ต้นแบบโรงเรือนอัตโนมัติสำหรับการปลูกต้นราสเบอร์รี่ในร่ม

AUTOMATED GREENHOUSE SYSTEM PROTOTYPE FOR INDOOR RASPBERRY PLANTATION

มนัสชนก เลิศวิชชุหัตถ์

วรารัตน์ สีลาชาติ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

AUTOMATED GREENHOUSE SYSTEM PROTOTYPE

FOR INDOOR RASPBERRY PLANTATION

MANATCHANOK LERTVICHUHATH

WARARAT SEELACHAT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN CONTROL ENGINEERING

SCHOOL OF ENGINEERING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2020

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ต้นแบบโรงเรือนอัตโนมัติสำหรับการปลูกต้นราสเบอร์รี่ในร่ม

AUTOMATED GREENHOUSE SYSTEM PROTOTYPE FOR INDOOR RASPBERRY PLANTATION

ผู้จัดทำ นางสาวมนัสชนก เลิศวิชชุหัตถ์ 60010824

นางสาววรารัตน์ สีลาชาติ 60010904

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์.ดร.ถาวร เบญจนราสุทธิ์)

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ต้นแบบโรงเรือนอัตโนมัติสำหรับการปลูกต้นราสเบอร์รี่ในร่ม

โดย

นางสาวมนัสชนก เลิศวิชชุหัตถ์ 60010824

นางสาววรารัตน์ สีลาชาติ 60010904

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์.ดร.ถาวร เบญจนราสุทธิ์

ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอต้นแบบโรงเรือนอัตโนมัติสำหรับการปลูกต้นราสเบอร์รี่ในร่ม ซึ่งประกอบไปด้วยสามส่วนหลัก ได้แก่ โครงสร้างโรงเรือน ชุดอุปกรณ์ควบคุมภายในโรงเรือน และแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

ส่วนแรก โครงสร้างโรงเรือน สร้างจากท่อพีวีซีและแผ่นพลาสติกอ่อน ขนาดเล็ก สำหรับเป็นต้นแบบในการทดลองปลูกต้นราสเบอร์รี่เพียงหนึ่งต้น ส่วนที่สอง ชุดอุปกรณ์ควบคุมภายในโรงเรือน ประกอบด้วย เซนเซอร์ อุปกรณ์ขับ และตัวประมวลผล เซนเซอร์ที่ใช้ทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของราสเบอร์รี่ ประกอบด้วย เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดความชื้นในอากาศ เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน เซนเซอร์วัดค่าพีเอชในดิน อุปกรณ์ขับใช้เพื่อปรับสภาวะของโรงเรือนให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของต้นราสเบอร์รี่ ประกอบด้วย ระบบน้ำหยด ระบบพ่นหมอก พัดลมระบายอากาศ และไฟแอลอีดี ตัวประมวลผลในโครงงานนี้ใช้บอร์ดอาดุยโน่ อูโน่อาร์ 3 และโหนดเอ็มซียู ทำหน้าที่รับค่าวัดจากเซนเซอร์เพื่อประมวลผลในการควบคุมอุปกรณ์ขับตามเงื่อนไขการทำงานตามโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ส่วนที่สาม แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือพัฒนาขึ้นเพื่อแสดงผล ค่าที่ตรวจวัดได้จากเซนเซอร์ สถานะการทำงานของอุปกรณ์ขับ ตลอดจนรับคำสั่งจากผู้ใช้ให้สามารถสั่งงานอุปกรณ์ขับแต่ละตัวนอกเหนือจากการทำงานตามโปรแกรมโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การทดลองพบว่าต้นแบบโรงเรือนอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นสามารถวัดค่าสัญญาณที่ต้องการและอุปกรณ์ขับสามารถทำงานตามเงื่อนไขที่กำหนด อีกทั้งเมื่อทดลองปลูกต้นราสเบอร์รี่ภายในโรงเรือนต้นแบบนี้ในเบื้องต้นพบว่าการเจริญเติบโตของต้นราสเบอร์รี่ซึ่งบันทึกจากความสูงและจำนวนใบดีกว่าการปลูกภายนอกโรงเรือนอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

AUTOMATED GREENHOUSE SYSTEM PROTOTYPE FOR INDOOR RASPBERRY PLANTATION

by

Ms.Manatchanok Lertvichuhath 60010824

Ms.Wararat Seelachat 60010904

Advisor

Assoc.Prof.Dr.Taworn Benjanarasuth

Academic Year 2020

ABSTRACT

This thesis presents an automated greenhouse system prototype for indoor raspberry plantation. It consists of three main parts: greenhouse structure, control module and mobile application.

For the first part, the prototype of the greenhouse structure is made from PVC pipes and a sheet of soft plastic for a single raspberry planting experiment. For the second part, the control module consists of sensors, actuators and processors. The sensors used to measure signals affecting the growth of raspberry including a temperature sensor, humidity sensor, soil moisture sensor and soil pH sensor. The actuators are used to adjust the greenhouse conditions including a drip system, fogging system, ventilation fans and LED lights. The processors used in this project are Arduino Uno R3 board and nodeMCU. They receive and process the measured signals from the sensors to automatically control the actuators according to the suitable growing conditions assigned in the developed program. As the third part, the mobile application is developed to display the sensor signals and the status of the actuators. In addition,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

users can command the actuators manually instead of the automated programmed commands.

The experiments verify that the automated greenhouse prototype can measure the desired signals and command the actuators correctly based on the specified conditions in the program. In addition, the preliminary experiments in planting the raspberry show that the one planted inside the greenhouse significantly grows better than the one planted outside based on the height and number of leafs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก รศ.ดร. ถาวร เบญจนราสุทธิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้ความอนุเคราะห์ คอยให้คำปรึกษา ความสะดวกในการทำงาน และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแนวทางในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ขึ้นมา

ขอขอบคุณสมาชิกในกลุ่มและเพื่อน ๆ นักศึกษาทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และทุกคนในครอบครัวที่เป็นผู้ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านเสมอมา

คณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ให้การสนับสนุน เอื้อเฟื้อและให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจนกระทั่งปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

มนัสชนก เลิศวิชชุหัตถ์

วรารัตน์ สีลาชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	IX
สารบัญรูปรูป	X
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	1
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	**2**
2.1 โรงเรือนเพาะปลูก	2
2.2 ราสเบอร์รี่	2
2.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	3
2.2.2 ชนิดของราสเบอร์รี่	3
2.2.3 โรคและศัตรูพืช	4
2.2.4 ปัจจัยในการเจริญเติบโตของต้นราสเบอร์รี่	4
2.3 บอร์ดอาดุยโน่ ยูโน่ อาร์ 3	5
2.3.1 รายละเอียดทางเทคนิคของบอร์ดอาดุยโน่ ยูโน่ อาร์ 3	5
2.3.2 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมบอร์ดอาดุยโน่ ยูโน่ อาร์ 3	6
2.4 โหนด เอ็มซียู	6
2.5 โมดูลไวไฟ อีเอสพี 8266	9
2.5.1 การกำหนดขาของโมดูล อีเอสพี 8266	9
2.5.2 ลักษณะเฉพาะของโมดูล อีเอสพี8266	10
2.5.3 รายละเอียดทางเทคนิคของโมดูล อีเอสพี8266	10
2.6 โมดูลรีเลย์	11
2.6.1 ส่วนประกอบของรีเลย์	11
2.6.2 ข้อคำนึงถึงการใช้งานรีเลย์ทั่วไป	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.7 เซนเซอร์ 12
2.7.1 เซนเซอร์วัดค่าความชื้นในดิน 12
2.7.2 เซนเซอร์วัดค่าความชื้นในอากาศ 13
2.7.3 เซนเซอร์วัดค่าพีเอชในดิน 15
2.8 ปั๊มน้ำกระแสสลับ 16
2.9 ปั๊มน้ำแรงดัน 17
2.10 หัวน้ำหยด 17
2.11 หัวพ่นหมอก 18
2.12 ไฟแอลอีดีแบบเส้น 19
2.13 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง 19
2.13.1 Arduino IDE 19
2.13.2 Thunkable 20
2.13.3 Firebase 21
2.13.4 Google Sheets 21
2.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 22

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน **24**
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ 24
3.1.1 ส่วนชุดอุปกรณ์ควบคุม 23
3.1.2 ส่วนโครงสร้างโรงเรือน 24
3.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ 25
3.2.1 การเชื่อมต่อบอร์ดอาดุยโน่กับโหนด เอ็มซียู 25
3.2.2 การเชื่อมต่อบอร์ดอาดุยโน่กับโมดูลเซนเซอร์ 25
3.2.3 การเชื่อมต่อโหนด เอ็มซียูกับรีเลย์ 26
3.2.4 การเชื่อมต่อรีเลย์กับปั๊มน้ำและไฟ LED 27
3.2.5 ภาพรวมการเชื่อมต่ออุปกรณ์ 28
3.2.6 ผังการควบคุมการทำงาน 29
3.3 การทำงานของอุปกรณ์ขับ 32
3.3.1 ระบบน้ำหยด 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.3.2 ระบบพ่นหมอก	33
3.3.3 พัดลมระบายอากาศ	34
3.3.4 ไฟในโรงเรือนเพาะปลูก	35
3.4 การออกแบบแอปพลิเคชัน	35
3.5 การส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ไปยังฐานข้อมูล	38
3.6 การออกแบบและสร้างโรงเรือน	38
3.7 ทดลองปลูกต้นราสเบอร์รี่	41
บทที่ 4 ผลการทดลอง	**42**
4.1 ผลการทดลองวัดการใช้งานโมดูลเซนเซอร์กับเปรียบเทียบกับอุปกรณ์มาตรฐาน	42
4.1.1 ผลการทดลองวัดค่าอุณหภูมิด้วยโมดูลเซนเซอร์ (DHT21) เทียบกับเครื่องวัดอุณหภูมิดิจิตอล HTC-1	42
4.1.2 ผลการทดลองวัดค่าความชื้นในอากาศด้วยโมดูลเซนเซอร์ (DHT21) เทียบกับเครื่องวัดความชื้นดิจิตอล HTC-1	43
4.1.3 ผลการทดลองวัดค่าความชื้นในดินด้วยโมดูลเซนเซอร์ เทียบกับเครื่องวัดความชื้นในดิน รุ่น AMT-300	44
4.1.4 ผลการทดลองวัดค่าพีเอชในดินด้วยโมดูลเซนเซอร์ เทียบกับเครื่องวัดค่าพีเอชในดิน รุ่น AMT-300	45
4.1.5 ผลการทดลองวัดค่าความเข้มของแสงไฟแอลอีดี	47
4.2 ผลการบันทึกข้อมูลการทำงานของเซนเซอร์และอุปกรณ์ขับ	47
4.3 ผลการทดลองปลูกต้นราสเบอร์รี่	73
4.4 ผลการทดลองเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นราสเบอร์รี่ ปลูกภายนอกโรงเรือนแบบปกติและปลูกภายในโรงเรือนที่มีการควบคุมปัจจัย	74
4.4.1 ความสูงของลำต้น	74
4.4.2 จำนวนใบ	75
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	**77**
5.1 สรุปผล	77
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	78
5.3 ข้อเสนอแนะ	78
บรรณานุกรม	**79**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	รายละเอียดทางเทคนิคของบอร์ดอาดุยโน่ ยูโน่ อาร์ 3	5
2.2	รายละเอียดทางเทคนิคของโมดูล AM2301 (DHT21)	15
2.3	รายละเอียดทางเทคนิคของเซนเซอร์วัดค่ากรดเบสในดิน (PH Sensor)	16
4.1	ผลการทดลองวัดค่าอุณหภูมิด้วยโมดูลเซนเซอร์(DHT21) เทียบกับเครื่องวัดอุณหภูมิดิจิตอล HTC-1	42
4.2	ผลการทดลองวัดค่าความชื้นในอากาศด้วยโมดูลเซนเซอร์(DHT21) เทียบกับเครื่องวัดความชื้นดิจิตอล HTC-1	43
4.3	ผลการทดลองวัดค่าความชื้นในดินด้วยโมดูลเซนเซอร์ เทียบกับเครื่องวัดความชื้นในดิน รุ่น AMT-300)	44
4.4	ผลการทดลองวัดค่าพีเอชในดินด้วยโมดูลเซนเซอร์ เทียบกับเครื่องวัดค่าพีเอชในดิน รุ่น AMT-300)	45
4.5	ผลการทดลองวัดค่าความเข้มของแสงไฟแอลอีดี	46
4.6	ความสูงลำต้นเฉลี่ยของต้นราสเบอร์รี่ที่ปลูกแตกต่างกันด้วยการปลูกภายนอกโรงเรือนไม่มีการควบคุมปัจจัยและปลูกภายในโรงเรือนที่มีการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต	74
4.7	จำนวนใบของต้นราสเบอร์รี่ที่ปลูกแตกต่างกันด้วยการปลูกภายนอกโรงเรือนไม่มีการควบคุมปัจจัยและปลูกภายในโรงเรือนที่มีการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ราสเบอร์รี่	2
2.2	บอร์ดอาดุยโน่ ยูโน่ อาร์ 3	5
2.3	ชุดพัฒนาบอร์ดโหนด เอ็มซียู เวอร์ชั่น 1	7
2.4	การกำหนดขาบอร์ดโหนด เอ็มซียู เวอร์ชั่น 1	7
2.5	ชุดพัฒนาบอร์ดโหนด เอ็มซียู เวอร์ชั่น 2	8
2.6	การกำหนดขาบอร์ดโหนด เอ็มซียู เวอร์ชั่น 2	8
2.7	รีเลย์ 5 โวลต์ 4 ช่อง	12
2.8	เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน	13
2.9	โมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ	15
2.10	เซนเซอร์วัดค่าพีเอชในดิน	16
2.11	ปั๊มน้ำกระแสสลับ	16
2.12	ปั๊มน้ำแรงดัน	17
2.13	หัวน้ำหยด	17
2.14	การพ่นหมอกลดอุณหภูมิ	18
2.15	หัวพ่นหมอก	18
2.16	ไฟแอลอีดีแบบเส้น	19
2.17	Arduino IDE	20
2.18	หน้าต่างสำหรับเขียนโค้ดของ Arduino IDE	20
2.19	เว็บไซต์ Thunkable	20
2.20	หน้าต่างของเว็บไซต์ Thunkable	21
2.21	หน้าต่างของเว็บไซต์ Firebase	21
2.22	Google Sheets	22
3.1	การเชื่อมต่อบอร์ดอาดุยโน่กับโหนด เอ็มซียู	25
3.2	การเชื่อมต่อบอร์ดอาดุยโน่กับโมดูลเซนเซอร์	26
3.3	การเชื่อมต่อโหนด เอ็มซียูกับรีเลย์	26
3.4	การเชื่อมต่อรีเลย์กับปั๊มน้ำและไฟแอลอีดี	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.5	ภาพรวมการเชื่อมต่ออุปกรณ์	28
3.6	การเชื่อมต่ออุปกรณ์จริง	29
3.7	ผังการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ส่วนที่ 1	30
3.8	ผังการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ส่วนที่ 2	31
3.9	การทำงานของระบบน้ำหยด	32
3.10	การทำงานของระบบพ่นหมอก	33
3.11	การทำงานของพัดลมระบายอากาศ	34
3.12	การทำงานของไฟในโรงเรือนเพาะปลูก	35
3.13	หน้าต่างสำหรับออกแบบแอปพลิเคชันบนเว็บไซต์ Thunkable	36
3.14	หน้าต่างสำหรับเขียนโค้ดสำหรับแอปพลิเคชันบนเว็บไซต์ Thunkable	36
3.15	แอปพลิเคชันบนมือถือ	37
3.16	หน้าต่างทั้งหมดของแอปพลิเคชัน	37
3.17	หน้าต่าง Script google	38
3.18	แบบของโรงเรือนที่ใช้ในการทดลอง	39
3.19	โรงเรือนที่สร้างขึ้นจริง	40
4.1	กราฟเปรียบเทียบการวัดค่าอุณหภูมิด้วยโมดูลเซนเซอร์ (DHT21) กับเครื่องวัดอุณหภูมิดิจิตอล HTC-1	43
4.2	กราฟเปรียบเทียบการวัดค่าความชื้นในอากาศด้วยโมดูลเซนเซอร์(DHT21) กับเครื่องวัดความชื้นดิจิตอล HTC-1	44
4.3	กราฟเปรียบเทียบการวัดค่าความชื้นในดินด้วยโมดูลเซนเซอร์ กับเครื่องวัดความชื้นในดิน รุ่น AMT-300	45
4.4	กราฟเปรียบเทียบการวัดค่าพีเอชในดินด้วยโมดูลเซนเซอร์เทียบกับเครื่องวัดค่าพีเอชในดิน รุ่น AMT-300	46
4.5	ค่าอุปกรณ์ที่บันทึกใน Google sheet	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.6	ค่าความชื้นในดินวันที่ 1	49
4.7	ค่าความชื้นในอากาศวันที่ 1	49
4.8	ค่าอุณหภูมิวันที่ 1	50
4.9	ค่าพีเอชในดินวันที่ 1	50
4.10	สถานะการทำงานของระบบน้ำหยดวันที่ 1	51
4.11	สถานะการทำงานของพัดลมระบายอากาศวันที่ 1	51
4.12	สถานะการทำงานของระบบพ่นหมอกวันที่ 1	52
4.13	สถานะการทำงานของไฟแอลอีดีวันที่ 1	52
4.14	ค่าความชื้นในดินวันที่ 2	54
4.15	ค่าความชื้นในอากาศวันที่ 2	54
4.16	ค่าอุณหภูมิวันที่ 2	55
4.17	ค่าพีเอชในดินวันที่ 2	55
4.18	สถานะการทำงานของระบบน้ำหยดวันที่ 2	56
4.19	สถานะการทำงานของพัดลมระบายอากาศวันที่ 2	56
4.20	สถานะการทำงานของระบบพ่นหมอกวันที่ 2	57
4.21	สถานะการทำงานของไฟแอลอีดีวันที่ 2	57
4.22	ค่าความชื้นในดินวันที่ 3	59
4.23	ค่าความชื้นในอากาศวันที่ 3	59
4.24	ค่าอุณหภูมิวันที่ 3	60
4.25	ค่าพีเอชในดินวันที่ 3	60
4.26	สถานะการทำงานของระบบน้ำหยดวันที่ 3	61
4.27	สถานะการทำงานของพัดลมระบายอากาศวันที่ 3	61
4.28	สถานะการทำงานของระบบพ่นหมอกวันที่ 3	62
4.29	สถานะการทำงานของไฟแอลอีดีวันที่ 3	62
4.30	ค่าความชื้นในดินวันที่ 4	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.31	ค่าความชื้นในอากาศวันที่ 4	64
4.32	ค่าอุณหภูมิที่วันที่ 4	65
4.33	ค่าพีเอชในดินวันที่ 4	65
4.34	สถานะการทำงานของระบบน้ำหยดวันที่ 4	66
4.35	สถานะการทำงานของพัดลมระบายอากาศวันที่ 4	66
4.36	สถานะการทำงานของระบบพ่นหมอกวันที่ 4	67
4.37	สถานะการทำงานของไฟแอลอีดีวันที่ 4	67
4.38	ค่าความชื้นในดินวันที่ 5	69
4.39	ค่าความชื้นในอากาศวันที่ 5	69
4.40	ค่าอุณหภูมิวันที่ 5	70
4.41	ค่าพีเอชในดินวันที่ 5	70
4.42	สถานะการทำงานของระบบน้ำหยดวันที่ 5	71
4.43	สถานะการทำงานของพัดลมระบายอากาศวันที่ 5	71
4.44	สถานะการทำงานของระบบพ่นหมอกวันที่ 5	72
4.45	สถานะการทำงานของไฟแอลอีดีวันที่ 5	72
4.46	ต้นราสเบอร์รี่หลังปลูก 7 วัน	73
4.47	ต้นราสเบอร์รี่หลังปลูก 21 วัน	73
4.48	กราฟเปรียบเทียบความสูงลำต้นของต้นราสเบอร์รี่ที่ปลูกแตกต่างกันด้วยการปลูกภายนอกโรงเรือนไม่มีการควบคุมปัจจัยและปลูกภายในโรงเรือนที่มีการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต	75
4.49	กราฟเปรียบเทียบจำนวนใบของต้นราสเบอร์รี่ที่ปลูกแตกต่างกันด้วยการปลูกภายนอกโรงเรือนไม่มีการควบคุมปัจจัยและปลูกภายในโรงเรือนที่มีการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องด้วยรสชาติ สีสัน รวมถึงคุณค่าทางโภชนาการที่ดี ราสเบอร์รี่ หนึ่งในผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ที่ได้รับความนิยมมากขึ้นในประเทศไทย โดยส่วนใหญ่มักจะนำเข้าผลสดมาจากต่างประเทศ ทำให้มีราคาค่อนข้างสูง เนื่องจากในประเทศไทยมีการปลูกราสเบอร์รี่น้อย และส่วนมากมักจะปลูกบนที่ราบสูงซึ่งจะมีอากาศค่อนข้างเย็น

คณะผู้จัดทำจึงมีความคิดที่จะสร้างโรงเรือนที่ควบคุมแบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกต้นราสเบอร์รี่ในร่ม เพื่อให้ต้นราสเบอร์รี่สามารถปลูกที่ใดก็ได้ในประเทศไทยและเป็นต้นแบบในการพัฒนาต่อยอดต่อไป

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการทำงานของระบบควบคุมในโรงเรือน
2. เพื่อศึกษาและเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
3. เพื่อศึกษาการส่งข้อมูลและสั่งการทำงานแบบเครือข่ายไร้สาย
4. เพื่อพัฒนาการปลูกพืชที่มีข้อจำกัดทางสภาพแวดล้อม ให้สามารถปลูกได้ทุกพื้นที่ในประเทศไทย
5. ศึกษาและเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นราสเบอร์รี่ภายนอกและภายในโรงเรือน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาการปลูกต้นราสเบอร์รี่โดยเลือกใช้ต้นราสเบอร์พันธ์แคโรไลน์ (Caroline) มาทำการทดลอง

2. ศึกษาและสร้างระบบควบคุมอัตโนมัติเพื่อตรวจวัดค่าและควบคุมปัจจัยการเจริญเติบโตในโรงเรือน ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความชื้นในดิน และแสงสว่าง ผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

3. ทำการทดสองและบันทึกผลการเจริญเติบโตต้นราสเบอร์รี่ในห้องปิดพื้นที่เขตลาดกระบังกรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “ต้นแบบโรงเรือนอัตโนมัติสำหรับการปลูกต้นราสเบอร์รี่ในร่ม” ในครั้งนี้ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ในเรื่องดังต่อไปนี้

2.1 โรงเรือนเพาะปลูก

โรงเรือนเพาะปลูก (Greenhouse or glasshouse) หมายถึง สิ่งก่อสร้างที่นำวัตถุหลายประเภทมาประกอบกันเป็นโครงสร้างในรูปแบบต่างๆ และใช้วัสดุโปร่งแสงคลุมโครงสร้างเพื่อให้แสงส่องผ่านเข้าไปได้ ซึ่งวัสดุโปร่งแสงนั้นมักจะใช้เป็นพลาสติกที่มีความหนาต่างกันตามความเหมาะสมของพืชแต่ละชนิด ความหนาของวัสดุโปร่งที่ต่างกันก็จะมีความสามารถในการยอมให้แสงส่องผ่านมากน้อยต่างกันไป ยิ่งหนาก็จะยอมให้แสงส่องผ่านน้อย และสิ่งก่อสร้างนี้ควรมีความสูงเพียงพอที่มนุษย์จะเข้าไปทำงานได้สะดวก

การปลูกพืชในโรงเรือนมีจุดเริ่มต้นมาจากประเทศในเขตอบอุ่นและเขตหนาว ที่มีอากาศหนาวเย็นจัดในช่วงฤดูหนาว จนพืชหลายชนิดโดยเฉพาะผักและไม้ดอกไม้ประดับหลายชนิดไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ มนุษย์จึงคิดสร้างโครงสร้างที่เรียกว่าโรงเรือนขึ้นมาและทำการปลูกพืชอยู่ภายในนั้น เพื่อปกป้องพืชจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมนั้น โดยที่โรงเรือนนั้นสามารถป้องกันแมลงไม่ให้เข้าไปทำลายพืชที่ปลูก ไม่ต้องใช้ยาฆ่าแมลง จึงมีความปลอดภัยจากสารพิษตกค้างในผลผลิต รวมถึงป้องกันปัญหาที่มากับน้ำฝน เช่น โรคราน้ำค้าง ปัญหารากเน่า สามารถควบคุมความเข้มแสงแดดได้ง่าย ช่วยควบคุมอุณหภูมิได้ สามารถปลูกพืชได้ทั้งปี

2.2 ราสเบอร์รี่

รูปที่ 2.1 ราสเบอร์รี่

ที่มา : https://www.jparkers.co.uk/raspberry-autumn-bliss-collection-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ราสเบอร์รี่เป็นชื่อเรียกผลไม้สองชนิดในสกุล Rubus คือ Rubus idaeus (ราสเบอร์รี่สีแดง) และ Rubus occidentalis (แบล็กเบอร์รี่) มีต้นกำเนิดมาจากแถบยุโรป ผลราสเบอร์รีสามารถรับประทานได้ซึ่งมีทั้งรสหวานและเปรี้ยว นิยมปลูกกันในพื้นที่ที่มีอากาศหนาวเช่นยุโรป ลำต้นมีความแข็งแรงมากสามารถขยายพันธุ์ไปได้เรื่อย ๆ เนื่องจากสามารถงอกลำต้นใหม่จากลำต้นเดิมได้ ราก เจาะลึกลงไปในดิน ส่วนใบก็สามารถนำไปทำยาได้ นิยมเก็บเกี่ยวในช่วงที่ผลสุกงอมโดยให้ดูจากผลจะมีสีเข้มสด (สีแดง, ม่วง, ดำ)

ประเทศไทยพบปลูกบนพื้นที่ภูเขาสูง อาทิ ดอยภูคา จังหวัดน่าน, ดอยอินทนนท์ ดอยผ้าห่มปก ดอยเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่, ภูกระดึง จังหวัดเลย

2.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

1. ลำต้น มีลักษณะกลม ๆ มีสีน้ำตาล ลำต้นมีหน่อเล็ก ๆ แทงออกมาจากดิน มีหน่อแตกจากต้น มีหนามแหลมปกคลุม

2. ราก เป็นระบบรากตื้น มีลักษณะกลมๆ แทงลงในดิน มีรากแขนงและรากฝอยเล็ก ๆ ออกตามแนวราบ มีสีน้ำตาล มีหน่อเล็ก ๆ แทงออกมาจากดินแตกจากต้น

3. ใบ มีลักษณะกลมรี ใบมีขนาดใหญ่ ขอบใบมีรอยฟันหยักเล็ก ๆ มีก้านใบยาวมีหนาปกคลุม มีใบย่อย 3 ใบบนก้านเดียวกัน ใบสากมือมีขนปกคลุม มีสีเขียว

4. ดอก ออกดอกเป็นช่อ มีดอกย่อย มีลักษณะรูปทรงแตร กลีบดอกมีสีขาว มีเกสรสีเหลือง มีกลีบเลี้ยงสีเขียว มีก้านช่อดอกยาว ดอกออกซอกใบและปลายกิ่ง

5. ผล เป็นผลเดี่ยว อยู่เป็นพวง มีลักษณะรูปกรวย ด้านในกลวง คล้ายรูปหัวใจ ผิวเปลือกมีปุ่มกลมเล็ก ๆอยู่บนผล มีขนเล็ก ๆ บาง ๆ อยู่ทั่วผล ผลอ่อนสีขาว ผลสุกจะมีสีแดง มีเนื้อสีแดง เนื้อนุ่มฉ่ำน้ำ มีรสชาติหวานหรือเปรี้ยว ตามสายพันธุ์ มีกลิ่นหอม

6. เมล็ด มีเมล็ดเล็ก ๆ อยู่ในเนื้อ มีลักษณะทรงรีเล็ก ๆ เมล็ดแข็ง มีสีน้ำตาล

2.2.2 ชนิดของราสเบอร์รี่

ราสเบอร์รี่สามารถแบ่งได้ 2 ชนิด ดังนี้

1. ฟลอริเคน โดยราสเบอร์รี่ชนิดฟลอริเคน จะชอบความเย็นมากถึงมากจะต้องใช้ความเย็นแบบสะสมในฤดูหนาวอย่างเช่นประเทศที่มีหิมะตกเป็นต้น อุณหภูมิอยู่ที่ 0-7 องศาติดต่อกันนานถึง 800 ชั่วโมงเพื่อใช้อุณภูมิที่ต่ำพัฒนาการออกดอกออกผลสำหรับฤดูการถัดไป ออกผลปีละครั้ง ราสเบอร์รี่ชนิดนี้ไม่นิยมปลูกในประเทศไทย

2. ไพรโมเคน โดยราสเบอร์รี่ไพรโมเคน ไม่ต้องใช้ความเย็นในการติดดอกหรือออกผลในต่างประเทศนั้นราสเบอร์รี่ชนิดนี้จะออกผลปีละสองครั้งคือฤดูร้อนและฤดูใบไม้ร่วง แต่ในประเทศไทยสามารถออกผลได้หลาย ๆ ครั้งหรือตลอดปี แต่ต้องมีขั้นตอนการปลูกและดูแลรักษาอย่างเหมาะสม ราสเบอร์รี่ชนิดไพรโมเคน เป็นที่นิยมปลูกกัน ซึ่งปลูกแล้วได้ผล หลายสายพันธุ์มีทั้งพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สีเหลืองทองและสีแดง ราสเบอร์รี่สีแดงจะเป็นสายพันธุ์ Red raspberry รสชาติจะออกหวานมากกว่าราสเบอร์รี่สีเหลือง ราสเบอร์รี่สีเหลืองทองจะมี สายพันธุ์ต่าง ๆ เช่น Fall Gold,Golden Everest,Anne raspberry รสชาติหวานอมเปรี้ยวอร่อยแต่จะมีความหวานน้อยกว่าสีแดง

2.2.3 โรคและศัตรูพืช

1. โรคที่เกิดจากชื้อรา ได้แก่ ลำต้นไหม้ ใบไหม้ ใบมีตุ่มสนิมเหลือง รากเน่า และราสีเทา เกิดในบริเวณที่มีความชื้นสูง แห้งช้า และร่า สามารถแพร่ระบาดอย่างกว้างขวางและรวดเร็วในช่วงฤดูฝน โดยเฉพาะในต้นที่ไม่มีการตัดแต่งทรงพุ่ม ดินปลูกมีน้ำขังไม่ระบายน้ำ แก้ไขได้โดยถอนต้นออกไปเผาทิ้งแล้วโรยปูนขาวบริเวณที่เป็นโรค หรือปรับปรุงดินให้โปร่งร่วนซุย ระบายน้ำได้ดีตั้งแต่เริ่มปลูกจะช่วยลดการเกิดโรคได้

2. โรคที่เกิดจากแบคทีเรีย ได้แก่ ปลายลำต้นไหม้ เชื้อโรคติดต่อโดยลม ฝนและแมลง

3. โรคที่เกิดจากศัตรูพืช ได้แก่ ด้วงกุหลาบ หากปลูกไม่เยอะสามารถจับออกไปทิ้งในช่วงค่ำ หรือป้องกันโดยใช้มุ้งกันแมลง หนอนผีเสื้อ นก ทำลายใบ ยอดอ่อนและผล ไส้เดือนฝอยทำให้รากเน่า ไรแดง ดูดกินน้ำเลี้ยงที่ใบจนใบเป็นสีเหลืองมีจุดกระจายทั่ว เมื่อพลิกดูด้านใต้ใบจะพบแมลงตัวเล็ก ๆ สีแดงคล้ายแมงมุม วิธีป้องกันคือ หมั่นตัดแต่งใบด้านล่างทรงพุ่มอย่างน้อยทุก 15 วัน และฉีดพ่นด้วยน้ำหมักสมุนไพรจากสะเดา หางไหล น้ำส้มควันไม้ หรือสารป้องกันกำจัดไรแดงศัตรูพืช

2.2.4 ปัจจัยในการเจริญเติบโตของต้นราสเบอร์รี่

การเจริญเติบโตของต้นราสเบอร์รี่ สามารถเจริญเติบโตได้ดีในทุกสภาพภูมิอากาศทั่วโลก แต่จะนิยมปลูกกันในพื้นที่ที่มีอากาศหนาวเย็นมากกว่า ซึ่งปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตคือ น้ำ สภาพของดิน อุณหภูมิ แสง รวมถึงแร่ธาตุสารอาหารต่างๆ โดยที่ความชื้นในดินควรอยู่ระหว่าง 50 ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ ปลูกในดินที่มีลักษณะเป็นดินร่วนผสมกับปุ๋ยคอกเพื่อเพิ่มความเป็นกรดในดิน ค่าพีเอชในดินควรจะอยู่ที่ 5.5 ถึง 6.5 มีอุณหภูมิภายในโรงเรือนอยู่ระหว่าง 18 ถึง 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศควรอยู่ที่ 65 ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ และระยะเวลาการได้รับแสงคือ 8 ชั่วโมงต่อวัน มีความเข้มแสงมากกว่า 2,000 ลักซ์(lux)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3 บอร์ดอาดุยโน่ ยูโน่ อาร์ 3

เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล เอวีอาร์ ที่มีการพัฒนาแบบโอเพ่นซอร์ส คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ตัวบอร์ดถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่าง ๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขาอินพุต เอาต์พุต บอร์ดอาดุยโน่ ยูโน่ อาร์ 3

รูปที่ 2.2 บอร์ดอาดุยโน่ ยูโน่ อาร์ 3
ที่มา : https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3

2.3.1 รายละเอียดทางเทคนิคของบอร์ดอาดุยโน่ ยูโน่ อาร์ 3

อาดุยโน่ ยูโน่ อาร์ 3 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโอเพ่นซอร์สบนแพลตฟอร์มอาดุยโน่ใช้ชิพ ATmega328 รันที่ความถี่ 16 เมกกะเฮิร์ต หน่วยความจาแฟลช 32 กิโลไบต์ แรม 2 กิโลไบต์ บอร์ดใช้ไฟเลี้ยง 7 ถึง 12 โวลต์ มีระดับแรงดันไฟฟ้าในการทางานและขาสัญญาณอยู่ที่ 5 โวลต์ มีดิจิตอลอินพุต / เอาต์พุต 14 ขา (เป็นขา PWM ได้ 6 ขา) มี อะนาล็อกอินพุต 6 ขา Serial UART 1 ชุด I^2C 1 ชุด SPI 1 ชุด เขียนโปรแกรมบนซอฟท์แวร์ Arduino IDE และโปรแกรมผ่านพอร์ต USB

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดทางเทคนิคของบอร์ดอาดุยโน่ ยูโน่ อาร์ 3

Microcontroller	ATmega328P
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (Atmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (Atmega328P)
EEPROM	1 KB (Atmega328P)
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

ที่มา : https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3

2.3.2 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมบอร์ดอาดุยโน่ ยูโน่ อาร์ 3

ในการเขียนโปรแกรมสำหรับบอร์ดอาดุยโน่ ยูโน่ อาร์ 3 จะต้องเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาของ อาดูโน (Arduino programming language) ซึ่งภาษาของ อาดูโน จะนำโอเพ่นซอร์สโปรเจคชื่อ wiring มาพัฒนาต่อภาษาของ อาดูโน แบ่งได้เป็น 2 ส่วนหลักคือ 1. ส่วนโครงสร้างภาษา ภาษา C/C++ (structure) ตัวแปร กับค่าคงที่ และ 2. ส่วนฟังก์ชัน (function) ภาษาของอาดุยโน่จะอ้างอิงตาม จึงอาจกล่าวได้ว่าการเขียนโปรแกรมสำหรับอาดุยโน่ ก็คือการเขียนโปรแกรมภาษา C โดยเรียกใช้ฟังก์ชันและไลบรารีที่ทางอาดุยโนได้เตรียมไว้ให้แล้วซึ่งสะดวกต่อการพัฒนา แต่ถ้าหากอุปกรณ์ที่นำมาเชื่อมต่อกับบอร์ดมีความซับซ้อนในการเขียนโปรแรมมากขึ้น ก็จะต้องติดตั้งส่วนของไลบรารีเพิ่มเติม

2.4 โหนด เอ็มซียู

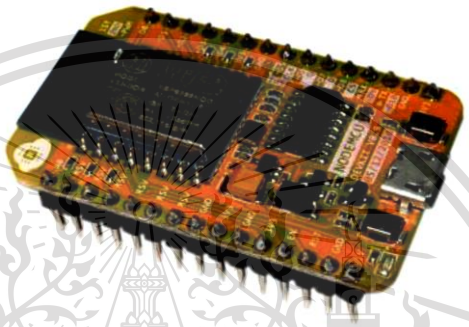
โหนด เอ็มซียู คือ แพลตฟอร์มหนึ่งที่ใช้ช่วยในการสร้างโปรเจค Internet of Things (IoT) ที่ประกอบไปด้วยชุดพัฒนาบอร์ด (Development Kit) และ ซอฟต์แวร์บนบอร์ด (Firmware) ที่เป็นโอเพ่นซอร์ส สามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Lau ได้ ทำให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น มาพร้อมกับโมดูลไวไฟ (ESP8266) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการใช้เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ต โมดูลESP8266 นั้นมีอยู่ด้วยกันหลายรุ่นมาก ตั้งแต่เวอร์ชั่นแรกที่เป็น ESP-01 ไปจนถึงปัจจุบันมี ESP-12 แล้ว และที่ฝังอยู่ในโหนดเอ็มซียู เวอร์ชั่นแรกนั้นเป็น ESP-12 แต่ใน เวอร์ชั่นที่ 2 จะใช้เป็น ESP-12E แทน ซึ่งการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โดยรวมก็ไม่แตกต่างกันมากนัก โหนด เอ็มซียูนั้นมีลักษณะคล้ายกับอาดูโน ตรงที่มีพอร์ตอินพุต และเอาต์พุตมาในตัว สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุต ได้โดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์อื่นๆ และเมื่อไม่นานมานี้ก็มีนักพัฒนาที่สามารถทำให้โปรแกรม Arduino IDE ใช้งานร่วมกับโหนด เอ็มซียู ได้แล้วจึงสามารถใช้ภาษา C/C++ ในการเขียนโปรแกรมได้ ทำให้เราสามารถใช้งานได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น

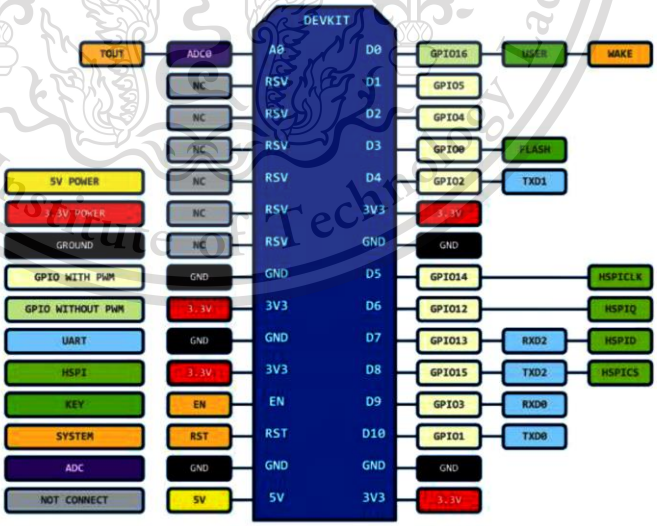
ชุดพัฒนาบอร์ดโหนด เอ็มซียู (NodeMCU Development Kit) ปัจจุบันมี 2 เวอร์ชั่นดังนี้

1. ชุดพัฒนาบอร์ดโหนด เอ็มซียู เวอร์ชั่น 1 (NodeMCU Devkit 0.9 (ESP-12) Version 1)



รูปที่ 2.3 ชุดพัฒนาบอร์ดโหนด เอ็มซียู เวอร์ชั่น 1

ที่มา : https://embedded523372.wordpress.com/2016/04/15/nodemcu/



รูปที่ 2.4 การกำหนดขาบอร์ดโหนด เอ็มซียู เวอร์ชั่น 1

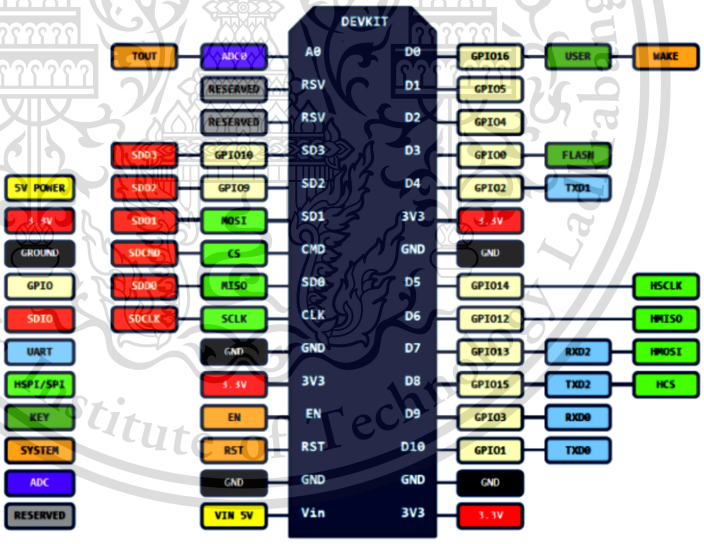
ที่มา : https://embedded523372.wordpress.com/2016/04/15/nodemcu/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. ชุดพัฒนาบอร์ดโหนด เอ็มซียู เวอร์ชั่น 2 (NodeMCU Devkit 1.0 (ESP-12E) Version 2)

รูปที่ 2.5 ชุดพัฒนาบอร์ดโหนด เอ็มซียู เวอร์ชั่น 2

ที่มา : https://embedded523372.wordpress.com/2016/04/15/nodemcu/



รูปที่ 2.6 การกำหนดขาบอร์ดโหนด เอ็มซียู เวอร์ชั่น 2

ที่มา : https://embedded523372.wordpress.com/2016/04/15/nodemcu/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5 โมดูลไวไฟ อีเอสพี 8266

ผู้สร้างชิพ ESP คือคุณ Teo Swee Ann ชาวสิงคโปร์แห่งบริษัท Espressif System โดยในโมดูลประกอบด้วย ชิป Microcontroller + WiFi Module มีราคาถูก สามารถโปรแกรมลงไปได้ ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เลย และมีพื้นที่โปรแกรมที่มากถึง 4เมกกะไบต์ จึงมีพื้นที่เหลือมากพอในการเขียนโปรแกรมลงไป

โมดูลไวไฟ อีเอสพี 8266 (ESP8266) เป็นชื่อของชิปไอซีบนบอร์ดของโมดูล ซึ่งไอซี อีเอสพี 8266 ไม่มีพื้นที่โปรแกรม (flash memory) ในตัว ทำให้ต้องใช้ไอซีภายนอก (external flash memory) ในการเก็บโปรแกรม ที่ใช้การเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล SPI ซึ่งสาเหตุนี้เองทำให้โมดูล อีเอสพี8266 มีพื้นที่โปรแกรมมากกว่าไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่นๆ

โมดูลไวไฟ อีเอสพี 8266 ทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 3.3 โวลต์ - 3.6 โวลต์ การนำไปใช้งานร่วมกับเซนเซอร์อื่นๆที่ใช้แรงดัน 5 โวลต์ ต้องใช้วงจรแบ่งแรงดันมาช่วย เพื่อไม่ให้โมดูลพังเสียหาย กระแสที่โมดูลใช้งานสูงสุดคือ 200 มิลลิแอมป์ ความถี่คริสตอล 40 เมกกะเฮิร์ตซ์ ทำให้เมื่อนำไปใช้งานอุปกรณ์ที่ทำงานรวดเร็วตามความถี่ เช่น แอลซีดี ทำให้การแสดงผลข้อมูลรวดเร็วกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ยอดนิยมอย่างอาดุยโน่

2.5.1 การกำหนดขาของโมดูล อีเอสพี 8266

โมดูล อีเอสพี 8266 มีหลายรุ่น และยังมีรุ่นใหม่ที่พัฒนาออกมาเรื่อย ๆ โดยโครงสร้างและขาที่ใช้งานมีลักษณะคล้ายคลึงกันสามารถแบ่งได้ดังนี้

- VCC เป็นขาสำหรับจ่ายไปเข้าเพื่อให้โมดูลทำงานได้ ซึ่งแรงดันที่ใช้งานได้คือ 3.3 - 3.6 โวลต์
- GND
- Reset และ CH_PD (หรือ EN) เป็นขาที่ต้องต่อเข้าไฟ + เพื่อให้โมดูลสามารถทำงานได้ ทั้ง 2 ขานี้สามารถนำมาใช้รีเซตโมดูลได้เหมือนกัน แตกต่างตรงที่ขา Reset สามารถลอยไว้ได้ แต่ขา CH_PD (หรือ EN) จำเป็นต้องต่อเข้าไป + เท่านั้น เมื่อขานี้ไม่ต่อเข้าไฟ + โมดูลจะไม่ทำงานทันที
- GPIO เป็นขาดิจิตอลอินพุต / เอาต์พุต ทำงานที่แรงดัน 3.3โวลต์
- GPIO15 เป็นขาที่ต้องต่อลง GND เท่านั้น เพื่อให้โมดูลทำงานได้
- GPIO0 เป็นขาสำหรับการเลือกโหมดทำงาน หากนำขานี้ลง GND จะเข้าโหมดโปรแกรม หากลอยไว้ หรือนำเข้าไฟ + จะเข้าโหมดการทำงานปกติ
- ADC เป็นขาอนาล็อกอินพุต รับแรงดันได้สูงสุดที่ 1 โวลต์ ขนาด 10 บิต การนำไปใช้งานกับแรงดันที่สูงกว่าต้องใช้วงจรแบ่งแรงดันเข้าช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5.2 ลักษณะเฉพาะของโมดูล อีเอสพี8266

โมดูล อีเอสพี 8266 มีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากรุ่นอื่นดังนี้

- SDIO 2.0, SPI, UART
- 32-pin QFN package
- Integrated RF switch, balun, 24dBm PA, DCXO, and PMU
- Integrated RISC processor, on-chip memory and external memory interfaces
- Integrated MAC/baseband processors
- Quality of Service management
- I2S interface for high fidelity audio applications
- On-chip low-dropout linear regulators for all internal supplies
- Proprietary spurious-free clock generation architecture
- Integrated WEP, TKIP, AES, and WAPI engines

2.5.3 รายละเอียดทางเทคนิคของโมดูล อีเอสพี8266

เพื่อให้ได้การทำงานที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้จำเป็นต้องทราบข้อมูลทางเทคนิคของโมดูลนั้นก่อนโดยโมดูล ESP8266 มีรายละเอียดทางเทคนิคดังนี้

- 802.11 b/g/n
- WiFi Direct (P2P), soft-AP
- Integrated TCP/IP protocol stack
- Integrated TR switch, balun, LNA, power amplifier and matching network
- Integrated PLLs, regulators, DCXO and power management units
- +19.5dBm output power in 802.11b mode
- Power down leakage current of <10uA
- Integrated low power 32-bit CPU could be used as application processor
- SDIO 1.1/2.0, SPI, UART
- STBC, 1×1 MIMO, 2×1 MIMO
- A-MPDU & A-MSDU aggregation & 0.4ms guard interval
- Wake up and transmit packets in < 2ms
- Standby power consumption of < 1.0mW (DTIM3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.6 โมดูลรีเลย์

รีเลย์เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทรกให้เปลี่ยนสภาวะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัส คล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมวงจรต่าง ๆ ในงานอิเล็กทรอนิกส์ได้

2.6.1 ส่วนประกอบของรีเลย์

1. ส่วนของขดลวด (Coil) เหนี่ยวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะไปกระทุ้งให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำนี้ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน (ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิด และรุ่นตามที่ผู้ผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระทุ้งให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

2. ส่วนของหน้าสัมผัส (Contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการ จุดต่อใช้งานมาตรฐาน ประกอบด้วย จุดต่อ NC ย่อมาจาก Normal Close หมายความว่าปกติปิด หรือ หากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปมักจะต่อจุดนี้ เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลา เช่น จุดต่อ NO ย่อมาจาก Normal Open หมายความว่าปกติเปิดหรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปมักจะต่อจุดนี้ เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิด เช่น โครมไฟสนามเหนือหน้าบ้าน จุดต่อ C ย่อมาจาก Common คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ

2.6.2 ข้อคำนึงถึงการใช้งานรีเลย์ทั่วไป

1. แรงดันใช้งาน หรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ หากเราดูที่ตัวรีเลย์จะระบุค่าแรงดันใช้งานไว้ (หากใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนมากจะใช้แรงดันกระแสตรงในการใช้งาน) เช่น 12 โวลต์ กระแสตรง คือต้องใช้แรงดันที่ 12 โวลต์ กระแสตรงเท่านั้นหากใช้มากกว่านี้ ขดลวดภายในตัวรีเลย์อาจจะขาดได้ หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่า รีเลย์จะไม่ทำงาน ส่วนในการต่อวงจรนั้นสามารถต่อขั้วใดก็ได้ เพราะตัวรีเลย์ จะไม่ระบุขั้วต่อไว้ (นอกจากชนิดพิเศษ)

2. การใช้กระแสผ่านหน้าสัมผัส ซึ่งที่ตัวรีเลย์จะระบุไว้ เช่น 10 แอมแปร์ 220 โวลต์ กระแสสลับ คือหน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นสามารถทนกระแสได้ 10 แอมแปร์ที่ 220 โวลต์ กระแสสลับ แต่การใช้ก็ควรจะใช้งานที่ระดับกระแสต่ำกว่าที่กำหนด เพื่อป้องกันการเสียหายของรีเลย์

3. จำนวนหน้าสัมผัสการใช้งาน ควรดูว่ารีเลย์นั้นมีหน้าสัมผัสให้ใช้งานกี่อัน และมีขั้วคอมมอนด้วยหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 2.7 รีเลย์ 5 โวลต์ 4 ช่อง

ที่มา : https://www.arduitronics.com/product/2212/4-channel-relay-opto-isolated-5v-10a

2.7 เซนเซอร์

เซนเซอร์ คือ อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ หรือปริมาณทางฟิสิกส์ต่างๆ เช่น อุณหภูมิ เสียง แสง แรงทางกล ความดันบรรยากาศ ระยะกระจัด ความเร็ว อัตราเร่ง ระดับของๆเหลว และอัตราการไหล จากนั้นจะทำหน้าที่เปลี่ยนเป็นสัญญาณออก หรือปริมาณเอาต์พุตที่ได้จากการวัดในอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถนำไปประมวลผลต่อได้

ปัจจัยในการเลือกเซนเซอร์ใช้งานขึ้นอยู่กับปริมาณธรรมชาติของปริมารทางฟิสิกส์ที่ต้องการทำการวัดและควบคุมค่าเป็นสำคัญ รวมไปถึงราคา ความน่าเชื่อถือ ตลอดจนคุณภาพของข้อมูลที่ทำการวัด นอกจากนี้ยังมีปัจจัยสำคัญอื่นที่ควรพิจารณาอีก เช่น ความเหมาะสมของเซนเซอร์ที่จะนำไปใช้ในสภาพแวดล้อมนั้น ๆ

2.7.1 เซนเซอร์วัดค่าความชื้นในดิน

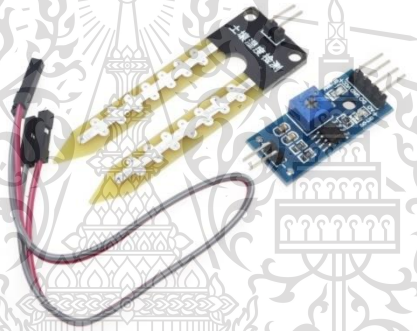
เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor) ใช้วัดความชื้นในดิน สามารถต่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้อะนาล็อกอินพุตอ่านค่าความชื้น หรือเลือกใช้สัญญาณดิจิตอลที่ส่งมาจากโมดูล สามารถปรับความไวได้ด้วยการปรับ Trimpot บนบอร์ด มีข้อมูลที่สำคัญต่อการใช้งานดังนี้

1. รายละเอียดทางเทคนิค
   - Operating voltage: 3.3V~5V.
   - Adjustable sensitivity (shown in blue digital potentiometer adjustment)
   - Dual output mode,analog output more accurate.
   - A fixed bolt hole for easy installation.
   - With power indicator (red) and digital switching output indicator (green).
   - Having LM393 comparator chip, stable.
   - Panel PCB Dimension: 3cm x 1.5cm.
   - Soil Probe Dimension: 6cm x 2cm.
   - Cable Length: 21cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- VCC: 3.3V-5V.
- GND: GND.
- DO: digital output interface(0 and 1).
- AO: analog output interface.

2. หลักการทำงานของเซนเซอร์วัดค่าความชื้นในดิน เริ่มการใช้งานด้วยการเสียบแผ่น PCB สำหรับวัดลงในดิน เพื่อให้วงจรแบ่งแรงดันทำงานได้ครบวงจร จากนั้นจึงใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดันโดยใช้ไอซีออปแอมปเบอร์ LM393 เพื่อวัดแรงดันเปรียบเทียบกัน ระหว่างแรงดันดันที่วัดได้จากความชื้นในดิน กับแรงดันที่วัดได้จากวงจรแบ่งแรงดันปรับค่าโดยใช้ Trimpot หากแรงดันที่วัดได้จากความชิ้นของดิน มีมากกว่า ก็จะทำให้วงจรปล่อยลอจิก 1 ไปที่ขา D0 แต่หากความชื้นในดินมีน้อย ลอจิก 0 จะถูกปล่อยไปที่ขา D0 โดยที่ขา A0 เป็นขาที่ต่อโดยตรงกับวงจรที่ใช้วัดความชื้นในดิน ซึ่งให้ค่าแรงดันออกมาตั้งแต่ 0 – 5 โวลต์ (ในทางอุดมคติ) โดยหากความชิ้นในดินมีมาก แรงดันที่ปล่อยออกไปก็จะน้อยตามไปด้วย ในลักษณะของการแปรผันกลับ



รูปที่ 2.8 เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน
ที่มา : https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3

2.7.2 เซนเซอร์วัดค่าความชื้นในอากาศ

เซนเซอร์วัดความชื้น (Humidity Sensor) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดค่าความชื้น โดยความชื้นนี้มาจากความชื้นสัมพันธ์ (Relative Humidity หรือ RH) ซึ่งความชื้นสัมพันธ์หมายถึงอัตราส่วนของปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศต่อปริมาณไอน้ำที่จะทำให้อากาศอิ่มตัว ณ อุณหภูมิเดียวกัน หรือ อัตราส่วนของความดันไอน้ำที่มีอยู่จริงต่อความดันไอน้ำอิ่มตัว ซึ่งค่าความชื้นสัมพันธ์จะแสดงในรูปของร้อยละ (%) มีหน่วยเป็น %RH

โดยทั่วไปแล้ว Humidity Sensor จะสามารถวัดค่าความชื้นสัมพันธ์ได้ในช่วง 10-90 %RH เซ็นเซอร์วัดความชื้นหรือเครื่องวัดความชื้นที่มีใช้กันในงานอุตสาหกรรมนั้นจะมีหลักการทำงานด้วยกัน 3 แบบ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1. Capacitive Humidity Sensor เซนเซอร์แบบนี้มีโครงสร้างภายในที่ประกอบไปด้วยชั้นฐานแผ่นฟิล์มบางที่ทำจากโพลีเมอร์หรือเมทัลออกไซด์ (Metal Oxide) ซึ่งจะถูกวางอยู่ระหว่าง

อิเล็กโตรดทั้งสอง โดยพื้นผิวของฟิล์มบางจะถูกเคลือบด้วยอิเล็กโตรดโลหะแบบมีรูพรุนเพื่อป้องกันฝุ่นละอองและปัญหาจากแสงแดด โดยค่าความชื้นนี้จะทำให้เปลี่ยนแปลงค่า dielectric constant (ค่าคงที่ของไดอิเล็กทริก ซึ่งก็คือฉนวน) ทำให้เกิดการผันผวนของค่าความต้านทานที่ substrate (สารตัวนำ) โดยเมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนไป 1 เปอร์เซ็นต์ ค่าความจุไฟฟ้า (Capacitive) ก็จะเปลี่ยนไป 0.2 ถึง 0.5 pF ซึ่งเซ็นเซอร์แบบนี้มักนิยมใช้งานกันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรม

2. Resistive Humidity Sensor โครงสร้างภายในของเซ็นเซอร์นี้จะประกอบด้วยอิเล็กโตรดโลหะ 2 ส่วน วางอยู่บนฐาน (substrate) โดยตัวฐานนั้นจะถูกเคลือบด้วยเกลือ (Salt) หรือโพลีเมอร์ (Conductive Polymer) หลักการทำงานของเซ็นเซอร์ชนิดนี้คือจะใช้การวัดจากการเปลี่ยนค่าอิมพลีแดนซ์ของวัสดุดูดความชื้น เมื่อเซ็นเซอร์ดูดซับไอน้ำและไอออนแตกตัวทำให้ค่าความนำไฟฟ้าของตัวกลางเพิ่มขึ้น เมื่อความต้านทานเปลี่ยนไปตามความชื้นทำให้เกิดกระแสไฟไหลในวงจร กระแสไฟนี้จะถูกแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อส่งต่อไปยังวงจรต่างๆ ต่อไป

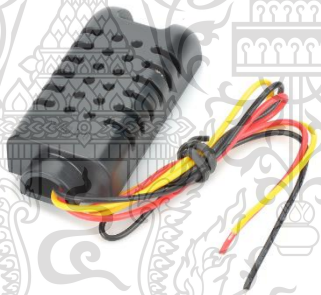
3. Thermal Conductivity Humidity Sensor เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้วัดความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humidity) จะอาศัยการคำนวณความแตกต่างระหว่างค่าการนำความร้อนของอากาศแห้งกับอากาศที่มีไอน้ำ โครงสร้างภายในจะประกอบไปด้วยเทอร์มิสเตอร์ 2 ตัว ต่ออยู่ในวงจรบริดจ์โดยเทอร์มิสเตอร์ตัวหนึ่งจะบรรจุอยู่ในแคปซูลที่มีก๊าซไนโตรเจนและเทอร์มิสเตอร์อีกตัวจะถูกวางอยู่ในบรรยากาศ กระแสไฟฟ้าจะถูกส่งผ่านเทอร์มิสเตอร์ทั้งสองทำให้เกิดความร้อนสูงขึ้นในตัวเทอร์มิสเตอร์และความร้อนที่กระจายออกจากเทอร์มิสเตอร์ในแคปซูลจะมากกว่าเทอร์มิสเตอร์ที่อยู่ในบรรยากาศ ความแตกต่างของอุณหภูมินี้ จึงเป็นความต่างของการนำความร้อนของไอน้ำเทียบเก็บไนไตรเจนแห้งและทำให้ความแตกต่างค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความชื้นสมบูรณ์

โมดูล AM2301 (DHT21) เป็นเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบดิจิทัล และเชื่อมต่อด้วยสัญญาณเพียงเส้นเดียวแบบสองทิศทาง (bidirectional) ใช้แรงดันไฟเลี้ยงได้ในช่วง 3.3 โวลต์ ถึง 5.2 โวลต์ สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ในช่วง -40..80 องศาเซลเซียส ความละเอียดในการวัดอุณหภูมิและความชื้น คือ 0.5 องศาเซลเซียส และ 0.1%RH และมีความแม่นยำ ±0.5 องศาเซลเซียส และ ±3%RH ตามลำดับ ใช้ขาเชื่อมต่อเพียง 3 ขา ได้แก่ VCC, GND และ SDA (serial data) ในการอ่านข้อมูลแต่ละครั้ง จะอ่านข้อมูลทั้งหมด 40 บิต แบ่งเป็น 16 บิต สำหรับค่าความชื้น 16 บิต สำหรับค่าอุณหภูมิ และ 8 บิต สำหรับตรวจสอบค่า parity bits เพื่อดูว่าอ่านค่าได้ถูกต้องหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดทางเทคนิคของโมดูล AM2301 (DHT21)

Model	AM2301
Power supply	3.3-5.5V DC
Output signal	Aosong 1-wire bus digital signal
Sensing element	Polymer humidity capacitor
Measuring range	Humidity 0-100 %RH; Temperature -40～80 Celsius
Accuracy	Humidity +-3 %RH(Max +- 5%RH); Temperature +-0.5 Celsius
Resolution or sensitivity	Humidity 0.1 %RH; Temperature 0.1 Celsius
Repeatability	Humidity +-1 %RH; Temperature +-0.3 Celsius
Humidity hysteresis	+- 0.5%RH
Long-term Stability	+- 0.5%RH/year
Interchangeability	Fully interchangeable



รูปที่ 2.9 โมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ DHT21

ที่มา : http://www.kaideejingjung.com/product/136/dht21-am2301-digital-temperature-humidity-sensor-module-for-arduino

2.7.3 เซนเซอร์วัดค่าพีเอชในดิน

เซนเซอร์วัดค่าพีเอชในดิน (Soil pH Sensor) สามารถอ่านค่าพีเอช สำหรับ arduino ได้ โดยจะส่งค่าออกมาเป็นสัญญาณอนาล็อก สามารถเชื่อมต่อ arduino ได้โดยตรง มีความทนกรดของปุ๋ยได้ เชื่อมต่อกับ Arduino โดยนำ ขาอนาล็อก ของ Arduino ต่อเข้า ขั้วบวกของเซนเซอร์ และ ต่อกราวด์เข้าขั้วลบของเซนเซอร์ โดยไม่ต้องใช้ไฟเลี้ยง เมื่อนำเซนเซอร์เสียบลงดิน เข็มบนหน้าปัดจะเบน แปลว่ามีความต่างศักย์ไฟฟ้าอยู่ ทำให้เข็มเบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.3 รายละเอียดทางเทคนิคของเซนเซอร์วัดค่ากรดเบสในดิน (Soil pH Sensor)

ช่วงวัดกรดด่าง	3.5-8.0 pH
ช่วงวัดความชื้น	0-10 (1 = 10% เป็นต้น)
ช่วงการวัดแสง	0-2000 Lux
แหล่งพลังงาน	ไม่ต้องใช้แบตเตอร์รี่
ความยาวของแท่งวัด	202 มม.

รูปที่ 2.10 เซนเซอร์วัดค่าพีเอชในดิน

ที่มา : http://www.arduinostep.com/product/361

2.8 ปั๊มน้ำกระแสสลับ

ปั๊มน้ำขนาดเล็ก ผลิตจากวัสดุที่มีความแข็งแรงทนทาน ใช้งานง่าย รองรับการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งป้อนไปยังปั๊มโดยตรง โดยแรงดันที่สามารถป้อนได้คือ 220 โวลต์ สามารถปั๊มน้ำได้ 2000 ลิตรต่อชั่วโมง ใช้กำลังไฟ 32 วัตต์ ความแรงของน้ำขึ้นกับ แรงดันที่ป้อนไปยังอุปกรณ์ สามารถดันแรงดันน้ำได้สูงประมาณ 2 เมตร ขึ้นกับขนาดท่อเส้นผ่านศูนย์กลาง ข้อควรระวังของปั๊มน้ำชนิดนี้ คือ ไม่ควรใช้งานขณะไม่มีน้ำ ควรให้น้ำท่วมปั๊มตลอดเวลา ไม่เช่นนั้นอาจจะเกิดการระบายความร้อนที่ไม่ดีจนปั๊มน้ำเสียหายได้

รูปที่ 2.11 ปั๊มน้ำกระแสสลับ

ที่มา : http://www.smilepetshop.com/product-th-243551-1094695-Sonic+AP+2500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.9 ปั๊มน้ำแรงดัน

หลักการทำงานของปั๊มน้ำแรงดัน คือ เมื่อเปิดสวิทซ์เพื่อให้เครื่องทำงาน ถ้าแรงดันน้ำในท่อนั้นมีความดันต่ำกว่าที่กำหนด สวิทซ์ควบคุมแรงดันจะต่อวงจรไปยังมอเตอร์ ทำให้มอเตอร์หมุนและขับให้ปั๊มน้ำทำงาน เมื่อแรงดันน้ำในท่อมีความดันสูงตามพิกัดที่กำหนด สวิทซ์ควบคุมแรงดันจะตัดวงจรไฟฟ้าทำให้มอเตอร์หยุดทำงานและปั๊มก็จะหยุดทำงานด้วย

รูปที่ 2.12 ปั๊มน้ำแรงดัน

ที่มา : https://www.thaiwatersystem.com/article/46

2.10 หัวน้ำหยด

ระบบน้ำหยดจะเหมาะสำหรับการรดน้ำบริเวณโคนต้นไม้ กระถาง หรือพื้นที่ต่างระดับ ซึ่งน้ำจะค่อยๆซึมลงดินไปอย่างช้า ๆ ระบบนี้ไม่จำเป็นต้องใช้แรงดันน้ำในการทำงานมาก จึงสามารถติดตั้งได้หลายจุด สำหรับหัวน้ำหยดนั้นมีหลายรูปแบบ ซึ่งควรเลือกแบบที่สามารถปรับแรงดันได้ เพราะด้านในจะมีแผ่นยางเจาะรูเพื่อควบคุมปริมาณน้ำ ข้อดีของระบบน้ำหยด คือ สามารถควบคุมปริมาณน้ำได้ ช่วยให้ประหยัดน้ำ

รูปที่ 2.13 หัวน้ำหยด

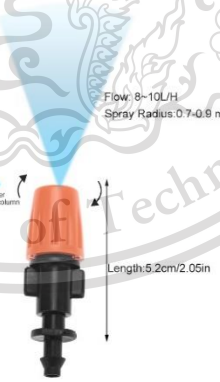
ที่มา : https://www.watertimerreview.com/article/88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.11 หัวพ่นหมอก

โรงเรือนที่มีวิธีการลดอุณหภูมิอากาศด้วยวิธีนี้จะติดตั้ง หัวพ่นหมอกสูงจากพื้น 1.8-2.5 เมตร และมีระบบน้ำที่มีแรงดัน 2-4 บาร์ เมื่อฉีดผ่านหัวพ่นหมอก จะได้ละอองน้ำที่มีความละเอียดสูงมาก เหมือนหมอกละอองน้ำเมื่อสัมผัสกับอากาศร้อนจะใช้ความร้อนแฝงจากอากาศเปลี่ยนสถานภาพกลายเป็นไอ วิธีการพ่นหมอกนี้จะพ่นและหยุดเป็นเวลาสั้นๆเช่น พ่น 0.5 – 1 นาที และหยุดพ่นนาน 1-3 นาที สลับกันไป อากาศบริเวณนั้นจึงค่อยๆ มีอุณหภูมิลดลงได้ และเมื่ออากาศบริเวณนั้นใกล้อิ่มตัวด้วยน้ำ จะต้องหยุดการฉีดพ่นจนกว่ากระแสลมจะช่วยพัดพาเอาความชื้นออกไป ให้อากาศบริเวณนั้นมีความชื้นลดลงเสียก่อน

รูปที่ 2.14 การพ่นหมอกลดอุณหภูมิ
ที่มา : https://www.walmart.ca/en/ip/



รูปที่ 2.15 หัวพ่นหมอก
ที่มา : https://www.walmart.ca/en/ip

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.12 ไฟแอลอีดีแบบเส้น

ไฟแอลอีดีแบบเส้น ใช้สำหรับสร้างแสงสว่างภายในโรงเรือน ใช้แทนแสงอาทิตย์ ซึ่งจะให้ความยาวคลื่นเฉพาะแสงที่พืชต้องการซึ่งเป็นแสงสีม่วงที่เกิดจาก แสงสีน้ำเงินและสีแดงผสมกัน

ข้อดีของแสงสีน้ำเงิน (ความยาวคลื่นประมาณ 430-460 นาโนเมตร)

1. เป็นช่วงความยาวคลื่นที่สามารถดูดซึมได้มากที่สุด
2. กระตุ้นการผลิต Chlorophyll ทำให้พืชสังเคราะห์แสงได้มากขึ้น
3. เร่งการเจริญเติบโตของลำต้น ช่วยให้ลำต้นแข็งแรง ลดปัญหาลำต้นยืดผิดรูป
4. ช่วยให้ใบแข็งแรง

ข้อดีของแสงสีแดง (ความยาวคลื่นประมาณ 630-660 นาโนเมตร)

1. เป็นช่วงความยาวคลื่นที่สามารถดูดซึมได้ดี
2. เร่งดอก เร่งผล ช่วยบำรุงดอกและผลให้สมบูรณ์
3. เร่งการเจริญเติบโตของราก ช่วยให้รากแข็งแรง
4. เร่งการเจริญเติบโตของลำต้น

รูปที่ 2.16 ไฟแอลอีดีแบบเส้น

ที่มา : https://www.aliexpress.com/item/32965396607.html

2.13 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง

2.13.1 Arduino IDE

โปรแกรมสำหรับใช้เขียนโปรแกรม, คอมไพล์ และอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด Arduino หรือบอร์ดตัวอื่นๆ ที่คล้ายกัน เช่น Generic ESP8266 modules, NodeMCU หรือ WeMos D1 เป็นต้น ซึ่งจะใช้ภาษาซีในการเขียนโค้ดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 2.17 Arduino IDE

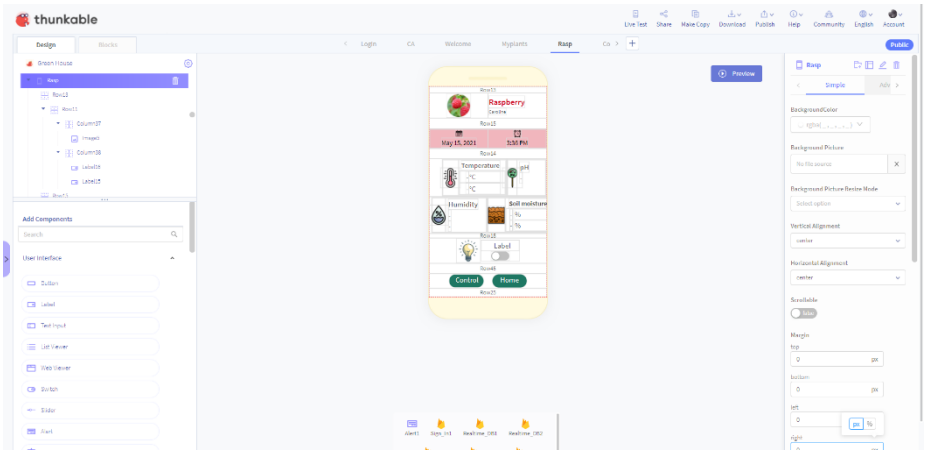
รูปที่ 2.18 หน้าต่างสำหรับเขียนโค้ดของ Arduino IDE

2.13.2 Thunkable

ใช้ออกแบบและสร้างแอปพลิเคชันสำหรับติดตั้งบนโทรศัพท์มือเพื่อแสดงค่าที่ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดได้ และสั่งการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆในโรงเรือน มีเว็บไซต์ดังรูปที่ 2.19 และมีหน้าต่างสำหรับออกแบบแอปพลิเคชันดังรูปที่ 2.20

รูปที่ 2.19 เว็บไซต์ Thunkable

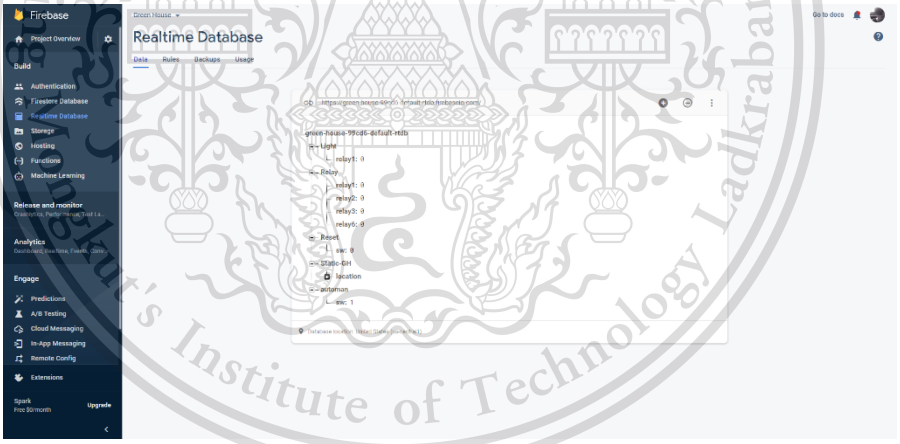
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.20 หน้าต่างของเว็บไซต์ Thunkable

2.13.3 Firebase

ถูกออกแบบมาให้เป็น API และ Cloud Storage สำหรับพัฒนา Realtime Application รองรับหลาย Platform ทั้ง IOS App, Android App, Web App Firebase เป็นฐานข้อมูลเรียลไทม์ ซึ่งมี API ที่ช่วยให้นักพัฒนาในการจัดเก็บและซิงค์ข้อมูล โดย Google Firebase 2.0 มีหน้าต่างของเว็บไซต์ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 หน้าต่างของเว็บไซต์ Firebase

2.13.4 Google Sheets

Google Sheets (กูเกิล ชีท) เป็นแอปพลิเคชันในกลุ่มของ Google Drive (กูเกิล ไดรฟ์) ซึ่งเป็นนวัตกรรมของ Google (กูเกิล) มีลักษณะการทำงานคล้ายกันกับ Microsoft Excel (ไมโครซอฟท์ เอ็กเซล) คือ สามารถสร้าง Column, Row สามารถใส่ข้อมูลต่างๆ ลงไปใน Cell (เซลล์) ได้ และคำนวณสูตรต่างๆได้ มีหน้าแอปพลิเคชันดังรูปที่ 2.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 2.22 Google Sheets

2.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1) การวิเคราะห์เชิงตัวเลขของระบบควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนเพาะปลูกแบบพ่นหมอก

ศึกษาประสิทธิภาพการทำความเย็นในโรงเรือนเพาะปลูกที่ควบคุมสภาวะอากาศด้วยวิธีการพ่นละอองน้ำ โดยวิธีการคำนวณแบบแม่นตรงด้วยหลักการอุณหพลศาสตร์ โดยวิเคราะห์จากสภาวะอากาศ ณ จังหวัดนครราชสีมา พบว่าที่สภาวะค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอาทิตย์ 185 W m^{-2} และความชื้นของอากาศสูงสุดภายในโรงเรือนไม่เกิน 90% RH พบว่าอุณหภูมิของอากาศหลังการพ่นหมอกภายในโรงเรือนมีค่าระหว่าง 25.5 °C - 28.5 °C มีค่าเฉลี่ย 27.03 °C และอุณหภูมิของอากาศภายนอกโรงเรือนมีค่าระหว่าง 26.0 °C - 38.13 °C มี ค่าเฉลี่ย 32.85 °C การลดอุณหภูมิด้วยการพ่นละอองน้ำในโรงเรือนสามารถลดอุณหภูมิสูงสุดภายในโรงเรือนได้สูงสุด 9.6 องศาเซลเซียสเมื่อ เทียบกับอุณหภูมิภายนอก อัตราการการพ่นละอองน้ำสูงสุดมีค่า 2.2 kg $h^{-1}m^{-2}$ ณ เวลา 14.15 น. และประสิทธิภาพของการทำความเย็นมีค่าระหว่าง 9% - 87% เฉลี่ย 75% โดยผลต่างของอุณหภูมิกระเปาะแห้งกับ กระเปาะเปียกมีอิทธิผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (เฉลิมชาติ เสาวรัจและคณะ,2560)

2) ระบบควบคุมโรงเรือนผักไฮโดรโปรนิกส์อัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยี IoT และเครื่องมือการเรียนรู้เชิงลึก

งานวิจัยนี้ได้มีการออกแบบพัฒนาระบบควบคุมโรงเรือนปิดอัตโนมัติ โดยนำเอาเทคโนโลยี Internet of Things มาควบคุมการให้น้ำ ควบคุมสภาพอากาศภายในโรงเรือน ควบคุมความเข้มแสงภายในโรงเรือน ร่วมกับเทคนิค Deep-Learning โดยใช้ Intel TensorFlow Deep งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1)ส่วนการพัฒนาระบบควบคุมภายในโรงเรือนปิด และส่วนระบบวิเคราะห์การเจริญเติบโตของผักด้วย Deep Learning ที่ติดตั้งบนเครื่อง AWS EC2 2) โรงเรือนแบบปิด มีชุดควบคุม Arduino เพื่อสั่งการทำงานควบคุมอุปกรณ์และอ่านค่าเซนเซอร์ต่างๆ ทำงานร่วมกับ Raspberry Pi ที่มีกล้องถ่ายภาพผักนำไปประมวลผล Machine learning บน AWS Cloud การทำงานแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ตาม Use case 1) Monitor เป็นส่วนที่แสดงผลของสถานะของ อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ความชื้นความสว่างของแสง และสถานการณ์ทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่พัดลม ปั๊ม และมอเตอร์ ซึ่งเป็นการแสดงผลแบบReal Time 2) การควบคุมอัตโนมัติเป็นการทำงานได้ด้วยตัวเอง โดยรับค่าจากเซ็นเซอร์และภาพที่ถ่ายมาประมวลผลเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ (Profile) ในระบบ เพื่อสั่งให้อุปกรณ์ต่างๆ ทำงาน 3) การควบคุมแมนนว(Manual) เป็นการควบคุมโดยผู้ใช้เอง เช่น การเปิดหรือปิดระบบพัดลม ปั้มน้ำ และมอเตอร์ และ 4) การตั้งค่า (Setting)ผู้ใช้สามารถกำหนดค่า Profile เริ่มต้นให้กบอุปกรณ์ได้ โดยรับค่าเข้าจาก Keypad เพื่อตั้งค่าเริ่มต้นหรือสิ้นสุดให้กบอุปกรณ์ เช่น ผู้ใช้ต้องการให้มอเตอร์ทำงาน เพื่อปิดม่านพรางแสงเมื่อพบค่าแสง(Lux)สูงสุดที่เท่าใด เป็นต้น (รัฐศิลป์ รานอกภานุ-วัชรม,2561)

3) การจัดการปริมาณและคุณภาพแสงและความเข้มข้นของ CO_2

จากงานวิจัยชิ้นนี้พบว่าคุณภาพแสงสามารถปรับแต่งได้โดยใช้ไฟแอลอีดี ซึ่งสามารถรู้ค่าความยาวคลื่นที่แน่นอนให้กับพืชได้เมื่อไฟแอลอีดี เป็นแหล่งกำเนิดแสงสีเดียว และยังมีการศึกษาการผสมผสานของแสงสีแดงและสีน้ำเงินสำหรับผักใบเขียวหลายชนิด มะเขือเทศ ราสเบอร์รี่ และพืชผลอื่น ๆ พบว่าไฟแอลอีดี มีการปล่อยความร้อนน้อยอุณหภูมิโดยประมาณอยู่ระหว่าง 40 ถึง 60 องศาเซลเซียสและมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของพืชได้ดีขึ้น นอกจากนี้แสงไฟแอลอีดี ยังสามารถเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีประโยชน์ในการเพิ่มการสังเคราะห์แสงเมื่อระดับแสงต่ำกว่าที่พืชต้องการ สามารถเพิ่มผลผลิตมะเขือเทศได้ถึง 20% และผักใบเขียวสูงถึง 50% เมื่อเพิ่มปริมาณ CO_2 จาก 400 ppm (ความเข้มข้นของอากาศในปัจจุบัน) เป็น 800 - 1,000 ppm (Kubota,2561)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

การทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้มุ่งเน้นเพื่อทดสอบประสิทธิภาพระบบอัตโนมัติในโรงเรือนเพาะปลูกแบบปิดที่สร้างขึ้นภายในร่ม โดยการมีออกแบบระบบรดแบบน้ำหยด ระบบทำความเย็นจากการพ่นหมอก ระบบลดความชื้นและลดอุณหภูมิ และระบบให้แสงสว่างแก่พืช นอกจากนั้นยังทำการออกแบบแอปพลิเคชั้นที่ใช้สำหรับสั่งการทำงานและติดตามผลผ่านเครือข่ายไวไฟ ดังนั้นเพื่อให้การทำปริญญานิพนธ์ดำเนินงานตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ คณะผู้จัดทำจึงได้กำหนดวิธีการดำเนินงานซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้วัดและควบคุมค่าอุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ ความชื้นในดิน และค่าพีเอชในดิน รวมถึงออกแบบโครงสร้างของโรงเรือนที่ใช้เพาะปลูกด้วย อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเพาะปลูก ต้นราสเบอร์รี่
2. ทดสอบการทำงานของโมดูลเซนเซอร์ในการวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ ความชื้นในดิน และค่ากรดเบสในดิน เทียบกับอุปกรณ์มาตรฐาน เพื่อหาค่าความผิดพลาดของอุปกรณ์
3. ทดสอบค่าความเข้มแสงของไฟแอลอีดี ที่ใช้สำหรับติดภายในโรงเรือนเพาะปลูก เพื่อให้แสงสว่างกับต้นราสเบอร์รี่
4. การออกแบบแอปพลิเคชัน
5. ทำโครงสร้างโรงเรือน และนำชุดอุปกรณ์มาติดตั้งในโรงเรือน
6. ทดลองปลูก บันทึกผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาต้นแบบโรงเรือนอัตโนมัติสำหรับการปลูกต้นราสเบอร์รี่ในร่ม ในโครงงานนี้ ประกอบไปด้วย ส่วนชุดควบคุม และส่วนโรงเรือน

3.1.1 ส่วนชุดอุปกรณ์ควบคุม

1. บอร์ดอาดุยโน่ ยูโน่ อาร์ 3
2. โหนด เอ็มซียู โมดูลไวไฟ อีเอสพี 8266
3. โมดูลรีเลย์ 5 โวลต์
4. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ
5. ความชื้นในอากาศ
6. เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน
7. เซนเซอร์วัดค่าพีเอชในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

8. ปั๊มน้ำขนาดเล็กกระแสสลับ 220 โวลต์
9. ปั๊มน้ำแรงดัน 12 โวลต์
10. หัวน้ำหยด
11. หัวพ่นหมอก
12. สายยางไมโคร
13. ไฟแอลอีดีแบบเส้น

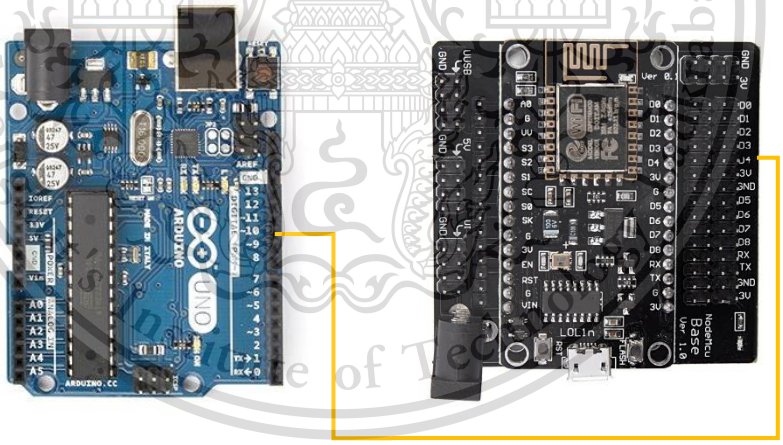
3.1.2 ส่วนโครงสร้างโรงเรือน

1. ท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ½”
2.พลาสติกคลุมโรงเรือนหนา 150 ไมครอน

3.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์

3.2.1 การเชื่อมต่อบอร์ดอาดุยโน่กับโหนด เอ็มซียู

การเชื่อมต่อบอร์ดอาดุยโน่กับโหนด เอ็มซียู โดยต่อขา 10 จากบอร์ดอาดุยโน่เข้าที่ขา D4 ของโหนด เอ็มซียู ดังรูปที่ 3.1 เป็นการส่งข้อมูลจากบอร์ดอาดุยโน่ไปยังโหนด เอ็มซียู



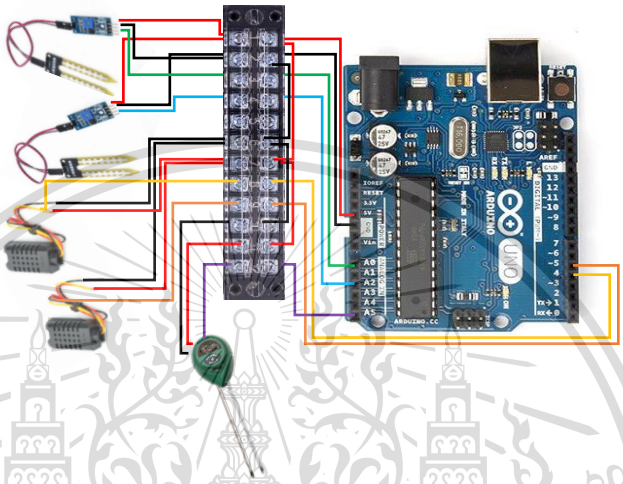
รูปที่ 3.1 การเชื่อมต่อบอร์ดอาดุยโน่กับโหนด เอ็มซียู

3.2.2 การเชื่อมต่อบอร์ดอาดุยโน่กับโมดูลเซนเซอร์

การเชื่อมต่อบอร์ดอาดุยโน่กับโมดูลเซนเซอร์ ซึ่งเซนเซอร์ชนิดที่หนึ่งคือ เซนเซอร์วัดความชื้นในดินจำนวนสองตัว จะเชื่อมต่อกับบอร์ดอาดุยโน่ โดยตัวที่หนึ่งขา AO ของเซนเซอร์จะเชื่อมต่อกับขา A0 ของบอร์ดอาดุยโน่ และตัวที่สองขา AO ของเซนเซอร์จะเชื่อมต่อกับ ขา A2 ของบอร์ดอาดุยโน่ ต่อมาเซนเซอร์ชนิดที่สองคือ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศจำนวนสองตัว จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

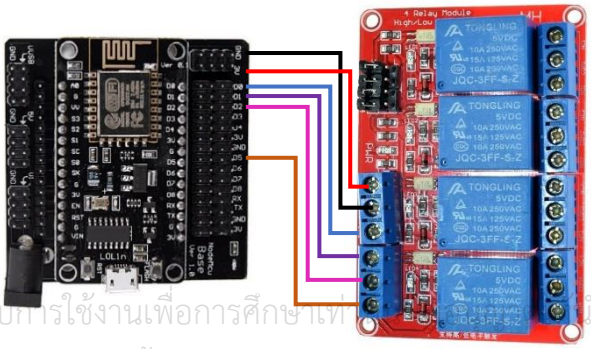
เชื่อมต่อกับบอร์ดอาดุยโน่ โดยตัวที่หนึ่งขาเอาต์พุตของเซนเซอร์จะเชื่อมต่อกับ ขา 5 ของบอร์ดอาดุยโน่ และตัวที่สองขาเอาต์พุตของเซนเซอร์จะเชื่อมต่อกับ ขา 4 ของบอร์ดอาดุยโน่ และเซนเซอร์ชนิดสุดท้าย คือ เซนเซอร์วัดค่าพีเอชในดิน โดยขาเอาต์พุตของเซนเซอร์จะเชื่อมต่อกับ ขา A5 ของบอร์ดอาดุยโน่ และเชื่อมต่อ VCC ของเซนเซอร์แต่ละตัวเข้ากับ VCC ของบอร์ดอาดุยโน่ รวมถึงเชื่อมต่อ GND ของเซนเซอร์แต่ละตัวเข้ากับ GND ของบอร์ดอาดุยโน่ เพื่อความเป็นระเบียบจะใช้เทอมินอลเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อด้วย ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การเชื่อมต่อบอร์ดอาดุยโน่กับโมดูลเซนเซอร์

3.2.3 การเชื่อมต่อโหนด เอ็มซียูกับรีเลย์

การเชื่อมต่อโหนด เอ็มซียูกับรีเลย์ โดยขา D0 ของโหนด เอ็มซียู จะเชื่อมต่อกับขา IN1 ของรีเลย์ (สั่งการทำงานปั๊มระบบน้ำหยด) ถัดไปขา D1 ของโหนด เอ็มซียู จะเชื่อมต่อกับขา IN2 ของรีเลย์รีเลย์ (สั่งการทำงานปั๊มระบบระบายความร้อน) ถัดไปขา D2 ของโหนด เอ็มซียู จะเชื่อมต่อกับขา IN3 ของรีเลย์รีเลย์ (สั่งการทำงานปั๊มระบบพ่นหมอก) และสุดท้ายขา D5 ของโหนด เอ็มซียู จะเชื่อมต่อกับขา IN4 ของรีเลย์รีเลย์ (สั่งการทำงานไฟแอลอีดี) และเชื่อมต่อ VCC ของโหนด เอ็มซียูเข้ากับ VCC ของรีเลย์ รวมถึงเชื่อมต่อ GND ของโหนด เอ็มซียูเข้ากับ GND ของรีเลย์ด้วย ดังรูปที่ 3.3

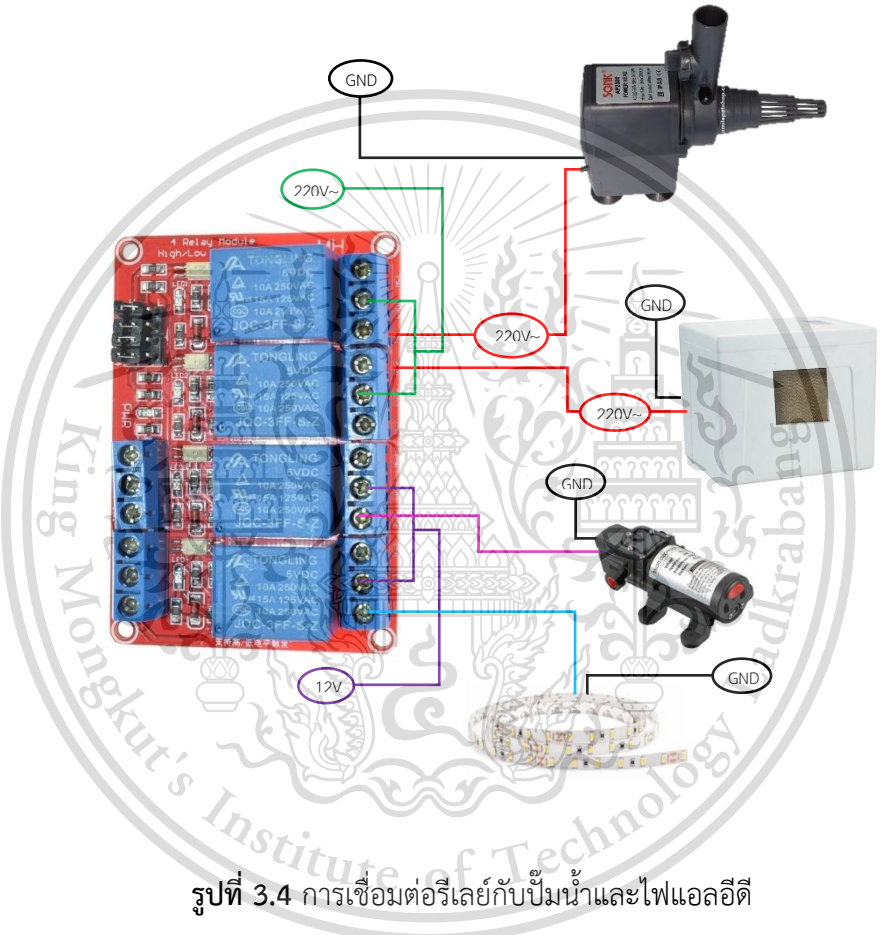


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 3.3 การเชื่อมต่อโหนด เอ็มซียูกับรีเลย์

3.2.4 การเชื่อมต่อรีเลย์กับปั๊มน้ำและไฟแอลอีดี

การเชื่อมต่อรีเลย์กับปั๊มน้ำและไฟแอลอีดีโดยเริ่มจากต่อไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ จากรีเลย์ผ่านขา NC ไปยังปั๊มน้ำกระแสสลับ ถัดไปต่อไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ จากรีเลย์ผ่านขา NC ไปยังแหล่งจ่ายกำลังสวิชชิ่ง ซึ่งอยู่ภายในกล่องระบบพัดลมระบายอากาศ ต่อมาต่อไฟกระแสตรง 12 โวลต์ จากรีเลย์ผ่านขา NC ไปยังปั๊มน้ำกระแสตรง และสุดท้ายต่อไฟกระแสตรง 12 โวลต์ จากรีเลย์ผ่านขา NC ไปยังไฟแอลอีดีรวมถึงต่อ GND ให้กับอุปกรณ์ทุกตัวด้วย ดังรูปที่ 3.4

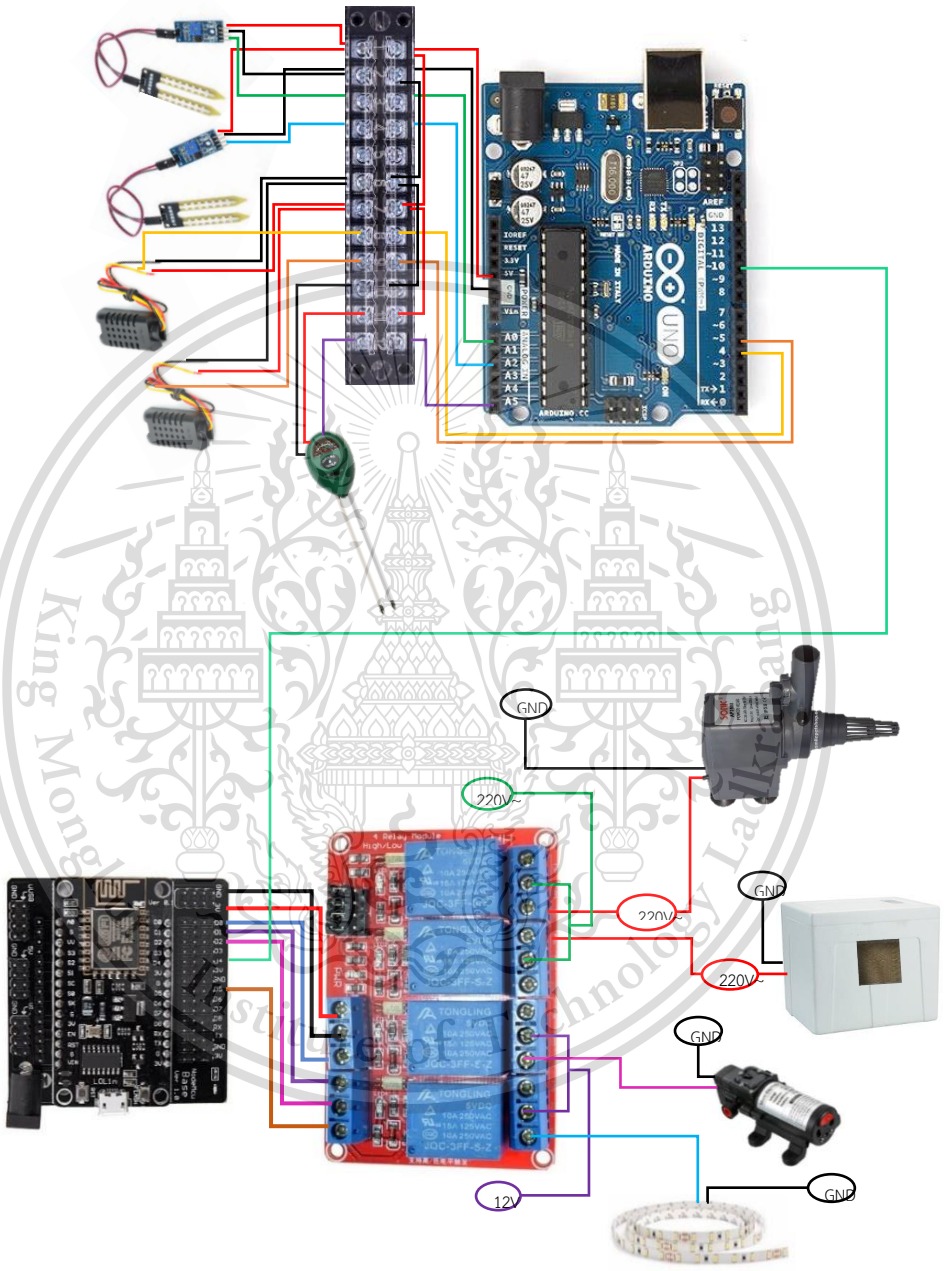


รูปที่ 3.4 การเชื่อมต่อรีเลย์กับปั๊มน้ำและไฟแอลอีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

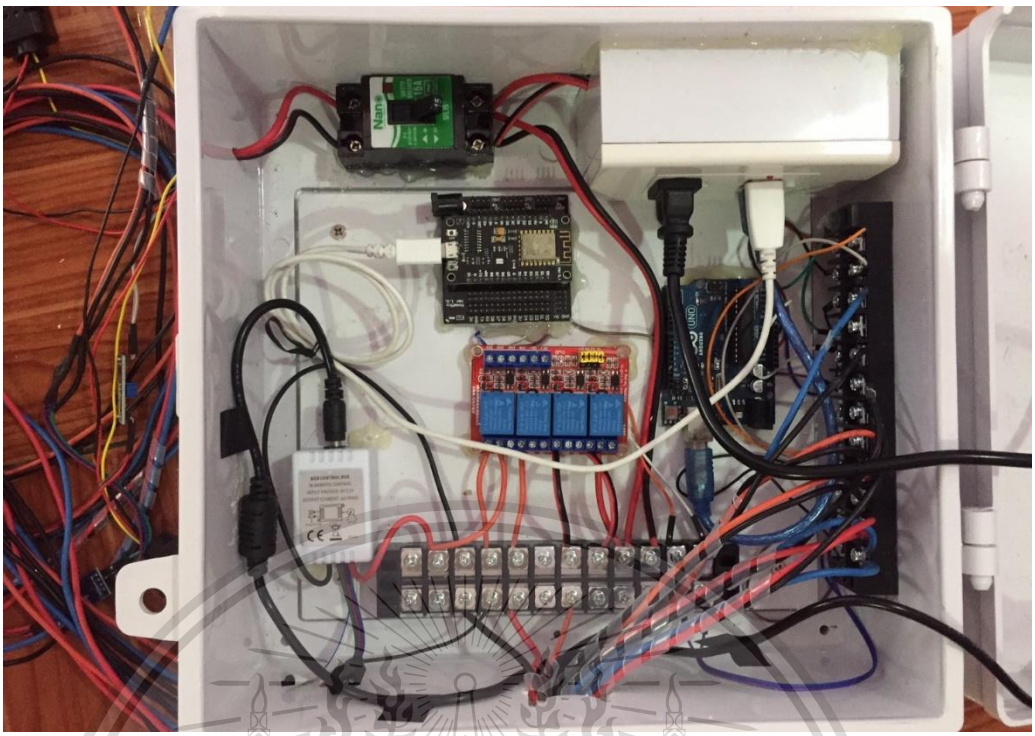
3.2.5 ภาพรวมการเชื่อมต่ออุปกรณ์

เมื่อออกแบบการเชื่อมต่อวงจรของอุปกรณ์แต่ละตัวแล้ว จะได้แบบในการเชื่อมต่ออุปกรณ์จริงตามรูปที่ 3.5 จากนั้นจึงทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์จริงตามรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.5 ภาพรวมการเชื่อมต่ออุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



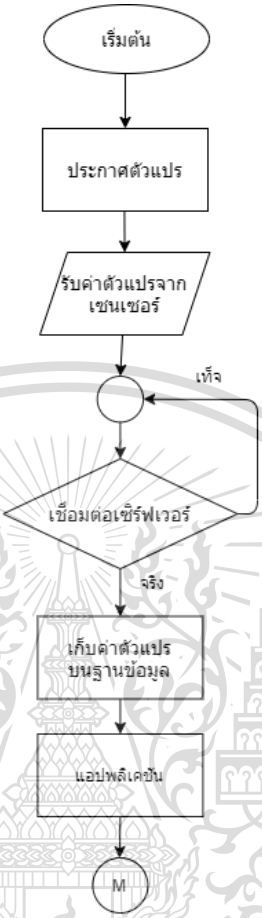
รูปที่ 3.6 การเชื่อมต่ออุปกรณ์จริง

3.2.6 ผังการควบคุมการทำงาน

ผังการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งจะเป็นส่วนที่รับค่าจากเซนเซอร์ แล้วบันทึกข้อมูลลงบน Google sheet ในขณะเดียวกันพักค่าข้อมูลไว้ที่ Cloud Storage firebase และเชื่อมโยงข้อมูลไปยังแอปพลิเคชันที่สร้างขึ้น โดยเริ่มต้นจาก การประกาศตัวแปรต่างๆ และเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์โดยใช้เครือข่าย Wi-Fi เมื่อเชื่อมต่อได้ค่าจากเซนเซอร์ต่างๆ จะถูกเก็บไว้ที่ฐานข้อมูลและจะแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันที่สร้างขึ้น ดังรูปที่ 3.7 ส่วนที่สองจะรับคำสั่งจากแอปพลิเคชันที่สร้างไว้ ซึ่งสามารถเลือกเป็นโหมดอัตโนมัติ(Automatic) และโหมดควบคุมด้วยตนเอง(Manual) ซึ่งโหมดอัตโนมัติ จะเริ่มจากตรวจสอบค่าความชื้นในอากาศมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์หรือไม่ ถ้าเป็นจริงรีเลย์จะทำงานและสั่งการให้แหล่งจ่ายกำลังสวิชชิ่งทำงาน ระบบพัดลมระบายความร้อนเปิดด้วย แต่ถ้าเป็นเท็จรีเลย์จะหยุดการทำงาน และกลับไปตรวจสอบค่าความชื้นในอากาศอีกครั้งและทำตามเงื่อนไขไปเรื่อย ๆ ถัดไปจะตรวจสอบค่าอุณหภูมิว่ามากกว่า 25 องศาเซลเซียสหรือไม่ ถ้าเป็นเท็จรีเลย์จะหยุดการทำงาน แต่ถ้าเป็นจริงรีเลย์จะทำงานและสั่งการให้ปั๊มสำหรับพ่นหมอกทำงานและกลับไปตรวจสอบค่าอุณหภูมิอีกครั้งและทำตามเงื่อนไขไปเรื่อย ๆ ต่อมาคือจะตรวจสอบค่าความชื้นในดินว่าน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์หรือไม่ ถ้าเป็นจริงรีเลย์จะทำงานและสั่งการให้ปั๊มสำหรับน้ำหยดทำงาน แต่ถ้าเป็นเท็จรีเลย์จะหยุดการทำงานและกลับไปตรวจสอบค่าความชื้นในดินอีกครั้งและทำตามเงื่อนไขไปเรื่อย ๆ และสำหรับโหมดควบคุมด้วยตนเองจะสามารถสั่งงานเปิดปิดอุปกรณ์ต่างๆได้เอง คือควบคุมการเปิดปิดของปั๊มน้ำสำหรับระบบพัดลมระบายความร้อนได้ รวมไป

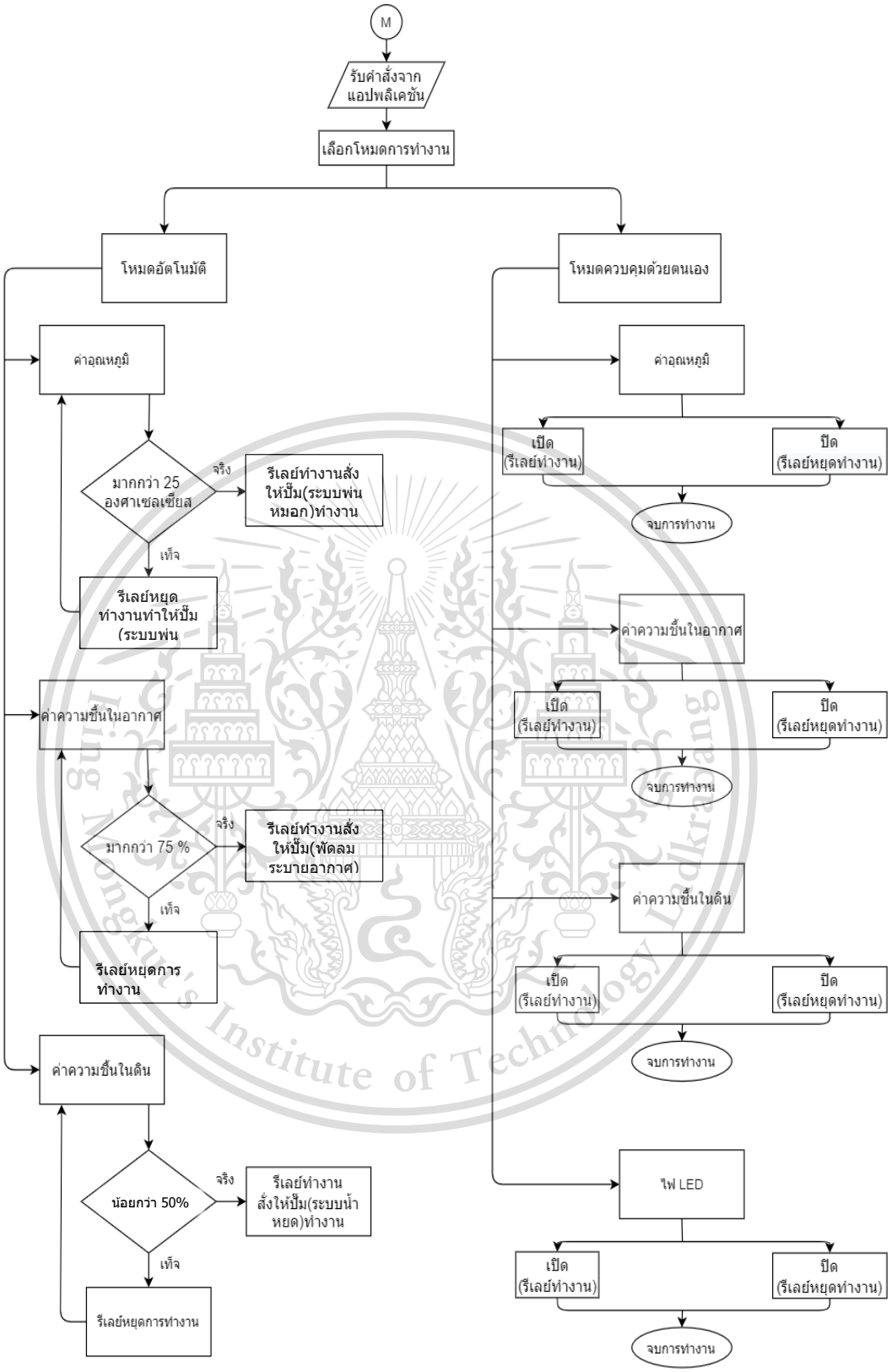
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ถึงปั๊มน้ำสำหรับพ่นหมอก ปั๊มน้ำสำหรับน้ำหยด และการเปิดปิดไฟแอลอีดี ด้วย ซึ่งโหมดการทำงานแบบควบคุมด้วยตนเองนั้นจะช่วยให้สามารถปรับเปลี่ยนการทำงานได้ง่ายขึ้น ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.7 ผังการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ส่วนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



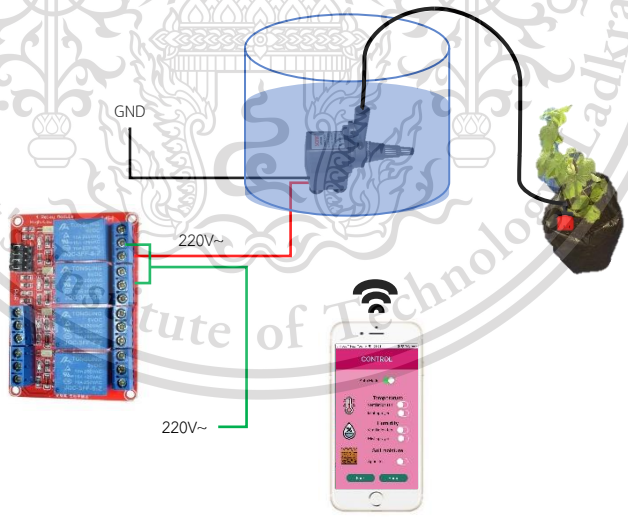
รูปที่ 3.8 ผังการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ส่วนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3 การทำงานของอุปกรณ์ขับ

3.3.1 ระบบน้ำหยด

ระบบน้ำหยด ใช้ในการรดน้ำภายในโรงเรือน อุปกรณ์จะประกอบไปด้วย หัวน้ำหยด สายยาง และปั๊มน้ำกระแสสลับ ซึ่งจะทำงานร่วมกับเซนเซอร์วัดความชื้นในดินและโมดูลรีเลย์ ใช้การควบคุมการเปิดปิดผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ การทำงานจะเริ่มจาก เชื่อมต่ออุปกรณ์ดังรูปที่ 3.9 คือ ต่อปั๊มน้ำเข้ากับโมดูลรีเลย์ นำปั๊มน้ำใส่ลงในถังน้ำและมีสายยางต่อออกจากปั๊มไปต่อกับหัวน้ำหยด เขียนโปรแกรมบนบอร์ดอาร์ดูโน่ และโหนดเอ็มซียู ด้วยเงื่อนไขการทำงาน 2 แบบ คือ การทำงานโหมดอัตโนมัติ จะกำหนดเงื่อนไขว่า เมื่อเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน ตรวจวัดค่าความชื้นในดินได้ น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ขาคอมมอนของโมดูลรีเลย์จะสัมผัสที่หน้าสัมผัสแบบปกติปิด ทำให้ปั๊มน้ำทำงานโดยปั๊มน้ำจากถังน้ำผ่านปั๊มแล้วออกไปตามสายยางสิ้นสุดที่หัวน้ำหยด แต่ถ้าเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน ตรวจวัดค่าความชื้นในดินได้ มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ขาคอมมอนของโมดูลรีเลย์จะสัมผัสที่หน้าสัมผัสแบบปกติเปิด ทำให้ปั๊มน้ำไม่ทำงาน นอกจากนี้มีการทำงานในโหมดควบคุมด้วยตนเอง จะสามารถเปิดปิดปั๊มน้ำได้เอง ใช้ในกรณีที่ต้องการปรับเปลี่ยนรูปแบบการรดน้ำเบื้องต้น ก่อนการโปรแกรมใหม่ได้

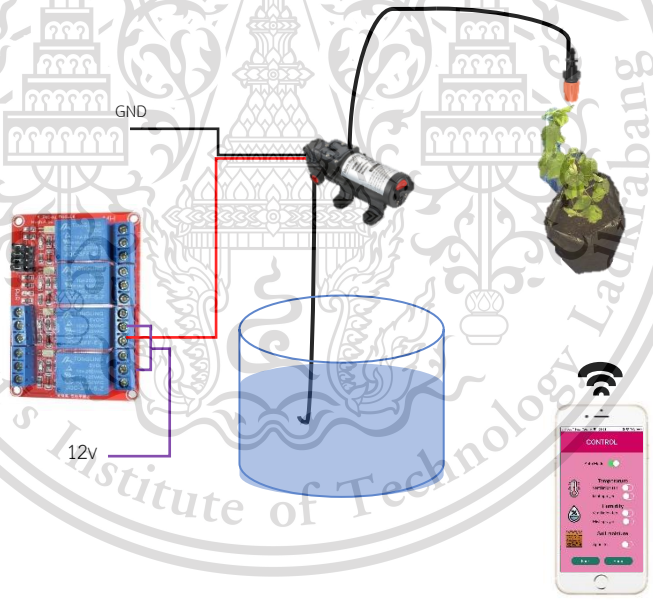


รูปที่ 3.9 การทำงานของระบบน้ำหยด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3.2 ระบบพ่นหมอก

ระบบพ่นหมอก ใช้ในการพ่นหมอกเพื่อลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน อุปกรณ์จะประกอบไปด้วย หัวพ่นหมอก สายยาง และปั๊มน้ำแรงดัน ซึ่งจะทำงานร่วมกับเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและโมดูลรีเลย์ ใช้การควบคุมการเปิดปิดผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ การทำงานจะเริ่มจาก เชื่อมต่ออุปกรณ์ดังรูปที่ 3.10 คือ ต่อปั๊มน้ำเข้ากับโมดูลรีเลย์ มีสายยางต่อจากถังน้ำเข้ากับปั๊มเป็นทางน้ำเข้าและสายยางต่อออกจากปั๊มเป็นทางน้ำออกจากนั้นไปต่อกับหัวพ่นหมอก เขียนโปรแกรมบนบอร์ดอาร์ดูโน่และโหนดเอ็มซียู ด้วยเงื่อนไขการทำงาน 2 แบบ คือ การทำงานโหมดอัตโนมัติ จะกำหนดเงื่อนไขว่าเมื่อเซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิ ตรวจวัดค่าอุณหภูมิได้ มากกว่า 25 องศาเซลเซียส ขาคอมมอนของโมดูลรีเลย์จะสัมผัสที่หน้าสัมผัสแบบปกติปิด ทำให้ปั๊มน้ำทำงานโดยปั๊มน้ำจากถังน้ำผ่านปั๊มแล้วออกไปตามสายยางสิ้นสุดที่หัวพ่นหมอก แต่ถ้าเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ตรวจวัดค่าอุณหภูมิได้ น้อยกว่า 25 องศาเซลเซียส ขาคอมมอนของโมดูลรีเลย์จะสัมผัสที่หน้าสัมผัสแบบปกติเปิด ทำให้ปั๊มน้ำไม่ทำงาน นอกจากนี้มีการทำงานในโหมดควบคุมด้วยตนเอง จะสามารถเปิดปิดปั๊มน้ำได้เอง ใช้ในกรณีที่ต้องการปรับเปลี่ยนรูปแบบการพ่นหมอกเบื้องต้น ก่อนการโปรแกรมใหม่ได้

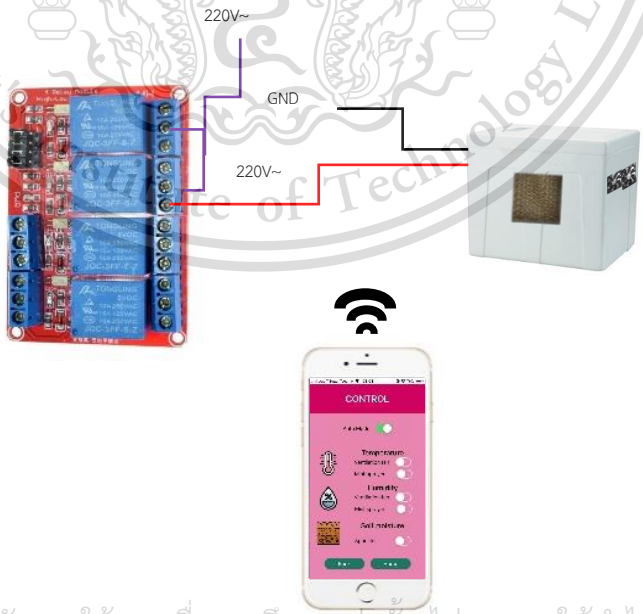


รูปที่ 3.10 การทำงานของระบบพ่นหมอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3.3 พัดลมระบายอากาศ

พัดลมระบายอากาศ ใช้ในการระบายความชื้นและความร้อนเพื่อลดความชื้นและอุณหภูมิบางส่วนในโรงเรือน อุปกรณ์จะประกอบไปด้วย กล่องบรรจุพัดลมระบายอากาศ และปั๊มน้ำ ซึ่งจะทำงานร่วมกับเซนเซอร์วัดความชื้นในอากาศและโมดูลรีเลย์ ใช้การควบคุมการเปิดปิดผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ การทำงานจะเริ่มจาก เชื่อมต่ออุปกรณ์ดังรูปที่ 3.11 คือ ต่อสวิชชิ่งเข้ากับโมดูลรีเลย์ โดยที่ปั๊มจะอยู่ในกล่องโฟมมีสายยางต่อออกจากปั๊มเป็นทางน้ำออกและเดินสายยางบนแผ่นรังผึ้งกระดาษ เมื่อปั๊มน้ำทำงานจะปั๊มน้ำขึ้นมาตามสายยางผ่านเข้าไปที่บล็อกน้ำขาเข้า โดยที่น้ำในกล่องโฟมจะมีความเย็นเนื่องจากมีแผ่นเพลเทียร์ซึ่งด้านความร้อนจะติดกับฮีตซิงค์และพัดลม ด้านความเย็นจะติดอยู่กับบล็อกน้ำ ซึ่งน้ำเย็นจะผ่านมาที่บล็อกน้ำขาออก จากนั้นน้ำจะหยดลงบนแผ่นรังผึ้งกระดาษจนเต็มแผ่น เมื่อพัดลมทำงานจะมีลมผ่านจากแผ่นรังผึ้งด้านในกล่องโฟมแล้วพัดออกไปยังภายนอก น้ำจะไหลเวียนอยู่ในกล่องโฟม และมีบางส่วนระเหยไป เขียนโปรแกรมบนบอร์ดอาร์ดูโน่และโหนดเอ็มซียู ด้วยเงื่อนไขการทำงาน 2 แบบ คือ การทำงานโหมดอัตโนมัติ จะกำหนดเงื่อนไขว่า เมื่อเซนเซอร์วัดค่าความชื้นในอากาศ ตรวจวัดค่าความชื้นในอากาศ มากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ขาคอมมอนของโมดูลรีเลย์จะสัมผัสที่หน้าสัมผัสแบบปกติปิด ทำให้สวิชชิ่งทำงานทำให้ปั๊มน้ำทำงานด้วย แต่ถ้าเซนเซอร์วัดความชื้นในอากาศ ตรวจวัดค่าความชื้นได้ น้อยกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ขาคอมมอนของโมดูลรีเลย์จะสัมผัสที่หน้าสัมผัสแบบปกติเปิด ทำให้ไฟไม่เข้าสวิชชิ่งทำให้ปั๊มน้ำไม่ทำงาน นอกจากนี้มีการทำงานในโหมดควบคุมด้วยตนเอง จะสามารถเปิดปิดปั๊มน้ำได้เอง ใช้ในกรณีที่ต้องการปรับเปลี่ยนรูปแบบการระบายอากาศเบื้องต้น ก่อนการโปรแกรมใหม่ได้ โดยที่การเปิดพัดลมระบายอากาศนี้ก็มีส่วนช่วยลดอุณหภูมิด้วยเช่นกัน

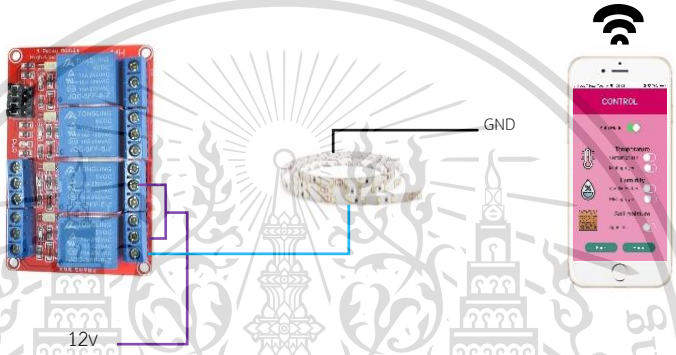


รูปที่ 3.11 การทำงานของพัดลมระบายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3.4 ไฟในโรงเรือนเพาะปลูก

ไฟที่ใช้ในโรงเรือนเพื่อเพิ่มแสงสว่างให้กับต้นราสเบอร์รี่จะใช้ไฟแอลอีดีแบบเส้น และให้แสงสีม่วง ซึ่งเกิดจากแสงสีน้ำเงิน ผสมกับแสงสีแดง สาเหตุที่เลือกใช้ไฟแอลอีดีแบบเส้นเนื่องจากสามารถติดตั้งได้ง่าย ครอบคลุม และมีราคาถูก อุปกรณ์จะประกอบไปด้วยไฟแอลอีดีแบบเส้นที่ต่อเข้ากับโมดูลรีเลย์ ใช้การควบคุมการเปิดปิดผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ การทำงานจะเริ่มจากเชื่อมต่ออุปกรณ์ดังรูปที่ 3.12 คือ ใช้การทำงานในโหมดควบคุมด้วยตนเอง เมื่อสั่งให้ไฟแอลอีดีเปิด ขาคอมมอนของโมดูลรีเลย์จะสัมผัสที่หน้าสัมผัสแบบปกติปิด ทำให้ไฟแอลอีดีติด แต่ถ้าสั่งให้ไฟแอลอีดีปิด ขาคอมมอนของโมดูลรีเลย์จะสัมผัสที่หน้าสัมผัสแบบปกติเปิด ทำให้ไฟแอลอีดีดับลง

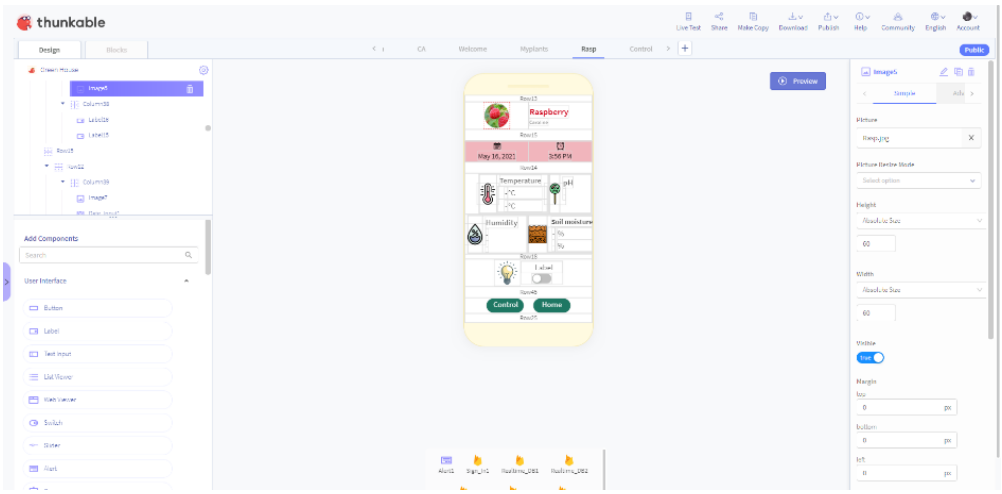


รูปที่ 3.12 การทำงานของไฟในโรงเรือนเพาะปลูก

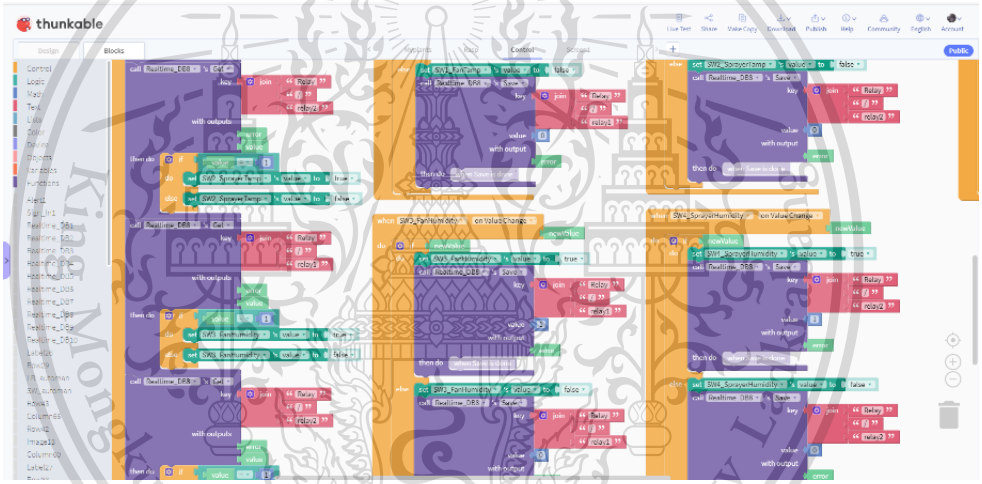
3.4 การออกแบบแอปพลิเคชัน

การออกแบบแอปพลิเคชัน จะออกแบบและสร้างแอปพลิเคชันสำหรับติดตั้งบนมือถือผ่านทางเว็บไซต์ Thunkable จะใช้งานร่วมกับฐานข้อมูลจาก Firebase ทำให้สามารถดึงข้อมูลมาแสดงผล และควบคุมการทำงานต่างผ่านแอปพลิเคชันได้ ซึ่งการออกแบบนั้นจะมีด้วยกัน 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่ง คือ หน้าต่างการออกแบบการจัดวางส่วนต่างๆ ของแอปพลิเคชัน ซึ่งจะมีด้วยกัน 6 หน้าต่าง ดังรูป 3.13 และส่วนที่สอง คือ ส่วนของ Block code เป็นการเขียนโค้ดโดยใช้วิธีการนำ Block มาเรียงต่อกันเพื่อสร้างเงื่อนไขต่างๆ ดังรูปที่ 3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



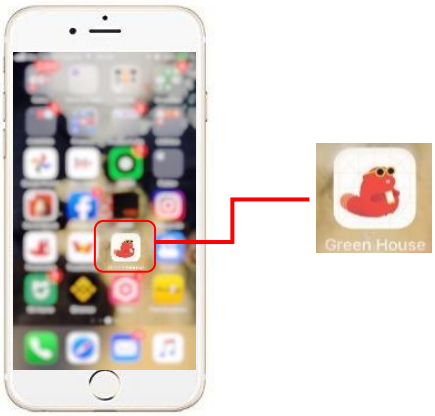
รูปที่ 3.13 หน้าต่างสำหรับออกแบบแอปพลิเคชันบนเว็บไซต์ Thunkable



รูปที่ 3.14 หน้าต่างสำหรับเขียนโค้ดสำหรับแอปพลิเคชันบนเว็บไซต์ Thunkable

เมื่อออกแบบแอปพลิเคชันสมบูรณ์แล้วจะมีไอคอนแสดงบนหน้าจอดังรูปที่ 3.15 และเมื่อกดเข้าไปในแอปพลิเคชันจะพบกับหน้าต่าง 6 หน้าต่าง ดังรูปที่ 3.16 ได้แก่ หน้าต่างที่ 1คือ หน้าต่างเข้าสู่ระบบสำหรับผู้ที่มีบัญชีผู้ใช้แล้ว หน้าต่างที่ 2 คือ หน้าต่างลงทะเบียนสำหรับผู้ที่ยังไม่มีบัญชีผู้ใช้ หน้าต่างที่ 3 คือ หน้าต่างเข้าสู่แอปพลิเคชัน หน้าต่างที่ 4 คือ หน้าต่างสำหรับเลือกต้นไม้ที่มีอยู่ในระบบ ในที่นี้จะมีต้นราสเบอร์รี่ที่อยู่ในระบบ เมื่อกดเลือกที่ต้นราสเบอร์รี่จะนำไปสู่หน้าต่างถัดไป คือ หน้าต่างที่ 5 เป็นหน้าต่างที่แสดงผลการวัดค่าต่างๆของเซนเซอร์ หน้าต่างสุดท้ายจะเป็นหน้าต่างการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ขับต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.15 แอปพลิเคชันบนมือถือ

(ก) หน้าต่างเข้าสู่ระบบ (ข) หน้าต่างลงทะเบียน (ค) หน้าต่างเข้าสู่แอปพลิเคชัน

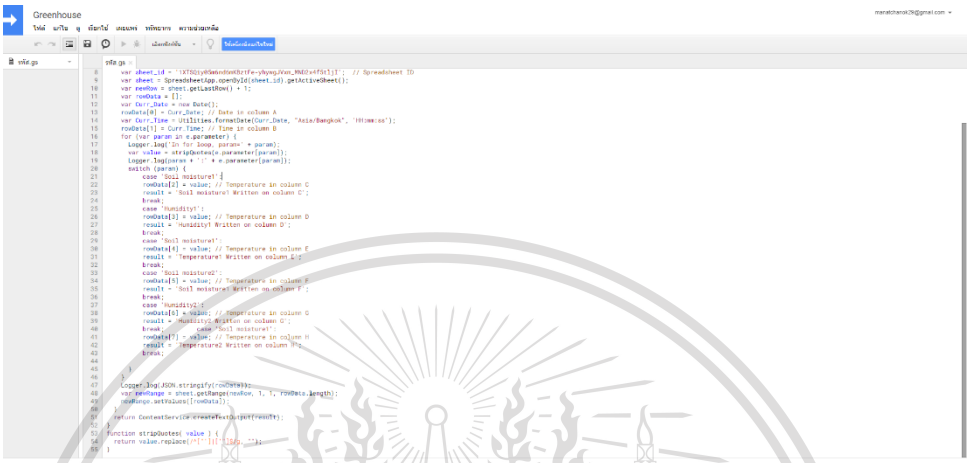
(ง) หน้าต่างเลือกต้นไม้ (จ) หน้าต่างแสดงผล (ฉ) หน้าต่างควบคุมการทำงาน

รูปที่ 3.16 หน้าต่างทั้งหมดของแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.5 การส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ไปยังฐานข้อมูล

เมื่อเซนเซอร์ส่งค่าอุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ ความชื้นในดิน ค่าพีเอช ได้แล้วจะใช้เครื่องมือ script google เพื่อนำข้อมูลข้างต้น ไปเก็บไว้ใน Google sheet ซึ่งจะต้องใส่ข้อมูลเฉพาะ เช่น Google sheet ID เพื่อเป็นการเชื่อมต่อกัน ดังรูปที่ 3.17

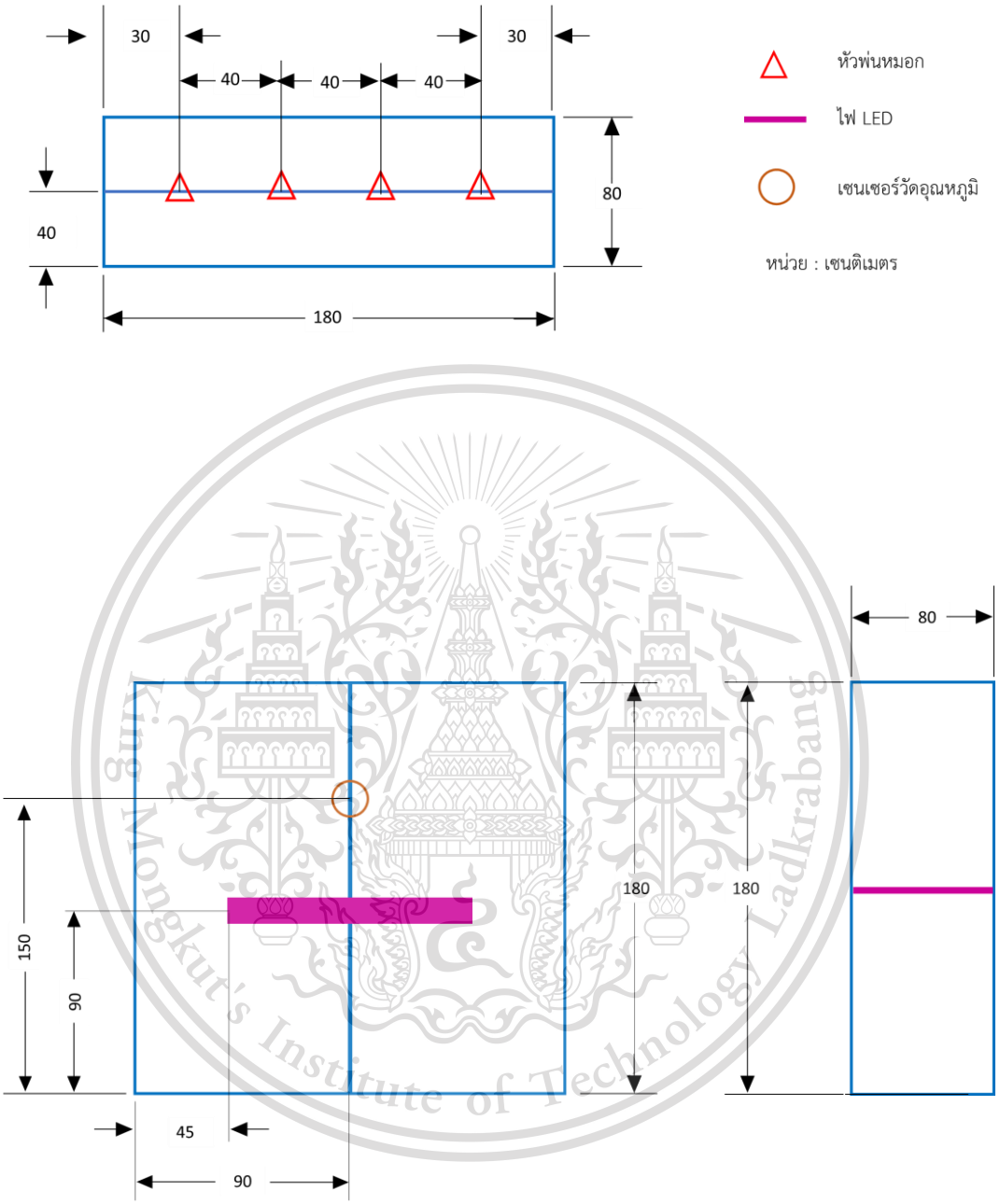


รูปที่ 3.17 หน้าต่าง Script google

3.6 การออกแบบและสร้างโรงเรือน

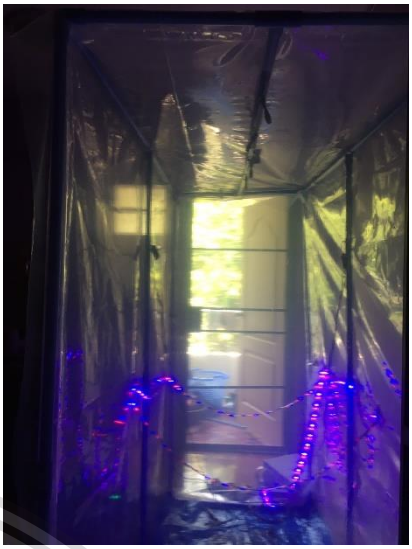
การออกแบบโรงเรือนต้องคำนึงถึงขนาดพื้นที่และชนิดของพืชที่ปลูกเป็นหลัง เนื่องจากในการทดลองนี้ใช้พื้นที่ที่ทำการทดลองเป็นห้องสี่เหลี่ยมและมีขนาดจำกัด จึงออกทำการแบบโรงเรือนเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาด กว้าง 0.80 เมตร ยาว 1.80 เมตร สูง 1.80 เมตร ใช้ท่อพีวีซีขนาด 0.5 นิ้ว ทำเป็นโครงสร้างและคลุมด้วยแผ่นพลาสติกอ่อน (Flexible plastic films) ทำจากวัสดุโพลี-เอธลีน แสดงรูปที่ออกแบบและโรงเรือนจริงที่สร้างขึ้นดังรูป 3.18 และ 3.19

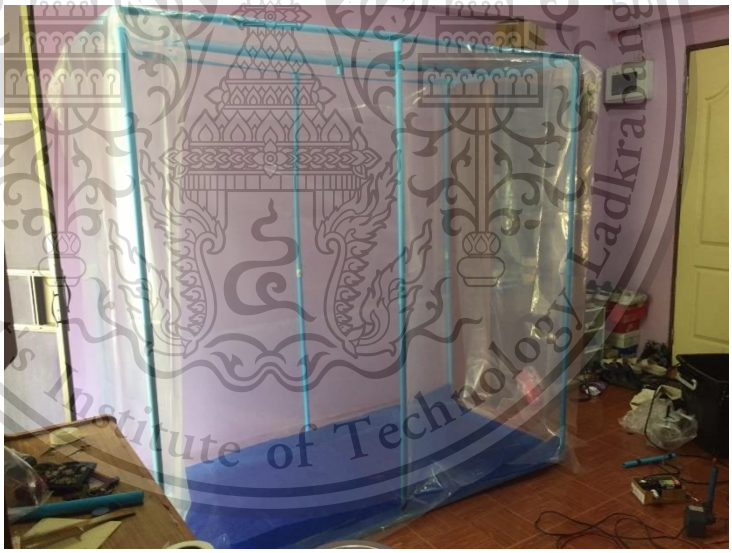
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.18 แบบของโรงเรือนที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.





รูปที่ 3.19 โรงเรือนที่สร้างขึ้นจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.7 ทดลองปลูกต้นราสเบอร์รี่

1.ปรุงดินเพื่อให้ได้ค่าพีเอช ตามที่กำหนดไว้คืออยู่ระหว่าง 5.5-6.5 อัตราส่วนคือ 2:1:1 เป็นดินร่วน 2 ส่วน ปุ๋ยคอก 1 ส่วน ขุยมะพร้าว 1 ส่วน

2.เลือกใช้ต้นกล้าขนาดสูงประมาณ 30 เซนติเมตร จำนวน 2 ต้น ใช้ถุงพลาสติกสีดำขนาด 18x20 นิ้ว เป็นวัสดุปลูก วางห่างกัน 40 เซนติเมตร ทั้งแบบปลูกภายในและภายนอกโรงเรือน

3.การทดลองปลูกภายในโรงเรือนที่มีการควบคุมปัจจัยติดตั้งเซนเซอร์วัดความชื้นในดินและหัวรดน้ำแบบหยด 1 ตัวต่อ 1 วัสดุปลูก

4.เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นราสเบอร์รี่จากความสูงของลำต้นและจำนวนใบ ทุกๆ 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

ผลการทดลอง

สำหรับวิทยานิพนธ์นี้ได้เปรียบเทียบการใช้งานโมดูลเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ วัดความชื้นในอากาศ วัดความชื้นในดิน วัดค่าพีเอชในดิน เทียบกับอุปกรณ์มาตรฐานเพื่อวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ซึ่งได้ผลการทดลอง ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดลองวัดการใช้งานโมดูลเซนเซอร์กับเปรียบเทียบกับอุปกรณ์มาตรฐาน

4.1.1 ผลการทดลองวัดค่าอุณหภูมิด้วยโมดูลเซนเซอร์ (DHT21) เทียบกับเครื่องวัดอุณหภูมิดิจิตอล HTC-1

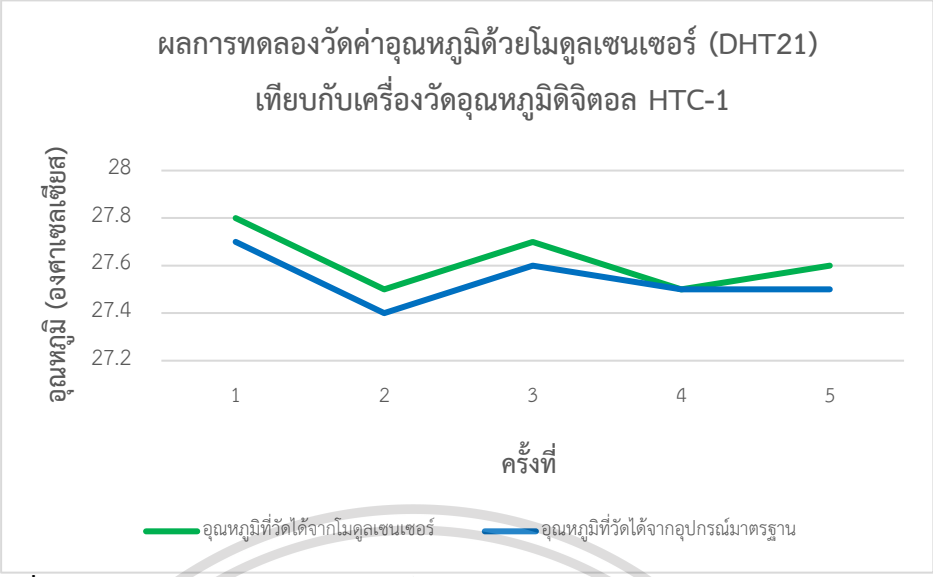
ทำการทดลองโดยวัดจากอุณหภูมิภายในห้อง วัดค่าอุณหภูมิด้วยโมดูลเซนเซอร์เทียบกับเครื่องวัดอุณหภูมิดิจิตอล HTC-1 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวัดค่าอุณหภูมิด้วยโมดูลเซนเซอร์(DHT21) เทียบกับเครื่องวัดอุณหภูมิดิจิตอล HTC-1

ครั้งที่	อุณหภูมิที่วัดได้จากโมดูลเซนเซอร์ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิที่วัดได้จากอุปกรณ์มาตรฐาน (องศาเซลเซียส)	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย (%)
1	27.80	27.70		
2	27.50	27.40		
3	27.70	27.60	0.08	0.29
4	27.50	27.50		
5	27.60	27.50		

*กรณีวัดอุณหภูมิภายในห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบการวัดค่าอุณหภูมิด้วยโมดูลเซนเซอร์ (DHT21) กับเครื่องวัดอุณหภูมิดิจิตอล HTC-1

4.1.2 ผลการทดลองวัดค่าความชื้นในอากาศด้วยโมดูลเซนเซอร์ (DHT21) เทียบกับเครื่องวัดความชื้นดิจิตอล HTC-1

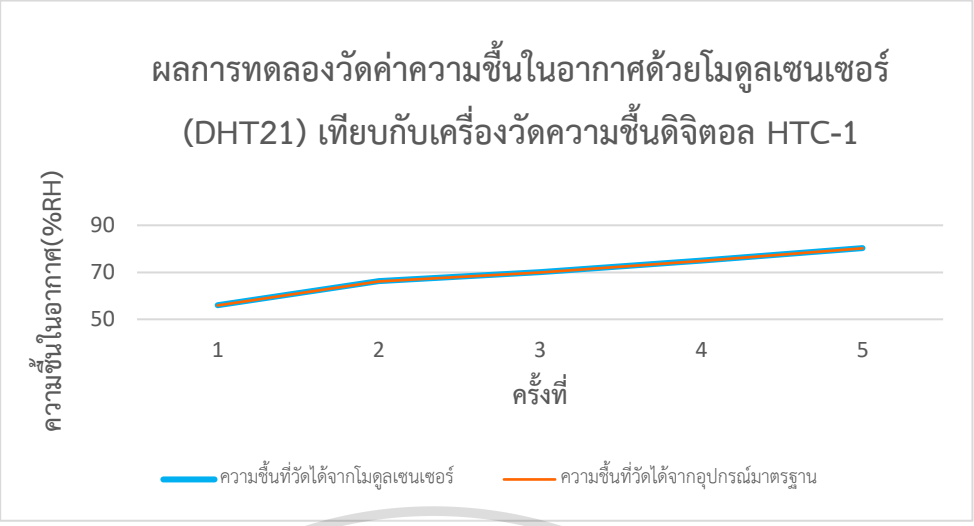
ทำการทดลองโดยวัดจากความชื้นในอากาศภายในห้อง ฉีดสเปรย์ให้เกิดเป็นละอองน้ำเพื่อเพิ่มความชื้น ครั้งที่หนึ่งจะมีความชื้นในดินน้อย และเพิ่มขึ้นไปเรื่อย ๆ จนถึงครั้งที่ 5 ความชื้นจะมากที่สุด วัดค่าความชื้นในอากาศด้วยโมดูลเซนเซอร์เทียบกับอุปกรณ์มาตรฐาน ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองวัดค่าความชื้นในอากาศด้วยโมดูลเซนเซอร์(DHT21) เทียบกับเครื่องวัดความชื้นดิจิตอล HTC-1

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้จากโมดูลเซนเซอร์ (%RH)	ความชื้นที่วัดได้จากอุปกรณ์มาตรฐาน (%RH)	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย (%)
1	56.00	55.90		
2	66.20	66.10		
3	70.10	70.00	0.10	0.15
4	75.00	74.90		
5	80.30	80.20		

*กรณีวัดภายในห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is restricted for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบการวัดค่าความชื้นในอากาศด้วยโมดูลเซนเซอร์(DHT21) กับเครื่องวัดความชื้นดิจิตอล HTC-1

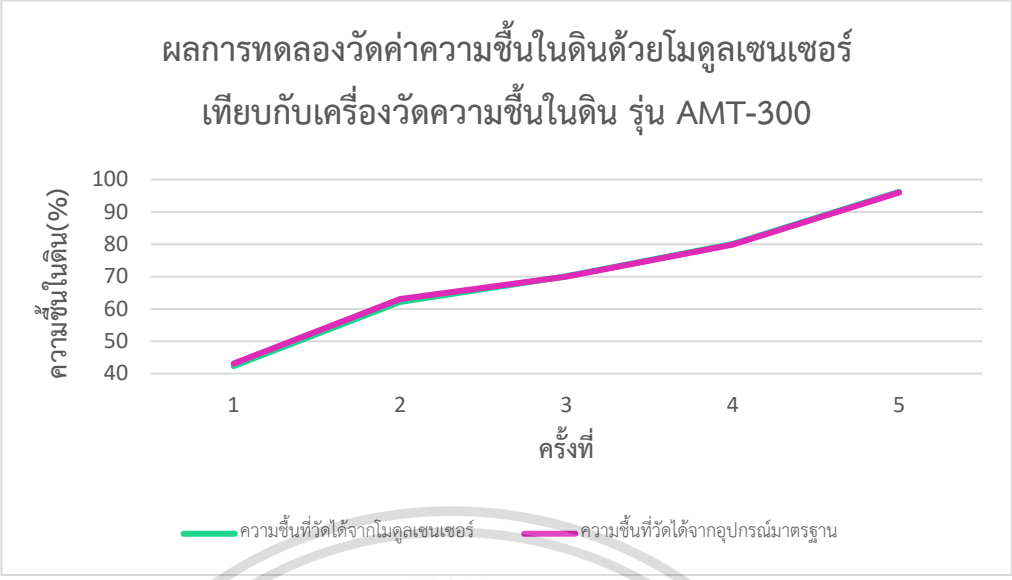
4.1.3 ผลการทดลองวัดค่าความชื้นในดินด้วยโมดูลเซนเซอร์ เทียบกับเครื่องวัดความชื้นในดิน รุ่น AMT-300

ทำการทดลองโดยวัดจากความชื้นในดินในกระถางที่มีดินที่รดน้ำเพื่อเพิ่มความชื้น ครั้งที่หนึ่งจะมีความชื้นในดินน้อย และเพิ่มขึ้นไปเรื่อย ๆ จนถึงครั้งที่ 5 ความชื้นจะมากที่สุด วัดค่าความชื้นในดินด้วยโมดูลเซนเซอร์เทียบกับเครื่องวัดความชื้นในดิน รุ่น AMT-300 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองวัดค่าความชื้นในดินด้วยโมดูลเซนเซอร์ เทียบกับเครื่องวัดความชื้นในดิน รุ่น AMT-300

ครั้งที่	ความชื้นที่วัดได้จากโมดูลเซนเซอร์ (%)	ความชื้นที่วัดได้จากอุปกรณ์มาตรฐาน (%)	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย (%)
1	42.30	43.10		
2	62.20	63.10		
3	70.10	70.00	0.44	0.66
4	80.10	79.90		
5	96.20	96.00		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบการวัดค่าความชื้นในดินด้วยโมดูลเซนเซอร์ กับเครื่องวัดความชื้นในดิน รุ่น AMT-300

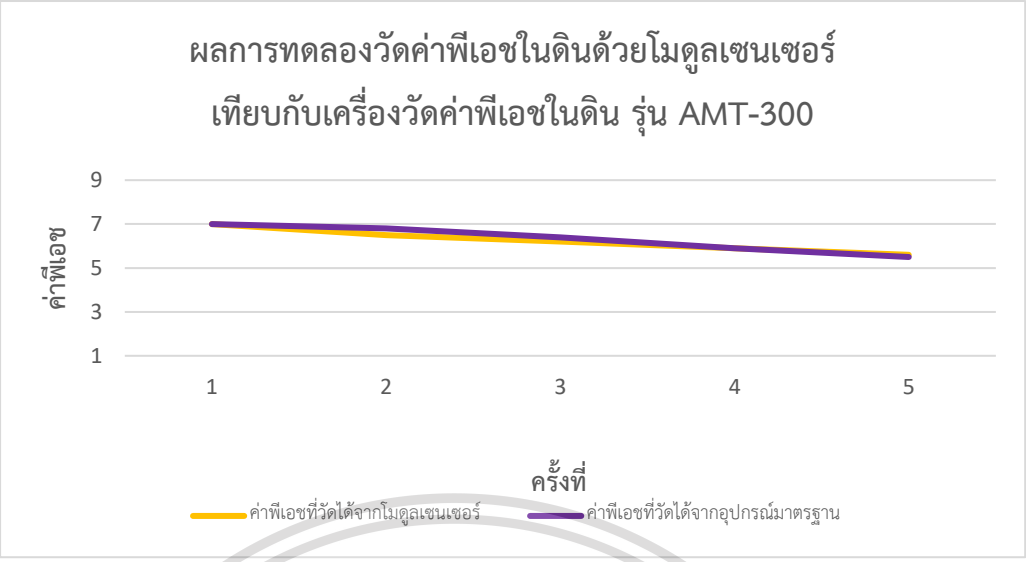
4.1.4 ผลการทดลองวัดค่าพีเอชในดินด้วยโมดูลเซนเซอร์ เทียบกับเครื่องวัดค่าพีเอชในดิน รุ่น AMT-300

ทำการทดลองโดยวัดจากดินในกระถางที่มีการเติมปุ๋ยที่ละลายน้ำลงไปในดินเพื่อเพิ่มความเป็นกรด ครั้งที่หนึ่งจะมีความเป็นกรดในดินน้อย และเพิ่มขึ้นไปเรื่อย ๆ จนถึงครั้งที่ 5 ความเป็นกรดในดินจะมากที่สุด วัดค่าพีเอชด้วยโมดูลเซนเซอร์เทียบกับเครื่องวัดค่าพีเอชในดิน รุ่น AMT-300 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองวัดค่าพีเอชในดินด้วยโมดูลเซนเซอร์ เทียบกับเครื่องวัดค่าพีเอชในดินรุ่น AMT-300

ครั้งที่	ค่าพีเอชที่วัดได้จากโมดูลเซนเซอร์	ค่าพีเอชที่วัดได้จากอุปกรณ์มาตรฐาน	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย (%)
1	7.00	7.00		
2	6.50	6.80		
3	6.20	6.40	0.12	1.86
4	5.90	5.90		
5	5.60	5.50		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบการวัดค่าพีเอชในดินด้วยโมดูลเซนเซอร์เทียบกับ เครื่องวัดค่าพีเอชในดิน รุ่น AMT-300

4.1.5 ผลการทดลองวัดค่าความเข้มของแสงไฟแอลอีดี

ทำการทดลองค่าความเข้มของแสงไฟแอลอีดีแบบเส้นที่ให้แสงสว่างแก่พืชในโรงเรือนโดยใช้แอปพลิเคชัน Light Meter LM-3000 บนโทรศัพท์มือถือเป็นเครื่องมือวัด ทำการวัดความเข้มแสง ณ จุดกึ่งกลางของวัสดุปลูกโดยมีระยะห่างระหว่างต้นราสเบอร์รี่และไฟแอลอีดี 10 เซนติเมตร และทำการวัดซ้ำ 5 ครั้ง ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองวัดค่าความเข้มของแสงไฟแอลอีดี

ครั้งที่	ค่าความเข้มแสง(lx)	ค่าความเข้มแสงเฉลี่ย(lx)
1	1,990.00	
2	2,120.00	
3	2,090.00	2,038.00
4	2,000.00	
5	1,990.00	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ทำการแบ่งการทดลองออกปลูกต้นราสเบอร์รี่แบ่งเป็น 2 การทดลองคือ

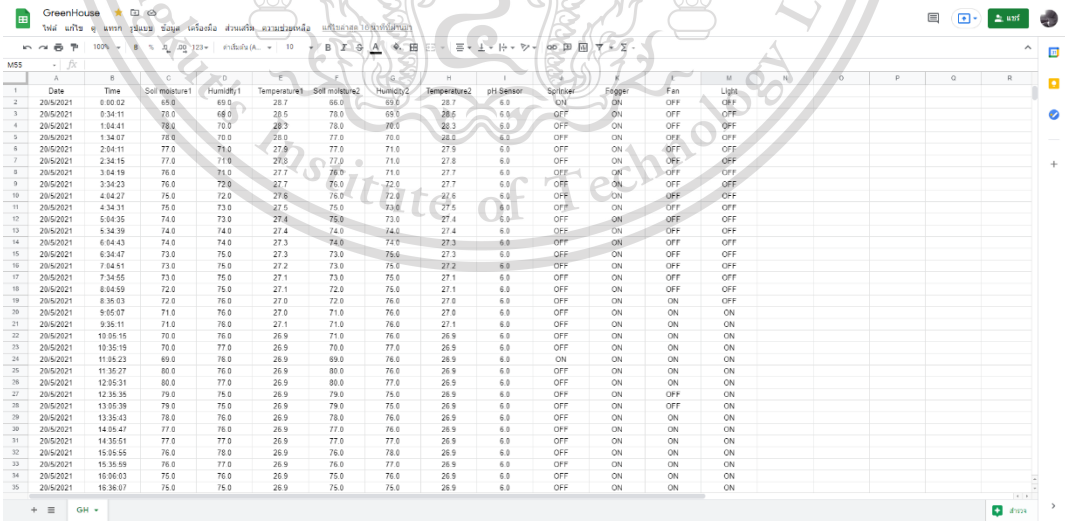
1) ทดลองปลูกต้นราสเบอร์รี่ภายนอกโรงเรือน ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความชื้นในดิน และค่าพีเอชในดิน

2) ทดลองปลูกต้นราสเบอร์รี่ภายในโรงเรือนโดยมีระบบอัตโนมัติช่วยในการควบคุมและแสดงข้อมูลและควบคุมการทำงานของระบบผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ ซึ่งมีปัจจัยควบคุมได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความชื้นในดิน ค่าพีเอชในดิน และการให้แสงสว่าง

4.2 ผลการบันทึกข้อมูลการทำงานของเซนเซอร์และอุปกรณ์ขับ

ทดสอบการทำงานของระบบโดยการนำเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน เซนเซอร์วัดอุณหภูมิกับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และเซนเซอร์วัดค่าพีเอชในดินไปติดตั้งในโรงเรือน จากนั้นจะได้ค่าออกมาแล้วส่งไปเก็บไว้ที่ Google sheet รวมถึงการทำงานของอุปกรณ์ขับ ได้แก่ ระบบน้ำหยด ระบบพ่นหมอก พัดลมระบายอากาศ และไฟแอลอีดีแบบเส้น จะทำงานร่วมกับเซนเซอร์ตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.4 ซึ่งสถานะการทำงานจะแสดงบน Google sheet ดังรูปที่ 4.5

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้นำข้อมูลที่บันทึกลงใน Google sheet ซึ่งสามารถบอกวัน เวลา และค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์เซนเซอร์ที่ใช้งานและอุปกรณ์ขับ มาจัดทำเป็นแผนภูมิแสดงผลการทำงานของอุปกรณ์เซนเซอร์และอุปกรณ์ขับแต่ละตัว ตั้งแต่เวลา 0:00:00 น. ถึง 24:00:00 น. เป็นระยะเวลา 5 วัน ตั้งแต่วันที่ 20 พฤษภาคม 2564 ถึงวันที่ 24 พฤษภาคม 2564 ดังรูปที่ 4.6 ถึงรูปที่ 4.45



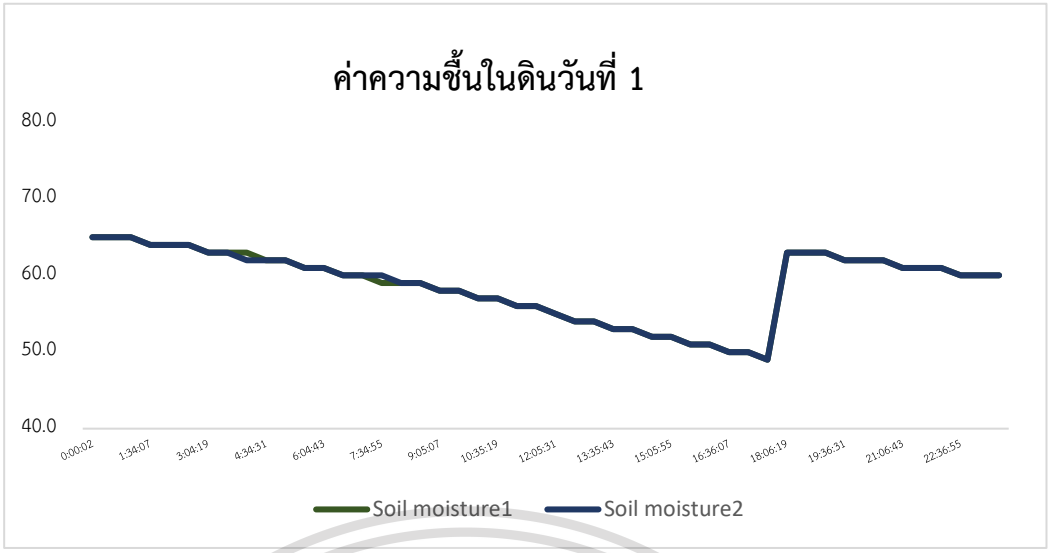
รูปที่ 4.5 ค่าอุปกรณ์ที่บันทึกใน Google sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การบันทึกข้อมูลวันที่ 1 ณ วันที่ 20 พฤษภาคม พ.ศ.2564

เซนเซอร์วัดค่าความชื้นในดินสามารถวัดค่าความชื้นในดินได้ดังรูปที่ 4.6 โดยค่าความชื้นในดินต่ำสุดอยู่ที่ 49 เปอร์เซ็นต์ และสูงสุดอยู่ที่ 65 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเวลา 17:36:15 น. ค่าความชื้นในดินอยู่ที่ 49 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ระบบน้ำหยดจะทำงานทำให้ความชื้นในดินเพิ่มขึ้น เมื่อเวลา 18:06:19 น. ความชื้นในดินเพิ่มขึ้นเป็น 63 เปอร์เซ็นต์ ระบบน้ำหยดจะหยุดการทำงาน เมื่อเวลาผ่านไปความชื้นในดินก็ค่อยๆลดลง จนเมื่อเวลา 23:37:03 น. ค่าความชื้นในดินอยู่ที่ 60 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.10 โดยที่ 1 แสดงถึงสถานะการทำงานเปิดอยู่ และ 0 แสดงถึงสถานะการทำงานปิดอยู่ ในขณะเดียวกันเซนเซอร์วัดค่าความชื้นในอากาศสามารถวัดค่าความชื้นในอากาศได้ดังรูปที่ 4.7 โดยค่าความชื้นในอากาศต่ำสุดอยู่ที่ 69 เปอร์เซ็นต์ และสูงสุดอยู่ที่ 78 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเวลา 8:35:03 น. ค่าความชื้นในอากาศอยู่ที่ 76 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ พัดลมระบายอากาศจะทำงาน ทำให้ความชื้นในอากาศลดลงเป็น 75 เปอร์เซ็นต์ พัดลมระบายอากาศจะหยุดการทำงาน จนเมื่อเวลา 13:35:43 น. ค่าความชื้นในอากาศอยู่ที่ 76 เปอร์เซ็นต์ ทำให้พัดลมระบายอากาศทำงานอีกครั้ง ความชื้นในอากาศลดลงเป็น 75 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.11 โดยที่ 1 แสดงถึงสถานการณ์ทำงานเปิดอยู่ และ 0 แสดงถึงสถานะการทำงานปิดอยู่ ในส่วนของเซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิสามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ดังรูปที่ 4.8 โดยค่าอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 26.6 องศาเซลเซียส และสูงสุดอยู่ที่ 28.7 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 0:00:02 น. ค่าอุณหภูมิอยู่ที่ 28.7 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่ามากกว่า 25 องศาเซลเซียส ทำให้ระบบพ่นหมอกจะทำงาน และทำงานไปเรื่อยๆ จนอุณหภูมิคงที่อยู่ที่ประมาณ 26.9-26.6 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 4.8 และรูปที่ 4.12 โดยที่ 1 แสดงถึงสถานการณ์ทำงานเปิดอยู่ และ 0 แสดงถึงสถานการณ์ทำงานปิดอยู่ และส่วนของค่าพีเอชในดิน เซนเซอร์วัดค่าพีเอชในดินสามารถวัดได้อยู่ที่ 6 แสดงถึงสภาพดินที่มีความเป็นกรด ดังรูปที่ 4.9 นอกจากนี้ใน 1 วันจะเปิดไฟเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง เริ่มตั้งแต่เวลา 9:05:07 น. จนถึงเวลา 17:06:11 น. ดังรูปที่ 4.13

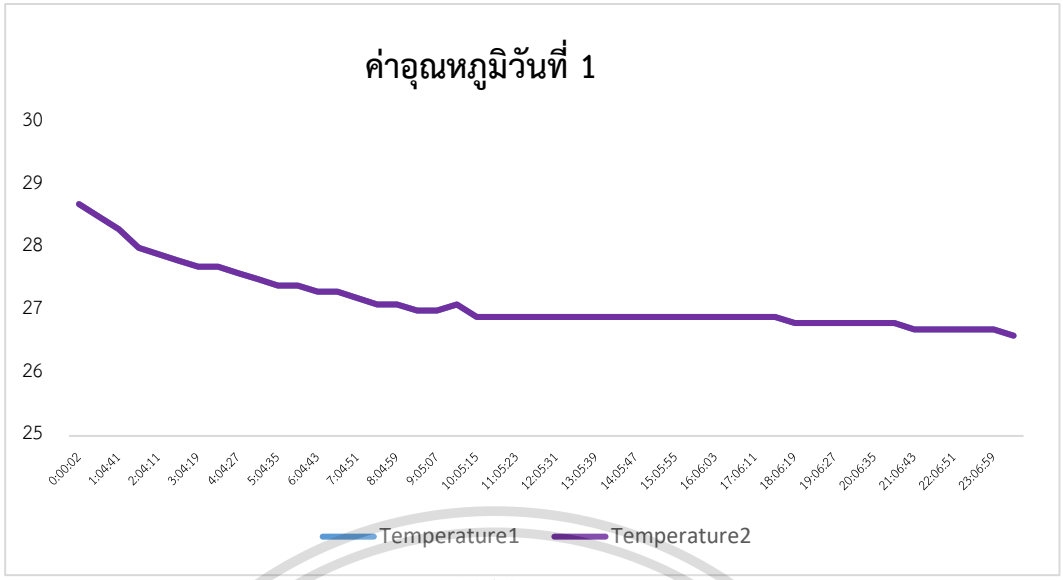
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



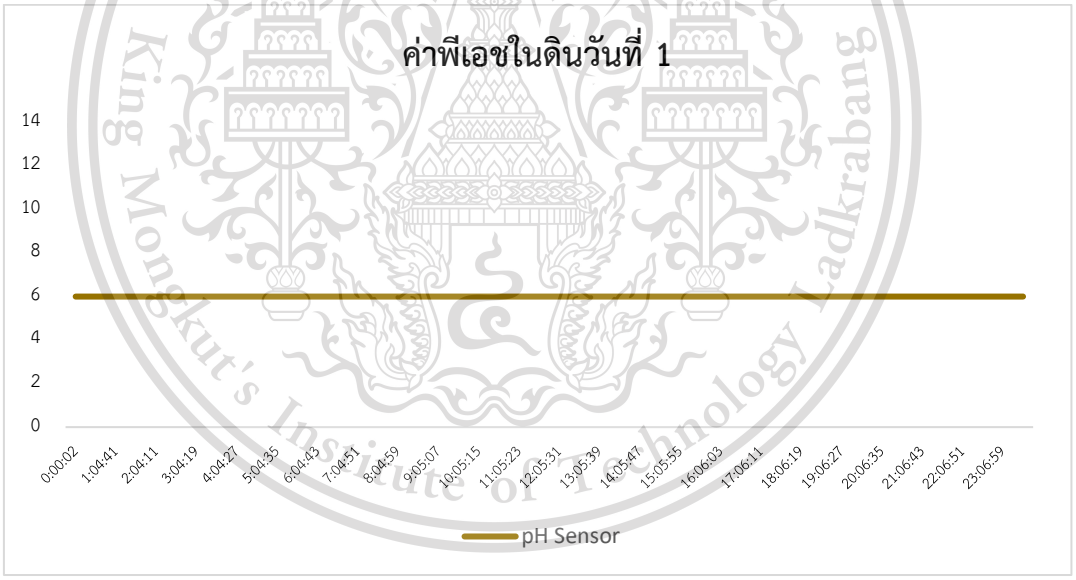
รูปที่ 4.6 ค่าความชื้นในดินวันที่ 1

รูปที่ 4.7 ค่าความชื้นในอากาศวันที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

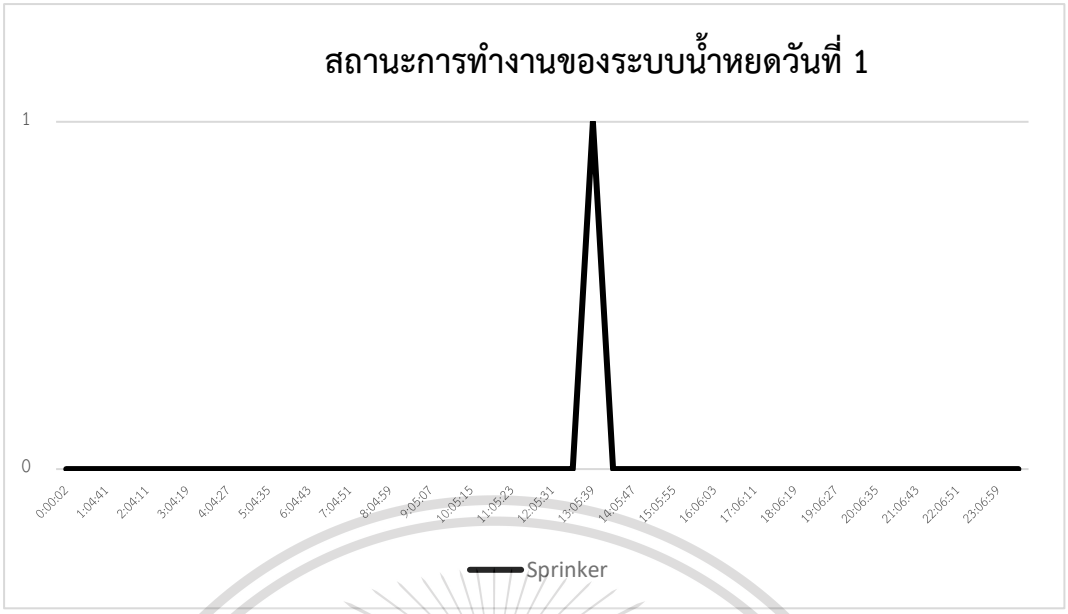


รูปที่ 4.8 ค่าอุณหภูมิวันที่ 1

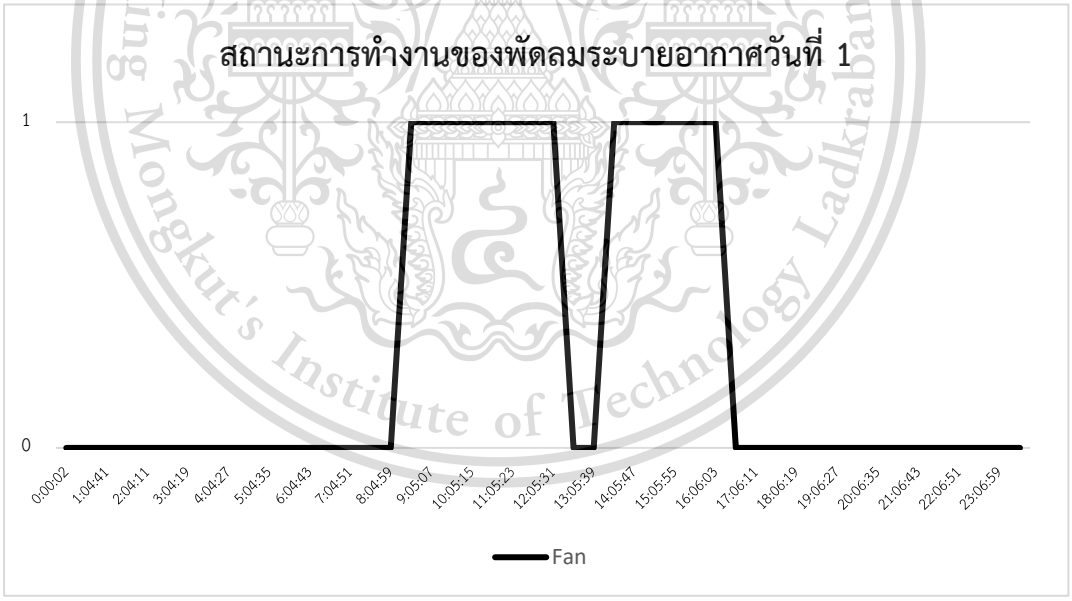


รูปที่ 4.9 ค่าพีเอชในดินวันที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



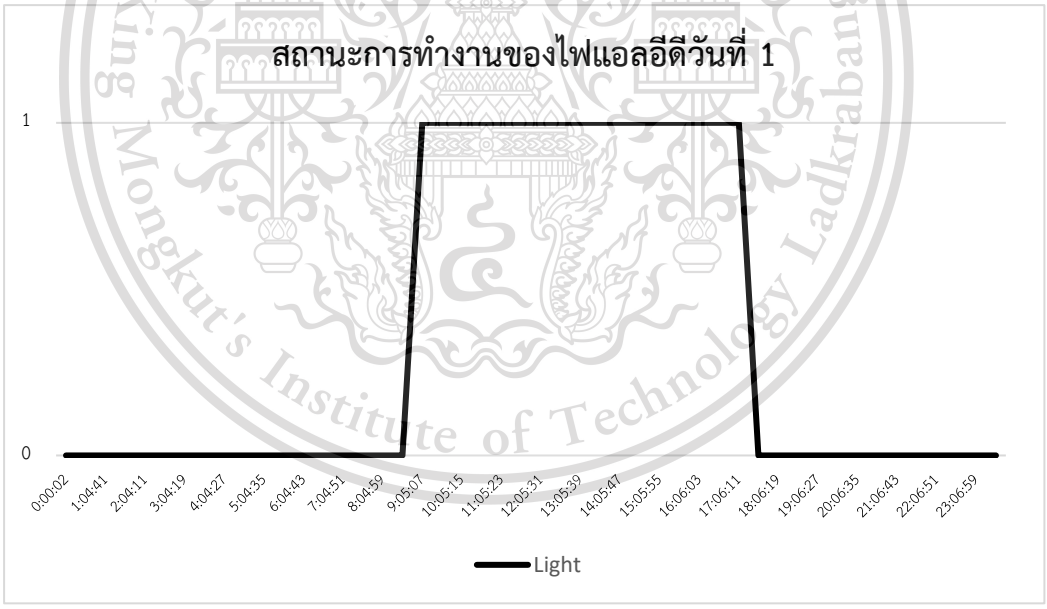
รูปที่ 4.10 สถานะการทำงานของระบบน้ำหยดวันที่ 1



รูปที่ 4.11 สถานะการทำงานของพัดลมระบายอากาศวันที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 4.12 สถานะการทำงานของระบบพ่นหมอกวันที่ 1



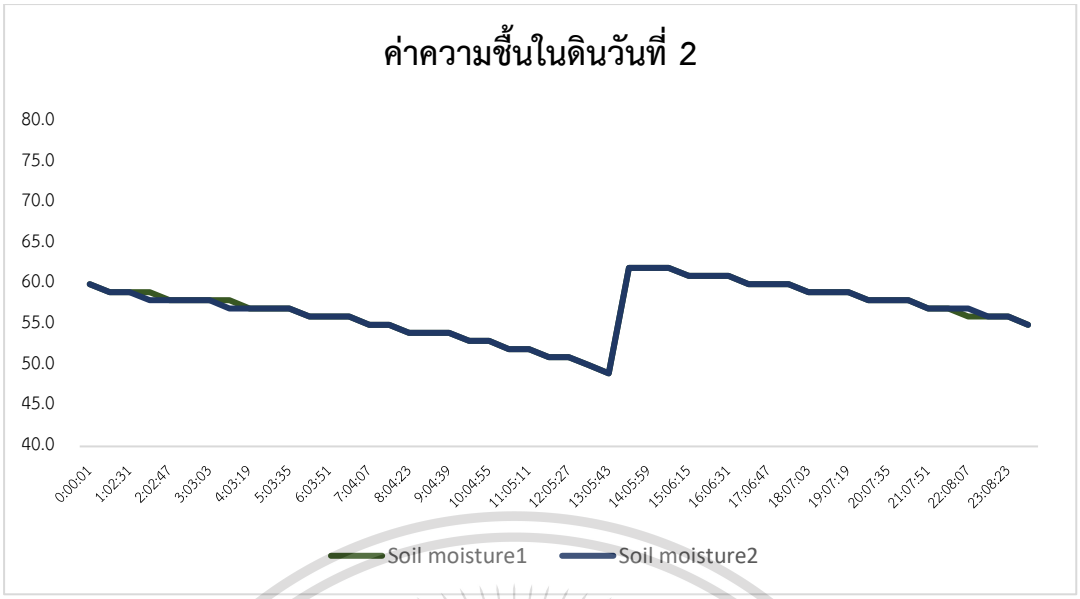
รูปที่ 4.13 สถานะการทำงานของไฟแอลอีดีวันที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

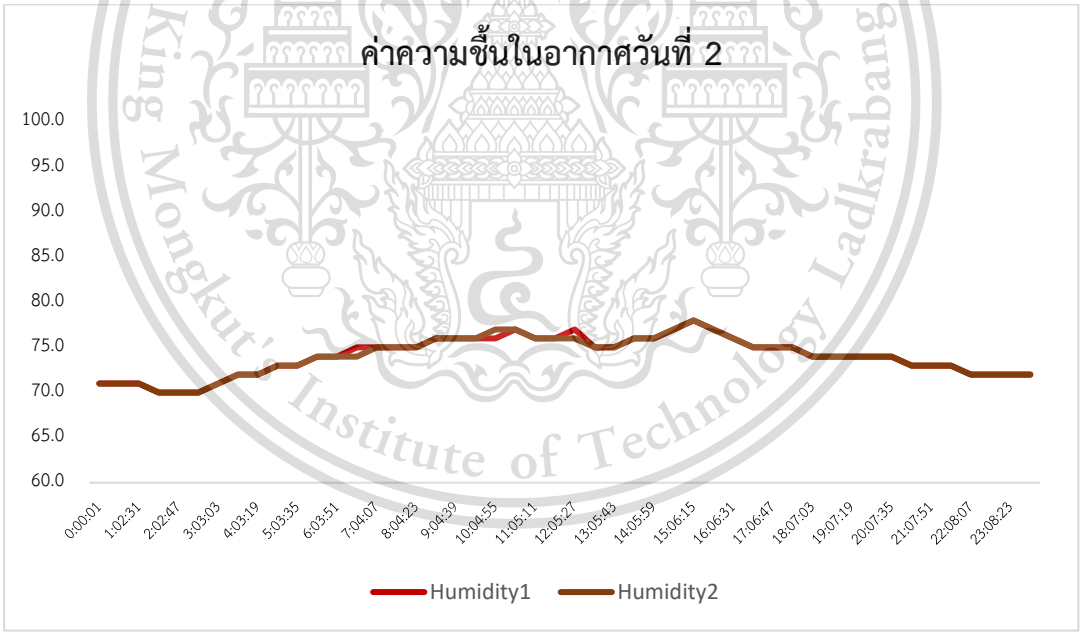
การบันทึกข้อมูลวันที่ 2 ณ วันที่ 21 พฤษภาคม พ.ศ.2564

เซนเซอร์วัดค่าความชื้นในดินสามารถวัดค่าความชื้นในดินได้ดังรูปที่ 4.14 โดยค่าความชื้นในดินต่ำสุดอยู่ที่ 49 เปอร์เซ็นต์ และสูงสุดอยู่ที่ 62 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเวลา 13:05:43 น. ค่าความชื้นในดินอยู่ที่ 49 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ระบบน้ำหยดจะทำงาน ทำให้ความชื้นในดินเพิ่มขึ้น เมื่อเวลา 13:35:51 น.ทำให้ความชื้นในดินเพิ่มขึ้นเป็น 62 เปอร์เซ็นต์ ระบบน้ำหยดจะหยุดการทำงาน เมื่อเวลาผ่านไปความชื้นในดินจะลดลงเรื่อย ๆ จนเมื่อเวลา 23:38:31 น. ค่าความชื้นในดินอยู่ที่ 55 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 4.14 และรูปที่ 4.18 โดยที่ 1 แสดงถึงสถานะการทำงานเปิดอยู่ และ 0 แสดงถึงสถานะการทำงานปิดอยู่ ในขณะเดียวกันเซนเซอร์วัดค่าความชื้นในอากาศสามารถวัดค่าความชื้นในอากาศได้ดังรูปที่ 4.15 โดยค่าความชื้นในอากาศต่ำสุดอยู่ที่ 70 เปอร์เซ็นต์ และสูงสุดอยู่ที่ 78 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเวลา 8:34:31 น. ค่าความชื้นในอากาศอยู่ที่ 76 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ พัดลมระบายอากาศจะทำงาน ทำให้ความชื้นลดลง เมื่อเวลา 12:35:35 น. ความชื้นในอากาศลดลงเป็น 75 เปอร์เซ็นต์ พัดลมระบายอากาศจะหยุดการทำงาน จนเมื่อเวลา 13:35:51 น. ค่าความชื้นในอากาศอยู่ที่ 76 เปอร์เซ็นต์ ทำให้พัดลมระบายอากาศทำงานอีกครั้ง ทำให้ความชื้นลดลง เมื่อเวลา 16:36:39 น. ความชื้นในอากาศลดลงเป็น 75 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 4.15 และรูปที่ 4.19 โดยที่ 1 แสดงถึงสถานการณ์ทำงานเปิดอยู่ และ 0 แสดงถึงสถานะการทำงานปิดอยู่ ในส่วนของเซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิสามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ดังรูปที่ 4.20 โดยค่าอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 26.6 องศาเซลเซียส และสูงสุดอยู่ที่ 30.1 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 0:00:01 น. ค่าอุณหภูมิอยู่ที่ 26.6 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่ามากกว่า 25 องศาเซลเซียส ทำให้ระบบพ่นหมอกจะทำงาน และทำงานไปเรื่อย ๆ ค่าอุณหภูมิจะลดลงอยู่ที่ 26.5 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิลดลงเพียงเล็กน้อย แล้วเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนสูง ดังรูปที่ 4.16 และรูปที่ 4.20 โดยที่ 1 แสดงถึงสถานการณ์ทำงานเปิดอยู่ และ 0 แสดงถึงสถานการณ์ทำงานปิดอยู่ และส่วนของค่าพีเอชในดิน เซนเซอร์วัดค่าพีเอชในดินสามารถวัดได้อยู่ที่ 6 แสดงถึงสภาพดินที่มีความเป็นกรด ดังรูปที่ 4.17 นอกจากนี้ใน 1 วัน จะเปิดไฟเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง เริ่มตั้งแต่เวลา 9:04:39 น. จนถึงเวลา 17:06:47 น. ดังรูปที่ 4.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

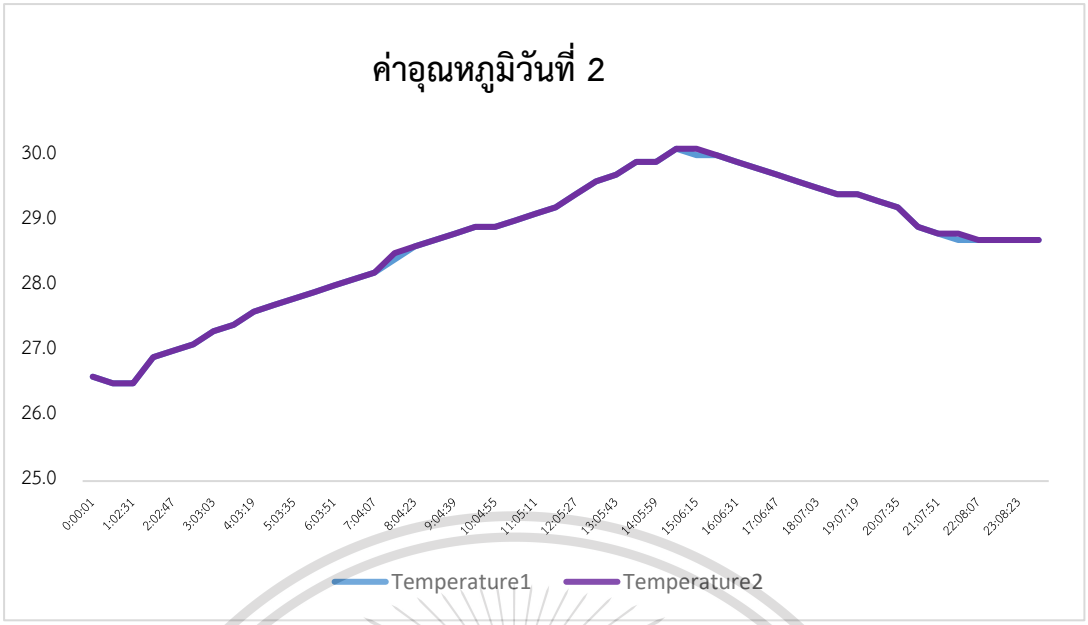


รูปที่ 4.14 ค่าความชื้นในดินวันที่ 2

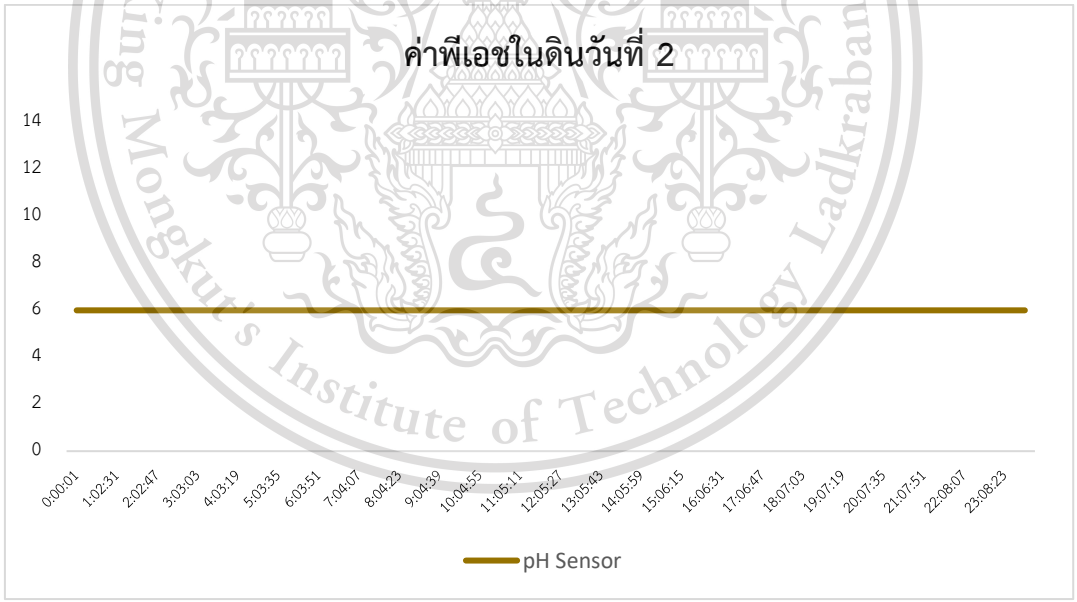


รูปที่ 4.15 ค่าความชื้นในอากาศวันที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

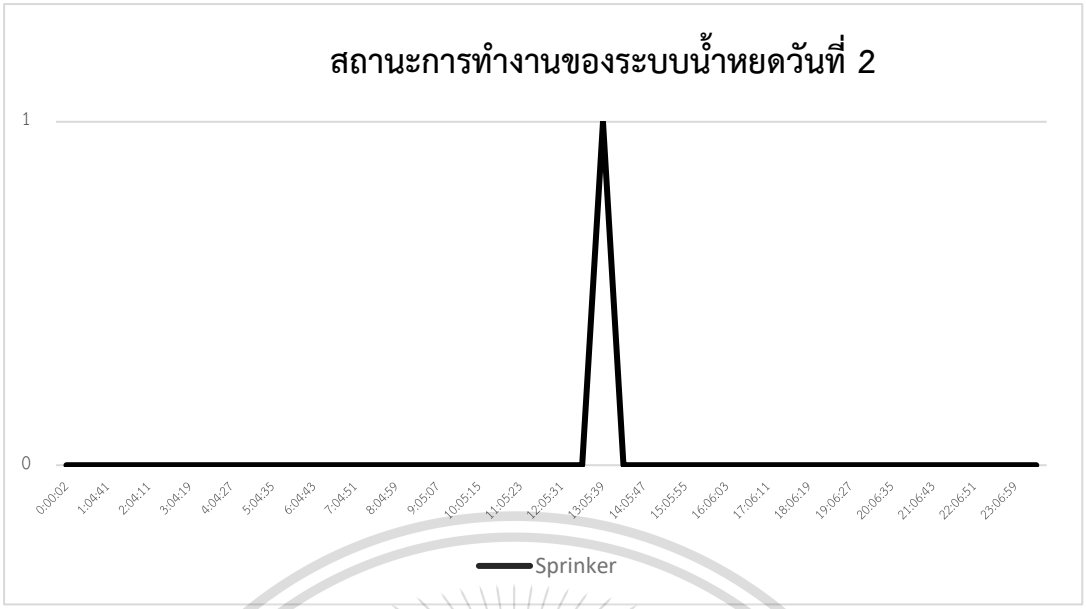


รูปที่ 4.16 ค่าอุณหภูมิที่วันที่ 2

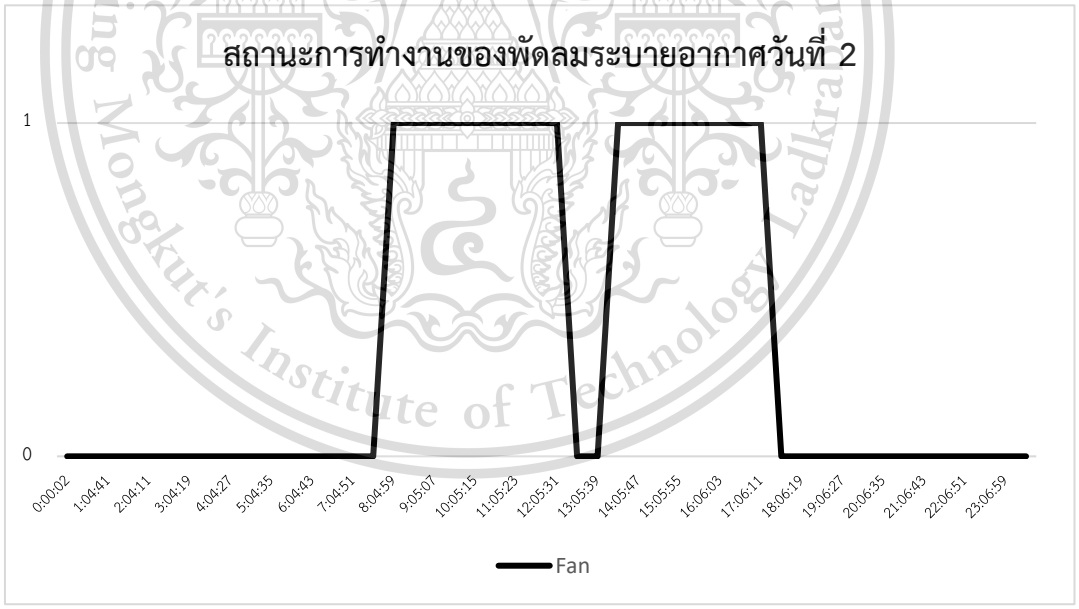


รูปที่ 4.17 ค่าพีเอชในดินวันที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

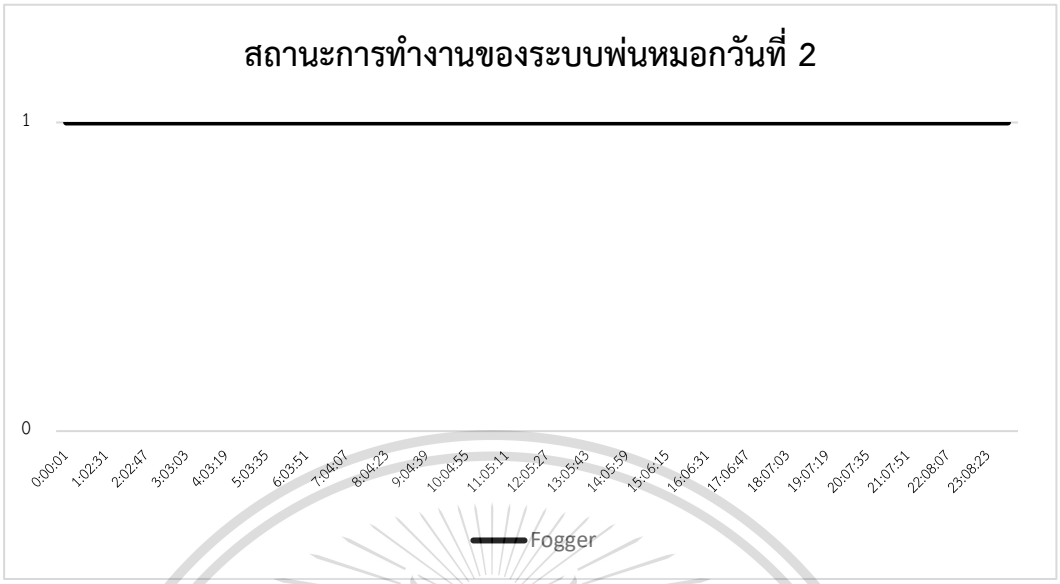


รูปที่ 4.18 สถานะการทำงานของระบบน้ำหยดวันที่ 2

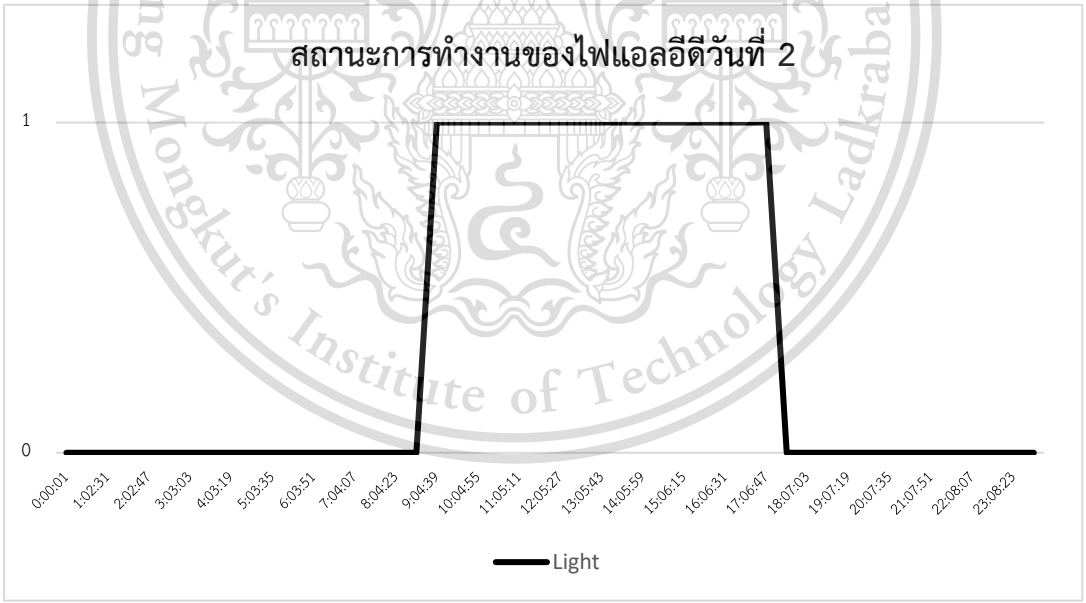


รูปที่ 4.19 สถานะการทำงานของพัดลมระบายอากาศวันที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.20 สถานะการทำงานของระบบพ่นหมอกวันที่ 2



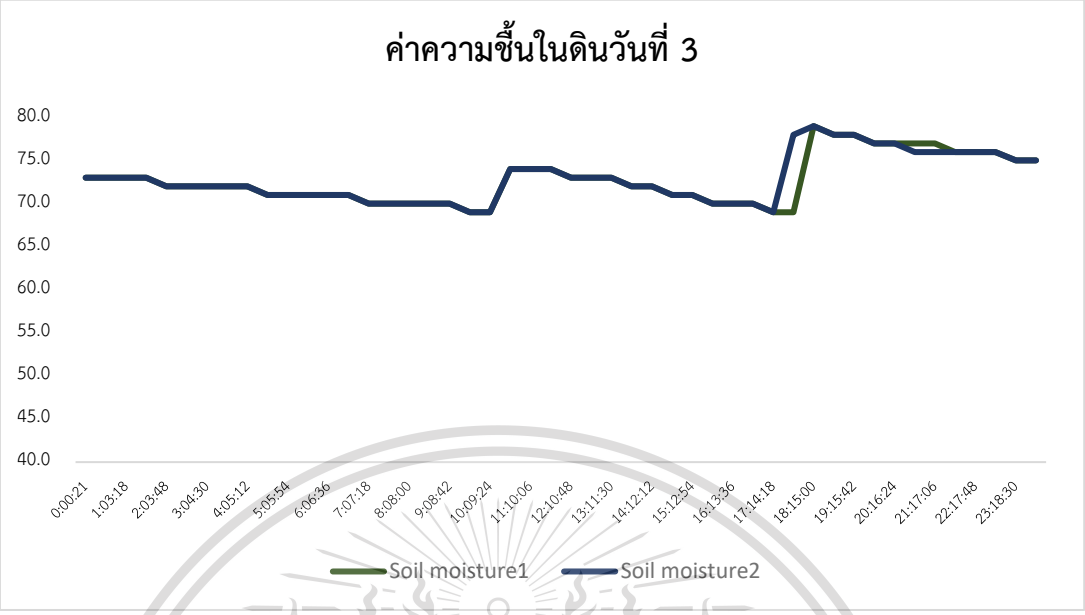
รูปที่ 4.21 สถานะการทำงานของไฟแอลอีดีวันที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

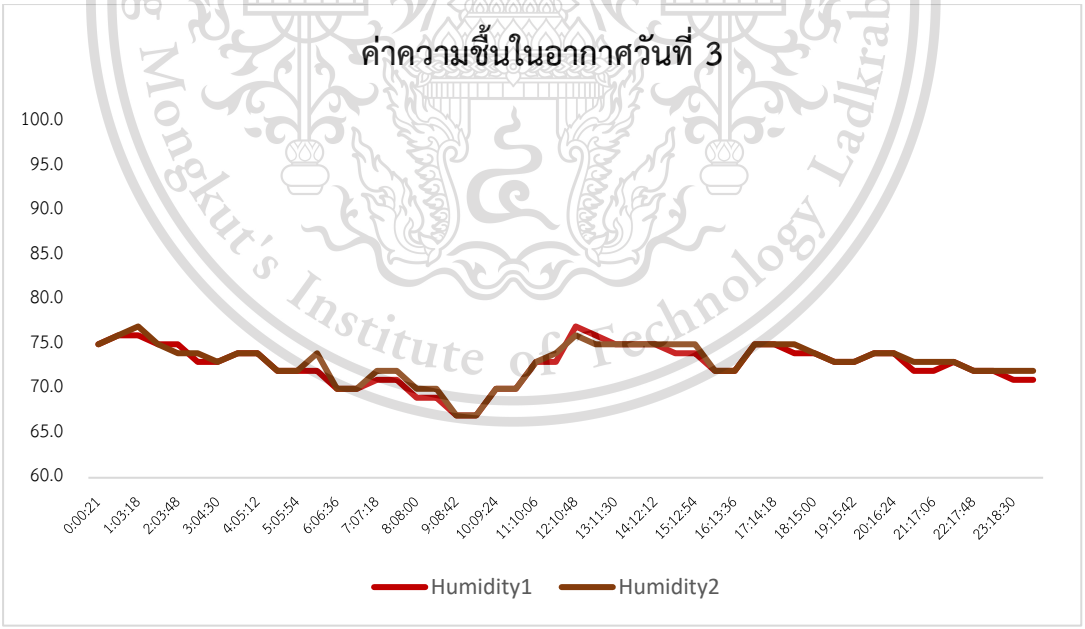
การบันทึกข้อมูลวันที่ 3 ณ วันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ.2564

เซนเซอร์วัดค่าความชื้นในดินสามารถวัดค่าความชื้นในดินได้ดังรูปที่ 4.22 โดยค่าความชื้นในดินต่ำสุดอยู่ที่ 69 เปอร์เซ็นต์ และสูงสุดอยู่ที่ 78 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเวลา 9:39:03 น. ค่าความชื้นในดินอยู่ที่ 69 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ระบบน้ำหยดจะไม่ทำงาน ความชื้นในดินจะค่อยๆเพิ่มขึ้น เมื่อเวลา 17:14:18 น.ทำให้ความชื้นในดินจะลดลงเป็น 69 เปอร์เซ็นต์อีกครั้ง ระบบน้ำหยดจะไม่ทำงาน เมื่อเวลาผ่านไปความชื้นในดินจะเพิ่มเรื่อย ๆ จนเมื่อเวลา 23:48:51 น. ค่าความชื้นในดินอยู่ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 4.22 และรูปที่ 4.26 โดยที่ 1 แสดงถึงสถานะการทำงานเปิดอยู่ และ 0 แสดงถึงสถานะการทำงานปิดอยู่ ในขณะเดียวกันเซนเซอร์วัดค่าความชื้นในอากาศสามารถวัดค่าความชื้นในอากาศได้ ดังรูปที่ 4.23 โดยค่าความชื้นในอากาศต่ำสุดอยู่ที่ 67 เปอร์เซ็นต์ และสูงสุดอยู่ที่ 77 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเวลา 0:00:21 น. ค่าความชื้นในอากาศอยู่ที่ 77 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ พัดลมระบายอากาศจะทำงาน ทำให้ความชื้นลดลง เมื่อเวลา 1:33:33 น. ความชื้นในอากาศลดลงเป็น 75 เปอร์เซ็นต์ พัดลมระบายอากาศจะหยุดการทำงาน จนเมื่อเวลา 12:10:48 น. ค่าความชื้นในอากาศอยู่ที่ 77 เปอร์เซ็นต์ ทำให้พัดลมระบายอากาศทำงานอีกครั้ง ทำให้ความชื้นลดลง เมื่อเวลา 13:11:30 น. ความชื้นในอากาศลดลงเป็น 75 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 4.23 และรูปที่ 4.27 โดยที่ 1 แสดงถึงสถานการณ์ทำงานเปิดอยู่ และ 0 แสดงถึงสถานะการทำงานปิดอยู่ ในส่วนของเซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิสามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ดังรูปที่ 4.24 โดยค่าอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 27.4 องศาเซลเซียส และสูงสุดอยู่ที่ 30.2 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 0:00:21 น. ค่าอุณหภูมิอยู่ที่ 27.4 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่ามากกว่า 25 องศาเซลเซียส ทำให้ระบบพ่นหมอกจะทำงาน และทำงานไปเรื่อย ๆ ซึ่งอุณหภูมิจะลดลงเพียงเล็กน้อย แล้วค่อยๆเพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนสูง ดังรูปที่ 4.24 และรูปที่ 4.28 โดยที่ 1 แสดงถึงสถานการณ์ทำงานเปิดอยู่ และ 0 แสดงถึงสถานการณ์ทำงานปิดอยู่ และส่วนของค่าพีเอชในดิน เซนเซอร์วัดค่าพีเอชในดินสามารถวัดได้อยู่ที่ 6 แสดงถึงสภาพดินที่มีความเป็นกรด ดังรูปที่ 4.25 นอกจากนี้ใน 1 วันจะเปิดไฟเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง เริ่มตั้งแต่เวลา 9:08:42 น. จนถึงเวลา 17:14:18 น. ดังรูปที่ 4.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

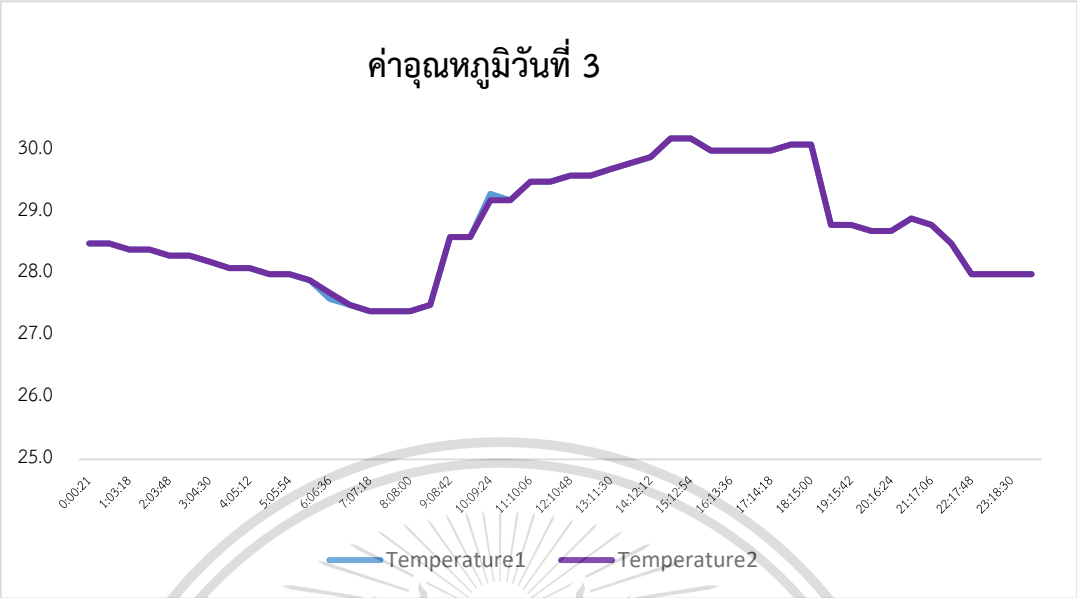


รูปที่ 4.22 ค่าความชื้นในดินวันที่ 3

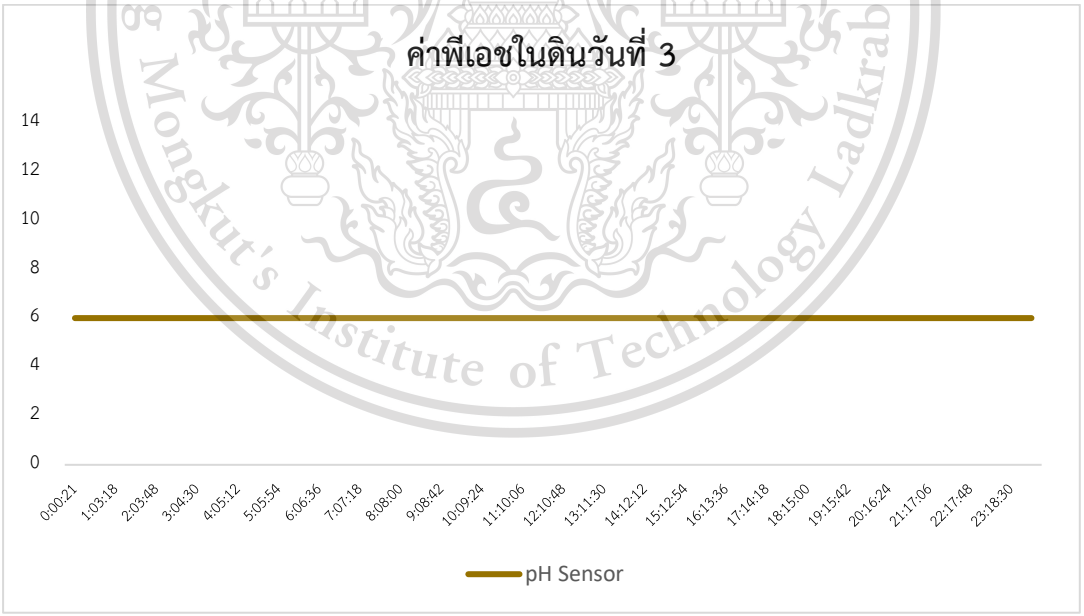


รูปที่ 4.23 ค่าความชื้นในอากาศวันที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

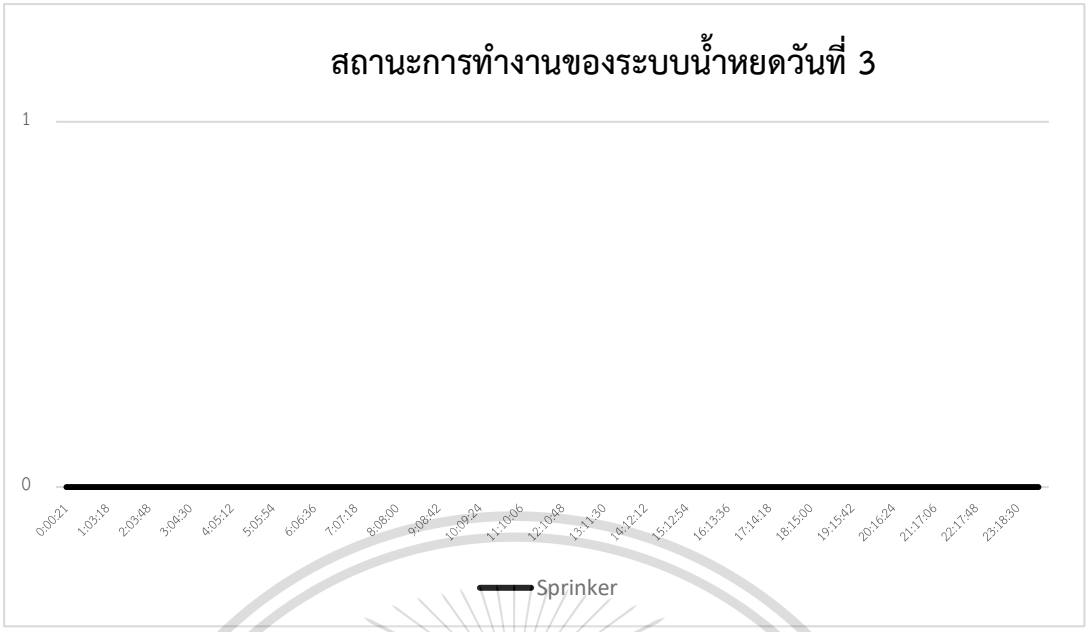


รูปที่ 4.24 ค่าอุณหภูมิวันที่ 3

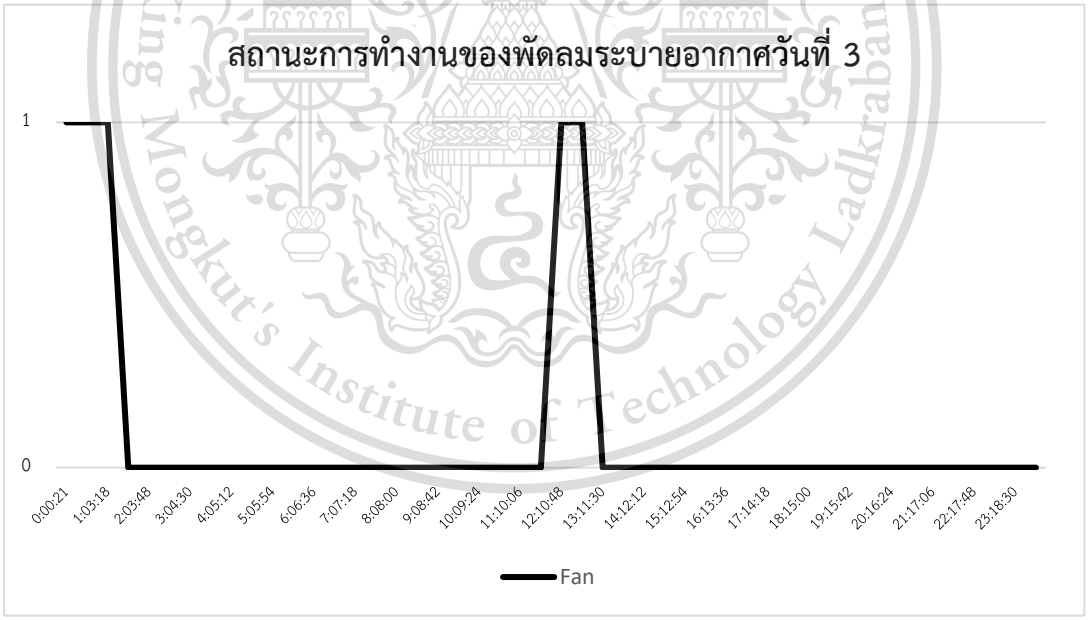


รูปที่ 4.25 ค่าพีเอชในดินวันที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

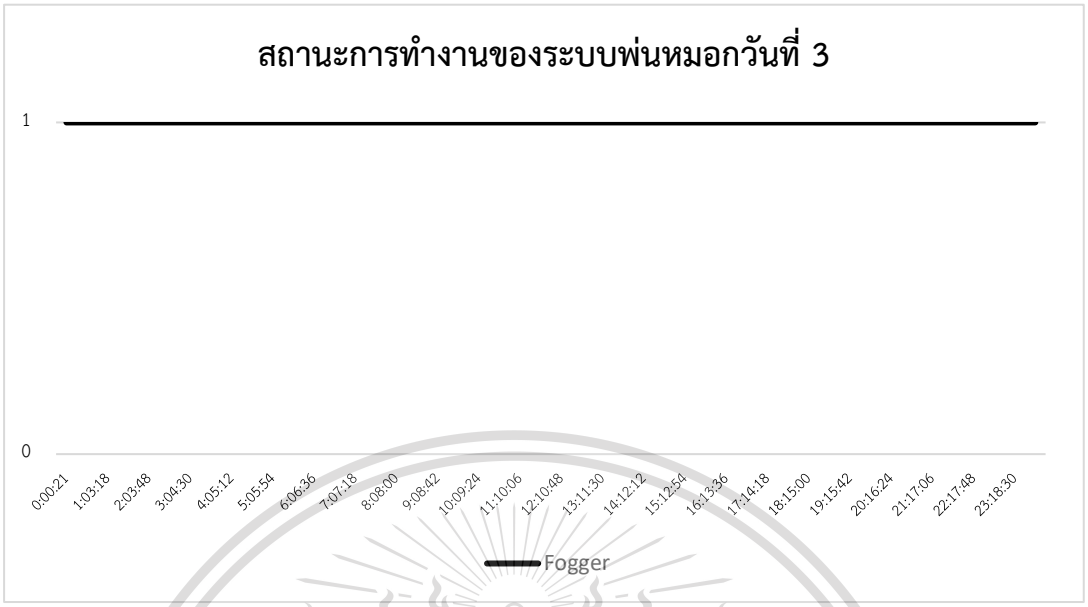


รูปที่ 4.26 สถานะการทำงานของระบบน้ำหยดวันที่ 3

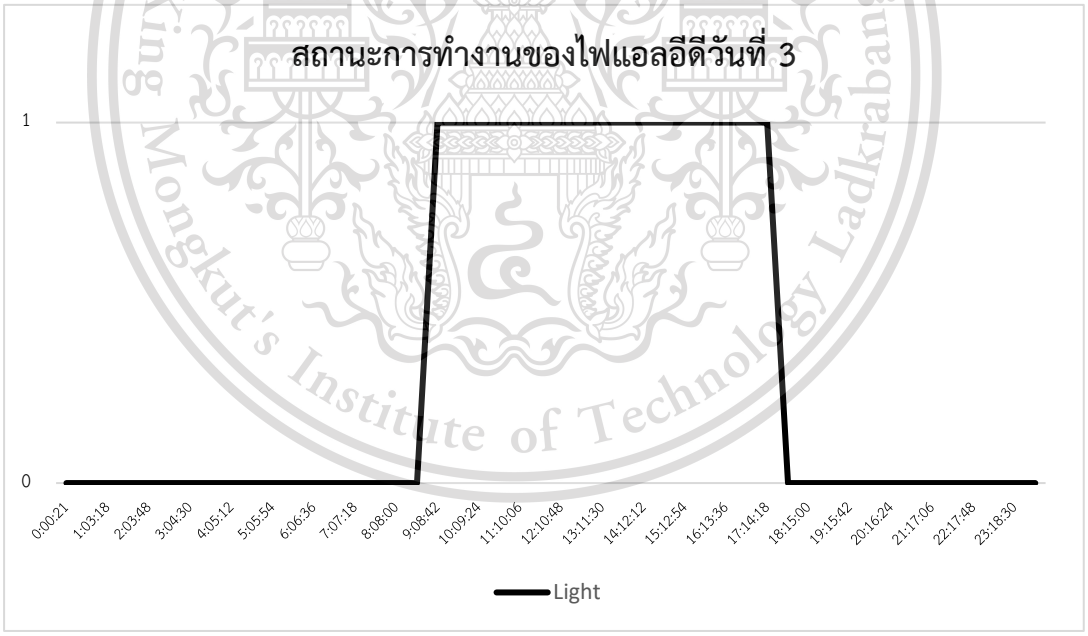


รูปที่ 4.27 สถานะการทำงานของพัดลมระบายอากาศวันที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.28 สถานะการทำงานของระบบพ่นหมอกวันที่ 3



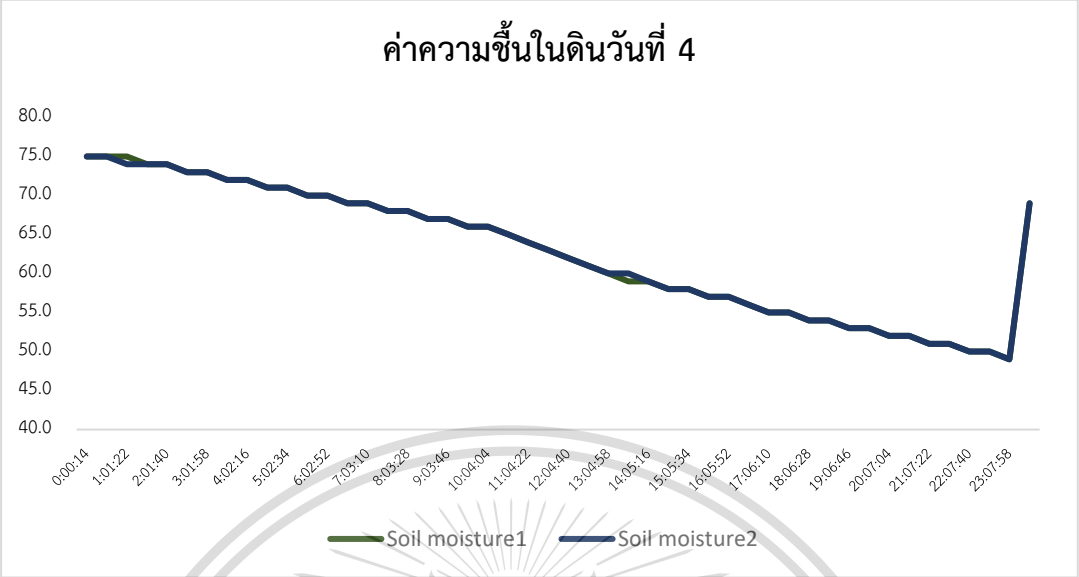
รูปที่ 4.29 สถานะการทำงานของไฟแอลอีดีวันที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

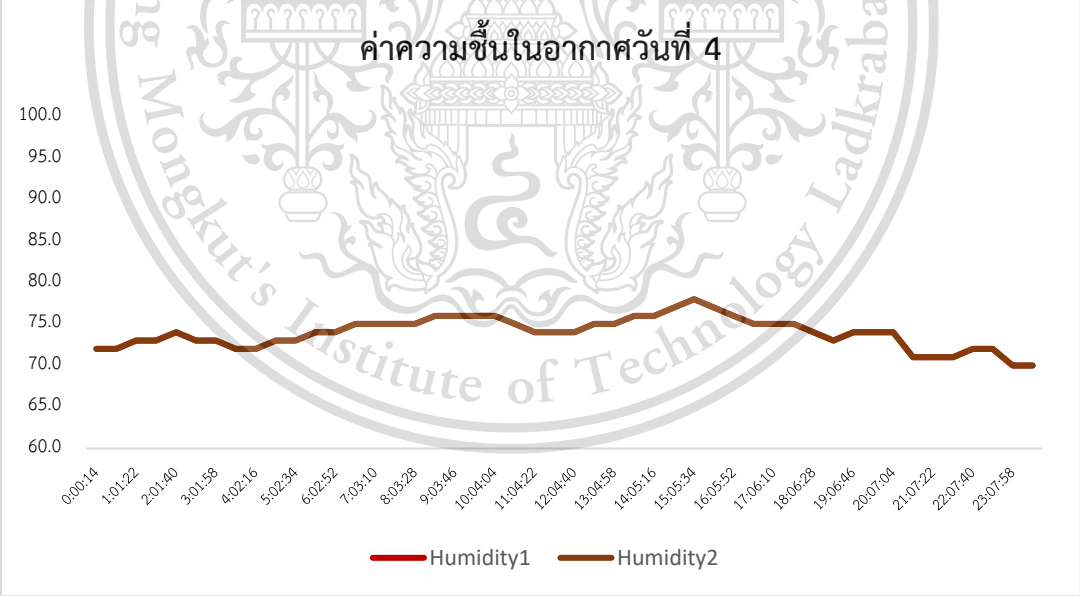
การบันทึกข้อมูลวันที่ 4 ณ วันที่ 23 พฤษภาคม พ.ศ.2564

เซนเซอร์วัดค่าความชื้นในดินสามารถวัดค่าความชื้นในดินได้ดังรูปที่ 4.30 โดยค่าความชื้นในดินต่ำสุดอยู่ที่ 49 เปอร์เซ็นต์ และสูงสุดอยู่ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเวลา 23:07:58 น. ค่าความชื้นในดินอยู่ที่ 49 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ระบบน้ำหยดจะทำงาน ความชื้นในดินจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น เมื่อเวลา 23:38:07 น.ทำให้ความชื้นในดินจะเพิ่มขึ้นเป็น 69 เปอร์เซ็นต์ ระบบน้ำหยดจะไม่ทำงาน ดังรูปที่ 4.30 และรูปที่ 4.34 โดยที่ 1 แสดงถึงสถานะการทำงานเปิดอยู่ และ 0 แสดงถึงสถานะการทำงานปิดอยู่ ในขณะเดียวกันเซนเซอร์วัดค่าความชื้นในอากาศสามารถวัดค่าความชื้นในอากาศได้ ดังรูปที่ 4.31 โดยค่าความชื้นในอากาศต่ำสุดอยู่ที่ 70 เปอร์เซ็นต์ และสูงสุดอยู่ที่ 78 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเวลา 8:33:37 น. ค่าความชื้นในอากาศอยู่ที่ 76 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ พัดลมระบายอากาศจะทำงาน ทำให้ความชื้นลดลง เมื่อเวลา 10:34:13 น. ความชื้นในอากาศลดลงเป็น 75 เปอร์เซ็นต์ พัดลมระบายอากาศจะหยุดการทำงาน จนเมื่อเวลา 13:35:07 น. ค่าความชื้นในอากาศอยู่ที่ 76 เปอร์เซ็นต์ ทำให้พัดลมระบายอากาศทำงานอีกครั้ง ทำให้ความชื้นลดลง เมื่อเวลา 16:36:01 น. ความชื้นในอากาศลดลงเป็น 75 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 4.31 และรูปที่ 4.35 โดยที่ 1 แสดงถึงสถานการณ์ทำงานเปิดอยู่ และ 0 แสดงถึงสถานะการทำงานปิดอยู่ ในส่วนของเซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิสามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ ดังรูปที่ 4.32 โดยค่าอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 26.8 องศาเซลเซียส และสูงสุดอยู่ที่ 28.5 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 0:00:14 น. ค่าอุณหภูมิอยู่ที่ 27.2 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่ามากกว่า 25 องศาเซลเซียส ทำให้ระบบพ่นหมอกจะทำงาน และทำงานไปเรื่อย ๆ ซึ่งอุณหภูมิจะลดลงเพียงเล็กน้อย แล้วค่อยๆเพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนสูง ดังรูปที่ 4.32 และรูปที่ 4.36 โดยที่ 1 แสดงถึงสถานการณ์ทำงานเปิดอยู่ และ 0 แสดงถึงสถานการณ์ทำงานปิดอยู่ และส่วนของค่าพีเอชในดิน เซนเซอร์วัดค่าพีเอชในดินสามารถวัดได้อยู่ที่ 6 แสดงถึงสภาพดินที่มีความเป็นกรด ดังรูปที่ 4.33 นอกจากนี้ใน 1 วันจะเปิดไฟเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง เริ่มตั้งแต่เวลา 9:03:46 น. จนถึงเวลา 17:06:10 น. ดังรูปที่ 4.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

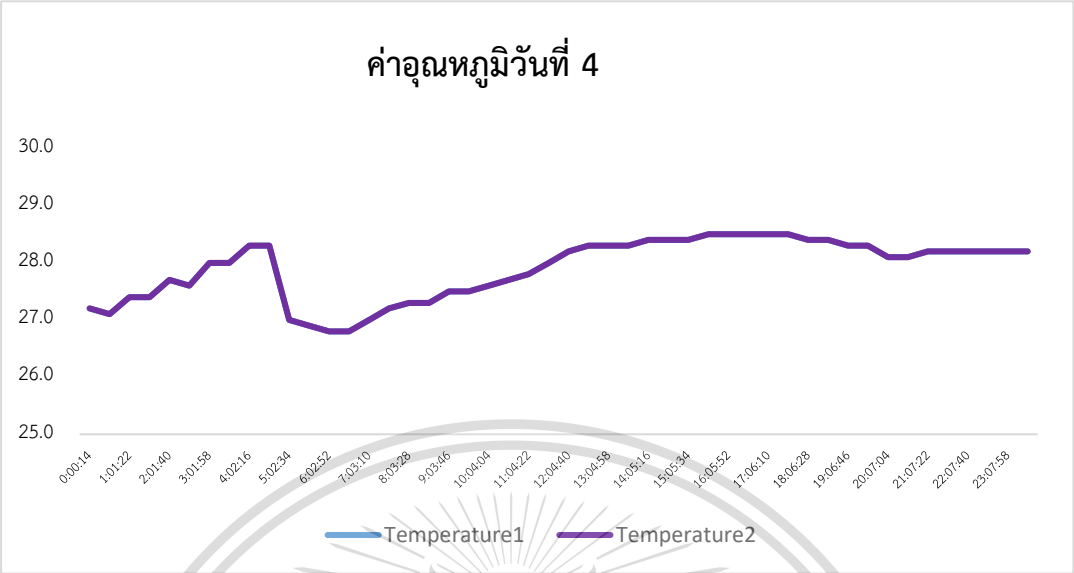


รูปที่ 4.30 ค่าความชื้นในดินวันที่ 4

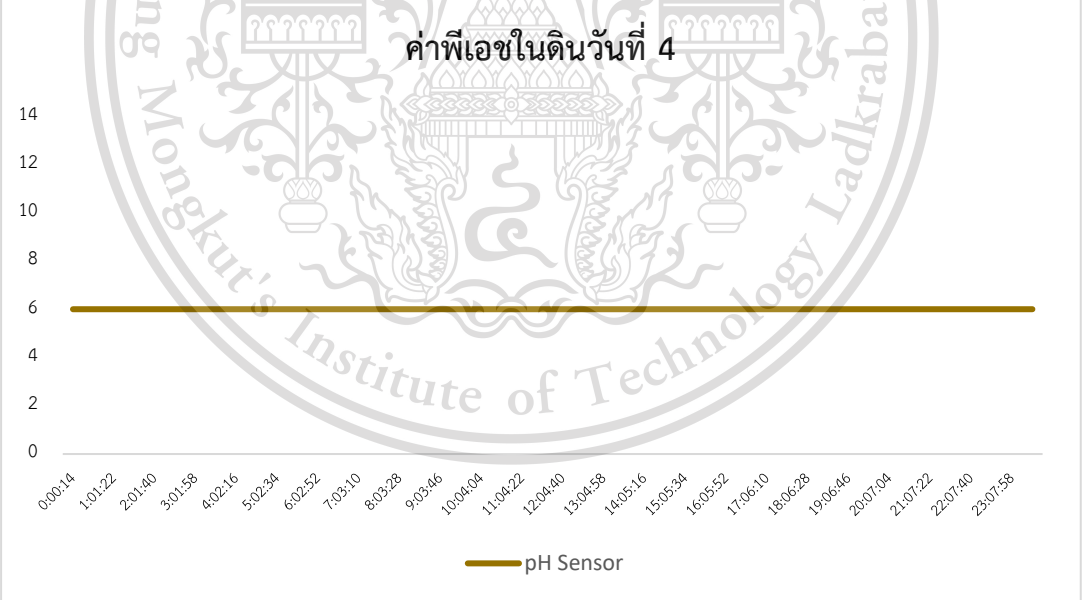


รูปที่ 4.31 ค่าความชื้นในอากาศวันที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

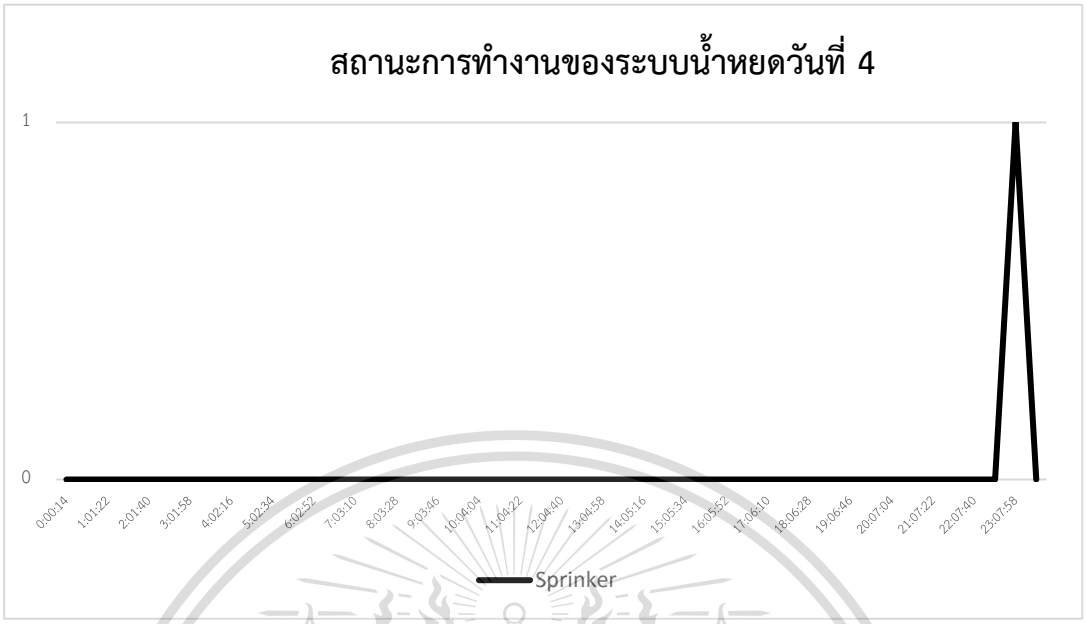


รูปที่ 4.32 ค่าอุณหภูมิวันที่ 4

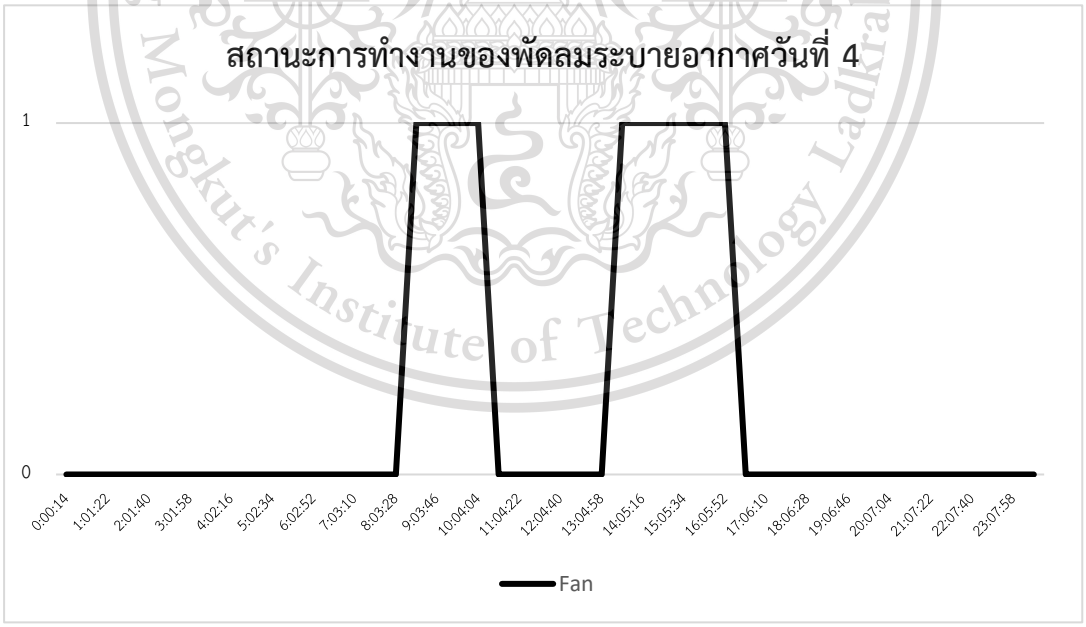


รูปที่ 4.33 ค่าพีเอชในดินวันที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



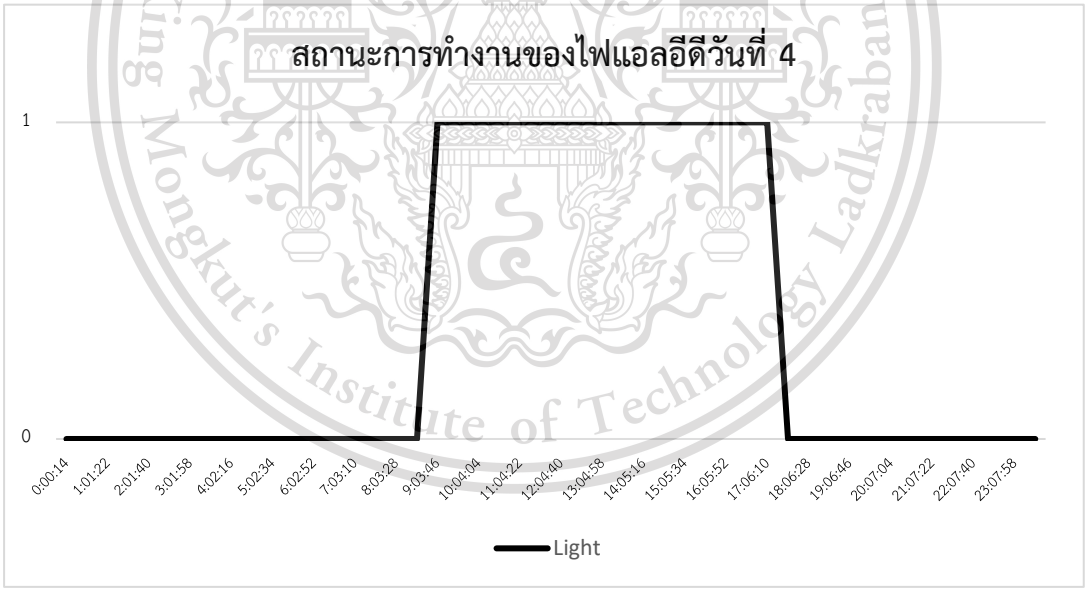
รูปที่ 4.34 สถานะการทำงานของระบบน้ำหยดวันที่ 4



รูปที่ 4.35 สถานะการทำงานของพัดลมระบายอากาศวันที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 4.36 สถานะการทำงานของระบบพ่นหมอกวันที่ 4



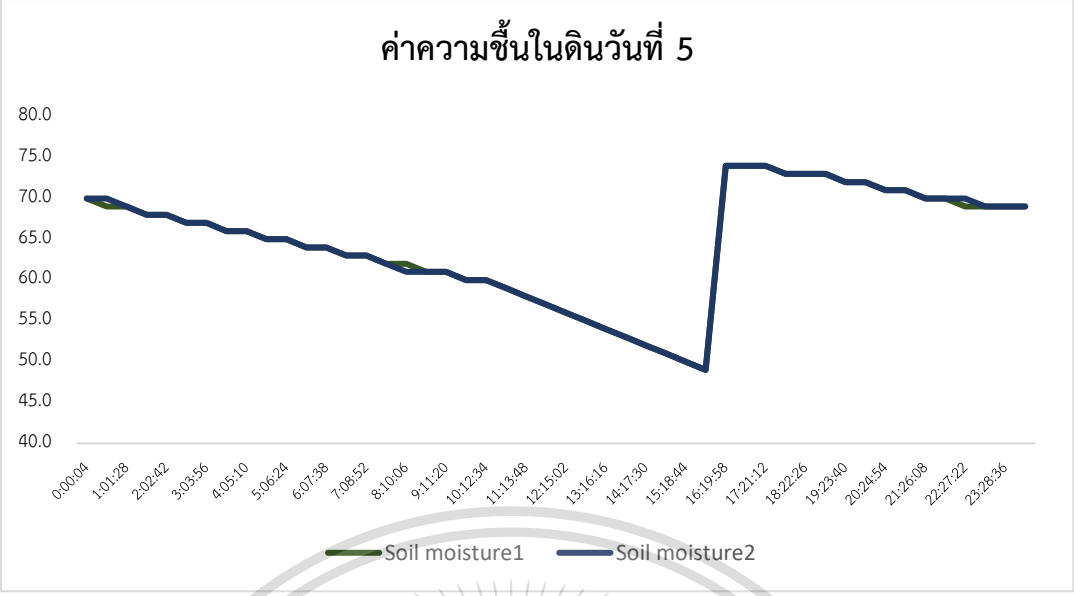
รูปที่ 4.37 สถานะการทำงานของไฟแอลอีดีวันที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

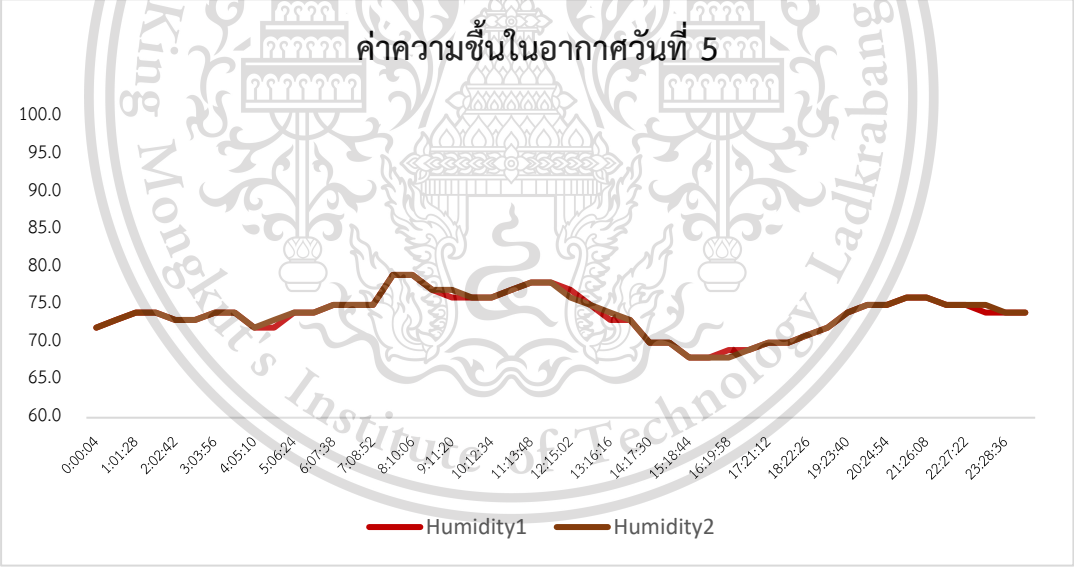
การบันทึกข้อมูลวันที่ 5 ณ วันที่ 24 พฤษภาคม พ.ศ.2564

เซนเซอร์วัดค่าความชื้นในดินสามารถวัดค่าความชื้นในดินได้ดังรูปที่ 4.38 โดยค่าความชื้นในดินต่ำสุดอยู่ที่ 49 เปอร์เซ็นต์ และสูงสุดอยู่ที่ 74 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเวลา 15:49:21 น. ค่าความชื้นในดินอยู่ที่ 49 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ระบบน้ำหยดจะทำงาน ความชื้นในดินจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น เมื่อเวลา 16:19:58 น.ทำให้ความชื้นในดินจะเพิ่มขึ้นเป็น 74 เปอร์เซ็นต์ ระบบน้ำหยดจะไม่ทำงาน จนกระทั่งเวลา 23:59:13 น. ค่าความชื้นในดินอยู่ที่ 69 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 4.38 และรูปที่ 4.42 โดยที่ 1 แสดงถึงสถานะการทำงานเปิดอยู่ และ 0 แสดงถึงสถานะการทำงานปิดอยู่ ในขณะเดียวกันเซนเซอร์วัดค่าความชื้นในอากาศสามารถวัดค่าความชื้นในอากาศได้ ดังรูปที่ 4.39 โดยค่าความชื้นในอากาศต่ำสุดอยู่ที่ 68 เปอร์เซ็นต์ และสูงสุดอยู่ที่ 79 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเวลา 7:39:29 น. ค่าความชื้นในอากาศอยู่ที่ 79 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ พัดลมระบายอากาศจะทำงาน ทำให้ความชื้นลดลง เมื่อเวลา 12:45:39 น. ความชื้นในอากาศลดลงเป็น 75 เปอร์เซ็นต์ พัดลมระบายอากาศจะหยุดการทำงาน จนเมื่อเวลา 20:55:31 น. ค่าความชื้นในอากาศอยู่ที่ 76 เปอร์เซ็นต์ ทำให้พัดลมระบายอากาศทำงานอีกครั้ง ทำให้ความชื้นลดลง เมื่อเวลา 21:56:45 น. ความชื้นในอากาศลดลงเป็น 75 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 4.39 และรูปที่ 4.43 โดยที่ 1 แสดงถึงสถานการณ์ทำงานเปิดอยู่ และ 0 แสดงถึงสถานะการทำงานปิดอยู่ ในส่วนของเซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิสามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ ดังรูปที่ 4.40 โดยค่าอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 28.5 องศาเซลเซียส และสูงสุดอยู่ที่ 31.1 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 0:00:04 น. ค่าอุณหภูมิอยู่ที่ 28.5 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่ามากกว่า 25 องศาเซลเซียส ทำให้ระบบพ่นหมอกจะทำงาน และทำงานไปเรื่อย ๆ ซึ่งอุณหภูมิจะลดลงเพียงเล็กน้อย แล้วค่อยๆเพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนสูง ดังรูปที่ 4.40 และรูปที่ 4.44 โดยที่ 1 แสดงถึงสถานการณ์ทำงานเปิดอยู่ และ 0 แสดงถึงสถานการณ์ทำงานปิดอยู่ และส่วนของค่าพีเอชในดิน เซนเซอร์วัดค่าพีเอชในดินสามารถวัดได้อยู่ที่ 6 แสดงถึงสภาพดินที่มีความเป็นกรด ดังรูปที่ 4.41 นอกจากนี้ใน 1 วันจะเปิดไฟเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง เริ่มตั้งแต่เวลา 9:11:20 น. จนถึงเวลา 17:21:12 น. ดังรูปที่ 4.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

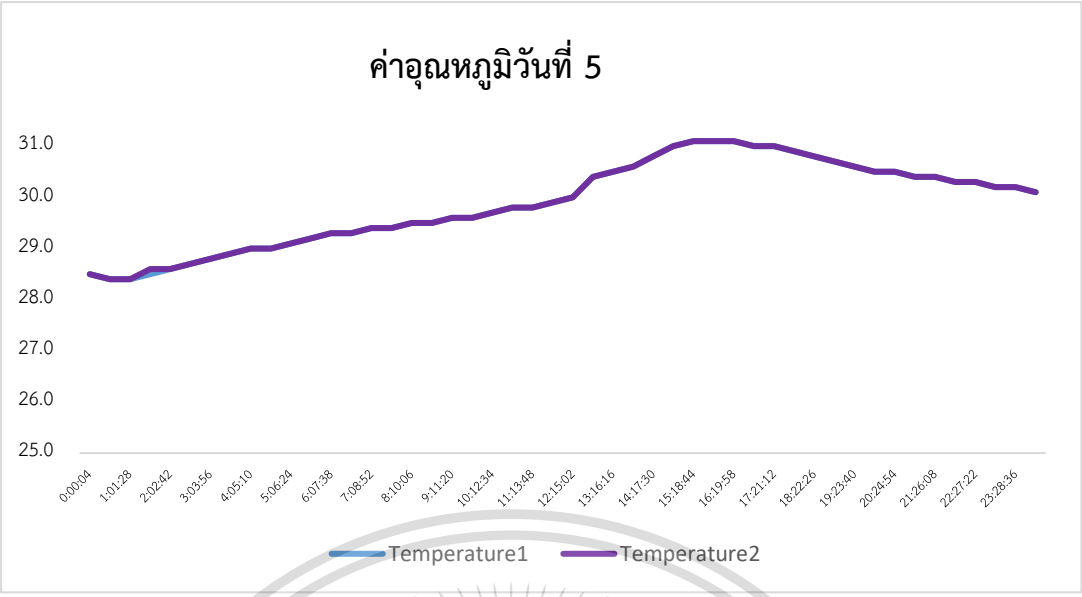


รูปที่ 4.38 ค่าความชื้นในดินวันที่ 5

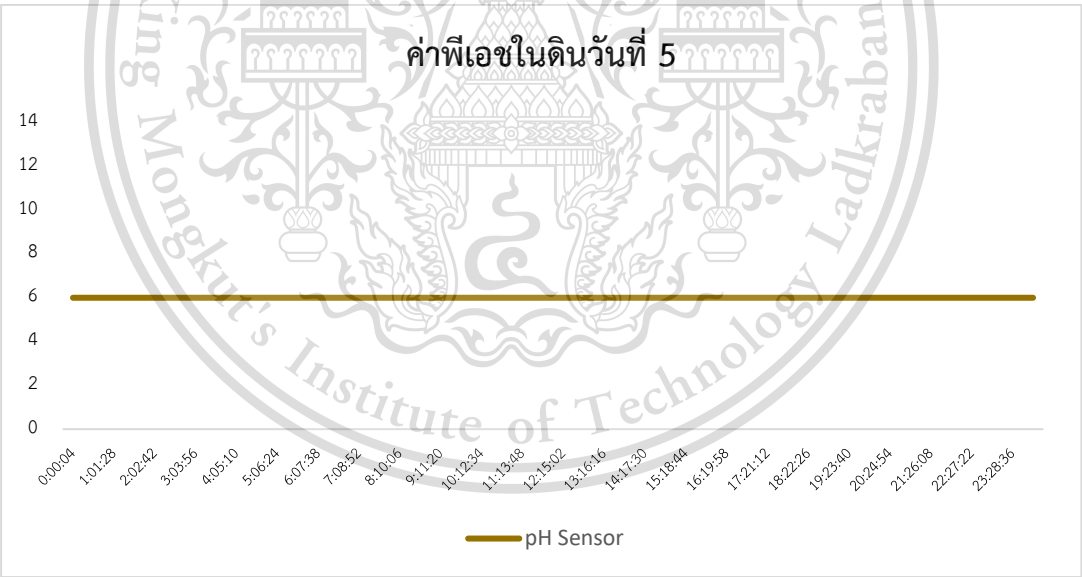


รูปที่ 4.39 ค่าความชื้นในอากาศวันที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

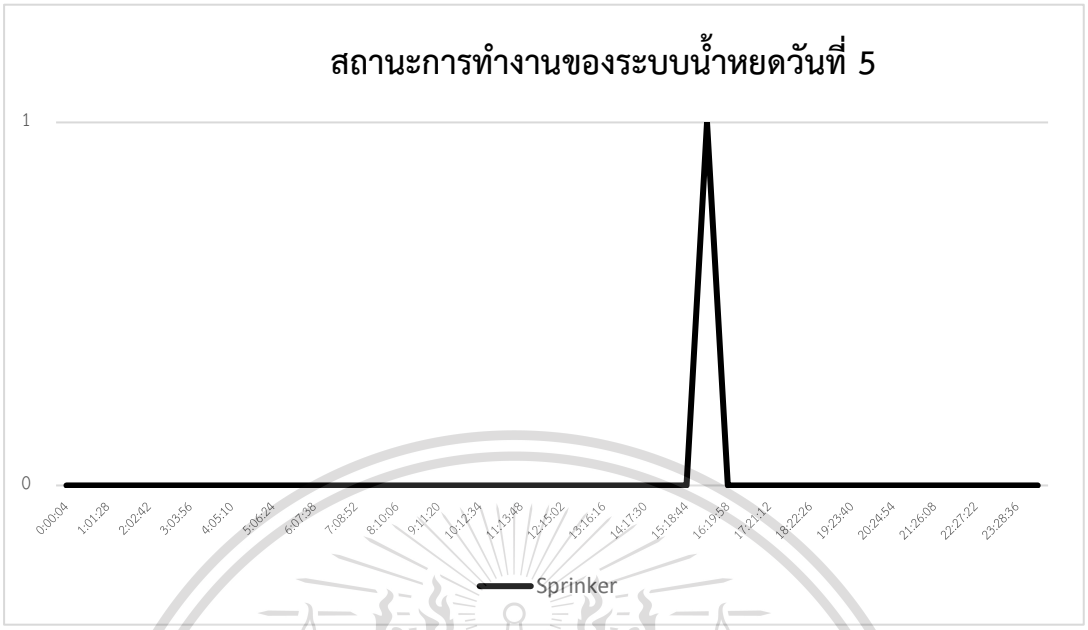


รูปที่ 4.40 ค่าอุณหภูมิวันที่ 5

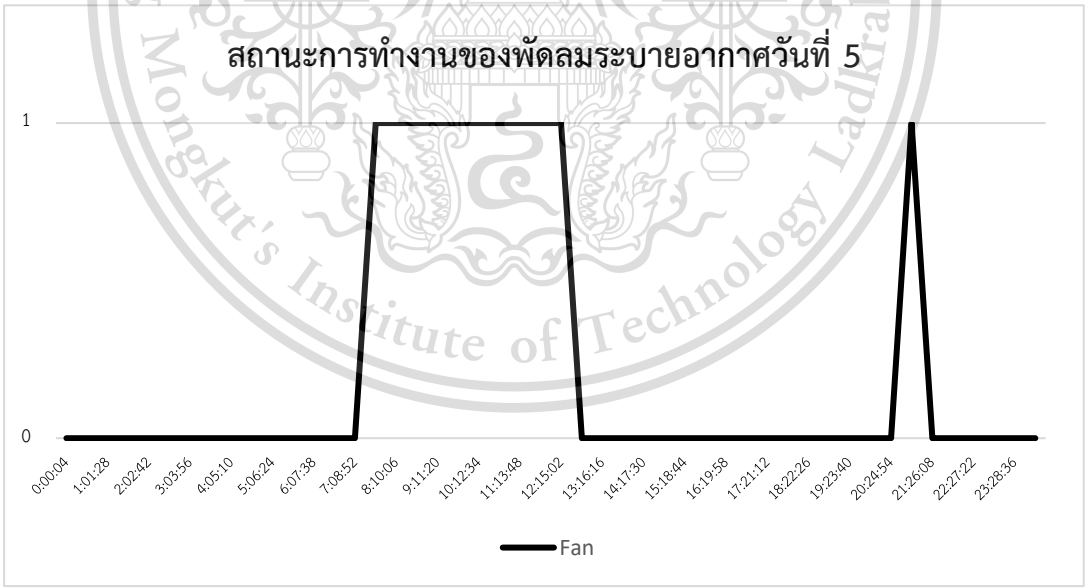


รูปที่ 4.41 ค่าพีเอชในดินวันที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



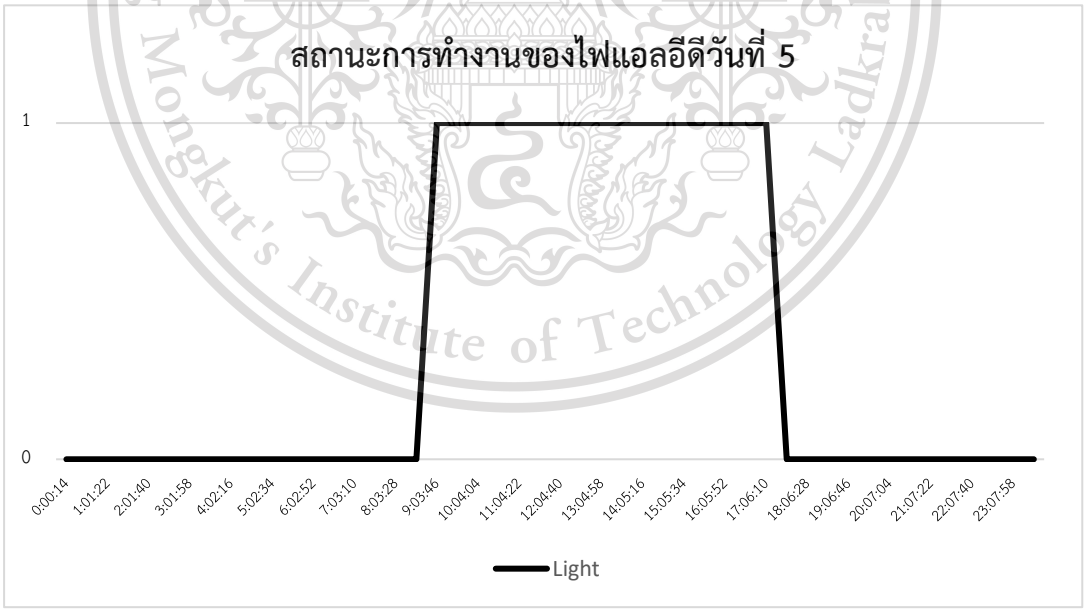
รูปที่ 4.42 สถานะการทำงานของระบบน้ำหยดวันที่ 5



รูปที่ 4.43 สถานะการทำงานของพัดลมระบายอากาศวันที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 4.44 สถานะการทำงานของระบบพ่นหมอกวันที่ 5



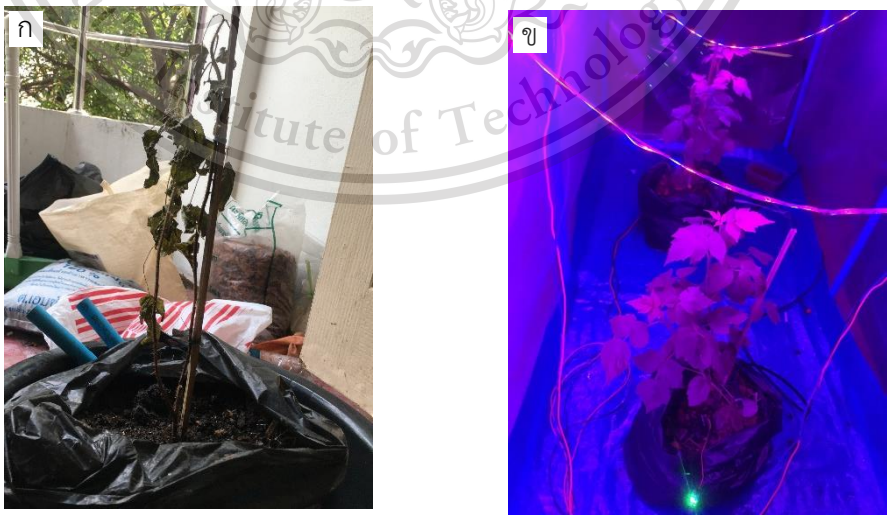
รูปที่ 4.45 สถานะการทำงานของไฟแอลอีดีวันที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3 ผลการทดลองปลูกต้นราสเบอร์รี่

จากรูปที่ 4.46 และ รูปที่ 4.47 จะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาผ่านไปการเจริญเติบโตของต้นราสเบอร์รี่ที่ปลูกภายนอกโรงเรือน จะมีการเจริญเติบโตคงที่และตายในที่สุด ซึ่งต้นราสเบอร์รี่ที่ปลูกภายในโรงเรือนนั้นได้รับการควบคุมทั้งระดับความชื้นในดิน ค่าพีเอชในดิน อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่ตลอดเวลา แตกต่างจากต้นราสเบอร์รี่ที่ปลูกภายนอกโรงเรือนที่ไม่มีการควบคุม ซึ่งความชื้นในดินอาจอยู่ในระดับที่สูงจนเกินไป ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ส่งผลให้รากของต้นราสเบอร์รี่ไม่ชอบน้ำมาก เกิดการเน่า และยืนต้นตาย และอุณภูมิภายนอกโรงเรือนที่สูงจนเกินไปยังเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ต้นราสเบอร์รี่หยุดเจริญเติบโต

รูปที่ 4.46 ต้นราสเบอร์รี่หลังปลูก 7 วัน (ก)ปลูกภายนอกโรงเรือน (ข)ปลูกภายในโรงเรือน



รูปที่ 4.47 ต้นราสเบอร์รี่หลังปลูก 21 วัน (ก)ปลูกภายนอกโรงเรือน (ข)ปลูกภายในโรงเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.4 ผลการทดลองเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นราสเบอร์รี่ ปลูกภายนอกโรงเรือนแบบปกติและปลูกภายในโรงเรือนที่มีการควบคุมปัจจัย

ในการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นราสเบอร์รี่จะเก็บข้อมูลการทดลองได้แก่ความสูงของลำต้น และจำนวนใบ

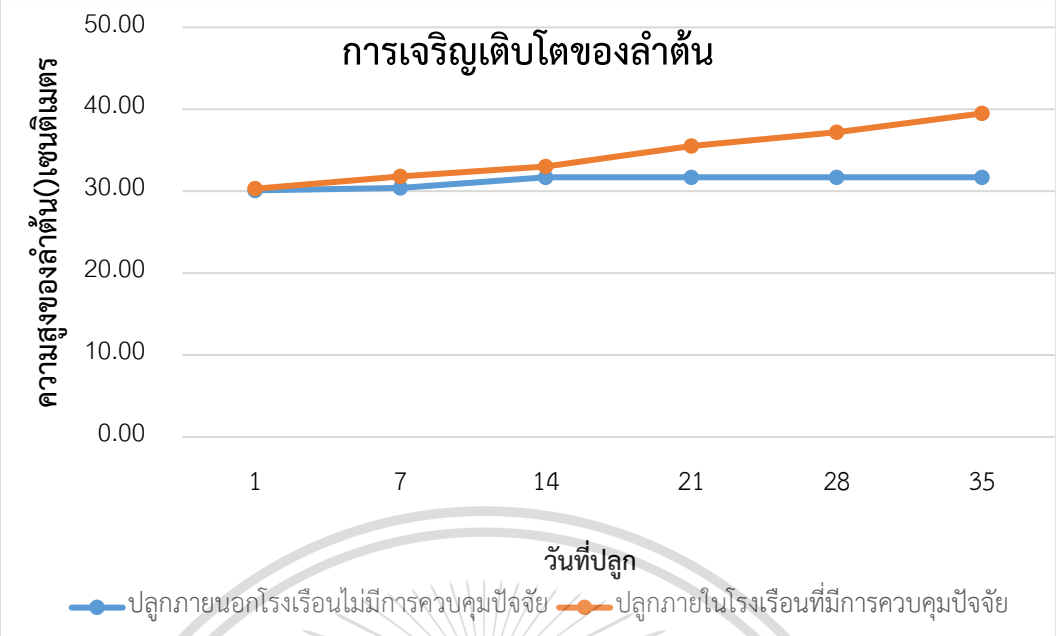
4.4.1 ความสูงของลำต้น

จากการทดลองปลูกต้นราสเบอร์รี่เปรียบเทียบการปลูกภายนอกโรงเรือนแบบปกติและปลูกภายในโรงเรือนที่มีการควบคุมปัจจัยนั้นพบว่าเมื่อต้นราสเบอร์รี่อายุ 35 วันหลังทำการทดลองปลูกแบบปกติลำต้นสูง 31.70 เซนติเมตร มีอัตราความสูงเพิ่มขึ้นน้อยกว่าต้นที่ปลูกภายในโรงเรือนที่ใช้ระบบอัตโนมัติช่วยในการควบคุมปัจจัยมีความสูงของลำต้นเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 39.50 เซนติเมตร ดังตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.52

ตารางที่ 4.6 ความสูงของลำต้นเฉลี่ย ของต้นราสเบอร์รี่ที่ปลูกแตกต่างกันด้วยการปลูกภายนอกโรงเรือนไม่มีการควบคุมปัจจัยและปลูกภายในโรงเรือนที่มีการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต

ชุดการทดลอง	ความสูงของลำต้น(เซนติเมตร)					
	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 21	วันที่ 28	วันที่ 35
ปลูกภายในโรงเรือนไม่มีการควบคุมปัจจัย	30.10	30.40	31.70	31.70	31.70	31.70
ปลูกภายในโรงเรือนที่มีการควบคุมปัจจัย	31.30	31.80	33.00	35.50	37.20	39.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.48 กราฟเปรียบเทียบความสูงลำต้นของต้นราสเบอร์รี่ที่ปลูกแตกต่างกันด้วยการปลูกภายนอกโรงเรือนไม่มีการควบคุมปัจจัยและปลูกภายในโรงเรือนที่มีการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต

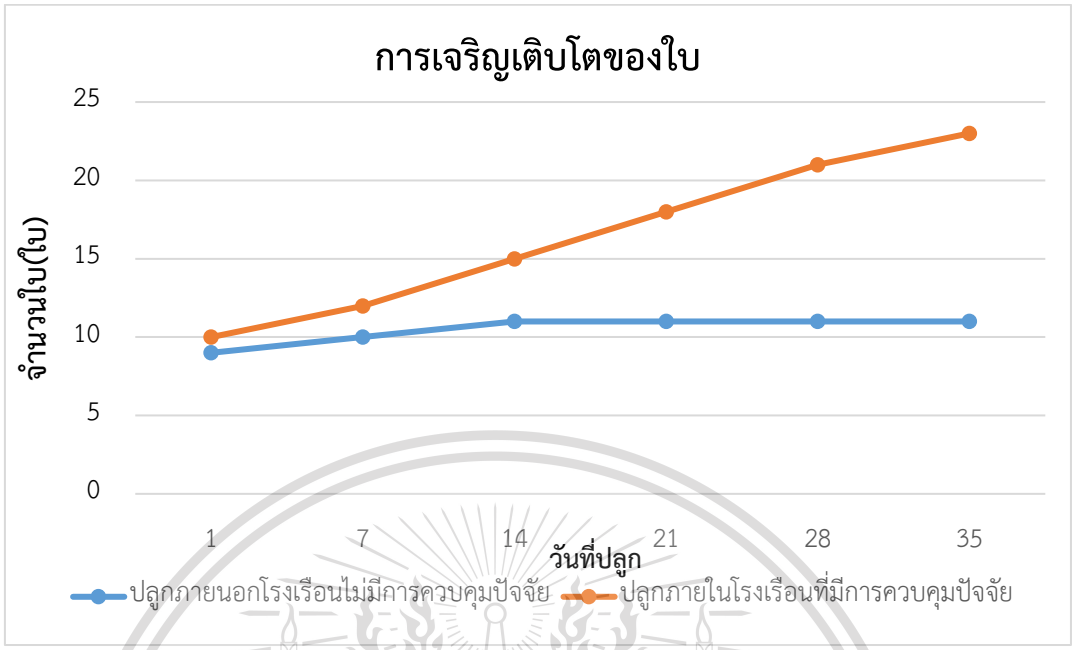
4.4.2 จำนวนใบ

จำนวนใบของต้นราสเบอร์รี่ที่ทดลองปลูกเปรียบเทียบระหว่างการปลูกภายนอกโรงเรือนแบบปกติและปลูกภายในโรงเรือนใช้ระบบอัตโนมัติควบคุมปัจจัยนั้นเมื่ออายุ 35 วันหลังปลูกแบบปกติจำนวนใบเพิ่มขึ้นสูงสุด 11 ใบ แต่การปลูกแบบใช้ใช้ระบบอัตโนมัติควบคุมปัจจัยจำนวนใบจะเพิ่มขึ้นและมีจำนวนใบสูงที่สุดเท่ากับ 23 ใบ ดังตาราง 4.7 และรูปที่ 4.14

ตารางที่ 4.7 จำนวนใบของต้นราสเบอร์รี่ที่ปลูกแตกต่างกันด้วยการปลูกภายนอกโรงเรือนไม่มีการควบคุมปัจจัยและปลูกภายในโรงเรือนที่มีการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต

ชุดการทดลอง	จำนวนใบ(ใบ)					
	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 21	วันที่ 28	วันที่ 35
ปลูกภายนอกโรงเรือนไม่มีการควบคุมปัจจัย	9	10	11	11	11	11
ปลูกภายในโรงเรือนที่มีการควบคุมปัจจัย	10	12	15	18	21	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.49 กราฟเปรียบเทียบจำนวนใบของต้นราสเบอร์รี่ที่ปลูกแตกต่างกันด้วยการปลูกภายนอกโรงเรือนไม่มีการควบคุมปัจจัยและปลูกภายในโรงเรือนที่มีการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ผลการทดลองแบ่งออกเป็น สามส่วน ได้แก่ การวัดเทียบเซนเซอร์กับอุปกรณ์มาตราฐาน การทดสอบการทำงานของเซนเซอร์และอุปกรณ์ขับ และการทดลองปลูก ส่วนแรก การวัดเทียบเซนเซอร์กับอุปกรณ์มาตราฐาน จากผลการทดลองวัดค่าอุณหภูมิด้วยโมดูลเซนเซอร์ (DHT21) เทียบกับเครื่องวัดอุณหภูมิดิจิตอล HTC-1พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ 0.08 และมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ 0.29% วัดค่าความชื้นในอากาศด้วยโมดูลเซนเซอร์(DHT21) เทียบกับเครื่องวัดความชื้นดิจิตอล HTC-1พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ 0.10 และมีเปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ 0.15% วัดค่าความชื้นในดินด้วยโมดูลเซนเซอร์ เทียบกับเครื่องวัดความชื้นในดิน รุ่น AMT-300 พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ 0.44 และมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ 0.66% วัดค่าพีเอชในดินด้วยโมดูลเซนเซอร์ เทียบกับเครื่องวัดค่าพีเอชในดิน รุ่น AMT-300 พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ 0.12 และมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ 1.86% รวมถึงผลการทดลองวัดค่าความเข้มของแสงไฟแอลอีดี พบว่าค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 2,038 ลักซ์ ส่วนที่สอง การทดสอบการทำงานของเซนเซอร์และอุปกรณ์ขับ จากผลการทดลองการทำงานของเซนเซอร์และอุปกรณ์ขับเป็นเวลา 5 วัน พบว่าวันที่ 1 มีค่าอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 28.7 องศาเซลเซียส ต่ำสุดอยู่ที่ 26.6 องศาเซลเซียส และเฉลี่ย 27.2 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นในอากาศสูงสุดอยู่ที่ 78 เปอร์เซ็นต์ ต่ำสุดอยู่ที่ 69 เปอร์เซ็นต์ และเฉลี่ย 74 เปอร์เซ็นต์ ค่าความชื้นในดินสูงสุดอยู่ที่ 65 เปอร์เซ็นต์ ต่ำสุดอยู่ที่ 49 เปอร์เซ็นต์ และเฉลี่ย 58.8 เปอร์เซ็นต์ ค่าพีเอชในดินเฉลี่ย 6 เปอร์เซ็นต์ อุปกรณ์ขับสามารถทำงานตามเงื่อนไขได้ปกติ วันที่ 2 มีค่าอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 30.1 องศาเซลเซียส ต่ำสุดอยู่ที่ 26.6 องศาเซลเซียส และเฉลี่ย 28.7 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นในอากาศสูงสุดอยู่ที่ 78 เปอร์เซ็นต์ ต่ำสุดอยู่ที่ 70 เปอร์เซ็นต์ และเฉลี่ย 74.3 เปอร์เซ็นต์ ค่าความชื้นในดินสูงสุดอยู่ที่ 62 เปอร์เซ็นต์ ต่ำสุดอยู่ที่ 49 เปอร์เซ็นต์ และเฉลี่ย 56.8 เปอร์เซ็นต์ ค่าพีเอชในดินเฉลี่ย 6 เปอร์เซ็นต์ อุปกรณ์ขับสามารถทำงานตามเงื่อนไขได้ปกติ วันที่ 3 มีค่าอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 30.2 องศาเซลเซียส ต่ำสุดอยู่ที่ 27.4 องศาเซลเซียส และเฉลี่ย 28.8 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นในอากาศสูงสุดอยู่ที่ 77 เปอร์เซ็นต์ ต่ำสุดอยู่ที่ 67 เปอร์เซ็นต์ และเฉลี่ย 72.9 เปอร์เซ็นต์ ค่าความชื้นในดินสูงสุดอยู่ที่ 78 เปอร์เซ็นต์ ต่ำสุดอยู่ที่ 69 เปอร์เซ็นต์ และเฉลี่ย 72.8 เปอร์เซ็นต์ ค่าพีเอชในดินเฉลี่ย 6 เปอร์เซ็นต์ อุปกรณ์ขับสามารถทำงานตามเงื่อนไขได้ปกติ วันที่ 4 มีค่าอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 28.5 องศาเซลเซียส ต่ำสุดอยู่ที่ 26.8 องศาเซลเซียส และเฉลี่ย 27.9 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นในอากาศสูงสุดอยู่ที่ 78 เปอร์เซ็นต์ ต่ำสุดอยู่ที่ 70 เปอร์เซ็นต์ และเฉลี่ย 74 เปอร์เซ็นต์ ค่าความชื้นในดินสูงสุดอยู่ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ ต่ำสุดอยู่ที่ 49 เปอร์เซ็นต์ และเฉลี่ย 62.3 เปอร์เซ็นต์ ค่าพีเอชในดินเฉลี่ย 6 เปอร์เซ็นต์ อุปกรณ์ขับสามารถทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตามเงื่อนไขได้ปกติ วันที่ 5 มีค่าอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 31.1 องศาเซลเซียส ต่ำสุดอยู่ที่ 28.5 องศาเซลเซียส และเฉลี่ย 29.9 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นในอากาศสูงสุดอยู่ที่ 79 เปอร์เซ็นต์ ต่ำสุดอยู่ที่ 68 เปอร์เซ็นต์ และเฉลี่ย 73.8 เปอร์เซ็นต์ ค่าความชื้นในดินสูงสุดอยู่ที่ 74 เปอร์เซ็นต์ ต่ำสุดอยู่ที่ 49 เปอร์เซ็นต์ และเฉลี่ย 64.5 เปอร์เซ็นต์ ค่าพีเอชในดินเฉลี่ย 6 เปอร์เซ็นต์ อุปกรณ์ขับสามารถทำงานตามเงื่อนไขได้ปกติ

นอกจากนี้การทดลองปลูกต้นราสเบอร์รี่ภายนอกโรงเรือนไม่มีการควบคุมปัจจัยและภายในโรงเรือนแบบควบคุมปัจจัยการเจริญเติบโตตลอดระยะเวลา 35 วัน ต้นราสเบอร์รี่ที่ปลูกภายนอกโรงเรือนเมื่อต้นราสเบอร์รี่อายุได้ 14 วันมีความสูงของลำต้นและจำนวนใบเพิ่มขึ้นสูงสุด 31.70 เซนติเมตร และ 11 ใบตามลำดับและหยุดการเจริญเติบโต ส่วนการปลูกภายในโรงเรือนต้นราสเบอร์รี่มีความสูงลำต้นและจำนวนใบเพิ่มขึ้นสูงขึ้นเมื่อปลูกต่อไปตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลองที่ 39.50 เซนติเมตร และ 23 ใบตามลำดับ

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. ดินที่ซื้อมาทำการทดลองเป็นดินถุงที่มีส่วนผสมของดินนอกเหนือจากที่ต้องการ มีดินเหนียวและแกลบดำปนอยู่ซึ่งส่งผลให้ต้นราสเบอร์รี่เจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในโรงเรือนเพาะปลูกจำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดเวลา หากไฟดับจะทำให้ไม่สามารถเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์ได้ ส่งผลให้ไม่สามารถบันทึกข้อมูล หรือควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในโรงเรือนได้

3. การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆกับเซิร์ฟเวอร์นั้นมีข้อจำกัด สามารถใช้เครือข่าย Wi-Fi ได้เครือข่ายเดียว หากเปลี่ยนสถานที่ตั้งโรงเรือน จะต้องเชื่อมต่อเครือข่าย Wi-Fi ใหม่ และต้องโปรแกรมข้อมูลใหม่

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในโรงเรือนเพาะปลูกจำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดเวลาดังนั้นควรมีระบบไฟฟ้าสำรอง เพื่อให้อุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถทำงานต่อไปได้

2. จากการทดลองพบว่าการปลูกพืชภายในโรงเรือนมีการเจริญเติบโตของลำต้นและใบเพิ่มขึ้นจริงแต่ยังมีค่าไม่มากนักเพราะไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำได้ตามที่กำหนดไว้เพราะอุณหภูมิของพื้นที่ที่ทำการทดลองสูงมาก ควรแก้ไขโดยการติดอุปกรณ์ทำความเย็นที่ควบคุมอุณภูมิได้แน่นอนอย่างเช่น เครื่องปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

วุฒิกร สุทธิอาภา. 2020. **ขั้นตอนการทำระบบพ่นหมอกเองในงบ 1,500 บาท.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.baanlaesuan.com/181648/maintenance/garden/mist_spray.

อังกาบดอย. 2021**. วิธีปลูกราสป์เบอร์รี่ ในเมืองไทยก็ปลูกได้ ด้วยเทคนิคที่ง่ายกว่าที่คิด.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.baanlaesuan.com/221433/garden-farm/farming-101/raspberry.

Artronshop. 2015. **เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.ioxhop.com/product/87.

B. Strik, and N. Sanchez. 2020. "GROWING RASPBERRIES IN YOUR HOME GARDEN." Ph.D.dissertation, Oregon State University.

Darlene White. 2021. **How to Grow Raspberries**. [Online]. Available: https://www.finegardening.com/article/how-to-grow-raspberries.

David Marks. 2015. **RASPBERRY PESTS AND DISEASES**. [Online]. Available: https://www.gardenfocused.co.uk/fruitarticles/raspberries/raspberry-pest-disease.php.

Government of New Brunswick. 2021. **Raspberry Pest Identification**. [Online]. Available:https://www2.gnb.ca/content/gnb/en/departments/10/agriculture/con- tent/crops/small_fruits/raspberry.html.

Julián Masats. 2021. **Characteristics of raspberry plant**. [Online]. Available: https://www.botanical-online.com/en/botany/raspberry.

KKdeveloper. 2017. **NodeMCU คืออะไร.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://sat2you.com/web/2017/01/31/nodemcu.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม(ต่อ)

Kurt Koester, Marvin Pritts. 2003. “Greenhouse Raspberry Production Guide For winter or year-round production.” Ph.D.dissertation, Department of Horticulture, Cornell University.

Leslie Rose. 2018. **What to Use for Fertilizer on Raspberry Plants**. [Online]. Available: https://homeguides.sfgate.com/use-fertilizer-raspberry-plants-55968.html.

Medthai. 2017. **16 สรรพคุณและประโยชน์ของราสเบอร์รี่! (Raspberry)**. [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://medthai.com/ราสเบอร์รี่/.

Michelle. 2020. **PLANTING, GROWING, AND HARVESTING RASPBERRIES.** [Online]. Available: https://www.almanac.com/plant/raspberries.

Myarduino. 2015. **โมดูลเซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ อย่างดีพร้อมเคส.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.myarduino.net/product/491/.

Myarduino. 2015. **แนะนำ Arduino รุ่นต่างๆ.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.myarduino.net/article/4.

PSP TECH. 2014. **รีเลย์ (Relay) คืออะไร.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.psptech.co.th/A3-15696.page.

Santron. 2018. ไฟ led เส้น. [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.santronled.com/ไฟ-led-เส้น

Thaiwater. 2015. **หลักการทำงาน pressure switch.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.thaiwatersystem.com/article/46

Thospaak. 2019. **ราสพ์เบอรี่ (Raspberry).** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://farm.co.th/raspberry/.

Watertimer. 2017. **จุดเด่นของ ระบบน้ำหยด + วิธีคำนวณ.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.watertimerreview.com/article/88.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.