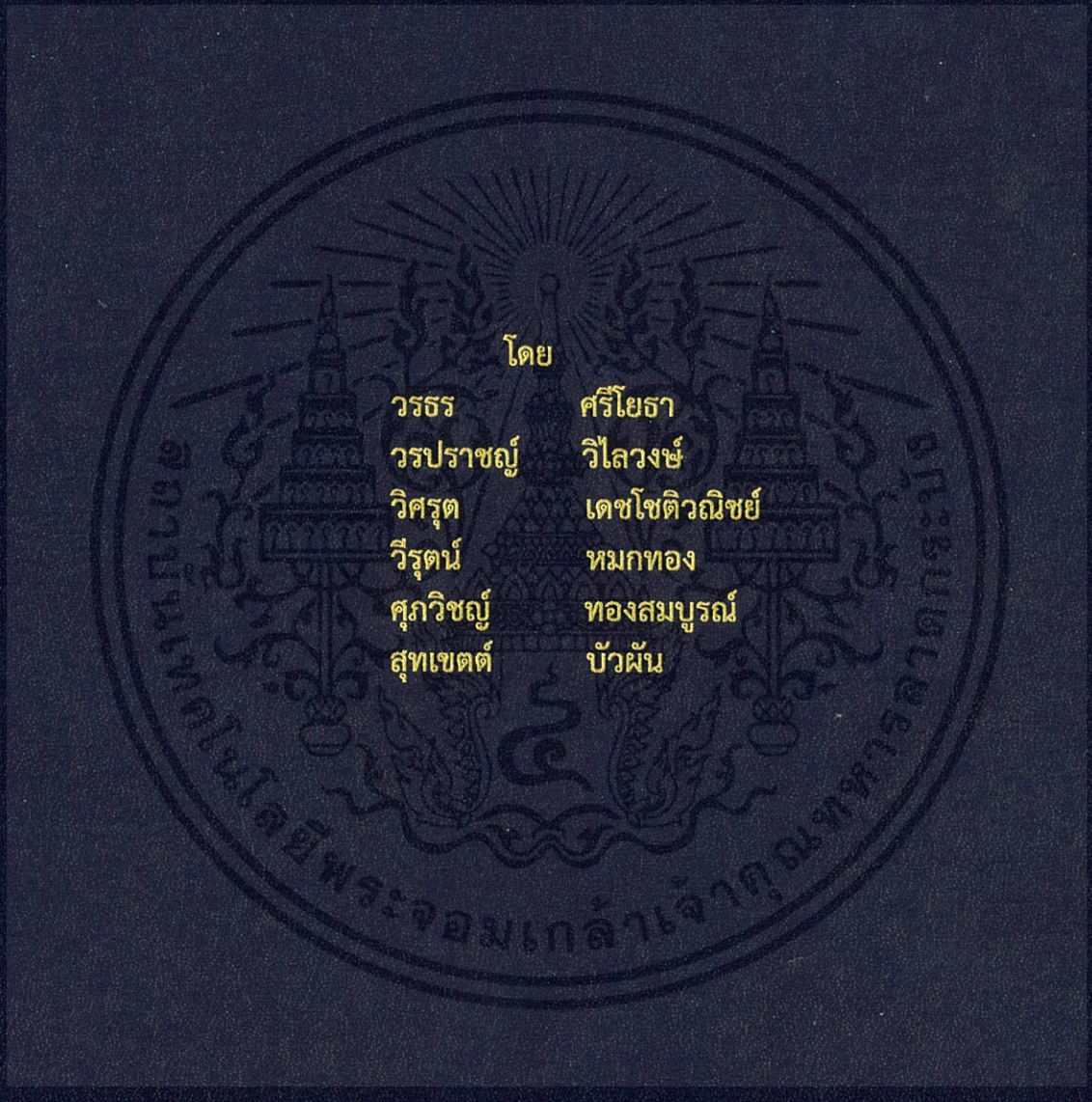
การพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มสำหรับพืชการเกษตร
SMART FARM TECHNOLOGY DEVELOPMENT FOR AGRICULTURAL CROPS



โดย

วรธร ศรีโยธา
วรปราชญ์ วิไลวงษ์
วิศรุต เดชโชติวณิชย์
วีรุตน์ หมกทอง
ศุภวิชญ์ ทองสมบูรณ์
สุทเขตต์ บัวผัน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

การพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มสำหรับพืชการเกษตร
SMART FARM TECHNOLOGY DEVELOPMENT FOR AGRICULTURAL CROPS

โดย

วรธร	ศรีโยธา
วรปราชญ์	วิไลวงษ์
วิศรุต	เดชโชติวณิชย์
วีรุตน์	หมกทอง
ศุภวิชญ์	ทองสมบูรณ์
สุทเขตต์	บัวผัน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SMART FARM TECHNOLOGY DEVELOPMENT FOR AGRICULTURAL CROPS

WORATORN SRIYOTHA

WORAPRAD WILAIWONG

WISSARUT DETCHOTWANICH

VEERUT MOKTHONG

SUPAWIT THONGSOMBOON

SUTKHET BOAPUN

THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT

FOR THE BACHELOR'S DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2561

การพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มสำหรับพืชการเกษตร
SMART FARM TECHNOLOGY DEVELOPMENT FOR AGRICULTURAL CROPS

โดย

วรธร	ศรีโยธา
วรปราชญ์	วิไลวงษ์
วิศรุต	เดชโชติวณิชย์
วีรุตน์	หมกทอง
ศุภวิชญ์	ทองสมบูรณ์
สุทเขตต์	บัวผัน

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.ชาย ชมภูอินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2561

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มสำหรับพืชการเกษตร

ผู้จัดทำ

1. นายวรธร ศรีโยธา
2. นายวรปราชญ์ วิไลวงษ์
3. นายวิศวรุต เดชโชติวณิชย์
4. นายวีรุตน์ หมกทอง
5. นายศุภวิชญ์ ทองสมบูรณ์
6. นายสุทเขตต์ บัวผัน

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาย ชมภูอินไหว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มสำหรับพืชการเกษตร

นายวรธร ศรีโยธา
นายวรปราชญ์ วิไลวงษ์
นายวิศรุต เดชโชติวณิชย์
นายวีรุตน์ หมกทอง
นายศุภวิชญ์ ทองสมบูรณ์
นายสุทเขตต์ บัวผัน
ผศ.ดร.ชาย ชมภูอินไหว อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาฟาร์มอัจฉริยะสำหรับการปลูกสตรอเบอร์รี่ในโรงเรือนปิด เพื่อเป็นต้นแบบสำหรับการปลูกพืชที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ โดยสามารถปลูกพืชนอกฤดูกาลได้ด้วยการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ภายในโรงเรือนให้มีการนำระบบการควบคุมอุณหภูมิ, ความชื้น, และระบบส่งจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติ โดยทำการติดตั้งระบบทำอุณหภูมิ, ความชื้น, และระบบส่งจ่ายปุ๋ย จากนั้นมีการออกแบบและจัดทำระบบ SCADA และระบบควบคุมภายในโรงเรือน โดยนำเทคโนโลยีการประมวลผลและควบคุมจาก PLC (Programmable Logic Controller) ทำให้การทำงานเป็นไปอย่างราบลื่น และสามารถตรวจการทำงานผ่านอินเทอร์เน็ต

ผลการออกแบบและทดสอบระบบสังเกตการณ์และควบคุมสภาพแวดล้อมภายในฟาร์มอัจฉริยะพบว่าสามารถใช้งานในการติดตามและควบคุมอุณหภูมิ, ความชื้น และระบบส่งจ่ายปุ๋ยในฟาร์มอัจฉริยะอีกทั้งยังตั้งค่าการทำงานที่เหมาะสมสำหรับพืชชนิดอื่นที่เราต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SMART FARM TECHNOLOGY DEVELOPMENT FOR AGRICULTURAL CROPS

Mr. Woratorn Sriyotha

Mr. Woraprad Wilaiwong

Mr. Wissarut Detchotwanich

Mr. Veerut Mokthong

Mr. Supawit Thongsomboon

Mr. Sutkhet Boapan

Asst.Porf.Dr. Chai Chompoo-inwai Supervisor

Year 2018

Abstract

This thesis is the study and development of smart farm for planting strawberry in closed greenhouse. It is a prototype for planting every economic crop which can plant an out-of-season crops by applying technology to use inside the greenhouse for temperature, humidity, lighting, and fertilizer transfer control system by controlled equipment installation. Then we have designed and installed the SCADA system for monitoring and controlling inside the smart farm by processing and controlling technology usage from PLC (Programming Logic Controller) which made operation was going well and able to check an operation from internet.

Result of designing and testing the environmental monitor and control system inside the farm can use for checking and controlling temperature, humidity, and fertilizer feeding in the farm. It can also set the suitable operation for every crop we want.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้สำเร็จตามเป้าหมายไปได้ด้วยดีและมีความสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาย ชมภูอินไหว ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ที่ให้คำแนะนำ ปรึกษาและช่วยเหลือในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ทำการสอนให้วิชาและความรู้ ให้ความช่วยเหลือ คำชี้แนะคำปรึกษาแนวทางในเรื่องต่าง ๆ ซึ่งได้มีส่วนสำคัญในการจัดทำปริญญานิพนธ์ เพื่อใช้เป็นสื่อในการจัดการเรียนรู้สามารถนำไปปรับประยุกต์ให้เกิดผลประโยชน์สูงสุด

คณะผู้จัดทำได้ระลึกถึงและขอบพระคุณบุคคลผู้ให้กำเนิดหรือบุพการี คือ บิดา และมารดา อันเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ที่ให้ความรู้ ความรัก ความเมตตา ให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่และกำลังใจที่ดีเสมอมา จึงกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี่

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อทุกท่านที่มีความสนใจที่จะทำการศึกษาหาความรู้ในเรื่องนี้ จึงขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 วิธีที่ใช้ในโครงงาน	2
1.5 แผนการดำเนินโครงงาน	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.2 ฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm)	6
2.3 โรงเรือนปลูกพืช (Greenhouse)	7
2.4 สตรอเบอร์รี่ (Strawberry) [6]	8
2.5 Programmable Logic Controller (PLC) [10]	13
2.6 GX Works 3	16
2.7 โปรโตคอลมอดบัส (Modbus Protocol)	18
2.8 RS485 (Recommended Standard no.485)	18
2.9 เซนเซอร์ (Sensor)	19
2.10 ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น	21
2.11 การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ	26
2.12 เทคโนโลยีจากต่างประเทศสำหรับการปลูกสตรอเบอร์รี่จากการศึกษา	29
บทที่ 3 การออกแบบการทดลอง	33
3.1 วิธีการดำเนินงาน	33
3.2 การจัดทำระบบภายในโรงเรือน	35
3.2.1 ระบบควบคุมอุณหภูมิ	35
3.2.2 ระบบควบคุมความชื้น	36
3.2.3 ระบบผสมและส่งจ่ายอาหารและน้ำ (Fertigation control)	37
3.2.4 ระบบควบคุมและประมวลผล	39
บทที่ 4 ผลการทดลอง	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ผลการติดตั้งอุปกรณ์และทดสอบระบบบริหารจัดการโรงเรือน 43
4.1.1 ผลการติดตั้งอุปกรณ์ 43
4.1.2 ผลการทดสอบระบบบริหารจัดการโรงเรือน 44
4.2 บทวิเคราะห์ทางการเงิน 46
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และ ข้อเสนอแนะ 50
5.1 สรุปผลการทดลอง 50
5.2 ข้อเสนอแนะ 51
เอกสารอ้างอิง 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน 3

ตารางที่ 4.1 ตารางโหลดประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในโรงเรือนที่ทำการทดลองในช่วงนอกฤดูกาล 47

ตารางที่ 4.2 ตารางรายได้ รายจ่ายและกำไร สำหรับการปลูกและขายสตรอเบอร์รี่ 1 รอบการผลิตต่อปี ในช่วงฤดูกาล 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD)และอัตราการสังเคราะห์แสง 11

รูปที่ 2.2 การกำหนดพารามิเตอร์ของโมดูล 17

รูปที่ 2.3 การจำลองฮาร์ดแวร์ 17

รูปที่ 2.4 การสื่อสารระหว่าง Master และ Slave 18

รูปที่ 2.5 การทำงานของระบบ RS285 แบบ Network 19

รูปที่ 2.6 การเชื่อมต่อ RS485 ระหว่างเครื่องมือวัดและตัวแปลงสัญญาณ 19

รูปที่ 2.7 การระบายอากาศแบบธรรมชาติ 21

รูปที่ 2.8 การใช้พัดลมระบายอากาศในโรงเรือน 22

รูปที่ 2.9 แสดงการทำความเย็นแบบระเหย (Evaporative Cooling) 22

รูปที่ 2.10 การใช้ระบบพ่นหมอกในโรงเรือน 23

รูปที่ 2.11 การเปรียบเทียบระหว่าง P, PI และ PID Control 25

รูปที่ 2.12 การให้ปุ๋ยด้วยการละลายไปกับระบบการส่งจ่ายน้ำ 26

รูปที่ 2.13 หัวน้ำหยดและการจ่ายน้ำของหัวน้ำหยด 29

รูปที่ 2.14 ระบบส่งจ่ายปุ๋ย และน้ำ 30

รูปที่ 2.15 ท่อส่งจ่ายปุ๋ย และน้ำ วางตามรางปลูก 30

รูปที่ 2.16 รางรองน้ำทิ้ง 31

รูปที่ 2.17 ระบบนำน้ำเย็นที่ใช้รดต้นสตรอว์เบอร์รี่ 31

รูปที่ 2.18 รางปลูกสตรอเบอร์รีที่สามารถเลื่อนขึ้น-ลงได้ 31

รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงวิธีการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1 33

รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงวิธีการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2 34

รูปที่ 3.3 เซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้น 35

รูปที่ 3.4 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิ 35

รูปที่ 3.5 *การทำงานของระบบทำความชื้น* *36*

รูปที่ 3.6 *แผนภาพแสดงการทำงานของระบบทำความชื้น* *36*

รูปที่ 3.7 *การทำงานของระบบผสมและส่งจ่ายอาหารและน้ำ* *37*

รูปที่ 3.8 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบส่งจ่ายอาหารและน้ำ 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 แผนภาพโครงสร้างการทำงานของระบบประมวลผลและควบคุม 39
รูปที่ 3.10 แผนภาพแสดงส่วนอุปกรณ์ในการทำงานของระบบประมวลผลและควบคุม 39
รูปที่ 3.11 PLC Mitsubishi FX5U-64MR/ES และ Module FX5-485-ADP 40
รูปที่ 3.12 ESP8266 40
รูปที่ 3.13 หลักการทำงานของระบบควบคุมและประมวลผล 41
รูปที่ 3.14 รูป Ladder diagram ที่ทำการเขียน 42
รูปที่ 4.1 โครงสร้างโรงเรือนจากด้านหน้า 43
รูปที่ 4.2 การติดตั้งถังปุ๋ยเพื่อเตรียมการผสม 43
รูปที่ 4.3 ภายในห้องควบคุมและตู้ควบคุม 44
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงระดับอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือน 44
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงระดับความชื้นภายในและภายนอกโรงเรือน 45
รูปที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ,ความชื้น และอัตราการใช้กำลังไฟฟ้า 46
รูปที่ 4.7 กราฟวิเคราะห์ทางการเงิน(1รอบการผลิตต่อปีในช่วงนอกฤดูกาล) 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการทำเกษตรกรรมเป็นอาชีพหลักมาช้านาน ซึ่งในแต่ละภูมิภาคของประเทศจะมีสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกันออกไปสำหรับการปลูกพืชต่าง ๆ เนื่องจากพืชแต่ละชนิดต้องการปัจจัยที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตกับพืชนั้น ๆ จึงทำให้เกิดข้อจำกัดในเรื่องของแหล่งพื้นที่ในการปลูกสำหรับพืชบางชนิด อย่างเช่นสตรอเบอร์รี่

สตรอเบอร์รี่เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในแถบอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ เป็นพืชเขตหนาว ด้วยเหตุนี้สตรอเบอร์รี่จึงต้องทำการปลูกในพื้นที่ที่มีอากาศค่อนข้างเย็น ซึ่งจะสามารถปลูกได้แค่ในบางพื้นที่และในบางฤดูกาลของประเทศเท่านั้น นอกจากนี้สตรอเบอร์รี่ยังเป็นพืชที่มีโรคพืชและศัตรูพืชค่อนข้างมากจึงต้องมีการป้องกันและกำจัดอย่างถูกวิธี เกษตรกรที่ปลูกจึงเลือกใช้สารเคมีในการกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชเหล่านี้ อีกทั้งการเจริญเติบและการให้ผลผลิตของสตรอเบอร์รี่ยังถูกควบคุมด้วยปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความชื้น ปุ๋ย และน้ำ เป็นต้น ซึ่งก็ต้องมีการควบคุมปัจจัยเหล่านี้ให้เหมาะสมกับสตรอเบอร์รี่

ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางการเกษตรนั้นมีความก้าวหน้าไปอย่างมาก ซึ่งเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมและเป็นที่สนใจอย่างเทคโนโลยี “สมาร์ทฟาร์ม (Smart Farm)” ได้ถูกนำมาใช้ในเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการเกษตรในหลายๆด้าน ซึ่งถ้าหากนำหลักการของสมาร์ทฟาร์มมาประยุกต์ในการปลูกสตรอเบอร์รี่จะทำให้เราสามารถตรวจวัดสภาพแวดล้อมขณะปลูกและสามารถใช้ข้อมูลนั้นเพื่อเป็นฐานข้อมูลในการควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการปลูกสตรอเบอร์รี่ได้อีกด้วย และเพื่อจะควบคุมสภาวะแวดล้อมให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพจะต้องทำการปลูกในโรงเรือนแบบปิด ซึ่งทำให้สภาวะแวดล้อมภายนอกเข้ามามีผลต่อการปลูกสตรอเบอร์รี่น้อยที่สุด นอกจากนี้การปลูกพืชในโรงเรือนปิดยังช่วยลดปัญหาโรคพืชและศัตรูพืชซึ่งเป็นผลมาจากสภาวะแวดล้อมภายนอกได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้หลักการของสมาร์ทฟาร์มผสมผสานกับการใช้เทคโนโลยีการประมวลผลและควบคุมเพื่อควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือนปลูกพืชแบบปิดอย่างอัตโนมัติมาใช้ในการพัฒนาฟาร์มอัจฉริยะเพื่อให้เหมาะสมต่อการปลูกสตรอเบอร์รี่ นอกจากนี้ยังจัดทำระบบสังเกตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การณ์และควบคุมระบบของโรงเรือน เพื่อให้สามารถติดตามค่าทางสภาวะแวดล้อมและควบคุมระบบการทำงานของโรงเรือนได้จากระยะไกลผ่านอินเตอร์เน็ต

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการออกแบบและจัดทำระบบควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือนปลูกพืชแบบปิดโดยใช้ PLC (Programmable Logic Controller)

1.2.2 เพื่อต่อยอดและพัฒนาระบบควบคุมโรงเรือนแบบปิด

1.2.3 เพื่อทำการควบคุมและตรวจสอบระบบการทำงานทั้งหมดในโรงเรือนได้

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษาต้นแบบโรงเรือนอัจฉริยะขนาดเล็ก

1.3.2 ศึกษาและออกแบบการทำงานของตัวควบคุม คือ PLC (Programmable Logic Controller) และเขียนโปรแกรมการทำงานด้วย GXwork3

1.3.3 ศึกษาการใช้โปรแกรม Dreamweaver และ Notepad ร่วมกับ Arduino ในการสร้างระบบ SCADA และการพัฒนา Web application

1.3.4 ศึกษาและออกแบบระบบต้นกำลังโดยใช้พลังงานทดแทน คือ ระบบโซล่าเซลล์เพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้กับโรงเรือนซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้า

1.3.5 ศึกษาและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้แสง LED และการใช้แสงธรรมชาติ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสตรอเบอร์รี่

1.4 วิธีที่ใช้ในโครงงาน

1.4.1 ศึกษาระบบผสม-ส่งจ่ายอาหารและน้ำในโรงเรือนปลูกสตรอเบอร์ร

1.4.2 ศึกษาสภาวะแวดล้อมของโรงเรือนปลูกสตรอเบอร์รี่ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และ แสงสว่าง

1.4.3 ศึกษาอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม ได้แก่ PLC (Programmable Logic Controller)

1.4.4 ศึกษาอุปกรณ์ในการตรวจวัดสภาวะแวดล้อมของโรงเรือนปลูกพืช ได้แก่ เซนเซอร์ต่าง ๆ

1.4.5 เขียนโปรแกรมควบคุมสำหรับ PLC (Programmable Logic Controller)

1.4.6 ควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือนแบบปิดสำหรับปลูกสตรอเบอร์รี่

1.4.7 ควบคุมการผสม-ส่งจ่ายอาหารและน้ำของโรงเรือนปลูกสตรอเบอร์รี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 แผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอน	ภาคเรียนที่ 1					ภาคเรียนที่ 2			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1. ศึกษาระบบสมาร์ทฟาร์มโรงเรือนปลูกพืช และสตรอว์เบอร์รี และ ระบบควบคุมต่าง ๆ									
2. ตรวจสอบอุปกรณ์ที่มีและจัดหาในส่วนที่ขาดหายไป									
3. ทดสอบอุปกรณ์ทั้งหมด									
4. ทำการเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ทั้งหมดในโรงเรือน									
5. ออกแบบระบบเพิ่มเติมและรวบรวม จัดทำรูปเล่มนำเสนอโครงงานภาคเรียนที่ 1									
6. ติดตั้งและวางระบบบริหารจัดการพร้อมติดตั้งวัสดุต่าง ๆ									
7. เขียนโปรแกรมสำหรับการสังเกตการณ์และการควบคุมระบบภายในโรงเรือน									
8. ทดสอบความถูกต้องในการทำงานของระบบต่าง ๆ ในโรงเรือน พร้อมแก้ไขข้อผิดพลาด และเริ่มทำการปลูกสตรอว์เบอร์รี									
9. รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผล สรุปผล จัดทำรูปเล่มและนำเสนอโครงงานภาคเรียนที่ 2									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้ความรู้ในการออกแบบโรงเรือนปลูกพืชให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

1.6.2 ได้ความรู้ในการออกแบบและติดตั้งระบบควบคุมเข้ากับอุปกรณ์ด้านอินพุตและเอาต์พุตของระบบต่าง ๆ

1.6.3 ได้ความรู้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมสำหรับ PLC

1.6.4 ได้ความรู้ในการออกแบบและจัดทำระบบสังเกตการณ์และควบคุมด้วย SCADA

1.6.5 เป็นต้นแบบให้แก่ผู้สนใจทำสมาร์ทฟาร์มสำหรับปลูกพืชมูลค่าสูงในโรงเรือนแบบปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยต้นแบบฟาร์มอัจฉริยะสำหรับปลูกสตรอเบอร์รี่ในโรงเรือนปิด ซึ่งภายในมีระบบต่าง ๆ ที่ใช้ควบคุมสภาวะแวดล้อม เช่น ระบบควบคุมอุณหภูมิความชื้น ระบบส่งจ่ายอาหาร เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง แม่นยำ และเป็นที่ยอมรับ จึงได้มีการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

ดนัย หลาสุดตา และวิรัติ อัศวานุวัตร [1] (2551) ได้ศึกษาการสร้างชุดการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดจำลองแบบไร้สาย เพื่อรักษาอุณหภูมิ และความชื้นให้เหมาะสมต่อการเพาะเห็ดโดยใช้งานรวมกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วย ส่วนของชุดควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และรับ-ส่งขอมูลแบบไร้สาย นอกจากนี้ยังมีสวนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถแสดงผล และกำหนดค่าของอุณหภูมิและความชื้นผ่านทางจอมอนิเตอร์ ซึ่งทางผู้จัดทำได้ศึกษาในส่วนของการออกแบบระบบจำลองสภาวะแวดล้อม และการออกแบบระบบรับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สายจากงานวิจัยฉบับนี้ นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของตัวอุปกรณ์ควบคุมเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับโรงเรือนต้นแบบที่ทางผู้จัดทำได้ทำการออกแบบสร้าง

ศุภวุฒิ ผากา, สันติ วงศ์ใหญ่ และ อดิศร ถมยา [2] (2557) ได้ศึกษาการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ด โดยวิธีการควบคุมการจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติซึ่งมีอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเพาะเห็ด ที่ส่งสัญญาณทางไฟฟ้าเข้ามายังชุดควบคุมอุณหภูมิและความชื้นพร้อมด้วยการเขียนโปรแกรมให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อ นำค่าอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้นมาเปรียบเทียบกับค่าปรับตั้งไว้ เมื่อเกิดมีค่าทั้ง 2 ไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย ระบบควบคุม จะส่งสัญญาณไปยังระบบปั๊มน้ำให้ทางานโดยการจ่ายน้ำผ่านท่อน้ำและหัวสปริงเกอร์ที่ได้ออกแบบ

ธนากร น้ำหอมจันทร์ และอดิกร เสรีพัฒนานนท์ (2557) [3] ได้ศึกษาการออกแบบสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดินแบบการทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้าร่วมกับการสเปรย์ละอองน้าแบบอัตโนมัติ ซึ่งใช้ PLC เป็นอุปกรณ์ควบคุม โดยรับสัญญาณอะนาลอกจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ผ่านอุปกรณ์รับสัญญาณ อะนาลอกเพื่อให้ PLC ประมวลผล และใช้ดิจิทัลโวลต์มิเตอร์แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ภายในโรงเรือนที่หน้าตู้ควบคุม ระบบควบคุมที่ออกแบบสร้างสามารถทำงานได้ทั้งแบบการควบคุมด้วยมือ และ แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตโนมัติ ซึ่งทางผู้จัดทาได้ศึกษาระบบทำความเย็นด้วยระบบสเปรย์ละอองน้ำ และการควบคุมระบบด้วย PLC จากงานวิจัยฉบับนี้

แม้งานวิจัยแต่ละเรื่องที่ได้ทำการศึกษาในส่วนของระบบจำลองสภาวะแวดล้อมเพื่อให้เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิด ตัวควบคุมระบบรวมไปถึงระบบติดตาม และควบคุมระยะไกล แต่ทางคณะผู้จัดทาได้ศึกษาและออกแบบระบบควบคุมเพื่อทำให้สามารถปลูกพืชนอกฤดูกาลได้

2.2 ฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm)

2.2.1 ความหมายของฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) [4]

ฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) หรือฟาร์มที่มีความแม่นยำ (Precision Farm) เป็นการทำฟาร์มโดยนำวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้เป็นเครื่องมือ เพื่อให้เกิดความสะดวกและง่ายต่อการจัดการ โดยสามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องแม่นยำ มีการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า เพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ช่วยลดต้นทุนการผลิต มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อมนำไปสู่การแข่งขันในระดับสากลได้

ฟาร์มอัจฉริยะเป็นรูปแบบการทำเกษตรแบบใหม่ที่จะทำให้การทำไร่ในปัจจุบันมีภูมิคุ้มกันต่อสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปโดยการนำเอาข้อมูลของภูมิอากาศทั้งในระดับพื้นที่ย่อย (Microclimate) ระดับไร่ (Mesoclimate) และระดับมหาภาค (Macroclimate) มาใช้ในการบริหารจัดการดูแลพื้นที่เพาะปลูกเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพอากาศที่เกิดขึ้นรวมถึงการเตรียมพร้อมรับมือกับสภาพอากาศที่จะเปลี่ยนแปลงไปในอนาคต [2]

2.2.2 ความแตกต่างระหว่างฟาร์มอัจฉริยะและฟาร์มทั่วไป

ฟาร์มอัจฉริยะมีการใช้ทรัพยากรอย่างถูกต้องแม่นยำตรงต่อความต้องการของพืช ช่วยลดการสูญเสียทรัพยากร และยังช่วยลดต้นทุนการผลิต รวมถึงลดการให้ปุ๋ยและสารกำจัดศัตรูพืชในระดับที่เกินความต้องการของพืช หรือการให้ไม่ตรงกับการเกิดโรคและแมลง ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะยิ่งส่งผลให้เกิดการตกค้างในดินและเกิดอาการดื้อยา ทำให้เกิดการแก้ปัญหาที่ไม่มีประสิทธิภาพนำไปสู่การเกษตรที่ไม่ยั่งยืน และยังส่งผลให้เกิดการทำลายสิ่งแวดล้อมอีกด้วย พันธุ์พืชและสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่จะส่งผลให้มีผลผลิตที่ได้ต่างกัน ดังนั้น จึงต้องมีการบริหารจัดการพื้นที่อย่างเหมาะสม เพื่อให้มีการสร้างผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ให้ผลผลิตอย่างสม่ำเสมอในแต่ละพื้นที่ เพื่อเป็นการใช้พื้นที่ที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีอัตราการตอบแทนผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่าการจัดการแบบฟาร์มธรรมดาทั่วไป

2.2.3 หลักการทำงานของเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farm)

การทำงานของฟาร์มอัจฉริยะแยกได้เป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.1. การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection) คือ การเก็บข้อมูลของดิน น้ำ แสง ภูมิอากาศ ผลผลิต เป็นต้น ด้วยวิธีการและเทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น เครือข่ายเซ็นเซอร์ สถานีตรวจวัดอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม เครื่องสแกนสภาพดิน เป็นต้น

2.2.3.2. การวินิจฉัยข้อมูล (Diagnostics) คือ การสร้าง กรอง และเก็บข้อมูลที่เป็นประโยชน์เข้าสู่ฐานข้อมูลซึ่งมักจะใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (GIS)

2.2.3.3. การวิเคราะห์ข้อมูล (Analysis) คือ การวิเคราะห์ข้อมูล การทำนายผลผลิตเชิงพื้นที่ รวมไปถึงการวางแผนจัดการ เช่น เทคโนโลยี Crop Modeling ซึ่งจะนำข้อมูลต่าง ๆ มาทำโมเดลเพื่อหาความสัมพันธ์กับผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้

2.2.3.4. การดำเนินการตามแผนปฏิบัติงาน (Precision Field Operations) คือ การปฏิบัติการตามแผนที่วางไว้ เช่น การหยอดปุ๋ยด้วยรถขับเคลื่อนด้วย GPS การติดตั้งโปรแกรมการให้น้ำ การให้ปุ๋ยหรือยาฆ่าแมลงด้วยแคปซูลนาโน ซึ่งสามารถควบคุมการปลดปล่อยตามเงื่อนไขที่กำหนด เป็นต้น

2.2.3.5. การประเมินผล (Evaluation) คือ การประเมินผลการปฏิบัติงานว่ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด คุ้มค่าแก่การลงทุนหรือไม่ โดยใช้เทคโนโลยีด้านการเงินและเศรษฐศาสตร์อุตสาหกรรม

2.3 โรงเรือนปลูกพืช (Greenhouse)

ในการผลิตทางการเกษตร เกษตรกรเป็นจำนวนมากยังต้องพึ่งพาอาศัยธรรมชาติ เป็นหลักไม่ว่าจะเป็นช่วงเวลาและปริมาณฝน ช่วงแสงแดด อุณหภูมิและความชื้นของอากาศ ฯลฯ ซึ่งมักจะแปรปรวนไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง อีกทั้งพืชพันธุ์ที่ปลูกมีความหลากหลายมากขึ้นตามความต้องการของตลาด มีความต้องการสภาวะสำหรับการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงประสบความเสียหายทั้งด้านคุณภาพและปริมาณอยู่เสมอ แนวทางหนึ่งที่เกษตรกรจะสามารถคาดหวังคุณภาพและปริมาณได้ตามต้องการคือต้องทำการผลิตพืชในสภาวะที่ควบคุมได้ ซึ่งเป็นที่มาของโรงเรือนปลูกพืช (GREENHOUSE)

2.3.1 ความหมายของโรงเรือน (Greenhouse) [5]

โรงเรือน (greenhouse or glasshouse) หมายถึง สิ่งก่อสร้างที่มุงด้วยวัสดุโปร่งแสงที่ให้แสงซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชผ่านเข้า มาภายในได้ และสิ่งก่อสร้างนี้ควรมีความสูงเพียงพอที่มนุษย์จะเขาไปทำงานได้โดยสะดวก

2.3.2 คุณสมบัติของโรงเรือน (Properties of greenhouse) [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.1 ป้องกันการเสียหายของพืชเนื่องจากโรคแมลง และลดการใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืช

2.3.2.2 สามารถใส่อุปกรณ์เสริมควบคุมในระบบการผลิตได้ เช่น ติดตั้งระบบระบายอากาศเพื่อให้ได้สภาพอากาศที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายน้ำเพื่อรักษาความชื้นภายในโรงเรือนให้เหมาะสมกับความต้องการของพืช และสามารถควบคุมแสงสว่างให้เหมาะกับพืชบางพันธุ์ที่ต้องการความเข้มแสงแตกต่างกันไป

2.3.2.3 ทำให้ง่ายต่อการวางแผนการผลิต สามารถควบคุมปริมาณ และคุณภาพการผลิต และยังเอื้อต่อการดูแลรักษาพืช

2.3.3 ชนิดของโรงเรือน (Type of greenhouse)

โรงเรือนเพาะปลูกแบ่งออกได้ 2 ชนิด ได้แก่

2.3.3.1 โรงเรือนแบบเปิด ผนัง และหลังคาเป็นตาข่ายกันแมลงมีระบบการให้น้ำพืชแบบต่าง ๆ อากาศถ่ายเทได้สะดวก

2.3.3.2 โรงเรือนแบบปิด ผนัง และหลังคาเป็นแผ่นโปร่งแสงหรือโปร่งใส แบบอ่อนหรือแบบแข็ง และมีเครื่องมืออุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ เช่น

1. ระบบแผ่นระเหยน้ำ ช่วยลดอุณหภูมิ และเพิ่มความชื้นภายใน
2. ระบบพ่นหมอก ช่วยลดอุณหภูมิ และเพิ่มความชื้นภายใน
3. ระบบการให้น้ำพืช ช่วยการดูดซึมธาตุอาหารของพืชได้เหมาะสม
4. ระบบการให้ปุ๋ยทางน้ำ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย
5. ระบบแสงสว่าง ช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืช
6. ระบบตาข่ายพรางแสง ช่วยลดความเข้มข้นของแสง
7. ระบบควบคุมศัตรูพืช ช่วยป้องกัน และกำจัดศัตรูพืชภายในโรงเรือน

2.4 สตรอเบอร์รี่ (Strawberry) [6]

ชื่อวิทยาศาสตร์ : Fragaria × ananassa

วงศ์ : Rosaceae

สตรอเบอร์รี่ (Straw-Berry) อยู่สกุลเดียวกับกุหลาบ เป็นพืชล้มลุกขนาดเล็ก มีทรงพุ่มเตี้ย แตกกิ่งก้านแผ่คลุมดิน ลำต้นเป็นกออยู่ใต้ผิวดิน มีลักษณะกลมๆ มีสีน้ำตาล มีก้านใบยาวแทงออกมาจากลำต้น มีแขนงแตกจากต้นเรียกว่าไหล มีขนนุ่มปกคลุม ใบมีลักษณะกลมรี ใบมีขนาดใหญ่ ขอบใบมีรอยฟันหยักเล็ก ๆ มีก้านใบยาวมีขนนุ่มปกคลุม มีใบย่อย 3 ใบบนก้านเดียวกัน ใบสากมือมีขนนุ่มปกคลุม มีสีเขียว กลีบดอกมีสีขาว มีเกสรสีเหลือง มีกลีบเลี้ยงสีเขียว มีก้านช่อดอกยาว แทงออกมาจากลำต้น ผลเป็นผลเดี่ยว มีก้านผลยาวแทงออกจากลำต้น มีลักษณะทรงกลมรี คล้ายรูปหัวใจ ตรงขั้วมีกลีบเลี้ยงสีเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิวเปลือกมีเมล็ดเล็ก ๆเกาะอยู่บนผล มีเสี้ยนเล็ก ๆ บาง ๆอยู่ทั่วผล ผลอ่อนสีขาว ผลสุกจะมีสีแดง หรือสีแดงอมส้ม มีเนื้อสีแดง เนื้อนุ่มฉ่ำน้ำ มีรสชาติเปรี้ยวหรือหวาน ตามสายพันธุ์ มีกลิ่นหอม ใช้นำมาเป็นผลไม้รับประทาน ใช้ทำเป็นเครื่องดื่มต่าง ๆได้ ที่ปลูกมากในภาคเหนือในประเทศไทย มีปลูกหลายสายพันธุ์เมื่อผลอ่อนจะมีสีขาว เหลืองนวล เมื่อสุกจะเป็นสีชมพู หรือแดง รสชาดเปรี้ยวถึง หวาน

2.4.1 สัณฐานวิทยา (Morphology) [7]

สตรอเบอร์รี่เป็นไม้ผลทรงพุ่มขนาดเล็กมีลักษณะการเจริญโดยการแตกกอ มีดอกสีขาวและผลขนาดเล็กสีแดง ผิวเป็นมัน มีเมล็ดติดอยู่ที่ผิวด้านนอกของผิว เมื่อผลสุกจะมีกลิ่นหอม สตรอเบอร์รี่เป็นพืชหลายฤดูแต่โดยทั่วไปจะปลูกปีเดียวแล้วจะมีการปลูกใหม่ในปีถัดไป ลักษณะการเจริญเติบโตจะแตกกอเป็นพุ่มเตี้ย สูงจากพื้นดิน 6-8 นิ้ว ทรงพุ่มกว้าง 8-12 นิ้ว

2.4.1.1 ราก (Root) รากของสตรอเบอร์รี่แบ่งออกได้เป็นรากแขนง (Feeder root) คือส่วนที่งอกออกมาจากลำต้นและสัมผัสกับดินได้โดยตรง รากส่วนใหญ่จะอยู่ลึกจากผิวดินประมาณ 15-30 cm. ต้นที่สมบูรณ์โดยปกติมีรากแขนงประมาณ 20-30 ราก [8] ทำหน้าที่ดูดน้ำและธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญของส่วนยอด และการออกผล ช่วยในการพยุงลาต้นและทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสมอาหารประเภทแป้งไว้ใช้ในระยะพักตัวระหว่างฤดูหนาว [9] รากแรก (Primary root) ในต้นสตรอเบอร์รี่ที่สมบูรณ์อาจมีรากชนิดนี้ได้ถึง 100 รากโดยรากนี้จะเจริญออกมาจากส่วนลำต้นที่ฐานของใบใหม่แต่ละใบ ใบละประมาณ 6 รากซึ่งงอกออกจากหูใบด้านละ 3 ราก เนื้อเยื่อตรงกลางราก (Stele) ที่เป็นสีขาวสามารถเป็นดัชนีชี้วัดความสมบูรณ์ของต้นได้ [9]

2.4.1.2 ลำต้น (Crown) มีลักษณะกลมสั้นมีหลายข้ออยู่ชิดกันมาก ภายในลำต้นจะพบท่อลำเลียงเรียงกันเป็นวงแหวนรอบแกนกลาง ลำต้นมีเนื้อเยื่อกลุ่มเซลล์ของท่อน้ำท่ออาหารที่มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ซึ่งลำต้นจะแตกกอเป็นพุ่มเตี้ย 6-8 นิ้ว ทรงพุ่มกว้าง 8-12 นิ้ว สูง 6-8 นิ้ว ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และฤดูปลูก ส่วนยอดที่ติดอยู่ระหว่างรากกับใบเรียกว่าเหง้า (Crown) เป็นลำต้นสั้น ส่วนบนของลำต้นประกอบด้วยหูใบ (Leaf axil) ส่วนโคนของหูใบจะมีไหล (Runner) เจริญออกมาสามารถพัฒนาเป็นต้นอ่อน (Daughter plant) ได้

2.4.1.3 ใบ (Leaves) ใบของสตรอเบอร์รี่เป็นใบประกอบ (Compound leaves) ซึ่งใบจะเรียงตัววนกันทุก 6 ใบแบบเป็นเกลียวประกอบด้วยใบย่อย 3 ใบ ขอบใบหยักมีปากใบอยู่ที่ผิวด้านล่างของแผ่นใบ สวนใหญ่ใบของสตรอเบอร์รี่จะมีอายุเพียง 2-3 เดือน และจะร่วงแต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ของต้นสตรอเบอร์รี่ด้วย

2.4.1.4 ดอก (Flower) ดอกจะออกเป็นช่อมีกลีบเลี้ยงสีเขียว กลีบดอกสีขาวหรือสีชมพู เกสรตัวผู้มีสีเหลืองและเกสรตัวเมียเรียงอยู่บนฐานรองดอกซึ่งจะพัฒนาต่อไปเป็นเนื้อผล ดอกของสตรอเบอร์รี่มีด้วยกันหลายประเภท ได้แก ดอกตัวผู้ ดอกสมบูรณเพศ และดอกตัวเมีย ดอกประเภทที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกสรตัวเมียอยู่ด้วยมีโอกาสติดเป็นผลแต่ดอกที่มีแต่เกสรตัวผู้ไม่มีโอกาสติดผล ในบางสภาพแวดล้อมดอกตัวเมียของสตรอเบอร์รี่หลายพันธุสามารถพัฒนาเกสรตัวผู้พรอมทั้งละอองเกสรทาให้กลายเป็นความสมบูรณ์เพศได้

2.4.1.5 ผล (Berry) ผลเป็นแบบผลกลุ่ม (Aggregated fruits) เนื้อของผลเจริญมาจากฐานรองดอก เมล็ดที่อยู่รอบนอกคือผลที่แท้จริง ผลย่อยแต่ละผลเจริญมาจากแต่ละรังไข่ที่อยู่บนฐานรองดอก ผลมีรูปร่างตั้งแต่กรวยยาวจนถึงรูปลิ่ม ผลสุกมีสีแดงเข้ม เมล็ดมีสีเขียวอมเหลืองจนถึงเหลืองอมแดง น้ำหนักผลประมาณ 8-15 กรัม ผลที่เจริญมาจากดอก Primary จะมีขนาดใหญ่ที่สุด นอกนั้นจะมีขนาดเล็กรองลงมา และผลจากดอก Quaternary มีขนาดเล็กที่สุด

2.4.1.6 ไหล (Runner หรือ Stolon) สตรอเบอร์รี่ขยายพันธุโดยใช้ไหล (Runner) ซึ่งเกิดจากลาต้นที่เจริญมาจากตาที่ซอกใบเจริญยืดยาวออกไปและที่ข้อที่สองของลำต้นจะเกิดต้นใหม่ขึ้น 1 ต้น สตรอเบอร์รี่จะผลิตไหลตลอดฤดูร้อน การผลิตไหลจะได้จำนวนไหลมากน้อย ขึ้นอยู่กับพันธุและความสมบูรณ์ของต้นแม่ โดยที่ต้นแม่สามารถส่งผ่านน้ำและอาหารซึ่งส่งต่อไปถึงยังต้นลูกได้โดยเฉลี่ยต้นแม่ 1 ตนผลิตไหลได้ 10 ตนแต่ถ้าไหลออกรากได้เร็วจะทาให้ได้จานวนไหลเพิ่มขึ้นอาจมากถึง 18 ต้น [7]

2.4.2 สายพันธุ์ในประเทศไทย [7]

ในปัจจุบันในประเทศไทยมีการปลูกสตรอเบอร์รี่เพื่อการค้าหลายพันธุ์ซึ่งมูลนิธิโครงการหลวงเน้นส่งเสริมการปลูกสตรอเบอร์รี่พันธุ์ที่มีคุณภาพในการรับประทานสด อันได้แก่

2.4.2.1 **พันธุ์พระราชทาน 16** สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้อย่างกว้างขวาง ผลขนาดปานกลางถึงใหญ่ มีจำนวนผลต่อช่อมาก ผลแข็ง ผลผลิตสูง สีแดง ค่อนข้างทนต่อสภาพอุณหภูมิสูง ทนทานต่อการขนส่ง ค่อนข้างอ่อนแอต่อโรคใบจุด เหมาะสำหรับการแปรรูป

2.4.2.2 **พันธุ์พระราชทาน 20 (Sequoia)** สามารถเจริญได้ดีในสภาพอุณหภูมิต่ำ ให้ผลขนาดใหญ่ถึง 50 กรัม มีจำนวนผลต่อช่อน้อย ผลนิ่ม สีแดงสด กลิ่นหอม รสหวาน ทนทานต่อโรคใบจุด และ สภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง ไม่ทนทานการขนส่ง

2.4.2.3 **พันธุ์พระราชทาน 50 (B5)** (พระราชทานเมื่อปี พ.ศ. 2539 ซึ่งเป็นปีฉลองสิริราชสมบัติครบ 50 ปี) เป็นพันธุ์ที่เกิดจากการผสมในประเทศสหรัฐอเมริกา แล้วนำเข้ามาคัดเลือกโดยการผสมตัวเองตั้งแต่ปี พ.ศ.2536 สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีในสภาพอากาศเย็นปานกลาง ทรงพุ่มปานกลางถึงค่อนข้างแน่น ผลผลิตมีคุณภาพดีโดยเฉพาะใกล้สุกเต็มที่ น้ำหนัก/ผล 12-18 กรัม รูปร่างเป็นลิ่มสีแดงถึงสีแดงเข้ม ค่อนข้างแข็งไม่ต้านทานต่อไร แต่ต้านทานราแป้งได้ดี

2.4.2.4 **พันธุ์พระราชทาน 70** (Toyonoka) (ตรงกับปี พ.ศ.2540 ที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ทรงมีพระชนมพรรษาครบ 70 พรรษา) เป็นสายพันธุ์จากประเทศญี่ปุ่น ใบมีลักษณะกลมใหญ่ และสีเขียวเข้มไม่ทนต่อราแป้ง แต่ทนต่อโรคเหี่ยว ให้ผลผลิตค่อนข้างสูง น้ำหนัก/ผล 11.5-13.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรัม ผลมีลักษณะทรงกลมหรือทรงกรวย สีแดงสดใสแต่ไม่สม่ำเสมอ เนื้อและผลค่อนข้างแข็ง มีกลิ่นหอม มีความฉ่ำและรสหวาน

2.4.2.5 **พันธุ์พระราชทาน 72** (ตรงกับปี พ.ศ.2542 ที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ฯ ทรงมีพระชนมพรรษาครบ 72 พรรษา) เป็นสายพันธุ์นำเข้ามาจากประเทศญี่ปุ่นชื่อพันธุ์ TOCHIOTOME ตั้งแต่ปี พ.ศ.2542 น้ำหนัก/ผล 14 กรัม เนื้อผลแข็งกว่าพันธุ์พระราชทาน 70 แต่มีความหวานน้อยกว่า มีกลิ่นหอมเมื่อเริ่มสุก เนื้อภายในผลมีสีขาว ผิวผลเมื่อสุกเต็มที่จะมีสีแดงถึงแดงจัด เงาเป็นมันที่ผิวผล ทนต่อการขนส่งมากกว่าพันธุ์อื่น

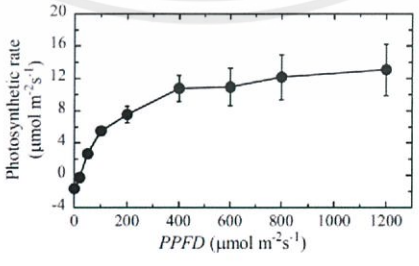
2.4.2.6 **พันธุ์พระราชทาน 80** (ตรงกับปี พ.ศ.2550 ที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ฯ ทรงมีพระชนมพรรษาครบ 80 พรรษา) เป็นพันธุ์รับประทานผลสด และเป็นพันธุ์ที่ต้องการอากาศหนาวเย็นมากกว่าพันธุ์อื่น ๆ คือ ต้องปลูกในพื้นที่สูงตั้งแต่ 800 เมตรขึ้นไป อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 16-20 องศาเซลเซียสไม่น้อยกว่า 30 วัน ซึ่งสถานีวิจัยเกษตรหลวงอ่างขางจะเป็นพื้นที่ปลูกได้ผลดี เพราะมีความสูงประมาณ 1,400 เมตร เพื่อกระตุ้นการสร้างตาดอกอย่างต่อเนื่อง และให้ได้ผลผลิตในปริมาณมากและยาวนานขึ้น และยังเป็นพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสและราแป้งได้ดี นอกจากนี้ยังมีลักษณะเด่นกว่าพันธุ์อื่น ๆ ตรงที่ผลสุกมีกลิ่นหอม และมีรสชาติหวานกว่า เนื้อผลแน่น สีแดงสด รูปร่างของผลสวยงาม โดยทั่วไปเป็นรูปทรงกรวยถึงทรงกลมปลายแหลม ผิวไม่ขรุขระ ราก ลำต้นโตเร็วสมบูรณ์ ความสูงของทรงพุ่ม 20-30 เซนติเมตร ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ย 27 เซนติเมตร

2.4.3 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการปลูกสตรอเบอร์รี่

2.4.3.1 อุณหภูมิ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ สตรอเบอร์รี่ คือ อุณหภูมิกลางวัน 24 °C อุณหภูมิกลางคืน 18 °C หรืออุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 17-20 °C [10]

2.4.3.2 ความชื้น โดยความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสตรอเบอร์รี่จะอยู่ระหว่าง 60-70 % [10]

2.4.3.3 แสง โดยความเข้มแสงที่เหมาะสมคือตั้งแต่ 400 μmol/m2/s. และในด้านช่วงแสงที่เหมาะสมคือ 8 ชั่วโมงต่อวัน [11]



รูปที่ 2.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD)และอัตราการสังเคราะห์แสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.4 ดิน โดยดินที่ใช้ปลูกสตรอเบอร์รี่ควรเป็นดินร่วนปนทรายมีการระบายน้ำที่ดี มีความเป็นกรดเล็กน้อย pH ประมาณ 5.5-6.5 ความลึกของหน้าดินอย่างน้อย 30 เซนติเมตร [10]

2.4.4 โรคพืชสำหรับสตรอเบอร์รี่

2.4.4.1 โรคที่เกิดจากเชื้อไวรัส จะแสดงอาการใบหงิก ย่น หรือมีอาการใบด่าง ใบผิดรูปร่าง ใบม้วนขึ้น ต้นเตี้ย แคระแกรน ข้อสั้น ทรงพุ่มมีใบแน่นขนาดใบเล็กกว่าปกติ ต้นพืชอ่อนแอ ชะงักการเจริญเติบโตและทำให้ผลผลิตลดลง พบว่าแมลงพวกปากดูด ได้แก่ เพลี้ยอ่อน เพลี้ยไฟ และไส้เดือนฝอยบางชนิ ดเป็นพาหะของโรค โรคนี้เมื่อเกิดแล้ว ไม่สามารถรักษาให้หายได้ นอกจากการป้องกันโดยคัดเลือกกล้าที่ไม่เป็นโรค ซึ่งเกิดจากต้นแม่พันธุ์ที่ได้จากวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาปลูก ทำการอบดินเพื่อทำลายไส้เดือนฝอยที่เป็นพาหะของโรคไวรัส กำจัดแมลงพวกเพลี้ยไฟ เพลี้ยอ่อน ซึ่งเป็นพาหะของโรค เมื่อ พบว่ามีต้นที่แสดงอาการผิดปกติดังกล่าวให้ขุดออกไปเผาทำลายทันที และการบำรุงพืชให้ แข็งแรงอยู่เสมอจะช่วยต้านทานเชื้อโรคได้

2.4.4.2 โรคแอนแทรคโนส (โรคกอเน่า) เกิดจากเชื้อราคอลเล็คโตตริคัม จะแสดงอาการเริ่มจากแผลเล็ก ๆ สีม่วงแดงบนไหล แล้ว ลุกลามไปตลอดความยาวของสายไหล แผลที่ขยายยาวมากขึ้นจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล รอบนอกของแผลเป็นสีเหลืองอมชมพูซีด แผลที่แห้งเป็นสีน้ำตาลทำให้เกิดรอยคอดของไหลบริเวณที่เป็นแผล ต้นไหลอาจจะยังไม่ตาย แต่เมื่อย้ายต้นไหลที่มีการติดเชื้อลงมาปลูกบริเวณพื้นราบ หากสภาพอากาศเหมาะสมกับ การเจริญเติบโตของเชื้อ(อากาศร้อนชื้น)สตรอเบอรี่จะแสดงอาการใบเฉาและต่อมาจะเหี่ยวอย่างรวดเร็ว พบว่าเนื้อเยื่อส่วนกอด้านในมีลักษณะเน่าแห้ง มีสีน้ำตาลแดง หรือบางส่วนเป็น แผลขีดสีน้ำตาลแดงและต้นจะตายในที่สุด โรคนี้สามารถเกิดที่ผลสตรอเบอรี่ได้ด้วย พบอาการเป็นแผลลักษณะวงรี สีน้ำตาลเข้ม แผลบุ๋มลึกลงไปในผิวผล เมื่ออากาศชื้นสามารถมองเห็นหยด สีส้ม ซึ่งเป็นกลุ่มของสปอร์ขยายพันธุ์ของเชื่อราอยู่ในบริเวณแผล

2.4.4.3 โรคใบจุด โรคนี้จะปรากฏกับต้นแม่และต้นกล้า พบอาการระบาดรุนแรงในแปลงที่ปลูกกันมานาน การควบคุมโรคไม่ดีพอ แปลงที่มีวัชพืชมาก อาการเริ่มแรกจะเห็นแผลขนาดเล็กสีม่วงแก่บนใบ ต่อมาแผลขยายขนาด รอบแผลสีม่วงแดง กลางแผลสีน้ำตาลอ่อนถึงขาวหรือเทา แผลค่อนข้างกลมคล้ายตานก สีอาจเปลี่ยนไปบ้างแล้วแต่ความรุนแรงของโรคและการตอบสนอง ของพืช อาการอาจปรากฏบนก้านใบ หรือบางครั้งพบอาการที่ผลด้วย

2.4.4.4 โรคเหี่ยว เป็นผลมาจากอาการรากเน่าโคนเน่า ซึ่งเกิดจากเชื้อราไฟทอปทอร่า จะพบการตายของราก โดยเริ่มจากปลายรากแล้วลุกลามต่อไปรากแขนงจะเน่าบริเวณท่อน้ำท่ออาหารเป็นสีแดง อาการ เน่าสามารถลามขึ้นไปจนถึงโคนต้น ถ้าหากอาการไม่รุนแรงพืชจะแสดงอาการเพียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคระแกรน แต่ถ้าอาการรุนแรงจะเหี่ยวทั้งต้น ใบเป็นสีเหลืองจนถึงสีแดง และทำให้พืชตายได้ภายใน 2-3 วัน เมื่อถอนต้นดูพบว่าก้านใบจะหลุดออกจากกอได้ง่าย ท่อลำเลียงภายในรากถูกทำลายจนเน่าทั้งหมด

2.4.5 ศัตรูพืชของสตรอเบอร์รี่

2.4.5.1 ไรสองจุด เป็นศัตรูที่สำคัญของการผลิตผลสตรอเบอรี่ ไรจะดูดน้ำเลี้ยงจากใบสตรอเบอรี่โดยเฉพาะบริเวณใต้ใบ ทำให้ผิวใบบริเวณที่ไรดูดทำลายมีลักษณะกร้าน ใต้ใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง ผิว ใบด้านบนจะเห็นเป็นจุดด่างขาวเล็ก ๆ กระจายอยู่ทั่วไป เมื่อการทำลายรุนแรงขึ้น จุดด่างขาวเล็ก ๆเหล่านี้จะค่อยๆแผ่ขยายติดต่อกันไปเป็นบริเวณกว้าง จนทำให้ทั่วทั้งใบมีลักษณะเหลืองซีด ใบร่วง เป็นผลทำให้สตรอเบอรี่หยุดการเจริญเติบโต ต้นแคระแกรน ให้ผลผลิตน้อยลง พบระบาดมากในสภาพอากาศแห้งความชื้นต่ำ

2.4.5.2 หนอนด้วงขาว เป็นหนอนของด้วงปีกแข็ง ตัวสีขาว ปากมีลักษณะปากกัด สีน้ำตาลอ่อน เจริญเติบโตจาก ไข่ที่อยู่ ใต้ดิน จะเริ่มกัดกินรากสตรอเบอรี่ในช่วงปลายฤดูฝน ทำให้รากไม่สามารถดูดน้ำได้ เมื่อใบคาย น้ำจึงทำให้ใบเหี่ยว รูใบปิด ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่สามารถฟุ้งกระจายเข้าสู่ใบ การสังเคราะห์แสงจะลดลง ทำให้ต้นสตรอเบอรี่อ่อนแอ ชะงักการเจริญเติบโต เมื่อพบอาการดังกล่าว ให้ขุดหาหนอนแล้วทำลาย ในการเตรียมแปลงให้ย่อยดินให้ละเอียด โดยเฉพาะพื้นที่เปิดใหม่ใกล้ป่าหรือใกล้กองปุ๋ยหมัก ใช้สารเคมีประเภทคลอร์ไพริฟอสราดบริเวณที่พบ สารเคมีดังกล่าว เป็นสารเคมีกำจัดแมลงประเภทสัมผัสและกินตาย มีพิษตกค้าง 20 - 25 วันในดิน

2.4.5.2 เพลี้ยอ่อน เป็นแมลงปากดูด จะดูดน้ำเลี้ยงของใบ ก้านใบ ด้านท้ายลำตัวเพลี้ยอ่อนมีท่อยื่นออกมา 2 ท่อ ใช้ปล่อยสารน้ำหวานเป็นอาหารของเชื้อรา ทำให้พืชสกปรกเกิดราดำพืชสังเคราะแสงได้ลดลง ทำให้ชงักการเจริญเติบโต ใบหงิกย่น เพลี้ยอ่อนจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มตามส่วนยอดช่อดอกและ ขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว

2.5 Programmable Logic Controller (PLC) [10]

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (Programmable logic Control : PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่าง ๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็นมันสมองสั่งการที่สำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที ตัวตรวจวัดหรือสวิตช์ต่าง ๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย โดยเราสามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปใน PLC นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่น ซึ่งในปัจจุบันนอกจากเครื่อง PLC จะใช้งานแบบเดี่ยว (Standalone) แล้วยังสามารถต่อ PLC หลายๆ ตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วยจะเห็นได้ว่าการใช้งาน PLC มีความยืดหยุ่นมากดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ จึงเปลี่ยนมาใช้ PLC มากขึ้น

2.5.1 ความเป็นมาของ PLC

ในสมัยก่อนระบบควบคุมทางไฟฟ้าจะเรียบง่ายเนื่องจากระบบนี้จะควบคุมการทำงานด้วยคน แผงควบคุมที่ทาขึ้นด้วยรีเลย์เพียงไม่กี่ตัวก็สามารถจะทำการควบคุมที่จาเป็นตามที่ต้องการได้ทั้งหมดเมื่อกระบวนการเริ่มซับซ้อนขึ้น การควบคุมการทำงานกระบวนการนี้มียุ่งยากขึ้น แพงขึ้น และใช้แรงงานคนมากขึ้น เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจากสาเหตุที่กล่าวมาการควบคุมแบบอัตโนมัติหลายรูปแบบก็เริ่มเกิดขึ้นทาให้ระบบเหล่านี้ต้องการความดูแลจากผู้ปฏิบัติการ (Operator) ลดลง ระบบอัตโนมัติในการควบคุมกระบวนการในปัจจุบันต้องการลอจิกในการควบคุม (Control Logic) จำนวนมาก ซึ่งทำให้ไม่สามารถใช้รีเลย์ที่เป็นแบบกลไกทางไฟฟ้า (Electro Mechanical Relays) ได้อีกต่อไป เริ่มตั้งแต่ช่วง ปี ค.ศ.1970 ระบบควบคุมได้เปลี่ยนจากระบบที่ใช้อุปกรณ์รีเลย์แบบธรรมดาเข้าสู่ยุคระบบที่เรียกว่า การควบคุมที่เป็นโซลิดสเตต (Solid State Control) ตัวควบคุมที่เป็นโซลิดสเตตสมัยใหม่โดยปกติจะเป็นระบบที่ใช้ไมโครโพรเซสเซอร์ซึ่งระบบแบบนี้สามารถกระทำการต่าง ๆ ในการทำงานของระบบควบคุมแบบดั้งเดิมได้ทั้งหมดสาเหตุอย่างอื่นที่เปลี่ยนจากระบบควบคุมแบบรีเลย์ไปใช้ระบบควบคุมที่เป็นโซลิดสเตต คือ สามารถทำงานได้เร็วกว่าอุปกรณ์ที่เป็นพวกกลไกทางไฟฟ้าแบบดั้งเดิม เทคนิคในการผลิตจะสามารถลดขนาดทางกายภาพของเครื่องมือลงไปได้มาก สามารถทำฟังก์ชันในการควบคุมพิเศษซึ่งพวกรีเลย์ไม่สามารถทาได้ และสามารถทาฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ได้อีกมากมายในปี ค.ศ. 1968 ระบบควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์หรือ PLC (Programmable Logic Controller) แต่ที่นิยมใช้เรียกโดยทั่วไป คือ PLC ถูกนำเสนอครั้งแรกโดยเหตุผลที่จะนำมาแทนที่ระบบรีเลย์แบบเก่าที่ยุ่งยากซับซ้อนและมีค่าใช้จ่ายสูงในตอนเริ่มต้น บริษัทเบสฟอร์ดได้นำระบบที่เรียกว่า มอดูลลาดิจิตอลคอนโทรลเลอร์ (Modular Digital Controller) มาใช้ในบริษัทผลิตรถยนต์ของเจเนอเรลมอเตอร์ หลังจากนั้น PLC ตัวแรกได้ออกสู่ท้องตลาดโดยใช้ชื่อว่ามอดิคอน (MODICON) หลังจากนั้นระบบ PLC ได้ถูกพัฒนามาตามลำดับโดยการพัฒนาได้พยายามทำให้ระบบ PLC ง่ายต่อการโปรแกรม ง่ายต่อการแก้ไขเปลี่ยนแปลง มีความคงทนต่อสภาวะการทำงานในโรงงาน ง่ายต่อผู้ดูแลระบบที่จะทำการค้นหาจุดบกพร่องในระบบ มีขนาดเล็กประหยัดพื้นที่ มีความเร็วในการประมวลผลสูง ง่ายต่อการติดตั้งและประหยัดเวลา ปัจจุบันระบบ PLC ได้พัฒนาขึ้นอย่างมากความสามารถไม่ใช่แค่เพียงอุปกรณ์ที่มาแทนระบบรีเลย์แบบเก่าเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงการควบคุมต่าง ๆ ที่มีความสลับซับซ้อนมากขึ้น เช่น การควบคุมแบบสัดส่วน (PID Control) การควบคุมตำแหน่ง (Position Control) การควบคุมโดยใช้ฟังก์ชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณระดับสูง (Mathematic Calculate) และการควบคุมด้วยคนสอดแทรกกับเครื่องจักร (Human Machine Interface : HMI) เป็นต้น รวมถึงได้ขยายความสามารถไปเป็นลักษณะของเครือข่ายมากขึ้น

2.5.2 โครงสร้างทั่วไปของ PLC

ลักษณะของโครงสร้างทั่วไปของ PLC นั้นจะประกอบด้วย

2.5.2.1 ตัวประมวลผล (CPU)

ทำหน้าที่คำนวณและควบคุม ซึ่งเปรียบเสมือนสมองของ PLC ภายในประกอบด้วยวงจรลอจิกหลายชนิดและมีไมโครโพรเซสเซอร์เบส (Microprocessor Based)ใช้แทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ เคาน์เตอร์/ไทม์เมอร์ และซีเควนเซอร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรโดยใช้ Relay Ladder Diagram ได้ CPU จะยอมรับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุตต่าง ๆ จากนั้นจะทำการประมวลผลและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ หลังจากนั้นจะส่งส่งข้อมูลที่เหมาะสมและถูกต้องออกไปยังอุปกรณ์เอาท์พุต

2.5.2.2 หน่วยความจำ(Memory Unit)

ทำหน้าที่เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยขนาดของหน่วยความจำจะถูกแบ่งออกเป็นบิตข้อมูล(Data Bit) ภายในหน่วยความจำ 1 บิต ก็จะมีค่าสภาวะทางลอจิก 0 หรือ 1 แตกต่างกันแล้วแต่คำสั่ง ซึ่ง PLC ประกอบด้วยหน่วยความจำสองชนิดคือ ROM และRAM

RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลที่ใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็ก ๆ ต่อไว้เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและการเขียนข้อมูลลงใน RAM ทำได้ง่ายมาก เพราะฉะนั้นจึ่งเหมากับงานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมอยู่บ่อย ๆ

ROM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของผู้ใช้ หน่วยความจำแบบ ROM ยังสามารถแบ่งได้เป็น EPROM ซึ่งจะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงโปรแกรม นอกจากนี้ยังมีแบบ EEPROM หน่วยความจำประเภทนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม สามารถใช้งานได้เหมือนกับ RAM แต่ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่สำรอง แต่ราคาจะแพงกว่าเนื่องจากรวมคุณสมบัติของ ROM และ RAM ไว้ด้วยกัน

2.5.2.3 หน่วยอินพุต-เอาต์พุต (Input-Output Unit)

หน่วยอินพุต ทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอกแล้วแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมแล้วส่งให้หน่วยประมวลผลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยเอาต์พุต ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกเช่น ควบคุมหลอดไฟ มอเตอร์ และวาล์ว เป็นต้น

2.5.2.4 แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

ทำหน้าที่จ่ายพลังงานและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับ CPU Unit หน่วยความจำและหน่วยอินพุต/ เอาต์พุต

2.5.2.5 อุปกรณ์ต่อร่วม (Peripheral Devices)

- PROGRAMMING CONSOLE
- EPROM WRITER
- PRINTER
- GRAPHIC PROGRAMMING
- CRT MONITOR
- HANDHELD

2.6 GX Works 3

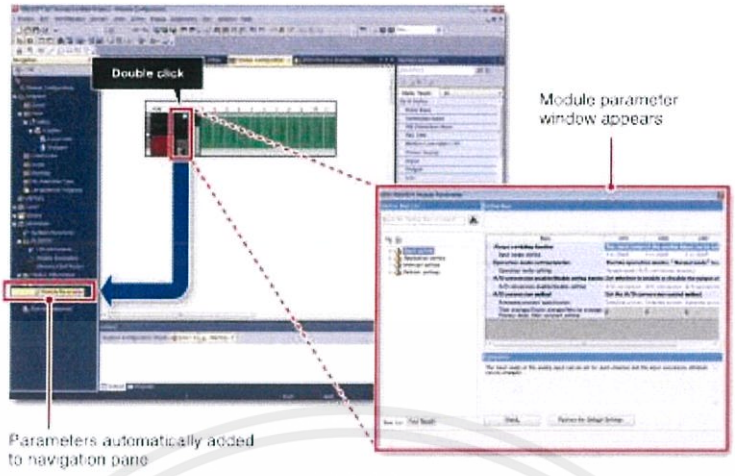
GX Works3 เป็นซอฟต์แวร์ทางวิศวกรรมที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมและการบำรุงรักษา ซึ่งได้รับการออกแบบมาสำหรับระบบควบคุมของ MELSEC iQ-R ซีรีส์ GX Works3 จะประกอบไปด้วยส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ลดความซับซ้อนในการสร้างโปรเจคและการปฏิบัติงานบำรุงรักษา

ซอฟต์แวร์ทางวิศวกรรมนั้นถือเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของระบบควบคุมนอกเหนือไปจากอุปกรณ์ทางฮาร์ดแวร์ โดยหลักของระบบนั้นมีขั้นตอนต่าง ๆ ตั้งแต่การออกแบบ จนไปถึงการทางาน และการบำรุงรักษาของระบบควบคุม ในปัจจุบันผู้ใช้งานต้องการซอฟต์แวร์ที่ง่ายต่อการใช้งาน มีมาตรฐานและช่วยยกระดับการผลิตที่ทันสมัย GX Works3 จึงเป็นซอฟต์แวร์รุ่นใหม่ ซึ่งรวมคุณสมบัติและเทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อรองรับการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม คือ เป็นซอฟต์แวร์ทางวิศวกรรมที่ครอบคลุมทุกส่วนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การตั้งค่าแบบกราฟิกช่วยในการเขียนโปรแกรมให้ง่ายขึ้น มีฟังก์ชันการตั้งค่า Motion Control System และรองรับมาตรฐาน IEC61131-3

2.6.1 การออกแบบระบบ

GX Works3 สามารถออกแบบระบบโดยใช้กราฟิกและสามารถกำหนดค่าต่าง ๆ ได้โดยตรง และสามารถออกแบบระบบด้วยการลาก และวางโมดูลที่ต้องการลงบนหน้าต่างสาหรับการออกแบบและตั้งค่าพารามิเตอร์ได้ ณ โมดูลนั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



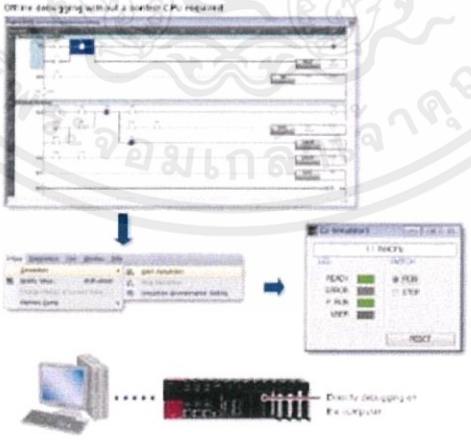
รูปที่ 2.2 การกำหนดพารามิเตอร์ของโมดูล

2.6.2 การเขียนโปรแกรม

GX Works3 มี MELSOFT library ช่วยให้การเขียนโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพ ผ่าน Module Label/FB เพียงแค่ลากและวาง FBs โมดูลจาก MELSOFT library โดยตรงในโปรแกรม Ladder ทำให้การเขียนโปรแกรมง่ายยิ่งขึ้น

2.6.3 การแก้จุดบกพร่องและการบำรุงรักษา

GX Works3 มีคุณสมบัติการควบคุมรุ่นที่หลากหลาย มีความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนแปลงโปรแกรมและบันทึกไว้เป็นประวัติ และสนับสนุนการใช้งานได้หลายภาษาในปัจจุบัน มีฐานการผลิตทั่วโลก ดังนั้น GX Works3 จึงพัฒนารองรับการใช้ภาษาได้หลากหลาย



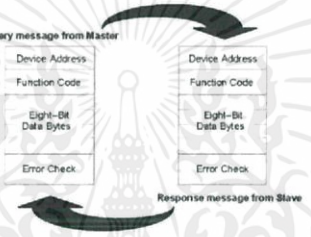
รูปที่ 2.3 การจำลองฮาร์ดแวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 โปรโตคอลมอดบัส (Modbus Protocol)

โปรโตคอลมอตบัส (Modbus Protocol) [10] เป็นรูปแบบการสื่อสารข้อมูลดิจิตอลแบบอนุกรม (Serial Communication) ในแบบ Master และ Slave คือการสื่อสารของอุปกรณ์ที่ทาหน้าที่ในการสั่งการเพียง 1 ตัวเรียกว่า Master ไปยังอุปกรณ์ที่รับคำสั่งในการทางานอื่น ๆ เรียกว่า Slave โดย Slave นั้นสามารถเชื่อมต่อได้สูงสุด 255 เครื่อง

รูปแบบการสื่อสารของ Modbus Protocol สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ Modbus ASCII และ Modbus RTU โดยทั้ง 2 ประเภทนี้แตกต่างกันที่การกำหนดรูปแบบของชุดข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสาร



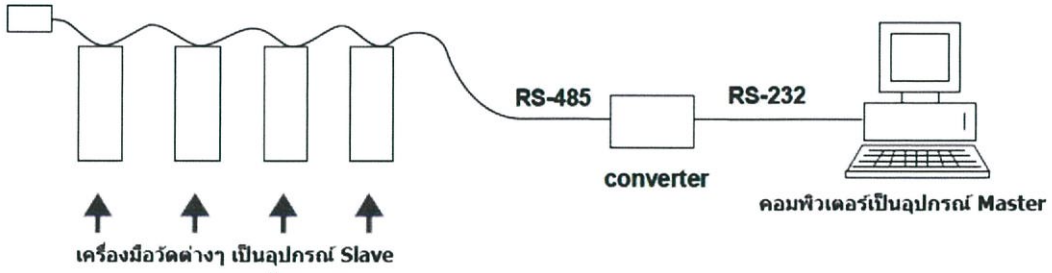
รูปที่ 2.4 การสื่อสารระหว่าง Master และ Slave

2.8 RS485 (Recommended Standard no.485)

RS485 (ย่อมาจาก: Recommended Standard no. 485) [9] คือมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลดิจิตอลแบบอนุกรม (serial communication) ซึ่งถูกกำหนดขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1998 โดยความร่วมมือของ TIA (Telecommunications Industry Association) และ EIA (Electronic Industries Association) มาตรฐาน RS485 ถูกใช้อย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากสามารถส่งสัญญาณได้ไกลและยังสามารถส่งพร้อมกันได้หลายจุด

ปกติแล้ว EIA จะตั้งชื่อมาตรฐานของตัวเองโดยการใช้คำนำหน้าว่า "RS" (Recommended Standard) แต่เนื่องจากมาตรฐานนี้เป็นความร่วมมือระหว่าง 2 หน่วยงาน คือ TIA และ EIA ทั้งสองหน่วยงานจึงตกลงเปลี่ยนจากคำว่า "RS" เป็น "TIA/EIA" แทนอย่างเป็นทางการ เพื่อระบุถึงแหล่งที่มาของมาตรฐานอย่างชัดเจน โดยต่อมาทาง EIA ก็ได้ยกเลิกมาตรฐานนี้และมาตรฐาน RS485 นี้ก็ได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบันโดย TIA ทำให้มาตรฐาน RS485 ถูกเปลี่ยนชื่อเป็น **"TIA-485"** อย่างเป็นทางการ แต่สุดท้ายเพราะความเคยชินทำให้วิศวกรทั่วโลกยังเรียกมาตรฐานการสื่อสารนี้ว่า RS485 เหมือนเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 การทำงานของระบบ RS285 แบบ Network

หลักการทำงานของ RS485 การรับส่งข้อมูลดิจิตอลนั้นมาตรฐาน RS485 จะใช้สายไฟ 2 เส้นในการรับส่งข้อมูลดิจิตอลคือสายไฟเส้น A และสายไฟเส้น B ดังรูป โดยจะรับส่งเป็นค่ารหัสดิจิตอล (Digital code) โดยใช้ค่าความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าระหว่างจุด A และจุด B แล้วแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลคือ ถ้าค่าแรงดันไฟฟ้าที่จุด A มากกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าที่จุด B จะได้สัญญาณดิจิตอลเป็น 0 แต่ถ้าค่าแรงดันไฟฟ้าที่ จุด A น้อยกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าที่จุด B จะได้สัญญาณดิจิตอลเป็น 1

รูปที่ 2.6 การเชื่อมต่อ RS485 ระหว่างเครื่องมือวัดและตัวแปลงสัญญาณ

2.9 เซนเซอร์ (Sensor)

เซนเซอร์ [11] หรือ อุปกรณ์ตรวจรู้ นับว่ามีอยู่ทุกหนแห่งรอบ ๆ ตัวเรา แม้แต่ในตัวเราบางคนอาจจะมี เซนเซอร์ฝังอยู่ภายในร่างกายก็เป็นไปได้แต่ในอนาคตอันใกล้สรรพสิ่งรอบ ๆ ตัวเราจะฉลาดมากขึ้นเรื่อย ๆ เป็นผลมาจากคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดเล็กลงและราคา ถูกจนสามารถฝังตัวเข้าไปในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ได้ เช่น บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กอย่าง Raspberry Pi, Arduino ฯลฯ ประกอบกับเซนเซอร์ที่มีขนาดเล็กลงและราคาถูกลงเช่นกัน เช่น เซนเซอร์วัดมุมเอียง เซนเซอร์วัดแรงกระแทกหรือเขย่า เซนเซอร์วัด อุณหภูมิ ความชื้น เป็นต้น

2.9.1 ความหมายของเซนเซอร์

เซนเซอร์ (sensor) เป็นอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับปริมาณทางฟิสิกส์ โดยอาศัยหลักการทำงานที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของเซนเซอร์ สามารถกำเนิดสัญญาณที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของสิ่งที่ต้องการตรวจจับได้ โดยการแปลงสัญญาณทางด้านอินพุตซึ่งเป็นคุณสมบัติทางฟิสิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เป็นสัญญาณทางด้านเอาต์พุตซึ่งเป็นคุณสมบัติทางไฟฟ้า เพื่อป้อนให้กับระบบนำไปประมวลผลในขั้นตอนต่อไป

2.9.2 ชนิดของเซนเซอร์ สามารถแบ่งโดยอาศัยหลักเกณฑ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.9.2.1 แบ่งตามชนิดของความต้องการพลังงาน

1.แบบแอคทีฟ (Active Sensors) เป็นเซนเซอร์ที่สามารถสร้างพลังงานของตัวเองได้ เช่น เทอร์โมคัปเปิล เพียโซอิเล็กทริค เซลล์แสงอาทิตย์ ออปโตไดโอด เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้ไม่ต้องมีแหล่งจ่ายจากภายนอกก็สามารถสร้างสัญญาณแรงดัน กระแสหรือข้อมูลที่สอดคล้องกันกับปริมาณนั้นออกมา

2.แบบพาสซีฟ (Passive Sensors) เซนเซอร์ชนิดนี้ต้องใช้แหล่งจ่ายจากภายนอกจึงจะสามารถทำการตรวจวัดค่าหรือปริมาณนั้น ๆได้ เช่น เซนเซอร์ที่ใช้หลักการเปลี่ยนค่าความต้านทานและค่าความเหนี่ยวนำ เป็นต้น

2.9.2.2 แบ่งตามชนิดของการเปลี่ยนแปลงรูปพลังงาน

1.เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า

2.เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล

3.เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า

4.เปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า

2.9.2.3 แบ่งตามชนิดของสัญญาณที่ให้เป็นผลลัพธ์ออกมา

1.แบบให้สัญญาณอะนาล็อก (Analog Signal) เป็นสัญญาณที่มีรูปแบบต่อเนื่อง เช่น กระแสไฟฟ้า 4-20 mA หรือแรงดันไฟฟ้า 1-5 V เป็นต้น

2.แบบให้สัญญาณดิจิตอล (Digital Signal) เป็นสัญญาณที่มีรูปแบบไม่ต่อเนื่อง มีค่าที่เป็นไปได้ในรูปแบบของแรงดันไฟฟ้าที่มีค่า 0 หรือ 1 เท่านั้น

3.แบบให้สัญญาณเป็นค่าความต้านทานและค่าความเหนี่ยวนำ เช่น RTD (Resistance Temperature Detectors) และเทอร์มิสเตอร์ โดยจะให้ค่าความต้านทานซึ่งสอดคล้องกับอุณหภูมินั้น ๆ ออกมา

2.9.2.4 แบ่งตามข้อมูลหรือวัตถุประสงค์ของการวัดหรือตรวจจับ เป็นการเรียกตามการใช้งาน เช่น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ, เซนเซอร์วัดความชื้น, เซนเซอร์วัดความเข้มของแสง, เซนเซอร์วัดค่า pH, เซนเซอร์วัดระดับของของเหลว, เซนเซอร์วัดอัตราการไหลของของเหลว, เซนเซอร์วัดความเร็วลม เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

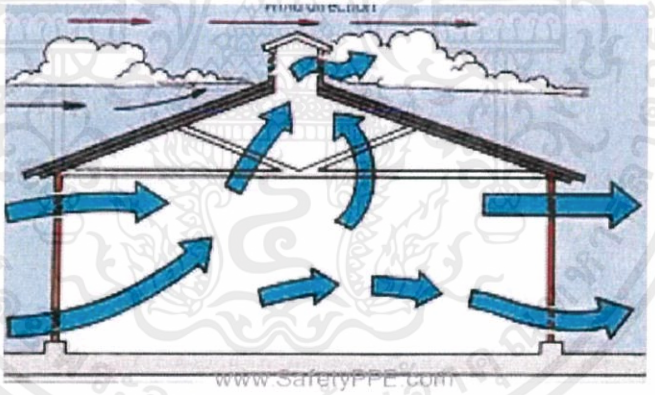
เซนเซอร์เข้ามามีบทบาทสำคัญสำาหรับมนุษย์ในชีวิตประจำาวัน เพราะเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการสนับสนุนอุตสาหกรรมหลักมากมาย เพื่อให้ประชากรในประเทศไปสู่สังคมของการกินดี อยู่ดี และขยายผลไปยังงานวิจัย ต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง

2.10 ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

สำหรับโรงเรือนปลูกพืชแบบปิดจะมีวิธีการควบคุมอุณหภูมิและควบคุมความชื้น ดังนี้

2.10.1 การระบายอากาศ (Ventilation) เป็นวิธีที่ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย ลงทุนต่ำ แต่มีประสิทธิภาพในการควบคุม Microclimate น้อยหากเทียบกับวิธีอื่น แบ่งเป็น 2 แบบ ดังนี้

2.10.1.1 การระบายอากาศแบบธรรมชาติ อาศัยหลักการการเกิดลมคืออากาศเคลื่อนไหวจากบริเวณที่มีความกดอากาศสูง (อุณหภูมิต่ำ) ไปสู่ที่ที่มีความกดอากาศต่ำ (อุณหภูมิสูง) เพื่อลดอุณหภูมิของอากาศในโรงเรือน ปล่อยให้อากาศไหลเข้าออกตามช่องระบายอากาศ เนื่องจากแรงลม ประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิขึ้นอยู่กับผลต่างอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือน ทิศทางลม และลดอุณหภูมิได้พอใช้ แสดงตัวอย่างการระบายอากาศแบบธรรมชาติ



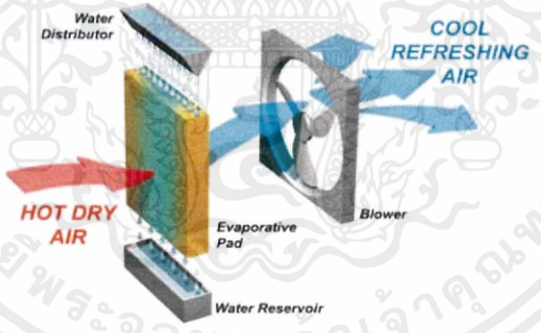
รูปที่ 2.7 การระบายอากาศแบบธรรมชาติ

2.10.1.2 การระบายอากาศแบบบังคับ เป็นการใช้พัดลมระบายอากาศ (Fan) หรือเครื่องเป่าลม (Blower) อากาศจะไหลเข้าแล้วพัดลมจะดูดอากาศออก ทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศ เพื่อที่จะให้เกิดการถ่ายเทอากาศได้ดี จะต้องออกแบบให้เกิดบริเวณความกดอากาศสูงและความกดอากาศต่ำต่อเนื่องกันไป ประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิขึ้นกับการออกแบบ และลดอุณหภูมิได้พอใช้ แสดงตัวอย่างการใช้พัดลมระบายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.8 การใช้พัดลมระบายอากาศในโรงเรือน

2.10.2 การทำความเย็นแบบระเหย (Evaporative Cooling) ลดอุณหภูมิ 0-10 ๐C โดยประมาณ และสามารถเพิ่มความชื้นให้กับพืชได้มาก ใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็น เช่น การใช้ไฟฟ้าของพัดลมระบายอากาศและปั๊มน้ำ ข้อเสียเกิดการสะสมความชื้นเมื่อใช้เป็นเวลานาน ทำให้พืชเกิดโรคได้ ใช้หลักการให้อากาศแห้งไหลผ่านน้ำ ทาให้น้ำระเหยกลายเป็นไอ ได้อากาศชื้นออกจากระบบและอากาศที่ได้จะมีอุณหภูมิลดลง ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.9 แสดงการทำความเย็นแบบระเหย (Evaporative Cooling)

2.10.3 การทำความเย็นหลังคาโรงเรือน เป็น Indirect Cooling เพราะไม่เพิ่มความชื้นให้กับโรงเรือน ใช้สปริงเกิล (Sprinkle) ฉีดน้ำให้ทั่วบริเวณหลังคา ทาให้น้ำไหลตกลงมาตามผนังโรงเรือน เกิดเป็นชั้นฟิล์มน้ำบาง ๆ วิธีนี้สามารถดูดซับค่ารังสีอาทิตย์ที่ผ่านเข้าสู่โรงเรือนได้ประมาณ 50% สามารถลดอุณหภูมิได้ ประมาณ 2-6 ๐C

2.10.4 การใช้ระบบพ่นหมอก ระบบพ่นหมอกคือ ระบบหัวฉีดน้ำให้เป็นฝอยละเอียด ซึ่งละเอียดมากจนเห็นเป็นหมอก และระเหยกลายเป็นไอน้ำได้อย่างรวดเร็ว สามารถนำไปประยุกต์ใช้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานได้หลากหลายรูปแบบ การทำงานเบื้องหลังของระบบพ่นหมอกก็คือ เครื่องพ่นหมอกที่เป็นปั๊มแรงดันสูง ปั๊มน้ำออกมาแล้วถูกบีบอัดจากหัวพ่นหมอกที่มีรูขนาดเล็ก ทำให้เกิดฝอยละเอียดขึ้นมา โดยในเครื่องแต่ละรุ่น ก็สามารถรองรับจำนวนหัวพ่นได้แตกต่างกันครับ เพื่อให้เหมาะสมกับงานแต่ละประเภท

รูปที่ 2.10 การใช้ระบบพ่นหมอกในโรงเรือน

2.10.5 การใช้ระบบเครื่องปรับอากาศ สามารถควบคุมและรักษาอุณหภูมิได้ตามที่พืชต้องการ เหมาะสำหรับการปลูกพืชมูลค่าสูง และปลูกในพื้นที่ที่จำกัด และสามารถนำไปใช้ลดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศได้อีกด้วย ข้อเสียคือใช้ต้นทุนและพลังงานสูงกว่าวิธีอื่น ๆ

2.10.5.1 การออกแบบระบบเครื่องปรับอากาศ ใช้หน่วย BTU (British Thermal Unit) โดยขนาดของเครื่องปรับอากาศนั้นจะต้องเหมาะสมกับพื้นที่โรงเรือนในการออกแบบ แสดงการคำนวณตามสมการต่อไปนี้

วิธีการคำนวณหาค่า BTU [12]

BTU = พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร) × ค่าตัวแปร

ค่าตัวแปร

- 750 สำหรับห้องนอนปกติ ที่ไม่โดนแดด
- 800 สำหรับห้องนอนปกติ ที่โดนแดด
- 850 สำหรับห้องทำงาน ที่ไม่โดนแดด
- 900 สำหรับห้องทำงาน ที่โดนแดด
- 950 - 1,100 สำหรับร้านอาหาร ร้านทำผม มินิมาร์ท ร้านค้า สำนักงาน ที่ไม่โดนแดด
- 1,000 - 1,200 สำหรับร้านอาหาร ร้านทำผม มินิมาร์ท ร้านค้า สำนักงาน ที่โดนแดด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หากฝ้าเพดานสูงกว่า 2.5 เมตร มีจำนวนคนในห้องมาก หรือมีคอมพิวเตอร์ ควรบวกค่า BTU เพิ่มขึ้นอีก 5% จากค่าปกติ

โดย BTU คือ หน่วยที่ใช้วัดปริมาณความร้อนหน่วยหนึ่ง (ซึ่งเป็นที่นิยมใช้มากในระบบปรับอากาศ) สามารถเทียบได้กับหน่วยแคลอรีหรือหน่วยจูลในระบบสากล โดยที่ ความร้อน 1 Btu คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำ 1 ปอนด์มีอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 องศาฟาเรนไฮต์ สำหรับเครื่องปรับอากาศนั้นจะวัดกำลังความเย็นหรือความสามารถในการดึงความร้อน (ถ่ายเทความร้อน) ออกจากห้องปรับอากาศในหน่วยบีทียูต่อชั่วโมง (Btu/h)

2.10.5.2 การควบคุมระบบเครื่องปรับอากาศ การควบคุมเครื่องปรับอากาศเพื่อให้ได้สภาวะการทำงานที่ต้องการนั้นต้องใช้งานอุปกรณ์หลาย ๆ ส่วนประกอบเข้าด้วยกันเพื่อใช้ในการควบคุม คือ ส่วนของอินพุต ส่วนของระบบประมวลผลและสั่งการ และส่วนของเอาต์พุตโดย แต่ละส่วนนั้นมีรายละเอียดดังนี้

2.10.5.2.1 ส่วนของอินพุต เป็นส่วนที่ใช้รับค่าตัวแปรต่าง ๆ โดยส่วนใหญ่จะใช้สัญญาณจากเซนเซอร์ที่ใช้วัดค่าสภาวะแวดล้อมนั้น ๆ เพื่อนำมาใช้ควบคุมเครื่องปรับอากาศ และสามารถแบ่งตามลักษณะสัญญาณที่รับเข้ามาดังนี้

1. Analog Input สัญญาณอนาล็อกนั้นคือสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลง และต้องอ่านอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ค่าต่าง ๆ เช่น เทอร์มิสเตอร์ อาร์ทีดี (RTD) หรือเซนเซอร์ที่ให้สัญญาณเป็นค่ากระแสไฟฟ้าหรือแรงดัน เป็นต้น

2. Digital Input สัญญาณดิจิตอลนั้นคือสัญญาณที่แสดงสถานะการทางานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการประมวลผล เช่น สวิตช์เปิด-ปิด การเปิด-ปิดการทางานของปั๊มน้ำ สวิตช์แรงดันต่ำ-สูง เป็นต้น

2.10.5.2.2 ส่วนของระบบประมวลผลและสั่งการ ส่วนที่ใช้ในการประมวลผลและสั่งการนั้นมีองค์ประกอบหลักอยู่ 2 ส่วนคืออุปกรณ์ที่ใช้ในการประมวลผล และสั่งการทำงาน และหลักการที่ใช้ในการควบคุมการทำงานโดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการประมวลผลและสั่งการอุปกรณ์ที่ใช้ในการประมวลผลและสั่งการนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามรูปแบบของโปรแกรมการทำงานดังนี้

1. Parametric Controller เป็นรูปแบบของโปรแกรมควบคุมที่ให้ผู้งานกำหนดค่าการทำงานต่าง ๆ ได้ตามพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ โดยตัวควบคุมนี้จะกำหนดช่องอินพุตและเอาต์พุตไว้แล้ว

2. Programmable Logic Controller (PLC) เป็นรูปแบบของโปรแกรมควบคุมที่ผู้ใช้งานสามารถพัฒนารูปแบบการทำงานต่าง ๆ ที่ใช้ในการควบคุมขึ้นได้เองจึงมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยืดหยุ่นในการใช้งานมากขึ้น โดยตัวควบคุมนี้จะกำหนดจำนวนของช่องอินพุต และเอาต์พุตไว้ให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้งานได้ตามความจำเป็น

2.10.5.2.3 หลักการที่ใช้ในการควบคุมการทางาน ในการควบคุมการทำงานนั้นจำเป็นเป็นต้องเลือกรูปแบบในการควบคุมการทำงานให้เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1. On/Off Control เป็นการควบคุมที่สั่งงานในการเปิด-ปิดการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เมื่อค่าอุณภูมิสูงกว่าค่าที่กำหนดก็จะสั่งเปิดการทำงานของเครื่องปรับอากาศ และเมื่อค่าอุณหภูมิต่ำกว่าค่าที่กำหนดก็จะสั่งปิดการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

2. Linear Control เป็นการควบคุมที่มีประสิทธิภาพสูง เพราะเป็นการควบคุมแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องโดยต้องใช้กับอุปกรณ์ที่สามารถปรับการทำงานได้ตั้งแต่ 0-100 เปอร์เซ็นต์ โดยแบ่ง 2 ประเภทดังนี้

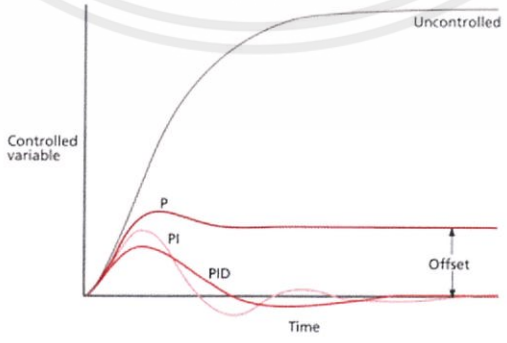
2.1 Proportional Control (P) เป็นการควบคุมที่อ้างอิงการสั่งการทำงานของอุปกรณ์จากผลต่างของค่าตัวแปรที่วัดได้เทียบกับค่าที่กาหนด ซึ่งการควบคุมแบบนี้มักจะมีค่าความผิดพลาดเกิดขึ้นในระบบเพราะระบบและอุปกรณ์ที่ควบคุมนั้นมีการตอบสนองที่ไม่เท่ากัน

2.2 Proportional Integral Derivative Control (PID) เป็นการควบคุมที่นำส่วนของค่าความผิดพลาดต่าง ๆ มาประมวลผลในการสั่งการเพิ่มเติมประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

Proportional (P) ดังที่กล่าวในหัวข้อก่อนหน้า

Integral (I) ซึ่งเป็นการนำค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในแต่ละ sampling รวมเข้าด้วยกันและนำมาประมวลผล ซึ่งถ้ามีค่ามากจะทำให้ระบบมีการตอบสนองที่ช้าลงแต่จะช่วยให้เกิดค่าความผิดพลาดที่ลดลง

Derivative (D) เป็นการนำค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นก่อนหน้ามาคาดเดาระบบที่กำลังจะเกิดขึ้น โดยค่านี้จะทำให้ระบบตอบสนองเร็วขึ้นแต่ถ้ามีค่ามากเกินไปจะทำให้ระบบไม่เสถียรทำให้ในบางครั้งค่านี้จึงอาจไม่จำเป็นต้องใช้หรือควรเริ่มที่ค่าเพียงเล็กน้อยเราจึงค่อยปรับเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.11 การเปรียบเทียบระหว่าง P, PI และ PID Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Fuzzy Logic Control เป็นหนึ่งใน Intelligent Control ที่ได้รับความนิยมและพบเห็นบ่อยโดยการเลือกสั่งงานอุปกรณ์ตามชุดเงื่อนไขที่กาหนด เนื่องจากความจริงแล้วค่าตัวแปรบางอย่างไม่สามารถชี้วัดได้ว่าเป็นจริงหรือเท็จ

2.10.5.2.4 ส่วนของระบบเอาต์พุต เป็นส่วนที่ให้สัญญาณเพื่อใช้ในการสั่งการอุปกรณ์ต่าง ๆ แบ่งได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

1. Analog Output เป็นสัญญาณที่สั่งการอุปกรณ์ได้อย่างต่อเนื่องและละเอียด โดยสัญญาณที่ใช้เหมือนกับอินพุตคือแบ่งเป็น ชนิดกระแสไฟฟ้า และชนิดแรงดันไฟฟ้า

2. Digital Output เป็นสัญญาณที่ใช้ในการการอุปกรณ์ต่าง ๆ เหมือนเป็นสวิตช์เปิด-ปิดการทำงาน มักใช้รีเลย์ในการรับค่ามาสั่งการอุปกรณ์

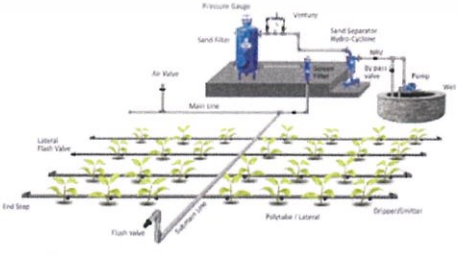
3. Pulse Width Modulated (PWM) เป็นสัญญาณที่เป็น Analog Output รูปแบบหนึ่งแต่จะปรับค่าการทำงานโดยใช้ค่าเฉลี่ยของสัญญาณที่ส่งออกมาเปิด-ปิดการทำงานเป็นจังหวะ มักใช้ SSR (Solid State Relay) ในการรับค่ามาสั่งการอุปกรณ์แทนสวิตช์หรือรีเลย์ทั่วไปในการสั่งการอุปกรณ์

2.11 การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ

2.11.1 ความหมายของการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ

การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ (Fertigation) [13] คือ การให้ปุ๋ยระบบหนึ่งโดยผสมปุ๋ยที่สามารถละลายน้ำได้หมดลงไปในระบบให้น้ำ ดังนั้น เมื่อพืชดูดใช้น้ำก็จะมีการดูดธาตุอาหารพืชไปพร้อมกับน้ำ เนื่องจากพืชไม่สามารถดูดปุ๋ยในรูปของแข็งได้ ปุ๋ยจะต้องละลายในน้ำก่อนพืชจึงสามารถดูดขึ้นไปใช้ได้

ดังนั้น การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ จึงเป็นระบบการให้ปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดระบบหนึ่ง สามารถลดแรงงานในการให้ปุ๋ย ลดการชะล้างปุ๋ยเลยเขตรากพืช การแพร่กระจายปุ๋ยสม่ำเสมอบริเวณที่รากพืชอยู่ ในสวนที่มีการลงทุนระบบน้ำไปแล้วควรอย่างยิ่งที่จะต้องใช้ร่วมกับระบบการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ เนื่องจากจะมีการเพิ่มค่าติดตั้งอีกเล็กน้อยเมื่อเทียบกับผลดีต่าง ๆ ที่จะตามมา



รูปที่ 2.12 การให้ปุ๋ยด้วยการละลายไปกับระบบการส่งจ่ายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.2 ระบบน้ำหยด

ระบบน้ำหยด เป็นเทคโนโลยีการชลประทานวิธีหนึ่งในหลายวิธี เป็นการให้น้ำแก่พืช โดยการส่งน้ำผ่านระบบท่อและปล่อยน้ำออกทางหัวน้ำหยด ซึ่งติดตั้งไว้บริเวณโคนต้นพืช น้ำจะหยดซึมลงมาบริเวณรากช้า ๆ สม่ำเสมอในอัตรา 4-20 ลิตร / ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับระบบ ชนิดพืช ขนาดพื้นที่ และชนิดของดิน จุดมุ่งหมายสำคัญของการให้น้ำแบบนี้ก็เพื่อที่จะรักษาระดับความชื้นของดิน บริเวณรากพืชให้อยู่ในระดับที่รากพืชดูดไปใช้ได้อย่างง่าย สร้างความเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์ พอเหมาะ และเป็นไปตามความต้องการของพืช

2.11.2.1 ส่วนประกอบของระบบน้ำหยดที่ใช้ในการเกษตร

อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องมีในระบบน้ำหยด

1. หัวจ่ายน้ำ
2. ท่อส่งจ่ายน้ำต่าง ๆ เช่น ท่อแขนง ท่อประธานย่อย ท่อประธาน
3. ประตูน้ำ
4. เครื่องกรองน้ำ
5. ปั๊มน้ำ

บางครั้งก็อาจจำเป็นต้องมีอุปกรณ์พิเศษเพิ่มขึ้นอีกตามความเหมาะสม โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่ถือว่าเป็นเครื่องควบคุมการจ่ายน้ำต้นทาง ได้แก่ เครื่องวัดปริมาณการไหลของน้ำ เครื่องฉีดผสมปุ๋ย วาล์วป้องกันน้ำไหลกลับ เป็นต้น

2.11.2.2ข้อดีของการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ

2.11.2.2.1 ประหยัดแรงงานในการให้ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยโดยใช้แรงคนเป็นงานหนักต้องอาศัยแรงงานค่อนข้างมาก และการให้ปุ๋ยมักไม่ค่อยทั่วถึง ถ้าใช้เครื่องจักรใส่ปุ๋ยค่าลงทุนค่อนข้างสูงอาจทำให้เกิดการอัดตัวแน่นของดินได้ การให้ปุ๋ยพร้อมกับการให้น้ำพืชนอกจากสะดวกในการให้ปุ๋ยแล้วยังสามารถให้บ่อยครั้งได้ตามความเหมาะสม

2.11.2.2.2 พืชได้รับปุ๋ยอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอตลอดแปลงเพาะปลูก เนื่องจากปุ๋ยจะอยู่ในรูปของสารละลายพืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที และระบบการให้น้ำพืชสมัยใหม่สามารถที่จะทำการแพร่กระจายปุ๋ยได้อย่าทั่วถึงในแปลงปลูกพืชโดยการใช้ท่อส่งน้ำและหัวจ่ายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.2.2.3 ประหยัดปุ๋ย เพราะเป็นวิธีการให้ปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพสูง โดยพืชจะได้รับปุ๋ยมากกว่าวิธีการให้แบบอื่นนอกจากนี้ยังลดการสูญเสียเนื่องจากการตกค้างในดิน การสูญเสียเนื่องจากการชะล้างปุ๋ยออกไปเลยเขตรากพืช ลดการสูญเสียเนื่องจากการขนส่งปุ๋ยเข้าไปในแปลงปลูกพืช ลดปัญหาการถูกชะล้างเมื่อฝนตกหลังจากการให้ปุ๋ยไปแล้ว

2.11.2.2.4 ลดเครื่องมือและอุปกรณ์ในการใส่ปุ๋ย เพราะปุ๋ยที่ใช้เป็นปุ๋ยน้ำหรืออยู่ในรูปสารละลาย ไม่ใช่ปุ๋ยที่เป็นของแข็งหรือปุ๋ยเม็ดซึ่งจำเป็นต้องใช้แรงงาน และเครื่องมือในการเตรียมการและการขนย้ายมากกว่า

2.11.2.2.5 สามารถให้ปุ๋ยตามปริมาณและความต้องการของพืชได้ ซึ่งสามารถกำหนดปริมาณและสัดส่วนปุ๋ยที่แน่นอนในการให้แต่ละครั้ง นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มธาตุอาหารพืชบางชนิดที่พืชต้องการเพียงเล็กน้อยเพื่อการเจริญเติบโต โดยผสมลงในสารละลายปุ๋ยที่จะให้แก่พืช ซึ่งการให้ปุ๋ยแก่พืชโดยวิธีอื่นทำไม่ได้

2.11.2.3 ข้อควรพิจารณาในการเลือกใช้วิธีให้ปุ๋ยพร้อมกับการให้พืช

2.11.2.3.1 ค่าลงทุนครั้งแรกและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานอาจสูง เนื่องจากอุปกรณ์ในการให้ปุ๋ยพร้อมกับการให้น้ำพืชมีราคาแพง รวมทั้งปุ๋ยเคมีที่ใช้มีราคาสูงกว่าปุ๋ยเม็ดธรรมดา ฉะนั้นก่อนใช้ต้องพิจารณาถึงความคุ้มค่าในการลงทุน

2.11.2.3.2 ความเป็นพิษของสารละลายปุ๋ยที่ใส่ลงในน้ำชลประทาน ถ้าระบบชลประทานใช้ร่วมกับน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภคอยู่ด้วย อาจทำให้น้ำมีพิษจึงจำเป็นต้องติดป้ายบอกกล่าวให้เกษตรกรและประชาชนโดยทั่วไป มิให้น้ำนั้นมาใช้บริโภค

2.11.2.3.3 ข้อจำกัดในการใช้ปุ๋ย วิธีการนี้เหมาะสำหรับการใช้ปุ๋ยเคมีที่เป็นของเหลว ดังนั้นปุ๋ยฟอสเฟต เช่น ซุปเปอร์ฟอสเฟตหรือแคลเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต ซึ่งละลายน้ำได้ยากจึงไม่เหมาะสมกับวิธีการให้ปุ๋ยวิธีนี้

2.11.2.3.4 อาจเกิดการผุกร่อนของท่อและชิ้นส่วนของระบบที่เป็นโลหะ อุปกรณ์ที่เป็นโลหะมักจะผุกร่อนได้เร็ว เนื่องจากการกัดกร่อนของกรดหรือด่างของสารเคมี ดังนั้นจึงควรจะใช้ท่อหรืออุปกรณ์ซึ่งทนต่อการกัดกร่อนได้ดี

2.11.2.3.5การเกิดปฏิกิริยาเคมีในระบบท่อส่งน้ำแบบหยด ปุ๋ยเคมีบางตัว เช่น ฟอสเฟตจะตกตะกอนในท่อ ปริมาณของตะกอนจะขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดและด่างใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลาย ซึ่งอาจเกิดการอุดตันในหัวจ่ายน้ำ ก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบการให้น้ำอย่างมาก ดังนั้นผู้ใช้ระบบน้ำพืชแบบหยดหรือแบบฉีดฝอยควรศึกษาชนิดของปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมกับระบบให้น้ำที่ใช้

รูปที่ 2.13 หัวน้ำหยดและการจ่ายน้ำของหัวน้ำหยด

2.12 เทคโนโลยีจากต่างประเทศสำหรับการปลูกสตรอเบอร์รี่จากการศึกษา

ในปัจจุบันสตรอเบอร์รี่ถูกปลูกในโรงเรือนปิด ได้มีควบคุมสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมให้แก่สตรอเบอร์รี่ ซึ่งระบบบริหารจัดการโรงเรือนมีองค์ประกอบดังนี้

2.12.1 การควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือน

2.12.1.1 การควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือน มี 2 แบบ

2.12.1.1.1 ภายในโรงเรือนมีการติดพัดลมระบายอากาศเพื่อลดอุณหภูมิ และเพิ่มการหมุนเวียนของอากาศ ซึ่งทางานเปิด-ปิดโดยใช้คน

2.12.1.1.2 การทำความเย็นภายในโรงเรือน ใช้ชิลเลอร์เป็นตัวทำความเย็นและส่งผ่านอากาศเย็นผ่านท่อลมพลาสติกซึ่งอยู่บริเวณพื้นของโรงเรือน เพื่อปรับอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้มีค่าประมาณ 30 องศาเซลเซียส

2.12.1.2 การควบคุมความชื้นภายในโรงเรือน ภายในโรงเรือนมีการติดหัวพ่นหมอกภายในโรงเรือนเพื่อเพิ่มความชื้นและลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน อีกทั้งยังใช้เพื่อจำลองสภาพอากาศหนาวให้กับสตรอเบอร์รี่ ซึ่งทำงาน เปิด-ปิดอัตโนมัติตามเวลาที่ตั้งไว้

2.12.1.3 การควบคุมความเข้มแสงภายในโรงเรือน ภายในโรงเรือนมีการควบคุมความเข้มแสงโดยใช้ม่านกรองแสง ซึ่งจะควบคุมการเปิด-ปิดม่านด้วยมอเตอร์ที่ทางานอัตโนมัติตามเวลาที่ตั้งไว้

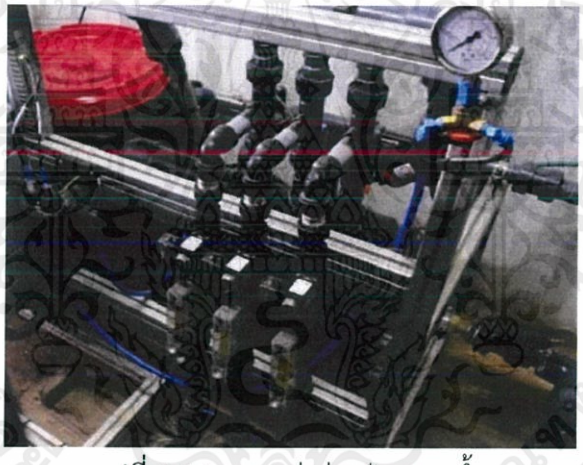
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.1.4 การวัดค่าพารามิเตอร์ของสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือน ทำการติดตั้งมิเตอร์บริเวณรางปลูก 1 จุด เพื่อวัดสภาวะแวะล้อมภายในโรงเรือน โดยมิเตอร์จะสามารถวัดค่าอุณหภูมิ, ความชื้น, ความดันบรรยากาศ, ปริมาณน้ำฝน

2.12.1.5 การใช้เทอร์เมอร์คัปเปิ้ลในการวัดอุณหภูมิภายในโรงเรือน จำนวน 3 ระดับความสูงที่แตกต่างกัน เพื่อใช้ได้นำมาในการปรับสภาพอากาศภายในโรงเรือนปิด

2.12.2 ระบบส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำ

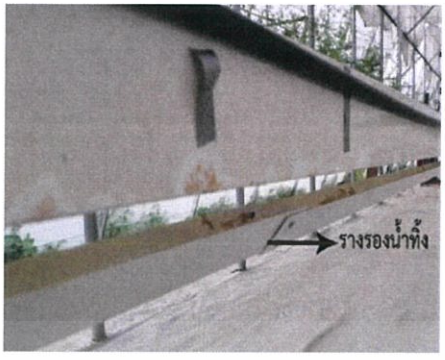
ขั้นตอนจะเริ่มจากดูดน้ำปุ๋ยจากถังมาผสมรวมกันที่ถังผสม แล้วจึงทำการส่งจ่ายไปยังต้นสตรอเบอร์รี่ ซึ่งจะส่งจ่ายด้วยระบบอัตโนมัติ โดยจะส่งจ่ายใน 2 เวลาได้แก่ 11.00น. และ 14.00 น. สำหรับท่อส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำนั้นจะใช้ท่อ PE เจาะรูวางบนรางปลูกไว้ใต้รางปลูกจะมีการเจาะรูเพื่อระบายน้ำทิ้งให้ไหลลงไปยังรางรองน้ำทิ้งด้านล่างรางปลูก



รูปที่ 2.14 ระบบส่งจ่ายปุ๋ย และน้ำ

รูปที่ 2.15 ท่อส่งจ่ายปุ๋ย และน้ำ วางตามรางปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 รางรองน้ำทิ้ง

2.12.3 การทำความเย็นบริเวณรางปลูก โดยนำน้ำเย็นมารดต้นสตรอเบอร์รี่ จากนั้นน้ำเย็นจะไหลลงรางสแตนเลสด้านล่าง ซึ่งทำให้รางสแตนเลสเย็นตามไปด้วย

รูปที่ 2.17 ระบบนำน้ำเย็นที่ใช้รดต้นสตรอว์เบอร์รี

2.12.4 รางปลูกสตรอเบอร์รี่ ตัวรางทำจากวัสดุสแตนเลสและด้านในมีตาข่ายสำหรับรองขุยมะพร้าวเพื่อใช้ในการปลูก ซึ่งตัวรางสามารถเลื่อนปรับระดับความสูงได้ด้วยไฮดรอลิก

รูปที่ 2.18 รางปลูกสตรอเบอร์รีที่สามารถเลื่อนขึ้น-ลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.5 ข้อดีของเทคนิคการปลูกสตรอเบอร์รี่ในโรงเรือนปิดจากจากประเทศต่าง ๆ

2.12.5.1. มีการวัดอุณหภูมิ 3 จุด ที่ระดับความสูงแตกต่างกัน

2.12.5.2. มีการแยกตัวควบคุมการทางานระหว่างระบบส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำ และระบบควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือน

2.12.5.3. รางปลูกสตรอเบอร์รี่สามารถเลื่อนปรับระดับความสูงได้ ซึ่งจะทาให้การใช้พื้นที่ในโรงเรือนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2.12.5.4. เนื่องจากสตรอเบอร์รี่ถูกปลูกในโรงเรือนปิดแมลงจึงเข้ามาทาลายผลผลิตได้ยาก จึงทาให้ปลอดภัยสารพิษและยาฆ่าแมลง

2.12.5.5. เกิดโรคพืชและการระเบิดของโรงพืชได้ยาก

2.12.5.6. สามารถปลูกสตรอเบอร์รี่ได้ทุกฤดูกาล

2.12.6 ข้อเสียของเทคนิคการปลูกสตรอเบอร์รี่ในโรงเรือนปิดจากประเทศต่าง ๆ

2.12.6.1. เนื่องจากโรงเรือนมีขนาดใหญ่จึงยังไม่สามารถแก้ปัญหาในการรักษาอุณหภูมิได้ตามต้องการ

2.12.6.2. มีการแยกตัวควบคุมการทางานระหว่างระบบส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำ และระบบควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือน

2.12.6.3. มักมีปัญหาการอุดตันบริเวณรูของสายส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำ และรูด้านล่างของรางปลูก

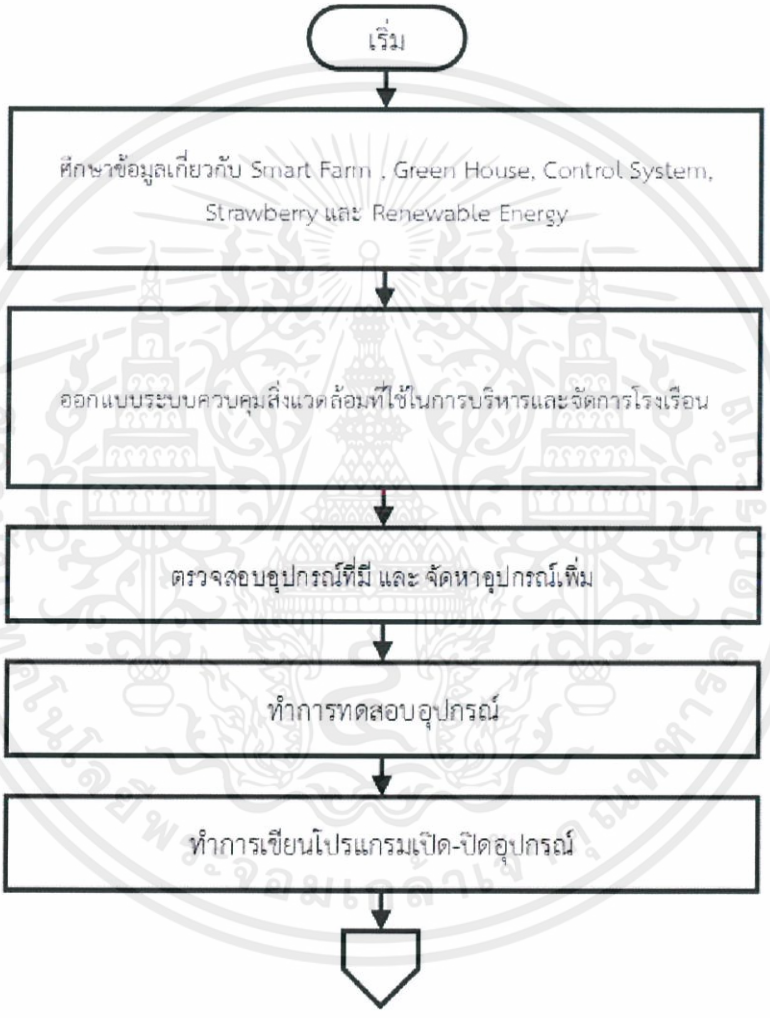
2.12.6.4. ต้นทุนในส่วนของระบบ และโรงเรือนมีราคาสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบการทดลอง

3.1 วิธีการดำเนินงาน

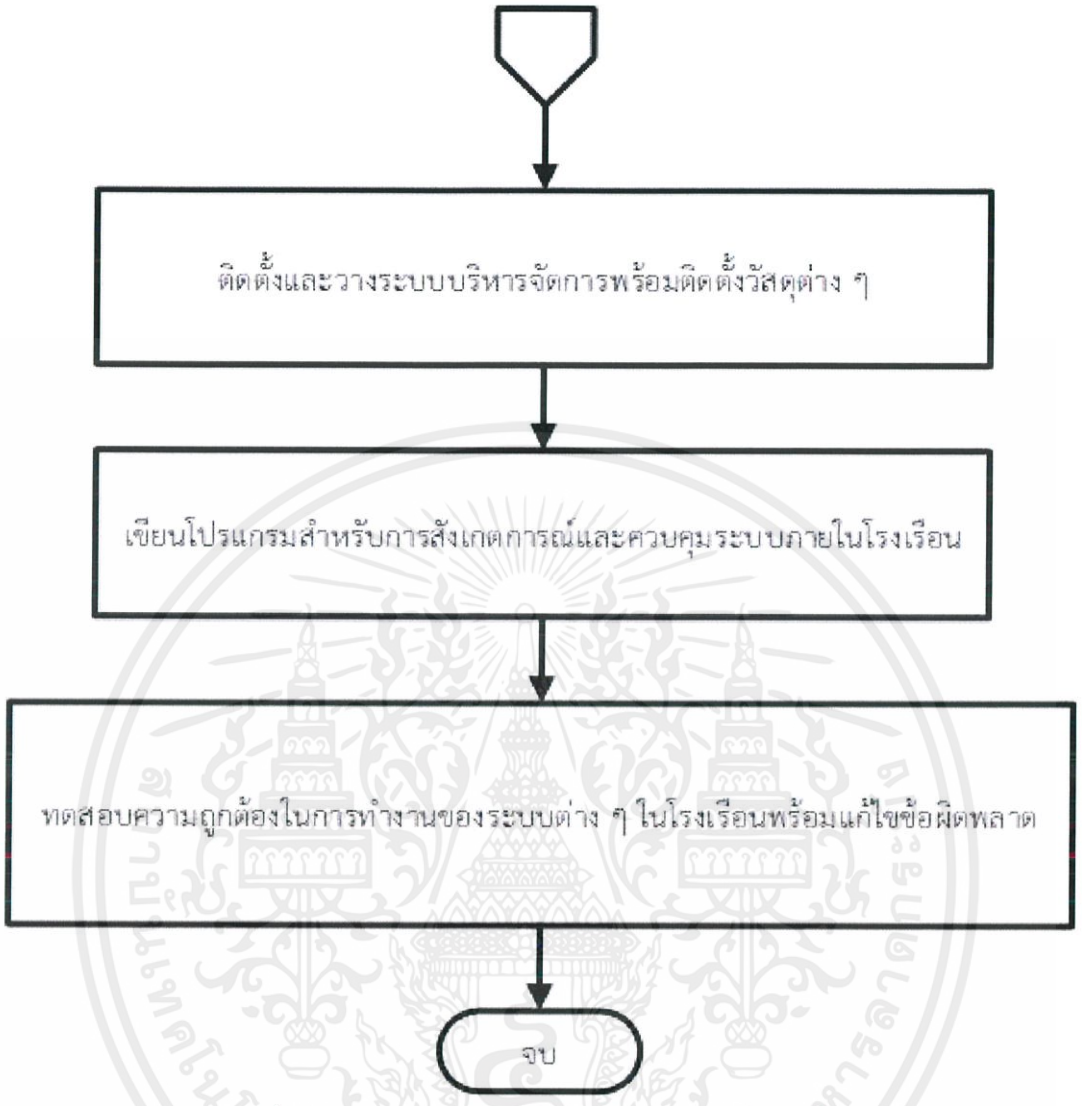
ในบทนี้จะกล่าวถึงภาพรวมของขั้นตอนการดำเนินงานตามที่ได้วางแผนไว้ในข้างต้น ดังแสดงตามแผนภาพในรูปที่ 3.1-3.2



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงวิธีการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1

จากรูปที่ 3.1 เป็นขั้นตอนในการดำเนินงานในภาคเรียนที่ 1 โดยเริ่มตั้งแต่ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่าง ๆ ประกอบด้วย Smart Farm, Greenhouse, Control systems และ สตรอเบอร์รี จากนั้นจึงเก็บรวบรวมข้อมูล, ปัจจัย และข้อมูลของสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ในการปลูก สตรอเบอร์รี่,และระบบควบคุมภายในโรงเรือน แล้วจึงออกแบบโปรแกรมเปิด-ปิดตัวอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงวิธีการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2

จากรูปที่ 3.2 เป็นขั้นตอนในการดำเนินงานในภาคเรียนที่ 2 โดยเริ่มตั้งแต่ติดตั้งและวางระบบบริหารจัดการพร้อมทำการติดตั้งวัสดุต่าง ๆ ,ออกแบบและเขียนโปรแกรมควบคุม จากนั้นจึงทำการทดสอบระบบทั้งหมดเพื่อทดสอบดูประสิทธิภาพและเสถียรภาพในการทำงานของระบบ หากพบข้อผิดพลาดของระบบ จะได้ทำการแก้ไขเพื่อให้ระบบสามารถดำเนินการต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การจัดทำระบบภายในโรงเรือน

3.2.1 ระบบควบคุมอุณหภูมิ

หลักการทำงาน

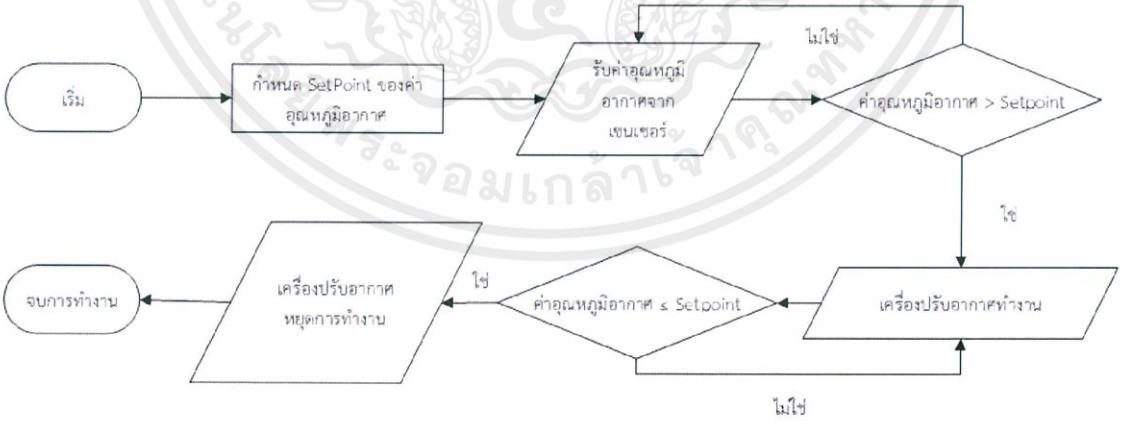
หลักการทำงานของระบบทำความเย็นนั้นมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนด Set point ของค่าอุณหภูมิของอากาศที่ต้องการ

2. วัดค่าอุณหภูมิของอากาศจากเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งไว้

3. เปิดการทำงานของเครื่องปรับอากาศเพื่อลดอุณหภูมิของสภาวะแวดล้อมนั้น ๆ เมื่อค่าอุณหภูมิของอากาศที่วัดได้จากเซนเซอร์มีค่ามากกว่าค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ และมีการปิดการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อค่าอุณหภูมิของอากาศที่วัดได้จากเซนเซอร์มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้

รูปที่ 3.3 เซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้น



รูปที่ 3.4 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ระบบควบคุมความชื้น

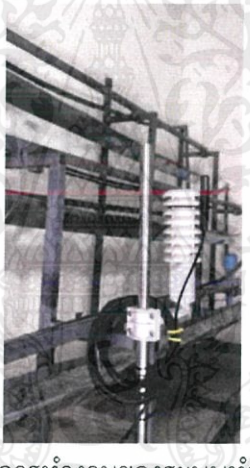
หลักการทำงาน

หลักการทำงานของระบบทำความชื้นนั้นมีขั้นตอนดังนี้

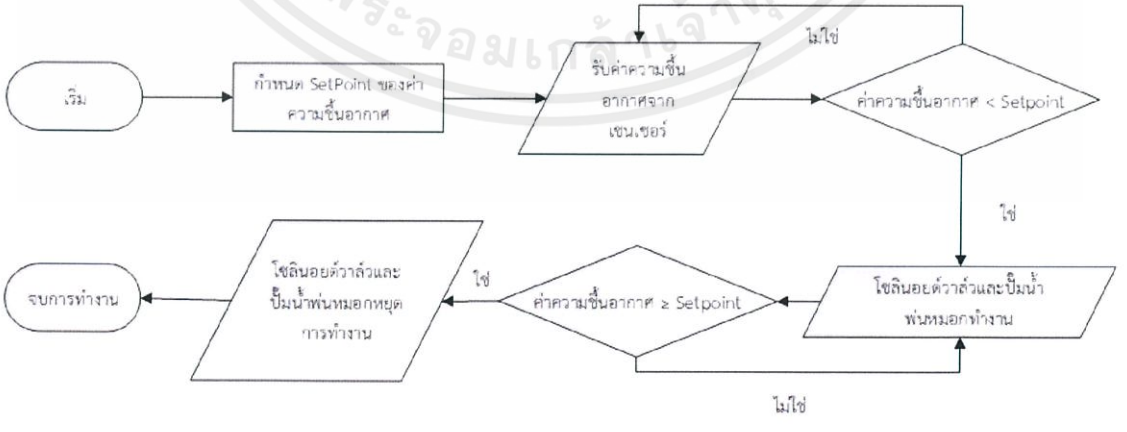
1. กำหนด Set point ของค่าความชื้นของอากาศที่ต้องการ

2. วัดค่าความชื้นของอากาศจากเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งไว้

3. เปิดการทำงานของโซลินอยด์วาล์วเพื่อเปิดทางน้ำระหว่างถังเก็บน้ำกับปั๊มน้ำและเปิดการทำงานของปั๊มน้ำเพื่อใช้ในการพ่นหมอกเพื่อเพิ่มความชื้นของสภาวะแวดล้อมนั้น ๆ เมื่อค่าความชื้นของอากาศที่วัดได้จากเซนเซอร์มีค่าน้อยกว่าค่าความชื้นที่กำหนดไว้ และมีการปิดการทำงานของโซลินอยด์วาล์วเพื่อปิดทางน้ำระหว่างถังเก็บน้ำกับปั๊มน้ำและปิดการทำงานของปั๊มน้ำที่ใช้ในการพ่นหมอกเมื่อค่าความชื้นของอากาศที่วัดได้จากเซนเซอร์มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าความชื้นที่กำหนดไว้



รูปที่ 3.5 การทำงานของระบบทำความชื้น



รูปที่ 3.6 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบทำความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ระบบผสมและส่งจ่ายอาหารและน้ำ (Fertigation control)

อุปกรณ์ที่ใช้ : - ปั๊มน้ำ SEAFLO-40 220VAC 198Watt จำนวน 2 ตัว

- ถังน้ำพลาสติก 200 ลิตร จำนวน 4 ถัง (ถังปุ๋ยและน้ำ)
- ถังน้ำพลาสติก 50 ลิตร จำนวน 1 ถัง (ถังผสม)
- ท่อ PE 4 ขนาด 16 mm ยาว 20 m

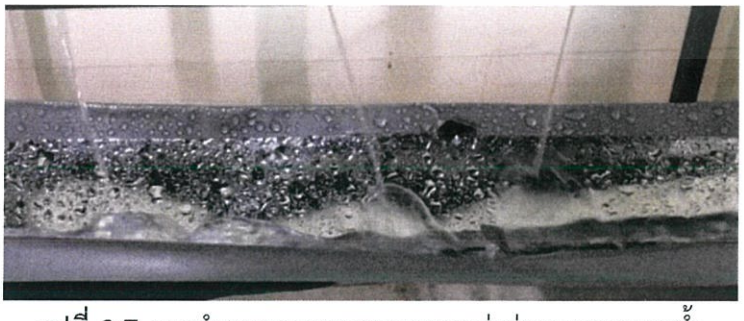
หลักการทำงาน

หลักการทำงานของระบบผสมและส่งจ่ายอาหารและน้ำนั้นมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดช่วงเวลาในการส่งจ่ายอาหาร Set point ของค่าความชื้นของดินที่ต้องการ

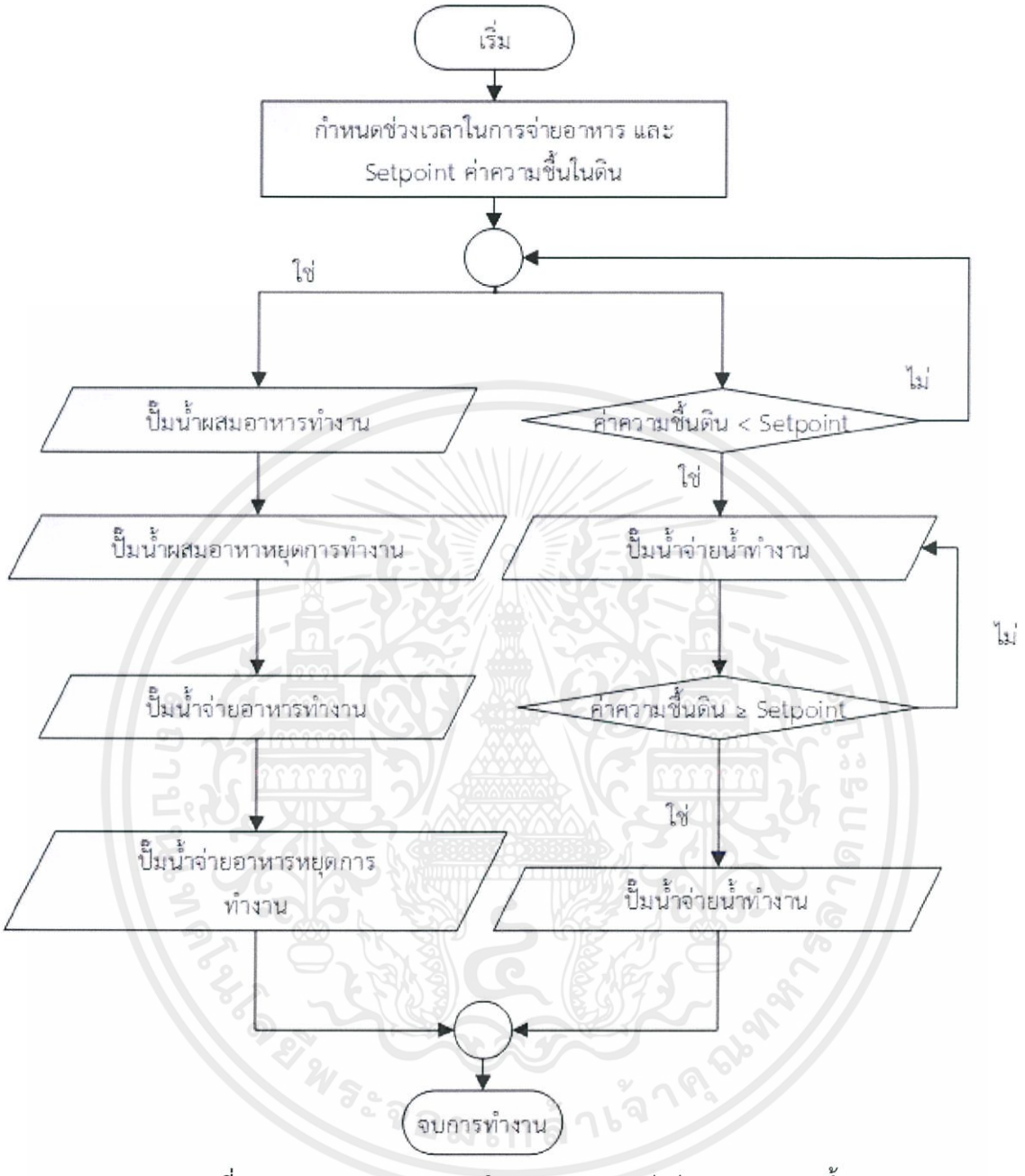
2. เมื่ออยู่ในช่วงเวลาการทำงานของระบบส่งจ่ายอาหารจะมีการเปิดการทำงานของโซลินอยด์วาล์วเพื่อเปิดทางส่งจ่ายระหว่างถังเก็บอาหารและน้ำกับปั๊มน้ำผสมอาหารและถังผสมอาหารและเปิดการทำงานของปั๊มน้ำผสมอาหารเพื่อใช้ในดูดอาหารและน้ำจากถังเก็บอาหารและน้ำเข้ามาในถังผสมอาหารและเมื่อผสมอาหารเสร็จเรียบร้อยก็จะปิดการทำงานของโซลินอยด์วาล์วระหว่างถังเก็บอาหารและน้ำกับปั๊มน้ำผสมอาหารและถังผสมอาหาร และจะเปิดโซลินอยด์วาล์วระหว่างถังผสมอาหารกับท่อในการส่งจ่ายอาหารและน้ำ และเปิดการทำงานของปั๊มน้ำที่ใช้ในการส่งจ่ายอาหารและน้ำเพื่อส่งจ่ายอาหารและน้ำไปยังพืชต่อไป

3. เมื่ออยู่นอกช่วงเวลาการทำงานของระบบส่งจ่ายอาหารจะมีการทำงานของระบบส่งจ่ายน้ำเพียงอย่างเดียว โดยจะรับค่าความชื้นของดินจากเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งไว้ โดยเมื่อค่าความชื้นของดินที่วัดได้จากเซนเซอร์มีค่าน้อยกว่าค่าความชื้นที่กำหนดไว้ โซลินอยด์วาล์วที่ติดตั้งอยู่ระหว่างถังเก็บน้ำและปั๊มน้ำที่ใช้ในการส่งจ่ายอาหารและน้ำก็จะทำงานเพื่อส่งจ่ายน้ำไปยังพืชตามท่อส่งจ่ายอาหารและน้ำเช่นเดียวกับการส่งจ่ายอาหาร และเมื่อค่าความชื้นของดินที่วัดได้จากเซนเซอร์มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าความชื้นที่กำหนดไว้ โซลินอยด์วาล์วที่ติดตั้งอยู่ระหว่างถังเก็บน้ำและปั๊มน้ำที่ใช้ในการส่งจ่ายอาหารและน้ำก็จะหยุดการทำงาน



รูปที่ 3.7 การทำงานของระบบผสมและส่งจ่ายอาหารและน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



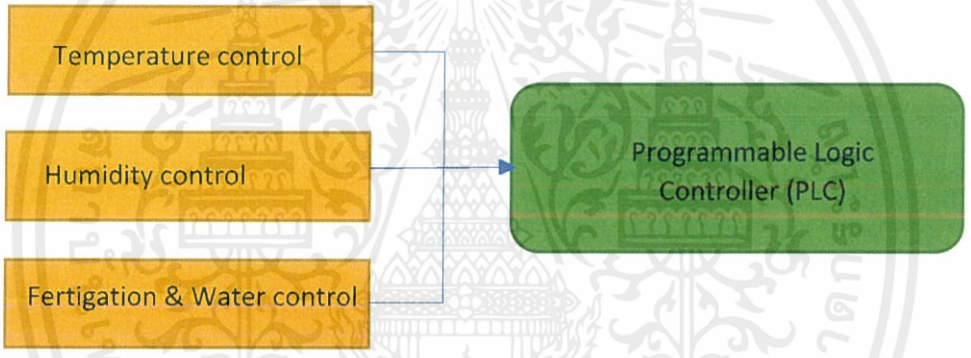
รูปที่ 3.8 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบส่งจ่ายอาหารและน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

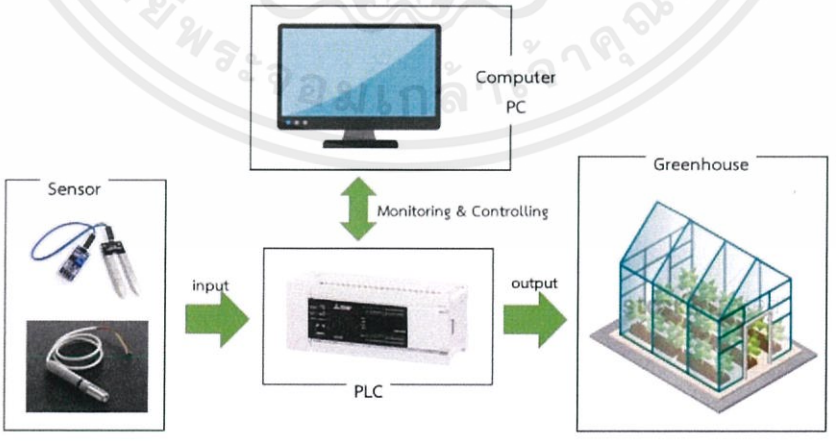
3.2.4 ระบบควบคุมและประมวลผล

เมื่อทำการออกแบบระบบต่าง ๆ สำหรับการสร้างสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการปลูกสตรอเบอร์รี่แล้ว ต้องทำการออกแบบระบบประมวลผลและควบคุมหลัก ซึ่งจะทำหน้าที่รับค่าอินพุตจากเซนเซอร์ในแต่ละส่วน จากนั้นจึงประมวลผลค่านั้น ๆ ตามเงื่อนไขที่ได้ออกแบบไว้ก่อนหน้า และส่งออกค่าเอาต์พุตเพื่อไปควบคุมการทำงานในแต่ละระบบ

ระบบประมวลผลและควบคุมนี้จะทำการควบคุมทั้ง 2 โรงเรือน คือ โรงเรือนที่ควบคุมแสงจากหลอด LED และโรงเรือนที่ใช้แสงธรรมชาติ เนื่องจากอุปกรณ์ประมวลผลควบคุม 1 ตัวมีประสิทธิในการทำงานที่เพียงพอสำหรับทั้งสองโรงเรือน ซึ่งจะลดต้นทุนด้านอุปกรณ์และเป็นการใช้อุปกรณ์ให้เกิดความคุ้มค่าสูงสุด



รูปที่ 3.9 แผนภาพโครงสร้างการทำงานของระบบประมวลผลและควบคุม



รูปที่ 3.10 แผนภาพแสดงส่วนอุปกรณ์ในการทำงานของระบบประมวลผลและควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ : PLC Mitsubishi FX5U-64MR/ES + Module FX5-485-ADP + ESP8266

Supply	100-240 VAC, 50/60 Hz
Input / Output points	64 points (32 Input points/32 Output points)
Input type	Sink/Source
Input signal voltage	24 VDC +20% -15%
Input signal current	4-5.3 mA/24 VDC
Output type	Relay
External power supply	30 VDC or less / 240 VAC or less
Max. load	2 A/point
Min. load	5 VDC, 2mA
Analog input points	2 points (2 channels)
Analog input	0-10 VDC
Analog output points	1 points (1 channels)
Analog output	0-10 VDC
Built-in	Ethernet communication, RS-485 communication

รูปที่ 3.11 PLC Mitsubishi FX5U-64MR/ES และ Module FX5-485-ADP

รูปที่ 3.12 ESP8266

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนอินพุตของโรงเรือน 2 โรง (จำแนกตามชนิดของสัญญาณ)

- Digital: Switch

- Analog: pH sensor จำนวน 1 อินพุต, Wind speed sensor จำนวน 1 อินพุต รวม 2 อินพุต

- RS485 communication: temperature and humidity sensor จำนวน 9 อินพุต, Soil temperature and humidity sensor จำนวน 3 อินพุต, Water level จำนวน 5 อินพุต 17 รวม อินพุต

หมายเหตุ : Built-in RS485 สามารถรองรับอินพุตได้ 1 Master และ 15 Slave ซึ่งไม่เพียงพอสาหรับอินพุตในระบบ จึงต้องทาการต่อโมดูลเพิ่มเติม คือ Module FX5-485-ADP ซึ่งรองรับได้ 16 Slave รวมทั้งสิ้น 31 Slave

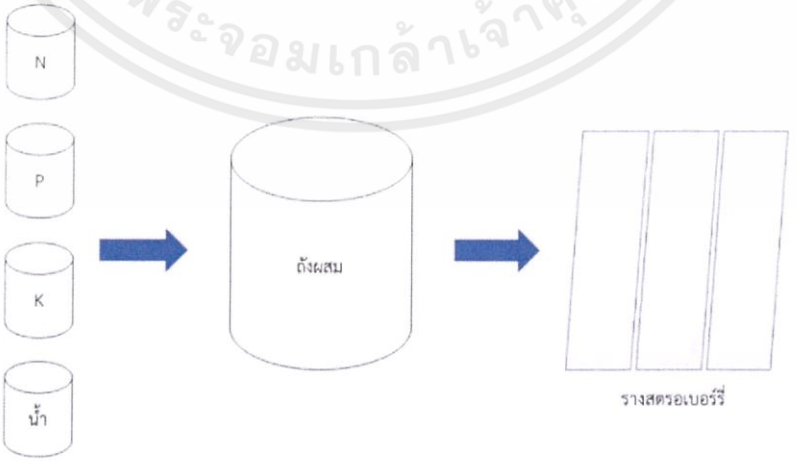
จำนวนเอาต์พุต ของ 2 โรงเรือน (จำแนกตามชนิดของสัญญาณ)

- Digital: เครื่องปรับอากาศ จำนวน 2 เครื่อง, ปั๊มน้ำ จำนวน 3 ตัว, Solenoid valve จำนวน 10 ตัว, หลอดไฟ จำนวน 4 หลอด รวมทั้งสิ้น 19 เอาต์พุต

หลักการทำงาน

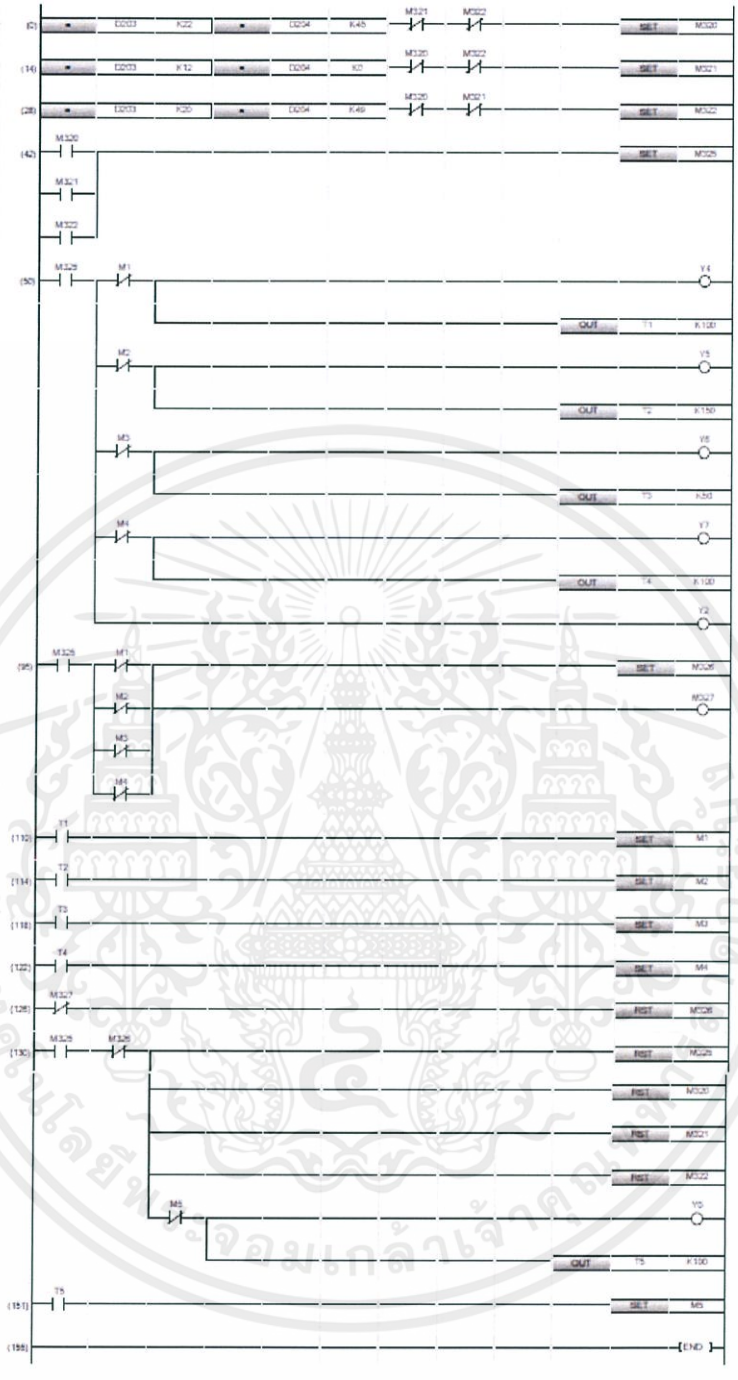
หลักการทำงานของระบบผสมและส่งจ่ายอาหารและน้ำนั้นมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดช่วงเวลาในการเปิดของโซลินอยด์วาล์วของปุ๋ยแต่ละตัวและน้ำที่จะนำไปผสม เมื่อถึงเวลาที่กำหนดไว้ ปุ๋ยและน้ำจะถูกส่งไปยังถังผสม
2. เมื่อถึงเวลาที่ทำการตั้งไว้ ปุ๋ยที่ทำการผสมจะถูกส่งไปยังสตรอเบอร์รี่ที่ทำการปลูกไว้บนถาด



รูปที่ 3.13 หลักการทำงานของระบบควบคุมและประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 รูป Ladder diagram ที่ทำการเขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

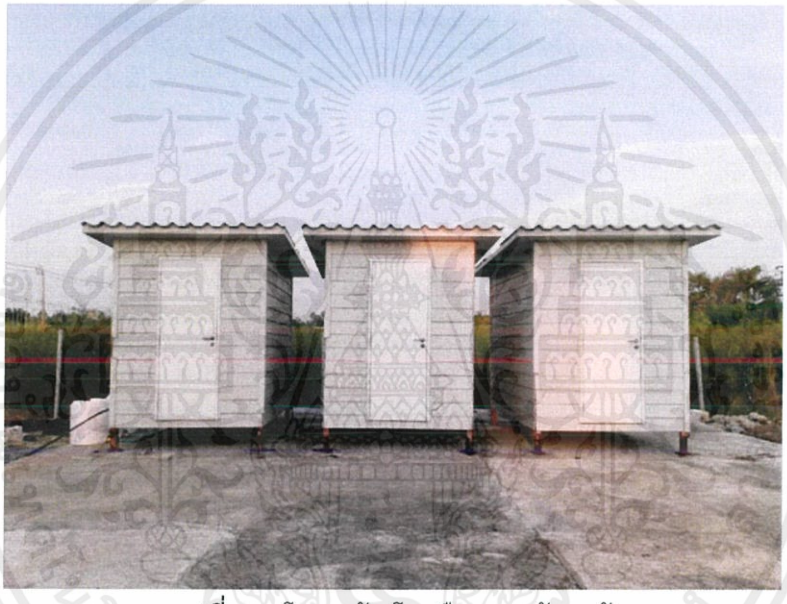
บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 ผลการติดตั้งอุปกรณ์และทดสอบระบบบริหารจัดการโรงเรือน

4.1.1 ผลการติดตั้งอุปกรณ์

4.1.1.1 โครงสร้างภายนอก

จากการทำการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับระบบส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำนั้น จะพบได้ว่า สามารถทำการติดตั้งได้และทำงานได้โดยที่ไม่มีปัญหาติดขัด

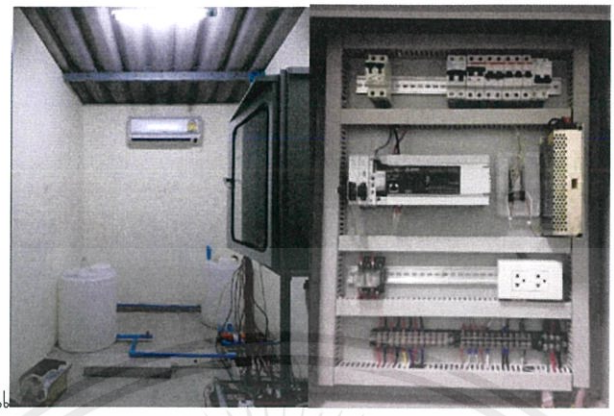


รูปที่ 4.1 โครงสร้างโรงเรือนจากข้างหน้า

รูปที่ 4.2 การติดตั้งถังปุ๋ยเพื่อเตรียมการผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.2 โครงสร้างภายในโรงเรือน

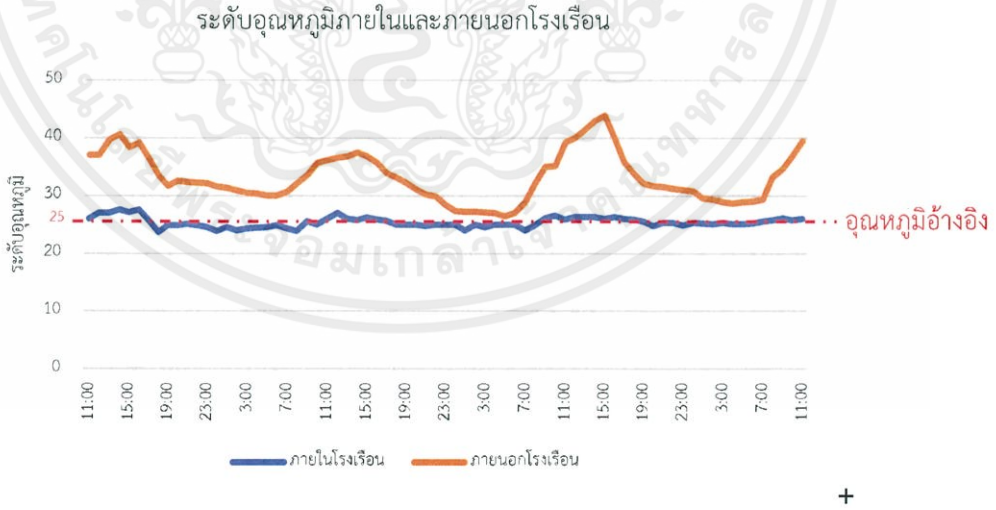


รูปที่ 4.3 ภายในห้องควบคุมและตู้ควบคุม

จากรูปที่ 4.3 ได้บ่งบอกถึงลักษณะห้องที่ทำการควบคุม ซึ่งได้ติดตั้งถังปุ๋ยที่ได้ทำการผสมแล้วเพื่อส่งไปยังโรงเรือน และติดตั้งท่อจากถังน้ำไปยังปั๊มน้ำเพื่อทำการลำเลียงไปยังหัวพ่นหมอกภายในโรงเรือน นอกจากนั้นได้มีตู้ควบคุมทำหน้าที่รับส่งข้อมูลผ่านระบบ SCADA

4.1.2 ผลการทดสอบระบบบริหารจัดการโรงเรือน

4.1.2.1 ระบบควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงระดับอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือน

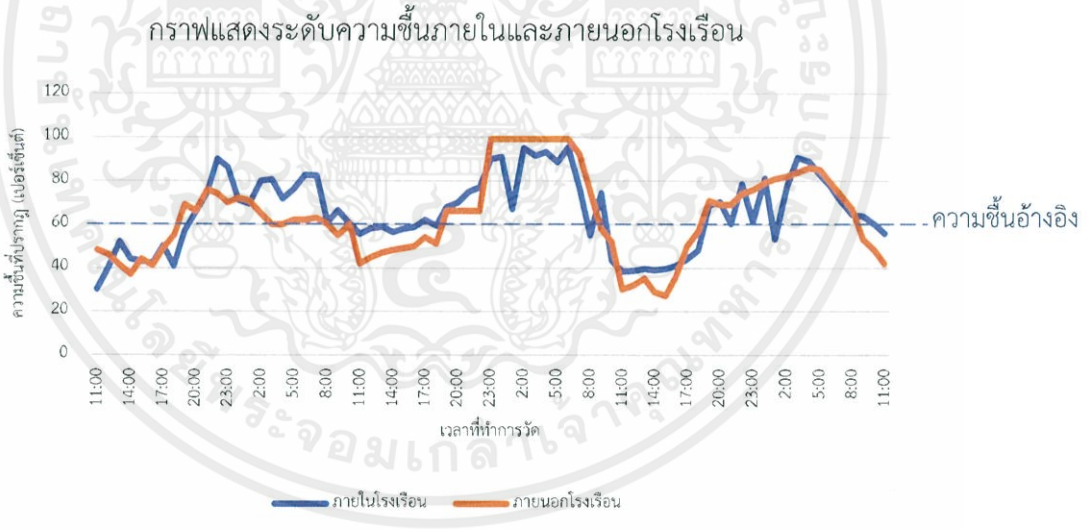
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบ คณะผู้ศึกษาได้ทำการตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 25 °C เป็นอุณหภูมิอ้างอิงและทำการเปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อทำการควบคุมระบบอุณหภูมิให้คงที่ในระหว่างการทดสอบ พบว่าระบบควบคุมอุณหภูมิสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้อยู่ในขอบเขตของอุณหภูมิอ้างอิง แม้ว่าอุณหภูมิภายนอกจะมีระดับที่ค่อนข้างสูง แต่ตอนกลางคืนจะมีระดับที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอ้างอิงก็จะทำให้เครื่องปรับอากาศไม่ต้องทำงานหนัก

4.1.2.2 ระบบทำความชื้น

จากการทดสอบ คณะผู้ศึกษาได้ทำการตั้งค่าให้ตัวพ่นละอองน้ำทำงานเมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ตรวจวัดต่ำกว่า 60% จากรูปที่ 4.5 พบว่าระบบสามารถทำการรักษาระดับความชื้นได้ แต่ทั้งนี้การทำงานได้ขึ้นกับสภาพแวดล้อมในช่วงเวลาที่ทำการวัดเนื่องจากความความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้นั้นจะเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อมภายนอกโรงเรือน เช่น ในช่วงเวลา 23.00 น. ของวันที่สองของการสังเกตการณ์ ช่วงเวลานั้นจะเป็นช่วงเวลาที่เกิดฝนตกบริเวณโรงเรือน จึงทำให้ค่าความชื้นในโรงเรือนนั้นมากกว่าที่ควรจะเป็น

คำแนะนำ: ควรทำการติดตั้งพัดลมดูดอากาศเพื่อทำการปรับลดความชื้นที่มากเกินไปให้กลับไปอยู่ในสภาวะที่ปกติ



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงระดับความชื้นภายในและภายนอกโรงเรือน

4.1.2.3 ระบบส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำ

จากการทดสอบระบบส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำ ระบบสามารถทำงานได้โดยการนำธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการแต่ละชนิดมาผสมตามอัตราส่วนที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งอัตราส่วนที่กล่าวมานั้นสามารถทำการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนได้ตามความต้องการของพืชที่ทำการปลูก จากนั้นเมื่อถึงเวลาที่กำหนด ปุ๋ยที่ผสมแล้วจะถูกส่งผ่านท่อไปยังรางปลูกสตรอเบอร์รี่เพื่อทำการให้อาหารสู่สตรอเบอร์รี่

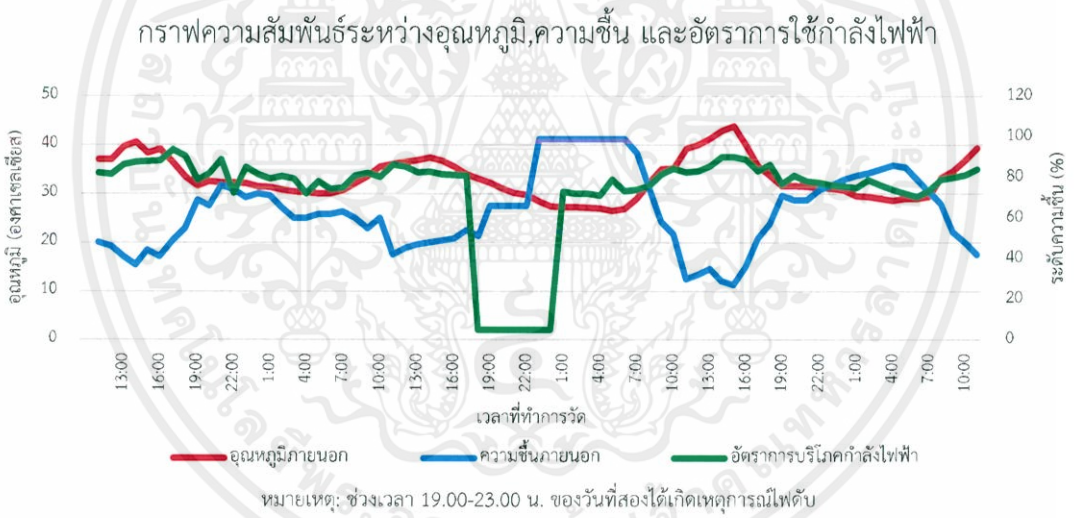
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.4 ระบบควบคุมและประมวลผล

จากการทดสอบระบบควบคุมและประมวลผลด้วย PLC (Programmable Logic Controller) พบว่าสามารถทำงานและสามารถควบคุมการทำงานของระบบต่าง ๆ ได้ตามลักษณะคำสั่งที่ได้ทำการสั่งไว้ อีกทั้งยังสามารถปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมตามเงื่อนไขการควบคุมระบบได้ง่ายและรวดเร็วและมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดี

4.2 บทวิเคราะห์ทางการเงิน

การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการเป็นการวิเคราะห์เพื่อการตัดสินใจว่าโครงการที่จัดทำขึ้นมีลักษณะคุ้มทุนหรือไม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณเงินค่าใช้จ่ายที่ใช้ รายได้และกำไรในโครงการทั้งหมด แล้วจัดสรรแหล่งที่มาของเงินทุนที่เหมาะสม ต้นทุนรวมสำหรับการปลูกสตรอเบอร์รี่ ประกอบด้วย 2 ส่ว่น คือต้นทุนคงที่ในด้านพลังงานไฟฟ้าและต้นทุนแปรผันซึ่งประกอบด้วยต้นทุนทางด้านต้นทุนทางด้านต้นพันธุ์สำหรับเพาะปลูกรวมทั้งต้นทุนค่าบริการจัดการระบบภายในโรงเรือน



รูปที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ,ความชื้น และอัตราการใช้กำลังไฟฟ้า

เมื่อปริมาณไอน้ำและความกดอากาศคงที่ แต่อุณหภูมิเกิดการเปลี่ยนแปลง ความชื้นสัมพัทธ์ก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โดยมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงดังนี้

ถ้าอุณหภูมิต่ำลงค่าความชื้นสัมพัทธ์จะมากขึ้น เนื่องจากเมื่ออากาศเย็นตัวลง ปริมาตรของอากาศจะหดตัว จำนวนไอน้ำที่มีอยู่จึงมีจำนวนต่อพื้นที่มากขึ้น ในขณะที่อากาศสามารถรับไอน้ำได้น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่าความชื้นสัมพัทธ์จะต่ำลง เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาตรของอากาศจะขยายตัวมากขึ้น ทำให้อากาศรับไอน้ำมากขึ้นดังรูปที่ 4.6

กล่าวคือ ความสามารถในการอุ้มน้ำของอากาศแปรผันกับอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์จะแปรผกผันกับอุณหภูมิ

จากรูปที่ 4.6 จะพบว่าในช่วงที่อุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ จะมีอัตราการใช้กำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนจะต้องเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้สภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนมีความเหมาะสมและรักษาระดับให้เป็นไปตามค่าที่ได้ตั้งไว้ แต่ทว่าในช่วงที่อุณหภูมิลดลง และความชื้นได้เพิ่มขึ้น อัตราการใช้กำลังไฟฟ้าจะลดลง จึงสรุปความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ,ความชื้น และอัตราการใช้กำลังไฟฟ้าได้ว่า อัตราการใช้กำลังไฟฟ้านั้นแปรผันกับอุณหภูมิและแปรผกผันความชื้นสัมพัทธ์

ต้นทุนคงที่ในด้านค่าพลังงานไฟฟ้า

ตารางที่4.1 ตารางโหลดประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในโรงเรือนที่ทำการทดลองในช่วงนอกฤดูกาล

Load	Day	Night
Air Conditioner (1kW.)	12 Hours.	12 Hours.
PLC (0.5kW.)	1 Hours.	1 Hours.
Water Pump for Foggy (0.1W)	1 Hours.	-
Water Pump for Fertigation (0.2W)	1 Hours.	-
Water Pump for Watering (0.2W)	12 Hours.	-
Lighting (0.5kW.)	12 Hours.	12 Hours.

จากตารางโหลด พบว่าการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าในฤดูหนาวต่อวัน เท่ากับ 42.6 kWhr ดังนั้นในฤดูหนาวจะเสียค่าไฟฟ้าหน่วยละ 5.1135 บาทในช่วงเวลา on-peak และ 2.6037 บาทในช่วงเวลา off-peak คิดเป็นเงินประมาณ (6.391×30×5.1135)+(5.5779×30×2.6037)=1,416.10 บาท/เดือน = 8496.6 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นทุนแปรผัน

ต้นทุนแปรผันซึ่งประกอบด้วยต้นทุนทางด้านต้นพันธุ์สาหรับเพาะปลูกพันธุ์USA ราคาต้นกล้า ต้นละ 30 บาท (ต้นทุนค่าบริหารจัดการระบบภายในโรงเรือนยังไม่ได้นำมาคำนวณ) โดยที่รางปลูกต้นสตรอเบอร์รี่ยาว 2.5 เมตร วางปลูกห่างต้นละ 30 เซนติเมตร ในหนึ่งรางจะปลูกได้ 8.333 ต้น ซึ่งในโรงเรือน1โรงมีรางทั้งหมด 6 ราง เท่ากับ 50 ต้น เราปลูกทั้งหมด 2 โรงจึงปลูกทั้งหมด 100 ต้น โดย 1 ต้นจะให้ผลผลิตประมาณ 1 kg ดังนั้นรายได้คือราคาขาย/kg คูณผลผลิต 1 รอบ (100kg) และค่าต้นทุนคงที่ด้านพลังงานไฟฟ้าคิดเฉพาะโรงที่ทำการต่อตรงด้วยไฟฟ้า ส่วนโรงที่จะใช้โซลาเซลล์ไม่นำมาคิดค่าต้นทุนคงที่ด้านพลังงานไฟฟ้า โดยที่รอบการผลิตแรก เริ่มช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนมีนาคม (6เดือน) และรอบที่สองของการผลิตเริ่มที่ช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนกันยายน (6เดือน) แต่ในช่วงเวลาทำที่ทำการทดลองทำในช่วงรอบ เดือนเมษายน-กันยายน ดังนั้นรายได้ รายจ่าย และกำไร จะแสดงทั้งหมดตามตารางนี้

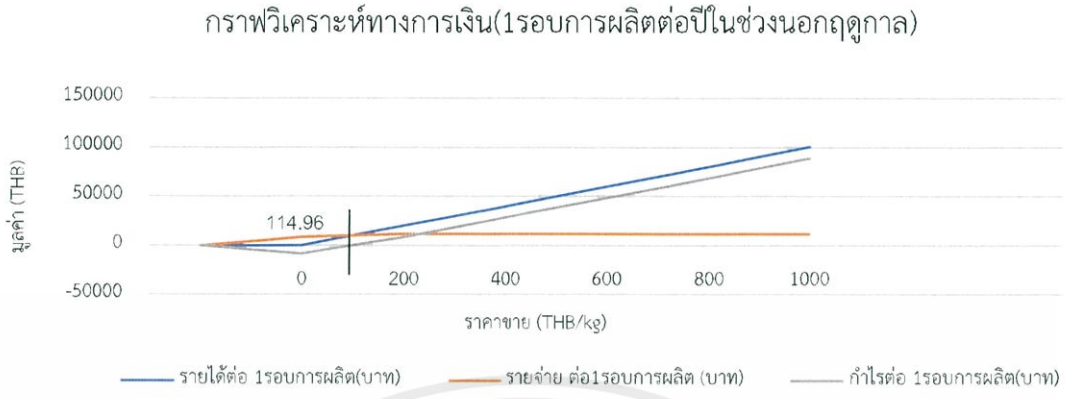
ตารางที่ 4.2 ตารางรายได้ รายจ่ายและกำไร สำหรับการปลูกและขายสตรอเบอร์รี่ 1 รอบการผลิตต่อปี ในช่วงฤดูกาล

ราคาขาย/kg (บาท/กิโลกรัม)	รายได้ต่อ 1รอบการผลิต(บาท) (เม.ย.-ก.ย.)	รายจ่าย ต่อ1รอบการผลิต (บาท)*2 (เม.ย.-ก.ย.)	กำไรต่อ 1รอบการผลิต(บาท) (เม.ย.-ก.ย.)
0	0	8496.6	-8496.6
114.96	11496.6	11496.6	0
200	20000	11496.6	8503.4
214.35*1	21435	11496.6	9938.4
400	40000	11496.6	28,503.7
600	60000	11496.6	48503.4
800	80000	11496.6	68503.4
1000	100000	11496.6	88503.4

หมายเหตุ : 1. ราคาขาย/กิโลกรัม คณะผู้ศึกษาได้มาจากการสำรวจราคาของสตรอเบอร์รี่ที่ได้ขายจริง ณ ร้านค้าซุปเปอร์มาร์เก็ต

2.รายจ่าย 1 รอบการผลิต = ต้นทุนคงที่ด้านพลังงานไฟฟ้าในช่วงนอกฤดูกาล + ค่าพันธุ์สตรอเบอร์รี่ USA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 กราฟวิเคราะห์ทางการเงิน(1รอบการผลิตต่อปีในช่วงนอกฤดูกาล)

จากรูปภาพที่ 4.7 จะพบว่าควรขายสตรอเบอร์รี่ในช่วงที่ราคาขายมากกว่าราคากิโลกรัมละ 114.96 บาท ซึ่งกาไรจะสามารถขึ้นไปสูงสุดถึงประมาณ 88,000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง และ ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จุดประสงค์ของการพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะสำหรับการปลูกสตรอเบอร์รี่ คือ ศึกษาการจัดทำและพัฒนาระบบการควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือนปลูกพืชโดยใช้ PLC (Programmable Logic Controller) โดยจะมีรายละเอียดดังนี้

5.1.1 ระบบควบคุมอุณหภูมิ

ระบบควบคุมอุณหภูมินั้นทำงานโดยใช้เครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ และใช้เซ็นเซอร์เป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิภายในโรงเรือน ซึ่งจากการทดสอบที่อุณหภูมิไว้ที่ 25 °C ดังรูปที่ 4.4 ผลปรากฏว่าระบบควบคุมอุณหภูมิสามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในขอบเขตที่ได้ทำการตั้งไว้ แม้อุณหภูมิภายนอกจะสูงขึ้นมากก็ตาม

5.1.2 ระบบทำความชื้นในอากาศ

ความชื้นถือเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับพืช ซึ่งจะทำงานโดยใช้หัวพ่นหมอกพ่นละอองน้ำเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมความชื้น และใช้เซนเซอร์เป็นตัวตรวจวัดความชื้นภายในโรงเรือน ซึ่งจากการทดสอบให้ความชื้นอยู่ในช่วง 60-70% ดังรูปที่ 4.5 ผลปรากฏว่าระบบความคุมความชื้นสามารถควบคุมความชื้นให้มากกว่า 60% แต่ยังไม่สามารถลดความชื้นเมื่อมากกว่า 70% จึงต้องติดตั้งพัดลมระบายความชื้นเพิ่มเติม

5.1.3 ระบบส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำ

ระบบส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำนับว่ามีความสำคัญสำหรับการเจริญเติบโตของพืชเป็นอย่างยิ่ง โดยจากการทดสอบระบบส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำนั้น ระบบสามารถทำงานได้ด้วยการนำปุ๋ยแต่ละตัวมาผสมตามอัตราส่วนที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งอัตราส่วนที่กล่าวมานั้นสามารถทำการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนได้ตามรูปแบบพืชที่ทำการปลูก จากนั้นเมื่อถึงเวลาที่กำหนด ปุ๋ยที่ผสมแล้วจะถูกส่งผ่านท่อไปยังรางปลูกสตรอเบอร์รี่เพื่อทำการให้แร่ธาตุสู่สตรอเบอรี่

5.1.4 ระบบควบคุมและประเมินผล

ระบบอัตโนมัตินั้นถือเป็นระบบที่ช่วยให้การทำงานของมนุษย์นั้นเป็นเรื่องที่ง่ายขึ้น แต่ทว่าระบบอัตโนมัตินั้นามารถเกิดขึ้นได้จากการนำระบบย่อย ๆมารวมกัน ซึ่งจากการทดสอบ พบว่าตัวระบบควบคุมและประมวลผลด้วย PLC (Programmable Logic Controller) สามารถทำงานได้ตามลักษณะคำสั่งที่ได้ทำการสั่งไว้ก่อนหน้านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรเลือกใช้เซนเซอร์ที่มีความเที่ยงตรงและแม่นยำมากยิ่งขึ้น เหมาะสมกับขนาดของโรงเรือน

2. ในระบบควบคุมอุณหภูมิ ควรเลือกใช้วัสดุที่ไม่ดูดซับความร้อน และถ่ายเทความร้อนได้ดี หรือเพิ่มอุปกรณ์อื่น ๆ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและลดภาระของเครื่องปรับอากาศ

3. โรงเรือนควรจะเป็นระบบปิด เพื่อลดปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนไม่ให้เปลี่ยนแปลงจากความต้องการ

4. ติดตั้งระบบสังเกตการณ์ระยะไกลที่สามารถตอบสนองได้รวดเร็ว เพื่อดูพฤติกรรมของพืชและอุปกรณ์ภายในโรงเรือน และลดการเข้า-ออกโรงเรือน เพื่อทำให้เป็นระบบปิดที่สมบูรณ์ตามข้อที่ 3

5. ศึกษาการให้อาหารแก่พืชรูปแบบใหม่ จากเดิมให้อาหารตามเวลาที่กำหนดไว้ เป็นการให้ปุ๋ยภายใต้ความต้องการของพืช ณ ขณะนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ดนัย หลาสุดตา และ วิรัติ อัศวานุวัตร, "**การสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด จาลองแบบไรสาย**," วารสารวิชาการ, ปีที่ 8, ฉบับที่ 1, 2551, หน้า 1-14

[2] ศุภวุฒิ ผากา, สันติ วงศ์ใหญ่ และ อดิศร ถมยา," **การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดในโรงเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตาบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง** ", วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลาปาง, ปีที่ 7, ฉบับที่ 1, 2557, หน้า 58-69

[3] ธนากร น้ำหอมจันทร์ และอติกร เสรีพัฒนานนท์, "**ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดินแบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำแบบอัตโนมัติ โดยใช้ระบบควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้**", วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปีที่ 8, ฉบับที่ 1, 2557, หน้า 98-111

[4] จักรกฤษณ์ หมั่นวิชา, "**เทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะ**", บทความวิชาการ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหาดใหญ่, 14(2), 2559

[5] ผศ.ดร.ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, "การปลูกพืชผักในโรงเรือน", มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550, หน้า 6-13

[6] "สตรอว์เบอร์รี" [ออนไลน์]: https://www.thai-thaifood.com/th/%E0%B8%AA%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%AD%E0%B8%A7%E0%B9%8C%E0%B9%80%E0%B8%9A%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%A3%E0%B8%B5/

[7] "**สตรอเบอร์รี่หวานฉ่ำ หลากหลายพันธุ์พระราชทาน**" [ออนไลน์]: https://hilight.kapook.com/view/73312

[8] ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์, **สตรอเบอร์รี่พืชเศรษฐกิจใหม่**, กรุงเทพ, สนพ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2543.

[9] "**RS485**", [ออนไลน์]: https://www.omi.co.th/th/article/rs485

[10] "PLC Protocol: การสื่อสารแบบ Modbus Protocol," [ออนไลน์] https://riverplusblog.com/2011/08/18/

[11] "**sensor / เซนเซอร์**", [ออนไลน์]: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4340/sensor-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[12] **"วิธีคำนวณ BTU ให้พอดีกับห้อง"**, [ออนไลน์]: http://www.teddyaircond.com/th/articles/31466-btu

[J13] **"การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ (Fertigation)"**, [ออนไลน์]: https://www.thaiwatersystem.com/article/31/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%83%E0%B8%AB%E0%B9%89%E0%B8%9B%E0%B8%B8%E0%B9%8B%E0%B8%A2%E0%B9%83%E0%B8%99%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B3-fertigation

[14] **"การให้ปุ๋ยพร้อมกับการให้น้ำ (Fertigation)"**, [ออนไลน์]: https://www.ku.ac.th/e-magazine/march44/agri/water/

[15] **"อุปกรณ์การให้น้ำพืชสมัยใหม่,"** [ออนไลน์]: https://www.ku.ac.th/e-magazine/february44/agri/water.html

[16] **"ระยะสำหรับวางปลูกสตรอเบอร์รี่"**, [ออนไลน์]: https://farmerhipster.wordpress.com/2017/04/19/%E0%B8%84%E0%B8%B9%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9B%E0%B8%A5%E0%B8%B9%E0%B8%81%E0%B8%AA%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%AD%E0%B8%A7%E0%B9%8C%E0%B8%AD%E0%B8%B4%E0%B8%99/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Temperature and Humidity sensor RS485 transmitter

Specification

DC power supply	10-30 VDC	
Maximum power consumption	RS485 Output	0.4 W
Accuracy	Temperature	±3%RH
	Humidity	±0.5 C (25c)
Transmitter circuit operating temperature	-20 – 60 °C 0RH%-80RH%	
Probe operating temperature	-40~120 °C (-40-80°C default)	
Probe operating humidity	0%RH-100%RH	
Long-term stability	Temperature	≤1%RH/Y
	Humidity	≤0.1 c/y
Responsible time	Temperature	≤6s (1m/s speed wind)
	Humidity	≤18s (1m/s wind speed)
Output	RS485	RS485 Modbus
Device address	1-255 available ,1 default	
Byte format	8-bit data bits 1 stop bit No check	
Remark	Note: The maximum current of the product with display increases by 5A	

Wire color	Description	Wire color	Description
Brown	Power +10-30 VDC	Blue	485-B
Black	Power -, Signal -	Green	Relay main contact
Yellow	485-A	White	Relay no contact

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Analog pH meter pro

Specification

- Module power: 5.00 V
- Module size: 43 mm x 32 mm (1.70" ×1.26")
- Measuring range: 0-14 pH
- Measuring temperature: 0-60 °c
- Accuracy: ±0.1 pH (25°C)
- Response time: ≤ 1 minute
- Industry pH Electrode with BNC Connector
- pH 2.0 Interface (3 foot patch)
- Gain adjustment potentiometer
- Power Indicator LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Temperature and Humidity Tester soil measurement sensor meter RS485

Specification

Output Signal	Voltage Output0-2V (The output impedance of approximately 0 Euro)	Current output4-20mA Load Resistance <500ohm)	RS485 Interface Modbus Protocol
Supply voltage	3.6-30V/DC DC	12-30V/DC DC	3.6-30V/DC DC
Static power	6mA@24V DC DC	50mA@24V DC DC (Two current output channels are 20mA)	6mA@24V DCDC
Soil moisture range	Range:0-50%,0-100% Resolution:0-50%(0.03%),50-100%(1%) Accuracy:0-50%(2%),50-100%(3%)		
Electric conductivity Range	Range:0-5000us/cm,10000us/cm,20000us/cm Resolution:0-10000us/cm(10us/cm), 100000-20000us/cm(50us/cm) Accuracy: 0-10000us/cm(±3%); 10000-20000us/cm(±5%)		
Conductivity Temperature Compensation	Built-in temperature compensation sensor, Compensation range0-50°C		
Temperature measurement range	range: -40~80°C, Resolution:0.1°C,accuracy :±0.5°C		
The measuring principle	FDR method of soil moisture, soil conductivity AC bridge method, Insert situ soil or immersed in broth, or integrative water and fertilizer nutrient solution to test directly.		
Protection class	IP68 Immersion in water can be used for a long		
Operating Environment	-40~85°C		
Probe material	Special electrode corrosion		
Sealing material	Black flame-retardant epoxy resin		
Mounting	All buried or probes inserted all measured media		
The default cable length	2M, can be customizable		
Connection	Preloaded cold terminal		
Size	45*15*145mm		
Electrode length	70mm		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Water level transient level transducer sensor

Specification

- Measurement Range: 0-5mH_2O/50kPa
- Measurement Medium: Water
- Power Supply: 24VDC
- Output Signal: 4-20mA
- Accuracy: ±0.5%FS
- Overload Capacity: Two times full-scale pressure
- Using Temperature: -20°C —120 °C
- Compensation Temperature Range: -10°C —80°C
- ZTC: (typical): ±0.02%FS/c
- STC: (typical): ±0.02%FS/c
- Long-term Stability: (typical): ±0.1%FS/year
- Waterproof Class: IP68
- Load Resistance: less than (U-10)/0.02 Ω
- Shell Material: 316L stainless steel
- Explosion-proof Type: Exia II CT6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Water flow sensor

Specification

- Working voltage: 5V-24V
- Maximum current: 15 mA (DC 5V)
- Weight: 43 g
- Flow rate range: 0.5~60 L/min
- Operating temperature: 0°C~80°C
- Operating humidity: 35%~90%RH
- Operating pressure: under 1.75Mpa
- Store temperature: -25°C~+80°C
- Store humidity: 25%~90%RH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Light intensity sensor/RS485 Modbus Protocol

Specification

- DC power supply: 10-30VDC
- Maximum power consumption: 0.4W
- Accuracy:
- Humidity: ± 3% RH (5% RH ~ 95% RH, 25C)
- Temperature: ± 0.5C, (25C)
- Light intensity: ± 7% (25C)
- Light intensity range: 0-65535lux
- Working temperature: -20 ~ 60C, 0% RH ~ 80% RH
- Long-term stability:
- Temperature: 0.1C / y
- Humidity: 1% / y
- Light intensity: 5% / y
- Response time:
- Temperature: 18S (1m / s wind speed)
- Humidity: 6s (1m / s wind speed)
- Light intensity: 0.1S
- Output signal: RS485 output (Modbus protocol)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Humidity & Temperature sensor

Specification

- RH Range: 0-100 %
- Accuracy RH: ±3%
- Input voltage: Analog 0.5 - 4.5 V @ supply 5V
- Temperature: -40°C - 125°C
- Accuracy temperature: ±0.3°C
- Supply: 2.7 V- 5.5 V
- Humidity Equation: $V_{out}(mV) = \frac{\%RH}{100} \times Supply(mV)$
- Temperature Equation: $V_{out}(mV) = (\frac{T(°C)}{165} + 0.2424) \times Supply(mV)$
- Line connection:
  - Red: supply 5V
  - Black: GND
  - Yellow: Humidity sensor
  - White: Temperature sensor

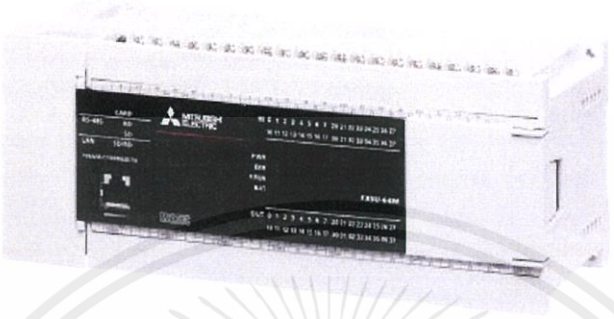
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
อุปกรณ์ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Programmable Logic Control (PLC)

Mitsubishi FX5U-64MR/ES

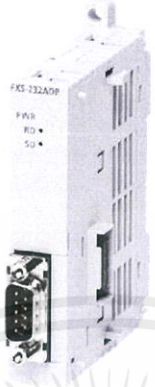


Specification

- Rated voltage: 100 - 240 VAC
- Frequency rating: 50-60 Hz
- No. of input points: 32 points
- No. of input point: 32 points
- Input signal current: 4-5.3 mA / 24 VAC
- Output type: Relay
- Externa power supply: 30 VDC or less / 240 VAC or less
- Maximum load: 2A/point
- Minimum load: 5 VDC, 2mA
- Analog input point: 2 points (2 channels)
- Analog input: 0-10 VDC
- Analog output point: 1 point (1 channel)
- Analog output: 0-10 VDC
- Built-in: Ethernet communication, RS485 communication

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FX5-232ADP

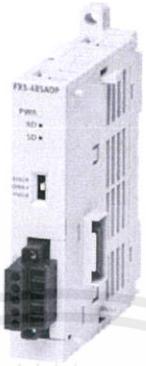


Specification

FX5U CPU module	Ver. 1.000 or later (from first production)	
FX5UC CPU module	Ver. 1.010 or later (from first production)	
Dielectric withstand voltage	500 VAC for one minute	Between 9-pin D-Sub connector and ground terminal of CPU module
Insulation resistance	10 MΩ or higher by 500 V DC insulation resistance tester	
Rated voltage	5 VDC	
	24 VDC	
Current consumption	30 mA / 5 V DC	
	30 mA / 24 V DC	
Transmission standard	Conforming to RS-232C	
Maximum transmission distance	15 m	
Connection method	9-pin D-sub, male	
Insulation	Photo-coupler isolation (Between communication line and CPU module)	
Communication method	Half-duplex/Full-duplex	
Band rate	300/600/1200/2400/4800/9600/19200/38400 57600/115200 (bps)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FX5-485ADP



Specification

FX5U CPU module	Ver. 1.000 or later (from first production)	
FX5UC CPU module	Ver. 1.010 or later (from first production)	
Dielectric withstand voltage	500 VAC for one minute	Between 9-pin D-Sub connector and ground terminal of CPU module
Insulation resistance	10 MΩ or higher by 500 V DC insulation resistance tester	
Rated voltage	5 VDC	
	24 VDC	
Current consumption	30 mA / 5 V DC	
	30 mA / 24 V DC	
Transmission standard	Conforming to RS-485/RS-422	
Maximum transmission distance	1200 m	
Connection method	European terminal block	
Insulation	Photo-coupler isolation (Between communication line and CPU module)	
Communication method	Half-duplex/Full-duplex	
Band rate	300/600/1200/2400/4800/9600/19200/38400 57600/115200 (bps)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
บทความทางวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อยอดและพัฒนาต้นแบบฟาร์มอัจฉริยะสำหรับการปลูกสตอเบอร์รี่ในโรงเรือนปิด

SMART FARM TECHNOLOGY DEVELOPMENT FOR AGRICULTURAL CROPS

นายวรธร ศรีโยธา นายวรปราชญ์ วิไลวงษ์ นายวิศรุต เดชโชติวณิชย์
นายวีรุตน์ หมกทอง นายศุภวิชญ์ ทองสมบูรณ์ นายสุทเขตต์ บัวผัน
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาย ชมภูอินไหว
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
1 ซอยฉลองกรุง 1 ถนนฉลองกรุง แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
โทรศัพท์ +66(0) 2329 8000-2329

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาฟาร์มอัจฉริยะสำหรับการปลูกสตรอเบอร์รี่ในโรงเรือนปิด เพื่อเป็นต้นแบบสำหรับการปลูกพืชต่าง ๆ ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ โดยสามารถปลูกพืชนอกฤดูกาลได้ด้วยการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ภายในโรงเรือนให้มีการนำระบบการควบคุมอุณหภูมิ, ความชื้น, แสง, และระบบส่งจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติ โดยทำการติดตั้งระบบทำอุณหภูมิ, ความชื้น, และระบบส่งจ่ายปุ๋ย จากนั้นมีการออกแบบและจัดทำระบบ SCADA และระบบควบคุมภายในโรงเรือน โดยนำเทคโนโลยีการประมวลผลและควบคุมจาก PLC (Programmable Logic Controller) ทำให้เกษตรกรสามารถติดตามสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนและควบคุมการทำงานของโรงเรือนจากทางไกลผ่านอินเทอร์เน็ต

Abstract

This thesis is the study and development of smart farm for growing strawberries in order to be a prototype for growing every valuable plant which can grow the out-of-season plant by using technology to apply inside the greenhouse for temperature, humidity, lighting, and fertilizer transfer control system working automatically by installing temperature, humidity, lighting, and fertilizer transfer control system. Then we have designed and installed the SCADA system for monitoring and controlling inside the smart farm by bringing processing technology to apply and control from PLC (Programming Logic Controller) which made farmers and gardeners can check the environment inside the farm and control the operation from internet.

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการทำเกษตรกรรมเป็นอาชีพหลักมาช้านาน ซึ่งในแต่ละภูมิภาคของประเทศจะมีสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกันออกไปสำหรับการปลูกพืชต่าง ๆ แต่ทว่าพืชต้องการปัจจัยที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตกับพืชนั้น ๆ จึงทำให้เกิดข้อจำกัดในเรื่องของแหล่งพื้นที่ในการปลูกสำหรับพืชบางชนิด

ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางการเกษตรนั้นมีความก้าวหน้าไปอย่างมาก ซึ่งเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมและเป็นที่สนใจอย่างเทคโนโลยี “สมาร์ทฟาร์ม (Smart Farm)” ได้ถูกนำมาใช้ในเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการเกษตรในหลายๆด้าน ซึ่งถ้าหากนำหลักการของสมาร์ทฟาร์มมาประยุกต์ในการปลูกสตรอเบอร์รี่จะทำให้เราสามารถตรวจวัดสภาพแวดล้อมขณะปลูกและสามารถใช้ข้อมูลนั้นเพื่อเป็นฐานข้อมูลในการควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการปลูกสตรอเบอร์รี่ได้อีกด้วย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้หลักการของสมาร์ทฟาร์มผสมผสานกับการใช้เทคโนโลยีการประมวลผลและควบคุมเพื่อควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือนปลูกพืชแบบปิดอย่างอัตโนมัติมาใช้ในการพัฒนาฟาร์มอัจฉริยะเพื่อให้เหมาะสมต่อการปลูกสตรอเบอร์รี่

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 สมาร์ทฟาร์ม

ฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) เป็นการทำฟาร์มโดยนำวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้เป็นเครื่องมือ เพื่อให้เกิดความสะดวกและง่ายต่อการจัดการ โดยสามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

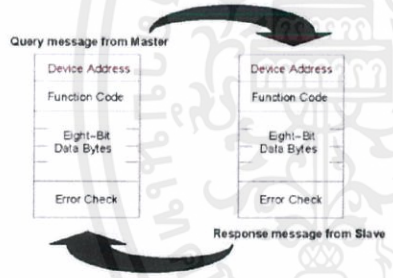
และถูกต้องแม่นยำ มีการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า เพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ช่วยลดต้นทุนการผลิต

2.2 Programmable Logic Controller (PLC)

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (Programmable logic Control : PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่าง ๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็นมันสมองสั่งการที่สำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที ตัวตรวจวัดหรือสวิตช์ต่าง ๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย

2.3 โปรโตคอลมอดบัส (Protocol Modbus)

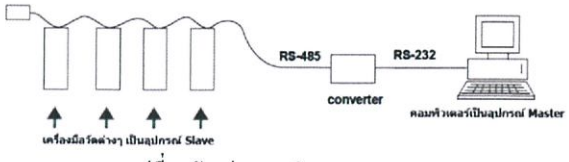
โปรโตคอลมอดบัส (Modbus Protocol) เป็นรูปแบบการสื่อสารข้อมูลดิจิตอลแบบอนุกรม (Serial Communication) ในแบบ Master และ Slave คือการสื่อสารของอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการสั่งการเพียง 1 ตัวเรียกว่า Master ไปยังอุปกรณ์ที่รับคำสั่งในการทางานอื่น ๆ เรียกว่า Slave โดย Slave นั้นสามารถเชื่อมต่อได้สูงสุด 255 เครื่อง



รูปที่ 1 การสื่อสารระหว่าง Master และ Slave

2.4 RS485 (Recommend Standard no.485)

RS485 คือมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลดิจิตอลแบบอนุกรม (serial communication) ซึ่งถูกกำหนดขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1998 โดยความร่วมมือของ TIA (Telecommunications Industry Association) และ EIA (Electronic Industries Association) มาตรฐาน RS485 ถูกใช้อย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากสามารถส่งสัญญาณได้ไกลและยังสามารถส่งพร้อม ๆ กันได้หลายจุด



รูปที่ 2 ตัวอย่างการทำงานของ RS485

3. การดำเนินการ

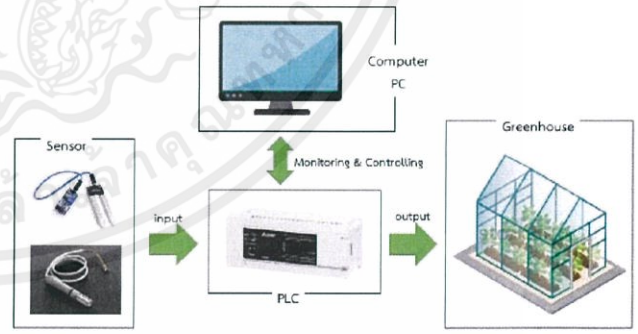
การออกแบบระบบจัดการภายในโรงเรือน

ระบบจัดการภายในโรงเรือนนั้นจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนที่ใช้ทำการตรวจวัดค่าจากองค์ประกอบต่าง ๆ และระบบที่ทำการควบคุมและประมวลผล โดยอุปกรณ์ทั้งหมดนี้จะได้รับการควบคุมและประมวลผลด้วย PLC ซึ่งต้องทำการควบคุมและบริหารดังนี้

-ระบบทำความชื้น (Humidity control system) จากการทดสอบ จะพบว่าระบบทำความชื้นนั้นสามารถทำงานได้เมื่อถึงค่าความชื้นที่ได้ต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ ก็จะเริ่มการทำงานโดยตัวพ่นละอองน้ำจะทำการปล่อยน้ำเพื่อทำการเพิ่มความชื้นในอากาศ

- ระบบผสมและส่งจ่ายอาหารและน้ำ (Fertigation control system) จากการทดสอบระบบส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำนั้น ระบบสามารถทำงานได้โดยการนำปุ๋ยแต่ละตัวมาผสมตามอัตราส่วนที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งอัตราส่วนที่กล่าวมานั้นสามารถทำการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนได้ตามรูปแบบพืชที่ทำการปลูก จากนั้นเมื่อถึงเวลาที่กำหนด ปุ๋ยที่ผสมแล้วจะถูกส่งผ่านท่อไปยังรางปลูกสตรอเบอร์รี่เพื่อทำการให้อาหารสู่สตรอเบอร์รี่

-ระบบควบคุมและประมวลผล (Control and processing system) จากการทดสอบ พบว่าตัวระบบควบคุมและประมวลผลด้วย PLC (Programmable Logic Controller) สามารถทำงานได้ตามลักษณะคำสั่งที่ได้ทำการสั่งไว้ก่อนหน้านี้



รูปที่ 3 การทำงานของระบบจัดการภายในโรงเรือน

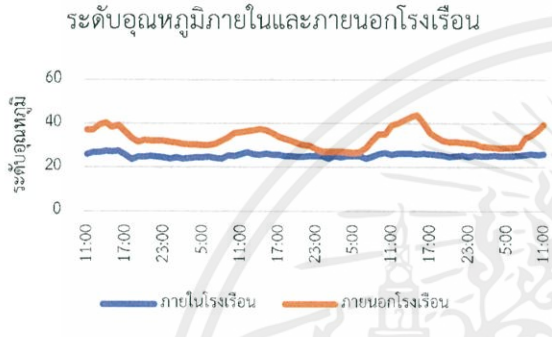
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผลการจัดการและทดสอบระบบ

ผลการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ระบบทำความชื้น ระบบส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำ และระบบควบคุมและประมวลผล

4.1 ระบบควบคุมอุณหภูมิ

จากการทดสอบ จะพบว่าระบบควบคุมอุณหภูมิจะทำการควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในขอบเขตที่ได้ตั้งค่าไว้ โดยได้ทำการตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 25°C และทำการเปิดต่อเนื่องเป็นเวลา 3 วัน



รูปที่ 4 ระดับอุณหภูมิภายในและภายนอกจากโรงเรือน

4.2 ระบบทำความชื้น

จากการทดสอบ จะพบว่าระบบทำความชื้นนั้นสามารถทำงานได้เมื่อถึงค่าความชื้นที่ได้ต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ ก็จะเริ่มการทำงานโดยตัวพ่นละอองน้ำจะทำการปล่อยน้ำเพื่อทำการเพิ่มความชื้นในอากาศ โดยจะมีกราฟที่แสดงค่าความชื้นเป็นเวลา 3 วัน

รูปที่ 5 ระดับความชื้นภายในและภายนอกจากโรงเรือน

4.3 ระบบส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำ

จากการทดสอบระบบส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำ สามารถทำงานได้โดยการนำปุ๋ยแต่ละตัวมาผสมตามอัตราส่วนที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งอัตราส่วนที่กล่าวมานั้นสามารถทำการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนได้ตามรูปแบบพืชที่ทำการปลูก จากนั้นเมื่อถึงเวลาที่กำหนด ปุ๋ยที่ผสมแล้วจะถูกส่งผ่านท่อไปยังรางปลูกสตรอเบอร์รี่เพื่อทำการให้อาหารสู่สตรอเบอร์รี่

4.4 ระบบควบคุมและประมวลผล

จากการทดสอบ พบว่าตัวระบบควบคุมและประมวลผลด้วย PLC (Programmable Logic Controller) สามารถทำงานได้ตามลักษณะคำสั่งที่ได้ทำการสั่งไว้ก่อนหน้านี้

5. สรุป

จุดประสงค์ของการพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะสำหรับการปลูกสตรอเบอร์รี่ คือ ศึกษาการจัดทำและพัฒนาระบบการควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือนปลูกพืชโดยใช้ PLC (Programmable Logic Controller) โดยจะมีรายละเอียดดังนี้

5.1 ระบบควบคุมอุณหภูมิ

ระบบควบคุมอุณหภูมินั้นทำงานโดยใช้เครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ และใช้เซ็นเซอร์เป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิภายในโรงเรือน ซึ่งจากการทดสอบที่อุณหภูมิไว้ที่ 25 °C ผลปรากฏว่าระบบควบคุมอุณหภูมิสามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในขอบเขตที่ได้ทำการตั้งไว้ แม้อุณหภูมิภายนอกจะสูงขึ้นมากก็ตาม

5.2 ระบบทำความชื้นในอากาศ

จากการทดสอบ คณะผู้ศึกษาได้ทำการตั้งค่าให้ตัวพ่นละอองน้ำทำงานเมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ตรวจวัดต่ำกว่า 60% พบว่าระบบสามารถทำการรักษาระดับความชื้นได้ แต่ทั้งนี้การทำงานได้ขึ้นกับสภาพแวดล้อมในช่วงเวลาที่ทำการวัดเนื่องจากความความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้นั้นจะเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อมภายนอกโรงเรือน

5.3 ระบบส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำ

จากการทดสอบระบบส่งจ่ายปุ๋ยและน้ำนั้น ระบบสามารถทำงานได้โดยการนำปุ๋ยแต่ละตัวมาผสมตามอัตราส่วนที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งอัตราส่วนที่กล่าวมานั้นสามารถทำการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนได้ตามรูปแบบพืชที่ทำการปลูก จากนั้นเมื่อถึงเวลาที่กำหนด ปุ๋ยที่ผสมแล้วจะถูกส่งผ่านท่อไปยังรางปลูกสตรอเบอร์รี่เพื่อทำการให้อาหารสู่สตรอเบอร์รี่

5.4 ระบบควบคุมและประเมินผล

ระบบอัตโนมัตินั้นถือเป็นระบบที่ช่วยให้การทำงานของมนุษย์นั้นเป็นเรื่องที่ง่ายขึ้น แต่ทว่าระบบอัตโนมัตินั้นมารถเกิดขึ้นได้จากการนำระบบย่อย ๆมารวมกัน จากการทดสอบระบบควบคุมและประมวลผลด้วย PLC (Programmable Logic Controller) พบว่าสามารถทำงานและสามารถควบคุมการทำงานของระบบต่าง ๆ ได้ตามลักษณะคำสั่งที่ได้ทำการสั่งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จบรรลุตามเป้าหมายไปได้ด้วยความสมบูรณ์ ข้องขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาย ชมภูอินไหว ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ที่คอยให้คำปรึกษาช่วยเหลือและชี้แนะในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

คณะผู้จัดทำมีความหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อทุกท่านที่มีความสนใจต้องการจะศึกษาหาความรู้ในเรื่องนี้ จึงขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

เอกสารอ้างอิง

[1] จักรกฤษณ์ หมั่นวิชา, **"เทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะ"**, บทความวิชาการ สาขาวิชาเทคโนโลยี

[2] "PLC Protocol: การสื่อสารแบบ Modbus Protocol," [ออนไลน์] https://riverplusblog.com/2011/08/18/

[3] "RS485", [ออนไลน์]: https://www.omi.co.th/th/article/rs485

ประวัติผู้เขียน

นายวรธร ศรีโยธา
เบอร์โทรศัพท์ : (+66) 84 196 2210
E-mail: dukesriyotha@gmail.com

นายวรปราชญ์ วิไลวงษ์
เบอร์โทรศัพท์ : (+66) 84 389 2974
E-mail: pocky959@gmai.com

นายวิศรุต เดชโชติวณิชย์
เบอร์โทรศัพท์ : (+66) 97 315 5599
E-mail: yacht.detchotwanich@gmail.com

นายวีรุตน์ หมกทอง
เบอร์โทรศัพท์ : (+66) 84 509 5784
E-mail: veerut_game12@windowslive.com

นายศุภวิชญ์ ทองสมบูรณ์
เบอร์โทรศัพท์ : (+66) 99 061 2777
E-mail: dew-ittipat-51@gmail.com

นายสุทเขตต์ บัวผัน
เบอร์โทรศัพท์ : (+66) 81 355 3524
E-mail: khet27639@gmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายวรธร ศรีโยธา
ที่อยู่ : 220 หมู่11 ถ.เพียรบำรุง ต.ตำนาน อ.เมือง จ.พัทลุง 93000
เบอร์โทรศัพท์ : (+66) 84 196 2210
E-mail: dukesriyotha@gmail.com

นายวรปราชญ์ วิไลวงษ์
ที่อยู่ : 400 หมู่2 ต.เจริญศิลป์ อ.เจริญศิลป์ จ.สกลนคร 47290
เบอร์โทรศัพท์ : (+66) 84 389 2974
E-mail: pocky959@gmail.com

นายวิศรุต เดชโชติวณิชย์
ที่อยู่ : 127,327 หมู่2 ถ.สุขาภิบาล ต.เขื่อนอุบลรัตน์ อ.อุบลรัตน์ จ.ขอนแก่น 40250
เบอร์โทรศัพท์ : (+66) 97 315 5599
E-mail: yacht.detchotwanich@gmail.com

นายวีรุตน์ หมกทอง
ที่อยู่ : 1/103 ซ.เมืองทอง1 ถ.วันดีโฆษิตกุลพร ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช 80000
เบอร์โทรศัพท์ : (+66) 84 509 5784
E-mail: veerut_game12@windowslive.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายศุภวิชญ์ ทองสมบูรณ์
ที่อยู่ : 85 ม.8 ต.หนองนกไข่ อ.กระทุ่มแบน จ.สมุทรสาคร 74110
เบอร์โทรศัพท์ : (+66) 99 061 2777
E-mail: dew-ittipat-51@gmail.com

นายสุทเขตต์ บัวผัน
ที่อยู่ : 18 หมู่2 ต.ป่าไก่ อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี 70140
เบอร์โทรศัพท์ : (+66) 81 355 3524
E-mail: khet27639@gmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้