สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์อัตโนมัติ

CULTIVATION AUTOMATION SYSTEM

T139331

โดย

อภิชาติ โรยแก้ว

APICHART ROYKAEW

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. จันทร์บูรณ์ สถิตวิริยวงศ์

วพ. อ7523 2556

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน.....139331

วัน.เดือน.ปี.....30 มี.ค. 2558

.b.....

.i.....

b 12120227

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาการศึกษาอิสระ 2

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CULTIVATION AUTOMATION SYSTEM

APICHART ROYKAEW

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE

REQUIREMENTS OF THE COURSE

INDEPENDENT STUDY 2

MASTER OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT`S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2 / 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2014

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	ระบบควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์อัตโนมัติ
นักศึกษา	นายอภิชาติ โรยแก้ว
รหัสนักศึกษา	55660913
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศและการจัดการ
ปีการศึกษา	2556
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. จันทร์บูรณ์ สถิตวิริยวงศ์

บทคัดย่อ

ความต้องการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพโดยเฉพาะผักแบบปลอดสารพิษ กำลังได้รับความนิยมมากยิ่งขึ้นในปัจจุบัน เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคเกษตรก็หันมาปลูกผักแบบปลอดสารพิษมากขึ้นตามความต้องการของตลาด โดยเฉพาะการปลูกแบบผักไฮโดรโปนิกส์ แต่อย่างไรก็ตามการปลูกผักแบบไฮโดรโปนิกส์นั้นเป็นเทคโนโลยีใหม่สำหรับเกษตรกร ดังนั้นเกษตรกรจึงต้องมีความรู้ และการใช้เทคโนโลยีเพื่อช่วยควบคุมการปลูกผัก เพื่อให้ผักเจริญเติบโตได้ได้อย่างสมบูรณ์สร้างผลกำไรให้กับผู้ปลูก เนื่องจากเกษตรกลุ่มวิสาหกิจขนาดกลาง และขนาดย่อม (SME) ยังขาดเทคโนโลยีที่ช่วยในการควบคุมแปลงผักส่วนใหญ่จะใช้คนควบคุม เพราะการใช้เทคโนโลยีส่วนใหญ่ออกแบบมาสำหรับการปลูกผักในฟาร์มขนาดใหญ่ซึ่งราคาแพงไม่เหมาะกับการใช้ในฟาร์มขนาดเล็ก

ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษา และออกแบบระบบควบคุมการปลูกอัตมัติโดยใช้ระบบไมโครคอลโทรลเลอร์ ร่วมกับระบบคอมพิวเตอร์ และเครือข่าย โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนบริหารระบบสารสนเทศ และส่วนควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ โดยใช้ไมโครคอลโทรลเลอร์เก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) ค่าความเข้มข้นสารละลายอาหาร (EC) และค่าความเป็นกรดด่าง (pH) จากอุปกรณ์วัดค่า แล้วส่งไปเก็บยังฐานข้อมูล และประมวลผลที่เครื่องให้บริการแม่ข่ายในกรณีที่มีหลายโรงเรือน สำหรับขนาดเล็กสามารถใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นเครื่องให้บริการแม่ข่ายได้เลย พัฒนาระบบด้วยเทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชัน ผลจากการศึกษาเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการปลูกผักโฮโดรโปนิกส์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Cultivation Automation System
Student	Mr. Apichart Roykaew
Student ID.	55660913
Degree	Master of Science
Program	Information Technology
Major	Information Technology and Management
Academic Year	2013
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Chanboon Sathitwiriyawong

ABSTRACT

Demand for healthy food is becoming more popular in today's world, especially organic vegetable. To serve the needs of the consumer, vegetable grower is turning to grow their vegetable organically, in particular hydroponics vegetable. However, hydroponics vegetable is still a new technology for grower. Therefore, grower must be knowledgeable and use technology to monitor the growing process so the vegetable will grow to the fullest to produce a good harvest. Due to the fact that using technology to monitor the vegetable farm is still too costly for small scale SME hydroponics growers so they are still using human monitoring system instead.

Researcher has studied and designed an automatic monitoring system with the use of microcontroller incorporate with computer system and networking. This can be divided into 2 parts: information Technology and hardware by using microcontroller to collect data on temperature,relative humidity (RH), electric conductivity (EC), and potential of hydrogen ion (pH) by means of a measuring device. The data is forwarded to the server to process/analyze in the case where there are many growing houses. For small scale hydroponics vegetable farm, the microcontroller itself can be used as a server to analyze the data. Develop the system by web application the result to further enhance the efficiency of the hydroponics vegetable growing method

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการศึกษาอิสระ ระบบควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์อัตโนมัติฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. จันทร์บูรณ์ สถิตวิริยวงศ์ ที่รับเป็นที่ปรึกษาให้กับข้าพเจ้า โดยกรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำที่ดี ตรวจสอบแก้ไขเพื่อความสมบูรณ์ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือ และความรู้ที่เป็นประโยชน์สำหรับการพัฒนาระบบเป็นอย่างยิ่ง ส่งผลให้การศึกษาวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์อัตโนมัติ สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณคณาจารย์คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ คุณทรงยศ องศิริ ผู้บริหารบริษัทจิตสดใสประกอบชัย ไฮโดรโปนิกส์ จำกัด ที่ให้คำแนะนำในเรื่องการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ และอนุญาตให้ใช้ข้อมูลทางเทคนิค และรูปภาพประกอบการศึกษา ซึ่งมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาระบบ

ขอขอบคุณบริษัทไมโครชิพ เทคโนโลยี (ไทยแลนด์) จำกัด ที่อนุเคราะห์ผลิตภัณฑ์ไอซีสำหรับการจัดการ ควบคุมแรงดันไฟฟ้า และไอซีสำหรับแปลงสัญญาณจากอนาล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิตอล พร้อมทั้งการให้กำลังใจ และให้คำปรึกษาจากเจ้าหน้าที่ของบริษัทฯ เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณพี่ ๆ น้อง ๆ ชาวไอทีลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ ในการทำรายงานการศึกษาอิสระฉบับนี้

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากรายงานการศึกษาอิสระฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา และครอบครัว ผู้ซึ่งเป็นที่เคารพและรักยิ่ง

อภิชาติ โรยแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญภาพ VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 ขอบเขตของการพัฒนาระบบ 2

1.4 ขั้นตอนของการศึกษา 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 เทคโนโลยี และเครื่องมือที่ใช้ 5

2.1 เทคนิคการปลูกผักแบบไร้ดิน 5

2.2 เทคนิคการควบคุมความเป็นกรดด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) 14

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Raspberry PI 17

2.4 การวัดค่าความเข้มข้นของสารละลาย 20

บทที่ 3 การศึกษาระบบปัจจุบัน 22

3.1 การปลูกผักระบบ NFT 26

3.2 องค์ประกอบของการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ระบบ NFT 27

3.3 การปลูกและการดูแลรักษาผักไฮโดรโปนิกส์ในปัจจุบัน 30

3.4 ปัญหาและข้อจำกัดของระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิอส์ในปัจจุบัน 31

บทที่ 4 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ 33

4.1 การวิเคราะห์ความต้องการผู้ใช้งาน (Function Equipment) 34

4.2 ยูสเคสไดอะแกรม 40

4.3 แผนภาพกิจกรรม (Activitity Diagram) 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4 คลาสไดอะแกรม (Class Diagram) 50
4.5 การออกแบบฐานข้อมูล 52
4.6 การออกแบบฮาร์ดแวร์ 56
บทที่ 5 การพัฒนาระบบ 72
5.1 การพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ 72
5.2 การพัฒนาระบบฮาร์ดแวร์ 86
บทที่ 6 บทสรุป 95
6.1 สรุปผลโครงการ 95
6.2 ข้อจำกัดของการพัฒนาระบบ 96
6.3 ข้อเสนอแนะแนวทางการพัฒนาระบบเพิ่มเติม 96
บรรณานุกรม 97
ประวัติผู้เขียน 98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนโครงการศึกษา และพัฒนาระบบควบคุมการปลูกผักอัตโนมัติ 4
2.1 ส่วนประกอบของธาตุ และอนุมูลที่เจือปนในน้ำที่ใช้เตรียมสารละลาย 10
2.2 สูตรของสารละลายธาตุอาหาร 11
2.3 ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง 12
2.4 แสดงความเข้มข้นของธาตุอาหาร 13
2.5 ตารางประมาณการใช้น้ำและธาตุอาหาร A+B 16
2.6 ตารางข้อมูลความต้องการสภาพแวดล้อมของผักแต่ละชนิด 16
4.1 การวิเคราะห์ยูสเคสไดอะแกรม 36
4.2 รายละเอียดของยูสเคส User Login 42
4.3 รายละเอียดของยูสเคส Manage Employee Information 43
4.4 รายละเอียดของยูสเคส Manage User Account 44
4.5 รายละเอียดของยูสเคส Manage Vegetable Information 45
4.6 รายละเอียดของยูสเคส Manage Vegetable Plant Information 45
4.7 รายละเอียดของยูสเคส Manage Device Information 46
4.8 รายละเอียดของยูสเคส View Report Information 46
4.9 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี EMPLOYEE 57
4.10 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี USER 57
4.11 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี VEGETABLE 58
4.12 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี ZONE 59
4.13 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี VENDER 59
4.14 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี PLANT 59
4.15 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี MEASURE_RESULT 60
4.16 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี CTRL_DEVICE 61
4.17 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี DEVICE 62
4.18 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี TRIGGER_LOG 62
4.19 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี ASSIGNMENT 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.20 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี ASS_ITEM 63
4.21 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี JOB_TYPE 63
4.22 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี JOBSTATE 64
4.23 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี STATION 64
4.24 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี DEVICE_STATION 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 ระบบเอ็นเอฟที Nutrient Film Technique (NFT) 6
2.2 ระบบดีเอฟที Deep Floating Technique (DFT) 7
2.3 การปลูกพืชในวัสดุปลูก (Substrate Culture) 8
2.4 ระบบปลูกพืชให้รากลอยอยู่กลางอากาศ แอร์โรโปนิกส์ (Aeroponics) 9
2.5 โครงสร้างสถาปัตยกรรม CPU ARM1176jZF-S 18
2.6 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Raspberry Pi 19
2.7 โครงสร้างของ BCM8235 19
2.8 วงจรขยายสัญญาณโพรบวัดค่า EC 20
2.9 วงจรลดสัญญาณรบกวน Low-pass Fillter 21
3.1 รูปแบบของการจำหน่ายผักไฮโดรโปนิกส์รวมถึงพืชที่ปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน 22
3.2 ผังการทำงานระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบเดิม 23
3.3 สัมภาษณ์เจ้าของกิจการผักแบบไฮโดรโปนิกส์ 24
3.4 แปลงผักแบบไฮโดรโปนิกส์ 24
3.5 แปลงผักแบบไฮโดรโปนิกส์ 25
3.6 การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์เพื่อเสริมรายได้ 25
3.7 รางปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ 28
3.8 รางปลูกพืช 28
3.9 โต๊ะปลูก 29
3.10 ท่อส่งน้ำเข้ารางปลูกพืช 29
3.11 รางน้ำ และระบบท่อรวมสารละลาย 30
4.1 ผังการทำงานของระบบใหม่ 35
4.2 แสดงรูปแบบระบบการทำงานควบคุมกลาง และส่วนควบคุมสภาวะแวดล้อม 40
4.3 ยูสเคสไดอะแกรมระบบควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์อัตโนมัติ 41
4.4 แสดง Activity Diagram ของการจัดการการปลูกผัก 48
4.5 แสดง Activity Diagram ของการควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ 49
4.6 Class Diagram ของระบบคอมคุมของการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.7 ER Diagram ของระบบคอมคุมของการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ 54
4.8 บล๊อกไดอะแกรมการทำงานในส่วนของฮาร์ดแวร์ 65
4.9 แสดงการต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์กับไมโครคอลโทรลเลอร์ 66
4.10 ออกแบบฮาร์ดแวร์ ขนาดเล็ก 66
4.11 ระบบแปลงปลูกใช้คอมพิวเตอร์เซอร์เวอร์ทำหน้าที่เก็บฐานข้อมูล 67
4.12 ฮาร์ดแวร์ควบคุมระบบแปลงปลูกขนาดหลายโรงเรือน 67
4.13 ระบบควบคุมโรงเรือนขนาด 4.5 x 12 เมตร จำนวน 7 โต๊ะปลูก (โต๊ะขนาด 1 x 3 เมตร) 68
4.14 ระบบควบคุมโรงเรือนขนาด 6 x 21 เมตร จำนวน 12 โต๊ะปลูก (โต๊ะขนาด 1 x 6 เมตร) 69
4.15 ระบบควบคุมสำหรับ 3 โรงเรือน ขนาด 4.5 x 12 เมตร 70
4.16 โรงเรือนขนาด 6 x 21 เมตร จำนวน 12 โต๊ะปลูก (โต๊ะขนาด 1 x 6 เมตร) 71
5.1 โปรแกรมหน้าแรกของระบบ แสดงการป้อนข้อมูลผู้ใช้ และรหัสผ่าน 73
5.2 โปรแกรมหน้าหลักของระบบ 74
5.3 เมนูของระบบ 74
5.4 โปรแกรมในส่วนของการบันทึก – แก้ไขข้อมูลผัก 75
5.5 โปรแกรม แสดงรายการข้อมูลผัก 75
5.6 โปรแกรม ในส่วนของการบันทึก – แก้ไขข้อมูลผู้ขาย 76
5.7 โปรแกรม แสดงรายการข้อมูลผู้ขาย 76
5.8 โปรแกรม การบันทึก – แก้ไขข้อมูล อุปกรณ์ (Device) 76
5.9 โปรแกรม แสดงรายการข้อมูล Device 77
5.10 โปรแกรม บันทึกข้อมูลการควบคุมฮาร์ดแวร์ 77
5.11 โปรแกรม ควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์แบบแมนนวล 77
5.12 โปรแกรม แสดงการ บันทึก - แก้ไข ข้อมูลการปลูก 78
5.13 โปรแกรม แบบฟอร์มการ บันทึก - แก้ไข ข้อมูลการปลูก 78
5.14 โปรแกรม การบันทึก - แก้ไข ข้อมูลโต๊ะ/ชุดปลูก 79
5.15 โปรแกรม การบันทึก - แก้ไข ข้อมูลแปลงปลูกหรือโรงเรือน 79
5.16 โปรแกรม ส่วนของการบันทึก - แก้ไข ข้อมูลการมอบหมายงาน 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

5.17 โปรแกรม ส่วนของการติดตามข้อมูลการมอบหมายงาน 80
5.18 โปรแกรม แสดงเมนูส่วนของการดูแลระบบ 80
5.19 โปรแกรม แสดงเมนูส่วนของการเปลี่ยนแปลงรหัสผ่าน 81
5.20 โปรแกรม แสดงเมนูส่วนของการเพิ่มข้อมูลบัญชีผู้ใช้งาน 81
5.21 โปรแกรม แสดงเมนูส่วนของการแก้ไขข้อมูลบัญชีผู้ใช้งาน 81
5.22 โปรแกรม แสดงรายการข้อมูลบัญชีผู้ใช้งาน 82
5.23 โปรแกรม แสดงการจัดการข้อมูลสิทธิ์การใช้งาน 82
5.24 ตัวอย่างรายงานข้อมูลปลูกผัก 83
5.25 ตัวอย่างรายงานประวัติการปลูกผัก 83
5.26 กราฟแสดงค่า อุณหภูมิ ความชื้น ค่า pH และค่า EC ของสารละลายอาหาร 84
5.27 ตัวอย่างรายงาน แผนการสั่งงาน 84
5.28 ตัวอย่างรายงานข้อมูลผักแต่ละชนิด 85
5.29 แผงวงจรไฟฟ้าหลักของระบบควบคุม 87
5.30 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอกด้วยบัสสื่อสาร แบบ I2C 88
5.31 การเชื่อมต่อ Real Time Clock (RTC) กับไมโครคอนโทรลเลอร์ 89
5.32 การเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ กับไมโครคอนโทรลเลอร์ 90
5.33 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกแรงดันไฟฟ้าสูง กับไมโครคอนโทรลเลอร์ 91
5.34 วงจรควบคุมการทำงานของรีเลย์ 92
5.35 ตัวอย่าง มอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับพ่นหมอกในแปลงผักแบบต่างๆ 92
5.36 ตัวอย่าง หัวพ่นหมอกในแปลงผักแบบต่างๆ 92
5.37 โพรบวัดอุณหภูมิในน้ำสารละลายอาหาร 93
5.38 อุปกรณ์วัดอุณหภมิ และความชื้นสัมพัทธ์อากาศในโรงเรือน 93
5.39 โพรบวัดค่าความเข้มข้นของสารอาหาร (EC) ในน้ำสารละลายอาหาร 94
5.40 โพรบสำหรับการวัดค่าความเป็นกรด ด่าง (pH) ของน้ำสารละลายอาหาร 94
5.41 ตัวอย่าง มอเตอร์ปั๊มน้ำวนสารละลายอาหารขนาด 1 โต๊ะปลูก 94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเรามีเกษตรกรที่ปลูกผักแบบไร้ดิน หรือผักแบบไฮโดรโปนิกส์เพิ่มขึ้น เพราะความนิยมบริโภคผักปลอดสารพิษของทั้งคนไทย และคนต่างประเทศทั่วโลก ดังนั้นความต้องการของตลาดผักปลอดสารพิษจึงสูง และมีราคาแพงเมื่อเปรียบเทียบกับผักที่ปลูกบนดิน เกษตรกรจึงหันมาสนใจปลูกผักแบบไร้ดินเพื่อจัดจำหน่ายให้กับผู้บริโภคภายในประเทศ และเพื่อการส่งออกไปยังต่างประเทศเพิ่มมากขึ้น ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะเป็นประเทศที่ได้ขึ้นชื่อว่าเป็นประเทศเกษตรกรรม แต่การปลูกพืชแบบไร้ดินก็ยังถือว่าเป็นเทคโนโลยีใหม่ของเกษตรกรไทย การปลูกพืชไร้ดินต้องอาศัยความรู้ทั้งทาง ด้านเทคโนยีที่ช่วยในการปลูกผัก และเทคนิคในการปลูกพืชไร้ดินซึ่งเป็นการปลูกผักแบบเลียนแบบธรรมชาติของผัก ควบคู่กันไป มีทั้งเกตรกรที่ประสบความสำเร็จบ้างก็ล้มเหลวในการปลูกพืชไร้ดิน และยังมีอีกส่วนหนึ่งที่มีความสนใจในการปลูกพืชไร้ดิน แต่ไม่กล้าลงทุนเพราะมีความรู้ไม่เพียงพอ

ผู้ศึกษาจึงเห็นถึงความสำคัญ และมีความสนใจในการพัฒนาระบบการปลูกผักแบบไร้ดินโดยเฉพาะ กลุ่มเกษตรกรขนาดวิสาหกิจขนาดกลาง และขนาดย่อม Small and Medium Enterprise (SME) เพราะปัจจุบันการใช้ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ จะมีในกลุ่มธุรกิจขนาดใหญ่ ซึ่งมีราคาสูง ต้องใช้เงินลงทุนสูง ยากที่เกษตรกร ขนาด SME และรายย่อยจะลงทุนได้

สำหรับการศึกษา และพัฒนาชระบบต้นแบบโดยการประยุกต์ใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อเฝ้าติดตามสภาพแวดล้อมในแปลง หรือโรงเรือนเพาะปลูกทั้งแปลงในระบบปิด และระบบเปิด ได้แก่การควบคุม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายอาหาร Electric Conductivity (EC) ตลอดอายุการเพาะปลูกถึงเก็บเกี่ยว และระบบสามารถส่งข้อมูลการตรวจวัดค่าต่างๆ จากแปลงผักไปยังส่วนควบคุมกลาง โดยผ่านทางระบบเครือข่ายทั้งแบบสาย และระบบไร้สาย ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาด และลักษณะทางกายภาพของแปลงปลูก ระบบจะทำการเปรียบเทียบค่าต่างๆ ที่วัดได้จากแปลงปลูก ไปเปรียบเทียบกับค่าความต้องการของผักแต่ละชนิดที่อยู่ในระบบ เพื่อทำการวิเคราะห์สร้างรายงานให้เกษตรกรได้ทราบข้อมูลการปลูกว่าค่าต่างๆ นั้นมีความเหมาะหรือไม่ ซึ่งสามารถเข้าดูสถานะแปลงปลูกได้จากที่ไหน และเวลาใดก็ได้โดยผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จากอุปกรณ์ประเภทต่างๆ เช่นเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลแบบพกพา โทรศัพท์มือถือประเภทสมาร์ทโฟน เป็นต้น ระบบจะมีรายงานเพื่อแนะนำให้เกษตรกรดำเนินการปรับค่าต่างๆ ในแปลงให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสมตามความต้องการของผัก เจ้าของหรือหัวหน้างานสามารถใช้ข้อมูลที่ได้จากระบบ ไปทำการสั่งคนงานทำการปรับค่าต่างๆ โดยคน (Manual) เช่นค่า pH ค่า EC เป็นต้น ในเบื้องต้นระบบยังผสมผสานระหว่างระบบอัตโนมัติ และใช้แรงงานคน เหตุผลเพื่อลดต้นทุนในการผลิต และเป็นการเริ่มต้นของศึกษาระบบอัตโนมัติเพื่อจะได้นำไปพัฒนาเป็นระบบอัตโนมัติที่มีความสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไปในอนาคต

1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของการศึกษา

โครงการศึกษา และพัฒนาระบบควบคุมการปลูกผักอัตโนมัติ มีความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของการพัฒนาระบบ เพื่อธุรกิจผักขนาด SME ดังต่อไปนี้

1.2.1 เพื่อศึกษา และวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบการปลูกผักโดยเฉพาะการจัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมให้กับผักในแต่ละชนิด และสรุปหาความต้องการของระบบใหม่โดยใช้เทคโนโลยี และสารสนเทศเข้ามาช่วย

1.2.2 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศ มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในปัจจุบันให้เหมาะสม

1.2.3 เพื่อทำการวิเคราะห์ออกแบบระบบสารสนเทศ การแสดงผล พร้อมทั้งการพัฒนาระบบที่เหมาะสม

1.3 ขอบเขตของการพัฒนาระบบ

การพัฒนาระบบการควบคุมการปลูกพืชระบบอัตโนมัตินั้นมีเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องได้แก่ การประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ การสื่อสารแบบสาย และแบบไร้สายระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับไมโครคอมพิวเตอร์ และการพัฒนาระบบสารสนเทศเป็นแบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยมีขอบเขตการพัฒนาระบบดังต่อไปนี้

1.3.1 พัฒนาระบบการตรวจวัดค่าอุณหภูมิ (Temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) ความเป็นกรดด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย (EC) โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วส่งค่าที่วัดได้จากแปลงเพาะปลูกไปเก็บยังระบบฐานข้อมูล โดยผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้ทั้งแบบสาย และไร้สาย

1.3.2 พัฒนาระบบควบคุมส่วนกลางในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้สะดวกไม่จำเป็นต้องลงโปรแกรมที่เครื่องผู้ใช้ก็สามารถเข้าสู่ระบบและจัดการระบบได้โดยง่าย

1.3.3 พัฒนาระบบฐาน สำหรับเก็บข้อมูลต่างๆ ที่มีความจำเป็นในการปลูกผัก เช่น บันทึกค่าความต้องการสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมของพืชแต่ละชนิด ซึ่งข้อมูลนี้จะใช้ประโยชน์ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมวลผลเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริงจากแปลงปลูก กับค่าความต้องการของผัก เพื่อที่จะใช้เป็นข้อมูลในการควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์แบบอัตโนมัติต่อไป

1.3.4 พัฒนาระบบให้ผู้ใช้งาน และผู้ควบคุมสามารถตรวจดูผลการเจริญเติบโตของพืชแปลงจากที่ใดก็ได้โดยผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

1.4 ขั้นตอนของการศึกษา

การวิเคราะห์ และการออกแบบระบบควบคุมการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ นั้นมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1.4.1 ศึกษา และวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 ศึกษาการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ในปัจจุบันจาก ตำราวิชาการเกษตร เอกสารงานวิจัย

1.4.3 การสังเกตการณ์จากแปลงจริงโดยการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการปลูกผักแบบไฮโดรโปนิกส์

1.4.4 ศึกษาวิเคราะห์ปัญหาของระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ในปัจจุบัน

1.4.5 ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบ

1.4.6 ศึกษาข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ และอุปกรณ์ในระบบตรวจจับ (Sensor) ที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาระบบ

1.4.7 ศึกษาระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ป้องกันรักษาความมั่นคงปลอดภัยของเครือข่าย เช่น Firewall ,VPN เพราะต้องเชื่อมต่อระบบเข้ากับ ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

1.4.8 ศึกษาการใช้งานโปรแกรมฐานข้อมูล โปรแกรมออกแบบระบบ และโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

1.4.9 ขั้นตอนในการพัฒนาระบบ

- ศึกษาวิเคราะห์ความความต้องการใช้งานของระบบใหม่
- ศึกษาวิเคราะห์และออกแบบระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ด้วยระบบใหม่นำเสนอในรูปแบบแผนภาพหรือการทำงานของระบบด้วยยูเอ็มแอล (UML : Unified Modeling Language) มาใช้เป็นแนวทางในการอธิบายการทำงานของระบบ
- ออกแบบการทำงานของระบบฮาร์ดแวร์
- ออกแบบระบบฐานข้อมูลโดยใช้แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเอนทีตี (ER-Diagram)
- จัดหา และทำการทดสอบอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่จะนำมาใช้ในระบบ
- พัฒนาระบบตามแนวทางที่ได้ออกแบบเอาไว้
- พัฒนาระบบฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ตามที่ได้ออกแบบเอาไว้
- ทดสอบการทำงาน และแก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สรุปผลการวิเคราะห์ และการทำงานของระบบ
- แผนโครงการศึกษา และพัฒนาระบบควบคุมการปลูกผักอัตโนมัติ

ตารางที่ 1.1 แผนโครงการศึกษา และพัฒนาระบบควบคุมการปลูกผักอัตโนมัติ

ลำดับ	แผนการดำเนินงาน	2556							2557		
		มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	
1	ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง										
2	ศึกษาวิเคราะห์ปัญหาของระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ในปัจจุบัน										
3	ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบ										
4	ศึกษาวิเคราะห์ความต้องการใช้งานของระบบใหม่										
5	ศึกษาวิเคราะห์ และออกแบบระบบงานใหม่										
6	ออกแบบการทำงานของระบบฮาร์ดแวร์										
7	ออกแบบระบบฐานข้อมูล										
8	จัดหา และทดสอบอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่จะต้องนำมาใช้ในระบบ										
9	พัฒนาระบบตามแนวทางที่ได้ออกแบบ										
10	ทดสอบการทำงาน										
11	สรุปผลการวิเคราะห์ และการทำงานของระบบ										

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถติดตามควบคุมสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโตของผักแต่ละชนิดได้

1.5.2 สามารถใช้ฐานข้อมูลความต้องการสภาพแวดล้อมของพืชแต่ละชนิด ในการตัดสินปลูกผักให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่

1.5.3 ระบบสามารถคำนวณปริมาณการเติมสารประเภท กรด ด่าง สารอาหารของผักทั้งสูตร A B และ C ตามความเหมาะสมกับความต้องการของผักได้โดยไม่ต้องทดลองเติมจากประสบการณ์ซึ่งต้องอาศัยความชำนาญเฉพาะบุคคล ไม่เหมาะกับเกษตรกรรายใหม่ยังขาดประสบการณ์

1.5.4 ระบบต้นแบบระบบควบคุมการปลูกพืชอัตโนมัติ จะเป็นแนวทางในการสร้างระบบควบคุมการปลูกพืชในอนาคตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เทคโนโลยี และเครื่องมือที่ใช้

2.1 เทคนิคการปลูกผักแบบไร้ดิน

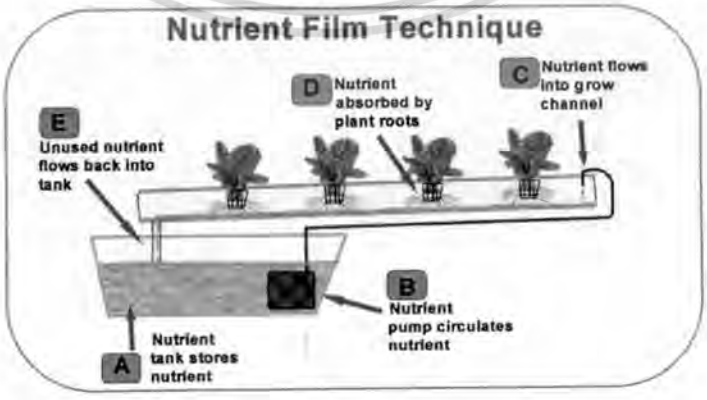
การปลูกพืชไร้ดินหมายถึง "วิธีการใดก็ตามที่ทำให้การปลูกพืชได้โดยไม่ต้องใช้ดินแต่จะใช้วัสดุอื่นๆ แทน เช่น การปลูกพืชให้รากลอยอยู่ในอากาศการปลูกพืชในสารละลาย หรือการปลูกพืชในวัสดุปลูกเช่น ทรายแกลบ และวัสดุอื่นๆ โดยให้สารละลายธาตุอาหารที่จำเป็นต้องการเจริญเติบโตแก่รากโดยตรงในปริมาณที่เหมาะสมแทนธาตุอาหารที่มีอยู่ในดิน ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการปลูกในส่วนที่เกี่ยวข้องกับดิน เช่นดินมีคุณภาพต่ำ มีความเค็มสูงหรือมีโรคระบาดอีกทั้งการปลูกพืชไร้ดินนี้ยังสามารถควบคุมคุณภาพ และปริมาณของผลผลิตให้ได้ตามต้องการ" (นิพลธ์ ไชยมงคล. 2556) ไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics) เป็นคำที่มาจากภาษากรีก 2 คำ คือคำว่า "ไฮโดร (Hudor = Water) แปลว่าน้ำ , และคำว่า Ponos = work, หรือ water working หรือ Soil-less plant cultivation) (อภิชาติ ศรีสอาด และอัมพา คำวงษา. 2553) การปลูกพืชไร้ดินนั้นมีอยู่หลายรูปแบบ ได้แก่แบบ Aggregate System หรือการปลูกพืชในวัสดุอื่นๆ ที่ไม่ใช่ดิน กรวด (Gravel Culture) ทราย (sand culture) เปลือกไม้ (bark culture) ขี้เลื่อย (saw – dust culture) เส้นใย สังเคราะห์ (Rock wood) ปุ๋ยหมัก (Compost fiber culture) สารละลาย (water culture) เป็นต้น (อภิชาติ ศรีสอาด และอัมพา คำวงษา. 2553) จะเห็นได้ว่าการปลูกพืชไร้ดินในปัจจุบันนั้นมีทั้งการปลูกแบบแบบใช้น้ำและการปลูกพืชในวัสดุอื่นๆ ที่ไม่ใช้ดิน แล้วรดด้วยน้ำสารละลายอาหารพืช (นิพลธ์ ไชยมงคล. 2556) "การปลูกพืชแบบนี้เป็นการเลียนแบบธรรมชาติในการเจริญเติบโตของพืช โดยการปลูกพืชแบบนี้ไม่ได้ปลูกในดิน มีการควบคุมการให้สารอาหารพืชลงในวัสดุปลูก สำหรับการปลูกพืชในน้ำนั้นก็จะควบคุมการไหลเวียนของอากาศในสารละลายพืช และมีการควบคุมความชื้น ซึ่ง เทคนิคต่างๆ เหล่านี้รวมเรียกว่าการปลูกพืชไม่ใช้ดิน (Soilless Culture) แทนคำว่าไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics) ก็ได้" วัตถุประสงค์ของการปลูกพืชไร้ดิน การปลูกพืชไร้ดินเป็นการปลูกพืชตามความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่ ที่มีปัญหาในเรื่องของสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม สภาพอากาศ ดิน น้ำ แรงงาน และการสะสมของโรคในดิน (อภิชาติ ศรีสอาด และอัมพา คำวงษา. 2553) และปัจจัยสำคัญอีกอย่างในปัจจุบันคือพืชที่เพาะปลูกไม่เพียงพอสำหรับการปลูกพืชบนดินสำหรับเกษตรกรบางราย หรือผู้ที่ไม่ใช่เกษตรกรโดยอาชีพ แต่มีความต้องการปลูกแต่มีพื้นที่น้อย จึงมีความสนใจในการปลูกพืชแบบไร้ดินกันมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์

การปลูกพืชในสารละลาย (Water Culture) เป็นการปลูกพืชที่ได้รับความนิยมมากกว่าแบบอื่นๆ ในปัจจุบัน และใช้ได้ดีในบริเวณที่แสงแดดจัด วิธีการคือใช้วิธีปลูกพืชให้รากพืชจุ่มลงไปในน้ำสารละลายอาหารพืชโดยตรง รากไม่ได้ยึดติดกับวัสดุใดๆ ต้นพืชสามารถเลื่อนไหวไปมาได้จึงต้องใช้วิธีการยึดเหนี่ยวต้นพืชไว้เพื่อไม่ให้ล้ม การที่รากของพืชแช่อยู่ในน้ำสารละลายระยะแรกๆ พืชก็จะเจริญเติบโตได้ แต่พอนานๆ จะทำให้พืชเกิดเหี่ยวเฉาเพราะรากพืชขาดออกซิเจน จากสาเหตุดังกล่าวจึงได้ทำการพัฒนาให้รากของพืชนั้นสามารถทำงานได้ 2 หน้าที่พร้อมๆ กันคือ หน้าที่ในการดูดน้ำและอาหาร (Water nutrient roots) และรากดูดออกซิเจน (Oxygen roots) การที่ทำให้รากพืชทำหน้าที่ทั้งสองอย่างได้นั้นก็ให้รากของพืชอยู่ในน้ำส่วนหนึ่งและอยู่ในน้ำอีกส่วนหนึ่ง รากของพืชจะสามารถพัฒนาจากรากที่ดูดน้ำและอาหารสามารถพัฒนาให้ดูดอากาศได้ แต่รากที่ดูดอากาศไม่สามารถพัฒนาให้ดูดน้ำ และอาหารได้ เพราะฉะนั้นในการเติมน้ำสารละลายจะต้องไม่ให้ท่วมรากดูดอากาศ เพราะจะทำให้พืชเน่าตายได้ วิธีนี้พืชจะสามารถเจริญเติบโตได้ โดยที่ไม่ต้องเติมอากาศเข้าไป และอาจใช้เครื่องปั๊มอากาศเติมอากาศเข้าไปช่วยได้ด้วย ระบบการปลูกพืชในสารละลาย (Water Culter) นั้นมีหลายระบบดังนี้

ระบบเอ็นเอฟที (Nutrient Film Technique; NFT) เป็นการปลูกพืชโดยให้รากพืชแช่อยู่ในน้ำสารละลายโดยตรง สารละลายธาตุอาหารจะไหลผ่านรากพืชเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ หนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ในรางปลูกกว้างตั้งแต่ 5-35 เซนติเมตร สูงประมาณ 5-10 เซนติเมตร ความกว้างรางขึ้นอยู่กับประเภทของพืช ความยาวราง 5-20 เมตร การไหลของสารละลายอาจเป็นแบบต่อเนื่องหรือแบบสลับกันก็ได้ โดยทั่วไปจะใช้แบบต่อเนื่อง อัตราการไหลอยู่ในช่วง 1-2 ลิตร/นาที/ราง รางอาจทำมาจาก PVC ขึ้นรูป หรือให้โลหะก็ได้แต่ถ้าเป็นโลหะจะต้องบุภายในด้วยพลาสติกเพื่อป้องกันการถูกกัดกร่อนของสารละลาย การหมุนเวียนสารละลายจะใช้ปั๊มดูดสารละลายให้ไหลผ่านราง และรากพืช แล้วกลับเข้าไปใหม่ในถังเก็บสารละลาย



ภาพที่ 2.1 ระบบเอ็นเอฟที Nutrient Film Technique; (NFT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดี และข้อเสีย

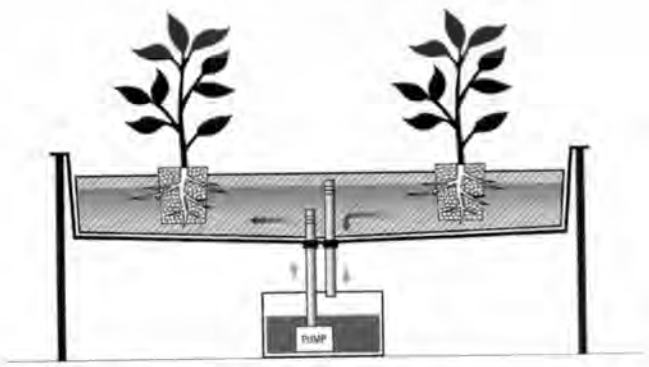
ข้อดี

- ไม่จำเป็นต้องมีเครื่องควบคุมการให้น้ำ เพราะให้น้ำอยู่ตลอดเวลา
- ทำการป้องกัน และกำจัดเชื้อโรคพืชต่างๆ ในสารละลายได้ง่าย
- เป็นระบบที่ให้น้ำและธาตุอาหารที่มีประสิทธิภาพที่สุด
- ไม่มีวัสดุปลูกพืชที่ต้องกำจัด
- สามารถปลูกพืชได้ต่อเนื่องทั้งปีผักสลัดได้ 8-10 ครั้ง ต่อปี

ข้อเสีย

- ราคาค่าวัสดุสูงมากโดยเฉพาะถ้าใช้ขาที่ทำจากโลหะ
- เป็นวัสดุที่ต้องทำการดูแลเป็นพิเศษเพราะระบบมีโอกาสเสียหายได้ง่าย
- ต้องใช้น้ำที่มีสิ่งเจือปนอยู่น้อย ถ้ามีสิ่งเจือปนอยู่มาก จะเกิดการสะสมของเกลือบางตัวที่พืชใช้น้อย หรือพืชไม่ดูดใช้เลยจำเป็นต้องเปลี่ยนสารละลายบ่อยๆ ทำให้สิ้นเปลือง
- ปัญหาเรื่องอุณหภูมิของสารละลายที่สูง มีผลต่อการละลายตัวของออกซิเจนในสารละลาย

ระบบดีเอฟที (Deep Floating Technique: DFT) เป็นการปลูกพืชโดยรากแช่อยู่ในสารละลายอาหารลึกประมาณ 15-20 ซม. ในกระบะปลูกที่ไม่มีความลาดเอียง โดยปลูกบนแผ่นโฟม หรือวัสดุที่ลอยน้ำได้เพื่อยึดลำต้น มีการหมุนเวียนสารละลายอาหาร โดยใช้ปั๊มดูดสารอาหารขึ้นมาจากถัง การหมุนเวียนสารละลายเป็นการเพิ่มออกซิเจนให้สารละลายด้วย ระบบมีชื่อเรียกอย่างหนึ่งว่า ระบบโฮโดรโปนิกส์ลอยน้ำ (Floating Hydroponics Systems) ระบบนี้จะแตกต่างจากระบบ NFT ตรงที่ปริมาณสารละลายที่ใช้ในกระบะปลูกจะมีปริมาณมากกว่าระบบ NFT หลายเท่าตัว ทั้งนี้เพื่อควบคุมให้อุณหภูมิมีความคงที่ และเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดในเวลาเดียวกัน



ภาพที่ 2.2 ระบบดีเอฟที Deep Floating Technique (DFT)

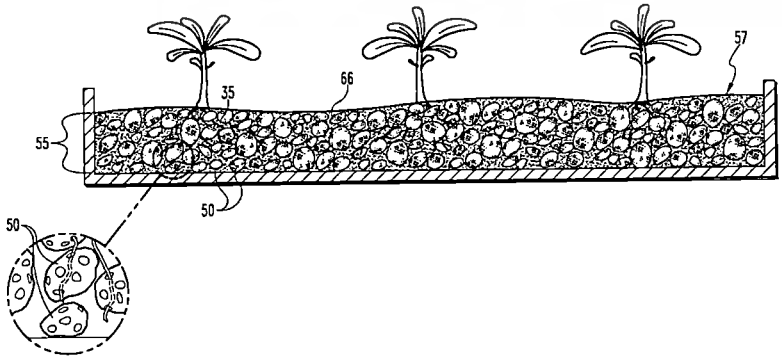
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบดีอาร์เอฟ (Dynamic Root Floating: DRF) เป็นระบบปลูกพืชที่พัฒนามาจากระบบของ William F. Gericke ที่เน้นให้รากพืชแช่น้ำไว้ส่วนหนึ่ง และอีกส่วนหนึ่งสร้างรากดูดอากาศเพื่อช่วยในการหายใจ จะช่วยให้การปลูกพืชด้วยวิธีนี้สามารถปลูกได้ในที่ๆ มีอุณหภูมิของสารละลายที่สูงได้ดีกว่าประเภทอื่นๆ Kao Te Chen ได้พัฒนาระบบของ William F. Gericke โดยเพิ่มท่อรับน้ำในกระบะ เพื่อช่วยให้ระดับน้ำที่สูงขึ้นหรือลดลงได้ตามความต้องการของพืช โดยได้กำหนดระดับน้ำไว้ที่ให้รากแช่อยู่ประมาณ 4 ซม. ซึ่งข้อดีของการปลูกพืชแบบนี้คือผลผลิตจะมีความสม่ำเสมอทั้งปี ไม่ค่อยมีผลกับสภาพแวดล้อมเรื่องอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงสูงต่ำตามฤดู โดยเฉพาะฤดูร้อนนั้นจะมีผลต่อการปลูกผัก Hydroponic เพราะความร้อนทำให้ออกซิเจนในสารละลายลดลง ส่งผลให้ผลผลิตลดลง

ระบบดีอาร์เอฟที (Dynamic Root Floating Technique: DRFT) ระบบนี้ได้พัฒนาเพิ่มเติมจากระบบ DRF ซึ่งระบบนี้พัฒนาจากระบบ DTF อีกทอดหนึ่ง แต่เพิ่มการไหลเวียนของอากาศ และสารอาหารคือ มีถาดปลูกด้วยโฟม เจาะรูปลูกพืช และมีอุปกรณ์สำหรับปรับระดับของสารอาหาร (สะดือน้ำ) เป็นระบบปลูกพืชที่เหมือนกับ DFT แต่พัฒนาเพิ่มเชิงการค้า โดยให้พืชได้รับทั้งสารอาหาร และดูดอากาศที่หมุนเวียนที่รากพืชอย่างต่อเนื่อง จะมีระบบให้สารอาหารละลายธาตุอาหารพืช แบบหมุนเวียน (Closed System) จาก 2 ส่วนคือ ในถาดปลูกที่ทำด้วยโฟม และถังสารอาหาร ปกติจะวางต่ำกว่าถาดปลูก หรือฝังไว้ในดินใต้ถาดปลูก การปรับระดับสารละลายขึ้นอยู่กับอายุของพืช ระบบนี้จะมีรูให้สารละลายธาตุอาหารไหลแบบหมุนเวียนลงถังปลูกทางด้านล่าง

2.1.2 การปลูกพืชในวัสดุปลูก (Substrate Culture)

เป็นการปลูกพืชในวัสดุปลูกที่เป็นของแข็ง ที่ทำหน้าที่แทนดินสำหรับให้รากยึด และค้ำจุนลำต้น ได้แก่ขุยมะพร้าว ขี้เถ้าแกลบ กรวด ทราย ฟองน้ำ ใยหิน หรืออาจใช้วัสดุมาผสมกัน เช่น ทรายผสมผสมขี้เถ้าแกลบ หรือขุยมะพร้าว ควรเป็นวัสดุที่ไม่มีธาตุอาหาร ซึ่งระบบจะให้อาหารด้วยสารอาหารลงบนวัสดุปลูกโดยตรง

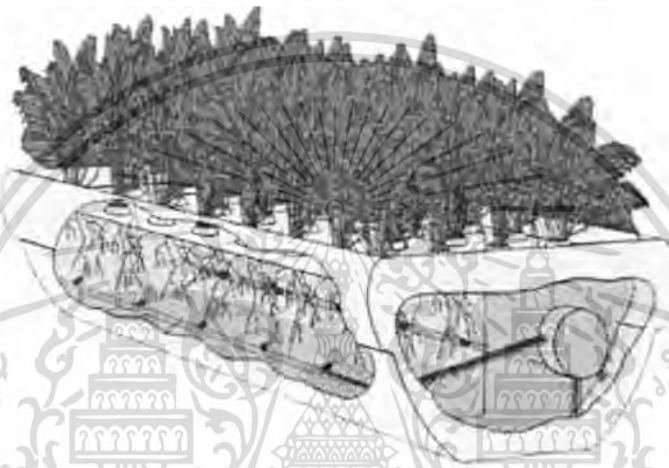


ภาพที่ 2.3 การปลูกพืชในวัสดุปลูก (Substrate Culture)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ระบบปลูกพืชให้รากลอยอยู่กลางอากาศ แอร์โรโปนิกส์ (Aeroponics)

เป็นการปลูกพืชที่ให้รากพืชลอยอยู่ในอากาศในภาชนะปิดทึบแสง ระบบให้สารอาหารพืชด้วยการฉีดพ่นแบบอัตโนมัติเป็นระยะอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา 24 ชม. เช่นฉีดพ่น 1 นาที และหยุด 1 นาที คล้ายแปลงพ่นหมอก การฉีดพ่นสารอาหารจะไปกระตุ้นให้รากพืชเจริญเติบโตสมบูรณ์อย่างรวดเร็ว นิยมกับพืชที่ไม่สามารถแช่อยู่ในน้ำได้ หรืออยู่ในดิน เพราะเสี่ยงจากการติดโรคจากน้ำและดินเมื่อปลูกเกิน 2 เดือน



ภาพที่ 2.4 ระบบปลูกพืชให้รากลอยอยู่กลางอากาศ แอร์โรโปนิกส์ (Aeroponics)

2.1.4 สารละลายอาหาร

สารละลายอาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้พืชเจริญเติบโตด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ เพราะพืชจะได้รับสารอาหารต่างๆ จากสารละลายปุ๋ยผสมกับสารเคมีมาละลายน้ำ จึงสามารถกำหนดปริมาณได้ตามความต้องการของพืช อย่างไรก็ตามในการผสมสารละลายให้พืชนั้นจำเป็นต้องรู้รายละเอียดต่างๆ ดังนี้

คุณภาพของน้ำที่ใช้เตรียมสารละลาย เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับพืชน้ำที่ใช้จะต้องเป็นน้ำที่สะอาดมนุษย์ และสัตว์สามารถกินได้ถือว่าเป็นน้ำสะอาด นอกจากสะอาดแล้วจะต้องรู้ค่าความเป็นกรด และด่างของน้ำ (pH) ด้วย ในการปลูกพืชจึงต้องนำน้ำไปตรวจคุณสมบัติในห้องปฏิบัติการ โดยปกติน้ำที่มีความเหมาะสมในการเตรียมสารละลายได้ควรมีปริมาณธาตุต่างๆ ดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของธาตุ และอนุมูลที่เจือปนในน้ำที่ใช้เตรียมสารละลาย

ธาตุและอนุมูลที่เจือปนในน้ำ		น้ำหนักโมเลกุล	ค่าสูงสุดที่สามารถมีอยู่ในน้ำได้	
			มิลลิโมล/ลิตร	มิลลิกรัม/ลิตร (ppm)
โซเดียม	Na^{+}	23.0	0.5	11.5
คลอรีน	Cl^{-}	35.5	1.0	35.5
แคลเซียม	Ca^{++}	40.1	2.0	80.2
แมกนีเซียม	Mg^{++}	24.3	0.5	12.2
ซัลเฟต	SO_4^{++}	96.1	0.5	48.1
ไบคาร์บอเนต	HCO_2^{-}	61.0	4.0	244.0
			มิลลิโมล/ลิตร	ไมโครกรัม/ลิตร (ppb)
เหล็ก	Fe^{++}	55.9	0.5	28.0
แมงกานีส	Mn^{++}	54.9	10.0	549.0
ทองแดง	Cu^{++}	63.5	1.0	63.5
สังกะสี	Zn^{++}	65.4	5.0	327.0
โบรอน	B^{++}	10.8	25.0	270.0
ฟลูออไรด์	F	19.0	25.5	475.0
ค่าการนำไฟฟ้า	EC		0.5mS/cm 25 ° C	
ค่าความเป็นกรด – ด่าง	pH		5.5 – 6	

ธาตุที่มักพบในน้ำ และเป็นปัญหาคือ โซเดียม และคลอรีน ซึ่งเป็นธาตุที่พืชดูดไปใช้น้อยมาก ถ้าพบในปริมาณมากก็จะสะสมทำให้เกิดพิษต่อพืช โดยเฉพาะการปลูกในระบบปิด (Closed System) โซเดียมที่มีความเข้มข้น 50 ppm ในสารละลายจะเป็นพิษต่อผักสลัด สตรอเบอร์รี่ และกุหลาบ แต่สำหรับมะเขือเทศทนได้ถึง 200 ppm หรือสูงกว่า เป็นต้น อนุมูลไบคาร์บอเนตของสารละลายมีผลต่อค่า pH เช่นถ้า pH ของสารละลายสูงกว่า 6 การละลายของอนุมูลคาร์บอเนต และฟอสเฟตจะลดลงโดยตกตะกอนกับแคลเซียม และแมกนีเซียม ทำให้พืชใช้ประโยชน์จาก 2 ธาตุนี้ได้น้อยลง นอกจากนี้ตะกอนจะไปอุดตันระบบท่อน้ำหยด เครื่องกรอง และยังไปหุ้มหัวอีเล็กโทรดของเครื่องวัดค่า pH เครื่องวัด Electric Conductivity (EC) และยังผลให้เหล็กคีเลตอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้อีกด้วย ซึ่งน้ำที่เหมาะสมสำหรับการใช้ผสมสารละลายอาหารพืชคือน้ำฝน หรืออาจผสมน้ำอื่นๆ ลงไปด้วยกรณีน้ำฝนไม่เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของปุ๋ยหรือสารเคมีที่ใช้ในสารละลาย ปุ๋ยหรือสารสารเคมีที่ใช้ในสารละลายต้องเป็นสารอาหารที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ปกติจะมีราคาสูง ดังนั้นต้องหาแหล่งอาหารในรูปของปุ๋ยซึ่งราคาถูกกว่า แต่บางธาตุต้องใช้สารเคมีเช่นพวกจุลธาตุ ราคาสูงแต่ใช้น้อย นอกจากเหล็กที่ต้องการสูงต้องใช้ในรูปของคีเลตที่ราคาสูง และต้องใช้ปริมาณมาก นอกจากนั้นปุ๋ยบางชนิดที่ให้ธาตุอาหารหลักยังมีจุลธาตุบางตัวปนอยู่ด้วย จึงไม่จำเป็นต้องเติมจุลธาตุเหล่านั้นอีก ในการผสมสารละลายของพืชในกรณีหาปุ๋ยตัวหนึ่งตัวใดไม่ได้ก็สามารถหาตัวอื่นทดแทนได้ เช่น แอมโมเนียมไนเตรทสามารถทดแทนได้ด้วยแอมโมเนียมซัลเฟตได้ แต่ต้องปรับปริมาณการใช้

สูตรของสารละลายธาตุอาหาร ปัจจุบันสารละลายธาตุอาหารมีอยู่หลายสูตรขึ้นอยู่กับการปลูกพืชแต่ละชนิด ฤดูปลูก แสง อุณหภูมิ สถานที่ปลูก การปลูกเพื่อการค้าจะต้องใช้สารละลายที่เข้มข้นน้อยที่สุดเพื่อลดต้นทุนในการผลิต สูตรสารละลายธาตุอาหารพืชที่เป็นสูตรมาตรฐาน และมักถูกดัดแปลงเพื่อให้เหมาะสมกับพืชต่างๆ มีอยู่หลายสูตร เช่น Knop's 1865, Sach's 1860, Shive's และ Hoagland's ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สูตรของสารละลายธาตุอาหาร

ชนิดสารเคมี	ธาตุที่พืชได้รับ	รูปของธาตุที่พืชได้รับ	ปริมาณความเข้มข้นที่ใช้ (กรัม/ลิตร)			
			Knop	**Sach**	**Shive**	**Hoagland**
โพแทสเซียมไนเตรท	K, N	K^+, NO_3^-	0.20	1.00		0.51
โพแทสเซียมไดไฮโดร	K, P	K^+, PO_4^{2-}	0.20	0.31	0.41	
ฟอสเฟต						
แคลเซียมฟอสเฟต	Ca, P	Ca^{2+}, PO_4^{2-}		0.50		
แคลเซียมไนเตรท	Ca, N	Ca^{2+}, NO_3^-	0.80	1.06	1.18	
แคลเซียมซัลเฟต	Ca, S	Ca^{2+}, SO_4^{2-}		0.50		
แมกนีเซียมซัลเฟต	Mg, S	Mg^{2+}, SO_4^{2-}	0.20	0.50	0.55	0.49
แอมโมเนียมซัลเฟต	N, S	NH_4^+, SO_4^{2-}		0.09		
เฟอรัสฟอสเฟต	*Fe, P*	Fe^{2+}, PO_4^{2-}	Trace			
Fe-EDTA	Fe					0.005
เฟอรัสซัลเฟต	Fe, S	Fe^{2+}, SO_4^{2-}		trace	0.005	
เฟอรัสฟอสเฟต	*Fe, P*	Fe^{2+}, PO_4^{2-}	trace			
Fe-EDTA	Fe					0.005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังอาจเลือกใช้สูตรพื้นฐานดังตารางที่ 2.3 โดยเลือกใช้สูตรธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรองสูตรใดสูตรหนึ่งคู่กับสูตรจุลสารสูตรใดสูตรหนึ่ง

ตารางที่ 2.3 ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง

ชนิดของปุ๋ย	สูตร 1 (มก/ลิตร)	สูตร 2 (มก./ลิตร)	สูตร 3 (มก/ลิตร)
ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง			
โซเดียมไนเตรท	850		
ซุปเปอร์ฟอสเฟต	476		
โพแทสเซียมซัลเฟต	272		
แมกนีเซียมซัลเฟต	272	492	437
แอมโมเนียมไดไฮโดรฟอสเฟต		115	
โพแทสเซียมไนเตรท		606	655
แคลเซียมไนเตรท		944	
แอมโมเนียมซัลเฟต			110
โมโนแคลเซียมฟอสเฟต			290
แคลเซียมซัลเฟต			508
จุลธาตุ			
เฟอรัสซัลเฟต	16		
กรดบอริก	2.86		
แมงกานิสคลอไรด์	1.81		
ซิงค์ซัลเฟต		0.22	
คอปเปอร์ซัลเฟต		0.08	
กรดโมลิบริค		0.02	

อย่างไรก็ตามการใช้สารละลายไม่มีสูตรใดสูตรหนึ่งเป็นสูตรที่ดีที่สุดจะต้องมีการปรับสูตรให้เหมาะสม แทนที่จะให้ความสำคัญกับสูตรสารละลายอาหาร แต่ควรให้ความสำคัญกับการปรับปรุงสูตรสารละลายอาหารให้เหมาะสมกับพืช และสภาพแวดล้อมเช่น อากาศร้อนธาตุอาหารหลักคือ $N:P_2O_5:K_2O$ เท่ากับ 2:1:3 ถ้าเป็นฤดูมรสุม อากาศชื้น และมีเมฆหมอก ควรใช้สัดส่วน $N:P_2O_5:K_2O$ เท่ากับ 2:1:3 แต่ต้องปรับสัดส่วนตามชนิดของผักที่ปลูก เช่น ผักกาดหอม ต้องใช้ไนโตรเจนสูงกว่าผักกินผล เช่นมะเขือเทศ นอกจากสัดส่วนของธาตุอาหารพื้นฐาน และสัดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของธาตุอาหารหลักแล้ว ยังต้องคำนึงนึงความเข้มข้น และค่าเฉลี่ยของธาตุอาหารตามความต้องการของพืช ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงความเข้มข้นของธาตุอาหาร

ธาตุอาหาร	ปริมาณธาตุอาหารในสารละลาย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	
	ช่วง	ค่าเฉลี่ย
ไนโตรเจน	150 – 1000	300
แคลเซียม	300 – 500	400
แมกนีเซียม	50 – 100	75
ฟอสฟอรัส	50 – 100	75
โพแทสเซียม	100 – 400	250
กำมะถัน	200 – 1000	400
โบรอน	0.5 – 5.0	1
ทองแดง	0.1 – 0.5	0.5
เหล็ก	2.0 – 10.0	5
แมงกานีส	0.5 – 5.0	2
โมลิบดินัม	0.001 – 0.002	0.001
สังกะสี	0.5 – 1.0	0.5
คลอรีน	0.1 – 1.0	0.5

การเตรียมสารละลายละลายธาตุอาหารพืช เมื่อเลือกสูตรสารละลายหรือกำหนดสัดส่วนสารละลายของธาตุอาหาร และเตรียมปุ๋ยหรือสารเคมีที่ต้องใช้แล้ว ต้องคำนวนปริมาณของปุ๋ยหรือสารที่ต้องใช้ โดยคูณน้ำหนักปุ๋ยต่อลิตรตามที่กำหนดไว้ในสูตร หรือตามที่ปรับไว้ด้วยปริมาตรของสารละลายอาหารทั้งหมดที่จะเตรียม เมื่อเตรียมสารละลายธาตุอาหารได้แล้วต้องตรวจสอบค่า pH และ ค่า EC ว่าได้ตามค่าที่ต้องการหรือไม่ก่อนนำไปใช้งาน

การจัดการสารละลายธาตุอาหารพืชในระบบปิด (Closed System) เป็นการปลูกพืชที่นำเอาสารละลายอาหารกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งเป็นการใช้สารละลายอาหารอย่างมีประสิทธิภาพ การปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์นั้นมีความยุ่งยากมากที่สุดในการจัดการเพาะปลูก ในทางปฏิบัติการเพาะปลูกในเชิงพาณิชย์จะเน้นไปที่การควบคุมค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของสารละลายให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ คือการควบคุมค่า pH ให้อยู่ในช่วง 5.5 – 6.5 และค่า EC ที่อุณหภูมิ 25° C อยู่ในช่วง 1.5 – 3.0 mS/cm เป็นค่าความเข้มข้นของสารละลาย มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยเป็นมิลลิโมลต่อเซ็นติเมตร (mmho/cm) หรือมิลลิซีเมนต์ต่อเซ็นติเมตร (mS/cm) ถ้าค่า EC สูง แสดงว่าค่าของความเข้มข้นสารละลายอาหารมีค่าสูง ค่าของ EC นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืชซึ่งไม่เท่ากัน ถ้าค่า pH และ EC สูงหรือต่ำกว่านี้จะต้องมีการจัดการ

2.2 เทคนิคการควบคุมความเป็นกรดด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC)

การควบคุมสารละลายธาตุอาหารของพืช "การรักษา หรือควบคุมความเป็นกรดด่าง และค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายอาหารนี้เพื่อให้พืชสามารถดูดใช้ปุ๋ยหรือสารอาหารพืชได้ดี และเพื่อให้ปริมาณสารอาหารแก่พืชตามที่ต้องการ

2.1.1 การรักษาหรือการควบคุม pH

เนื่องจากค่าความเป็นกรดด่างในสารละลายจะเป็นค่าที่บอกให้ทราบถึงความสามารถของรากที่จะดูดธาตุอาหารต่างๆ ที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืชได้ปกติแล้วควรรักษาค่าความเป็นกรดด่างที่ 5.8-7.0 เพราะเป็นค่าหรือช่วงที่ธาตุอาหารพืชต่างๆ สามารถคงรูปในสารละลายที่พืชนำไปใช้ได้ดี ค่าความเป็นกรดด่างในสารละลายธาตุอาหารพืชเปลี่ยนแปลงได้หลายสาเหตุ เช่น การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการที่รากพืชดูดธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหาร แล้วพืชปลดปล่อยไฮโดรเจน (H+) และไฮดรอกไซด์ (OH-) จากรากสู่สารละลายธาตุอาหารพืชทำให้ pH เปลี่ยนแปลงไป เช่น (-) ประจุไฟฟ้าลบ หรือแอนไอออน (Anions) เช่น ไนเตรท (NO3-), ซัลเฟต (SO4- -), ฟอสเฟต (PO4- - -) แล้วจะปลดปล่อยไฮดรอกไซด์ (OH-) สู่สารละลายธาตุอาหาร(-) ประจุไฟฟ้าบวก หรือแคตไอออน (cations) เช่น แคลเซียม (Ca++), แมกนีเซียม (Mg++), โปแตสเซียม (K+), แอมโมเนียม (NH4+) แล้วจะปลดปล่อยไฮโดรเจน (H+) สู่สารละลายธาตุอาหารปกติแล้วธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหารพืช มีประจุไฟฟ้าบวกหรือแคตไอออนมากกว่าค่าของประจุไฟฟ้าลบหรือแอนไอออนแล้ว ค่าความเป็นกรดด่างจะลดลง ในขณะที่การดูดกินแอนไอออนมากกว่าแคตไอออนจะเพิ่มความเป็นกรดด่างในสารละลายธาตุอาหารพืชสำหรับการให้ธาตุอาหารบางชนิดที่พืชต้องการใช้ในปริมาณมาก คือ ธาตุไนโตรเจน (Nitrogen, N) ซึ่งมีการให้ทั้ง 2 รูปแบบ คือ ในรูปแบบของประจุลบในสารอาหารในรูปของไนเตรส (NO3-) และในรูปแบบของประจุบวกในสารอาหารในรูปของแอมโมเนียม (NH4+) นั้น ต้องพิจารณาถึงอัตราส่วนของสารนี้ให้ดีเพราะจะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดด่าง และการใช้ประโยชน์ของพืชมากการปรับเพื่อลดหรือเพิ่มค่าความเป็นกรดด่างนั้น สามารถทำได้โดยเติมสารลงไปในสารละลายธาตุอาหารพืช เช่น การปรับเพื่อลดค่าความเป็นกรดด่าง โดยการเติมสารใดสารหนึ่งต่อไปนี้ ลงไปในสารละลายธาตุอาหารพืช เช่น Sulfuric acid (H2SO4) หรือ Nitric acid (HNO3) หรือ Hydrochloric acid (HCl) หรือ Acetic acid การปรับเพื่อเพิ่มค่าความเป็นกรดด่าง ให้สูงขึ้น ทำโดยการเติมสารใดสารหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไปนี้ลงไปในสารละลายธาตุอาหารพืช เช่น Potassium hydroxide (KOH) หรือ Sodium hydroxide (NaOH) หรือ Sodium Bicarbonate หรือ Bicarbonate of soda (NaHCO3)

2.2.2 การควบคุมค่าการนำไฟฟ้า Electrical Conductivity (EC)

เนื่องจากปุ๋ยที่ละลายในน้ำที่ค่าของอิออน (ion) ที่สามารถให้กระแสไฟฟ้าที่มีหน่วยเป็นโมท์ (Mho) แต่ค่าของการนำกระแสไฟฟ้านี้ค่อนข้างน้อยมาก จึงมีการวัดเป็นค่าที่มีหน่วยเป็นมิลลิโมท์/เซนติเมตร (MilliMhos/cm) อันเป็นค่าที่ได้จากการวัดการนำกระแสไฟฟ้าจากพื้นที่หนึ่งคิวบิกเซนติเมตรของสารอาหาร การวัดค่าการนำไฟฟ้าจะทำให้เราทราบเพียงค่ารวมของการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารพืช (คือน้ำกับปุ๋ยที่เป็นธาตุอาหารพืชทั้งหมดในถังที่ใส่สารอาหารทั้งหมด) เท่านั้น แต่ไม่ทราบค่าของสัดส่วนของธาตุอาหารใดธาตุอาหารหนึ่งที่อยู่ในถัง ที่อาจเปลี่ยนไปตามเวลาเนื่องจากพืชนำไปใช้หรือตกตะกอน ดังนั้นหลังจากที่มีการปรับค่าการนำไฟฟ้าไปได้ระยะหนึ่งแล้วจึงควรเปลี่ยนสารละลายในถังใหม่เป็นระยะๆ โดยเฉพาะประเทศที่มีอากาศร้อนอย่างประเทศไทย ควรเปลี่ยนสารละลายใหม่เป็นระยะๆ เช่น ทุก 3 สัปดาห์ ควรรักษาค่าการนำไฟฟ้าของสารอาหารระหว่าง 2.0-4.0 มิลลิโมท์/เซนติเมตร (milliMhos/cm) ค่า 1 (mMho/cm) = 1Millisiemen/cm (mS/cm) = 650 ppm ของความเข้มข้นของสารละลาย (salt) ปกติแล้วความเข้มข้นของสารอาหารควรอยู่ในช่วง 1,000-1,500 ppm เพื่อให้แรงดันออสโมติกของ กระบวนการดูดซึมธาตุอาหารของรากพืชได้สะดวกค่าการนำไฟฟ้าจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช ระยะการเติบโต และความเข้มของแสง เช่น

ค่าการนำไฟฟ้าที่ต่ำคือ (1.5-2.0 mMho/cm) เหมาะสมต่อการปลูกแตงกวา

ค่าการนำไฟฟ้าที่สูงคือ (2.5-3.5 mMho/cm) เหมาะสมต่อการปลูกมะเขือเทศ

ค่าการนำไฟฟ้า (1.8-2.0 mMho/cm) เหมาะสำหรับการปลูกผักและไม้ดอกไม้ประดับทั่วไป

ค่าการนำไฟฟ้าจะแตกต่างกันไปตามระยะการเจริญเติบโต และความแข็งแรงของต้นพืช เพราะค่าการนำไฟฟ้าที่สูงจะยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช ค่าการนำไฟฟ้าที่ต่ำจะเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นก่อนการให้ผล (Vegetative growth) และสูงขึ้นเมื่อพืชให้ผลผลิต (Reproductive growth) ดังนั้นการปลูกพืชที่ให้ผลผลิตเช่นมะเขือเทศ ควรคำนึงถึงข้อนี้ด้วย นอกจากนี้ค่าการนำไฟฟ้านี้ จะแตกต่างกันไปตามความเข้มข้นของแสง เช่น ถ้าแสงมีความเข้มข้นมาก พืชต้องการสารละลายที่มีความเข้มข้นน้อยลง คือพืชจะดูดน้ำมากกว่าธาตุอาหาร

การเปลี่ยนสารละลายใหม่ เนื่องจากการวัดค่าการนำไฟฟ้า จะทำให้เราทราบเพียงค่ารวมของการนำไฟฟ้าของสารอาหารคือน้ำกับธาตุอาหารทั้งหมดในถังที่ใส่สารละลายธาตุอาหารพืชเท่านั้น แต่ไม่ทราบค่าของสัดส่วนของธาตุอาหารแต่ละชนิดที่เปลี่ยนไปตามเวลาที่ให้ เนื่องจากธาตุอาหารบางธาตุพืชนำไปใช้น้อยจึงเหลือสะสมในสารอาหาร (เช่น โซเดียมและคลอรีน) ซึ่งจะมีผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ความเป็นประโยชน์หรือองค์ประกอบของสารละลายตัวอื่นๆ เปลี่ยนแปลงไปหรือตกตะกอน ดังนั้นจึงควรเปลี่ยนสารละลายในถังใหม่เป็นระยะๆ โดยเฉพาะประเทศที่มีอากาศร้อนอย่างประเทศไทย ควรเปลี่ยนสารละลายใหม่เป็นระยะ เช่น ทุก 3 สัปดาห์การรักษาหรือควบคุมค่าความเป็นกรดด่าง และค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายธาตุอาหารพืชนี้ สามารถกระทำโดยใช้แรงงานหรือใช้ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติก็ได้ (อภิชาติ ศรีสอาด และอัมพา คำวงษา. 2553)

ตารางที่ 2.5 ตารางประมาณการใช้น้ำและธาตุอาหาร A+B

ขนาดโต๊ะ		ปริมาณน้ำ (ลิตร)			จำนวนต้น	ผักสลัด		ไทย+จีน		คะน้า	
ม.* ม.	ถาด	บนโต๊ะปลูก	ถังพัก	รวม		A (cc)	B (cc)	A (cc)	B (cc)	A (cc)	B (cc)
1*1.8	3	75	50	125	48-150	320	320	500	500	1,000	1,000
1*3.00	5	125	50	175	80-250	450	450	700	700	1,400	1,400
1*6.00	10	250	80	330	160-500	850	850	1,320	1,320	2,640	2,640
2*6.00	20	500	100	600	320-1000	1,500	1,500	2,400	2,400	4,800	4,800
2*7.20	24	600	100	700	384-1200	1,800	1,800	2,800	2,800	5,600	5,600
Smart Box		**15 (ลิตร)**			**9-30**	**40**	**40**	**60**	**60**	**120**	**120**

ตารางที่ 2.6 ตารางข้อมูลความต้องการสภาพแวดล้อมของผักแต่ละชนิด

ลำดับ	ประเภท	ชนิดผัก	การเพาะกล้า		อายุปลูก	pH	EC	T	Ts	RH	สารอาหาร (ซีซี/ลิตร)	
			จำนวนเมล็ด	ระยะเวลา							ชนิด A	ชนิด B
1	สลัด	GO	1	5 - 7	35 - 40	5.5 - 6.5	1.2 - 1.5	18 - 30	18 - 30	95 - 100	2.5 - 3	2.5 - 3
2	สลัด	RO	1	5 - 7	35 - 40	5.5 - 6.5	1.2 - 1.5	18 -30	18 -30	95 - 100	2.5 - 3	2.5 - 3
3	สลัด	RC	1	5 - 7	35 - 40	5.5 - 6.5	1.2 - 1.5	18 - 30	18 - 30	95 - 100	2.5 - 3	2.5 - 3
4	สลัด	BH	1	5 - 7	35 - 40	5.5 - 6.5	1.2 - 1.5	18 -30	18 -30	95 - 100	2.5 - 3	2.5 - 3
5	สลัด	FR	1	5 - 7	35 - 40	5.5 - 6.5	1.2 - 1.5	18 - 30	18 - 30	95 - 100	2.5 - 3	2.5 - 3
6	สลัด	COS	1	5 - 7	35 - 40	5.5 - 6.5	1.2 - 1.5	18 -30	18 -30	95 - 100	2.5 - 3	2.5 - 3
7	สลัด	ROKET	4 - 5	5 - 7	20 - 25	5.5 - 6.5	3 - 3.5	18 - 30	18 - 30	95 - 100	6 - 8	6 - 8
8	คะน้า (Kale)	คะน้า	1-3	7	40 -45	5.5 - 6.5	3.5 - 4.5	18 -30	18 -30	95 - 100	8 - 10	8 - 10
9	ไทยจีน	ผักบุ้ง	4 - 5	3 - 5	15 - 20	5.5 - 6.5	2 - 2.4	18 - 30	18 - 30	95 - 100	4 - 5	4 - 5
10	ไทยจีน	ผักกาด	2 -3	5 - 7	20 - 25	5.5 - 6.5	2 - 2.4	18 -30	18 -30	95 - 100	4 - 5	4 - 5
11	ไทยจีน	กวางตุ้ง	2 -3	5 - 7	20 - 25	5.5 - 6.5	2 - 2.4	18 - 30	18 - 30	95 - 100	4 - 5	4 - 5
12	ไทยจีน	โขม	4	5 - 7	18 - 20	5.5 - 6.5	2 - 2.2	18 -30	18 -30	95 - 100	4 - 4.5	4 - 4.5
13	ไทยจีน	คื่นฉ่าย	3 - 5	10 - 15	60 - 20	5.5 - 6.5	2 - 2.6	18 - 30	18 - 30	95 - 100	4 - 6	4 - 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

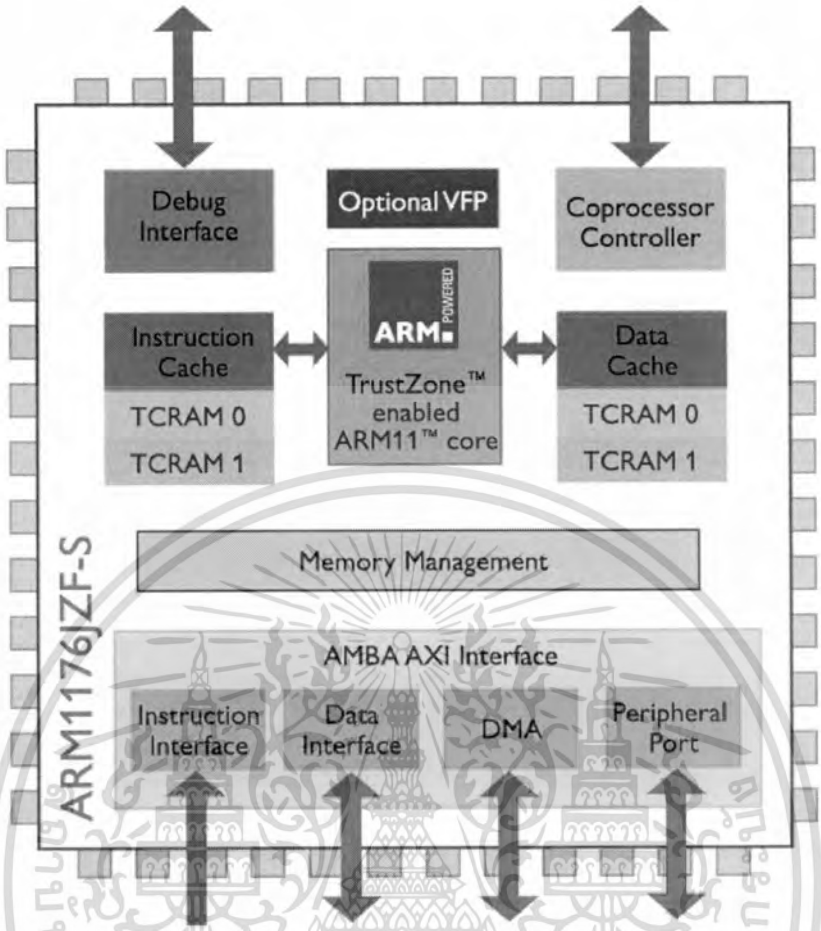
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Raspberry Pi

ไมโครคอนโทรลเลอร์ Raspberry Pi เป็น Single Board Computer ขนาด 32 บิต ที่มีขนาดเล็ก สำหรับงาน ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) ทุกชนิด ระบบนี้เป็นจะลดความยุ่งยากในการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในงานควบคุม เพราะมีการฝังชิป (Chip) หรือไมโครโพรเซสเซอร์ลงไปในบอร์ดประมวลผล มาพร้อมกับหน่วย Input/Output (IO) ได้แก่พอร์ต USB, LAN, HDMI, ช่องต่อสัญญาณภาพ (AV) และพอร์ตสำหรับต่อกับวงจร หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ General Purpose Input Output (GPIO) และที่สำคัญ Raspbery PI สามารถรองรับระบบปฏิบัติการ Operating System (OS) ได้หลายระบบปฏิบัติการ เช่น Android,Android 2.3 (Gingerbread), Android 4.0 (Ice Cream Sandwich), Arch Linux ARM, R_Pi Bodhi Linux, Debian ARM, ARMv6, Raspbian ,Firefox OS,Puppy Linux , Gentoo Linux, Google Chromium OS, PiBang Linux, Raspberry Pi Fedora Remix, Slackware ARM (formerly ARMedslack) และ WebOS (Raspberrypi.org. 2556)(อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์. 2556)(Wikipedia. 2556)

2.3.1 คุณสมบัติทางเทคนิคของ Raspberry Pi

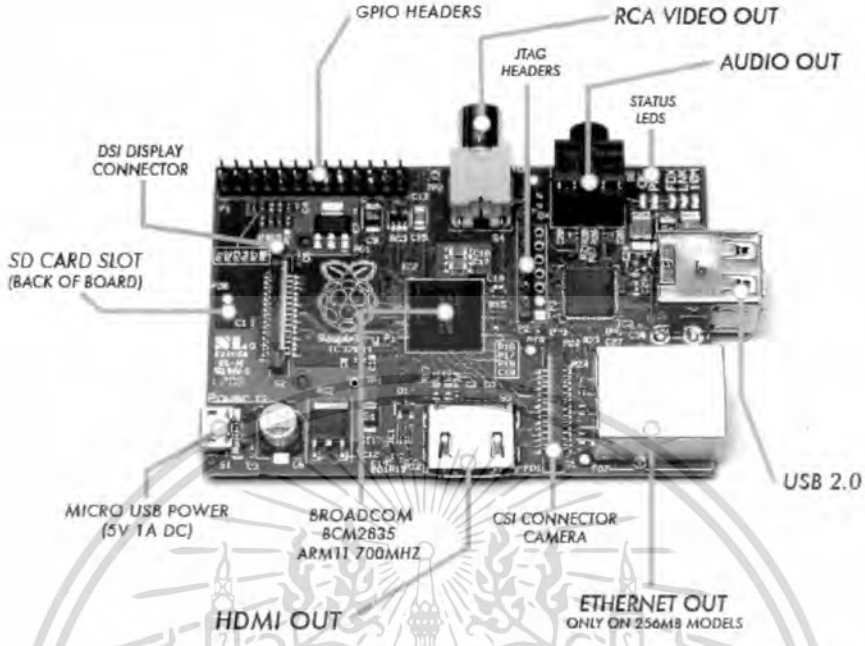
- ชิปควบคุมหลัก : Broadcom BCM2835 หรือเทียบเท่ารวมซีพียู หน่วยประมวลกราฟิก หรือ GPU และหน่วยความจำ SDRAM ไว้ ภายในตัวถังเดียวกัน
- หน่วยประมวลผลกลางหรือ CPU : ARM11 คอร์ ARM1176JZF-S ความเร็ว 700 MHz
- หน่วยประมวลกราฟิก หรือ GPU : Broadcom VideoCore IV หรือเทียบเท่ารองรับการแสดงผล\จอภาพที่ใช้จุดต่อแบบ HDMI และ Composite RCA
- หน่วยความจำ SDRAM : 512MB
- จุดต่อระบบเครือข่ายอีเธอร์เน็ต Network: 10/100 Ethernet
- คอนเน็กเตอร์หรือจุดต่อพอร์ตอินพุตเอาต์พุต(General Purpose Input/Output : GPIO) ที่มีขาต่อบัส SPI (Serial Peripheral Interface Bus), I2C, I2S
- จุดต่อสัญญาณรับส่งข้อมูลอนุกรมหรือ UART
- หน่วยเก็บข้อมูล Storage แบบ Secure Digital Card (SD) การ์ด
- จุดต่อ USB 2.0
- ช่องต่อสัญญาณเสียง Audio output: 3.5mm jack
- ระบบปฏิบัติการ Operating System : Linux (Raspbian, Debian GNU/Linux, Fedora, and Arch Linux ARM) RISC OS, FreeBSD,NetBSD, Plan 9
- ความต้องการไฟเลี้ยง : +5V 700mA เป็นอย่างน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
139331

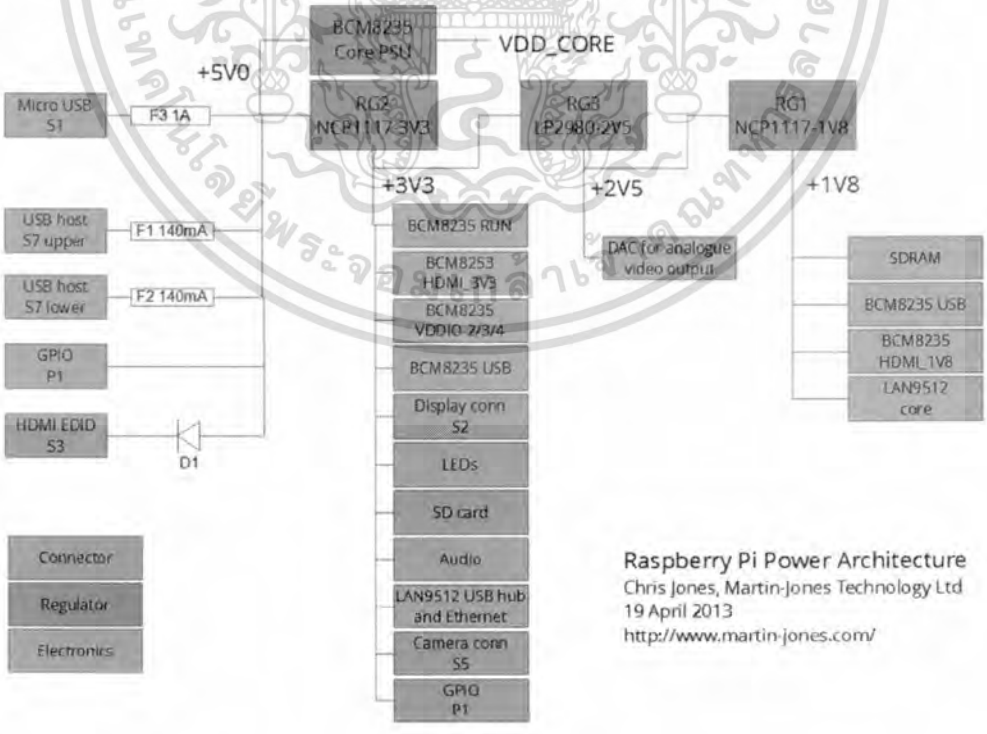


ภาพที่ 2.5 โครงสร้างสถาปัตยกรรม CPU ARM1176jZF-S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Raspberry Pi



ภาพที่ 2.7 โครงสร้างของ BCM8235

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของพอร์ต GPIO ของ Raspberry PI (Model B)

- GPIO มีจำนวนขาต่อใช้งาน 26 ขา (pin) มีจำนวน 2 แถว แถวละ 13 pin
- GPIO แรงดัน 3.3 V กระแสสูงสุด (Max) 50 mA.
- I2C Bus **IC^2 BUS** ใช้สายสัญญาณ 2 เส้น คือ SCL ,SDA สำหรับติดกับอุปกร์แบบทิศทาง Pin 3 = I2C SDA Pin 5 = I2C SCL
- Serial Port : Pin 8 = UART 1 TXD Pin 10 = UART1 RXD
- SPI bus

  Pin 19= SPI0 MOSI

  Pin 21= SPI0 MISO

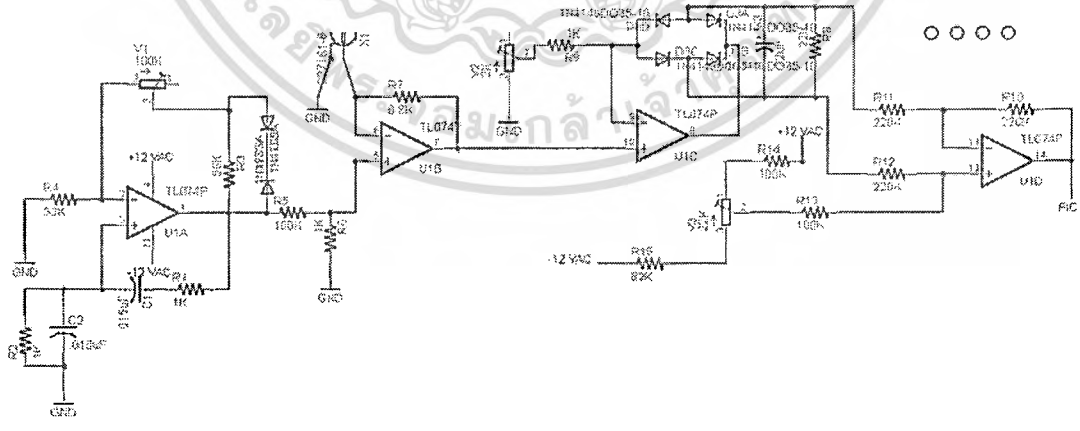
  Pin 23= SPI0 SCLK

  Pin 24= SPI0 CE0

  Pin 26= SPI0 CE1

2.4 การวัดค่าความเข้มข้นสารละลายสารละลาย

ค่าความเข้มข้นสารละลายหรือ Electricity Conductive เป็นการวัดค่าสารละลายจากขาสัญญาณ 2 ขาที่มีระยะห่างกันประมาณ 1 เซ็นติเมตร โดยให้ค่าไอออนที่อยู่ในสารละลายเป็นค่าชี้วัดความเข้มข้นของสารละลาย มีหน่วยการวัดเป็น ไมโครซีเมนต์ (uS) ซึ่งรายละเอียดของวงจรวัดค่าสารละลายความเข้มข้นของสารละลายอาหารได้แสดงดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 วงจรขยายสัญญาณโพรบวัดค่า EC

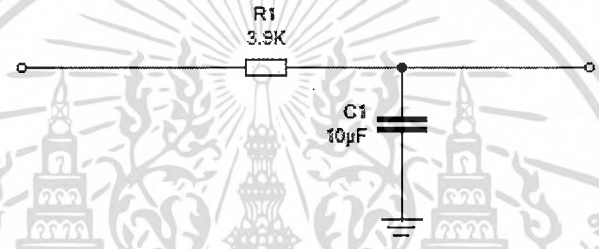
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งวงจรถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนได้แก่

ส่วน Oscillator ใช้วงจรเวนน์บริดจ์ (Wien Bridge) สร้างสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อวัดค่าความนำไฟฟ้าของสารละลาย

ส่วน Gain Loop เป็นส่วนที่ต่อจากหัววัดค่าความเข้มข้นสารละลาย ซึ่งกำหนดระยะห่างหัวขั้วหัววัดเป็น 1 เซ็นติเมตร ในภาคนี้จะมีการขยายสัญญาณให้มีเกณฑ์สูงขึ้นด้วย

ส่วน AC to DC convertor เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ได้จากสัญญาณที่ได้จากการวัดซึ่งเป็นสัญญาณแอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผล ในส่วนของการเชื่อมต่อกับไมโครคอลโทรลเลอร์นั้นจะต้องใส่วงจร Low-Pass filter เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนออกไปจากสัญญาณที่วัดได้ แสดงดังภาพที่ 2.9

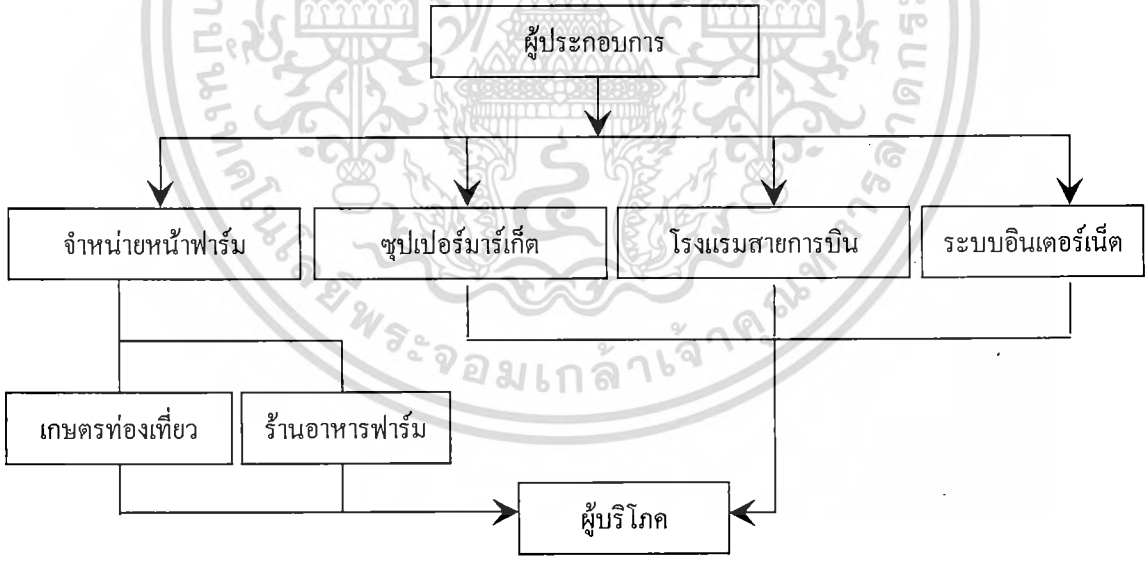


ภาพที่ 2.9 วงจรลดสัญญาณรบกวน Low-pass Fillter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

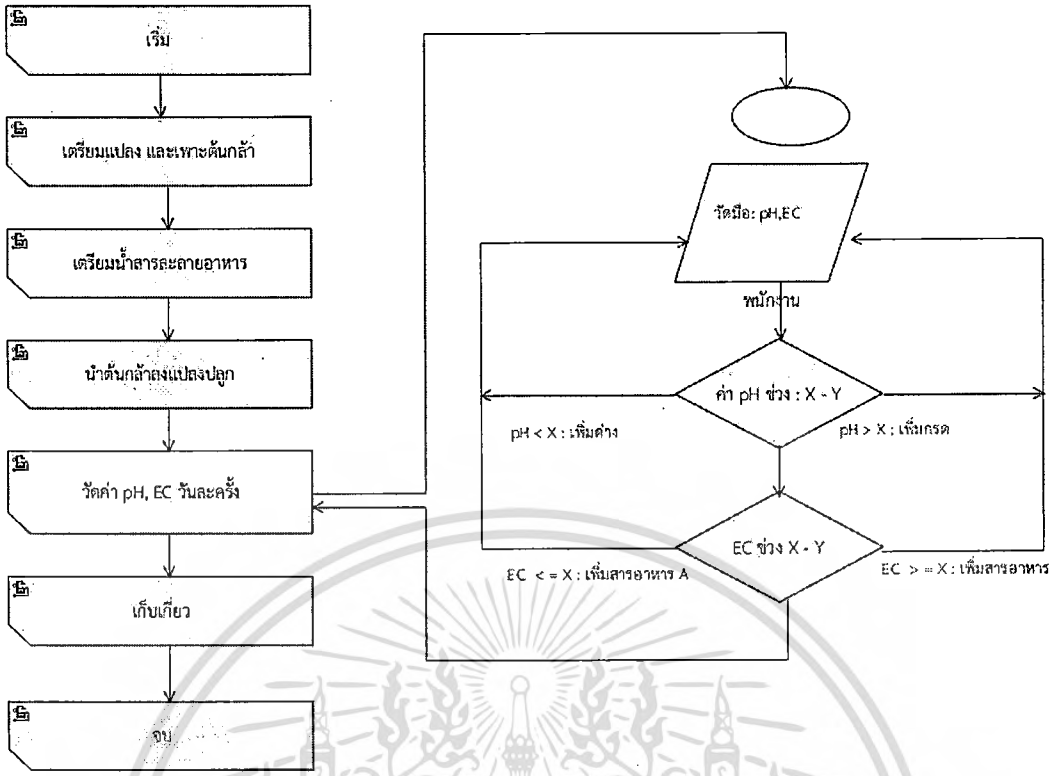
บทที่ 3
การศึกษาระบบปัจจุบัน

เนื่องจากปัจจุบันความนิยมบริโภคผักไฮโดรโปนิกส์ และการทำธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ ของประเทศไทยกำลังเป็นที่นิยมเพิ่มขึ้น และอยู่ในระยะเริ่มต้น เนื่องจากจะต้องใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ ยังต้องทำการวิจัย ศึกษา ค้นคว้า และปรับให้เหมาะสมการการเกตรในประเทศ ปัจจุบันนิยมปลูกผักไฮโดรเพื่อจำหน่ายในตลาดระดับสูง เช่น ภัตตาคาร โรงแรม สายการบิน และซุปเปอร์มาเก็ต ซึ่งมีราคาสูงกว่าผักทั่วไปถึง 3-4 เท่า ระยะแรกเริ่มต้นที่ผักสลัดต่างประเทศ ต่อมาได้เริ่มขยายตลาดไปยังระดับกลางคนทั่วไปผักที่นิยมปลูกเพื่อการค้า และมีความต้องการในท้องตลาดได้แก่ Red Oak, Red Corel, Butter head, Cos, Frillice, Rocket, Mizuna และ Green Oak นอกจากนั้นผักไทยได้แก่ ผักกาดเขียวกวางตุ้ง ผักคะน้า ผักบุ้ง ผักกาดฮ่องเต้ เป็นต้น จุดขายของผักไฮโดรโปนิกส์จะเน้นที่ ความสะอาดปลอดภัยจากสารพิษ ซึ่งผู้บริโภคปัจจุบันได้ให้ความสนใจกับสุขภาพมากขึ้น จึงทำให้ตลาดผักไฮโดรโปนิกขยาย และเติบโตมากขึ้น ซภาพแผนผังการแสดงช่องทางการขายดังภาพที่ 3.1 (จรัสพงษ์ สินศิริพงษ์. 2553)(อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2556)



ภาพที่ 3.1 รูปแบบของการจำหน่ายผักไฮโดรโปนิกส์ รวมถึงพืชที่ปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (จรัสพงษ์ สินศิริพงษ์. 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 ผังการทำงานระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการศึกษาระบบปัจจุบันได้เข้าเยี่ยมชมฟาร์มปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ ของบริษัทจิตสดใสประกอบชัย ไฮโดรโปนิกส์ จำกัด เลขที่ 111/9, 111/10 หมู่ที่ 2 ตำบลโสธร อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยการสัมภาษณ์คุณทรงยศ องศิริ เจ้าของกิจการ หรือกำนัน ตำบลโสธร อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ความชำนาญ ในเรื่องการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ในภาคตะวันออกของไทย ซึ่งมีผลงานในการออกแบบ และเป็นที่ปรึกษาให้กับเกษตรกรที่ปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ทั้งในประเทศ ต่างประเทศ เช่นญี่ปุ่น และตะวันออกกลาง ซึ่งได้สัมภาษณ์ในหัวข้อเรื่องการปลูกผักแบบไฮโดรโปนิกส์ เครื่องมืออุปกรณ์ ปัญหาและอุปสรรค์ต่างๆ ในการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ของไทยโดยเฉพาะเกษตรขนาด SME และกลุ่มเกษตรกรรายย่อย

ภาพที่ 3.3 สัมภาษณ์เจ้าของกิจการผักแบบไฮโดรโปนิกส์

ภาพที่ 3.4 แปลงผักแบบไฮโดรโปนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.5 แปลงผักแบบไฮโดรโปนิกส์

ภาพที่ 3.6 การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์เพื่อเสริมรายได้

สัมภาษณ์คุณอ้อมตะวัน เจ้าของและผู้จัดการฝ่ายการตลาด บริษัท 89 อิเลคทริคอร์แอนด์ คอร์สตรั๊กชั่น เจ้าของร้าน 89 Salad ในเครือ 89 คอนสตรั๊คชั่น และเจ้าของธุรกิจ 89 ในจังหวัดเชียงใหม่ ถึงเรื่องการปลูกพืชผัก ผลไม้ และผักไฮโดรโปนิกส์ เพื่อเพิ่มรายได้ให้กับธุรกิจ ถึงวิธีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการปลูกผัก โดยเฉพาะไฮโดรโปนิกส์ สำหรับเกษตรกรรายนี้เป็นการปลูกแบบใช้คนงานเป็นผู้ดูแลทั้งหมดไม่ใช้เครื่องมือวัดค่าสภาพแวดล้อมในแปลงปลูก

สำหรับปัญหาต่างๆที่ได้นั้นได้จากการสัมภาษณ์ เกษตรกรทั้งสองรายนั้นได้สรุปรวบรวมในท้ายบทที่ 3

3.1 การปลูกผักโฮโดรโปนิกส์ระบบ NFT

การปลูกผักสลัดเพื่อการค้านั้นจะต้องพิจารณาสิ่งต่างๆ ดังนี้

3.1.1 ศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับระบบปลูกแบบ NFT ถึงข้อดีข้อเสีย ข้อจำกัดในการปลูก การดูแลรักษา และระบบการปลูก

3.1.2 การเลือกพื้นที่ปลูกให้เหมาะสม เพราะผักสลัดนั้นเป็นผักที่เน่าง่าย ต้องการดูแลรักษาเป็นพิเศษ ในขณะปลูกถ้ามีสิ่งต่างๆ ผิดปกติเกิดขึ้นกับผัก จะต้องมีการปรับปรุง และแก้ไขให้ทันท่วงทีอยู่ตลอดเวลา แหล่งน้ำต้องดี ทั้งปริมาณ และคุณภาพ น้ำที่ใช้จะต้องมีคุณภาพ และปริมาณที่เหมาะสมพอเพียง น้ำที่ดี คือใสสะอาด และปราศจากสารหรือธาตุที่เป็นพิษละลายตัวอยู่ในน้ำ โดยทั่วไปถ้าน้ำมีค่า EC ต่ำกว่า 0.3 mS/cm สามารถนำมาใช้ได้แต่ถ้า EC มากกว่า 0.3 mS/cm จะต้องนำมาวิเคราะห์ว่ามีสารอะไรละลายอยู่ บ้าง ถ้าเป็นธาตุที่พืชต้องการก็สามารถนามาใช้ได้แต่ต้องมีการปรับสูตรสารละลายให้เหมาะกับน้ำ และพืชที่จะปลูก น้ำประปาในเขตกรุงเทพมหานครค่า EC อยู่ประมาณ 0.2-0.3 mS/cm ถ้าในพื้นที่อื่นๆ ต้องทำการตรวจวัดก่อน การที่น้ำไม่ดีนั้นมีผลกับการเติบโตของผัก โตช้า ไม่ได้น้ำหนัก หรืออาจปลูกไม่ได้เลย การที่น้ำคุณภาพไม่ดีนั้นจะต้องมีการควบคุมเป็นพิเศษ และต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในเช่น อาจต้องเปลี่ยนน้ำสารละลายบ่อย ระบบกรองน้ำเครื่อง Reverse Osmosis หรือแบบ Rasin

3.1.3 ศึกษาเรื่องพื้นที่ในการปลูก เป็นพื้นที่ที่น้ำไม่ท่วม ห่างจากนาข้าวและพืชไร่ พื้นที่น้ำท่วมทำให้เกิดปัญหาเรื่องการควบคุมระบบสารละลายอาหารเพราะปกติจะวางอยู่ต่ำบนดินหรือผังดิน น้ำท่วมก็ทำให้เกิดปัญหากับการขนส่ง นอกจากนั้นการที่อยู่ใกล้นาข้าว กับไร่เกษตรกรอาจมีการเผาไร่นาทำให้มีผลกระทบกับผักได้

3.1.4 ศึกษาเรื่อง ลมไม่แรง หรือต้องมีที่กั้นลม (พืชหรือสิ่งก่อสร้าง) ลมแรงจะมีผลกับการเจริญเติบโตของผักผักอาจน้ำ หรือบิดงอได้ง่าย จะต้องมีอุปกรณ์ป้องกันแรงลมปะทะแปลงผักโดยตรงลมแรง ต้องทำรั้วกันลมสูงอย่างน้อย 4 เมตร โดยขึงด้วยสแลน ขนาดพรางแสง 70% และอาจต้องมี สแลนขึงขวางทางลมเป็นช่วงๆ หรืออาจปลูกพืชกันลม

3.1.5 ศึกษาเรื่องแสงแปลงผักจะต้องอยู่กลางแจ้งหรือต้องได้รับแสงเต็มที่อย่างน้อย 6 ชม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผักสลัดเป็นพืชที่ต้องการแสงมาก (แต่ต้องการอุณหภูมิต่ำ) ถ้าผักได้รับแสงน้อยจะยืดเสียทรงไม่เป็นที่ต้องการขายไม่ได้ ใบผักจะบางฉีกขาด ราคาไม่ดี ผักสีแดงสีจะไม่เข้ม เช่น Red Oak Red Correl สีจะออกสีแดงปนเขียวตลาดไม่ต้องการ ดังนั้นจึงต้องมีเทคนิคการพรางแสง และการพ่นน้ำลดอุณหภูมิ

3.1.6 ศึกษาเรื่องการคมนาคมขนส่งต้องสะดวก และไม่ไกลจากกรุงเทพมหานคร เมืองใหญ่ หรือแหล่งท่องเที่ยวชาวต่างประเทศ ได้แก่ กรุงเทพฯ พัทยา เชียงใหม่ ภูเก็ต กระบี่ เกาะสมุย เนื่องจากผักเน่าเสียง่าย และต้องเก็บผักทุก 2 – 3 วันโดยทั่วไปเมื่อเก็บผักจะส่งผักในวันรุ่งขึ้น นอกจากมีห้องเย็นอาจเก็บผักได้ 3 - 5 วัน และค่าขนส่งผักจะสูง เนื่องจากผักน้ำหนักเบา และอัดแน่นไม่ได้

3.1.7 แหล่งความรู้ และที่ปรึกษา เนื่องจากขณะปลูกจะมีปัญหาต่างๆตลอดเวลา และจะต้องแก้ไขในทันที ดังนั้นจะต้องมีแหล่งข้อมูล และที่ปรึกษาที่สามารถช่วยแก้ปัญหาได้อย่างทันท่วงที

3.2 องค์ประกอบของการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ระบบ NFT

สำหรับองค์ประกอบในการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT นั้นมีระบบหลักๆ 2 ส่วน คือ

3.2.1 ระบบควบคุมส่วนของสารละลาย เป็นส่วนที่อยู่ในห้องเตรียมสารละลาย ประกอบด้วยถังสารละลาย ปั๊มน้ำ ชุดควบคุมค่า pH ชุดควบคุมค่า EC ตลอดจนปริมาณน้ำในถังสารละลาย ส่วนนี้จะมีหน้าที่ในการปรับค่า pH และ EC ของสารละลายให้เหมาะสมกับความต้องการของผัก รักษาปริมาณน้ำในถังให้คงที่ และมีปั๊มน้ำเพื่อเพิ่มความดันน้ำตามอัตราที่ต้องการได้ ถ้าระบบอัตโนมัติก็จะมีวาล์วไฟฟ้าควบคุมควบคุมการปล่อยสารละลายลงถังผสม เมื่อสารละลายเจือจาง ส่วนค่า pH นั้นจะถูกควบคุมโดยชุดควบคุมค่า pH มิเตอร์เมื่อค่า pH เพิ่มขึ้นเครื่องก็จะสั่งให้ปั๊มลมทำงานอัดลมเข้าในถังกรด ไนตริกที่ปิดสนิท มีทางออกผ่านท่อขนาดเล็กเพื่อเติมกรดลงในถังผสม เมื่อค่า pH ได้ค่าที่ต้องการปั๊มลมก็จะหยุด ถ้าเป็นระบบขนาดเล็กที่ไม่มีระบบอัตโนมัติ จะใช้คนเป็นผู้วัด และปรับค่า pH และ EC ตามที่ต้องการ โดยทั่วไปจะทำตอนเช้าซึ่งเป็นธุรกิจการเกษตรขนาด SME และรายย่อยซึ่งการดูแลรักษานั้นพึ่งพาความชำนาญ และประสบการณ์ของเกษตรกรเป็นหลัก

การสเปรย์น้ำลดความร้อน จากการปลูกในสภาพกลางแจ้ง ผักสลัดจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในหน้าร้อน เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงเกินไปโดยเฉพาะอุณหภูมิสารละลาย การพรางแสงจะช่วยลดอุณหภูมิได้ระดับหนึ่ง แต่ก็ยังสูงกว่าที่ผักสลัดจะเจริญเติบโตได้ เช่นในช่วงเดือนเมษายน อุณหภูมิในร่มอาจสูงถึง 35 องศา และอุณหภูมิสารละลายจะอยู่ประมาณ 32-35 องศา การพ่นละอองน้ำให้ทั่วบริเวณปลูกพืช ซึ่งจะสามารถลดอุณหภูมิขณะพ่นได้ 3-5 องศา และลดอุณหภูมิ

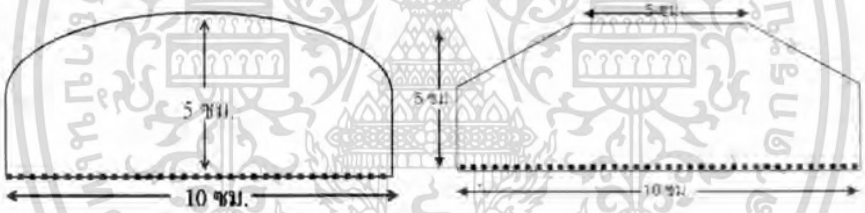
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายได้ 3-5 องศาเช่นเดียวกัน หลักการในการพ่นน้ำต้องพ่นให้เป็นละอองน้ำเล็กที่สุด ควรมีระบบตั้งเวลา และควบคุมอุณหภูมิ เช่นจะมีการตั้งเวลาให้ระบบพ่นน้ำทำงาน 1 นาที หยุด 8 นาที และจะหยุดทำงานเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 30 องศา หน้าร้อนอาจต้องพ่นละอองน้ำให้นานขึ้น

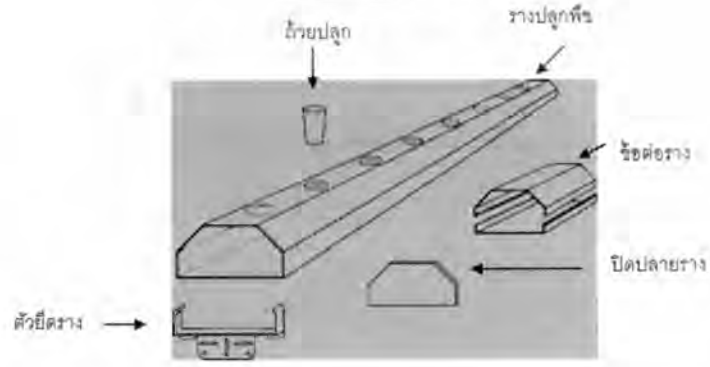
3.2.2 โต๊ะปลูก และระบบท่อ ประกอบด้วยระบบท่อต่างๆ และโต๊ะปลูก โต๊ะอนุบาล 1 และ 2 ส่วนนี้ทำหน้าที่นำน้ำละลายจากส่วนควบคุมไปยังโต๊ะปลูก และไหลผ่านรากพืชในรางปลูกพืช และนำสารละลายไหลกลับสู่ส่วนควบคุม

การเตรียมพื้นที่ปรับระดับพื้นที่ให้เรียบ ถ้าพื้นที่มีความลาดเอียงต้องปรับให้เรียบ และหาตำแหน่งที่ต่ำที่สุด เพื่อเป็นที่ตั้งถังสารละลาย จากนั้นทำการวางระบบท่อส่งน้ำ และท่อนำน้ำกลับ (ท่อที่ฝังดิน) กลบท่อ และควรใช้พลาสติกดำปูพื้น และเททับด้วยหินคลุก เพื่อป้องกันหญ้า และจะไม่แฉะ เพราะถ้าแฉะอาจเป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรค และแมลงต่างๆ ได้

ส่วนระบบท่อ และโต๊ะปลูกผัก รางทำจาก PVC ขึ้นรูป เป็นรูป 5 เหลี่ยม หรือเป็นรางโค้งด้านบน ฐานกว้าง 10 ซม สูง 5 ซม รางแต่ละรางยาว 6 เมตร และเจาะรูปลูกพืช รูปวงกลมรัศมี 2.5 ซม. ระยะระหว่างหลุมปลูกพืช 25 ซม. ใน 1 เมตรจะมีหลุมปลูกพืช 4 หลุม ด้านฐานรางเซาะเป็นร่องเล็กๆเพื่อช่วยกระจายให้สารละลายไหลเป็นแผ่นบาง ๆ



ภาพที่ 3.7 รางปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2556)

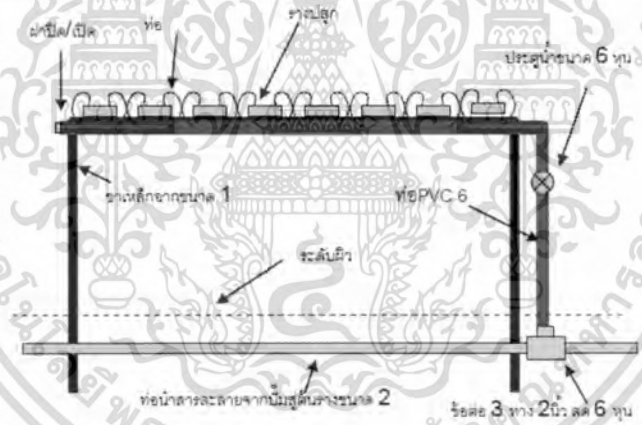


ภาพที่ 3.8 รางปลูกพืช (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.9 โต๊ะปลูก (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2556)

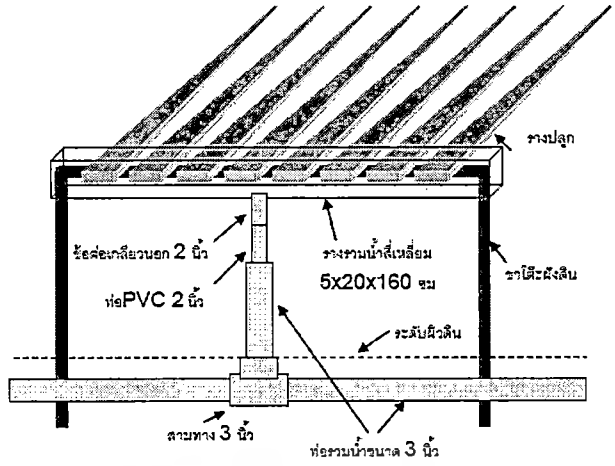
ท่อน้ำสารละลายจากปั๊มสู่รางปลูกพืช ท่อส่งจะเป็น PVC ขนาด 2 – 2 1/2 นิ้ว ชั้นความหนา 8.5 ฝังอยู่ใต้ดิน วิ่งจากปั๊มสู่ทางน้ำเข้าต้นรางปลูกพืช



ภาพที่ 3.10 ท่อส่งน้ำเข้ารางปลูกพืช (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2556)

รางรับน้ำจากปลายรางปลูกพืชนำกลับถังสารละลาย สารละลายที่วิ่งอยู่ในราง พืชจะดูดน้ำ และธาตุอาหารไปใช้สารละลายที่เหลือจะไหลมารวมที่ปลายรางในรางรับน้ำ เป็นราง สี่เหลี่ยมสีขาวขนาด 5 x 15 ซม. และไหลลงสู่ท่อขนาด 3 นิ้ว เพื่อนำสารละลายกลับสู่ถังปลูก (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.11 รางน้ำ และระบบท่อรวมสารละลาย (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2556)

3.3 การปลูก และการดูแลรักษาผักไฮโดรโปนิกส์ในปัจจุบัน

3.3.1 ใส่ Perlite ในถ้วยปลูก เขย่าจนด้านบนมีแต่ Perlite ขนาดใหญ่

3.3.2 หยอดเมล็ดลงถ้วยปลูก จะใช้มือหยิบเมล็ดวางบนวัสดุปลูกก็ได้ แต่ถ้าไม่ชำนาญอาจให้ใช้ไม้จิ้มฟันแตะน้ำ แล้วแตะเมล็ดวางลงบนวัสดุปลูก ไม่ต้องกลบเมล็ดที่สำคัญให้ใส่ 1 เมล็ดต่อหนึ่งถ้วย เขย่าถ้วยปลูกอีกครั้งจนเมล็ดจมลงใน Perlite

3.3.3 รดน้ำครั้งแรกจน Perlite ชุ่มน้ำ หลังจากนั้นรดน้ำเช้าเย็น เมล็ดจะงอกภายใน 3 วัน รดน้ำเช้าเย็นจนผักอายุ 6 วัน

3.3.4 ย้ายลงรางของโต๊ะอนุบาล 1 เริ่มให้สารละลายธาตุอาหาร EC= 1.4 - 1.8 pH 5.8 - 6.2 และค่อยๆเพิ่มจนเท่ากับสารละลายที่ใช้ปลูก หรือหลังจาก 6 วันเริ่มให้สารละลายที่ใช้ในระบบปลูกได้เลย พืชจะอยู่บนรางอนุบาล 1 ประมาณ 21 วัน หลังจากนั้นย้ายลงโต๊ะอนุบาล 2 โต๊ะอนุบาลหนึ่งจะอยู่ในหลังคาพลาสติกเพื่อป้องกันเม็ดฝนกระแทกต้นอ่อน และมีการพรางแสง 50% พืชจะอยู่บนรางอนุบาล 2 อีก 10 – 14 วัน

3.3.5 ย้ายกล้าจากรางอนุบาล 2 ลงโต๊ะปลูก พืชจะอยู่บนโต๊ะปลูกประมาณ 14 - 21 วัน ขึ้นอยู่กับชนิดผัก จนทำการเก็บเกี่ยว

3.3.6 การดูแลผักขณะปลูกต้องมีการตรวจอัตราการเจริญเติบโตของพืชตลอดเวลา ขึ้นอยู่กับชนิดพืชและฤดูกาล ถ้าผิดปกติต้องหาสาเหตุ และรีบแก้ไข ต้องคอยดูที่รากพืชถ้าพืชโตดีรากจะขาวไม่ขาดง่าย แต่ถ้ารากเริ่มกลายเป็นสีน้ำตาล และขาดง่ายแสดงว่าผักที่ปลูกเริ่มมีปัญหาต้องรีบแก้ไข ถึงแม้ต้นพืชจะดูปกติไม่แสดง อาการเหี่ยวแต่ถ้ารากเริ่มเป็นสีน้ำตาลก็จะเหี่ยวภายใน2-3 วัน

3.3.7 การวัดค่า pH และ EC เป็นการดูแลจัดการสารละลายขณะปลูกพืช ต้องตรวจสอบค่า pH และ EC ให้เหมาะสมและถูกต้อง ต้องมีการถ่ายหรือเปลี่ยนสารละลายอยู่เป็นระยะๆ ค่า pH ของสารละลายให้อยู่ในช่วง 5.8-6.2 ถ้าค่า pH สูงกว่า 6.2 จะทำให้เกิดตะกอนของ Ca และ P ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสะอาดได้ยากอาจต้องทำความสะอาดด้วยน้ำยาทำความสะอาดห้องน้ำ หรือกรดไนตริก จะต้องมีเครื่องมือที่ใช้ควบคุม pH ให้อยู่ในช่วงดังกล่าวเป็นสิ่งสาคัญที่สุด ถ้า pH ต่ำ หรือสูงไปธาตุอาหารบางตัวจะไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช พืชจะขาด ธาตุอาหารการเจริญเติบโตลดลงหรือแสดงอาการขาด ซึ่งอาการที่พบเสมอเมื่อค่า pH สูงเกินไปคือใบจะเหลือง เนื่องจากขาดธาตุเหล็ก ค่า EC ต้องควบคุมให้อยู่ที่ช่วง 1.6 mS/cm ค่า EC จะไม่เปลี่ยนแปลงเร็วมากนัก

3.3.8 การเก็บเกี่ยวควรเก็บในช่วงเช้ามืด ก่อนพระอาทิตย์ขึ้นผักจะมีการดูดน้ำสะสมในพืชมากที่สุดทำให้น้ำหนักดี ตอนสายพืชจะเริ่มคายน้ำ เริ่มเหี่ยวน้ำหนักลดลง ถ้าเก็บช่วงบ่ายจะต้องพ่นน้ำเพิ่มความชุ่มชื้นป้องกันผักเหี่ยว

3.3.9 การจัดการในเรื่องอุณหภูมิ แดดจัด และฝนตก ผักเมืองหนาว อุณหภูมิที่เหมาะสมของผักจะอยู่ในช่วง 18-25 C° แต่ในประเทศไทยอุณหภูมิในหน้าร้อนจะอยู่ประมาณ 28- 38 C° ซึ่งสูงเกินกว่าความต้องการของผักมาก การลดอุณหภูมิดังกล่าวทำได้โดยการพรางแสง และพ่นละอองน้ำให้แปลงปลูกผัก ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิโดยรอบแปลงปลูกผักได้ถึงประมาณ 3-5 C° บางฟาร์มอาจใช้เครื่องทำความเย็นเพื่อลดอุณหภูมิของสารละลายโดยตรงให้อยู่ในช่วง ประมาณ 25 C° แต่เป็นวิธีการที่สิ้นเปลืองมาก (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2556)(สุรพล มนัสเสรี. 2544)

3.4 ปัญหา และข้อจำกัดของระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ในปัจจุบัน

เนื่องจากผู้ศึกษาได้ศึกษามุ่งเน้นไปที่การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ขนาด SME เกษตรกรรายย่อย และผู้ที่ต้องการทำการปลูกผักเพื่อเป็นอาชีพเสริม จึงสามารถระบุปัญหา และข้อจำกัดของระบบปัจจุบันได้ดังนี้

3.4.1 ปัญหาขณะเตรียมสารละลายโดยใช้คนเป็นผู้วัด และปรับค่า pH และ EC ตามที่ต้องการ โดยทั่วไปจะทำตอนเช้าซึ่งทำได้ไม่สม่ำเสมอ

3.4.2 เกษตรกรบางรายใช้ระบบที่เติมน้ำและปุ๋ยโดยใช้ผู้ดูแล และไม่มีการวัดค่าซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกที่สุดแต่เป็นระบบควบคุมค่า EC ที่มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด ระบบนี้จะปล่อยให้พืชใช้สารละลายไปเรื่อยๆ จนถึงระดับหนึ่ง แล้วจะมีการเติมสารละลายที่เตรียมไว้แล้ว (เป็นสารละลายที่มีค่า EC ที่ต้องการ) หรือโดยการเติมน้ำสารละลายเข้มข้นตามอัตราที่กำหนด อาจถึงระดับที่เป็นอันตรายต่อพืชปัญหา

3.4.3 ปัญหาเรื่องความสม่ำเสมอในการวัดค่า pH และ EC ของผู้ดูแปลงผักปกติต้องวัดค่าทุกๆ เช้าแต่อาจไม่ได้ทำการวัดค่าอย่างสม่ำเสมอซึ่งอาจจะส่งผลกระทบกับการเจริญเติบโตของผักได้

3.4.3 ปัญหาเจ้าของฟาร์มไม่สามารถย้อนข้อมูลกลับไปดูประวัติการตรวจวัดค่าต่างๆ ได้ เพราะไม่มีการจดบันทึก ฟาร์มบางแห่งอาจใช้วิธีการจดบันทึกแต่การบันทึกอาจเกิดความพลาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าหากผู้ดูแลแปลงผักไม่มีวินัยในการทำงาน ซึ่งการบันทึกค่าต่างๆ นั้นมีประโยชน์มากในการวิเคราะห์ปัญหา และพัฒนาการเพาะปลูกผักในอนาคตได้

3.4.4 ปัญหาเรื่องการผสมสารละลายอาหา อาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ง่ายหากไม่มีการคำนวณที่ดี ต้องทดลองเติมไปก่อนแล้ววัดค่าเพื่อปรับค่าต้องใช้ความชำนาญ และประสบการณ์เฉพาะบุคคลในการผสมสารละลายดังนั้นจะเกิดปัญหากับเกษตรกรรายใหม่ และผู้ดูแลแปลงปลูกผักที่ยังขาดประสบการณ์

3.4.5 ปัญหาเรื่องอุณหภูมิที่สูงขึ้นในตอนกลางวันถ้าไม่มีการลดอุณหูมิลงอาจทำให้ผักเสียหายเหี่ยวเฉา และมีปัญหาเรื่องการเจริญเติบโตของผักได้ ถ้าผู้ดูแลแปลงผักไม่ได้ดูแลตลอดเวลา

3.4.6 ปัญหาเรื่ององค์ความรู้สำหรับการปลูก และการดูแลผักไฮโดรโปนิกส์ ของผู้เริ่มเข้าสู่การปลูกผักระบบไฮโดรโปนิกส์

3.4.7 ปัญหาการรักษาระดับน้ำในถังสารละลาย เมื่อมีการใช้ไปก็จะลดลง ต้องมีการเติมทุกๆ เช้า หรือหรือดูจากปริมาณสารละลายที่พืชใช้ไป เช่นร้อยละ 50, 60, และ 70 ของความจุถังสารละลาย ไม่สามารถทิ้งแปลงผักได้นานสำหรับเกษตรกรแบบเจ้าของคนเดียวไม่มีลูกจ้างดูแลแปลงปลูก

3.4.8 ปัญหาของเกษตรกรที่วัดค่า pH แบบใช้การเปรียบเทียบสีโดยใช้น้ำยาเปลี่ยนสี ซึ่งเป็นการวัดจากการมองเห็นสีของแต่ละคนอย่างคร่าวๆ อาจเกิดการผิดพลาด และมีปัญหากับการเจริญเติมโตของผักได้

3.4.9 ปัญหาในการใช้ส่วนผสมของสารละลายอาหารพืชของแต่จะชนิดนั้นไม่เท่ากันต้องใช้วิธีจดจำ และลองผสม ซึ่งอาจผิดพลาดได้ การผสมแบบกลางๆ ทำให้ผักเจริญเติบโตได้ แต่ถ้าได้สูตรที่มีความเหมาะสมกับความต้องการของผักแต่ละชนิดจะทำให้ผักเติบโตได้ดีขึ้น

3.4.10 ปัญหาแบตเตอรี่ที่ใช้กับเครื่องวัดแบบมือถืออาจจะเสื่อม หรือกระแสไฟฟ้าลดต่ำลง ทำให้การวัดค่าผิดพลาดได้

3.4.11 ปัญหาการใช้เครื่อง EC มิเตอร์ ซึ่งค่า EC จะผันแปรตามอุณหภูมิ จึงกำหนดเป็นมาตรฐานที่จะต้องระบุค่าการนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 25 C° ผู้ใช้ต้องมีการปรับก่อนใช้งานโดยอาจปรับกับสารละลายมาตรฐานคือ โพแทสเซี่ยมคลอไรด์ (KCl) 0.01 M ซึ่งมีค่า EC 1.413 mmhos/cm ที่ 25° C ก็ได้ (สุรพล มนัสเสรี. 2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การวิเคราะห์และออกแบบระบบใหม่

จากการศึกษาวิเคราะห์การทำงานของระบบในปัจจุบัน แล้วนำมาวิเคราะห์ตามความต้องการของระบบ ความต้องการใช้งานของผู้ใช้งานในระบบใหม่ ซึ่งเป็นการควบคุมแบบอัตโนมัติ จึงได้ทำการออกแบบระบบใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ความต้องการของระบบ

การวิเคราะห์ความต้องการของระบบนั้นจะศึกษาจากการความต้องการใช้งานของผู้ใช้งาน โดยได้มีการเก็บรวมรวมข้อมูลต่างๆ และสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการปลูกผักในแบบไฮโดรโปนิกส์ และการสำรวจสำหรับผู้ที่ต้องการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ แต่ขาดทักษะความรู้ และไม่มีเวลาดูแลสวนผักตลอดเวลา ต้องการเทคโนโลยีเข้ามาช่วย สามารถตรวจสอบสถานะของแปลงผักได้ตลอดเวลา จากที่ไหนและเวลาใดก็ได้โดยระบบนั้นต้องทำงานได้ทั้งแบบแมนนวล และแบบอัตโนมัติ ระบบทำงานแบบเครือข่ายสามารถเข้าถึงได้ทั้งเครือข่ายแลนและเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ระบบควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์อัตโนมัติ เป็นระบบต้นแบบในการออกแบบระบบใหม่โดยใช้เทคโนโลยีของไมโครคอนโทรลเลอร์ และคอมพิวเตอร์ในการจัดเก็บข้อมูลการตรวจวัดค่าต่างๆ ในแปลงปลูก แล้วส่งไปจัดเก็บยังฐานข้อมูลโดยผ่านทางระบบเครือข่ายแลนได้ทั้งระบบสาย และไร้สาย เพื่อไปประมวลผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย หรือถ้าเป็นขนาดเล็ก ก็สามารถใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผล และใช้เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ได้เลย ผู้ดูแลแปลงผัก และเจ้าของกิจการสามารถดูข้อมูล และรายงานต่างๆ ตลอดจนควบคุมอุปกรณ์ และทดสอบอุปกรณ์ ได้โดยใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์พกพา โทรศัพท์มือถือ หรือคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้ในเมื่อใด หรือเวลาใดก็ได้

โดยสามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนหลัก ประกอบด้วย

1. ส่วนระบบการตรวจวัดค่า pH , EC, Temp, RH จากแปลงผัก ทำหน้ารับค่าตรวจวัดจากแปลงผัก เพื่อส่งข้อมูลให้กับส่วนจัดการ และประมวลผลกลางของระบบ สามารถวัดค่าความเป็นกรดด่างของน้ำสารละลายอาหาร (pH) ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายอาหาร (EC) ต่างๆ ได้พร้อมกันจากทุกๆ แปลงผักได้

2. ส่วนระบบจัดการ และประมวลผลข้อมูลของระบบปลูกผักแบบไฮโดรโปนิกส์ มีหน้าที่รับข้อมูล ประมวลผล และแสดงผลข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัน/ทึกข้อมูลผักแต่ละชนิด ชื่อ ลักษณะ ความต้องการสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโตราคาต้นทุนผัก

บันทึกข้อมูลสภาวะแวดล้อมจริงการเพาะปลูก วัน/เดือน/ปี ที่ปลูก กำหนดวันเก็บเกี่ยว และข้อมูลสภาพแวดล้อมที่ตรวจวัดได้

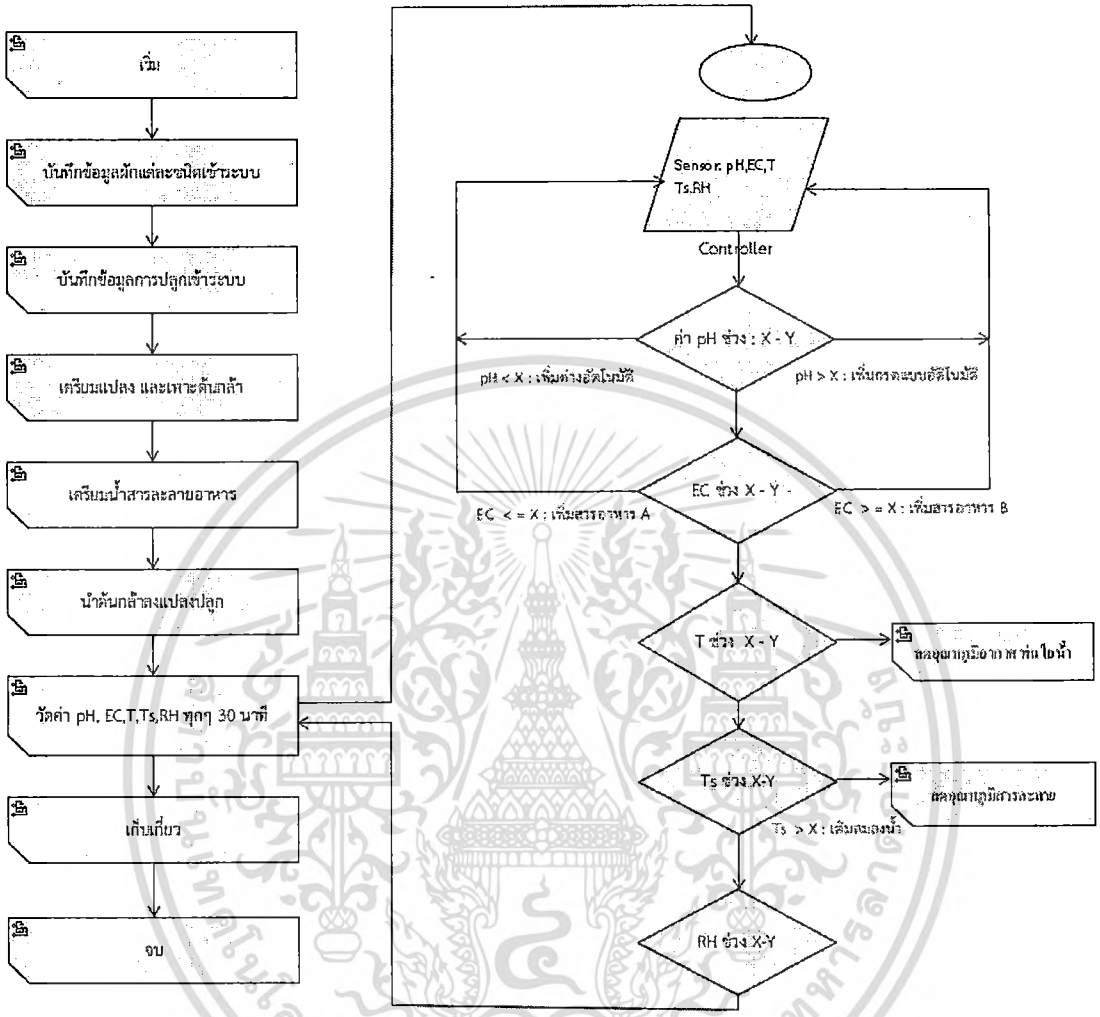
สามารถนำผลการจากการวัดค่าจริงจากแปลงไปเปรียบเทียบกับค่าที่ต้องการ แล้วนำไปควบคุมระบบการปลูกอย่างอัตโนมัติ

แสดงผลจากการบันทึกด้วยเครื่องมือในรูปรายงาน และแบบกราฟ

ระบบแจ้งเตือนเมื่อระบบค่าจากการวัดสูง หรือต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผังการทำงานของระบบใหม่



ภาพที่ 4.1 ผังการทำงานของระบบใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 แบบจำลองความต้องการระบบ

การวิเคราะห์ยูสเคสไดอะแกรมของระบบควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์อัตโนมัติ โดยใช้ตารางการณ์ (Event table) เพื่อแสดงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับระบบ

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์ยูสเคสไดอะแกรม

No.	Event	Event type	Source	Use Case	Response	Destination
1	ผู้ใช้งานเรียกดูข้อมูลคุณสมบัติน้ำสารละลายอาหารและสภาพแวดล้อมย้อนหลังปัจจุบัน	External event	Manager, Famer	เรียกดูข้อมูลคุณสมบัติน้ำสารละลายอาหารและสภาพแวดล้อมย้อนหลังปัจจุบัน	แสดงข้อมูลคุณสมบัติสารละลายอาหารและสภาพแวดล้อมย้อนหลังล่าสุดที่ถูกจัดเก็บไว้	Manager, Famer
2	ผู้ใช้งานเรียกดูข้อมูลคุณสมบัติน้ำสารละลายอาหารและสภาพแวดล้อมย้อนหลัง	External event	Manager, Famer	เรียกดูข้อมูลคุณสมบัติน้ำสารละลายอาหารและสภาพแวดล้อมย้อนหลังย้อนหลัง	แสดงข้อมูลคุณสมบัติสารละลายอาหารและสภาพแวดล้อมย้อนหลังย้อนหลังตามช่วงเวลาที่เก็บเอาไว้	Manager, Famer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

No.	Event	Event type	Source	Use Case	Response	Destination
3	เมื่อถึงช่วงเวลาที่กำหนดในการอ่านค่าสารละลายอาหารและสภาพแวดล้อม	Temporal event		ระบบตรวจวัดคุณสมบัติน้ำสารละลายอาหารและสภาพแวดล้อม	ค่าคุณสมบัติคุณสมบัติน้ำสารละลายอาหารตามหัววัด	ระบบควบคุมการตรวจวัดคุณสมบัติน้ำสารละลายอาหารและสภาพแวดล้อม
4	ระบบตรวจวัดคุณสมบัติน้ำสารละลายอาหารและสภาพแวดล้อมเริ่มต้นเชื่อมต่อระบบควบคุมการตรวจวัดระบบ	State event	ระบบตรวจวัดคุณสมบัติน้ำสารละลายอาหารและสภาพแวดล้อม	ระบบควบคุมการตรวจวัดระบบสารละลายอาหารและสภาพแวดล้อมเปิดการเชื่อมต่อ	สถานการเชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่าย	ระบบควบคุมการตรวจวัด
5	ระบบตรวจวัดคุณสมบัติน้ำสารละลายอาหารและสภาพแวดล้อม ทำการส่งข้อมูล	State event	ระบบตรวจวัดคุณสมบัติน้ำสารละลายอาหารและสภาพแวดล้อม	ส่งข้อมูลจากแปลงผัก	ส่งการตรวจวัดข้อมูลจากแปลงผัก	ระบบควบคุมการตรวจวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

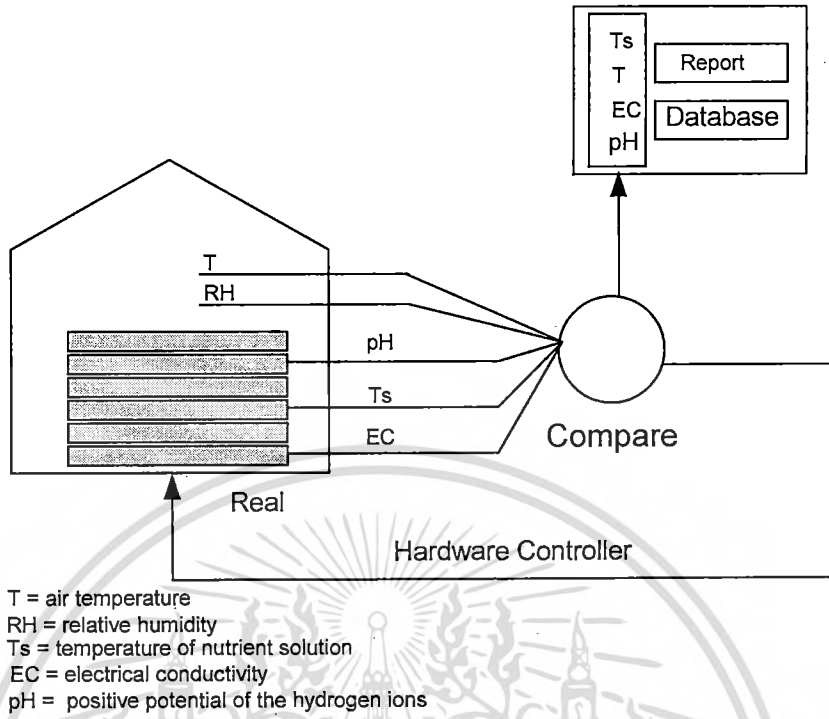
No.	Event	Event type	Source	Use Case	Response	Destination
6	ผู้ดูแลระบบร้องขอเชื่อมต่อกับระบบ	External event	Admin	ร้องขอเชื่อมต่อกับระบบควบคุม	สถานการเชื่อมต่อ	ระบบควบคุม
7	เมื่อผู้ดูแลระบบตรวจสอบสิทธิ์เพื่อเข้าสู่ระบบ	External event	Admin	ตรวจสอบสิทธิเพื่อเข้าสู่ระบบ (Login)	ผลการตรวจสอบสิทธิการเข้าสู่ระบบ	Admin
8	ผู้ดูแลระบบเรียกดูสถานะของระบบควบคุม	External event	Admin	เรียกดูสถานะของระบบ	สถานะการทำงานของระบบ	Admin
9	ผู้ดูแลระบบเรียกดูค่า Config ของระบบ	External event	Admin	เรียกค่า Config ของระบบ	ค่า Config ของระบบของระบบ	Admin
10	เมื่อระบบได้รับการร้องขอค่า Config ของระบบ	Internal event		ส่งค่า Config ของระบบออกไปให้ผู้ร้องขอ	ค่า Config ของระบบ	Admin
11	ผู้ดูแลระบบแก้ไขค่า Config ของระบบ	External event	Admin	แก้ไขค่า Config ของระบบ	บันทึกค่า Config ของระบบ	Admin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1(ต่อ)

No.	Event	Event type	Source	Use Case	Response	Destination
12	เมื่อระบบได้ถูกร้องขอการแก้ไขค่าข้อมูล Config	Internal		บันทึกค่าข้อมูล Config ของระบบ	ผลการแก้ไขค่าข้อมูล Config ของระบบ	Admin
13	ระบบรับข้อมูลจากกระบบการตรวจวัด	Internal event	ระบบตรวจวัด	รับข้อมูลการตรวจวัด	สถานะการรับข้อมูล	
14	ระบบนำเข้าข้อมูลจากการตรวจวัด	Internal event		นำเข้าข้อมูลจากระบบตรวจวัด	ผลการนำเข้าข้อมูล	
15	ระบบควบคุมขอผลการเปรียบเทียบค่าต้องการของผักกับค่าปัจจุบัน	Internal event	ระบบตรวจวัด	คำนวนเปรียบเทียบค่าความต้องการของผักกับค่าปัจจุบัน	ผลการเปรียบเทียบข้อมูล	ระบบควบคุม
16	ระบบควบคุมสั่งงานระบบควบคุมสภาวะแวดล้อมในแปลงให้ทำงาน และหยุดทำงาน	Internal event	ระบบควบคุมและประมวลผลกลาง	สั่งงานให้ระบบควบคุมสภาวะแวดล้อมทำงาน	ทำงาน และหยุดทำงานตามคำสั่งจากระบบควบคุมและประมวลผลกลาง	ระบบควบคุมสภาวะแวดล้อม
17	ระบบออกใบสั่งงาน	External event	Manager	สร้าง แก้ไข และปรับปรุงข้อมูลการออกใบสั่งงาน	เพิ่มข้อมูลบันทึกแก้ไขแสดงสถานใบสั่งงาน	Manager

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 แสดงรูปแบบระบบการทำงานควบคุมกลาง และส่วนควบคุมสภาวะแวดล้อม

4.2 ยูสเคสไดอะแกรม

ผลของการวิเคราะห์ความต้องการของระบบควบคุมการปลูกผักแบบไฮโดรโปนิกส์ในระดับของผู้ใช้งานประกอบด้วยแอคเตอร์ คือ Farmer, Administrator, Manager, Microcontroller และ Sensor และมียูสเคสหลักจำนวน 13 ยูสเคส ซึ่งยูสเคสไดอะแกรมจะแสดงถึงฟังก์ชันหลักและขอบเขตของระบบเพื่อให้เห็นภาพรวมของระบบ ดังรายละเอียดภาพที่ 4.3

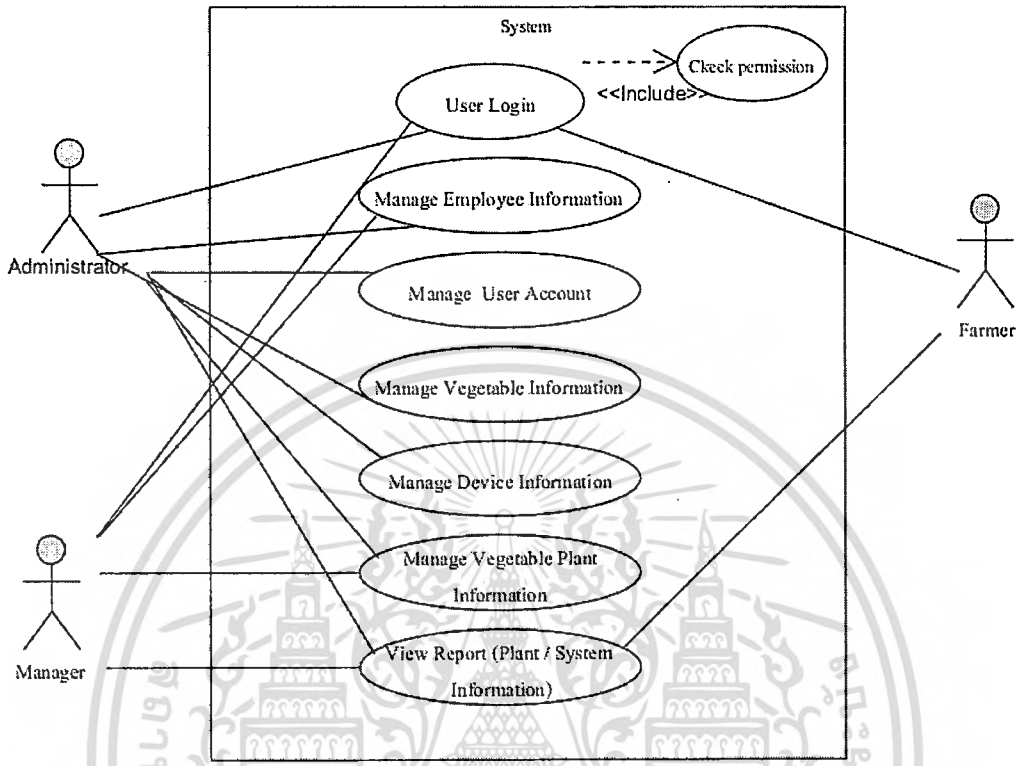
4.2.1 Administrator คือ ผู้ดูแลจัดการระบบ ทำหน้าที่จัดการเกี่ยวกับการจัดการฐานข้อมูลของระบบ การจัดการค่าต่างๆ ในการควบคุมระบบ ดูแลรักษาอุปกรณ์ให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

4.2.2 Manager คือผู้กำกับดูแลการปลูกผักในแปลงควบคุม มีหน้าที่ป้อนข้อมูลผัก ความต้องการสภาพแวดล้อมของผักแต่ละชนิด เพื่อเป็นข้อมูลหลักในการเปรียบเทียบ กับข้อมูลที่วัดได้จากแปลงจริง ทำหน้าที่บันทึกการสั่งงาน ติดตามงานที่ได้บันทึกสั่งการเอาไว้ และใช้ข้อมูลวิเคราะห์การปลูกซึ่งจะไม่เกี่ยวข้องกับการจัดการข้อมูลทางด้านฮาร์ดแวร์ และระบบฐานข้อมูล

4.2.3 Farmer คือพนักงานผู้ปฏิบัติงานที่ทำหน้าที่ดูแลแปลงผัก และดูรายงานการควบคุมการแปลงผัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้สิทธิ์ในการทำงานของแอคเตอร์ต่างๆ นั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามนโนบายของแต่ละฟาร์ม



ภาพที่ 4.3 ยูสเคสไดอะแกรมระบบควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์อัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 รายละเอียดของยูสเคส User Login

ยูสเคส	**User Login**	
เหตุการณ์ที่กระตุ้นการทำงาน	เพื่อให้ผู้ใช้งานทุก User ต้องทำการยืนยันตัวตนก่อนเข้าใช้งานระบบด้วย User Name และ Password	
รายละเอียดโดยสังเขป	ระบบทำการทำการตรวจสอบสิทธิ์ของผู้ใช้แต่ละ User ซึ่งแต่ละผู้ใช้งานมีสิทธิ์เข้าใช้งานฟังชั่นต่างๆ ไม่เท่ากัน	
แอกเตอร์	Administrator, Manager, Farmer	
ผู้เกี่ยวข้องอื่น	-	
เงื่อนไขเริ่มต้น	-	
เงื่อนไขภายหลัง	เมนูหน้าแรกของระบบ	
	1.เปิดโปรแกรม Internet Browser , IE, Firefox, Google Chrome หรืออื่นๆ แล้วป้อนชื่อ URL เพื่อเข้าใช้ระบบจาก Internet หรือระบบ LAN จากอุปกรณ์ต่างๆ เช่น Smartphone, คอมพิวเตอร์พกพา, คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล 2. ป้อนชื่อผู้ใช้งาน และรหัสผ่าน แล้วกดปุ่มตกลง เพื่อเข้าสู่ระบบ	1.1 เมื่อมีการร้องขอเข้าระบบจากเครื่อง Client ไปยัง Web server ระบบจะส่งฟอร์ม Login ที่เครื่อง Client เพื่อให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูลเพื่อทำการ Login 2.1 ตวจสอบข้อมูล User และ Password จากหน้าต่าง Login กับข้อมูลผู้ใช้งานในฐานข้อมูล 2.2 ถ้าข้อมูลตรงกัน ระบบจะแสดงหน้าต่างเมนูต่างๆ ตามสิทธิ์ของผู้ใช้งาน และบันทึกสถานะการ Login เป็น 1 2.3 แสดงแบบฟอร์มเพื่อกรอกข้อมูล 2.4 ถ้าข้อมูลผู้ใช้งานในฐานข้อมูลไม่ตรงกันก็ให้แสดงข้อความ Username หรือ Password ไม่ถูกต้อง ให้ป้อนใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดของยูสเคส Manage Employee Information

ยูสเคส	Manage Employee Information	
เหตุการณ์ที่กระตุ้นการทำงาน	เพื่อให้ผู้ให้งาน Administrator สามารถจัดการกับข้อมูลส่วนตัวของทุกผู้ใช้งานได้	
รายละเอียดโดยสังเขป	Administrator สามารถแก้ไข ปรับปรุง เปลี่ยนแปลง ข้อมูลส่วนตัวของทุกผู้ใช้งานได้	
แอกเตอร์	Administrator	
ผู้เกี่ยวข้องอื่น	-	
เงื่อนไขเริ่มต้น	Administrator ต้องเพิ่มข้อมูลของผู้ใช้งานเข้าระบบก่อนจึงจะทำการแก้ไขได้	
เงื่อนไขภายหลัง	หน้าต่างข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้	
	แอกเตอร์	**ระบบ**
	1.Administrator เพิ่มข้อมูลส่วนตัวผู้ใช้งาน 2. Administrator ลบข้อมูลส่วนตัวผู้ใช้งาน 3. User แก้ไขชื่อ – สกุล 4. User แก้ไขเบอร์โทรศัพท์ 5. User แก้ไขสถานที่อยู่ 6. User แก้ไข E-Mail	1.1 เพิ่มข้อมูลผู้ใช้งานในระบบ 2.1 ลบข้อมูลผู้ใช้ออกจากระบบ 3.1 ปรับปรุง ชื่อ – สกุล ผู้ใช้ 4.1 ปรับปรุงเบอร์โทรศัพท์ผู้ใช้ 5.1 ปรับปรุงข้อมูลสถานที่ผู้ใช้ 6.1 ปรับปรุง E-Mail ผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดของยูสเคส Manage User Account

ยูสเคส	Manage User Account	
เหตุการณ์ที่กระตุ้นการทำงาน	เพื่อให้ผู้ดูแลระบบ หรือผู้ใช้ที่มีสิทธิ์เท่ากับ Administrator ทำหน้าที่จัดการฐานข้อมูลบัญชีผู้ใช้งานระบบ	
รายละเอียดโดยสังเขป	ผู้ดูแลระบบทำหน้าที่ เพิ่ม ลบ แก้ไข กำหนดสิทธิ์การใช้งานให้กับ User ในบัญชีผู้ใช้งานระบบ	
แอกเตอร์	Administrator	
ผู้เกี่ยวข้องอื่น	-	
เงื่อนไขเริ่มต้น	ระบบตรวจสอบ User ที่เข้าใช้เมนูจัดการบัญชีผู้ใช้ระบบว่ามีสิทธิ์หรือไม่	
เงื่อนไขภายหลัง	ระบบตรวจสอบ User ที่เข้าใช้เมนูจัดการบัญชีผู้ใช้ระบบว่ามีสิทธิ์หรือไม่	
	แอกเตอร์	**ระบบ**
	1. สร้างบัญชีผู้ใช้งาน 2. ลบบัญชีผู้ใช้งาน 3. แก้ไข ชื่อ รหัสผ่าน 4. กำหนดสิทธิ์การใช้งาน	1.1 เพิ่มข้อมูลผู้ใช้งานในระบบ 2.1 ลบบัญชีผู้ใช้งานออกจากระบบ 3.1 ปรับปรุงข้อมูลในระบบ 4.1 ปรับปรุงสิทธิ์การใช้งานในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 รายละเอียดของยูสเคส Manage Vegetable Information

ยูสเคส	Manage Vegetable Information	
เหตุการณ์ที่กระตุ้นการทำงาน	เพื่อให้ผู้ดูแลระบบสามารถจัดการเกี่ยวกับข้อมูลของผักต่างๆ ได้	
รายละเอียดโดยสังเขป	ผู้ดูแลระบบทำการ เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลผัก	
แอกเตอร์	Administrator	
ผู้เกี่ยวข้องอื่น	ผู้มีสิทธิ์เท่ากับ Administrator	
เงื่อนไขเริ่มต้น	-	
เงื่อนไขภายหลัง	หน้าต่างข้อมูลจัดการเกี่ยวกับข้อมูลของผัก	
	แอกเตอร์	**ระบบ**
	1.เพิ่มข้อมูลผักชนิดต่างๆ 2. ลบข้อมูลผักชนิดต่างๆ 3. User แก้ไขข้อมูลผัก	1 เพิ่มข้อมูลผักในระบบ 2. ลบข้อมูลผักออกจากระบบ 3. ปรับปรุงข้อมูลผัก

ตารางที่ 4.6 รายละเอียดของยูสเคส Manage Vegetable Plant Information

ยูสเคส	Manage Vegetable Plant Information	
เหตุการณ์ที่กระตุ้นการทำงาน	เพื่อให้ผู้จัดการสามารถจัดการเกี่ยวกับข้อมูลของปลูกผักต่างๆ ได้	
รายละเอียดโดยสังเขป	ผู้จัดการทำการ เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลการปลูกผัก	
แอกเตอร์	Manager	
ผู้เกี่ยวข้องอื่น	Administrator	
เงื่อนไขเริ่มต้น	-	
เงื่อนไขภายหลัง	หน้าต่างข้อมูลจัดการเกี่ยวกับข้อมูลของผัก	
	แอกเตอร์	**ระบบ**
	1.เพิ่มข้อมูลผักชนิดต่างๆ 2. ลบข้อมูลผักชนิดต่างๆ 3. User แก้ไขข้อมูลผัก	1.1 เพิ่มข้อมูลผักในระบบ 2.1 ลบข้อมูลผักออกจากระบบ 3.1 ปรับปรุงข้อมูลผักในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 รายละเอียดของยูสเคส Manage Device Information

ยูสเคส	Manage Device Information	
เหตุการณ์ที่กระตุ้นการทำงาน	เพื่อให้ผู้ดูแลระบบสามารถจัดการเกี่ยวกับข้อมูลของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบควบคุมได้	
รายละเอียดโดยสังเขป	ผู้ดูแลระบบทำการ เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลอุปกรณ์ต่างๆ เช่น pH Sensor, Tempolary Sensor, EC Sensor	
แอกเตอร์	Administrator	
ผู้เกี่ยวข้องอื่น	-	
เงื่อนไขเริ่มต้น	-	
เงื่อนไขภายหลัง	หน้าต่างข้อมูลจัดการเกี่ยวกับข้อมูลของอุปกรณ์ระบบควบคุม	
	แอกเตอร์	**ระบบ**
	1.เพิ่มข้อมูลของอุปกรณ์ pH Sensor, Tempolary Sensor, EC Sensor 2. ลบข้อมูลผักชนิดต่างๆ 3. User แก้ไขข้อมูลผัก	1 เพิ่มข้อมูลอุปกรณ์ในระบบ 2. ลบข้อมูลอุปกรณ์ออกจากระบบ 3. ปรับปรุงข้อมูลอุปกรณ์ในระบบ

ตารางที่ 4.8 รายละเอียดของยูสเคส View Report Information

ยูสเคส	View Report (Plant/System) Information
เหตุการณ์ที่กระตุ้นการทำงาน	เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถดูรายงานต่างๆ ของระบบได้
รายละเอียดโดยสังเขป	ผู้ใช้งานทุกคนสามารถดูข้อมูลต่างๆ ของระบบได้ซึ่งขึ้นอยู่กับสิทธิ์ของผู้ใช้ว่าจะดูรายได้อะไรได้บ้าง ได้แก่รายงานข้อมูลผู้ขาย ข้อมูลผัก ข้อมูลการปลูก ข้อมูลค่าจากการวัดค่า pH, Temperature, EC , RH
แอกเตอร์	Admistrator, Manager, Farmer
ผู้เกี่ยวข้องอื่น	-
เงื่อนไขเริ่มต้น	ต้องมีการบันทึกค่าต่างๆ ไว้ก่อนการสร้างรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

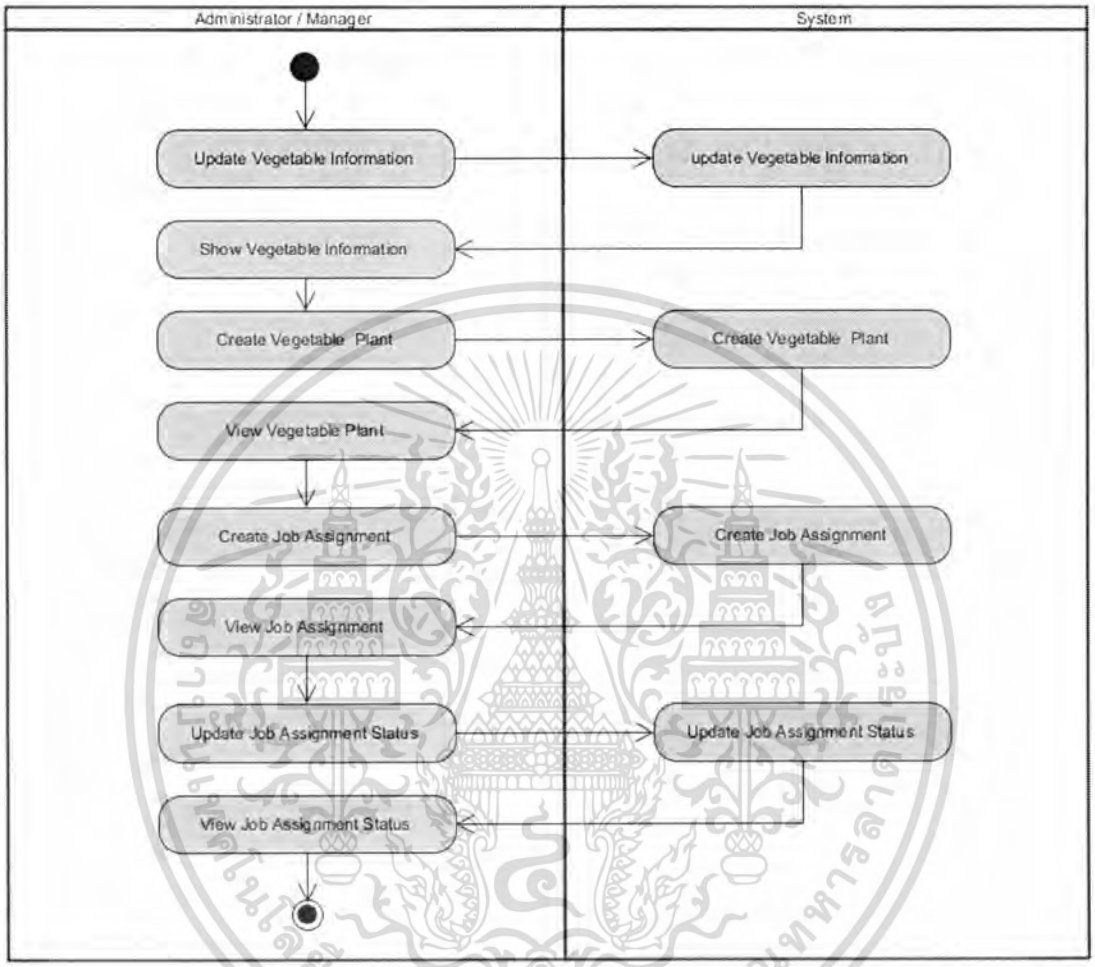
ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

เงื่อนไขภายหลัง	รายงานในหน้าจอ และสามารถพิมพ์ออกมาเป็นกระดาษหรือไฟล์ได้	
	แอกเตอร์	**ระบบ**
	1.เลือก และกำหนดเงื่อนไขการค้นหารายงานต่างๆ	1.1 นำค่าที่ผู้ใช้ร้องขอไปประมวลผล เพื่อค้นหารายงาน และแสดงรายงานให้กับผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 แผนภาพกิจกรรม (Activity Diagram)

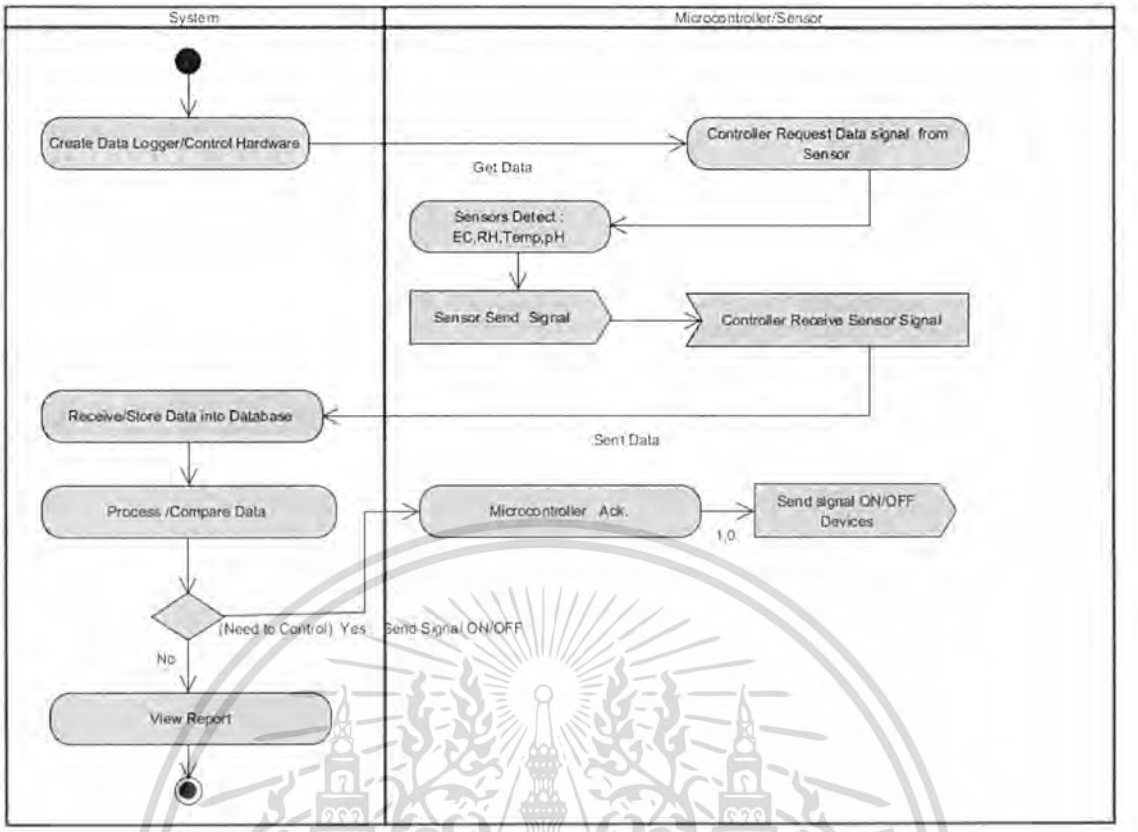
แผนภาพกิจกรรมเป็นแผนภาพแสดงลำดับ กิจกรรมของการทำงาน (Work Flow) ระบบควบคุมการปลูกผักอัตโนมัติ โดยแสดงถึงขั้นตอนการทำงานของการปฏิบัติการ



ภาพที่ 4.4 แสดง Activity Diagram ของการจัดการการปลูกผัก

จาก Activity Diagram ของการจัดการการปลูกผัก นั้นเริ่มจากการสร้างฐานข้อมูลของผักจากผู้ใช้ ระบบก็จะสร้างฐานข้อมูล จากนั้นก็มีการสร้างข้อมูลการปลูกผัก แล้วก็มอบหมายงานให้กับผู้ดูแลแปลงได้ปฏิบัติ แล้วก็มีการปรับปรุงสถานะของการมอบหมายงาน และดูรายงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปลูกผัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 แสดง Activity Diagram ของการควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

การทำงานในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมแปลงผัก อุปกรณ์เซ็นเซอร์ และมอเตอร์ที่ใช้ควบคุมการไหลของน้ำยาสารละลาย การทำงานเริ่มต้นที่ระบบต้องการที่จะเก็บข้อมูลจากแปลง โดยส่งสัญญาณไปเก็บยังตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะรับค่าจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ต่างๆ เช่น EC Sensor, pH Sensor , RH Sensor และ Temperature Sensor เข้ามาประมวลผล หลังจากนั้นค่าต่างๆ ก็ถูกส่งไปที่คอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ ระบบก็จะประมวลผลข้อมูลเปรียบเทียบกับค่าความต้องการของผักแต่ละชนิด จากนั้นถ้าค่าที่ได้ไม่อยู่ในช่วงที่กำหนดก็จะส่งสัญญาณไปที่ไมโครคอลโทรลเลอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์อีกครั้งหนึ่ง สมมุติว่าค่าอุณหภูมิในโรงเรือนสูงกว่าค่าที่กำหนดก็จะทำการสั่งมอเตอร์ระบบพ่นละอองน้ำให้ทำงาน หรือสั่งพัดลมทำงานเพื่อลดอุณหภูมิในโรงเรือนจนถึงค่าที่ควบคุมจึงหยุดการทำงาน

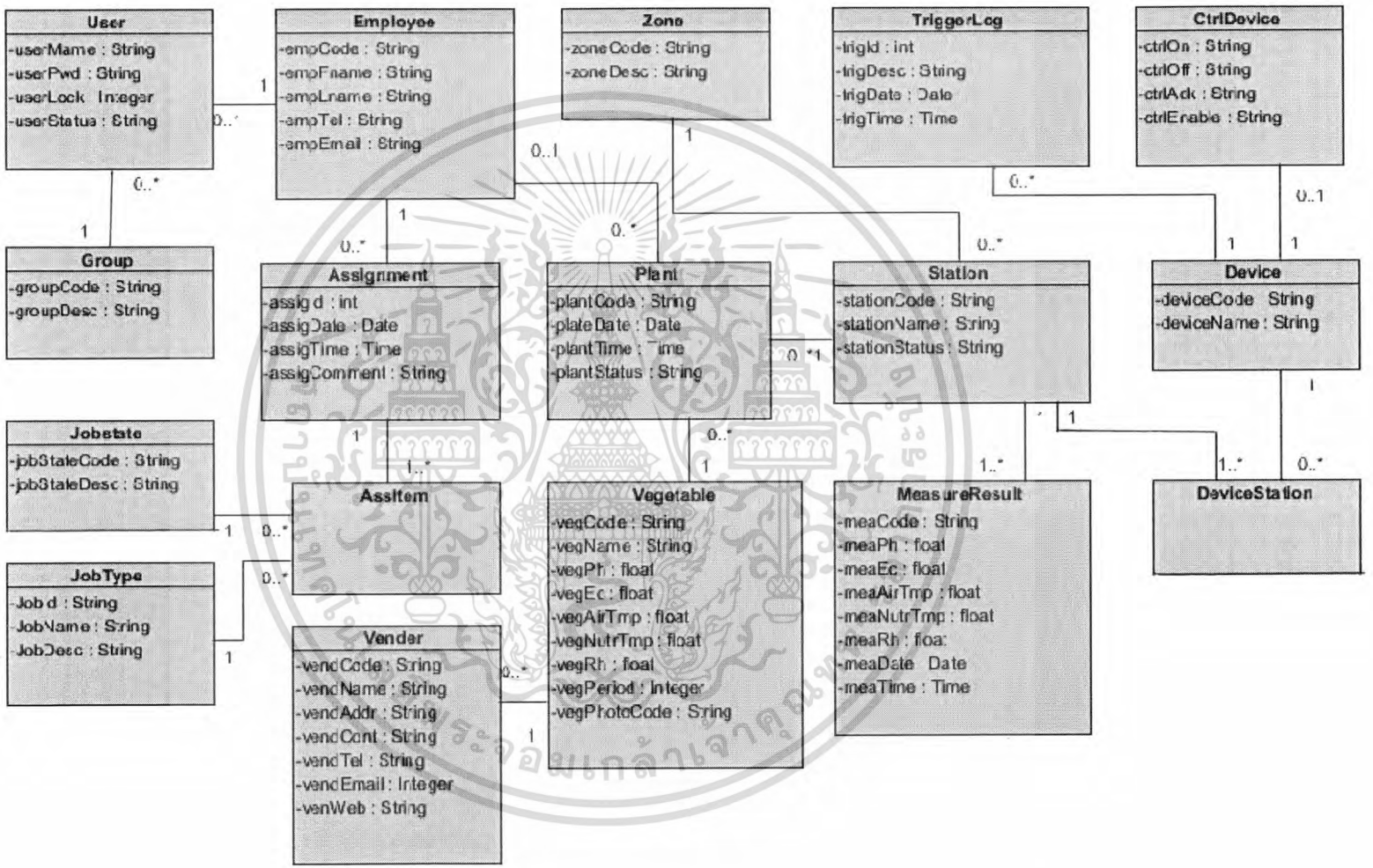
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 คลาสไดอะแกรม (Class Diagram)

คลาสไดอะแกรม เป็นแผนภาพที่ประกอบด้วยคลาส และความสัมพันธ์ ระหว่างคลาส เช่น Dependency , Generalization , Association เป็นต้น โดยภายในคลาสจะแสดงรายละเอียดต่างๆ ของคลาสเช่น แอตทริบิวต์ และโอเปอร์เรชั่น ในระบบควบคุมการปลูกผักอัตโนมัติ ประกอบด้วยคลาส จำนวน 15 คลาส รายละเอียดดังภาพที่4.6 โดยแสดงถึงขั้นตอนการทำงานของการปฏิบัติการ ประกอบเอนทิตีคลาส

1. User เป็นคลาสบันทึกข้อมูลของผู้ใช้งาน
2. Employee เป็นคลาสบันทึกข้อมูลของพนักงาน หรือเจ้าหน้าที่ในฟาร์ม
3. Group เป็นคลาสบันทึกกลุ่มผู้ใช้งาน
4. Vender เป็นคลาสบันทึกข้อมูลผู้ขาย
5. JobState เป็นคลาสบันทึกตารางข้อมูลของผักแต่ละชนิด
6. Vegetable เป็นคลาสบันทึกข้อมูลผักแต่ละชนิด
7. AssItem เป็นคลาสบันทึกรายละเอียดของรายการสั่งงาน
8. Zone เป็นคลาสบันทึกข้อมูลแปลง
9. Plant เป็นคลาสบันทึกข้อมูลการปลูกผัก
10. Assigment เป็นคลาสสำหรับเก็บข้อมูลการสั่งงานของหัวหน้างาน หรือเจ้าของกับผู้ดูแลฟาร์ม
11. JobType เป็นคลาสบันทึกข้อมูลชนิดของงานที่สั่ง
12. Device เป็นคลาสบันทึกข้อมูลอุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์
13. MeaSureResult เป็นคลาสบันทึกข้อมูลผลจากการตรวจวัดค่าจากแปลงปลูก
14. TrigerLog เป็นคลาสบันทึกข้อมูลประวัติการสั่งให้อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ทำงาน
15. CtrlDevice เป็นคลาสเก็บคำสั่งควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์
16. Station เป็นคลาสเก็บข้อมูลของโต๊ะหรือชุดปลูก
17. DeviceStation เป็นคลาสเก็บข้อมูลความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ กับโต๊ะหรือชุดปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 Class Diagram ของระบบควบคุมการปลูกผักอัตโนมัติ

4.5 การออกแบบฐานข้อมูล

การออกแบบฐานข้อมูลของระบบควบคุมการปลูกผักอัตโนมัตินั้นได้คำนึงถึงความต้องการในการจัดการข้อมูลของระบบผ่านทางระบบฐานข้อมูล เพื่อที่จะนำข้อมูลที่จัดเก็บมาใช้ประโยชน์กับระบบต่อไป ซึ่งการออกแบบฐานข้อมูลนั้นก็ถูกออกแบบมาจากความต้องการของระบบ โดยได้ออกแบบฐานข้อมูลในรูปแบบของอีอาร์ไดอะแกรม (ER- Diagram) แสดงดังภาพที่ 4.7 เพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล นอกจากนั้นก็ได้นำเสนอรายละเอียดต่างๆ ของพจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary) ซึ่งรายละเอียดของตารางต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ตาราง EMPLOYEE เป็นตารางข้อมูลของพนักงาน หรือเจ้าหน้าที่ในฟาร์ม ประกอบไปด้วยข้อมูล รหัสพนักงาน ชื่อนามสกุล เบอร์โทรศัพท์พนักงาน อีเมล์ ของพนักงาน หรือเจ้าหน้าที่ในฟาร์ม

2. ตาราง USER เป็นตารางข้อมูลของผู้ใช้งาน ประกอบไปด้วยข้อมูล ชื่อผู้ใช้งาน รหัสผ่าน รหัสพนักงาน รหัสกลุ่มผู้ใช้งาน กำหนดสถานะว่าพร้อมใช้งานหรือไม่ และสถานการณ์เข้าสู่ระบบ

3. ตาราง GROUP เป็นตารางข้อมูลกลุ่มผู้ใช้งาน ประกอบไปด้วย รหัสกลุ่มผู้ใช้งาน รหัสผ่านของพนักงาน

4. ตาราง VEGETABLE เป็นตารางข้อมูลผักแต่ละชนิด ประกอบไปด้วย รหัสผู้ผลิตเมล็ดพันธ์ผัก ชื่อของผัก ค่าความต้องการกรดด่าง ค่าความต้องการความนำไฟฟ้าในสารละลาย ค่าความต้องการอุณหภูมิในอากาศ ค่าความต้องการอุณหภูมิในน้ำสารละลายอาหาร ค่าความต้องการความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ระยะเวลาตั้งแต่ปลูกถึงเก็บเกี่ยว และรหัสรูปภาพของผัก

5. ตาราง ZONE เป็นตารางข้อมูลแปลงปลูกผัก ประกอบไปด้วย รหัสแปลงปลูก และรายละเอียดของแปลงปลูก

6. ตาราง STATION เป็นตารางข้อมูลโต๊ะปลูกหรือชุดปลูกที่เป็นราง ประกอบไปด้วย รหัส ชื่อ สถานะการใช้งาน ของโต๊ะหรือชุดปลูก โรงเรือน

7. ตาราง DEVICE_STATION เป็นตารางข้อมูลอุปกรณ์ตรวจวัดว่าใช้กับโต๊ะปลูกหรือชุดปลูกไหนบ้างประกอบไปด้วย รหัสโต๊ะปลูก หรือชุดปลูก และรหัสอุปกรณ์ตรวจวัด

8. ตาราง VENDER ตารางข้อมูลผู้ขาย ประกอบด้วย รหัสผู้ขาย ชื่อผู้ขาย สถานที่ผู้ขาย ชื่อผู้ติดต่อ หมายเลขโทรศัพท์ อีเมลผู้ขาย และชื่อเว็บไซต์ ของผู้ขาย

9. ตาราง PLANT เป็นตารางปลูกผัก ประกอบด้วย รหัสปลูก รหัสผัก รหัสโต๊ะปลูกหรือชุดปลูก รหัสผู้ปลูก วันที่เวลาปลูก และสถานะการปลูก ว่าเป็นอย่างไร กำลังปลูก เก็บเกี่ยวแล้ว และยกเลิก

10. ตาราง MEASURE_RESULT เป็นตารางข้อมูลเก็บผลจากการวัดค่า Measurement Analysis Result จากแปลงปลูก ประกอบด้วย ลำดับการวัดค่า รหัสโต๊ะปลูกหรือชุดปลูก ค่าความ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นกรดด่าง **pH** ค่าความนำไฟฟ้าในสารละลาย **EC** ค่าอุณหภูมิในอากาศ ค่าอุณหภูมิในน้ำสารละลายอาหาร ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ **RH** วันเดือนปี และเวลาที่วัดค่า

11. ตาราง CTRL_DEVICE เป็นตารางควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ประกอบด้วย รหัสอุปกรณ์ สถานะทำงาน **ON** สถานะหยุดทำงาน OFF สถานะพร้อมใช้ และสถานะเปิดใช้งานอุปกรณ์

12. ตาราง DEVICE เป็นตารางอุปกรณ์ของระบบควบคุม ประกอบด้วยรหัสอุปกรณ์ชื่ออุปกรณ์ และรายละเอียดอุปกรณ์

13. ตาราง TRIGGER_LOG เป็นตารางเก็บบันทึกรายการ สั่งให้อุปกรณ์ทำงาน ประกอบด้วย ชื่อระบบควบคุม รายละเอียดอุปกรณ์ และวันเวลา

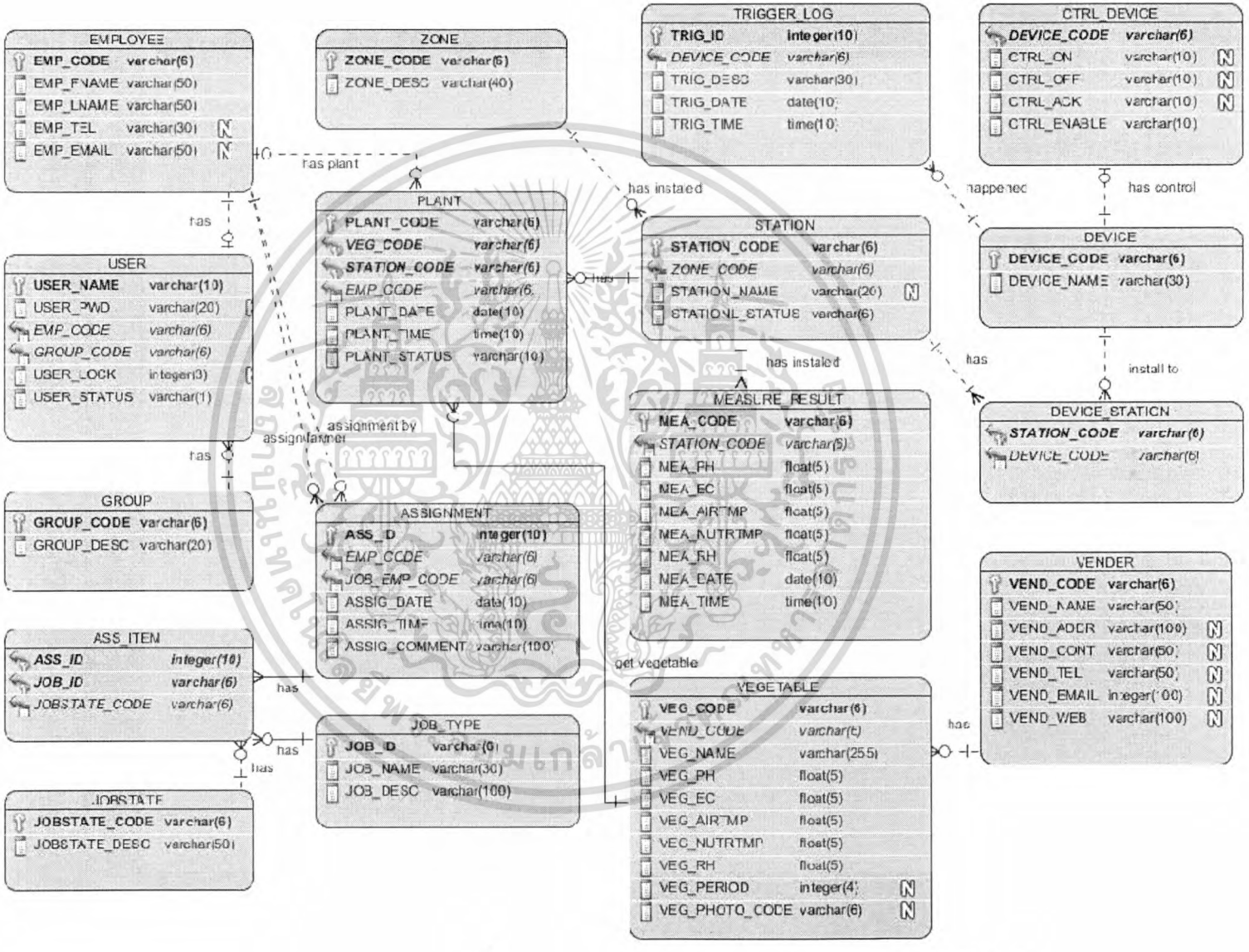
14. ตาราง ASSGNMENT เป็นตารางเก็บบันทึกข้อมูลการสั่งงาน ประกอบด้วยรหัสสั่งงาน รหัสผู้สั่งงาน รหัสผู้ปฏิบัติงาน รหัสงาน วันที่ และเวลาสั่งงาน

15. ตาราง ASS_ITEM เป็นตารางเก็บบันทึกรายการสั่งงาน ประกอบด้วย รหัสคำสั่งงาน รหัสงาน และสถานะของงาน

16. ตาราง JOBSTATE เป็นตารางเก็บบันทึกข้อมูลสถานะของงานทั้งหมด ประกอบด้วย รหัสสถานะงาน และคำอภิบายสถานะ

17. ตาราง JOB_TYPE เป็นตารางเก็บบันทึกรายการชนิดของงาน ประกอบด้วย รหัสชนิดงาน ชื่องาน และรายละเอียดของงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 ER-Diagram ของระบบควบคุมการปลูกผักอัตโนมัติ

4.5.1 คำอธิบายความสัมพันธ์ของ ER-Diagram

1. ความสัมพันธ์ระหว่างตาราง EMPLOYEE และตาราง USER

ตาราง EMPLOYEE และตาราง USER มีความสัมพันธ์แบบ หนึ่งต่อหนึ่ง เนื่องจากพนักงานหนึ่งคน สามารถมีชื่อผู้ใช้ได้หนึ่งชื่อ และชื่อผู้ใช้หนึ่งชื่อมาจากผู้ใช้หนึ่งคน แต่พนักงานทุกคนไม่จำเป็นต้องมีชื่อผู้ใช้ทุกคน

2. ความสัมพันธ์ระหว่างตาราง USER และตาราง GROUP

ตาราง USER และตาราง GROUP มีความสัมพันธ์แบบ หนึ่งต่อกลุ่ม เนื่องจากกลุ่มหนึ่งกลุ่มสามารถมีชื่อผู้ใช้ได้หลายชื่อหรืออาจไม่มีผู้ใช้อยู่ในกลุ่มก็ได้ และชื่อผู้ใช้หนึ่งชื่อสามารถมีกลุ่มได้กลุ่มเดียว

3. ความสัมพันธ์ระหว่างตาราง VENDER และตาราง VEGETABLE

ตาราง VENDER และตาราง VEGETABLE มีความสัมพันธ์แบบ หนึ่งต่อกลุ่ม เนื่องจากผู้ขายหนึ่งเจ้าสามารถขายผักให้กับเกษตรได้มากกว่าหนึ่งชนิด หรือไม่ขายเลยก็ได้ และหนึ่งชนิดนั้นซื้อจากผู้ขายเจ้าเดียว

4. ความสัมพันธ์ระหว่างตาราง VEGETABLE และตาราง PLANT

ตาราง VEGETABLE และตาราง PLANT มีความสัมพันธ์แบบ หนึ่งต่อกลุ่ม เนื่องจากผักหนึ่งชนิดสามารถปลูกได้หลายแปลง หรือไม่ปลูกก็ได้ และผักที่ปลูกหนึ่งชนิด มาจากผักหนึ่งชนิดจากข้อมูลผัก

5. ความสัมพันธ์ระหว่างตาราง ZONE และตาราง STATION ตาราง ZONE และตาราง STATION มีความสัมพันธ์แบบ หนึ่งต่อกลุ่ม เนื่องจากโรงเรือนหนึ่งโรงเรือนสามารถมีหลายโต๊ะปลูก หรือหลายชุดปลูก และหนึ่งโต๊ะปลูกหรือหนึ่งชุดปลูกนั้นมีหนึ่งโรงเรือนเท่านั้น

6. ความสัมพันธ์ระหว่างตาราง PLANT และตาราง STATION

ตาราง PLANT และตาราง STATION มีความสัมพันธ์แบบ หนึ่งต่อกลุ่ม เนื่องจากการปลูกแต่ละรายการปลูกนั้นจะปลูกได้ในหนึ่งโต๊ะปลูกหรือหนึ่งชุดปลูก และหนึ่งโต๊ะปลูกหรือหนึ่งชุดปลูกนั้นมีผักได้หนึ่งรายการปลูก

7. ความสัมพันธ์ระหว่างตาราง STATION, DEVICE และ DEVICE_STATION

เนื่องจากตาราง STATION กับตาราง DEVICE นั้นมีความสัมพันธ์แบบกลุ่มต่อกลุ่ม จึงตาราง DEVICE_STATION มาเป็นตัวกลางในการจัดความสัมพันธ์ในแบบหนึ่งต่อกลุ่มเ หนึ่งโต๊ะปลูกหรือหนึ่งชุดปลูกนั้นจะมีอุปกรณ์ตรวจวัดหลายตัว และอุปกรณ์หนึ่งตัวนั้นใช้ได้หลายโต๊ะปลูกหรือชุดปลูก

8. ความสัมพันธ์ระหว่างตาราง EMPLOYEE และตาราง PLANT

ตาราง EMPLOYEE และตาราง PLANT มีความสัมพันธ์แบบ หนึ่งต่อกลุ่ม เนื่องจากคนงานหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนอาจะปลูกหรือไม่ปลูกผักก็ได้ และสามารถปลูกได้หลายครั้ง และการปลูกแต่ละครั้งจะต้องใช้คนรับผิดชอบหลักหนึ่งคน

9. ความสัมพันธ์ระหว่างตาราง STATION และตาราง MEASURE_RESULT

ตาราง STATION และตาราง MEASURE_RESULT มีความสัมพันธ์แบบ หนึ่งต่อกลุ่ม เนื่องจากหนึ่งโต๊ะปลูกหรือชุดปลูกมีการวัดค่าได้หลายครั้ง และการวัดแต่ละครั้งจะมาจากหนึ่งโต๊ะปลูกหรือชุดปลูก

10. ความสัมพันธ์ระหว่างตาราง DEVICE และตาราง TRIGGER_LOG

ตาราง DEVICE และตาราง TRIGGER_LOG มีความสัมพันธ์แบบ หนึ่งต่อกลุ่ม เนื่องจากหนึ่งอุปกรณ์นั้นสามารถมีการ Trigger ให้ทำงานได้มากกว่าหนึ่งครั้งหรือไม่มีก็ได้ และรายการ Trigger หนึ่งครั้งเป็นของหนึ่งอุปกรณ์

11. ความสัมพันธ์ระหว่างตาราง DEVICE และตาราง CTRL_DEVICE

ตาราง DEVICE และตาราง CTRL_DEVICE มีความสัมพันธ์แบบ หนึ่งต่อกลุ่มเนื่องจากหนึ่งอุปกรณ์นั้นถูกสั่งให้ทำงานได้มากกว่าหนึ่งครั้งไม่มีก็ได้ และการสั่งควบคุมอุปกรณ์หนึ่งครั้งต้องมีหนึ่งอุปกรณ์

12. ความสัมพันธ์ระหว่างตาราง ASSIGNMENT และตาราง EMPLOYEE

ตาราง ASSIGNMENT และตาราง EMPLOYEE มีความสัมพันธ์แบบ หนึ่งต่อกลุ่มเนื่องจากการสั่งงานหนึ่งครั้งจะต้องมีผู้รับผิดชอบหลักหนึ่งคน และคนงานหนึ่งคนอาจถูกสั่งงานได้หลายงานหรือไม่ถูกสั่งงานเลยก็ได้

13. ความสัมพันธ์ระหว่างตาราง ASSIGNMENT และตาราง ASS_ITEM

ตาราง ASSIGNMENT และตาราง ASS_ITEM มีความสัมพันธ์แบบ หนึ่งต่อกลุ่มเนื่องจากการสั่งงานแต่ละครั้งนั้นมีได้หนึ่งงานหรือมากกว่าหนึ่งงานก็ได้ แต่หนึ่งงานนั้นจะต้องมีหนึ่งรายการสั่ง

14. ความสัมพันธ์ระหว่างตาราง JOBSTATE และตาราง ASS_ITEM

ตาราง JOBSTATE และตาราง ASS_ITEM มีความสัมพันธ์แบบ หนึ่งต่อกลุ่มเนื่องจากสถานะของงานหนึ่งงานนั้นมีมากกว่าหนึ่งหรือไม่มีก็ได้ แต่สถานะงานหนึ่งงาน มาจากหนึ่งรายการสถานะ

15. ความสัมพันธ์ระหว่างตาราง JOB_TYPE และตาราง ASS_ITEM

ตาราง JOB_TYPE และตาราง ASS_ITEM มีความสัมพันธ์แบบ หนึ่งต่อกลุ่มเนื่องจากหนึ่งรายการชนิดงานนั้นสามารถสั่งงานได้หลายครั้งหรือไม่สั่งเลยก็ได้ และงานหนึ่งงานมาจากหนึ่งชนิดงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 พจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary)

พจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary) เป็นส่วนที่เก็บเมทาดาทา โดยแสดงรายละเอียดของตารางข้อมูล และความสัมพันธ์ เพื่อช่วยให้ผู้ดูแลฐานข้อมูล และผู้พัฒนาระบบ ใช้เป็นเครื่องมืออ้างอิงในการพัฒนาระบบ โดยสร้างจากแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี ER-Diagram สามารถแสดงรายละเอียดข้อมูลแต่ละเอนทิตีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.9 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี EMPLOYEE

Table Name : EMPLOYEE

Description : ตารางข้อมูลของพนักงานเจ้าหน้าที่ในหน่วยงาน หรือฟาร์ม

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	ค่าว่าง	คีย์	ตารางอ้างอิง
EMP_CODE	รหัสพนักงาน	VARCHAR	6	NO	PK	
EMP_FNAME	ชื่อพนักงาน	VARCHAR	50	NO		
EMP_LNAME	นามสกุลพนักงาน	VARCHAR	50	NO		
EMP_TEL	เบอร์โทรศัพท์พนักงาน	VARCHAR	30	YES		
EMP_EMAIL	อีเมล์พนักงาน	VARCHAR	50	YES		

ตารางที่ 4.10 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี USER

Table Name : USER

Description : ตารางข้อมูลของผู้ใช้งานระบบ

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	ค่าว่าง	คีย์	ตารางอ้างอิง
USER_NAME	ชื่อผู้ใช้งาน	VARCHAR	6	NO	PK	
USER_PWD	รหัสผ่านของพนักงาน	VARCHAR	20	YES		
EMP_CODE	รหัสพนักงาน	VARCHAR	6	NO	FK	EMPLOYEE
GROUP_CODE	รหัสกลุ่มผู้ใช้งาน	VARCHAR	6	NO	FK	GROUP
USER_LOCK	กำหนดสถานะว่า	VARCHAR	3	YES		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	ค่าว่าง	คีย์	ตารางอ้างอิง
	ใช้งานได้หรือไม่					
USER_STATUS	สถานะการเข้าสู่ระบบ	VARCHAR	1	NO		
GROUP_CODE	รหัสกลุ่มผู้ใช้งาน	VARCHAR	6	YES	PK	
GROUP_DESC	รหัสผ่านของพนักงาน	VARCHAR	20	YES		

ตารางที่ 4.11 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี VEGETABLE

Table Name : VEGETABLE

Description : ตารางข้อมูลผักแต่ละชนิด

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	ค่าว่าง	คีย์	ตารางอ้างอิง
VEG_CODE	รหัสผัก	VARCHAR	6	NO	PK	
VEND_CODE	รหัสผู้ผลิตเมล็ดพันธ์ผัก	VARCHAR	20	NO	FK	VENDER
VEG_NAME	ชื่อของผัก	VARCHAR	50	NO		
VEG_PH	ค่าความต้องการกรดด่าง	FLOAT	5	NO		
VEG_EC	ค่าความต้องการความนำไฟฟ้าในสารละลาย	FLOAT	5	NO		
VEG_AIRTMP	ค่าความต้องการอุณหภูมิในอากาศ	FLOAT	5	NO		
VEG_NUTRTMP	ค่าความต้องการอุณหภูมิในน้ำสารละลายอาหาร	FLOAT	5	NO		
VEG_RH	ค่าความต้องการความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ	FLOAT	5	NO		
VEG_PERIOD	ระยะเวลาตั้งแต่ปลูกถึงเก็บเกี่ยว	INTEGER	4	YES		
VEG_PHOTO_CODE	รหัสรูปภาพของผัก	VARCHAR	6	YES		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี ZONE

Table Name : ZONE

Description : ตารางแปลงปลูกผัก

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	ค่าว่าง	คีย์	ตารางอ้างอิง
ZONE_CODE	รหัสแปลงปลูก	VARCHA	6	NO	PK	
ZONE_DESC	รายละเอียดแปลงปลูก	VARCHA	40	NO		

ตารางที่ 4.13 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี VENDER

Table Name : VENDER

Description : ตารางข้อมูลผู้ขาย

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	ค่าว่าง	คีย์	ตารางอ้างอิง
VEND_CODE	รหัสผู้ขาย	VARCHA	6	NO	PK	
VEND_NAME	ชื่อผู้ขาย	VARCHA	50	YES		
VEND_ADDR	สถานที่ผู้ขาย	VARCHA	100	YES		
VEND_CONT	ชื่อผู้ติดต่อ	VARCHA	50	YES		
VEND_TEL	หมายเลขโทรศัพท์	VARCHA	50	YES		
VEND_EMAIL	อีเมลผู้ขาย	VARCHA	100	YES		
VEND_WEB	ชื่อเว็บไซต์ผู้ขาย	VARCHA	100	YES		

ตารางที่ 4.14 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี PLANT

Table Name : PLANT

Description : ตารางปลูกผัก

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	ค่าว่าง	คีย์	ตารางอ้างอิง
PLANT_CODE	รหัสปลูก	VARCHAR	10	NO	PK	
VEG_CODE	รหัสผัก	VARCHAR	6	NO	FK	VEGETABLE
STATION_CODE	รหัสโต๊ะหรือชุดปลูก	VARCHAR	6	NO	FK	STATION
EMP_CODE	รหัสพนักงาน	VARCHAR	6	NO	FK	EMPLOYEE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	ค่าว่าง	คีย์	ตารางอ้างอิง
PLANT_DATE	วันที่ปลูก	VARCHAR	10	NO		
PLANT_CODE	รหัสปลูก	VARCHAR	10	NO	PK	
VEG_CODE	รหัสผัก	VARCHAR	6	NO	FK	VEGETABLE
STATION_CODE	รหัสโต๊ะหรือชุดปลูก	VARCHAR	6	NO	FK	STATION
EMP_CODE	รหัสพนักงาน	VARCHAR	6	NO	FK	EMPLOYEE
PLANT_DATE	วันที่ปลูก	VARCHAR	10	NO		
PLANT_TIME	เวลาปลูก	VARCHAR	10	NO		
PLANT_STATUS	สถานะการปลูก	VARCHAR	10	NO		

ตารางที่ 4.15 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี MEASURE_RESULT

Table Name : MEASURE_RESULT

Description : ตารางเก็บข้อมูลเก็บผลจากการวัดค่า Measurement Analysis Result จากแปลงปลูก

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	ค่าว่าง	คีย์	ตารางอ้างอิง
MEA_CODE	ลำดับการวัดค่า	VARCHAR	6	NO	PK	
STATION_CODE	รหัสโต๊ะหรือชุดปลูก	VARCHAR	6	NO	FK	STATION
MEA_PH	ค่าความเป็นกรดด่าง	FLAOT	5	NO		
MEA_EC	ค่าความต้องการความนำไฟฟ้าในสารละลาย	FLOAT	5	NO		
MEA_AIRTMP	ค่าความต้องการอุณหภูมิในอากาศ	FLOAT	5	NO		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	ค่าว่าง	คีย์	ตารางอ้างอิง
MEA_NUTRTMP	ค่าความต้องการอุณหภูมิในน้ำสารละลายอาหาร	F LOAT	5	NO		
MEA_RH	ค่าความต้องการความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ	FLOAT	5	NO		
MEA_RH	ค่าความต้องการความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ	FLOAT	5	NO		
MEA_DATE	วันเดือนปีวัดค่า	Date	10	NO		
MEA_TIME	เวลาวัดค่า	Time	10	NO		
MEA_NUTRTMP	ค่าความต้องการอุณหภูมิในน้ำสารละลายอาหาร	FLOAT	5	NO		
MEA_RH	ค่าความต้องการความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ	FLOAT	5	NO		

ตารางที่ 4.16 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี CTRL_DEVICE

Table Name : CTRL_DEVICE

Description : ตารางควบคุมอุปกรณ์

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	ค่าว่าง	คีย์	ตารางอ้างอิง
DEVICE_CODE	รหัสอุปกรณ์	VARCHAR	6	NO	PK, FK	DEVICE
CTRL_ON	สถานะทำงาน ON	VARCHAR	6	YES		
CTRL_OFFL	สถานะหยุดทำงาน OFF	VARCHAR	10	YES		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 (ต่อ)

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	ค่าว่าง	คีย์	ตารางอ้างอิง
CTRL_ACK	สถานะพร้อมใช้งาน	VARCHAR	10	YES		
CTRL_ENABLE	สถานะเปิดใช้งานอุปกรณ์	VARCHAR	10	YES		

ตารางที่ 4.17 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี DEVICE

Table Name : DEVICE

Description : ตารางอุปกรณ์ของระบบควบคุม

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	ค่าว่าง	คีย์	ตารางอ้างอิง
DEVICE_CODE	รหัสอุปกรณ์	VARCHAR	6	NO	PK	
DEVICE_NAME	ชื่อระบบควบคุม	VARCHAR	30	NO		

ตารางที่ 4.18 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี TRIGGER_LOG

Table Name : TRIGGER_LOG

Description : ตารางเก็บบันทึกรายการ สั่งให้อุปกรณ์ทำงาน

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	คีย์	ตารางอ้างอิง
TRIG_ID	รหัสอุปกรณ์	VARCHAR	10	PK	
DEVICE_CODE	ชื่อระบบควบคุม	VARCHAR	6	FK	DEVICE
TRIG_DESC	รายละเอียดอุปกรณ์	VARCHAR	30		
TRIG_DATE	วันที่	DATE	10		
TRIG_TIME	เวลา	TIME	10		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี ASSIGNMENT

Table Name : ASSIGNMENT

Description : ตารางเก็บบันทึกข้อมูลสั่งงาน

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	คีย์	ตารางอ้างอิง
ASS_ID	รหัสการสั่งงาน	VARCHAR	10	PK	
EMP_CODE	รหัสผู้สั่งงาน	VARCHAR	6	FK	EMPLOYEE
JOB_EMP_CODE	รหัสผู้ได้รับการมอบหมาย	VARCHAR	6	FK	EMPLOYEE
ASSIG_DATE	วันที่	DATE	10		
ASSIG_TIME	เวลา	TIME	10		
ASSIG_COMMENT	คำแนะนำ	VARCHAR	100		

ตารางที่ 4.20 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี ASS_ITEM

Table Name : ASS_ITEM

Description : ตารางเก็บบันทึกรายการสั่งงานในแต่ละครั้ง

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	คีย์	ตารางอ้างอิง
ASS_ID	รหัสคำสั่งงาน	VARCHAR	10	PK	ASSIGNMENT
JOB_ID	รหัสงาน	VARCHAR	6	FK	JOB_TYPE
JOBSTATE_CODE	รหัสสถานะงาน	VARCHAR	6	FK	JOBSTATE

ตารางที่ 4.21 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี JOB_TYPE

Table Name : JOB_TYPE

Description : ตารางเก็บบันทึกรายการชนิดของงาน

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	คีย์	ตารางอ้างอิง
JOB_ID	รหัสงาน	VARCHAR	6	PK	
JOB_NAME	ชื่องาน	VARCHAR	30		
JOB_DESC	รายละเอียดงาน	VARCHAR	100		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี JOBSTATE

Table Name : JOBSTATE

Description : ตารางเก็บบันทึกข้อมูลสถานะงาน

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	คีย์	ตารางอ้างอิง
JOBSTATE_CODE	รหัสสถานะงาน	VARCHAR	6	PK	
JOBSTATE_DESC	ชื่อระบบควบคุม	VARCHAR	50		

ตารางที่ 4.23 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี STATION

Table Name : STATION

Description : ตารางเก็บบันทึกข้อมูลโต๊ะหรือชุดปลูก

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	คีย์	ตารางอ้างอิง
STATION_CODE	รหัสโต๊ะหรือชุดปลูก	VARCHAR	6	PK	
ZONE_CODE	รหัสโรงเรือน	VARCHAR	6	FK	ZONE
STATION_NAME	ชื่อโต๊ะหรือชุดปลูก	VARCHAR	20		
STATION_STATUS	สถานะโต๊ะหรือชุดปลูก	VARCHAR	6		

ตารางที่ 4.24 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี DEVICE_STATION

Table Name : DEVICE_STATION

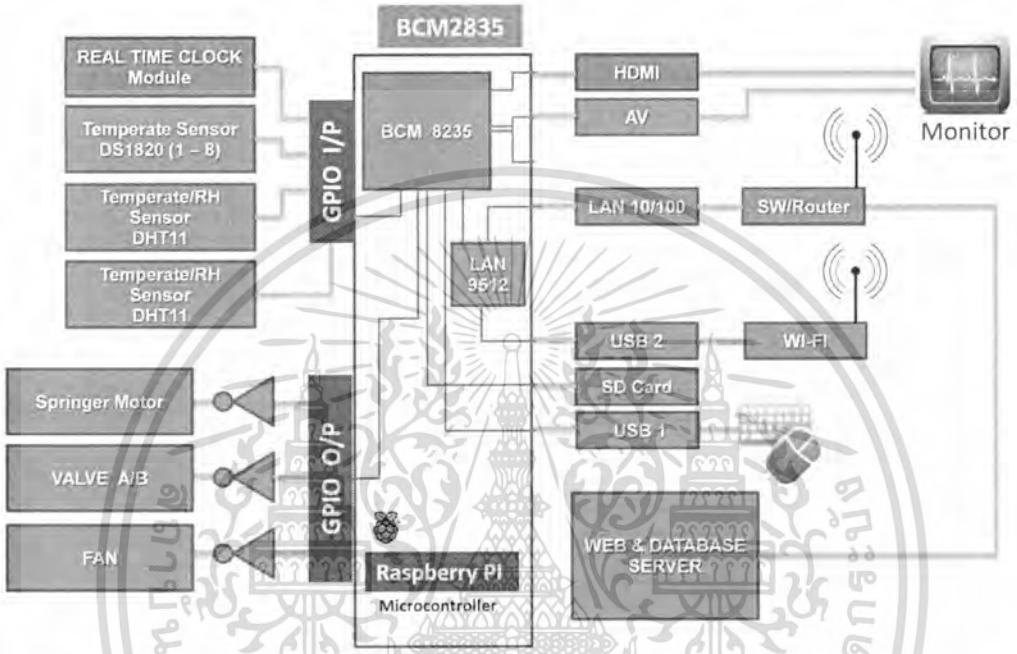
Description : ตารางเก็บบันทึกข้อมูลอุปกรณ์ตรวจวัด กับโต๊ะหรือชุดปลูก

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	คีย์	ตารางอ้างอิง
STATION_CODE	รหัสโต๊ะหรือชุดปลูก	VARCHAR	6	PK,FK	STATION
DEVICE_CODE	รหัสอุปกรณ์ตรวจวัด	VARCHAR	6	FK	DEVICE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

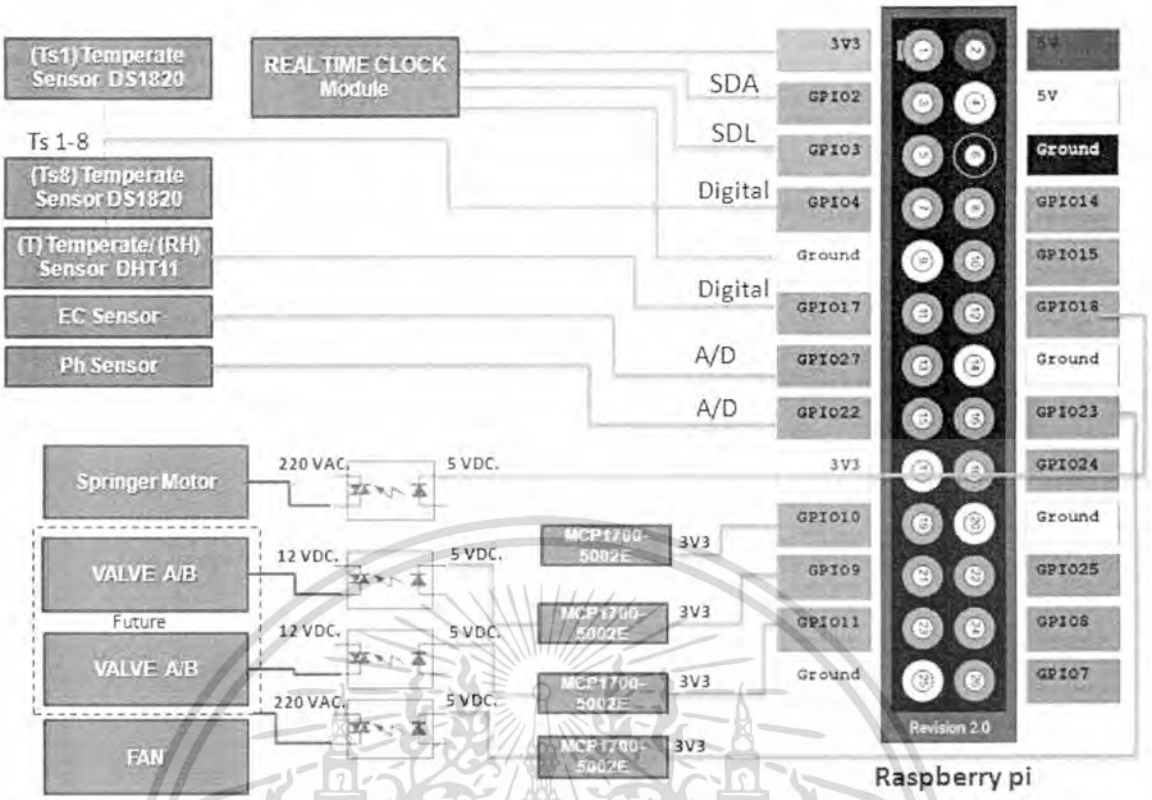
4.6 การออกแบบฮาร์ดแวร์

สำหรับระบบควบคุมการปลูกผักอัตโนมัตินั้นมีส่วนที่เป็นอุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์เข้ามีบทบาทสำคัญอีกส่วนหนึ่ง ประกอบด้วยส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมแปลงปลูกผักโดยตรง และส่วนที่เป็นระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูลกันระหว่างอุปกรณ์ในแปลงปลูก กับส่วนคอมพิวเตอร์ของระบบควบคุมกลาง และระหว่างผู้ใช้กับระบบควบคุม



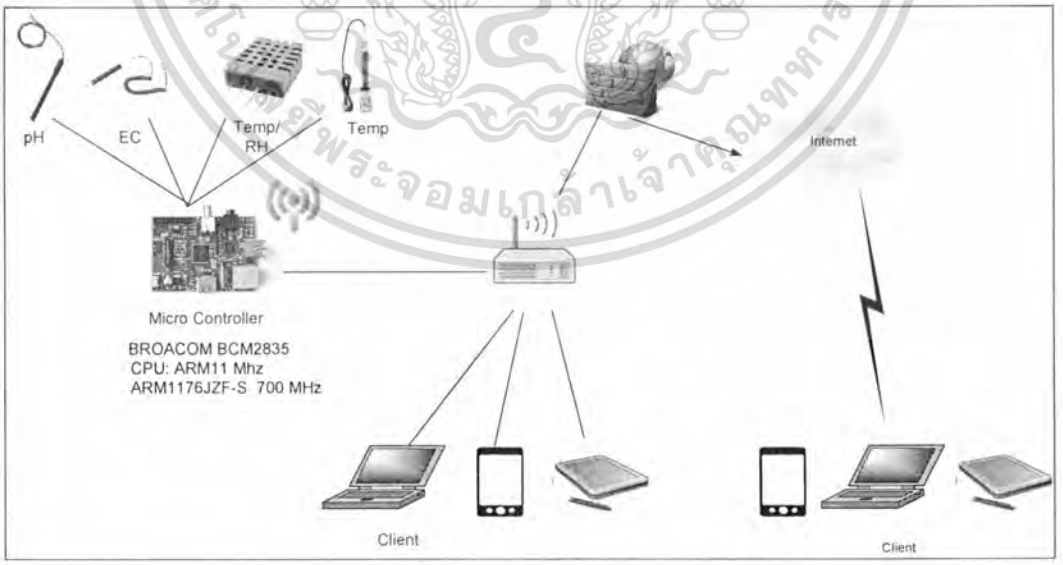
ภาพที่ 4.8 บล็อกไดอะแกรมการทำงานในส่วนของฮาร์ดแวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 แสดงการต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์กับไมโครคอลโทรลเลอร์

4.6.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์ ส่วนเครือข่ายคอมพิวเตอร์

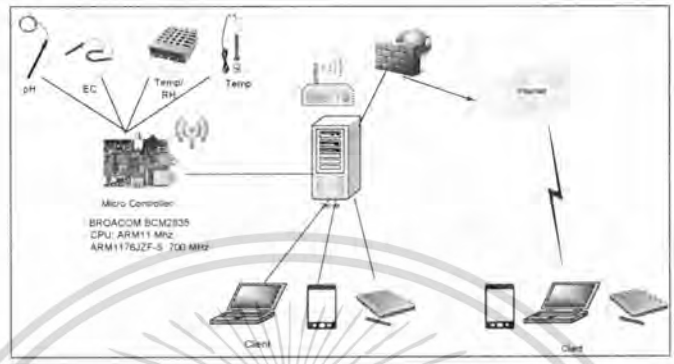


ภาพที่ 4.10 ออกแบบฮาร์ดแวร์ ขนาดเล็ก

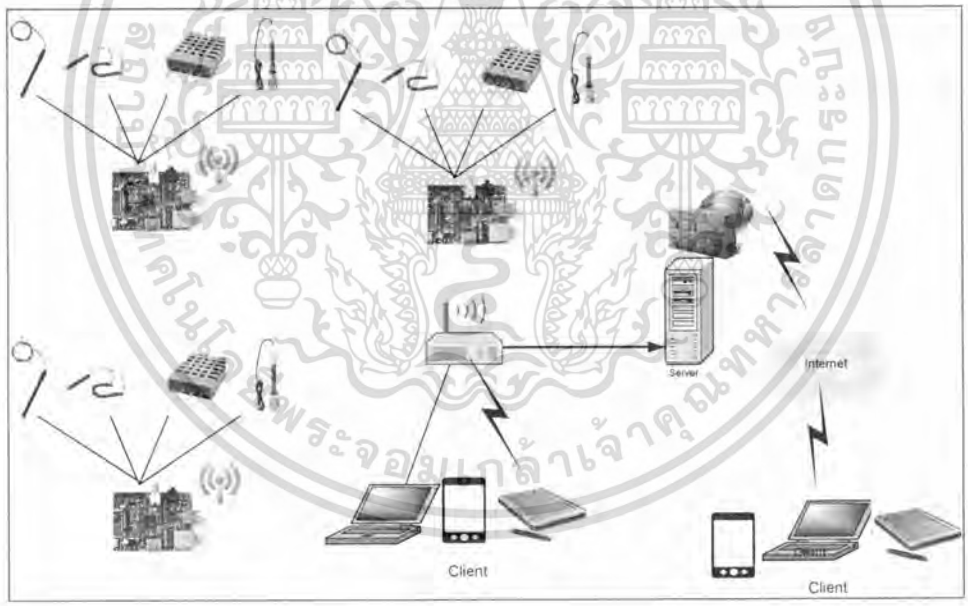
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2 การออกแบบฮาร์ดแวร์ ส่วนฮาร์ดแวร์ควบคุมระบบแปลงปลูก ขนาดโรงเรือนเดียว สารละลายชุดเดียว

สำหรับโรงเรือนขนาดเล็กนั้นสามารถใช้ไมโครคอลโทรลเลอร์ สร้างเป็นมินิเซอร์เวอร์ได้ เพื่อลดค่าใช้จ่ายของระบบ

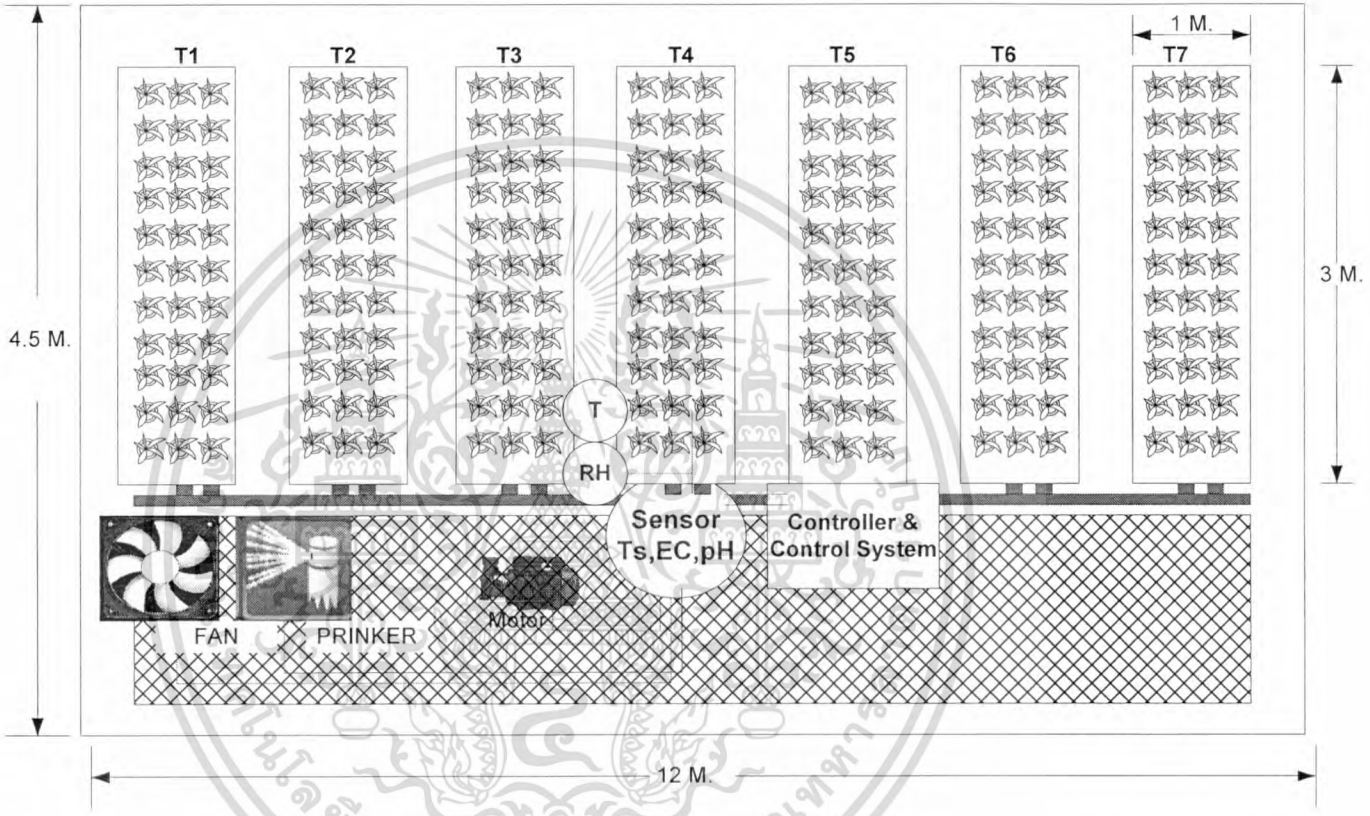


ภาพที่ 4.11 ระบบแปลงปลูกใช้คอมพิวเตอร์เซอร์เวอร์ทำหน้าที่เก็บฐานข้อมูล

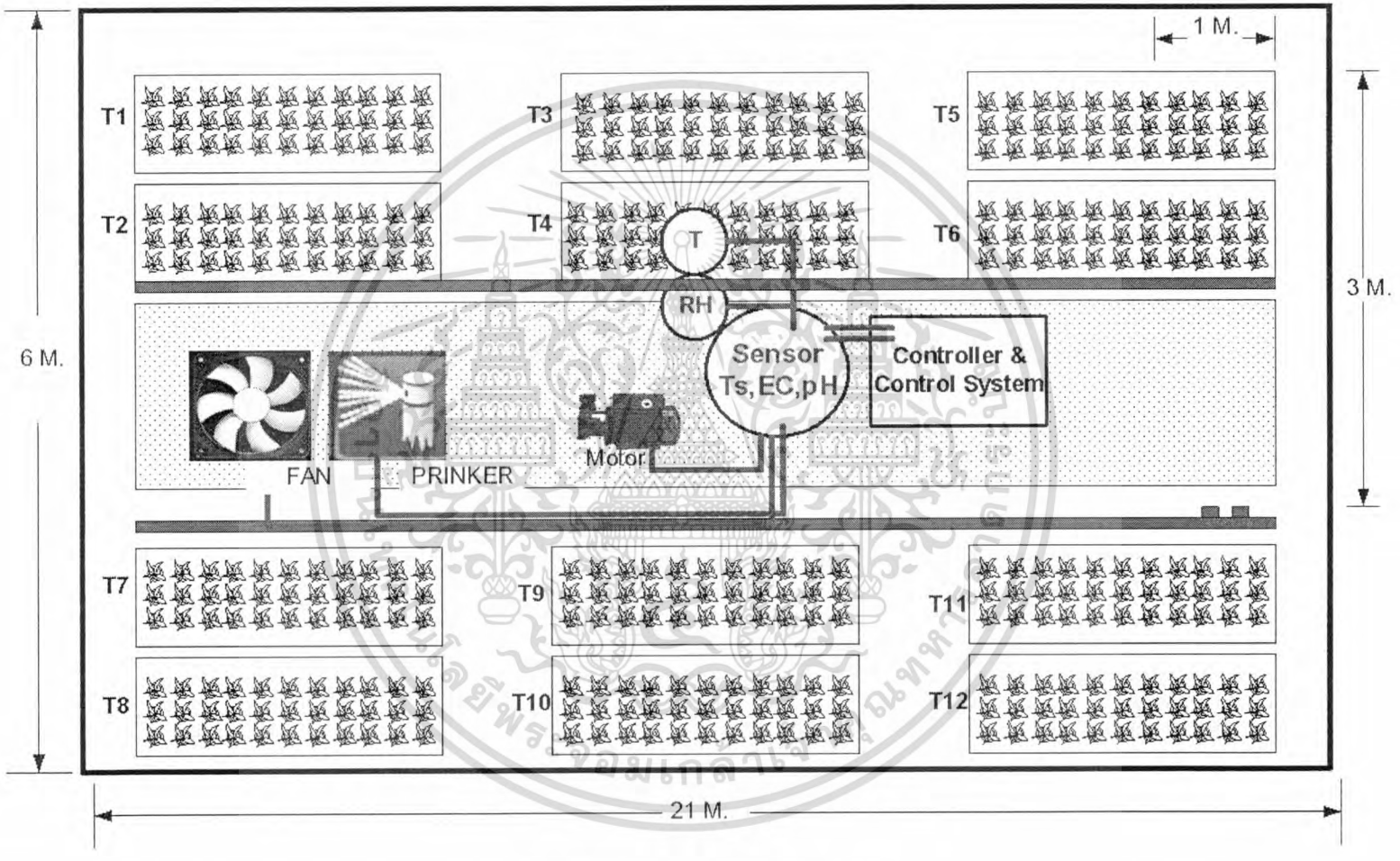


ภาพที่ 4.12 ฮาร์ดแวร์ควบคุมระบบแปลงปลูกขนาดหลายโรงเรือน

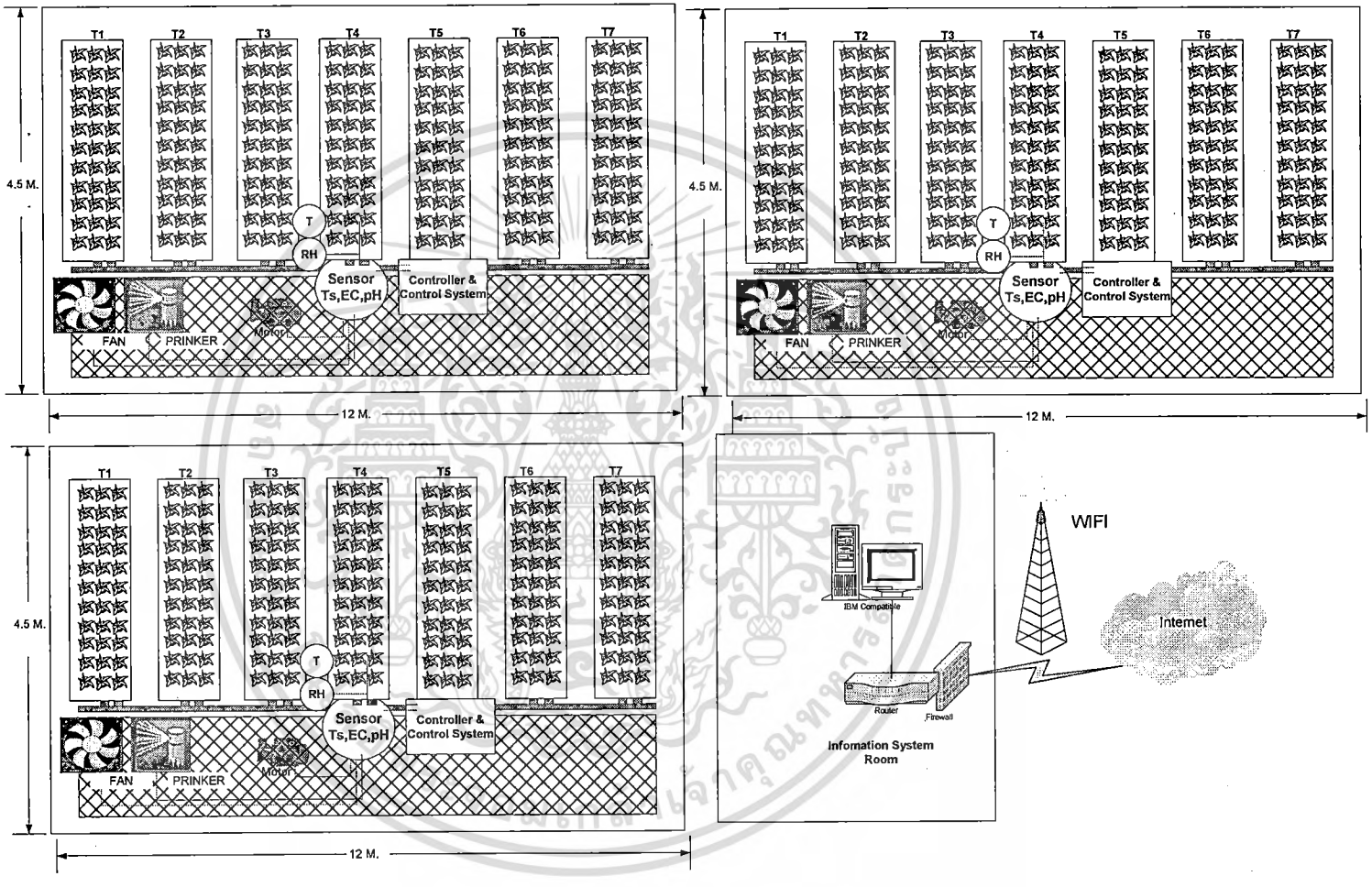
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



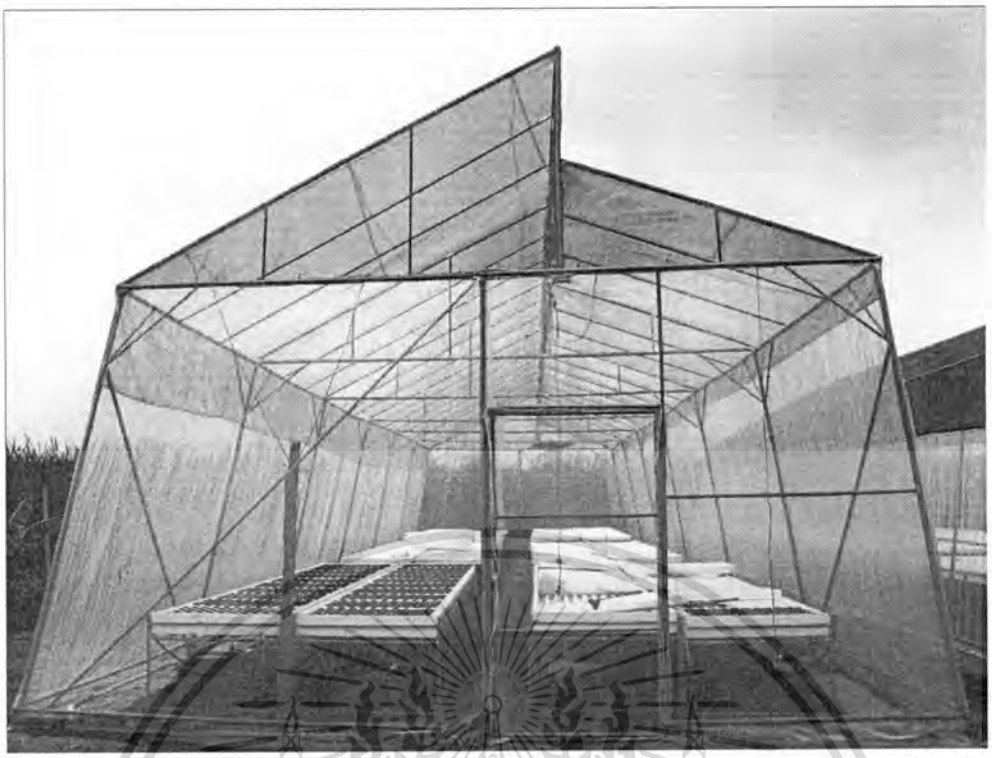
ภาพที่ 4.13 ระบบควบคุมสำหรับโรงเรือนขนาด 4.5 x 12 เมตร จำนวน 7 โต๊ะปลูก (โต๊ะขนาด 1 X 3 เมตร)



ภาพที่ 4.14 ระบบควบคุมสำหรับโรงเรือนขนาด 6 x 21 เมตร จำนวน 12 โต๊ะปลูก (โต๊ะขนาด 1 X 6 เมตร)



ภาพที่ 4.15 ระบบควบคุมสำหรับ 3 โรงเรือนขนาด 4.5 x 12 เมตร



ภาพที่ 4.16 โรงเรือนขนาด **6 x** 21 เมตร จำนวน 12 โต๊ะปลูก (โต๊ะขนาด 1 **x 6** เมตร)

สำหรับการออกแบบระบบควบคุมการปลูกผักอัตโนมัตินั้นได้การออกแบบอุปกรณ์ควบคุมนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของแปลงปลูกจำนวนโรงเรือน และระยะห่างของแต่ละโรงเรือน ซึ่งได้แบ่งการออกแบบในแต่ละขนาดดังนี้คือ

แบบที่ 1 ออกแบบระบบควบคุมสำหรับโรงเรือนขนาด 4.5 x 12 เมตร จำนวน 7 โต๊ะปลูก (โต๊ะขนาด 1 x 3 เมตร)

แบบที่ 2 ออกแบบระบบควบคุมสำหรับโรงเรือนขนาด 6 x 21 เมตร จำนวน 12 โต๊ะปลูก (โต๊ะขนาด 1 x 6 เมตร)

การออกแบบรูปแบบการใช้ระบบควบคุมนั้นได้ออกแบบตามขนาดของโรงเรือนและระยะห่างของโรงเรือนการเชื่อมต่อของเซ็นเซอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นใช้วิธีการต่อสายและระหว่างไมโครคอลโทรลเลอร์กับเครื่องเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายนั้นสามารถเชื่อมต่อได้ทั้งแบบสาย และแบบไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การพัฒนาระบบ

การพัฒนาระบบควบคุมการปลูกผักอัตโนมัติจากการวิเคราะห์ และออกแบบระบบในบทที่ 3 และบทที่ 4 ตามความต้องการของผู้ใช้งานระบบสามารถออกแบบให้ผู้ใช้สามารถใช้งานง่าย โดยพัฒนาระบบในลักษณะเว็บแอปพลิเคชัน ทำงานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ผ่านเครือข่ายแลนและเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และออกแบบสร้างเครื่องมือในการวัด และบันทึกค่าจากแปลงปลูกเข้ามาเก็บ ประมวลผล เพื่อสามารถสร้างรายงานแบบต่างๆ ในบทนี้จะแสดงให้เห็นถึงหน้าจอการทำงานของระบบ และรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

5.1 การพัฒนาระบบซอฟต์แวร์

การทำงานของระบบควบคุมการปลูกผักอัตโนมัติ เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้งานและง่ายต่อการติดตั้งรวมทั้งการใช้งาน จึงเลือกใช้เทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับระบบฐานข้อมูล

5.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

การพัฒนาระบบสนับสนุนงานประกันคุณภาพซอฟต์แวร์โดยใช้ภาษา PHP และมีเครื่องมือที่ใช้พัฒนาระบบงานดังต่อไปนี้

1. Dreamweaver ใช้สำหรับออกแบบโปรแกรมในส่วนของเว็บเพจ
2. MySQL Server ใช้สำหรับจัดการฐานข้อมูล
3. Navicat ใช้สำหรับจัดการฐานข้อมูล MySQL Server
4. EditPlus ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมภาษา PHP
5. Raspbian ระบบปฏิบัติการของไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 bit Raspberry และ Apache Webserver สำหรับตัวควบคุมหลัก
6. Script Case โปรแกรมพัฒนาเว็บแอบพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 รายละเอียดการทำงานของระบบ

ระบบควบคุมการปลูกผักอัตโนมัติ นั้นเป็นโปรแกรมที่ทำงานแบบเว็บแอปพลิเคชัน แบ่งกลุ่มผู้ใช้งานเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. ผู้ใช้งานทั่วไปผู้ดูแลแปลงผัก ซึ่งสามารถใช้งานระบบได้ทั่วไปแต่ไม่มีสิทธิ์ในการเพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลใดๆ ได้

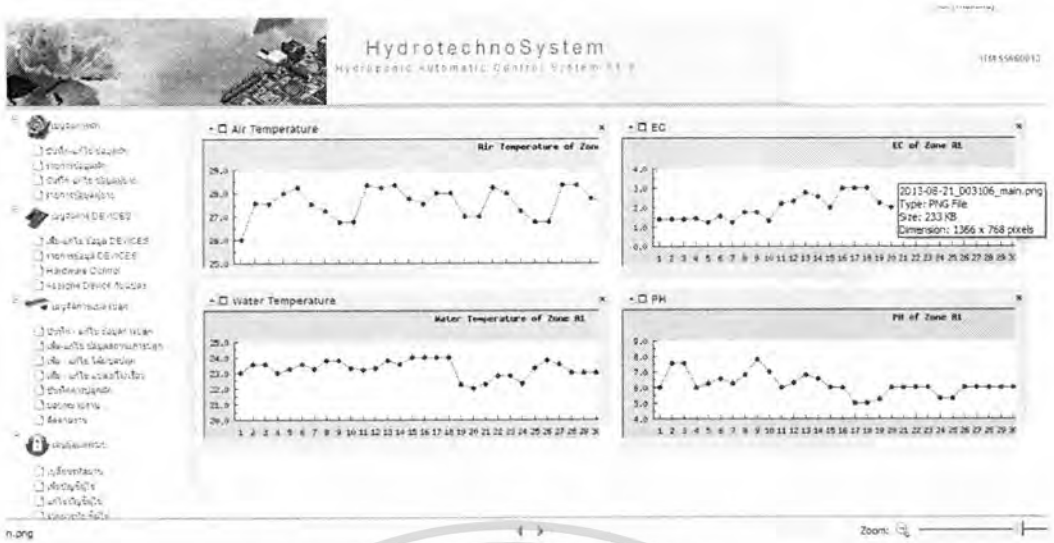
2. ผู้จัดการหรือเจ้าของกิจการ ดูแลระบบที่เกี่ยวข้องกับแปลงผัก มีหน้าที่จัดการข้อมูลพื้นฐานของระบบดูแลความเรียบร้อยของข้อมูล จัดการสั่งงาน สร้างรายงานได้ แต่ไม่สามารถจัดการข้อมูลส่วนฮาร์ดแวร์ได้

3. ผู้ดูแลระบบ (Administrator) มีหน้าที่จัดการข้อมูลพื้นฐานของระบบ จัดการข้อมูลในส่วนที่เป็นการตั้งค่าระบบที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ฮาดแวร์ ดูแลความเรียบร้อยของข้อมูล และสามารถเพิ่มและลบข้อมูลผู้ใช้งานได้

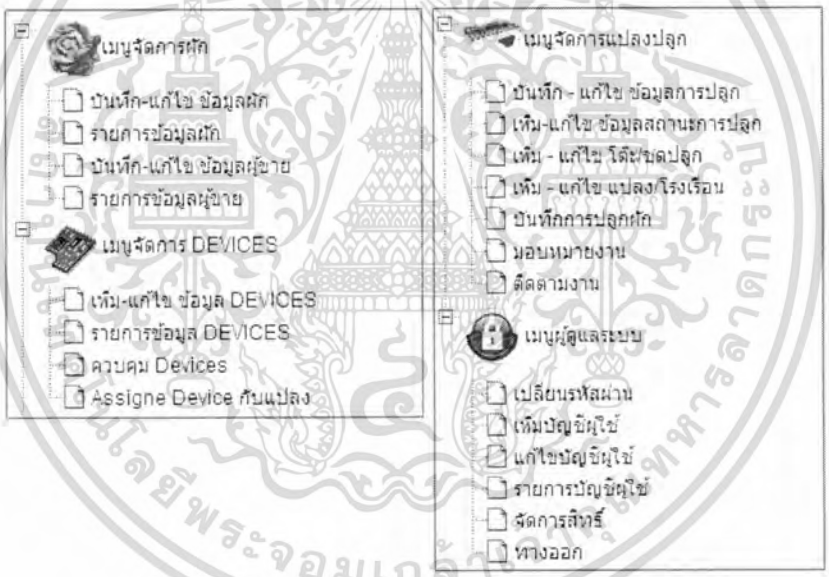
โปรแกรมระบบควบคุมการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์นี้เป็น เป็นโปรแกรมที่เป็นแบบเว็บแอปพลิเคชันทำงานบนเว็บเบราเซอร์

ภาพที่ 5.1 โปรแกรมหน้าแรกของระบบ แสดงการป้อนข้อมูลผู้ใช้ และรหัสผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.2 โปรแกรมหน้าหลักของระบบ



ภาพที่ 5.3 เมนูของระบบ

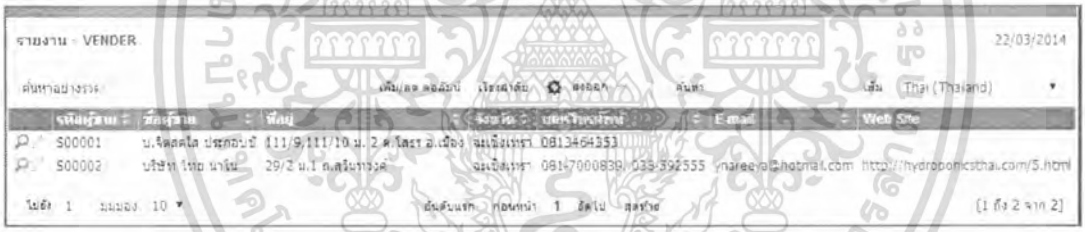
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.4 โปรแกรมในส่วนของการบันทึก – แก้ไขข้อมูลผัก

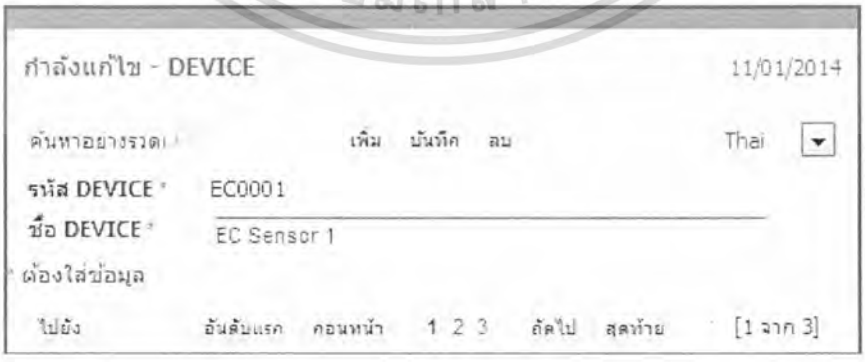
ภาพที่ 5.5 โปรแกรม แสดงรายการข้อมูลผัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.6 โปรแกรม ในส่วนของการบันทึก – แก้ไขข้อมูลผู้ขาย



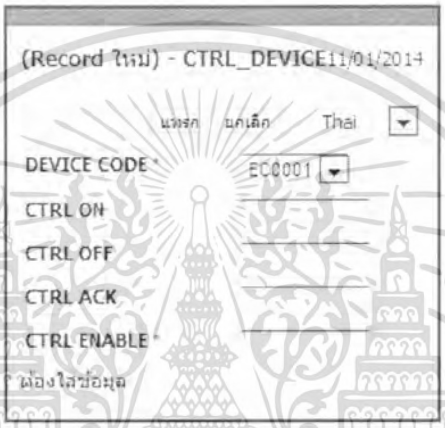
ภาพที่ 5.7 โปรแกรม แสดงรายการข้อมูลผู้ขาย



ภาพที่ 5.8 โปรแกรม การบันทึก – แก้ไขข้อมูล อุปกรณ์ (Device)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.9 โปรแกรม แสดงรายการข้อมูล Device



ภาพที่ 5.10 โปรแกรม บันทึกข้อมูลการควบคุมฮาร์ดแวร์

ภาพที่ 5.11 โปรแกรม ควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์แบบแมนนวล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.12 โปรแกรม แสดงการ บันทึก - แก้ไข ข้อมูลการปลูก

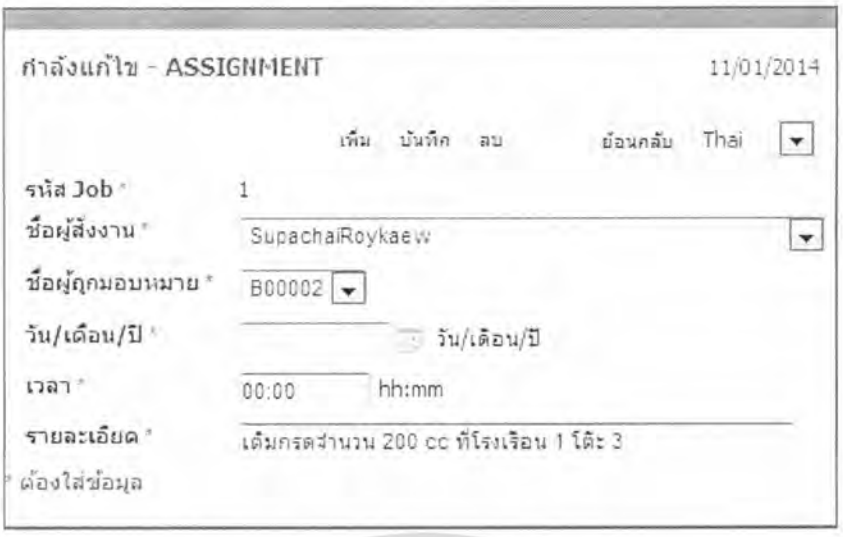
ภาพที่ 5.13 โปรแกรม แบบฟอร์มการ บันทึก - แก้ไข ข้อมูลการปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.14 โปรแกรม การบันทึก - แก้ไข ข้อมูลโต๊ะ/ชุดปลูก

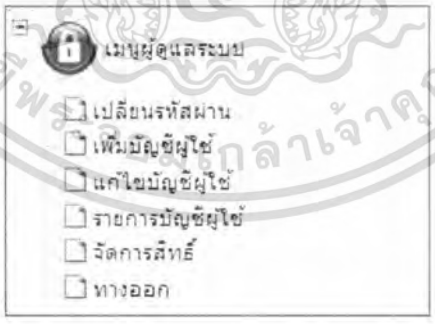
ภาพที่ 5.15 โปรแกรม การบันทึก - แก้ไข ข้อมูลแปลงปลูกหรือโรงเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.16 โปรแกรม ส่วนของการบันทึก - แก้ไข ข้อมูลการมอบหมายงาน

ภาพที่ 5.17 โปรแกรม ส่วนของการติดตามข้อมูลการมอบหมายงาน



ภาพที่ 5.18 โปรแกรม แสดงเมนูส่วนของการดูแลระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.19 โปรแกรม แสดงเมนูส่วนของการเปลี่ยนแปลงรหัสผ่าน

ภาพที่ 5.20 โปรแกรม แสดงเมนูส่วนของการเพิ่มข้อมูลบัญชีผู้ใช้งาน

ภาพที่ 5.21 โปรแกรม แสดงเมนูส่วนของการแก้ไขข้อมูลบัญชีผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.22 โปรแกรม แสดงรายการข้อมูลบัญชีผู้ใช้งาน

ภาพที่ 5.23 โปรแกรม แสดงการจัดการข้อมูลสิทธิ์การใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HydrotechnoSystem

รายงานข้อมูลผัก

ลำดับ	ประเภท	ชนิดผัก	การเพาะกล้า		ระยะเวลาปลูก	pH	EC	T	Ts	RH	สารอาหาร (ซีซี/ลิตร)	
			จำนวนเมล็ด	ระยะเวลา	ตั้งแต่						ชนิด A	ชนิด B
1	สลัด	GO	1	5 - 7	35 - 40	5.5 - 6.5	1.2 - 1.5	18 - 30	18 - 30	95 - 100	2.5 - 3	2.5 - 3
2	สลัด	RO	1	5 - 7	35 - 40	5.5 - 6.5	1.2 - 1.5	18 -30	18 -30	95 - 100	2.5 - 3	2.5 - 3
3	สลัด	RC	1	5 - 7	35 - 40	5.5 - 6.5	1.2 - 1.5	18 - 30	18 - 30	95 - 100	2.5 - 3	2.5 - 3
4	สลัด	BH	1	5 - 7	35 - 40	5.5 - 6.5	1.2 - 1.5	18 -30	18 -30	95 - 100	2.5 - 3	2.5 - 3
5	สลัด	FR	1	5 - 7	35 - 40	5.5 - 6.5	1.2 - 1.5	18 - 30	18 - 30	95 - 100	2.5 - 3	2.5 - 3
6	สลัด	COS	1	5 - 7	35 - 40	5.5 - 6.5	1.2 - 1.5	18 -30	18 -30	95 - 100	2.5 - 3	2.5 - 3
7	สลัด	ROKET	4 - 5	5 - 7	20 - 25	5.5 - 6.5	3 - 3.5	18 - 30	18 - 30	95 - 100	6 - 8	6 - 8
8	คะน้า (Kale)	คะน้า	1-3	7	40 -45	5.5 - 6.5	3.5 - 4.5	18 -30	18 -30	95 - 100	8 - 10	8 - 10
9	ไทยจีน	ผักบุ้ง	4 - 5	3 - 5	15 - 20	5.5 - 6.5	2 - 2.4	18 - 30	18 - 30	95 - 100	4 - 5	4 - 5
10	ไทยจีน	ผักกาด	2 -3	5 - 7	20 - 25	5.5 - 6.5	2 - 2.4	18 -30	18 -30	95 - 100	4 - 5	4 - 5
11	ไทยจีน	กวางตุ้ง	2 -3	5 - 7	20 - 25	5.5 - 6.5	2 - 2.4	18 - 30	18 - 30	95 - 100	4 - 5	4 - 5
12	ไทยจีน	โขม	4	5 - 7	18 - 20	5.5 - 6.5	2 - 2.2	18 -30	18 -30	95 - 100	4 - 4.5	4 - 4.5
13	ไทยจีน	คื่นฉ่าย	3 - 5	10 - 15	60 - 20	5.5 - 6.5	2 - 2.6	18 - 30	18 - 30	95 - 100	4 - 6	4 - 6

ภาพที่ 5.24 ตัวอย่างรายงานข้อมูลปลูกผัก

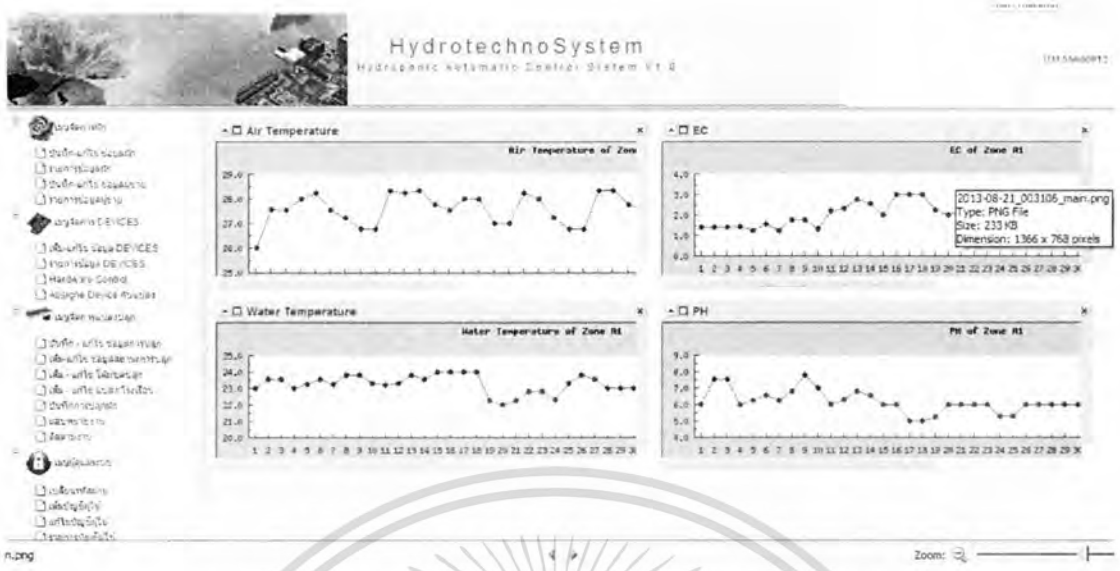
HydrotechnoSystem

รายงานประวัติการปลูกข้อมูลผัก

ลำดับ	แปลงที่	โต๊ะที่	ชนิดผัก	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปลูก (จำนวนวัน)		วัน/เดือน/ปี	วัน/เดือน/ปี	จำนวน	วัน/เดือน/ปี	สถานะ	ค่า pH		ค่า EC		ค่า T		ค่า Ts		ค่า R
					ปลูกถึงเก็บเกี่ยว	เพาะกล้า	ปลูก	คาดการณ์เก็บเกี่ยว	รับปลูก	เก็บเกี่ยว	ปัจจุบัน	ระบบ	แปลง	ระบบ	แปลง	ระบบ	แปลง	ระบบ	แปลง	ระบบ
1	A001	T001	คะน้า	สมชาย	35 - 40	5 - 7	09/13/2556	10/20/2556	5		เพาะกล้า	5.5 - 6.5	7.5	3.5 - 4.5	3.6	18 -30	30	18 -30	28	95 - 100
2	สลัด	T002	ผักบุ้ง	สมชาย	35 - 40	5 - 7	09/10/2556	10/20/2556	8		กำลังปลูก	5.5 - 6.5	5.8	2 - 2.4	2.3	18 - 30	30	18 - 30	28	95 - 100
3	สลัด	T003	ผักกาด	สมชาย	35 - 40	5 - 7	09/10/2556	10/20/2556	8		กำลังปลูก	5.5 - 6.5	5.8	2 - 2.4	2.2	18 -30	31	18 -30	27	95 - 100
4	สลัด	T004	กวางตุ้ง	สมศักดิ์	35 - 40	5 - 7	08/01/2556	26/09/2556	10		รอเก็บเกี่ยว	5.5 - 6.5	7.6	2 - 2.4	2.1	18 - 30	35	18 - 30	27	95 - 100
5	สลัด	T005	โขม	สมศักดิ์	35 - 40	5 - 7	08/01/2556	08/26/2556	10	08/102556	ยกเลิกการปลูก	5.5 - 6.5	6.5	2 - 2.2	3	18 -30	29	18 -30	29	95 - 100
6	สลัด	T006	คื่นฉ่าย	สุชาติ	35 - 40	5 - 7	07/01/2556	10/10/2556	40	08/09/2556	เก็บเกี่ยว	5.5 - 6.5	5.8	2 - 2.6	2.3	18 - 30	30	18 - 30	28	95 - 100

ภาพที่ 5.25 ตัวอย่างรายงานประวัติการปลูกผัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.26 กราฟแสดงค่า อุณหภูมิ ความชื้น ค่า pH และค่า EC ของสารละลายอาหาร

HydrotechnoSystem

แผนการสั่งงาน

ลำดับ	รายการ	แปลงที่	โต๊ะที่	ชนิดผัก	เริ่ม	สิ้นสุด	ผู้รับผิดชอบ	สถานะ	หมายเหตุ
1	เติม ปุ๋ย A 2.5 cc , B 2.5 cc เพื่อปรับค่า pH เป็น 6.5 +- 0.2	A001	T001	กะน้ำ	20/09/2556	20/09/2556	สมชาย	รอดำเนินการ	
2	เติมกรดไนตริก 10 cc ปรับค่า pH เป็น 6.5 +- 0.5	สลัด	T002	ผักบุ้ง	20/09/2556	20/09/2556	สมชาย	ดำเนินการ	
3	เติม ปุ๋ย A 46 cc , B 46 cc เพื่อปรับค่า pH เป็น 6.5 +- 0.4	สลัด	T003	ผักกาด	20/09/2556	20/09/2556	สมชาย	เสร็จ	
4	เติม ปุ๋ย A 50 cc , B 50 cc เพื่อปรับค่า pH เป็น 6.5 +- 0.5	สลัด	T004	กวางตุ้ง	20/09/2556	20/09/2556	สมศักดิ์	เสร็จ	
5	เอาผักออกจากแปลงภายใน 12 ชม.	สลัด	T005	ไทม	08/26/2556	08/26/2556	สมศักดิ์	เสร็จ	ผักเป็นโรค
6	เติมกรดไนตริก 10 cc ปรับค่า pH เป็น 6.5 +- 0.5	สลัด	T006	คื่นฉ่าย	08/10/2556	08/10/2556	สุชาติ	เสร็จ	

ภาพที่ 5.27 ตัวอย่างรายงาน แผนการสั่งงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผักรอคเก็ต

อายุปลูก 30 – 40 วัน

ความต้องการสภาพแวดล้อม

pH 6.0 - 6.5

EC 1.8 - 3.0

อุณหภูมิ 18 - 30 c

ความชื้น 95 - 100 %

รายละเอียด :

สลัดร็อคเก็ตเป็นพืชในตระกูลกะหล่ำ มีถิ่นกำเนิดในภูมิภาคแคริเบียน ประเทศโมร็อคโค โปตุเกส ตลอดจนถึงจอแดน และตุรกี เป็นพืชล้มลุก สูงประมาณ 20 - 100 เซนติเมตร ชอบอากาศแห้งและเย็น สามารถความแห้งแล้งได้ดี ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด โดยใช้การปลูกประมาณ 40 วัน มีกลิ่นค่อนข่างฉุน และมีรสเผ็ดขม ลักษณะใบโค้งมน (อลูโกล่า) หรือใบเป็นหยักๆ แบบซี่เลื่อย (ไวท์) นิยมนำมาทำปรุงรสสลัด หรือรับประทานคู่กับเนื้อย่างแบบต่างๆ เพื่อดับกลิ่นเนื้อ และช่วยให้ย่อยเนื้อสัตว์ได้ง่ายขึ้น

ร็อคเก็ตเป็นผักที่มีวิตามิน A และ C สูง ความขมของร็อคเก็ตช่วยในระบบย่อยอาหาร และช่วยกระตุ้นการทำงานของตับในการหลั่งน้ำดีในการย่อยไขมัน

ส่วนการเพาะเมล็ดสามารถนำมาเมล็ดสามารถนำลงไปในวัสดุปลูกได้เลย โดยฟองน้ำ 1 ก้อน หรือถ้วยปลูก 1 ใบ สามารถใส่เมล็ดได้ 2 - 3 เมล็ด แต่อย่าฝังลึกเกินไป เมล็ดจะงอกภายใน 2 - 3 วัน

ภาพที่ 5.28 ตัวอย่างรายงานข้อมูลผักแต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การพัฒนาระบบฮาร์ดแวร์

การทำงานของระบบควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์อัตโนมัติ ประกอบด้วยเครื่องมือในการวัดและบันทึกค่าของค่าสภาวะแวดล้อมของการปลูกผัก เก็บบันทึกข้อมูลจากการวัดลงในฐานข้อมูล และระบบบริหารจัดการเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

5.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนา

การพัฒนาเครื่องมือในการวัดและบันทึกค่า ประกอบด้วยหน่วยประมวลผลหลัก หรือ MCU (Main Control Unit) ในการวิเคราะห์ประมวลผล สั่งการและควบคุมอุปกรณ์ตัวอื่น มีหน่วยความจำหรือ Memory ในการเก็บบันทึกข้อมูล โดยมีเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้พัฒนาระบบงานดังรูปที่ 5.28 ซึ่งมีรายระเอียดดังนี้

1. Raspberry PI เป็นหน่วยประมวลผลแบบ System On Chip (SOC) ของบริษัท Broadcom Corporation เบอร์ BCM2835 ที่มีหน่วยประมวลผลกลาง ของบริษัท ARM รุ่น ARM1176JZF ความเร็วสัญญาณนาฬิกา 700 MHz เป็นหน่วยประมวลผลหลักของระบบ

2. Secure Digital Card (SD Card) เป็นหน่วยความจำในการบันทึกผลข้อมูลการวัดค่าต่างๆ จัดเก็บโปรแกรมระบบปฏิบัติการ และโปรแกรมแอปพลิเคชันอื่นๆ ที่ใช้ในการทำงานของระบบ

3. โปรแกรมระบบปฏิบัติการแบบ Embedded System ของลีนุกซ์ Raspbian

4. โมดูล I2C Real Time Clock (RTC) ใช้ไอซีเบอร์ DS1307 ทำหน้าที่รักษาฐานเวลา วัน เดือน ปี ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

5. ชุดวัดค่าความเป็นกรดด่างของน้ำสารละลายอาหาร pH

6. ชุดวัดค่าความนำไฟฟ้า หรือค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายอาหาร Electric Conductivity (EC) ในน้ำสารละลายอาหาร

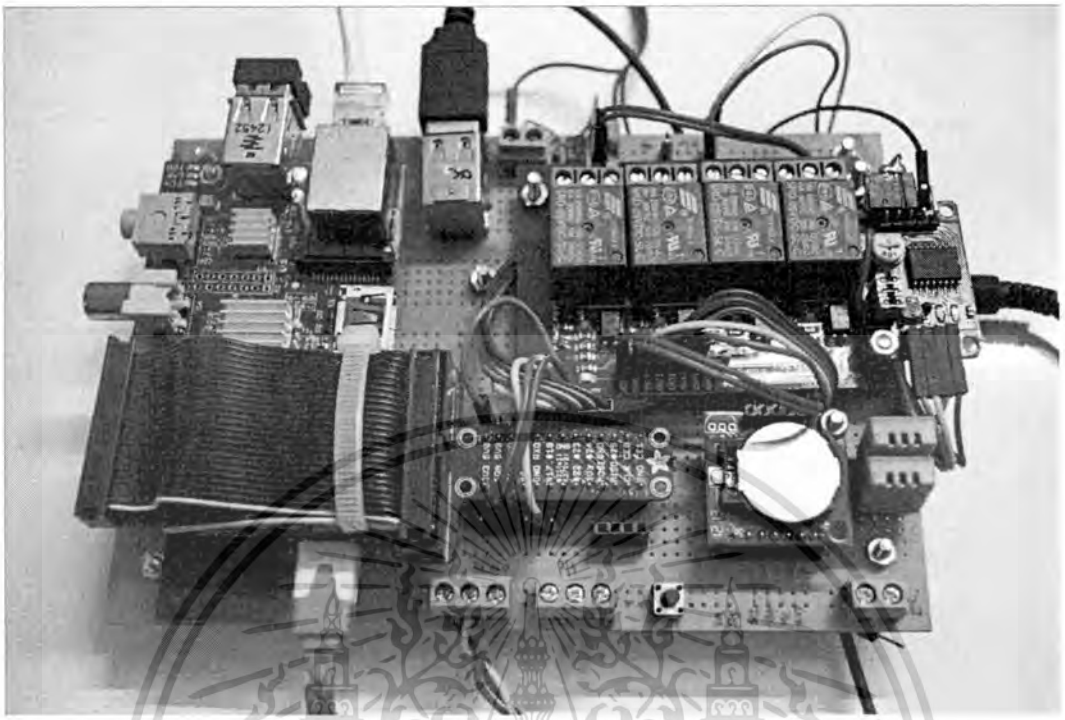
7. ชุดวัดค่าอุณหภูมิ และค่าความชื้นสัมพัทธ์ ในอากาศ ใช้ไอซี DHT11

8. ชุดวัดค่าอุณหภูมิในน้ำสารละลายอาหาร ใช้ไอซี DS1802

9. ชุดรีเลย์เชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์แรงดันสูง เช่น มอเตอร์ต่างๆ

10. อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำ (Semi conductor) อุปกรณ์ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ เข้าร่วมประกอบวงจรไฟฟ้า

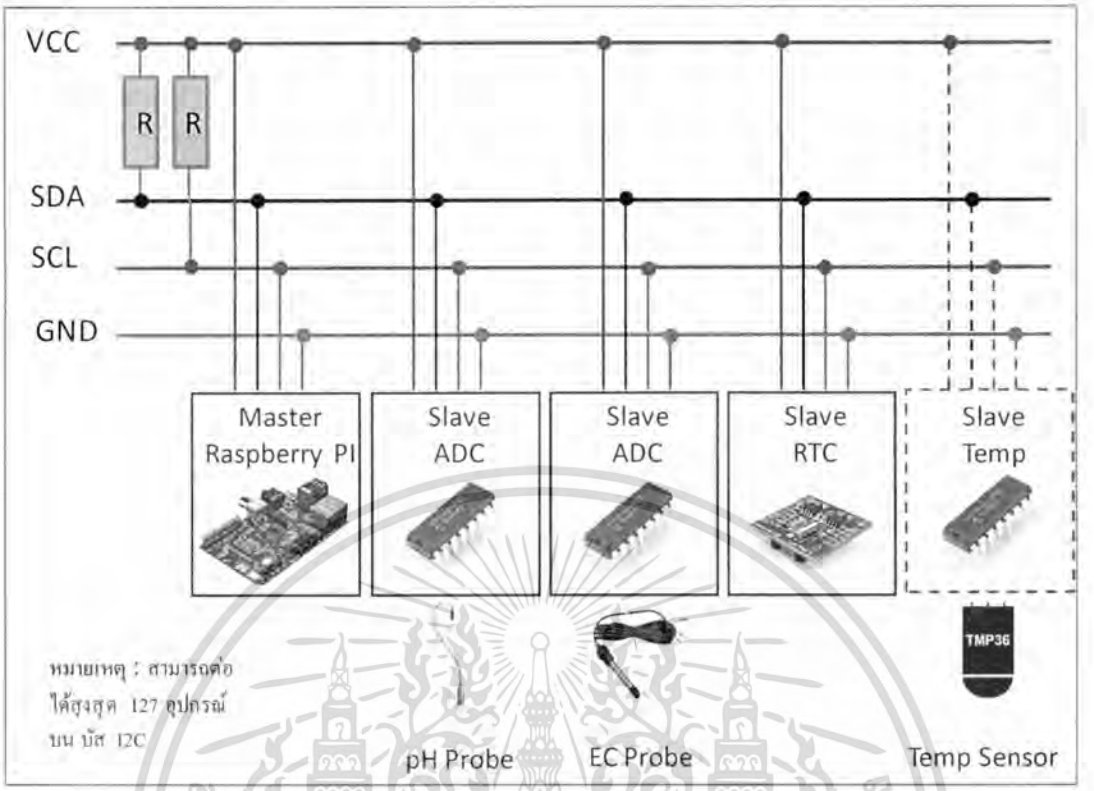
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.29 แผงวงจรไฟฟ้าหลักของระบบควบคุม

จากภาพที่ 5.29 เป็นแผงวงจรไฟฟ้าหลักของชุดควบคุมระบบ ซึ่งมีบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Raspberry Pi เป็นแผงวงจรไฟฟ้าหลักทำหน้าที่เป็นทั้ง เว็บเซิร์ฟเวอร์โดยใช้โปแกรม Apache และโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล MySQL โดยทั้งสองโปรแกรมจะติดตั้งลงบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ Raspbian โดยใช้ SD Card เป็นหน่วยเก็บข้อมูล ซึ่งในอนาคตถ้าต้องการจัดเก็บข้อมูลที่มากขึ้น สามารถที่จะเก็บด้วยฮาร์ดดิสโดยต่อเข้าที่ช่องต่อยูเอสบี (USB) หรือเปลี่ยนจากเก็บข้อมูลที่ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็เปลี่ยนไปเป็นคอมพิวเตอร์ก็จะสามารถเก็บข้อมูลได้มากขึ้น นอกจากนั้นก็เป็นจุดเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ควบคุมอื่นๆ ที่ใช้ในการควบคุมระบบได้แก่ชุดรับข้อมูลอุปกรณ์ตรวจจับค่าจากแปลงปลูก อุปกรณ์ควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์ต่างๆ ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น

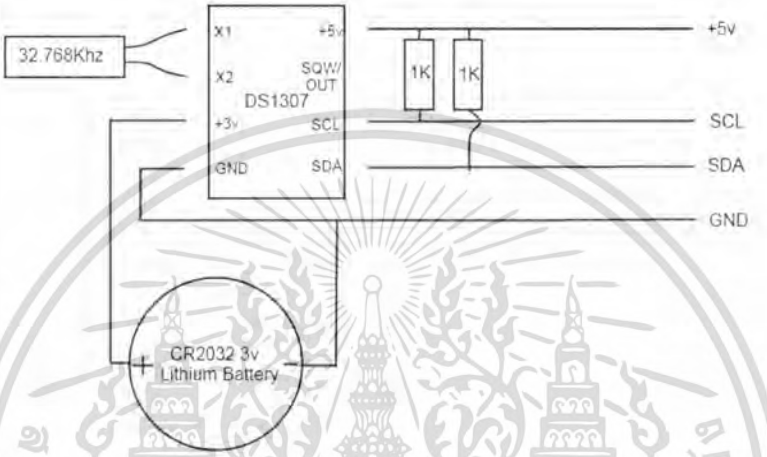
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.30 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอกด้วยบัสสื่อสาร แบบ I2C

จากภาพที่ 5.30 เป็นส่วนของวงจรไฟฟ้าควบคุมระบบที่ใช้วิธีการสื่อสารแบบ Inter Integrate Circuit Bus (IIC หรือ I2C) ซึ่งเป็นการสื่อสารอนุกรม แบบซิงโครนัส (Synchronous) ระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ กับอุปกรณ์ภายนอกซึ่งสามารถต่อได้ถึง 127 อุปกรณ์บนบัสเดียวกัน สำหรับในระบบนี้ได้ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความเป็นกรด ด่าง ค่าความเข้มข้นของน้ำสารละลายอาหาร และในอนาคตอาจจะออกแบบให้สามารถส่งค่าอุณหมิผ่านทางบัสนี้ก็ได้ โดยหลักการทำงานของระบบอุปกรณ์ตรวจจับ เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับส่งค่าที่เป็นสัญญาณแอนาล็อกเข้าวงจรแผงไฟฟ้ารวม (IC) ที่ทำหน้าที่เป็นทั้งตัวแปลงสัญญาณแอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล และทำหน้าที่ส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยการสื่อสารแบบ I2C เพื่อไปประมวลผลต่อไป

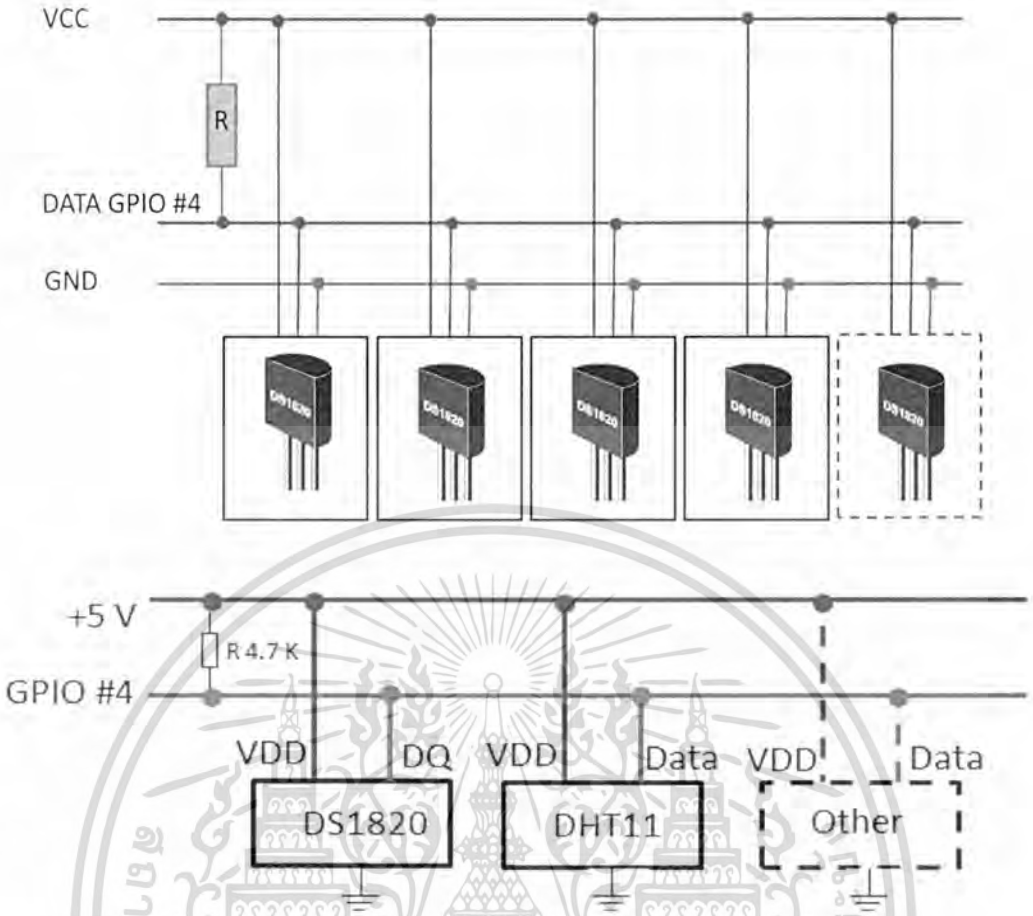
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.31 การเชื่อมต่อ Real Time Clock (RTC) กับไมโครคอนโทรลเลอร์

จากภาพที่ 5.31 เป็นการเชื่อมต่ออุปกรณ์กำเนิดฐานเวลา วัน เดือน ปี และปฏิทิน Real Time Clock (RTC) ซึ่งใช้ไอซีเบอร์ DS1307 เป็นอุปกรณ์เก็บข้อมูลฐานเวลา ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยปกติแล้วจะไม่มีอุปกรณ์ RTC ติดตั้งมากับไมโครคอนโทรลเลอร์ Raspberry PI โดยเชื่อมต่อด้วยบัสแบบ I2C จากนั้นก็ติดตั้งโปรแกรมสำหรับควบคุมอุปกรณ์ RTC กับระบบปฏิบัติการเพื่อให้ระบบปฏิบัติการได้รู้จักกับอุปกรณ์ดังกล่าว

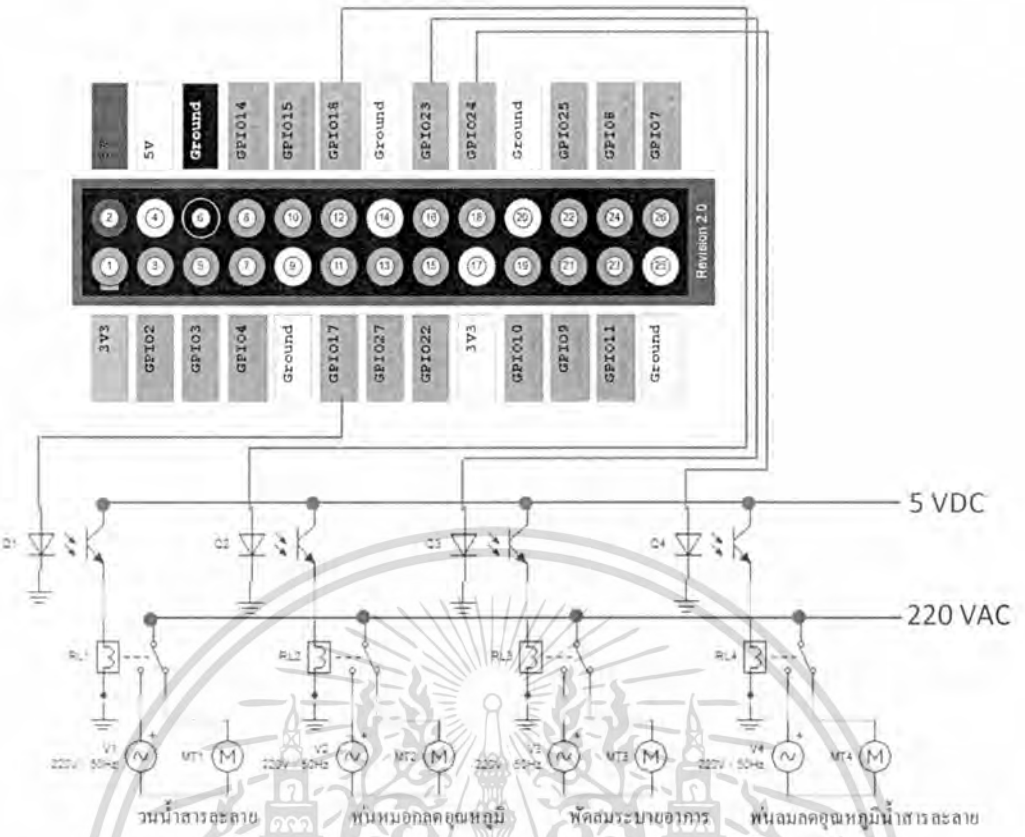
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.32 การเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ กับไมโครคอนโทรลเลอร์

จากภาพที่ 5.32 เป็นส่วนของวงจรไฟฟ้าควบคุมระบบ โดยใช้วิธีการแบบ 1 Wire เป็นระบบบัสสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม (Serial) ซึ่งใช้สายเพียงสองเส้นคือสายข้อมูล (Data) และสายกราวด์ (GND) บัสแบบ 1 Wire นั้นสามารถต่อได้หลายอุปกรณ์บนบัสเดียวกัน ในระบบนี้ได้ใช้สำหรับตรวจวัดค่าอุณหภมิในน้ำสารละลายอาหารด้วยไอซีเบอร์ DS1820 และตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นในอากาศด้วยไอซีเบอร์ DHT11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

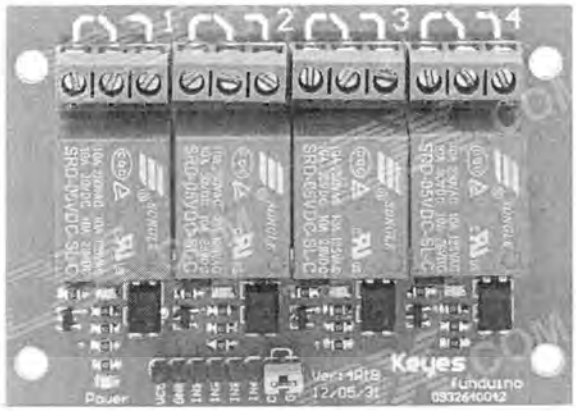


ภาพที่ 5.33 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกแรงดันไฟฟ้าสูง กับไมโครคอนโทรลเลอร์

จากภาพที่ 5.33 เป็นการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก เช่น มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการพ่นหมอกเพื่อการลดอุณหภูมิ มอเตอร์วนน้ำสารละลายอาหาร เพื่อเพิ่มออกซิเจนให้กับน้ำสารละลาย และได้ออกแบบไว้เผื่อสำหรับอนาคตอาจจะมีระบบพัดลมระบายอากาศในโรงเรือน และส่วนของการลดอุณหภูมิในการละลายด้วย

สำหรับการเชื่อมต่อนั้นสัญญาณควบคุมการเปิด ปิด อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ จากไมโครคอนโทรลเลอร์ จะเชื่อมต่อทางแสงคือโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่แยกวงจรไฟฟ้าแรงดันสูงออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ไม่เกิดการรบกวนกันทางไฟฟ้า และเพื่อความปลอดภัยของระบบ จากนั้นสัญญาณจากโฟโต้ทรานซิสเตอร์ จะไปขับชุดวงจรรีเลย์ให้ทำงาน เพื่อขับอุปกรณ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าสูง เช่นมอเตอร์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รีเลย์ 30 A 250V

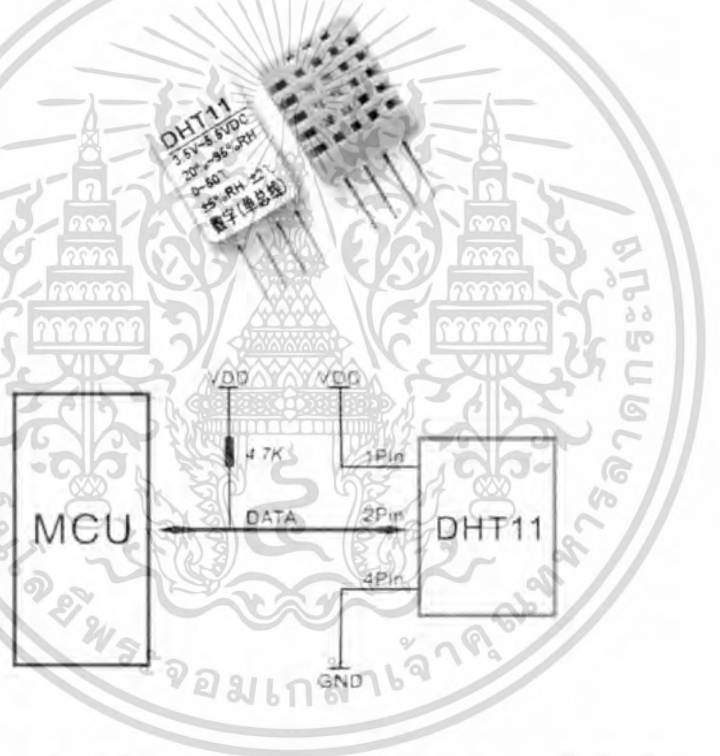
ภาพที่ 5.34 วงจรควบคุมการทำงานของรีเลย์

ภาพที่ 5.35 ตัวอย่าง มอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับพ่นหมอกในแปลงผักแบบต่างๆ

ภาพที่ 5.36 ตัวอย่าง หัวพ่นหมอกในแปลงผักแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.37 โพรบวัดอุณหภูมิในน้ำสารละลายอาหาร



ภาพที่ 5.38 อุปกรณ์วัดอุณหภมิ และความชื้นสัมพัทธ์อากาศในโรงเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.39 โพรบวัดค่าความเข้มข้นของสารอาหาร (EC) ในน้ำสารละลายอาหาร

ภาพที่ 5.40 โพรบสำหรับการวัดค่าความเป็นกรด ด่าง (pH) ของน้ำสารละลายอาหาร

ภาพที่ 5.41 ตัวอย่าง มอเตอร์ปั๊มน้ำวนสารละลายอาหารขนาด 1 โต๊ะปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทสรุป

6.1 สรุปผลโครงการ

การศึกษาอิสระหัวข้อระบบควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์อัตโนมัติ (Cultivation Automation System) ประกอบไปด้วยระบบบริหารจัดการข้อมูลของการปลูกผักแบบไฮโดรโปนิกส์ ชุดเครื่องมือวัด และบันทึกค่าข้อมูลสภาพแวดล้อมในแปลงปลูกได้แก่ค่า pH , EC ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ค่าอุณหภูมิในสารละลาย และค่าอุณหภูมิในอากาศ เพื่อนำค่าที่วัดได้จากแปลงปลูกจริงไปเปรียบเทียบกับค่าความต้องการผักแต่ละชนิด จากนั้นระบบก็ทำการประมวลผล แล้วแสดงผล ออกมาเป็นรายงาน เพื่อให้เกษตรกรทำการปรับค่าสภาพแวดล้อมของผักให้ถูกต้อง และทำการควบคุมทางด้านฮาร์ดแวร์ เช่นมอเตอร์สำหรับพ่นหมอก พัดลมระบายความร้อน เพื่อลดอุณภูมิในแปลงผักแบบอัตโนมัติในกรณีอุณหภูมิสูงเกินค่าที่กำหนด

การออกแบบ และพัฒนาระบบนั้นเป็นแบบเว็บแอปพลิเคชันเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานของผู้ใช้ระบบ โดยเริ่มต้นจากการศึกษาปัญหาของระบบการปลูกผักแบบไฮโดรโปนิกส์ในปัจจุบันของเกษตรกร ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบ การกำหนดวัตถุประสงค์ และขอบเขตของโครงการ วิเคราะห์ระบบงานปัจจุบัน และนำข้อมูลที่ได้มาสร้างแบบจำลองเชิงตรรกะ เพื่ออธิบายขั้นตอนการทำงานของระบบด้วยเครื่องมือช่วยออกแบบของยูเอ็มแอลมาช่วยในการออกแบบระบบ จากนั้นก็ทำการออกให้เป็นแบบจำลองเชิงกายภาพ ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ การออกแบบระบบฐานข้อมูล และการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งาน Graphical User Interface (GUI) ก่อนนำแบบจำลองเชิงกายภาพทั้งหมดมาใช้ในการพัฒนาระบบให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ผลจากการศึกษาการพัฒนาระบบสารสนเทศนี้เพื่อเป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนา ต่อเพื่อการใช้ในการควบคุมการปลูกผักแบบไฮโดรโปนิกส์จริงในอนาคต ซึ่งถือเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรที่ทำการปลูกผักด้วยวิธีการนี้ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเพาะปลูก และลดการใช้แรงงานของเกษตร และลดต้นทุนทางด้านแรงงานลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ข้อจำกัดของการพัฒนาระบบ

ระบบควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์อัตโนมัติ (Cultivation Automation System) ซึ่งประกอบไปด้วยระบบบริหารจัดการข้อมูลการปลูกผักแบบไฮโดรโปนิกส์ และเครื่องมือในการวัด และบันทึกค่าสถาวะแวดล้อมจากแปลงปลูก ดังนี้

6.2.1 ระบบไม่สามารถเปิด ปิดวาล์วน้ำสารละลาย ทั้งชนิด A และ B เพื่อมาผสมได้เองอย่างอัตโนมัติ ซึ่งไม่ได้ออกแบบไว้ในเบื้องต้น

6.2.2 ค่าที่วัดได้ยังมีการเปลี่ยนแปลงตามค่าอุณหภูมิอยู่ อาจมีการผิดพลาดได้บ้าง ซึ่งเกิดจากการเลือกใช้อุปกรณ์ และการออกแบบฮาร์ดแวร์ ในส่วนของเครื่องมือวัด และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำต้นแบบยังไม่ครอบคลุมถึงการเปลี่ยนแปลงทางด้านอุณภูมิ

6.3 ข้อเสนอแนะแนวทางการพัฒนาระบบเพิ่มเติม

ระบบควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์อัตโนมัติ (Cultivation Automation System) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษา และทดลองการทำงานของระบบ แต่ในการพัฒนาระบบขึ้นใช้งานจริงยังมีส่วนที่ควรปรับปรุง หรือพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานดังต่อไปนี้

6.3.1 พัฒนาให้ระบบสามารถเปิด ปิดวาล์วน้ำสารละลาย ทั้งชนิด A และ B ได้เองอย่างอัตโนมัติ

6.3.2 พัฒนาให้ระบบสามารถเปิด ปิดวาล์วผสมสารปรับสภาพความเป็นกรด ด่างของสารละลายอย่างอัตโนมัติได้

6.3.3 พัฒนาระบบวัดค่า และหัวโพรบวัดค่าต่างๆ ให้มีความทนทานต่อสภาวะทางเคมีและมีความแม่นยำสูงขึ้น

6.3.4 พัฒนาแอปพลิเคชันให้สามารถส่งข้อความเตือน ในกรณีระบบมีปัญหา ผ่านทางเครือข่ายสื่อสาร เพื่อให้เกษตรได้รู้ปัญหาที่สำคัญได้อย่างรวดเร็ว เช่นระบบส่งข้อความเตือนผ่านทางโทรศัพท์มือถือ ในกรณี อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เสียหาย เช่นมอเตอร์ไม่ทำงาน น้ำล้นอุปกรณ์ปลูก หรือน้ำสารละลายแห้ง อาจเกิดจาก อุปกรณ์เกิดความเสียหายน้ำรั่วไหลออกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

จรัสพงษ์ สินศิริพงษ์. 2553. **"ผลของความรู้ของผู้บริโภคและการเป็นที่ยอมรับในสังคมของธุรกิจต่อความไว้วางใจ ผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมธุรกิจผักไฮโดรโปนิกส์ในเขตกรุงเทพมหานคร."** วิทยานิพนธ์การจัดการมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการวิสาหกิจขนาดกลาง และขนาดย่อม คณะการจัดการและการท่องเที่ยว, มหาวิทยาลัยบูรพา. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://digital_collect.lib.buu.ac.th/dcms/files/48911995. (วันที่สืบค้น : 17 สิงหาคม 2555)

นิพลธ์ ไชยมงคล. 2556. **การปลูกพืชไร้ดิน.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.vegetweb.com/wp-content/download/hydroponics.pdf. (วันที่สืบค้น : 8 สิงหาคม 2556)

สุรพล มนัสเสรี. 2544. **ปัญหาการวิจัย การปลูกพืชไร้ดิน.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.tistr.or.th/tistr/source/techno/pdf/42th_TISTR_Hydroponic_Book.pdf. (วันที่สืบค้น : 8 ธันวาคม 2556)

อภิชาติ ศรีสอาด และอัมพา คำวงษา. 2553. **แนวทางการผลิต และลงทุน ผักไฮโดรโปนิกส์ เพื่อทำเงิน.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: บริษัท นาคา อินเตอร์มีเดีย จำกัด.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2556. **การออกแบบและจัดการผักสลัดที่ปลูกในระบบ NFT เป็นการค้า.** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.kmitl.ac.th/hydro/NFTDesign.pdf. (วันที่สืบค้น : 17 สิงหาคม 2555)

อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์. 2556. **Raspberry Pi บอร์ดคอมพิวเตอร์ 32 บิตขนาดเล็ก.**[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.inex.co.th/store/manual/RaspberryPiSheet_130627.pdf. (วันที่สืบค้น : 12 สิงหาคม 2556)

Raspberrypi.org. 2556. **Raspberry PI.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.raspberrypi.org/about. (วันที่สืบค้น : 12 สิงหาคม 2556)

Wikipedia. 2556. **Raspberry PiChromeHTML/Shell/Open/Command.** [ออนไลน์]. เข้าได้ถึงจาก : http://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_PiChromeHTML/ Shell/Open/ Command. (วันที่สืบค้น : 12 สิงหาคม 2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้เขียน	นายอภิชาติ โรยแก้ว
วันเกิด	15 มกราคม 2517
สถานที่เกิด	นครศรีธรรมราช
วุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรี	วิทยาศาสตรบัณฑิต
	มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
ประสบการณ์การทำงาน	
พ.ศ.2539-2540	เจ้าหน้าที่ช่างเทคนิคประจำศูนย์คอมพิวเตอร์
	บริษัท เลนโซ่โฟนด์ การ์ด จำกัด
พ.ศ.2540 - ปัจจุบัน	System Engineer
	บริษัท ไมโครชิพ เทคโนโลยี (ไทยแลนด์) จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้