ระบบอัตโนมัติและตรวจสอบการทำงานสำหรับเกษตรอัจริยะ
AUTOMATIC CONTROL AND MONITORING SYSTEM FOR SMART FARM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559
KMITL-2016-EN-M-060-089

ระบบอัตโนมัติและตรวจสอบการทำงานสำหรับเกษตรอัจริยะ
AUTOMATIC CONTROL AND MONITORING SYSTEM FOR SMART FARM

ศศิมาภรณ์ มงคลพิทักษ์
SASIMAPORN MONGKOLPITAK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559
KMITL-2016-EN-M-060-089

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC CONTROL AND MONITORING SYSTEM FOR SMART FARM

SASIMAPORN MONGKOLPITAK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2016

KMITL-2016-EN-M-060-089

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2016
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ระบบอัตโนมัติและตรวจสอบการทำงานสำหรับเกษตรอัจฉริยะ
Thesis Title Automatic Control and Monitoring System for SMART Farm
นักศึกษา นางสาวศศิมาภรณ์ มงคลพิทักษ์
รหัสประจำตัว 55611714
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ทวีพล ซื่อสัตย์
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2016-EN-M-060-089

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.วิริยะ	กองรัตน์	
รศ.ดร.วิทยา	ทิพย์สุวรรณพร	
ดร.ยุทธพงศ์	ทัพผดุง	
รศ.ดร.สุพรรณ	กุลพาณิชย์	
รศ.ดร.ทวีพล	ซื่อสัตย์	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันพุธที่ 6 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 เวลา 13.00-15.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 3

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 6 กรกฎาคม พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบอัตโนมัติและตรวจสอบการทำงานสำหรับเกษตรอัจริยะ
นักศึกษา	นางสาวศศิมาภรณ์ มงคลพิทักษ์
รหัสประจำตัว	55611714
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.ทวีพล ซื่อสัตย์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอระบบควบคุมอัตโนมัติที่สามารถตรวจสอบการทำงาน และติดตามสภาพแวดล้อมเพื่อการเกษตรผ่านอินเทอร์เน็ต (Internet) โดยมีตัวควบคุมแบบตรรกะที่โปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller) ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมซึ่งจะรับข้อมูลจากตัวเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและเซนเซอร์วัดความชื้น และยังทำหน้าที่เป็นเว็บเซริฟเวอร์แบบฝังตัวสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานระยะไกล แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีผู้ปฏิบัติงานอยู่บริเวณพื้นที่เพาะปลูก และผู้ปฏิบัติงานยังสามารถใช้สมาร์ทดีไวซ์ผ่านไอพีคาเมร่า (IP Camera) เพื่อตรวจสอบความผิดปกติและการเจริญเติบโตของพืชได้อีกด้วย ในการทดลองจะเปรียบเทียบวิธีการควบคุมระบบ 2 วิธี คือ วิธีแรกเป็นการรดน้ำตามสภาวะของอุณหภูมิและความชื้น วิธีที่สองเป็นการรดน้ำแบบควบคุมตามเวลาซึ่งจะโปรแกรมการรดน้ำทุกเช้าและเย็น จากผลการทดลองจะพบว่าวิธีที่หนึ่งให้ผลการประหยัดน้ำได้ดีกว่าและการเจริญเติบโตของพืชดีกว่าวิธีที่สอง และมีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในงานวิจัยนี้เพื่อช่วยประหยัดทั้งแรงงาน และทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Automatic Control and Monitoring System for SMART Farm
Student	Miss Sasimaporn Mongkolpitak
Student ID.	55611714
Degree	Master of Engineering
Program	Instrumentation Engineering
Year	2016
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Taweepol Suesut

ABSTRACT

This thesis presents the automatic system for control and monitoring the agricultural plant using internet. The programmable logic controller (PLC) is the controller getting data from the temperature sensor and the humidity sensor and also works as an embedded web server for remote operation and data analysis that the human is not necessary to operate at the vegetable plant. Moreover, the operator can use the smart device to observe the vegetable plant via the IP camera in order to check the abnormal event as well as the growing of the plant. The experiment setup has been compared between two control algorithms. The first algorithm is time-based control system which the watering is done every morning and evening. The second algorithm is condition-based control system which the watering is depended on temperature and humidity condition. The experiment result is shown that the second algorithm can be saved the water and better growing rate and the economic analysis was discussed. This work can be saved the labor cost and resources efficiently.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ทวีพล ซื่อสัตย์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะ ช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ น้องๆ ที่ศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี และปริญญาโทภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ให้คาแนะนำช่วยเหลือและคอยให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาที่เป็นแรงบันดาลใจในการศึกษาและอยู่เคียงข้างเสมอมาในทุกเรื่อง ๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

ศศิมาภรณ์ มงคลพิทักษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....VI
สารบัญรูป.....VII

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษาของปริญญานิพนธ์.....2
1.3 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....2
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....2
1.5 ขั้นตอนของการศึกษา.....3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช.....4
2.2 ความสัมพันธ์ของพืชและน้ำ.....10
2.3 ความสัมพันธ์ของพืชและดิน.....16
2.4 การให้น้ำแก่พืช.....25
2.5 การวัดความชื้นของดิน.....34
2.6 การวัดค่าความชื้นของอากาศ.....37
2.7 การวัดอุณหภูมิ.....39
2.8 พีแอลซี.....40
2.9 ไอพีแอดเดรสและDynamic DNS.....42
2.10 การสร้างเว็บเพจด้วยภาษา HTML.....43

บทที่ 3 การออกแบบและวิธีดำเนินงาน.....46
3.1 อุปกรณ์และวิธีการ.....46
3.2 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง.....50
3.3 ขั้นตอนการทดลอง.....58

บทที่ 4 ผลการทดลอง.....62
4.1 ผลการทดลอง.....62
4.2 วิจารณ์ผลการทดลอง.....67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ....69
5.1 สรุปผลการวิจัย....69
5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อ....69

เอกสารอ้างอิง....70

ภาคผนวก....72
ภาคผนวก ก. โปรแกรมควบคุมการทำงานในส่วนของพีแอลซี....73
ภาคผนวก ข. HTML CODE ส่วนของหน้าเว็บไซต์....79
ภาคผนวก ค. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำวิทยานิพธ์และได้รับการตีพิมพ์....84

ประวัติผู้เขียน....94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า
2.1 แสดงช่วงวิกฤติในการขาดน้ำของพืชปลูกบางชนิด.....29
2.2 แสดงความหมายของค่าที่อ่านได้จากเกจสูญญากาศของเครื่องวัดแรงดึงความชื้น.....35
4.1 ตารางเปรียบเทียบการรดน้ำระหว่างแปลงที่ 1 ที่ใช้พีแอลซีในการควบคุม.....65
การให้น้ำและแปลงที่ 2 ที่ใช้อุปกรณ์ตั้งเวลาในการควบคุมการให้น้ำ
4.2 ตารางเปรียบเทียบต้นทุนที่ในการใช้การเพาะปลูกแปลงผักแบบใช้พีแอลซี, ตัวตั้งเวลา.....66
และใช้แรงงานคนในการรดน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 สภาพแวดล้อมสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต และพัฒนาการของพืช....5
2.2 องค์ประกอบของดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช....7
2.3 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อกิจกรรมของเอ็นไซม์....8
2.4 ลำดับชั้นการจัดเรียงตัวของดิน....17
2.5 โครงสร้างของดินที่พบโดยทั่วไป....18
2.6 ระดับความเป็นเป็นกรด - ด่างของดินตั้งแต่ pH4 - pH10....20
2.7 ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินในช่วง pH ต่าง ๆ....21
2.8 เซลล์ใบของพืชที่มีรูเปิดปากใบ....26
2.9 การจำแนกความชื้นในดินและความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้และไม่ได้ 28
2.10 การให้น้ำทางผิวดินแบบท่วมผิวดินแปลงใหญ่ (บน) และแบบท่วมเฉพาะในร่องคู (ล่าง)....31
2.11 การให้น้ำทางใต้ผิวดินแบบคูเปิด (บน) และแบบท่อฝังดิน (ล่าง)....32
2.12 ระบบการให้น้ำแบบหยด....33
2.13 ลักษณะโครงสร้างภายในพีแอลซี....40
2.14 อุปกรณ์ภาคอินพุต....41
2.15 อุปกรณ์ภาคเอาท์พุต....41
2.16 การทำงานของพีแอลซี....42
2.17 การจัดวางแบบมาตรฐานของ HTML ทั่วไป....44
3.1 แสดงพีแอลซีUnitronics V350-35-T2....47
3.2 เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน....47
3.3 ทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นบรรยากาศ....48
3.4 โฟลว์สวิตช์....48
3.5 โซลินอยด์วาล์ว....49
3.6 แผนภาพการตรวจวัดปริมาณความชื้นในดิน....51
3.7 แผนภาพการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในบรรยากาศ....51
3.8 แผนภาพการทำงานของโฟลว์สวตช์....52
3.9 แผนภาพการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว....52
3.10 การเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซีกับอุปกรณ์การทดลอง....53
3.11 หน้าต่างการตั้งค่าพีแอลซี....54
3.12 หน้าต่างการกำหนดดิจิตอลอินพุต....54
3.13 หน้าต่างการกำหนดดิจิตอลเอาท์พุต....55
3.14 การเขียนแลดเดอร์ควบคุมการทำงาน....55
3.15 การเขียน HMI และ Touchscreen 56
3.16 ภาพหน้าจอแสดงผลหลักบนพีแอลซี....56
3.17 ภาพหน้าเว็บไซด์ที่แสดงข้อมูลของระบบจากพีแอลซี....57
3.18 เมล็ดพันธุ์พืชที่ใช้ในการทดลอง....58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.19 การเตรียมแปลงเพาะปลูก....58
3.20 การติดตั้งท่อน้ำในการให้น้ำกับพืช....59
3.21 การติดตั้งเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน....59
3.22 การสอบเทียบอุปกรณ์วัดความชื้นในดิน....59
3.23 การติดตั้งโซลินอยด์วาล์วและโฟลว์สวิตช์....60
3.24 การแสดงค่าที่วัดได้ทางหน้าเว็บไซต์....61
3.25 การติดตั้งไอพีคาเมร่าบริเวณแปลงเพาะปลูก....61
4.1 การสังเกตการณ์ผ่านเว็ปไซต์โดยใช้สมาร์ทดีไวซ์....62
4.2 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชระหว่างแปลงที่ 1 และแปลงที่ 2....62
4.3 การสังเกตสถานการณ์บริเวณรอบแปลงจากไอพีคาเมร่า....63
4.4 บริเวณแปลงเพาะปลูกระยะเวลา 20 วัน....63
4.5 บริเวณแปลงเพาะปลูกระยะเวลา 45 วัน....64
4.6 กราฟการเจริญเติบโตของผักบุ้งและกวางตุ้งในแปลงที่ 1 และแปลงที่ 2....64
4.7 กราฟการเจริญเติบโตของของคะน้าและผักกาดในแปลงที่ 1 และแปลงที่ 2....64
4.8 กราฟแสดงต้นทุนในการเพาะปลูกแบบใช้พีแอลซี, ตัวตั้งเวลา และใช้แรงงานคน....67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันภาคเกษตรยังคงมีบทบาทสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ เพราะนอกจากจะก่อให้เกิดรายได้แล้วประชากรส่วนใหญ่ของประเทศยังมีอาชีพทำการเกษตร และผลการพัฒนาการเกษตรที่ผ่านมาพบว่ารายได้และความเป็นอยู่ของเกษตรกรโดยรวมดีขึ้น แม้แต่ในช่วงวิกฤตเศรษฐกิจที่ผ่านมาภาคการเกษตรได้รับผลกระทบน้อยกว่าภาคอื่น ๆ [1] ดังนั้นเกษตรกรจึงมีความต้องการเพิ่มคุณภาพและปริมาณของผลผลิต และได้มีการนำเสนอผลงานที่จะสามารถช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวคือการตรวจสอบสภาพของสิ่งแวดล้อมในบริเวณที่เพาะปลูก เพื่อทำการปรับปรุงและแก้ไขสภาพต่างๆ ของสิ่งแวดล้อม เช่น การเพิ่มน้ำให้กับพืชโดยการตรวจสอบหาความชื้นภายในดิน เพื่อให้มีความเหมาะสมและเป็นไปตามความต้องการของพืชในแต่ละชนิด และได้มีการใช้งานเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายมาประยุกต์ใช้งานเพื่อตรวจสอบสภาพของสิ่งแวดล้อม [2] สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำสมาร์ทดีไวซ์ (Tab Phone, Tablet, Smart Phone, PC, Notebook) มาพัฒนาใช้กับระบบให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับในปัจจุบันมีการใช้งานสมาร์ทดีไวซ์กันอย่างแพร่หลาย [3] หากนำอุปกรณ์เหล่านี้มาประยุกต์ใช้เพื่อตรวจสอบสภาพแวดล้อมก็ง่ายต่อการเข้าถึง และสะดวกในการใช้งานในทุกสถานที่ โดยการใช้อินเทอร์เน็ตเป็นตัวเชื่อมต่อระบบเข้าด้วยกัน (Internet of Things) คือการที่สิ่งต่าง ๆ ถูกเชื่อมโยงเข้ากันด้วยระบบอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถสั่งการและควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งผู้ไม่จำเป็นต้องเข้าไปสั่งงานอุปกรณ์เหล่านั้นด้วยตนเอง เพียงแต่ควบคุมสั่งงานจากต้นทางและรับข้อมูลแจ้งเตือนจากอุปกรณ์เท่านั้น

การปลูกพืชผลการเกษตรที่อยู่ในพื้นที่ห่างไกล เกษตรกรไม่สามารถเข้าไปดูแลได้ตลอดเวลา จึงได้มีการนำระบบและอุปกรณ์มาประยุกต์ใช้เพื่อพืชผลทางการเกษตรให้ได้ตามที่คาดหวัง และยังสามารถทดแทนการจ้างแรงงานคนในการดูแลพืชผลที่เพาะปลูก ในสภาวะปัจจุบันค่าแรงได้พุ่งสูงขึ้น อีกทั้งยังสามารถนำเวลาที่จะต้องเข้าไปดูแลพืชผลที่เพาะปลูกส่วนนี้ ไปใช้ในกิจกรรมส่วนอื่นเพื่อเป็นรายได้เสริม หรืออาจจะทำให้เกษตรกรสามารถเพาะปลูกพืชผลได้ในจำนวนที่มากขึ้น

สมาร์ทฟาร์ม หรือ เกษตรอัจฉริยะ เป็นอีกรูปแบบการทำเกษตรแบบใหม่ที่จะทำให้การทำการเกษตรมีภูมิคุ้มกันต่อสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป โดยการนำเอาข้อมูลของภูมิอากาศมาใช้ในการบริหารจัดการ ดูแลพื้นที่เพาะปลูกเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพอากาศที่เกิดขึ้น [4] ซึ่งการนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่มาผสมผสานเข้ากับงานด้านการเกษตร ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ ไอที สื่อสาร เซ็นเซอร์ เทคโนโลยีชีวภาพ รวมทั้งนาโนเทคโนโลยี จะเข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาให้กับเกษตรกร เปลี่ยนไร่นาและฟาร์มเกษตรทั้งหลายให้กลายมาเป็นฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm หรือ Intelligent Farm) ที่มีความสามารถในการรับรู้ความเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ด้วยเซ็นเซอร์ และทำงานอย่างกึ่งอัตโนมัติ [5] ทำให้เกษตรกรบริหารจัดการผลผลิตและทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด

งานวิจัยระบบควบคุมและตรวจสอบการทำงานสำหรับเกษตรอัจริยะผ่านอินเทอร์เน็ต ได้ถูกออกแบบมาให้มีความยืดหยุ่นต่อการนำไปใช้งาน คือสามารถนำไปใช้เป็นตัวควบคุมในการรดน้ำพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ทุกพื้นที่และยังสามารถติดตามสภาพแวดล้อมของบริเวณพื้นที่แปลงเพาะปลูก เพื่อนำข้อมูลสภาพอากาศที่ได้มาช่วยวิเคราะห์การให้น้ำพืชในขณะนั้นอีกด้วย งานวิจัยนี้จะทำการรดน้ำพืชโดยติดตามสภาพอากาศและดูแลผลผลิต ซึ่งเป็นการเฝ้าติดตามผลผ่านทางหน้าเว็บไซต์โดยที่พีแอลซีจะเป็นตัวควบคุมระบบ จัดเก็บข้อมูลจากตัวเซนเซอร์ จากนั้นวิเคราะห์การทำงานของระบบแล้วแสดงค่าที่วัดได้ขึ้นบนหน้าเว็บไซต์ทำให้ผู้ใช้เห็นข้อมูลของสภาพแวดล้อมในเวลาขณะนั้น ในการดำเนินวิจัยครั้งนี้จะควบคุมผ่านสมาร์ทดีไวซ์ และยังสามารถเฝ้าดูสถานการณ์รอบ ๆ แปลงเพาะปลูกได้ตลอดเวลาด้วยการดูผ่าน ไอพีคาเมร่า (IP Camera) ซึ่งสะดวกต่อการเฝ้าติดตามผลในระยะไกลโดยที่เกษตรกรไม่จำเป็นต้องอยู่ในพื้นที่แปลงเพาะปลูก

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการปลูกพืชในระยะไกลแบบอัตโนมัติ ซึ่งได้เปรียบเทียบระหว่างวิธีการควบคุมระบบ 2 วิธี คือ วิธีแรกเป็นการรดน้ำแบบควบคุมตามเวลา ซึ่งโปรแกรมการรดน้ำทุกเช้าและเย็น วิธีที่สองเป็นการรดน้ำตามสภาวะของอุณหภูมิและความชื้น มีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวกับปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืช ระดับความชื้นในดิน และสภาพอากาศที่เหมาะสมกับพืช
2. เสนอวิธีการติดตามสภาพแวดล้อมบริเวณรอบๆ แปลงเพาะปลูกด้วยการใช้ไอพีคาเมร่าเชื่อมต่อเข้าระบบอินเตอร์เน็ต และดูผลสังเกตการณ์ผ่านทางสมาร์ทดีไวซ์
3. ทดสอบ และเปรียบเทียบวิธีการควบคุมการรดน้ำให้กับพืช โดยคำนึงถึงความคุ้มค่าของทรัพยากรและ ผลผลิตที่ต้องการ

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

การออกแบบระบบควบคุมและตรวจสอบการทำงานสำหรับเกษตรอัจฉริยะด้วยสมาร์ทดีไวซ์ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตจะแก้ปัญหาในเข้าถึงพื้นที่บริเวณเพาะปลูกจากระยะไกล เป็นการประหยัดแรงงาน ลดต้นทุนในการเพาะปลูก และเพิ่มขีดความสามารถในการทำงานของเกษตรกร ทำให้มีผลผลิตที่เพิ่มขึ้นและมีประสิทธิภาพ

1.4 ขอบเขตการวิจัย

ในการศึกษานี้มุ่งเน้นการออกแบบพัฒนา และทดสอบระบบควบคุมสำหรับเกษตรอัจริยะด้วยสมาร์ทดีไวซ์ เพื่อดูแลบริเวณแปลงเพาะปลูกสำหรับการเกษตรในพื้นที่ห่างไกล สามารถที่จะติดตามสภาพแวดล้อมบริเวณรอบ ๆ แปลงด้วยการใช้กล้องไอพีเชื่อมต่อเข้าระบบอินเตอร์เน็ต และออกแบบในส่วนของการเข้าถึงระบบโดยเข้าถึงผ่านสามาร์ทดีไวซ์ ในการพัฒนาระบบมีเป้าหมายคือต้องการให้เกษตรสามารถใช้งานได้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่เพาะปลูก โดยคำนึงถึงความคุ้มค่าของทรัพยากรและได้รับผลผลิตที่ดีมีคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของงานวิจัย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ สมมติฐาน ทฤษฎีที่ใช้ ขอบเขตของงานวิจัย และขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานของการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งประกอบด้วย ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ความสัมพันธ์ของพืชและน้ำ ความสัมพันธ์ของพืชและดิน การให้น้ำแก่พืช การวัดความชื้นของดิน การวัดค่าความชื้นของอากาศ การวัดอุณหภูมิ และรวมถึงรายละเอียดต่างๆ ของพีแอลซี ไอพีแอดเดรสและDynamic DNS และการสร้างเว็บเพจด้วยภาษา HTML

บทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบและวิธีดำเนินงาน ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

บทที่ 4 กล่าวถึงการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลองในการเปรียบ 2 ระบบในการรดน้ำให้กับพืช

บทที่ 5 เป็นบทสรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะและแนวทางการนำไปประยุกต์ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช [6][7]

การพัฒนาการและเจริญเติบโตของพืช จะเริ่มตั้งแต่พืชมีชีวิตขึ้นมาผ่านขั้นตอนและการเจริญเติบโตต่างๆ ไปกระทั่งพืชนั้นตาย ปัจจัยที่ควบคุมกรพัฒนาการและการเจริญเติบโตของพืชจะแบ่งออกได้เป็น 2 ปัจจัยหลัก ๆ [6]

1. ปัจจัยภายใน หรือ ปัจจัยด้านพันธุกรรม (Internal or Genetic factor)
2. ปัจจัยภายนอก หรือ ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม (External or Environmental factors)

ปัจจัยทั้งสองนี้มีส่วนร่วม และสนับสนุนในการกำหนดการเจริญเติบโตของพืช คือ พันธุกรรมเป็นสิ่งที่ทำให้ให้พืชแต่ละชนิด แต่ละพันธุ์มีลักษณะที่แตกต่างกัน โดยพันธุกรรมเป็นตัวกำหนดขอบเขตของลักษณะพืชที่จะเป็นไปได้ ส่วนสภาพแวดล้อมจะเป็นตัวควบคุมความสามารถในการแสดงออกของพันธุกรรมในรูปของการเจริญเติบโตของพืช ในกรณีที่พืชมีลักษณะพันธุกรรมที่ให้ผลผลิตสูง หากนำมาปลูกในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม พืชจะไม่สามารถให้ผลผลิตสูงสุดตามความสามารถในการให้ผลผลิตของพืชได้ เพราะสภาพแวดล้อมจะควบคุมไม่ให้พันธุกรรมในพืชนั้นแสดงออกได้เต็มที่ แต่ถ้าปลูกในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแล้วพืชก็จะให้ผลผลิตสูงสุดเต็มขีดความสามารถของพืช และพืชในแต่ละชนิดจะไม่สามารถให้ผลผลิตสูงกว่าขีดความสามารถสูงสุดของพืชได้ เนื่องจากพันธุกรรมได้แสดงออกเต็มขีดความสามารถแล้ว [7]

2.1.1 ปัจจัยด้านพันธุกรรม [6]

พันธุกรรมเป็นปัจจัยพื้นฐานกำหนดการแสดงออกของสิ่งมีชีวิตและเป็นตัวกำหนดว่าสิ่งมีชีวิตที่เจริญเติบโตขึ้นมาจะต้องเป็นชนิดเดียวกับพ่อและแม่ของมัน ลักษณะที่แสดงออกของสิ่งมีชีวิตจะถูกควบคุมด้วยสิ่งที่เรียกว่ายีนส์ (genes) ซึ่งจะประกอบไปด้วย DNA และ RNA ยีนส์เป็นตัวสำคัญในการกำหนดให้สิ่งมีชีวิตเจริญเติบโตและมีพัฒนาการ โดยจะมีการกระตุ้นให้สร้างสารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตหรือที่สิ่งเกี่ยวข้องในเจริญเติบโตของพืช ลักษณะทางพันธุกรรมเป็นลักษณะที่ถ่ายทอดจากพ่อแม่ไปสู่รุ่นลูกรุ่นหลานได้ และปัจจัยทางพันธุกรรมนี้จะแสดงออกได้มากหรือน้อยจะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมของปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมประกอบไปด้วย ปัจจัยทางพันธุกรรมในการเพาะปลูกพืชนั่นก็คือ พันธุ์พืช

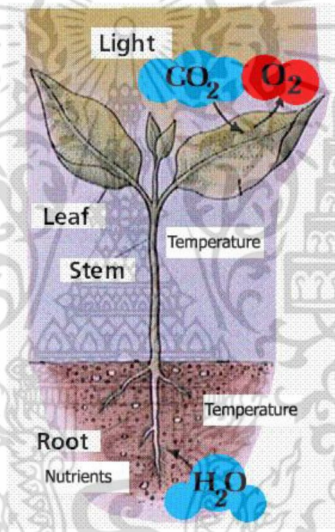
ปัจจัยด้านพันธุกรรมในการควบคุมการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช โดยจะกำหนดให้พืชแต่ละพันธุ์มีอัตราการเจริญเติบโตและพัฒนาการที่แตกต่างกันกันไป ซึ่งพืชในแต่ละพันธุ์จะมีความสามารถในการดำเนินกระบวนในการเจริญเติบที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสร้างสารที่ควบคุมการเจริญเติบโตในการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช นอกจากจะต้องอาศัยผลได้จากกระบวนการเจริญเติบโตต่าง ๆ เช่น การสร้างคาร์โบไฮเดรท การสังเคราะห์แสง และการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรท โดยการหายใจเป็นน้ำตาลหรือกระบวนการสร้างสารประกอบอื่น ๆ เช่น โปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไขมัน การเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช และสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ต้องอาศัยสารประกอบอินทรีย์อีกหลายชนิด ซึ่งสารประกอบอินทรีย์เหล่านี้จะมีผลต่อการเจริญเติบโต และพัฒนาการของพืชเป็นอย่างมาก

2.1.2 ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม

เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช สิ่งแวดล้อมอาจจะเป็นสิ่งส่งเสริมหรือขัดขวางในการแสดงออกทางพันธุกรรมของพืช ลักษณะของพืชที่จะแสดงออกมานั้นจะมีการเจริญเติบโต และพัฒนาการดีหรือไม่ดีจะขึ้นอยู่กับการผสมผสานระหว่างยีนส์และสภาพแวดล้อม โดยยีนส์มีจะผลต่อกิจกรรมของฮอร์โมนภายในพืช หากยีนส์และสภาพแวดล้อมผสมผสานกันได้ดีต้นพืชจะก็จะเจริญงอกงามได้ดี แต่ถ้าหากสภาพแวดล้อมขัดแย้งกับยีนส์ต้นพืชก็จะมีการเจริญเติบโตที่ไม่งอกงามหรือมีพัฒนาการที่ไม่ดีเพียงพอ ทำให้ผลได้ผลผลิตต่ำ



รูปที่ 2.1 สภาพแวดล้อมสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต และพัฒนาการของพืช [6]

ปัจจัยสภาพแวดล้อม หรือปัจจัยภายนอกจะแบ่งตามบทบาทที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชออกได้เป็น 2 พวก คือ

2.1.2.1 ปัจจัยที่จำเป็นต้องมี (Positive factors) เป็นปัจจัยที่ขาดไม่ได้ ได้แก่

1. แสง พืชต้องการแสงสว่างเพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง ซึ่งเป็นกระบวนการรากฐานเพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงาน และแหล่งของสารประกอบขั้นต้น เพื่อนำมาสังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์ในพืช ซึ่งจะเป็นปัจจัยโดยตรงในการควบคุมในการเจริญเติบโตของพืช แสงยังควบคุมกระบวนการรากฐานในการเจริญเติบโตของพืชในระดับต่าง ๆ ไปจนได้ผลรวมออกมาในรูปของการเจริญเติบโตและเปลี่ยนแปลงทางด้านโครงสร้าง และแสงยังมีอิทธิพลต่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในการเจริญเติบโตของพืชอีกด้วย เช่น การงอกของเมล็ด การพักตัวของเมล็ด การออกดอก เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มของแสง หมายถึง ปริมาณแสงทั้งหมดที่พืชจะได้รับ ซึ่งความเข้มของแสงจะแตกต่างกันไปตามพื้นที่ เวลา ฤดูกาล และระยะห่างจากเส้นศูนย์สูตรของโลก ซึ่งในพื้นที่เดียวกันความเข้มข้นของแสงจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตั้งแต่ดวงอาทิตย์ขึ้นจนถึงเที่ยงวัน จากนั้นความเข้มแสงก็จะค่อย ๆ ลดลงไปจนกระทั่งดวงอาทิตย์ตก บริเวณเส้นศูนย์สูตรแสงจะมีความเข้มของแสงสูงที่สุดและค่อย ๆ ลดลงตามเส้นรุ้งที่มุ่งไปหาขั้วโลกในช่วงระยะเวลาเดียวกัน

ความเข้มของแสงที่เหมาะสม โดยที่ปัจจัยอื่น ๆ เหมาะสม และการหายใจของพืชมีความเป็นปกติ การสังเคราะห์แสงของพืชจะมีอัตราสูง ทำให้ได้อาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตมาก ระดับความเข้มของแสงที่เหมาะสมต่อพืชในแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกัน อาจจะแบ่งพืชตามความต้องการความเข้มของแสงออกได้เป็น พืชในร่ม ซึ่งจะเป็นพืชที่ต้องการความเข้มของแสงน้อยจึงจะมีเจริญเติบโตได้ดี พืชจำพวกนี้ถ้านำไปอยู่ในที่ที่มีความเข้มแสงสูง เช่นกลางแดด ใบของพืชจะไหม้และต้นชะงักการเจริญเติบโต พืชพวกนี้จึงมักจะนิยมปลูกไว้ในร่ม สองคือ พืชกึ่งร่มกึ่งแจ้ง เป็นพืชที่ต้องการแสงที่มีการพรางแสง หรือลดความเข้มของแสงลง พืชพวกนี้นิยมปลูกในที่ร่มหรือที่มีแสงแดดรำไร และสามพืชกลางแจ้ง พืชพวกนี้ต้องการความเข้มของแสงสูงจึงจะมีการเจริญเติบโตที่ดี พวกนี้จะเป็นพืชที่ปลูกอยู่ทั่วไป และปลูกอยู่กลางแจ้ง

ความเข้มของแสงที่ความเข้มต่ำเกินไป เมื่อความเข้มของแสงมีไม่เพียงพอจะทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตของพืชต่ำและให้ผลผลิตได้น้อยหรือมีคุณภาพต่ำ เพราะในการรวมตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำในปฏิกิริยาสังเคราะห์แสงนั้นในขั้นตอนของกระบวนการนี้ต้องการพลังงานที่มีปฏิกิริยาที่ใช้แสงเป็นตัวกระตุ้นจึงจะเกิดกระบวนการขึ้นได้ หากแสงที่มีความเข้มต่ำก็จะทำให้พลังงานที่ใช้รวมตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำจะเกิดขึ้นได้น้อย ซึ่งก็จะทำให้อัตราในการสังเคราะห์แสงต่ำและจะส่งผลให้มีอาหารน้อยตามไปด้วย อาหารจากการสังเคราะห์แสงนี้จะเป็นสารตั้งต้นในการสร้างสารประกอบที่จำเป็นต่อในเจริญเติบโตอื่น ๆ ของพืช เมื่อพืชมีอาหารต่ำอยู่แล้วการสร้างสารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตก็จะเกิดได้น้อย ส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตช้า และมีผลผลิตต่ำหรือผลผลิตที่ได้มีคุณภาพต่ำ

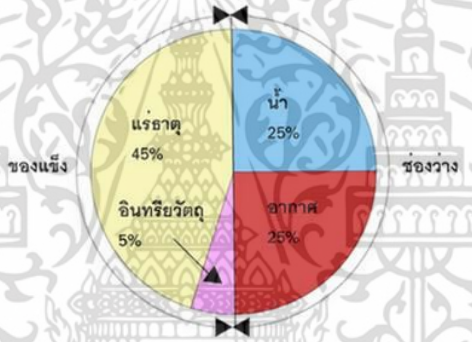
ความเข้มของแสงที่สูงเกินไปจะส่งต่อพืชเกี่ยวกับคลอโรฟิลล์ ในความเข้มของแสงที่สูงเกินไปจะทำให้พืชบางชนิดมีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ลดลง หมายถึงคลอโรฟิลล์มีประสิทธิภาพต่ำลง ทำให้การสังเคราะห์แสงต่ำไปด้วย หากแสงที่มีความเข้มมากเกินไปก็จะทำให้อุณหภูมิของใบเพิ่มขึ้นอซึ่งทำให้พืชมีอัตราการคายน้ำสูง หากอัตราการดูดน้ำของรากไม่สมดุลกับอัตราการคายน้ำของพืช พืชก็จะแสดงอาการขาดน้ำ และในส่วนกิจกรรมของน้ำย่อย (Enzymes) แสงที่มีความเข้มข้นมากเกินไปจะทำให้อุณหภูมิของใบสูงขึ้นเป็นผลให้ระบบน้ำย่อยลดการเปลี่ยนจากน้ำตาลไปเป็นแป้ง ทำให้พืชมีการสะสมน้ำตาลแทนแป้ง นอกจากนี้น้ำย่อยที่มีส่วนในการสังเคราะห์แสงก็จะลดกิจกรรมลงด้วย ซึ่งทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง

2. ดิน ในการเพาะปลูกพืชดินนับได้ว่าเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญ เพราะการเพาะปลูกโดยส่วนใหญ่ก็จะทำบนดิน ถึงแม้การเพาะปลูกโดยใช้วัสดุอย่างอื่นอาจทำได้ เช่น การเพาะปลูกพืชในน้ำยา (Hydroponic culture) การปลูกพืชในทราย (Sand culture) แต่วิธีการเหล่านั้นต้องใช้การลงทุนและวิทยาการสูงมากกว่าการปลูกพืชบนดิน หน้าที่และความสำคัญของดินต่อการเจริญเติบโตของพืช กล่าวคือดินจะทำหน้าที่เป็นวัสดุค้ำยันหรือเป็นที่ยึดเหนี่ยว หรือที่ยึดเกาะของรากพืช เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งความชื้นหรือแหล่งน้ำของพืช ให้อากาศเพื่อการหายใจของรากพืช และดินยังให้แร่ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต และการพัฒนาการในการเจริญเติบโตของพืช

ดินที่มีลักษณะที่ดีหรือเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชนั้น ควรมีสัดส่วนของส่วนที่เป็นของแข็งของดินทั้ง 2 ชนิดนี้ในสัดส่วนที่สมดุลกัน นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงองค์ประกอบของดินส่วนที่ไม่เป็นของแข็งด้วย นั่นคือน้ำในดิน และอากาศในดิน ภายในดินจะพบว่ามีช่องว่าง ซึ่งจะมีอากาศหรือน้ำบรรจุอยู่ สัดส่วนของช่องว่างในดินจะต้องมีความสมดุลกับส่วนที่เป็นของแข็งในดิน จึงจะทำให้ดินมีความเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช สัดส่วนของน้ำและอากาศที่อยู่ในช่องว่างระหว่างดินจะเป็นสัดส่วนผกผันกัน คือ ถ้าหากปริมาณน้ำในช่องว่างต่ำลงอากาศในช่องว่างจะมากขึ้น ในสภาพนี้ดินจะมีสภาวะขาดน้ำซึ่งจะส่งผลถึงกิจกรรมในการเจริญเติบโตของพืช แต่ถ้าหากช่องว่างในดินมีน้ำมากส่วนของอากาศในดินมีน้อยดินก็จะมีสภาวะขาดออกซิเจน ซึ่งจำเป็นต่อการหายใจของรากพืชอาจจะก่อให้เกิดการสร้างสารพิษภายในรากได้ นอกจากนี้ยังมีผลต่อวงจรในการสร้างอาหารของพืชโดยเฉพาะวงจรของไนโตรเจนภายในดินด้วย



รูปที่ 2.2 องค์ประกอบของดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช [6]

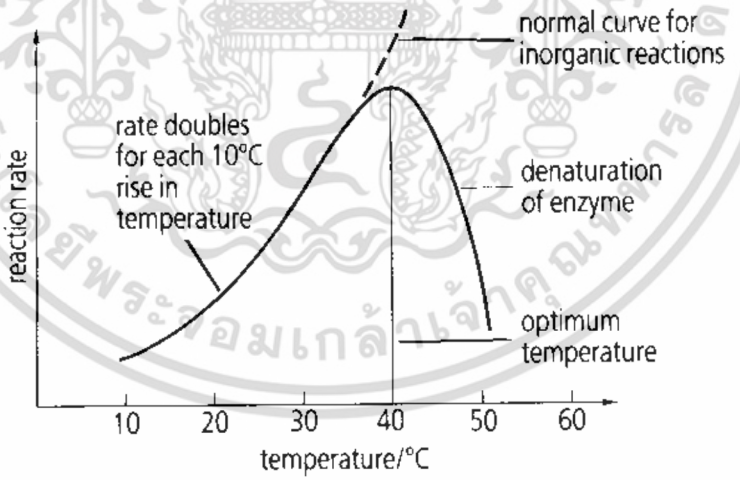
ดินที่มีเนื้อละเอียด จะมีความพรุนมากกว่าดินที่มีเนื้อหยาบกว่าจะทำให้สามารถยึดน้ำได้ดีกว่า การยึดน้ำของดินเกิดขึ้นด้วยแรง 2 ชนิด คือแรงยึดที่เกิดขึ้นระหว่างอนุภาคดินกับโมเลกุลของน้ำ (Adhesion force) และแรงยึดที่เกิดขึ้นระหว่างโมเลกุลของน้ำ (Cohesion force) ด้วยแรง 2 ชนิดนี้จะทำให้รอบ ๆ อนุภาคของดินยึดน้ำไว้ได้ และยังสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของน้ำในระหว่างช่องว่างของดินด้วย เมื่อปริมาณน้ำในดินเพิ่มขึ้นภายในช่องว่างขนาดเล็ก หรือรอบ ๆ อนุภาคของดินแรงยึดน้ำก็จะลดลง ทำให้น้ำไหลซึมผ่านลงไปในดินชั้นล่าง

3. อุณหภูมิ จะเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชตั้งแต่พืชเริ่มงอกจนกระทั่งออกดอกติดและออกผล อุณหภูมิเกี่ยวข้องกับกระบวนการงอกของเมล็ด การสังเคราะห์แสง การหายใจ การพักตัว เป็นต้น ซึ่งในพืชแต่ละชนิดจะมีความต้องการอุณหภูมิที่ใช้ในการเจริญเติบโตแตกต่างกัน อุณหภูมิที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช จะมีทั้งอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิในดิน อุณหภูมิกลางวัน และอุณหภูมิกลางคืน โดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิในอากาศจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของลำต้น และจะมีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ กระบวนการทั้ง 2 จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของอุณหภูมิจนถึงระดับหนึ่ง ซึ่งเรียกว่าระดับอุณหภูมิที่เหมาะสม จะอยู่ที่ประมาณ 30 - 35 °C ซึ่งการเพิ่มอุณหภูมิจะไม่เพิ่มอัตราการเกิดกิจกรรมของกระบวนการทั้ง 2 นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนอุณหภูมิของดินมีผลต่อการเจริญเติบโตของราก และมีผลต่อการดูดน้ำและแร่ธาตุอาหาร ถ้าหากอุณหภูมิในดินต่ำการดูดน้ำของพืชก็จะลดลงต้นพืชก็จะเหี่ยว นอกจากนี้กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินในสภาพอุณหภูมิของดินต่ำก็จะลดลงด้วย จะทำให้ได้อินทรีย์สารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยลงตามไปด้วย ถ้าหากอุณหภูมิในดินสูงกว่าปกติเพียงเล็กน้อยจะกระตุ้นให้รากมีการเจริญเติบโตยืดยาวมาก แต่หากอุณหภูมิของรากสูงกว่าลำต้น การเจริญเติบโตจะเกิดการชะงัก

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในรอบวัน เป็นอุณหภูมิกลางวันและอุณหภูมิกลางคืน มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชเช่นกัน โดยส่วนใหญ่อุณหภูมิกลางคืนจะมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชมากกว่าอุณหภูมิกลางวัน ถ้าหากอุณหภูมิกลางคืนสูงกว่าอุณหภูมิกลางวันจะทำให้การเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชลดลง การที่อุณหภูมิกลางคืนต่ำกว่าอุณหภูมิกลางวันจะทำให้พืชมีการเจริญเติบโต และพัฒนาการได้ดีกว่าการที่อุณหภูมิกลางคืนเท่ากับอุณหภูมิกลางวัน โดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิกลางคืนที่เหมาะสมมักจะต่ำกว่าอุณหภูมิกลางวันที่เหมาะสมประมาณ 10 ℃ อุณหภูมิมีบทบาทต่อแทบทุกกระบวนการในพืช เนื่องจากกระบวนการต่าง ๆ ทางชีวเคมีจะเกิดขึ้นได้โดยกิจกรรมของน้ำย่อยซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่ง และกิจกรรมของน้ำย่อยจะขึ้นกับระดับของอุณหภูมิค่อนข้างมาก ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชได้แก่ อุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะมีผลต่อการลำเลียงอาหารในสภาพอุณหภูมิต่ำ พืชจะสามารถลำเลียงอาหารได้ดีกว่า และในอุณหภูมิที่ต่ำจะสามารถลดการหายใจเนื่องจากการเจริญเติบโตได้ ซึ่งจะเป็นผลของกระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจในสภาพอุณหภูมิต่ำ หากพืชมีการหายใจน้อยลงการเผาผลาญสารอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงจะลดลง



รูปที่ 2.3 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อกิจกรรมของเอ็นไซม์ [6]

ในพืชหลากหลายชนิด อุณหภูมิที่ต่ำจะเป็นตัวชักนำให้พืชเกิดการออกดอก ซึ่งพืชพวกนี้จะต้องได้รับอุณหภูมิต่ำช่วงหนึ่งจึงจะสามารถออกดอกได้ นอกจากนี้แล้วอุณหภูมิต่ำยังเป็นตัวกระตุ้นให้พืชบางชนิดที่มีถิ่นกำเนิดในเขตอบอุ่น สิ้นสุดการพักตัวและแตกตาดอก ตาใบ และเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตในฤดูใบไม้ผลิได้ พืชพวกนี้จะต้องการอุณหภูมิต่ำในระยะเวลานานพอสมควรจึงจะสิ้นสุดการพักตัว แม้พืชจะตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำ ๆ ได้ดี แต่อุณหภูมิที่ต่ำมากจะมีผลเสียต่อพืชเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเสียหายของอุณหภูมิต่ำมากต่อพืช คือ อุณหภูมิเหนือจุดเยือกแข็ง ซึ่ง ต่ำกว่า 10 ℃ พืชที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนจะไม่เจริญเติบโต และในช่วงที่อุณหภูมิ 0 - 5 ℃ อาจจะทำให้พืชพวกนี้ตายได้ ในที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งภายในเนื้อเยื่อ และอวัยวะของพืช ทำให้พืชเกิดการสูญเสียน้ำซึ่งพืชจะได้รับความเสียหาย ส่วนที่อุณหภูมิสูงมากก็ก่อความเสียหายให้พืชเช่นกัน คือ การสูญเสียประสิทธิภาพของคลอโรฟิลล์ เกิดการใบไหม้ เป็นต้น

4. อากาศ ในการเจริญเติบโต และพัฒนาการของพืช พืชต้องการพลังงานที่มาจากการหายใจ จึงต้องมีอากาศที่เพียงพอเพื่อให้พืชเกิดการหายใจเกิดได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้พืชจะยังต้องการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสงอีกด้วย

ในบรรยากาศส่วนใหญ่จะประกอบด้วยก๊าซไนโตรเจน (ร้อยละ 78) ก๊าซออกซิเจน (ร้อยละ 20.96) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ร้อยละ 0.03) ไอน้ำและก๊าซเฉื่อย ก๊าซไนโตรเจนในอากาศพืชชั้นสูงไม่สามารถนำไปใช้ได้โดยตรง ยกเว้นพืชตระกูลถั่วซึ่งจะมีจุลินทรีย์ที่ปมของรากเป็นตัวใช้ไนโตรเจน ก๊าซออกซิเจนในอากาศจำเป็นต่อการหายใจของพืช ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศพืชใช้เป็นวัตถุดิบร่วมกับน้ำในกระบวนการสังเคราะห์แสง อากาศในบรรยากาศจะมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ค่อนข้างคงตัว และมากเพียงพอต่อความต้องการของพืช ดังนั้นปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศจึงไม่ใช่ปัจจัยที่ควบคุมผลผลิตของพืชไม่ว่าจะปลูกบริเวณใดในโลก

การถ่ายเทอากาศในดิน หมายถึงการถ่ายเทก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศในดินไปสู่บรรยากาศและทดแทนก๊าซออกซิเจนของอากาศในดินด้วยออกซิเจนจากอากาศในบรรยากาศ อากาศในดินมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ก๊าซไนโตรเจนในดินเป็นแหล่งไนโตรเจนของพืชชั้นต่ำบางชนิดและพืชตระกูลถั่ว ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในดินไม่เป็นประโยชน์ต่อการสังเคราะห์แสง แต่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ จะช่วยละลายธาตุอาหารพืชในดินออกมาให้เป็นประโยชน์ต่อพืช ก๊าซออกซิเจนในดินจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิตในดิน รวมทั้งรากพืชซึ่งจะต้องหายใจเอาออกซิเจนจากอากาศในดิน ก๊าซออกซิเจนในดินมีจะผลต่อการเติบโตของพืช ซึ่งจะช่วยในการเจริญเติบโต และการแพร่กระจายของรากในดินซึ่งจะทำให้พืชมีพื้นที่ผิวในการดูดน้ำและอาหารมากขึ้น นอกจากนี้พืชยังใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจ เพื่อที่จะได้พลังงานมาใช้ในการดูดธาตุสารอาหารจากดิน ถ้าหากดินมีออกซิเจนน้อยพืชก็จะมีพลังงานในการดูดน้ำและธาตุอาหารน้อย นอกจากนี้ก๊าซออกซิเจนยังช่วยป้องกันไม่ให้เกิดสารพิษบางอย่างขึ้นกับพืช คือ ก๊าซมีเทนเกิดจากการเน่าเปื่อยผุพังของอินทรียวัตถุในดินในสภาพที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ ส่วน Fe^{+2}และ Mn^{+2} ที่เกิดขึ้นในสภาพที่ขาดออกซิเจน และสามารถละลายได้ง่ายอาจเป็นพิษต่อพืชได้หากพืชดูดเข้าไปเป็นปริมาณมาก [6]

5. น้ำ เป็นส่วนประกอบสำคัญของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะพืชมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 75-90 น้ำมีบทบาทต่อการมีชีวิตตลอดจนการเจริญเติบโตตั้งเกิดของพืช นับตั้งแต่เมล็ดเริ่มงอกไปกระทั่งออกดอกออกผล ถ้าพืชขาดน้ำเป็นระยะเวลานาน ๆ อาจจะทำให้พืชถึงตายได้ ความสำคัญของน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช กล่าวคือ น้ำมีผลต่อกระบวนการรากฐานของการเจริญเติบโต การเพิ่มขนาดของเซลล์พืชจะต้องการน้ำเพื่อใช้ในขบวนการขยายตัวของเซลล์ เมื่อพืชขาดน้ำเซลล์จะขยายตัวเพิ่มขนาดไม่ได้จะเป็นผลให้อวัยวะพืชเล็ก และมีความแคระแกร็น

น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญในการลำเลียงอาหารและแร่ธาตุ เป็นตัวทำละลายสารอาหารและแร่ธาตุอาหาร น้ำเป็นตัวกลางในการลำเลียงธาตุอาหารในดินเป็นตัวลำเลียงพาแร่ธาตุอาหารเข้ามาใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณรากพืช เมื่อรากดูดแร่ธาตุอาหารเข้ามาในต้นพืชน้ำก็จะเป็นตัวลำเลียงพาแร่ธาตุอาหารไปยังใบและส่วนต่าง ๆ ของพืชเพื่อที่จะทำการสังเคราะห์เป็นอาหาร น้ำจะลำเลียงอาหารที่ได้ออกจากแหล่งสังเคราะห์ไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช น้ำเป็นตัวรักษารูปร่างของเซลล์และต้นพืช เซลล์ที่มีชีวิตของพืช จะต้องเป็นเซลล์เต่งที่มีน้ำบรรจุอยู่เต็มถ้าหากมีน้ำไม่เต็มเซลล์จะเกิดการเหี่ยว หากเซลล์พืชเหี่ยวมากจะทำให้ต้นพืชตายในที่สุด และน้ำก็เป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการทางสรีรวิทยาและขบวนการทางชีวเคมี กระบวนการต่าง ๆ ในพืชหรือสิ่งมีชีวิต เช่น การสังเคราะห์แสง การหายใจ การดูดแร่ธาตุ การสังเคราะห์สารที่ใช้ในการเจริญเติบโต แทบทุกกระบวนการจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบด้วยเสมอ การสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหารเป็นแป้งและน้ำตาลสะสมในพืช จะมาจากการรวมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้ากับน้ำ กระบวนการเผาผลาญอาหารหรือการหายใจก็จะมีการใช้น้ำ และมีการสร้างน้ำขึ้นเกิดขึ้น นอกจากนี้น้ำยังเกี่ยวข้องกับการควบคุมปรากฏการณ์การเจริญเติบโตอื่น ๆ อีก เช่น การงอกของเมล็ด การพักตัวของพืช การออกดอกของพืช เป็นต้น [6]

6. แร่ธาตุอาหาร เป็นสิ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช เนื่องจากแร่ธาตุอาหารเป็นส่วนประกอบของอาหาร เป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์ในขบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ และเป็นส่วนประกอบของน้ำย่อยในกิจกรรมการสังเคราะห์แสงและการหายใจ หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาว่าแร่ธาตุใดจัดเป็นแร่ธาตุอาหารของพืช คือ ธาตุมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช การสืบพันธุ์ของพืชถ้าขาดธาตุหนึ่งธาตุใดจะทำให้การเจริญเติบโตและพัฒนาการ และการสืบพันธุ์ไม่สมบูรณ์ ความต้องการธาตุแต่ละธาตุต้องมีขอบเขตจำกัดและไม่สามารถทดแทนกันได้ ธาตุเหล่านั้นต้องมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการ ไม่เป็นสาเหตุที่ไม่ทำให้ธาตุชนิดอื่นเกิดความเหมาะสมหรือเป็นอันตรายต่อพืช แร่ธาตุอาหารของพืชมีอยู่ด้วยกัน 16 ชนิด ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส เหล็ก ทองแดง กำมะถัน โมลิบดีนัม สังกะสี คลอรีน โบรอน แคลเซียม นอกจากนี้วิทยาการสมัยใหม่ค้นพบว่ายังมีอีกหลายธาตุที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโต และพัฒนาการของพืชเช่นกัน แต่ไม่ถูกจัดไว้ในบัญชีรายชื่อแร่ธาตุอาหาร เช่น นิเกิล เป็นต้น อย่างไรก็ตามการพิจารณาว่าธาตุอาหารพืชใดจัดอยู่ในกลุ่มธาตุอาหารหลัก หรือธาตุอาหารรองจะต้องพิจารณาจากพืชแต่ละชนิดเป็นสำคัญ เนื่องจากวิทยาการสมัยใหม่ กลับพบว่าธาตุอาหารพืชบางชนิดอาจเป็นธาตุอาหารรองในพืชชนิดหนึ่งแต่อาจเป็นธาตุอาหารหลักในพืชอีกชนิดหนึ่งก็ได้

2.1.2.2 ปัจจัยที่ไม่จำเป็น หรือไม่ต้องมี (Negative factors) เป็นปัจจัยที่ไม่ควรมี ได้แก่ โรค (Diseases), แมลงศัตรูพืช (Insects pest), วัชพืช (Weeds) และสารที่เป็นพิษ (Toxic substances)

ปัจจัยทั้ง 2 พวกนี้อาจจัดกลุ่มเป็น ปัจจัยทางกายภาพ (Physical factors) ได้แก่ แสงสว่าง อุณหภูมิ ดิน แร่ธาตุอาหาร น้ำหรือความชื้น อากาศ และสารที่เป็นพิษ และปัจจัยทางชีวภาพ (Biological factors) ได้แก่ โรค แมลง วัชพืช

2.2 ความสัมพันธ์ของพืชและน้ำ [8]

น้ำมีบทบาทสำคัญในการดำรงชีวิตของพืช เนื่องจากเป็นโมเลกุลที่มีมากที่สุดภายในพืช การเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ต้องอาศัยน้ำทั้งสิ้นเพราะน้ำทำหน้าที่เป็นตัวกลาง นอกจากนี้การดูดธาตุอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในดิน การเคลื่อนที่ของอาหารภายในลำต้นก็อาศัยน้ำเป็นตัวนำ ความเต่งของเซลล์ยังทำให้พืชต่าง ๆ สามารถตั้งตัวอยู่ได้เนื่องจากน้ำทำให้เซลล์เต่ง และน้ำยังเป็นตัวปรับและควบคุมอุณหภูมิให้คงที่เนื่องจากน้ำสามารถรับความร้อนต่อหน่วยได้สูง

บทบาทของน้ำคือ น้ำเป็นส่วนประกอบภายในต้นพืชถึงร้อยละ 85-90 และเป็นส่วนประกอบของเมล็ดแห้ง และสปอร์ประมาณร้อยละ 10 สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่เนื่องจากความสามารถรับความร้อนสูง มีความสามารถรับความร้อนที่ทำให้เป็นไอสูง และมีความสามารถในการนำความร้อนสูง น้ำเป็นตัวทำละลายสำหรับสารต่าง ๆ เพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยากันได้ และเป็นตัวพยุงให้พืชตั้งตัวอยู่ได้ และน้ำเป็นแหล่งของก๊าซออกซิเจนและไฮโดรเจน ซึ่งก๊าซออกซิเจนก็ถูกนำไปใช้ในการหายใจ และก๊าซไฮโดรเจนก็ถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสงและเป็นแหล่งที่ใช้ในการผลิต ATP (Adenosine Tri Phosphate) จากกระบวนการสังเคราะห์แสง

2.2.1 การเคลื่อนที่ของน้ำ

2.2.1.1 Bulk Flow เป็นการเคลื่อนที่ของของไหล ซึ่งให้พลังงานลดลงโดยที่เอนโทรปีเพิ่มขึ้น เป็นการไหลไปด้วยกันเป็นจำนวนมาก โดยเป็นการตอบสนองต่อความแตกต่างของความดันภายใน เช่น การไหลลงของน้ำภายใต้แรงดึงดูดของโลก เป็นต้น เป็นการเคลื่อนที่ของของไหลซึ่งเคลื่อนไปเองในระบบทางฟิสิกส์ ในพืชนั้นภายในลำต้นจะเกิดความดันขึ้นมาภายในเซลล์ แต่จะไม่เกิดการไหลของน้ำแบบนี้จากภายในเซลล์สู่นอกเซลล์ เพราะจะมีเยื่อหุ้มเซลล์ป้องกันการไหลแบบ Bulk Flow อยู่ ถ้าหากเจาะเยื่อหุ้มเซลล์ให้เป็นรูแล้วของเหลวในเซลล์ก็จะไหลออกนอกเซลล์ได้

2.2.1.2 Diffusion เป็นการเคลื่อนที่ในทางตรงกันข้ามกับ Bulk Flow เป็นการแพร่หรือ Diffusion ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ที่เกิดเองของอนุภาคในแต่ละอนุภาค การแพร่จะเกิดขึ้นเมื่อมีความที่แตกต่างกันของ chemical potential ระหว่าง 2 ส่วนของระบบในระบบหนึ่ง เมื่อสารที่มีความเข้มข้นมากในส่วนหนึ่งโดยตามปกติแล้วจะมี chemical potential สูงกว่าอีกส่วนหนึ่ง และจะแพร่ไปยังส่วนที่มีความเข้มข้นของสารนั้นต่ำกว่า ยิ่งมี chemical potential แตกต่างกันมาก ๆ การแพร่จะยิ่งเกิดเร็วขึ้นซึ่งน้ำก็จะสามารถเคลื่อนที่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยวิธีนี้ ในการเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้อัตราการแพร่เพิ่มขึ้นด้วยเพราะอุณหภูมิเพิ่มความเร็วของอนุภาค การเพิ่มอุณหภูมิทำให้แขนไฮโดรเจนของน้ำอ่อนกำลังลงและสารที่ละลายในน้ำจะแพร่ไปได้เร็วขึ้น

2.2.1.3 การไหลซึมของน้ำผ่านเยื่อหุ้ม หรือเรียกว่า Osmosis เป็นการไหลของน้ำ เมื่อสารละลายถูกแยกจากน้ำโดยเยื่อหุ้มซึ่งมีคุณสมบัติเป็น Semi-permeable membrane โมเลกุลของน้ำจะไหลผ่านเยื่อหุ้มเข้าไปในสารละลาย เพราะมีความแตกต่างกันของพลังงานที่ทำงานได้ต่อโมลของน้ำ ซึ่งการแสดงการเกิด Osmosis สามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า ออสโม-มิเตอร์ (Osmometer) และคำว่า Osmosis นี้จะใช้กับการเคลื่อนที่ของสารเมื่อมีการผ่านเยื่อหุ้มเท่านั้น การเคลื่อนที่นี้เกิดขึ้นเนื่องจากจุดหนึ่งมีพลังงานที่สามารถทำงานได้ของน้ำสูงกว่าอีกจุดหนึ่ง หรือเรียกมี Water potential gradient

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การคายน้ำ (Transpiration)

การคายน้ำ เป็นการสูญเสียน้ำของพืชในรูปแบบของไอน้ำ โดยน้ำจะระเหยจากต้นพืชได้ทางปากใบ (Stomata) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งพืชจะมีกลไกในการควบคุมการปิดเปิดของปากใบ และความแตกต่างของพลังงานที่ทำงานได้ของน้ำภายในต้นพืชและอากาศ การคายน้ำมีประโยชน์ต่อพืชหลายประการ นั่นคือการนำแร่ธาตุจากดินเข้าไปยังต้นพืช เพราะการคายน้ำจะทำให้รากพืชดูดน้ำจากดินและลดอุณหภูมิของใบในเวลากลางวัน เพราะเหตุที่การระเหยของน้ำไปเป็นไอจะต้องใช้พลังงานจากใบพืช ทำให้พืชเสียพลังงานความร้อนและจะส่งผลให้อุณหภูมิของใบมีค่าลดลง และพืชจะปลอดภัยจากอันตรายจากอุณหภูมิที่สูง

2.2.2.1 การวัดการคายน้ำ

1. วัดน้ำหนักที่หายไปของพืชในกระถางโดยวัดน้ำหนักของพืชรวมกับกระถาง ซึ่งจำเป็นต้องป้องกันการระเหยของน้ำจากดินให้ได้ โดยวิธีการปิดด้วยสารที่ป้องกันน้ำได้และถ้าใช้กระถางดินก็ต้องมีการคลุมกระถางด้วยเพราะน้ำจะระเหยผ่านได้ และควรใช้ดินในปริมาณที่มากพอไม่เช่นนั้นดินอาจจะแห้งไปก่อนเสร็จสิ้นการทดลอง

2. วัดน้ำหนักที่หายไปของส่วนของพืช โดยตัดยอดหรือใบของต้นไม้มาชั่งโดยเครื่องทุก ๆ 1 ถึง 2 นาที แล้วเขียนเป็นกราฟออกมาเป็นอัตราการคายน้ำจะใช้การสูญเสียน้ำหนักใน 1 ถึง 2 นาที วิธีนี้สภาพแวดล้อมจะต้องคงที่ตลอดการทดลอง แต่ตัวเลขที่ได้อาจจะผิดพลาดได้เพราะการคายน้ำมักจะสูงมาก เนื่องจากมีการตัดใบออกจากต้นซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแรงดันในท่อน้ำ

3. วิธีของ Freeman ใช้ส่วนที่อยู่เหนือดินของพืชหุ้มด้วยหลอดแก้ว แล้วให้อากาศแห้งพัดผ่าน แล้วเก็บตัวอย่างของไอน้ำในอากาศในหลอดที่บรรจุฟอสฟอรัสเพนตาออกไซด์ หรือแคลเซียมคลอไรด์ แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก แต่วิธีนี้อาจจะมีข้อผิดพลาดเพราะอากาศแห้งที่ผ่านอาจจะมีผลต่อการคายน้ำของพืชได้

4. ใช้กระดาษที่เปลี่ยนสีได้ (Color Indicator Paper) โดยจะใช้กระดาษกรองชุบสารละลายโคบอลท์คลอไรด์ที่มีเข้มข้นร้อยล่ะ 3 - 5 แล้วทำให้แห้งในตู้อบจนกระทั่งเกิดเป็นสีน้ำเงิน เมื่อกระดาษนี้ดูดซับความชื้นก็จะเปลี่ยนเป็นสีชมพู ในการวัดการคายน้ำทำโดยนำกระดาษแห้งวางไว้บนผิวของใบแล้วปิดด้วย Cover Slip ทั้งด้านบนและด้านล่างใบ เพื่อป้องกันความชื้นจากภายนอกโดยใช้สารพวกไขมันหุ้มไว้ เวลาที่ทำให้กระดาษเปลี่ยนสีนั่นคืออัตราการคายน้ำ วิธีนี้มีจะประโยชน์ในการเปรียบเทียบระหว่างใบของพืชใบเดียวกันแต่คนละด้าน หรือสองใบบนต้นเดียวกันแต่จะใช้ไม่ได้กับพืชทั้งต้นเพราะกระดาษทำให้ความเข้มของแสงลดลง และทำให้ปากใบปิดด้วย

5. Infra Red absorption ใช้แสง Infra Red ส่องผ่านเข้าไปที่ใบ แล้ววัดหาความเข้มของแสงที่ผ่านออกมาโดยใช้ photocell การที่ใบมีไอน้ำอยู่มากก็จะเกิดการดูดเอาแสงไว้ทำให้แสงที่ผ่านไปอีกด้านที่มีความเข้มที่น้อยลง วิธีนี้ทำได้ยากและใช้เพื่อวัดอัตราการคายน้ำที่เปลี่ยนไปเมื่อมีการเปลี่ยนสภาพแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Potometer วัดอัตราการคายน้ำจากอัตราการสูญเสียน้ำจากต้นพืช หรือยอดของพืช โดยการวัดอัตราการดูดน้ำและกำหนดให้ค่าการดูดน้ำและการสูญเสียน้ำเท่ากัน เครื่องมือที่ใช้ คือ Potometer ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เก็บน้ำและหลอดให้น้ำไหล วิธีนี้ให้ผลที่คลาดเคลื่อนได้เนื่องจากส่วนของพืชอาจจะมีฟองอากาศเข้าไปตามท่อน้ำของพืช จึงมักใช้พืชทั้งต้นในการทดลองและการคายน้ำมักจะสูงกว่าอัตราการดูดน้ำเสมอ

2.2.2.2 ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการคายน้ำของพืช

1. แสง โดยจะสัมพันธ์กับการปิดเปิดของปากใบซึ่งโดยทั่วไปอัตราการคายน้ำจะต่ำในตอนกลางคืนเมื่อปากใบปิดอัตราการคายน้ำจะผันแปรตามช่วงที่ได้รับแสงของพืช และอัตราการคายน้ำจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากดวงอาทิตย์ขึ้นถึงจุดสูงสุด ซึ่งจะเป็นช่วงเวลาตอนใกล้เที่ยงและบ่ายแล้วค่อยลดลงไป อัตราการคายน้ำจะสูงในช่วงกลางวันเป็นเพราะปากใบจะเปิดและความร้อนจากแสงอาทิตย์ทำให้เกิดการระเหยของน้ำมาก

2. ความชื้นในอากาศ การคายน้ำจะเกิดอย่างรวดเร็วมากเมื่ออากาศบริเวณต้นพืชแห้ง เพราะพลังงานที่ทำงานได้ของไอน้ำในอากาศและของน้ำในพืชมีค่าต่างกันมาก ในขณะที่อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์เท่ากัน หากเราเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้ค่าความแตกต่างของพลังงานที่ทำงานได้ของไอน้ำในอากาศและของน้ำในพืชเพิ่มขึ้น

3. อุณหภูมิ ถ้าหากปริมาณไอน้ำในอากาศมีค่าคงที่เท่าเดิม การเพิ่มอุณหภูมิก็จะมีผลต่อพลังงานที่ทำงานได้ของน้ำ การคายน้ำจะเพิ่มขึ้นถ้าหากอุณหภูมิของใบสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศ ความแตกต่างพลังงานที่ทำงานได้จะสูงกว่าเมื่ออุณหภูมิเท่ากัน และในแต่ละกรณีที่ใบสามารถคายน้ำแม้ว่าในอากาศจะอิ่มตัวด้วยไอน้ำก็ตาม ในทางตรงกันข้ามหากอุณหภูมิของใบต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศในกรณีนี้ใบอาจจะเสียน้ำเป็นรูปของหยดน้ำเมื่อความชื้นในอากาศสูง

4. ลม การเคลื่อนที่ของอากาศบนผิวใบจะกำจัดไอน้ำออกไป จะเพิ่มความแตกต่างของพลังงานที่ทำงานได้ของไอน้ำในอากาศและในพืช จึงเร่งอัตราการคายน้ำให้สูงขึ้น อย่างไรก็ตามถ้าลมแรงมากอัตราการคายน้ำก็จะลดลงเพราะปากใบปิด อันเนื่องมาจากปัจจัยทางกลที่กระตุ้นให้ปากใบปิด หรือ เกิดการขาดน้ำ ทำให้มีการสังเคราะห์ ABA ทำให้ปากใบปิดได้

5. น้ำในดิน ถ้าน้ำในดินลดลง หรือมีปัจจัยอื่น ๆ ทำให้พืชดูดน้ำได้น้อย จะทำให้ผนังเซลล์ของใบแห้ง และจะลดปริมาณการคายน้ำลง ซึ่งถ้าขาดน้ำมากขึ้น ปากใบจะปิด อัตราการคายน้ำจะลดลง

2.2.3 กลไกการทำงานของปากใบ (Stomata Mechanism)

ปากใบของพืชประกอบด้วยรูเปิดซึ่งเป็นทางให้ไอน้ำ และก๊าซผ่านเข้าออกรูใบนี้จะเปิดโดยกลไกของ Guard cell ซึ่งเป็นเซลล์ที่อยู่ข้าง ๆ ไอน้ำจะระเหยออกมาจากพาลิเซด (Palisalde) และ สปอนจี (Spongy) ของใบเข้าสู่ช่องว่างระหว่างเซลล์ซึ่งเป็นส่วนที่ต่อกับปากใบและอากาศภายนอกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะผ่านเข้ามาในทิศตรงกันข้าม แล้วเซลล์ก็รับคาร์บอนไดออกไซด์ไป ใบจะมีปากใบอยู่ทางด้านหลังใบและท้องใบ แต่จะมีจำนวนมากทางด้านหลังใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทั่วไปของปากใบของพืชใบเลี้ยงคู่ ประกอบด้วย Guard cell ที่มีลักษณะเหมือนไต 2 อัน ส่วนพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เช่น หญ้า ปากใบจะประกอบด้วย Guard cell ที่มีรูปร่างคล้าย dumbell และยาวใน Guard cell จะมีคลอโรพลาสต์อยู่บ้าง ปากใบจะเปิดเมื่อ Guard cell ได้รับน้ำ สาเหตุที่ทำให้ปากใบเปิดนั้น เราจะศึกษาไปที่การไหลเข้าออกของน้ำซึ่งจะทำให้ Guard cell ขยายตัว และหดตัวได้ ซึ่งมีความเป็นไปได้หลายกรณีคือ ถ้ามี Osmotic Potential ของโปรโตพลาสต์ใน Guard cell เป็นลบมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์ รอบ ๆ น้ำจะไหลเข้าไปใน Guard cell นอกจากนั้นยังเป็นไปได้ว่าผนังเซลล์จะอ่อนลงทำให้ขยายตัวได้เป็นการลด Pressure Potential และน้ำสามารถไหลเข้าเซลล์เกิดการเต่งได้ การศึกษาพบว่า Osmotic Potential ของ Guard cell เป็นลบมากขึ้นจริงแต่ผนังเซลล์ไม่ได้อ่อนลง สาเหตุที่ Osmotic Potential เป็นลบมากขึ้นนี้เนื่องจาก เมื่อปากใบเปิดจะมี K^+ เป็นจำนวนมาก เคลื่อนที่จากเซลล์รอบ ๆ เข้าไปใน Guard cell ปริมาณของ K^+ ที่สะสมในแวคคิวโอของ Guard cell ในระหว่างที่ปากใบเปิด จะมากพอที่ทำให้ Osmotic Potential ของ Guard cell ลดลง แสงจะก่อให้เกิดการไหลเข้าของ K^+ สู่ Guard cell ด้วย รวมไปถึงอากาศที่ปราศจาก CO_2 ก็สามารถกระตุ้น K^+ เข้าสู่ Guard cell ดังนั้น ย้ายพืชไปไว้ในที่มืด K^+ จะไหลออกจาก Guard cell ปากใบจึงปิด ในการให้ ABA แก่เซลล์จะทำให้ปากใบปิด ทั้งนี้เพราะ ABA กระตุ้นให้มีการเคลื่อนที่ของ K^+ ออกจาก Guard cell ดังนั้น การที่ Osmotic Potential ลดลงใน Guard cell นี้ มีสาเหตุมาจาก K^+

ด้วยสาเหตุดังกล่าวปากใบจึงเปิด จึงทำให้มีการคายน้ำและแลกเปลี่ยนก๊าซ CO_2 และ O_2 ในอากาศ การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตาลใน Guard cell จะเกิดขึ้นเมื่อเซลล์ได้รับแสง pH ของเซลล์จะสูงขึ้น ทำให้เอนไซม์ที่ย่อยแป้งเป็นน้ำตาลทำงานมากขึ้น และระดับตัวถูกทำละลายเพิ่มขึ้น ดังนั้นจะทำให้ค่าพลังงานที่ทำงานได้ของเซลล์ลดลงด้วย น้ำจึงไหลจากเซลล์อื่นมายัง Guard cell

2.2.3.1 ปัจจัยที่ควบคุมการปิดเปิดของปากใบ

1. แสง จะเป็นแสงสีแดง และแสงสีน้ำเงินกระตุ้นให้ปากใบเปิด เพราะแสงเป็นตัวทำให้เกิดการสังเคราะห์แสง จึงมีการใช้ CO_2 ภายในเซลล์ ยิ่งแสงสว่างมากปากใบจะยิ่งเปิดมาก

2. ระดับน้ำในใบโดยเฉพาะใน Guard cell ถ้าหากพลังงานที่สามารถทำงานได้ของน้ำในใบเพิ่มขึ้น รูปากใบจะปิดเพราะน้ำจะไหลออกจาก Guard cell อิทธิพลนี้จะมากกว่าระดับของ CO_2 ในใบหรือความเข้มของแสง

3. ระดับ CO_2 ในใบและในบรรยากาศ ปากใบจะเปิดเมื่อมี CO_2 ในใบพืชต่ำ ดังนั้นการสังเคราะห์แสงจึงเป็นตัวกระตุ้นให้ปากใบเปิดได้ ถ้าอากาศที่ปราศจาก CO_2 ผ่านใบพืชที่มีปากใบเปิดเล็กน้อยในที่มืดปากใบจะเปิดกว้างขึ้น ถ้าปากใบปิดสนิทระดับของ CO_2 ในอากาศจะไม่มีผลต่อการปิดเปิดของปากใบของพืช

4. อุณหภูมิสูง (30-35 °C) เป็นช่วงที่ทำให้ปากใบพืชปิด ซึ่งจะเป็นเพราะอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น ทำให้ CO_2 ภายในใบมากขึ้น แต่ถ้าอากาศที่ปราศจาก CO_2 ไปที่ใบพืชที่อุณหภูมิ 30-35 °C ปากใบจะเปิดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 การเคลื่อนที่ของน้ำภายในพืช

การที่น้ำสามารถเคลื่อนที่สู่ยอดพืชได้นั้น ในต้นไม้บางต้นที่สูงมาก ๆ น้ำเคลื่อนที่ขึ้นมาได้ด้วยกลไกอะไรจะต้องมีแรงบางอย่างดึงน้ำขึ้นไปสู่ยอด น้ำไหลผ่านพืชได้เพราะความแตกต่างของพลังงานที่ทำงานได้ของน้ำในต้นพืช ดิน และอากาศ น้ำที่ปรากฏอยู่ในพืชนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ที่แตกต่างกัน ซึ่งแต่ละส่วนนี้จะไหลไปด้วยอัตราเร็วที่ต่างกัน และในบางกรณีคนละทิศทาง ส่วนต่าง ๆ ของน้ำเหล่านี้คือ

2.2.4.1 น้ำที่อยู่ระหว่างช่องภายในผนังเซลล์ และช่องว่างรอบ ๆ ผนังเซลล์ซึ่งส่วนเหล่านี้เรียกว่า อะโพพลาสต์ (Apoplast) นั้นจะไหลผ่านส่วนที่ไม่มีชีวิตของพืช เช่น ในท่อไซเลมก็จัดว่าอยู่ในส่วนนี้ซึ่งเป็นเซลล์ที่ตายแล้ว ดังนั้นการไหลของน้ำในต้นพืชจะผ่านส่วนที่เป็น อะโพพลาสต์

2.2.4.2 น้ำในโปรโตพลาสต์ของเซลล์พืช ไหลผ่านจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์ทาง พลาสโมเดสมาตา (Plasmodesmata) หรือผ่านทางซิมพลาสต์ (Symplast) น้ำในซีพทิวบ์ (Sieve tube) ของท่ออาหาร (Phloem) ก็ได้จัดเป็นน้ำในส่วนนี้ ซึ่งจะเป็นการไหลผ่านส่วนที่มีชีวิตของพืช

2.2.4.3 น้ำที่อยู่ในแวคิวโอของเซลล์ที่มีชีวิต การส่งน้ำของพืชขึ้นสู่ยอดนั้นจะผ่านทางไซเลมเป็นส่วนใหญ่ โดยจะต้องมีแรงดันที่ฐานสูงกว่าความดันบรรยากาศปกติ ดังนั้นจึงมีแรงอื่นมาเกี่ยวข้องด้วย มีสมมุติฐานเกิดขึ้นเพื่ออธิบายกลไกของการไหลของน้ำขึ้นสู่ยอด คือ

1. Root Pressure พืชหลายชนิดเมื่อถูกตัดยอดออกน้ำยังคงไหลขึ้นมาถึงส่วนที่ตัดได้ โดยอาศัยความดันที่วัดได้ดันน้ำขึ้นมาจากราก Root Pressure จะสูงเมื่อความชื้นในดินและอากาศสูง จึงมักทำให้เกิดการเสียน้ำเป็นหยดน้ำ (Guttation) เพราะอัตราการคายน้ำ ลดลง แต่ยังดูดน้ำอยู่ พืชจึงเสียน้ำออกไปเป็นรูปของหยดน้ำ ซึ่งมักจะพบที่ปลายใบของพืช ตระกูลหญ้า แต่ในสภาพที่อากาศแห้งความชื้นในดินต่ำ จะไม่มี Root Pressure เกิดขึ้น ดังนั้น Root Pressure จึงไม่ใช่แรงสำคัญที่ทำให้พืชส่งน้ำไปยังยอดได้

2. Capillarity เมื่อให้หลอดขนาดเล็กมากที่เปิดทั้ง 2 ด้านวางตามแนวดิ่งโดยปลายด้านหนึ่งแช่อยู่ในน้ำของเหลวจะไหลขึ้นมาในหลอดจนกว่าน้ำหนักของน้ำในหลอดจะ สมดุลกับแรงดึงของผนังหลอดกับน้ำ ยิ่งหลอดมีขนาดเล็กมากน้ำก็จะยิ่งไหลขึ้นไปได้สูงมากเพราะแรงดึงระหว่างผนังของหลอดกับน้ำจะยิ่งมีค่ามากกว่าแรงดึงดูดของโลก โดยในหลอดขนาด 0.01 มิลลิเมตร น้ำจะไหลขึ้นไปได้สูงถึง 3 เมตร แต่ทั้งนี้จะขึ้นกับแรงดึงของผนังหลอดกับน้ำด้วย หลอดพลาสติกจะมีแรงดึงน้อยกว่าหลอดแก้วและหลอดแก้วจะมีแรงดึงน้อยกว่าท่อน้ำ แรงดึงของหลอดกับน้ำนี้จะเรียกว่า แอดฮีชั่น (Adhesion) แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่า แรง Capillarity ที่เกิดในไซเลมของพืชนั้นจะทำให้น้ำไหลขึ้นไปได้เพียงประมาณ 0.3 เมตรเท่านั้น และนอกจากนั้นท่อน้ำยังไม่เป็นท่อที่เปิดทั้ง 2 ด้านด้วย ดังนั้นแรงนี้จึงไม่ใช่แรงสำคัญในการทำให้น้ำเคลื่อนที่

3. Cohesion เนื่องจากพบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด ระหว่างการคายน้ำ และอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำในต้นพืช จึงชี้ให้เห็นว่า การคายน้ำเกี่ยวข้องกับการควบคุมการไหลของน้ำในท่อน้ำ ซึ่งทฤษฎีนี้จะเรียกว่า Cohesion Theory จากทฤษฎีนี้จะอธิบายการไหลของน้ำสู่ยอดโดยหลักการ คือหนึ่ง Driving Force เป็นการลดลงของพลังงานที่ทำงานได้ของน้ำจากรากพืชถึงยอด

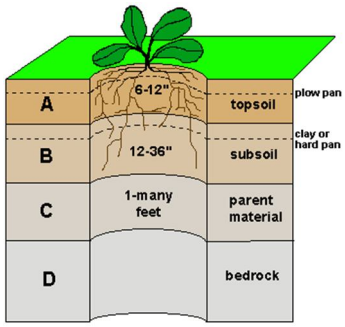
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนไป ถ้ายิ่งห่างจากรากขึ้นไปมากเท่าไรพลังงานที่ทำงานได้ก็จะลดลงทำให้น้ำไหลจากส่วนที่มีพลังงานสูงไปยังส่วนที่พลังงานต่ำ และเกิดการคายน้ำในอากาศเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าร้อยล่ะ 100 อากาศจะสามารถดูดน้ำได้มากและเร็ว เพราะพลังงานที่ทำงานได้ของไอน้ำในอากาศจะลดลง (ที่ 20 ℃ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยล่ะ 100 พลังงานที่ทำงานได้ของไอน้ำจะเท่ากับ 0 บาร์ แต่ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยล่ะ 98 พลังงานจะลดลงเป็น -27.5 บาร์) ดังนั้นถ้าอากาศยิ่งแห้งพลังงานของไอน้ำก็จะยิ่งลดลงทำให้พลังงานของน้ำแตกต่างจากในใบพืช ส่วนน้ำในดินซึ่งมีแร่ธาตุไม่มากปกติจะมีพลังงานที่ทำงานได้ใกล้เคียงกับ 0 ซึ่งถ้าจะดึงน้ำจำนวนนี้ขึ้นสู่ยอดพืชน้ำในใบพืชจะต้องมีพลังงานที่ทำงานได้ประมาณ -30 บาร์ จากการศึกษาพบว่า Osmotic Potential ของใบพืชอยู่ในช่วง -20 ถึง -40 บาร์ ดังนั้นน้ำจึงไหลขึ้นสู่ยอดพืชได้ สองคือ Hydration แรงส่วนนี้ประกอบด้วยแรงดึงระหว่างโมเลกุลของน้ำและท่อน้ำซึ่งจะเรียกว่า แอดฮีชั่น (Adhesion) และแรงดึงระหว่างโมเลกุลของน้ำด้วยกันเรียกว่าโคฮีชั่น (Cohesion) แรงแอดฮีชั่นทำให้เกิดแรง Capillarity ดังที่กล่าวมาแล้ว และการติดกันของน้ำในท่อน้ำ การเคลื่อนที่ของน้ำจะเกิดขึ้นได้น้ำต้องมีความต่อเนื่องกันตลอดสายนั่นคือไม่มีฟองอากาศ (Cavitation) ภายในท่อน้ำ ฟองอากาศนี้ถ้าเกิดขึ้นจะทำให้น้ำเคลื่อนที่ขึ้นไปไม่ได้

2.3 ความสัมพันธ์ของพืชและดิน [9]

ดินเกิดมาจากการสลายตัวผุพังของหินและแร่ (อนินทรีย์สาร inorganic material) รวมกับซากพืชและสัตว์ที่ตายจนเกิดการเน่าเปื่อย (อินทรีย์สาร : organic material) รวมเข้าด้วยกันโดยมีกระบวนการทางธรรมชาติควบคุมการเกิดดินให้ดำเนินไปอย่างต่อเนื่องกัน การสลายตัวผุพังของวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นอนินทรีย์สารจะเกิดจากกระบวนการทางด้านกายภาพ เช่น การเกิดแรงดึงและแรงดันของพื้นผิวโลก ทำให้หินและแร่แตกหัก หรือการกัดเซาะของน้ำและลม ทำให้หินแร่ผุกร่อนแตกหักได้ เป็นต้น กระบวนการทางเคมี เช่น การทำปฏิกริยาทางเคมีระหว่างน้ำกับแร่ธาตุต่างๆ เช่น ปฏิกริยาไฮโดรไลซีส (hydrolysis) ปฏิกริยาไฮเดรชั่น (hydration) หรือการทำปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างอากาศกับแร่ธาตุ เช่น ปฏิกริยาออกซิเดชั่น (oxydation) ปฏิกริยาคาร์บอเนชั่น (carbonation) และกระบวนการทางด้านชีวภาพ โดยจุลินทรีย์ที่มีชีวิตจะช่วยย่อยสลายวัตถุต้นกำเนิดดินให้มีขนาดเล็กลงจนเป็นอนุภาคเล็ก ๆ การสร้างตัวของดินจะเริ่มจากการทับถมของวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นเศษหินและแร่ธาตุต่าง ๆ จนเป็นชั้นดินที่เรียกว่าชั้นกำเนิดดินหรือชั้นดิน C แล้วมีการผสมกับสารอินทรีย์ที่ถูกทำให้สลายตัวทำให้ลักษณะของดินชั้นนั้นค่อยเปลี่ยนแปลงไป โดยมีการผสมของอินทรีย์สารเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ จนกลายเป็นดินชั้นใหม่เรียกว่าดินชั้นบนหรือชั้นดิน A ซึ่งมีกิจกรรมของจุลินทรีย์และสิ่งที่มีชีวิตในดินมากขึ้น หลังจากนั้นกระบวนการสร้างดินยังคงดำเนินการต่อไปอยู่ตลอดเวลาทำให้เกิดลักษณะของดินใหม่ ๆ จนเกิดกลายเป็นดินชั้นใหม่เรียงกันไปตามลำดับความลึกเป็นชั้นๆ เรียกว่าโปรไฟล์ของดิน (soil profile) ดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ลำดับชั้นการจัดเรียงตัวของดิน [9]

2.3.1 คุณสมบัติทางกายภาพของดินที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

สมบัติทางกายภาพของดินที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช คือ ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงไม่จำเป็นเสมอไปที่จะทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดี หากว่าดินนั้นมีคุณสมบัติทางกายภาพไม่ดี เช่น เป็นดินเนื้อละเอียดมาก ความพรุนของดินมีน้อยทำให้ดินมีน้ำมากแต่ขาดอากาศ คุณสมบัติทางกายภาพของดินจัดเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญที่จะนำมาใช้ในการประเมินหรือกำหนดความเหมาะสมของดินสำหรับการเพาะปลูกพืช หรือกำหนดวิธีการปรับปรุงดินเพื่อให้เหมาะสมกับพืชต่อไป สมบัติทางกายภาพของดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชมีหลายประการแต่ที่จะกล่าวถึง คือ

2.3.1.1 เนื้อดิน (soil texture) เนื้อดิน คือ ส่วนประกอบแร่ธาตุที่มีอยู่ในดิน จะประกอบด้วยอนุภาค (particle) ที่มีขนาดต่างกัน 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คืออนุภาคทราย (sand) อนุภาคซิลท์ (silt) และอนุภาคดินเหนียว (clay) สัดส่วนขององค์ประกอบอนุภาคทั้ง 3 ในดิน จะเป็นตัวกำหนดความหยาบหรือความละเอียดของดิน ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปแล้วจะแบ่งเนื้อดินออก 3 ประเภท

1. ดินเนื้อละเอียด (fine textured soil) คือ ดินที่มีเนื้อดินเป็นลักษณะละเอียด มีคำขึ้นต้นหรือลงท้ายชื่อเนื้อดินด้วยคำว่า clay เช่น clay, sandy clay, silty clay, clay loam

2. ดินเนื้อปานกลาง (medium textured soil) คือ ดินที่มีเนื้อดินลักษณะไม่ละเอียดหรือหยาบจนเกินไป มีคำขึ้นต้นหรือลงท้ายชื่อเนื้อดินด้วยคำว่า silt หรือ loam (ยกเว้น clay loam และ sandy loam) เช่น loam, sandy clay loam, silty clay loam, silt loam และ silt

3. ดินเนื้อหยาบ (coarse-textured soil) คือ ดินที่มีเนื้อดินเป็นลักษณะหยาบ การเรียกชื่อดินไม่มีคำว่า clay และ silt เช่น sand, sandy loam และ loamy sand

คุณสมบัติหลายของดินจะถูกควบคุมจากลักษณะเนื้อดิน เช่น การดูดยึดและระบายน้ำ ความสามารถในการดูดยึดและแลกเปลี่ยนอิออน การระบายอากาศ เป็นต้น ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชตลอดเวลา โดยทั่วไปแล้วดินเนื้อละเอียด เมื่อเกิดความแห้งดินจะรวมตัวกันเป็นก้อนและแข็งแต่จะเหนียว และจะหนืดเมื่อมีความเปียก จึงยากต่อการเขตกรรมหรือต้องใช้พลังงานมากจึงมักเรียกว่าดินหนัก (heavy soil) ส่วนดินเนื้อหยาบจะร่วนซุยไม่ว่าจะแห้งหรือจะเปียกจึงง่ายต่อการเขตกรรมหรือใช้พลังงานน้อย จึงเรียกดินประเภทนี้ว่าดินเบา (light soil) เนื้อดินเป็นสมบัติเฉพาะตัวของดินแต่ละชนิดและจะเปลี่ยนแปลงยาก ดังนั้นหากเนื้อดินอยู่ในสภาพที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น เนื้อดินเป็นทรายมากหรือเหนียวมากจำเป็นจะต้องหาวิธีการจัดการดินที่เหมาะสมเพื่อที่จะทำให้ใช้ดินนั้นเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชได้ เช่น การรักษาระดับอินทรีย์สารในดินไม่ให้ต่ำเกินไปทั้งในดินเนื้อหยาบและดินเนื้อละเอียด ก็จะช่วยให้ดินเก็บกักน้ำและอากาศไว้ได้ในสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการเติบโตของพืช หรือแม้แต่ในการให้น้ำและปุ๋ยกับพืชอย่างมีประสิทธิภาพต้องพิจารณาถึงลักษณะของเนื้อดินด้วย เช่น หากเป็นดินเนื้อหยาบควรแบ่งการให้น้ำและปุ๋ยออกเป็นหลาย ๆ ครั้งกว่าดินเนื้อละเอียด ซึ่งดินจะดูดยึดน้ำและปุ๋ยไว้ได้ดีกว่าดินเนื้อหยาบ

2.3.1.2 โครงสร้างของดิน (soil structure) โครงสร้างของดิน คือ การจัดเรียงตัวและเชื่อมติดกันของเม็ดดินจนกลายเป็นก้อนดิน จะมีลักษณะที่แน่นอนและเหมือนกัน แต่ในบางครั้งดินอาจไม่มีโครงสร้างหรือโครงสร้างของดินถูกทำลายไม่ให้เป็นเม็ดดินจับตัวกั นหรือการจับตัวที่ไม่มีรูปร่างแน่นอน อย่างเช่น ดินโคลน ซึ่งโดยทั่วไปรูปร่างลักษณะของก้อนดินที่กำหนดโครงสร้างของดินมี 4 ประเภทใหญ่ ๆ ดังรูปที่ 2.5

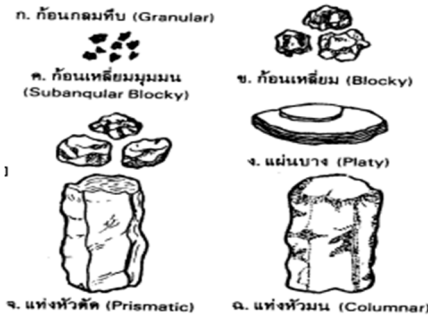
1. โครงสร้างแบบทรงกลม (spheroidal structure) พบมากในดินชั้นบนของดินที่ใช้ทำการเกษตรหรือดินที่มีอินทรีย์สารอยู่สูง

2. โครงสร้างแบบเหลี่ยม (blocky structure) พบมากในดินชั้นล่างของดินป่าหรือดินตามทุ่งหญ้า

3. โครงสร้างแบบแท่ง (prism-like structure) พบมากในดินชั้นล่างโดยเฉพาะในดินเขตแห้งแล้ง หรือกึ่งแห้งแล้ง

4. โครงสร้างแบบแผ่น (plate-like structure) จะพบมากในดินที่ไม่ได้ใช้ทำการเกษตรทั้งดินชั้นบนและดินชั้นล่าง หรือในดินชั้นล่างของดินที่ทำการเกษตรโดยใช้เครื่องมือหนักเป็นเวลานาน ๆ

โครงสร้างของดินจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชตลอดเวลา หากดินที่มีโครงสร้างไม่ดีหรือไม่มีโครงสร้างทำให้แน่นทึบจะเป็นการจำกัดการเจริญเติบโตของรากพืช รวมถึงการแผ่กว้างและชอนไชของรากในแนวลึกอาจจะเกิดขึ้นได้น้อย ดินที่มีโครงสร้างที่ดี คือ โครงสร้างแบบทรงกลมจะทำให้เกิดช่องว่างภายในดินได้มาก และเป็นช่องว่างที่มีขนาดโต ดินจึงโปร่งและร่วนซุยมีน้ำ และอากาศในดินพอเหมาะซึ่งจะดีต่อการเจริญเติบโตของพืช



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของดินที่พบโดยทั่วไป [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.3 ความหนาแน่นของดิน (bulk density of soil) คือสัดส่วนโดยน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของดินเมื่อทำให้แห้ง โดยทั่วไปจะมีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร หรือ ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต ความหนาแน่นของดินจะควบคุมหรือกำหนดความสามารถในการระบายน้ำของดิน และเป็นคุณสมบัติที่ไปด้วยกันกับความพรุนของดิน (soil porosity) คือ ช่องว่างภายในดิน ซึ่งอาจจะมีน้ำหรืออากาศแทรกตัวอยู่

2.3.1.4 สีของดิน (soil color) เป็นสมบัติเฉพาะตัวของดิน จะเห็นได้ชัดเจนและมีความแตกต่างกันมากมาย เนื่องมาจากวัตถุต้นกำเนิดและแร่ธาตุในดิน เช่น ถ้าดินมีแร่เหล็กในรูปของ Fe_2O_3 ทำให้ดินมีสีแดง และอินทรีย์สารในดินถ้ามีมากจะทำให้ดินมีสีคล้ำหรือสีดำ หรือความชื้นในดินที่สูงก็จะทำให้ดินมีสีเข้มขึ้น โดยทั่วไปแล้วดินชั้นบนจะมีอินทรีย์วัตถุมากจึงมีสีเข้มกว่าดินชั้นล่าง เนื่องจากมีความแตกต่างในสีของดินจึงได้มีการกำหนดรหัสสีมาตรฐานของดินขึ้นมาใช้ เช่น สมุดเทียบสีดินของมันเซลล์ (Munsell soil color chart)

2.3.1.5 อุณหภูมิของดิน (soil temperature) อุณหภูมิของดินก็เป็นปัจจัยสำคัญ และมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและสิ่งมีชีวิตในดิน อุณหภูมิในแต่ละชั้นดินที่แตกต่างกันจะมีผลต่อการแลกเปลี่ยนอากาศในดินชั้นต่าง ๆ ที่อยู่ติดกัน ความแน่นของดินปริมาณน้ำ และอากาศในดิน เนื้อดิน เป็นต้น ทั้งหมดเป็นสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการนำความร้อนในดิน เช่น ดินที่อัดตัวกันแน่น มีเนื้อดินละเอียด และความชื้นในดินสูงจะมีการนำความร้อนได้สูง อุณหภูมิของดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชมีดังนี้

1. ช่วยในการงอกของเมล็ด เมล็ดพืชแต่ละชนิดต้องอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดแตกต่างกัน อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไปอาจจะไปกระทบกระเทือนต่อการงอกของเมล็ดได้

2. การดำเนินกิจกรรมของรากพืช เช่น การหายใจ การดูดอาหาร การแบ่งเซลล์ เป็นต้น ต้องการระดับอุณหภูมิบริเวณรอบ ๆ รากที่เหมาะสมเพื่อให้รากพืชทำกิจกรรมได้ดี

3. การเกิดและการระบาดของโรคพืช อุณหภูมิและปัจจัยอื่นในดินจะมีผลต่อการเกิดและแพร่ระบาดของเชื้อโรคในดินที่เป็นอันตรายกับพืชได้

การควบคุมอุณหภูมิของดินไม่ให้สูงหรือต่ำเกินระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชและกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในดินทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น การป้องกันอุณหภูมิของดินไม่ให้สูงเกินไปโดยการใช้วัสดุชนิดต่าง ๆ คลุมดิน หรือโดยการเปลี่ยนสมบัติการนำความร้อนของดิน เช่น การไถพรวนดินให้โปร่ง และการให้น้ำจะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนลงไปสู่ดินชั้นล่างลดอุณหภูมิของดินชั้นบนลงได้

2.3.2 คุณสมบัติทางเคมีของดินที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

คุณสมบัติทางเคมีของดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่กล่าวถึงกันมาก คือ ปฏิกิริยา หรือ pH ของดิน (soil reaction or soil pH) หมายถึง ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน คำว่า pH หมายถึงระดับความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน (H+) ที่มีอยู่ในดิน ปกติในทางเคมีเมื่อมีการบอกถึงความเข้มข้นก็จะใช้หน่วย normality (N) หรือ molarity (M) หรืออาจจะบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากความเข้มข้นของ H+ อยู่ในระดับที่ต่ำมากทำให้การบอกค่าความเข้มข้นเป็นหน่วย N หรือ M จะออกมาเป็นเลขทศนิยมจำนวนมาก จึงได้มีการนำเอาระบบของ pH มาใช้ในการบอกค่าความเข้มข้นของ H+ โดยที่ pH คือค่า logarithm ของส่วนกลับของ H+ ที่มีหน่วยเป็น M หรือค่าลบของ logarithm ของ H+]

$$pH = \log 1/[H+]$$
$$= -\log [H+]$$

สารละลายชนิดหนึ่งมีความเข้มข้นของ H+ เป็น 0.001 M ก็จะมีค่า pH = 3 หรือ อีกสารหนึ่งมีความเข้มข้นของ H+ เป็น 0.00001 จะมีค่า pH เป็น 5 และค่า pH นั้นจะมีค่าอยู่ในช่วง 1-14 ดังนั้นดินจะมีสภาพเป็นกรด (acid) เป็นกลาง (neutral) หรือเป็นด่าง (alkaline) จะขึ้นอยู่กับไฮโดรเจนอิออน (H+) และไฮดรอกซิลอิออน (OH-) ในส่วนที่เป็นของเหลวในดิน ถ้าหากความเข้มข้นของ H+ และ OH- ไม่ต่างกันมากดินก็จะมีปฏิกิริยาเป็นกลาง แต่ถ้าหากความเข้มข้นของ OH- มากหรือ H+ น้อยดินก็จะมีปฏิกิริยาเป็นด่าง แต่ถ้าหากความเข้มข้นของ H+ มากหรือ OH- น้อย ดินก็จะมีปฏิกิริยาเป็นกรด

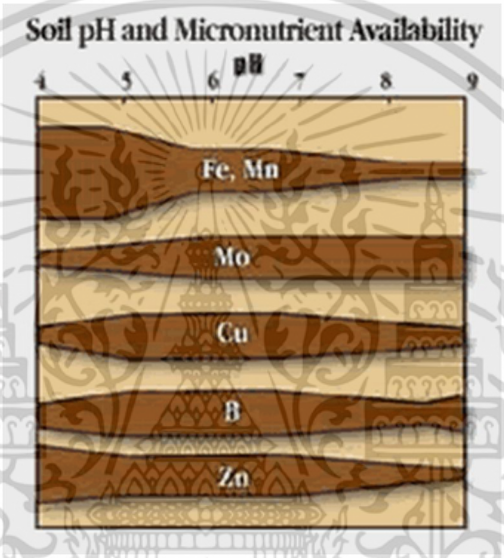
รูปที่ 2.6 ระดับความเป็นเป็นกรด - ด่างของดินตั้งแต่ pH4 - pH10

ความเป็นกรดหรือด่างของดินถูกควบคุมจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น วัตถุต้นกำเนิดดิน ถ้าหากวัตถุต้นกำเนิดดินมีสมบัติเป็นกรด เมื่อสลายตัวเป็นดินแล้วมักจะได้ดินที่มี pH ต่ำ หรือดินเป็นกรด ชนิดและปริมาณของประจุบวกที่ถูกดูดซับอยู่ในดินจะควบคุมความเป็นกรดหรือด่างของดิน เช่น ดินที่มีประจุ H+, Al+3 , NH+4 และ Fe+3 มีสมบัติเป็นกรด ในขณะที่ดินที่ประจุ Ca+2, Mg+2 และ Na+2 มีสมบัติเป็นด่าง นอกจากนั้นดินที่มีคอลลอยด์ (colloid) ที่แตกตัวให้ H+ ออกมามาก เช่น ดินที่มีฮิวมัสมากมักจะเป็นดินที่มี pH ต่ำหรือดินเป็นกรด ดินกรดจะพบอยู่ทั่ว ๆ ไปโดยเฉพาะในเขตที่มีฝนตกชุก หรือดินที่ใช้ในการทำการเกษตร และมีการใส่ปุ๋ยวิทยาศาสตร์บางชนิดติดต่อกันเป็นเวลานาน ๆ สำหรับดินด่างที่พบโดยทั่วไปแตกต่างกัน 3 ชนิดคือ

2.3.2.1 ดินเค็ม (saline soil) เป็นดินที่มีเกลือเป็นกลางของแคลเซียม และ แมกนีเซียมอยู่สูง ในสภาพที่ดินแห้งจะเห็นคราบเกลือสีขาวขึ้นอยู่ตามผิวหน้าดิน มักจะเรียกดินชนิดนี้ว่าดินด่างขาว (white alkaline soil)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 ดินด่าง (sodic soil) เป็นดินที่มีเกลือโซเดียมอยู่ในรูปของโซเดียมคาร์บอเนตสูง เมื่อดินเปียกจะมีลักษณะเหลว และมีอินทรีย์สารละลายอยู่มากเมื่อดินแห้งจะแข็งและมีคราบเกลือสีดำตกตะกอนอยู่ตามผิวหน้าดิน จึงเรียกดินด่างชนิดนี้ว่าดินด่างดำ (black alkali soil)

2.3.2.3 ดินเค็มที่เป็นด่าง (saline sodic/alkaline soil) เป็นดินที่มีสมบัติผสมระหว่างดินเค็มกับดินด่าง จะมีเกลือของแคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมสูง ความเป็นกรดหรือด่างของดินมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างมาก เช่น จะควบคุมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน พบว่าธาตุอาหารของพืชแต่ละชนิดจะเป็นประโยชน์ต่อพืชต้องอยู่ในรูปที่พืชดูดไปใช้ประโยชน์ได้โดยดินมี pH ต่างๆ กัน ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.7

รูปที่ 2.7 ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินในช่วง pH ต่าง ๆ

การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรียจะดำเนินไปได้ดีที่ pH เป็นกรดอ่อน ๆ ถึงเป็นด่างอ่อน ๆ เช่นเดียวกับธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่ ยกเว้นธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโคบอลท์ จะอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์กับพืชในสภาพที่ดินเป็นกรด และหากมีมากจะเกิดอาการเป็นพิษกับพืชได้

2.3.3 คุณสมบัติทางชีวภาพของดินที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

ภายในดินจะมีสิ่งที่มีชีวิตมากมายอาศัยอยู่ที่มีขนาดเล็กมาก เช่น แบคทีเรีย รา และสาหร่าย เป็นต้น สิ่งมีชีวิตที่มีขนาดใหญ่ขึ้นมาอย่างเช่น ไส้เดือนฝอย ไส้เดือนดิน หนู และสัตว์อื่น ๆ อีกมากมาย สิ่งที่มีชีวิตในดินทั้งหมดจะอาศัยและอยู่ร่วมกันอย่างเป็นระบบ มีทั้งที่เกื้อกูลพึ่งพาอาศัยกันและที่ให้โทษต่อกัน พืชได้อาศัยสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในดินเพื่อการเจริญเติบโตดังต่อไปนี้

2.3.3.1 สิ่งมีชีวิตในดินทำหน้าที่ย่อยสลายตัว อินทรีย์วัตถุในดินที่มีขนาดใหญ่และโครงสร้างซับซ้อนให้มีขนาดเล็กลง และเป็นสารประกอบอนินทรีย์อย่างง่ายที่จะกลายเป็นธาตุอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.2 ช่วยในการเปลี่ยนแปลงรูปของอนินทรีย์สารบางชนิด ซึ่งจะได้จากการแปรสภาพของอินทรีย์วัตถุในดินที่ละลายน้ำยากให้เป็นรูปของสารประกอบอนินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ง่ายจนพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น ฟอสฟอรัส กำมะถัน แคลเซียม โปแตสเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส อะลูมินัม และซิลิกอน อนินทรีย์สารเหล่านี้จะถูกเปลี่ยนเป็นรูปที่ละลายน้ำได้ง่าย โดยกรดชนิดต่าง ๆ ที่แบคทีเรียในดินสร้างขึ้น เช่น กรดไนตริค กรดฟอสฟอริค กรดซัลฟูริค เป็นต้น

2.3.3.3 ช่วยในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ มาอยู่ในรูปของสารประกอบในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเรียกกระบวนการนี้ว่า nitrogen fixation โดยแบคทีเรียที่สำคัญในการทำหน้าที่ดังกล่าวคือ symbiotic nitrogen fixing bacteria ชนิด *Rhizobium spp*. ซึ่งอาศัยอยู่ตามรากพืชตระกูลถั่ว แบคทีเรียพวกนี้จะสร้างสารประกอบไนโตรเจนให้พืชตระกูลถั่วนำไปใช้ในการเจริญเติบโต

2.3.3.4 ช่วยลดความเป็นพิษ และยังสามารถทำลายสารพิษในดินอันเนื่องมาจากการสารเคมีหรือใช้สารกำจัดศัตรูพืชบางชนิด

2.3.3.5 เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคแก่พืช คือ เชื้อราทำให้เกิดโรครากเน่า โคนเน่า หรือไส้เดือนฝอยทำให้รากพืชเป็นแผลซึ่งเป็นทางให้เชื้อโรคเข้าทำลายซ้ำ

2.3.3.6 ทำให้ธาตุไนโตรเจนสูญเสียไปจากดินโดยขบวนการ denitrification ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อดินขาดแก๊สออกซิเจน จนทำให้แบคทีเรียเปลี่ยนรูปสารประกอบไนเตรตไปเป็นแก๊สแอมโมเนียระเหยไปจากดิน

2.3.3.7 แย่งธาตุอาหารพืชโดยเฉพาะ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสเพื่อที่จะใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เอง

2.3.3.8 ปลดปล่อยสารพิษที่อันตรายต่อการเจริญเติบโตของพืชให้ลงไปในดิน เช่น มีเทน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และกรดอินทรีย์ต่าง ๆ โดยเฉพาะในดินที่การระบายน้ำและอากาศไม่ดี

2.3.4 ความอุดมสมบูรณ์ของดินสำหรับเพาะปลูกพืช

ความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นสภาพ และลักษณะที่มีความเหมาะสมของดินที่จะใช้ปลูกพืชชนิดใดชนิดหนึ่งให้เจริญเติบโตและให้ผลผลิตดี พืชแต่ละชนิดต้องการความสมบูรณ์ของดินต่างกัน

2.3.4.1 ความอุดมสมบูรณ์ของดินถูกกำหนดจากเกณฑ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ความสามารถที่ปลดปล่อยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชได้สูง
2. คุณสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ ของดินเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช
3. การมีหรือไม่มีสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ที่จะเป็นพิษต่อพืช

สำหรับธาตุที่มีความสำคัญต่อกระบวนการทางชีววิทยาของพืชจะมีอยู่ทั้งหมด 13 ธาตุ โดยมีที่มาต่างกัน คือ จากอากาศ น้ำ และองค์ประกอบของดิน ในจำนวนนี้จะเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง (essential element) คือ จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช หากพืชต้องการใช้ธาตุนั้นโดยเฉพาะธาตุอื่นใช้แทนไม่ได้ คือ เป็นธาตุมีหน้าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉพาะอย่างในกระบวนการทางสรีรวิทยาจะมีอยู่16 ธาตุ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แคลเซี่ยม แมกนีเซียม กำมะถัน เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง โบรอน โมลิบดินัม และคลอรีน ธาตุอาหารทั้งหมดเป็นองค์ประกอบของดินตามสภาพธรรมชาติ ยกเว้น คาร์บอน ไฮโดรเจน และ ออกซิเจน

2.3.4.2 ธาตุที่พืชได้รับจากดินได้มีการจัดแบ่งออกตามความสำคัญเป็น 2 กลุ่มคือ

1. ธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ในกลุ่มนี้พบว่า ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการมากที่สุด และมักมีอยู่ในดินไม่มาก หรืออาจอยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ จึงทำให้พืชขาดธาตุอาหารเหล่านี้ จำเป็นต้องเพิ่มเติมลงไปในดินเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของพืช จึงเรียกธาตุอาหารพวกนี้ว่าธาตุอาหารหลัก ส่วนแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน พืชต้องการในปริมาณที่ไม่มากและมักมีอยู่อย่างเพียงพอในดิน จึงเรียกธาตุอาหารพวกนี้ว่าธาตุอาหารรอง

2. ธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อย คือ เหล็ก แมงกานีส รังกะสี ทองแดง โบรอน โมลินตินัม และคลอรีน ธาตุอาหารเหล่านี้พืชต้องการในปริมาณที่ต่ำมากแต่พืชก็จะขาดไม่ได้ โดยทั่วไปในดินมักจะมีธาตุอาหารเหล่านี้อยู่ในปริมาณต่ำ แต่พืชก็ไม่ค่อยแสดงอาการขาดธาตุเหล่านี้ นอกจากในดินที่มีเนื้อเป็นทรายมาก หรือดินที่ใช้ในการเพาะปลูกพืชติดต่อกันเป็นเวลานาน และในดินบางชนิดหรือบางสภาพอาจจะมีธาตุเหล่านี้อยู่ในปริมาณสูงจนเป็นพิษต่อพืชได้

2.3.4.3 การประเมินความสมบูรณ์ของดินว่ามีปริมาณธาตุอาหารต่อพืชมากน้อยแค่ไหน สามารถทำได้หลายวิธีแล้วแต่ความสะดวกเหมาะสม เช่น

1. การสังเกตลักษณะอาการที่พืชแสดงออก (symptom of plant) ทำได้ง่ายแต่ต้องอาศัยความรู้และความชำนาญในการที่จะแยกแยะลักษณะที่เกิดของพืชที่แสดงการขาด หรือได้รับธาตุอาหารต่าง ๆ มากจนเกินไป

2. การวิเคราะห์พืช (plant analysis) ทำให้ทราบว่าพืชมีธาตุอาหารชนิดไหนอยู่ในปริมาณมากน้อยเพียงใด ปริมาณธาตุอาหารในพืชจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณที่มีอยู่ในดิน การวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืชทำได้หลายวิธี เช่น วิเคราะห์เนื้อเยื่อพืช (tissue test) จะเป็นการทดสอบอย่างง่ายจากเพียงบางส่วนของพืช เช่น การคั้นเอาน้ำในเนื้อเยื่อของพืชมาผสมกับน้ำยาทำให้เกิดสีต่าง ๆ แล้วทำการเปรียบเทียบกับสีมาตรฐานที่ระบุถึงระดับของธาตุอาหารนั้น ๆ หรืออาจใช้วิธีการวิเคราะห์พืชทั้งหมด (total analysis) โดยการนำเอาบางส่วนของพืชหรือทั้งต้นของพืชที่มีขนาดเล็กไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ

3. การทดสอบทางชีวภาพ (biological test) เป็นการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชที่ได้รับปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ กัน ในแปลงทดลองหรือเรือนกระจกทดลอง

4. การวิเคราะห์ดิน (soil analysis) เป็นการเก็บตัวอย่างดินไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4.4 การปรับปรุงความสมบูรณ์ของดิน ในการปลูกพืชซ้ำ ๆ ในดินเดิมต่อเนื่องโดยไม่มีการปรับปรุงบำรุงดินจะทำให้ดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ไปอย่างรวดเร็ว ดินจะมีลักษณะแข็ง ไม่ร่วนซุย ทำให้ดูดซับน้ำและธาตุอาหารได้น้อยลง และที่สำคัญคือจะทำให้การใช้ปุ๋ยเคมีได้รับผลไม่ดีเท่าที่ควร การใช้ปุ๋ยเคมีให้ได้ผลต้องใช้ควบคู่ไปกับการปรับปรุงบำรุงดิน หากใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวโดยไม่มีการปรับปรุงดินติดต่อกันเป็นเวลานานจะทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ ทำให้ผลผลิตลดลง และต้องใช้ปุ๋ยเคมีมากขึ้นซึ่งเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตให้สูงขึ้น การปรับปรุงและบำรุงดินทำได้โดยการเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน ทำให้ได้รับประโยชน์ดังนี้

1. ทำให้ดินจับตัวกันเป็นก้อนเล็ก ร่วนซุย ไถพรวนง่าย ระบายน้ำและอากาศได้ดี รากพืชก็จะเจริญเติบโตได้ดี
2. ทำให้ดินทนทานต่อการชะล้างดีขึ้น
3. ทำให้ดินอุ้มน้ำได้มากขึ้นและลดการระเหยน้ำออกจากดิน
4. ทำให้ดินดูดซับธาตุอาหารพืชไว้เป็นประโยชน์แก่พืชได้มากขึ้น
5. อินทรีย์วัตถุจะสลายตัวปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืช
6. ทำให้ธาตุอาหารพืชในดินละลายออกมาเป็นประโยชน์มากขึ้น
7. เพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยเคมีที่ใส่ลงไปในดินให้เป็นประโยชน์แก่พืชมากขึ้น และลดการใช้ปุ๋ยเคมีได้ในระยะยาว
8. ทำให้ได้รับผลผลิตสูงขึ้น และได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดี

2.3.4.5 การปรับปรุงบำรุงดินโดยการเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดินมีหลายวิธี คือ

1. การใช้ปุ๋ยคอก ที่ได้มาจากมูลสัตว์ แต่มูลสัตว์ก็มักจะสูญเสียธาตุอาหารไปได้ค่อนข้างง่าย จึงควรใช้เศษซากพืช เช่น ฟาง แกลบ รองพื้นคอกสัตว์เพื่อช่วยดูดซับธาตุอาหารจากมูลสัตว์

2. การใช้ปุ๋ยหมัก ทำได้จากการนำเอาเศษซากพืชที่เหลือจากการเพาะปลูก เช่น ฟางข้าว ซังข้าวโพด ต้นถั่วต่าง ๆ ผักตบชวา และของเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรม ตลอดจนขยะมูลฝอยมาหมักจนเน่าเปื่อย ย่อยสลายตัวดีแล้วนำไปใช้ใส่ในไร่นาหรือสวน

3. การใช้ปุ๋ยพืชสด เป็นการไถกลบส่วนต่าง ๆ ของพืชที่ยังสดอยู่ลงในดินเพื่อให้เน่าเปื่อยเป็นปุ๋ย ส่วนใหญ่จะใช้พืชตระกูลถั่วเพราะให้ธาตุไนโตรเจนสูง และย่อยสลายได้ง่าย โดยเฉพาะในระยะใกล้ออกดอกถึงกำลังออกดอกของพืชที่จะนิยมใช้เป็นปุ๋ยพืชสด ได้แก่ โสน ปอเทือง ถั่วเขียว และถั่วพุ่ม เป็นต้น

4. การใช้พืชคลุมดิน ซึ่งจะนิยมใช้พืชตระกูลถั่วเพราะมีคุณสมบัติคลุมดินได้หนาแน่นเพื่อป้องกันวัชพืช ลดการชะล้าง เก็บความชื้นไว้ในดินได้ดี และสามารถเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน ได้แก่ ถั่วลาย และถั่วคาโลโปโกเนียม เป็นต้น

5. การใช้เศษเหลือของพืชหรือสัตว์ หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วส่วนของต้นหรือเศษพืชที่เหลือ เช่น ต้นและเปลือกถั่วลิสง แกลบ ตอซัง หรือวัสดุอื่น ๆ หากไม่มีการใช้ประโยชน์ควรไถกลบกลับคืนลงไปในดิน ส่วนเศษเหลือของสัตว์ เช่น เลือดและเศษซากสัตว์จากโรงฆ่าสัตว์ก็สามารถใช้เป็นปุ๋ยเพิ่มอินทรียวัตถุได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การปลูกพืชหมุนเวียนเป็นการปลูกพืชหลาย ๆ ชนิดหมุนเวียนในพื้นที่เดียวกัน ควรใช้พืชตระกูลถั่วซึ่งมีคุณสมบัติบำรุงดินร่วมอยู่ด้วย เพื่อให้การใช้ธาตุอาหารจากดินเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ลดการระบาดของศัตรูพืช ตลอดจนให้ชั้นดินมีเวลาพักตัว ในกรณีพืชที่ปลูกมีระบบรากลึกแตกต่างกัน

ในการปรับปรุงบำรุงดิน เกษตรกรควรใช้หลายวิธีร่วมกันจะช่วยลดค่าใช้จ่ายลงได้ และควรมีการปฏิบัติบำรุงดินอย่างต่อเนื่องทุกปี เพื่อรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินให้สูงอยู่เสมอ เพื่อประโยชน์ต่อการผลิตพืชผลทางเกษตรในระยะยาวต่อไป

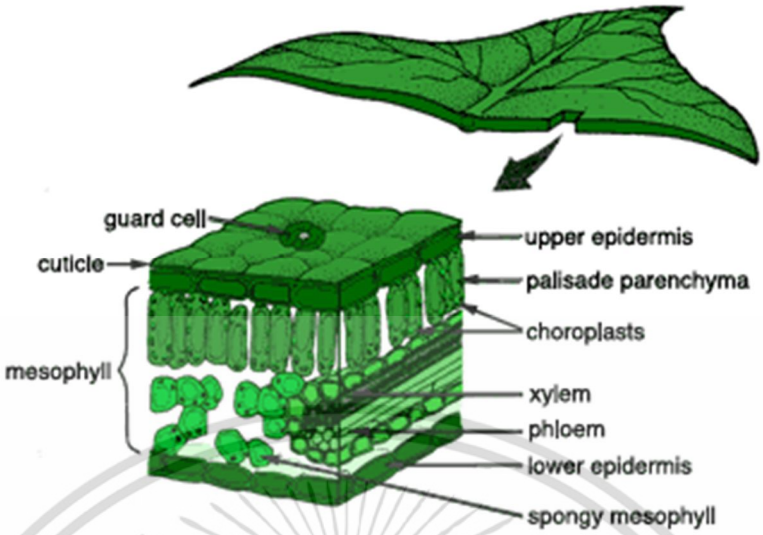
2.4 การให้น้ำแก่พืช [10]

น้ำเป็นปัจจัยหลักสำหรับการเพาะปลูกพืช คือ หากการปลูกพืชที่มีน้ำเพียงพอ ธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์ สภาพอากาศเหมาะสมแล้วพืชก็จะสามารถสังเคราะห์แสงสร้างอาหารนำไปใช้ในการเจริญเติบโต เก็บสะสมอาหารให้เป็นผลผลิตที่มนุษย์ต้องการได้อย่างเต็มที่ การปลูกพืชต้องได้รับน้ำอย่างเพียงพอและเหมาะสมตามระยะเวลาที่พืชต้องการ การปลูกพืชที่อาศัยน้ำฝนตามฤดูกาลเพียงอย่างเดียว จะมีโอกาสที่พืชจะขาดน้ำในระยะใดระยะหนึ่งได้ เช่น เมื่อประสบกับปัญหาฝนทิ้งช่วงจนพืชขาดน้ำรุนแรงอาจทำให้พืชตายได้ หรือฝนตกมากเกินไปจนทำให้เกิดน้ำท่วมขังจนต้นพืชเหี่ยวเฉาเนื่องจากรากขาดอากาศจนพืชตายได้เช่นกัน ดังนั้นการจัดการให้พืชปลูกได้รับน้ำอย่างเพียงพอและเหมาะสมจะต้องใช้การชลประทานเข้าช่วย การชลประทานเป็นการให้น้ำกับพืชโดยการเพิ่มความชื้นให้แก่ดินเพื่อให้ดินมีความชุ่มชื้นเหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืช และรวมถึงการจัดหาน้ำและการส่งน้ำเพื่อดูแลให้พื้นที่เพาะปลูกมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ในการจัดการชลประทานให้กับพืชจึงต้องคำนึงถึงน้ำ ดิน และพืชตลอดเวลา

2.4.1 การใช้น้ำของพืช

ปริมาณการใช้น้ำของพืช จะเป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียจากพื้นที่เพาะปลูกสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำ และจากกระบวนการที่สำคัญคือ การคายน้ำของพืช จะเป็นการที่พืชดูดน้ำไปจากดินเข้าสู่ลำต้นไปสู่ใบ และสูญเสียไปในบรรยากาศในรูปของไอน้ำทางรูเปิดปากใบ โดยที่เซลล์ใบของพืชบริเวณรูเปิดปากใบอยู่ติดกับท่อลำเลียงน้ำ ดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 เซลล์ใบของพืชที่มีรูเปิดปากใบ [10]

เมื่อน้ำจากเซลล์ใบถูกคายออกไปทำให้เซลล์ใบเหี่ยว และมีแรงดูดน้ำจากท่อลำเลียงมากขึ้นเป็นผลให้น้ำเคลื่อนย้ายจากลำต้นเข้าสู่ใบ เมื่อน้ำในลำต้นน้อยทำให้รากพืชต้องดูดน้ำจากดินเพิ่มขึ้น ดังนั้นถ้าดินมีความชื้นอย่างเพียงพออยู่ตลอดเวลา อัตราที่พืชดูดน้ำจากดินจะขึ้นอยู่กับอัตราการคายน้ำ แต่ถ้าความชื้นในดินลดลงจนไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช อัตราการคายน้ำจะขึ้นอยู่กับอัตราที่พืชดูดน้ำได้จากดิน การคายน้ำของพืชเป็นการระเหยของน้ำในช่องอากาศระหว่างเซลล์ของใบ และแพร่กระจายออกจากรูเปิดปากใบสู่บรรยากาศช่องอากาศในใบจะมีไอน้ำอยู่เกือบอิ่มตัว การคายน้ำขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของไอน้ำในใบกับบริเวณรอบ ๆ ใบ ดังนั้นถ้าหากอากาศแห้งหรือความชื้นสัมพัทธ์ต่ำไอน้ำในบรรยากาศมีน้อยพืชก็ยิ่งมีการคายน้ำมากขึ้น และเมื่อใบของพืชได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ จะทำให้ใบมีอุณหภูมิสูงกว่าบรรยากาศที่อยู่รอบ ๆ เมื่ออุณหภูมิของบรรยากาศสูงขึ้นจะทำให้ความชื้นที่จุดอิ่มตัวสูงขึ้น ดังนั้นใบพืชซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าจะมีความเข้มข้นของไอน้ำในช่องอากาศในใบมากกว่าบริเวณรอบ ๆ ซึ่งทำให้การแพร่กระจายของไอน้ำจากรูเปิดปากใบสูงขึ้นและทำให้พืชมีการคายน้ำเพิ่มขึ้น การคายน้ำของพืชเมื่อเกิดขึ้นติดต่อกันจะทำให้ไอน้ำในบรรยากาศรอบ ๆ ต้นพืชมีความเข้มข้นสูงขึ้นเป็นผลให้อัตราการคายน้ำลดลงแต่ถ้าหากมีลมพัดมาพัดไอน้ำรอบ ๆ ต้นพืชไปอัตราการคายน้ำของพืชก็จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระดับความชื้นในดินลดลง หรืออัตราการคายน้ำของพืชสูงกว่าอัตราที่พืชดูดน้ำได้จากดิน พืชก็จะเหี่ยว รูเปิดปากใบจะปิด การคายน้ำของพืชจะลดลงหรือหยุดการคายน้ำ กลไกดังกล่าวเป็นการป้องกันไม่ให้พืชได้รับความเสียหายมากเพราะการที่พืชไม่มีการคายน้ำจะทำให้เซลล์เหี่ยว และลดการสังเคราะห์แสงลง เป็นผลให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง ดังนั้นในทางปฏิบัติดูแลรักษาพืชปลูก จึงมีทางป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายแก่พืช โดยให้พืชนั้นมีน้ำใช้อย่างพอเพียงตลอดเวลา และทำให้ดินมีคุณสมบัติที่จะทำให้รากพืชแพร่กระจายออกไปอย่างกว้างขวางและลึก ทำให้พืชดูดน้ำไปใช้อย่างเพียงพออยู่ตลอดเวลา

การระเหยน้ำ เป็นการแพร่กระจาย ของน้ำในรูปของไอน้ำจากผิวดินสู่บรรยากาศ อัตราการระเหยจะขึ้นอยู่กับลักษณะของผิวดินที่มีการระเหย ความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำ ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

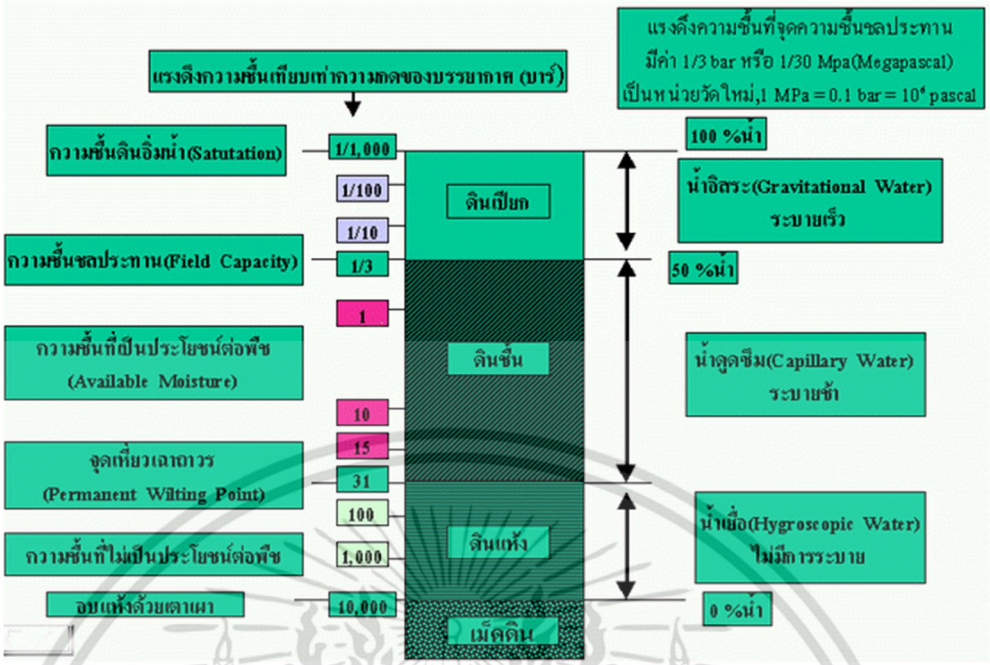
ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ลม แสงแดด ความเร็วของลมและความกดดันของบรรยากาศ นอกจากนั้นการเขตกรรม เช่น วิธีการให้น้ำ การจัดการดิน หรือวิธีการเพาะปลูกพืชล้วนแล้วแต่มีผลต่อการระเหยน้ำ การให้น้ำแก่พืชครั้งละน้อย ๆ แต่ให้บ่อยครั้งทำให้มีการสูญเสียน้ำโดยการระเหยมากขึ้น หากให้น้ำแก่พืชในปริมาณเท่ากัน แต่ให้น้อยครั้งลงจะช่วยลดการระเหยได้มาก เพราะผิวดินมีการเปียกน้อยครั้ง และน้ำซึมลงไปเก็บไว้ในดินได้ลึกกว่าซึ่งเป็นผลทำให้น้ำที่พืชจะดูดไปใช้ได้มากกว่า การให้น้ำแก่พืชโดยวิธีให้น้ำท่วมผิวดิน โอกาสการระเหยน้ำจากผิวดินและผิวน้ำโดยตรงเกิดขึ้นได้มาก ส่วนการให้น้ำแบบฉีดฝอยซึ่งมีระยะเวลาการให้น้ำยาวนานจะมีการสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหยมากกว่าการให้น้ำแบบอื่น อย่างไรก็ตามการระเหยจากผิวดินผิวน้ำและจากที่เกาะอยู่ตามใบและต้นพืช ก่อให้เกิดประโยชน์กับพืชโดยการที่พลังงานความร้อนส่วนนั้นไม่ถูกใช้ไปในการทำให้เกิดการคายน้ำของพืชเพิ่มขึ้น ในพื้นที่ที่ปลูกพืชต้นชิดกัน เช่น พวกข้าว หรือหญ้าเลี้ยงสัตว์ การระเหยน้ำจากผิวดินจะลดลง ทั้งนี้เพราะนอกจากพืชจะใช้ความชื้นในดินไปในการคายน้ำเป็นจำนวนมากแล้ว ใบของพืชยังปกคลุมมิให้แดดส่องไปถึงผิวดิน และความหนาแน่นของต้นพืชจะช่วยป้องกันมิให้ลมพัดพาเอาอากาศรอบต้นพืชซึ่งมีไอน้ำมากไปจากพื้นที่เพาะปลูกอย่างรวดเร็วอีกด้วย

การระเหยของน้ำจากผิวดินจะถูกควบคุมจากเนื้อดินด้วยเนื้อดินที่มีการไหลซึมของความชื้นสูงซึ่งจะมีการระเหยจากผิวดินมาก ในทางตรงกันข้ามดินที่มีเนื้อหยาบซึ่งมีการไหลซึมของความชื้นได้ช้ากว่าจะมีการระเหยจากผิวดินได้น้อย แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิ ความเร็วลม ความชื้นของอากาศ ก็จะมีผลต่อการระเหยลงน้ำจากผิวดินดังกล่าวตลอดเวลา การคลุมดินและการให้ร่มเงาแก่ดินจะช่วยลดการระเหยจากผิวดินลงได้

2.4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างดินและน้ำ

ดินประกอบด้วยสสาร 3 สถานะ คือ ของแข็งทั้งอินทรีย์วัตถุและอนินทรีย์วัตถุ ของเหลวซึ่งส่วนใหญ่คือน้ำ และแก๊ส เนื้อดินและโครงสร้างของดินจะกำหนดขนาดช่องว่างของเม็ดดินให้เป็นที่อยู่ของน้ำและแก๊ส ดินที่มีเนื้อหยาบ เช่น ดินทรายมีคุณสมบัติให้น้ำซึมผ่านได้ง่ายแต่อุ้มน้ำไว้ได้น้อย ในทางตรงกันข้ามดินเนื้อละเอียด เช่น ดินเหนียว มีคุณสมบัติให้น้ำซึมผ่านได้ยากจึงอุ้มน้ำไว้ได้มาก ดินเนื้อหยาบและละเอียดเกินไปมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำและระบายน้ำไม่เหมาะสมตามความต้องการของพืช ดินที่เหมาะต่อการเพาะปลูกพืชและสามารถจัดการชลประทานได้เหมาะสมควรเป็นดินเนื้อปานกลางที่สามารถเก็บกักและระบายน้ำได้ดี ช่วยให้น้ำที่ถูกส่งเข้ามายังบริเวณรากพืชจะถูกดูดยึดเก็บกักเอาไว้ใช้ได้มากและหากน้ำมากเกินความต้องการดินก็สามารถระบายออกไปได้ดี น้ำในดินหรือความชื้นที่พืชดูดไปใช้ได้ เป็นน้ำดูดซึมตั้งแต่ระดับความชื้นชลประทาน คือ ความชื้นในดินหลังจากน้ำอิสระถูกระบายออกไปแล้ว จนถึงความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร (permament wilting point) คือ ความชื้นในดินที่มีน้อยจนกระทั่งพืชไม่สามารถดูดมาใช้ทดแทนการคายน้ำจนพืชเหี่ยวเฉาอย่างถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 การจำแนกความชื้นในดินและความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้และไม่ได้ [10]

2.4.3 แหล่งน้ำที่พืชได้รับ

2.4.3.1 ความชื้นที่ยังมีอยู่ในดินตามช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ความชื้นดังกล่าวถ้ามีปริมาณมากพอพืชก็สามารถนำไปใช้ได้ ในบางพื้นที่อาจได้รับเพิ่มเติมจากฝนที่ตกนอกฤดูกาลเพาะปลูก อย่างไรก็ตามน้ำจากแหล่งนี้มีให้พืชเอาไปใช้ได้ไม่มากนัก โดยเฉพาะพืชที่มีรากตื้นเพราะดินชั้นบนจะมีการสูญเสียน้ำโดยการระเหยจากผิวดินไปได้มากกว่าดินชั้นล่าง

2.4.3.2 น้ำใต้ดิน ถ้าหากน้ำใต้ดินอยู่ในระดับที่จะซึมขึ้นมาถึงเขตรากได้ รากพืชก็สามารถใช้น้ำส่วนนี้ได้แต่น้ำต้องมีคุณภาพดีไม่มีการสะสมของสารเคมี และเกลือในเขตรากจนทำให้กระทบกระต่อการเจริญเติบโตของพืช

2.4.3.3 ฝนที่ตกในฤดูกาลพืชอาจนำไปใช้ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น โดยจะถูกกำหนดจากปัจจัยหลายอย่าง คือ อัตราและปริมาณของฝน อัตราการซึมของน้ำลงไปในดิน ความสามารถเก็บกักน้ำของดิน และความชื้นเดิมของดินก่อนฝนตก หากอัตราที่ฝนตกสูงกว่าอัตราที่น้ำฝนจะซึมลงไปในดินส่วนที่เกินก็จะกลายเป็นน้ำผิวดิน (runoff) ไหลลงสู่แม่น้ำลำคลอง หรือถ้าปริมาณที่ซึมลงไปในดินมากกว่าที่ดินจะเก็บไว้ได้ก็จะมีการซึมเลยเขตรากพืชออกไปอีก ถ้าปริมาณน้ำฝนที่พืชจะนำไปใช้ได้อย่างแท้จริงจึงจำกัดอยู่เฉพาะส่วนที่เก็บกักอยู่ในเขตรากหรือในแปลงปลูกที่พืชสามารถนำไปใช้ได้

2.4.3.4 น้ำชลประทานที่ต้องจัดหาให้แก่พืช เนื่องจากความชื้นที่เหลืออยู่ในดิน และที่ซึมขึ้นมาจากใต้ดินมีปริมาณไม่มากนัก น้ำชลประทานที่จัดหามาเพิ่มเติมให้กับพืชก็ คือ ปริมาณน้ำที่พืชต้องการสำหรับการระเหยและคายน้ำรวมกับน้ำที่จะนำไปใช้เพื่อเหตุผลอื่น เช่น ควบคุมความเข้มข้นของเกลือในเขตราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 หลักของการให้น้ำแก่พืช

ในการกำหนดการให้น้ำแก่พืชเพื่อให้พืชเจริญเติบโตและให้ผลตอบแทนสูงนั้นจะคำนึงถึงว่าเมื่อไรจึงจะควรให้น้ำแก่พืชและให้เป็นปริมาณเท่าใด ซึ่งต้องคำนึงถึงปัจจัยที่กำหนด 3 ประการคือ พืช ดิน และน้ำ ปริมาณน้ำที่พืชต้องการที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ตลอดอายุพืช ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินในเขตราก และปริมาณของน้ำที่จะหามาจากการทำการชลประทานได้

ปริมาณน้ำที่พืชต้องการที่ช่วงเวลาต่างๆ ตลอดอายุของพืชและความสามารถอุ้มน้ำของดินในเขตราก เป็นข้อมูลสำคัญเบื้องต้นซึ่งจะต้องนำมาใช้หาความถี่ในการให้น้ำและปริมาณน้ำที่จะต้องให้แต่ละครั้ง ในบางครั้งไม่สามารถให้น้ำแก่พืชได้เต็มจำนวนตามที่พืชต้องการเสมอไป เนื่องจากว่าน้ำที่มีอยู่นั้นมีจำนวนจำกัดหรือในขณะที่พืชกำลังต้องการน้ำนั้น อาจจะยังไม่ถึงกำหนดส่งน้ำจากโครงการชลประทาน ดังนั้นจึงต้องทราบว่าจะมีน้ำที่สามารถให้แก่พืชได้อย่างแน่นอนเท่าไร และมีกำหนดการส่งน้ำมาอย่างไร เพื่อจะได้จัดเวลาที่ยอมให้พืชขาดน้ำอยู่ในช่วงที่จะกระทบกระเทือนต่อผลผลิตน้อยที่สุด หรือถ้ามีน้ำอย่างเพียงพอแต่ไม่ตรงกับที่พืชต้องการจะได้จัดเตรียมเก็บกักน้ำไว้ใช้ในช่วงที่มิได้มีการส่งน้ำด้วย พืชที่กำลังเจริญเติบโตย่อมมีการใช้น้ำอยู่ตลอดเวลา อัตราการใช้น้ำจะขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืช อุณหภูมิ และสภาพของภูมิอากาศอื่น ๆ การให้น้ำแก่พืชในแต่ละครั้ง ปริมาณที่ให้ควรเพียงพอกับความต้องการน้ำของพืชไปจนกว่ากำหนดการให้น้ำคราวหน้า พืชเกือบทุกชนิดจะให้ผลผลิตลดลง หรือคุณภาพเลวลง ถ้ามีการขาดน้ำที่ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ช่วงเวลาที่เมื่อมีการขาดน้ำ แล้วจะก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิตมากที่สุดเรียกว่าช่วงวิกฤติ (critical period) ดังนั้นในช่วงเวลาดังกล่าวจะต้องคอยรักษาดินให้มีความชุ่มชื้นอยู่เสมอ ช่วงเวลาวิกฤติของพืชปลูกบางชนิดแสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงช่วงวิกฤติในการขาดน้ำของพืชปลูกบางชนิด

ชนิดพืช	**ช่วงวิกฤติ**
กะหล่ำปลี	เริ่มออกดอกจนเก็บเกี่ยว
กะหล่ำดอก	ตลอดฤดูกาลปลูก
ข้าวโพด	ผลิดอกจนถึงติดฝัก
ถั่ว	ผลิดอกจนถึงออกฝัก
ธัญพืช	ตั้งท้องออกรวง
ฝ้าย	ผลิดอกจนถึงสมอแก่
มะเขือเทศ	ผลิดอกออกผล
ไม้ผลประเภทส้ม	ผลิดอกออกผล
ยาสูบ	สูงประมาณ 50 ซม. ถึงผลิดอก
อ้อย	ช่วงเจริญเติบโตเต็มที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการยากที่จะรักษาความชื้นของดินให้อยู่ที่ระดับใดระดับหนึ่งตลอดฤดูกาลเพาะปลูกได้ นอกจากนั้นพืชแต่ละชนิดยังต้องการดินที่มีความชื้นแตกต่างกัน พืชบางชนิดต้องการดินที่มีความชื้นสูงตลอดเวลาจึงจะให้ผลผลิตคุณภาพดี ในขณะที่พืชหลายชนิดต้องการความชื้นในแต่ละระยะการเจริญเติบโตแตกต่างกัน ในไม้ผลเขตร้อนชื้นหลายชนิด เช่น ทุเรียน เงาะ มังคุด ลางสาด ลองกอง และส้มโอ จะมีการเจริญเติบโตทางลำต้น เช่น การแตกใบและยอดอ่อนมากในช่วงฤดูฝนหรือเมื่อได้รับน้ำและความชื้นสูงติดต่อกันนาน แต่เมื่อฝนลดลงหรือเข้าสู่ช่วงหน้าแล้ง อัตราการเจริญเติบโตทางลำต้นจะค่อย ๆ ลดลง เกิดการพักตัว สะสมอาหาร จนนำไปสู่การออกดอก ดังนั้นการออกดอกของไม้ผลเขตร้อนชื้นหลายชนิด เกี่ยวข้องอยู่กับความชื้นของดินและความชื้นบรรยากาศตลอดเวลา ไม้ผลเหล่านี้จะออกดอกในสภาพความชื้นของดินและบรรยากาศค่อนข้างต่ำ แต่ในช่วงเวลาดังกล่าวหากมีฝนตกลงมามาก และติดต่อกันนานจะส่งผลทำให้เกิดการเจริญเติบโตทางลำต้นแทนที่การออกดอกได้ กำหนดการให้น้ำแก่พืชนอกจากพิจารณาถึงคุณสมบัติของดินและความต้องการของพืชที่ปลูกปัจจัยอื่นที่จะต้องพิจารณาร่วม คือ สภาพภูมิอากาศ เช่น รังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ และความชื้น บรรยากาศ และการจัดการเพาะปลูก เช่น ฤดูกาลที่ทำการเพาะปลูกและเก็บเกี่ยว ความหนาแน่นของพืชปลูก การใช้ปุ๋ย เป็นต้น

2.4.5 วิธีการให้น้ำแก่พืช

การให้น้ำแก่พืชอาจทำได้หลายวิธี การจะเลือกวิธีใดวิธีหนึ่งต้องพิจารณาลักษณะภูมิประเทศ คุณสมบัติของดิน ลักษณะของพื้นที่ที่ได้เตรียมไว้ พืชที่จะปลูก วิธีการเพาะปลูก เงินทุน ตลอดจนน้ำต้นทุนที่จะนำมาให้แก่พืช โดยทั่วไปวิธีการให้น้ำแบ่งออกเป็น 4 แบบใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ การให้น้ำแบบฉีดฝอย (sprinkler irrigation) การให้น้ำทางผิวดิน (surface irrgation) การให้น้ำทางใต้ผิวดิน (subsurface irrigation) และการให้น้ำแบบหยด (drip irrigation)

2.4.5.1 การให้น้ำแบบฉีดฝอย การชลประทานแบบนี้จะให้น้ำแก่พืชโดยการฉีดน้ำจากหัวฉีดขึ้นไปในอากาศแล้วให้หยดน้ำตกลงมาเป็นฝอย โดยมีรูปทรงการแผ่กระกระจายของหยดน้ำแบบสม่ำเสมอและอัตราของน้ำที่ตกลงบนผิวดินจะมีค่าน้อยกว่าอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน ระบบชลประทานแบบฉีดฝอยอาจแบ่งออกเป็น 3 ประเภทด้วยกัน คือ

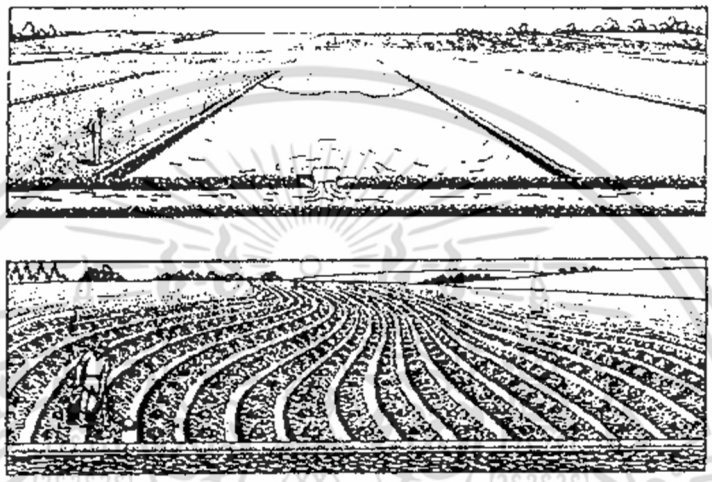
1. แบบติดตั้งอยู่กับที่ (permanent system)
2. แบบเคลื่อนย้ายได้เพียงบางส่วน (semiportable system)
3. แบบเคลื่อนย้ายได้ทั้งหมด (portable system) ประสิทธิภาพในการให้น้ำของการชลประทานฉีดฝอยอยู่ระหว่าง 75-85 เปอร์เซ็นต์

ข้อดีของการให้น้ำแบบฉีดฝอย ลดการเสียพื้นที่จากการจัดทำระบบชลประทาน เช่น การขุดคูร่องน้ำ จะมีประสิทธิภาพในการให้น้ำสูงใช้น้ำเพื่อประโยชน์ทางการเกษตรหรืออื่น ๆ ร่วมกันได้ เช่น ใช้ในบ้านใช้เลี้ยงสัตว์ การให้น้ำแบบให้น้อย ๆ แต่บ่อยครั้ง เช่น การให้น้ำแก่พืชรากตื้นหรือพืชที่เริ่มงอกจะมีประโยชน์มาก และสามารถพ่วงการให้ปุ๋ยและสารเคมีอื่น ๆ ร่วมไปกับระบบการให้น้ำแบบนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียของการให้น้ำแบบฉีดฝอย ค่าลงทุนครั้งแรกสูงมากและอาจต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาและดำเนินการสูง การเคลื่อนย้ายทำได้แต่ไม่สะดวก มีผลทำให้การแพร่กระจายและแข่งขันของวัชพืชเกิดขึ้นได้มาก การสูญเสียน้ำไปโดยการระเหยจะเกิดขึ้นได้มาก

2.4.5.2 การให้น้ำทางผิวดิน การชลประทานแบบนี้ให้น้ำโดยการขังหรือปล่อยให้น้ำไหลไปบนผิวดิน และซึมลงไปในดินตรงบริเวณที่มีรากพืชการให้น้ำทางผิวดิน อาจแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ด้วยกันคือแบบให้น้ำท่วมผิวดินเป็นแปลงใหญ่ และแบบให้น้ำท่วมเฉพาะในร่องคู



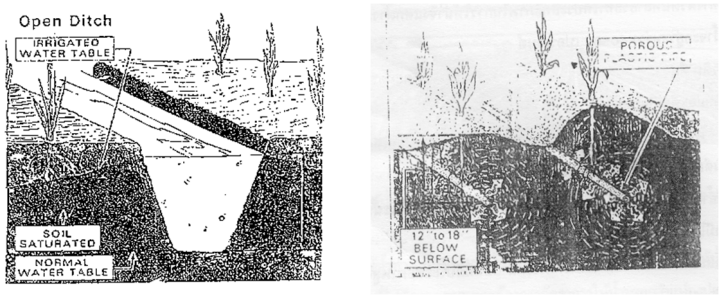
รูปที่ 2.10 การให้น้ำทางผิวดินแบบท่วมผิวดินแปลงใหญ่ (บน) และแบบท่วมเฉพาะในร่องคู (ล่าง)

ข้อดีของการให้น้ำทางผิวดิน สามารถใช้ได้ดีกับดินและพืชเกือบทุกชนิด มีความคล่องตัวสูง โดยสามารถให้น้ำแก่พืชในระยะเวลาอันสั้นเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ไม่ได้ให้น้ำ เช่น อาจให้น้ำแก่พืช 10 วันต่อครั้ง โดยใช้เวลาให้น้ำเพียงวันเดียวหรือสองวัน ถ้ามีน้ำอยู่แล้วจะให้น้ำแก่พืชเมื่อไรก็ได้ โดยไม่ต้องอาศัยเครื่องมืออื่นๆ ฉะนั้นความเสียหายของพืชอันเนื่องมาจากจัดหาน้ำให้ไม่ทันจึงมีโอกาสเกิดขึ้นน้อย ถ้าหากมีการออกแบบและให้น้ำที่เหมาะสมจะทำให้การให้น้ำแบบนี้มีประสิทธิภาพสูงมาก

ข้อเสียของการให้น้ำทางผิวดิน ในพื้นที่ไม่ราบเรียบและลาดเทไม่จะไม่เหมาะสมกับการให้น้ำแบบนี้ อาจเกิดการกัดเซาะแปลงขึ้นหากพื้นที่มีความลาดเทมาก คันดินและคูน้ำอาจเป็นสิ่งกีดขวางการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตร ส่วนมากต้องการความรู้และแรงงานในการให้น้ำแบบนี้ค่อนข้างสูง

2.4.5.3 การให้น้ำทางใต้ผิวดิน เป็นการให้น้ำโดยการยกระดับน้ำใต้ดินให้ขึ้นมาอยู่ในระดับที่น้ำจะไหลซึมขึ้นมาสู่เขตรากได้ วิธีการเพิ่มระดับน้ำใต้ดินอาจทำได้ 2 แบบ (รูปที่ 2.11) คือ การให้น้ำในคู และการให้น้ำในท่อซึ่งฝังไว้ใต้ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 การให้น้ำทางใต้ผิวดินแบบคูเปิด (ซ้าย) และแบบท่อฝังดิน (ขวา)

ความลึกของระดับน้ำใต้ดินขณะให้น้ำจะอยู่ระหว่าง 30-60 ซม. แต่โดยทั่วไปแล้วการให้น้ำแบบทางใต้ผิวดินไม่ค่อยนิยมเพราะมีข้อจำกัดมาก ประสิทธิภาพในการให้น้ำจะมีค่าระหว่าง ร้อยละ 30 - 50 แต่บางแห่งมีโอกาสสูงถึงร้อยล่ะ 70 – 80 ได้ หากพื้นที่มีความเหมาะสม การให้น้ำทางใต้ผิวดินเหมาะสมที่จะใช้กับดินที่มีเนื้อดินชนิดเดียวกัน และการดูดซึมน้ำพอที่จะปล่อยให้น้ำไหลลงไปในดินได้เร็วทั้งด้านข้างและแนวดิ่ง น้ำจะลงไปภายในระดับความลึกพอสมควรใต้เขตรากชั้นดินก็จะต้องมีวัตถุรองรับเพื่อมิให้เกิดการสูญเสียโดยการไหลลึกลงไปในดินในจำนวนที่มากเกินไป โดยมีชั้นที่น้ำเกือบจะผ่านลงไปไม่ได้ในดินชั้นล่างหรือโดยมีระดับน้ำใต้ดินสูงซึ่งจะทำให้สามารถรักษาระดับน้ำที่เข้าไปใต้ดินได้ตลอดฤดูปลูก การให้น้ำทางใต้ผิวดินเหมาะสมที่จะใช้กับพืชผัก พืชไร่ ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ พืชอาหารสัตว์ และสวนไม้ประดับ

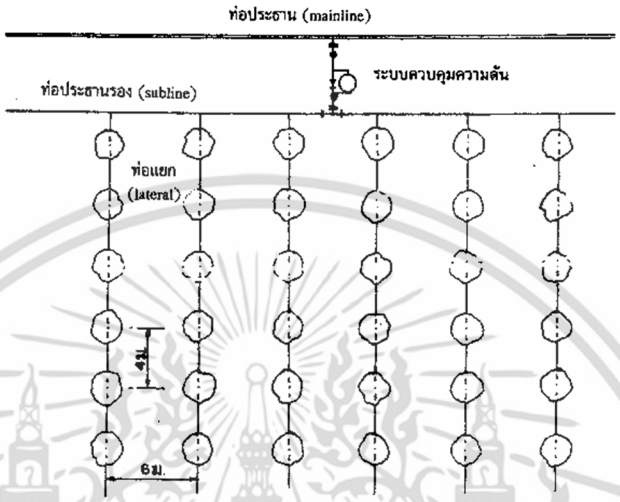
ข้อดีของการให้น้ำทางใต้ผิวดิน สามารถใช้ได้กับดินที่มีอัตราการซึมของน้ำเข้าไปในดินสูงแต่มีความสามารถเก็บน้ำไว้ได้น้อยซึ่งไม่เหมาะกับการให้น้ำทางผิวดิน สามารถควบคุมน้ำใต้ดินให้อยู่ในระดับที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชที่อายุต่าง ๆ ได้ มีการสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหยน้อยมาก การแพร่กระจายของเมล็ดวัชพืชเนื่องจากถูกน้ำพัดพาไปน้อย ระบบการให้น้ำทางดินอาจใช้เป็นระบบระบายน้ำได้ด้วย

ข้อเสียของการให้น้ำทางใต้ผิวดิน วิธีนี้ต้องการให้มีชั้นดินที่น้ำซึมผ่านได้ยากหรือมีระดับน้ำใต้ดินอยู่ในเขตรากและดินจะต้องมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ดีพอสมควร ดังนั้นจึงใช้ได้กับพื้นที่เพียงบางส่วนเท่านั้นโดยปกติแล้วพื้นที่ที่อยู่ข้างเคียงจะต้องให้น้ำวิธีนี้เหมือนกัน มิฉะนั้นจะก่อให้เกิดปัญหาเรื่องการระบายน้ำได้ หากน้ำชลประทานต้องมีคุณภาพไม่ดีจะเกิดปัญหาเรื่องการสะสมของเกลือบนผิวดินและในเขตรากขึ้นได้ สามารถใช้ได้กับพืชเพียงบางชนิดคือ พืชที่มีรากลึก เช่น พืชสวน และพืชยืนต้นไม่เหมาะที่จะให้น้ำโดยวิธีนี้

2.4.5.4 การให้น้ำแบบหยด เป็นการให้น้ำแก่พืชที่จุดใดจุดหนึ่งหรือหลายๆ จุดบนผิวดินหรือในเขตราก โดยอัตราที่ให้นั้นไม่มากพอที่จะทำให้ดินในเขตรากอิ่มน้ำเป็นบริเวณกว้าง โดยปกติแล้วผิวดินจะเปียกแต่เฉพาะตรงจุดที่ให้น้ำเท่านั้น การชลประทานแบบนี้จะให้ประสิทธิภาพในการให้น้ำสูงมาก เนื่องจากมีการสูญเสียโดยการระเหยน้อย ดังนั้นผลผลิตต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของน้ำที่ใช้จึงมากกว่าการชลประทานแบบอื่นๆ สามารถที่จะนำไปใช้กับการปลูกพืชแทบทุกชนิด ทั้งไม้ยืนต้น พืชผัก พืชไร่ และไม้ดอกไม้ประดับ ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบการให้น้ำแบบหยด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. หัวปล่อยน้ำ (emitter) ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณการไหลของน้ำจากท่อแขนงไปสู่พื้นดินจำนวนหัวปล่อยน้ำต่อจำนวนต้นพืชแตกต่างกันตามขนาดและความต้องการน้ำของพืช เช่น ในพืชไร่หรือพืชผักใช้หัวปล่อยน้ำ 1 หัวต่อพืชหลายต้น แต่ถ้าเป็นไม้ผลยืนต้นอาจใช้หัวปล่อยน้ำ 1 - 8 หัวต่อต้น



รูปที่ 2.12 ระบบการให้น้ำแบบหยด

2. ท่อแขนง (lateral) เป็นท่อที่แยกจากท่อประธานวางขนานไปกับแถวพืช ถ้าเป็นการปลูกพืชแบบแถวแคบ เช่น พืชไร่หรือพืชผักอาจใช้ท่อแขนง 1 แนวสำหรับพืช 1 - 12 แถว แต่ถ้าเป็นการปลูกพืชแบบแถวห่าง เช่นไม้ผลยืนต้นจะใช้ท่อแขนง 1 แนวต่อการปลูก 1 แถว

3. ท่อแยกประธาน (submain) อาจจะไม่มีก็ได้ ถ้าหากการวางระบบท่อไม่ซับซ้อน และท่อแขนงแยกออกไปจากท่อประธานโดยตรง

4. ท่อประธาน (mainline) เป็นท่อใหญ่ซึ่งนำน้ำจากแหล่งน้ำมาเชื่อมกับท่อแยกประธานหรือท่อแขนง โดยทั่วไปใช้ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 นิ้ว

5. ถังกรองน้ำ (filter tank) ทำหน้าที่ในการกรองน้ำให้สะอาด เพื่อป้องกันปัญหาในการอุดต้นที่หัวปล่อยน้ำ เพื่อการให้น้ำที่สม่ำเสมอ

6. แหล่งน้ำและเครื่องสูบน้ำ ปริมาณการใช้น้ำอาจไม่มาก แต่น้ำต้องสะอาด

ข้อดีของการให้น้ำแบบหยด สามารถใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด รักษาระดับความชื้นในดินรอบต้นพืชให้อยู่ในเกณฑ์พอเหมาะตลอดเวลา ประหยัดแรงงานเพราะใช้กำลังคนในการจัดการน้อย สามารถป้องกันและควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชได้เพราะน้ำหยดเป็นบริเวณเฉพาะทำให้โรคและแมลงศัตรูพืชระบาดได้น้อย ป้องกันการสะสมเกลือ ใช้ได้ดีมากในบริเวณที่เป็นดินเค็ม เพราะน้ำที่หยดลงไปในดินจะไปทำให้เกลือในบริเวณที่น้ำหยดเจือจางลงไปมาก เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ปุ๋ย เพราะปุ๋ยที่ให้บริเวณโคนต้น สามารถละลายน้ำให้พืชดูดไปใช้ได้อย่างเต็มที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียและปัญหาการให้น้ำแบบหยด เกิดการอุดตันที่หัวปล่อยได้ง่าย หากการกรองน้ำทำได้ไม่ดีพอ สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการติดตั้งค่อนข้างสูงในครั้งแรก จำกัดการเจริญของรากพืชให้อยู่หนาแน่นเฉพาะบริเวณที่เปียกน้ำ

2.5 การวัดความชื้นของดิน

ความชื้นของดินประกอบด้วย 2 สถานะ คือ สถานะที่เป็นของเหลว เรียกว่า น้ำในดิน และสถานะที่เป็นก๊าซ เรียกว่า ไอน้ำในดิน ในประเทศที่มีอากาศหนาวจัดความชื้นของดินอาจจะอยู่ในรูปของน้ำแข็ง ส่วนประเทศในเขตร้อนส่วนใหญ่น้ำในดินจะอยู่ในรูปของของเหลว ดังนั้นความชื้นของดินกับน้ำในดิน จึงมีความหมายเดียวกัน คือ ส่วนที่อยู่ในสถานะที่เป็นของเหลว ถ้าในส่วนของช่องว่างในดินมีน้ำอยู่เต็มไม่มีก๊าซอยู่เลยเรียกว่า ดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated soil) แต่ถ้าในช่องว่างของดินมีทั้งน้ำและก๊าซอยู่ด้วยเรียกว่า ดินที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated soil) ดังนั้นดินที่ใช้ในการทำการเกษตรส่วนใหญ่ คือดินที่ไม่อิ่มตัว ความชื้นในดินมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับสิ่งมีชีวิตในดิน เนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของพืชและสัตว์ เพื่อใช้ในขบวนการเมทาบอลิซึม (metabolism) ต่าง ๆ พืชสามารถที่จะนำเอาธาตุอาหารไปใช้ได้ ธาตุอาหารเหล่านั้นจะต้องอยู่ในรูปของสารละลาย น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีและมีปริมาณมาก หาได้ง่ายและสะดวก นอกจากนี้น้ำยังมีความร้อนจำเพาะ และความร้อนแฝงที่สูง ทำให้เปลี่ยนอุณหภูมิได้ยากทำให้น้ำในดินมีอุณหภูมิไม่สูงหรือต่ำจนเกินไป ดินจึงมีสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน ความชื้นของดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชไว้ 3 ประเภท คือ ความชื้นที่เป็นประโยชน์ (available moisture) คือ ความชื้นส่วนที่อยู่ภายใต้อำนาจดูดยึดของดินที่พืชดูดไปจากดิน ในอัตราส่วนที่ทัดเทียมกับอัตราการระเหยน้ำของพืช ความชื้นที่ไม่เป็นประโยชน์ (unavailable moisture) คือ ความชื้นส่วนที่ดินดูดยึดไว้ด้วยพลังงานที่มากกว่าที่จะให้พืชดูดไปใช้ในอัตราที่ทัดเทียมกับอัตราการระเหยน้ำของพืชได้และ ความชื้นเกินจำเป็น (superfluous moisture) คือ ความชื้นส่วนที่เกินอำนาจดูดยึดตามปกติของดิน ซึ่งโดยปกติขังอยู่ในที่ว่างขนาดใหญ่ที่เป็นที่อยู่ของอากาศ และเมื่อมีโอกาสจะเคลื่อนพ้นบริเวณที่รากพืชลึกลงไปในหน้าตัดดิน โดยอิทธิพลแรงดึงดูดของโลก [11]

2.5.1 แบบวัดแรงดึงความชื้นของดินโดยใช้ Tensiometer

Tensiometer เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดแรงดึงความชื้นของดินที่อยู่ในสภาวะสมดุลกับน้ำในกระเปาะพรุน เมื่อรู้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นของดินและจำนวนความชื้นในดินตรงบริเวณจุดที่ตั้งเครื่องมือก็จะทราบจำนวนความชื้นในดิน ณ จุดนั้น เครื่องมือชนิดนี้ประกอบด้วยหลอดแก้วหรือท่อพลาสติกใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร และมีความยาวประมาณ 15 ถึง 180 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับความลึกของดินที่ต้องการวัดความชื้น ปลายท่อนล่างจะมีกระเปาะพรุนซึ่งมีขนาดเดียวกับหลอดแก้วยาวประมาณ 6.5 เซนติเมตร สวมอยู่ส่วนปลายท่อด้านบนจะมีฝาเกลียวซึ่งเปิดได้ บริเวณใกล้ๆ ฝาเกลียวจะมีเกจสุญญากาศหรือหลอดแก้วรูปตัวยูบรรจุปรอท ซึ่งเรียกว่า มาโนมิเตอร์เพื่อใช้วัดค่าสุญญากาศในหลอดแก้ว

หลักการทำงานของ Tensiometer เมื่อเติมน้ำลงใน Tensiometer จนเต็ม และนำไปฝังลงในดินตรงจุดที่ต้องการวัดแล้ว ความชื้นในวัสดุพรุนจะปรับตัวให้อยู่ในสภาวะสมดุลกับดินที่อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอบๆ ถ้าดินที่อยู่รอบกระเปาะพรุนแห้งกว่า คือมีแรงดึงความชื้นสูงกว่าแรงดึงความชื้นของกระเปาะพรุน น้ำจะเคลื่อนที่จากกระเปาะพรุนสู่ดินที่แห้งอยู่รอบ ๆ ทำให้เกิดสูญญากาศขึ้นภายในหลอดแก้ว ซึ่งจะอ่านค่าได้จากเกจสูญญากาศหรือมาโนมิเตอร์ ยิ่งถ้าดินแห้งมากน้ำในหลอดแก้วจะถูกดูดออกไปมาก ทำให้เกิดสูญญากาศมากขึ้น แต่ถ้าหากดินมีความชื้นสูง คือ แรงดึงค้วามชื้นของดินน้อยกว่าแรงดึงความชื้นในกระเปาะพรุน น้ำจะถูกดูดกลับเข้าไปในกระเปาะพรุนทำให้สูญญากาศในหลอดแก้วลดลงอ่านค่าในช่วง 0 ถึง 80 กิโลพาสคาล ซึ่งเป็นช่วงกำหนดความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน

ตารางที่ 2.2 แสดงความหมายของค่าที่อ่านได้จากเกจสุญญากาศของเครื่องวัดแรงดึงความชื้น

0-25	หมายถึง ดินมีความชื้นประมาณที่ Field Capacity ความชื้นกำลังพอเหมาะสำหรับพืชที่ต้องการความชื้นสูง
มากกว่า 25	หมายถึง พืชที่มีความรู้สึกไวต่อการขาดน้ำ พืชรากตื้นพืชที่ปลูกในกระถางจะเริ่มแสดงอาการขาดน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นดินเนื้อหยาบ
40-50	หมายถึง พืชทั่วๆไปที่มีความลึก 50 เซนติเมตร หรือมากกว่าจะเริ่มแสดงอาการขาดน้ำถ้าเป็นดินเนื้อหยาบ
70	หมายถึง พืชที่มีรากลึก 75 เซนติเมตร หรือมากกว่าในดินเนื้อปานกลาง จะเริ่มแสดงอาการขาดน้ำ แต่ถ้าเป็นดินละเอียดหรือค่อนข้างละเอียดจะคอยต่อไปได้ อีก 3-4 วัน แล้วจึงให้น้ำ
80	หมายถึง ควรจะให้น้ำได้แล้วถึงแม้ว่าพืชยังไม่แสดงอาการขาดน้ำเลยก็ตาม

2.5.2 แบบวัดความต้านทานหรือการนำไฟฟ้า

เป็นวิธีการวัดคุณสมบัติการต้านทานหรือการนำไฟฟ้าของน้ำในดิน ซึ่งน้ำที่มีอยู่ในดินจะมีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีหรือเลว โดยปริมาณของน้ำจะผันแปรโดยตรงกับค่าการนำไฟฟ้าและจะผกผันกับความต้านทานไฟฟ้า ดังนั้นเมื่อทราบค่าการนำไฟฟ้าหรือความต้านทานจากเครื่องมือวัดแล้วจะสามารถทราบปริมาณน้ำที่มีอยู่ในดินได้จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ของเครื่องมือชนิดนั้น ที่นิยม คือ แท่งวัดความชื้น (moisture block) หรือ แท่งยิบซั่ม (gypsum block) เครื่องมือชนิดนี้ประกอบด้วยแท่งวัตถุพรุนสำหรับให้น้ำซึมเข้าออกได้ ทำด้วยไฟเบอร์กล๊าส (fiberglass) หรือยิบซัม (gypsum) แท่งวัตถุมีขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว และมีสายไฟฟ้าต่อออกจากขั้วทั้งสองเพื่อเข้าต่อเข้ากับเครื่องวัด การใช้เครื่องมือโดยนำเอาแท่งยิบซั่มไปฝังไว้ในดินในระดับความลึกที่ต้องการ และต้องฝังให้แนบสนิทกับเนื้อดิน เมื่อดินมีน้ำอยู่จะซึมเข้าไปในแท่งยิบซั่ม ถ้าดินมีความชื้นมากค่าการนำไฟฟ้าจะมากหรือมีค่าการต้านทานน้อย การวัดสามารถวัดได้โดยการเสียบขั้วไฟฟ้าเข้ากับเครื่องอ่าน แล้วนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟเปรียบเทียบจะทำให้ทราบปริมาณของน้ำในดิน ซึ่งเป็นวิธีการวัดปริมาณน้ำที่สะดวกรวดเร็ว และนิยมใช้กันแพร่หลาย โดยเฉพาะการทดลองปลูกพืชในกระถางหรือในเรือนกระจกและในแปลงปลูก ข้อเสียของเครื่องมือชนิดนี้คือ หากฝังไว้เป็นเวลานาน แท่งความชื้นที่ทำจากยิบซั่มจะละลายและอาจจะเสียหายได้ [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 แบบวัดการกระจายตัวของนิวตรอน

คือการที่สารกัมมันตรังสีส่งออกไปแล้วสะท้อนกลับมา นิวตรอนที่ส่งออกไปนี้เมื่อกระทบเข้ากับไฮโดรเจน อะตอมของน้ำซึ่งอยู่ในรูปของความชื้นในดิน จะทำให้ความเร็วของนิวตรอนที่สะท้อนกลับมานี้เปลี่ยนไปสามารถวัดและเทียบเป็นความชื้นในดินได้ เครื่องมือนี้เรียกว่าเครื่องมือวัดความชื้นด้วยนิวตรอน เครื่องมือนี้ทำเป็นกล่องหรือตู้ที่มีหัวนิวตรอนที่สามารถต่อสายหรือหย่อนลงไปในดินทางท่ออลูมิเนียมที่ฝังไว้ในดิน หัววัดจะทำหน้าที่ คือผลิตรังสีนิวตรอนที่มีพลังงานหรือความเร็วสูงเมื่อไปชนกับโมเลกุลของน้ำแล้วจะเปลี่ยนเป็นนิวตรอนช้า แล้วขยายสัญญาณส่งต่อไปยังเครื่องนับจำนวนบนกล่อง การชนกันของไฮโดรเจนของน้ำกับนิวตรอนเป็นการชนกันแบบ 1 : 1 จำนวนนิวตรอนที่ถูกลดพลังงานจะมีความสัมพันธ์กับโมเลกุลของน้ำในดิน ซึ่งปริมาณตัวเลขที่วัดได้ต้องนำไปเทียบแล้วหาปริมาณน้ำในดินจากเส้นเปรียบเทียบดินที่เตรียมไว้ล่วงหน้า [11]

2.5.4 แบบนำความร้อน

เซนเซอร์แบบนี้เป็นชนิดเดียวที่วัดค่าความชื้นสมบูรณ์ โดยอาศัยการคำนวณความแตกต่างระหว่างค่าการนำความร้อนของอากาศแห้ง (Thermal Conductivity) กับการนำความร้อนของอากาศที่มีไอน้ำอยู่ โดยเมื่ออากาศหรือก๊าซแห้ง มันจะมีความสามารถที่จะรับความจุความร้อนสูงกว่า ยกตัวอย่างเช่น สภาวะอากาศในทะเลทราย ซึ่งจะร้อนจัดในเวลากลางวันแต่พอตกกลางคืนอากาศจะลดลงอย่างรวดเร็วซึ่งเกิดจากสภาวะบรรยากาศแห้ง เมื่อเปรียบเทียบอากาศที่มีความชื้นจะไม่เย็นลงอย่างรวดเร็วในตอนกลางคืนเพราะความร้อนยังแฝงอยู่ในไอน้ำของชั้นบรรยากาศเซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity หรือ เราอาจะเรียกเซนเซอร์ความชื้นสมบูรณ์ (Absolute Humidity Sensor) ประกอบด้วยเทอร์มิสเตอร์ 2 ตัว ต่ออยู่ในวงจรบริดจ์โดยเทอร์มิสเตอร์ตัวหนึ่งบรรจุอยู่ในแคปซูลที่มีก๊าซไนโตรเจน และเทอร์มิสเตอร์อีกตัวหนึ่งถูกวางอยู่ในบรรยากาศ

เซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity มีความทนทานสูงและทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงถึง 300 °C และยังทนต่อไอระเหยสารเคมีเป็นอย่างดีจากคุณสมบัติที่ดีของวัสดุโครงสร้างเครื่องที่ไม่มีปฏิกิริยาทางสารเคมี เช่นแก้ว สารกึ่งตัวนำ ที่ใช้สร้างเทอร์มิสเตอร์พลาสติกทนอุณหภูมิสูงหรืออะลูมิเนียม

2.5.5 แบบคาปาซิตีฟ

เซนเซอร์แบบนี้มีโครงสร้างที่ประกอบไปด้วยชั้นฐานแผ่นฟิล์มบางที่ทำมาจากโพลีเมอร์หรือเมทัลออกไซด์ (Metal Oxide) ถูกวางอยู่ระหว่างอิเล็กโตรดทั้งสอง โดยพื้นผิวของฟิล์มบางดังกล่าวถูกเคลือบด้วยอิเล็กโตรดโลหะแบบมีรูพรุนเพื่อป้องกันฝุ่นละอองและปัญหาจากแสงแดด

เซนเซอร์แบบคาปาซิตีฟสามารถตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ในสภาพแวดล้อมได้เกือบจะเป็นเชิงเส้นหรือมีการตอบสนองได้อย่างเป็นสัดส่วน โดยเมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนไปร้อยละ 1 ทำให้ค่าความจุไฟฟ้า (Capacitive) เปลี่ยนไป 0.2 ถึง 0.5 pF

เซนเซอร์แบบคาปาซิตีฟถูกกำหนดให้มีคุณลักษณะเฉพาะคือค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิต่ำจึงทำให้ทำงานได้ดี แม้อุณหภูมิสูงถึง 200 °C การกลับสู่สภาวะเดิมจากสภาวะการควบแน่น และยังทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไอระเหยของสารเคมีอีกด้วย ในขณะที่ช่วงเวลาการตอบสนองของเซนเซอร์ คือ 30 ถึง 60 วินาที สำหรับการเปลี่ยนแปลงความชื้นในช่วงร้อยละ 63

2.5.6 แบบรีซีสตีฟ

เซนเซอร์ความชื้นแบบความต้านทานนี้จะวัดการเปลี่ยนแปลงอิมพีแดนซ์ไฟฟ้าของตัวกลางดูดความชื้น (Hygroscopic Medium) อย่างเช่น โพลิเมอร์ เกลือหรือสารสังเคราะห์ทั้งนี้อิมพีแดนซ์ที่เปลี่ยนจะแปรผันกับค่าความความชื้นในลักษณะของกราฟเอกซ์โปเนนเชียลกลับด้าน โครงสร้างของเซนเซอร์ Resistive ประกอบด้วยอิเล็กโตรดโลหะ 2 ส่วนวางอยู่บนฐานด้วยเทคนิคการวางแบบโฟโตรีซีส (Photo resist) อิเล็กโตรดอาจมีขดลวดพันรอบ Wire-wound Electrodes ใช้แกนเป็นพลาสติกหรือแท่งแก้วทรงกระบอกในส่วนของฐานนั้นถูกเคลือบด้วยเกลือ (Salt) หรือ โพลีเมอร์ (Conductive Polymer) การทำงานของเซนเซอร์ก็คือดูดซับไอน้ำและไอออนที่แตกตัว เป็นผลให้ค่าความนำไฟฟ้าของตัวกลางเพิ่มขึ้นโดยช่วงเวลาการตอบสนองของเซนเซอร์อยู่ในช่วง 10 ถึง 30 วินาทีสำหรับการเปลี่ยนแปลงในช่วงร้อยละ 63 โดยอิมพีแดนซ์ที่เปลี่ยนแปลงของเซนเซอร์แปรเปลี่ยนเป็น 1 kW ถึง 100 mW

เซนเซอร์แบบ Resistive จะใช้วงจรวัดแบบสมมาตร (Symmetrical) ซึ่งใช้แปล่งกำเนิดกระแสสลับกระตุ้นอย่างเช่นวงจรบริดจ์ (Bridge) และสาเหตุที่ให้ใช้กระแสตรงก็เพื่อป้องกันการเกิดขั้วศักย์ไฟฟ้าขึ้นนั่นเอง ซึ่งเมื่อความต้านทานเปลี่ยนตามการเปลี่ยนแปลงของความชื้นจะเป็นผลให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร และกระแสไฟฟ้านี้จะถูกแปลงเป็นสัญญาณแรงดันกระแสตรงเพื่อการส่งผ่านไปยังวงจรขยายย่านวัด วงจรขยายแรงดัน วงจรปรับเชิงเส้น และวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลต่อไป เมื่อผ่านกระบวนการต่าง ๆ แล้วจะทำให้เซนเซอร์และ Resistive มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิได้ดีมาก

ข้อดีของเซนเซอร์แบบ Resistive ก็คือการสับเปลี่ยนได้ (Interchangeability) หมายถึงหากตัวใดเสียก็สามารถนำอีกตัวหนึ่งมาแทนได้ โดยผ่านการสอบเทียบด้วยการปรับค่าความต้านทานซึ่งก็ทำให้ค่าความชื้นเปลี่ยนแปลงไปไม่เกินร้อยละ ± 2 ของ RH อย่างไรก็ตามหากต้องการสอบเทียบเซนเซอร์ Resistive ได้อย่างแม่นยำก็สามารถทำได้โดยใช้ RH Calibration Chamber หรือสอบเทียบด้วยระบบ DA ซึ่งจะใช้คอมพิวเตอร์ร่วมด้วย ข้อควรจำอย่างหนึ่งของการใช้เซนเซอร์แบบ Resistive คืออ่านอุณหภูมิใช้งานอยู่ในช่วง -40° C ถึง 100° C

2.6 การวัดความชื้นในอากาศ

ความชื้นของอากาศนั้น เป็นการปะปนของไอน้ำและอากาศ ซึ่งได้มากจากการระเหยของน้ำต่อคลายตัวของน้ำกับต้นไม้ การหายใจของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ จะทำให้เกิดไอน้ำไปสัมผัสหรือรวมตัวกับอากาศจนเกิดความชื้นและยังส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น เมฆ ฝน น้ำค้าง รวมไปถึงการเกิดลมพายุได้ น้ำนั้นเป็นของเหลวที่มีโมเลกุลเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาเมื่อเกิดการชนกัน และได้รับความร้อนจะทำให้โมเลกุลหลุดออกจากผิวและลอยขึ้นไปในอากาศและรวมตัวกันอยู่ สำหรับฝนที่ตกลงมาจากท้องฟ้าจะมีไอน้ำเป็นส่วนสำคัญสำหรับการสร้างตัวขึ้นมา เมื่อชั้นบรรยากาศได้รับไอน้ำมากจนอิ่มตัวไม่สามารถที่จะรับน้ำอีกต่อไปได้จึงรวมตัวกันขณะที่มีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้รับไอน้ำจะทำให้อิ่มตัวเพิ่มขึ้นไปอีก และมีการขยายตัวจนเป็นเมฆที่เราเห็นและก่อตัวเพิ่มจำนวนมากขึ้นจนกลายเป็นฝนตกลงมา ซึ่งไอน้ำเกิดจากการระเหยของน้ำได้มาจากแหล่งน้ำต่าง ๆ และก็ป่าไม้ที่มีความอุดมสมบูรณ์ก็ได้คลายตัวเป็นไอน้ำทำให้เกิดเมฆได้ ฤดูฝนเป็นฤดูที่มีความชื้นสูง และฤดูหนาวจะแห้งความชื้นในอากาศนั้นไม่ค่อยจะมี โดยปกติเราสามารถที่จะวัดความชื้นในอากาศได้โดยเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ปกติจะใช้สารละลายโคบอลต์คลอไรด์ แล้วนำไปชุบกระดาษบาง ๆ จะมีค่าออกมาเป็นสี และยังมีเครื่องมืออีกมากมายอย่างเช่น ไฮโกรมิเตอร์(Hygrometer) ที่เป็นมิเตอร์มีแบบไฮโกรมิเตอร์แบบกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง (Wet and Dry hygrometer) ค่าออกมาเป็นตัวเลขจึงทำให้ได้ค่าที่แน่นอนกว่า [13]

2.6.1 วิธีการวัดความชื้นในบรรยากาศวัดได้หลายวิธีดังนี้

2.6.1.1 การวัดความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) คือ การวัดอัตราส่วน(เป็นร้อยละ)ของจำนวนไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศในขณะนั้น ต่อ จำนวนไอน้ำที่อาจจะมีอยู่ได้ เมื่ออากาศนั้น อิ่มตัวด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน

2.6.1.2 การวัดความชื้นสัมบูรณ์ (absolute humidity) คือ การวัดปริมาณของไอน้ำในอากาศเป็นกรัมต่อ อากาศชื้นหนัก 1 กิโลกรัม

2.6.1.3 การวัดอัตราส่วนผสม (mixing ratio) คือ การวัดปริมาณของไอน้ำในอากาศเป็นกรัมต่ออากาศแห้ง หนัก 1 กิโลกรัม โดยที่ปริมาณไอน้ำในอากาศมีจำนวนน้อย เมื่อเทียบกับน้ำหนักของอากาศ ดังนั้น จะเห็นว่า ความชื้นสัมบูรณ์ และอัตราส่วนผสม เป็น ตัวเลขใกล้เคียงกันและบางครั้งอาจใช้แทนกันได้

2.6.1.4 การวัดจุดน้ำค้าง (dew point) คือการวัดอุณหภูมิของอากาศ เมื่ออากาศนั้นเย็นลงจนถึงจุดอิ่มตัว โดยความกดอากาศ และปริมาณไอน้ำ ไม่เปลี่ยนแปลง

2.6.2 เครื่องมือวัดความชื้นมี 4 แบบที่นิยมใช้กัน

2.6.2.1 ไฮโกรมิเตอร์ชนิดกระเปาะเปียกและชนิดกระเปาะแห้ง ประกอบไปด้วยเทอร์มอมิเตอร์ 2 อันคู่ มีอันหนึ่งใช้สำหรับวัดอุณหภูมิ เป็นกระเปาะแห้ง ส่วนอีกอันใช้วัดความชื้น วิธีใช้จะนำผ้ามามัดด้วยจุ่มน้ำในแก้วแล้วน้ำจะระเหยออกมาจะกระทั่งอุณหภูมิลดต่ำสุดที่เรียกว่ากระเปาะเปียกแล้วจึงเปรียบเทียบระหว่างกันในตารางค่าความชื้นอีกที

2.6.2.2 ไซโครมิเตอร์ (Pshychrometer) โดยจะใช้อากาศนั้นผ่านเข้าไปในตัววัด รอให้กระเปาะเย็นสุดเสียก่อนแล้วจึงอ่านค่า

2.6.2.3 ไฮโกรมิเตอร์แบบเส้นผม (Hair hygrometer) คือเครื่องวัดโดยนำเส้นผมของมนุษย์มาโดยต้องไม่มีไขมันสำหรับการวัดนั้นใช้ความยืดเหยียดหรือว่าหดตัวของเส้นผมที่เปลี่ยนแปลงไปเพราะว่าความชื้นจะมีส่วนสัมพันธ์กับเส้นผมนั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.4 ไฮโกรกราฟ (Hygrograph) คือ เครื่องบันทึกค่าความชื้นของอากาศลงบนกระดาษกราฟ จะใช้เส้นผมของมนุษย์หรือขนของสัตว์บางชนิดนำมาขึงให้ตึงและต่อกับคานกระเดื่อง และแขนปากกา เส้นผมยืดและหดตัว ตามการเปลี่ยนแปลงของความชื้นของบรรยากาศ คือ จะยืดตัวเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ มีค่าสูงขึ้น การยืดและหดของเส้นผมนี้จะทำให้คานกระเดื่อง และแขนปากกาเขียนเส้นบนกระดาษกราฟ และแสดงตัวเลขของความชื้นของอากาศ

2.7 การวัดอุณหภูมิ

การดำรงชีพของพืชแต่ละชนิดต้องการสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมโดยเฉพาะ สภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืช อาจจำแนกได้ 4 ประการคือ สภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิศาสตร์ ปัจจัยดิน และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช ปัจจัยทั้ง 4 นี้ มีความสัมพันธ์ต่อกันทั้งทางตรงและทางอ้อม และมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วย สำหรับการเกษตรแบบใหม่ในปัจจุบันนี้ได้นำความรู้และเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาประยุกต์ใช้ในการเกษตรมากขึ้นโดยเฉพาะวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการปรับสภาพภูมิอากาศให้เหมาะสมกับพืช เพื่อต้องการผลผลิตตอบแทนจากพืชปลูกให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ [14] หลักการวัดอุณหภูมิแบ่งตามการเปลี่ยนแปลงสมบัติได้เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

2.7.1 หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางไฟฟ้า

ค่าสมบัติทางไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ เทอร์โมคัปเปิล (thermocouple) ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า ส่วนอาร์ทีดี (RTD) และเทอร์มิสเตอร์ (thermister) ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน เป็นต้น

2.7.2 หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางแสงและการแผ่รังสี

การวัดอุณหภูมิที่สูงมากๆ ไม่สามารถใช้เครื่องมือวัดที่กล่าวข้างต้นได้เนื่องจากอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องมือวัด จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดชนิดพิเศษที่สามารถวัดอุณหภูมิได้โดยไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุที่ต้องการวัด แต่จะอาศัยการวัดการแผ่รังสีความร้อนของวัตถุเพื่อบ่งบอกอุณหภูมิ โดยทั่วไปวัตถุในช่วงประมาณ 800 - 1,800 ℃ แผ่รังสีออกมาในรูปของแสงในย่านที่ตามองเห็น ส่วนวัตถุในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 800°C จนถึงอุณหภูมิห้อง วัตถุจะแผ่รังสีออกมาในย่านของรังสีอินฟราเรด (infrared radiation) ซึ่งอุณหภูมิแตกต่างกันความยาวคลื่นหรือความถี่ของรังสีที่แผ่ออกมาจากวัตถุจะแตกต่างกันด้วย เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่อาศัยหลักการแผ่รังสีและสมบัติเชิงแสงเรียกว่า ไพโรมิเตอร์ (phyrometer) สามารถแบ่งประเภทตามหลักการทำงานได้ 3 ประเภท คือ ไพโรมิเตอร์ชนิดเทียบความสว่างของไส้หลอด (optical pyrometer) สองคือ ไพโรมิเตอร์ชนิดวัดการแผ่รังสี (radiation pyrometer) และไพโรมิเตอร์ชนิดอินฟราเรด (infrared pyrometer)

2.7.3 หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกล

หลักการวัดอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับชนิดของเทอร์โมมิเตอร์ เช่น เทอร์โมมิเตอร์แบบของเหลวบรรจุในหลอดแก้วปิด (liquid filled in glass thermometer) โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาศัยการเปลี่ยนแปลงการขยายตัวของของเหลวที่บรรจุอยู่ภายในหลอดแก้ว เทอร์โมมิเตอร์แบบเปลี่ยนการขยายตัวเป็นความดัน (pressure thermometer) และเทอร์โมมิเตอร์แบบแถบโลหะคู่ (bi-metal thermometer) โดยเทอร์โมมิเตอร์ประเภทนี้มีช่วงของการวัดอุณหภูมิ (range) ค่อนข้างแคบขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้และชนิดของเทอร์โมมิเตอร์

2.7.4 หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี

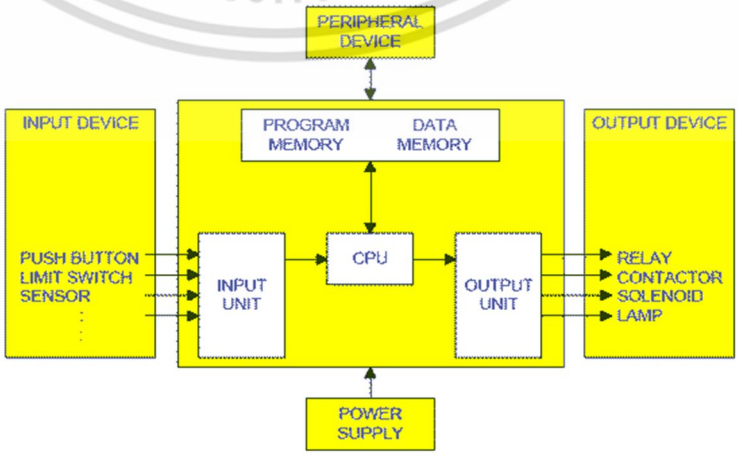
เครื่องมือวัดอุณหภูมิประเภทนี้ทำงานโดยอาศัยอุณหภูมิเฉพาะที่สารเคมีละลายหรือเปลี่ยนสีเป็นจุดสังเกต เช่น อุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบดินสอ (crayon temperature indicator) อุปกรณ์วัดแบบแล็กเกอร์ (lacquer temperature indicator) อุปกรณ์วัดแบบเม็ดยา (pellet temperature indicator) และอุปกรณ์วัดแบบแผ่นฉลาก (label temperature indicator) เป็นต้น

2.8 พีแอลซี

PLC : Programmable Logic Controller (มีต้นกำเนิดจากประเทศสหรัฐอเมริกา) เป็นเครื่องควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรมที่สามารถจะโปรแกรมได้ ถูกสร้างและพัฒนาขึ้นมาเพื่อทดแทนวงจรรีเลย์ อันเนื่องมาจากความต้องการที่อยากจะได้เครื่องควบ คุมที่มีราคาถูกสามารถใช้งานได้อย่างเอนกประสงค์ และสามารถเรียนรู้การใช้งานได้ง่าย [15]

2.8.1 โครงสร้างโดยทั่วไปของพีแอลซี

2.8.1.1 ตัวประมวลผล (CPU) จะทำหน้าที่คำนวณและควบคุมการทำงาน ซึ่งเปรียบเสมือนสมองของพีแอลซีภายในประกอบด้วยวงจรลอจิกหลายชนิดและมีไมโครโปรเซสเซอร์เบส (Micro Processor Based) ใช้แทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ เคาน์เตอร์/ไทม์เมอร์ และซีเควนเซอร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรโดยใช้ Relay Ladder Diagram ได้ ซีพียูจะยอมรับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุทต่างๆ จากนั้นจะทำการประมวลผลและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ หลังจากนั้นจะส่งส่งข้อมูลที่เหมาะสมและถูกต้องออกไปยังอุปกรณ์เอาท์พุท



รูปที่ 2.13 ลักษณะโครงสร้างภายในพีแอลซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

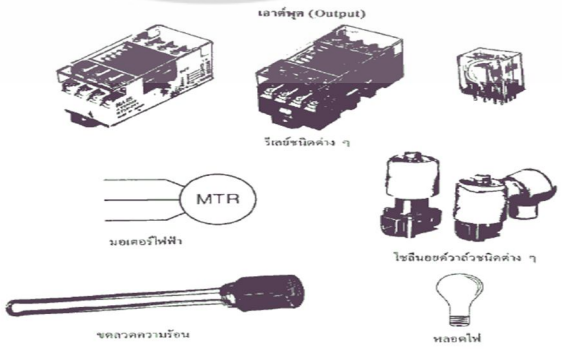
2.8.1.2 หน่วยความจำ (Memory Unit) ทำหน้าที่เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยขนาดของหน่วยความจำจะถูกแบ่งออกเป็นบิตข้อมูล (Data Bit) ภายในหน่วยความจำ 1 บิต ก็จะมีค่าสภาวะทางลอจิก 0 หรือ 1 แตกต่างกันแล้วแต่คำสั่ง ซึ่งพีแอลซีประกอบด้วยหน่วยความจำสองชนิดคือ ROM และ RAM โดยที่ RAM จะทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลที่ใช้ในการปฏิบัติงานของพีแอลซี หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่ต่อไว้เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและการเขียนข้อมูลลงใน RAM ทำได้ง่ายมาก เพราะฉะนั้นจึงเหมากับงานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมอยู่บ่อยๆ และ ROM ก็ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของพีแอลซีตามโปรแกรมของผู้ใช้ หน่วยความจำแบบ ROM ยังสามารถแบ่งได้เป็น EPROM ซึ่งจะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงโปรแกรม นอกจากนี้ยังมีแบบ EEPROM หน่วยความจำประเภทนี้ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม สามารถใช้งานได้เหมือนกับ RAM แต่ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่สำรอง แต่ราคาจะแพงกว่าเนื่องจากรวมคุณสมบัติของ ROM และ RAM ไว้ด้วยกัน

2.8.1.3 หน่วยอินพุต-เอาต์พุต (Input-Output Unit)

หน่วยอินพุต ทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอกแล้วแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมแล้วส่งให้หน่วยประมวลผลต่อไป

หน่วยเอาต์พุต ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกเช่น ควบคุมหลอดไฟ มอเตอร์ และวาล์ว เป็นต้น

รูปที่ 2.14 อุปกรณ์ภาคอินพุต



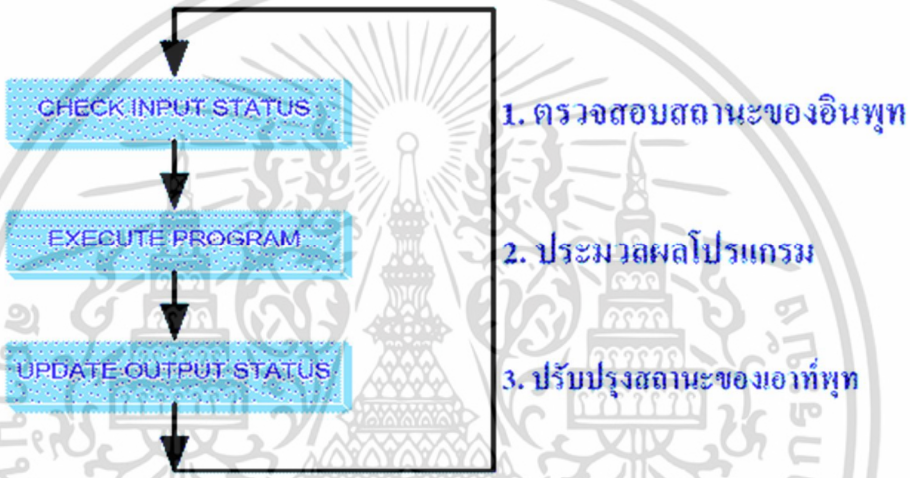
รูปที่ 2.15 อุปกรณ์ภาคเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1.4 แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) ทำหน้าที่จ่ายพลังงาน และรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับหน่วยซีพียูและหน่วยอินพุท / เอาท์พุท

2.8.1.5 อุปกรณ์ต่อร่วม (อุปกรณ์ต่อพ่วงอุปกรณ์)

- การเขียนโปรแกรมคอนโซล
- EPROM WRITER
- PRINTER
- การเขียนโปรแกรมกราฟฟิค
- CRT MONITERING



รูปที่ 2.16 การทำงานของพีแอลซี

2.9 ไอพีแอดเดรสและDynamic DNS

คอมพิวเตอร์ของผู้ใช้งานที่ต่ออินเตอร์เน็ตนั้นผู้ใช้งานจะได้ตัวเลขชุดหนึ่งมาจากผู้ให้บริการ ซึ่งเรียกตัวเลขชุดนี้ว่า “IP” และเรียกผู้ให้บริการว่า “ISP” ซึ่ง IP นี้จะเปรียบเสมือนเลขที่บ้านของคอมพิวเตอร์เมื่อไหร่ก็ตามที่ต่ออินเตอร์เน็ตจะต้องได้ IP จาก ISP เสมอ

IP มีอยู่สองแบบคือหนึ่ง Static IP คือ IP ที่ได้เลขตัวเดิมตลอดเอาไว้ทำงานกับ Server หรือองค์กรขนาดใหญ่ซึ่งจะมีค่าบริการที่สูงและ Dynamic IP คือ IP ที่จะเปลี่ยนตลอดทุกทั้งที่เชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตซึ่งเป็น IP สำหรับผู้ใช้ตามบ้านทั่ว ๆ ไป ปัญหาในปัจจุบันก็คือ IP ที่ใช้กันอยู่นี้ไม่เพียงพอต่อการใช้งานทำให้ IP ที่ว่านี้ต้องถูกใช้วน ๆ กันไปกับบุคคลอื่น ๆ เมื่อไหร่ก็ตามที่เราปิดเครื่อง IP ที่เคยใช้ก็จะถูกนำไปให้ผู้อื่นใช้เมื่อเปิดเครื่องใหม่อีกครั้งก็จะได้ IP ใหม่หมุนเวียนกันไป

การที่จะสามารถเข้ามาดูข้อมูลจากอุปกรณ์ของผู้ใช้งานได้ อย่างเช่นการดูข้อมูลของพีแอลซีและไอพีคาเมร่าจำเป็นต้องทราบว่าไอพีแอดเดรสคืออะไร จึงจะสามารถเข้ามาดูข้อมูลได้แต่หากเราใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบบทั่วไปไอพีแอดเดรสจะถูกเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ เมื่อหมายเลขไอพีแอดเดรสเดิมที่เราทราบค่าถูกเปลี่ยนแปลงไป ก็จะทำให้ไม่สามารถเข้ามาดูข้อมูลของพีแอลซีและไอพีคาเมร่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้อีกต่อไป ดังนั้นจึงมีบริการ Dynamic DNS เพื่อแก้ปัญหาในส่วนของไอพีแอดเดรสที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดนี้ เป็นชื่อเว็บไซต์ให้เราสามารถจดจำได้ง่ายยิ่งขึ้น

Dynamic DNS เป็นบริการที่สามารถทำให้เราเชื่อมโยง Hostname บนระบบอินเตอร์เน็ตเข้ากับไอพีแอดเดรสที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ จึงทำให้สามารถเข้าดูข้อมูลได้โดยไม่ต้องรู้หมายเลขไอพีแอดเดรส เพียงแค่จำชื่อของ Dynamic DNS ที่ลงทะเบียนไว้กับผู้ให้บริการ ก็สามารถเข้าไปดูข้อมูลได้ทันที

ข้อแตกต่างการทำ Dynamic DNS ระหว่างอินเตอร์เน็ตบนระบบ 3G กับ ADSL Internet ที่เราใช้กันมี 2 แบบ คือ มีสาย (ADSL) กับระบบไร้สาย (3G) ทั้งสองแบบมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน คือ แบบมีสายจะได้ Band Wide ที่สูงกว่าแบบไม่มีสาย แต่แบบไร้สายหรือ 3G จะได้เปรียบเรื่องของความสะดวกสบายในการใช้งานเคลื่อนย้าย การติดตั้ง และสถานที่ที่สายลากไม่ถึง อินเตอร์เน็ตระบบมีสายส่วนใหญ่ที่ใช้ ๆ กันอยู่ตอนนี้ทางผู้ให้บริการจะแจก Public IP หรือ IP จริง แต่ IP ที่ว่านี้ต้องถูกใช้วน ๆ กันไปกับบุคคลอื่น ๆ เมื่อไหร่ก็ตามที่เราปิดเครื่อง IP ที่เคยใช้ก็จะถูกนำไปให้ผู้อื่นใช้ เมื่อเปิดเครื่องใหม่อีกครั้งก็จะได้ IP ใหม่หมุนเวียนกันไป ดังนั้นเมื่อ IP ที่ได้ที่เราท์เตอร์เป็น Public IP อยู่แล้วก็จะติดปัญหาแค่เพียง IP จะถูกเปลี่ยนตลอดเวลาเท่านั้น เราสามารถแก้ได้ด้วยวิธีการใช้งาน Dynamic DNS ได้เลย แต่กับระบบ 3G ไม่เป็นเหมือนกับ ADSL internet เจ้าของเครือข่ายของเราจะให้เป็น Private IP ให้เราเสมอและยัง Random ให้เราก่อนทุกครั้ง ดังนั้นเวลาออก Net เครือข่ายจะ NAT ก่อนออกไป ซึ่ง Public IP ที่ออกอยู่จะบนเครือข่าย 3G ไม่ได้อยู่ที่เราท์เตอร์ของผู้ใช้ทำให้การทำ Dynamic DNS จึงเป็นไปไม่ได้เพราะ IP ที่ถูก Map กับ Host นั้นเป็น IP ของเครือข่าย แต่ไม่สามารถกลับมาที่เสาได้นอกจากจะทำ FW Port ที่เสาสัญญาณ วิธีการแก้ปัญหา คือต้องให้ผู้ให้บริการของเรา Fix Public IP ที่ SIM ให้โดยจะมีค่าบริการที่สูงกว่าปกติ

2.10 การสร้างเว็บเพจด้วยภาษา HTML

HTML ย่อมาจากคำว่า "Hyper Text Markup Language" เป็นภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมภาษาหนึ่งของคอมพิวเตอร์ ที่จะแสดงผลในลักษณะของเว็บเพจซึ่งสามารถแสดงผลได้ในรูปแบบต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นภาพกราฟิก ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียง หรือการเชื่อมโยงไปยังเว็บไซต์ ภาษา HTML เป็นภาษาที่มีลักษณะของโค้ด คือ จะเป็นไฟล์ที่เก็บข้อมูลที่เป็นตัวอักษรในมาตรฐานของรหัสแอสกี (ASCII Code) โดยเขียนอยู่ในรูปแบบของเอกสารข้อความ จึงสามารถกำหนดรูปแบบและโครงสร้างได้ง่าย

2.10.1 ขั้นตอนในการสร้างเว็บเพจ

2.10.1.1 เปิดโปรแกรม Text Editor แล้วทำการพิมพ์คำสั่ง HTML แล้วเซฟเป็นไฟล์นามสกุล .htm หรือ .html

2.10.1.2 เปิดโปรแกรม Web Browser เพื่อใช้ในการดูผลลัพธ์ที่ได้จากการเขียนภาษา HTML จากที่ได้เขียนจาก Text Editor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.2 โครงสร้างภาษา HTML

การเขียนภาษา HTML นั้นมีส่วนประกอบหลักอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อหาและส่วนที่เป็นคำสั่ง ส่วนที่เป็นคำสั่งนั้นจะอยู่ในรูปของแท็ก (Tag) ซึ่งจะเขียนอยู่ในเครื่องหมายมากกว่า และน้อยกว่า (<, >) แต่ละ Tag มีหน้าที่ที่แตกต่างกันออกไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.10.2.1 แท็กเดี่ยว คือ คำสั่งที่มีคำสั่งเพียงอย่างเดียว ซึ่งสามารถใช้และสิ้นสุดคำสั่งได้ด้วยตัวของมันเอง เช่น

ข้อความ....
<hr>
<! - ข้อความ ->

2.10.2.2 แท็กคู่ คือ คำสั่งที่ต้องมีส่วนเริ่มต้นและส่วนจุดจบของคำสั่งนั้น ๆ โดยแท็กที่เป็นส่วนจบนั้นจะมีเครื่องหมาย slash / ติดเอาไว้ เช่น

<html>ส่วนของเนื้อหา.....</html>
ข้อความ.....
ข้อความ....

ถ้าหากมีการใช้แท็กคู่หลายๆ คำสั่ง เช่น คำสั่งตัวขีดเส้นใต้<U> .... </U>และตามด้วยคำสั่ง ตัวเอียง<I>....</I>จะต้องปิดคำสั่งตัวเอียงก่อน แล้วจึงจะมาปิดคำสั่งตัวหนา***<I> U>ข้อความ....</U></I>

2.10.3 การกำหนดโครงสร้างหลัก

การจัดวางที่เห็นเป็นการจัดวางแบบเป็นมาตรฐาน ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ส่วน เวลาเริ่มเขียนด้วยภาษาHTML ควรเริ่มจากตรงนี้ก่อนทุกครั้ง

รูปที่ 2.17 การจัดวางแบบมาตรฐานของ HTML ทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คำสั่งหลัก<HTML> .... </HTML>เป็นคำสั่งที่ไว้กำหนดจุดเริ่มต้นและจุดจบของเอกสาร

คำสั่งหลัก<HEAD> .... </HEAD>เป็นคำสั่งที่ทำหน้าที่กำหนดส่วนหัวเรื่อง โดยภายในคำสั่งนีจะประกอบไปด้วย คำสั่งหลัก<TITLE> .... </TITLE>

- คำสั่งหลัก<TITLE> .... </TITLE>เป็นคำสั่งที่ใช้กำหนดข้อความที่ต้องการให้ขึ้นอยู่ในส่วนของ Title Bar โดยสามารถพิมพ์ได้ยาว 64 ตัวอักษร
- คำสั่งหลัก<BODY> .... </BODY>เป็นคำสั่งที่ใช้ในการกำหนดรูปแบบของเอกสารทั้งหมด ว่าจะให้มีลักษณะอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการศึกษาวิจัย และการออกแบบการทดลองสำหรับระบบควบคุมและตรวจสอบการทำงานของระบบ ในการออกแบบเป็นการประยุกต์ใช้การวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้นของอากาศและดิน เพื่อใช้ตรวจสอบสภาวะการทำงานของระบบซึ่งรวมไปถึงสภาพอากาศในพื้นที่เพาะปลูก เพื่อติดตามการทำงานของระบบผ่านทางหน้าเว็บไซต์บนอุปกรณ์สมาร์ทดีไวซ์ โดยการใช้อินเทอร์เน็ตเป็นตัวเชื่อมต่อระบบเข้าด้วยกัน ทำให้สามารถสั่งการและควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ได้โดยผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต การทดลองนี้ใช้พีแอลซีบริษัท Unitronics รุ่น V350-35-T2 ในการควบคุมสั่งการและตรวจสอบสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ภายในระบบ รวมถึงไอพีคาเมร่าที่ใช้ติดตามสถานการณ์บริเวณแปลงทดลอง และได้กล่าวถึงอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการทดลองและการติดตั้ง ซึ่งทำการทดลองโดยเปรียบเทียบวิธีการควบคุมระบบรดน้ำแบบอัตโนมัติ เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมสำหรับระบบควบคุม และตรวจสอบการทำงานสำหรับเกษตรอัจริยะด้วยสมาร์ทดีไวซ์ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

3.1 อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบควบคุมและตรวจสอบการทำงานสำหรับเกษตรอัจฉริยะ เป็นการนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่มาผสมผสานเข้ากับงานด้านการเกษตรเพื่อดูแลให้พืชมีผลผลิตที่ดี และมีคุณภาพ

3.1.1 พีแอลซี

ที่ใช้ในการทดลอง คือ ของยี่ห้อ Unitronics รุ่น V350-35-T2 ซึ่งมี Touch Screen สามารถสั่งงานผ่านหน้าจอแสดงผลได้ คุณสมบัติพีแอลซีที่ใช้มีดังนี้

1. หน่วยความจำโปรแกรม 3MB
2. ขยาย I/Os ได้ถึง 8 Modules
3. สามารถรับ I/O ได้ทั้ง Digital Analog Temperature&weight
4. หน้าจอแสดงผลขนาด 3.5 นิ้ว 256 สี แบบ TFT พร้อม Touch screen
5. Input 10 Digital 2 Analog/Digital, Output 12 Thansistor
6. สร้างจอแสดงผลได้มากถึง 1024 หน้าจอ
7. แสดงผลแบบกราฟฟิก, บาร์กราฟและสร้างภาพเคลื่อนไหวของอุปกรณ์ต่างๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 พีแอลซียี่ห้อ Unitronics รุ่น V350-35-T2

ซึ่งได้กำหนดสัญญาณขาเข้า (Input) และสัญญาณขาออก (Output) ไว้ดังนี้ สัญญาณขาเข้า ได้แก่เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor), ทรานสมิตเตอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ (Humidity & Temperature Transmitter), โฟลว์สวิตช์ (Flow Switch) ส่วนสัญญาณขาออก ได้แก่ โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)

3.1.2 เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน

ใช้งานเพื่อการวัดความชื่นในดิน โดยการวัดค่าความต้านทานระหว่างอิเล็กโทรดที่ชุบโลหะเพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชั่น เพิ่มอายุการใช้งาน และลดการสึกหรอเนื่องจากความชื้น ซึ่งเหมาะสมกับการใช้งานเพื่อการทำระบบรดน้ำอัตโนมัติ ในการวัดค่าความชื้นในดินจะต้องนำเอาแท่งอิเล็กโทรดปักลงไปในดินที่ต้องการวัดก็จะสามารถอ่านค่าความชื้นของดินได้ หลักการวัด คือ การวัดค่าความต้านทานระหว่างอิเล็กโทรด โดยจะต้องเสียบแผ่น PCB สำหรับวัดลงดิน เพื่อให้วงจรแบ่งแรงดันทำงานได้ครบวงจร จากนั้นจึงใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดันโดยใช้ไอซีเบอร์ LM393 เพื่อวัดแรงดันเปรียบเทียบกันระหว่างแรงดันดันที่วัดได้จากความชื้นในดิน กับแรงดันที่วัดได้จากวงจรแบ่งแรงดันซึ่งปรับค่าโดยใช้ทริม พอท (Trim pot) ในกรณีที่อ่านค่าความต้านทานได้น้อยจะแปลว่ามีความชื้นในดินมากหรือดินชุ่มชื้นไม่ต้องรดน้ำ ในกรณีที่อ่านค่าความต้านทานได้มากก็แปลว่ามีความชื้นในดินน้อยหรือดินแห้งอาจจะต้องรดน้ำ

รูปที่ 3.2 เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นบรรยากาศ

ทรานสมิตเตอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิที่ใช้คือ Primus รุ่น HM006 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อวัดความชื้นและอุณหภูมิในตัวเดียวกัน เหมาะสำหรับติดตั้งบนผนังหรือเพดานภายในห้องหรือเตาอบเพื่อที่จะแปลงความชื้นสัมพัทธ์จาก 0 - 100 %RH และอุณหภูมิ 0 - 100˚C ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า DC 4 - 20 mA, 0 - 10 VDC หรือ Communication RS-485 / RS-422 สามารถติดตั้งในพื้นที่มีฝุ่นละอองน้ำ หรือไอน้ำในปริมาณสูงได้

รูปที่ 3.3 ทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นบรรยากาศ

3.1.4 โฟลว์สวิตช์ (Flow Switch)

หรือสวิตช์ควบคุมการไหลเป็นอุปกรณ์สวิตช์ที่ติดตั้งไว้กับท่อเพื่อว่าเมื่อมีของเหลวหรืออากาศไหลผ่านอุปกรณ์สวิตช์จะทำให้หน้าสัมผัสทำงาน ปกติหน้าสัมผัสที่ใช้ในสวิตช์ควบคุมการไหลจะมีอยู่ 2 แบบคือ แบบปกติปิดและแบบปกติเปิด ในทางปฏิบัตินิยมต่อสวิตช์ควบคุมการไหลอนุกรมกับคอยล์ของแมกเนติกคอนแทกเตอร์หรือหลอดไฟสัญญาณ เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ ปั๊มน้ำ อื่น ๆ หากท่อส่งน้ำไม่มีน้ำไหลผ่านสวิทช์จะปิดปั๊มน้ำหรือมอเตอร์จะหยุดการทำงาน

รูปที่ 3.4 โฟลว์สวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)

เป็นอุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีหลักการทำงานคล้ายกับรีเลย์ (Relay) โครงสร้างภายในของโซลินอยด์จะประกอบด้วยขดลวดที่พันอยู่รอบแท่งเหล็กที่ภายในประกอบด้วยแม่เหล็กชุดบนกับชุดล่าง เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่พันรอบแท่งเหล็ก ทำให้แท่งเหล็กชุดล่างมีอำนาจแม่เหล็กดึงแท่งเหล็กชุดบนลงมาสัมผัสกันทำให้ครบวงจรทำงาน เมื่อวงจรถูกตัดกระแสไฟฟ้าจะทำให้แท่งเหล็กส่วนล่างหมดอำนาจแม่เหล็ก สปริงก็จะดันแท่งเหล็กส่วนบนกลับสู่ตำแหน่งปกติ หลักการดังกล่าวของโซลินอยด์ก็จะนำมาใช้ในการเลื่อนลิ้นวาล์วของระบบนิวแมติกส์ การปิด-เปิดการจ่ายน้ำหรือของเหลวอื่นๆ โครงสร้างของ Solenoid โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ เลื่อนวาล์วด้วยโซลินอยด์วาล์วกลับด้วยสปริง (Single Solenoid Valve) และเลื่อนวาล์วด้วยโซลินอยด์วาล์วกลับด้วยโซลินอยด์วาล์ว (Double Solenoid Valve)

รูปที่ 3.5 โซลินอยด์วาล์ว

3.1.6 โมเด็มเราเตอร์ (MODEM ROUTER) และแอร์การ์ด

เราเตอร์ (ROUTER) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อเครือข่ายหรืออินเทอร์เน็ต หน้าที่หลักของเราเตอร์ คือ การหาเส้นทางในการส่งผ่านข้อมูลเป็นตัวกลางในการส่งต่อข้อมูลไปยังเครือข่ายอื่น รวมถึงทำหน้าที่ในการแชร์อินเทอร์เน็ตให้เครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องลูกข่าย บนตัวเราเตอร์จะมีช่องที่ใช้เสียบต่อสายสัญญาณเรียกว่าแลนพอร์ต (LAN Port) โดยทั่วไปมักมี 4 พอร์ต (มีความเร็ว 10 / 100Mbps) หรือมากกว่า และเราเตอร์จะมีอินเทอร์เน็ตพอร์ต (Internet Port) หรือแวนพอร์ต (WAN Port) แบบ RJ สำหรับใช้เป็นพอร์ตต่อเข้ากับเอดีเอสแอลโมเด็ม (ADSL Modem) หรือ Fiber Media Converter เพื่อเชื่อมเราเตอร์เข้าสู่ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตอีกที โดยปกติการเลือกซื้อ เราเตอร์ควรจะเลือกซื้อที่มีแลนพอร์ตอยู่อย่างน้อย 4 พอร์ตเพื่อใช้เป็นพอร์ตสำหรับเชื่อมอุปกรณ์ที่มีแลนพอร์ตอื่น ๆ เช่น เดสก์ท็อปพีซีหรือคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ พรินเตอร์ ที่เชื่อมต่อเน็ตเวิร์ก (พรินเตอร์ที่สั่งพิมพ์งานจากพีซีหลายเครื่องได้) นอกจากนี้หากต้องการใช้งานระบบเครือข่ายไร้สายด้วยก็ควรจะซื้อเราเตอร์ ประเภทวายเรสเราเตอร์ (Wireless Router) ที่สามารถใช้งานไวไฟ (WiFi) ได้

โมเด็มเราเตอร์ (MODEM ROUTER) ที่เราใช้เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเรา บางครั้งเราจะเรียกอุปกรณ์นี้ว่า All-in-One สาเหตุที่เรียกว่า All-in-One ก็เนื่องจากเราเตอร์ประเภทนี้จะมีเอดีเอสแอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเด็มติดตั้งมาให้เสร็จบนตัวเครื่อง ซึ่งในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องนำเราเตอร์ไปต่อเข้ากับโมเด็มก่อน ผู้ใช้สามารถนำคู่สายโทรโทรศัพท์ที่เปิดให้บริการเอดีเอสแอล (ADSL) แล้วมาต่อตรงเข้ากับตัวโมเด็มเราเตอร์ได้เลย ซึ่งโมเด็มเราเตอร์จะมีแลนพอร์ต 4 พอร์ต และมีเอดีแอสแอลพอร์ต (ADSL Port) สำหรับเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ 1 พอร์ต โมเด็มเราเตอร์บางรุ่นก็จะสามารถรองรับการเชื่อมต่อระบบไร้สายได้อีกด้วยซึ่งเราจะเรียกว่าวายเรสโมเด็มเราเตอร์ (Wireless Modem Router) โดยส่วนใหญ่ทางผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตมักจะนิยมแถมวายเรสโมเด็มเราเตอร์ให้กับลูกค้า เนื่องจากใช้อุปกรณ์เครื่องเดียวทำหน้าที่ได้หลายอย่างพร้อม ๆ กัน ไม่ว่าจะเป็นการเชื่อมต่อและแชร์อินเทอร์เน็ตได้โดยไม่ต้องต่อกับโมเด็มภายนอก รองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์เข้าสู่เครือข่ายได้ทั้งแบบใช้สาย (Wired) และไร้สาย (Wireless)

แอร์การ์ด (AirCard) คือ อุปกรณ์โมเด็มที่ใช้เพื่อเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ (Desktop หรือ Labtop) ของเราสู่โลกอินเทอร์เน็ตแบบไร้สายความเร็วสูงโดยผ่านโครงข่ายสัญญาณโทรศัพท์มือถือ ซึ่งในขณะที่เราเชื่อมต่อเข้าสู่โลกอินเทอร์เน็ตไปแล้วยังสามารถใช้โทรศัพท์ โทรเข้า-ออก ได้ในเวลาเดียวกัน เพราะระบบมีการใช้ช่องสัญญาณคนละช่องสัญญาณกันแต่ใช้เซลล์ไซต์ (Cell Site) เดียวกัน หรือทำหน้าที่เป็นแฟกซ์ไร้สายได้ด้วย ดังนั้นไม่ว่าเราจะอยู่ที่ไหนขอมีเพียงสัญญาณโทรศัพท์มือถือก็ใช้งานได้ทั้งนั้น

3.1.7 ไอพีคาเมร่า (IP Camera)

กล้องไอพี – IP Camera ย่อมาจาก Internet Protocol Camera เป็นประเภทของกล้องวงจรปิดในยุคปัจจุบัน หลักการทำงานเหมือนกล้องวงจรปิดทั่วไปใช้สำหรับการบันทึกภาพเคลื่อนไหว แต่ที่แตกต่างจากกล้องวงจรปิด CCTV (Closed Circuit Television) แบบอะนาล็อก (Analog) คือสามารถส่งและ รับข้อมูลผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ตได้ โดยผู้ใช้งานสามารถดูภาพสดได้จากทุกที่บนโลกผ่านระบบอินเตอร์เน็ตด้วยโปรแกรมที่มาพร้อมกับไอพีคาเมร่า หรือดูภาพผ่านทางเว็บบราวเซอร์ (Web Browser) ฟังก์ชั่นในการใช้งานของไอพีราเมร่าจะเหมือนกับตัวกล้องอะนาล็อก (Analog Camera) แต่จะดีกว่าคือสามารถจะสั่งงานกับควบคุม และบันทึกภาพได้ภายในตัว ซึ่งไม่เหมือนกับกล้องอะนาล็อกที่ต้องต่อเข้ากับเครื่องบันทึกภาพ DVR (Digital Video Recorder) ถึงจะทำงานได้ และไอพีคาเมร่านั้นสามารถจะรับและส่งข้อมูลภาพและเสียงได้พร้อม ๆ กัน ซึ่งสามารถใช้งานได้ทั้งแบบมีสายและแบบไร้สาย การตั้งค่าสามารถตั้งค่าผ่านทางหน้าเว็บได้เหมือนกับการที่ตั้งค่าเราท์เตอร์หรือคอมพิวเตอร์ทั่ว ๆ ไป

3.2 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

3.2.1 การทำงานของระบบในส่วนควบคุมการรดน้ำให้แก่พืช

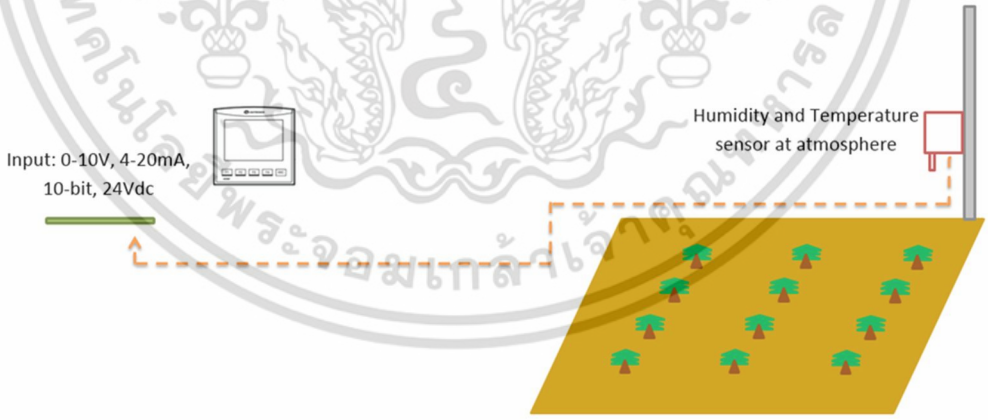
เป็นการนำเอาระบบรดน้ำอัตโนมัติเข้ามาประยุกต์ใช้กับการทดลอง ซึ่งจะใช้พีแอลซีเป็นตัวควบคุมการให้น้ำกับพืช โดยมีการศึกษาความต้องการน้ำของพืช และใช้เซนเซอร์เป็นตัวตรวจสอบและส่งค่าที่ได้มายังพีแอลซีเพื่อประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.1 การตรวจวัดปริมาณความชื้นในดิน มีความสำคัญ คือ ดินบริเวณเพาะปลูกต้องมีความชื้นที่เหมาะสมหากมากหรือน้อยเกินไปอาจทำให้พืชเจริญเติบโตได้ไม่ดี ในการทดลองจะใช้อุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในดินแบบรีเลย์สวิตช์ โดยเมื่อความชื้นในดินมีค่าต่ำกว่าระดับที่ตั้งรีเลย์สวิตช์จะส่งค่าไปยังพีแอลซีเพื่อสั่งการรดน้ำให้แก่พืช

รูปที่ 3.6 แผนภาพการตรวจวัดปริมาณความชื้นในดิน

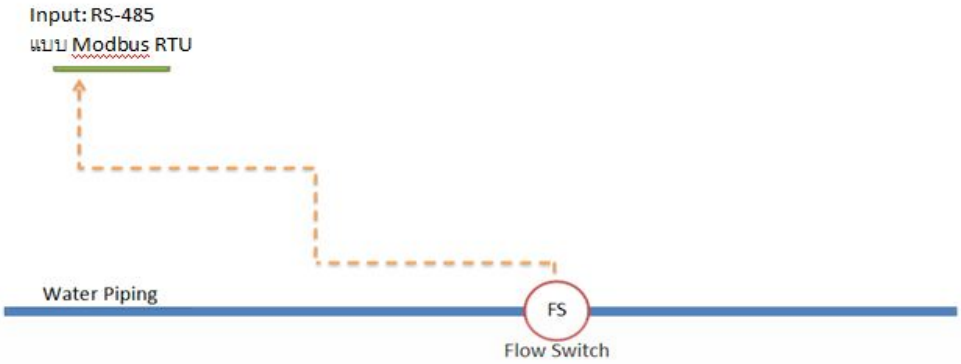
3.2.1.2 การตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในบรรยากาศ อุณหภูมิและความชื้นมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าหากอุณหภูมิสูงหรือต่ำไปจะทำให้การเจริญเติบโตของพืชหยุดชะงักได้ ส่วนความชื้นก็เช่นกันในอากาศต้องมีความชื้นที่เหมาะสมพืชถึงจะมีการเจริญเติบโตได้ดี ในการทดลองจะใช้อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในบรรยากาศ ส่งค่าไปยังพีแอลซีเพื่อนำค่าไปแสดงสถานะอุณหภูมิและความชื้นในบรรยากาศภายในบริเวณแปลงพืช ณ ขณะนั้น เพื่อดูแลและควบคุมระบบเพื่อให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดี



รูปที่ 3.7 แผนภาพการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในบรรยากาศ

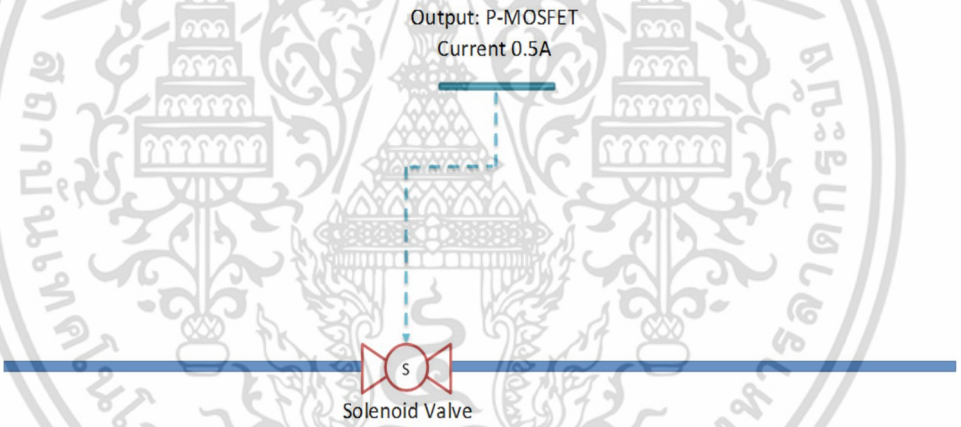
3.2.1.3 โฟลว์สวิตช์ หรือ สวิตช์ตรวจสอบการไหล เป็นอุปกรณ์ที่ในระบบรดน้ำอัตโนมัติจำเป็นต้องมี เพื่อใช้ในการตรวจสอบสถานะของน้ำแล้วส่งค่าไปยังพีแอลซีว่ามีน้ำไหลเข้าสู่ระบบหรือไม่ มีไว้ตรวจสอบ และแก้ไขรวมถึงป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นในระบบในกรณีที่ไม่มีน้ำไหลผ่าน หรือมีน้ำไหลผ่านในปริมาณที่มากเกินไปเพราะเหตุการณ์เหล่านั้นอาจส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แผนภาพการทำงานของโฟลว์สวิตช์

3.2.1.4 โซลินอยด์วาล์ว เป็นวาล์วที่ใช้สำหรับในการควบคุมการเปิด-ปิดน้ำในระบบรดน้ำให้แก่แปลงผัก โดยวาล์วจะถูกสั่งการโดยตรงจากพีแอลซีและยังมีหน้าที่เป็นตัวกำหนดปริมาณน้ำที่จะให้กับแปลงผัก ซึ่งสามารถสั่งปรับระยะเวลาในการเปิด-ปิดของวาล์วเพื่อให้ความชื้นในดินเหมาะสมกับความต้องการของพืชได้อีกด้วย

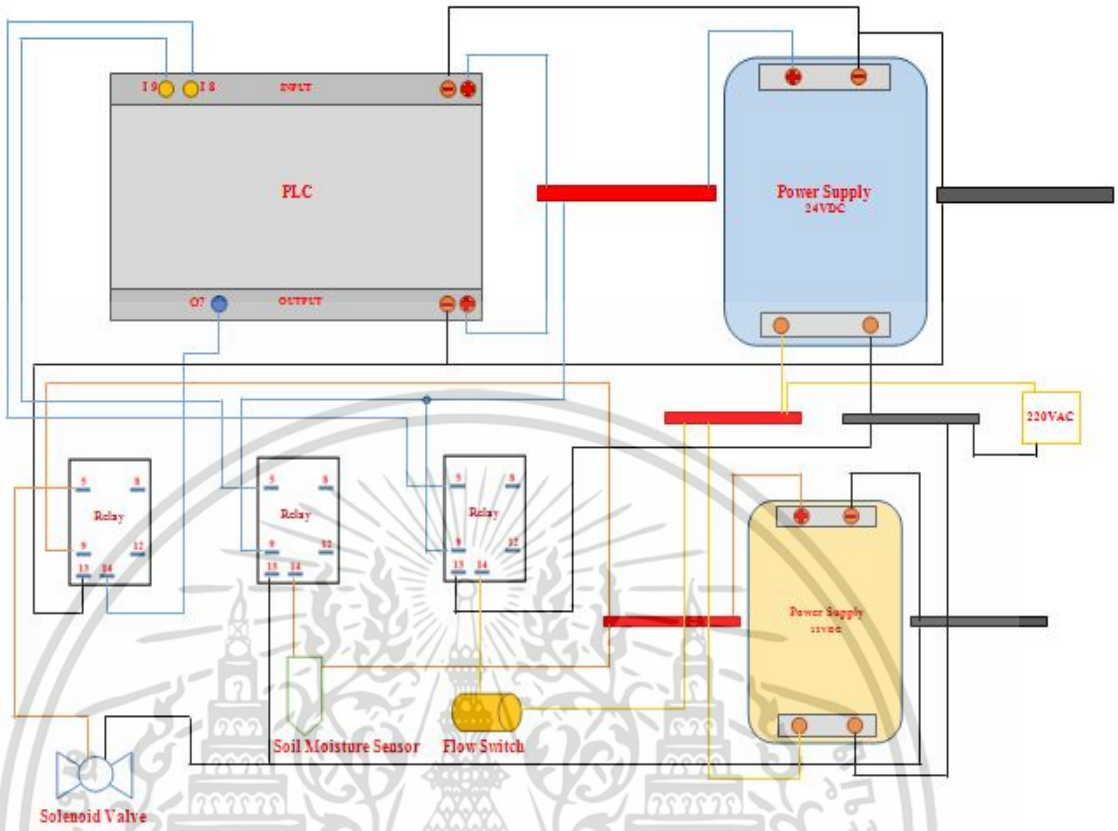


รูปที่ 3.9 แผนภาพการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว

3.2.2 การเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซีกับอุปกรณ์การทดลอง

พีแอลซี คือ หน่วยประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้มีหน้าที่เพื่อช่วยจัดการควบคุมสั่งงาน รับค่าจากเซนเซอร์ และเป็นตัวกำหนดการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติ ออกแบบมาสำหรับใช้งานควบคุมโดยเฉพาะ ยังสามารถการทนต่อสัญญาณรบกวนหรือใช้งานในสภาวะอากาศที่เลวร้าย เช่น มีฝุ่น ความชื้น ละอองน้ำ น้ำมัน สามารถใช้ได้ในสภาพอากาศร้อนและเย็น และเหมาะกับการใช้งานที่จำเป็นต้องทำงานตลอดเวลา 24 ชั่วโมง ในการทดลองกำหนดให้สัญญาณขาเข้า คือ ทรานสมิตเตอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ, เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน, และโฟลว์สวิตช์ ส่วนสัญญาณขาออก คือ โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 การเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซีกับอุปกรณ์การทดลอง

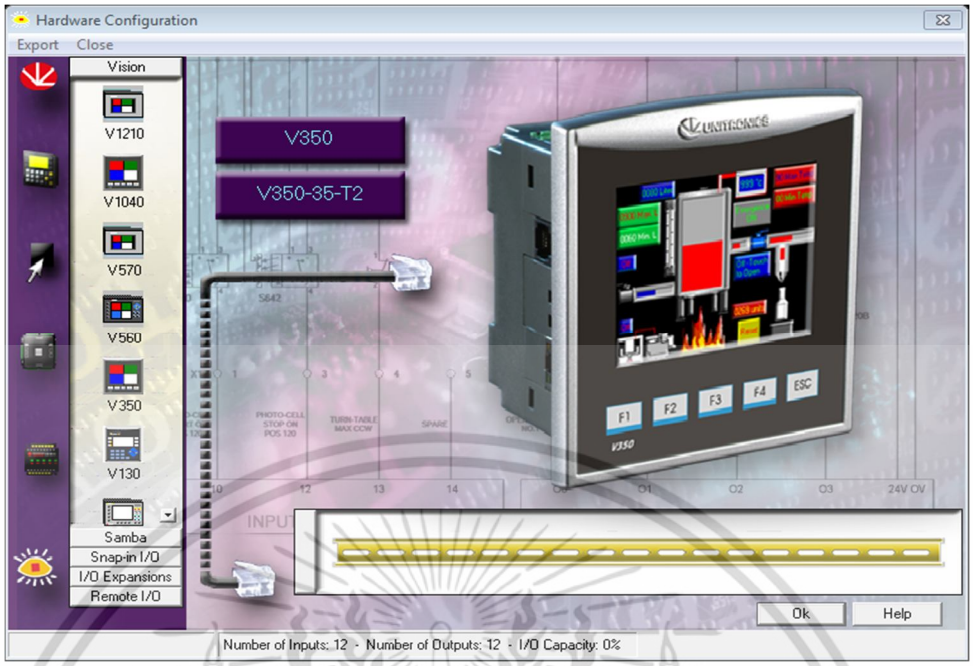
3.2.3 การเขียนโปรแกรมพีแอลซี

พีแอลซี Unitronics จะใช้โปรแกรม Visilogic ในการเขียนโปรแกรมควบคุมรวมไปถึงการเขียน HMI และ ทัชสกรีน (Touch Screen) ซึ่งโปรแกรมนี้สามารถดาว์นโหลดฟรีได้โดยตรงจากเว็บไซต์ unitronic.com

3.2.3.1 การใช้งานโปรแกรม VisiLogic

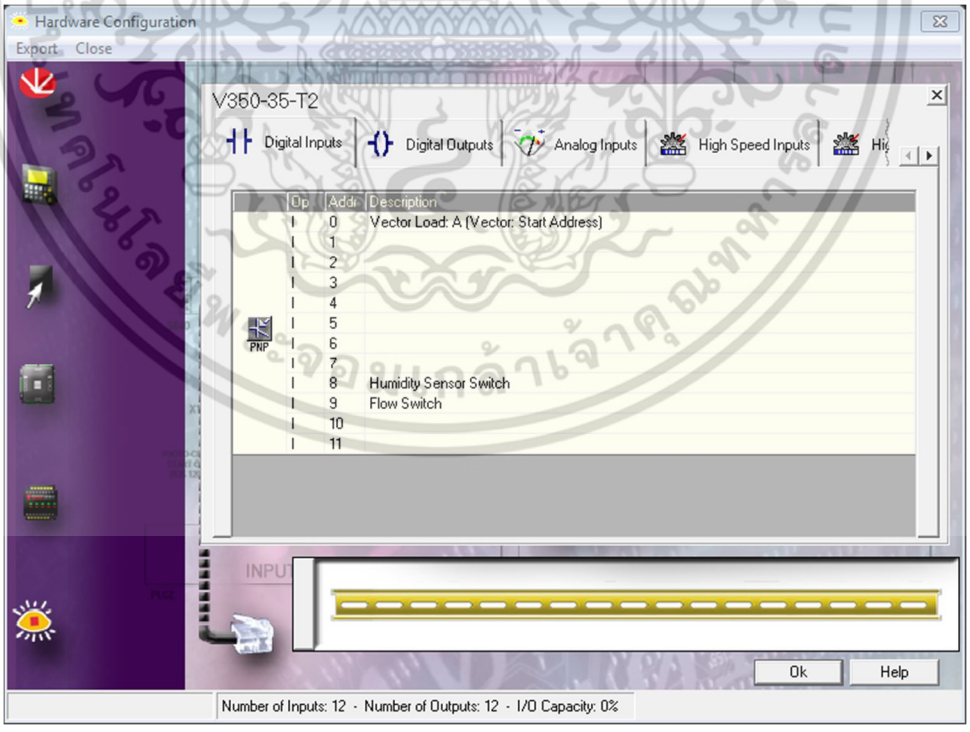
1. เริ่มต้นด้วยการเข้าโปรแกรมเพื่อไปตั้งค่าที่พีแอลซี จะเป็นการตั้งค่าฮาร์ดแวร์ที่เกี่ยวข้องกับตัวพีแอลซี เมื่อเข้าโปรแกรม Visilogic แล้วให้เลือกรุ่นพีแอลซีตามที่เราเลือกใช้งานถ้าหากมีอุปกรณ์เสริมก็ต้องตั้งค่าที่ส่วนนี้ด้วย การตั้งค่าในที่นี้เราจะเลือกพีแอลซีรุ่น V350-35-T2 ซึ่งเป็นรุ่นที่เราใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 หน้าต่างการตั้งค่าพีแอลซี

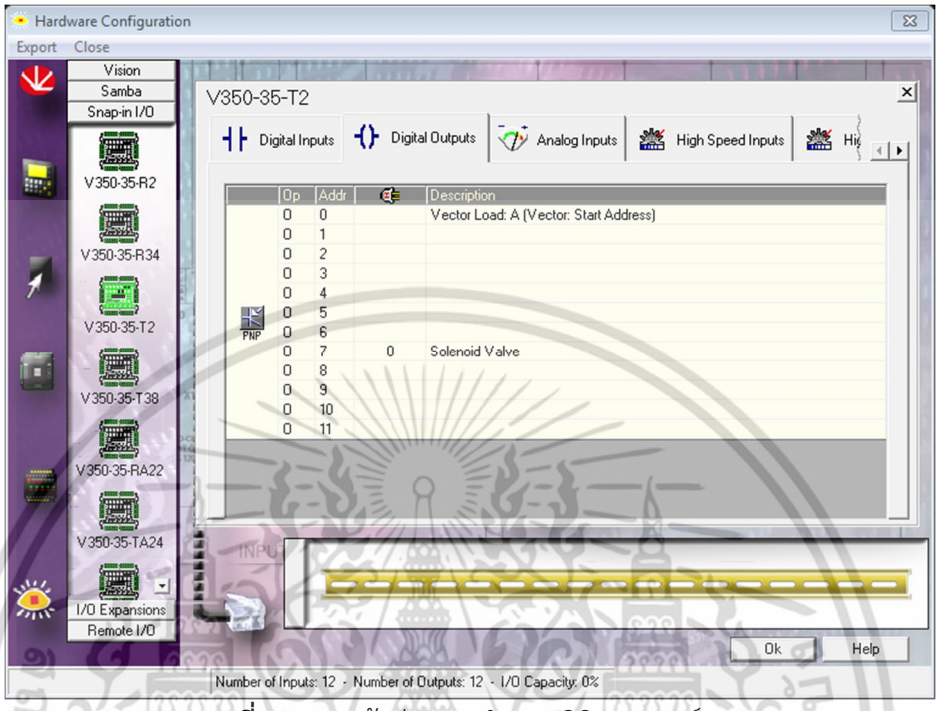
2. กำหนดดิจิตอลอินพุตที่ต่อใช้งานกับพีแอลซี ในส่วนการทดลองนี้จะมีอินพุตคือเซนเซอร์วัดความชื้น และโฟลว์สวิตช์



รูปที่ 3.12 หน้าต่างการกำหนดดิจิตอลอินพุต

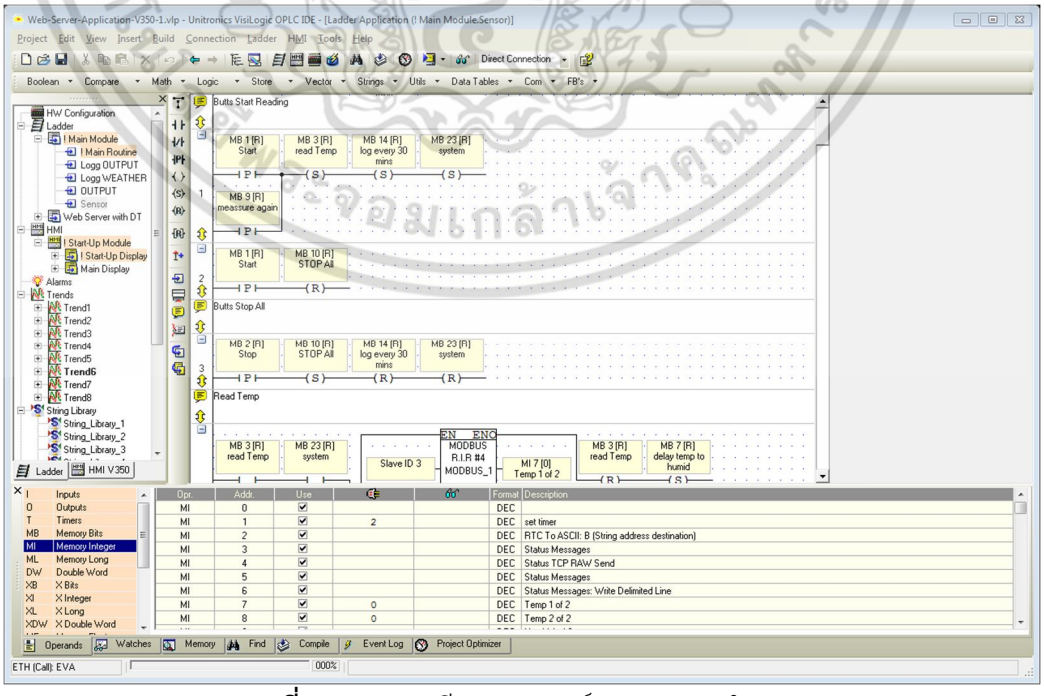
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กำหนดดิจิตอลเอาท์พุตที่ต่อใช้งานกับพีแอลซี ส่วนในการทดลองนี้จะมีเอาท์พุต คือ โซลินอยด์วาล์ว



รูปที่ 3.13 หน้าต่างการกำหนดดิจิตอลเอาท์พุต

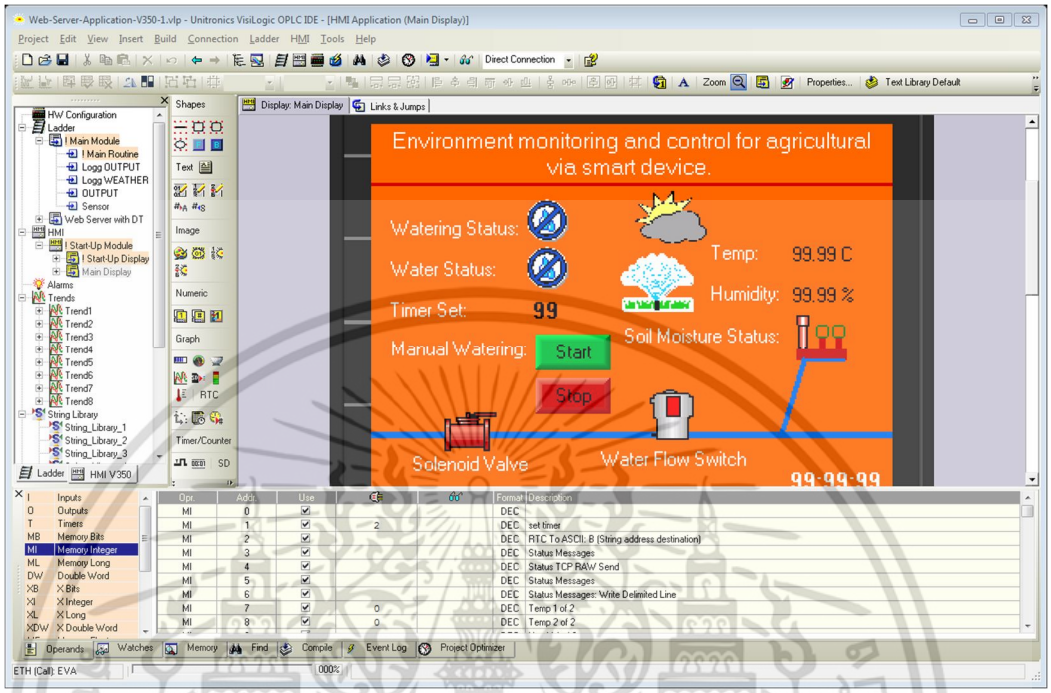
4. หลังจากตั้งค่าพีแอลซี และกำหนดสัญญาณของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการเขียนแลดเดอร์ควบคุมการทำงาน ซึ่งทำได้ที่แท็บแลดเดอร์



รูปที่ 3.14 การเขียนแลดเดอร์ควบคุมการทำงาน

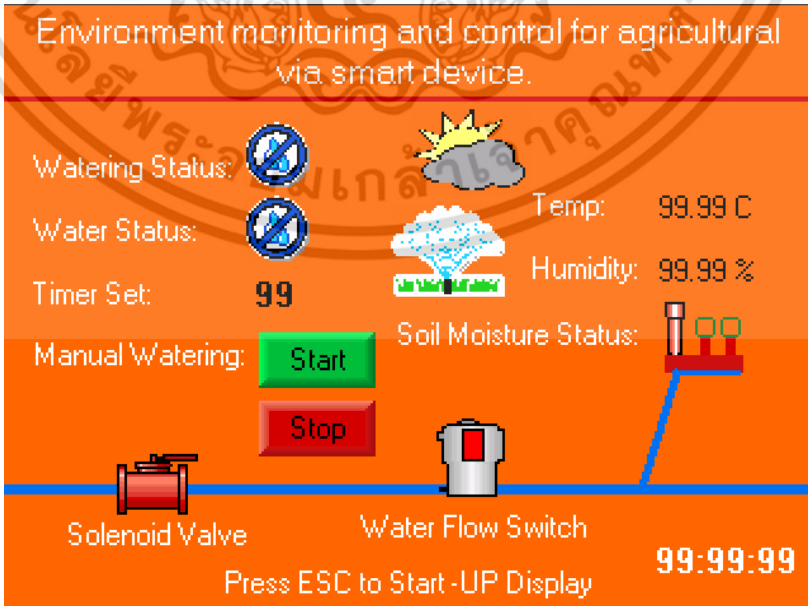
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เมื่อเราเขียนแลดเดอร์ควบคุมการทำงานให้กับพีแอลซีเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นก็มาเขียน HMI และ Touchscreen ซึ่งทำได้ที่ Tab HMI



รูปที่ 3.15 การเขียน HMI และ Touchscreen

3.2.3.2 อธิบายการทำงานของระบบในส่วน HMI บนพีแอลซี เป็นการอธิบายว่ากราฟฟิกที่แสดงบนหน้าจอพีแอลซีมีความหมายอย่างไรบ้าง



รูปที่ 3.16 ภาพหน้าจอแสดงผลหลักบนพีแอลซี

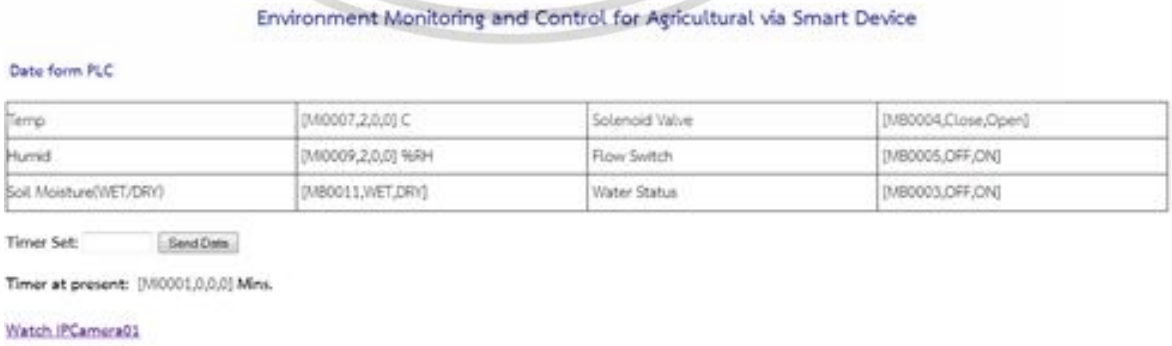
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Watering Status : แสดงผลว่า ณ ขณะนั้นระบบกำลังรดน้ำอยู่หรือไม่
Water Status : แสดงผลว่าเมื่อระบบสั่งรดน้ำแล้ว น้ำไหลเข้าสู่ระบบหรือไม่
Timer Set : เป็นการตั้งหน่วงเวลาการรดน้ำในแต่ละครั้ง
Manual Watering : เป็นการสั่งรดน้ำด้วยตนเอง
Temp : แสดงระดับอุณหภูมิ ณ บริเวณแปลงทดลอง
Humidity : แสดงระดับความชื้นบรรยากาศ ณ บริเวณแปลงทดลอง
Soil Moisture Status : แสดงระดับความชื้นในดินว่ายังอยู่ในระดับที่ต้องการหรือไม่
Solenoid Valve : แสดงผลว่าวาล์วอยู่ในสถานะปิดหรือเปิด
Water Flow Switch : แสดงผลว่า ณ ขณะนั้นระบบมีน้ำไหลในระบบหรือไม่

3.2.4 การเข้าถึงและการติดตามการทำงานของระบบผ่านทางสมาร์ทดีไวซ์

3.2.4.1 การเชื่อมต่อพีแอลซีกับอินเตอร์เน็ตทำได้โดยการเปิดพอร์ตเพื่อเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตซึ่งเป็นขั้นตอนเดียวกันกับการเขียนแลดเดอร์ควบคุมการทำงานของพีแอลซี เนื่องจากพีแอลซีของ Unitronics มีฟังก์ชั้นเว็ปบราวซ์เซอร์ (Web Browser Function) ภายในตัวเองอยู่แล้ว จึงสามารถเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตได้ เพียงแค่มีการเปิดพอร์ตเพื่อที่จะเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตแล้วอัพโหลดลงที่หน่วยความจำ ในการเข้าอินเตอร์เน็ตเพื่อที่จะเข้ามาติดตามผลและสั่งการพีแอลซีได้มีการทำหน้าเว็ปไซต์ขึ้นมาเพื่อง่ายแก่การเข้าถึง การทำหน้าเว็ปไซต์ทำได้โดยเขียนเว็ปเพจขึ้นมาด้วยภาษา HTML เว็ปไซต์ที่สร้างขึ้นนั้นมาสามารถเข้าถึงได้โดยผ่านสมาร์ทดีไวซ์

3.2.4.2 การแปลงไอพีแอดเดรสให้เป็นชื่อโดเมน (DDSN) เพื่อใช้ในการเข้าถึงระบบ มีความจำเป็นอย่างมากเนื่องจากการเข้าอินเตอร์เน็ตในแต่ละครั้งไอพีแอดเดรสจะมีการสุ่ม และเปลี่ยนแปลงไปได้ตลอดเวลาจึงต้องมีการแปลงหมายเลขไอพีให้เป็นชื่อโดเมน เป็นการตั้งค่าที่ได้มาจากการสมัคร DynDNS (Dynamic DNS) นั่นเอง สามารถทำให้เราเชื่อมโยงชื่อที่เราเลือก (Hostname) บนระบบอินเตอร์เน็ตเข้ากับไอพีแอดเดรส (IP Address) ที่เปลี่ยนแปลง การที่เราสร้างเว็ปไซต์ขึ้นมาในการเข้าเว็ปไซต์แต่ล่ะครั้งไอพีแอดเดรสก็จะมีการเปลี่ยนแปลงไป จึงต้องมีการแปลงไอพีแอดเดรสให้เป็นชื่อตามที่ต้องการ เพื่อในการเข้าเว็ปไซต์ในแต่ละครั้งเราไม่จำเป็นต้องตามหาไอพีแอดเดรสเดิม เพียงแค่เราจดจำชื่อที่เราแปลงมาจากไอพีแอดเดรสก็จะสามารถเข้าเว็ปไซต์ที่เราต้องการได้


Environment Monitoring and Control for Agricultural via Smart Device

Date form PLC

Temp	[MI0007,2,0,0] C	Solenoid Valve	[MB0004,Close,Open]
Humid	[MI0009,2,0,0] %RH	Flow Switch	[MB0005,OFF,ON]
Soil Moisture(WET/DRY)	[MB0011,WET,DRY]	Water Status	[MB0003,OFF,ON]

Timer Set: Send Data

Timer at present: [MI0001,0,0,0] Mins.

Watch IPCamera01

รูปที่ 3.17 ภาพหน้าเว็บไซด์ที่แสดงข้อมูลของระบบจากพีแอลซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

3.3.1 ออกแบบการทดลอง

ขั้นตอนแรกออกแบบการทดลองโดยกำหนดให้มีแปลงทดลองจำนวน 2 แปลงเพื่อทำการเปรียบเทียบระบบอัตโนมัติในการปลูกพืช ซึ่งทั้ง 2 แปลงจะปลูกด้วยพืช 4 ชนิด คือ ผักกาดขาวใหญ่, ผักบุ้งจีน, คะน้ายอด และเขียวกวางตุ้ง

รูปที่ 3.18 เมล็ดพันธุ์พืชที่ใช้ในการทดลอง

แปลงที่ 1 เป็นแปลงที่มีการรดน้ำตามสภาวะของอุณหภูมิและความชื้นซึ่งในการทดลองนี้ใช้พีแอลซีในการควบคุมระบบ และแปลงที่ 2 เป็นแปลงที่กำหนดการรดน้ำแบบควบคุมตามเวลาซึ่งใช้อุปกรณ์ตั้งเวลาในการควบคุมการให้น้ำ โดยตั้งโปรแกรมการรดน้ำวันล่ะ 2 ครั้ง ในเวลาเช้าและเย็น

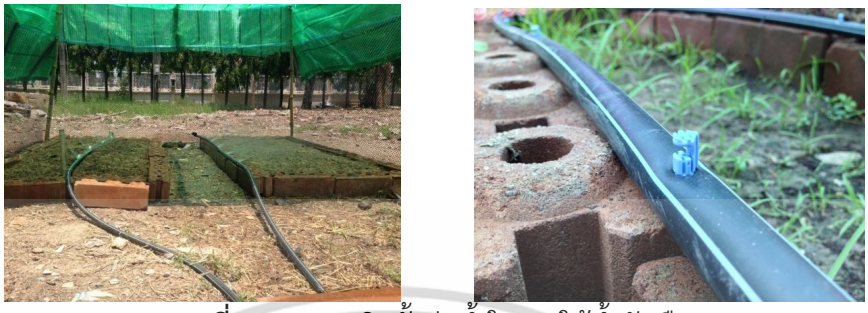
3.3.2 เตรียมแปลงปลูกพืชและติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลอง

3.3.2.1 เตรียมแปลงปลูกพืชขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 2.5 เมตร จำนวน 2 แปลง

รูปที่ 3.19 การเตรียมแปลงเพาะปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.2 ติดตั้งท่อให้น้ำพืชอีพร้อมหัวจ่ายน้ำแบบฝอย องศาของการจ่ายน้ำเป็น 180 องศา ระยะห่างของหัวจ่ายน้ำที่ 30 เซนติเมตร ทั้ง 2 แปลง



รูปที่ 3.20 การติดตั้งท่อน้ำในการให้น้ำกับพืช

3.3.2.3 แปลงที่ 1 เราจะติดตั้งเซนเซอร์วัดความชื้นในดินไว้บริเวณแปลงเพาะปลูกซึ่งเซนเซอร์นี้จะเป็นตัวส่งสัญญาณไปยังพีแอลซีในการควบคุมการให้น้ำกับพืช

รูปที่ 3.21 การติดตั้งเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน

โดยก่อนการติดตั้งเซนเซอร์ได้มีการสอบเทียบค่าความชื้นจากอุปกรณ์ตรวจวัดระดับความชื้นในดินอีกชนิดหนึ่งที่สามารถแสดงผลค่าระดับความชื้นได้ ซึ่งจะตั้งความชื้นของเซนเซอร์วัดความชื้นในดินให้อยู่ในระดับไม่ต่ำกว่าระดับ 3 (หากต่ำกว่าระดับนี้ดินจะส่งผลให้พืชเกิดการเหี่ยวเฉา)

รูปที่ 3.22 การสอบเทียบอุปกรณ์วัดความชื้นในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ตรวจวัดระดับความชื้นในดินที่ใช้เป็นตัวสอบเทียบจะจัดอยู่ในกลุ่มเครื่องมือวัดความชื้นในดินโดยทางอ้อมโดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ระดับความชื้นของเครื่องคือ ระดับ 1 ถึงระดับ 10 เป็นการแบ่งสเกลของตัวเครื่องมือบริษัทผู้ผลิต โดยเริ่มตั้งแต่ความชื้นในดินน้อยเข้าใกล้จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent wilting point) ไปจนถึงระดับความชื้นดินอิ่มน้ำ (Satutation) หรือดินเปียก ความชื้นของเครื่องระดับ 1 - 3 หรือในโซนสีแดง เป็นระดับความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ที่อยู่ในดินต่ำกว่า 75 เปอร์เซนต์ (ดินดูแห้งกำให้แน่นในมือไม่เป็นก้อน) เหมาะสำหรับพืชบางชนิดที่ไม่ชอบน้ำ เช่น Cactus หรือกระบองเพชรทั้งหลาย ความชื้นของเครื่องระดับ 4 - 7 หรือในโซนสีเขียว เป็นระดับความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ที่อยู่ในดินสูงกว่า 75 เปอร์เซนต์ ไปจนถึงจุดความชื้นชลประทาน (ดินเริ่มจับตัวเป็นก้อน บีบไม่มีน้ำออก) พืชสามารถดูดไปใช้ได้ เหมาะสำหรับพืชโดยทั่วไป และระดับความชื้นของเครื่องระดับ 8 - 10 หรือในโซนสีน้ำเงิน เป็นระดับความชื้นเกินจุดความชื้นชลประทาน (บีบจะมีน้ำออกมา หรือ สลัดในมือจะมีน้ำกระเด็นออกมา) ซึ่งเป็นภาวะที่ไม่เหมาะต่อพืชที่อ่อนแอต่อน้ำท่วมขัง

ใช้โซลินอยด์วาล์วที่ถูกควบคุมโดยพีแอลซีเป็นตัวเปิด-ปิดในการจ่ายน้ำให้แปลงเพาะปลูก และมีการติดตั้งโฟลว์สวิตช์เพื่อตรวจรู้การไหลของน้ำว่ามีน้ำไหลเข้าระบบหรือไม่

รูปที่ 3.23 การติดตั้งโซลินอยด์วาล์วและโฟลว์สวิตช์

3.3.2.4 แปลงที่ 2 จะติดตั้งอุปกรณ์ตั้งเวลา (Timer) ในการควบคุมการให้น้ำแก่พืชโดยตั้งหน่วงเวลาในการรดน้ำเป็นเวลา 3 นาที และกำหนดเวลาการให้น้ำเป็น 2 ช่วงเวลาในแต่ละวันคือ 07:00-07:03 น.และ 18:00-18:03 น. และจะใช้โซลินอยด์วาล์วเป็นตัวตัวเปิด-ปิดในการจ่ายน้ำให้แปลงเพาะปลูกที่ถูกควบคุมโดยอุปกรณ์ตั้งเวลา

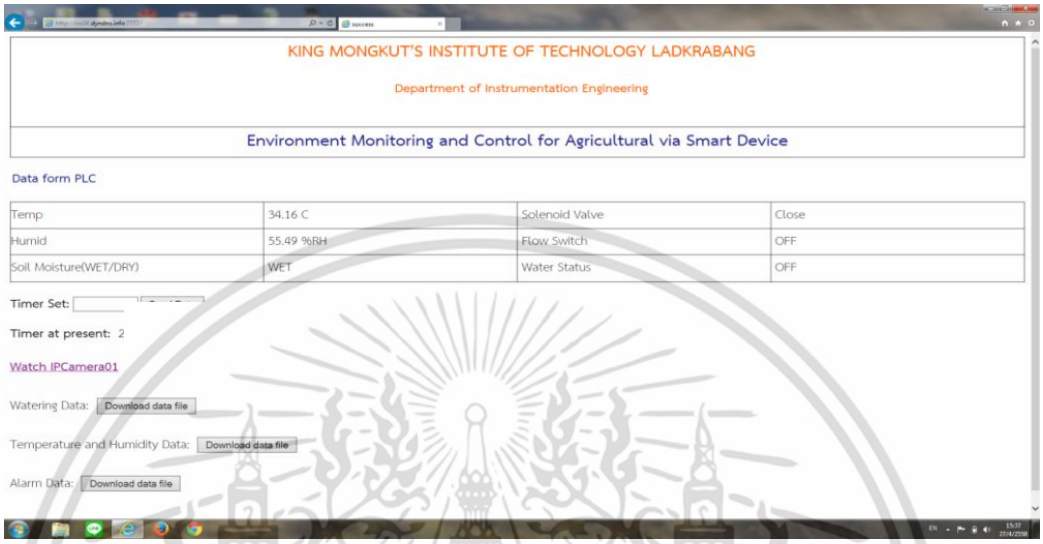
3.3.3 การทดลองและระยะเวลาในการดำเนินงาน

ปลูกพืชลงในแปลงทดลองทั้ง 2 แปลง การปลูกเป็นการปลูกโดยวิธีการหยอดเมล็ดพันุ์พืชลงหลุมในแต่ละหลุมมีระยะห่างกัน 20 เซนติเมตร เลือกพืชที่มีช่วงอายุการเจริญเติบโตประมาณ 45 วัน เพื่อให้ง่ายต่อการสังเกตการเจริญเติบโตของพืช คือ ผักกาดขาวใหญ่, ผักบุ้งจีน, คะน้ายอด และเขียวกวางตุ้ง ซึ่งผักเหล่านี้เป็นผักที่คนส่วนใหญ่นิยมรับประทานและพบเห็นได้ทั่วไปในปัจจุบัน การทดลองการปลูกพืชในครั้งนี้มีปัจจัยในการคำนึงถึงในการเจริญเติบโตของพืชคือ น้ำ ความชื้นของดินและสภาพแวดล้อมบริเวณที่เพาะปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 วิธีการควบคุมระบบและตรวจสอบการทำงานของระบบ

ในส่วนของแปลงที่ 1 เราจะสามารถติดตามสถานการณ์ และควบคุมการให้น้ำกับพืชได้ผ่านทางหน้าเว็บไซต์



รูปที่ 3.24 การแสดงค่าที่วัดได้ทางหน้าเว็บไซต์

ในบริเวณแปลงได้ทำการติดตั้งไอพีคาเมร่าไว้เพื่อติดตามสถานการณ์ และเฝ้าดูการเจริญเติบโตของพืชในบริเวณแปลงได้ผ่านหน้าเว็บไซต์ และบนอุปกรณ์สมาร์ทดีไวซ์

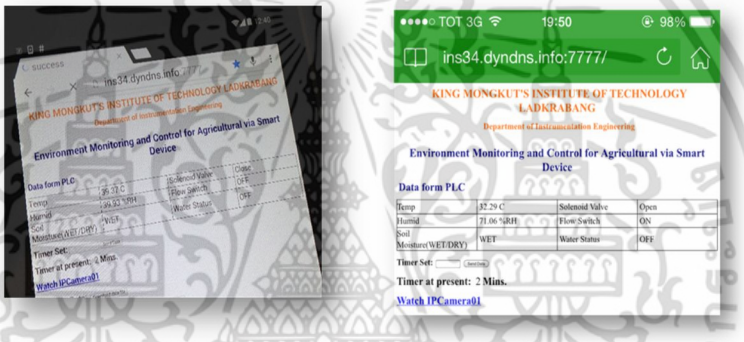
รูปที่ 3.25 การติดตั้งไอพีคาเมร่าบริเวณแปลงเพาะปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลอง

งานวิจัยระบบควบคุมและตรวจสอบการทำงานสำหรับเกษตรอัจริยะ มีการตรวจวัดความชื้นของดินและสภาพอากาศ โดยมีการกำหนดเงื่อนไขบนพีแอลซีทำให้ระบบจะทำการรดน้ำให้กับพืชเมื่อดินมีความชื้นน้อยหรือต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ มีการกำหนดค่าให้มีการรดน้ำที่ให้กับพืชอย่างเหมาะสม สามารถป้อนเวลาในการรดน้ำตามที่ต้องการ หรือตั้งเวลาในการรดน้ำในแต่ละครั้งที่ระบบสั่งรดน้ำได้ โดยสั่งชุดควบคุมผ่านทางหน้าเว็บไซต์หรือสมาร์ทดีไวซ์ เพื่อเปรียบเทียบกับระบบรดน้ำที่ใช้อุปกรณ์ตั้งเวลาในการสั่งการรดน้ำให้กับพืช



รูปที่ 4.1 การสังเกตการณ์ผ่านเว็บไซต์โดยใช้สมาร์ทดีไวซ์

จากการทดลองพบว่าพืชที่อยู่ในแปลงที่ 1 ซึ่งได้ใช้พีแอลซีในการควบคุมการให้น้ำแก่พืช โดยผ่านการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมบริเวณรอบๆ แปลง มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าพืชที่อยู่ในแปลงที่ 2 ที่ใช้อุปกรณ์ตั้งเวลาในการควบคุมการให้น้ำแก่พืช หากเปรียบเทียบความเจริญเติบโตของพืชในแต่ละชนิดพบว่า ผักบุ้งเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีทั้งในแปลงที่ 1 และ 2 ส่วนผักกาดขาวใหญ่ และผักคะน้าเจริญเติบโตได้ดีในแปลงที่ 1 และผักกวางตุ้งเจริญเติบโตได้ไม่ดีทั้งในแปลงที่ 1 และ 2

รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชระหว่างแปลงที่ 1 และแปลงที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วงเวลาที่ทำการทดลองได้พบสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาในบริเวณแปลงเพาะปลูก คือ นก ซึ่งสังเกตการณ์ได้จากไอพีคาเมร่า ผู้ทำการทดลองจึงได้เข้าไปในบริเวณแปลงเพื่อทำการล้อมรั้วให้แน่นหนายิ่งขึ้น เป็นการป้องกันสัตว์หรือสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ เข้าภายในบริเวณแปลงเพาะปลูก

รูปที่ 4.3 การสังเกตสถานการณ์บริเวณรอบแปลงจากไอพีคาเมร่า

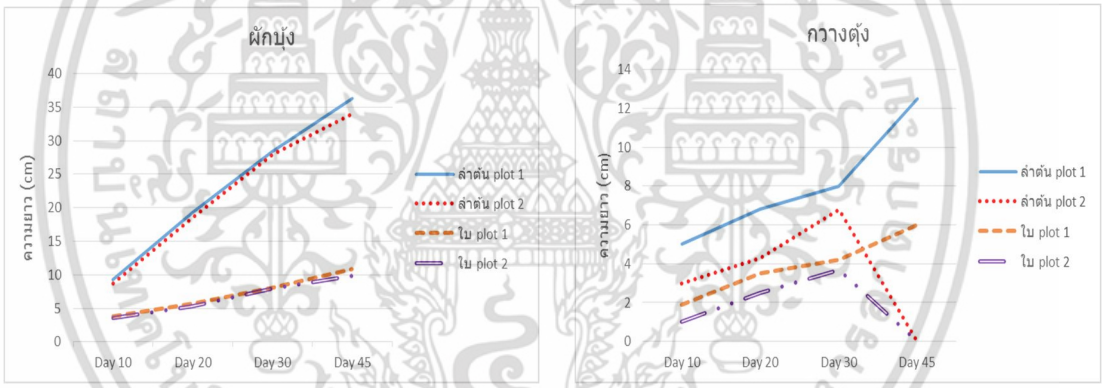
รูปที่ 4.4 และ รูปที่ 4.5 จะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาผ่านไปการเจริญเติบโตของพืชแปลงที่ 2 จะคงที่และตายในที่สุด ซึ่งพืชในแปลงที่ 1 นั้นอาจได้รับการควบคุมระดับความชื้นในดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่ตลอดเวลา แตกต่างจากพืชที่อยู่ในในแปลงที่ 2 ที่ใช้อุปกรณ์ตั้งเวลาในการควบคุมการให้น้ำ ซึ่งความชื้นในดินอาจอยู่ในระดับที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ความชื้นในดินของแปลงที่ 2 อาจอยู่ในระดับสูงจนเกินไป อีกทั้งหากเกิดฝนตกแปลงทดลองที่ 2 ก็จะยังคงรดน้ำอยู่ตามเวลาที่ได้ตั้งไว้ ส่งผลให้รากของพืชบางชนิดที่ไม่ชอบน้ำมาก เกิดการเน่า และตายได้ ส่วนในแปลงที่ 1 ที่ถูกควบคุมโดยพีแอลซีนั้น สามารถติดตามผลได้ผ่านทางหน้าเว็บไซต์บนสมาร์ทดีไวซ์และเฝ้าดูสถานการณ์รอบๆ แปลงทดลองได้ตลอดเวลาด้วยการดูผ่านไอพีคาเมร่า ซึ่งสะดวกต่อการเฝ้าติดตามผลในระยะไกลโดยไม่จำเป็นต้องอยู่ในพื้นที่แปลงเพาะปลูก

รูปที่ 4.4 บริเวณแปลงเพาะปลูกระยะเวลา 20 วัน

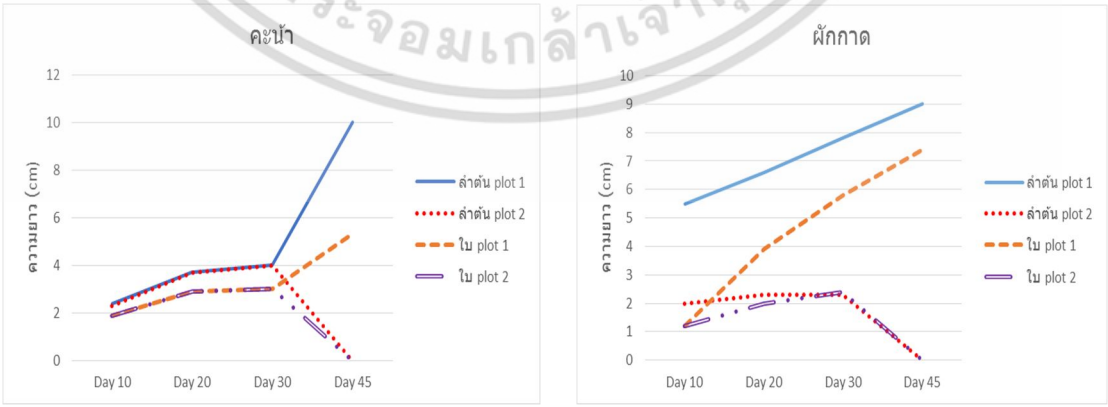
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 บริเวณแปลงเพาะปลูกระยะเวลา 45 วัน

โดยการวัดการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดจะวัดได้จากความสูงลำต้น และขนาดของใบ โดยผักกาดขาวใหญ่ ผักกวางตุ้ง ผักคะน้า วัดที่ความกว้างของใบ และผักบุ้งจีนวัดที่ความยาวของใบ ซึ่งรูปที่ 4.6 และ รูปที่ 4.7 จะเป็นการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดของแปลงที่ 1 และแปลงที่ 2 ในช่วงระยะเวลา 10 ถึง 45 วัน



รูปที่ 4.6 กราฟการเจริญเติบโตของผักบุ้งและกวางตุ้งในแปลงที่ 1 และแปลงที่ 2



รูปที่ 4.7 กราฟการเจริญเติบโตของคะน้าและผักกาดในแปลงที่ 1 และแปลงที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.1 ตารางเปรียบเทียบการรดน้ำระหว่างแปลงที่ 1 ที่ใช้พีแอลซีในการควบคุมการให้น้ำและแปลงที่ 2 ที่ใช้อุปกรณ์ตั้งเวลาในการควบคุมการให้น้ำ

แปลงที่ 1			
วันที่	**เวลา**	**อุณหภูมิ**	**สถานการณ์**
4/4/2015	15:31:41	35.0 °C	Watering
6/4/2015	11:02:35	35.5 °C	Watering
9/4/2015	10:16:43	34.5 °C	Watering
11/4/2015	12:21:36	35.0 °C	Watering
13/4/2015	14:25:41	33.0 °C	Watering
15/4/2015	17:41:54	32.5 °C	Watering
18/4/2015	9:22:56	30.5 °C	Watering
20/4/2015	15:15:07	35.0 °C	Watering
22/4/2015	21:17:26	34.0 °C	Watering
25/4/2015	11:39:42	35.0 °C	Watering
27/4/2015	14:31:06	32.5 °C	Watering
29/4/2015	17:43:54	34.5 °C	Watering

แปลงที่ 2			
วันที่	**เวลา**	**เวลา**	**สถานการณ์**
4/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
5/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
6/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
7/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
8/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
9/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
10/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
11/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
12/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
13/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
14/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
15/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
16/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
17/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
18/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
19/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
20/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
21/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
22/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
23/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
24/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
25/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
26/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
27/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
28/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
29/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering
30/4/2015	7:00:00	18:00:00	Watering

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางพบว่าการให้น้ำของแปลงที่ 1 นั้นมีความถี่น้อยกว่าแปลงที่ 2 กล่าวคือแปลงที่ 1 จะมีการรดน้ำให้กับพืชต่อเมื่อเซนเซอร์วัดความชื้นในดินมีค่าต่ำกว่าระดับที่ตั้งไว้เท่านั้น ส่วนในแปลงที่ 2 จะมีการรดน้ำให้กับพืชตามการตั้งเวลาของอุปกรณ์ตั้งเวลาซึ่งในการทดลองได้ตั้งไว้ให้มีการรดน้ำทุก ๆ วัน วันละ 2 เวลาคือ ช่วงเช้าและช่วงเย็น ปริมาณน้ำที่ใช้ของทั้ง 2 แปลง คือ 1 นาทีจะใช้น้ำ 150 มิลลิลิตรต่อ 1 หัวจ่ายน้ำแบบอีพี 1 หัว

จากการทดลองได้มีการคำนวณหาความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยคิดคำนวณจากแปลงเพาะปลูก จำนวน 100 แปลง (กว้าง 1 ยาว 2.5 เมตร) ในพื้นที่ 500 ตารางเมตร กำหนดให้แปลงที่ 1 เป็นระบบที่ใช้ PLC และเซนเซอร์ในการควบคุมระบบ มีต้นทุนระบบคิดเป็นเงินประมาณ 197,000 บาท ส่วนแปลงที่ 2 เป็นระบบที่ใช้อุปกรณ์ตั้งเวลา มีต้นทุนระบบคิดเป็นเงินประมาณ 101,550 บาท และแปลงที่ 3 เป็นแปลงที่ใช้แรงงานคนในการรดน้ำซึ่งมีต้นทุนระบบคิดเป็นเงินประมาณ 2000 บาท ค่าน้ำของแปลงทั้งหมดคิดจากปริมาณน้ำที่ใช้ในแต่ละแปลง และนำไปคำนวณในโปรแกรมคำนวณค่าน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค โดยได้นำปริมาณที่ใช้ในการทดลองมาคิดคำนวณเป็นค่าใช้จ่ายต่อแปลง ซึ่งแปลงที่ 1 จะใช้ปริมาณน้ำได้จากการทดลองของแปลงที่ใช้ PLC ในการควบคุมการรดน้ำให้กับพืช ส่วนพืชแปลงที่ 2 และ แปลงที่ 3 จะใช้ปริมาณน้ำที่ได้จากการทดลองของแปลงที่ใช้ตัวตั้งเวลาควบคุมในการรดน้ำให้กับพืช ปริมาณน้ำและความถี่ในการรดน้ำจะแสดงดังรูปที่ 4.8

ตาราง 4.2 ตารางเปรียบเทียบต้นทุนที่ในการใช้การเพาะปลูกแปลงผักแบบใช้พีแอลซี, ตัวตั้งเวลาและใช้แรงงานคนในการรดน้ำ

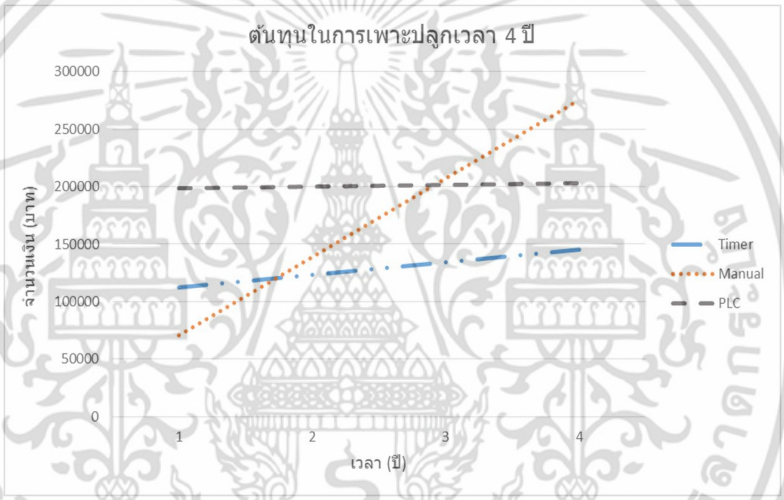
แปลงผักแบบใช้พีแอลซี			แปลงผักแบบใช้อุปกรณ์ตั้งเวลา			แปลงผักแบบใช้แรงงานคน				
Smart	จำนวน	รวม	Timer	จำนวน	รวม	Manual	จำนวน	รวม		
18000	2	36000	-	-	-	-	-	-		
500	100	50000	-	-	-	-	-	-		
6000	1	6000	-	-	-	-	-	-		
800	10	8000	-	-	-	-	-	-		
950	100	95000	950	100	95000	-	-	-		
1000	2	2000	1000	2	2000	1000	2	2000		
-	-	-	350	13	4550	-	-	-		
		197000			101550			2000		
								ค่าแรง+น้ำ		
		95			375			375	7200	รวม
ค่าน้ำในปีที่ 1	8	760	ค่าน้ำในปีที่ 1	8	3000	ค่าน้ำในปีที่ 1	8	3000	57600	60600
ค่าน้ำในปีที่ 2	8	760	ค่าน้ำในปีที่ 2	8	3000	ค่าน้ำในปีที่ 2	8	3000	57600	60600
ค่าน้ำในปีที่ 3	8	760	ค่าน้ำในปีที่ 3	8	3000	ค่าน้ำในปีที่ 3	8	3000	57600	60600
ค่าน้ำในปีที่ 4	8	760	ค่าน้ำในปีที่ 4	8	3000	ค่าน้ำในปีที่ 4	8	3000	57600	60600
	-	-		-	-			12375	230400	242400
		200,040			113,550			244,400		

ในการคิดคำนวณหาความคุ้มค่าของระบบที่ใช้ ทางผู้ทำการทดลองได้คำนวณการใช้งานของแปลงทดลองนี้เป็นระยะเวลา 4 ปีจะแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.2 จะเห็นว่าต้นทุนของแปลงที่ใช้พีแอลซีในการควบคุมมีต้นทุนเริ่มต้นในการเพาะปลูกพืชสูงกว่าแปลงที่ใช้อุปกรณ์ตั้งเวลา และแปลงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้แรงงานคน แต่เมื่อมีการใช้งานระบบผ่านไปเป็นระยะเวลา 4 ปี พบว่าค่าใช้จ่ายในการเพาะปลูกจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนเกือบจะคง เนื่องจากระบบไม่มีต้นทุนที่เพิ่มขึ้นมีเพียงค่าน้ำเป็นค่าใช้จ่ายเท่านั้น ส่วนต้นทุนเริ่มต้นของแปลงที่ใช้อุปกรณ์ตั้งเวลาจะน้อยกว่าแปลงที่ใช้พีแอลซี แต่ก็จะมากกว่าแปลงที่ใช้แรงงานคน และเมื่อระยะเวลาผ่านไปต้นทุนก็จะเพิ่มขึ้นจากค่าน้ำ ซึ่งในแปลงนี้จะมีการใช้น้ำที่มีปริมาณมากกว่าแปลงที่ใช้พีแอลซี และต้นทุนเริ่มต้นของแปลงที่ใช้แรงงานคนในการเพาะปลูกจะมีต้นทุนที่ต่ำ แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปจะเห็นได้ว่ามีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นสูงขึ้น ทั้งค่าแรงงานคน และค่าน้ำ และมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นอีกเนื่องจากค่าครองชีพมีการเปลี่ยนแปลงในทางที่เพิ่มขึ้น

จากรูปที่4.8 กราฟจะแสดงให้เห็นว่าแม้ต้นทุนของแปลงที่ใช้พีแอลซีจะสูงที่สุด แต่เมื่อเวลาผ่านไปการใช้งานระบบนี้จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการดูแลผลผลิตต่ำกว่าแปลงที่ใช้อุปกรณ์ตั้งเวลา และใช้แรงงานคนที่ต้นทุนของระบบนั้นถูกกว่า และหากดูแนวโน้มของกราฟแล้วเมื่อใช้งานระบบต่อไปก็จะทำให้ต้นทุนรวมทั้งหมดนั้นมีค่าน้อยกว่าแปลงที่ใช้อุปกรณ์ตั้งเวลา และแปลงที่ใช้แรงงานคน



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงต้นทุนในการเพาะปลูกแบบใช้พีแอลซี, ตัวตั้งเวลา และใช้แรงงานคน

4.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองระบบอัตโนมัติและตรวจสอบการทำงานสำหรับเกษตรอัจริยะ จะพบว่าแปลงที่ใช้พีแอลซีในการควบคุมการรดน้ำสามารถดูแปลงเพาะปลูกให้ผลผลิตเจริญเติบโตได้โดยใช้น้ำในปริมาณน้อยกว่าแปลงที่ใช้ตัวตั้งเวลาในการควบคุมการรดน้ำ ซึ่งการเจริญเติบโตของพืชในแต่ละช่วงเริ่มตั้งแต่ต้นอ่อนไปจนถึงช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยวจะใช้ปริมาณน้ำในกระบวนการเจริญเติบโตที่ไม่เท่ากันแต่ในการทดลองเป็นการให้น้ำกับพืชตามความชื้นภายในดินเท่านั้น จะเห็นได้ว่าพืชบางชนิดที่ใช้ในการทดลองจะมีการเจริญเติบโตได้ไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นในการปลูกพืชควรจะต้องมีการศึกษาความต้องการน้ำของพืชในแต่ละชนิด ในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโตของพืชว่าต้องการน้ำปริมาณเท่าไรเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ นองจากนั้นยังมีปัจจัยทางด้านการวัด และการควบคุมของระบบและอุปกรณ์โดยแยกพิจารณาดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวัดความชื้นในดินควรจะมีการแสดงค่าความชื้นด้วยว่าระบบรดสั่งน้ำที่ความชื้นในดินมีค่าเท่าไร และรดน้ำตามการวัดค่าความชื้นในดิน กล่าวคือระบบจะสั่งหยุดรดน้ำก็ต่อเมื่อความชื้นในดินมีความเหมาะสมตามค่าที่เราได้ตั้งไว้

2. ค่าอุณหภูมิและความชื้นในอากาศควรจะนำมาวิเคราะห์ และเป็นตัวกำหนดในการรดน้ำให้กับพืชด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้มีความแม่นยำในการคำนวณยิ่งขึ้น

3. เซนเซอร์ที่ใช้วัดความชื้นในดินควรเป็นเซนเซอร์ที่ใช้ตัววัดแบบคาปาซิทีปเพื่อให้ใช้งานได้นานยิ่งขึ้น เนื่องจากเซนเซอร์ที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบการวัดค่าความต้านทานระหว่างอิเล็กโทรด 2 ข้างของแผ่น PCB ซึ่งจะมีการแลกปลี่ยนอิเล็กตรอนเมื่อใช้ไปสักระยะจะทำให้เกิดการสึกหรอได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยระบบควบคุมและตรวจสอบการทำงานสำหรับเกษตรอัจริยะผ่านอินเทอร์เน็ต ได้มีการจำลองการทำงานแปลงที่ 1 ด้วยการควบคุมการทำงานของพีแอลซี โดยเขียนโปรแกรมควบคุมให้ระบบทำการรดน้ำแปลงเพาะปลูกแบบอัตโนมัติตามเงื่อนไข มีการใช้ความสัมพันธ์ของความชื้นที่วัดได้มากำหนดการรดน้ำในแปลงเพาะปลูก และมีการตรวจวัดความชื้นของดินเพื่อกำหนดเงื่อนไขบนพีแอลซี ซึ่งระบบจะทำการรดน้ำพืชเมื่อความชื้นในดินน้อยหรือต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ ระบบสามารถตั้งค่าหน่วงเวลาที่ต้องการรดน้ำได้ตามความต้องการ ควบคุมระบบได้จากระยะไกลรวมถึงติดตามสภาพอากาศแวดล้อมบริเวณแปลงเพาะปลูก และยังสามารถเฝ้าดูสถานการณ์รอบบริเวณแปลงเพาะปลูกได้ตลอดเวลาด้วยการดูได้จากไอพีคาเมร่าผ่านทางหน้าเว็บไซต์บนสมาร์ทดีไวซ์ เปรียบเทียบกับแปลงที่ 2 คือการปลูกพืชโดยใช้ตัวตั้งเวลาในการควบคุมในการรดน้ำ โดยกำหนดการรดน้ำในแปลงเพาะปลูกเป็น 2 ช่วงเวลาใน 1 วัน ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบเสมือนเกษตรกรเข้าไปดูแลแปลงเพาะปลูกในทุก ๆ วัน จากการทดลองพบว่าพืชในแปลงที่ 1 มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าพืชที่อยู่ในแปลงที่ 2 แสดงให้เห็นว่าการใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติโดยมีการวัดค่าเพื่อนำไปวิเคราะห์ระบบ ทำให้ได้ผลผลิตออกมามีคุณภาพและประหยัดทรัพยากรได้อีกด้วย จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ชัดเจนเลยว่าแปลงที่ 1 ใช้น้ำในการรดน้ำให้กับแปลงเพาะปลูกน้อยกว่าแปลงที่ 2 ดังนั้นหากเกษตรกรศึกษาความต้องการน้ำของพืชก็จะทำให้ใช้ทรัพยากรได้คุ้มค่าและประหยัดได้อีกด้วย ซึ่งจากงานวิจัยระบบที่ได้ออกแบบเป็นระบบที่สามารถควบคุมได้จากระยะไกล เกษตรกรไม่จำเป็นต้องเข้าไปในพื้นที่เพาะปลูกนั่นหมายถึงทำให้ประหยัดแรงงานคนและก็สามารถเพิ่มผลผลิตที่ดี มีคุณภาพได้ทำให้เห็นว่าเราสามารถที่จัดการดูแลผลผลิตในการเพาะปลูกได้พร้อมกันในหลาย ๆ ที่ โดยเกษตรกรไม่ต้องเข้าไปพื้นที่เพาะปลูกก็สามารถดูแลให้ได้ผลผลิตเป็นไปตามที่ต้องการ

5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อ

1. หากต้องการเพิ่มประสิทธิภาพระบบควบคุม และตรวจสอบการทำงานสำหรับเกษตร อัจริยะผ่านอินเทอร์เน็ต ระบบควรปรับปรุงในส่วนของการวัดและควบคุมความชื้นในดินได้ และเสนอในรูปแบบของค่าที่เป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อความละเอียดและง่ายต่อการควบคุมยิ่งขึ้น

2. มีการสร้างแอพพลิเคชั่นบนสมาร์ทดีไวซ์เพื่อการใช้งานที่ง่ายและเพิ่มความเสถียรและความสวยงามของส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน ในส่วนของข้อมูลระบบควรจะสามารถดาวน์โหลดข้อมูลการวัดค่าต่าง ๆ ของแต่ล่ะแปลงผ่านทางสมาร์ดีไวซ์ เพื่อนำมาวิเคราะห์และพยากรณ์สภาพอากาศ และสภาพแวดล้อมในการบริหารจัดการผลผลิตและทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด

3. ควรมีการเพิ่มระบบการแจ้งเตือนปัญหาที่เกิดขึ้นบริเวณแปลงเพาะปลูกผ่านระบบ SMS เพื่อความสะดวกและความรวดเร็วยิ่งขึ้นในการแก้ไขปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] อนุภูมิภาคลุ่มแม่น้ำโขง.**“การเกษตรของไทย.”** [Online]. สืบได้จาก : http://gms.oae.go.th/Z_Show.asp?ArticleID=105. 2559

[2] ภาคภูมิ มโนยุทธ, มัลลิกา อุณหวิวรรธน์, วรรณรัช สันติอมรทัต.“ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและการต่ออุปกรณ์เสริมเพื่อใช้ในสวนยางพารา”**งานประชุมวิชาการ ECTI-CARD,** พฤษภาคม 2553. หน้า 1-6

[3] เกรียงกานต์ กาญจนะโภคิน. **“ต่อไปทุกอย่างจะเป็น Smart Device.”** [Online]. สืบได้จาก : http://www.bangkokbiznews.com/blog/detail/468586. 2558

[4] ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ. **“Smart Farm.”** [Online]. สืบได้จาก : http://smartfarmthailand.com/precisionfarming/index.php/product/micro-climate-monitoring/83-smart-farm. 2555

[5] อาคม. **“ถึงยุคปฏิวัติเกษตรไทยสู่เกษตรอัจฉริยะ Smart farm ก้าวสู่ครัวของโลก.”** [Online]. สืบได้จาก : http://www.oknation.net/blog/akom/2014/09/11/entry-1. 2557

[6] รศ.ดร.สังคม เตชะวงค์เสถียร.**“ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช.”** [Online]. สืบได้จาก : http://ag.kku.ac.th/suntec/134101/134101%20Factors%20affecting%20G-D%20(note).pdf. 2559

[7] สุพัตรา ดวงเดือน.**“ปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช.”** [Online]. สืบได้จาก : https://dongsuta.wikispaces.com/%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%88%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%A2%E0%B9%8C%E0%B8%9C%E0%B8%B9%E0%B9%89%E0%B8%AA%E0%B8%AD%E0%B8%99. 2559

[8] รศ.ดร.ดนัย บุณยเกียรติ. **“ความสัมพันธ์ของน้ำและพืช.”** [Online]. สืบได้จาก : http://web.agri.cmu.ac.th/hort/course/359311/PPHY2.htm

[9] จำเริญ ยืนยงสวัสดิ์. **“ดินและพืช.”**เอกสารประกอบการสอนคณาจารย์ภาควิชาพืชศาสตร์, หลักการกสิกรรม.ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. 2559

[10] จำเริญ ยืนยงสวัสดิ์. **“น้ำและการให้น้ำ.”**เอกสารประกอบการสอนคณาจารย์ภาควิชาพืชศาสตร์, หลักการกสิกรรม.ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. 2559

[11] วกร สีสัมฤทธิ์. **“เครื่องควบคุมระดับความชื้นในดิน.”**ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[12] สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดนครราชสีมา. **“ระบบนิเวศแหล่งน้ำในแผ่นดิน**.” [Online]. สืบได้จาก : http://www.koratnreo.org/index.php?option=com_content&view=article&id=593:2011-06-30-02-17-55&catid=82:2011-06-30-02-14-32&Itemid=237. 2559

[13] นาวาเอกเจริญ เจริญรัชต์ภาคย์. “การวัดความชื้นในบรรยากาศ.”**สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ.** เล่มที่ 2 : เรื่องที่ 4

[14] จำเริญ ยืนยงสวัสดิ์. **“ภูมิอากาศและพืช.”**เอกสารประกอบการสอนคณาจารย์ภาควิชาพืชศาสตร์, หลักการกสิกรรม.ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. 2559

[15] รัตนพล. **“ประวัติ PLC.”** [Online]. สืบได้จาก : http://www.star-circuit.com/article/PLC3.html. 2559

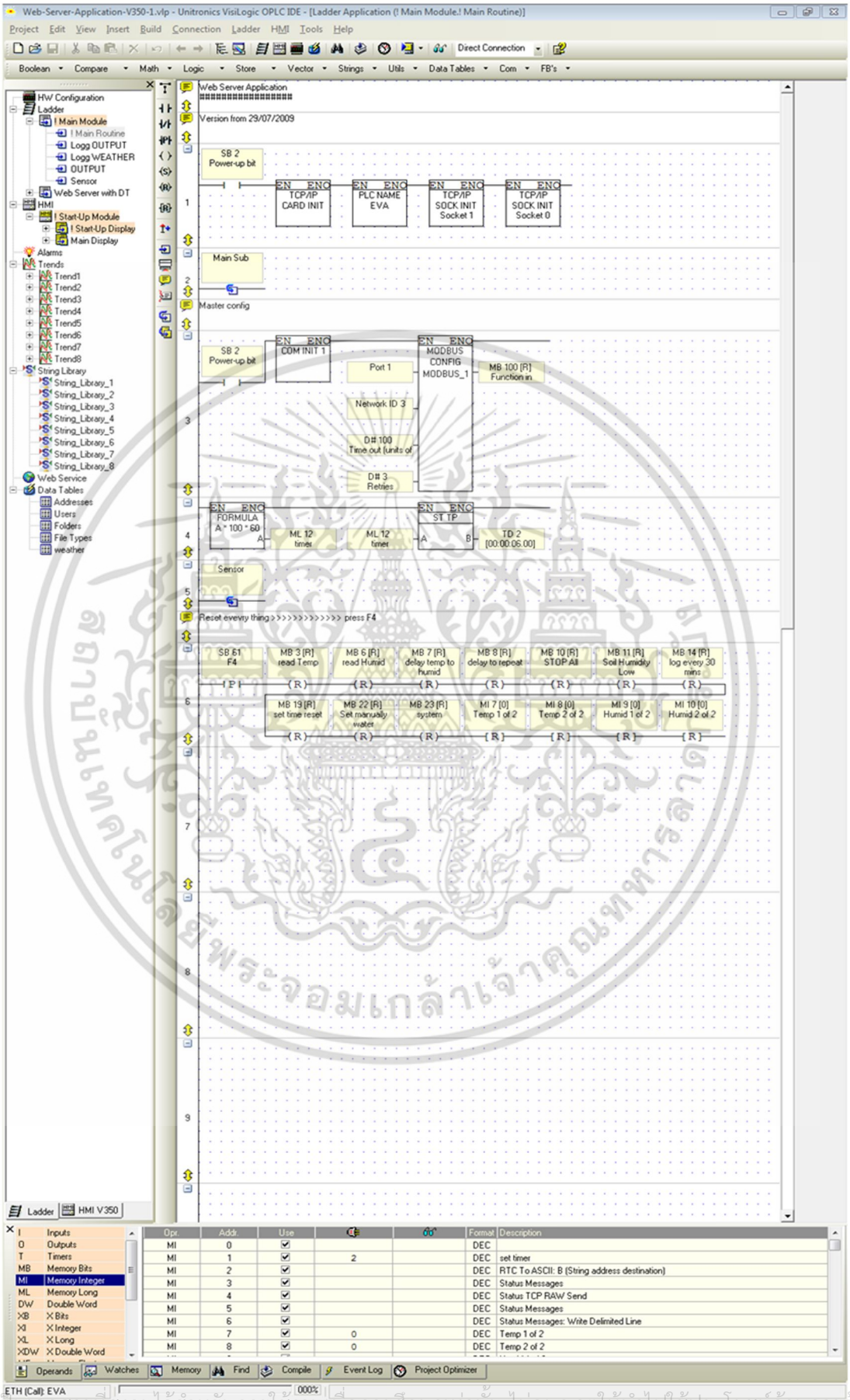
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

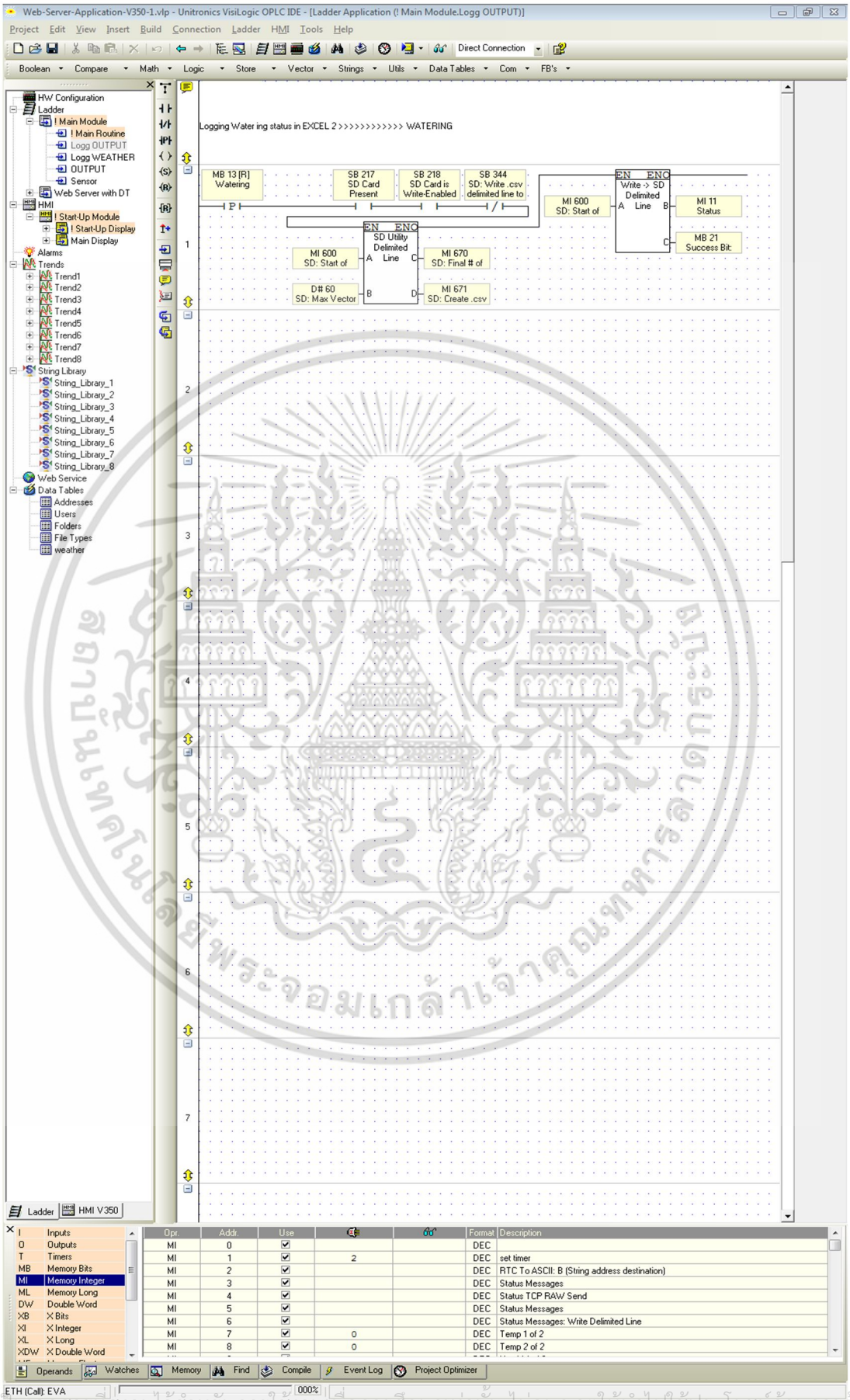
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
โปรแกรมควบคุมการทำงานในส่วนของพีแอลซี

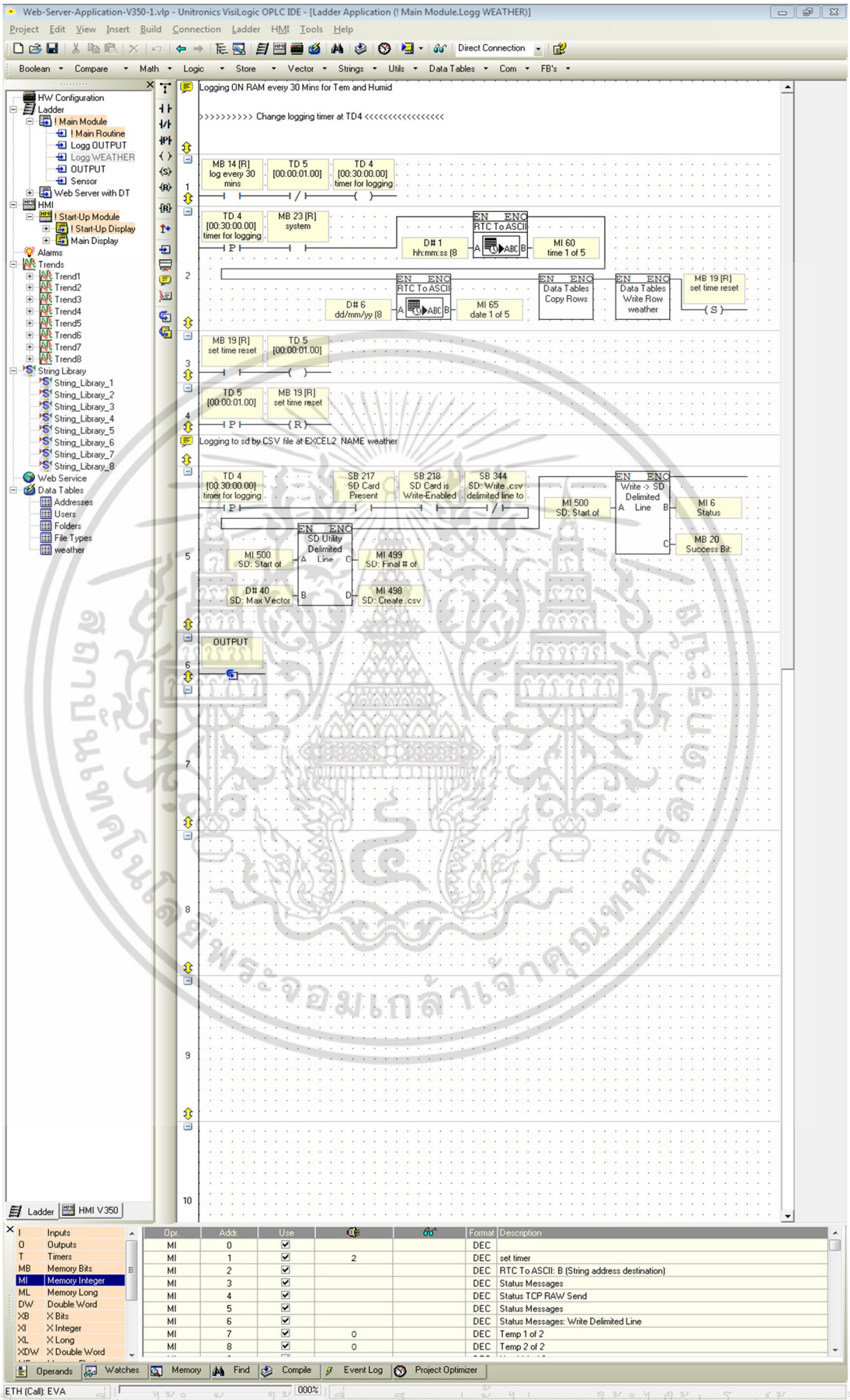
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



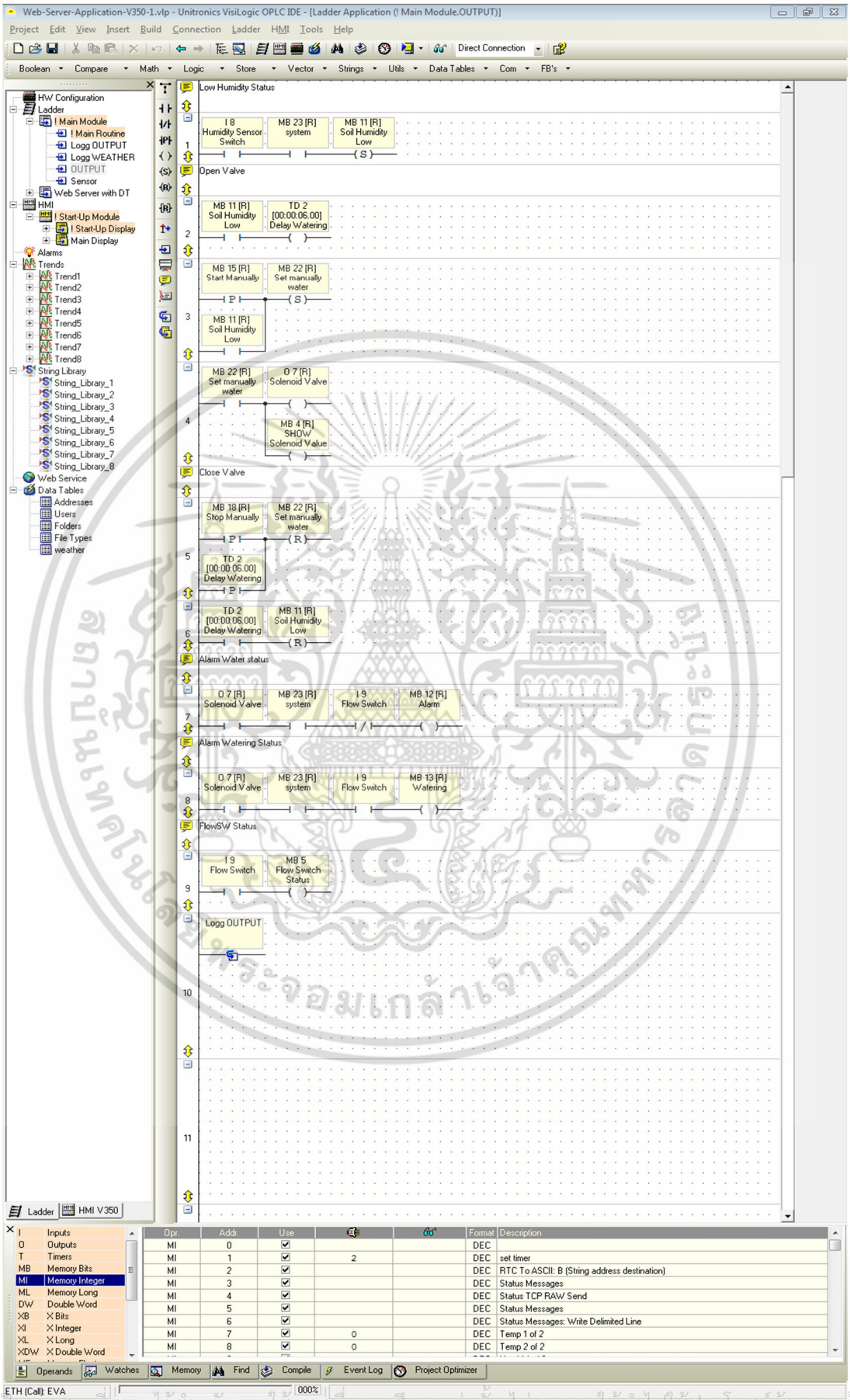
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



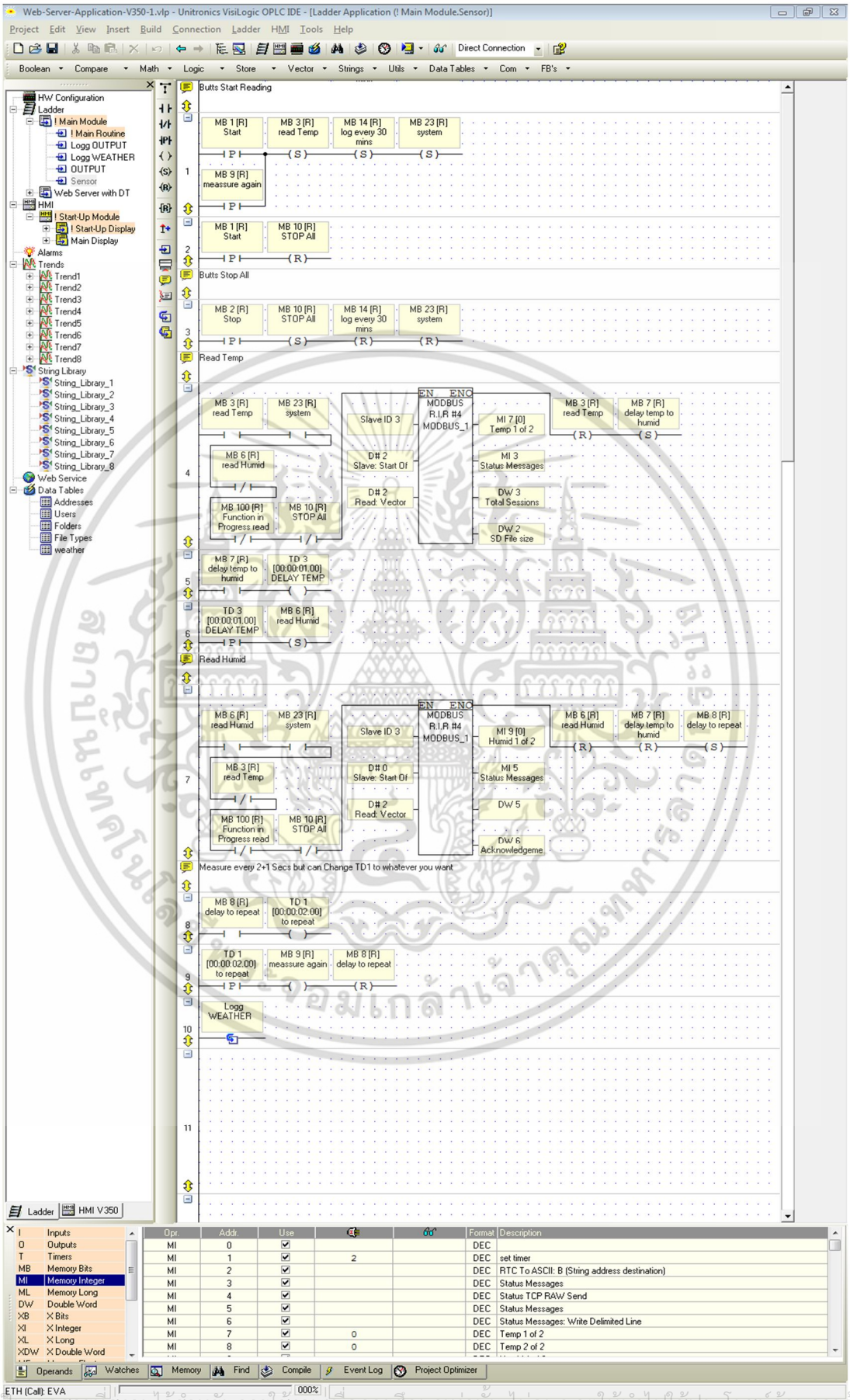
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
HTML CODE ส่วนของหน้าเว็บไซต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<html>
<head>
<meta http-equiv="Content-Language" content="th">
<meta name="GENERATOR" content="Microsoft FrontPage 12.0">
<meta name="ProgId" content="FrontPage.Editor.Document">
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=windows-874">
<meta http-equiv="refresh" content="15">
<title>success </title>
<style type="text/css">
.auto-style1 {
	text-align: center;
}
.auto-style2 {
	font-family: "TH Sarabun New";
	font-weight: bold;
	font-size: xx-large;
}
.auto-style3 {
	font-size: x-large;
	font-family: "TH Sarabun New";
}
.auto-style4 {
	font-family: "TH Sarabun New";
	font-size: x-large;
}
.auto-style5 {
	font-size: xx-large;
}
.auto-style6 {
	font-size: x-large;
}
.auto-style7 {
font-family: "TH Sarabun New";
	font-size: x-large;
	text-align: left;
	}
</style>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
</head>
<body>
<table border="1" cellpadding="0" cellspacing="0" style="border-collapse: collapse"
bordercolor="#FFFFFF" width="100%" height="80" bgcolor="#FFFFFF">
<tr>
<td width="86%" height="113">
        <div class="auto-style1">
                <font size="5" color="#FF6600"> </font><span lang="en-
us"><font face="TH SarabunPSK" color="#FF6600"><strong><span class="auto-
style5">
                </span></strong></font>
<font face="TH Sarabun New" color="#FF6600"><strong>
                <span class="auto-style5">KING
   MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
</span></strong></font></span>
</div>
<p class="auto-style1"><span lang="en-us">
<font face="TH Sarabun New" color="#FF6600"><span class="auto-style6">
        <strong>  Department of Instrumentation<span
lang="th"></span>Engineering
</strong></span></font></span>
        <p> </td>
</tr>
<tr>
<td width="86%" height="1">
<p class="auto-style1">
<font color="#000080"><span lang="en-us" class="auto-style2">Environment
        Monitoring and Control for Agricultural via Smart Device</span></font></td>
</tr>
</table>

<p><font color="#000080"><b><span lang="en-us"> </span><span
class="auto-style3">Data
form PLC</span></b></font></p>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<table border="1" cellpadding="0" cellspacing="0" style="border-collapse: collapse"
bordercolor="#111111" width="100%" height="116">
<tr>
<td width="25%" height="38" class="auto-style4">Temp</td>
<td width="25%" height="38"><span lang="en-us" class="auto-
style4"> [MI0007,2,0,0]</span><span class="auto-style4"> C</span></td>
<td width="25%" height="38"><span lang="en-us" class="auto-
style4"> </span><span class="auto-style4">Solenoid Valve</span></td>
<td width="25%" height="38"><span lang="en-us" class="auto-
style4"> [MB0004,Close,Open]</span></td>
</tr>
<tr>
<td width="25%" height="37" class="auto-style4">Humid</td>
<td width="25%" height="37"><span lang="en-us" class="auto-
style4"> [MI0009,2,0,0]</span><span class="auto-style4">
        %RH</span></td>
<td width="25%" height="37"><span lang="en-us" class="auto-
style4"> </span><span class="auto-style4">Flow Switch</span></td>
<td width="25%" height="37"><span lang="en-us" class="auto-
style4"> [MB0005,OFF,ON]</span></td>
</tr>
<tr>
<td width="25%" height="39" class="auto-style4">Soil Moisture(WET/DRY)</td>
<td width="25%" height="39"><span lang="en-us" class="auto-
style4"> [MB0011,WET,DRY]</span></td>
<td width="25%" height="39"><span lang="en-us" class="auto-
style4"> </span><span class="auto-style4">Water Status</span></td>
<td width="25%" height="39"><span lang="en-us" class="auto-
style4"> [MB0003,OFF,ON]</span></td>
</tr>
</table>

<form method="GET" action="/">
<p><font face="TH SarabunPSK"><span class="auto-style6"><strong>Timer
Set:</strong>
</span></font>
```

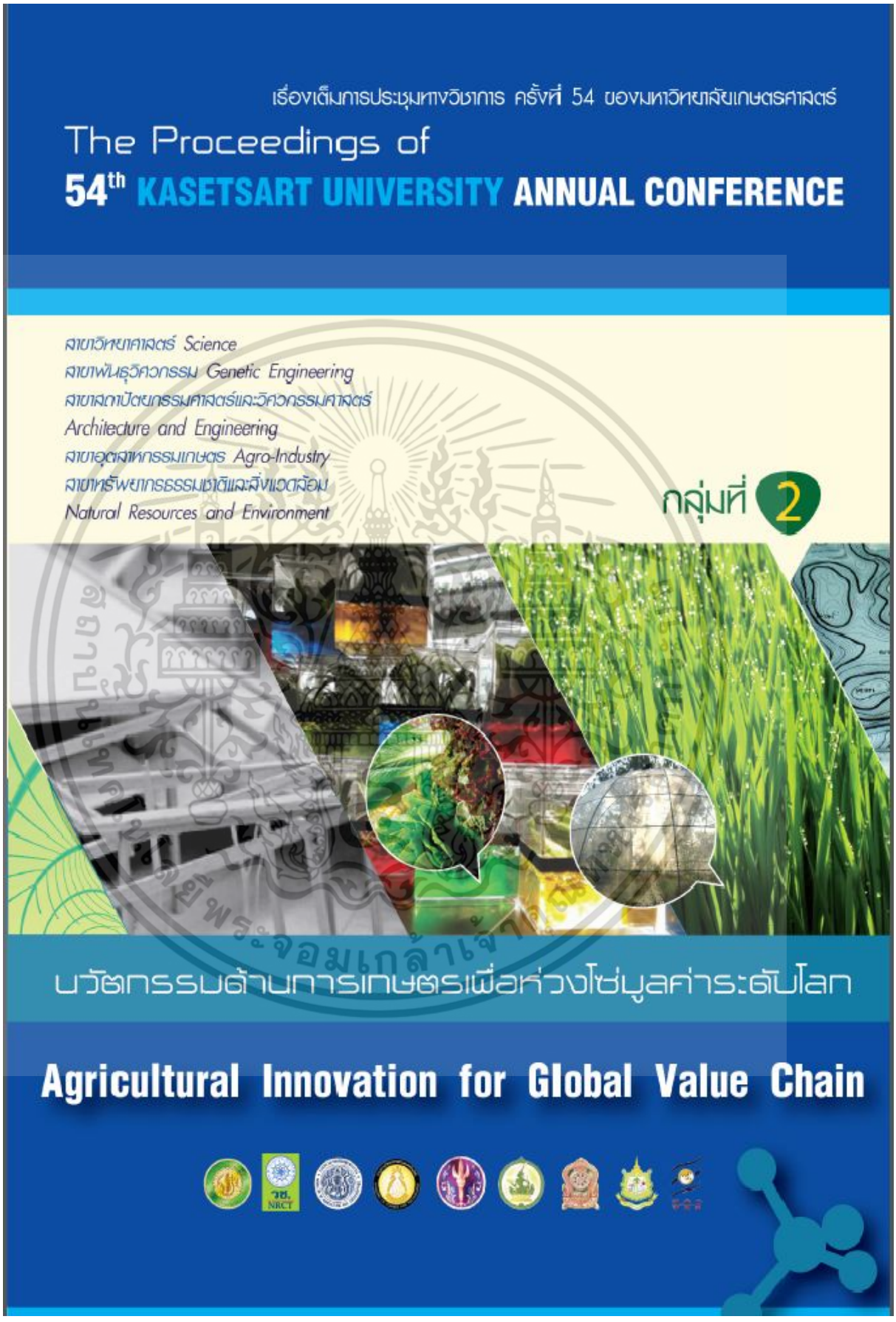
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<input type="hidden" name="/Web/Start.htm" value="1"><input type="text"
name="Data2" size="10"> <input type="submit" value="Send Data"
name="B1"></p>
</form>
<p><span lang="en-us" class="auto-style4"><strong>Timer</strong></span><span
class="auto-style4"><strong>
at present:</strong></span><span lang="en-us" class="auto-
style4"> [MI0001,0,0,0]</span><span class="auto-style4">
<strong>Mins.</strong></span></p>

<span class="auto-style3">

<a href="http://ins34.dyndns.info:8888/web/index.html"
target="_blank"><strong>Watch IPCamera01
</strong></a></span>
<p class="auto-style7">Watering Data:  <INPUT TYPE="button"
VALUE="Download data file"
onClick="parent.location='http://ins34.dyndns.info:8888/web/index.html'">
</p>
<p class="auto-style7">Temperature and Humidity Data:  <input type="submit"
value="Download data file"
name="http://ins34.dyndns.info:8888/web/index.html"></p>
<p class="auto-style7">Alarm Data:  <input type="submit" value="Download
data file" name="http://ins34.dyndns.info:8888/web/index.html"></p>
<p> </p>
</body>
</html>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.
ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำวิทยานิพธ์และได้รับการตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมและติดตามสภาพแวดล้อมเพื่อการเกษตรผ่านสมาร์ทดีไวซ์

Environment Monitoring And Control For Agriculture Via Smart Device

ศศิมาภรณ์ มงคลพิทักษ์[1*] และ ทวีพล ซื่อสัตย์[1]

Sasimaporn Mongkolpitak[1*] and Taweepol Suesut[1]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอระบบควบคุมอัตโนมัติที่ติดตามสภาพแวดล้อมเพื่อการเกษตรผ่านสมาร์ทดีไวซ์ โดยมีตัวควบคุมแบบตรรกะที่โปรแกรมได้ (PLC) ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมซึ่งรับข้อมูลจากตัวเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น และยังทำหน้าที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัวสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานระยะไกล และวิเคราะห์ข้อมูล ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีผู้ปฏิบัติอยู่บริเวณพื้นที่เพาะปลูก นอกจากนี้ผู้ปฏิบัติงานยังสามารถใช้สมาร์ทดีไวซ์ผ่านกล้องไอพีเพื่อตรวจสอบความผิดปกติ และการเจริญเติบโตของพืชได้อีกด้วย ในการทดลองได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการควบคุมระบบ 2 วิธี คือ วิธีแรกเป็นการควบคุมตามเวลา ซึ่งโปรแกรมการรดน้ำทุกเช้าเย็น วิธีที่สองเป็นการรดน้ำตามสภาวะของอุณหภูมิและความชื้น จากผลการทดลองพบว่าวิธีที่สองให้ผลการประหยัดน้ำได้ดีกว่าและการเจริญเติบโตของพืชดีกว่า และได้มีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ในงานวิจัยนี้ช่วยประหยัดทั้งแรงงาน และทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ABSTRACT

This paper presents the automatic system for control and monitoring the agricultural plant via smart device. The programmable logic controller (PLC) is the controller getting data from the temperature sensor and the humidity sensor and also works as an embedded web server for remote operation and data analysis that the human is not necessary to operate at the vegetable plant. Moreover, the operator can use the smart device to observe the vegetable plant via the IP camera in order to check the abnormal event as well as the growing of the plant. The experiment setup has been compared between two control algorithms. The first algorithm is time-based control system which the watering is done every morning and evening. The second algorithm is condition-based control system which the watering is depended on temperature and humidity condition. The experiment result is shown that the second algorithm can be saved the water and better growing rate and the economic analysis was discussed. This work can be saved the labor cost and resources efficiently.

Key Words : PLC, IP camera, smart device

*Corresponding author ; e-mail address : sasimaporn.m@gmail.com

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อ.ลาดกระบัง กรุงเทพฯ, 10520

[1]Department of Instrumentation and Control Engineering , Faculty of Engineering , King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok , 10520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ปัจจุบันการเกษตรกรรมมีความต้องการเพิ่มคุณภาพ และปริมาณของผลผลิต จึงมีการนำเสนอผลงานที่จะช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าว คือ การตรวจสอบสภาพของสิ่งแวดล้อมในบริเวณที่เพาะปลูก เพื่อทำการปรับปรุงและแก้ไขสภาพต่างๆ ของสิ่งแวดล้อม เช่น การเพิ่มน้ำให้กับพืชโดยการตรวจสอบความชื้นภายในดิน ซึ่งมีการใช้งานเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายมาประยุกต์ใช้งานเพื่อตรวจสอบสภาพของสิ่งแวดล้อม (ภาคภูมิ มโนยุทธ, มัลลิกา อุณหวิวรรธน์, วรรณรัช สันติอมรทัต. 2010) สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำ Smart Device (Tab Phone, Tablet, Smart Phone, PC, Notebook) มาพัฒนาใช้กับระบบให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับในปัจจุบันมีการใช้งาน Smart Device อย่างแพร่หลาย หากนำอุปกรณ์เหล่านี้มาประยุกต์ใช้เพื่อตรวจสอบสภาพของสิ่งแวดล้อมจะทำให้ง่ายต่อการเข้าถึงและสะดวกในการใช้งานในทุกสถานที่

การปลูกพืชผลการเกษตรที่อยู่ในพื้นที่ห่างไกล เกษตรกรอาจไม่สามารถไปดูแลได้ตลอดเวลา จึงได้มีการนำระบบและอุปกรณ์มาประยุกต์ใช้ดูแลพืชผลทางการเกษตร เพื่อติดตามสภาพแวดล้อม และดูแลผลผลิตให้ได้ผลตามที่คาดหวัง และสามารถทดแทนการจ้างแรงงานคนในการดูแลพืชผลที่เพาะปลูก ซึ่งในสภาวะปัจจุบันค่าแรงได้พุ่งสูงขึ้น อีกทั้งยังสามารถนำเวลาที่จะต้องเข้าไปดูแลพืชผลที่เพาะปลูกส่วนนี้ ไปใช้ในกิจกรรมส่วนอื่นเพื่อเป็นรายได้เสริม หรืออาจจะทำให้เกษตรกรสามารถเพาะปลูกพืชผลได้ในจำนวนที่มากขึ้น

งานวิจัยระบบควบคุม และติดตามสภาพแวดล้อมเพื่อการเกษตรผ่าน Smart Device ได้ถูกออกแบบมาให้มีความยืดหยุ่นต่อการนำไปใช้งาน คือสามารถนำไปใช้เป็นตัวควบคุมในการรดน้ำพืช ได้ทุกพื้นที่ และยังสามารถติดตามสภาพแวดล้อมของบริเวณพื้นที่แปลงเพาะปลูก เพื่อนำข้อมูลสภาพอากาศที่ได้มาช่วยวิเคราะห์การให้น้ำพืชในขณะนั้นอีกด้วย งานวิจัยนี้จะทำการติดตามสภาพอากาศ และดูแลผลผลิตซึ่งเป็นการฝ่าติดตามผลผ่านหน้าเว็บไซต์โดยที่ PLC จะควบคุมระบบ จัดเก็บข้อมูลจากตัวเซนเซอร์จากนั้นวิเคราะห์การทำงานของระบบแล้วแสดงค่าที่วัดได้ขึ้นบนหน้าเว็บไซต์ทำให้ผู้ใช้เห็นข้อมูลของสภาพแวดล้อมในเวลาขณะนั้น ในการดำเนินวิจัยครั้งนี้จะควบคุมผ่าน Smart Device และสามารถเฝ้าดูสถานการณ์รอบๆ แปลงเพาะปลูกได้ตลอดเวลาด้วยการดูผ่าน IP Camera ซึ่งสะดวกต่อการเฝ้าติดตามผลในระยะไกลโดยที่เกษตรกรไม่จำเป็นต้องอยู่ในพื้นที่แปลงเพาะปลูก

อุปกรณ์และวิธีการ

การออกแบบระบบ

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์การวัดค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้นของอากาศและดิน รวมไปถึงสภาพอากาศในพื้นที่เพาะปลูก เพื่อตรวจสอบ ติดตามสภาพแวดล้อมและการทำงานต่างๆ ของระบบ ผ่านทางหน้าเว็บไซต์ โดยใช้ PLC ในการควบคุมสั่งการระบบ การตรวจวัดความชื้นในดินรวมไปถึงอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์บริเวณแปลงเพาะปลูกข้อมูลเหล่านี้จะสามารถนำมาวิเคราะห์การให้น้ำแก่พืช เมื่อระดับความชื้นในดินอยู่ในระดับต่ำกว่าที่ตั้งค่าไว้ ระบบจะสั่งให้น้ำกับพืชโดยจะแสดงข้อมูลที่ระบบตรวจวัด ควบคุมการทำงาน ผ่านหน้าเว็บไซต์บนอุปกรณ์ Smart Device และสามารถติดตามติดตามสถานการณ์ในบริเวณแปลงทดลองได้โดยผ่าน IP Camera เปรียบเทียบกับแปลงเพาะปลูกที่ตั้งเวลาในการรดน้ำให้กับพืช โดยไม่มีการตรวจสอบและติดตามสภาพแวดล้อมบริเวณแปลง กำหนดให้ในแต่ละวันมีการรดน้ำคือ ช่วงเช้า และช่วงเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และการประมวลผล

ในการทดลองนั้นทางผู้วิจัยเลือกใช้ PLC ของ Unitronics รุ่น V350-35-T2 ซึ่งมี สัญญาณขาเข้า (input) ได้แก่ เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor), ทรานสมิตเตอร์วัดความชื้น และอุณหภูมิ (Humidity & Temperature Transmitter), โฟลว์สวิตช์ (Flow Switch) และสัญญาณขาออก (output) ได้แก่ โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) การตรวจวัดปริมาณความชื้นในดินจะใช้อุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในดิน การวัดค่าความชื้นในดินนั้นจะนำเอาแท่งอิเล็กโทรด (Electrode)ปักลงไปในดินที่ต้องการวัดซึ่งก็จะสามารถอ่านค่าความชื้นของดินได้ หลักการคือ การวัดค่าความต้านทานระหว่างอิเล็กโทรด 2 ข้าง ในกรณีที่อ่านค่าความต้านทานได้น้อยก็แปลว่ามีความชื้นในดินมาก หรือดินชุ่มชื้นไม่ต้องรดน้ำ จากนั้นค่าที่อ่านได้ก็จะเอาป้อนให้กับวงจรเปรียบเทียบแรงดัน IC LM393 (DUAL DIFFERENTIAL COMPARATORS) โดยตั้งค่าได้จาก Variable Resistor ซึ่งเป็นการปรับค่าแรงดันที่ใช้ในการเปรียบเทียบ การตรวจวัดสภาพแวดล้อมจะใช้ทรานสมิตเตอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิของ Primus รุ่น HM006 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดความชื้นและอุณหภูมิในตัวเดียวกันเหมาะสำหรับติดตั้งบนผนังหรือเพดานภายในห้องเพื่อแปลงความชื้นสัมพัทธ์ 0-100% RH และอุณหภูมิ 0-100°C ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า DC 4-20 mA, 0-10 VDC อุปกรณ์ตรวจจับการไหลของน้ำหรือของเหลวในท่อส่งน้ำ เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์จะใช้โฟลว์สวิตช์ หากท่อส่งน้ำไม่มีน้ำไหลผ่านสวิทช์จะปิดปั๊มน้ำหรือมอเตอร์จะหยุดการทำงาน

หากความชื้นในดินมีค่าต่ำกว่าระดับที่ตั้งไว้รีเลย์สวิตช์จะส่งค่าไปยัง PLC เพื่อสั่งการรดน้ำให้กับพืช ทรานสมิตเตอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิจะเป็นตัววัดและส่งค่าไปยัง PLC เพื่อนำไปแสดงสถานะอุณหภูมิ และความชื้นในบรรยากาศภายในบริเวณแปลงพืช ณ ขณะนั้น สวิตช์ตรวจสอบการไหลจะใช้ตรวจสอบสถานะของน้ำและส่งค่าไปยัง PLC ว่ามีน้ำไหลเข้าสู่ระบบหรือไม่ และโซลินอยด์วาล์วใช้ในการควบคุมการเปิด-ปิดน้ำให้กับพืช โดยวาล์วจะถูกสั่งการจาก PLC ส่วนการติดตามการทำงานของระบบจะแสดงข้อมูลต่าง ๆ ของระบบผ่านหน้าเว็บไซต์บนอุปกรณ์ smart device เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถรับทราบสถานการณ์ทำงาน สามารถสั่งการเปลี่ยนแปลงค่าในการควบคุมระบบ และติดตามภาพสถานการณ์ในบริเวณแปลงทดลอง ณ เวลาขณะนั้นได้

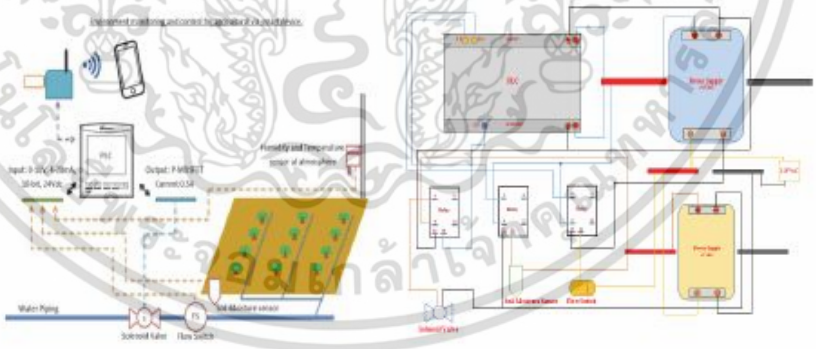


Figure 1 (A) Overall plant and system, (B) PLC connection with the trial.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบ HMI (Human Machine Interface) และ PLC

การเชื่อมต่ออุปกรณ์การทดลองเข้ากับ PLC และสามาถติดต่อกับผู้ใช้งานได้ดังแสดงตามรูปที่ 1 PLC Unitronics ใช้โปรแกรม VisiLogic ในการเขียนโปรแกรมควบคุม รวมถึงการเขียน HMI และTouchscreen ซึ่งโปรแกรมนี้สามารถดาวน์โหลดฟรีได้โดยตรงจากเว็บไซต์ Unitronic.com เมื่อดาวน์โหลดโปรแกรมแล้วจะเริ่มต้นด้วยการตั้งค่าฮาร์ดแวร์ (hardware) ที่เกี่ยวข้องกับ PLC เลือกรุ่นตาม PLC ที่เราเลือกใช้งานหากมีอุปกรณ์เสริมต้องตั้งค่าที่ส่วนนี้ด้วยในที่นี้เราจะเลือกรุ่น V350-35-T2 จากนั้นกำหนดดิจิตอลอินพุต (Digital input) และดิจิตอลเอาต์พุต (Digital output) ที่ต่อใช้งานกับ PLC สามารถเขียนแลดเดอร์ (ladder) ควบคุมการทำงานได้ที่ Tab Ladder หากต้องการเขียน HMI และเขียนให้แสดงหน้าจอสัมผัส (Touchscreen) ได้ที่ Tab HMI

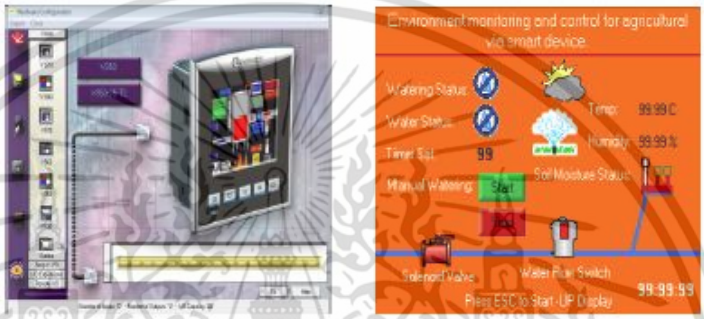


Figure 2 (A) Set up PLC (B) Main display on PLC.

Watering Status : แสดงผลว่า ณ ขณะนั้นระบบกำลังรดน้ำอยู่หรือไม่
Water Status : แสดงผลว่า ระบบสั่งรดน้ำแล้ว น้ำไหลเข้าสู่ระบบหรือไม่
Timer Set : ตั้งหน่วงเวลาการรดน้ำในแต่ละครั้ง ที่มีการส่งค่าจาก Soil Moisture Switch
Manual Watering : สั่งรดน้ำด้วยตนเอง
Temp : แสดงระดับอุณหภูมิ ณ บริเวณแปลงทดลอง
Humidity : แสดงระดับความชื้นบรรยากาศ ณ บริเวณแปลงทดลอง
Soil Moisture Status : แสดงผลว่า ระดับความชื้นในดินยังอยู่ในระดับที่ต้องการหรือไม่
Solenoid Valve : แสดงผลว่าวาล์วอยู่ในสถานะปิดหรือเปิด
Water Flow Switch : แสดงผลว่า ณ ขณะนั้น มีน้ำไหลในระบบหรือไม่

แปลงสาธิตการทดลอง

เตรียมแปลงทดลองจำนวน 2 แปลง ให้แปลงที่ 1 ใช้ PLC ควบคุมการให้น้ำกับพืชโดยเป็นแบบติดตามสถานะ และสภาพแวดล้อมบริเวณรอบๆแปลงเพาะปลูก ส่วนแปลงที่ 2 ใช้อุปกรณ์ตั้งเวลาในการควบคุมการให้น้ำแก่พืช โดยติดตั้งท่อให้น้ำพีอีพร้อมหัวจ่ายน้ำแบบฝอย องศาของการจ่ายน้ำคือ 180 องศา ระยะห่างของหัวจ่ายน้ำอยู่ที่ 30 เซนติเมตร ทั้ง 2 แปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปลงที่ 1 ใช้ PLC ควบคุมในการจ่ายน้ำโดยมีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดินเป็นตัวส่งสัญญาณไปยัง PLC เพื่อสั่งรดน้ำ ตัวอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดินที่นำมาใช้นี้เป็นชนิดรีเลย์ซึ่งสามารถปรับตั้งค่าระดับความชื้นที่ต้องการให้สวิตช์ของรีเลย์เปิดทำงานได้ การปรับตั้งค่าความชื้นที่ต้องการนี้ ได้ทำการสอบเทียบค่าความชื้นจากอุปกรณ์ตรวจวัดระดับความชื้นในดินอีกชนิดหนึ่งที่สามารถแสดงผลค่าระดับความชื้นได้ โดยจะตั้งความชื้นให้อยู่ในระดับไม่ต่ำกว่าระดับ 3 (หากต่ำกว่าระดับนี้ดินจะส่งผลให้พืชเกิดการเหี่ยวเฉา) และจะใช้โซลินอยด์วาล์วที่ถูกควบคุมโดย PLC ในการจ่ายน้ำ และมีการติดตั้งโฟลว์สวิตช์เพื่อตรวจวัดการไหลของน้ำ ส่วนแปลงที่ 2 ใช้อุปกรณ์ตั้งเวลาในการควบคุมการให้น้ำแก่พืชโดยตั้งรดน้ำเป็นช่วงเวลาระหว่าง 07:00-07:03 น.และ 18:00-18:03 น.และใช้โซลินอยด์วาล์วเป็นตัวเปิด ปิดน้ำที่ถูกควบคุมโดยอุปกรณ์ตั้งเวลา

ปลูกพืชลงในแปลงทดลองทั้ง 2 แปลง โดยเลือกพืชที่มีช่วงอายุการเจริญเติบโตประมาณ 45 วัน เพื่อให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบการเจริญเติบโต พืชที่เลือกปลูกคือ ผักกาดขาวใหญ่ ผักกวางตุ้ง ผักคะน้า และผักบุ้งจีน

Figure 3 Crops planting demonstration before and after planting

ในบริเวณแปลงจะทำการติดตั้ง IP Camera ไว้เพื่อติดตามสถานการณ์ และเฝ้าดูการเจริญเติบโตของพืชในบริเวณแปลงได้ผ่านหน้าเว็บไซต์บนอุปกรณ์ smart device

Figure 4 (A) Communication via webpage on smart device, (B) IP Camera to monitor the situation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

ระบบควบคุมและติดตามสภาพแวดล้อมเพื่อการเกษตรผ่าน ได้ทำการตรวจจับความชื้นของดิน และสภาพอากาศ โดยมีการกำหนดเงื่อนไขบน PLC ทำให้ระบบจะทำการรดน้ำให้กับพืชเมื่อดินมีความชื้นน้อย หรือต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ ซึ่งจะมีการกำหนดค่าให้มีการรดน้ำที่ให้กับพืชอย่างเหมาะสม โดยสามารถป้อนเวลาในการรดน้ำตามที่ต้องการ หรือตั้งเวลาในการรดน้ำในแต่ละครั้งที่ระบบสั่งรดน้ำได้ โดยสั่งชุดควบคุมผ่านทางหน้าเว็บไซต์ หรือ Smart Device จากการทดลองพบว่าพืชที่อยู่ในแปลงที่ 1 ซึ่งได้ใช้ PLC ในการควบคุมการให้น้ำโดยผ่านการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมบริเวณรอบๆ แปลง มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าพืชที่อยู่ในแปลงที่ 2 ที่ใช้อุปกรณ์ตั้งเวลาในการควบคุมการให้น้ำ หากเปรียบเทียบความเจริญเติบโตของพืชในแต่ละชนิดพบว่า ผักบุ้งเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีทั้งในแปลงที่ 1 และ 2 ส่วนผักกาดขาวใหญ่ และผักคะน้าเจริญเติบโตได้ดีในแปลงที่ 1 และผักกวางตุ้งเจริญเติบโตได้ไม่ดีทั้งในแปลงที่ 1 และ 2 โดยการวัดการเจริญเติบโตของพืชวัดได้จากขนาดของใบ โดยผักกาดขาวใหญ่ ผักกวางตุ้ง ผักคะน้า วัดความกว้างของใบ และผักบุ้งจีนวัดได้ความยาวของใบ จาก Figure 5 และ 6 จะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาผ่านไปการเจริญเติบโตของพืชแปลงที่ 2 จะคงที่และตายในที่สุด ซึ่งพืชในแปลงที่ 1 นั้นอาจได้รับการควบคุมระดับความชื้นในดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่ตลอดเวลา แตกต่างจากพืชที่อยู่ในในแปลงที่ 2 ที่ใช้อุปกรณ์ตั้งเวลาในการควบคุมการให้น้ำ ซึ่งความชื้นในดินอาจอยู่ในระดับที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ความชื้นในดินของแปลงที่ 2 อาจอยู่ในระดับสูงจนเกินไป อีกทั้งหากเกิดฝนตกแปลงทดลองที่ 2 ก็จะยังคงรดน้ำอยู่ตามเวลาที่ได้ตั้งไว้ ส่งผลให้รากของพืชบางชนิดที่ไม่ชอบน้ำมาก เกิดการเน่า และตายได้ ส่วนในแปลงที่ 1 ที่ถูกควบคุมโดย PLC นั้น สามารถติดตามผลได้ผ่านทางหน้าเว็บไซต์บนอุปกรณ์ Smart Device และเฝ้าดูสถานการณ์รอบๆ แปลงทดลองได้ตลอดเวลาด้วยการดูผ่าน IP Camera ซึ่งสะดวกต่อการเฝ้าติดตามผลในระยะไกลโดยไม่จำเป็นต้องอยู่ในพื้นที่แปลงเพาะปลูก

Figure 5 The trial period of the crop for 20 days
(1) Plot 1: Using PLC control watering, (2) Plot 2 : Using Timer control watering

Figure 6 The trial period of the crop for 45 days
(1) Plot 1: Using PLC control watering, (2) Plot 2 : Using Timer control watering

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจากการทดลองได้มีการคำนวนหาความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์คือ แปลงที่ 1 เป็นระบบที่ใช้ PLC และเซนเซอร์ในการควบคุมระบบ มีต้นทุนระบบคิดเป็นเงินประมาณ 30,000 บาท ปริมาณน้ำที่ใช้คิดเป็นเงินประมาณ 44 บาท ส่วนแปลงที่ 2 เป็นระบบที่ใช้อุปกรณ์ตั้งเวลาซึ่งระบบนี้จะเป็นตัวแทนระบบที่ใช้แรงงานคนในการรดน้ำมีต้นทุนระบบประมาณ 48,000 บาท ปริมาณน้ำที่ใช้คิดเป็นเงินประมาณ 200 บาท การคำนวนนี้จะคิดที่ระยะเวลาในการปลูกพืชคือ 40 วัน จำนวน 200 แปลง แบ่งเป็นแปลงที่ใช้ PLC 100 แปลง และแปลงที่ใช้แรงงานคน 100 แปลง ซึ่งค่าน้ำของทั้ง 2 แปลงคิดจากร้อยล่ะที่คำนวนจากความถี่ของการรดน้ำ จะเห็นได้ว่าต้นทุนระบบของแปลงที่ 1 น้อยกว่าแปลงที่ 2 เท่ากับ 18,156 บาท ซึ่งถ้าเทียบการปริมาณผลผลิตที่เท่ากันแล้วแปลงที่ 1 จะมีความคุ้มค่ามากกว่าแปลงที่ 2

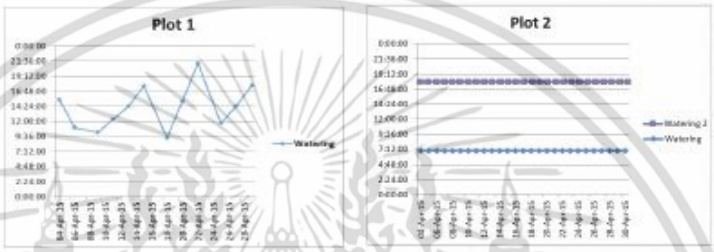


Figure 7 Show watering of Plot 1 and Plot 2

สรุป

งานวิจัยระบบควบคุมและติดตามสภาพแวดล้อมเพื่อการเกษตรผ่าน Smart Device จำลองการทำงานแปลงที่ 1 ด้วยการควบคุมการทำงานของ PLC โดยเขียนโปรแกรมควบคุมให้ระบบทำการรดน้ำแปลงเพาะปลูกแบบอัตโนมัติตามเงื่อนไข โดยมีการใช้ความสัมพันธ์ของความชื้นที่วัดได้มากำหนดการรดน้ำในแปลงเพาะปลูก และมีการตรวจจับความชื้นของดินเพื่อกำหนดเงื่อนไขบน PLC ซึ่งระบบจะทำการรดน้ำพืชเมื่อความชื้นในดินน้อยหรือต่ำกว่าค่าที่กำหนดเอาไว้ ระบบสามารถตั้งค่าหน่วงเวลาที่ต้องการรดน้ำ ควบคุมระบบได้จากระยะไกล รวมถึงติดตามสภาพอากาศแวดล้อมบริเวณแปลงเพาะปลูก และสามารถเฝ้าดูสถานการณ์รอบบริเวณแปลงเพาะปลูกได้ตลอดเวลาด้วยการดูผ่าน IP Camera ผ่านทางหน้าเว็บไซต์บน Smart Device เปรียบเทียบกับแปลงที่ 2 คือการปลูกพืชโดยใช้ตัวตั้งเวลาในการควบคุมในการรดน้ำ โดยกำหนดให้รดน้ำเป็น 2 ช่วงเวลาต่อ 1 วัน ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบเหมือนเกษตรกรเข้าไปดูแลแปลงในทุกๆ วัน จากการทดลองพบว่าแปลงที่ 1 มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าพืชที่อยู่ในแปลงที่ 2 แสดงให้เห็นว่าการใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติโดยมีการวัดค่าเพื่อนำไปวิเคราะห์ระบบ ทำให้ได้ผลผลิตออกมามีคุณภาพ และประหยัดทรัพยากรได้อีกด้วย จาก Figure 7 เห็นได้ชัดเจนเลยว่าแปลงที่ 1 ใช้น้ำในการรดน้ำให้กับแปลงเพาะปลูกน้อยกว่าแปลงที่ 2 ดูได้จากความถี่ของการรดน้ำที่แสดงในกราฟซึ่งจะเห็นได้ว่าประหยัดน้ำได้ถึงร้อยล่ะ 78 เมื่อเทียบจากการให้น้ำกับพืชของแปลงที่ 2 ดังนั้นหากเกษตรกรศึกษาความต้องการน้ำของพืชก็จะทำให้ใช้ทรัพยากรได้คุ้มค่า และประหยัดได้อีกด้วย ซึ่งจากงานวิจัยระบบที่ออกแบบเป็นระบบที่สามารถควบคุมได้จากระยะไกล เกษตรกรจึงไม่จำเป็นต้องเข้าไปในพื้นที่เพาะปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั่นหมายถึงทำให้ประหยัดแรงงานคน แต่ก็สามารถเพิ่มผลผลิตที่ดี มีคุณภาพได้อีกด้วย ทำให้เห็นว่าเราสามารถที่จัดการดูแลผลผลิตในการเพาะปลูกได้ พร้อมๆ กันในหลายๆ ที่ โดยที่เกษตรไม่ต้องเข้าไปพื้นที่เพาะปลูกก็สามารถทำให้ได้ผลผลิตตามที่ต้องการ และมีคุณภาพ

เอกสารอ้างอิง

จำเริญ ยืนยงสวัสดิ์. **น้ำและการให้น้ำ**. 2558. คณะทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ แหล่งที่มา: http://natres.psu.ac.th/Department/plantscience/510-111web/book/book%20content.htm/chapter09/agri_09.htm, 10 พฤศจิกายน 2558.

เกรียงกานต์ กาญจนะโภคิน. 2555. **ต่อไป ทุกอย่างจะเป็น** Smart Device. แหล่งที่มา: http://www.bangkokbiznews.com/blog/detail/468586, 10 พฤศจิกายน 2558.

ภาคภูมิ มโนยุทธ, มัลลิกา อุณหวิวรรธน์, วรรณรัช ลันติอมรหัต. (2553). **ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและการต่ออุปกรณ์เสริมเพื่อใช้ในสวนยางพารา**. งานประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2010. (1) : 1-6.

ระวิน ลิบค้า. 2557. **การให้น้ำแบบหยดแก่ไม้ผลที่ปลูกเชิงแถบอนุรักษ์ในระบบเกษตรน้ำฝนบนที่ลาดชัน** วารสารนเรศวรพะเยา. (3) ธันวาคม 2557.

Beckwith, R.; Teibel, D.; Bowen, P. Report from the Field: **Results from an Agricultural Wireless Sensor Network**. In *Proceeding of 29th Annual IEEE International Conference on Local Computer Networks*, Tampa, FL, USA, 16–18 November 2004.

Yoo, S.; Kim, J.; Kim, T.; Ahn, S.; Sung, D. A2S: **Automated Agriculture System Based on WSN**. In *Proceedings of ISCE 2007. IEEE International Symposium on Consumer Electronics*, Irving, TX, USA, 20–23 June 2007.

A. Rosi, N. Bicocchi, G. Castelli, A. Corsini, M. Mamei, F. Zambonelli, M. Berti, P. Angove, B. O'Flynn, J. Hayes, D. Diamond, M. O'Grady, G.M.P. O'Hare, C.C. Vo, T. Torabi, W. Loke, and W. Seng, "**Environmental Monitoring and Task-Driven Computing**", IEEE Pervasive Computing, vol. 9(4), pp. 48-50, 2010.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวศศิมาภรณ์ มงคลพิทักษ์
วัน เดือน ปีเกิด	5 มีนาคม 2531
ที่อยู่	362/31 ถนนมิตรภาพ ซอย 13 ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
ประวัติการศึกษา	ระดับปริญญาตรี (วศบ.) ในปีการศึกษา 2550 - 2553 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมการวัดคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้