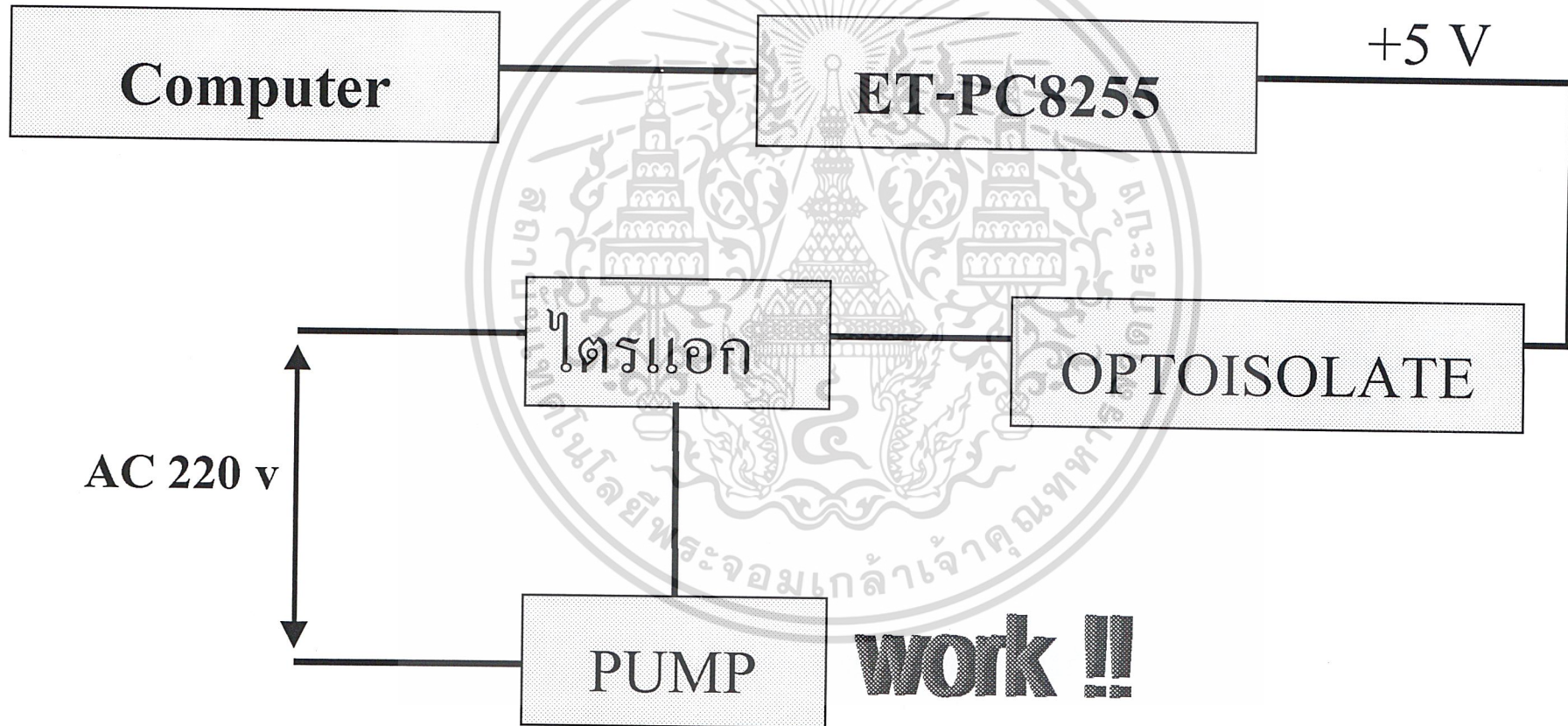


วงจรควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว

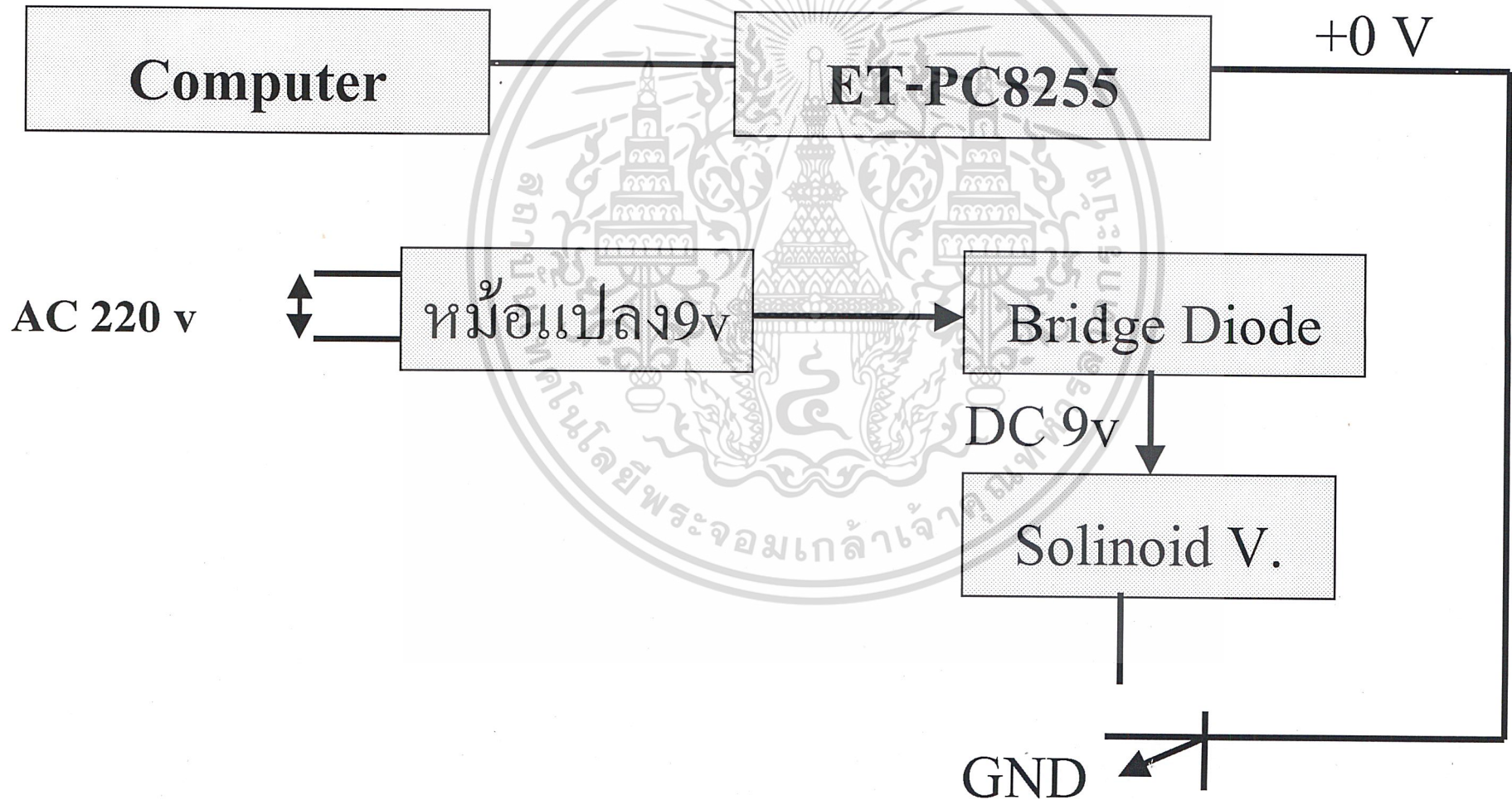
# หลักการของวงจรควบคุมเครื่องสูบน้ำอย่างคร่าวๆ



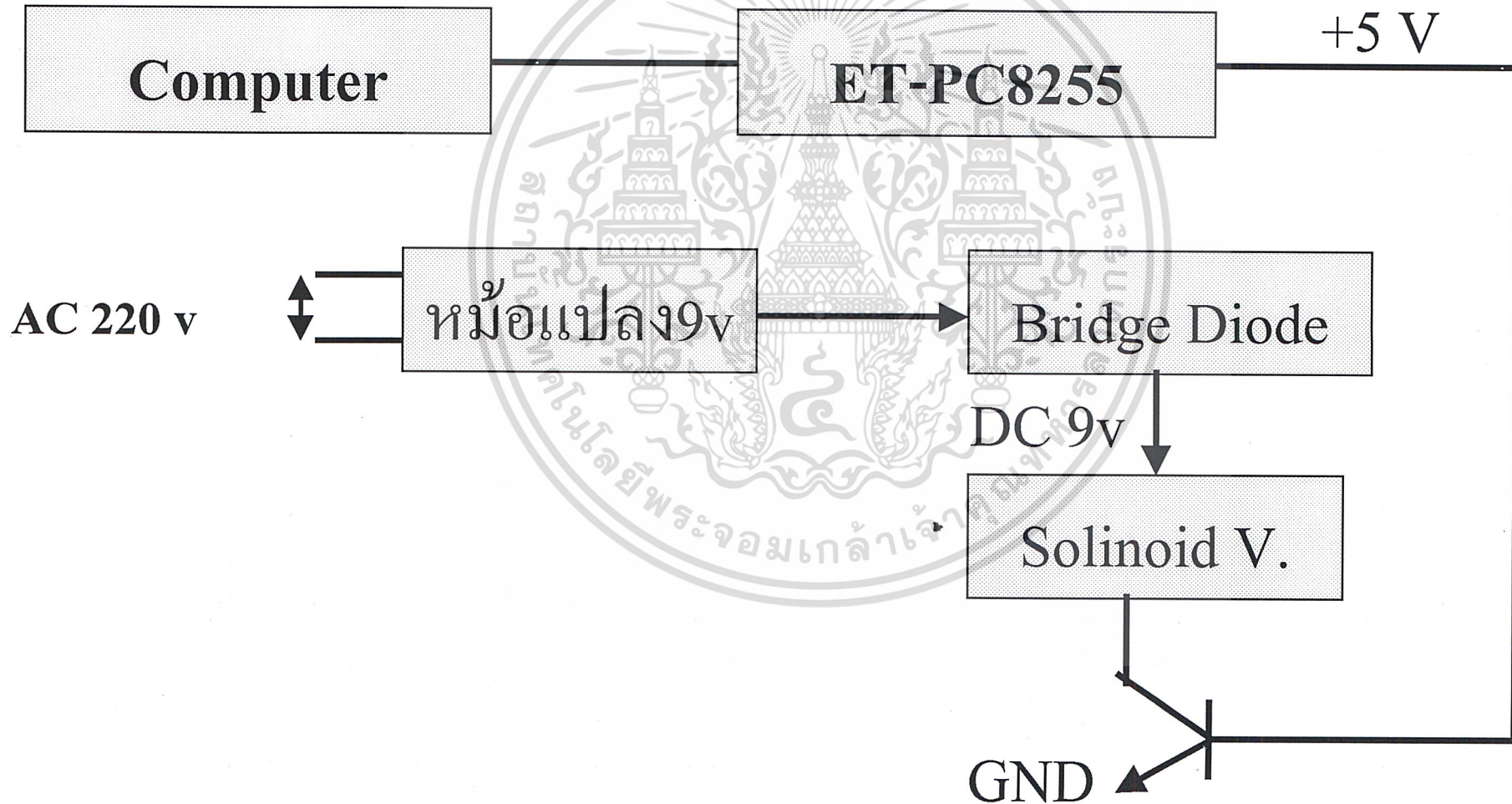
หลักการของวงจรควบคุมเครื่องสูบน้ำอย่างคร่าวๆ



# หลักการทำงานของวงจรควบคุม โซลินอยด์วาล์วอย่างคร่าวๆ



# หลักการทำงานของวงจรควบคุมโซลินอยด์วาล์วอย่างคร่าวๆ



PROGRAM AUTO\_IRRIGATION;

Uses Crt,Dos;

Const MaxBuffer = 24; { 24 hour }

C = 1.05;

Area = 8; { m\*m }

Qs = 0.0047; { m\*m\*m/s }

PC1 = \$302;

PCONT\_1 = \$303;

Type Data\_Type = String;

Buffer\_Type = Array [1..MaxBuffer] of Data\_Type;

Rec = Record

yy, mm, dd : Integer;

Temp, RH, Dewpoint : Real;

Direct, Speed, Press : Real;

Rain, Solar, t1, t2 : Real;

Volt : Real;

End;

Var

Year,Month,Day,DayOfWeek : Word;

Hour,Minute,Second,Sec100 : Word;

File\_Name : String;

Buffer : Buffer\_Type;

RawData : Array [1..MaxBuffer] of Rec;

mTemp, mRH, mSpeed,mSolar,mRain,maxRH,ea,eas ,P,W,We,Fu,u,Ra: Real;

ETo,Kc,Etcrop,Depth,Time,L : Real;

N1,N2,Rs,Rns,Rnl,Fm,Ft,Fea,Rn:Real;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

{\*\*\*\*\*}

mTemp	=	Mean air temperature (C)
mRh	=	Mean relative humidity (%)
mSpeed	=	Mean wind speed (m/s)
mSolar	=	Mean solar radiation (w/m*m)
mRain	=	Mean rainfall (mm)
maxRH	=	Maximum relative humidity (%)
eas	=	The saturation vapour at mean air temperature (mbar)
ea	=	The mean actual vapour pressure of the air (mbar)
P	=	eas-ea (mbar)
u	=	Mean wind speed (km/day)
f(u)	=	Wind-related factor
W	=	Temperature - related weighing factor
We	=	1-We
ETo	=	Reference crop evapotranspiration (mm/day)
Kc	=	Crop coefficient
ETcrop	=	ETo*Kc (mm/day)
Time	=	Time for irrigation
N1	=	The actual sunshine hours
N2	=	The maximum possible sunshine hour
Ra	=	Extra terrestrial radiation express in equivalent evapolation (mm/day)
Rn	=	Net radiation
Rnl	=	Net longwave solar radiation
Rns	=	Net shotwave solar radiation
F(t)	=	The effect of temperature on longwave radiation
F(ea)	=	Effect of vapour pressure on longwave radiation
F(m)	=	Effect of the ratio actual and maximum bright sunshine hour on longwave radiation

\*\*\*\*\*}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{*****}
```

```
Function StrToInt ( S : String ) : Integer;
```

```
    Var re : Integer;
```

```
        er : Integer;
```

```
Begin
```

```
    Val ( S, re, er );
```

```
    StrToInt := re;
```

```
End;
```

```
{*****}
```

```
Function StrToReal ( S : String ) : Real;
```

```
    Var re : Real;
```

```
        er : Integer;
```

```
Begin
```

```
    Val ( S, re, er );
```

```
    StrToReal := re;
```

```
End;
```

```
{*****}
```

```
{ Function FileExists ( File_Name : String ) : Boolean;
```

```
    Var
```

```
        F : File;
```

```
Begin
```

```
    {I-}
```

```
    { Assign ( F, File_Name );
```

```
        FileMode := 0;
```

```
        Reset ( F );
```

```
        Close ( F ); }
```

```
    {I+}
```

```
    { FileExists := ( IOResult = 0 ) and ( File_Name <> " );
```

```
        End; { FileExists }
```

```
{*****}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Procedure GetBuffer;

Var F : Text;

i : Integer;

Begin

Assign ( F, File\_Name );

Reset ( F );

For i := 1 to MaxBuffer do

Readln ( F, Buffer[i] );

Close ( F );

{ For i := 1 to MaxBuffer do

Writeln ( Buffer[i] );}

End;

{\*\*\*\*\*}

Procedure Separate;

Var F : Text;

i, j : Integer;

temp : String;

Data : Rec;

Begin

For i := 1 to MaxBuffer do

begin

j := 2;

temp := "";

While ( Buffer[i][j] <> '-' ) do

begin

temp := temp + Buffer[i][j];

j := j + 1;

end;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Data.yy := StrToInt ( temp );
j := j + 1;
temp := "";
While ( Buffer[i][j] <> '.' ) do
begin
temp := temp + Buffer[i][j];
j := j + 1;
end;
Data.mm := StrToInt ( temp );
j := j + 1;
temp := "";
While ( Buffer[i][j] <> '.' ) do
begin
temp := temp + Buffer[i][j];
j := j + 1;
end;
Data.dd := StrToInt ( temp );
While ( Buffer[i][j] <> '.' ) do
begin
j := j + 1;
end;
j := j + 1;
temp := "";
While ( Buffer[i][j] <> '.' ) do
begin
temp := temp + Buffer[i][j];
j := j + 1;
end;
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Data.temp := StrToReal ( temp );
j := j + 1;
temp := "";
While ( Buffer[i][j] <> ';' ) do
begin
temp := temp + Buffer[i][j];
j := j + 1;
end;

Data.rh := StrToReal ( temp );
j := j + 1;
temp := "";
While ( Buffer[i][j] <> ';' ) do
begin
temp := temp + Buffer[i][j];
j := j + 1;
end;

Data.dewpoint := StrToReal ( temp );
j := j + 1;
temp := "";
While ( Buffer[i][j] <> ';' ) do
begin
temp := temp + Buffer[i][j];
j := j + 1;
end;

Data.direct := StrToReal ( temp );
j := j + 1;
temp := "";
While ( Buffer[i][j] <> ';' ) do

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
    temp := temp + Buffer[i][j];
    j := j + 1;
end;

Data.speed := StrToReal ( temp );
j := j + 1;
temp := "";
While ( Buffer[i][j] <> ';' ) do
begin
    temp := temp + Buffer[i][j];
    j := j + 1;
end;
Data.press := StrToReal ( temp );
j := j + 1;
temp := "";
While ( Buffer[i][j] <> ';' ) do
begin
    temp := temp + Buffer[i][j];
    j := j + 1;
end;
Data.rain := StrToReal ( temp );
j := j + 1;
temp := "";
While ( Buffer[i][j] <> ';' ) do
begin
    temp := temp + Buffer[i][j];
    j := j + 1;
end;
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Data.solar := StrToReal ( temp );
    j := j + 1;
    temp := "";
    While ( Buffer[i][j] <> ';' ) do
begin
    temp := temp + Buffer[i][j];
    j := j + 1;
end;

Data.t1 := StrToReal ( temp );
j := j + 1;
temp := "";
While ( Buffer[i][j] <> ';' ) do
begin
temp := temp + Buffer[i][j];
j := j + 1;
end;
Data.t2 := StrToReal ( temp );
j := j + 1;
temp := "";
While ( j <> Length ( Buffer[i] ) ) do
begin
temp := temp + Buffer[i][j];
j := j + 1;
end;

Data.volt := StrToReal ( temp );
{ Writeln ( Data.dd, '/', Data.mm, '/', Data.yy,
    '|', Data.temp,
    '|', Data.rh,
    '|', Data.dewpoint,
    '|', Data.direct,
    '|', Data.speed,

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    '|, Data.press,
    '|, Data.rain,
    '|, Data.solar,
    '|, Data.t1,
    '|, Data.t2,
    '|, Data.volt );}
    RawData[i] := Data;

end;

End;
{*****}

Procedure ETref(Var mTemp,mRH,mSpeed,mSolar,
                mRain,maxRH,ea,P,Kc:Real);
Var F : Text;
    i : Integer;
    eas : Real;
    mTemp_Int: Integer;
Begin
    Write ('|, RawData[1].yy, '|,
           RawData[1].mm:2, '|,
           RawData[1].dd:2 );

    Writeln;
    mTemp := 0;
    mRH := 0;
    mSpeed := 0;
    mSolar := 0;
    mRain := 0;
    maxRH := 0;

    For i := 1 to MaxBuffer do

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Begin

mTemp := mTemp + Rawdata[i].Temp;

mRH := mRH + Rawdata[i].RH;

mSpeed := mSpeed + Rawdata[i].Speed;

mSolar := mSolar + Rawdata[i].Solar;

mRain := mRain + Rawdata[i].Rain;

If maxRH < Rawdata[i].RH Then maxRH := Rawdata[i].RH

End;

mTemp := mTemp / MaxBuffer;

mRH := mRH / MaxBuffer;

mSpeed := mSpeed / MaxBuffer;

mSolar := mSolar / MaxBuffer;

mSolar := mSolar\*8.64;

mRain := mRain / MaxBuffer;

mTemp\_Int:= Trunc(mTemp);

If mTemp\_Int = 10 Then eas:=12.3

Else if mTemp\_Int = 11 Then eas:=13.1

Else if mTemp\_Int = 12 Then eas:=14.0

Else if mTemp\_Int = 13 Then eas:=15.0

Else if mTemp\_Int = 14 Then eas:=16.1

Else if mTemp\_Int = 15 Then eas:=17.0

Else if mTemp\_Int = 16 Then eas:=18.2

Else if mTemp\_Int = 17 Then eas:=19.4

Else if mTemp\_Int = 18 Then eas:=20.6

Else if mTemp\_Int = 19 Then eas:=22.0

Else if mTemp\_Int = 20 Then eas:=23.4

Else if mTemp\_Int = 21 Then eas:=24.9

Else if mTemp\_Int = 22 Then eas:=26.4

Else if mTemp\_Int = 23 Then eas:=28.1

Else if mTemp\_Int = 24 Then eas:=29.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Else if mTemp_Int = 25 Then eas:=31.7
Else if mTemp_Int = 26 Then eas:=33.6
Else if mTemp_Int = 27 Then eas:=35.7
Else if mTemp_Int = 28 Then eas:=37.8
Else if mTemp_Int = 29 Then eas:=40.1
Else if mTemp_Int = 30 Then eas:=42.4
Else if mTemp_Int = 31 Then eas:=44.9
Else if mTemp_Int = 32 Then eas:=47.6
Else if mTemp_Int = 33 Then eas:=50.3
Else if mTemp_Int = 34 Then eas:=53.2
Else if mTemp_Int = 35 Then eas:=56.2
Else if mTemp_Int = 36 Then eas:=59.4
Else if mTemp_Int = 37 Then eas:=62.8
Else if mTemp_Int = 38 Then eas:=66.3
Else eas:=69.9;
ea := (eas*mRH)/100;
P := eas-ea;
End;
{*****}
{ Function FindRa:Real;
  Begin
    If Month = 1 Then FindRa:=12.3
    Else if Month = 2 Then FindRa:=13.5
    Else if Month = 3 Then FindRa:=14.8
    Else if Month = 4 Then FindRa:=15.7
    Else if Month = 5 Then FindRa:=15.9
    Else if Month = 6 Then FindRa:=15.8
    Else if Month = 7 Then FindRa:=15.8
    Else if Month = 8 Then FindRa:=15.7
    Else if Month = 9 Then FindRa:=15.1
    Else if Month = 10 Then FindRa:=14.0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Else if Month = 11 Then FindRa:=12.6

Else FindRa:=11.8;

End; }

{\*\*\*\*\*}

Function FindN2:Real;

Begin

If Month = 1 Then FindN2:=11.3

Else if Month = 2 Then FindN2:=11.6

Else if Month = 3 Then FindN2:=12.0

Else if Month = 4 Then FindN2:=12.5

Else if Month = 5 Then FindN2:=12.8

Else if Month = 6 Then FindN2:=13.0

Else if Month = 7 Then FindN2:=12.9

Else if Month = 8 Then FindN2:=12.6

Else if Month = 9 Then FindN2:=12.2

Else if Month = 10 Then FindN2:=11.8

Else if Month = 11 Then FindN2:=11.4

Else FindN2:=11.2;

End;

{\*\*\*\*\*}

Function FindN1:Real;

Begin

If Month = 1 Then FindN1 := 8.79

Else if Month = 2 Then FindN1 := 8.92

Else if Month = 3 Then FindN1 := 8.67

Else if Month = 4 Then FindN1 := 8.55

Else if Month = 5 Then FindN1 := 6.96

Else if Month = 6 Then FindN1 := 5.93

Else if Month = 7 Then FindN1 := 5.51

Else if Month = 8 Then FindN1 := 5.17

Else if Month = 9 Then FindN1 := 5.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Else if Month =10 Then FindN1 := 6.39

Else if Month =11 Then FindN1 := 7.80

Else FindN1 := 8.45;

End;

{\*\*\*\*\*}

Function FindW(mTemp:Real):Real;

Var Temp\_Int:Integer;

Begin

Temp\_Int:=Trunc(mTemp);

If Temp\_Int = 14 then FindW:=0.61

Else if Temp\_Int = 16 Then FindW:=0.64

Else if Temp\_Int = 17 Then FindW:=0.65

Else if Temp\_Int = 18 Then FindW:=0.66

Else if Temp\_Int = 19 Then FindW:=0.675

Else if Temp\_Int = 20 Then FindW:=0.69

Else if Temp\_Int = 21 Then FindW:=0.70

Else if Temp\_Int = 22 Then FindW:=0.71

Else if Temp\_Int = 23 Then FindW:=0.72

Else if Temp\_Int = 24 Then FindW:=0.73

Else if Temp\_Int = 25 Then FindW:=0.74

Else if Temp\_Int = 26 Then FindW:=0.75

Else if Temp\_Int = 27 Then Findw:=0.76

Else if Temp\_Int = 28 Then FindW:=0.77

Else if Temp\_Int = 29 Then FindW:=0.775

Else if Temp\_Int = 30 Then FindW:=0.78

Else if Temp\_Int = 31 Then FindW:=0.79

Else if Temp\_Int = 32 Then FindW:=0.80

Else if Temp\_Int = 33 Then FindW:=0.81

Else if Temp\_Int = 34 Then FindW:=0.82

Else if Temp\_Int = 35 Then FindW:=0.825

Else if Temp\_Int = 36 Then FindW:=0.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Else if Temp\_Int = 37 Then FindW:=0.835

Else if Temp\_Int = 38 Then FindW:=0.84

Else FindW:=0.85;

End;

{\*\*\*\*\*}

Function FindFt(mTemp:Real):Real;

Var Temp\_Int:Integer;

Begin

Temp\_Int:=Trunc(mTemp);

If Temp\_Int = 10 Then FindFt:=12.7

Else if Temp\_Int = 11 Then FindFt:=12.9

Else if Temp\_Int = 12 Then FindFt:=13.1

Else if Temp\_Int = 13 Then FindFt:=13.35

Else if Temp\_Int = 14 Then FindFt:=13.5

Else if Temp\_Int = 15 Then FindFt:=13.65

Else if Temp\_Int = 16 Then FindFt:=13.8

Else if Temp\_Int = 17 Then FindFt:=13.9

Else if Temp\_Int = 18 Then FindFt:=14.2

Else if Temp\_Int = 19 Then FindFt:=14.4

Else if Temp\_Int = 20 Then FindFt:=14.6

Else if Temp\_Int = 21 Then FindFt:=14.8

Else if Temp\_Int = 22 Then FindFt:=15.0

Else if Temp\_Int = 23 Then FindFt:=15.2

Else if Temp\_Int = 24 Then FindFt:=15.4

Else if Temp\_Int = 25 Then FindFt:=15.7

Else if Temp\_Int = 26 Then FindFt:=15.9

Else if Temp\_Int = 27 Then FindFt:=16.1

Else if Temp\_Int = 28 Then FindFt:=16.3

Else if Temp\_Int = 29 Then FindFt:=16.4

Else if Temp\_Int = 30 Then FindFt:=16.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Else if Temp_Int = 31 Then FindFt:=16.95
Else if Temp_Int = 32 Then FindFt:=17.2
Else if Temp_Int = 33 Then FindFt:=17.5
Else if Temp_Int = 34 Then FindFt:=17.7
Else if Temp_Int = 35 Then FindFt:=17.9
Else if Temp_Int = 36 Then FindFt:=18.1
Else if Temp_Int = 37 Then FindFt:=18.3
Else if Temp_Int = 38 Then FindFt:=18.5
Else if Temp_Int = 39 Then FindFt:=18.7
Else FindFt:=18.9;

End;

```

{\*\*\*\*\*}

```

Function FindKc : Real;
Begin
If ( Day=18 ) And ( Month=2 ) And ( Year=1999 )
Then FindKc:=0.7
Else if ( Day=19 ) And ( Month=2 ) And ( Year=1999 )
Then FindKc:=0.7
Else if ( Day=20 ) And ( Month=2 ) And ( Year=1999 )
Then FindKc:=0.65
Else if ( Day=21 ) And ( Month=2 ) And ( Year=1999 )
Then FindKc:=0.65
Else if ( Day=22 ) And ( Month=2 ) And ( Year=1999 )
Then FindKc:=0.65
Else if ( Day=23 ) And ( Month=2 ) And ( Year=1999 )
Then FindKc:=0.65
Else if ( Day=24 ) And ( Month=2 ) And ( Year=1999 )
Then FindKc:=0.65
Else if ( Day=25 ) And ( Month=2 ) And ( Year=1999 )
Then FindKc:=0.65
Else if ( Day=26 ) And ( Month=2 ) And ( Year=1999 )

```

```

Then FindKc:=0.65
Else if ( Day=27 ) And ( Month=2 ) And ( Year=1999 )
Then FindKc:=0.65
Else if ( Day=28 ) And ( Month=2 ) And ( Year=1999 )
Then FindKc:=0.6
Else if ( Day=29 ) And ( Month=2 ) And ( Year=1999 )
Then FindKc:=0.6
Else if ( Day= 1 ) And ( Month=1 ) And ( Year=1999 )
Then FindKc:=0.6
Else if ( Day= 2 ) And ( Month=1 ) And ( Year=1999 )
Then FindKc:=0.6
Else if ( Day= 3 ) And ( Month=1 ) And ( Year=1999 )
Then FindKc:=0.6
Else if ( Day= 4 ) And ( Month=1 ) And ( Year=1999 )
Then FindKc:=0.6
Else FindKc:=0.60;
End;
{*****}
{ Begin }
Procedure Time_Water;
Begin
{ clrscr ;
If ParamCount <> 0 Then
File_Name := ParamStr (1)
Else
Begin
Write ('Input File Name : ');
Readln ( File_Name );
End;
While ( not FileExists ( File_Name ) ) do

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 Begin  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Write ('Input File Name :');
```

```
Readln ( File_Name );
```

```
End; }
```

```
{***** Enter filename for irrigation *****}
```

```
File_Name := 'c:\starlite\de122398 .lpc';
```

```
{***** Enter filename for irrigation *****}
```

```
GetBuffer;
```

```
Separate;
```

```
ETref(mTemp,mRH,mSpeed,mSolar,mRain,MaxRH,ea,P,Kc);
```

```
Writeln ('mTemp :=',mTemp:12:1 );
```

```
Writeln ('mRH :=',mRH:6:1 );
```

```
Writeln ('mSpeed :=',mSpeed:5:1 );
```

```
Writeln ('mSolar:=',mSolar:4:0, '.0');
```

```
Writeln ('mRain:=',mRain:10:1 );
```

```
Writeln ('maxRH:=',maxRH:9:0, '.0');
```

```
Writeln('P:=',P:9:2);
```

```
Writeln('ea:=',ea:9:2);
```

```
u:=mSpeed*86.4;
```

```
Writeln('u:=',u:9:2);
```

```
Fu:=0.27*(1+(u/100));
```

```
Writeln('F(u) :=',Fu:9:2);
```

```
W:=FindW(mTemp);
```

```
Writeln('W :=',W:9:2);
```

```
We:=(1-W)*Fu*P;
```

```
Writeln('We :=',We:9:2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
{ Ra:=FindRa;  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Writeln('Ra :=',Ra:9:2); }
N1:=FindN1;
Writeln('N1 :=',N1:9:2);
N2:=FindN2;
Writeln('N2 :=',N2:9:2);

L:=4.1855*(595-(0.51*mTemp));
Rs:=(mSolar*10)/L;
{ Rs:=(0.29+(0.42*(N1/N2))*Ra; }
Writeln('Rs :=',Rs:9:2);
Rns:=0.75*Rs;
{ Rns ---> Net Sortwave Solar Radiation}
Writeln('Rns :=',Rns:9:2);
Ft:=FindFt(mTemp);
Writeln('F(t) :=',Ft:9:2);
Fea:=0.34-(0.044*Sqrt(ea));
Writeln('F(ea) :=',Fea:9:2);
Fm:=0.1+0.9*(N1/N2);
Writeln('F(N1/N2) :=',Fm:9:2);
Rnl:=Ft*Fea*Fm;
Writeln('Rnl :=',Rnl:9:2);
Rn:=Rnl-Rns;
Writeln('Rn :=',Rn:9:2);
ETo:=C*((W*Rn)+We);
Write('ETo :=',ETo:1:2);
Kc:=FindKc;
Write(' ,Kc :=',Kc:1:2);
ETcrop:=Kc*ETo;
Write(' ,ETCrop:=',ETcrop:1:3);
Depth:=(ETcrop-mRain)*0.001; { mm ----> m }

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูผู้ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Time:=(Depth*Area)/Qs;      { Second }
```

```
Write(' ,Time:=',Time:1:0);
```

```
Readln;
```

```
End;
```

```
{*****}
```

```
Procedure Setwater(Time:Real);
```

```
Var h,m,s,t,hund : Word;
```

```
temp      : LongInt;
```

```
Begin
```

```
Gettime(h,m,s,hund);
```

```
temp := s+(m*60)+(h*3600);
```

```
t := trunc(Time);
```

```
If t>0 Then
```

```
Begin
```

```
t:=t+temp;
```

```
Port[Pc1]:= $12;
```

```
While temp<t Do
```

```
Begin
```

```
Gettime(h,m,s,hund);
```

```
temp:=s+(m*60)+(h*3600);
```

```
End;
```

```
Port[Pc1] := $00;
```

```
End;
```

```
End;
```

```
Begin {*****Main Program*****}
```

```
Clrscr;
```

```
Port[Pcont_1] := $80;
```

```
Time_Water;
```

```
Setwater(Time);
```

```
End. {*****END*****}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ขั้นตอนการใช้โปรแกรม AUTO\_IRRIGATION

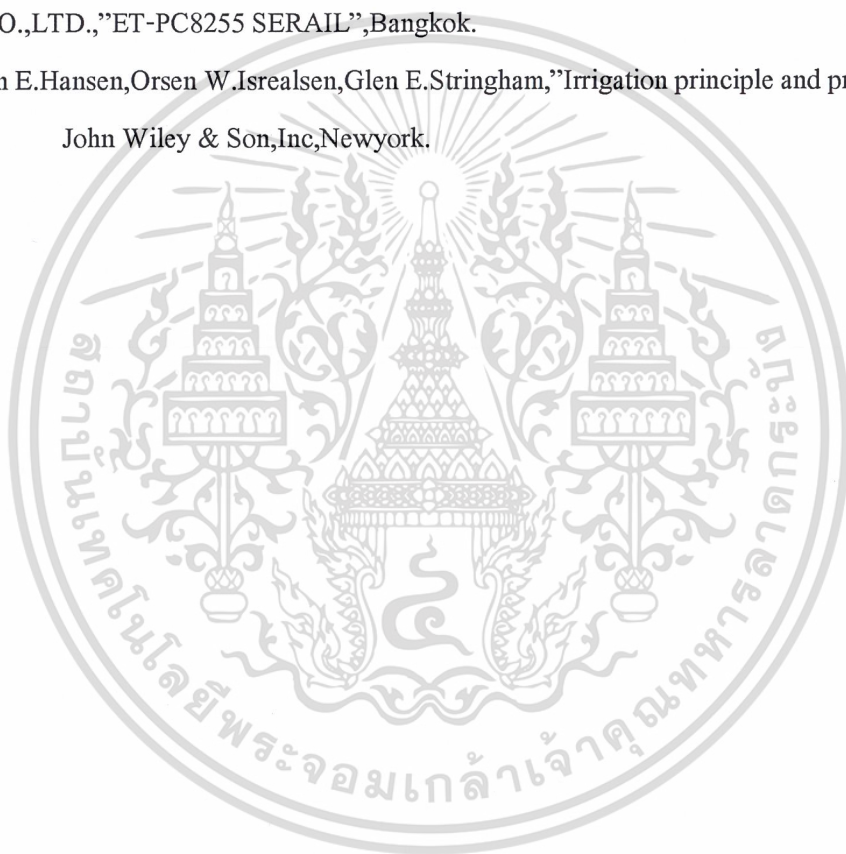
1. เมื่อปรากฏ DOS prompt (เช่น C:\) ให้พิมพ์คำว่า TP แล้วกดปุ่ม Enter
2. ให้เข้าโปรแกรมที่มีชื่อไฟล์ว่า AUTO\_IRRIGATION
3. ให้พิมพ์ชื่ออินพุตไฟล์ที่เก็บข้อมูลภูมิอากาศใส่ใน โปรแกรมในส่วนที่มีข้อความว่า“Enter filename for irrigation” ทางจอภาพ เช่น C:\Starlite\de122399.lpc (ดูในภาคผนวกในส่วนของโปรแกรม)
3. กด Ctrl+F9 เพื่อให้ระบบต่างๆทำงานได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

1. กองจัดสรรน้ำและบำรุงรักษา, " คำสัมประสิทธิ์พีชและค่าสหสัมพันธ์พีช ",กรมชลประทาน  
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2,2540,หน้า 2-7.
2. ชลวิทย์ แซ่เต๋อ, " การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ให้น้ำพีชอัตโนมัติ ",คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2540.
3. ภัทรภรณ์ เมฆพุกขางค์ , " เอกสารประกอบการสอนวิชาวิศวกรรมชลประทาน "
4. วิบูลย์ บุญชูโรกุด, " หลักการชลประทาน " ,กรุงเทพมหานคร:โรงพิมพ์เอเชีย,2526.
5. ETT CO.,LTD., "ET-PC8255 SERAIL" ,Bangkok.
6. Vaughn E.Hansen,Orsen W.Isrealsen,Glen E.Stringham, "Irrigation principle and practices"  
John Wiley & Son,Inc,Newyork.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยคำแนะนำจาก อาจารย์ภัทรภรณ์ เมฆพฤกษาวงศ์ อาจารย์ทรงวุฒิ แสงจันทร์ อาจารย์ปรีชานันท์ ศรีแก้ว พี่ๆ ภาควิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ,ภาควิศวกรรมไฟฟ้า (ต่อเนื่อง) พี่ๆ ที่ประจำการอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเกษตร รวมถึงเพื่อนๆ วิศวกรรมเกษตรรุ่นที่ 13 ทุกคนสำหรับคำแนะนำและอุ่นไอรักที่มีให้ จนมีแรงและกำลังใจทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางคณะผู้จัดทำขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย



วันที่ 24 มีนาคม 2543

คณะผู้จัดทำ

นายคุณากร ศรีมันตะ

นายจักรินทร์ แก้วทอง

นายนครินทร์ ใจเดช

นายพยัคฆ์ภูมิ ดงอุทิศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้