สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาอุปกรณ์ให้น้ำพืชอัตโนมัติ

DEVELOPMENT OF AUTOMATIC IRRIGATION EQUIPMENTS

โดย

นายมะโน ละมูล

นายวาทิน ศรีตะลา

นายอธิคม เพียรภูเขา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 36741
วัน, เดือน, ปี..... 28 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2542

การพัฒนาอุปกรณ์ให้น้ำพืชอัตโนมัติ

DEVELOPMENT OF AUTOMATIC IRRIGATION EQUIPMENTS

โดย

นายมะโน ละมูล

นายวาทิน ศรีตะลา

นายอธิคม เพียรภูเขา

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ทรงวุฒิ แสงจันทร์

อาจารย์ ดร.วินัย กล้าจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาอุปกรณ์ให้น้ำพืชอัตโนมัติ

ผู้จัดทำ

1. นายมะโน ละมูล
2. นายวาทิน ศรีตะลา
3. นายอธิคม เพียรภูเขา

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ทรงวุฒิ แสงจันทร์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร.วินัย กล้าจริง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาอุปกรณ์ให้น้ำพืชอัตโนมัติ

มะโน ละมูล
วาทิน ศรีตะลา
อธิคม เพียรภูเขา
ทรงวุฒิ แสงจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา
วินัย กล้าจริง อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อรายงานการศึกษาการพัฒนาอุปกรณ์การให้น้ำพืชอัตโนมัติ โดยใช้หัวจ่ายน้ำแบบไมโครสปริงเกลอร์ ซึ่งมีความชื้นในดินเป็นตัวแปรสำคัญ ในการกำหนดการให้น้ำพืช ได้ออกแบบตัวเซนเซอร์วัดความชื้นเพื่อฝังลงไปในดินบริเวณเขตรากพืช อาศัยความเปลี่ยนแปลงความต้านทานไฟฟ้าของเซนเซอร์ เป็นพารามิเตอร์ ให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลเป็นเปอร์เซนต์ความชื้นในดิน ข้อมูลที่ป้อนให้กับโปรแกรมเพื่อคำนวณปริมาณการใช้น้ำ เปอร์เซนต์ความชื้นที่ Field Capacity เปอร์เซนต์ความชื้นที่ให้น้ำ และ เปอร์เซนต์ความชื้นที่ยอมให้ลดลง หลังจากคอมพิวเตอร์ประมวลผลแล้วจะสามารถจ่ายหรือหยุดจ่ายได้ตามปริมาณที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF AUTOMATIC IRRIGATION EQUIPMENTS

Mano Lamool
Vatin Sritara
Atikom Preanpookhao
Songvoot Sangchan Advisor
Vinai Krajring Advisor
1999

Abstract

The objectives of thesis is to study and development of automatic irrigation equipments . The microspringkler used the soil moisture is important variable to control discharge . The sensor design measured soil moisture at the root zone. The process of sensor do a vary of electrical resistance and send to the parameter computer program . The computer program can computed Percent of soil moisture , input allowable soil moisture , Time irrigation and automatic irrigation control for discharge water is optimum quantity.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญรูปภาพ	2
สารบัญตาราง	3
บทที่ 1 บทนำ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	5
2.1 น้ำในดิน	5
2.2 วิธีการให้น้ำแก่พืช	14
2.3 การกำหนดการให้น้ำ	17
บทที่ 3 การเชื่อมต่อ PC กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม	31
3.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพอร์ตอนุกรม	31
3.2 แนะนำบอร์ด ST-29	34
3.3 การควบคุมรีเลย์โดยใช้ทรานซิสเตอร์	40
3.4 การเขียนโปรแกรม Visual Basic เพื่อติดต่อพอร์ตอนุกรมและMSComm	41
3.5 การเขียนโปรแกรมติดต่อบัส I^2C ด้วย Visual Basic	45
3.6 การเชื่อมต่อสัญญาณอะนาลอกผ่านพอร์ตอนุกรม	47
บทที่ 4 การสร้างและการออกแบบวงจรควบคุม	50
4.1 คุณสมบัติและการทำงานของเซนเซอร์	50
4.2 วงจรควบคุมการทำงานของเซนเซอร์	52
บทที่ 5 การติดตั้งอุปกรณ์และทดสอบ	55
5.1 ขั้นตอนการติดตั้ง	55
5.2 การทดสอบและปรับเทียบ	59
บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้าที่
2.1 น้ำในดินและระดับความชื้นของดินที่จุดต่าง	7
2.2 แสดงลักษณะของเครื่องวัดแรงดึงความชื้นในดิน	21
2.3 แสดงก้อนความต้านทาน	23
2.7 แสดงถังวัดการใช้น้ำของพืช	27
3.1 ไดอะแกรมเวลาของการสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส	32
3.2 แสดงการจัดขาสัญญาณและหน้าที่การทำงาน	34
3.3 แนะนำบอร์ด ST-29	36
3.4 แสดงวงจรภาคขยายพอร์ตอินพุท/เอาท์พุท ผ่านบัส	39
3.5 ไดอะแกรมการทำงานภายในของขาสัญญาณของพอร์ตอนุกรม	40
3.6 แสดงวงจรการเชื่อมต่อสัญญาณ	49
4.1 แสดงวงจรควบคุม	52
4.2 แสดงวงจรไฟฟ้าที่ใช้ในการวัดความต่างศักย์ตกคร่อมเซนเซอร์	52
4.3 แสดงลักษณะของเซนเซอร์ที่ออกแบบ	53
5.1 แสดงการติดตั้งโซลินอยด์วาล์วเพื่อควบคุมการจ่ายน้ำ	55
5.2 แสดงการทำงานของโครงสร้างภายในของโซลินอยด์วาล์ว	56
5.3 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์บริเวณเขตรากพืช	58
5.4 แสดงการวางเซนเซอร์ เพื่อปรับเทียบมาตราฐาน	59
5.5 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ปรับเทียบมาตราฐาน	61
5.6 แสดงการติดตั้งเพื่อทดสอบ	62
6.1 แผนภาพแสดงการทำงานโปรแกรมแบบ Timer Control	65
6.2 แผนภาพแสดงการทำงานโปรแกรมแบบ Automatic	66
6.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานไฟฟ้ากับเปอร์เซนต์ความชื้น	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้าที่
2.1 ความหมายของค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดแรงดึงความชื้นในดิน	22
2.2 แสดงความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้สำหรับดินชนิดต่าง ๆ	26
2.3 ความลึกของรากพืชโตเต็มที่และปริมาณน้ำที่พืชต้องการตลอดฤดูการเพาะปลูก	30
5.1 ผลการปรับเทียบมาตราฐานตัวเซนเซอร์ที่ออกแบบขึ้นมาใหม่	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันนี้ ทรัพยากรน้ำเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต การนำเอาน้ำมาใช้ จึงต้องคำนึงถึงประโยชน์สูงสุด การนำเทคโนโลยีมาพัฒนาการให้น้ำพืชก็เป็นสิ่งจำเป็น เพราะในสภาพการทำงานในปัจจุบัน แรงงานด้านการเกษตรน้อยลงมาก ความจำเป็นที่จะนำเอาอุปกรณ์อำนวยความสะดวก มาช่วยแทนแรงงานคนที่ต้องดูแลการให้น้ำ และสภาพพื้นที่การเพาะปลูกที่ยากลำบากในการใช้คนเข้าไปดูแลให้น้ำ ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ให้น้ำพืชอัตโนมัติ ทั้งนี้เพื่อให้การจ่ายน้ำให้แก่พืชมีประสิทธิภาพ มากขึ้น โดยให้จ่ายน้ำในปริมาณที่ต้องการ และตามระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งจะเป็นผลให้ใช้น้ำให้เกิดประโยชน์ สูงสุดต่อไป

การพัฒนาอุปกรณ์ให้น้ำพืชอัตโนมัติ โดยใช้หัวจ่ายน้ำแบบไมโครสปริงเกอร์ ซึ่งมีความชื้นในดินเป็นตัวแปรสำคัญ ในการกำหนดการให้น้ำพืช ได้ออกแบบตัวเซนเซอร์วัดความชื้นและฝังลงไปในดินบริเวณของรากพืช อาศัยความเปลี่ยนแปลงความต้านทานไฟฟ้าของเซนเซอร์เป็นพารามิเตอร์ให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลเป็นเปอร์เซนต์ความชื้นในดิน ข้อมูลที่ป้อนให้กับโปรแกรมเพื่อคำนวณปริมาณการใช้น้ำ เปอร์เซนต์ความชื้นที่ Field Capacity เปอร์เซนต์ความชื้นที่ให้น้ำและเปอร์เซนต์ความชื้นที่ย่อมให้ลดลง (50%) หลังจากคอมพิวเตอร์ประมวลผลแล้วจะสามารถสั่งให้จ่ายน้ำได้ตามปริมาณและในเวลาที่ต้องการ

สำหรับโครงการนี้ใช้ PC Computer เป็นตัวควบคุมการให้น้ำแก่พืชโดยมี Sensor รับสัญญาณค่า Voltage ส่งค่ามายัง Board A/D เพื่อแปลงสัญญาณ จาก Analog เป็น Digital แล้วส่งค่าไปให้ PC Computer ควบคุมการทำงานของปั๊มและโซลินอยด์วาล์วทำงานตามค่าความชื้นที่เราป้อนเข้าไปซึ่งเป็นค่าความชื้นที่พืชยอมรับได้ Allowable Moisture ตัวโปรแกรมเขียนด้วยภาษา Visual Basic ซึ่งง่ายในการใช้งานทั่วไปสามารถใช้งานได้ไม่ยาก ในตัวโปรแกรมสามารถเก็บข้อมูลความชื้นของดินที่วัดจาก Sensor แต่ละตัวเก็บไว้ในฐานข้อมูลด้วยช่วยทำให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบการทำงานของ Sensor ได้ และมีการแสดงผล เปอร์เซนต์ค่าความชื้นของดินออกมาเป็นกราฟทำให้ใช้งานได้ง่าย

วัตถุประสงค์โครงงาน

1.เพื่อพัฒนาอุปกรณ์การให้น้ำพืชแบบอัตโนมัติให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.นำเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์มาใช้ควบคุมระบบการให้น้ำแก่พืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 น้ำในดิน (Soil Water)

การที่พืชจะเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่นั้น พืชจะต้องดูดน้ำจากดินได้ตลอดเวลา ดังนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องทราบว่า ดินชนิดหนึ่งๆนั้นมีความสามารถเก็บน้ำไว้ได้มากน้อยเพียงไร พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง เท่าไร ตลอดจนจะต้องทราบว่าน้ำเคลื่อนที่ในดินอย่างไรและจะให้น้ำแก่ดินเพื่อให้ดินนั้นมีความชื้นพอเหมาะอย่างไร

2.1.1 ชนิดของน้ำในดิน

การเรียงตัวของเมล็ดดินทำให้เกิดช่องว่างที่มีขนาดและรูปทรงต่างๆขึ้น เมื่อฝนตกหรือให้น้ำแก่พืช น้ำก็จะแทรกเข้าไปอยู่ในช่องว่างเหล่านี้ และเกาะติดอยู่กับเมล็ดดินด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของดินกับโมเลกุลของน้ำ(Adhesive Force) และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำด้วยกัน (Cohesive Force) ซึ่งรวมเรียกว่า แรงดึงซับ (Capillary Force) ถ้าหากน้ำเข้าไปแทนที่อากาศจนเต็มทุกช่องว่างเรากล่าวว่าดินนั้น อิ่มน้ำ (Saturated) และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำด้วยกัน (Cohesive Force) ซึ่งรวมเรียกว่า แรงดูดซับ (Capillary Force) ถ้าหากน้ำเข้าไปแทนที่อากาศจนเต็มทุกช่องว่างเรากล่าวว่าดินนั้น อิ่มน้ำ (Saturated) และน้ำที่อยู่ในช่องว่างนี้นทั้งหมดจะเป็นปริมาตรสูงสุดที่ดินจะเก็บกักเอาไว้ได้ถ้าไม่มีแรงภายนอกมากระทำ แต่เนื่องจากว่าสสารทุกอย่างที่อยู่บนผิวโลกจะถูกแรงดึงดูดของโลกกระทำอยู่ตลอดเวลา รวมทั้งน้ำที่ขังอยู่ในช่องว่างระหว่างเมล็ดดินด้วย ในช่องว่างที่มีขนาดใหญ่ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างน้ำที่อยู่ตรงกลางของช่องว่างกับเมล็ดดินด้วย ในช่องว่างที่มีขนาดใหญ่ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างน้ำที่อยู่ตรงกลางของช่องว่างระหว่างเมล็ดดินด้วย ในช่องว่างที่มีขนาดใหญ่ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างน้ำที่อยู่ตรงกลางของช่องว่างกับเมล็ดดินจะน้อยกว่าในช่องว่าที่มีขนาดเล็ก ดังนั้นเมื่อผลรวมของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างน้ำต่อน้ำและน้ำต่อดินจะน้อยกว่าในช่องว่างที่มีขนาดเล็ก ดังนั้นเมื่อผลรวมของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างน้ำต่อน้ำและน้ำต่อน้ำต่อดินน้อยกว่าแรงดึงดูดของโลก น้ำก็จะไหลลงสู่ที่ต่ำกว่า น้ำในดินที่ไหลด้วยสาเหตุดังกล่าวนี้เรียกว่า น้ำอิสระ (Gravitational Water หรือ Free Water) เมื่อฝนหยุดตกหรือหยุดน้ำแก่พืช น้ำที่อยู่ในช่องว่างขนาดใหญ่จะระบายออกโดยใช้เวลา 2-3 วัน ในดินที่มีการระบายน้ำได้ดีน้ำอิสระจะถูกระบายออกไปหมดก่อนที่จะเป็นอันตรายต่อพืชและจะมีอากาศเข้ามาแทนที่ ส่วนน้ำในช่องว่างที่มีขนาดเล็กซึ่งไม่ถูกระบายออกด้วยแรงดึงดูดของโลกอาจจะยังคงมีการเคลื่อนที่อยู่ด้วยแรงดูดซับ (Capillary Force) น้ำซึ่งอยู่ในช่องว่างทีมีขนาดเล็กดังกล่าวนี้เรียกว่า น้ำซับ (Capillary Water)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งมีการเคลื่อนที่ช้ามาก ช้ากว่าน้ำอิสระ และจะมีทิศทางไปทางใดก็ได้ โดยเคลื่อนที่ไปสู่จุดที่มีแรงดูดซับมากที่สุดเสมอ

การสูญเสียน้ำโดยการระเหยจากผิวดิน และจากที่พืชดูดเอาไปใช้จะทำให้ปริมาณความชื้นในดินลดลงจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งที่น้ำในดินไม่มีการเคลื่อนที่อีก ทั้งนี้เพราะว่าแรงที่น้ำหรือความชื้นจับยึดติดแน่นเป็นแผ่นบางๆรอบเมล็ดดินจะมากจนกระทั่งพืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้ พืชก็จะเหี่ยวเฉา และถ้าหากไม่ให้น้ำแก่พืชในตอนนี้แล้วพืชก็ตาย น้ำซึ่งยึดติดแน่นกับเมล็ดดินและไม่สามารถที่จะทำให้เคลื่อนที่ได้ด้วยแรงดึงดูดของโลก หรือแรงดูดซับ (Capillary Force) นี้เรียกว่า น้ำเยื่อ(Hygroscopic Water)

บรรดาน้ำในดินทั้งสามชนิดที่กล่าวมานี้ น้ำที่เกี่ยวข้องกับการชลประทานมากที่สุดคือ น้ำอิสระ (Gravitational Water) และน้ำซับ (Capillary Water) ส่วนน้ำเยื่อ (Hygroscopic Water) นั้น พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้จึงไม่ค่อยมีความสำคัญนัก

2.1.2 Field Capacity

หลังจากที่น้ำอิสระได้ถูกระบายออกจากช่องว่างขนาดใหญ่หมดแล้วความชื้นในดินก็จะเปลี่ยนแปลงน้อยลง เพราะน้ำที่เหลืออยู่มีการเคลื่อนที่ช้ามาก ปริมาณความชื้นในดินหลังจากน้ำอิสระถูกระบายออกไปหมดแล้วนี้เรียกว่าเป็นความชื้นที่ Field Capacity

จำนวนความชื้นที่ Field Capacity นี้ไม่อาจหาเป็นค่าตัวเลขที่แน่นอนได้ ทั้งนี้เนื่องจากว่าจะยังคงมีการเคลื่อนที่ของน้ำซับอยู่ตลอดเวลา แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นไม่มากนัก ในทางปฏิบัติมักจะถือว่า ในดินที่มีการระบายน้ำได้ดี ปริมาณความชื้น ปริมาณความชื้นหลังจากที่มีฝนตกหนักหรือหยุดให้น้ำแล้ว 2-3 วัน เป็นความชื้นที่ Field Capacity

2.1.3 จุดเหี่ยวเฉาถาวร

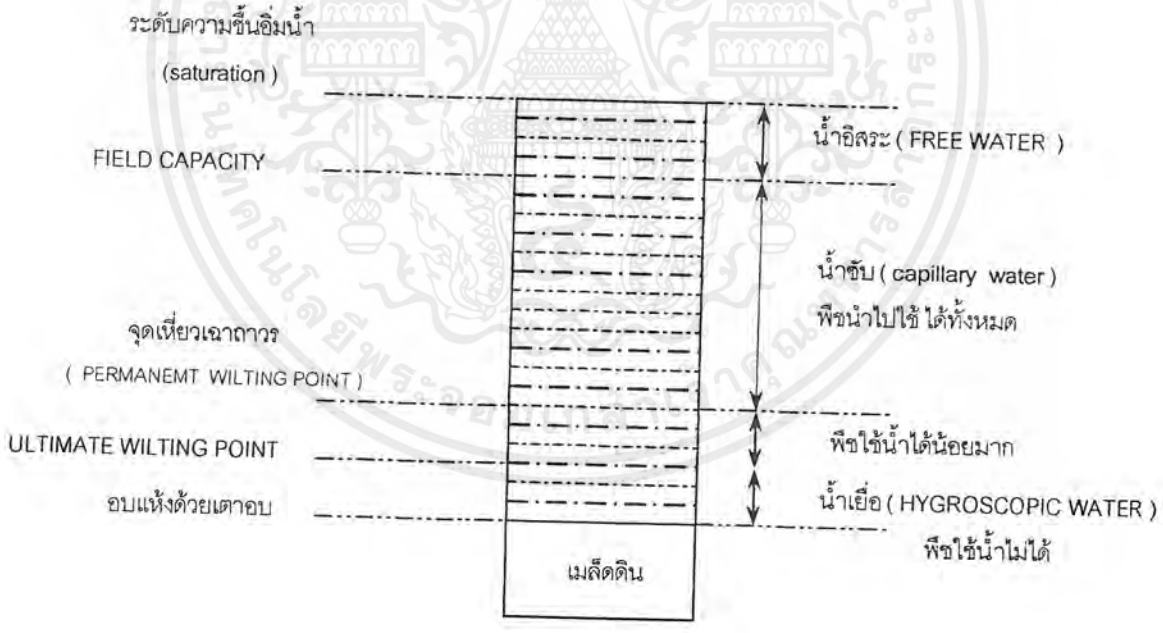
ความชื้นในดินเมื่อพืชไม่สามารถดูดมาใช้เพียงพอสำหรับการคายน้ำ และพืชเริ่มมีการเหี่ยวเฉาอย่างถาวรเรียกว่าเป็นความชื้นที่ จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wiling Point)

อาการเหี่ยวเฉาของพืชอาจเกิดขึ้นได้หลายครั้งก่อนที่จะถึงจุดที่พืชเหี่ยวเฉาอย่างถาวร เช่น ตอนกลางวันที่มีอากาศร้อนจัด ความชื้นของอากาศต่ำ ลมแรง และพืชมีใบกว้าง ลักษณะของอากาศและพืชเช่นที่กล่างนี้จะทำให้พืชมีการสูญเสียน้ำโดยการคายน้ำโดยการคายน้ำออกทางใบมาก และเมื่ออัตราที่พืชดูดน้ำจากดินน้อยกว่าที่คายออกทางใบ พืชก็จะเหี่ยวเฉาถึงแม้ว่าขณะนั้นดินจะมีความชื้นอยู่มากก็ตาม แต่เมื่ออากาศเย็นลงพืชก็จะสดชื่นตามเดิม จะเห็นได้ว่าอาการเหี่ยวเฉาของพืชไม่ว่าจะเป็นการเหี่ยวเฉาอย่างถาวรหรือชั่วระยะเวลาหนึ่งนั้นจะขึ้นอยู่กับอัตราการใช้น้ำของพืช ความลึกและการแผ่กระจายของราก จำนวนความชื้นในดิน ตลอดจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถของดินที่จะเก็บน้ำไว้ให้พืชใช้ได้ เราถือว่าพืชมีการเหี่ยวเฉาอย่างถาวรถ้าหากว่านำพืชที่เฉานั้นไปไว้ในห้องที่มีอากาศเย็นและมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศประมาณ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพืชจะมีการสูญเสียน้ำน้อยมาก หรือไม่มีการสูญเสียเลยแล้วพืชนั้นยังไม่สดชื่น

หลังจากที่ความชื้นในดินลดลงจนถึงจุดเหี่ยวเฉาถาวรแล้ว พืชอาจจะยังดูดความชื้นจากดินได้อีกถึงแม้ว่าจะเป็นปริมาณไม่มากนักก็ตาม กล่าวคือความชื้นที่ได้นี้ไม่พอที่จะทำให้พืชเจริญเติบโตขึ้น แต่จะสามารถหล่อเลี้ยงชีวิตพืชให้อยู่ต่อไปได้อีกช่วงสั้นๆช่วงเวลาหนึ่งจนกว่าจะได้รับน้ำมาเพิ่มเติม ถ้าหากไม่ให้น้ำแก่พืชน้ำในดินก็จะเหลือแต่น้ำเยื่อ (Hygroscopic Water) ซึ่งพืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้และจะตายไปในที่สุด ความชื้นของดินที่มีแต่น้ำเยื่อเหลืออยู่นี้เรียกว่าเป็นความชื้นที่ Ultimate Wilting Point ความชื้นในดินจากจุดเหี่ยวเฉาจารกใบที่แก่ที่สุดจนกระทั่งเหี่ยวหมดทั้งต้นเมื่อความชื้นในดินถึง Ultimater Witing Point น้ำในดิน และระดับ ความชื้นของดินที่จุดต่างๆจะดูได้จากรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 น้ำในดินและระดับความชื้นของดินที่จุดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (Available Moisture)

น้ำในรูปของความชื้นในดินที่พืชนำไปใช้ได้สำหรับการเจริญเติบโตก็คือน้ำซับซึ่งอยู่ระหว่าง (Field Capacity) กับจุดเหี่ยวเฉาถาวร ดังนั้นผลต่างระหว่างความชื้นในดินสองค่านี้ก็คือ ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (Available Moisture)

ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้นี้มักจะวัดเป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง เปอร์เซนต์โดยปริมาตร หรือเป็นความลึกของน้ำ เช่น ดินร่วน (Loam) มีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ 1.5 มิลลิเมตรต่อความลึกของดิน 1 เซนติเมตรเป็นต้น หน่วยทั้งสามนี้สามารถเปลี่ยนจากหน่วยหนึ่งเป็นอีกหน่วยหนึ่งได้ถ้าทราบความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน

ขนาดของเมล็ดดิน หรือเนื้อดินจะมีผลต่อปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ได้มาก กล่าวคือในดินที่มีเนื้อละเอียดจะมีความชื้นทีพืชนำไปใช้ได้มากกว่าดินทีมีเนื้อหยาบ อย่างไรก็ตาม ดินทรายบางชนิดอาจมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้มากกว่าดินเหนียว ทั้งนี้เพราะดินทีมีเนื้อละเอียดมากๆจะมีน้ำที่ยึดอยู่รอบๆเมล็ดดินซึ่งพืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้เป็นจำนวนมากด้วย

ในดินทรายทีมีการระบายน้ำได้ดีมักจะมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ไม่มากนัก ทั้งนี้เพราะว่าที่ Field Capacity น้ำที่บรรจุอยู่ในช่องว่างระหว่างเมล็ดดินซึ่งส่วนมากมีขนาดใหญ่จะถูกระบายออกไปจนหมด จึงมีความชื้นที่เก็บไว้ได้น้อย ดินที่มีความชื้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้มากมักจะเป็นดินที่มีเมล็ดขนาดปานกลางหรือค่อนข้างละเอียด เช่น ดินที่ประกอบขึ้นด้วยตะกอนทราย(silt) เป็นส่วนใหญ่ ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้สำหรับดินชนิดต่างๆ จะดูได้จากตารางที่ 2.1

ตามปกติแล้วเรามักจะมองข้ามความสำคัญของน้ำอิสระไปโดยถือว่าพืชไม่ได้ใช้น้ำนี้ แต่ความเป็นจริงแล้วพืชอาจใช้น้ำอิสระได้มากเหมือนกัน เช่น ในการให้น้ำแบบฉีดฝอย(Sprinkler Irrigation) หรือแบบผิวดิน (Surface Irrigation) ซึ่งน้ำจะซึมจากผิวดินและทำให้ดินชั้นบนอิ่มน้ำก่อนที่การให้น้ำนั้นจะเสร็จ ขณะที่ดินชั้นบนอิ่มน้ำนี้รากพืชตอนบนจะดูดน้ำอิสระไปใช้ได้บ้าง แต่จะเป็นปริมาณน้อยเท่าไรนั้นย่อมขึ้นกับว่าดินจะระบายน้ำออกจนเหลือเป็นความชื้นที่ Field Capacity โดยใช้เวลาเท่าใด และความถี่ในการให้น้ำบ่อยครั้งแค่ไหน แต่เนื่องจากว่าโอกาสที่พืชจะดูดไปใช้มีไม่มากนัก ดังนั้นน้ำส่วนนี้จึงมักจะไม่นำเข้ามาพิจารณาโดยถือว่าเป็นส่วนน้อยที่ตัดทิ้งได้

2.1.5 การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน

การหาทิศทางการไหลของน้ำในดินนั้นเป็นเรื่องที่ค่อนข้างจะยุ่งยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อดินนั้นไม่อิ่มน้ำ ทั้งนี้เพราะน้ำที่ไหลนั้นอาจจะอยู่ในสภาพของของเหลวหรือไอน้ำ และแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ทำให้เกิดการไหลอาจจะเนื่องมาจากแรงดึงดูดของโลก แรงดูดซับ(Capillary Force) หรือเนื่องมาจากความร้อนก็ได้ กล่างคือ แรงดึงดูดของโลกจะทำให้น้ำไหลลงในแนวดิ่ง แรงดูดซับทำให้น้ำไหลในช่องว่างระหว่างเมล็ดดินในทิศทางใดก็ได้และความร้อนทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำและแพร่กระจายผ่านเข้าไปในช่องว่างระหว่างเมล็ดดิน

อัตราการไหลของน้ำอิสระ (Free Water) ในดินส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับขนาดและความต่อเนื่องกันของช่องว่างระหว่างเมล็ดดิน โดยปกติกแล้วมันจะไหลในช่องว่างที่มีขนาดใหญ่ได้เร็วกว่าในช่องว่างขนาดเล็ก ทั้งนี้เพราะช่องว่างขนาดเล็กจะมีความเสียดทานต่อการไหลมากกว่าการไหลของน้ำอิสระจะถูกทำให้ช้าลงถ้าหากว่ามีชั้นดินซึ่งมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ต่ำ (Low Permeability) ขวางอยู่ เช่นมีชั้นดินเหนียวแทรกตัวอยู่ในชั้นดินเป็นต้น ในกรณีที่มีชั้นดินทรายแทรกตัวอยู่ในดินเหนียว น้ำที่ซึมลงมาจากชั้นดินเหนียวจะหยุดอยู่ตรงผิวสัมผัสระหว่างดินทั้งสองชั่วระยะเวลาหนึ่ง ทั้งนี้เพราะว่าช่องว่างระหว่างเม็ดดินทั้งสองมีขนาดแตกต่างกัน จึงทำให้ไม่เกิดความต่อเนื่องในการไหล แต่เมื่อน้ำนั้นไหลเข้ามาบรรจะจนเต็มช่องว่างที่มีขนาดใหญ่แล้วการไหลซึมของน้ำก็จะดำเนินไปตามปกติ

ขณะที่ให้น้ำแก่ดินน้ำจะเคลื่อนตัวแผ่ออกไปเป็นแนว ดินส่วนที่อยู่ใกล้จุดที่ให้น้ำหรือสัมผัสกับน้ำจะอิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturated) ส่วนที่อยู่ถัดต่อมาจะมีความชื้นน้อยลง และจะมีการเปลี่ยนความชื้นอย่างรวดเร็ว คือจากความชื้นใกล้จุดอิ่มตัวด้วยน้ำถึงความชื้นของดินเดิมในแนวที่น้ำแผ่กระจายไปถึง แนวที่น้ำแผ่กระจายออกไปนี้จะเห็นได้ชัดถ้าดินนั้นแห้ง

การเคลื่อนที่ของน้ำซับ (Capillary Water) นั้น เนื่องมาจากความแตกต่างของแรงดึงระหว่างน้ำซึ่งเกาะอยู่รอบๆเมล็ดดินที่มีความหนาแน่นต่างกัน น้ำจะเคลื่อนที่จากเมล็ดดินทีมีน้ำเกาะอยู่หนาไปสู่เมล็ดดินทีมีน้ำเกาะบางกว่า ถ้าหากแรงที่ทำให้น้ำเคลื่อนที่นี้คิดเป็นแรงดึงน้ำซับก็จะไหลจากจุดที่มีแรงดึงน้อยไปสู่จุดที่มีแรงดึงมากกว่า ในดินทีเปียกหรืออิ่มน้ำ น้ำจะเคลื่อนที่ในดินทรายได้เร็วกว่าดินเหนียว แต่ในดินแห้งน้ำจะเคลื่อนที่ในดินเหนียวได้เร็วกว่าในดินทรายทั้งนี้เพราะว่าในขณะที่มีน้ำอยู่ในดินเป็นปริมาณมากน้ำย่อมจะไหลในดินที่มีช่องว่างขนาดใหญ่ได้เร็วกว่า แต่เมื่อดินนั้นแห้ง น้ำจะไหลไม่เต็มช่องว่างทีมีขนาดใหญ่ จึงต้องเคลื่อนตัวไปบนผิวของเมล็ดดินซึ่งทำให้ไหลช้าลงมาก สำหรับดินที่มีช่องว่างขนาดเล็กน้ำจะยังคงไหลได้เต็มช่องว่างดังนั้น ในดินแห้ง น้ำซับจึงเคลื่อนที่ในดินเหนียวได้เร็วกว่าในดินทราย

ความร้อนทำให้น้ำในดินเคลื่อนที่ในรูปของไอน้ำ ขณะที่ไอน้ำแพร่กระจายผ่านดินตอนผิวดินมันอาจจะกลั่นตัวเป็นน้ำและขังอยู่ในดิน หรือไหลออกมาสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำก็ได้ ขณะที่น้ำระเหยจากผิวดิน ดินชั้นบนจะแห้งและก่อให้เกิดแรงดึงความชื้นขึ้น น้ำซับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากดินชั้นที่อยู่ต่ำลงมาซึ่งมากกว่าก็จะไหลขึ้นมาแทนที่ การระเหยนี้จะมีต่อไปเรื่อยๆจนกระทั่งความหนาของชั้นดินแห้งบนผิวดินมากขึ้น การเคลื่อนที่ของน้ำในลักษณะดังกล่าวก็จะหมดไป แต่อาจจะยังมีการสูญเสียน้ำจากดินได้อีกในรูปของไอน้ำที่แพร่กระจายผ่านชั้นดินที่แห้งขึ้นมา

2.1.6 ดินเก็บน้ำไว้ได้อย่างไร

ดังที่ได้อธิบายไว้ในตอนแรกแล้วว่า เมื่อให้น้ำแก่ดิน น้ำก็จะไหลซึมเข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างเมล็ดดินแล้วยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำกับโมเลกุลของเมล็ดดิน (Adhesive Force) และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำด้วยกัน (Cohesive Force) รวมเป็นแรงดูดซับ (Capillary Force) ดังนั้นการที่จะทำให้น้ำในดินเคลื่อนที่หรือดูดน้ำออกจากดินจึงต้องใช้แรงที่มากกว่าแรงดังกล่าวนี้ ขนาดของแรงที่จะใช้ซึ่งอยู่ในรูปของแรงดึงจะขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดิน กล่าวคือ ถ้าดินยิ่งมีความชื้นมากเท่าไรน้ำที่เกาะอยู่รอบๆเมล็ดดินที่มีน้ำเกาะอยู่บางกว่าได้ง่าย แต่เมื่อความชื้นในดินลดลง แรงยึดเหนี่ยวจากโมเลกุลดินก็จะมีอิทธิพลมากขึ้น การที่จะดูดน้ำจากดินไปใช้จึงต้องใช้แรงมากขึ้น

2.1.7 แรงดึงความชื้น (Soil Moisture Tension)

แรงดึงความชื้น คือแรงที่ใช้วัดความเหนียวแน่นที่ดินยึดเอาน้ำไว้ และเป็นแรงที่จะต้องใช้เพื่อจะดูดน้ำออกจากดินต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ หน่วยที่ใช้วัดแรงดึงความชื้นที่มักจะวัดเป็นบรรยากาศ (ความกดดันของอากาศที่ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส) หนึ่งบรรยากาศจะมีค่าเท่ากับความกดดัน 14.71 ปอนด์ต่อตารางนิ้วหรือแท่งน้ำสูง 34.01 ฟุต หรือ 1036 เซนติเมตร

ค่าแรงดึงความชื้นของดินไม่ได้เป็นสิ่งที่แสดงปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดิน หรือบอกปริมาณน้ำที่นะสามารถดูดออกจากดินได้ แต่จะบอกถึงความยากง่ายที่พืชจะดูดน้ำจากดินไปใช้ได้มากกว่า เพราะว่าปริมาณน้ำในดินจะขึ้นอยู่กับเนื้อดินและโครงสร้างของดิน โดยทั่วๆไปแล้วน้ำในดินทรายจะถูกระบายออกเกือบหมด โดยใช้แรงดึงความชื้นเพียงเล็กน้อย แต่ดินที่มีเนื้อละเอียด เช่น ดินเหนียว จะยังคงมีน้ำอยู่เป็นจำนวนมากถึงแม้ว่าแรงดึงความชื้นจะมีค่าสูงในขนาดที่พืชซึ่งปลูกในดินที่มีแรงดึงความชื้นขนาดนั้นจะแสดงอาการเหี่ยวเฉาแล้วก็ตาม

ถ้าหากต้องการจะทราบว่าดินเก็บน้ำไว้ได้เป็นปริมาณมากน้อยแท่าไรเมื่ออยู่ใต้แรงดึงความชื้นในดินกับแรงดึงความชื้น กราฟดังกราฟดังกล่าวนี้เรียกว่ากราฟแสดงลักษณะการอุ้มน้ำของดิน (Soil Moisture Characteristic Curve หรือ Soil Moisture Extraction) กราฟนี้จะแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เห็นถึงความยากง่ายที่จะดูดความชื้นออกจากดิน และแสดงให้เห็นถึงจำนวนความชื้นที่ยังเหลืออยู่เมื่อได้รับแรงดึงความชื้นขนาดต่างๆแล้ว

จากรูปข้างบนนี้จะเห็นได้ว่า ดินเหนียวยังคงระบายน้ำออกจากกินอย่งสม่ำเสมอเมื่อแรงดึงความชื้นเพิ่มขึ้น ส่วนดินทรายจะระบายน้ำออกเกือบหมดเมื่อได้รับแรงดึงความชื้นเพียงเล็กน้อย สำหรับดินร่วนนั้นจะอยู่ระหว่างดินเหนียวกับดินทราย

แรงดึงความชื้นดังที่ได้อธิบายมานี้ถือว่าน้ำเป็นน้ำบริสุทธิ์ ถ้าหากว่าน้ำในดินมีเกลือละลายอยู่น้ำดังกล่างก็จะมีความข้นเหนียว (Viscoscity) เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลให้ต้องเพิ่มแรงดึงขึ้นอีกถ้าจะดูดน้ำออกจากดินเป็นปริมาณเท่าเดิม ในกรณีที่เป็นพืช ปริมาณน้ำที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้ก็จะลดลง ทั้งนี้เพราะรากพืชมีความสามารถดูดน้ำจากดินไปใช้ได้ด้วยแรงดึงความชื้นของรากพืชนั้นเกิดจาก Osmotic Pressure ซึ่งมีหลักอยู่ว่า ถ้ามีสารละลายสองชนิดซึ่งมีความเข้มข้นต่างกัน ถูกกั้นไว้ด้วยเซลล์พืชบางๆซึ่งไม่ยอมให้สารที่ถูกละลายผ่านไปได้ น้ำจะไหลจากสารละลายที่มีความเข้มข้นน้อยกว่าไปสู่สารละลายที่มีความเข้มข้นมากกว่า แรงที่ทำให้เกิดการไหลของน้ำผ่านเซลล์ผืนบางๆต่อหน่วยพื้นที่ในลักษณะเช่นนี้เรียกว่า Osmotic Pressure

น้ำในดินซึ่งอยู่ในพื้นที่เพาะปลูกมักจะมีเกลือละลายอยู่ด้วย ความเข้มข้นของเกลือในดินนี้ทำให้เกิดความต้านทานแรงดูดน้ำของรากพืช ทั้งนี้เพราะว่าพืชจะต่องใช้แรงดูดทั้งหมดเท่ากับแรงดึงความชื้นของดินรวมกับ Osmotic Pressure ของน้ำในดิน เช่น ถ้าดินมีแรงดึงความชื้น 1 บรรยากาศ พืชสามารถดูดน้ำจากดินไปใช้ได้อย่างพอเพียง แต่ถ้าหากน้ำในดินมีเกลือมากและมี Osmotic Pressure เท่ากับ 10 บรรยากาศ พืชจะต้องใช้แรงดูดถึง 11 บรรยากาศจึงจะได้น้ำไปใช้ ซึ่งพืชอาจจะไม่สามารถดูดน้ำไปใช้ให้ทันกับความต้องการได้

เนื่องจากว่าความชื้นของดินที่ Field Capacity และที่จุดเหี่ยวเฉาถาวรเป็นความชื้นที่ยังเหลืออยู่ในดินเมื่อน้ำจำนวนหนึ่งได้ถูกระบายออกไปแล้ว เราอาจจะหาความชื้นเหล่านี้ในห้องทดลองได้โดยการนำตัวอย่างดินมาทำให้อิ่มน้ำ แล้วให้รับแรงดึงความชื้นหรือดูดน้ำออกในขนาดที่จะทำให้น้ำอิสระระบายออกไปหมด หรือขนาดที่ความชื้นที่เหลืออยู่ในดินนั้นทำให้พืชเริ่มมีการเหี่ยวเฉาอย่างถาวร

จากการทดลองพบว่า ความชื้นที่เหลืออยู่ในดินเมื่อผ่านการดูดความชื้นออกด้วยแรงขนาด 1/10 ถึง 1/3 บรรยากาศจะเป็นความชื้นที่ Field Capacity ถ้าหากว่าน้ำในดินนั้นมีเกลือละลายไม่เกินกว่าระดับปกติ ค่าแรง ดึงความชื้นที่ Field Capacity นี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการระบายน้ำของดินด้วย เช่นดินทรายจะมีแรงดึงความชื้นประมาณ 1/10 บรรยากาศ ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหนียวมีแรงดึงความชื้นสูงกว่า คือประมาณ 1/3 บรรยากาศ ดินในพื้นที่เพาะปลูกทั่งๆไปจะมีแรงดึงความชื้นที่ Field Capacity ประมาณ 1/10 บรรยากาศ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากว่าโดยปกติแล้วความชื้นที่เหลืออยู่ในดินเมื่อมันได้รับแรงดึงความชื้น 1/10 และ 1/3 บรรยากาศนั้น อาจแตกต่างกันมาก ดังนั้นจึงควรพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสม มิฉะนั้นจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการคำนวณปริมาณความชื้นที่ต้องให้แก่ดินได้

แรงดึงความชื้นที่ จุดเหี่ยวเฉา มีค่าประมารตั้งแต่ 7 ถึง 40 บรรยายกาศ ทั้งนี้อยู่กับอัตราการใช้น้ำของพืชสูง อาการเหี่ยวเฉาอย่างถาวรของพืชก็อาจจะเกิดขึ้นได้ในขณะที่แรงดึงความชื้นไม่มากนัก คือความชื้นในดินยังสูงอยู่ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากว่าโดยปรกติแล้ว ความชื้นไม่มากนัก คือความชื้นในดินยังสูงอยู่ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากว่าโดยปกติแล้ว ความชื้นที่เหลืออยู่ในดินจะมีปริมาณน้อยมาก ถึงแม้ว่าจะเพิ่มแรงดันความชื้นในดินเมื่อมีแรงดึงความชื้น 15 บรรยากาศเป็นความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting point)

2.1.8 การหาจำนวนความชื้นในดิน

การหาจำนวนความชื้นในดิน ถึงแม้ว่าจะเป็นงานที่ต้องใช้เวลาและสิ้นเปลืองมากแต่ก็เป็นสิ่งนำเป็นอย่างยิ่งในงานชลประทาน การหาจำนวนความชื้นตามปกติจะทำโดยการใช้สว่านเจาะเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกที่ต้องการ แล้งบรรจุในกระป๋องเก็บตัวอย่างซึ่งมีฝาปิดมิดชิด นำมาชั่งและอบให้แงในเตาอบซึ่งมีอุณหภูมิ 105 ถึง 110 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมงหรือจนกว่าดินนั้นจะแห้งแล้วก็คือน้ำหนักของน้ำที่อยู่ในดิน

การหาจำนวนความชื้นในดินอาจทำได้ 2 แบบ คือคำนวณเป็น

ก. เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนักทำโดยน้ำหนัก เหมาะสำหรับ หาจำนวนความชื้นเมื่อไม่ทราบปริมาตรของตัวอย่างดินที่เก็บมา หรือเมื่อทราบความถ่วงจำเพาะปรากฏ (Apparent Specific Gravity ,A_s) ของดินแล้ว การคำนวณเปอร์เซนต์ความชื้นโดยน้ำหนักทำโดยน้ำหนักทำโดยใช้สมการ

$$P_w = (w_w / w_s) * 100 \quad .....(1)$$

ในเมื่อ P_w = เปอร์เซนต์ความชื้นโดยเทียบกับน้ำหนักของดินแห้ง

W_w = น้ำหนักของน้ำในดิน

W_s = น้ำหนักของดินที่อบให้แห้งด้วยเตาอบ

การบอกเปอร์เซนต์ความชื้นโดยน้ำหนักนั้น บอกโดยเทียบกับน้ำหนักของดินแห้งเสมอ

ข. เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยปริมาตร การหาจำนวนความชื้นเปอร์เซนต์โดยปริมาตรทำได้ยากกว่าเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง ทั้งนี้เพราะจำเป็นต้องทราบปริมาตรทำได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่าเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง ทั้งนี้เพราะจำเป็นต้องทราบปริมาตรของตัวอย่างดินด้วย ทำให้ต้องใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดิน (Soil Core Sampler) หรือหาปริมาตรของก้อนตัวอย่างดินโดยวิธีอื่น อย่างไรก็ตาม การบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยปริมาตร ทำโดยใช้สมการ

$P_w = (V_w / V_s) * 100$ .....(2)

ในเมื่อ P_v = เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยเทียบกับปริมาตรของดินทั้งก้อน

V_w = ปริมาตรของน้ำในดิน

V = ปริมาตรของก้อนดิน

ถ้าการเก็บตัวอย่างทำโดยใช้กระลกเก็ลตัวอย่างซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดสม่ำเสมอเท่ากับ A ดังนั้น ปริมาตรของน้ำในดินจะเท่ากับ d* A และปริมาตรของดินเท่ากับ D*A ในเมื่อd และA เป็นความลึกของน้ำที่อยู่ในดินและความลึกของแท่งดินตามลำดับ จากสมการ (ข) จะได้ว่า

$P_V = ((d*A)/(D*A)) *100$

หรือ $d = (P_V/100) *D$ ..... (3)

ในกรณีที่ทราบความถ่วงจำเพาะปรากฏหรือ Bulk Density ของดินแล้ว การหาจำนวนความชื้นของดินเป็นเปอร์เซนต์โดยปริมาตรจะง่ายขึ้นโดยทำการหาความชื้นเป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักซึ่งสะดวกกว่าเสียก่อน แล้วใช้สูตร

$P_V = P_W * A_S$ .....(4)

ในเมื่อ d เป็นความลึกของน้ำที่อยู่ในดิน D เป็นความลึกของดิน ความลึกทั้งสองอย่างนี้จะต้องมีหน่วยอย่างเดียวกัน คือถ้า D เป็นเซนติเมตร d ก็จะต้องเป็นเซนติเมตรด้วย

$d = (P_W/100)*A_S*D$ .....(5)

ในเมื่อ d เป็นความลึกของน้ำที่อยู่ดิน ความลึกทั้งสองอย่างนี้จะต้องมีหน่วยอย่างเดียวกัน คือถ้า D เป็นเซนติเมตร d ก็จะต้องเป็นเซนติเมตรด้วย

ในงานชลประทานบนแปลงปลูก จำนวนความชื้นที่พืชเอาไปใช้ได้มักจะคำนสณโดยมีหน่วยเป็นความลึกของน้ำต่อหนึ่งหน่วยความลึกของดิน เมื่อต้องการจะทราบว่าจะต้องให้น้ำแก่พืชคิดเป็นความลึกเท่าไรก็เอาความลึกเท่าไรก็เอาความลึกของเขตราก คูณกับค่าจำนวนความชื้นที่หาได้ ก็จะได้ความลึกของน้ำที่ต้องการให้แก่พืช

กรณีที่ดินในเขตรากมีเนื้อดินไม่สม่ำเสมอกันตลอด กล่าวคือ มีความถ่วงจำเพาะต่างกันการคำนวณหาปริมาณความชื้นที่จะต้องทำเป็นชั้นๆ แล้วจึงนำเอาความลึกของน้ำที่จะต้องให้แก่ดินในแต่ละชั้นมารวมกันก็เป็นความลึกของน้ำที่จะต้องให้แก่ดินทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 วิธีการให้น้ำแก่พืช

การชลประทานอาจทำได้หลายวิธี การที่จะเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งนั้นก็ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ คุณสมบัติของดิน ลักษณะของพื้นที่ที่ได้เตรียมไว้ พืชที่ปลูก วิธีการเพาะปลูก เงินลงทุน ตลอดจนน้ำที่ต้องจัดหามาให้แก่พืช วิธีการให้น้ำนั้นมักจะเรียกตามลักษณะอาการที่ให้น้ำแก่พืช ซึ่งอาจแบ่งเป็นสี่แบบใหญ่ๆด้วยกัน คือ

1.การให้น้ำแบบฉีดฝอย (sprinkler Irrigation)

2. การให้น้ำทางผิวดิน (Surface Irrigation)

3. การให้น้ำทางใต้ดิน (Subsurface Irrigation)

4. การให้น้ำแบบหยด (Drip or Trickle Irrigation)

แต่ละแบบที่กล่าวมาแล้วนั้นจะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ในพื้นที่เพาะปลูกแปลงหนึ่งๆอาจจะเลือกใช้น้ำได้หลายแบบ แต่โดยปกติแล้วกสิกรมักจะเลือกใช้แบบที่ตนเคยใช้หรือมีใช้อยู่ในแถบนั้น ทั้งๆที่บางครั้งวิธีที่ใช้อยู่นั้นอาจจะไม่เหมาะสมกับพื้นที่นั้นๆ หรือทำให้ประสิทธิภาพต่ำมาก ดังนั้นการแนะนำให้กสิกรเลือกใช้วิธีใดนั้นควรจะต้องคำนึงถึงค่าลงทุน ค่าแรง และความรู้ความชำนาญของผู้ใช้ด้วย

2.2.1 การให้น้ำแบบฉีดฝอย (Sprinkler Irrigation)

สำหรับการให้น้ำแบบฉีดฝอยนี้จะทำโดยฉีดน้ำจากหัวฉีดขึ้นไปบนอากาศแล้วให้เมล็ดน้ำตกลงมาบนพื้นที่เพาะปลูก โดยมีรูปทรงการแผ่กระจายของเมล็ดน้ำสม่ำเสมอ และอัตราที่น้ำตกลงมาบนพื้นที่เพาะปลูก โดยมีรูปทรงการแผ่กระจายของเมล็ดน้ำสม่ำเสมอ และอัตราที่น้ำตกลงมาบนพื้นที่น้อยกว่าอัตราการซึมของน้ำเข้าไปในดิน เนื่องจากการให้น้ำโดยวิธีนี้มีลักษณะอาการเช่นเดียวกับฝน ดังนั้น บางครั้งจึงเรียกการให้น้ำแบบนี้ว่าการให้น้ำแบบฝนโปรย

2.2.2 การเลือกใช้การให้น้ำแบบฉีดฝอย

โดยแท้จริงแล้วการให้น้ำแบบฉีดฝอยนี้สามารถจะใช้ได้กับพืชและดินทุกชนิด แต่เนื่องจากว่าค่าลงทุนสูงมาก จึงมักเลือกใช้วิธีนี้เมื่อวิธีอื่นๆ ไม่สามารถจะใช้ได้ หรือใช้ได้แต่ให้ประสิทธิภาพต่ำมาก สรุปได้ว่าการชลประทานแบบฝอยจะเหมาะสมกว่าแบบอื่น เมื่อสภาพของพื้นที่ดินและองค์ประกอบอื่นๆมีลักษณะดังต่อไปนี้ คือ

1) ดินมีอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินสู.มาก กล่าวคือสูงกว่า 75 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งจะทำให้การให้น้ำแบบอื่นมีประสิทธิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ความลึกของชั้นดินที่เป็นประโยชน์ ต่อพืชตื้นมาก และลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ไม่เหมาะสมที่จะทำการปรับพื้นที่เพื่อให้น้ำทางผิวดิน

3) พื้นที่มีความลาดเทชันมาก และดินถูกกัดพาได้ง่าย

4) อัตราการส่งน้ำจากโครงการชลประทานมายังพื้นที่เพาะปลูก หรือน้ำจากแหล่งอื่นที่หาได้น้อยเกินไปที่จะให้น้ำทางผิวดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5) พื้นที่เป็นคลื่น ซึ่งถ้าจะทำการปรับพื้นที่เพื่อการให้น้ำทางผิวดินแล้วต้องลงทุนสูงมาก

6) ผู้ให้น้ำไม่มีความชำนาญทางด้านการให้น้ำทางผิวดิน

7) ต้องการใช้พื้นที่ให้เกิดผลผลิตโดยเร็ว การให้น้ำแบบฉีดฝอยนี้สามารถออกแบบและติดตั้งได้รวดเร็วมาก

การให้น้ำแบบฉีดฝอยนอกจากจะเหมาะสมกับสภาพของพื้นที่ คุณสมบัติของดิน ฯลฯ ดังกล่าวแล้ว ยังมีข้อดีอีกหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับการชลประทานแบบผิวดิน คือ

1) การวัดน้ำทำได้ง่ายและสะดวกกว่า

2) สามารถที่จะออกแบบระบบให้น้ำให้มีความการะทบกระเทือนต่อการปฏิบัติงานในพื้นที่เพาะปลูกได้น้อยกว่า เช่น ไม่มีคู คลองส่งน้ำมากีดขวางการปฏิบัติงานของเครื่องจักรกลเกษตร นอกจากนั้นยังไม่ต้องเสียพื้นที่ สำหรับคูคลองส่งน้ำอีกด้วย

3) มีประสิทธิภาพในการส่งน้ำสูง

4) ในกรณีที่ต้องสูบน้ำขึ้นจากคลองส่งน้ำหรอบ่อน้ำบาดาลอยู่แล้ว การใช้การให้น้ำแบบฉีดฝอยจะไม่ตอ้งลงทุนเพื่อเพิ่มความดันของน้ำที่หัวฉีดอีกมาก

5) ถ้าหากมีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำแห่งเดียวกันเพื่อวัตถุประสงค์อย่างอื่นด้วย เช่น ใช้เลี้ยงสัตว์หรอใช้ในบ้า ก็อาจใช้ท่อส่งน้ำร่วมก็ได้

6) ถ้าหากสามารถส่งน้ำซึ่งมีแรงดันสูงพอไปยังพื้นที่เพาะปลูกโดยอาศัยแรงดึงดูดของโลกได้ด้วยแล้วการให้น้ำวิธีนี้ก็จะยิ่งน่าใช้มากขึ้น เพราะจะสามารถลดค่าเชื้อเพลิงลงได้มาก

7) การให้น้ำแบบฉีดฝอยสามารถให้น้ำครั้งละน้อยๆ และบ่อยครั้งได้อย่างมีประสิทธิ ทำให้เหมาะสมกับพืชที่มีรากตื้น เช่น พืชที่เริ่มงอก หรอพวกผักต่างๆ ซึ่งมีรากตื้นและต้องการให้ดินมีความชุ่มชื้นสูงอยู่เสมอ

8) ระบบให้น้ำแบบนี้อาจจะใช้ให้ปุ๋ยและสารเคมีแก่พืชในขณะเดียวกันกับให้น้ำได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9) ในภูมิประเทศที่มีอากาศหนาวจัด ระบบให้น้ำแบบฉีดฝอยอาจจะใช้ป้องกันความเสียหายจากการแข็งตัวของพืชเมื่ออุณหภูมิของบรรยากาศลดลงต่ำกว่าจุดเยือกแข็งได้ด้วย

สำหรับข้อเสียของการให้น้ำแบบฉีดฝอยก็มี

1) ค่าลงทุนครั้งแรกสูงมาก นอกจากนั้นยังจะต้องเสียค่าเชื่อเพลิงหรือไฟฟ้าในการให้น้ำทุกครั้ง และยังมีอุปกรณ์ซึ่งต้องบำรุงรักษาอยู่เป็นประจำอีกด้วย

2) การเคลื่อนย้ายท่อและอุปกรณ์เพื่อนำไปใช้ในพื้นที่อื่นหลังจากที่ให้น้ำแก่พืชเสร็จแล้วอาจจะทำได้ไม่สะดวก เพราะดินจะเปียกและเป็นโคลน โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นพวกดินเหนียว

3) การให้น้ำแก่พืชโดยให้เล็ดน้ำตกลงบนดินอย่างทั่วถึงกันนั้น อาจทำให้เมล็ดพืชชนิดต่างๆงอก และต้องกำจัดวัชพืชมากขึ้นด้วย

4) เมล็ดน้ำที่ตกลงมาบนต้นและใบพืชจะชะล้างยาฆ่าแมลงที่ฉีดไว้ออกไปด้วย ดังนั้นการฉีดยาฆ่าแมลงเหล่านี้ต้องทำหลังจากการให้น้ำแล้ว

5) เนื่องจากว่าน้ำจะเปียกผิวดิน ตลอดจนกิ่ง ใบ และลำต้นของพืชจนทั่ว ดังนั้นการให้น้ำแบบนี้จะมีการสูญเสียน้ำจากการระเหยมากกว่าแบบอื่นๆ

6) การแผ่กระจายของเมล็ดน้ำจะไม่สม่ำเสมอถ้าหากมีลมพัดแรง ทำให้ประสิทธิภาพในการให้น้ำลดลง อาจจะต้องมีการออกแบบเป็นพิเศษถ้าจะเลือกใช้วิธีการให้น้ำแบบนี้ในเขตที่มีลมพัดแรงเป็นประจำ

7) ในกรณีที่มีความจำเป็นจะต้องให้น้ำแก่พื้นที่ทั้งหมดในระยะเวลาอันสั้น เช่น ขณะที่ต้นพืชยังเล็กอยู่และอากาศร้อนจัดซึ่งจะต้องให้บ่อยครั้ง สภาพดังกล่าวนี้อาจจะเคลื่อนที่ย้ายอุปกรณ์และให้น้ำไม่ทันกับความต้องการ แต่ถ้าหากมีน้ำมากพออยู่แล้ว การให้น้ำทางผิวดินจะสามารถให้น้ำในระยะเวลาอันสั้นได้ง่ายและรวดเร็วกว่า

2.2.3 อุปกรณ์ให้น้ำแบบฉีดฝอย

ระบบให้น้ำแบบฉีดฝอยประกอบขึ้นด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญสี่อย่างด้วยกัน คือ

เครื่องสูบน้ำ ท่อประธาน (Mainline Pipe)

ท่อแยก (Lateral Pipe) และหัวจ่ายน้ำ (Sprinkler)

1) เครื่องสูบน้ำ (Pumping Unit)ทำหน้าที่สูบน้ำจากแหล่งน้ำและเพิ่มแรงดันให้กับหัวจ่ายน้ำ (Sprinkler) เครื่องสูบน้ำอาจขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2) ท่อประธาน (Mainline Pipe Unit) ทำหน้าที่ส่งน้ำจากท่อประะานไปท่อแยก (Laterals) ท่อประธานนี้อาจเป็นท่ออ่อน (Flexible) ท่อโลหะที่ถอดออกได้ เป็นท่อนๆ หรือเป็นท่อที่ต่อติดอยู่กับที่ก็ได้

3) ท่อแยก (Lateral Pipe Unit) ทำหน้าที่จ่ายน้ำจากท่อประธานไปยังหัวจ่าย ท่อแยกมี สามแบบเช่นเดียวกับท่อประธาน แต่มีขนาดเล็กกว่าและ มีอุปกรณ์สำหรับติดตั้งท่อตั้ง (Riser) เพื่อให้หัวฉีดอยู่เหนือระดับติดตั้งเหนือยอดพืช

4) หัวจ่ายน้ำ (Sprinkler Unit) ทำหน้าที่จ่ายน้ำซึ่งมีสองแบบด้วยกัน คือ แบบจ่ายน้ำโดยการหมุนหัวฉีดเป็นวงกลมในแนวราบ (Perforalted Pipe) แต่แบบหลังนี้ไม่ค่อยได้รับความนิยมนัก เมื่อพูดถึงหัวจ่ายน้ำโดยทั่วไปจะหมายถึงแบบแรกมากกว่า

2.2.4 ระบบการให้น้ำแบบฉีดฝอย

ระบบให้น้ำแบบฉีดฝอยแบ่งออกเป็นสามแบบด้วยกัน คือ

1)แบบติดอยู่กับที่ (Pernanent System) เป็นแบบที่อุปกรณ์ทุกอย่างติดอยู่กับที่เคลื่อนย้ายไม่ได้ โดยปกติ แล้วท่อต่างๆ มักจะฝังอยู่ใต้ดิน หรือมิฉะนั้นก็จะ ยกสูงเหนือผิวดินเลย ระบบแบบนี้มักจะใช้ในเรือนเพาะชำหรือใช้กับพืชที่ต้องการให้น้ำบ่อยๆ และให้ผลตอบแทนสูงเพราะค่าลงทุนจะสูงกว่าแบบอื่นๆแต่จะประหยัดค่าแรงในการให้น้ำได้มาก

2) แบบเคลื่อนย้ายได้เพียงบางส่วน (Semi – protable Systems) แบบนี้อุปกรณ์บางอย่างจะติดอยู่กับที่บางอย่างสามารถเคลื่อนย้ายได้ โดยมากเครื่องสูบน้ำ ท่อประธาน (Main Line) และรองประธาน (sub –main line) จะติดอยู่กับที่ส่วนท่อแยก (Lateral) และรองประธาน (Sub - main line) จะติดอยู่กับส่วนท่อแยก (Lateral) ซึ่งมีท่อตั้งและหัวจ่ายน้ำติดอยู สามารถถอดออกเป็นท่อนๆด้วยมือแล้วนำไปติดตั้งใหม่ที่อื่นได้ (Hand – moved) ท่อแยกชนิดนี้สามารถนำมาใช้กับรถแทรกเตอร์ หรือเคลื่อนที่ด้วยตัวของมันเองได้โดยอาศัยแรงดันของน้ำหรือมอเตอร์ (Hand – moved) หรือหมุนเป็นวงกลมรอบปลายข้างหนึ่งขอท่อแยก (Self –proelled)

3) แบบเคลื่อนย้ายได้ทั้งหมด (Portable Systems) อุปกรณ์ของระบบให้น้ำแบบนี้ทุกอย่างตั้งแต่เครื่องสูบน้ำถึงท่อแยกเคลื่อนได้ทั้งหมด

2.3 การกำหนดการให้น้ำแก่พืช

ในการชลประทาน หรือการให้น้ำแก่พืชเพื่อให้พืชเจริญเติบโตและให้ผลตอบแทนสูงนั้นเรามักจะพบกับปัญหาซึ่งเป็นหัวใจของการชลประทานอยู่เสมอ คือ เมื่อไรจึงควรให้น้ำแก่พืชและให้เป็นปริมาณมากน้อยเท่าไร ถ้าหากทราบคำตอบของสองข้อนี้ก็หาคำตอบได้ว่า การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
36741

ชลประทานจะสัมฤทธิ์ผลแน่นอน แต่ก่อนที่จะให้คำตอบนี้ได้นั้นเราจำเป็นต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับพืช น้ำและดิน ซึ่งเป็นองค์ประกอบของการชลประทานนี้ก่อน สิ่งที่เราต้องการทราบนี้ก็มี

1) ปริมาณน้ำที่พืชต้องการที่ระยะเวลาต่างๆตลอดอายุของมัน

2) ความสามารถเก็บน้ำไว้ได้ของดินในเขตราก

3) ปริมาณน้ำที่หามาทำการชลประทานได้ และกำหนดเวลาที่จะได้รับน้ำนั้น

ปริมาณน้ำที่พืชต้องการที่ระยะเวลาต่างๆตลอดอายุของมัน และความสามารถเก็บน้ำไว้ได้ในเขตรากดิน เป็นข้อมูลสำคัญเบื้องต้นซึ่งจะต้องนำมาใช้หาความถี่ในการให้น้ำ และปริมาณที่จะต้องให้ในแต่ละครั้ง อย่างไรก็ตาม ในบางครั้งเราไม่สามารถจะให้แก่พืชได้เต็มจำนวนความต้องการเสมอไปเนื่องจากว่าน้ำที่มีอยู่นั้นมีจำนวนจำกัด หรือในขณะที่พืชกำลังต้องการน้ำนั้นยังไม่ถึงกำหนดการส่งน้ำจากโครงการชลประทาน ดังนั้น จึงต้องทราบด้วยว่าจะมีน้ำที่สามารถให้แก่พืชได้อย่างแน่นอนเท่าไรและมีหมายกำหนดการส่งน้ำอย่างไร เพื่อที่ว่าจะได้จัดเวลาที่ยอมให้พืชขาดน้ำอยู่ในช่วงที่จะกระทบกระเทือนผลผลิตน้อยที่สุด หรือถ้ามีน้ำมากพอแต่การส่งน้ำนั้นไม่ตรงกับที่พืชต้องการ ก็จะได้จัดเตรียมเก็บกักน้ำไว้ใช้ในช่วงที่มิได้มีการส่งน้ำด้วย

2.3.1 พืชกับการกำหนดการให้น้ำ

พืชที่กำลังเจริญเติบโตย่อมมีการใช้น้ำอยู่ตลอดเวลา อัตราการใช้น้ำจะขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืช รังสีอาทิตย์ อุณหภูมิและสภาพภูมิอากาศอื่นๆ การให้น้ำแก่พืชในแต่ละครั้งปริมาณที่ให้ควรจะมากพอกับความต้องการของพืชไปจนกว่าจะถึงกำหนดการให้น้ำคราวหน้าซึ่งอาจจะมีระยะเวลาตั้งแต่สองสามวันจนถึงสองสามอาทิตย์ ความถี่ในการให้น้ำเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องพิจารณากันอย่างรอบคอบเพราะว่าพืชบางชนิดเช่น พวกผักต่างๆ ต้องการให้ดินมีความชื้นสูงอยู่ตลอดเวลา ถ้าดินแห้งผลผลิตจะต่ำหรือมีคุณภาพเลวลง แต่พืชบางชนิด เช่น ส้มและไม้ผลอื่นๆ อีกหลายอย่าง ต้องให้มีการขาดน้ำบ้างเล็กน้อยเสียก่อนจึงจะออกดอกออกผล ดังนั้น การกำหนดความถี่ในการให้น้ำจึงจำเป็นต้องทราบอุปนิสัยของพืชที่ปลูกด้วย โดยทั่วๆไปแล้วการกำหนดเวลาที่ควรนะให้น้ำแก่พืชอาจทำได้สองแบบคือ โดยการสังเกตลักษณะอาการของพืชและโดยการพิจารณาจากจำนวนความชื้นที่ยังเหลืออยู่ในดิน

การกำหนดการให้น้ำโดยสังเกตจากลักษณะอาการของพืช นั้นสามารถใช้ได้กับพืชเพียงบางชนิด เช่นพืชที่มีรากเป็นหัวจะแสดงอาการเหี่ยวเฉาเมื่อเริ่มขาดน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตอนบ่ายที่มีอากาศร้อนจัด ถั่ว ฝ้าย เมื่อเริ่มมีการขาดน้ำใบอ่อนของมันจะมีสีเขียวเข้มขึ้นกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปกติสำหรับผลไม้ไม่ควรกำหนดการให้น้ำโดยวิธีนี้ เพราะกว่าจะสังเกตพบพืชอาจจะขาดน้ำติดต่อกันเป็นเวลาหลายวันแล้ว ซึ่งจะทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพและปริมาณลดลง

พืชทุกชนิดเมื่อมีการขาดน้ำจะลดอัตราการเจริญเติบโตลง ดังนั้น ถ้าไม่จำเป็นแล้วควรให้พืชมีน้ำใช้อย่างเพียงพออยู่เสมอ โดยทั่วๆไปแล้วเราจะกำหนดเวลาที่ต้องให้น้ำแก่พืชโดยการพิจารณาจากจำนวนความชื้นที่พืชนำไปใช้ (Available Moisture)
ที่ยังมีเหลืออยู่ในดิน เพราะจำนวนความชื้นดังกล่าวนี้เท่านั้นที่จะบอกว่าพืชกำลังขาดน้ำอยู่หรือเปล่า

การที่จะให้พืชมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและให้ผลผลิตสูง จะต้องคอยควบคุมจำนวนความชื้นในดินให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะอยู่เสมอ พืชส่วนใหญ่สามารถดูดน้ำจากดินไปใช้ได้อย่างดีถ้าดินมีความชื้นสูงเมื่อความชื้นในดินลดลงแรงดึงความชื้นของดินก็จะเพิ่มขึ้น ถ้าหากไม่มีน้ำมาเพิ่มความชื้นให้แก่ดินในที่สุดพืชจะไม่สามารถดูดน้ำมาใช้ให้เพียงพออัตราการเจริญเติบโตก็จะลดลงหรือหยุดการเจริญเติบโต แต่ถ้าหากมีการให้น้ำแก่พืชในตอนนี้พืชบางชนิดจะสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ตามปกติโดยมีการเสียหายเพียงเล็กน้อยหรือไม่เสียหายเลย พืชบางชนิดอาจจะเสียหายมากถ้าหากความชื้นในดินอยู่ในขีดเฉา(Wilting Point)ติดต่อกันเป็นเวลาหลายวัน ถึงแม้ว่ามันจะเจริญเติบโตต่อไปได้ แต่จะพบว่าผลผลิตที่ได้ลดลงไป

เนื่องจากว่าระดับความเสียหายที่เกิดจากการขาดน้ำนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืช ดังนั้นในเมื่อมีความจำเป็นที่จะต้อง ยอมให้พืชขาดน้ำ ก็ควรจะเลือกให้อยู่ในระยะที่กระทบกระเทือนต่อผลผลิตน้อยที่สุด เช่นการทดลองให้น้ำข้าวโพดพบว่า ถ้าให้ความชื้นในดินลดลงจนถึงขีดเฉาเป็นเวลา 1 ถึง 2 วันในช่วงที่ข้างโพดกำลังออกช่อดอก (Tasseling) จะทำให้ผลผลิตลดลงได้มากถึง 22 เปอร์เซนต์ และถ้าให้ขาดน้ำในช่วงนี้ติดต่อกันเป็นเวลา 6 ถึง 8 วัน ผลผลิตอาจจะลดลงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นถ้าตอ้งการปลูกข้าวโพดให้ได้ผลผลิตสูงแล้วก็จะต้องป้องกันมิให้ความชื้นใดินลดลงใกล้ขีดเฉาเลยตลอดอายุของมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่กำลังออกช่อดอก

สำหรับพืชบางชนิด เช่นฝ้าย ซึ่งมีการใช้น้ำในดินอย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าพืชชนิดอื่น อาจไม่จำเป็นต้องให้ดินมีความชื้นสูงอยู่ตลอดเวลา แต่ถ้าหากมันขาดน้ำผลผลิตก็จะลดลงเช่นเดียวกัน โดยปกติแล้วควรจะให้ดินมีความชื้นสูงอยู่ตลอดเวลาหลังจากที่มันเริ่มออกดอกแล้ว สำหรับยาสูบ ในระยะแรกๆไม่ควรให้น้ำมากนักแต่ควรจะให้ดนิมีความชื้นสูงอยู่เสมอในช่วงหลังของการเพาะปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืชเกือบทุกชนิดจะให้ผลผลิตลดลงหรือมีคุณภาพเลวลงถ้ามีการขาดน้ำที่ระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง ระยะเวลาที่เมื่อมีการขาดน้ำแล้วจะก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิตมากที่สุดเรียกว่าช่วงวิกฤติ (Critical Period) ดังนั้น ในช่วงระยะเวลาดังกล่าวนี้จะต้องดอยรักษาให้ดินมีความชื้นสูงอยู่เสมอ ช่วงวิกฤติในความต้องการน้ำของพืชชนิดต่างๆที่ปลูกกันทั่วๆไป

2.3.2วิธีการกำหนดการให้น้ำแก่พืช

การพิจารณาว่าเมื่อไรจะต้องให้น้ำแก่พืช สามารถทำได้หลายวิธี

1. สังเกตุดูจากการอาการของพืช การพิจารณาแบบนี้สามารถใช้ได้กับพืชบางชนิด เช่น พืชที่มีรากเป็นหัวจะแสดงอาการเหี่ยวเฉาเมื่อเริ่มขาดน้ำ พวกถั่ว ฝ้าย เมื่อเริ่มขาดน้ำก็จะแสดงใบที่มีสีอ่อนจะแสดงอาการมีสีเขียวเข้มกว่าปกติ วิธีการให้น้ำแก่พืชขึ้นอยู่กับความชำนาญมากกว่า

2. โดยการตรวจสอบความชื้นที่มีอยู่ในดินว่ามีมากน้อยเพียงใด

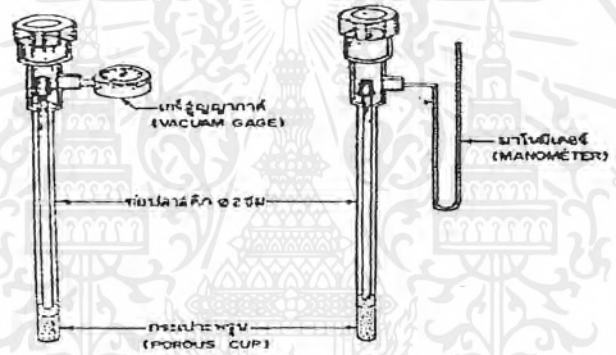
1) การดูลักษณะและความรู้สึกสัมผัสจากดิน โดยการเจาะดินที่ระดับความลึกต่างๆ ในเขตรากพืชที่จุดต่างๆในดิน และประมาณความชื้นที่มีอยู่ในดิน

2) การวัดความชื้นในดินโดยตรง มีการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกต่างๆ จากนั้นนำมาชั่งแล้วอบแห้งในเตาอบประมาณ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง น้ำหนักของดินที่หายไปในการชังครั้งที่ 2 จะเป็นน้ำหนักของน้ำที่อยู่ในดินในขณะเก็บตัวอย่าง น้ำดั้งกล่าวจะเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยดินแห้ง ถ้าทราบความถ่วงจำเพาะก็สามารถจะแปลงเป็นเปอร์เซนต์น้ำหนักโดยปริมาตรได้อย่างไรก็ตามจะต้องทราบ Field Capacity และจุดเหี่ยวเฉาของดินด้วย(Permanent Wilting Point) ตามปกติแล้ว
เราจะยอมให้ความชื้นของดินลดลงถึงระดับหนึ่งอาจจะเป็น 40 หรือ 60 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ค่าดั้งกล่าวเรียกว่าความชื้นที่ยอมให้ลดลงได้ (Allowable Soil Moisture Deficiency) ถ้าหากความชื้นของดินกว่านี้ก็จะก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิต ความชื้นต่ำสุดเรียกว่าความชื้นวิกฤต (Critical Moisture Level) การวัดความชื้นโดยตรงจะให้ค่าถูกต้องที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 การใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์วัด

1. **เครื่องวัดแรงดึงความชื้นของดิน(Tensionmeter)**เครื่องวัดแรงดึงแรงดึงความชื้นประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ คือท่อกลมส่วนมากเป็นพลาสติกใส มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร ยาวตั้งแต่ประมาณ 15 ถึง 150 เซนติเมตร แล้วแต่ความลึกที่ต้องการวัด ปลายท่อจะเป็นกระเปาะพรุน ขนาดเดียวกับท่อ ยาวประมาณ 6 เซนติเมตร และมีปลายกลมนสวมอยู่อีกปลายด้านหนึ่งมีฝาเกลียวเปิดได้ ก่อนที่จะถึงปลายท่อมีฝาเกลียวจะมีข้อต่อเข้ากับเกจ์สูญญากาศ (Vacuum Gage) เรียกว่ามาโนมิเตอร์ เพื่อใช้วัดค่าสูญญากาศในท่อพลาสติก



รูปที่ 2.2 ลักษณะของเครื่องวัดแรงดึงความชื้นในดิน

การทำงานของเครื่องวัดแรงดึงความชื้นจะเริ่มต้นเมื่อฝังลงไปในดินให้กระเปาะพรุนอยู่ตรงจุดที่ทำการวัด เติมน้ำให้เต็มแล้วปิดฝาให้แน่น ดินบริเวณรอบ ๆ กระเปาะพรุนซึ่งแห้งกว่าจะดูน้ำออกไปจากกระเปาะพรุนและทำให้เกิดสูญญากาศขึ้นในท่อพลาสติกซึ่งจะวัดได้จากเกจ์สูญญากาศหรือมาโนมิเตอร์ถ้าบริเวณรอบๆ กระเปาะพรุนและทำให้เกิดสูญญากาศมากในทางตรงกันข้ามหลังจากฝนตกหรือให้น้ำในดินมีความชื้นเพิ่มขึ้นแรงดึงความชื้นลดลง จะถูกเข้ามาและอ่านค่าได้จากเกจ์วัดสูญญากาศก็จะลดลง

สเกลที่หน้าปัดของเกจ์สูญญากาศจะบอกเป็นแรงดึงความชื้นของดิน 0 ถึง 100 เซนติบาร์ 100 เซนติบาร์เท่ากับ 1 บาร์ ซึ่งจะมีค่าประมาณเท่ากับ 14.7 ปอนด์ต่อตารานิ้ว ถ้าเกจ์สูญญากาศอ่านค่าได้ 0เซนติบาร์ ก็แสดงว่าดินนั้นอิ่มน้ำ จาก 0 ถึง 5 เซนติบาร์แสดงว่าดินเปียกมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับพื้นทั่วไป จาก 10 ถึง 25 เซนติบาร์แสดงว่าดินมีความชื้นพอเหมาะ แรงดึงความชื้นขนาดนี้ ประมาณ Field Capacity สำหรับจุดเหี่ยวเฉาของพืช Wilting Point ดินจะมีความชื้นประมาณ 1000 ถึง 2000 เซนติบาร์ ซึ่งไม่สามารถใช้เครื่องวัดแรงดึงความชื้นได้เมื่อเกจ์สูญญากาศวัดได้มากกว่า 25 เซนติบาร์ พืชมีความรู้สึกไวต่อการขาดน้ำบ้าง ก็อาจให้น้ำหลังจากแรงดึงความชื้นของดินเท่ากับ 80 เซนติบาร์ก็แสดงว่าควรให้น้ำพืชได้แล้ว ถึงแม้พืชจะไม่แสดงอาการเหี่ยวเฉาก็ตาม ความหมายของค่าที่อ่านได้สรุปไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความหมายของค่าที่อ่านได้จากเกจ์สูญญากาศของเครื่องวัดแรงดึงความชื้น

ค่าที่อ่านได้ เซนติบาร์	ความหมาย
0	เปียกน้ำมาก ดินอิ่มน้ำ (Saturated)
0-25	ดินมีความชื้นประมาณที่ (Field Capacity) ความชื้นกำลังพอเหมาะสำหรับพืช
มากกว่า 25	พืชมีความรู้สึกไวต่อการขาดน้ำ พืชรากตื้น พืชที่ปลูกในกระถาง จะเริ่มแสดงอาการขาดน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นดินเนื้อหยาบ
40-50	พืชทั่วไปที่มีรากลึก 50 เซนติเมตรหรือมากกว่าพืชจะเริ่มอาการเหี่ยวเฉา ถ้าเป็นเนื้อหยาบ
70	พืชที่มีรากลึก 75 เซนติเมตรหรือมากกว่าเนื้อดินปานกลางจะเริ่มแสดง อาการขาด น้ำ แต่ถ้าเป็นดินละเอียดหรือค่อนข้างละเอียดอาจจะดอยต่อไปได้อีก 3-4 วัน แล้วจึงให้น้ำก็ได้
80	ควรให้น้ำพืชได้แล้วแม้ว่าพืชยังไม่แสดงการขาดน้ำก็ตาม

ความถี่ในการอ่านค่าแรงดึงความชื้นเพื่อกำหนดการให้น้ำแก่พืชขึ้นอยู่กับอัตราการใช้น้ำของพืชและความสามารถในการเก็บน้ำของดินในเขตราก หลังจากให้น้ำควรมีการอ่านอย่างน้อย 3 ครั้ง หรือให้อ่าน 2 ครั้งติดต่อกันต่างกันไม่เกิน 15 เซนติบาร์ ถ้าหากมีการให้น้ำเกิน ครั้งใน 1 สัปดาห์ก็ควรจะอ่านทุกวัน และถ้าหากนำค่าที่อ่านได้ทุกครั้งมาเขียนกราฟแสดงค่าที่อ่าได้ในวันต่างๆ ดั้งรูปก็จะทำให้ทราบถึงสภาพความชุมชื้นของดินในอดีตและในอนาคตที่จะเกิดขึ้น

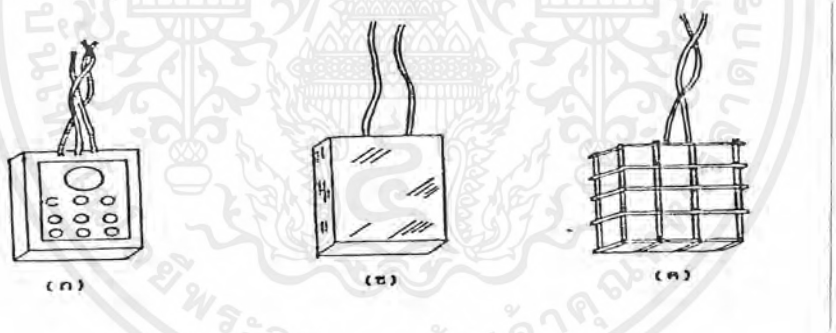
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตลอดจนทราบว่าหลังให้น้ำแล้วมีการซึมลงไปถึงจุดที่กระเปาะพรุนฝังอยู่หรือไม่ ซึ่งทำให้สามารถกำหนดปริมาณและความถี่ในการให้น้ำแก่พืชได้ถูกต้องดีขึ้น

2 . เครื่องวัดความชื้นด้วยไฟฟ้า (Electrical Resistance Instrument)

เครื่องมือช่วยกำหนดการให้น้ำแก่พืชแบบนี้ ประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 อย่างเข้าด้วยกัน คือเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่มีขีดบอกความต้านทานและจำนวนความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ เครื่องวัดความต้านทานแบบนี้บางครั้งเรียกว่า Soil Moisture Meter อุปกรณ์อีกอย่างก็คือก้อนความต้าน Resistance block

ก้อนความต้านทานประกอบด้วยขั้วไฟฟ้า 2 ขั้วแล้วห่อหุ้มด้วยวัสดุพรุน เช่น ปูนพลาสเตอร์ ไฟเบอร์กลาส ไนล่อน แสดงในรูป รูปร่างก้อนความต้านทานขึ้นอยู่กับลักษณะของขั้วไฟฟ้าที่นิยมใช้กันส่วนมากเป็นแผ่นลวดตระแกรงเหล็กเสตนเลส หรือดลหะ 2 แผ่นวางขนานกันแล้วห่อหุ้มด้วยวัสดุพรุน ก้อนความต้านทานที่มีขั้วไฟฟ้าแบบนี้จะมีลักษณะเป็นก้อน 4 เหลี่ยม สำหรับก้อนความต้านทานที่ทำด้วยปูนพลาสเตอร์ บริษัทผู้ผลิตบางรายใช้ลวดตระแกรงรูปทรงกระบอกและแกนโลหะซึ่งวางอยู่เป็นขั้วไฟฟ้า Gypsum block



รูปที่ 2.3 ก้อนความต้านทานทำด้วย ไฟเบอร์กลาส (ก) ปูนปลาสเตอร์ (ข) และไนล่อน (ค)

เมื่อฝังก้อนความต้านทานไว้ในดินมันจะทำหน้าที่เสมือนส่วนหนึ่งของดิน คือมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่มีอยู่ในดินและเนื่องจากความชื้นที่มีอยู่ในวัสดุพรุนมีผลต่อความต้านทานไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้า ถ้าวัสดุพรุนมีความชื้นมากมันจะมีความนำไฟฟ้าได้ดี ถ้าวัสดุแห้งความต้านทานไฟฟ้าก็จะเพิ่มขึ้น ดั้งนั้นค่าความต้านทานที่วัดได้จึงสามารถนำมาเปรียบเทียบเป็นจำนวนความชื้นของดินได้

ความละเอียดถูกต้องของค่าที่วัดได้เพื่อนำมากำหนดการให้น้ำแก่พืชจะขึ้นอยู่กับความสามารถของวัสดุพรุนจะปรับความชื้นในตัวมันเองให้เท่ากับความชื้นของดินในบริเวณรอบๆที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงไปวัสดุที่ทำจากไนล่อนจะให้ความละเอียดถูกต้องดีที่แรงดึงความชื้นไม่เกิน2 บรรยากาศ ถ้าเป็นปูนพลาสเตอร์ค่าดั้งกล่าวจะอยู่ระหว่าง 1 ถึง 15 บรรยากาศ ส่วนไฟเบอร์กลาสจะใช้ได้ตลอดช่วงแรงดึงความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ แต่พบว่าก้อนความต้านทานที่ทำด้วยไนล่อนและไฟเบอร์กลาส ใช้กับดินที่เปียกและดินแห้งไม่ดี อย่างไรก็ตามในช่วงแรงดึงความชื้นต่ำกว่า1บรรยากาศ Tensiometer จะช่วยกำหนดการให้น้ำแก่พืชได้ละเอียดถูกต้องกว่าทุกแบบ

ก้อนความต้านทานที่ทำด้วยปูนพลาสเตอร์จะไม่ค่อยทนทานนักเมื่อฝังไว้ในดินที่มีน้ำขัง หรือเป็นดินเนื้อหยาบที่มีการให้น้ำบ่อยครั้งทั้งนี้ เพราะปูนพลาสเตอร์จะสลายตัวได้ง่ายในสภาวะดังกล่าว

เนื่องจากว่าปริมาณสารละลายของเกลือที่มีอยู่ในดินจะมีผลต่อความนำไฟฟ้า ถ้าดินมีเกลือมากก้อนความต้านทานจะมีความนำไฟฟ้าได้ดี ความต้านทานที่วัดได้จึงต่ำกว่าดินชนิดเดียวกันที่มีความชื้นเท่ากัน จะทำให้การกำหนดการให้น้ำแก่พืชผิดไปนอกจากนั้นพืชยังต้องการออกแรงดึงดูดความชื้นมากกว่าปกติเพราะสารละลายในดินมีความข้นเหนียวเนื่องจากมีสารละลายเกลืออยู่มากด้วย

เกลือที่อยู่ในดินจะมีผลกระทบกระเทือนต่อก้อนความต้านทานที่ทำด้วยปูนพลาสเตอร์ เพราะปูนพลาสเตอร์จะมีสารละลายแคลเซียมซัลเฟตอยู่ก่อนแล้ว นอกจากปริมาณเกลือที่มีอยู่ในดินแล้วอุณหภูมิก็ผลต่อค่าที่วัดได้เหมือนกันแต่น้อย คุณสมบัติด้านความนำไฟฟ้าจะเปลี่ยนไปเมื่อมีอายุการใช้งานนานขึ้น ความสม่ำเสมอของการให้น้ำ ความแตกต่างในปริมาณความชื้นที่พืชดูดจากดินไปที่จุดต่างๆความแตกต่างของเนื้อดิน การเปลี่ยนแปลงอัตราการซึมของน้ำผ่านผ่านผิวดินเนื่องจากการแตกระแหง การอัดตัวของดินจากเครื่องจักรกลเกษตร เป็นต้น สิ่งเหล่านี้มีผลต่อการกำหนดให้น้ำแก่พืชทั้งสิ้น

การติดตั้งก้อนความต้านทานก็คล้ายคลึงกับการติดตั้งเครื่องวัดแรงดึงความชื้นของดิน คือฝังก้อนความต้านทานให้อยู่ในบริเวณที่มีรากหนาแน่น ทำการขุดหลุมแล้วฝังก้อนความต้านทานในระดับต่างๆ โยงสายไฟจากก้อนความต้านทานไปผูกไว้กับหลักเล็กๆบริเวณใกล้ๆแล้วเอาดินกลบให้มีความหนาแน่นเท่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนที่จะนำก้อนความต้านไปใช้ควรจะแช่น้ำให้อิ่มน้ำเสียก่อน การติดตั้งควรจะทำจากหลังที่มีการให้น้ำแก่พืชแล้ว หลังจากติดตั้งไปแล้ว 24 ชั่วโมงก็สามารถอ่านค่าได้ ก้อนความต้านทานความละเอียดถูกต้องขึ้นอยู่กับชนิดวัสดุและอายุการใช้งานของมันด้วย ก้อนความต้านทานที่ทำด้วยปูนพลาสเตอร์หาง่าย ราคาถูก การดูแลรักษาน้อยในกรณีที่เป็นดินเนื้อละเอียดจะใช้ได้ดี สำหรับแรงดึงความชื้นที่สูงกว่า 0.85 บรรยากาศ ก็อาจจะใช้เครื่องวัดความชื้นด้วยไฟฟ้าร่วมกับแรงดึงความชื้นกำหนดการให้น้ำแก่พืชได้เป็นอย่างดี

3. โดยการคำนวณ

หลักการกำหนดการให้น้ำแก่พืชโดยวิธีนี้ มีลักษณะเดียวกันกับการทำบัญชีความชื้นของดิน โดยเริ่มคำนวณเมื่อดินมีความชื้นที่ (Field Capacity) หลังจากการวัดปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหยแล้วทุกเช้าก็คำนวณความชื้นที่อยู่ในดิน โดยการหักค่าความชื้นที่เหลืออยู่ในดินจากวันก่อน ถ้าหากมีฝนตกก็ให้รวมน้ำฝนที่วัดได้เข้าเป็นความชื้นของดินด้วย แต่ถ้าอัตราที่ฝนตกนั้นสูงมากจนไม่สามารถซึมลงไปในดินและเกิดเป็นน้ำผิวดินก่อนที่จะถึง Field Capacity ก็จะต้องตรวจดูว่าหลังจากฝนตกแล้วมีน้ำซึมลงไปในดินในจำนวนเท่าใดและใช้ค่าประมาณนี้รวมกับความชื้นของดินเมื่อความชื้นงดลงจนถึงจุดวิกฤต Critical Piont ก็ถึงเวลาที่จะต้องให้น้ำแก่พืช การคำนวณหลังจะเหมือนกับที่อธิบายในตอนแรก ข้อมูลที่จำเป็นต้องทราบคือ

1. ความสามารถในการเก็บน้ำไว้ของเขตราก
2. จำนวนความชื้นที่จะยอมให้พืชดูดไปใช้ได้ก่อนการให้น้ำครั้งต่อไป(Allowable Depletion)
3. ความลึกของเขตราก
4. อัตราการใช้น้ำของพืช
5. ปริมาณน้ำฝนในแปลงเพาะปลูก

2.3.4 ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

1. ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (Allowable Moisture)

ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้มักคิดเป็นเปอร์เซนต์ โดนน้ำหนักดินแห้ง หรือความลึกของน้ำต่อความลึกของดินซึ่งได้แสดงไว้ในตาราง ขนาดเม็ดดิน หือเนื้อดินจะมีผลต่อปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ได้มาก กล่าวคือ ในดินที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้มักคิดเป็นเปอร์เซนต์ โดนน้ำหนักดินแห้ง หรือความลึกของน้ำต่อความลึกของดินซึ่งได้แสดงไว้ในตาราง ขนาดเม็ดดิน หือเนื้อดินจะมีผลต่อปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ได้มาก กล่าวคือ ในดินที่มี

ตารางที่2.2 แสดงความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้สำหรับดินชนิดต่างๆ

เนื้อดิน	นิ้วน้ำ/ฟุตดิน	มม.น้ำ/ซม.ในดิน
เนื้อดินหยาบมาก เช่น ทรายหยาบมาก	0.4-0.75	0.35-0.65
เนื้อหยาบ เช่น ทรายหยาบ ทรายละเอียด และ ดินทรายปนดินร่วน	0.75-1.25	0.65-1.00
เนื้อค่อนข้างหยาบ เช่น ดินร่วนปนทราย และ ดินร่วนปนทรายละเอียด	1.25-1.75	1.00-1.5
เนื้อดินปานกลาง ดินร่วนปนทรายละเอียดมาก ดินร่วน และ ดินตะกอนปนทราย	1.5-2.3	1.2-1.9
เนื้อดินค่อนข้างละเอียด เช่น ดินร่วนปนดินเหนียว ดินร่วนปนดินเหนียวปนตะกอนทราย และดินร่วนปนดินเหนียวปนทราย	1.75-2.5	1.5-2.1
เนื้อละเอียด ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนตะกอนทราย และ ดินเหนียว	1.6-2.5	1.3-2.1
ดินที่เกิดจากการเน่าบุของพืช และ มูลสัตว์	2.0-3.0	1.7-2.5

2. อัตราการไหลของน้ำซึมผ่านผิวดิน

เมื่อให้น้ำแก่พืชทางผิวดินหรือเมื่อมีฝนตก น้ำจะไหลซึมผ่านเข้าไปในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน รอยแตกระแหง และรูโพรงที่เกิดจากการเน่าพุของรากพืชหรือเกิดจากการเตรียมดิน การไหลซึมน้ำจากผิวดินเข้าไปในดินเรียกว่าการซึมน้ำในดิน (Infiltration) หลังจากน้ำในไหลซึมผ่านผิวดินเข้ามาแล้วมันก็จะไหลไปด้วยแรงดูดซับของโลก แรงดูดซับ และจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น ความลึกของน้ำที่ขังอยู่ในผิวดิน ลักษณะโครงสร้างของดิน เนื้อดิน อุณหภูมิของน้ำและดิน ตลอดจนความชื้นที่มีอยู่ในดินก่อนการให้น้ำ

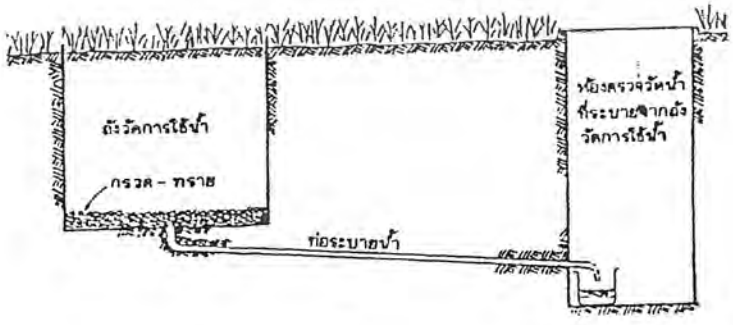
ในตอนแรกที่ให้น้ำแก่ดิน อัตราการซึมผ่านผิวดินจะมีค่าสูงเนื่องจากผิวดินยังคงแห้งอยู่ จึงดูดซับน้ำได้อย่างรวดเร็ว ระดับน้ำในผิวดินจึงลดลงอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อการให้น้ำดำเนินต่อไปดินชั้นบนเริ่มอิ่มตัวอัตราการซึมผ่านผิวดินจะค่อยๆลดลง และในที่สุดจนถึงระดับหนึ่งซึ่งอัตราการซึมมีค่าคงที่ ค่าที่เกือบคงที่นี้จะมีค่าประมาณเท่ากับความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ (Permeability) ของดินชั้นบน การวัดอัตราการซึมผ่านผิวดิน วิธีที่ดีที่สุดทำได้โดยการวัดอัตราที่ให้น้ำแก่แปลงและน้ำที่ไหลออกจากแปลง หรือวัดจากถังวัดอัตราการซึม (Infiltrometer)

3. หาปริมาณการให้น้ำแก่พืช(Consumptive Use หรือ Evapotranspiration

1) การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยตรง (Crop Evapotrainspiration)

ก. Non-Weighing Lysimeters ถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบนี้วัดปริมาตรหรือความลึกของน้ำที่หายไปจากถังแล้วเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ใช้ไป

1. Percolation type ถังแบบนี้วัดความแตกต่างระหว่างน้ำที่เติมเข้าไปและน้ำที่ระบายออกที่ก้นถัง รวมกับความแตกต่างของจำนวนความชื้นของดินในถังเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดระยะเวลาที่ทำการวัด ความละเอียดถูกต้องขึ้นอยู่กับความสามารถในการคำนวณหาจำนวนความชื้นของดินในถัง ซึ่งอาจทำได้โดยเก็บตัวอย่างดิน ถังวัดประเภทนี้มักใช้วัดอัตราการให้น้ำในระยะยาว เช่น ต่อเดือนหรือต่อระยะการเพาะปลูกซึ่งมีความแตกต่างของจำนวนความชื้นที่มีอยู่ในดินเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดระยะเวลาทำการวัด



รูปที่ 2.4 แสดงถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบวัดปริมาตรหรือความลึกของน้ำที่หายไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Constant water table type ถังน้ำแบบนี้ให้น้ำแก่พืชที่ปลูกใต้ผิวดิน โดยสร้างระดับน้ำใต้ดินที่คงที่ขึ้นภายในถัง ระดับน้ำในดินดั้วกล่าว ควบคุมด้วยวาลว์ลูกลอย (Float valve) ซึ่งจะเปิดจ่ายน้ำจนถึงระดับที่กำหนดไว้เมื่อระดับน้ำใต้ดินของพืชลดลง โดยการใช้น้ำของพืช ที่ก้นถังบรรจุด้วยกรวดและทรายเพื่อให้การไหลของน้ำใต้ดินไปสู่รากพืชเป็นไปได้อย่างสม่ำเสมอ ปริมารน้ำที่พืชใช้จะคำนวนได้จากปริมาตรที่ลดลงของน้ำในถังจ่าย

ข. Weighing Lysimeter ถังแบบนี้วัดการใช้น้ำของพืชโดยสังเกตุน้ำหนักหรือสิ่งที่เกี่ยวข้องกับน้ำหนัก

1. Mechanically weight type เป็นแบบวัดน้ำหนักของถังในดินด้วยตาชั่งแบบที่สร้างมาในระยะแรกๆเป็นกระถางขนาดเล็กมีน้ำหนักเบา สามารถยกขึ้นนำมาชั่งได้ ภายหลังได้มีการพัฒนาให้มีขนาดใหญ่และวัดได้ละเอียดถูกต้องขึ้น

2.Float lysimeter ถังวัดการให้น้ำแบบนี้ทำงานโดยอาศัยหลักอาอาคีมีดีสที่ปริมาตรของเหลวที่ถูกแทนที่โดยทุ่นลอยจะแปรผันเป็นสัดส่วนโดยตรงกับน้ำหนักทุ่นลอยนั้นดังนั้นการให้กระถางที่ปลูกพืชลอยอยู่ในภาชนะซึ่งบรรจุน้ำ น้ำหนักของกระถางที่สูญเสียไปกับการใช้น้ำของพืชย่อมสามารถวัดได้จากการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในภาชนะนั้น จุดสำคัญของกระถางวัดการใช้น้ำแบบนี้ก็คือจะต้องทำให้กระถางพืชลอยน้ำได้ ซึ่งบางครั้งอาจจะต้องบรรจุวัสดุเบา เช่น Styrofoam หรือกล่องกลมรอบๆๆ กระถางเพื่อช่วยให้มีน้ำหนักเบาขึ้น

3. Hydraulic weighing lysimeter ถังวัดแบบนี้วัดการใช้น้ำพืชโดยการสังเกตุจากการเปลี่ยนแปลงความดันของน้ำในหมอนยางซึ่งรองรับน้ำหนักทั้งหมดของกระถางจากหมอนยางจะมีท่อขนาดเล็กต่อไปเข้ากับอุปกรณ์ความดันเมื่อวัดความสูญเสียน้ำโดยการใช้น้ำของพืช ความดันในหมอนยางก็จะลดลงความแตกต่างความดันนี้สามารถเทียบขนาดให้เป็นความลึกของน้ำที่ใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยการคำนวณจากข้อมูลทางภูมิอากาศ

(Potential Evapotrainspiration , ET_p)

ถึงแม้ว่าการหาปริมาณการใช้น้ำโดยการวัดโดยตรง เช่น การวัดจากถัง แต่มีปัญหาอยู่ที่ว่าไม่สามารถนำผลการตรวจวัดไปใช้ในพื้นที่เพาะปลูกแห่งอื่นๆได้ ซึ่งมีสภาพแวดล้อมแตกต่างกันไป ประกอบกับการตรวจวัดต้องใช้เวลานานและเสียค่าใช้จ่ายสูง

ปริมาณการใช้น้ำของพืชขึ้นอยู่กับ สภาพภูมิอากาศรอบๆต้นพืช ชนิดและอายุของพืช จำนวนความชื้นของพืชที่มีอยู่ในดิน และคุณสมบัติของดินและองค์ประกอบอื่นๆ การเลือกพืชขึ้นมาชนิดหนึ่งที่เจริญงอกงามตลอดปีและมีอัตราการให้น้ำของพืชที่ไม่ขึ้นอยู่กับอายุของพืช และกำหนดให้ดินมีความชื้นสูงตลอดเวลา เพื่อให้คุณสมบัติของดินอย่างอื่น เช่น เนื้อดิน ความเข้มข้นของเกลือในดิน ความสามารถเก็บน้ำให้พืชใช้หมดความสำคัญ ดังนั้นปริมาณการให้น้ำของพืชที่เลือกไว้เมื่อดินมีความชื้นสูงพอตลอดเวลาก็จะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชที่อ้างอิงกับสภาพภูมิอากาศ จากสูตร

$$ET_C = K_C \cdot ET_D \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ ET_C เป็นการใช้น้ำที่พืชต้องการทราบ K_C เป็นสัมประสิทธิ์การให้น้ำของพืช และ ค่า ET_D เป็นการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ค่าสัมประสิทธิ์การให้น้ำของพืช K_C ขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืชอย่างเดียว การคำนวนหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยอาศัยข้อมูลทางภูมิอากาศอาจทำได้หลายวิธีด้วยกัน สูตรที่ใช้คำนวณมีตั้งแต่สูตรเอมไพริกอลอย่างง่ายๆ ซึ่งต้องการข้อมูลอย่างเดียวหรือสองอย่าง จนกระทั่งสูตรที่ต้องการข้อมูลหลายอย่างและมีความยุ่งยาก การเลือกใช้สูตรใดนั้นจะต้องพิจารณาความละเอียดถูกต้องที่ต้องการ ข้อมูลที่มีอยู่แล้วเครื่องมือที่ใช้วัดข้อมูล

2.3.6 ความถี่ในการให้น้ำของพืช (Irrigation Frequency)

1. ความถี่ในการให้น้ำของพืชหมายถึงจำนวนวันระหว่างการให้น้ำของพืชแต่ละครั้งของพืชในแปลงหนึ่ง เช่นสมมติว่าเราให้น้ำแก่พืชอย่างหนึ่งทุกวันอาทิตย์ ความถี่ในการให้น้ำแก่พืชเทเท่ากับ 7 วัน ความถี่ในการให้น้ำแก่พืชขึ้นอยู่กับอัตราการใช้น้ำของพืชและความสามารถน้ำไว้ได้ของดินในเขตราก โดยเฉพาะอย่างยิ่งที Field Capacity ถึงระดับความชื้นที่จุดวิกฤต Critical Moisture Level) หรือความชื้นพืชที่พืชดูดจากดินไปใช้นั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ในการให้น้ำแก่พืชชนิดใดชนิดหนึ่งจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาเพาะปลูกและระยะการเจริญเติบโต เมื่อเริ่มทำการเพาะปลูกที่ผิวดินจะต้องมีความชื้นพอที่จะให้เมล็ดงอกและต้นอ่อนสามารถตั้งตัวได้ ดังนั้นการให้น้ำแต่ละครั้งน้อยแต่บ่อยครั้ง เมื่อพืชเจริญเติบโตและมีรากแผ่ลงไปในดินมากขึ้นความถี่ในการให้น้ำแก่พืชก็จะน้อยลงจนกระทั่งถึงระยะออกดอก เมื่อผลเริ่มแก่ความถี่ในการให้น้ำจะลดลงอีกเพราะพืชมีอัตราการใช้น้ำน้อยลง และอาจไม่ต้องให้น้ำเลยเมื่อผลสุกหรือเก็บเกี่ยว

$$IF = (FC - CP)/(Et_{MAX})$$

ในเมื่อ IF เป็นความถี่ในการให้น้ำแก่พืช FC เป็นจำนวนความชื้นในเขตรากที่ Field Capacity CP เป็นจำนวนความชื้นในเขตรากที่จุดวิกฤต Critical Point และ Et_{MAX} อัตราการใช้น้ำสูงสุดของพืชที่ปลูก

2. รอบเวรในการให้น้ำ(Irrigation Period)

รอกเวรการให้น้ำหมายถึงจำนวนวันที่จะให้น้ำแก่พืชครบทั่วทุกแปลงในพื้นที่ที่กำหนดให้โดยถือว่าขณะนั้นพืชมีการอัตราการใช้น้ำสูงสุด เนื่องจากว่า ในขณะที่พืชมีอัตราการให้น้ำสูงสุดนั้นส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงวิกฤตของความต้องการน้ำ ในการออกแบบระบบชลประทานให้มีขนาดใหญ่ที่เพียงพอในการให้น้ำแก่พืชทั่วทุกแปลงในระยะเวลาที่กำหนด

$$\text{รอบเวรการให้น้ำ} = \frac{\text{ผลต่างความชื้นของดินก่อนให้น้ำกับความชื้นต่ำสุดที่ยอมให้}}{\text{อัตราการใช้น้ำของพืชในช่วงที่มีการใช้น้ำสูงสุด}}$$

ตารางที่ 2.3 ความลึกของรากพืชโตเต็มที่และปริมาณน้ำที่พืชต้องการตลอดฤดูการเพาะปลูก

พืช	ความลึกของราก-เมตร	ปริมาณน้ำที่ใช้มม.
กะหล่ำปลี	0.4-0.5	380-500
กล้วย	0.5-0.9	700-1,700
ข้าว	-	500-1,00
ข้าวโพด	1.0-1.7	500-800
ข้าวฟ่าง	1.0-20	450-650
แครอท	0.5-1.0	450-600
แตงโม	1.0-1.5	400-600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถั่ว(ฝักสด)	0.5-0.7	300-500
ถั่ว(เมล็ด)	0.6-1.0	350-500
ถั่วลิสง	0.5-1.0	500-700
ถั่วเหลือง	0.6-1.3	450-700
ทานตะวัน	0.8-1.5	600-1,000
ฝ้าย	1.0-1.7	700-1,300
พริก	0.5-1.0	600-900
มะเขือเทศ	0.7-1.5	400-600
มันฝรั่ง	0.4-0.6	500-700
ไม้ผลประเภทส้ม	1.2-1.5	900-1,200
ยาสูบ	0.5-1.0	400-600
สับปะรด	0.3-0.6	700-1,000
หัวหอม	0.3-0.5	350-550
อ้อย	1.2-2.0	1,000-1,500
องุ่น	1.0-2.0	500-1,200

บทที่ 3
การเชื่อมต่อ PC กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม

3.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพอร์ตอนุกรม

การเคลื่อนย้ายข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ต่อพ่วงภายนอกหรือคอมพิวเตอร์ด้วยกัน มีด้วยกัน 2 รูปแบบคือ รับส่งข้อมูลแบบขนานและรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

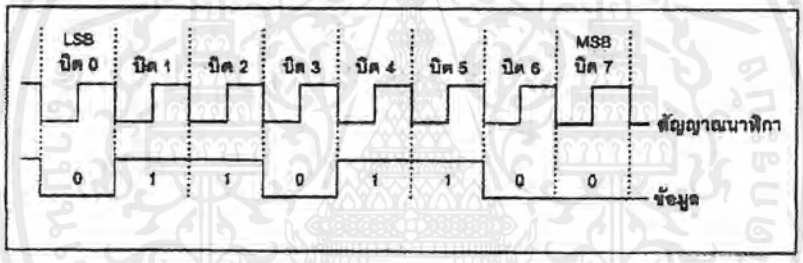
การรับส่งข้อมูลแบบขนาน เป็นการรับหรือส่งข้อมูลคราวละ 4 หรือ 8 บิตในเวลาเดียวกัน ทำให้การรับและส่งข้อมูลมีความเร็วสูงทว่าจำนวนของสายที่ใช้ในการถ่ายทอดข้อมูลต้องมีมากเท่ากับจำนวนบิตของข้อมูลที่ทำการถ่าสยทอดด้วย นอกจากนั้นยังมีสายที่ใช้สำหรับควบคุมแล้วตรวจสอบการรับส่งข้อมูล โดยปกติจะอยู่ที่ประมาณ 10-15 ฟุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะเป็นการรับส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต โดยมีรูปแบบการรับส่งที่เป็นมาตรฐาน ต้องมีการตรวจสอบความพร้อมในการรับและส่งข้อมูลของตัวส่งและตัวรับ การรับส่งข้อมูลแบบอนุการมมีข้อดีในเรื่องของจำนวนสายสัญญาณที่น้อยมาก และไม่แปรผันตามจำนวนบิตของข้อมูล ระยะทางในการรับส่งข้อมูลสูงกว่าแบบขนานมาก โดยปรกติถ้าเป็นพอร์ตอนุกรม RS –232 C จะสามารถต่อสายได้ยาว 50 ฟุตโดยประมาณ

3.1.1 การสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมแบบได้ 2 แบบ คือ การสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัสและการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโคนัส การสื่อสารแบบซิงโครนัสจะมีสัญญาณนาฬิกา,ข้อมูลและกราวด์ รูปที่ 3.1 แสดงให้เห็นถึงไดอะแกรมเวลาของการสื่อสารข้อมูลแบบซิงโคนัส



รูปที่ 3.1 ไดอะแกรมเวลาของการสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส

3.1.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิโครนัสคือการรับส่งข้อมูลโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิการ่วมด้วยแต่จะใช้การกำหนดค่าอัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูลให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกอัตราเร็วว่า อัตราบอดหรือบอดเรต (baud rate) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bit per second : bps)

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. **บิตเริ่มต้น (start bit) มีขนาด 1 บิต**
2. **บิตข้อมูลแบบอนุกรม มีขนาด 5,6,7 หรือ 8 บิต**
3. **บิตตรวจสอบพาริตี้ (parity bit) มีขนาด 1,1.5 หรือ 2 บิต**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิโคนัส เมื่อไม่มีการส่งข้อมูล ขา DATA มีลอจิก "1" เรียกสถานะนี้ว่า สถานะหยุดรอ (waiting Stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ขา DATA มีลอจิก "0" ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต เรียกบิตนี้ว่า บิตเริ่มต้น (start bit) จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไปโดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุดหรือบิต LSB ก่อน ซึ่งข้อมูลที่ต้องการส่งอาจมีจำนวน 5,6,7 หรือ 8 บิตก็ได้ จากนั้นตามด้วยบิตพาริตี้ (parity bit) ซึ่งใช้ในการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการรับส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่งคือ บิตปิดท้ายบิตปิดท้ายหรือบิตหยุด (stop bit) โดยจะเป็นการทำให้ขาDATA มีสถานะลอจิก "1" อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต ,1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว

อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิโคนัสหรืออัตราบอดเรตหรือบอดเรตที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม RS –232 มีด้วยกันหลายค่า ได้แก่ 110,150 ,300,600,1200,2400,9600และ 19200 บิตต่อวินาที โดยมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ เนื่องจากบอดเรตคือค่าของจำนวนบิตที่สามารถส่งได้ใน 1 วินาที สมมุติ ข้อมูลอนุกรมมีขนาด 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต ความยาวของข้อมูล 1 ไบต์จะมีความยาวเท่ากับ 10 บิตถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9600 บิตต่อวินาที ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที

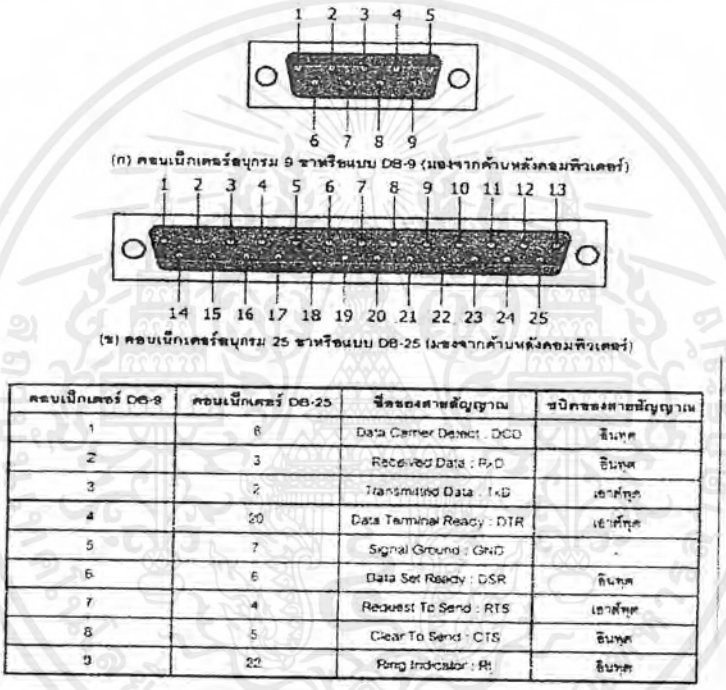
การตรวจสอบพาริตี้สามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่(odd) แบบคู่ (even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ก็ได้ พาริตี้คี่หรือพริตี้คู่แสดงถึงจำนวนลอจิก "1" ทั้งหมดภายในข้อมูลที่ส่งไป 1ไบต์รวมบิตพาริตี้ว่ามีจำนวนเป็นเลขคู่หรือเลขคี่ ยกตัวอย่าง ข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิต มีค่าเท่ากับ 99Hหรือ 10011001B จะเห็นว่าข้อมูลในไบต์นี้มีจำนวนลอจิก "1" จำนวน 4 ตัว ซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้นถ้ากำหนดค่าพาริตี้เป็นคู่ ค่าของบิตพาริตี้จะต้องมีลอจิกเป็น" 0" แต่ถ้ากำหนดพาริตี้เป็นคี่ ค่าของบิตพาริตี้จะต้องเป็น"1" เพื่อให้ข้อมูล 1 ไบต์รวมทั้งบิตพาริตี้เป็นคี่

บิตพาริตี้ถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งข้อมูลของ UART (Universal Asynchronous Transmitter: เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูลอนุกรม ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดภายหลัง)ซึ่งทางภาครับต้องกำหนดกำหนดคุณสมบัติการตรวจสอบพาริตี้ที่ตรงกันเอาไว้ว่าจะตรวจสอบพาริตี้คี่หรือพาริตี้คู่ โดยการนับจำนวนลอจิก "1" ทั้งหมดรวมทั้งบิตพาริตี้ด้วย ถ้ากำหนดพาริตี้ที่เกิดขึ้นไว้เป็นคู่แต่อ่านค่าตัวเลขในการนับออกมาเป็นเลขคี่ ทางภาครับจะแสดงข้อผิดพลาดมาให้ผู้ใช้รับทราบ กระบวนการดังกล่าวเป็นวิธีการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการรับส่งข้อมูลที่ง่ายที่สุด แต่มันสามารถตรวจสอบได้ถ้าบิตข้อมูลที่ทำการรับส่งผิดพลาดเพียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิตเดียวเท่านั้นถ้าบิตข้อมูลที่ทำการส่งมีความผิดพลาดมากกว่า 1 บิต การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ได้ผล สำหรับการตั้งพาริตี้เป็นNone นั้นทั้งภาครับและภาคส่ง จะไม่มีการตรวจสอบพาริตี้

คอมพิวเตอร์ในรุ่น AT เกือบทั้งหมดใช้ไอซี UART เบอร์ 16450 และ 16550 ส่วนคอมพิวเตอร์ในรุ่น XT ใช้ไอซีUART เบอร์8250 ไอซี UART เหล่านี้มีแรงดันของลอจิกเป็นแบบทีทีแอล (+ 5 V) แต่เพื่อให้แรงดันเป็นไปตามมาตรฐานRS-232 และเพื่อให้การรับส่งข้อมูลเป็นไประยะไกลมากขึ้น ระดับแรงดันทีทีแอลจะถูกเปลี่ยนเป็นระดับแรงดันที่สูงขึ้น



คอนเน็กเตอร์ DB-9	คอนเน็กเตอร์ DB-25	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
1	8	Data Carrier Detect : DCD	อินพุต
2	3	Received Data : RxD	อินพุต
3	2	Transmitted Data : TxD	เอาต์พุต
4	20	Data Terminal Ready : DTR	เอาต์พุต
5	7	Signal Ground : GND	-
6	6	Data Set Ready : DSR	อินพุต
7	4	Request To Send : RTS	เอาต์พุต
8	5	Clear To Send : CTS	อินพุต
9	22	Ring Indicator : RI	อินพุต

รูปที่ 3.2 แสดงการจัดขาสัญญาณของพอร์ตอนุกรมและหน้าที่การทำงาน

โดยลอจิก “0” จะมีระดับแรงดัน –3 V ถึง –12 V และลอจิก “1” มีระดับแรงดัน+3Vจนถึง 12V

3.2 แนะนำบอร์ดทดลอง ST –29

3.2.1คุณสมบัติทางเทคนิคของบอร์ด ST –29

<u>ภาคจ่ายไฟ</u>

- ใช้แหล่งจ่ายไปจากภายนอกผ่านทางอะแดปเตอร์เพื่อเลี้ยงวงจรรับแรงดันในช่วง 9- 12 โวลต์ พร้อมวงจรกลับขั้วแรงดันอัตโนมัติ
- แรงดันเอาต์พุต 5 โวลต์คงที่ผ่านวงจรเรกูเลเตอร์

<u>ภาคอินพุต/เอาต์พุต</u>

- รับสัญญาณควบคุมมาจากพอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS – 232 ของคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีวงจรแปลงระดับแรงดันจากมาตรฐาน RS- 232 ให้เป็นรูปแบบทีทีแอล
- มีวงจรบัฟเฟอร์เพื่อขยายกระแสให้กับพอร์ตอนุกรมและป้องกันความเสียหายจากการต่อวงจรผิดพลาด
- มี LED MONITOR สำหรับแสดงสถานะปัจจุบันของบิตอินพุตและเอาต์พุตของพอร์ตอนุกรม
- มีวงจรแปลงสัญญาณเพื่อใช้ติดต่อกับระบบบัสแบบ I^2C
- สามารถเลือกที่จะใช้งานหรือยกเลิกการใช้งานบัส I^2C โดยใช้ดิปสวิตช์
- มีรีเลย์ขนาด 12 V หน้าสัมผัสเดียวพร้อมวงจรขับที่สามารถเลือกได้ว่าจะขับจากขา DTR หรือขา RTS ของพอร์ตอนุกรม
- มีไอซีขยายพอร์ตเบอร์ PCF8574A จนวน 2 ตัว ทำให้สามารถขยายพอร์ตได้ถึง 16 บิต โดยใช้การติดต่อสื่อสาร แบบบัส I^2C
- มีวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลขนาด 8 บิต จำนวน 4 ช่องจากไอซี PCF8591
- มีวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอกขนาด 8 บิต 1 ช่องมาจากไอซี PCF8591
- มี LED MONITOR 8 ตัวสำหรับการส่งค่าข้อมูลให้กับพอร์ตอินพุต

อื่นๆ

- มีส่วน Prototype Area ที่สามารถเพิ่มวงจรตามความต้องการของผู้ใช้ลงบนตัวบอร์ด ST – 29 ได้
- ขนาดของบอร์ด 5*5.75 นิ้ว

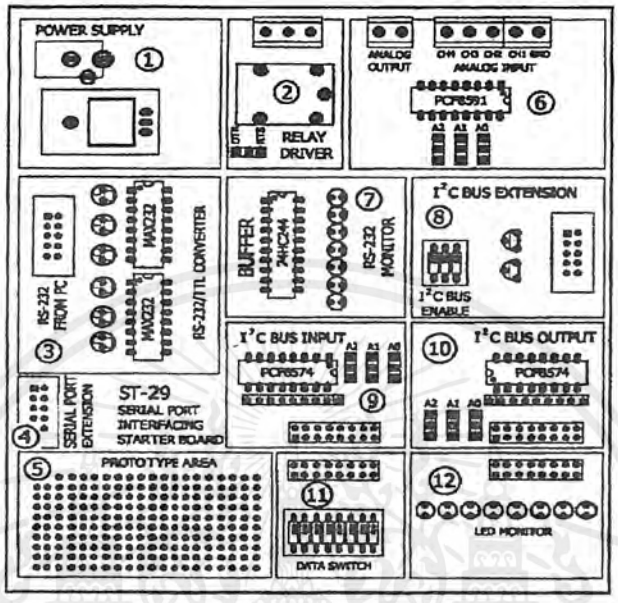
3.2.2 การทำงานของบอร์ด ST 29

ภาคแปลงสัญญาณมาตรฐาน RS – 232 เป็นมาตรฐาน TTL

สัญญาณจากพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ตามมาตรฐาน RS-232 ซึ่งมีระดับแรงดันอยู่ –12 V สำหรับ ลอจิก"1" และ+ 12 V สำหรับลอจิก"0" เมื่อถูกส่งผ่านมายังบอร์ด ST –29 จะได้รับการแปลงให้มีระดับแรงดัน +5V สำหรับลอจิก "1" และ 0 V สำหรับลอจิก "0"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยใช้ไอซี MAX 232



รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะของบอร์ด ST- 29

ภายในไอซี MAX232 มีวงจรแปลงอยู่ภายในทั้งหมด 4 ชุดแบ่งออกเป็นวงจรแปลงระดับสัญญาณ TTL เป็น RS –232 สองชุด และวงจรแปลงจาก RS –232 เป็น TTL อีกสองชุด ดังนั้น เมื่อต้องการใช้งานพอร์ตอนุกรมซึ่งมีขาอินพุตและขาเอาต์พุตมากกว่า 4 ขา ต้องใช้ไอซี MAX232 สองตัวจึงจะเพียงพอ

<u>ภาคบัฟเฟอร์</u>

สัญญาณเอาต์พุตของพอร์ตอนุกรมที่ผ่าน MAX 232 ได้แก่ DTR, RTS และT*D ถูกส่งไปยังไอซีบัฟเฟอร์เบอร์ 74HC244 เพื่อขยายกระแสและป้องกันความเสียหายที่จะอาจเกิดกับพอร์ตอนุกรม ที่เอาต์พุตเอา 74HC244 มี LED ต่อเอาไว้เพื่อแสดงสถานะของบิตเอาต์พุตบิตต่างๆของพอร์ตอนุกรม

สัญญาณอินพุตของพอร์ตอนุกรม ได้แก่ CTS,DCD,DSR และR*D จากบอร์ด ST-29 ก่อนจะป้อนเข้าสู่ MAX232 จะต้องผ่านไอซีบัฟเฟอร์ 74HC244 ก่อนเพื่อขยายกระแส ที่เอาต์พุตของ 74HC244 มี LED ต่อเอาไว้เพื่อแสดงสถานะในขณะนั้นของขา CTS,DCD,DSRและ R*D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของพอร์ตอนุกรมหลังจากผ่านไอซี 74HC244 แล้วจะถูกต่อเข้ากับคอนเน็กเตอร์ K3 เพื่อนำไปใช้งานต่อพ่วงกับอุปกรณ์ภายนอกต่อไป

วงจรแปลงระบบบัส I^2C

สัญญาณจากพอร์ตอนุกรมก่อนที่จะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์บัส I^2C จะต้องมีวงจรเพื่อกำหนดค่าระดับแรงดันที่เหมาะสมให้กับตัวมันก่อน โดยในสภาวะปกติระบบ I^2C บัสจะต้องมีลอจิก"1" ดังนั้นในวงจรจะเห็นว่าทานซิสเตอร์ Q_2และQ_3จะมีตัวต้านทาน R_{15} และ R_{18} ต่อลงกราวด์เอาไว้ เพื่อว่าในสภาวะปกติทรานซิสเตอร์ทำงาน เอาต์พุตของ I^2C บัสจะมีลอจิก"1" จากตัวต้านทานพูลอัป R_{14} และ R_{17} เมื่อต้องการให้บัสมีลอจิก "0"จะต้องป้อนลอจิก"1" (แรงดัน +5V) ให้กับขาเบสของทรานซิสเตอร์เพื่อให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน ต่อขาเอาต์พุตลงกราวด์ สำหรับการอ่านค่าข้อมูลจากบัส I^2C จะต้องกำหนดให้ขา SDA มีลอจิกเป็น "1" ก่อนโดยการป้อนลอจิก "0" ให้กับทรานซิสเตอร์ Q_2

เพื่อเป็นการป้องกันการอ่านหรือเขียนข้อมูลผิดพลาดไปยังอุปกรณ์ I^2C บัส จึงจำเป็นต้องมีดิปสวิตช์ เพื่ออีนาเบิล หรือดิสเอเบิลขาสัญญาณที่ป้อนให้กับวงจรแปลงบัส I^2C ถ้ากำหนดให้ดิปสวิตช์ I^2C **ENABLE** ทุกตัว ON จะเป็นการอีนาเบิลบัส I^2C ถ้ากำหนดให้ดิปสวิตช์ทุกตัว OFF จะเป็นการดิสเอเบิลบัส I^2C

ขาพอร์ตอนุกรมที่ต้องใช้งานกับระบบบัส I^2C มีดังนี้

ขา DTS ใช้เป็นขา SCL เพื่อป้อนสัญญาณนาฬิกา

ขา RTS ใช้เป็นขา SDA ในขณะส่งข้อมูล

วงจรขับรีเลย์

ขาเอาต์พุตของพอร์ตอนุกรมเมื่อผ่านบัฟเฟอร์ 74HC244 มาแล้ว สามารถนำไปขับรีเลย์ให้ทำงานได้โดยผ่านวงจรขับ ซึ่งประกอบไปด้วยทรานซิสเตอร์ Q_1 และตัวต้านทาน R_{12}สำหรับไอโอด D_1 ใช้เพื่อป้องกันแรงดันย้อนกลับจากการยุบตัวของขดลวดรีเลย์มาทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_1เสียหาย

อินพุตสำหรับการควบคุมรีเลย์สามารถเลือกได้ว่าจะให้รับอินพุตจากขา DTR หรือขา RTS โดยเลือกจากจั๊มเปอร์ JP_1 หรือ ถ้าไม่ต้องการให้รีเลย์ทำงานก็ให้นำจั๊มเปอร์ออก

วงจรภาคจ่ายไฟ

ภาคจ่ายไฟของบอร์ด ST-29 สามารถรับแรงดันไฟเลี้ยงจากภายนอกได้ตั้งแต่ 9V-12 V โดยขั้วของแหล่งจ่ายไปจะมีลักษณะอย่างไรก็ได้ เนื่องจากมีวงจรป้องกันการต่อกลับขั้ว จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นแรงดันอินพุตที่ได้จะถูกส่งไปยังไอซีเรกูเลตเบอร์ 7805 เพื่อควบคุมแรงดันให้คงที่ที่ +5 V สำหรับใช้เลี้ยงวงจร

วงจรขยายพอร์ตอินพุตเอาต์พุต 16 บิต

จากส่วนของวงจรสร้างสัญญาณบัส I^2C บอร์ด ST-29 ได้ทำการต่อพ่วงระบบบัสเข้ากับไอซี PCF8574 จำนวน 2 ตัว โดย PC8574A ตัวหนึ่งใช้เป็นพอร์ตอินพุต 8 ช่อง และอีกตัวหนึ่งสำหรับใช้งานเป็นเอาต์พุต การสั่งงานให้ PCF8574 ตัวใดตัวหนึ่งทำงานนั้นทำได้โดยการกำหนดแอดเดรสลงกราวด์ ขาแอดเดรสนั้นจะมีลอจิก "0" ถ้าต่อเข้ากับแรงดัน + 5 V จะมีลอจิก "1"

การกำหนดแอดเดรสของ PCF8574 A ทั้งสองตัวจะต้องกำหนดไม่ให้แอดเดรสตรงกัน ไม่เช่นนั้นจะเกิดความสับสนในการอ่านหรือเขียนข้อมูล

วงจร แปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล และวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอก

อุปกรณ์บัส I^2C นอกจาก PCF8574A แล้วยังมี ไอซี PCF8591 ซึ่งภายในประกอบด้วยวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอกขนาด 8 บิต อีก 1 ช่อง ซึ่งต้องมีการกำหนดแอดเดรสเช่นเดียวกับ PCF8574A โดยแอดเดรสที่กำหนดนี้จะมีค่าตรงกับ PCF8574A ตัวหนึ่งตัวใดก็ได้ เนื่องจากแอดเดรสหลักของไอซี PCF8574A และPCF 8591มีค่าไม่ตรงกัน

ขาอินพุตของวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล สามารถรับแรงดันได้ในช่วง 0-5 V เนื่องจากขาVref ของ PCF 8591 บนบอร์ด ST-29 ต่อเข้ากับไฟ + 5 V เช่นกันขึ้นอยู่กับค่าข้อมูลดิจิตอลที่ป้อนให้กับ PCF8591

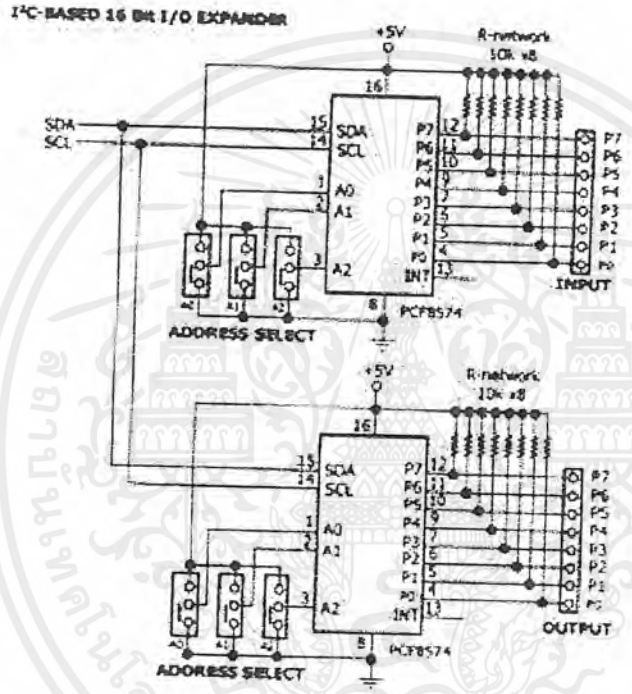
DATA SWICH and LED MOMITOR

การป้อนอินพุตให้กับไอซี PCF8574A นั้นจะมีดิปสวิตช์ 8 ช่องทำหน้าที่ป้อนข้อมูลให้ โดยถ้าดิปสวิตช์ OFF (ไม่ต่อวงจร) การอ่านค่าจาก PCF8574A จะได้ค่าลอจิก "1"เนื่องจากดิปสวิตช์ต่อลงกราวด์

LED MONITOR จะแสดงผลเมื่อมีการป้อนลอจิก "1" เข้าที่ขา D 0 –D7 และจะไม่แสดงผลเมื่อมีการป้อนลอจิก "0" หรือขาอินพุตลอยอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

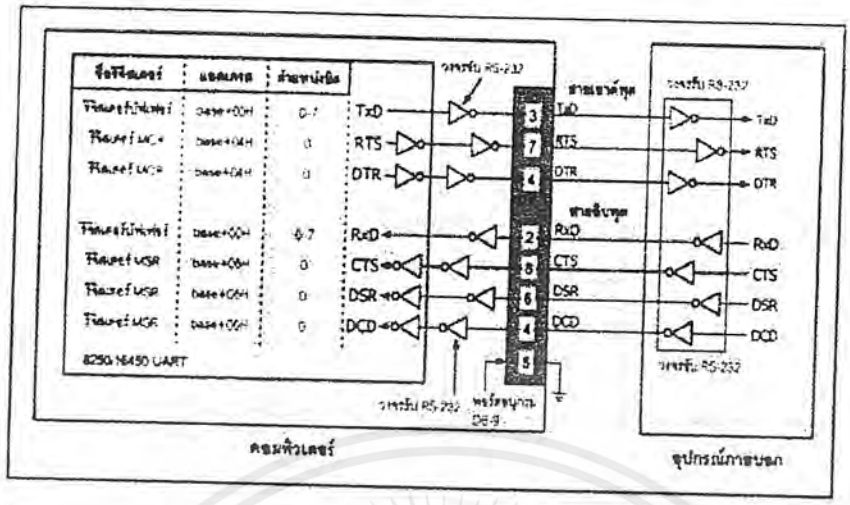
สัญญาณจากพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ตามมาตรฐาน RS-232 ซึ่งมีระดับแรงดันอยู่ –12 V สำหรับลอจิก "1 " และ +12 V สำหรับลอจิก " 0 "เมื่อถูกส่งผ่านมายังบอร์ด ST –29 จะได้รับการแปลงให้มีระดับแรงดัน +5 V สำหรับ ลอจิก "1" และ0 ฮ สำหรับลอจิก "0" ตามมาตรฐานสัญญานทีทีแอล โดยใช้ไอซีMAX 232



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรภาคขยายพอร์ตอินพุต และ เอาท์พุท ผ่านบัส I2C

ภายในไอซี Max 232 มีวงจรแปลงอยู่ภายในทั้งหมด 4 ชุดแบ่งออกเป็นวงจรแปลงสัญญาณTTL เป็น RS –232 สองชุด และวงจรแปลงจากRS – 232 เป็น TTL อีกสองชุด ดังนั้นเมื่อต้องการใช้งานพอร์ตอนุกรมซึ่งมีขาอินพุตและขาเอาต์พุตมากกว่า 4 ขา ต้องใช้ไอซี MAX232 สองตัวจึงจะเพียงพอ ภาคบัฟเฟอร์สัญญาณเอาต์พุตของพอร์ตอนุกรมที่ผ่าน MAX 232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ไดอะแกรมการทำงานภายในของขาสัญญาณต่าง ๆ

3.3 การควบคุมรีเลย์โดยใช้ทรานซิสเตอร์

รีเลย์เป็นอุปกรณ์แม่เหล็กแบบหนึ่งที่ใช้การตัดต่อวงจร เมื่อขดลวดมีกระแสไฟไหลผ่านจะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้น ทำให้หน้าสัมผัสโลหะปกติเปิดวงจรแยกออกจากกันอยู่ ถูกดูดติดกันเกิดการต่อวงจรขึ้น ส่วนหน้าสัมผัสที่ปกติวงจรอยู่จะแยกออกจากกัน เกิดการเปิดวงจรขึ้น

รีเลย์โดยทั่วไปจะมีหน้าสัมผัสทางเอาท์พุต 2 แบบที่มีความเกี่ยวข้องกัน คือ หน้าสัมผัสปกติต่อวงจร NC และหน้าสัมผัสเปิดวงจร NO ในกรณีหน้าสัมผัสปกติต่อวงจรเมื่อรีเลย์ทำงาน หน้าสัมผัสชุดนี้จะแยกออกจากกัน กลายเป็นเปิดวงจร หน้าสัมผัสชุดนี้จะให้ทำงานเพื่อใช้รีเลย์ตัดวงจรเมื่อทำงาน ส่นหน้าสัมผัสปกติเปิดวงจรเมื่อรีเลญีทำงานหน้าสัมผัสชุดนี้จะต่อวงจรกันกลายเป็นวงจรปิดดั้งนั้นหน้าสัมผัสชุดนี้ใชีรีเลย์ต่อวงจรการทำงาน

รีเลย์โดยทั่วไปมีขดลวด 1 ชุด ในขณะที่หน้าสัมผัสมีตั้งแต่ 1 ชุด จำนวน 5 ขาไปจนถึง 4 ชุด 14 ขา ส่วนอัตราทนกำลังทาวไฟฟ้าของหน้าสัมผัสมีให้เลือกมากมาย ถ้าเป็นแรงดันตั้งแต่ 30 V ขึ้นไปจนถึง 1,000 V ส่วนขนาดของกระแสมีตั้งแต่ไม่กีแอมป์ไปจนถึงหลายสิบแอมป์

วงจรขับรีเลย์ตามรูป ข่าเอาท์พุตของพอร์ตอนุกรมต่อเข้ากับขาเบสของทรานซิสเตอร์ที่ใช้ขับรีเลย์ผ่านตัวต้านทาน R_1 ซึ่งทำหน้าที่กำจัดกระแสเบสให้แก่ทรานซิสเตอร์ Q_1 ขดลวดรีเลย์จะเข้ากับขาคอลเล็กเตอร์ โดยมีไดโอด D_1 ต่อคร่อมขดลวดรีเลย์ RY_1 เพื่อป้องกันกระแสไหลย้อนกลับมาเข้าทรานซิสเตอร์เมื่อรีเลย์หุดทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต้องการสั่งให้รีเลย์ทำงาน ต้องเขียนคำสั่งเพื่อกำหนดให้ขา RTS หรือขา DTR มีลอจิกเป็น"1" ทรานซิสเตอร์ Q_1 จะนำกระแส ทำให้เกิดขดลวดรีเลย์ทำงาน RY_1 ถ้าต้องการให้รีเลย์หยุดทำงาน ทำได้โดยการเขียนข้อมูล "0" ออกไปทางขา RTS หรือขา DTR อีกครั้ง ทรานซิสเตอร์ Q_1 ก็จะหยุดนำกระแส ข้อแนะนำประการหนึ่งสำหรับการใช้รีเลย์เพื่อขับโหลดสำหรับไฟฟ้าที่มีกำลังสูง ไม่ควรใช้รีเลย์กับโหลดที่มีขนากมากกว่า 20 แอมป์ เนื่องจากเมื่อรีเลย์ทำงาน ทำการต่อไฟเลี้ยงให้แก่โหลดอาจเกิดประกายไฟขึ้นที่หน้าสัมผัสได้ ทำให้หน้าสัมผัสเสื่อมสมรรถภาพ ส่งผลให้เกิดความเสียหายได้ในที่สุด

3.4 การเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic เพื่อติดต่อพอร์ตอนุกรมและMSComm คอนโทรล MSComm

สำหรับการใช้งาน Visual Basic 1ตั้งแต่ เวอร์ชัน 2 เป็นต้นมา ใน Visual Basic จะมีคัสตอมคอนโทรลสำหรับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์มาให้ โดยใน Visual Basic เวอร์ชัน 2 และ เวอร์ชัน 3 จะใช้ชื่อว่า MSCOMM.VBX ส่วนเวอร์ชัน 4 ใช้ชื่อว่า MSCOMM16.OCX สำหรับการทำงานกับระบบปฏิบัติการ 32 บิต สำหรับใน Visual Basic เวร์ชัน 5 จะมีเพียง MSCOMM32.OCX เท่านั้น เพราะถูกออกแบบมาให้ใช้งานกับระบบปฏิบัติการ 32 บิต

MSCOmm จัดเตรียมทางเลือกเอาไว้ 2 ทางเพื่อความสะดวกในการสื่อสารข้อมูล ทางแรกคือ

การสื่อสารข้อมูลที่กระตุ้นด้วยเหตุการณ์ (Even-Driven Communications) เป็นรูปแบบการใช้งานที่มีประสิทธิภาพมากสำหรับการตอบสนองแบบทันทีทันใด เช่น เมื่อตัวอักษรถูกส่งมาที่พอร์ตอนุกรมหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ขา Data Carrier Detect (DCD) หรือขา Request To Send (RTS) เหตุการณ์ ONCOMM ของ MSComm จะสามารถตรวจจับสัญญาณนั้นได้ทันที ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อคุณสมบัติ CommEvent ต่อไปส่วนทางเลือกที่สองเป็นการคอยตรวจสอบหาค่าเหตุการณ์และความผิดพลาดที่เกิดขึ้นด้วยการดูค่าที่เปลี่ยนแปลงภายในคุณสมบัติ CommEvent หลังจากให้โปรแกรมทำงานตามฟังก์ชันต่าง ๆ ไปเรียบร้อยแล้ว ซึ่งวิธีนี้ใช้งานได้ดีในกรณีที่โปรแกรมมีขนาดเล็ก

คอนโทรล MSComm 1 ตัวสามารถควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมได้ 1 พอร์ต ถ้าในโปรแกรมที่ใช้งานต้องการติดต่อกับพอร์ตอนุกรมมากกว่า 1 พอร์ตจะต้องใช้คอนโทรล MSComm มากกว่า 1 ตัวเพื่อควบคุมพอร์ตอนุกรมในแต่ละพอร์ต แอดเดรสของพอร์ตอนุกรมและแอดเดรสของการอินเตอร์รัปต์สามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการแก้ไขค่าที่ Control Panel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงแม้ว่า คอนโทรล MSComm จะมีคุณสมบัติ (Property) มากมายหลายตัว แต่สามารถทำความเข้าใจได้ไม่ยากดังนี้

CommPort

ใช้ในการกำหนดและอ่านค่าพอร์ตอนุกรมที่ติดอยู่ (COM1 , COM2 , COM3 , COM4)

รูปแบบการใช้งาน

object.CommPort = [value]

โดย Value เป็นค่าของพอร์ตอนุกรม ชนิดของข้อมูลเป็น Integer ค่า Value สามารถกำหนดได้ในช่วง 1-16 (ค่าเริ่มต้นไว้ที่ 1) เมื่อมีการกำหนดค่าแล้วทำการเปิดพอร์ตโดยใช้คุณสมบัติ PortOpen แต่ว่าพอร์ตนั้นไม่มีอยู่ในระบบ MSCOMM จะสร้างสัญญาณแสดงข้อผิดพลาด error 68 ขึ้นมา ซึ่งหมายถึง อุปกรณ์ตัวนั้นไม่มีอยู่ในระบบ ดังนั้นการเขียนโปรแกรมจึงจำเป็นจะต้องกำหนดตำแหน่งของพอร์ตอนุกรมก่อนที่ใช้คุณสมบัติ PortOpen

Setting

ใช้ในการกำหนดและอ่านค่าอัตราบอด , พาริตี้ , จำนวนของบิตข้อมูล , จำนวนบิตปิดท้าย

รูปแบบการใช้งาน

object.Settings [= value]

ค่า Value มีชนิดข้อมูลเป็นแบบ String มีรูปแบบเป็น " BBBB,P,D,S" โดย BBBB เป็นอัตราบอด , P เป็นพาริตี้ , D เป็นจำนวนบิตข้อมูล และ S เป็นจำนวนบิตปิดท้าย ปกติแล้วค่าน้จะถูกกำหนดไว้เป็น " 9600,N,8,1 "

PortOpen

ใช้ในการกำหนดและอ่านค่าสถานะของพอร์ตอนุกรม เพื่อเปิดและปิดพอร์ตอนุกรม

รูปแบบการใช้งาน

object.PortOpen [= Value]

ค่า Value มีชนิดข้อมูลเป็นแบบบูลีนคือ True กับ False โดย True หมายถึงการเปิดพอร์ตอนุกรม และ False หมายถึงการปิดพอร์ตอนุกรม สำหรับการปิดพอร์ตนั้นจะมีการเครียลบัฟเฟอร์รับข้อมูลและบัฟเฟอร์ส่งข้อมูลด้วย คอนโทรล MSComm จะปิดพอร์ตอนุกรมโดยอัตโนมัติเมื่อออกจากโปรแกรม ก่อนที่จะใช้คุณสมบัติ PortOpen ต้องตรวจสอบให้แน่ใจก่อนว่าคุณสมบัติ CommPort นั้นได้ทำการกำหนดตำแหน่งของพอร์ตอนุกรมไว้ถูกต้องหรือไม่ มิเช่นนั้น MSComm จะแสดงข้อผิดพลาด Error 68 แจ้งแก่ผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าคุณสมบัติ DRTTEnable หรือ RTSEnable ถูกกำหนดให้เป็น True ก่อนที่จะทำการเปิดพอร์ตค่าคุณสมบัติของ DTREnable หรือ RTSEnable จะถูกเซตเป็น False หลังจากปิดพอร์ต แต่ถ้าเซตเป็น False หลังจากปิดโปรแกรมแล้วค่าที่กำหนดไว้จะเป็นค่าเดิม

Input

อ่านค่าและลบค่าขบวนข้อมูลจากบัฟเฟอร์ภาครับ

รูปแบบการใช้งาน

object.Input

คุณสมบัติ InputLen เป็นตัวกำหนดจำนวนของอักษรที่จะอ่นโดยคุณสมบัติ Input การกำหนดค่าให้ InputLen เท่ากับ 0 เป็นการกำหนดให้คุณสมบัติ Input ทำการอ่านข้อมูลในบัฟเฟอร์รับข้อมูลทั้งหมด

คุณสมบัติ InputMode เป็นตัวกำหนดชนิดของข้อมูลที่คุณสมบัติ Input รับเข้ามา ถ้า InputMode ถูกกำหนดเป็น comInputModeText คุณสมบัติ Input จะส่งค่าข้อมูลกลับมาในรูปแบบของข้อความชนิดข้อมูลเป็นแบบ Variant ถ้า InputMode กำหนดเป็น comInputModeBinary คุณสมบัติ Input จะถูกส่งกลับมาในรูปของไบนารี่และข้อมูลเป็นแบบ Variant

Output

ใช้ในการส่งขบวนของข้อมูลไปยังบัฟเฟอร์ส่งข้อมูล

รูปแบบการใช้งาน

object.Output [= value]

ค่า value เป็นค่าของตัวอักษรที่เขียนไปยังบัฟเฟอร์ส่งข้อมูล คุณสมบัติ Output สามารถใช้ในการส่งข้อมูลตัวอักษรหรือข้อมูลไบนารี่ก็ได้ โดยการส่งข้อมูลเป็นรูปแบบตัวอักษรจะต้องกำหนดข้อมูลเป็นแบบ Variant และมีข้อมูลภายในเป็นแบบ String สำหรับการส่งข้อมูลไบนารี่จะต้องกำหนดชนิดของข้อมูลเป็นแบบ Variant และมีข้อมูลภายในเป็นแบบ Byte

DTREnable

ใช้ในการอีเนเบิลขา Data Terminal Read (DTR) โดสัญญาณของขา DTR จะส่งจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพื่อแสดงว่าคอมพิวเตอร์พร้อมที่จะรับข้อมูลแล้ว ชนิดของข้อมูลเป็นแบบ Boolean

รูปแบบการใช้งาน

object . DTREnable[= value]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อขา DTR ถูกกำหนดสถานะให้เป็น True ที่ขา DTR จะมีสถานะลอจิก "1" เมื่อทำการเปิดพอร์ตและจะมีสถานะเป็น " 0 " เมื่อมีการปิดพอร์ต เมื่อขา DTR ถูกกำหนดสถานะเป็น False ที่ขา DTR จะมีสถานะลอจิก "0" ตลอดเวลาไม่ว่าจะใช้คำสั่งเปิดหรือปิดพอร์ต

RTSEnable

ใช้สำหรับอันาเบิลขา Request To Send (RTS) โดยขา RTS จะเป็นสัญญาณที่ส่งจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพื่อขอร้องส่งข้อมูล ชนิดของข้อมูลเป็นแบบ Boolean

รูปแบบการใช้งาน

object . RTSEnable [= value]

ค่า Value เป็นค่าสถานะ True หรือ False เพื่ออีนาเบิลหรือดิสเอเบิลขา RTS โดย

True หมายถึง อีนาเบิลขา RTS

False หมายถึง ดิสเอเบิลขา RTS (เป็นปกติ)

เมื่อขา RTSEnable ถูกกำหนดให้เป็น True ขา RTS จะมีสถานะลอจิก ."1" เมื่อเปิดพอร์ตและมีสถานะลอจิก "0" เมื่อปิดพอร์ต

EOFEnable

เป็นการกำหนดให้ MSComm รอสัญญลักษณ์แสดงส่วนท้ายสุดของไฟล์ (End of File : EOF) ระหว่างการรับอินพุตเข้ามา ถ้าพบสัญลักษณ์ EOF ภาคอินพุตจะหยุดรอรับข้อมูลและเหตุการณ์ OnComm จะถูกกระตุ้นให้ทำงาน คุณสมบัติ CommEvent จะมีค่าเท่ากับ 7 หรือ ComEvEOF

รูปแบบการใช้งาน

object . EOFEnable [= value]

โดย value เป็นค่าสถานะ True หรือ False เพื่ออีนาเบิลหรือดสเอเบิลการทำงานของเหตุการณ์ Oncomm เมื่อตรวจพบสัญลักษณ์ EOF โดย

True หมายถึง เหตุการณ์ OnComm จะถูกกระตุ้นให้ทำงานด้วย EOF

False หมายถึง เหตุการณ์ OnComm จะไม่ถูกกระตุ้นให้ทำงานด้วย EOF (เป็นค่าปกติ)

เมื่อ EOFEnable กำหนดให้เป็น False ส่วนควบคุมจะไม่มีการตรวจสอบสัญลักษณ์

CTSHolding

ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบการทำงานของขา Clear To Sent (CTS) ได้ว่ามีสถานะลอจิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

" 0" หรือ "1" โดยค่าที่อ่านจะเป็นบูลีน True และ False ถ้าค่า CTSHolding เป็น True ขา CTS จะมีสถานะลอจิก เป็น "1" ถ้าค่า CTSHolding เป็น False ขา CTS จะมีสถานะลอจิกเป็น "0"

รูปแบบการใช้งาน

object . CTSHolding

เมื่อขา CTS เป็นลอจิก "0" (CTSHolding = False) และเกิดไทม์เอาท์ คอนโทรล MSComm จะกำหนดให้คุณสมบัติ CommEvent มีค่าเป็น comEventCTSO (Clear To Send Timeout) และการกระตุ้นให้เกิดเหตุการณ์ OnComm

เหตุการณ์ OnComm

เหตุการณ์ OnComm จะถูกสร้าวขึ้นเมื่อค่าของคุณสมบัติ CommEvent มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อแสดงผลการเปลี่ยนแปลงเหล่านั้นแบบทันทีทันใดหรือแสดงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น

การใช้ MSComm เพื่อการติดต่อฮาร์ดแวร์

จากรายละเอียดของ MSComm ที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น จะเห็นได้ว่าวิธีการอ่านค่าหรือเขียนค่าไปยังขาสถานะและขาควบคุมของพอร์ตอนุกรมสามารถทำได้ง่าย โดยใช้คำสั่งดังนี้

DTREnable	สำหรับสั่งให้ขา DTR มีลอจิก "0" หรือ "1"
RTSEnable	สำหรับสั่งให้ขา RTS มีลอจิก "0" หรือ "1"
CTSHolding	สำหรับอ่านค่าสถานะจากขา CTS ว่ามีลอจิก "0" หรือ "1"

3.5 การเขียนโปรแกรมติดต่อกับบัส I^2C ด้วย Visual Basic

ในการติดต่อกับบัส I^2C ด้วย Visual Basic ต้องใช้หลักการเขียนโดยใช้ MSComm โปรกรมย่อยการสร้าง Start ให้กับ I^2C เริ่มจากขาของ SCL และขาของ SDA ต้องมีลอจิก " 1" ก่อน เพื่อกำหนดให้อยู่ในสถานะบัส ว่าง

1. กำหนดให้ขา SDA มีลอจิก "0" ก่อน
2. จากนั้นกำหนดให้ขา SCL มีลอจิก "0" ตามมา

โปรแกรมย่อยการสร้างสัญญาณ Start

```
Private Sub I2CStart()
MSComm1.RTSEnable = True   'SDA=1
MSComm1.DTREnable = False  'SCL=0
MSComm1.DTREnable = True   'SCL=1
MSComm1.RTSEnable = False  'SDA=0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MSComm1.DTREnable = False   'SCL=0
End Sub
```

โปรแกรมย่อยการสร้างสัญญาณ Stop

```
Private Sub I2CStop()
MSComm1.RTSEnable = False   'SDA=0
MSComm1.DTREnable = True    'SCL=1
MSComm1.RTSEnable = True    'SDA=1
End Sub
```

โปรแกรมย่อยการสร้างสัญญาณ Ack

```
Private Sub Ack()
MSComm1.RTSEnable = True    'SDA=1
MSComm1.DTREnable = True    'SCL=1
MSComm1.DTREnable = False   'SCL=0
End Sub
```

โปรแกรมย่อยการสร้างสัญญาณ MAck

```
Private Sub MAck()
MSComm1.RTSEnable = False   'SDA=0
MSComm1.DTREnable = True    'SCL=1
MSComm1.DTREnable = False   'SCL=0
MSComm1.RTSEnable = True    'SDA=1
End Sub
```

โปรแกรมย่อยการสร้างสัญญาณ I2CStart

```
Private Sub I2CStart()
MSComm1.RTSEnable = True    'SDA=1
MSComm1.DTREnable = False   'SCL=0
MSComm1.DTREnable = True    'SCL=1
MSComm1.RTSEnable = False   'SDA=0
MSComm1.DTREnable = False   'SCL=0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub
โปรแกรมย่อยการสร้างสัญญาณ I2CStop
Private Sub I2CStop()
MSComm1.RTSEnable = False   'SDA=0
MSComm1.DTREnable = True    'SCL=1
MSComm1.RTSEnable = True    'SDA=1
End Sub
โปรแกรมย่อยการสร้างสัญญาณ Send 0
Private Sub send0()
MSComm1.RTSEnable = False   'SDA=0
MSComm1.DTREnable = True    'SCL=1
MSComm1.DTREnable = False   'SCL=0
End Sub
โปรแกรมย่อยการสร้างสัญญาณ Send 1
Private Sub Send1()
MSComm1.RTSEnable = True    'SDA=1
MSComm1.DTREnable = True    'SCL=1
0 MSComm1.DTREnable = False   'SCL=0
End Sub
```

3.6 การเชื่อมต่อกับสัญญาณอะนาลอกผ่านพอร์ตอนุกรม

ปกติแล้วข้อมูลในการติดต่อกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์นั้นจะเป็นสัญญาณดิจิตอลทั้งสิ้นแต่เมื่อนำมาต่อกับอุปกรณ์ภายนอกแล้ว ย่อมต้องเชื่อมต่อและประมวณผลกับสัญญาณอนาลอกด้วย ในการเชื่อมต่อกับสัญญาณอนาลอกต้องใช้ไอซี ADC เบอร์ PCF8591ซึ่งมีรูปแบบแการเชื่อมต่อแบบบัส I^2C

ข้อมูลเบื้องต้นของ PCF8591

เป็นไอซีแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอลและแปลงสัญญาณจากดิจิตอลเป็นอนาลอกในตัวเดียวกัน ทำให้สามารถประยุกต์ใช้วานได้อย่างกว้างขวาง โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ทำงานโดยใช้แหล่งจ่ายไฟชุดเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

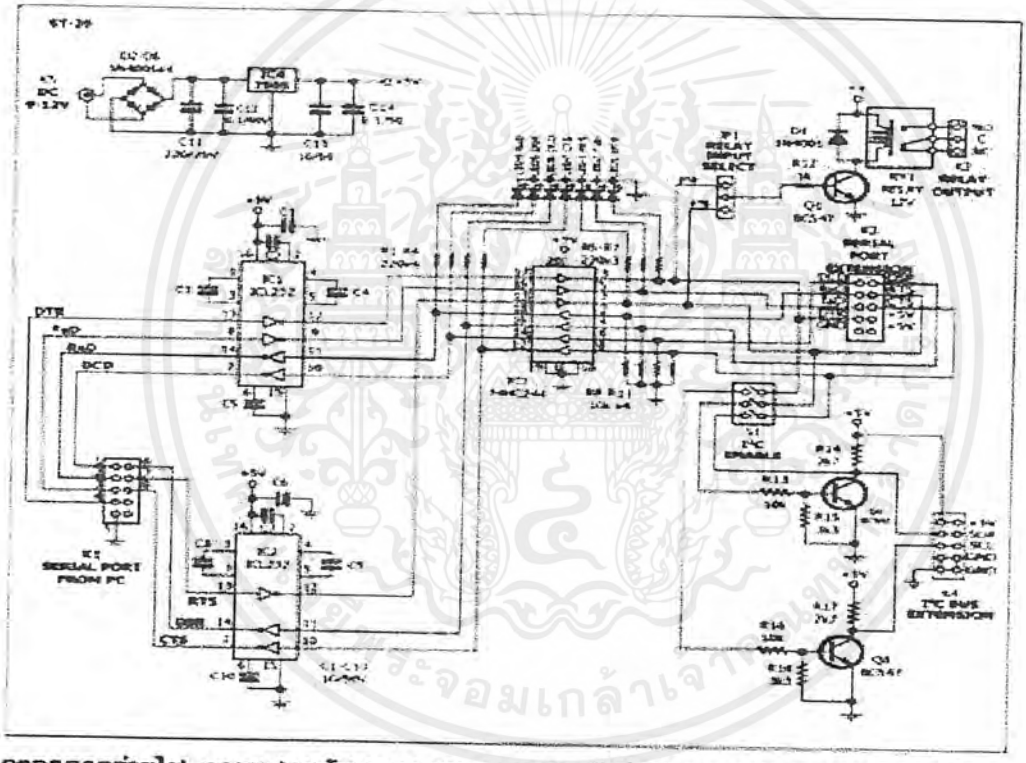
- ทำงานที่แรงดัน 2.5 ถึง 6 V
- กินกระแสขณะอยู่ในสภาวะสแตนบายค์ต่ำ
- ติดต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ผ่าน I^2C
- สามารถเลือกตำแหน่งแอดเดรสทางฮาร์แวร์ จากขา A0,A1,A2 ทำให้สามารภพวงต่อกันได้สูงสุด 8 ตัว
- อัตราการสุ่มข้อมูลขึ้นอยู่ความเร็วข้อสัญญาณนาฬิกาบนบัส I^2C
- วงจรแปลงสัญญาณจาก ADC สามารถรับสัญญาณอนาลอกได้ 4 ช่องทั้งยังเลือกได้ว่าทำงานแบบแยกช่องหรือเป็นวงจรแบบดิฟเฟอเรนเชียล
- การอ่านค่าสามารถเลื่อนช่องอินพุตได้โดยอัตโนมัติได้
- สัญญาณอะนาลอกมีระดับแรงดันตั้งแต่ V_{SS} ไปจนถึง V_{DD}
- วงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลเป็นแบบซักเซสซีฟ แอปพร็อกซิเมชั่นขนาด 8 บิต
- มีวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอก 8 บิต 1 ช่อง

การอ่านข้อมูลอินพุตอนาลอกแบบต่อเนื่องจาก PCF8591 มีลำดับขั้นตอนดั้งนี้

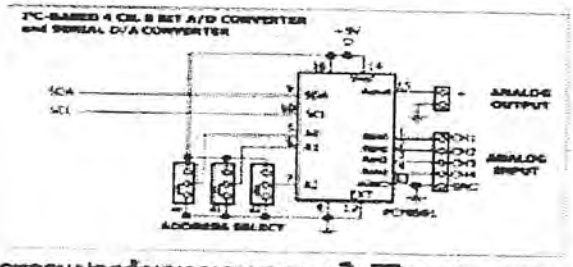
1. ส่งสัญญาณ START
2. ส่งข้อมูลกำหนดแอดเดรส โดยที่นี้กำหนดแอดเดรสของ PCF8591 ไว้ที่ 000 และให้ทำงานในโหมดเขียนข้อมูล
3. รอรับสัญญาณ ACK หรือรอการตอบกลับจาก PCF8591
4. ส่งข้อมูลควบคุมไปยัง PCF8591 โดยใช้ค่า 45H ซึ่งเป็นค่าอินาเบิลอนาลอกเอาต์พุต กำหนดให้อินพุตทำงานอะนาลอกทำงานในโหมดซิงเกิล กำหนดค่าให้ใช้การเลื่อนค่าอ่านข้อมูลแบบต่อเนื่อง และเริ่มอ่านข้อมูลจากช่อง 1
5. รอรับสัญญาณ ACK จาก PCF8591
6. ส่งสัญญาณ STOP
7. ส่งสัญญาณ START
8. ส่งข้อมูลกำหนดแอดเดรสอีกครั้งโดยกำหนดเป็นโหมดอ่านข้อมูล เพื่อเริ่มต้นการอ่านค่าข้อมูลจากช่องสัญญาณอะนาลอกอินพุต
9. รอรับสัญญาณ ACK จาก PCF8591
10. อ่านค่าจากขาอินพุต ของวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกจากช่องที่ 1
11. ส่งสัญญาณ Mack ไปยังPCF8591

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

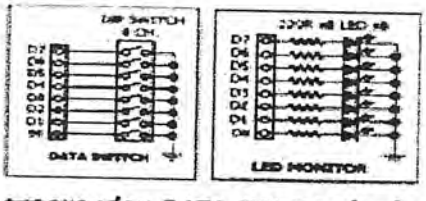
12. อ่านค่าจากขาอินพุต ของวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกจากช่องที่ 2
13. ส่งสัญญาณ Mack ไปยังPCF8591
14. อ่านค่าจากขาอินพุต ของวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกจากช่องที่ 3
15. ส่งสัญญาณ Mack ไปยังPCF8591
16. อ่านค่าจากขาอินพุต ของวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกจากช่องที่ 4
17. รอรับสัญญาณ ACK จาก PCF8591
18. ส่งสัญญาณ STOP



วงจรภาคจ่ายไฟ, ภาคแปลงสัญญาณ RS-232, ภาครับรีเลย์ และแปลงระบบบัส I²C ของบอร์ด ST-29



วงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลและแปลง



วงจรของส่วน DATA SWITCH สำหรับป้อนข้อมูลดิจิตอล และ LED MONITOR

รูปที่ 3.6 แสดงวงจรการเชื่อมต่อสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การออกแบบวงจรควบคุมและการสร้าง

4.1 การทำงานของอุปกรณ์เซนเซอร์

Sensor เป็นอุปกรณ์ที่รับค่าจากภายนอกแล้วแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้าจากค่าความต้านทานทางไฟฟ้า เป็นสัญญาณ Voltage แล้วส่งค่า Voltage ที่ตกคร่อมไปให้ PC computer ประมวลผลออกมาในรูปค่าความชื้นของดินแสดงผลทาง Monitor สัญญาณที่วัดจาก Sensor เป็นสัญญาณอะนาลอก จะต้องมีการแปลงสัญญาณอะนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล โดย Board A/D แล้วส่งให้ Computer ประมวลผลการทำงานของ Sensor

ส่วนประกอบของ Sensor มี ทองแดง เป็นขั้วบวก และ อลูมิเนียมเป็นขั้วลบ โดยมี Oasis อยู่ระหว่างโลหะทั้ง 2 ใช้คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ Oasis นอกจาก Oasis แล้วยังมีวัสดุที่สามารถนำมาใช้แทน Oasis เช่น ฟองน้ำ , ไนลอน,ไฟเบอร์กลาส,ยิมซัม หรือ อื่นๆๆ ที่สามารถเป็นตัวแทนของดิน ในที่จะเลือกใช้วัสดุขึ้นอยู่กับลักษณะของดิน โครงสร้างของดิน ชนิดของดิน สภาพพื้นที่ใช้งาน ควรมีการทดสอบ Sensor ตัววัดมาตราฐานแล้วทำการปรับแต่งค่า Voltage ที่วัดได้กับตัววัดมาตราฐาน ก่อนใช้งาน ซึ่งจะทำให้สามารถได้ค่าความชื้นของดินที่ถูกต้อง

4.1.1 วิธีการทดสอบ

ความสามารถในการวัดของSensor จากที่ได้ออกแบบให้มีคุณสมบัติคล้ายดิน พบว่าใช้ได้ดีกับดินทุกชนิด และยังได้ค่า%ความชื้นของดินใกล้เคียงกับอุปกรณ์มาตรฐาน[Soil Moisture Meter +Resistance Block Calibration Programs]

ความสามารถในการประมวลผลคอมพิวเตอร์ โปรแกรมดังกล่าวถูกออกแบบให้มีขนาดเล็กและใช้ทรัพยากรน้อย จึงไม่มีปัญหากับการใช้งานกับคอมพิวเตอร์รุ่นเก่า (Dx 386) ในโปรแกรมสามารถตรวจสอบการทำงานของตัวเซนเซอร์ ทำโดยการบันทึกค่าเป็นhistory ที่ช่วงเวลาต่างๆ เพื่อเทียบเคียงกับพื้นที่จริงว่าได้ผลอย่างไร หรืออาจจะมีเศษใบไม้ ขยะสิ่งกีดขว้างขนาดใหญ่ ปกปิดบริเวณโดนต้นหรือเขตรากพืช ทำให้ความชื้นในดินไม่สูงขึ้นตามอัตราการให้น้ำพืช ในส่วนนี้เองทำให้การให้น้ำมีประสิทธิภาพสูงขึ้น คือ สามารถตรวจได้ว่ารากพืชได้รับน้ำตามที่ได้ให้ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 เครื่องมือวัดความชื้นด้วยไฟฟ้า

[Electrical Resistance Instruments] เครื่องมือช่วยกำหนดการให้น้ำแก่พืชแบบนี้ประกอบขึ้นด้วยอุปกรณ์ 2 อย่างด้วยกันคือ เครื่องมือวัดความต้านทานไฟฟ้าที่มีขีดบอกความต้านทานและจำนวนความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ เครื่องวัดความต้านทานนี้บางครั้งเรียกว่า Soil Moisture Meter อุปกรณ์อีกอย่างหนึ่งก็คือ ก้อนความต้านทานหรือ Resistance Block ที่บางครั้งเรียกว่า Soil Block

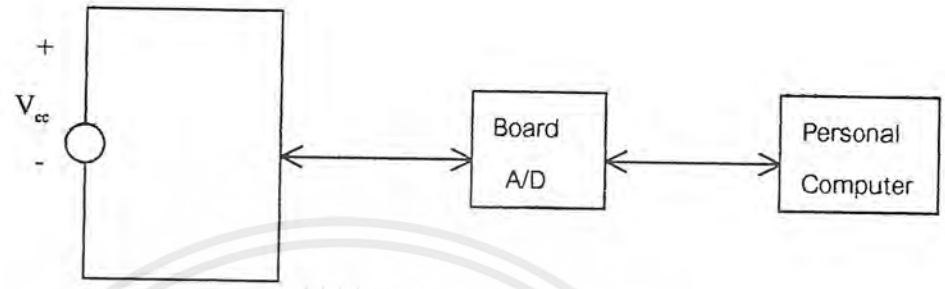
ก้อนความต้านทานประกอบขึ้นด้วยขั้วไฟฟ้า 2 ขั้วแล้วห่อหุ้มด้วยวัสดุพรุน เช่น ปูนปลาสเตอร์ ไนล่อน หรือ ไฟเบอร์กลาส รูปร่างก้อนความต้านทานจะขึ้นอยู่กับลักษณะของขั้วไฟฟ้าที่ใช้ ที่นิยมกันเป็นแผ่นลวดตะแกรงเหล็กสแตนเลส หรือโลหะผสม 2 แผ่นวางขนานกันแล้วห่อหุ้มด้วยวัสดุพรุน ก้อนความต้านทานแบบนี้จะมีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยม สำหรับก้อนที่ทำด้วยปูนปลาสเตอร์บางทีใช้ลวดตะแกรงรูปทรงกระบอก และ แกนโลหะซึ่งวางอยู่ตรงกลางเป็นขั้วไฟฟ้า ก้อนความต้านทานจึงมีรูปทรงกระบอกด้วย ก้อนความต้านทานที่ทำด้วยปูนปลาสเตอร์บางครั้งเรียกว่า Gypsum Block เมื่อฝังก้อนความต้านทานไว้ในดินมันจะทำหน้าที่เสมือนส่วนหนึ่งของดิน คือมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นภายในเช่นเดียวกับดินในบริเวณรอบ ๆ และเนื่องจากจำนวนความชื้นในวัสดุพรุนมีผลต่อความต้านทาน ระหว่างขั้วไฟฟ้าในวัสดุพรุนกล่าวคือ ถ้าวัสดุพรุนมีความชื้นมากมันจะมีความต้านทานไฟฟ้าน้อย จึงสามารถนำมาเทียบเป็นจำนวนความชื้นของดิน

ความละเอียด ถูกต้องของค่าที่วัดได้เพื่อนำมากำหนดการให้น้ำแก่พืชจะขึ้นอยู่กับความสามารถของวัสดุพรุนที่จะปรับความชื้นในตัวมันให้เท่ากับความชื้นของดินในบริเวณรอบ ๆ ที่เปลี่ยนไป วัสดุที่ทำจากไนล่อนให้ค่าละเอียดถูกต้องที่แรงดึงความชื้นไม่เกิน 2 บรรยากาศ

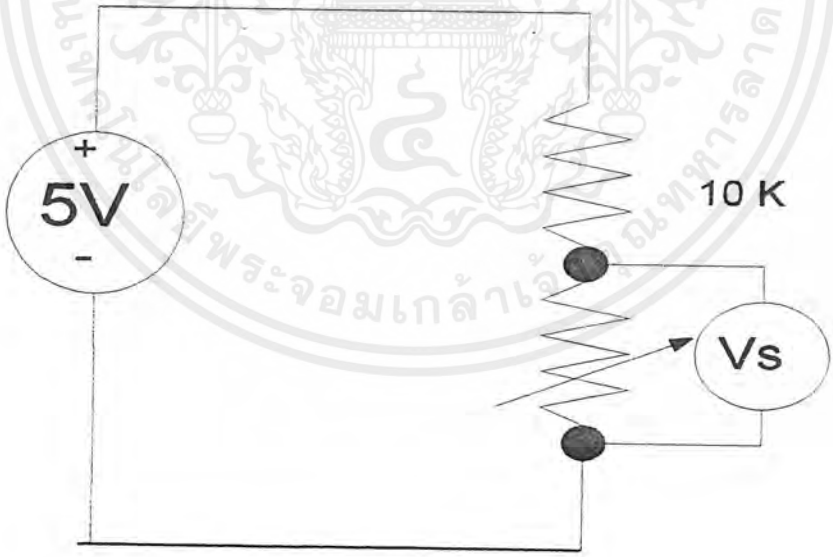
ปูนปลาสเตอร์ 1-15 บรรยากาศ อย่างไรก็ตามในช่วงแรงดึงความชื้นต่ำกว่า 1 บรรยากาศเครื่องวัดแรงดึงความชื้นของดิน [Tensionmeter] จะช่วยกำหนดการให้น้ำแก่พืชได้ละเอียดถูกต้องดีกว่าก้อนความต้านทานทุกแบบ ก้อนความต้านทานที่ทำด้วยปูนปลาสเตอร์จะไม่ค่อยทนทานนักถ้าฝังในดินที่มีน้ำขัง หรือเป็นเนื้อขัง หรือเป็นดินเนื้อหยาบและมีการให้น้ำบ่อยครั้ง ทั้งนี้เพราะปูนปลาสเตอร์จะสลายตัวได้ง่ายในสภาวะดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วงจรควบคุมการทำงานของเซนเซอร์



รูปที่ 4.1 แสดงวงจรควบคุมระบบ



รูปที่ 4.2 แสดงวงจรไฟฟ้าที่ใช้ในการวัดความต่างศักย์ตกคร่อมเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะของเซนเซอร์ที่จะนำไปปรับเทียบมาตราฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 การคำนวณค่าVoltageของเซนเซอร์แต่ละชนิด

Oasis

วัดความต้านทานที่ ค่าความชื้น 0 % ได้ 85 kΩ

วัดความต้านทานที่ ค่าความชื้น 100 % ได้ 5.5 kΩ

จาก $V_{in} = R_S V_{cc}/(R-R_S)$

ที่ค่าความชื้น 0 % ได้ $V_{in} = 85*5/(10+85)$

$= 4.47$ Volt

ที่ค่าความชื้น 100% ได้ $V_{in} = 5.5*5/(10+5.5)$

$= 1.77$ Volt

ฟองน้ำ

วัดความต้านทานที่ ค่าความชื้น 0 % ได้ 400 kΩ

วัดความต้านทานที่ ค่าความชื้น 100 % ได้ 5 kΩ

จาก $V_{in} = R_S V_{cc}/(R-R_S)$

ที่ค่าความชื้น 0 % ได้ $V_{in} = 400*5/(10+400)$

$= 4.87$ Volt

ที่ค่าความชื้น 100% ได้ $V_{in} = 5*5/(10+5)$

$= 1.66$ Volt

ยิปซัมบล็อก

วัดความต้านทานที่ ค่าความชื้น 0 % ได้ 35 kΩ

วัดความต้านทานที่ ค่าความชื้น 100 % ได้ 10 kΩ

จาก $V_{in} = R_S V_{cc}/(R+R_S)$

ที่ค่าความชื้น 0 % ได้ $V_{in} = 35*5/(10+35)$

$= 3.84$ Volt

ที่ค่าความชื้น 100% ได้ $V_{in} = 10*5/(10+10)$

$= 2.5$ Volt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

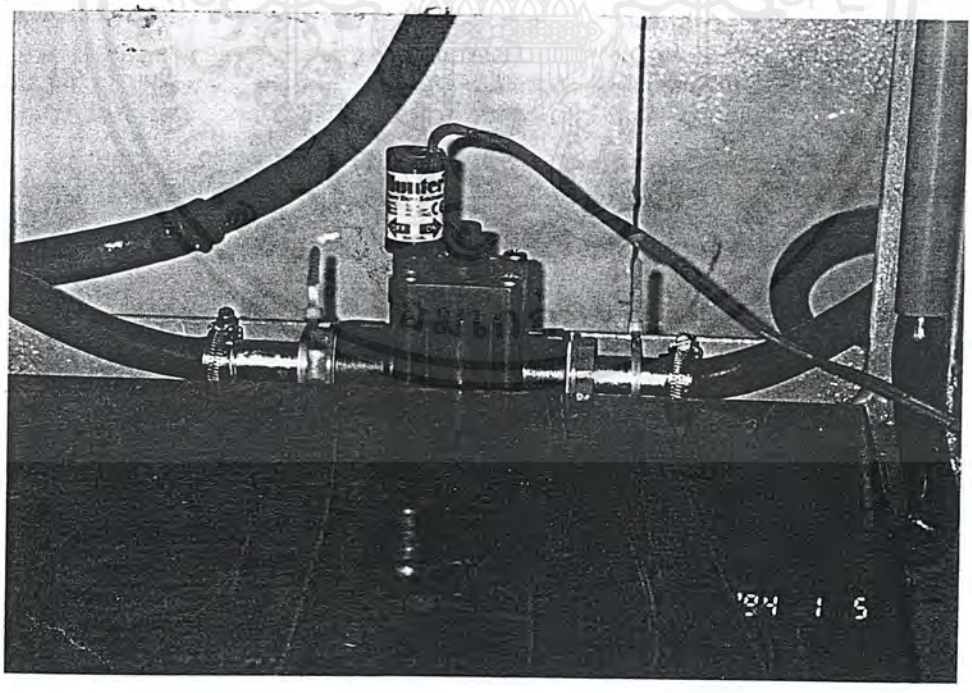
บทที่ 5
การติดตั้งอุปกรณ์และการทดสอบ

5.1 ขั้นตอนการติดตั้ง

5.1.1 การทำงานของโซลินอยด์วาล์ว

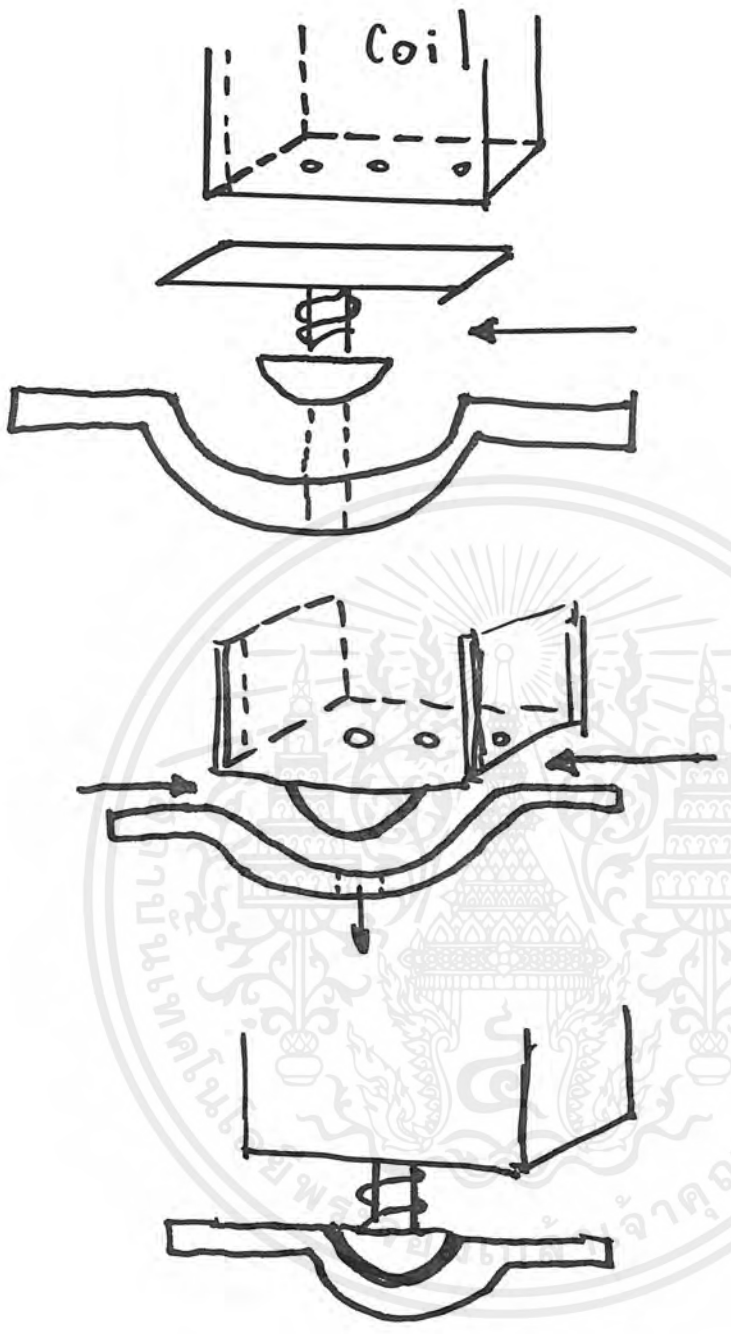
การทำงานอาศัยหลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก โดยเมื่อมีการป้อนไฟเข้าหม้อแปลงภายในขดลวดจะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้น ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำให้หน้าสัมผัสดูดกันกับแผ่นเหล็ก ทำให้ช่องเปิดช่องจ่ายน้ำ ดังนั้นจึงทำให้น้ำไหลผ่านได้ และเมื่อหยุดป้อนไฟแรงเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กน้อยกว่าแรงดันสปริง ทำให้หน้าสัมผัสหลุดออกจากกันทำให้แผ่นเหล็กหลุดออกมาอุดช่องจ่ายรูน้ำที่น้ำผ่านจึงถูกปิด ซึ่งเกิดจาก

1. ไม่มีแรงดึงดูดของแม่เหล็กเมื่อหยุดป้อนไฟ
2. แรงดันสปริงมากกว่าแรงดึงดูดระหว่างหน้าสัมผัสกับแผ่นเหล็ก
3. แรงดันน้ำที่ผ่านเข้ามา



รูปที่ 5.1 แสดงการติดตั้งโซลินอยด์วาล์วเพื่อการควบคุมการจ่ายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 แสดงการทำงานของโครงสร้างภายในของโซลินอยด์วาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hunter SRV Plastic Valves

Provide your residential system with solid constrction and dependable performance for an exceptionally affordable price.

The Hunter SRV is a remarkable new valve that features a durable high-grade PVC globe body and rugged diaphragm heretofore unheard of in its class. This non-flow control valve also features an internal manual bleed to keep the valve box dry , a diaphragm support to prevent stress failure , and the improved standard Hunter solenoid. Looking for the most economical valve to get the job done ? If reliable operation is a must , then you need look no further than the Hunter SRV

Models

SRV-100G-B-1 " BSP plastic globe valve

SRV-100G-1 " NSP plastic globe valve

Product Expanation

EXAMPLE : **SRV – 100G - B**

SRV – 100G = 1" , Globe no flow control

S = Slip * Slip

B = BSP Threads

Dimensions

- Height : 13 cm.
- Length : 11 cm.
- Width : 6 cm.

Pressure Loss in kPa

L/min	1"Globe
3,8	13,1
18,9	17,2
37,9	19,3
56,8	20,7

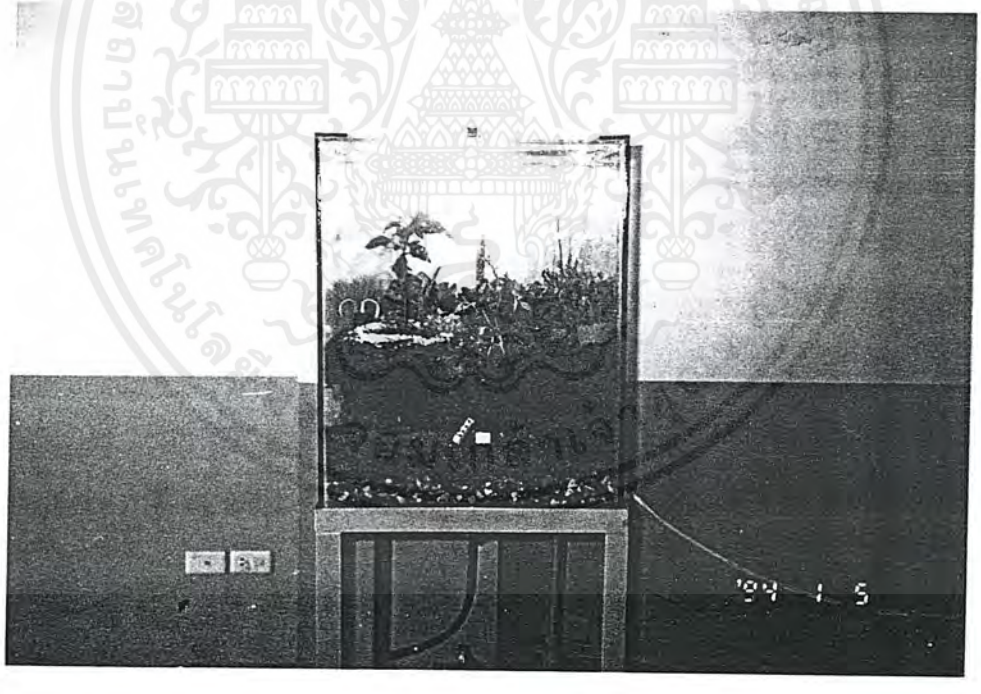
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

75.7	26.2
94.6	42.1
113.6	48.3

5.1.2 การติดตั้งกล่องเครื่องมือวัดกับชุดทดลอง

จากที่ได้ออกแบบตัวเซนเซอร์ สร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (A/D Converter) และเขียน Software เพื่อติดต่อกับคอมพิวเตอร์เรียบร้อยแล้วจึงทำการติดตั้งเพื่อRun ระบบ

โดยที่ Sensor ให้ฝังไว้ในดินบริเวณเขตรากพืช หรือ บริเวณที่ต้องการวัดค่าปอร์เซนต์ความชื้น

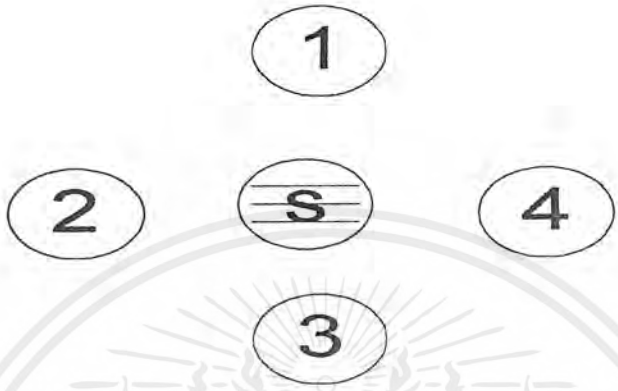


รูปที่ 5.3 แสดงการติดตั้ง Sensor บริเวณเขตรากพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การทดสอบ

5.2.1 การปรับเทียบ Sensor



รูปที่ 5.4 การวางเซนเซอร์เพื่อปรับเทียบมาตราฐาน

ขั้นตอนการปรับเทียบ

1. วางเซนเซอร์ตามรูปโดยห่างกันประมาณ 10 ซม. ลึกลงจากพื้นดินประมาณ 30 ซม. หรือ เขตรากพืช ดินในการปรับเทียบครั้งคือดินร่วน – ร่วนปนทราย
2. เริ่มต้นจากค่าของ Gysum Block ที่อ่านจาก Soil Moisture Meter ที่ ความชื้น 0 % แล้วทำการวัด Rs คือค่าความต้านทานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง โดยใช้ Multi Meter หาค่าเฉลี่ยทั้ง 4 ตัว แล้วจึงคำนวณค่า Voltage คร่อม Rs แล้วเปรียบเทียบกับค่า Voltage ของ Gysum จาก Data Book Manual
3. เลือกชนิด Sensor ที่เหมาะสมแล้วนำค่า Vs ที่ได้ไปใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อปรับเทียบค่าให้ได้เท่ากับ Gysum โดยวงจรของ Sensor ทั้ง 4 คือรูปที่ 4.2

การปรับเทียบมาตราฐานของเซนเซอร์

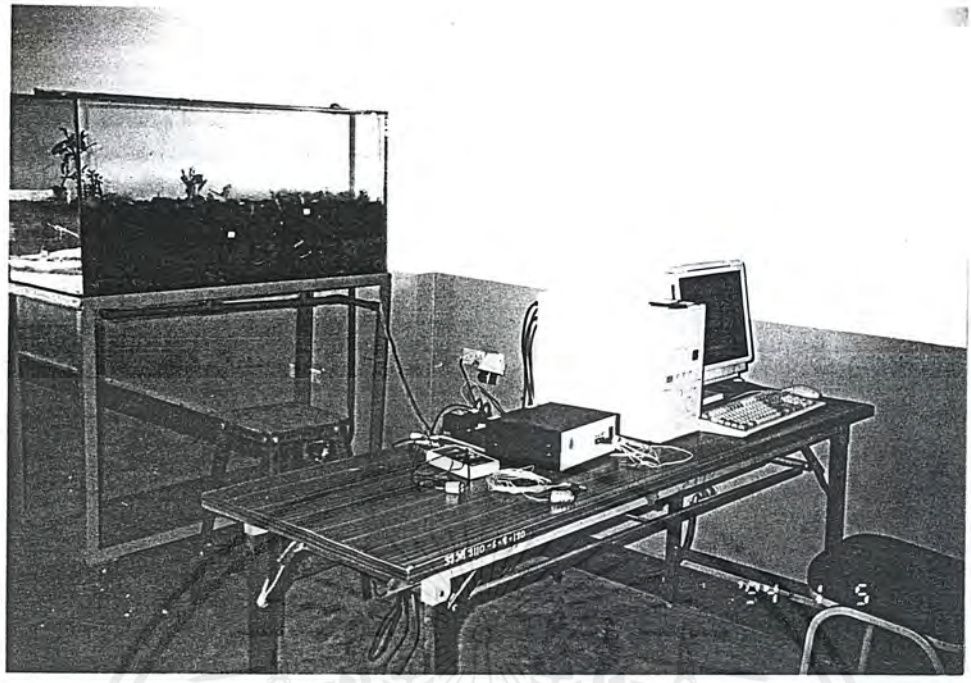
ความชื้น (%)	Gysum	Oasis	ฟองน้ำ
0	400	85	35
5	60	80	34

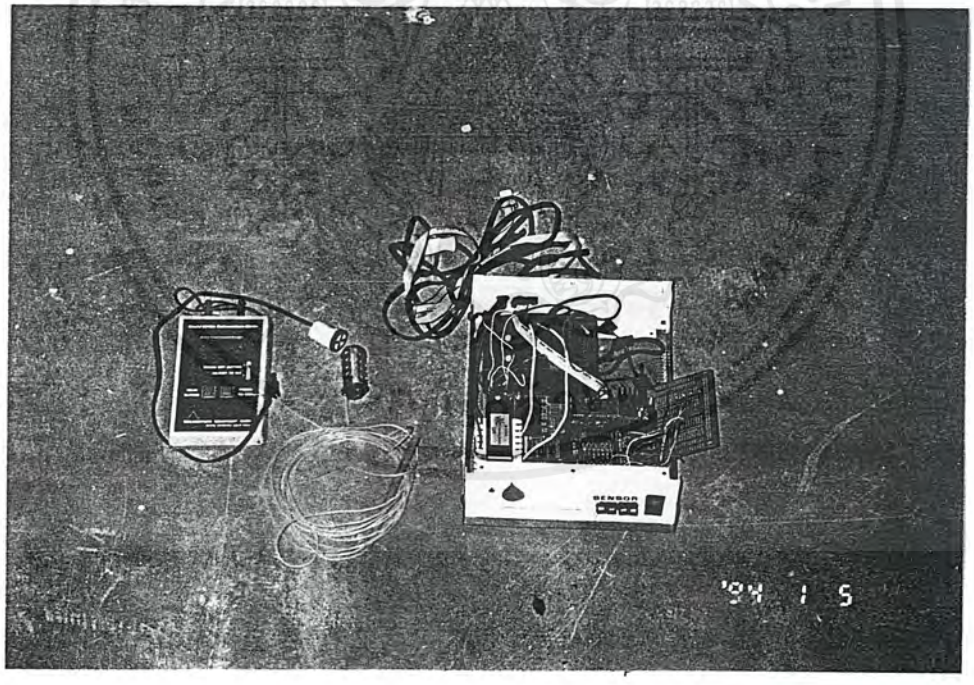
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10	30	32	33
15	25	30	30
20	19	28	26
25	15	26	24
30	12	25	23
35	11.5	23	22
40	10	22	21
45	9	21	21
50	9.5	21	20.5
55	8	21	19.9
60	7	20	19.2
65	6.5	20	19
70	6	19	18.9
75	5.5	18.5	18.8
80	5	12	18.7
85	5	7.5	18
90	5	6.5	17.9
100	5	5.5	13

ตารางที่ 5.1 ผลการปรับเทียบ Sensor โดยแสดงเป็น % ความชื้นกับ ความต้านทานไฟฟ้าแต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 5.5 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ปรับเทียบมาตราฐาน Sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 วิธีการทดสอบ

1.ออกแบบแปลงทดสอบ

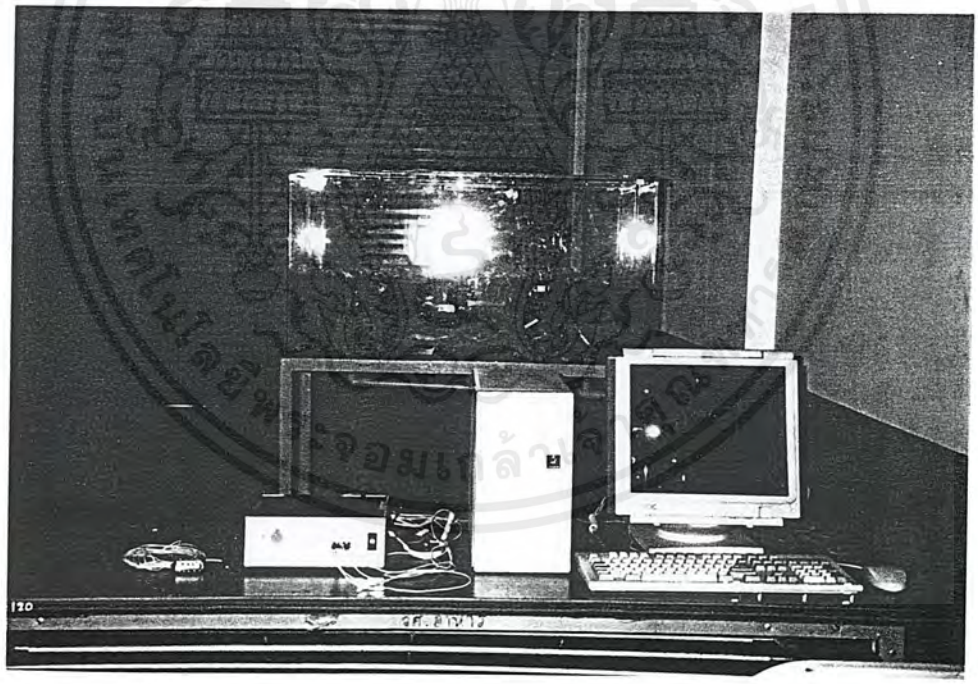
2.สปริงเกลอร์ 4 หัว

3.ฝัง Sensor ลงในแปลง

4. ต่อวงจร Sensor เข้า Board A/D และจาก Board A/D เข้า Computer

5.ต่อวงจรขับ Relay และ Solinoild Valve

6.ทดสอบทำการวัดค่าความชื้นของดินที่ต้องการ



รูปที่ 5.6 การทดสอบกับอุปกรณ์ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุป

โครงงานนี้เป็นการสร้างระบบการให้น้ำพืชอัตโนมัติ ซึ่งมีการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ และใช้ PC Computer เป็นตัวควบคุมการทำงานการให้น้ำแก่พืช ซึ่งสามารถควบคุมการเปิดปิดปั๊มและโซลินอยล์วาล์วได้โดยอัตโนมัติซึ่งอาศัยข้อมูลความชื้นเป็นตัวกำหนดการให้น้ำแก่พืชในตัวโปรแกรมที่เขียนโดยใช้ภาษา Visual Basic ซึ่งผู้ใช้สามารถป้อน ความชื้นที่ Field Capacity ของพืชที่จะทำการให้น้ำและความชื้นที่จุดวิกฤต (Critical Point) ในการกำหนดให้น้ำแก่พืชในช่วงความชื้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ (Allowable Moisture) การให้น้ำพืชเมื่ออยู่ระดับความชื้นที่ต่ำกว่าความชื้นวิกฤตที่ตั้งค่าไว้ก็จะทำการเปิดปั๊มและโซลินอยล์วาลว์เพื่อจ่ายน้ำให้แก่พืช เมื่อจ่ายน้ำทำให้ความชื้นของดินเพิ่มขึ้นจนถึง Field Capacity ปั๊มและโซลินอยล์ก็จะหยุดทำงานการทำงานจะเป็นลักษณะอัตโนมัติไปเรื่อยๆเมื่อค่าความชื้นของพืชลดลงจนถึงจุดวิกฤตก็จะทำการเปิดปั๊มและโซลินอยล์วาล์วแล้วจะทำการปิดเมื่อค่าความชื้นของดินมากกว่าที่ Field Capacity ในส่วนของ Sensor จะทำการวัดค่า Voltage ที่ตกค่อมขั้วไฟฟ้า 2 ขั้วตลอดเวลานำสัญญาณมาเข้า Board A/D & D/A แล้วส่งสัญญาณเข้า PC Computer เพื่อควบคุมการทำงานของปั๊มและโซลินอยล์วาล์วตามค่าความชื้นที่ยอมใช้ได้ของพืช นอกจากการควบคุมการให้น้ำพืชแบบอัตโนมัติแล้วยังสามารถที่จะทำการให้น้ำพืชแบบ Manual โดยการเปิดปิดปั๊มและโซลินอยล์วาล์วตามความต้องการของผู้ใช้จะทำการเปิดและปิดตอนไหนก็ได้ ในการเก็บข้อมูลของ Sensor สามารถเก็บค่าไว้ในฐานข้อมูลเพื่อตรวจสอบการทำงานของ Sensor ว่ามีข้อบกพร่องอะไรผู้ใช้ก็สามารถตรวจและแก้ไขได้ ส่วนการแสดงผลจะแสดงผลออกมาเป็นค่าความชื้นของดินในรูปกราฟแท่งทำให้ผู้ใช้มีความสะดวกในการใช้โปรแกรมมากขึ้น

ค่าที่ใช้ในการคำนวณเทียบความต่างศักย์ตกคร่อมเซนเซอร์กับความชื้นในดินในโปรแกรมจะต้องมีการปรับเทียบเซนเซอร์ทุกครั้งที่ใช้กับดินต่างชนิด หรือ ต่างจากบริเวณที่ทดลองครั้งนี้

6.2 ข้อเสนอแนะ

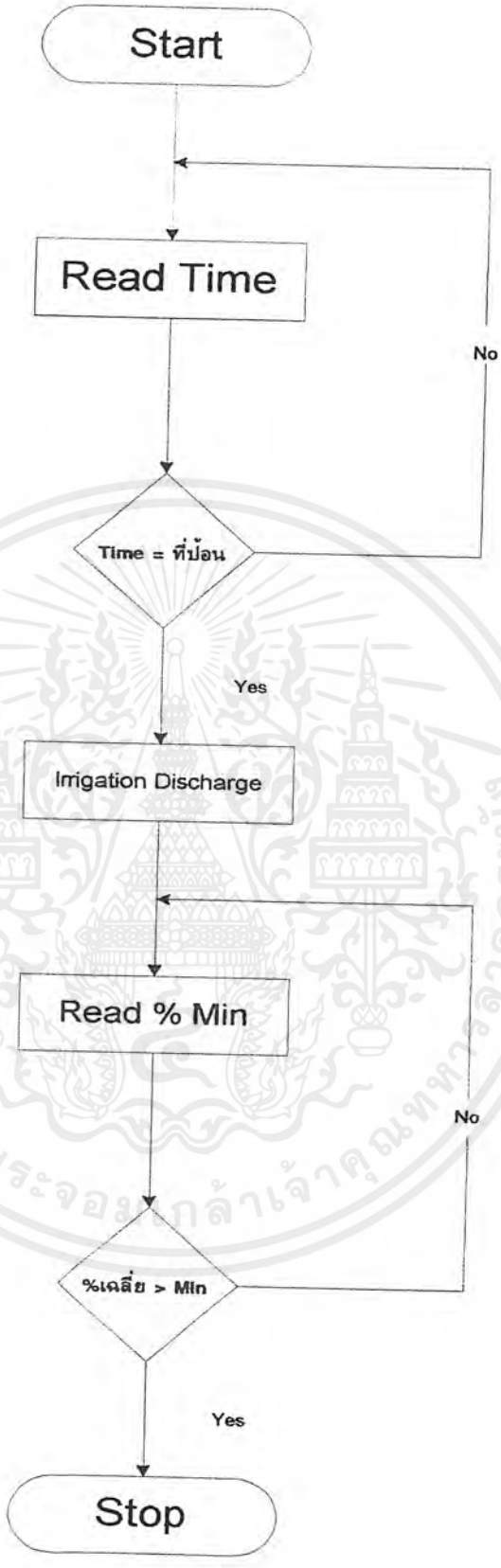
การกำหนดการให้น้ำแก่พืชแบบอัตโนมัติมี ปัจจัยที่เกี่ยวข้องก็ คือ ชนิดของดิน อายุและชนิดของพืช สภาพภูมิอากาศ ความเข้มข้นของเกลือที่มีอยู่ในดิน ควรจะทำการศึกษาก่อนการกำหนดการให้น้ำของพืชให้เหมาะสมกับสภาพและความต้องการของพืชจะทำให้การให้น้ำแก่พืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการกำหนดค่าความชื้นที่ Field Capacity และความชื้นที่จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิกฤต Critical Point ซึ่งผู้ใช้จะต้องทราบจึงจะทำให้การให้น้ำแก่พืชได้ถูกต้องตามความต้องการ มีข้อแนะนำดังนี้

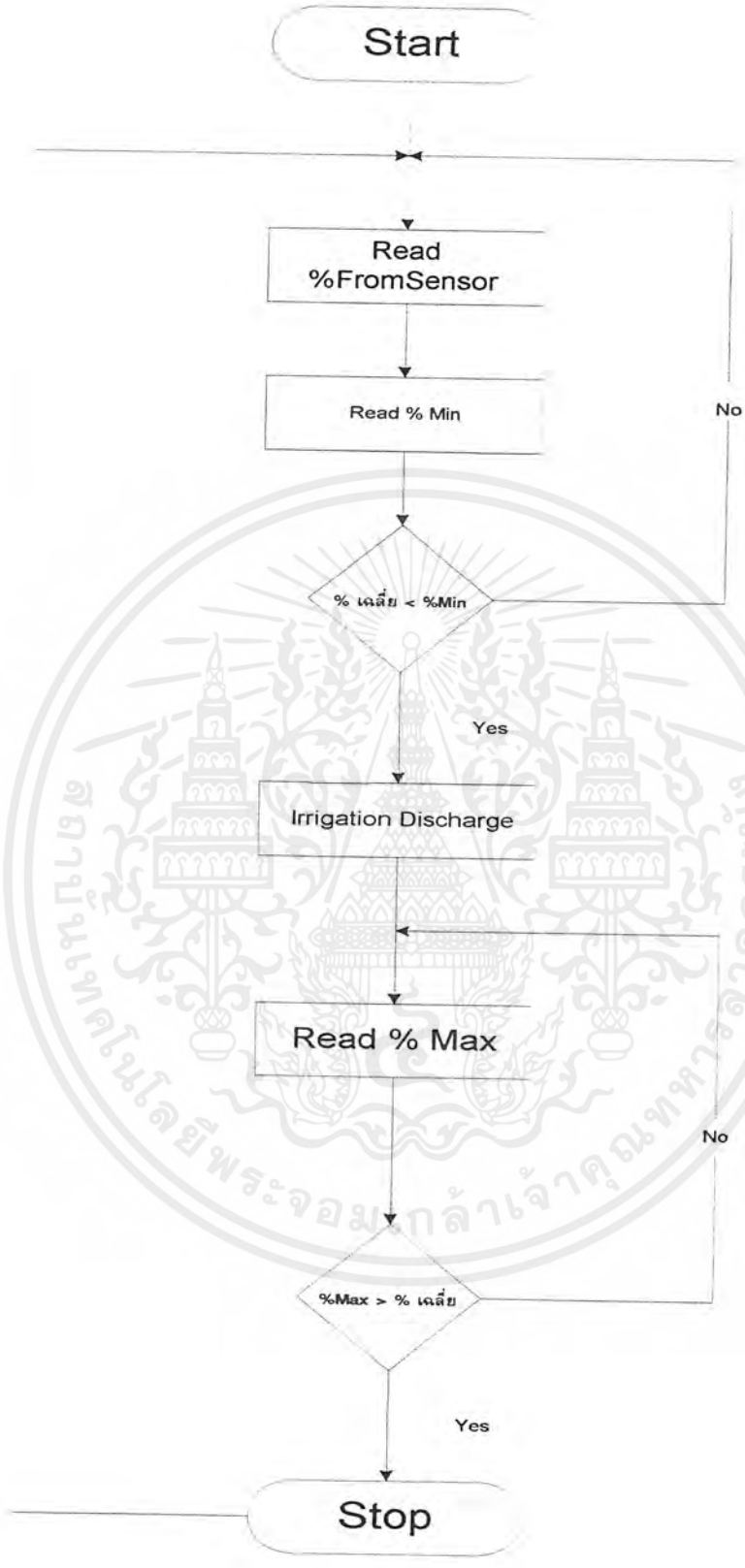
1. การป้อนค่าความชื้นต้องดูปัจจัยและความต้องการใช้น้ำของพืชก่อนทำการป้อนค่า
2. สำหรับดินที่มีความเข้มข้นของเกลืออยู่มากค่าความชื้นที่วัดได้จาก Sensor จะมากกว่าความเป็นจริงของค่าความชื้นที่มีอยู่ในขณะนั้นควรทำการศึกษาความเข้มข้นของเกลือที่มีอยู่ในดินมากน้อยแค่ไหนแล้วทำการปรับแก้ค่าความชื้นที่วัดจาก Sensor ให้ถูกต้องกับความเป็นจริง
3. ความยาวของสายไฟฟ้าที่ต่อจากตัว Sensor เข้ากับ Board A/D & D/A ยิ่งยาวมากเท่าไรก็ยิ่งมีสัญญาณรบกวนมากเท่านั้นซึ่งจะมีผลต่อค่าความชื้นที่วัดได้ ถ้าต้องการความถูกต้องในการวัดควรใช้สายไฟฟ้ายาวไม่เกิน 20 เมตร ถ้าต้องการจะใช้ยาวมากกว่านี้ก็ควรจะมีตัวป้องกันสัญญาณรบกวน และใช้สายไฟฟ้าที่มีคุณภาพสูง ก็จะสามารถลดสัญญาณรบกวนได้ ในการป้อนค่าความชื้นสำหรับในพื้นที่กว้างและระทาวไกลๆ ควรป้อนค่าที่เพื่อสัญญาณรบกวนไว้ด้วย
4. อายุการใช้งาน Sensor มีอายุการใช้งาน 1 ปีเมื่อใช้ไปแล้ว 1 ปีก็ควรทำการเปลี่ยนตัว Sensor ใหม่
5. การใช้โปรแกรมควบคุมการให้น้ำพืชอัตโนมัติควรจะใช้งานให้ถูกขั้นตอนไม่ควรใช้งานแบบซ้ำซ้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



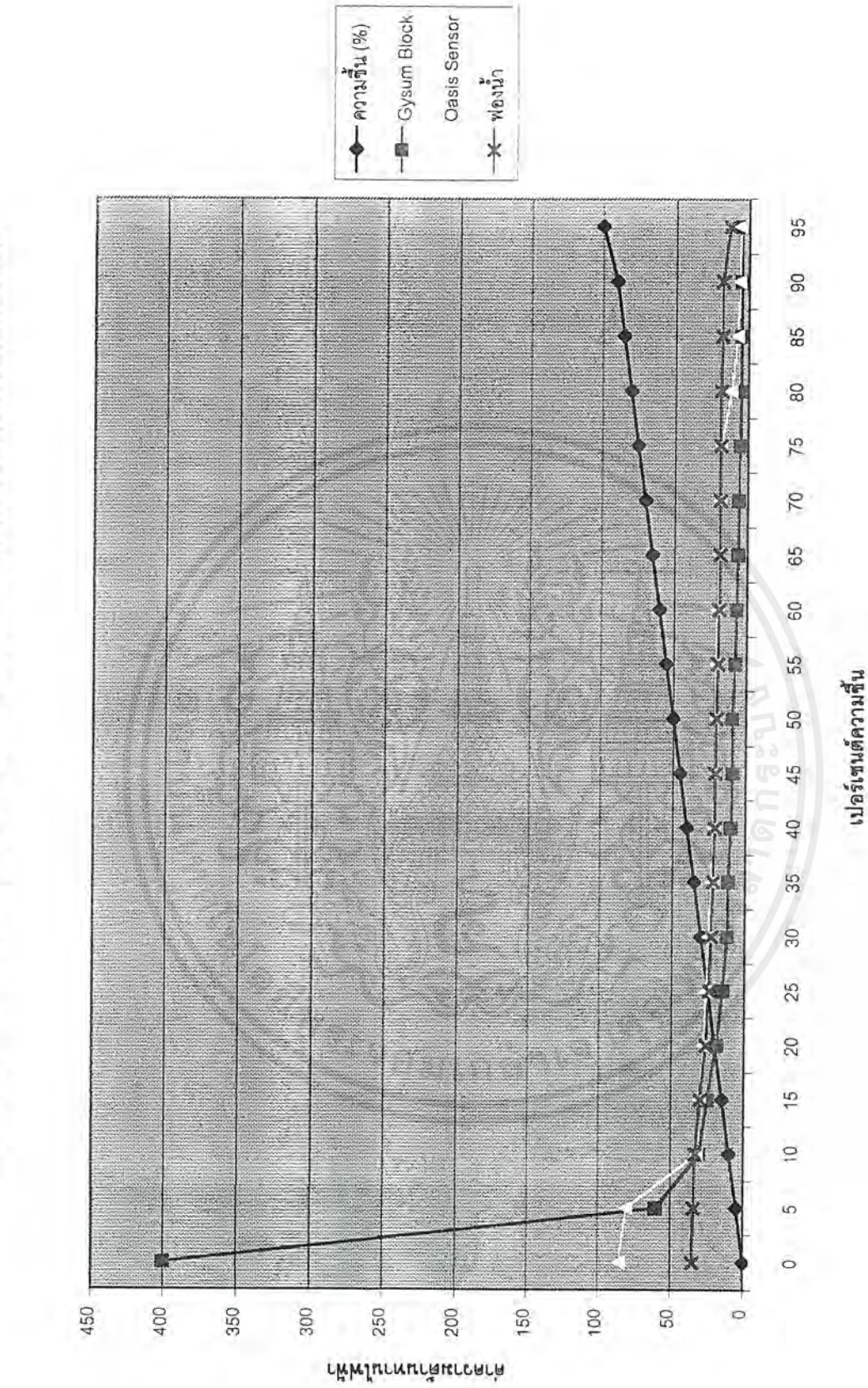
รูปที่ 6.1 Flow Chart แสดงการทำงานของโปรแกรมควบคุมแบบ Timer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.2 Flow Chart แสดงการทำงานของโปรแกรมควบคุมแบบ Automatic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม

* คลิกไอคอนไฟล์ชื่อ project1999.exe

* คลิกที่ Run --→ Start เพื่อเริ่มต้นการทำงาน

การทำงานแบบ Manual Control

* กดปุ่ม OFF 2ครั้งจะเป็นการเปิด – ปิด โซลินอยด์วาล์วโดยผู้ใช้

*ยกเลิกการทำงานโดยกด Exit

การทำงานแบบ Timer Control

* สังเกตค่าเปอร์เซนต์ความชื้นเฉลี่ย

* ตั้งค่าเวลาที่ต้องการจ่ายน้ำ

* ตั้งค่า %ความชื้นที่ต้องการหยุดจ่ายน้ำที่ช่อง %MAX

* เมื่อโปรแกรมสิ้นสุดการทำงานแล้วควร Exit ทุกครั้งก่อนใช้การทำงานแบบอื่น

การทำงานแบบ Automatic Control

* สังเกตค่าเปอร์เซนต์ความชื้นเฉลี่ย

* ตั้งค่า %ความชื้นที่ต้องการให้จ่ายน้ำที่ช่อง % MIN

* ตั้งค่า %ความชื้นที่ต้องการหยุดจ่ายน้ำที่ช่อง %MAX

* กดปุ่ม Auto

การตรวจสอบการทำงาน

* กด Add ที่ช่อง Data เพื่อเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูล

* ฐานข้อมูลจะเก็บในฟอร์มของ MicrosoftAscess

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program Control

```
Dim K, DA, PAT, R1, R2, R3, R4, C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, Chip As Integer
Dim C9, C10 As Integer
Dim time1, time2 As String

Private Sub About_Click()
End Sub

Private Function ReadLED() As Integer
Dim TMP1, I As Integer
I = 0           'Loop 7 Cycle
If Shape1.BackColor = &HFF Then
TMP1 = TMP1 Or 2 ^ I
End If
ReadLED = TMP1
End Function

Private Sub Sendout(B As Integer)
Call I2CStart          'Start
Call Send8BIT(Chip)    'Send Control Word
Call Ack               'Acknowledge
Call Send8BIT(B)       'Send Data
Call Ack               'Acknowledge
Call I2CStop           'Stop
End Sub

Private Sub cmdAuto_Click()
C5 = Text5.Text
If C5 < Text7.Text Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Call Sendout(ReadLED)
Timer4.Enabled = True
 End If
End Sub

Private Sub cmdData_Click()
auto2.Hide
dek1.Show
MSComm1.PortOpen = False
End Sub

Private Sub cmdExit_Click()
Unload Me
End Sub
Private Sub cmdPump_Click()
 If Shape1.BackColor = &H80 Then
 Shape1.BackColor = &HFF
cmdPump.Caption = " ON "
 Else
 Shape1.BackColor = &H80
 cmdPump.Caption = " OFF "
 End If
 Call Sendout(ReadLED)
 ' C5 = Text5.Text
  'If C5 > Text6.Text Then
  ' cmdPump.Caption = "OFF"
  'End If
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
For I = 7 To 0 Step -1
MSComm1.RTSEnable = True        'SDA=1
MSComm1.DTREnable = True        'SCL=1
If Not MSComm1.CTSHolding Then   'Read SDA
DAT1 = 2 ^ I Or DAT1
End If
MSComm1.DTREnable = False       'SCL=0
Next I
DAT = DAT1                      'Data 8 Bit
End Function

Private Sub I2CStart()
MSComm1.RTSEnable = True   'SDA=1
MSComm1.DTREnable = False  'SCL=0
MSComm1.DTREnable = True   'SCL=1
MSComm1.RTSEnable = False  'SDA=0
MSComm1.DTREnable = False  'SCL=0
End Sub

Private Sub I2CStop()
MSComm1.RTSEnable = False  'SDA=0
MSComm1.DTREnable = True   'SCL=1
MSComm1.RTSEnable = True   'SDA=1
End Sub

Private Sub send0()
MSComm1.RTSEnable = False  'SDA=0
MSComm1.DTREnable = True   'SCL=1
MSComm1.DTREnable = False  'SCL=0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub Send1()
MSComm1.RTSEnable = True    'SDA=1
MSComm1.DTREnable = True    'SCL=1
0 MSComm1.DTREnable = False   'SCL=0
End Sub

Private Sub Ack()
MSComm1.RTSEnable = True    'SDA=1
MSComm1.DTREnable = True    'SCL=1
MSComm1.DTREnable = False   'SCL=0
End Sub

Private Sub MAck()
MSComm1.RTSEnable = False   'SDA=0
MSComm1.DTREnable = True    'SCL=1
MSComm1.DTREnable = False   'SCL=0
MSComm1.RTSEnable = True    'SDA=1
End Sub

Private Sub MSChart1_ChartUpdated(updateFlags As Integer)
End If
End Sub

Private Sub MSChart1_PlotUpdated(updateFlags As Integer)
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub MSChart1_SeriesUpdated(Series As Integer, updateFlags As Integer)
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
Call I2CStart
Call Send8BIT(&H90)
Call Ack
Call Send8BIT(&H45)
Call Ack
Call I2CStop
Call I2CStart
Call Send8BIT(&H91)
Call Ack
C1 = (5 - (DAT * 5) / 255) * 20
Text1.Text = Round(C1, 2)
Call MAck
C2 = (5 - (DAT * 5) / 255) * 20
Text2.Text = Round(C2, 2)
Call MAck
C3 = (5 - (DAT * 5) / 255) * 20
Text1.Text = Round(C3, 2)
Call MAck
C4 = (5 - (DAT * 5) / 255) * 20
Text1.Text = Round(C4, 2)
Call MAck
Call Ack
Call I2CStop
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C5 = ((C4 / 2) + (C3 / 2) + (C2 / 2) + (C1 / 2)) / 2
Text5.Text = Round(C5, 2)
Graph.Column = 1
Graph.Data = C1
Graph.Column = 2
Graph.Data = C1
Graph.Column = 2
Graph.Data = C2
Graph.Column = 3
Graph.Data = C3
Graph.Column = 4
Graph.Data = C4
Graph.Column = 5
Graph.Data = C5
End Sub

Private Sub Timer2_Timer()
C8 = Text8.Text
C5 = Text5.Text
If C5 < Text7.Text Then
 Call Sendout(ReadLED)
 Timer4.Enabled = True
End If
End Sub

Private Sub Timer3_Timer()
Dim TMP2 As Integer
Call I2CStart
Call Send8BIT(Chip Or &H3)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Call Ack
TMP2 = DAT
Call Ack
Call I2CStop
            '----------------------
   If (TMP2 And 2 ^ I) = 2 ^ I Then  'Show Data On Display
     cmdPump.Cancel = True
   End If
Text9.Text = Time
If Text10.Text = Time Then
Call Sendout(ReadLED)
Timer4.Enabled = True
End If
End Sub

Private Sub Timer4_Timer()
C5 = Text5.Text
C6 = Text6.Text
If C5 > C6 Then
    Call Sendout(0)
    Text9.Text = Time
    Text8.Text = 0
    C9 = CInt(Time)
    C10 = CInt(Text10.DataChanged)
    C8 = C9 - C10
  Text8.Text = C8
    End If
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำจากอาจารย์ทรงวุฒิ แสงจันทร์ อาจารย์ ดร. วินัย กล้าจริง และ อาจารย์วสุ เพทายอุดมกุล(พี่ตั้ม) ที่มาช่วยปรับปรุงโปรแกรมและแก้ Bug ในค่ำคืนก่อนที่จะนำไปประชุมวิชาการที่ราชมงคล เพื่อนๆ พี่ ๆ น้องๆ วิศวะลาดกระบัง ที่ไม่ได้เอ่ยนาม ขอบคุณท่านอาจารย์ ทรงวุฒิ แสงจันทร์ หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเกษตร ที่ไว้ใจให้ดูแลห้องปฏิบัติการและวิจัยวิศวกรรมชลประทาน ตลอดระยะเวลาในการทำงานนี้

31 มีนาคม 2543

คณะผู้จัดทำ

นายมะโน ละมูล

นายวาทิน ศรีตะลา

นายอธิคม เพียรภูเขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. กิตติ ภักดีวัฒนะกุล " Microsoft Visual Basic Version 6.0 ฉบับโปรแกรมเมอร์ " บริษัท ดวงกมลสมัยจำกัด , พ.ศ. 2542

2. กำพล ศักย์วนิชล " ประสบการณ์อิเล็คโทรนิค เล่ม 1 " บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด หน้า 60 , พ.ศ. 2541

3. ธาริน สิทธิธรรมชารี " คู่มือ Visual Basic Version 6.0 " บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , พ.ศ. 2542

4. วิบูลย์ บุญยธโลกุล " หลักการชลประทาน " . กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์เอเซีย , พ.ศ. 2526

5. ชลวิทย์ แซ่เล่า สุดารัตน์ แคว้นเขาเม็ง อรทัย จึงศิริวัฒนา " ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , พ.ศ. 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้