การพัฒนาระบบปลูกข้าวด้วยเกษตรแบบแนวตั้ง

The development of rice cultivation with vertical farming system

นางสาวปฐมพร รีเรียง

นายปรัชญา พานิช

นายสุรเกียรติ กิจแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2561

การพัฒนาระบบปลูกข้าวด้วยเกษตรแบบแนวตั้ง

The development of rice cultivation with vertical farming system

นางสาวปฐมพร รีเรียง

นายปรัชญา พานิช

นายสุรเกียรติ กิจแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2561

ใบรับรองโครงงาน

หัวข้อโครงงาน : การพัฒนาระบบปลูกข้าวด้วยเกษตรแบบแนวตั้ง

The development of rice cultivation with vertical farming system

ผู้ดำเนินโครงงาน : นางสาวปฐมพร รีเรียง รหัสนิสิต 58362506

นายปรัชญา พานิช รหัสนิสิต 58362520

นายสุรเกียรติ กิจแก้ว รหัสนิสิต 58362902

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ขวัญชัย ไกรทอง

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2561

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงงาน

.....ประธานกรรมการ

(ผศ.ดร.ขวัญชัย ไกรทอง)

.....กรรมการ

(รศ.ดร.มัทนี สงวนเสริมศรี)

.....กรรมการ

(ผศ.ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ)

หัวข้อโครงงาน : การพัฒนาระบบปลูกข้าวด้วยเกษตรแบบแนวตั้ง

ผู้ดำเนินโครงงาน : นางสาวปฐมพร รีเรียง รหัส 58362506

นายปรัชญา พานิช รหัส 58362520

นายสุรเกียรติ กิจแก้ว รหัส 58362902

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน : ผศ.ดร.ขวัญชัย ไกรทอง

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2561

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาระบบปลูกข้าวแบบแนวตั้งที่ใช้ระบบแสงเทียมจากหลอดไฟฟ้าชนิด LED ที่มีความยาวคลื่นแสงสีน้ำเงินเป็น 430-460 นาโนเมตร และความยาวคลื่นแสงสีแดงเป็น 630-660 นาโนเมตร โดยใช้อัตราส่วนในการติดตั้งแสงสีแดงต่อแสงสีน้ำเงินเป็น 2:1 ที่สามารถควบคุมความเข้มของแสงและควบคุมเวลาของการให้แสง รวมถึงระบบการให้น้ำอัตโนมัติที่ควบคุมระดับน้ำได้

ผลการศึกษาพบว่าระบบปลูกข้าวแบบเกษตรแนวตั้งที่พัฒนาขึ้นมีคุณสมบัติที่สามารถปรับค่าความเข้มแสงในช่วง 176 ลักซ์ ถึง 6,030 ลักซ์ และสามารถให้น้ำที่อัตราการไหลสำหรับชั้นที่ 1 เฉลี่ยเป็น 7.50 ลิตรต่อนาที และสำหรับชั้นที่ 2 เฉลี่ยเป็น 5.36 ลิตรต่อนาที โดยพบอัตราการใช้พลังงานสูงสุดในระบบแสงเทียมที่มีค่าเป็น 963.71 วัตต์ชั่วโมงต่อวัน และเมื่อทดสอบการใช้งานด้วยการปลูกข้าวในระยะเวลาช่วงการเจริญเติบโตเริ่มต้นเป็นระยะเวลาช่วงสั้น พบว่าการให้แสงของ LED ต่อต้นข้าวในระยะเวลา 24 ชั่วโมงต่อวัน ทำให้ต้นข้าวเจริญเติบโตได้รวดเร็ว จึงสามารถสรุปได้ว่า ระบบปลูกข้าวแบบเกษตรแนวตั้งด้วยการใช้แสง LED ที่มีการควบคุมการให้แสงและการให้น้ำต่อต้นข้าวที่พัฒนาขึ้นในโครงงานนี้สามารถนำมาใช้ปลูกข้าวและทำให้ต้นข้าวมีอัตราการเจริญเติบโตที่สูง

Project Title : The development of rice cultivation with vertical farming system

Name : Miss.Pathomporn Reereang ID. 58362506

Mr.Prachaya Panich ID. 58362520

Mr.Surakiat Kitkaew ID. 58362902

Project Advisor : Asst. Prof. Kwanchai Kraitong

Academic Year : 2018

Abstract

This research aims to develop a vertical rice farming system with an artificial lighting using blue light LED with wavelength at 430-460 nanometer and red light LED with wavelength at 630-660 nanometer in condition of the installation ratio of red light to blue light being 2:1. This developed system can control the light intensity and the light operating time for the rice cultivation. Moreover, it is installed with the automatic water system for the water level control.

From the results, it was found that the developed vertical rice farming system could adjust the light intensity range from 176 lux to 6,030 lux and operate at the average flow rate being 7.50 liters per minute for the first rack and the average flow rate being 5.36 liters per minute for the second rack. Additionally, the maximum energy consumption of 963.71 Watt-hour per day was in the artificial light system. When the short testing of rice cultivation applied, it was known that the LED light system operating 24 hours made rice plants grow fast. Therefore, it might be concluded that the developed vertical smart farming system with the time LED light control in this project could apply to the rice cultivation with the great growth rate.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ทางคณะผู้ดำเนินงานต้องขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตาจารย์ดร.ขวัญชัย ไกรทอง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่กรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำโครงงาน ตลอดจนติดตามประเมินผลการทำโครงงานมาโดยตลอด ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณกรรมการสอบโครงงานรองศาสตราจารย์ ดร.มัทนี สงวนเสริมศรี และผู้ช่วยศาสตราจารย์ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินโครงงาน

ขอขอบคุณบิดามารดาที่ให้การอุปการะเลี้ยงดูและสั่งสอนจนกระทั่งสามารถเติบโตมาจนถึงปัจจุบัน ตลอดจนช่วยอุปการะทางการเงินและคอยให้กำลังใจที่ดีเสมอมาจนกระทั่งโครงงานเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำโครงงานและขอขอบพระคุณฝ่ายเลขานุการ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินโครงงาน

สุดท้ายนี้ ผู้ดำเนินงานขอมอบคุณงามความดีที่เกิดขึ้นจากโครงงานนี้ แด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และถ้าเกิดข้อผิดพลาดประการใดจากโครงงานนี้ ผู้ดำเนินงานต้องการขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นางสาวปฐมพร รีเรียง

นายปรัชญา พานิช

นายสุรเกียรติ กิจแก้ว

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองโครงงาน ..... ก

บทคัดย่อ ..... ข

Abstract ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... ง

สารบัญ ..... จ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 3

1.3 ขอบเขต 3

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ 3

1.5 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 4

1.6 งบประมาณที่ใช้ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 การเกษตรแบบแนวตั้ง 5

2.2 การปลูกข้าว 18

บทที่ 3 การออกแบบ 22

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.1 แนวคิดและการออกแบบ.....22

3.2 การออกแบบระบบควบคุมและวัดผล.....22

3.3 การออกแบบระบบแสง.....29

3.4 การออกแบบระบบน้ำ.....30

3.5 การออกแบบโครงสร้าง.....31

3.6 ข้อมูลทางเทคนิค.....33

3.7 การใช้งานระบบปลูกข้าวด้วยเกษตรแบบแนวตั้ง.....35

บทที่ 4 วิธีดำเนินการวิจัย.....42

4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาระยะความสูงของชั้นหลอดไฟกับปริมาณความเข้มแสง.....42

4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาระบบให้น้ำและระบบควบคุมน้ำ.....42

4.3 การทดลองที่ 3 การศึกษาการใช้พลังงานในระบบปลูกข้าวอัตโนมัติ.....43

4.4 การทดลองที่ 4 การเก็บบันทึกข้อมูลลง SD card.....45

4.5 การทดลองที่ 5 การศึกษาความเข้มแสงและระยะเวลาให้แสงต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว.....45

บทที่ 5 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....47

5.1 ผลการศึกษาระยะความสูงของชั้นหลอดไฟกับปริมาณความเข้มแสง 47

5.2 ผลการศึกษาระบบให้น้ำและระบบควบคุมน้ำ.....49

5.3 ผลการศึกษาการใช้พลังงานในระบบปลูกข้าวอัตโนมัติ.....50

5.4 ผลการเก็บบันทึกข้อมูลลง SD card.....54

สารบัญ(ต่อ)

5.5 ผลการศึกษาความเข้มแสงและระยะเวลาให้แสงต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว.....55

บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ.....58

6.1 สรุป.....58

6.2 ข้อเสนอแนะ.....58

เอกสารอ้างอิง.....59

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก 68

ภาคผนวก ข 74

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 การบริโภคข้าวของประเทศต่างๆ ในโลก.....1

5.1 ผลการทดลองระยะความสูงของชั้นหลอดไฟกับปริมาณการได้รับแสงของต้นข้าว.....47

5.2 ก ผลการทดลองเวลาในการเติมน้ำเข้าสู่ระบบ.....49

5.2 ข ผลการทดลองค่าเซ็นเซอร์วัดอัตราการไหลและปริมาณน้ำที่ถูกใช้ไป.....49

5.3 ก ผลการทดลองวัดค่ากระแสไฟและแรงดันไฟฟ้าและระยะเวลาในการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว 1.....50

5.3 ข ผลการทดลองวัดค่ากระแสไฟและแรงดันไฟฟ้าและระยะเวลาในการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว 2.....51

5.3 ค ผลการทดลองวัดค่ากระแสไฟและแรงดันไฟฟ้าและระยะเวลาในการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว 3.....51

5.3 ง ผลการทดลองวัดค่ากระแสไฟและแรงดันไฟฟ้าและระยะเวลาในการทำงานของเครื่องสูบน้ำ.....52

5.3 จ ผลการทดลองวัดค่ากระแสไฟและแรงดันไฟฟ้าและระยะเวลาในการทำงานของระบบให้แสงของชั้นปลูกทั้ง 2 ชั้น.....52

5.3 ฉ ผลการทดลองวัดค่ากระแสไฟ เวลาในการทำงานของระบบและอัตราการใช้พลังงานรวมชั่วโมงต่อวัน.....53

5.4 ก ผลการเก็บข้อมูลใน SD card ในช่วงวันที่ 21 เมษายน เวลา 05.00 น. ถึง 09.00 น. 54

5.5 ผลการเก็บข้อมูลการปลูกข้าว.....55

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 Vertical farming.....5

2.2 Smart farming.....6

2.3 แสงจากหลอด LED.....8

2.4 เครื่องสูบน้ำ DV 12V รุ่น 19W 1.6A.....10

2.5 เครื่องสูบน้ำแบบจุ่ม.....10

2.6 Arduino Mega 2560.....11

2.7 Arduino Uno.....11

2.8 โพรบวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ.....11

2.9 เครื่องแปลงสัญญาณความชื้น.....11

2.10 Light Dependent Resistor (LDR).....12

2.11 Temperature sensor.....13

2.12 Real time clock.....13

2.13 4-Channel Relay Module.....14

2.14 โซลินอยด์วาล์วพลาสติก.....14

2.15 Passive buzzer module.....15

2.16 ดิมเมอร์ตัวหรี่ไฟ.....15

2.17 โมดูลเรกูเลต.....15

2.18 Switching power supply.....16

2.19 LCD (Blue screen) 16

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.20 โมดูลบันทึกข้อมูล Micro SD card module....17

2.21 Flow meter....18

2.22 ต้นข้าว....18

2.23 ส่วนประกอบของต้นข้าว....20

3.1 การจัดขาสัญญาณไมโครคอนโทลเลอร์ Arduino MEGA 2560....23

3.2 แผนภาพการต่อแหล่งจ่ายไฟให้ไมโครคอนโทลเลอร์....23

3.3 แผนภาพการเชื่อมต่อเมตริคคีย์แพดกับ MCU....24

3.4 วงจรป้องกันหน้าคอนแทครีเลย์....25

3.5 หน้าต่างของโปรแกรม Arduino IDE....27

3.6 การเลือกพอร์ตการเชื่อมต่อ Arduino....27

3.7 การตั้งค่าบอร์ดและหมายเลขพอร์ต....28

3.8 แสดงโค้ดบางส่วนที่ใช้เขียนเพื่อสื่อสารกับ MCU....28

3.9 ก การตรวจสอบความถูกต้องของโค้ด....29

3.9 ข แสดงการตรวจสอบความถูกต้องของโค้ด....29

3.10 แสดงโค้ดบางส่วนที่ใช้เขียนเพื่อสื่อสารกับ MCU....29

3.11 หลอด LED ที่ใช้ในระบบ....30

3.12 แบบโครงสร้าง....31

3.13 วิเคราะห์ความแข็งแรงโดยใช้ระเบียบไฟไนต์เอลิเมนต์....32

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.14 โครงสร้างระบบปลูกพืชแนวตั้ง....32

3.15 จอแสดงผลจอแสดงผลการเริ่มต้นเปิดระบบ....35

3.16 จอแสดงผลการทำงานของ SD card 35

3.17 จอแสดงผลการตั้งค่าระบบ....35

3.18 จอแสดงผลแสดงข้อมูลสภาวะของระบบ....36

3.19 จอแสดงผลแสดงข้อมูลชั้นปลูกที่ 1....36

3.20 จอแสดงผลเข้าระบบการตั้งค่าแสง....37

3.21 จอแสดงผลเปิด-ปิดแสงและเครื่องสูบน้ำ....37

3.22 จอแสดงผลเปิด-ปิดแสงและเครื่องสูบน้ำ....37

3.23 จอแสดงผลตั้งค่าระบบเครื่องสูบน้ำ....38

3.24 จอแสดงผลเปิด-ปิดแสงและเครื่องสูบน้ำ....38

3.25 จอแสดงผลการตั้งค่าเวลาการเปิด-ปิดระบบน้ำ....39

3.26 หน้าจอแสดงผลการใช้พลังงานในระบบ....39

3.27 จอแสดงผลตั้งช่วงเวลาในการเก็บข้อมูล....40

3.28 จอแสดงผลเปิด-ปิดระบบวาล์ว 40

4.1 การวัดกระแสและแรงดันไฟฟ้าของโซลินอยด์วาล์วและเครื่องสูบน้ำ....44

4.2 การวัดกระแสและแรงดันไฟฟ้าของระบบให้แสง....44

5.1 กราฟแสดงอุณหภูมิในช่วง 3 วันแรกของการปลูก....48

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.2 การถ่ายภาพของต้นข้าว.....55

5.3 กราฟแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงเวลาการเพราะปลูก.....56

5.4 กราฟแสดงค่าความอุณหภูมิในช่วงเวลาการเพราะปลูก.....57

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากในปัจจุบันประชากรของโลกมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยมีการคาดการณ์ถึงจำนวนประชากรของโลกที่จะมีจำนวนเพิ่มจาก 7600 ล้านคน ไปเป็นจำนวน 8600 ล้านคนในปี พ.ศ. 2573 [1] ทำให้มีความกังวลถึงการผลิตอาหารที่จะต้องมีปริมาณมากเพียงพอเพื่อรองรับจำนวนประชากรโลกที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากในปัจจุบันพื้นที่ที่สามารถนำใช้ประโยชน์ได้ถูกนำมาใช้เป็นพื้นที่เพื่อการอยู่อาศัยสำหรับรองรับจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น จึงเกิดปัญหาการขาดแคลนพื้นที่ในการทำการเกษตร รวมถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการทำการเกษตรแบบเปิดที่ต้องขึ้นอยู่กับสภาพตามธรรมชาติของแหล่งน้ำและสภาวะอากาศ

ข้าวถือเป็นพืชที่เป็นอาหารหลักของคนทั่วโลก มีจำนวนการบริโภคข้าวทั่วโลกถึงปีละ 482.74 ล้านตัน โดยการบริโภคข้าวในประเทศไทยเท่ากับ 10.6 ล้านตัน [2]ดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 การบริโภคข้าวของประเทศต่างๆ ในโลก [2]

อัตราการบริโภคข้าว (ล้านตัน)						
Item	2015	2016	2017	2018	2019	%Change
China	141.00	141.03	141.76	142.49	143.79	0.91
India	98.24	93.45	95.84	98.82	101.10	2.31
Indonesia	38.30	37.85	37.80	38.10	38.10	0.00
Bangladesh	35.10	35.10	35.00	35.20	35.50	0.85

ตารางที่ 1.1 การบริโภคข้าวของประเทศต่างๆ ในโลก (ต่อ)

อัตราการบริโภคข้าว (ล้านตัน)						
Item	2015	2016	2017	2018	2019	%Change
Vietnam	22.00	22.50	22.00	22.00	22.20	0.91
Philippines	13.00	12.90	12.90	13.25	13.75	3.77
Thailand	10.00	9.10	12.00	10.60	10.50	-0.94
Burma	10.50	10.40	10.00	10.10	10.20	0.99
Japan	8.83	8.81	8.73	8.66	8.60	-0.64
Brazil	7.93	7.90	7.95	7.75	7.70	-0.65
Nigeria	6.10	6.40	6.70	7.10	7.20	1.41
South Korea	4.20	4.21	4.44	4.88	4.67	-4.30
United States	4.28	3.58	4.23	4.28	4.29	0.16
Nepal	3.77	3.35	4.01	3.98	4.23	6.28
Cambodia	3.90	3.90	4.00	4.15	4.20	1.20
Egypt	4.00	3.90	4.30	4.20	4.10	-2.38
Others	63.70	64.48	71.90	67.19	71.84	6.93
World Total	474.85	468.86	483.55	482.74	491.97	1.91

ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นถึงข้อจำกัดของการจำนวนพื้นที่ที่ใช้ประโยชน์และสภาวะการเปลี่ยนภูมิอากาศของโลกในปัจจุบัน ปัญหาของการปลูกข้าวแบบปกติซึ่งจำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกที่มากและพึ่งพาปัจจัยต่างๆจากธรรมชาติถูกเล็งเห็น ทางคณะวิจัยจึงมีเสนอแนวคิดในการพัฒนาระบบปลูกข้าวแบบแนวตั้ง (The development of rice cultivation with vertical farming system) ซึ่งมีลักษณะเป็นการปลูกข้าวเป็นชั้นๆ ปลูกในพื้นที่เหมาะสม โดยเป็นระบบการปลูกแบบ Smart farming สามารถกำหนดช่วงแสง ความเข้มแสง รวมถึงระดับน้ำที่ข้าวควรจะได้รับในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต นอกจากนี้ยังสามารถวัดค่าความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้น อัตราการไหลของน้ำ ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ใช้ รวมทั้งยังแสดง วัน เวลาได้ ทำให้ระบบปลูกข้าวที่แบบเป็นชั้นเรียงตามแนวตั้งนี้สามารถปลูกข้าวนอกฤดูได้ด้วยการกำหนดระบบควบคุมให้มีสภาพสิ่งแวดล้อมที่เหมือนกับสภาพแวดล้อมในฤดูนาปี ผ่านเซ็นเซอร์กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์โดยการทำงานควบคุมแบบอัตโนมัติ ดังนั้นการออกแบบระบบปลูกข้าวแบบแนวตั้งจึงเป็นประโยชน์ต่อการปลูกข้าวนอกฤดู เป็นการเพิ่มปริมาณพื้นที่การปลูกและเป็นการเพิ่มผลผลิตข้าวต่อพื้นที่เนื่องจากเป็นการปลูกในสภาวะควบคุม

1.2 วัตถุประสงค์

พัฒนาระบบปลูกข้าวแนวตั้งที่สามารถควบคุมระบบให้แสง และระบบให้น้ำในภาชนะที่ปลูกข้าวแบบอัตโนมัติ

1.3 ขอบเขต

ออกแบบและสร้างระบบปลูกข้าวแบบแนวตั้งที่สามารถควบคุมการให้แสง และ ควบคุมการปล่อยน้ำสู่ระบบได้อย่างอัตโนมัติ รวมถึงสามารถแสดงและเก็บข้อมูลค่าแสง ค่าระดับน้ำ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพันธ์ของสภาวะอากาศได้

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1.4.1 ได้ระบบปลูกข้าวแนวตั้งที่ทำงานแบบอัตโนมัติสามารถควบคุมแสงและการให้น้ำได้

1.5 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	2561						2562			
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย
1.ศึกษาทฤษฎีรวมถึงข้อมูลรายละเอียดต่างๆ ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง										
2.วางแผนการทดลองและกำหนดวิธีการทดลอง										
3. กำหนดเลือกอุปกรณ์ที่จะใช้งานในระบบและพื้นที่ในการวิจัย										
4.สร้างแบบจำลองและทดลองระบบ										
5. ดำเนินวิจัยตามแผนการทดลอง										
6. วิเคราะห์ผลข้อมูล										
7. สรุปผลและจัดทำรายงาน										

1.6 งบประมาณที่ใช้

โครงงานนี้ใช้งบประมาณ 27,500 บาท

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงข้อมูลของการเกษตรแบบแนวตั้ง ซึ่งประกอบไปด้วยระบบอัตโนมัติต่างๆ รวมถึงความรู้เกี่ยวกับข้าวและการปลูกข้าวเพื่อเป็นข้อมูลประกอบในการออกแบบระบบพัฒนาระบบที่ใช้ในการปลูกข้าว

2.1 การเกษตรแบบแนวตั้ง

การเกษตรแบบแนวตั้ง (Vertical Farming) หมายถึง การปลูกพืชเป็นชั้น ๆ มีการให้น้ำอาหาร และแสงโดยการควบคุมจากมนุษย์ ปลูกในโรงเรือนที่มีหลังคาหรือในอาคารที่มีตาข่ายป้องกันแมลงเข้ามากัดกินผลผลิต ปลูกพืชได้โดยไม่จำกัดฤดูกาล และสามารถผลิตได้เป็นจำนวนมาก เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค [3] ดังแสดงลักษณะการทำการเกษตรในรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 Vertical Farm [4]

การเกษตรแบบแนวตั้งที่เป็นลักษณะการทำเกษตรกรรมสมัยใหม่ จะใช้ข้อมูลต่างๆ และระบบควบคุมอัตโนมัติช่วยในการทำการเกษตรหรือที่เรียกว่า Smart farming และเป็นประเภทการทำการเกษตรภายในอาคาร (Indoor Farming) จะมีการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้เหมาะสมตามที่ต้องการ มีจุดเด่นคือ สามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น คุณภาพน้ำ และปริมาณของแสงได้ตามต้องการ ส่วนมากใช้พื้นที่ในโกดังขนาดใหญ่ และยังสามารถทำได้ในพื้นที่จำกัดด้วยการตั้งโครงสร้างสูงขึ้นเป็นชั้นๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 Smart Farming [5]

ใน Smart farming มีการทำการควบคุมระบบหลักต่างๆที่เกี่ยวข้องในการเพาะปลูก ได้แก่ ระบบแสงสว่าง ระบบให้น้ำ และระบบควบคุมและวัดผล โดยทั้งหมดจะถูกออกแบบให้ควบคุมแบบอัตโนมัติ ดังแสดงรายละเอียดของระบบดังนี้

2.1.1 ระบบแสงสว่าง (Light System)

แสงสว่างเป็นปัจจัยสำคัญในระบบปลูกพืชไม่ว่าจะเป็นการเพาะปลูกในระบบให้แสงแบบธรรมชาติ (Natural light) หรือ แสงเทียม (Artificial light) จากหลอด LED ซึ่งปัจจัยทั้งสองนี้ควรจะได้รับการพิจารณาเกี่ยวกับการออกแบบในการเลือกใช้ระบบให้แสงสว่าง คือ ช่วงของความเข้มแสงที่จำเป็นสำหรับเพิ่มการเจริญเติบโตของ ข้าว เวลา และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ของอากาศสิ่งแวดล้อมโดยรอบ เมื่อพิจารณาจากปัจจัยทั้งความเข้มแสงและเวลาดูเหมือนจะเป็นปัจจัยที่ควบคุมได้ง่ายที่สุด ซึ่งความเข้มแสงที่เหมาะสมสำหรับพืชโดยส่วนใหญ่ที่ใช้คือ 4,100 – 16,400 ลักซ์ และระยะเวลาการให้แสงในพื้นที่ปิดสำหรับการเจริญเติบโตของพืชประมาณ 18 ชั่วโมงต่อวัน เพื่อเพิ่มปริมาณแสงให้พืชมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และในการลดแสงที่พืชไม่ต้องการ โดยติดตั้งระบบให้แสงบนชั้น [6,7]

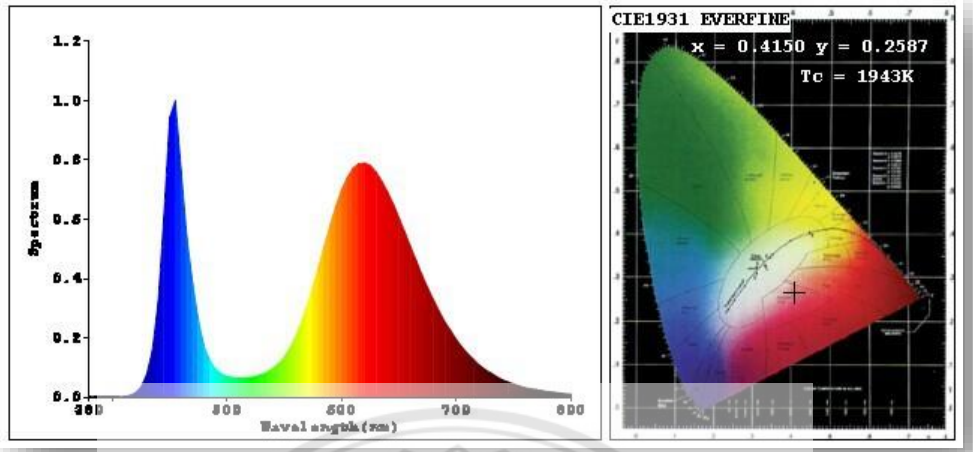
2.1.1.1 แสงจากธรรมชาติ (Natural light)

ในการออกแบบระบบปลูกพืชแบบแนวตั้ง มีการออกแบบตัวระบบให้สามารถดูดซับแสงได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยเฉพาะสำหรับพืชเขตร้อนชื้นที่ต้องการอุณหภูมิสูงควรจะอยู่ ในบริเวณพื้นที่ที่รับพลังงานจากแสงจากดวงอาทิตย์โดยตรงและรับได้ในทุกฤดูกาล ในส่วนอื่นนั้นสามารถที่รับแสงแดดที่กระจายเสริมกับหลอดไฟควบคู่กันไปได้ [8] แหล่งพลังงานหลักสำหรับแสงของระบบปลูกพืชมาจากดวงอาทิตย์ แต่ในระบบปลูกพืชแนวตั้งจำนวนชั้นปลูกหรือการวางซ้อนกันในพื้นที่จะบดบังแสง แม้ว่าแหล่งพลังงานหลักของแสงจะถูกรับเข้ามาจากดวงอาทิตย์ภายนอกแต่สิ่งที่สนใจ คือ ความเข้มแสง ทิศทาง และการจัดวางชั้นปลูกในตำแหน่งที่สามารถรับแสงมาใช้ได้มากที่สุดได้ตลอดทั้งฤดูกาล ความคิดเกี่ยวกับแสงของระบบปลูกพืชแนวตั้งถูกนำมาประยุกต์ใช้กับสถานที่และรูปแบบของสภาพแวดล้อมสำหรับการรับแสงที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งแนวความคิดเรื่องแสงค่อนข้างจะยืดหยุ่น จึงนำไปสู่การออกแบบการก่อสร้างที่หลากหลายหรือการเลือกใช้วัสดุที่ดูดซับแสงได้ดี ในทำนองเดียวกันได้มีการนำปัญหาที่เคยพบเกี่ยวกับแสงสว่างมาปรับปรุงพัฒนาขึ้นใหม่ เช่นเมื่อมีการวางชั้นปลูกพืชซ้อนกันหลายชั้นๆพบว่า พื้นที่ชั้นล่างจะไม่สามารถรับแสงได้เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของ พืช ถึงแม้ผนังที่โปร่งใสจะช่วยให้แสงส่วนใหญ่เข้ามาได้มากที่สุด แต่พืชที่อยู่ชั้นล่างก็ไม่สามารถที่จะรับแสงได้เพียงพออยู่ดี จึงต้องมีการทดแทนแสงที่เหมาะสมและจำเป็นให้พืช อีกทั้งในตอนกลางวัน แสงที่มีความเข้มแสงมากแต่นั้นก็ไม่ยังไม่เพียงพอต้องการสำหรับพืชในการเติบโต เพราะพลังงานแสงส่วนใหญ่จะสะท้อนเมื่อผ่านกระจกหรือวัตถุโปร่งใสใดๆจึงทำให้พืชได้รับแสงน้อย และในเวลาที่แสงทำมุมต่ำพืชก็ดูดซับแสงได้น้อยกว่าเมื่อเทียบกับแสงที่ส่องลงมาจากข้างบน ดังนั้นจึงมีความต้องการในการจัดหาพลังงานแสงของระบบปลูกพืชแบบแนวตั้ง [9]

2.1.1.2 แสงเทียม (Artificial light)

แสงเทียมสามารถสร้างขึ้นมาได้โดยใช้แสงจากหลอดไฟฟ้าแบบหลอดไฟ LED ซึ่งเป็นชนิด Light Grow คือ หลอดไฟที่ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้สำหรับปลูกต้นไม้โดยเฉพาะ ใช้สำหรับเร่งการเจริญเติบโตของต้นอ่อน ป้องกันลำต้นยืดผิดปกติ โดยหลอดไฟ LED Light Grow นั้นจะใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ในการผลิต โดยผลิต LED ขึ้นมาโดยผลิตแสงความยาวคลื่นในเฉพาะแสงย่านที่พืชมีความต้องการในการเจริญเติบโต ซึ่งคุณสมบัติพิเศษของตัวหลอด LED จะขับเฉพาะความยาวของคลื่นแสงที่พืชต้องการได้ ซึ่งในกรณีนี้เราจะเลือกความยาวของคลื่นแสงที่ประมาณ 430-460 นาโนเมตร และ 630-660 นาโนเมตร เนื่องจากว่า ความยาวของคลื่นแสงในช่วงนี้เหมาะสำหรับการ

สังเคราะห์แสงของต้นไม้มากที่สุด และยังช่วยในการเจริญเติบโตของต้นไม้มากที่สุดอีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสงจากหลอด LED [9]

โดยประโยชน์ของแสงสีต่างๆ ตามลักษณะความยาวคลื่นที่ใช้ในการปลูกพืชมีดังนี้

ประโยชน์ของแสงสีน้ำเงิน (ความยาวคลื่นแสงประมาณ 430-460 นาโนเมตร)

- เป็นช่วงความยาวคลื่นแสงที่สามารถดูดซึมได้มากที่สุด
- กระตุ้นการผลิต Chlorophyll ทำให้ต้นไม้สามารถสังเคราะห์แสงได้มากยิ่งขึ้น
- เร่งการเจริญเติบโตของลำต้น ช่วยให้ลำต้นแข็งแรง และช่วยลดปัญหาลำต้นยืดผิดรูป
- ช่วยให้ใบไม้แข็งแรงและมีสีเขียวสด สวยงาม

ประโยชน์ของแสงสีแดง (ความยาวคลื่นแสงประมาณ 630-660 นาโนเมตร)

- เป็นช่วงความยาวคลื่นแสงที่สามารถดูดซึมได้ดี
- เร่งดอก เร่งผล ช่วยบำรุงดอกและผลให้สมบูรณ์ และช่วยขยายขนาดของผลผลิต
- เร่งการเจริญเติบโตของราก และช่วยให้รากแข็งแรง
- เร่งการเจริญเติบโตของลำต้น

สำหรับตัวหลอดไฟ LED Light Grow นั้น มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศมานานแล้ว นอกจากนี้ยังมีการนำไปใช้เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของต้นไม้ โดยจะเปิดไฟชนิดนี้ให้กับต้นไม้

ในช่วงเวลากลางคืนหลังจากที่พระอาทิตย์ตกเพื่อช่วยให้ระยะเวลาในการสังเคราะห์แสงของต้นไม้ยาวนานขึ้นกว่าเดิม จากปกติที่จะสามารถสังเคราะห์แสงได้เฉพาะช่วงกลางวันที่มีแสงแดดเท่านั้น [9]

2.1.2 ระบบให้น้ำ

ระบบการส่งน้ำจะทำการส่งน้ำผ่านเครื่องสูบน้ำแรงดันกระแสตรงมาที่ระบบรางหรือท่อส่งน้ำ โดยเครื่องสูบน้ำแรงดันกระแสตรงที่นิยมใช้ได้แก่

1. เครื่องสูบน้ำดีซีแบบจุ่ม (DC-brushless Submersible Pump) การใช้จะต้องจุ่มตัวเครื่องสูบน้ำลงไปในน้ำเพื่อจะดูดน้ำไปยังอีกที่หนึ่ง ซึ่งอัตราการไหลของน้ำและความสูงสูงสุดที่น้ำจะส่งไปและระยะทางน้ำที่ดูดไปถึงปลายทางจะขึ้นอยู่กับสเปคของแต่ละเครื่อง การใช้งานเครื่องสูบน้ำชนิดนี้ส่วนใหญ่แล้วจะสูบน้ำจากที่หนึ่งไปยังอีกทีหนึ่งโดยปริมาณและความสูงของน้ำไม่มากเพราะตามโครงสร้างของเครื่องสูบน้ำนั้นไม่ได้ออกแบบมาให้ใช้งานหนักการเลือกเครื่องสูบน้ำควรเลือกให้มีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้ตรงกับระบบที่ออกแบบไว้และให้สอดคล้องกับการนำไปใช้งานด้วยการต่อวงจรใช้งานร่วมกับระบบควรต่อไฟฟ้ากระแสตรงฝั่งที่ออกจากแบตเตอรี่จะได้มีแรงดันที่คงที่ในการใช้งานเครื่องสูบน้ำเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับตัวเครื่องสูบน้ำเมื่อจ่ายแรงดันเกินกว่าที่สเปคของเครื่องสูบน้ำเป็นระยะเวลานานๆ

2. เครื่องสูบน้ำดีซีบาดาล (DC Submersible pump) การใช้งานจะต้องจุ่มเครื่องสูบน้ำลงไปในน้ำเหมือนกันกับเครื่องสูบน้ำจุ่มชนิดแรก แต่มีข้อดีที่เพิ่มขึ้นมาคือสามารถต่อวงจรตัวเครื่องสูบน้ำโดยตรงกับตัวแผงโซล่าเซลล์ได้เลย โดยที่ไม่ทำให้ตัวเครื่องสูบน้ำชนิดนี้เสียหายเพราะโครงสร้างที่ออกแบบมาสามารถรองรับการใช้งานที่แรงดันกระแสตรงที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ แผงโซล่าเซลล์ผลิตแรงดันได้มากน้อยขึ้นอยู่ที่ความเข้มแสงที่ตกกระทบแผง เมื่อนำไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้ไปจ่ายให้กับเครื่องสูบน้ำบาดาล ตัวเครื่องสูบน้ำก็จะปรับเปลี่ยนอัตราความเร็วการหมุนของมอเตอร์ที่อยู่ภายใน ทำให้เครื่องสูบน้ำชนิดนี้ไม่จำเป็นต้องใช้แบตเตอรี่มาต่อในระบบก็ได้ แต่ถ้าอยากให้ประสิทธิภาพการสูบน้ำดียิ่งขึ้นก็ต่อระบบที่มีแบตเตอรี่พ่วงเข้าไปความสูงสูงสุดที่สูบน้ำได้ อัตราการไหลและระยะทางส่งน้ำของเครื่องสูบน้ำดีซีบาดาลจะมีประสิทธิภาพมากกว่าเครื่องสูบน้ำดีซีไร้แปรงถ่านแบบจุ่ม แต่ก็จะมีราคาที่สูงตามไปด้วยการประยุกต์ใช้งาน ส่วนใหญ่จะใช้สูบน้ำปศุสัตว์ สูบน้ำบาดาลที่มีบ่อลึก สูบน้ำที่มีระยะไกล

3. เครื่องสูบน้ำแรงดัน (DC pressure pump) เป็นเครื่องสูบน้ำที่จะเพิ่มแรงดันน้ำปลายทางให้แรงขึ้นมีหน่วยแรงดันเป็นบาร์ (bars) นิยมใช้กับการเพิ่มความแรงของน้ำเช่นล้างรถ ระบบสปริงเกิลพ่นน้ำ หรือสามารถนำไปประยุกต์ใช้การสูบน้ำขึ้นที่สูงก็ได้เช่นกันเพราะแรงดันน้ำปลายทางที่สูบจากเครื่องสูบน้ำเพิ่มขึ้น [10] ดังรูปที่ 2.4 และ 2.5

รูปที่ 2.4 เครื่องสูบน้ำ DC 12 V รุ่น 19W 1.6A [11]

รูปที่ 2.5 เครื่องสูบน้ำดีซีแบบจุ่ม [12]

2.1.3 ระบบควบคุมและวัดผล

2.1.3.1 บอร์ดควบคุม

การควบคุมระบบต่างๆ รวมถึงการวัดผลจะถูกทำผ่านบอร์ดควบคุม ซึ่งสำหรับบอร์ดที่เป็นที่นิยมและง่ายต่อการเขียนโปรแกรมสั่งงานคือ Arduino ซึ่งเป็นโครงการที่นำชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลต่างๆ มาใช้ร่วมกันในภาษา C ซึ่งภาษา C นี้เป็นลักษณะเฉพาะ คือมีการเขียนไลบารี่ของ Arduino ขึ้นมาเพื่อให้การสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ที่แตกต่างกัน สามารถใช้งานโค้ดตัวเดียวกันได้ โดยตัวโครงการได้ออกบอร์ดทดลองมาหลายๆรูปแบบเพื่อใช้งานกับ IDE ของตนเอง สาเหตุหลักที่ทำให้ Arduino เป็นนิยมมากเป็นเพราะซอฟแวร์ที่ใช้งานร่วมกันสามารถโหลดได้ฟรีและตัวบอร์ดทดลองยังถูกแจกแปลน ทำให้ผู้ผลิตจีนนำไปผลิตและขายออกตลาดมาในราคาที่ถูกมากๆ โดยบอร์ดที่ถูกที่สุดในตอนนี้คือบอร์ด Arduino [13] ดังรูปที่ 2.6 และ 2.7

รูปที่ 2.6 Arduino Mega 2560 [14]

รูปที่ 2.7 Arduino Uno [15]

2.1.3.2 อุปกรณ์วัดความชื้น

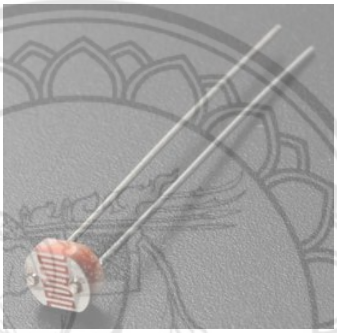
ความชื้น คือ น้ำในอากาศปริมาณของไอน้ำในอากาศอาจส่งผลต่อความสบายของมนุษย์ รวมถึงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมได้ ละอองน้ำในอากาศอาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพได้เซ็นเซอร์วัดความชื้นทำงานโดยตรวจจับความเปลี่ยนแปลงที่เปลี่ยนกระแสไฟฟ้าหรืออุณหภูมิในอากาศ โดยเซ็นเซอร์วัดความชื้นมีสามประเภทหลักๆ คือ Capacitive Resistive และ ความร้อน ทั้งสามชนิดจะตรวจจับความเปลี่ยนแปลงในบรรยากาศเพียงเล็กน้อยได้เพื่อคำนวณความชื้นในอากาศเซ็นเซอร์วัดความชื้นชนิด Capacitive จะวัดความชื้นสัมพัทธ์โดยติดแถบออกไซด์โลหะไว้ระหว่างอิเล็กโทรดสองตัว คุณสมบัติทางไฟฟ้าของออกไซด์โลหะจะเปลี่ยนไปตามความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ การใช้งานด้านพยากรณ์อากาศ การพาณิชย์ และอุตสาหกรรมคือสิ่งหลักสำหรับเซ็นเซอร์ประเภทนี้ เซ็นเซอร์ความชื้นชนิด Resistive จะใช้ไอออนในเกลือเพื่อวัดความต้านทานไฟฟ้าของอะตอม [16] ดังรูปที่ 2.8 และ 2.9

รูปที่ 2.8 โพรบวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ [17]

รูปที่ 2.9 เครื่องแปลงสัญญาณความชื้น [18]

2.1.3.3 อุปกรณ์วัดความเข้มแสง

Light Dependent Resistor (LDR) คือตัวต้านทานปรับค่าตามแสง ตัวต้านทานชนิดนี้สามารถเปลี่ยนความนำไฟฟ้าได้เมื่อมีแสงมาตกกระทบโฟโตรีซีสเตอร์ หรือ โฟโตคอนดัคเตอร์ เป็นตัวต้านทานที่ทำมาจากสารตัวนำประเภทแคดเมี่ยมซัลไฟด์หรือแคดเมี่ยมซิลินายส์ ซึ่งทั้งสองตัวนี้ก็เป็นสารประเภทกึ่งตัวนำเอามาฉาบลงบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรองแล้วต่อขาจากสารที่ฉาบไว้ออกมา โครงสร้างของ LDR การทำงานของ LDR เมื่อเวลามีแสงตกกระทบลงไปก็จะถ่ายทอดพลังงานให้กับสารที่ฉาบอยู่ ทำให้เกิดโฮลกับอิเล็กตรอนวิ่งกันผ่านความเข้มของแสงที่ตกกระทบมากเท่าไร ความต้านทานก็ยิ่งลดลงมากเท่านั้น ดังนั้นเมื่อ LDR ถูกแสง ตกประทบจะทำให้ตัว LDR มีความต้านทานลดลงและเมื่อไม่มีแสงตกประทบจะมีความต้านทานมากขึ้น [14] ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 Light Dependent Resistor (LDR) [19]

2.1.3.4 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

Temperature Sensor หรือเรียกว่า เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ คือ เซ็นเซอร์เพื่อการรับรู้หรือตรวจจับระดับอุณหภูมิ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิเป็นเซ็นเซอร์อีกหนึ่งชนิดที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตต่างๆ ทั้งในงานอุตสาหกรรม เกษตรกรรม อาหารและและเครื่องดื่ม ยารักษาโรค และอีกมากมาย ประเภทของ Temperature Sensor นั้นที่เราพบเห็นอยู่จะจัดอยู่เป็น 2 หมวดใหญ่ตามหลักการใช้งานที่แตกต่างกัน ดังนี้

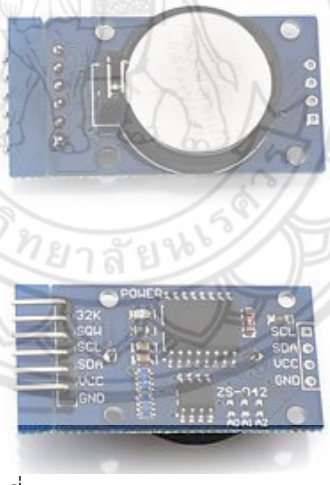
1. Contact คือ เป็นแบบที่ใช้ในการสัมผัสของตัวเซ็นเซอร์เพื่อวัดอุณหภูมิ เช่น เซ็นเซอร์ที่วัดอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ เครื่องฟักไข่ เตาอบ

2. Non-contact คือ เป็นแบบที่ใช้หลักการของอินฟาเรดโดยไม่สัมผัสกับวัตถุที่จะวัดอุณหภูมิ เช่น เครื่องวัดอุณหภูมิอินฟาเรดแบบปืนที่ใช้วัดไข้ และตัวร้อน ของทางการแพทย์ [20] ดังรูปที่ 2.11

รูปที่ 2.11 Temperature Sensor [21]

2.1.3.5 อุปกรณ์วัดผล

Real Time Clock (RTC) ก็คือ อุปกรณ์ที่ให้ค่าเวลาตามจริงซึ่งทำงานโดยการจับสัญญานนาฬิกาที่ได้มาจาก Crystal บางรุ่นก็จะมีถ่านสำรองมาให้ ทำหน้าที่ในการบันทึกเวลาอย่างต่อเนื่อง ถึงแม้ว่าจะไม่มีไฟเลี้ยงมาที่ตัวบอร์ด ตัวเวลาก็ยังคงนับได้ต่อทำให้ไม่ต้องเสียเวลามาตั้งเวลาใหม่หลังจากที่หยุดจ่ายไฟเลี้ยงโมดูล RTC นี้จำเป็นอย่างยิ่งกับการใช้งานที่ต้องมีการบันทึกเวลา (Time Stamp) [22] ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 Real Time Clock [22]

2.1.3.6 อุปกรณ์ควบคุม

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็กเพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัส (contact) ให้เปลี่ยนสภาวะโดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดเพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมวงจรต่างๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลัก คือ

1. ขดลวดเหนี่ยวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะไปกระทุ้งให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำนี้เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน (ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นอยู่กับชนิดและรุ่นตามที่ผู้ผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระทุ้งให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

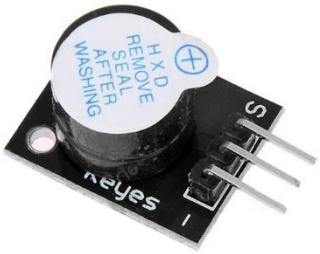
2. หน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการ [23] ดังรูปที่ 2.13

รูปที่ 2.13 4-Channel Relay Module [24]

โซลินอยด์วาล์วพลาสติกชนิด N/C (Normally Closed) แบบปกติปิด เมื่อทำการจ่ายไฟฟ้าให้โซลินอยด์วาล์วหรือวาล์วไฟฟ้า จะทำการเปิดออก น้ำจะสามารถไหลผ่านไปได้ ซึ่งจะมีลูกศรบอกที่โซลินอยด์วาล์ว ถ้าลูกศรชี้ไปทางไหนคือเป็นทางออก [25] ดังรูปที่ 2.14

รูปที่ 2.14 โซลินอยด์วาล์วพลาสติก [25]

Passive buzzer module เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่คล้ายลำโพง เพียงแต่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งสัญญาณเสียงความถี่สูง บนบอร์ดมีทรานซิสเตอร์สำหรับช่วยขับมาให้แล้ว สามารถต่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง การใช้งานเพียงเขียนโค้ดสร้างสัญญาณ High Low สลับกันไปมา หรือใน Arduino สามารถใช้ฟังก์ชัน tone ได้เลย ข้อดีของ Passive buzzer module คือสามารถกำหนดความถี่เสียงที่ต้องการได้ [26] ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 Passive buzzer module [27]

ดิมเมอร์หรี่ไฟ LED (dimmer LED) 12 โวลต์ สำหรับ Single Color LED Strip สำหรับควบคุม Single color LED ปรับแรงดันไฟฟ้าขนาด 12 หรือ 24 โวลต์ ไฟกระแสตรงจาก 0-100% โดยใช้วงจรพัลซ์โมดูเลท (PWM = pulse Width modulation) ในการควบคุมต่อเข้ากับวงจรหรือต่อจากภายนอกคร่อมวงจร Dimmer เป็นอุปกรณ์ควบคุมความสว่างของหลอดไฟซึ่งมีโหมดควบคุมค่าความสว่างไฟ ให้ได้ตามความต้องการใช้งานให้เหมาะสม [28] ดังรูปที่ 2.16

รูปที่ 2.16 ดิมเมอร์ตัวหรี่ไฟ [29]

โมดูลเรกูเลตแปลงไฟจาก 4-38 VDC เป็น 1.25-35 V จ่ายกระแสได้สูงสุด 5A ใช้ IC เบอร์ XL4015 พร้อมแผ่นระบายความร้อนและโวลต์มิเตอร์สำหรับวัดแรงดันไฟ Input/Output [30] ดังรูปที่ 2.17

รูปที่ 2.17 โมดูลเรกูเลต [30]

Switching power supply เป็นอุปกรณ์สำหรับแปลงไฟ AC: 220 โวลต์ เป็น DC: 12โวลต์ เพื่อใช้งานกับไฟ LED กล้องวงจรปิด และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องการไฟ 12 โวลต์ โครงสร้างทำ

จากอะลูมิเนียมพร้อมพัดลมระบายอากาศช่วยระบายความร้อนได้อย่างดี มีระบบป้องกันการช็อตจากอุปกรณ์ภายนอก ระบบป้องกันไฟเกิน [31] ดังรูปที่ 2.18

รูปที่ 2.18 Switching power supply [32]

2.1.3.7อุปกรณ์แสดงผล

LCD (Blue Screen) คำว่า LCD ย่อมาจากคำว่า Liquid Crystal Display ซึ่งเป็นจอที่ทำมาจากผลึกคริสตอลเหลว หลักการคือ ด้านหลังจอจะมีไฟส่องสว่างหรือที่เรียกว่า Backlight เมื่อมีการปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปกระตุ้นที่ผลึกก็จะทำให้ผลึกโปร่งแสง ทำให้แสงที่มาจากไฟ Backlight แสดงขึ้นมาบนหน้าจอ ส่วนอื่นที่โดนผลึกปิดกั้นไว้จะมีสีที่แตกต่างกันตามสีของผลึกคริสตอล เช่น สีเขียว หรือ สีฟ้า ทำให้เมื่อมองไปที่จอก็จะพบกับตัวหนังสือสีขาวแล้วพบกับพื้นหลังสีต่างๆ กันจอ LCD จะแบ่งเป็น 2 แบบใหญ่ๆ ตามลักษณะการแสดงผลดังนี้

1. Character LCD เป็นจอที่แสดงผลเป็นตัวอักษรตามช่องแบบตายตัว เช่น จอ LCD ขนาด 16x2 หมายถึงใน 1 แถว มีตัวอักษรใส่ได้ 16 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัดให้ใช้งาน ส่วน 20x4 จะหมายถึงใน 1 แถว มีตัวอักษรใส่ได้ 20 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัด

2.Graphic LCD เป็นจอที่สามารถกำหนดได้ว่าจะให้แต่ละจุดบนหน้าจอกั้นแสง หรือปล่อยแสงออกไปทำให้จอนี้สามารถสร้างรูปขึ้นมาบนหน้าจอได้ การระบุขนาดจะระบุในลักษณะของจำนวนจุด (Pixels) ในแต่ละแนว เช่น 128x64 หมายถึงจอที่มีจำนวนจุดตามแนวนอน 128 จุด และมีจุดตามแนวตั้ง 64 จุด [33] ดังรูปที่ 2.19

รูปที่ 2.19 LCD (Blue Screen) [34]

2.1.3.8 อุปกรณ์เก็บข้อมูล

ET-MINI SPI Micro SD เป็นบอร์ด เชื่อมต่อระหว่าง MCU กับการ์ดหน่วยความจำ Micro SD card โดยใช้การเชื่อมต่อแบบ SPI ซึ่งภายในบอร์ดมีวงจรแปลงระดับสัญญาณโลจิก (74LCX245) พร้อมวงจร Regulate 3.3 V/1 A เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อการ์ดหน่วยความจำกับ MCU ที่เป็นระบบ 5 V ได้โดยตรง [35] ดังรูปที่ 2.20

รูปที่ 2.20 โมดูลบันทึกข้อมูล Micro SD card module [36]

2.1.3.9 อุปกรณ์วัดอัตราการไหล

เครื่องมือวัดการไหลนั้นจะมีการใช้งานทั้ง 2 รูปแบบโดยแบบการวัดอัตราการไหลของปริมาตร (Volumetric flow rate) จะมีการใช้งานมากที่สุด ดังนั้นในเบื้องต้นจะอธิบายการทำงานของ Flow meter ชนิดต่างๆ ที่ใช้สำหรับการวัดอัตราการไหลของปริมาตร ซึ่งในส่วนของ ตัว Flow meter นั้นจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วน ใหญ่ๆ คือ

- Flow sensor หรือ Flow transducer เป็นตัวเซ็นเซอร์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณที่อยู่ในรูปแบบทางฟิสิกส์ซึ่งในที่นี้คืออัตราการไหลของของไหลให้มาอยู่ในรูปแบบของสัญญาณไฟฟ้าหรือการเคลื่อนที่ทางกลเพื่อจะหน้าที่ส่งสัญญาณเหล่านี้ไปยังส่วนต่อไป นั่นก็คือ Flow indicator หรือ Display unit

- Flow indicator หรือ Display unit เป็นอุปกรณ์หรือส่วนประกอบที่จะทำหน้าที่ในการนำสัญญาณที่ได้จาก Flow sensor หรือ Flow transducer มาแสดงผลของสเกลระดับความสูง เข็ม หรือตัวเลขดิจิตอล เพื่อให้สามารถสื่อสารให้กับผู้ใช้งานให้รับรู้ได้ว่าค่าการไหลเป็นเท่าไร โดยตัว Flow meter บางชนิดไม่จำเป็นต้องมีองค์ประกอบทั้ง 2 ส่วนแยกกันอยู่โดยอิสระ อาจจะอยู่ภายในตัวเดียวกันทำงานพร้อมกันเลยก็ได้ เช่น มิเตอร์วัดอัตราการไหลของน้ำประปาที่ถูกติดตั้งอยู่บริเวณที่พักอาศัยหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่มีทั้ง 2 ส่วนทำงานพร้อมกัน

หลักการทำงานของ Flow meter นั้น หากใช้หน่วยของการวัดของไหลเป็นตัวกำหนดจะมี 2 รูปแบบ คือ การวัดอัตราการไหลของปริมาตรและการวัดอัตราการไหลของมวล การวัดอัตราการไหลของปริมาตร (Volumetric flow rate) อัตราการไหลของปริมาตรสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 สมการต่อเนื่อง Equation of continuity สมการต่อเนื่องนี้เป็นผลสืบเนื่องของการอนุรักษ์มวลสำหรับการไหลที่มีค่าความหนาแน่นคงที่ $\rho_1=\rho_2$ และไม่เปลี่ยนแปลงไปตามค่าความดัน [37] ดังรูปที่ 2.21

รูปที่ 2.21 Flow Meter [15]

2.2 การปลูกข้าว

การปลูกข้าวเพื่อให้ได้ผลิตผลสูงประกอบด้วยปัจจัยสำคัญหลายอย่าง เช่น การปลูกด้วยข้าวพันธุ์ดี วิธีการปลูกและดูแลรักษาดี มีการป้องกันกำจัดโรค และแมลงศัตรูข้าว มีการกำจัดวัชพืช มีการใส่ปุ๋ยในนาข้าว มีการรักษาระดับน้ำในนา ข้าวพันธุ์ดีจะให้ผลิตผลสูง พันธุ์ข้าวที่มีลักษณะรูปต้นดี เช่น มีความสูงประมาณ 100-130 เซนติเมตร จากพื้นดินถึงปลายรวงของรวงที่สูงที่สุดแตกกอมาก ใบสีเขียวแก่ ตั้งตรง ปลายใบไม่โค้งงอ และเป็นพันธุ์ ที่มีความต้านทานต่อโรคและแมลง ตอบสนองต่อปุ๋ยสูง คือ ให้ผลิตผลสูงมากขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยมากขึ้น [39]

รูปที่ 2.22 ต้นข้าว [39]

2.2.1 ประวัติความเป็นมาของข้าว

พันธุ์ข้าวที่มนุษย์เพาะปลูกในปัจจุบันพัฒนามาจากข้าวป่าในตระกูล Oryza gramineae สันนิษฐานว่า พืชสกุล Oryza มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนชื้นของทวีป Gondwanaland ก่อนผืนดินจะเคลื่อนตัวและเคลื่อนออกจากกันเป็นทวีปต่างๆ เมื่อ 230-600 ล้านปีมาแล้ว จากนั้นกระจายจากเขตร้อนชื้นของแอฟริกา เอเชียใต้ เอเชียตะวันออกเฉียงเหนือ ออสเตรเลีย อเมริกากลางและใต้ ข้าวสามารถเจริญเติบโตได้ตั้งแต่ความสูงระดับน้ำทะเลถึง 2,500 เมตร หรือมากกว่า ทั้งในเขตร้อน และเขตอบอุ่น ทั้งในที่ราบลุ่มจนถึงที่สูง ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่เส้นรุ้งที่ 53 องศาเหนือ ถึง 35 องศาใต้ มนุษย์ได้คัดเลือกข้าวป่าชนิดต่างๆ ตามความต้องการของตนเพื่อให้สอดคล้องกับระบบนิเวศน์ มีการผสมพันธุ์ข้ามระหว่างข้าวที่ปลูกกับวัชพืชที่เกี่ยวข้องทำให้เกิดข้าวพื้นเมืองมากมายหลายสายพันธุ์ ซึ่งสามารถให้ผลผลิตสูงปลูกได้ตลอดปี

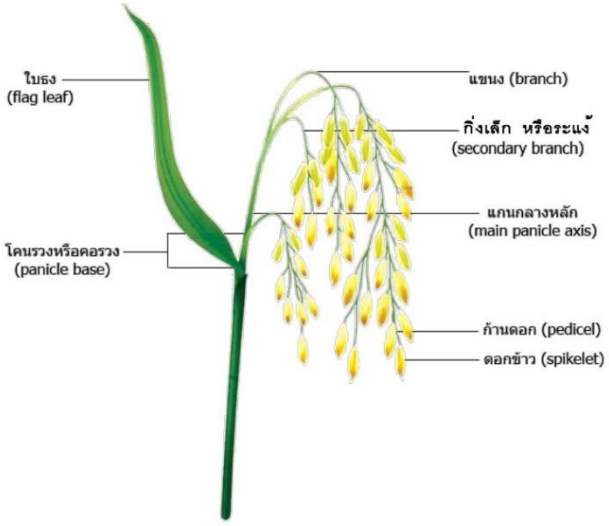
2.2.2 ลักษณะและระยะการเจริญเติบโตของข้าว

ข้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญประชากรโลกมาก ซึ่งต้นข้าวจะมีลักษณะเป็นปล้องมีความสูงประมาณ 50-150 เซนติเมตร โดยบริเวณลำต้นจะประกอบไปด้วยกาบใบและแผ่นใบ (leaf blade) บริเวณส่วนเชื่อมต่อกับกาบใบและแผ่นใบจะเรียกว่า คอใบ ส่วนช่อดอกจะเป็นช่อกระจะโดยทั่วไปจะมีความยาว 15-20 เซนติเมตร ดังแสดงส่วนประกอบต่างๆ ของข้าวในรูปที่ 2.23 วงจรชีวิตของ ข้าวโดยทั่วไปนั้นจะมีระยะ 100-200 วัน เป็นออกเป็น 3 ระยะ [40] [41] [42] ดังนี้

1.ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น การเจริญเติบโตของลำต้นจะมีความสำคัญต่อข้าวอย่างมาก เพราะเป็นส่วนช่วยให้ส่วนต่างๆของข้าวมีความเจริญเติบโตอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป โดยระยะการเจริญเติบโตของลำต้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระยะ ดังนี้

1.1 ระยะ basic vegetative phase โดยจะเป็นระยะเมื่อข้าวมีอายุ 10-63 วัน

1.2 ระยะ photoperiod sensitive phase ซึ่งเป็นระยะที่การตอบสนองต่อช่วงของแสงซึ่งจะเป็นช่วงระยะไม่ต่ำกว่า 31 วัน ก่อนข้าวจะมีช่อดอกเพื่อที่จะทำการสืบพันธุ์



รูปที่ 2.23 ส่วนประกอบของต้นข้าว [43]

2.ระยะสืบพันธุ์ ซึ่งเป็นช่วงระยะที่ข้าวสร้างช่อดอกจนถึงระยะโผล่ของช่อดอก ซึ่งใช้เวลาประมาณ 30-35 วัน แบ่งได้ 3 ระยะ ดังนี้

2.1 ระยะเริ่มสร้างดอกเป็นระยะที่ข้าวไวต่อช่วงแสงอย่างข้าวหอมดอกมะลิ [4] มีอิทธิพลของช่วงแสงเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการออกดอก จำเป็นต้องได้รับช่วงไม่เกินช่วงแสงวิกฤตเท่ากับ 11.52 ชั่วโมงต่อวัน [3] ซึ่งแสงเทียมสีแดงของหลอด LED สามารถกระตุ้นการออกดอกของข้าวหอมมะลิ 105 ได้ โดยมีจำนวนวันของการชักนำไม่ต่ำกว่า 5-24 วัน ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของต้นข้าวและเวลาที่ได้รับแสง [11] จากรายงานของ [11] ข้าวมีระยะเริ่มสร้างช่อดอกนั้นแตกต่างกันไปตามพันธุ์และช่วงเวลาที่ได้รับแสงซึ่งข้าวจะใช้เวลาในการตอบสนองต่อช่วงแสงก่อนโผล่ช่อดอกออกมาสืบพันธุ์ไม่ต่ำกว่า 31 วัน ส่วน [40] รายงานว่าข้าวหอมมะลิ 105 นั้นต้องการช่วงแสงที่น้อยกว่า 11.52ชั่วโมงต่อวัน ติดต่อกันเป็นเวลา 140 วัน จึงจะสามารถสร้างรวงได้ สามารถแบ่งความยาวคลื่นและสัดส่วนของแสงที่ข้าวต้องการแต่ละช่วงได้ดังนี้

1) ช่วงการเพาะกล้าควรให้แสงสีน้ำเงินที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร และแสงสีแดงที่ มีความยาวคลื่นแสง 660 นาโนเมตร ในสัดส่วนแสงสีน้ำเงินต่อแสงสีแดงประมาณ 75:25 [14]

2) ช่วงการเจริญเติบโตควรใช้แสงความยาวคลื่นที่เหมาะสมกับการสังเคราะห์แสง แสงสีน้ำเงินต่อแสงสีแดงที่สัดส่วน 50:50 [15]
3) ช่วงการออกดอกควรให้แสงสีน้ำเงินต่อสีแดงในสัดส่วนและผสมแสงสีขาวเข้าไปด้วย 25:50 [16]

2.2 ระยะตั้งท้อง เป็นระยะหลังจากที่ข้าวถูกชักนำจากช่วงแสงให้เกิดการสร้างช่อดอก เป็นระยะที่ช่อดอกอ่อนของข้าวเจริญเติบโตไปเป็นช่อดอกที่สมบูรณ์ [3] [9] [10] [11]

2.3 ระยะออกดอกและผสมพันธุ์ เป็นระยะที่ต้นข้าวส่งช่อดอกบานออกจากกาบใบ จากนั้น ข้าวจะบานและเกิดการผสมระหว่างเกสรเพศผู้และเพศเมีย [3] [9] [11] [12]

2.2.3 สภาพแวดล้อมกับการออกดอกของข้าว

เมื่อข้าวมีความสมบูรณ์ทางด้านลำต้นพร้อมเข้าสู่การเจริญทางด้านการสืบพันธุ์ การสืบพันธุ์ของข้าว คือ การสร้างดอก เพราะดอกก็คืออวัยวะสืบพันธุ์ของข้าว สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการออกดอกของข้าวจะสามารถทำให้ข้าวออกดอกได้ เพราะ การออกดอกถูกควบคุมด้วยยความยาวของช่วงแสงทำให้ปลูกได้ผลดีในสภาพธรรมชาติเพียงปีละครั้งมักมีต้นสูง ให้ผลผลิตต่ำ อ่อนแอต่อการทำลายของโรคและแมลง เช่น ข้าวหอมมะลิ 105, เหลืองประทิว123, ขาวตาแห้ง17, เหนียวสันป่าตองและปทุมธานี60 เป็นต้น พันธุ์ข้าวที่ไวแสงในประเทศไทยต้องการช่วงแสงประมาณท.30 ชั่วโมงต่อวัน เป็น ระยะเวลา 15 วันติดต่อกัน หากไม่ได้ช่วงแสงที่พอเหมาะครบจำนวนวันตามที่ต้องการก็จะมีการเจริญเติบโตทางลำต้นต่อไป [12]

บทที่ 3

การออกแบบ

3.1 แนวคิดการออกแบบ

โครงสร้างของโครงงานนี้เลือกใช้วัสดุเหล็กเกรดคุณภาพสูงผ่านกระบวนการพ่นสีกันสนิมและพ่นสีจริง มีการติดตั้งชั้นปลูกเป็นแบบปรับความสูงได้ 7 ชั้นปลูกมีความสูงชั้นละ 0.278 เมตร มีระยะความสูงรวมเท่ากับ 2.6 เมตร เพื่อให้เหมาะกับการปลูกพืชที่หลากหลายชนิด โดยเฉพาะการปลูกข้าว

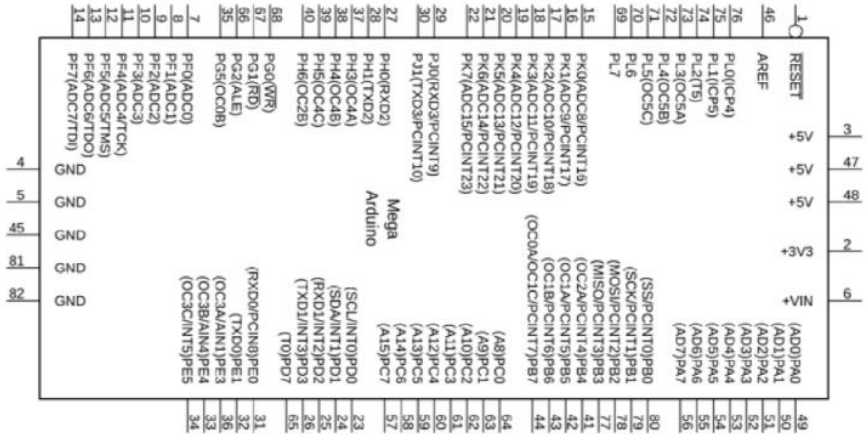
ระบบแสงสว่างของโครงงานนี้เลือกใช้เทคโนโลยีให้แสงสว่างแบบ LED Light Growth ซึ่งมีคุณสมบัติที่ให้แสงในช่วงความยาวคลื่นที่พืชนั้นต้องการ โดยให้อัตราส่วนแสงสีแดงต่อสีน้ำเงินเป็น 2:1เนื่องจากแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินมีผลต่อการเจิญเติบโตของพืชโดยแสงสีแดงจะช่วยในการเริ่งดอกและลำต้นส่วนแสงสีน้ำเงินจะช่วยในการงอกและตอบโตของเมล็ด

ระบบน้ำของโครงงานนี้เลือกใช้เครื่องสูบน้ำกระแสตรงขนาด 12 โวลต์ ให้เฮดการทำงานสูงถึง 5 เมตร เนื่องจากการออกแบบโครงสร้างที่มีความสูง 2.6 เมตร และมีการแบ่งชั้นน้ำในชั้นต่างๆจึงได้เลือกปั๊มเพื่อที่จะสามารถใช้งานได้หลากหลาย

3.2 การออกแบบระบบควบคุมและวัดผล

3.2.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์

จะอธิบายถึงขั้นตอนการออกแบบฮาร์ดแวร์ รวมถึงการกำหนดอุปกรณ์ใช้งานในระบบ การออกแบบวงจร การทำงานของอุปกรณ์ในระบบ และแผงผังในการเดินสายสัญญาณที่จะสื่อสารเพื่อควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontrollers unit MCU) เบอร์ Arduino MEGA 2560 ดังแสดงรูปที่ 3.1



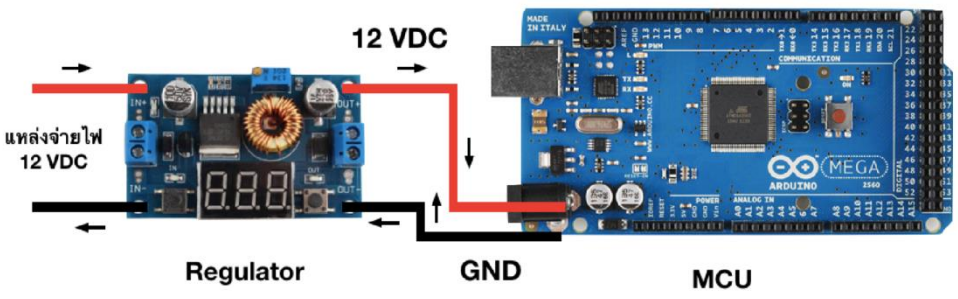
รูปที่ 3.1 การจัดขาสัญญาณไมโครคอนโทลเลอร์ Arduino MEGA 2560

3.2.2 กำหนดเลือกใช้อุปกรณ์ในระบบ

แยกอุปกรณ์ออกเป็นส่วนหลัก ๆ ดังนี้ 1. ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ Arduino MEGA 2560 โดยมีหน้าที่รับค่า ส่งค่า และควบคุมการสั่งงาน 2. เซ็นเซอร์วัดอัตราการไหล 3. เซ็นเซอร์วัดค่าแสง LDR 4. เซ็นเซอร์วัดค่าอุณหภูมิและความชื้น (SHT31) 5. เซ็นเซอร์วัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้า (WCS1800) 6.โมดูลสวิตช์รีเลย์เปิดปิดระบบน้ำและแสง 2 ตัว 8 ช่องสั่งงาน 7. เครื่องสูบน้ำทำหน้าที่ปล่อยน้ำเข้าระบบ 8. หลอดไฟ LED แบบเส้นสีแดงและสีน้ำเงิน 9. แหล่งจ่ายไฟ 12 โวลต์ กระแสตรง 10. โซลินอลย์วาล์ว 12 โวลต์กระแสตรง 4 ตัว 11. SD card เพื่อบันทึกข้อมูล

3.2.3 การออกแบบวงจรแหล่งจ่ายไฟ จอแสดงผล และเซ็นเซอร์

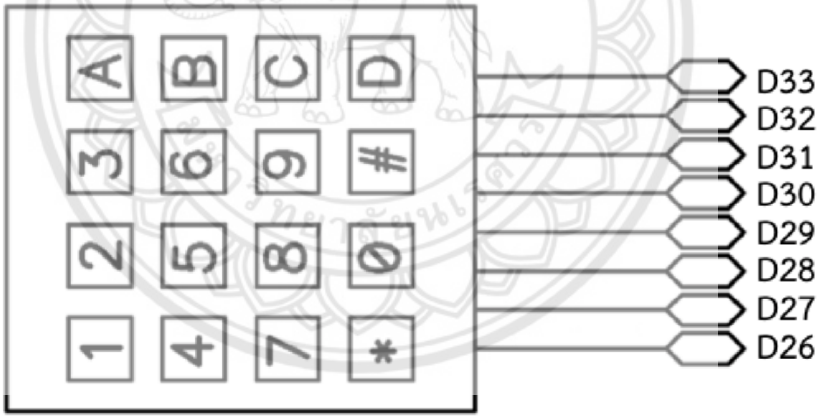
เริ่มจากการออกแบบวงจรแหล่งจ่ายไฟเป็นแบบ 2 แหล่งจ่าย คือ ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบปลูกพืชอัตโนมัติ โดยมีวงจรแหล่งจ่ายไฟ Regulator step down 5-36 VDC to 1.25-35 VDC เป็นภาคจ่ายไฟที่ถูกควบคุมแรงดันให้คงที่ 12 โวลต์ ให้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทาง Jack DC 9-12 โวลต์ ดังที่แสดงในรูป 3.2 และ Switching power supply ขนาด 12 VDC เป็นภาคจ่ายไฟให้อุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบปลูกพืชอัตโนมัติ



รูปที่ 3.2 แผนภาพการตอแหล่งจ่ายไฟให้ไมโครคอนโทลเลอร์

ด้านการแสดงผลเลือกใช้จอ LCD I2C ขนาด 20x4 โดยมีขาสัญญาณของโมดูล LCD-I2C 4 ขา ขา Vcc ใช้ป้อนแรงดันไฟเลี้ยง +5V ขา กราวด์เชื่อมต่อขากราวด์ ขา SDA สัญญาณ serial data สำหรับ I2C ต่อเข้าขา SDA ของ MCU (SDA = Arduino Mega D20 Pin) และขา SCL สัญญาณ serial clock สำหรับ I2C ต่อเข้าขา SCL ของ MCU (SCL = Arduino Mega D21 Pin) ต่อมาคือการเชื่อมต่อสายสัญญาณเพื่อสื่อสารกับตัวเซ็นเซอร์ การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์วัดค่าแสงดังแสดงในรูปที่ 3.3 LDR ให้ต่อวงจร LDR โดยใช้ไฟเลี้ยงวงจร 5 โวลต์ อนุกรมกับตัวต้านทาน 4.71 KΩ เพื่อเป็นวงจรแบ่งแรงดัน โดยต่อขากลางระหว่าง LDR กับ Resistor เข้าที่ขา Arduino ที่ขา PF0 (ADC0)

การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (SHT31) เป็นการสื่อสารแบบ I2C โดยจ่ายไฟเลี้ยงวงจร 3.3-5 โวลต์ ต่อขา Vcc ขา GND ขา SDA และขา SCL เข้าที่ขา +5 โวลต์ ขา GND ขา SDA และขา SCL ของ MCU ตามลำดับการเชื่อมต่อหน่วยความจำ Micro SD Card ใช้แรงดัน 3.3-5 โวลต์ ต่อเข้าขา Vcc ต่อกราวด์ที่ขา GND ต่อขา SS เข้าที่ขา PB0 ต่อขา SCK เข้าที่ขา PB1 ต่อขา MOSI เข้าที่ขา PB3 ต่อขา MISO เข้าที่ขา PB4 ของ MCU ตามลำดับการเชื่อมต่อกับเมตริกคีย์แพด ในโครงงานนี้เลือกใช้เมตริกคีย์แพดที่มีขนาด 16 ปุ่มกด โดยมีการเชื่อมต่อแบบ 8 ขาดิจิตอลซึ่งมีราคาถูกและประสิทธิภาพดี ดังรูปที่ 3.3

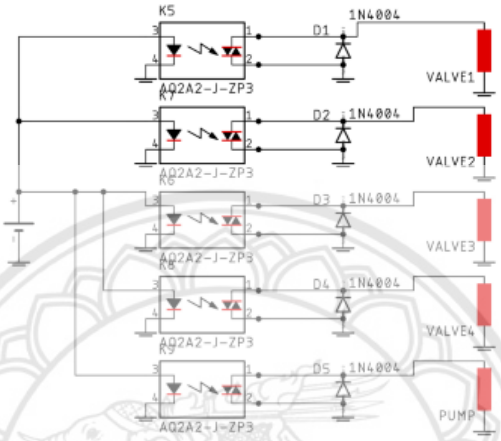


รูปที่ 3.3 แผนภาพการเชื่อมต่อเมตริคคีย์แพดกับ MCU

การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์วัดอัตราการไหลป้อนแรงดัน 5 โวลต์ จากบอร์ดเข้าที่สายไฟเส้นสีแดง ขากราวด์เข้าที่สายไฟเส้นสีดำเพื่อเป็นไฟเลี้ยงให้เซ็นเซอร์แล้วเชื่อมต่อสายสัญญานเส้นสีเหลืองเข้าที่ดิจิตอลหมายเลข 2 รับค่าสัญญาณแบบ Digital Pulse การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์วัดแรงดันไฟฟ้าขาลบต่อกับกราวน์ขาบวกต่อกับไฟ 5 หรือ 3.3 โวลต์ ขา S ต่อกับขา A15 ขา Vcc ต่อกับไฟที่ต้องการวัด ถ้าบอร์ด Arduino ใช้ไฟเลี้ยง 3.3 โวลต์ ไฟที่วัดได้สูงสุดคือ 16.5 โวลต์ ถ้าบอร์ด Arduino ใช้ไฟเลี้ยง 5 โวลต์ ไฟที่วัดได้สูงสุดคือ 24.9 โวลต์

3.2.4 การออกแบบวงจรขับโหลดกระแสไฟฟ้าผ่านรีเลย์

เนื่องจากในระบบมีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นขดลวดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ จึงจำเป็นต้องมีการใช้วงจรวงจรป้องกันหน้าคอนแทครีเลย์ (Snubber Circuit For Relay Contact) สำหรับการใช้งานรีเลย์ให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้นและป้องกันแรงดันไฟฟ้าชั่วคราวในขณะที่ทำการเปิดวงจรที่สามารถสร้างความเสียหายต่อวงจรอื่น ๆ โดยการใช้ได้โอด 1N4004 ต่อคร่อมระหว่างขั้วบวกและขั้วลบของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นขดลวดไฟฟ้าเหนี่ยวนำดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 วงจรป้องกันหน้าคอนแทครีเลย์

3.2.5 การสอบเทียบเซ็นเซอร์เครื่องมือวัด

ในขั้นตอนนี้เป็นการสอบเทียบเครื่องมือวัดเพื่อให้แสดงค่าตรงตามความเป็นจริง การสอบเทียบเซ็นเซอร์วัดค่าแสงแบบ LDR การสอบเทียบเครื่องมือวัดค่าแสงแบบ LDR จะใช้สมการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความต้านทาน LDR และสมการความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้ากับความต้านทาน LDR เพื่อสอบเทียบดังนี้

เมื่อใช้แหล่งจ่ายขนาด 5 โวลต์ ต่อตัวต้านทานขนาด 4.71 kΩ เข้ากับ LDR จากกฎการแบ่งแรงดันได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้ากับความต้านทาน LDR แสดงความสัมพันธ์จาก

$$R_L = \frac{Vin \times 4700}{5 - Vin} \ (\Omega) \qquad (3.1)$$

R_L คือ ความต้านทาน LDR

Vin คือ แรงดันที่ที่ขา A0 ของ Arduino

สมการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความต้านทานความต้านทานของ LDR จะแปรผกผันตามความเข้มแสงที่ตกกระทบความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทาน RL และความเข้มแสง Lux แสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$Lux = 1.25 \times 10^{7} \times R_{L} - 1.265 \quad (3.2)$$

3.2.5.1 การสอบเทียบเซ็นเซอร์วัดค่าอัตราการไหล

การสอบเทียบเซนเซอร์วัดอัตราการไหล ข้อมูลจากผู้ผลิตได้กำหนดค่าคงที่ Digital pulse ไว้ที่ 7.5 Hz ต่ออัตราการไหลของน้ำ 1 ลิตรต่อนาที สำหรับโครงงานนี้จะทำการหา Digital pulse ใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานของระบบปลูกข้าวแบบอัตโนมัติ สำหรับการหา Digital pulse นั้น จะใช้จำนวน pulse ที่นับได้ใน 1 วินาทีในการหา (หน่วย pulse/sec) โดยการเปิดน้ำใส่ถังขนาด 100 ลิตร แล้วจับเวลา แต่จริงแล้วเราสามารถกำหนด step time การนับ pulse เองได้ (ขึ้นอยู่กับความละเอียดที่ต้องการ) เวลาจริงที่บอร์ดนับ pulse ได้ (delTime) จะคลาดเคลื่อนจาก step time ที่เราตั้งไว้เล็กน้อยตามการประมวลของบอร์ด ดังนั้น จำนวน pulse ที่อ่านได้จะต้องนำมาเทียบบัญญัติไตรยางศ์ให้ได้จำนวน pulse เทียบเท่าที่นับได้ใน 1 วินาที ดังนี้

$$freq = 1000 \times pulse\ Count / delTime \quad (3.3)$$

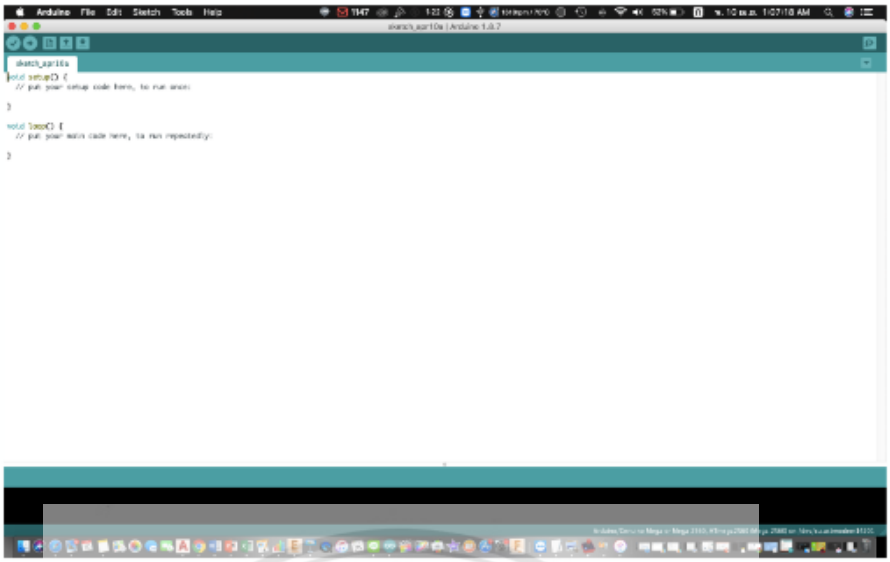
สำหรับโครงงานนี้พบว่า Step time ที่เหมาะสม จากการทดสอบอยู่ที่ 1,000 ต่อการนับ pulse แต่ละครั้ง หากอ่านค่าถี่ขึ้น (Step time น้อยกว่า 1000 MS) ค่าที่อ่านได้จะแกว่งแบบคงที่และหาก Step time มากกว่า 2000 MS ค่าอัตราการไหลที่ได้จะเริ่มน้อยกว่าความเป็นจริง

3.2.6 การออกแบบซอฟแวร์

การเขียนโปรแกรมควบคุมบอร์ดผ่าน Arduino IDE

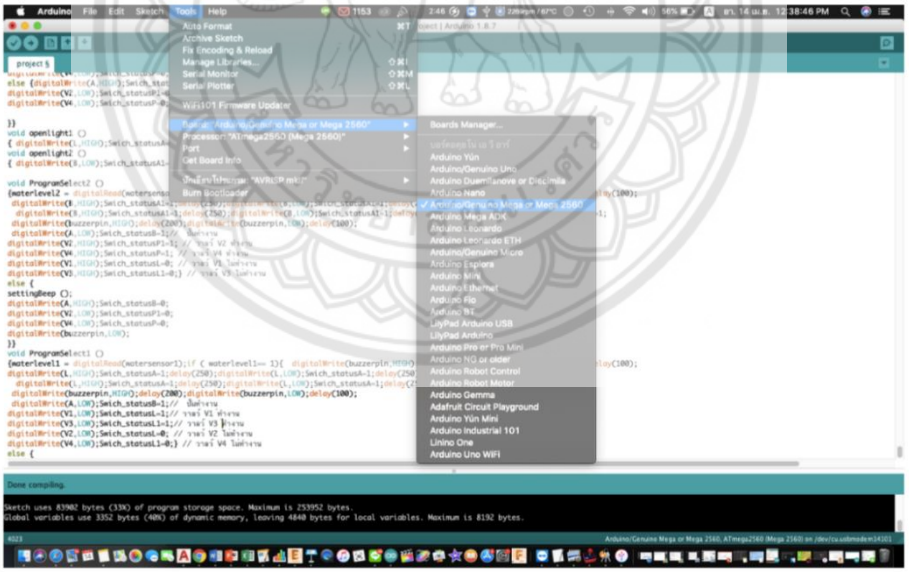
ภาษาที่ใช้เขียนโค้ดควบคุมบอร์ด Arduino เป็นภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมควบคุมแบบเดียวกับภาษา C/C++ ซึ่งทำการเขียนผ่านโปรแกรม Arduino IDE ซึ่ง Arduino IDE เป็นเครื่องมือสำหรับเขียนโค้ดโปรแกรม การคอมไพล์โปรแกรม (การแปลงไฟล์ภาษาซีให้เป็นภาษาเครื่อง) และอัป โหลดโปรแกรมลงบอร์ด การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของระบบปลูกข้าวอัตโนมัติ ซึ่งเขียนเพื่อควบคุมการทำงานของรีเลย์รวมไปถึงการรับค่าจากเซ็นเซอร์เพื่อแสดงผลและเป็นเงื่อนไขของการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ มีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้

1. ขั้นตอนแรกการเปิดหน้าต่างโปรแกรม Arduino IDE ดังรูปที่ 3.5



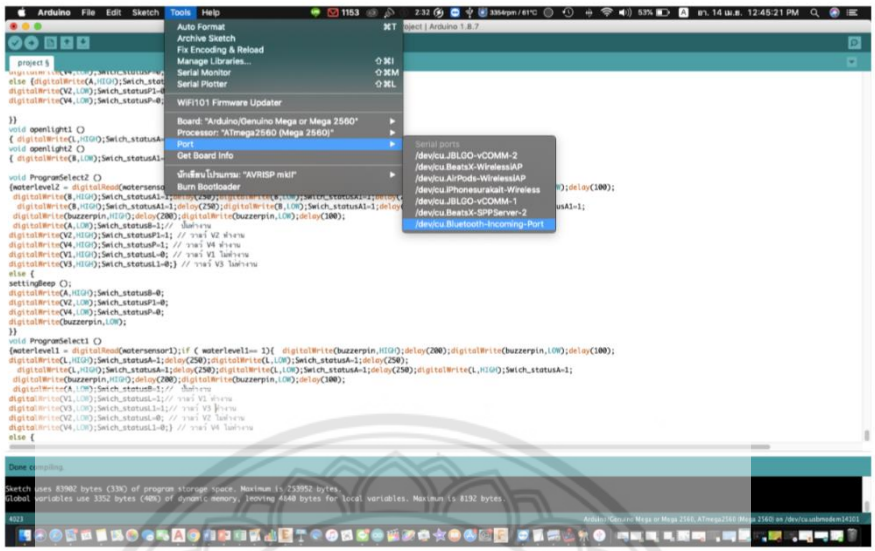
รูปที่ 3.5 หน้าต่างของโปรแกรม Arduino IDE

2. ในหน้าต่างโปรแกรม Arduino ให้คลิกไปที่เมนู Tools > Board > Arduino/Genuino Mega or Mega 2560 ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 การเลือกพอร์ตการเชื่อมต่อ Arduino

3. เสียบบอร์ด Arduino Mega 2560 เข้ากับคอมพิวเตอร์ จากนั้นไปที่ Device Manager (หากเป็น Window ให้คลิกขวาที่ไอคอนบน Toolbars) เพื่อดูว่าบอร์ด Arduino Mega 2560 นั้นต่ออยู่กับ COM Port หมายเลขใด ดังรูปที่ 3.7

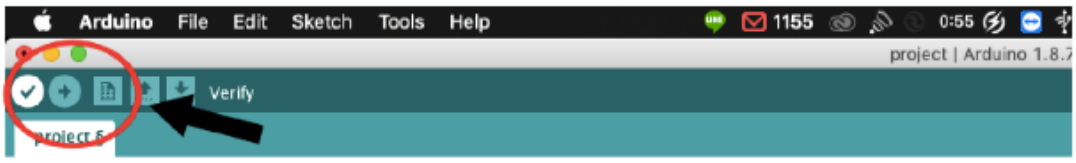


รูปที่ 3.7 การตั้งค่าบอร์ดและหมายเลขพอร์ต

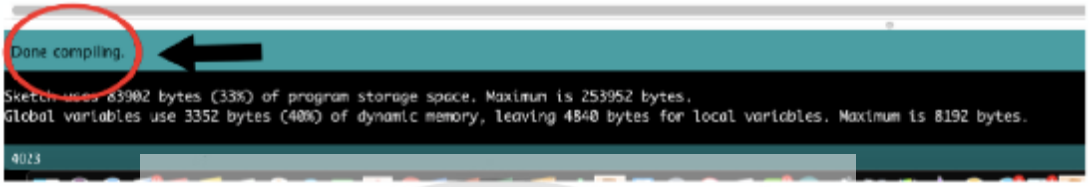
4. ในขั้นตอนนี้ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของรีเลย์รวมไปถึงการรับค่าจากเซนเซอร์เพื่อแสดงผลและเป็นเงื่อนไขของการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ ดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 แสดงโค้ดบางส่วนที่ใช้เขียนเพื่อสื่อสารกับ MCU

5. ทำการตรวจสอบความถูกต้องของโค้ดโดยการคลิกที่เครื่องหมายถูกดังรูปที่ 3.9 ก ถ้าโค้ดถูกต้องจะมีคำว่า Done compiling ขึ้นดังรูปที่ 3.9 ก และ รูปที่ 3.9 ข

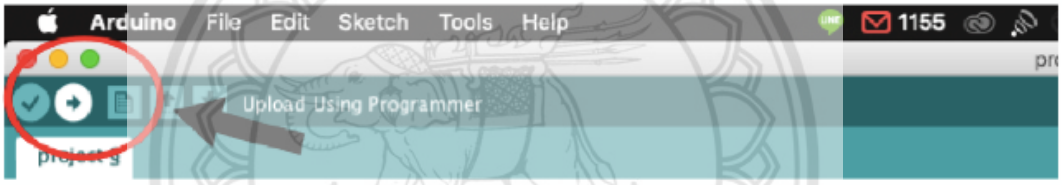


รูปที่ 3.9 ก การตรวจสอบความถูกต้องของโค้ด



รูปที่ 3.9 ข แสดงการตรวจสอบความถูกต้องของโค้ด

6. จากนั้นคลิกที่ลูกศรเพื่อทำการอัพโค้ดลงบอร์ด

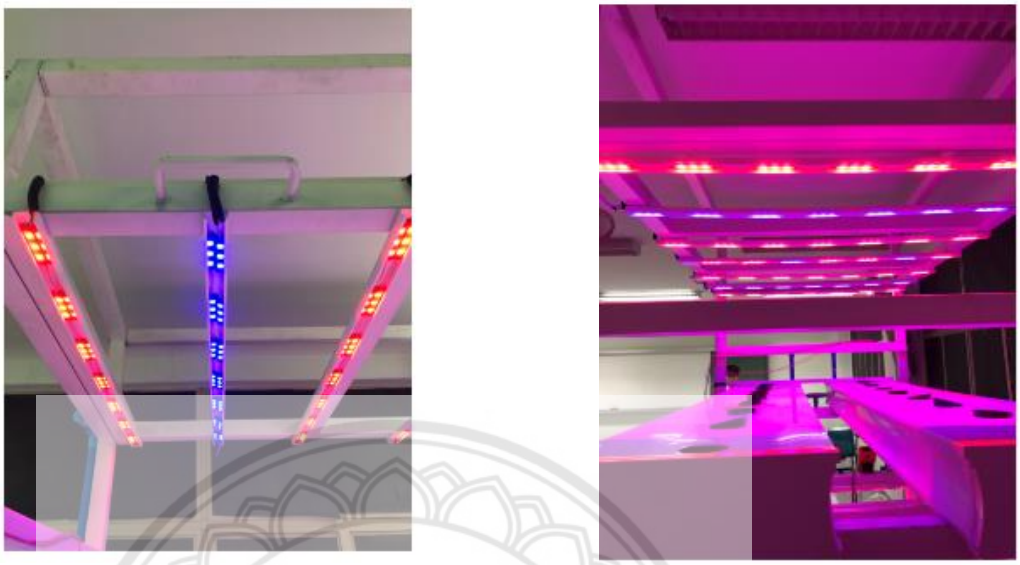


รูปที่ 3.10 แสดงโค้ดบางส่วนที่ใช้เขียนเพื่อสื่อสารกับ MCU

3.3 การออกแบบระบบแสง

ระบบแสง ในการออกแบบระบบแสงปลูกพืชแบบแนวตั้งมีการออกแบบตัวระบบให้สามารถกระจายปริมาณของแสงไปยังต้นพืชให้ได้มากกว่า 200 ลักซ์ มาจากความต้องการค่าความเข้มแสงต่ำสุดของข้าวที่ต้องการโดยใช้หลอด LED สีแดงและสีน้ำเงินดังรูปที่ 3.11 ใช้หลอด LED สีแดง 66.66 % และสีน้ำเงิน 33.33 % โดยติดตั้งระบบให้แสงบนชั้นปลูก การออกแบบติดตั้งระบบ LED จะทำการใช้งานร่วมกับ Dimmable diodes การปรับระยะความสูงจากการเลื่อนชั้นให้แสง และโปร แกรมเพื่อให้ได้ค่าความเข้มแสงให้เหมาะสมกับพืชในแต่ละสภาวะและทำให้ระบบแสง LED เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยประหยัดพลังงานและให้ความเข้มแสงที่ควบคุมได้ ระบบชั้นให้แสงมีจำนวนสามชั้นโดยแต่ละชั้นถูกกำหนดระยะความสูงในแนวดิ่งไว้ที่ 32 เซนติเมตร เพื่อเป็นการปรับระดับความเข้มแสงและปรับเปลี่ยนเมื่อปลูกพืชที่มีความสูงมากๆ แต่ต้องไม่เกิน 142 เซนติเมตร และในกรณีผู้ใช้งานไม่ต้องการใช้ ปรับเปลี่ยนเป็นระยะให้แสงไฟยังสามารถปรับเปลี่ยนเป็นชั้นปลูกได้ ซึ่งระดับความเข้มแสงก็ยังสามารถควบคุมได้จากตัว Dimmable diodes ที่ได้ติดตั้งไว้ อีกทั้งยังมีระบบแจ้งเตือนด้วย

เสียงระบบตั้งเวลาเปิด-ปิด โดยที่ช่วยในเรื่องการประหยัดพลังงานและสามารถควบคุมระยะเวลาการให้แสงแก่ข้าวอย่างแม่นยำ



(ก) (ข)

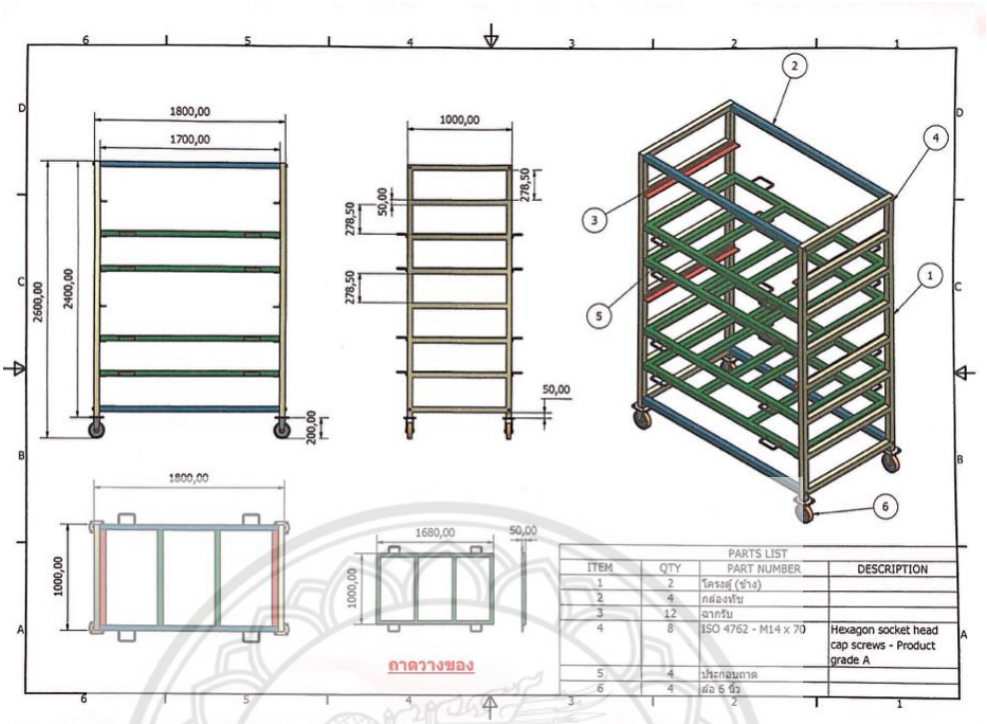
รูปที่ 3.11 หลอด LED ที่ใช้ในระบบ

3.4 การออกแบบระบบน้ำ

ระบบเครื่องสูบน้ำและน้ำ ในระบบปลูกพืชแบบแนวตั้งได้ออกแบบให้เป็นแบบรางน้ำ hydroponic ดังรูปที่ 3.12 โดยระดับน้ำสภาวะปกติในกระถางปลูกถูกกำหนดไว้ที่ระดับความสูงจากกระถางปลูกไม่ต่ำกว่า 1/3 ของกระถางปลูก คือ ระยะต่ำกว่าขอบบนของกระถางปลูกไม่เกิน 3 เซนติเมตร ซึ่งจะมีตัวเซ็นเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำติดอยู่ในกระถางปลูกรูปที่ 3.14 เพื่อควบคุมการทำงานของโซลินอลย์วาล์วกับเครื่องสูบน้ำเพื่อป้องกันไม่ให้ระดับน้ำเกินหรือต่ำกว่าระดับที่ต้องการ ผู้ใช้งานสามารถปรับเปลี่ยนระดับน้ำให้เหมาะสมกับแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของพืชได้ถ้ามี โดยการปรับระยะเซ็นเซอร์ไว้ในตำแหน่งที่ต้องการ

ระบบควบคุมระดับน้ำในถังน้ำถังน้ำที่ใช้ในระบบเป็นถังน้ำขนาด 100 ลิตร ซึ่งมีความเหมาะสมทางด้านราคาและลักษณะการใช้งาน มีการติดตั้งรีเลย์ควบคุมระดับน้ำเพื่อควบระดับน้ำในถังไม่ให้แห้งโดยใช้ก้านอิเล็กโทรดแรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ 3 ก้านซึ่งมีช่วงระดับการทำงาน 2 ระดับ ที่ 30 ลิตร ถึง 100 ลิตร

3.5 การออกแบบโครงสร้าง



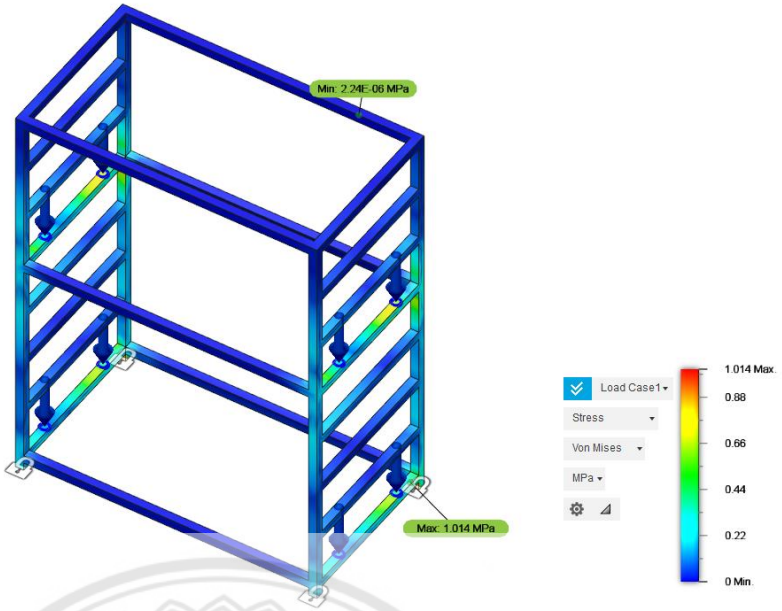
รูปที่ 3.12 แบบโครงสร้าง

โดยประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

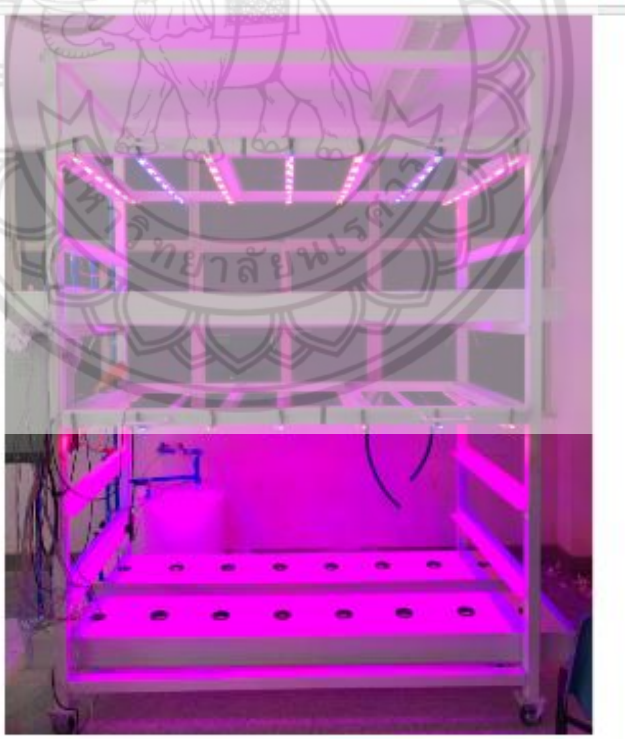
- เหล็กกล่อง ขนาด 2 นิ้ว หนา18 มิลลิเมตร
- เหล็กฉาก
- ล้อ

ออกแบบให้มีการปรับระดับความสูงในการปลูกและติดตั้งระบบไฟเพื่อจะสามารถนำไปปลูกพืชชนิดอื่นๆได้อย่างหลากหลายโดยออกแบบให้มีความห่างระหว่างชั้นเท่ากับ 27.85 เซนติเมตร

นอกจากนี้เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแข็งแรงโดยใช้ระเบียบไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยการให้ภาระแรงแบบจุดขนาด 348.255 นิวตัน ที่ตำแหน่งจุดรองรับรางน้ำของโครงสร้าง โดยการให้ภาระคำนวณจากน้ำหนักของน้ำและรางพบว่าค่าความเค้นสูงสุดมีค่าเท่ากับ 1.014 MPa ซึ่งน้อยกว่าค่าความแข็งแรงสูงสุดของเหล็กที่มีค่าเท่ากับ 385 MPa ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 วิเคราะห์ความแข็งแรงโดยใช้ระเบียบไฟไนต์เอลิเมนต์



รูปที่ 3.14 โครงสร้างระบบปลูกพืชแนวตั้ง

3.6 ข้อมูลทางเทคนิค

3.6.1 ความจุของการบันทึกข้อมูล SD card สูงสุด 8 Gb บันทึกข้อมูลแบบ txt. ได้นานสูงสุด 1,063 ชั่วโมง

3.6.2 ขนาดและน้ำหนัก

ความสูง : 2,820 มิลลิเมตร

ความกว้าง : 1,000 มิลลิเมตร

ความยาว : 1,800 มิลลิเมตร

3.6.3 หน่วยควบคุม

Arduino Mega 2560

3.6.4 พลังงาน

แรงดันใช้งาน MCU: 9 VDC/2A ผ่าน Jack DC, 24 VDC/2A ผ่าน Regulator Xl4015

Switching power supply input: 110 - 220 VAC

Switching power supply output: 11.8 VDC/30A

ระบบให้แสงสว่าง: 12 VDC / 4.62A, 176 – 6030 ลักซ์ สามารถปรับระดับความเข้มแสงได้

ระบบน้ำ: 12 VDC/1.2A, 12 Watt แบบมีเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ

Solenoid valve: 4 x 12 VDC/0.5A, 19.2 Watt

การใช้พลังงานสูงสุด: 991.22 Watt-Hour/day

3.6.5 เซ็นเซอร์

เซ็นเซอร์ตรวจวัดแสงโดยรอบ

เซ็นเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำในรางปลูก

เซ็นเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำในถัง

เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์

เซ็นเซอร์วัดอัตราการไหล

เซ็นเซอร์วัดแรงดันและกระแสไฟฟ้า

3.6.6 คุณสมบัติที่มีมาให้

ระบบควบคุมระดับน้ำในรางปลูกแบบอัตโนมัติ

ระบบควบคุมความเข้มแสงสามารถปรับความเข้มแสงได้

ระบบควบคุมระดับน้ำในถัง

ระบบควบคุมเปิดปิดวาล์ว

ระบบควบคุมเปิดปิดอุปกรณ์ให้แสงและเครื่องสูบน้ำ

ระบบแจ้งเตือนความเข้มแสง

การแสดงผลเวลาและวันที่

การแสดงผลค่าความเข้มแสง

การแสดงผลค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

3.6.7 ความต้องการระบบ

ระบบปลูกข้าวแบบอัตโนมัติถูกออกแบบให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้หลากหลายโดยรองรับระบบการเชื่อมต่อระบบปฏิบัติการ MAC OSX 10.11.6 หรือใหม่กว่า PC Windows 7 หรือต่ำกว่า

3.6.8 ข้อกำหนดด้านสิ่งแวดล้อมใช้งาน

อุณหภูมิการทำงานโดยรอบ: 0 ถึง 38 องศาเซลเซียส

ความชื้นสัมพัทธ์: ไม่เกิน 60 %

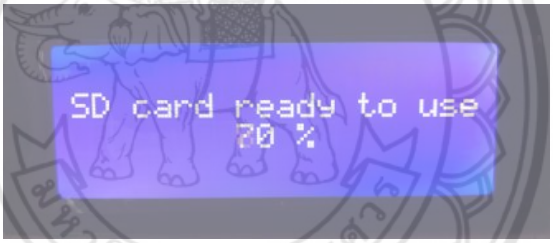
3.7 การใช้งานระบบปลูกข้าวด้วยเกษตรแบบแนวตั้ง

เริ่มต้นระบบ

ในหน้าแรกจะมีข้อความแสดงว่ายินดีตอนรับเข้าสู่ระบบปลูกข้าวด้วยเกษตรแบบแนวตั้ง โปรดรอสักครู่ ดังรูปที่ 3.15

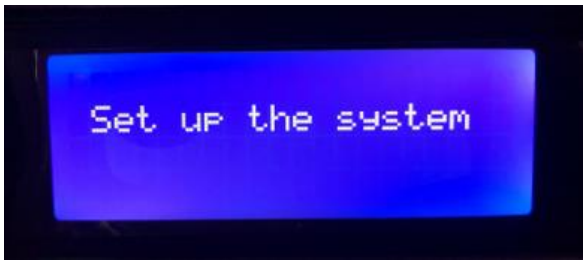
รูปที่ 3.15 จอแสดงผลการเริ่มต้นเปิดระบบ

ตรวจสอบการทำงานของ SD card ว่าถูกใส่ในช่องเสียบอยู่หรือไม่เพื่อเตือนผู้ใช้งานให้ทราบในกรณีที่ต้องการการบันทึกข้อมูล ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 จอแสดงผลการทำงานของ SD card

เข้าสู่การตั้งค่าระบบถ้าผู้ใช้งานไม่ต้องการตั้งค่าให้กดปุ่มสีเหลืองเพื่อกระทำคำสั่งถัดไปได้ ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 จอแสดงผลการตั้งค่าระบบ

เมื่อตั้งค่าระบบเสร็จ ระบบจะเข้าสู่หน้าจอการทำงานแล้วให้ผู้ใช้งานทำการกดปุ่ม A บนแป้นพิมพ์ด้านล่างหน้าจอเพื่อเปิดโหมดการทำงานแบบ Auto ผู้ใช้งานสามารถปิดโหมดนี้ได้โดยกดปุ่ม A ซ้ำอีกครั้ง โดยในหน้าจอการทำงานนี้บรรทัดแรก F_V คืออัตราการไหลของน้ำในระบบ F_T คือปริมาณที่ถูกใช้ไปในระบบบรรทัดที่ 2 แถบซ้าย คือ ค่าความเข้มแสงของชั้นปลูกที่ 1 แถบขวา คือ ค่าความเข้มแสงของชั้นปลูกที่ 2 บรรทัดที่ 3 แถบซ้ายคือการแสดงผลเวลาปัจจุบัน แถบขวา คือ แรงดันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในระบบ บรรทัดที่ 4 แถบซ้ายแสดงผลวันที่ แถบขวาอุณหภูมิภายนอก ดังรูปที่ 3.18

รูปที่ 3.18 จอแสดงผลแสดงข้อมูลสภาวะของระบบ

หน้าจอแสดงผลข้อมูลชั้นปลูกที่ให้ผู้ใช้งานทำการกดปุ่มสีเหลืองแถบขวาของหน้าจอเพื่อดูข้อมูลจำเพาะของชั้นปลูกที่ 1 จากนั้นจะแสดงผลเป็นระยะเวลา 5 วินาที ก็จะกลับเข้าสู่หน้าจอการทำงานและทำการกดอีกครั้งก็จะแสดงข้อมูลจำเพาะของชั้นปลูกที่ 2 ดังรูปที่ 3.19

รูปที่ 3.19 จอแสดงผลแสดงข้อมูลชั้นปลูกที่1

การตั้งค่าเวลาเปิดปิดระบบแสง

ทำการกดปุ่มหมายเลข 7 หน้าจอ LCD จะแสดงผลคำว่า Light control system please wait ค้างไว้ 1 วินาที แล้วจะปรากฏหน้าต่างการตั้งค่า ผู้ใช้งานก็ทำการกดปุ่มหมายเลข 1 เพื่อเปิดปิดระบบให้แสงชั้นที่ปลูกที่ 1 กดปุ่มหมายเลข 2 เพื่อเปิดปิดระบบให้แสงชั้นที่ปลูกที่ 2 เมื่อผู้ใช้งานปรับตั้งค่าเสร็จแล้วให้กดปุ่มสีเหลืองเพื่อออก ดังรูปที่ 3.20 และ รูปที่ 3.21

รูปที่ 3.20 จอแสดงผลเข้าระบบการตั้งค่าแสง

รูปที่ 3.21 จอแสดงผลเปิด-ปิดแสงและเครื่องสูบน้ำ

การตั้งค่าแบบตั้งค่าเวลาเปิดปิด

ทำการกดปุ่มหมายเลข 8 หน้าจอจะแสดงผลคำว่า Light setting timer แล้วจะปรากฏหน้าต่างการตั้งค่าเวลาโดยให้ผู้ใช้งานทำการกดปุ่มหมายเลขตามแถวที่จะทำการตั้งค่า เช่น ผู้ใช้งานต้องการตั้งค่าเวลาเปิดแสงชั้นที่ 1 ให้กดหมายเลข 1 ต้องการตั้งเวลาเปิดแสงชั้นที่ 2 ให้กดหมายเลข 3 จากนั้นจะมีเสียงบีบ ให้ผู้ใช้งานทำการกดปุ่มหมายเลข 1 เพื่อเพิ่มจำนวนชั่วโมง กดหมายเลข 4 เพื่อลดจำนวนชั่วโมง กดหมายเลข 2 เพื่อเพิ่มจำนวนนาที กดหมายเลข 5 เพื่อลดจำนวนนาที เมื่อผู้ใช้งานปรับตั้งค่าเสร็จแล้วให้กดปุ่มสีขาวเพื่อบันทึกข้อมูลในแต่ละครั้งของการตั้งค่า แต่เมื่อผู้ใช้งานต้องการตั้งค่าเพิ่มอีก ก็สามารถทำได้ดังขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้นสำหรับการตั้งค่าเวลาแบบ 24 ชั่วโมง ให้ผู้ใช้งานทำการตั้งเวลาเปิดเวลาปิดให้เท่ากัน โดยค่าปกติที่ตั้งมาให้จะเป็นการเปิดใช้งานแบบ 24 ชั่วโมง เมื่อเสร็จแล้วให้กดปุ่มสีขาวเพื่อบันทึกแล้วกดปุ่มสีเหลืองกดปุ่มสีเหลืองเพื่อออก ดังรูปที่ 3.22

รูปที่ 3.22 จอแสดงผลการตั้งค่าเวลาการเปิด-ปิดระบบแสง

การตั้งค่าเวลาเปิดปิดระบบน้ำ

ทำการกดปุ่มหมายเลข 9 หน้าจอจะแสดงผลคำว่า Pump setting timer แล้วจะปรากฏหน้าต่างการตั้งค่าเวลา โดยให้ผู้ใช้งานทำการกดปุ่มหมายเลขตามแถวที่จะทำการตั้งค่า เช่น ผู้ใช้งานต้องการตั้งค่าเวลาเปิดเครื่องสูบน้ำเข้าชั้นที่ 1 ให้กดหมายเลข 1 ต้องการตั้งเวลาเปิดเครื่องสูบน้ำเข้าชั้นที่ 2 ให้กดหมายเลข 2 จากนั้นจะมีเสียงบีบ ให้ผู้ใช้งานทำการกดปุ่มหมายเลข 1 เพื่อเพิ่มจำนวนชั่วโมง กดหมายเลข 4 เพื่อลดจำนวนชั่วโมง กดหมายเลข 2 เพื่อเพิ่มจำนวนนาทีกดหมายเลข 5 เพื่อลดจำนวนนาที เมื่อผู้ใช้งานปรับตั้งค่าเสร็จแล้วให้กดปุ่มสีขาวเพื่อบันทึกข้ออมูลในแต่ละครั้งของการตั้งค่า แต่เมื่อผู้ใช้งานต้องการตั้งค่าเพิ่มอีก สามารถทำได้ดังขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อเสร็จแล้วให้กดปุ่มสีขาวเพื่อบันทึกแล้วกดปุ่มสีเหลืองเพื่อออก ดังรูปที่ 3.23

รูปที่ 3.23 จอแสดงผลตั้งค่าระบบเครื่องสูบน้ำ

การตั้งค่าแบบทั่วไป ดังรูปที่ 3.24

รูปที่ 3.24 จอแสดงผลเปิด-ปิด แสงและเครื่องสูบน้ำ

การตั้งค่าแบบตั้งค่าเวลาเปิดปิด ดังรูปที่ 3.25

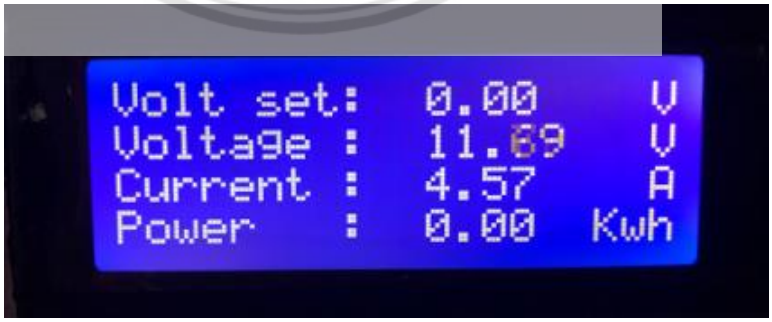
รูปที่ 3.25 จอแสดงผลการตั้งค่าเวลาการเปิด-ปิดระบบน้ำ

การปิดเปิดโหมดควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ ให้ผู้ใช้งานทำการกดปุ่ม A เพื่อเปิดโหมดซึ่งจะมีเสียงสัญญาณยาว 3 วินาที โดยเมื่อทำการเปิดใช้งานจะเป็นการควบคุมระดับน้ำในระบบแบบอัตโนมัติ และกดอีกครั้งเพื่อปิดโหมดโดยจะมีเสียงสัญญานบีบ 1 ครั้ง เมื่อปิดใช้งานจะเป็นการยกเลิกการใช้การควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ

ระบบควบคุมน้ำในถังในระบบปลูกข้าวแบบอัตโนมัติได้มีมีการติดตั้งรีเลย์ควบคุมระดับน้ำเพื่อควบระดับน้ำในถังไม่ให้แห้ง โดยใช้ก้านอิเล็กโทรดแรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ 3 ก้านซึ่งมีช่วงระดับการทำงาน 2 ระดับที่ 30 ลิตรถึง 100 ลิตร

หน้าจอแสดงผลการใช้พลังงานในระบบ

ให้ผู้ใช้งานทำการกดปุ่ม C เพื่อเข้าสู่หน้าจอแสดงผลข้อมูลการใช้พลังงานในบรรทัดล่างสุด รวมถึงแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าบรรทัดที่ 2 และกระแสไฟบรรทัดที่ 3 ดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 หน้าจอแสดงผลการใช้พลังงานในระบบ

การตั้งค่าเวลาการบันทึกข้อมูล

ในกรณีที่ผู้ใช้งานต้องการบันทึกข้อมูลที่มีความถี่ของช่วงการเก็บข้อมูลน้อยหรือในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ให้ผู้ใช้งานกดปุ่ม B เพื่อเข้าสู่การตั้งค่าเวลาในการบันทึกข้อมูลแล้วทำการกดปุ่ม 1 เพื่อเพิ่มเวลา กดปุ่ม 2 เพื่อลดเวลา ถ้าต้องการคืนค่าให้กด # ความถี่ในการบันทึกสูงสุดอยู่ที่ 60 นาที ดังรูปที่ 3.27

รูปที่ 3.27 จอแสดงผลตั้งช่วงเวลาในการเก็บข้อมูล

การควบคุมระบบวาล์วและระบบป้องกันระดับน้ำเกิน

ระบบควบคุมวาล์ว

ทำการกดปุ่มหมายเลข 6 หน้าจอจะปรากฏคำว่า Valve control system ผู้ใช้งานก็ทำการกดปุ่มหมายเลข 1 เพื่อเปิดปิดระวาล์ว 1 กดปุ่มหมายเลข 2 เพื่อเปิดปิดวาล์ว 2 กดปุ่มหมายเลข 3 เพื่อเปิดปิดวาล์ว 3 กดปุ่มหมายเลข 4 เพื่อเปิดปิดวาล์ว 4 ในกรณีของวาล์ว 2 ผู้ใช้งานจะไม่สามารถเปิดวาล์วได้เมื่อระบบตรวจพบว่าน้ำในถังเต็มอยู่ เมื่อผู้ใช้งานปรับตั้งค่าเสร็จแล้วให้กดปุ่มสีเหลืองเพื่อออก ดังรูปที่ 3.28

รูปที่ 3.28 จอแสดงผลเปิด-ปิดระบบวาล์ว

ทั้งนี้ระบบปลูกข้าวแนวตั้งได้ออกแบบให้ระบบวาล์วมีการใช้พลังงานน้อยที่สุด โดยจะทำงานแบบอัตโนมัติแต่ในบางกรณีที่ เช่น ผู้ใช้งานมีความจำเป็นต้องการที่จะควบคุมวาล์วด้วยตัวเอง

สามารถทำการควบคุมได้โดยการกดปุ่ม 6 หน้าจอจะปรากฏคำว่า Valve control system ผู้ใช้งานทำการกดปุ่มหมายเลข 1 เพื่อเปิดปิดวาล์ว 1 กดปุ่มหมายเลข 2 เพื่อเปิดปิดวาล์ว 2 กดปุ่มหมายเลข 3 เพื่อเปิดปิดวาล์ว 3 กดปุ่มหมายเลข 4 เพื่อเปิดปิดวาล์ว 4 ในกรณีของวาล์ว 2 ผู้ใช้งานจะไม่สามารถเปิดวาล์วได้เมื่อระบบตรวจพบว่าน้ำในถังเต็มอยู่ เมื่อผู้ใช้งานปรับตั้งค่าเสร็จแล้วให้กดปุ่มสีเหลืองเพื่อออก

ระบบป้องกันระดับน้ำเกิน

ในกรณีผู้ใช้งานเปิดโหมด Auto เมื่ออยู่ในหน้าจอการทำงานให้กดปุ่ม A เมื่อผู้ใช้งานยังค้างอยู่ในหน้าจอควบคุมระบบวาล์วระบบการทำงานแบบ Auto จะถูกปิดชั่วคราว แต่เมื่อออกเข้าสู่หน้าจอการทำงานระบบจะถูกเปิดอีกครั้ง การเปิดปิดโหมด Auto ให้ดูในส่วนของการเริ่มต้นระบบ

บทที่ 4

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการทดสอบอุปกรณ์และประสิทธิภาพที่ทำได้เพื่อศึกษาข้อมูลก่อนการปรับแต่ง และทำการปรับแต่งอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับลักษณะการใช้งานปลูกข้าว

4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาระยะความสูงของชั้นหลอดไฟกับปริมาณความเข้มแสง

การทดลองนี้เป็นการทดสอบวัดค่าความเข้มแสงและเก็บข้อมูลลงตารางเพื่อเป็นการหาระยะความสูงของชั้นหลอดไฟในการให้แสงที่เหมาะกับในแต่ละช่วงการเพาะปลูกข้าว

4.1.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. นำรางไฟ LED มาใส่ในชั้นใส่รางไฟชั้นที่ 1 คือ ชั้นล่างสุด

2. ทำการเสียบปลั๊กไฟเพื่อเริ่มต้นการทำงานของระบบปลูกข้าวแนวตั้งแบบอัตโนมัติซึ่งระบบจะทำการเปิดไฟแบบอัตโนมัติเมื่อเริ่มต้นระบบเสร็จสิ้นแล้ว

3. นำอุปกรณ์วัดแสงไปวางไว้ตำแหน่งที่ต้องการวัดค่า

4. ทำการเก็บข้อมูล

5. เมื่อได้ข้อมูลจากการวัดครบแล้วนำข้อมูลที่ได้จดบันทึกลงในตารางที่ 5.1

4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาระบบให้น้ำและระบบควบคุมน้ำ

การทดลองนี้เป็นการทดสอบเวลาในการเติมน้ำเข้าสู่ระบบ เซ็นเซอร์วัดค่าอัตราการไหลปริมาณน้ำที่ถูกใช้ไปตรวจสอบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำและฟังก์ชันควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติและเก็บข้อมูลลงตารางเพื่อเป็นการทดสอบการทำงานของน้ำในระบบและเป็นการปรับแต่งอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับการปลูกข้าว

4.2.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. ตรวจสอบน้ำในรางปลูกให้ไม่มีน้ำอยู่ในราง

2. ทำการเสียบปลั๊กไฟเพื่อเริ่มต้นการทำงานของระบบปลูกข้าวแนวตั้งแบบอัตโนมัติ

3. ทำการกดปุ่ม A เพื่อเป็นการเปิดฟังก์ชันการทำงานระบบควบคุมน้ำแบบอัตโนมัติ

4. ทำการเก็บข้อมูลโดยแบ่งเป็นการเก็บข้อมูลอัตราการไหลทุกๆ 2 นาที ในแต่ละชั้น

จากนั้นเก็บข้อมูลระยะเวลาในการเติมน้ำเข้าจนเต็มในแต่ละชั้น (จะใช้เวลานี้อ้างอิงกับการทดลองที่ 3 ด้วย) โดยระบบจะเริ่มทำงานที่ชั้นที่ 1 ก่อนและเมื่อชั้นที่ 1 เต็มแล้ว เซ็นเซอร์จะตัดการทำงานระบบให้น้ำ ชั้นที่ 1 แล้วเปลี่ยนไปทำงานที่ชั้นที่ 2 ต่อในช่วงนี้จะทำการเก็บข้อมูลการทำงานของระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติว่าทำงานหรือไม่

5. ทำการเก็บข้อมูลระยะเวลาในการเติมน้ำเข้าจนเต็มในแต่ละชั้น ทำซ้ำทั้งหมด 5 ครั้ง

6. เมื่อได้ข้อมูลจากการวัดครบแล้วนำข้อมูลที่ได้จัดบันทึกลงในตารางที่ 5.2

4.3 การทดลองที่ 3 การศึกษาการใช้พลังงานในระบบปลูกข้าวอัตโนมัติ

การทดลองนี้เป็นการเริ่มต้นระบบปลูกข้าวแบบอัตโนมัติ เป็นการทดสอบระบบ เก็บข้อมูล ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในระบบ โดยเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของอุปกรณ์แต่ละชนิดในระบบ ในช่วงมีการเริ่มต้นการปลูกและเก็บข้อมูลพลังงานหลังจากเริ่มต้นการปลูกไปแล้ว โดยเป็นการเก็บค่ากระแสไฟและแรงดันไฟฟ้าของอุปกรณ์ในระบบและระยะเวลาในการทำงานของอุปกรณ์เพื่อทำการหาค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานระยะเวลาการใช้งานเฉลี่ยของอุปกรณ์ภายในระบบ

4.3.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าอุปกรณ์ไฟฟ้าดังนี้ โซลินอยด์วาล์วหมายเลข 1 2 และ 3 กับเครื่องสูบน้ำ ระบบให้แสงไฟทั้ง 2 ชั้น โดยใช้เครื่องวัดมัลติมิเตอร์ยี่ห้อ PEAK METER รุ่น PM18C ทำการวัดพร้อมจับเวลาการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิด

2. การวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของโซลินอยด์วาล์วและเครื่องสูบน้ำ ให้ทำการถอดขั้วหางปลาที่ข้างใดข้างหนึ่งออก แล้วนำมาอนุกรมเข้ากับเครื่องมัลติมิเตอร์เพื่อวัดค่ากระแสไฟฟ้าแล้วถอดขั้วที่เหลือ หลังจากนั้นนำมาขนานกับเครื่องมัลติมิเตอร์เพื่อทำการวัดค่าความต่างศักย์ดังรูปที่ 4.1

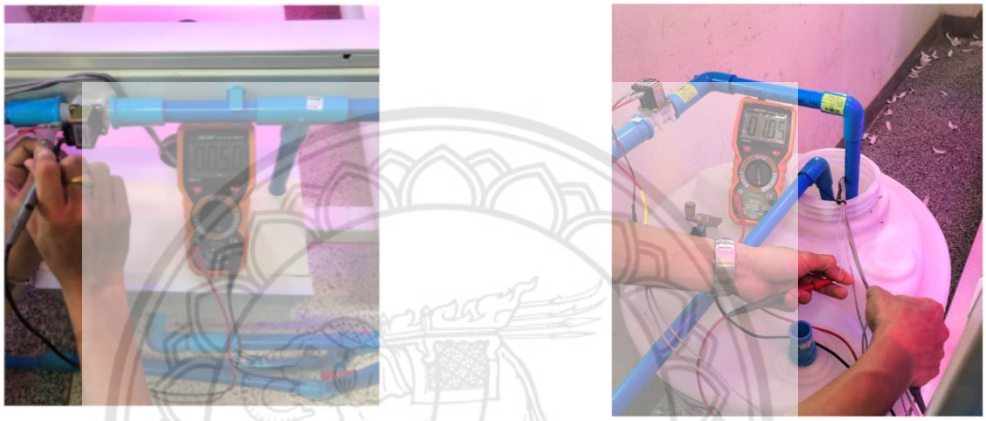
3. การวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของระบบ ให้แสงชั้นปลูกที่ 1 ทำการถอดสายไฟขั้วลบก่อนเข้าดิมเมอร์ แล้วนำมาอนุกรมเข้ากับเครื่องมัลติมิเตอร์เพื่อวัดค่ากระแสไฟฟ้า จากนั้นถอดสายไฟขั้วบวกก่อนเข้าดิมเมอร์ แล้วนำสายไฟทั้งสองเส้นมาขนานกับเครื่องมัลติมิเตอร์เพื่อทำการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ดังรูปที่ 4.1 ชั้นปลูกที่ 2 ให้ทำการถอดสายไฟที่ขั้วลบขาออกจากดิมเมอร์ออก แล้วนำมาอนุกรมเข้ากับเครื่องมัลติมิเตอร์เพื่อวัดค่ากกระแสไฟฟ้า จากนั้นถอดสายไฟขั้วบวกขาเข้าดิม

เมอร์แล้วนำสายไฟทั้งสองเส้นมาขนานกับเครื่องมัลติมิเตอร์เพื่อทำการวัดค่าความต่างศักย์ดังรูปที่ 4.2

4. ทำการทดลองต่อเพื่อเก็บข้อมูลทั้งหมด 5 ครั้ง หลังจากนั้นนำข้อมูลมาทำการหาค่าเฉลี่ยแล้วเลือกใช้ข้อมูลที่เป็นค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์ข้อมูล

5. ตั้งเวลาการทำงานของระบบให้แสงของชั้นปลูกที่ 1 และ 2 ไว้ที่ 24 และ 11.52 ชั่วโมง ตามลำดับ

6. เมื่อได้ข้อมูลจากการวัดครบแล้วนำข้อมูลที่ได้จดบันทึกลงในตารางที่ 5.3 ก - 5.3 ฉ



(ก) (ข)

รูปที่ 4.1 การวัดกระแสและแรงดันไฟฟ้าของโซลินอยด์วาล์วและเครื่องสูบน้ำ

(ก) (ข)

รูปที่ 4.2 การวัดกระแสและแรงดันไฟฟ้าของระบบให้แสง

4.4 การทดลองที่ 4 การเก็บบันทึกข้อมูลลง SD card

การทดลองนี้เป็นการทดสอบการวัดค่าความสว่างแสง การแสดงวันที่และเวลา ค่าอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ ค่าอัตราการบริโภคน้ำในระบบ ค่าอุณหภูมิน้ำ ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบ โดยเป็นการทดสอบอุปกรณ์วัดความเข้มแสง อุปกรณ์วัดอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ อุปกรณ์บันทึกข้อมูล เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประกอบการตัดสินใจวิเคราะห์ข้อมูล

4.4.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการเสียบปลั๊กไฟเพื่อเริ่มต้นการทำงานของระบบปลูกข้าวแนวตั้งแบบอัตโนมัติซึ่งระบบจะแสดงผลผ่านหน้าจอ LCD I2C ว่า SD card ready to use แล้วทำการเริ่มต้นระบบให้เสร็จ

2. ทำการเก็บข้อมูลโดยจะทำการใช้ช่วงการเก็บข้อมูลตั้งแต่เวลา 00.00 น. ถึง 09.00 น. ของทุกวันเป็นเวลาของวันที่ 21 เมษายน 2562

3. ข้อมูลที่ได้จะถูกบันทึกด้วยความถี่ในการบันทึกทุก ๆ 20 นาที

4. ข้อมูลจะถูกบันทึกไว้ใน SD card เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

4.5 การทดลองที่ 5 การศึกษาความเข้มแสงและระยะเวลาให้แสงต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว

การทดลองนี้เป็นการทดลองปัจจัยของแสงและระยะเวลาการได้รับแสงต่อการเจิญเติบโตของข้าวด้วยวิธีการเฝ้าสังเกตเพื่อดูลักษณะทางกายภาพของต้นข้าวและให้ความเข้มแสงในช่วง 500-520 ลักซ์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วเก็บข้อมูลแบบภาพถ่ายจากกล้องถ่ายรูปตั้งแต่เมล็ดข้าวเริ่มงอกไปจนถึงวันที่ 3 ของการปลูก วัดความสูงของของลำต้น นับตั้งแต่สังเกตเห็นยอดอ่อนชูออกมาเหนือฟองน้ำและจดบันทึกข้อมูล อุณหภูมิอากาศค่าความชื้นสัมพัทธ์กับค่าแสง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประกอบการตัดสินใจวิเคราะห์ข้อมูล (ผลการศึกษานี้ใช้เวลาศึกษา 3 วัน)

4.5.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. นำกระถางปลูกที่ใส่ฟองน้ำแล้วไปใส่ไว้ในรางเพาะปลูก

2. นำเมล็ดข้าวแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ที่เตรียมไว้มาหยอดใส่ฟองน้ำในกระถางปลูก กระถางละ 3 เมล็ด

3. ทำการปรับตั้งค่าความแสงด้วยวิธีการหมุนดิมเมอร์ให้ได้ค่าความเข้มแสงในช่วง 500-520 ลักซ์ ในชั้นปลูกที่ 1 ทำการเปิดระบบให้แสงที่ 1 ก่อน แล้วทำการวัดแล้วปิด หลังจากนั้นทำการเปิดระบบให้แสง 11.52 ชั่วโมง ทำการตั้งค่าเวลาให้แสง 24 ชั่วโมง

4. ทำการเก็บข้อมูลรูปภาพ วัดความสูงของของลำต้นเมื่อสังเกตเห็นยอดอ่อนชูออกมาเหนือฟองน้ำให้จดบันทึกข้อมูลอุณหภูมิอากาศ ค่าความชื้นสัมพันธ์ และค่าแสงโดยจะทำการใช้ช่วงการเก็บข้อมูลตั้งแต่เวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น.ของทุกวันเป็นเวลา 3 วัน

5. เมื่อได้ข้อมูลจากการวัดครบแล้วนำข้อมูลที่ได้จัดบันทึกลงในตารางที่ 5.5

บทที่ 5

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงข้อมูลและอธิบายผลที่ได้จากการทดลองจากการทดสอบอุปกรณ์เพื่อศึกษาวิเคราะห์ผลแล้วทำการปรับแต่งอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับลักษณะการใช้งานปลูกข้าว

นำผลจากการวัดข้อมูลมาบันทึกลงตารางเพื่อเก็บข้อมูลในรูปแบบตารางรวมถึงการสร้างกราฟความสัมพันธ์เพื่อเป็นการแสดงข้อมูลในรูปแบบของกราฟ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประกอบการตัดสินใจ วิเคราะห์ข้อมูล

5.1 ผลการศึกษาระยะความสูงของชั้นหลอดไฟกับปริมาณความเข้มแสง

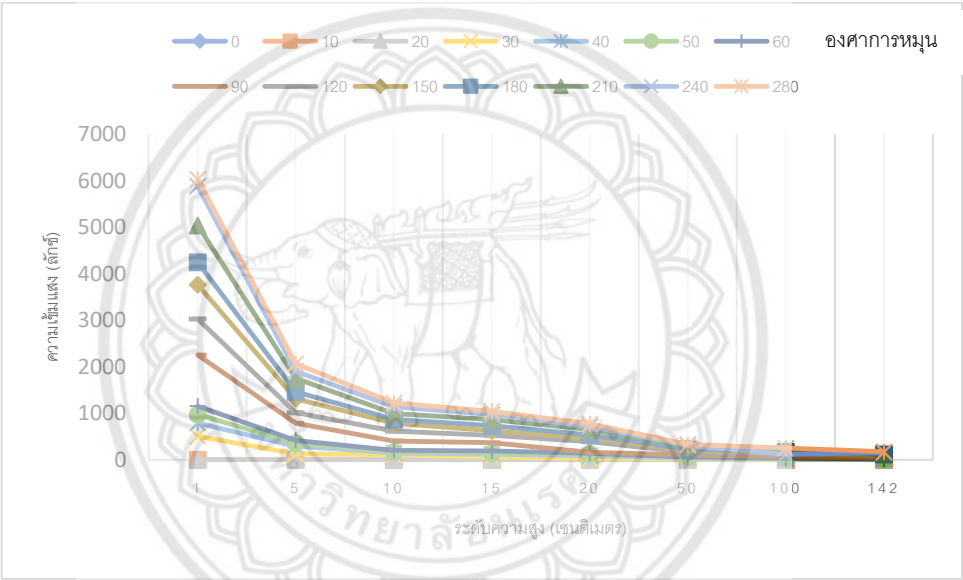
ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองระยะความสูงของชั้นหลอดไฟกับปริมาณการได้รับแสงของต้นข้าว

องศาการหมุน	ระดับความสูง (เซนติเมตร)								ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของ dimmer (โวลต์)
	1	5	10	15	20	50	100	142	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	
30	506	128	105	63	27	23	8	4	
40	792	297	151	125	89	39	22	9	
50	972	359	170	149	122	51	33	15	
60	1155	420	205	192	146	63	39	21	
90	2253	788	407	368	162	110	64	32	
120	3027	1014	619	531	393	160	112	65	
150	3762	1315	788	622	467	203	134	89	
180	4243	1462	872	731	536	227	176	121	
210	5039	1750	998	863	650	271	198	138	

ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองระยะความสูงของชั้นหลอดไฟกับปริมาณการได้รับแสงของต้นข้าว (ต่อ)

องศาการหมุน	ระดับความสูง (เซนติเมตร)							
	1	5	10	15	20	50	100	142
240	5880	1905	1142	972	720	308	121	151
หมุนจนสุด	6030	2067	1221	1042	772	334	251	176

จากตารางที่ 5.1 พบว่าค่าความเข้มแสงที่ระดับความสูงกว่าจะมีค่าน้อยกว่าความเข้มแสงที่อยู่ระดับต่ำกว่า เห็นได้จากค่าที่ได้จากการวัดที่ระดับต่างกัน



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงอุณหภูมิในช่วง 3 วันแรกของการปลูก

สูงสุดที่ระดับความสูง 1 เซนติเมตร คือ 6,030 ลักซ์ ต่ำสุดอยู่ที่ระดับความสูงสูงสุด 142 เซนติเมตร คือ 176 ลักซ์

จากผลการทดลอง ใช้ข้อมูลอ้างอิงช่วงค่าแสงที่เหมาะสมกับการปลูกข้าวค่าแสงในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวอยู่ที่ความเข้มแสงมากกว่า 200 ลักซ์ [50] ทำให้ได้ช่วงระดับความสูง การให้แสงที่เหมาะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 1-100 เซนติเมตร แต่ในกรณีที่ต้องการประหยัดพลังงานโดยการปรับดิมเมอร์ ก็สามารถปรับเปลี่ยนระยะการให้แสงให้ต่ำลงแล้วทำการปรับดิมเมอร์แต่ต้องดูค่าความเข้มแสงควบคู่ไปด้วยต้องไม่ต่ำกว่า 200 ลักซ์

5.2 ผลการศึกษาระบบให้น้ำและระบบควบคุมน้ำ

ตารางที่ 5.2 ก ผลการทดลองเวลาในการเติมน้ำเข้าสู่ระบบ

ครั้งที่	เวลา(วินาที)		
	ชั้นที่1	ชั้นที่2	รวม 2 ชั้น
1	1232	1689	2921
2	1248	1676	2924
3	1235	1736	2971
4	1215	1692	2907
5	1221	1678	1899
เวลาเฉลี่ย	1230.2	1694.2	2924.4

จากการทดลอง พบว่าเวลาที่ใช้ในการไหลของน้ำเข้าสู่ระบบในชั้นที่ 1 น้อยกว่าเวลาในการไหลของน้ำเข้าสู่ระบบในชั้นที่ 2 คิดเป็น 72.61 %

ตารางที่ 5.2 ข ผลการทดลองค่าเซ็นเซอร์วัดอัตราการไหลและปริมาณน้ำที่ถูกใช้ไป

เซ็นเซอร์อัตราการไหล ชั้นที่1		เซ็นเซอร์อัตราการไหล ชั้นที่2	
รอบที่	อัตราการไหล (ลิตรต่อนาที)	รอบที่	อัตราการไหล (ลิตรต่อนาที)
1	7.40	1	5.60
2	7.40	2	5.50
3	7.40	3	5.30
4	7.50	4	5.30
5	7.60	5	5.30
6	7.50	6	5.30
7	7.50	7	5.30
8	7.50	8	5.30
9	7.60	9	5.30
10	7.60	10	5.50
		11	5.30
		12	5.30
		13	5.30
		14	5.30

ตารางที่ 5.2 ข ผลการทดลองค่าเซ็นเซอร์วัดอัตราการไหลและปริมาณน้ำที่ถูกใช้ไป (ต่อ)

ค่าเฉลี่ย	7.50	ค่าเฉลี่ย	5.36
ปริมาณน้ำเฉลี่ยที่ใช้ไปในชั้นที่ 1 (ลิตร)		153.78	
ปริมาณน้ำเฉลี่ยที่ใช้ไปในชั้นที่ 2 (ลิตร)		151.47	
ปริมาณน้ำรวมทั้งระบบ (ลิตร)		305.24	

จากการทดลองพบว่า อัตราการไหลในชั้นปลูกที่ 1 มีค่ามากกว่าอัตราการไหลในชั้นปลูกที่ 2 เกิดจากระดับความสูงที่ต่างกันและความเสียดทานในระบบท่อ ในการทดสอบ เซ็นเซอร์วัดอัตราการไหลสามารถทำงานได้ปกติ ซึ่งแสดงค่าอัตราการไหลในชั้นปลูกที่ 1 ได้เท่ากับ 7.5 ลิตรต่อนาที และชั้นปลูกที่ 2 ได้เท่ากับ 5.36 ลิตรต่อนาที และปริมาตรน้ำที่ใช้ในชั้นปลูกที่ 1 มีค่า เท่ากับ 153.78 ลิตร ในชั้นที่ 2 มีค่าเท่ากับ 151.47 ลิตร และมีปริมาตรน้ำในการเริ่มต้นระบบรวมทั้ง หมด 305.24 ลิตร

5.3 ผลการศึกษาการใช้พลังงานในระบบปลูกข้าวอัตโนมัติ

ตารางที่ 5.3 ก ผลการทดลองวัดค่ากระแสไฟและแรงดันไฟฟ้าและระยะเวลาในการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว 1

ครั้งที่	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมป์)	กำลังไฟ โวลต์×แอมป์	เวลา (วินาที)			
				ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ถังน้ำ	เวลารวม
1	11.69	0.51	5.96	1232	-	-	1232
2	11.69	0.50	5.83	1248	-	-	1248
3	11.69	0.50	5.85	1255	-	-	1255
4	11.69	0.46	5.38	1222	-	-	1222
5	11.69	0.50	5.85	1249	-	-	1249
ค่าเฉลี่ย	11.69	0.49	5.77	1241.2	-	-	1241.2

ตารางที่ 5.3 ข ผลการทดลองวัดค่ากระแสไฟและแรงดันไฟฟ้าและระยะเวลาในการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว 2

ครั้งที่	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมป์)	กำลังไฟ โวลต์×แอมป์	เวลา (วินาที)			
				ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ถังน้ำ	เวลารวม
1	11.74	0.51	5.99	-	1689	-	1689
2	11.74	0.50	5.87	-	1676	-	1676
3	11.74	0.50	5.87	-	1736	-	1736
4	11.70	0.50	5.85	-	1692	-	1692
5	11.74	0.49	5.75	-	1678	-	1678
ค่าเฉลี่ย	11.73	0.50	5.87	-	1694.2	-	1694.2

ตารางที่ 5.3 ค ผลการทดลองวัดค่ากระแสไฟและแรงดันไฟฟ้าและระยะเวลาในการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว 3

ครั้งที่	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมป์)	กำลังไฟ โวลต์×แอมป์	เวลา (วินาที)			
				ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ถังน้ำ	เวลารวม
1	11.76	0.51	6.00	-	-	488	488
2	11.76	0.50	5.88	-	-	486	486
3	11.76	0.50	5.88	-	-	483	483
4	11.76	0.46	5.41	-	-	483	483
5	11.76	0.50	5.88	-	-	485	485
ค่าเฉลี่ย	11.76	0.49	5.81	-	-	485	485

ตารางที่ 5.3 ง ผลการทดลองวัดค่ากระแสไฟและแรงดันไฟฟ้าและระยะเวลาในการทำงานของเครื่องสูบน้ำ

ครั้งที่	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมป์)	กำลังไฟ โวลต์×แอมป์	เวลา (วินาที)			
				ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ถังน้ำ	เวลารวม
1	11.80	1.09	12.86	1212	1689	-	2901
2	11.80	1.08	12.74	1248	1676	-	2924
3	11.80	1.08	12.74	1275	1736	-	3011
4	11.81	1.04	12.28	1222	1692	-	1914
5	11.81	1.08	12.75	1209	1678	-	2887
ค่าเฉลี่ย	11.80	1.07	12.68	1233.2	1694.2	-	2927.4

ตารางที่ 5.3 จ ผลการทดลองวัดค่ากระแสไฟและแรงดันไฟฟ้าและระยะเวลาในการทำงานของระบบให้แสง ของชั้นปลูกทั้ง 2 ชั้น

ชั้นปลูก	ข้อมูล	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมป์)	กำลังไฟ โวลต์×แอมป์	เวลา (ชั่วโมง)	Unit
1	1	11.79	2.37	27.94	24	0.67
	2	11.80	2.33	27.94	24	0.66
	3	11.80	2.33	27.94	24	0.66
	4	11.80	2.37	27.97	24	0.67
	5	11.80	2.37	27.97	24	0.67
เฉลี่ย		11.798	2.354	27.77	24	0.67
2	1	11.66	2.29	26.70	11.25	0.30
	2	11.66	2.26	26.35	11.25	0.30
	3	11.60	2.26	26.22	11.25	0.29
	4	11.66	2.26	26.35	11.25	0.30
	5	11.66	2.27	26.47	11.25	0.30
เฉลี่ย		11.65	2.27	26.42	11.25	0.30

ตารางที่ 5.3 ฉ ผลการทดลองวัดค่ากระแสไฟ เวลาในการทำงานของระบบ และอัตราการใช้พลังงานรวมชั่วโมงต่อวัน

ชนิดอุปกรณ์	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (วัตต์)	เวลาใช้งานเฉลี่ย (ชั่วโมงต่อวัน)	Unit (วัตต์ชั่วโมงต่อวัน)
โซลินอยด์วาล์ว 1	5.77	0.07	0.3979
โซลินอยด์วาล์ว 2	5.87	0.09	0.5525
โซลินอยด์วาล์ว 3	5.81	0.13	0.7827
เครื่องสูบน้ำ	12.68	2.03	25.7774
ระบบให้แสงชั้นปลูก 1	27.77	24.00	666.4800
ระบบให้แสงชั้นปลูก 1	26.42	11.25	297.2250
รวม	84.32		991.22

จากการทดลองตารางที่ 5.3 ก - 5.3 ฉ พลังงานที่ใช้ในระบบมากที่สุดอยู่ที่ระบบการให้แสงสว่าง เนื่องจากมีชั่วโมงการทำงานที่เยอะที่สุด ซึ่งในการทดลองนี้ได้กำหนดให้ชั้นปลูกที่ 1 ให้มี ชั่วโมงการทำงานของระบบให้แสงเท่ากับ 24 ชั่วโมงต่อวัน และชั้นปลูกที่ 2 ให้มีชั่วโมงการทำงานอยู่ที่ 11.52 ชั่วโมงต่อวัน ส่วนระบบเครื่องสูบน้ำมีอัตราการใช้พลังงานรองลงมาจากระบบการให้แสงสว่างและมีเวลาการใช้งานเฉลี่ย 2.03 ชั่วโมงต่อวัน ส่วนระบบวาล์วใช้พลังงานน้อยที่สุดในระบบซึ่งมีเวลาการใช้งานเฉลี่ย 0.29 ชั่วโมงต่อวัน

จากผลการทดลองตารางที่ 5.3 ฉ อัตราการบริโภคพลังงานในระบบปลูกข้าวอัตโนมัติทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 991.22 วัตต์ชั่วโมงต่อวัน โดยพลังงานที่ใช้สูงสุดอยู่ที่ระบบการให้แสงสว่างซึ่งคิดเป็น 97.22% รองลงมาจะเป็นระบบเครื่องสูบน้ำและระบบควบคุมวาล์ว ตามลำดับ

5.4 การเก็บบันทึกข้อมูลลง SD card

ตารางที่ 5.4 ก ผลการเก็บข้อมูลใน SD card ในช่วงวันที่ 21 เมษายนเวลา 05.00 น. ถึง 09.00 น.

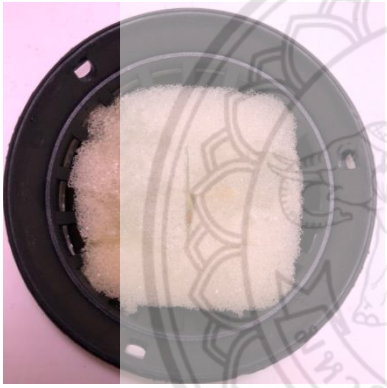
ตารางเก็บข้อมูล						
ช้อมูล	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	คาแสง (ลักซ์)	อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)	ระดับน้ำที่ใช้ไป (ลิตร)	การใช้พลังงาน (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็น)
1	34.31	503.55	34.31	310.27	0.57	49.1
2	33.81	501.16	33.81	310.27	0.58	49.9
3	34.31	484.73	34.31	310.27	0.59	50.3
4	34.31	510.8	34.31	310.27	0.59	50.7
5	34.31	498.77	34.31	310.27	0.6	50.7
6	34.31	505.95	34.31	310.27	0.6	51
7	33.69	496.4	33.69	310.27	0.61	51.4
8	34	498.77	34	310.27	0.61	51.3
9	34	505.95	34	310.27	0.62	51.4
10	34.31	503.55	34.31	310.27	0.62	51.6
11	33.75	505.95	33.75	310.76	0.63	51.7
12	33.94	505.95	33.94	310.76	0.64	51.9

จากตารางที่ 5.4 ก. พบว่า SD card มีระยะเวลาในการบันทึกข้อมูลที่แม่นยำ โดยมีการบันทึกข้อมูลในช่วงเวลา 05.00 น. ถึง 09.00 น. ทั้งหมด 12 ชุด ข้อมูลครบถ้วนโดยใช้ความจุในการบันทึกอยู่ที่ 86.3 กิโลไบท์ โดยความจุ SD card ที่ใช้ความจุเท่ากับ 8 จิกะไบท์ นั่นคือ SD card ที่ถูกนำมาใช้ในระบบสามารถบันทึกข้อมูลได้ถึง 76,789 ข้อมูล ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้สูงสุด 44 วัน เก็บข้อมูล 20 นาทีต่อครั้ง โดยได้ออกแบบให้สามารถใช้ SD card ที่มีความจุมากขึ้นได้อีกด้วย

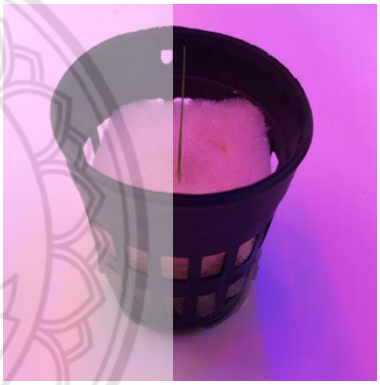
5..5 การศึกษาความเข้มแสงและระยะเวลาให้แสงต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว

ตารางที่ 5.5 ผลการเก็บข้อมูลการปลูกข้าว

ชุดข้อมูล	วันที่	ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร)	ค่าแสง (ลักซ์)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	หมายเหตุ
ชั้นปลูกที่1	1	0.30	504	34.51	55	พบยอดอ่อน
	2	2.80	499	35.36	51	
	3	4.20	501	31.12	56	



(ก) เริ่มปลูก



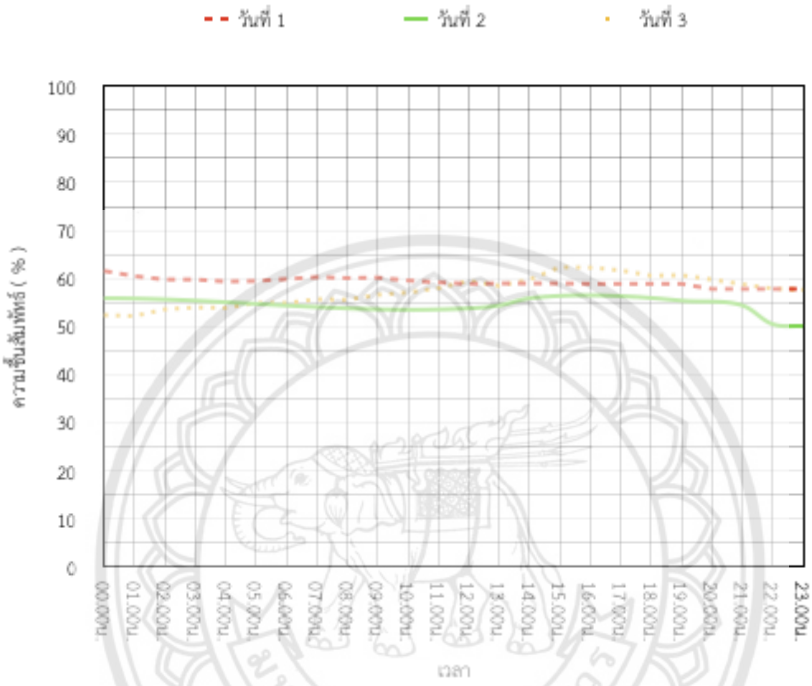
(ข) วันที่ 1

(ค) วันที่ 2

(ง) วันที่ 3

รูปที่ 5.2 การถ่ายภาพของต้นข้าว

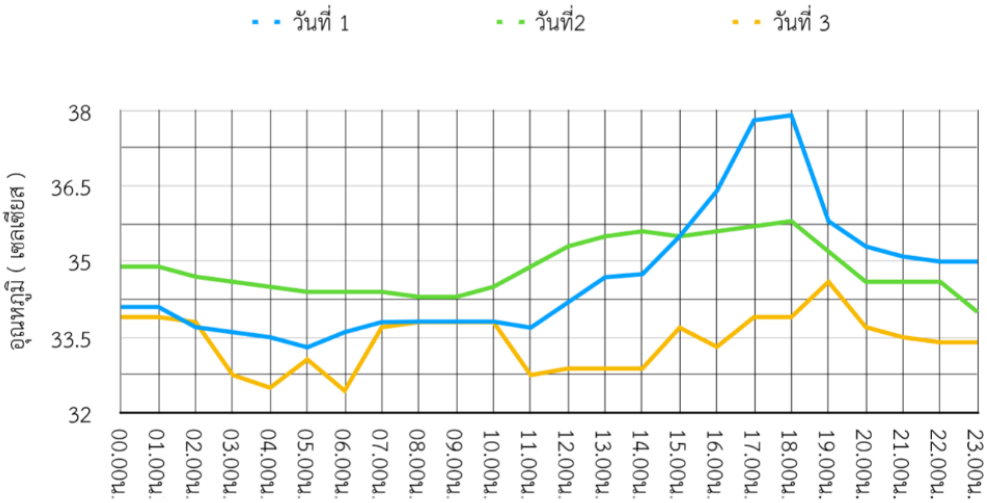
จากการทดลองในการปลูกข้าวในชั้นปลูกที่ 1 ซึ่งให้แสงสว่าง 24 ชั่วโมงต่อวัน มีความสูงเฉลี่ยของต้นข้าว 12 ต้น ในวันแรก 0.30 เซนติเมตร วันที่สอง 2.80 เซนติเมตร และวันที่สาม 4.20 เซนติเมตร การปลูกข้าวที่มีระยะเวลาการให้แสงสว่างที่มากกว่าและความเข้มแสงที่มากดังการปลูกในชั้นที่ 1 ส่งผลให้มีอัตราการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่สูง



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงเวลาการเพราะปลูก

นอกจากนี้การทดลองได้ค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในช่วงเวลาการปลูกดังรูปที่ 5.3 และ 5.4

จากรูปที่ 5.3 จะเห็นได้ว่าความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงเวลาที่ทำการปลูกข้าวนั้นค่อนข้างมีความคงที่คืออยู่ในช่วง 50-65 %RH



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงอุณหภูมิในช่วงเวลาการเพาะปลูก

จากรูปที่ 5.4 จะเห็นได้ว่าช่วงเวลาในการปลูกข้าวนั้นอยู่ในสภาวะปกตินั้นคือ มีค่าอุณหภูมิสูงในช่วงเวลาบ่ายและอุณหภูมิต่ำในช่วงเวลาเช้า

บทที่ 6

สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุป

6.1.1 ผลการศึกษาพบว่าระบบปลูกข้าวแบบเกษตรแนวตั้งที่พัฒนาขึ้นมีคุณสมบัติที่สามารถปรับค่าความเข้มแสงในช่วง 17 ลักซ์ ถึง 6,030 ลักซ์

6.1.2 เวลาที่ใช้ในการเติมน้ำเข้าสู่ระบบในการเติมน้ำในชั้นที่ 1 มีค่าน้อยกว่าชั้นที่ 2 โดยชั้นที่ 1 มีค่าอัตราการไหลเฉลี่ยเป็น 7.5 ลิตรต่อนาที และชั้นที่ 2 มีค่าอัตราการไหลเป็น 5.3 ลิตรต่อนาที

6.1.3 อัตราการบริโภคพลังงานในระบบปลูกข้าวอัตโนมัติทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 991.22 วัตต์ชั่วโมงต่อวัน โดยพลังงานที่ใช้สูงสุดอยู่ที่ระบบการให้แสงสว่างซึ่งคิดเป็น 97.22% รองลงมาจะเป็นระบบเครื่องสูบน้ำและระบบควบคุมวาล์ว ตามลำดับ

6.1.4 สามารถเก็บข้อมูลได้ปกติ โดยเก็บข้อมูลสูงสุดอยู่ที่ 7,600 ข้อมูล SD card ที่ใช้ความจุเท่ากับ 8 จิกะไบท์ โดยใช้พื้นที่ในการบันทึกได้สูงสุด 44 วัน เก็บข้อมูล 20 นาทีต่อครั้ง

6.1.5 การปลูกข้าวที่มีระยะเวลาการให้แสงสว่างที่มากกว่าและความเข้มแสงที่มากดังการปลูกในชั้นที่ 1 ส่งผลให้มีอัตราการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่สูง

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ใช้เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำเป็นอิเล็กโทรด

6.2.2 ระบบควรควบคุมสภาวะปัจจัยแวดล้อมภายนอกได้

6.2.3 ควรทำการทดสอบการใช้งานระบบจนถึงระยะการเก็บเกี่ยว

6.2.4 ควรออกแบบให้แยกเปิดไฟได้ เช่น เปิดสีน้ำเงินอย่างเดียวหรือเปิดสีแดงอย่างเดียว

เอกสารอ้างอิง

[1] MGR ONLINE. (2017UN เผยประชากรโลกจะเพิ่มเป็น 9,800 ล้านคนในปี 2050. สืบค้นเมื่อ 23 เมษายน, 2562, จาก MGR ONLINE: https://mgronline.com/around/detail/9600000063557

[2] สมาคมผู้ส่งออกข้าว. (2019). Consumption สืบค้นเมื่อ 23 เมษายน, 2562, จาก สมาคมผู้ส่งออกข้าว :http://www.thairiceexporters.or.th/world%20rice%20prod_cons_ends.htm

[3] Adisak. (2016). เกษตรแนวตั้ง Vertical Farm และระบบ Robot Farm. สืบค้นเมื่อ 19 เมษายน, 2562, จาก Organic Farm: https://www.organicfarmthailand.com/vertical-farm-and-robot-farm/

[4] Mr Jack Ng. (2012). Sky greens. สืบค้นเมื่อ 19 เมษายน, 2562, จาก Sky greens: http://www.skygreens.com/

[5] Business. (2017). Smart Farming โอกาสของ SME ยุคใหม่. สืบค้นเมื่อ 19 เมษายน, 2562, จาก thaitrade.com: https://www.thaitrade.com/articles-n-blogs/detail/smart-farming-%E0%B9%82%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%AA%E0%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%87sme%E0%B8%A2%E0%B8%B8%E0%B8%84%E0%B9%83%E0%B8%AB%E0%B8%A1%E0%B9%88-142

[6] D. Despommier. (2011). “The vertical farm: controlled environment agriculture carried out in tall buildings would create greater food safety and security for large urban populations,” (vol. 6, no. 2, pp. 233–236) J. für Verbraucherschutz und Leb.

[7] Godo, T., Fujiwara, K., Guan, K., Miyoshi, K., (2011). Effect of wavelength of LED - light on in vitro asymbiotic germination and seedling growth of Bletilla ochracea Schltr. (Orchidaceae), Plant Biotechnol. 28: 397-400.

[8] P. M. Voss, “Vertical Farming: An agricultural revolution on the rise,” Halmstad, pp. 1–21, 2013., D. Despommier, “The rise of vertical farms,” Sci. Am., vol. 301, no. 5, pp. 80–87, 2009.

[9] ไอเก็ตแอลอีดี. (2017). LED ปลูกต้นไม้. สืบค้นเมื่อ 31 มีนาคม, 2562, จาก IGETLED: https://www.igetled.com/category/7/led-%E0%B8%9B%E0%B8%A5%E0%B8%B9%E0%B8%81%E0%B8%95%E0%B9%89%E0%B8%99%E0%B9%84%E0%B8%A1%E0%B9%89?fbclid=IwAR1IxCWv0P-493pdG4t3-8nXVEE5e618uGRPEJ9KThtQXw5facQoanM6wVA

[10] Solarsmileknowledge. (2013). โหลดและเครื่องสูบน้ำ. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก Solarsmileknowledge:

[11] Thaiwater. (2017). เครื่องสูบน้ำ DC12V รุ่น 19W 1.6A 800 ลิตร/ชม. ส่งสูง 5 เมตร (เครื่องสูบน้ำตู้ปลา เครื่องสูบน้ำดูดปุ๋ย). สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก Thaiwatersystem: https://www.thaiwatersystem.com/product/1235/%E0%B8%9B%E0%B8%B1%E0%B9%8A%E0%B8%A1%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B3-dc12v-%E0%B8%A3%E0%B8%B8%E0%B9%88%E0%B8%99-19w-1-6a-800-%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%95%E0%B8%A3-%E0%B8%8A%E0%B8%A1-%E0%B8%AA%E0%B9%88%E0%B8%87%E0%B8%AA%E0%B8%B9%E0%B8%87-5-%E0%B9%80%E0%B8%A1%E0%B8%95%E0%B8%A3-%E0%B8%9B%E0%B8%B1%E0%B9%8A%E0%B8%A1%E0%B8%95%E0%B8%B9%E0%B9%89%E0%B8%9B%E0%B8%A5%E0%B8%B2-%E0%B8%9B%E0%B8%B1%E0%B9%8A%E0%B8%A1%E0%B8%94%E0%B8%B9%E0%B8%94%E0%B8%9B%E0%B8%B8%E0%B9%8B%E0%B8%A2

[12] Solarsmileknowledge. (2013). โหลดและเครื่องสูบน้ำ. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก Solarsmileknowledge: https://solarsmileknowledge.com/tag/%E0%B8%9B%E0%B8%B1%E0%B9%8A%E0%B8%A1%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B3%E0%B8%94%E0%B8%B5%E0%B8%8B%E0%B8%B5/

[13] อาจารย์กรัณวิณัฐ วงษ์ไชยมูล. สื่อการสอนออนไลน์วิชาเทคนิคการอินเตอร์เฟส. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562,จาก karanwinatktech: https://sites.google.com/site/karanwinatktech/unit1

[14] Arduinoall. (2018). บอร์ด Arduino รุ่น MEGA 2560 R3 พร้อมสาย USB. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก Arduinoall:https://www.arduinoall.com/product/17/%E0%B8%9A%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%94-arduino-%E0%B8%A3%E0%B8%B8%E0%B9%88%E0%B8%99-mega-2560-r3-%E0%B8%9E%E0%B8%A3%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A2-usb

[15] อาจารย์กรัณวิณัฐ วงษ์ไชยมูล. สื่อการสอนออนไลน์วิชาเทคนิคการอินเตอร์เฟส. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562,จาก karanwinatktech: https://sites.google.com/site/karanwinatktech/unit1

[16] th.element. เซ็นเซอร์วัดความชื้น. สืบค้นเมื่อ 19 เมษายน, 2562, จาก element14: https://th.element14.com/sensor-humidity-sensor-technology

[17] ElecSensor. (2019). โพรบวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ SHT31-DIS. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก elecsensor: http://www.elecsensor.com/product/1125/%E0%B9%82%E0%B8%9E%E0%B8%A3%E0%B8%9A%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%8A%E0%B8%B7%E0%B9%89%E0%B8%99%E0%B8%AA%E0%B8%B1%E0%B8%A1%E0%B8%9E%E0%B8%B1%E0%B8%97

%E0%B8%98%E0%B9%8C%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B8%AD%E0%B8%B8%E0%B8%93%E0%B8%AB%E0%B8%A0%E0%B8%B9%E0%B8%A1%E0%B8%B4-sht31-dis

[18] Sangchaimeter. DIGICON TD-126TH-W เครื่องแปลงสัญญาณความชื้น และอุณหภูมิ. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก Sangchaimeter: https://www.sangchaimeter.com/product_page/%E0%B8%AD%E0%B8%B8%E0%B8%93%E0%B8%AB%E0%B8%A0%E0%B8%B9%E0%B8%A1%E0%B8%B4-%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%8A%E0%B8%B7%E0%B9%89%E0%B8%99-temperature-humidity/digicon/TD-126TH-W

[19] Arduitronics. (2017). 5516 Light Dependent Resistor (LDR) - Photoresistor 5 - 10kOhm. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก arduitronics: https://www.arduitronics.com/product/793/5516-light-dependent-resistor-ldr-photoresistor-5-10kohm

[20] Factomart. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก factomart: https://www.factomart.com/th/level-flow-pressure-temperature-humidity-control/temperature-humidity-control/temperature-sensors.html

[21] Thaieasyelec. Temperature Sensor. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก Thaieasyelec : https://www.thaieasyelec.com/%20products/sensors/humidity-temperature/gravity-waterproof-ds18b20-%20sensor-kit-2772-detail.html

[22] Arduitronics. (2014). Real Time Clock DS3231. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก Arduitronics: https://www.arduitronics.com/article/35/real-time-clock-ds3231

[23] Psptech. (2014). รีเลย์ (Relay) คืออะไร. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก Psptech: http://www.psptech.co.th/%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B9%80%E0%B8%A5%E0%B8%A2%E0%B9%8Crelay%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3-15696.page

[24] Arduitronics. (2014). 4 Channel Relay Module 5V 10A (หัวรีเลย์ยี่ห้อ Songle รุ่น SRD-05VDC-SL-C). สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก Arduitronics: https://www.arduitronics.com/product/140/4-channel-relay-module-5v-10a-%E0%B8%AB%E0%B8%B1%E0%B8%A7%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B9%80%E0%B8%A5%E0%B8%A2%E0%B9%8C%E0%B8%A2%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%AB%E0%B9%89%E0%B8%AD-songle-%E0%B8%A3%E0%B8%B8%E0%B9%88%E0%B8%99-srd-05vdc-sl-c

[25] Myarduino. (2019). Solenoid Valve โซลินอยด์วาล์วพลาสติก 4หุน 12VDC. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก Myarduino: https://www.myarduino.net/product/688/solenoid-valve-%E0%B9%82%E0%B8%8B%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%AD%E0%B8%A2%E0%B8%94%E0%B9%8C%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A5%E0%B9%8C%E0%B8%A7%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B2%E0%B8%AA%E0%B8%95%E0%B8%B4%E0%B8%81-4%E0%B8%AB%E0%B8%B8%E0%B8%99-12vdc

[26] ioxhop. (2016). Passive Buzzer Module. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก ioxhop: https://www.ioxhop.com/product/229/passive-buzzer-module

[27] Arduinoall. (2019). Active Buzzer Module. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก Arduinoall: https://www.arduinoall.com/product/328/active-buzzer-module

[28] sign-in-thai. ดิมเมอร์หรี่ไฟ LED(dimmer LED). . สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก sign-in-thai: http://www.sign-in-thai.com/products/5924/freeshipping_led_dimmer_12v_8a_no_level_manual_dimming_controller_for_single_color_led_strip.html

[29] th.aliexpress. dimmers. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก th.aliexpress: https://th.aliexpress.com/item/Black-LED-Dimmer-Switch-DC-12V-24V-8A-Adjustable-Brightness-Lamp-Bulb-Strip-Driver-Single-Color/32489881642.html

[30] Myarduino. (2019). XL4015 Step down 5A 1.25-35VDC with Voltmeter. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก Myarduino: https://www.myarduino.net/product/969/xl4015-step-down-5a-1-25-35vdc-with-voltmeter-%E0%B9%82%E0%B8%A1%E0%B8%94%E0%B8%B9%E0%B8%A5%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B8%81%E0%B8%B9%E0%B9%80%E0%B8%A5%E0%B8%95-step-down-5a-%E0%B8%9E%E0%B8%A3%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B9%82%E0%B8%A7%E0%B8%A5%E0%B8%95%E0%B9%8C%E0%B8%A1%E0%B8%B4%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C

[31] sing2546. (2019). สวิตชิ่ง เพาเวอร์ซัพพลาย หม้อแปลงไฟ. สวิทช์ชิ่ง. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก Shopee: https://shopee.co.th/%E0%B8%AA%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%95%E0%B8%8A%E0%B8%B4%E0%B9%88%E0%B8%87-%E0%B9%80%E0%B8%9E%E0%B8%B2%E0%B9%80%E0%B8%A7%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%8B%E0%B8%B1%E0%B8%9E%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B2%E0%B8%A2-%E0%B8%AB%E0%B8%A1%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B9%81%E0%B8%9B%E0%B8%A5%E0%B8%87%E0%B9%84%E0%B8%9F-12V30A-i.13896775.1941513806

[32] hobbyelec. (2017). สวิทช์ชิ่ง. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก Mymbed: https://www.hobbyelec.com/product/1674/%E0%B8%AA%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%95%E0%B8%8A%E0%B8%B4%E0%B9%88%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%9E%E0%B8%B2%E0%B9%80%E0%B8%A7%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%8B%E0%B8%B1%E0%B8%9E%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B2%E0%B8%A2-12v-30a-12v-360w-switching-power-supply

[33] ioxhop. (2016). การใช้งานจอ Character LCD กับ Arduino แบบละเอียด. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก ioxhop: https://www.ioxhop.com/article/30/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%88%E0%B8%AD-character-lcd-%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%9A-arduino-%E0%B9%81%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%AD%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%94

[34] Arduinochonburi. (2018). 20x4 Character 2004 LCD with backlight of the LCD screen. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก Arduinochonburi: https://www.arduinochonburi.com/product/141/20x4-character-2004-lcd-with-backlight-of-the-lcd-screen-blue-screen

[35] Thaieasyelec. โมดูลบันทึกข้อมูล Micro SD Card Module. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก Thaieasyelec https://www.thaieasyelec.com/products/interface-modules/sd-mmc/micro-sd-card-module-spi-interface-detail.html

[36] Myarduino. (2019). โมดูลบันทึกข้อมูล Micro SD Card Module. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก Myarduino: https://www.myarduino.net/product/43/%E0%B9%82%E0%B8%A1%E0%B8%94%E0%B8%B9%E0%B8%A5%E0%B8%9A%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%97%E0%B8%B6%E0%B8%81%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%B9%E0%B8%A5-micro-sd-card-module

[37] Factomart Admin. (2016). Flow Meter มีหลักการทำงานยังไง ถึงได้วัดการไหลได้แม่นยำ. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก factomart: https://www.factomart.com/th/factomartblog/principle-flow-meter/

[38] Arduitronics. (2018). Water Flow Sensor 1-30L/min แรงดันไม่เกิน 2.0MPa ขนาดท่อ 1/2" (YF-S201B) สีดำ. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม, 2562, จาก arduitronics:

https://www.arduitronics.com/product/793/5516-light-dependent-resistor-ldr-photoresistor-5-10kohm

[39] เกษตรนำโชค. การปลูกข้าว. สืบค้นเมื่อ 17 เมษายน, 2562, จาก kasetnumchok: http://www.kasetnumchok.com/2018/12/12/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9B%E0%B8%A5%E0%B8%B9%E0%B8%81%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%A7/

[40] วาสนา ผลารักษ์. (2523). ข้าว. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[41] Lamp, C.A., Forbes, S.J., and Cade, J.W. (1990). Grass of Temperate Australia. Inkata Press, Sydney.

[42] Moldenhauer, K.A.K, and Gibbons. J.H. (2003). Rice morphology and development, pp. 103-127. In C.W. Smith and R.H. Dilday, eds. Rice : Origin, History,Technology, and Production. John Wiley & Sons, Inc., USA

[43] ที่มา: เริ่มต้น ส่วนประกอบของข้าว. (2561). สืบค้นจาก http://narapimon.com/ส่วนประกอบของต้นข้าว/

[44] เฉลิมพล แซมเพชร. (2542). สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่. ภาควิชาพืชไร่คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยา ลัยเชียงใหม่.

[45] วรวทิย์ พาณิชย์พัฒน์, สุเทพ ลิ้มทองกุล และ สุเทพ นุชสวาท. (2529).ความสู้เรื่องข้าว, น.49-84 ในการทำนาน้ำฝน. ปรับปรุงและจัดพิมพ์ครั้งที่ 7. ฝ่ายฝึกอบรมสถาบันวิจัยข้าว, กรมวิชาการเกษตร.

[46] The International Rice Resherch Institute (IRRI). (1985). 4th ed. The Flowering Response of the Rice Plant to Photoperiod. The International Rice Research Institute, Philippines.

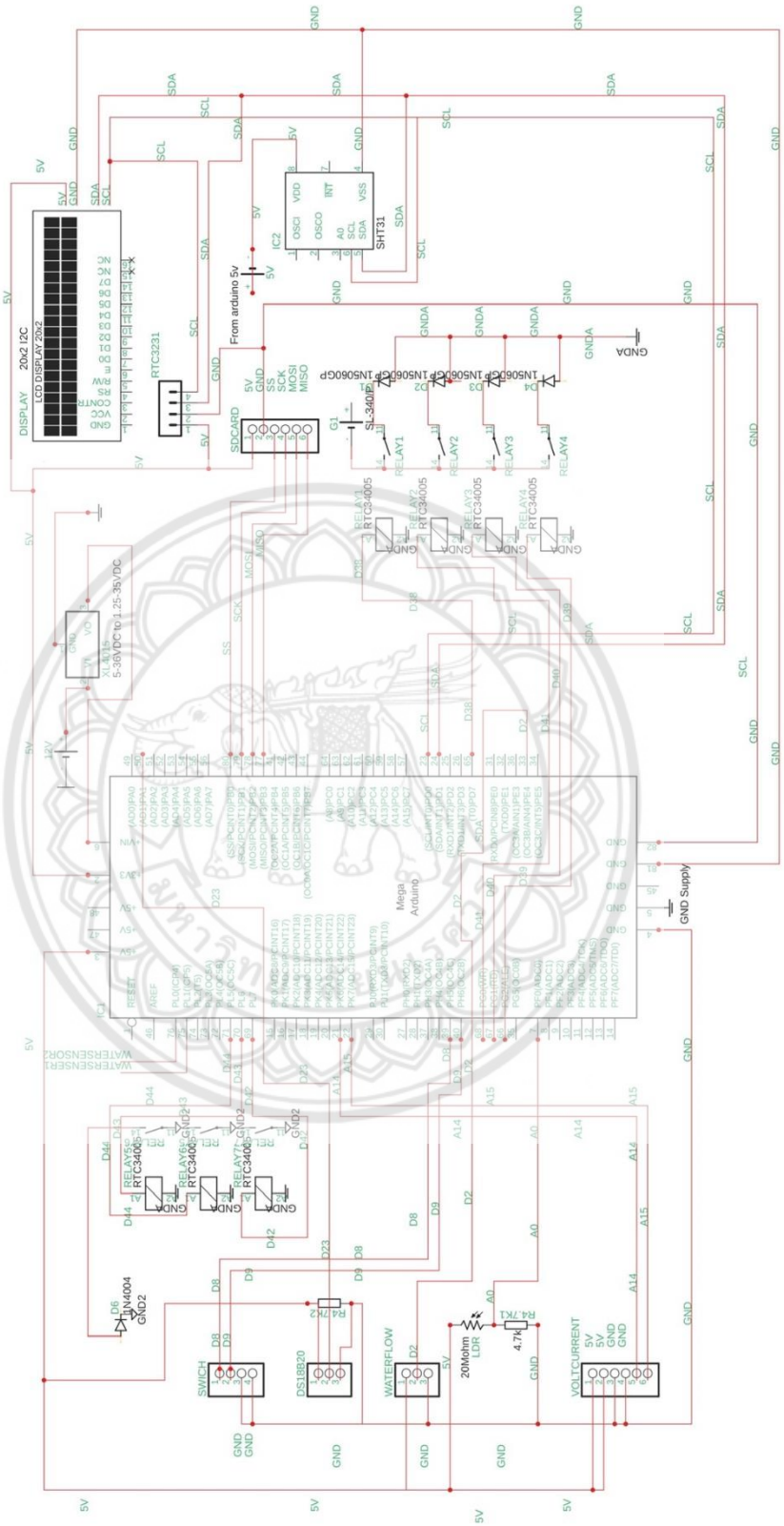
[47] ทวี คุปต์กาญจนากุล. (2541). ความรู้เรื่องข้าวและเทคโนโลยีการผลิตข้าว, น. 1-13. ในเอกสารประกอบการบรรยาย หลักสูตรเทคโนโลยีการผลิตข้าวหอมมะลิคุณภาพดี. กรม วิชาการเกษตรและ กรมส่งเสริมสหกรณ์.

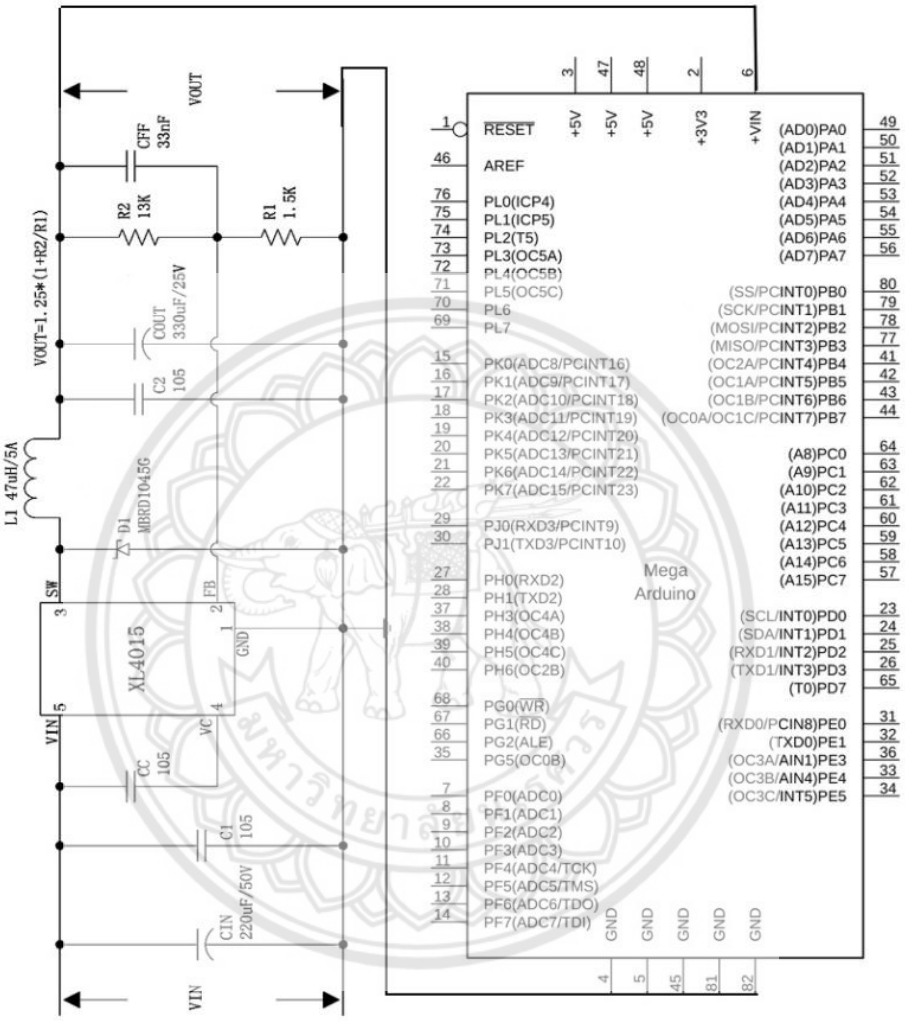
[47] Godo, T., Fujiwara, K., Guan, K., Miyoshi, K., (2011). Effect of wavelength of LED - light on in vitro asymbiotic germination and seedling growth of Bletillaochracea Schltr. (Orchidaceae), Plant Biotechnol. 28: 397-400.

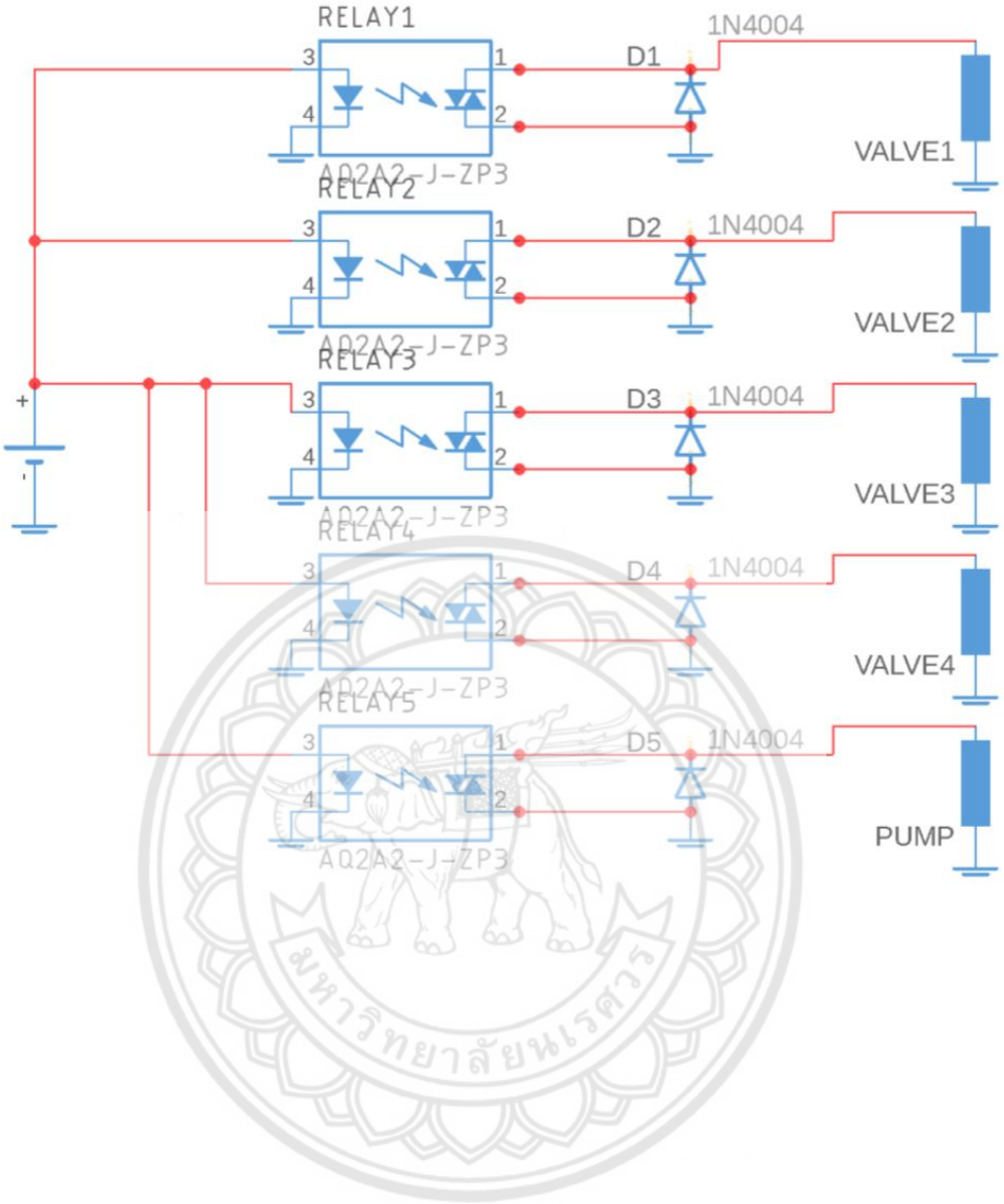
[49] Senol, R., Kilic, S. and Tasdelen, K., 2016, Pulse timing control for LED plant growth unit and effects on carnation, Comp. Electron. Agric. 123: 125-134.

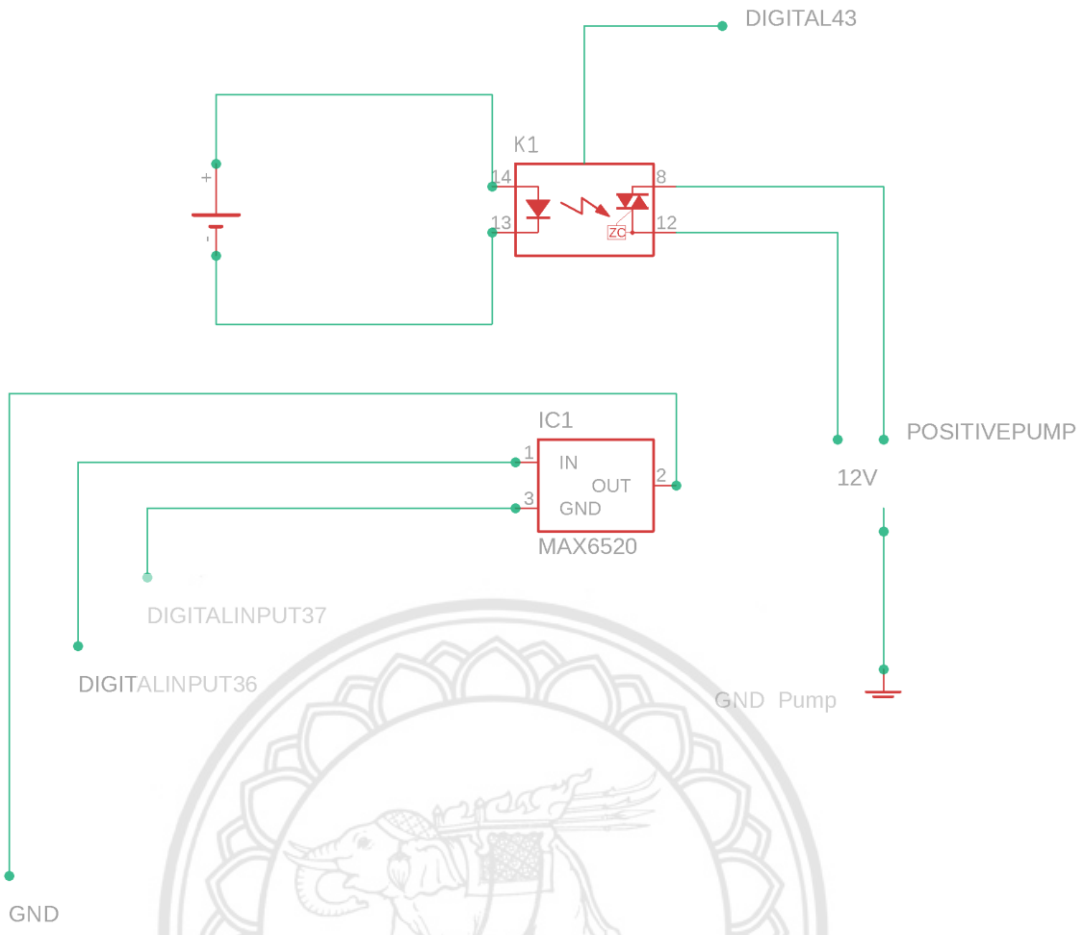
[50] นางสาวนันทิยา คำบุญเรือง. (2554) ผลของช่วงแสงต่อการกำเนิดช่อดอก และประโยชน์ของการใช้ช่วงแสงสั้นในการปลูกข้าวนอกฤดู ของข้าวหอมมะลิ 105.วิทยานิพนธ์, หมาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา

ภาคผนวก ก


GND
SDA
SCL
5V
LCD DISPLAY 20x2
20x2 I2C
DISPLAY
RTC3231
SHT31
IC2
From arduino 5v
SDCARD
SL-3405F
G1
RELAY1
RELAY2
RELAY3
RELAY4
RTC34005
1N5060GP
XL4015
5-36VDC to 1.25-35VDC
Mega
Arduino
GND Supply
SWICH
DS18B20
WATERFLOW
20Mohm
LDR
4.7K
VOLTCURRENT
1N4004


VOUT
CFF
33nF
R2
13K
R1
1.5K
VOUT=1.25*(1+R2/R1)
COUT
330uF/25V
C2
105
L1 47uH/5A
D1
MBRD1045G
SW
FB
XL4015
GND
VC
VIN
CC
105
C1
105
CIN
220uF/50V
VIN
Mega
Arduino
RESET
AREF
+5V
+3V3
+VIN
GND
(AD0)PA0
(AD1)PA1
(AD2)PA2
(AD3)PA3
(AD4)PA4
(AD5)PA5
(AD6)PA6
(AD7)PA7
PL0(ICP4)
PL1(ICP5)
PL2(T5)
PL3(OC5A)
PL4(OC5B)
PL5(OC5C)
PL6
PL7
(SS/PCINT0)PB0
(SCK/PCINT1)PB1
(MOSI/PCINT2)PB2
(MISO/PCINT3)PB3
(OC2A/PCINT4)PB4
(OC1A/PCINT5)PB5
(OC1B/PCINT6)PB6
(OC0A/OC1C/PCINT7)PB7
PK0(ADC8/PCINT16)
PK1(ADC9/PCINT17)
PK2(ADC10/PCINT18)
PK3(ADC11/PCINT19)
PK4(ADC12/PCINT20)
PK5(ADC13/PCINT21)
PK6(ADC14/PCINT22)
PK7(ADC15/PCINT23)
(A8)PC0
(A9)PC1
(A10)PC2
(A11)PC3
(A12)PC4
(A13)PC5
(A14)PC6
(A15)PC7
PJ0(RXD3/PCINT9)
PJ1(TXD3/PCINT10)
PH0(RXD2)
PH1(TXD2)
PH3(OC4A)
PH4(OC4B)
PH5(OC4C)
PH6(OC2B)
(SCL/INT0)PD0
(SDA/INT1)PD1
(RXD1/INT2)PD2
(TXD1/INT3)PD3
(T0)PD7
PG0(WR)
PG1(RD)
PG2(ALE)
PG5(OC0B)
(RXD0/PCIN8)PE0
(TXD0)PE1
(OC3A/AIN1)PE3
(OC3B/AIN4)PE4
(OC3C/INT5)PE5
PF0(ADC0)
PF1(ADC1)
PF2(ADC2)
PF3(ADC3)
PF4(ADC4/TCK)
PF5(ADC5/TMS)
PF6(ADC6/TDO)
PF7(ADC7/TDI)


RELAY1
RELAY2
RELAY3
RELAY4
RELAY5
AQ2A2-J-ZP3
D1
D2
D3
D4
D5
1N4004
VALVE1
VALVE2
VALVE3
VALVE4
PUMP
+
-


DIGITAL43
K1
14
13
8
12
ZG
IC1
1
IN
OUT
2
3
GND
MAX6520
POSITIVEPUMP
12V
DIGITALINPUT37
DIGITALINPUT36
GND Pump
GND

ภาคผนวก ข

ข้อมูลจำเพาะทางไฟฟ้าของระบบปลูกพืชแนวตั้ง

MCU Input: 9 VDC/2A ผ่าน Jack DC, 24 VDC/2A ผ่าน Regulator Xl4015

Switching power supply Input: 110 - 220 VAC

Switching power supply Output: 11.8 VDC/30A

LED Input: 12 VDC/4.62A 8,820 – 9,800 lumen 104 lumen/Watt

Pump Input: 12 VDC/1A, 12 Watt

Solenoid Valve: 4 x 12 VDC/0.5A, 19.2 Watt

Max Load: 150 Watt

คุณสมบัติของเครื่องมือวัดที่ใช้ในการวัดและสอบเทียบเซ็นเซอร์

รายละเอียด

เครื่องมัลติมิเตอร์แบบมัลติฟังก์ชันนี้มีความแม่นยำสูงและมีสมรรถนะสูง สามารถวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงความต้านทานนอกจากนี้ยังสามารถทดสอบแรงดัน NCV และอุณหภูมิได้ด้วย

คุณสมบัติ

สามารถวัดแรงดันไฟฟ้า AC/DC กระแส ความต้านทาน ความจุ ความถี่ และนอกจากนี้ยังสามารถทดสอบแรงดัน NCV

สภาพแวดล้อมการทำงาน : 600V CAT IV และ 1,000V CAT III

ช่วงแรงดันไฟฟ้า DC: 600mV / 6V / 60V / 600V / 1000

DC แรงดันไฟฟ้า: 0.1mV / 1mV / 10mV / 100mV / 1V

ช่วงแรงดันไฟฟ้า AC: 6V / 60V / 600V / 750V

แรงดันไฟฟ้า AC ความละเอียด : 1mV / 10mV / 100mV / 1V

ช่วงกระแสไฟฟ้ากระแสตรง : 60 A / 60mA / 600mA / 20.00A

ความละเอียดไฟฟ้ากระแสตรง : 0.01 A / 0.01mA / 0.1mA / 10mA

ช่วงปัจจุบันของ AC: 60mA / 600mA / 20A

ความละเอียดกระแสไฟฟ้า AC: 0.01mA / 0.1mA / 10mA

ช่วงความถี่ : 9.999Hz / 99.99Hz / 999.9Hz / 9.999KHz / 99.99KHz / 999.9KHz / 9.999MHz

ความละเอียดความถี่ : 0.001Hz / 0.01Hz / 0.1Hz / 0.001KHz / 0.01KHz / 0.1KHz / 0.001MHz

ความต้านทาน : 600Ω / 6kΩ / 60kΩ / 600kΩ / 6MΩ / 60MΩ

ความต้านทานความต้านทาน : 0.1Ω / 1Ω / 10Ω / 100Ω / 1kΩ / 10kΩ

ช่วง Capacitance: 6nF / 60nF / 600nF / 6 F / 60 F / 600 F / 6mF / 100mF

ความละเอียดของประจุ : 0.001nF / 0.01nF / 0.1nF / 1nF / 10nF / 100nF / 0.1F / 0.001mF

ช่วงอุณหภูมิ : -20 – 1,000 ° C / -4 – 1,832 ° F