ระบบควบคุมและบริหารจัดการฟาร์มกัญชา-กัญชงแบบระบบกึ่งปิด

CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEM FOR SEMI-CLOSED-ENVIRONMENT CANNABIS FARM

ธีรนัย ศิลารักษ์

ชานนท์ ศรียศ

นนทพัทธ์ หนองคาย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์(ต่อเนื่อง) คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมและบริหารจัดการฟาร์มกัญชา-กัญชงแบบระบบกึ่งปิด

CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEM FOR SEMI-CLOSED-ENVIRONMENT CANNABIS FARM

ธีรนัย ศิลารักษ์

ชานนท์ ศรียศ

นนทพัทธ์ หนองคาย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์(ต่อเนื่อง) คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2565

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

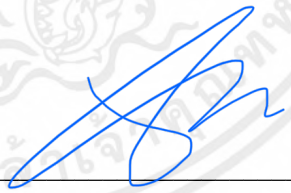
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมและบริหารจัดการฟาร์มกัญชา-กัญชงแบบระบบกึ่งปิด

CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEM FOR SEMI-CLOSED-ENVIRONMENT CANNABIS FARM

ผู้จัดทำ

1. นายชานนท์ ศรียศ รหัสนักศึกษา 63015039
2. นายนนทพัทธ์ หนองคาย รหัสนักศึกษา 63015091
3. นายธีรนัย ศิลารักษ์ รหัสนักศึกษา 63015086



_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมและบริหารจัดการฟาร์มกัญชา-กัญชงแบบระบบกึ่งปิด

นายชานนท์	ศรียศ	63015039
นายนนทพัทธ์	หนองคาย	63015091
นายธีรนัย	ศิลารักษ์	63015086
รศ.ดร.เจริญ	วงษ์ชุ่มเย็น	อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

คณะผู้จัดทำจึงได้จัดทำโครงการระบบควบคุมและบริหารจัดการฟาร์มกัญชา-กัญชงแบบระบบกึ่งปิด เพื่อมาแก้ไขและช่วยเหลือการการดูแลคุณภาพและการควบคุมปัจจัยต่าง ๆในการปลูก เช่น แสง อุณหภูมิ ความชื้น น้ำและปุ๋ยน้ำ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและปริมาณที่มากกว่าการปลูกกลางแจ้ง

ระบบควบคุมและบริหารจัดการฟาร์มกัญชากัญชง ประกอบไปด้วยส่วนฮาร์ดแวร์ จะเป็นส่วนที่คอยรับค่าจาก Sensor ต่าง ๆ ที่ติดตั้งอยู่ในห้องปลูกเพื่อนนำมาควบคุมสภาพแวดล้อมต่าง ๆ และยังคอยส่งข้อมูลที่ได้รับไปยังฐานข้อมูล ส่วนของซอฟต์แวร์จะนำข้อมูลจากฐานข้อมูลมาแสดงผลบนหน้าเว็บแอปพลิเคชันเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถสังเกตการณ์สถานะการต่าง ๆ ภายในฟาร์มได้

ผลลัพธ์ที่ได้สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในห้องปลูกให้เฉลี่ยอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นในอากาศไม่เกิน 60 % ค่า PH ของน้ำและปุ๋ยน้ำอยู่ที่ 6.5 – 7.0 ระยะเวลาการให้แสง 18 ชั่วโมง/วัน ช่วงทำใบและ 12 ชั่วโมง/วันช่วงทำดอกรวมถึงยังมีการปลูกในห้องปลูกที่เป็นแบบปิดทำให้ต้นกัญชาโตได้อย่างเต็มที่ไม่ เจอโรค แมลง หรือ เชื้อราเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ControlandManagementSystemforSemi-Closed-EnvironmentCannabisFarm

Chanon	Sriyod	63015039
Teeranai	Silarak	63015086
Nontapat	Nongkai	63015091
Assoc. Prof. Dr. Charoen	Vongchumyen	Advisor

Academic Year 2022

Abstract

The organizing team has therefore developed a semi-closed control and management project for hemp-hemp farms. To come to fix and assist in quality care and control of various factors. in cultivation, such as light, temperature, humidity, water and liquid fertilizer in order to obtain quality and quantity of produce that is greater than outdoor planting.

Hemp farm control and management system consists of the hardware part. It is the part that receives values from various Sensors installed in the growing room to control various environments and sends the received data to the database. The software part will bring information from the database to be displayed on the application web page so that users can observe the status of various farms.

The results obtained were able to control the average temperature in the growing room at 25 degrees Celsius, humidity in the air not more than 60%, PH value of water and liquid fertilizer at 6.5 – 7.0, lighting period 18 hours/day, foliar and 12 hours/day during the flowering period, as well as being planted in a closed growing room, allowing the cannabis plant to fully grow without encountering diseases, insects or fungi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สามารถดำเนินการจนประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และสนับสนุนเป็นอย่างดียิ่งจาก รศ.ดร.เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ความรู้ ข้อคิด ข้อแนะนำ และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ แก่คณะผู้จัดทำ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่มอบความรู้และคำปรึกษาตลอดการทำงานจนในที่สุดทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำมีความซาบซึ้งในความกรุณาของของคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ และไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ที่มีส่วนให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนด้วยดีตลอดมา จึงขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพ

ชานนท์ ศรียศ
ธีรนัย ศิลารักษ์
นนทพัทธ์ หนองคาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

สารบัญ IV

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 หลักการและเหตุผล 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ 2

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.4 ขอบเขตของโครงการ 2

1.5 ขั้นตอนการดำเนินการ 3

1.6 ความท้าทายของโครงการ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.2 เครื่องมือในการพัฒนา 12

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 14

บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนา 17

3.1 ภาพรวมของระบบ 17

3.2 การออกแบบโรงเรือนมาตราฐาน 18

3.3 การออกแบบห้องทดลองปลูก 24

3.4 การออกแบบตู้ควบคุม 27

3.5 การออกแบบระบบไฟฟ้า 30

3.6 การออกแบบส่วนเว็บแอปพลิเคชัน 32

3.7 การออกแบบหน้า Interface Web Application 37

บทที่ 4 ผลการทดลอง 41

4.1 การทดสอบวัดผลการเจริญเติบโต 41

4.2 การทดสอบสมัครสมาชิกเพื่อเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน 47

บทที่ 5 สรุป 51

5.1 สิ่งดำเนินงานไปแล้ว 51

5.2 ปัญหา และ อุปสรรค 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ 53
บรรณานุกรม.....54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1 ลักษณะทรงต้น ใบ และปริมาณสาร THC/CBD ของกัญชาทั้ง 3 ชนิด....6
รูปที่ 2 ช่วงและระยะการเจริญเติบโตของกัญชา....6
รูปที่ 3 การควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อมตามระยะการเจริญเติบโต สกุลกัญชา....8
รูปที่ 4 บอร์ด ESP32....12
รูปที่ 5 modbus protocol....13
รูปที่ 6 firebase....14
รูปที่ 7 ฟาร์มปลูกกัญชากัญชง....17
รูปที่ 8 การควบคุมอุปกรณ์ภายในระบบ....18
รูปที่ 9 โรงเรือนหลังคาหน้าจั่วสองชั้น....19
รูปที่ 10 ภาพจำลองด้านข้างโรงเรือนมาตรฐาน....19
รูปที่ 11 ภาพจำลองด้านบนโรงเรือนมาตรฐาน....21
รูปที่ 12 แผนผังการวางระบบจ่ายน้ำ....22
รูปที่ 13 แผนผังการวางระบบผสมปุ๋ย....23
รูปที่ 14 หัวพ่นสเปรย์ Fogger พ่น 4 ทิศทาง....24
รูปที่ 15 ภาพจำลองด้านข้างห้องทดลองปลูก....25
รูปที่ 16 ภาพจำลองด้านบนห้องทดลองปลูก....25
รูปที่ 17 ตัวอย่างค่า PPFD....27
รูปที่ 18 ชุดข้อมูล Modbus RTU....27
รูปที่ 19 การต่อวงจรรับอินพุตจากเซ็นเซอร์....28
รูปที่ 20 การต่อวงจรควบคุมเอาต์พุต....28
รูปที่ 21 การต่อวงจร LCD....29
รูปที่ 22 ขาของ IC HD44780....29
รูปที่ 23 จำนวนสูงสุดของสายไฟ....30
รูปที่ 24 สายไฟฟ้ารหัส 60277 IEC....31
รูปที่ 25 ระบบไฟฟ้าสำหรับตู้ควบคุม....31
รูปที่ 26 Use case diagram....33
รูปที่ 27 หน้าเข้าสู่ระบบ....37
รูปที่ 28 หน้าแสดงฟาร์มทั้งหมด....38
รูปที่ 29 หน้าแสดงการเพิ่มฟาร์ม....38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 30 หน้าแก้ไขฟาร์ม 39
รูปที่ 31 หน้าดูข้อมูลอุปกรณ์ 39
รูปที่ 32 หน้าจัดการและควบคุม 40
รูปที่ 33 หน้าดูรายละเอียดประตู 40
รูปที่ 34 LCD แสดงสถานะเปิดไฟ 43
รูปที่ 35 LCD แสดงสถานะปิดไฟ 44
รูปที่ 36 แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้น 46
รูปที่ 37 แสดงค่า sensor บน firebase 46
รูปที่ 38 ข้อความแจ้งเตือนเข้าใช้งานสำเร็จ 47
รูปที่ 39 ข้อความแจ้งเตือนเข้าใช้งานไม่สำเร็จ 48
รูปที่ 40 ข้อความแจ้งเตือนสมัครรหัสผ่านไม่ตรงกัน 49
รูปที่ 41 ข้อความแจ้งเตือนเมื่อสมัครสมาชิกสำเร็จ 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 แสดงธาตุอาหาร **A** และ **B**.....8
ตารางที่ 2 Use case การสมัครสมาชิก.....33
ตารางที่ 3 Use case การออกจากระบบ.....33
ตารางที่ 4 Use case การรีเซ็ตรหัสผ่าน.....33
ตารางที่ 5 Use case การเรียกดูฟาร์มทั้งหมด.....34
ตารางที่ 6 Use case การค้นหาฟาร์ม.....34
ตารางที่ 7 Use case การเพิ่มฟาร์มใหม่.....34
ตารางที่ 8 Use case การเปลี่ยนชื่อฟาร์ม.....34
ตารางที่ 9 Use case การลบฟาร์ม.....35
ตารางที่ 10 Use case การตั้งค่าฟาร์ม.....35
ตารางที่ 11 Use case การเรียกดูฟาร์ม.....35
ตารางที่ 12 Use case การบันทึกรายงาน.....35
ตารางที่ 13 Use case การเพิ่มอุปกรณ์.....36
ตารางที่ 14 Use case การลบอุปกรณ์.....36
ตารางที่ 15 Use case การตั้งค่าโปรไฟล์.....36
ตารางที่ 16 Use case การเข้าสู่ระบบ.....37
ตารางที่ 17 เปรียบเทียบสภาพแวดล้อม.....41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผลของโครงการ

ในปัจจุบันรัฐบาลมีการปลดล็อกกัญชาและกัญชง ให้เป็นพืชเศรษฐกิจใหม่ที่สามารถสร้างรายได้ให้กับ เกษตรกร จากการปรับปรุงกฎหมายและออกประกาศกระทรวงสาธารณสุขในราชกิจจานุเบกษา เรื่อง ระบุชื่อยาเสพติดให้โทษใน ประเภท 5 พ.ศ. 2563 มีผลใช้บังคับเมื่อวันที 15 ธันวาคม 2563 โดยกำหนดให้ส่วนของพืชกัญชาและกัญชง เฉพาะทีได้รับอนุญาตให้ปลูก ผลิต หรือสกัดในประเทศไทย ไม่จัดเป็นยาเสพติดให้โทษ และการขออนุญาตผลิต นำเข้า ส่งออก จำหน่าย หรือมีไว้ในครอบครองซึ่งยายเสพติดให้โทษประเภทที่ 5 เฉพาะกัญชง พ.ศ.2563 มีผลใช้บังคับเมื่อวันที 29 มกราคม 2564 จึงก่อให้เกิดการสร้างห่วงโซ่อุตสาหกรรมใหม่ ได้แก่ อุตสาหกรรมต้นน้ำ จัดหาเมล็ดพันธุ์ พัฒนาสายพันธุ์พืช เพาะปลูก อุตสาหกรรมกลางน้ำ โรงสกัด สารสกัด น้ำมัน ผลิตภัณฑ์กัญชง และ อุตสาหกรรมปลายน้ำ สินค้าอุปโภคบริโภค ซึ่งที่ผ่านมากัญชงยังไม่ได้รับอนุญาตให้ใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์หรืออุตสาหกรรม ทำให้ตลาดในประเทศยังมีขนาดเล็ก ส่วนใหญ่เป็นงานหัตถกรรมพื้นฐานที่ถักทอผ้าจากใยกัญชงจำหน่ายโดยศูนย์ศิลปาชีพ (จาก รายงานผลการดำเนินงาน ด้านกัญชง กัญชา และพืชเศรษฐกิจแห่งอนาคต มหาวิทยาลัยแม่โจ้)

การปลูกกัญชาและกัญชง ผู้ปลูกจะต้องทราบและคำนึงถึงสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการปลูกกัญชาและกัญชง เพื่อที่จะสามามารถปลูกกัญชาและกัญชงได้อย่างมีประสิธิภาพ และในกรณีที่ปลูกกลางแจ้งผู้ปลูกยังต้องคำนึงถึงศักยภาพของพื้นที่ที่จะทำการปลูกว่าสามารถได้ผลผลิตที่ปริมาณสูง ต้นทุนต่อปริมาณที่สามารถผลิตได้ต่ำ ซึ่งสภาพแวดล้อมที่ควบคุมไม่ได้จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชสกุลกัญชาและกัญชงได้ เช่น ปริมาณน้ำฝน ความสั้น-ยาวของวัน อุณหภูมิ ตำแหน่งที่ตั้ง คุณสมบัติของดิน เป็นต้น และยังมีอาการผิดปกติของกัญชาและกัญชงที่เกิดจากสภาพแวดล้อมทั่วไป เช่น ช่อดอกฝ่อ กิ่งและลำต้นหัก ต้นกล้ายืดยาวผิดปกติ เป็นต้น ซึ่งทำให้มีผลการทบต่อคุณภาพและผลผลิตที่ได้

ซึ่งการจะควบคุมกระบวนการปลูกให้สามารถมีคุณภาพคงที่ และเป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องการได้จำเป็นจะต้องมีระบบควบคุมการผลิตที่แม่นยำเชื่อถือได้ อีกทั้งมีความจำเป็นที่จะต้องควบคุมสภาพแวดล้อมให้เป็นไปตามเงื่อนไขของพืชกัญชา และกัญชงแต่ละสายพันธ์ ทั้งความเข้มแสง ความยาวแสงต่อวัน อุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ และแร่ธาตุ จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาระบบควบคุมและบริหารจัดการฟาร์มกัญชา และกัญชงแบบระบบกึ่งปิดเพื่อเป็นต้นแบบเชิงพาณิชย์ให้เกษตรกรไทย ได้มีระบบควบคุมและบริหารจัดการฟาร์มกัญชา และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กัญชงที่มีประสิทธิภาพ และสามารถประยุกต์ใช้กับพืชกัญชา และกัญชงสายพันธ์ที่ไม่สามารถปลูกในประเทศไทยได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1) พัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความถูกต้องในการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในห้องปลูกและผลิตภัณฑ์
2) ลดความเสี่ยงในการผลิตโดยใช้เทคโนโลยีการควบคุมที่มีประสิทธิภาพสูงและการตรวจวัดที่ถูกต้อง
3) พัฒนาการควบคุมการทำงานของระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและลดการสูญเสีย

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) กัญชาและกัญชงมีคุณภาพและผลผลิตที่คงที่
2) ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพ
3) ต้นแบบระบบควบคุมและบริหารจัดการฟาร์มกัญชาและกัญชงแบบระบบกึ่งปิดช่วยลดต้นทุนในการผลิต

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

1) สร้างระบบควบคุมและบริหารจัดการฟาร์มกัญชา-กัญชงแบบระบบกึ่งปิด โดยที่ผู้ใช้สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมในส่วนของ ความยาวแสงต่อวัน ปริมาณน้ำ อุณหภูมิ และความชื้น ได้
2) สร้างเครื่องปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำและปุ๋ยน้ำที่จะนำไปให้กัญชาและกัญชงให้มีค่าอยู่ที่ 6.0 -6.5
3) สร้างเครื่องควบคุมสารอาหารในน้ำให้เหมาะสมในช่วงการเจริญเติบโตในทางการเจริญเติบโตทางใบและลำต้น ช่วงสร้างช่อดอก และช่วงขยายช่อดอก ให้มีค่าอยู่ที่ 1.0 1.2 และ 1.4 ตามลำดับ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินการ

1) ศึกษาสภาพแวดล้อม และการปลูกพืชกัญชา และกัญชง
2) ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ในการทำฟาร์มระบบกึ่งปิด และระบบควบคุมบริหารจัดการสมาร์ทฟาร์ม รวมถึงโปรแกรม ภาษา และเครื่องมือต่าง ๆ
3) ออกแบบโรงเรือนที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชกัญชาและกัญชง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ออกแบบโรงเรือนที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชกัญชาและกัญชง
5) สร้างห้องปลูก
6) ออกแบบ Web Application สำหรับระบบควบคุม และบริหารจัดการสมาร์ทฟาร์ม
7) พัฒนาต้นแบบระบบตรวจวัด และควบคุมสภาพแวดล้อม
8) ติดตั้งระบบตรวจวัด และควบคุมสภาพแวดล้อม
9) พัฒนา Web Application ระบบควบคุม และบริหารจัดการสมาร์ทฟาร์ม
10) เชื่อมโยงข้อมูลจากระบบตรวจวัด และควบคุมสภาพแวดล้อมไปยังฐานข้อมูล และ Web Application
11) ทดสอบระบบควบคุม และบริหารจัดการสมาร์ทฟาร์ม
12) ปรับปรุงระบบ
13) สรุปผลและจัดทำเล่มโครงการวิจัย

1.6 ความท้าทายของโครงการนี้

เนื่องจากกัญชาเป็นพืชที่ต้องการดูแลอย่างมากเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพและคุณภาพที่สูงจึงต้องมีการศึกษาระบบโรงเรือน ตัวพืช ระยะเวลาการปลูกเพื่อให้โรงเรือนและระบบของเรานั้นมีประสิทธิภาพมากที่สุดในส่วนของระยะเวลานั้นตัวพืชใช้เวลาค่อนข้างนานในการเติบโตจึงเป็นการท้าทายมากที่จะทำให้สำเร็จภายในครั้งแรกที่เราทำเพื่อไม่ให้ระยะเวลาและงบประมาณบานปลายจนเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การปลูกกัญชา [4] [6] [8] [16]

กัญชาถือว่าเป็นหนึ่งในพืชที่มีคุณค่ามากชนิดหนึ่งเพราะเป็นพืชที่สามารถให้เส้นใยน้ำมันและสารที่เป็นประโยชน์ทางสุขภาพและยาซึ่งเป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวางและมีการใช้ประโยชน์จากสิ่งเหล่านี้มาเป็นระยะเวลานานกัญชาเป็นพืชที่สามารถขึ้นได้ทั่วไปในเขตอบอุ่นและเขตร้อน กัญชาสามารถทนทานต่อสิ่งแวดล้อมได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับพืชอื่น ๆ เช่น ทนโรค ทนแมลง และทนแล้ง เป็นต้น กัญชายังถือว่าเป็นพืชที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจสูงด้วยเช่นกันเพราะการปลูกและการดูแลรักษาง่ายให้ผลผลิตชีวมวลสูงในเวลาที่สั้นเส้นใยของพืชสกุลกัญชาสามารถผลิตเป็น เชือก และเครื่องนุ่งห่ม ลำต้นสามารถผลิตเป็น กระดาษ วัสดุก่อสร้าง และพลังงานใบรากและช่อดอกเพศผู้สามารถผลิตเป็นยาช่อดอกเพศเมียสามารถใช้ในทางการแพทย์ และสันทนาการ เมล็ดสามารถผลิตเป็น อาหารสำหรับมนุษย์ และกากเมล็ดสามารถผลิตเป็น อาหารสำหรับสัตว์

1) พฤกษศาสตร์และกายวิภาคของกัญชา
   - เป็นพืชล้มลุกเมื่อออกดอกจะหยุดการเจริญเติบโตทางลำต้น และเมื่อดอกตัวเมียได้รับการผสมต้นก็จะตาย
   - ไม่มีรากแก้วที่ชัดเจนส่วนใหญ่เป็นรายฝอยแผ่กว้างรัศมี 80 – 120 เซนติเมตร และลึกได้ถึง 100 เซนติเมตรแต่ส่วนใหญ่อยู่บริเวณ 20 เซนติเมตรของดินชั้นบน
   - ใบมีลักษณะมนแฉกลึกเข้าไปทางก้านหลายแฉก ประมาณ 5 – 8 แฉก มีลักษณะคล้ายใบมันสำปะหลังที่ขอบใบทุกใบจะมีรอยหยักอยู่เป็นระยะ ๆ
   - เพศของกัญชามีทั้งต้นตัวผู้ ต้นตัวเมีย และต้นกระเทย (ที่มีทั้งเพศผู้และเพศเมียอยู่ในต้นเดียวกัน) แต่ที่นิยมปลูกจะเป็นต้นตัวเมียเพราะจะให้สารสำคัญในปริมาณที่มากกว่า
   - การออกดอกขึ้นอยู่กับชนิดและสายพันธุ์ส่วนใหญ่เป็นพืชวันสั้นคือ จะเริ่มออกดอก เมื่อช่วงกลางวันสั้นกว่าช่วงวันวิกฤติ (ส่วนใหญ่ประมาณ 8 – 12 ชั่วโมง) แต่ถ้าเป็นพันธุ์ลูกผสมบางชนิดจะออกดอกเมื่ออายุครบกำาหนด (70 – 120 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

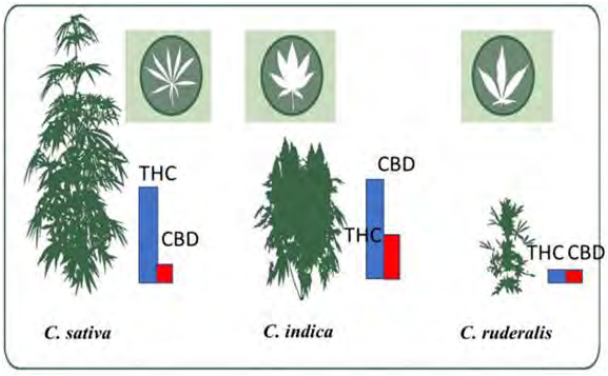
- ดอกสีเขียวช่อดอกเพศผู้และช่อดอกเพศเมียอยู่ต่างต้นกันออกดอกเป็นช่อเล็ก ๆ ตามง่ามของกิ่งและก้าน
- สามารถสูงได้ 0.5 – 4.5 เมตร ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์
- การขยายพันธุ์ส่วนใหญ่ขยายพันธุ์โดยเมล็ด แต่ก็สามารถชำจากกิ่งได้เช่นกัน
- เมล็ดปริมาณ 100 กรัม มีเมล็ดเฉลี่ย 2,000 – 2,500 เมล็ด (100 เมล็ด หนัก 4 – 5 กรัม)

2) ชนิดและพันธุ์

กัญชาสามารถจำแนกได้โดยการใช้ลักษณะตามแหล่งกำเนิดที่มีลักษณะเฉพาะเป็นของตัวเองโดยสามารถแบ่งได้เป็น 3 species คือ Cannabis sativa, Cannabis indica และ Cannabis ruderalis

- ซาติว่า (Sativa) กัญชาสายพันธุ์ซาติว่าพบได้ทั่วไปในสภาพอากาศร้อนและแห้งมีแสงแดดจัดเป็นเวลานานมักจะพบได้ใน แอฟริกา อเมริกากลาง เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และบางส่วนของเอเชียตะวันตก กัญชาสายพันธุ์ซาติว่ามีลักษณะลำต้นสูง ผอม มีใบยาว สามารถเจริญเติบโตได้สูงกว่า 3-4 เมตร และใช้เวลาในการเติบโตเต็มที่นานกว่ากัญชาสายพันธุ์อื่น ๆ โดยทั่วไปกัญชาสายพันธุ์ซาติว่ามักจะมีปริมาณสาร CBD ต่ำและมีปริมาณสาร THC สูง
- อินดิก้า (Indica) กัญชาสายพันธุ์อินดิก้ามีถิ่นกำเนิดในอัฟกานิสถาน อินเดีย ปากีสถาน และตุรกี กัญชาสายพันธุ์อินดิก้าได้ปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศที่แห้งแล้งและปั่นป่วนของภูเขาฮินดูกูช (Hindu Kush Mountains) กัญชาสายพันธุ์อินดิก้ามีลักษณะลำต้นเตี้ย มีใบอ้วนหนา และกว้างเติบโตได้เร็วกว่ากัญชาสายพันธุ์ซาติว่า โดยทั่วไปกัญชาสายพันธุ์อินดิก้ามักจะมีสาร CBD สูงและมีปริมาณสาร THC สูงหรือบางสายพันธุ์จะมีปริมาณสาร THC ต่ำได้เช่นกัน
- รูเดราลิส (Ruderalis) กัญชาสายพันธุ์รูเดราลิสเกิดจากการปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศที่โหดร้ายจึงมีถิ่นกำเนิดที่ ยุโรปตะวันออก บริเวณหิมาลัยของอินเดีย ไซบีเรีย และรัสเซีย กัญชาสายพันธุ์รูเดราลิสเติบโตเร็วเหมาะสำหรับสภาพแวดล้อมที่หนาวเย็นและมีแสงแดดน้อยมีลักษณะลำต้นเล็กมักจะมีความสูงไม่เกิน 12 นิ้ว แต่จะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยทั่วไปกัญชาสายพันธุ์รูเดราลิสจะมีปริมาณสาร CBD และ THC พอ ๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 **ลักษณะทรงต้น ใบ และปริมาณสาร** THC/CBD **ของกัญชาทั้ง** 3 **ชนิด**[6]

3) ช่วงการเจริญเติบโตของกัญชา

- ช่วงเมล็ดงอก เริ่มเมื่อเมล็ดได้รับความชื้นจนรากงอกออกมา และเริ่มมีใบเลี้ยง
- ช่วงต้นอ่อน เริ่มจากใบเลี้ยงบานออก และใบจริงเริ่มงอกออกมาต้นยืดตัวจนมีใบเลี้ยง 4 – 8 ใบ
- ช่วงเจริญเติบโตทางต้น มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเพื่อสะสมอาหารโดยในช่วงแรกต้นจะยืดสูงแตกใบจำนวนมาก ประมาณกลาง ๆ ของช่วงนี้ต้นจะเริ่มแสดงเพศอย่างชัดเจน ช่วงปลายของการเจริญเติบโตต้นจะสูงช้าลงแต่จะแตกทรงพุ่มเป็นส่วนใหญ่ และปรากฏเพศของต้นอย่างชัดเจน
- ช่วงออกดอก แทงช่อดอก (ทั้งตัวผู้และตัวเมีย) ออกมาจำนวนมากดอกพัฒนาจนสมบูรณ์ในกรณีที่เป็นดอกตัวผู้ดอกจะบาน และปล่อยเกสรออกมา
- ช่วงพัฒนาเมล็ด นับจากช่วงที่ดอกตัวเมียได้รับการผสมเกสรจนเมล็ดแก่สมบูรณ์

รูปที่ 2.2 **ช่วงและระยะการเจริญเติบโตของกัญชา**[6]

4) การปลูก

การเตรียมวัสดุปลูกใช้ขุยมะพร้าวเพราะ มีลักษณะร่วนซุย ระบายน้ำได้ดี ราคาถูก และไม่มีเชื้อโรคแมลง หรือโลหะหนักปนเปื้อน โดยมีวิธีการเตรียมดังนี้

- นำขุยมะพร้าวไปล้าง ในน้ำ 2-3 ครั้ง เพื่อล้างเกลือที่ตกค้างอยู่ออก
- ผสม เพอไรท์ลงไปในอัตราส่วน 1:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นำวัสดุปลูกที่ได้ใส่ลงกระถางปลูก เติมน้ำลงไปล้างวัสดุปลูกและทำการวัดค่า Ph น้ำขาเข้าและขาออกให้อยู่ที่ 6.0 ถ้าค่า Ph ของน้ำขาเข้าและขาออกยังไม่เท่ากันให้ทำการล้างวัสดุปลูกอีกรอบ เพื่อปรับให้วัสดุปลูกมีค่าเป็นกลาง

5) สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกกัญชา

- อุณหภูมิ ช่วงเปิดไฟ อุณหภูมิที่เหมาะสม 22-28 C และ ช่วงปิดไฟ อุณหภูมิที่เหมาะสม 18-23 C ขึ้นอยู่กับแต่ละสายพันธุ์
- ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมจะทำให้สภาพแวดล้อมปลอดเชื้อราระดับความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมคือระหว่าง 40-70 %
- แสงเทียม ใช้ Full spectrum light Led ให้แสงสีเลียนแบบแสงอาทิตย์และให้ช่วงคลื่นแสงที่ 400-700 นาโนเมตร ให้ความเข้มแสงที่ 1,000–1,500 μmol m-2 s -1 และให้ช่วงความยาวนานการให้แสงต่อวันที่ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นจะเปิดไฟ 18 ชั่วโมงและปิดไฟ **6** ชั่วโมงต่อวัน ระยะการกระตุ้นการออกดอกเปิดและปิดไฟ 12 ชั่วโมงต่อวัน
- ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิต ของต้นกัญชาเพิ่มขึ้นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมต่อต้นกัญชาคือ 800 - 2,000 ppm
- ลม ติดตั้งพัดลมเพื่อเพิ่มการหมุนเวียนอากาศในห้องปลูก ให้มีความเร็วลมประมาณ 1 เมตร/วินาที ทำให้เกิดการไหลเวียนของก๊าซ CO2 รอบใบ ช่วยส่งเสริมขบวนการสังเคราะห์แสง
- ปุ๋ยหรือธาตุอาหาร ช่วงทำใบกัญชาจะต้องการธาตุไนโตรเจนมาก เพื่อที่จะนำไปสร้างลำต้นและใบ ส่วนในช่วงทำดอกจะต้องต้องการฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมมาก
- น้ำ EC และ Ph ของสารละลายธาตุอาหาร ค่า Ph ของน้ำที่เหมาะสมจะอยู่ที่ 5.5 – 6.5 และ ค่า EC ควรอยู่ระหว่าง 1.0 - 2.0
- วัสดุปลูก ควรมีลักษณะร่วนซุย ระบายน้ำได้ดี ไม่มีเชื้อโรคแมลง หรือโลหะหนักปนเปื้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ระยะต้นกล้า	ระยะเจริญเติบโตทางลำต้น	ระยะก่อนออกดอก	ระยะออกดอก
ระยะเวลา (วัน)	14	21-42	3-7	48-70
ความเข้มแสง (ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที)	150-200	450-500	450-500 ค่อยปรับให้ถึง 700-800	700-800
ความยาวแสงต่อวัน (ชั่วโมง)	18	18	12	12
อุณหภูมิห้อง (องศาเซลเซียส)	21-23	26-29	26-29	26-29
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	100	75-80	55-67	55-67
ความเข้มข้นของ CO_2 (ppm)	400	1,200-1,500	1,200-,1500	400

รูปที่ 2.3 **การควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อมตามระยะการเจริญเติบโตของพืช สกุลกัญชา**[4]

ตาราง 2.1 แสดงธาตุอาหาร A และ B ต่อน้ำ 5 ลิตร[6]

สารละลายธาตุอาหารเข้มข้น A (ต่อน้ำ 5 ลิตร)	
แคลเซียมไนเตรท	1,100.0 กรัม
เหล็ก EDDHA	50.0 กรัม
เหล็ก DTPA	50.0 กรัม
สารละลายธาตุอาหารเข้มข้น B (ต่อน้ำ 5 ลิตร)	
โพแทสเซียมไนเตรท	600.0 กรัม
แมกนิเซียมซัลเฟต	600.0 กรัม
โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต	300.0 กรัม
นิก-สเปรย์	50.0 กรัม
แมงกานีสคีเลท	10.0 กรัม
นิกเกิลซัลเฟต	0.5 กรัม
แอมโมเนียมโมลิปเดท	0.5 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) การตัดชำ

เป็นการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ทำให้ได้ต้นกล้าที่มีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนต้นแม่ ถ้าหากได้สายพันธุ์ที่ดีมาจะทำให้ได้ผลผลิตที่สูง ให้ต้นสม่ำเสมอ ง่ายต่อการดูแล เนื่องจากต้นแมเป็นเพศเมียทำให้ไม่มีต้นกระเทยหรือตัวผู้ปะปนมาจำไม่เสียพื้นที่ปลูกไปกับต้นกระเทยหรือตัวผู้ และยังสามารถประหยัดเวลาและแรงงานกับการค้นหาและจัดการต้นกระเทยหรือต้นตัวผู้ในฟาร์มโดยวิธีการตัดชำต้นกล้าจะมีวิธีการดังนี้

- เลือกต้นแม่พันธุ์ ควรมีความสูงที่ 12 นิ้วขึ้นไป
- การเลือกกิ่ง โดยมีหลักการคือ กิ่งที่จะนำไปใช้จะต้องมีตาใบจำนวน 2 ใบขึ้นไป จากนั้นให้ตัดกิ่งทำมุม 45 องศา โดยตัดใต้ตาใบประมาณ 2 – 2.5 เซนติเมตรและนำไปแช่ในน้ำทันทีเพื่อป้องกันไม่ให้กิ่งเหี่ยวตาย
- เตรียมวัสดุปลูก ใช้วัสดุปลูกเป็นพีทมอสและเพอไรท์ที่ 60:40 จากนั้นนำวัสดุปลูกลงกระถางขนาด 2 นิ้วและทำการรดน้ำให้ชุ่ม
- ลดการคายน้ำ โดยการตัดใบของแต่ละใบในกิ่งชำออก 50% จากนั้นนำกิ่งชำไปแช่ในน้ำยาเร่งราก
- นำกิ่งชำลงกระถาง โดยปักกิ่งชำลงไปในวัสดุปลูกลึกอย่างน้อย 2.5 เซนติเมตร
- รดน้ำให้ชุ่ม ทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นนำกิ่งชำย้ายลงในภาชนะแบบควบแน่นเช่น ถุงพลาสติก ถุงซิป หรือกล่องเพาะเมล็ดเป็นต้น จากนั้นทำการปิดภาชนะให้สนิทและให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน
- หลังจากครบ 7 วันให้ทำการเปิดรูที่ภาชนะ 3 วัน เพื่อให้กัญชาได้ปรับตัวกับสภาพอากาศภายนอกและยังเป็นการป้องกันการชะงักการเจริญเติบโตของกิ่งชำอีกด้วย จากนั้นให้สังเกตรากที่ก้นกระถาง หากมีรากแล้วสามารถย้ายปลูกลงในกระถางขนาดใหญ่ขึ้นได้เลย

7) โรคและแมลง

- โรคโคนเน่า มีเส้นใยสีขาวซึ่งเป็นของเชื้อราขึ้นบริเวณโคนต้นเกิดจากต้นโยกคลอนทำให้เกิดแผลที่โคนต้นส่งผลเกิดเชื้อราในที่สุดสามารถ แก้ไขโดยการลดความชื้นบริเวณโคนต้นและใช้ไม้ค้ำลำต้นเพื่อป้องกันต้นโยกคลอน วัสดุปลูกที่ใช้ควรเป็นวัสดุที่สะอาด
- โรครากเน่า ต้นและใบจะมีลักษณะเหลืองมีการเจริญเติบโตที่ช้าเกิดจากแบคทีเรียและวัสดุปลูกมีความชื้นสูงจนเกิดน้ำขังสามารถ แก้ไขโดยปรับลดความชื้นของวัสดุปลูกให้เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โรคใบจุด ใบมีแผลเป็นจุดมีลักษณะเป็นสีเหลืองอ่อนต่อมาจะกลายเป็นสีน้ำตาลเกิดจากเชื้อราเซพทอเรียและภายในโรงเรือนมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง แก้ไข้โดยการตัดใบที่เป็นโลกออกจากโรงเรือนและนำไปเผาทำลายหรือใช้สารเคมีกำจัดเชื้อราหรือใช้สารชีวภัณฑ์เพิ่มการหมุนเวียนอากาศภายในโรงเรือนเช่นเพิ่มพัดลมเพิ่มระยะห่างของต้นตัดแต่งกิ่งเพื่อเพิ่มการไหลเวียนอากาศ
- โรคเชื้อราบนช่อดอก ช่อดอกมีเส้นใยแล้วกลายเป็นสีน้ำตาลในเวลาต่อมาทำให้ช่อดอกยุบตัวเกิดจากเชื้อราและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในโรงเรือนสูงในช่วงเวลาเช้า แก้ไขโดยตัดช่อดอกที่ติดเชื้อออกไปทำลายนอกโรงเรือนทำการตัดแต่งกิ่งให้ทรงพุ่มปลอกโปร่งเพิ่มการหมุนเวียนอากาศภายในโรงเรือนใช้สารเคมีกำจัดเชื้อราหรือใช้สารชีวภัณฑ์
- เพลี้ยอ่อน จะดูดกินน้ำเลี้ยงใต้ใบและบริเวณยอดออ่อนของต้นอยู่ได้ในอากาศอบอุ่นไปจะถึงอากาศร้อน สามารถแก้ไขได้โดยการกำจัดมดที่เป็นคนนำพาเพลี้ยอ่อนเข้าสู่โรงเรือนใช้สารเคมีกำจัดแมลงหรือใช้สารชีวภัณฑ์
- หนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด หนอนจะกัดกินบริเวณใบและบริเวณยอดของพืชในช่วงเวลาเช้าและเย็นและจะหลบอยู่บริเวณใต้ในช่วงกลางวันระบาดได้ทุกฤดูอยู่ได้ในอากาศอบอุ่นไปจะถึงอากาศร้อน สามารถแก้ไขได้โดยการจับออกนอกโรงเรือนใช้สารเคมีกำจัดแมลงหรือใช้สารชีวภัณฑ์ สามารถป้องกันได้โดยการตรวจสอบว่าโรงเรือนมีรอยรั่วและระมัดระวังเวลาเปิดปิดประตูเข้าออกโรงเรือน
- หนอนม้วนใบ หนอนจะกัดกินใบอ่อนหรือยอดอ่อนแล้วไปมาติดกันเพื่อหลบภัยระบาดช่วงฤดูร้อนและช่วงฤดูฝน สามารถแก้ไขได้โดยการหยิบออกไปนอกโรงเรือนถ้าพบมากให้ตัดต้นนั้นออกใช้สารเคมีกำจัดแมลงหรือใช้สารชีวภัณฑ์ สามารถป้องกันได้โดยการตรวจสอบว่าโรงเรือน
- หนอนชอนใบ ดูดกินน้ำเลี้ยงบริเวณใต้ใบและบริเวณยอดออนของพืชอยู่ได้ในสภาพอากาศอากาศอบอุ่นไปจะถึงร้อน สามารถแก้ไขได้โดยสามารถแก้ไขได้โดยการหยิบออกไปนอกโรงเรือนถ้าพบมากให้ตัดต้นนั้นออกใช้สารเคมีกำจัดแมลงหรือใช้สารชีวภัณฑ์
- ไรแดง กัดกินผิวใบอยู่ได้ในสภาพอากาศร้อนแห้ง สามารถป้องกันได้โดยการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนหรือใช้สารเคมีกำจัดไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) แสงกับการเจริญเติบโตของพืช

- ความเข้มแสง(Light intensity) คือ คือความสว่างที่ตามนุษย์เห็นได้มีความสัมพันธ์กับกับการสังเคราะห์แสงและชนิดของพืช
- สเปกตรัมแสง (Spectrum) คือ คุณภาพของแสงที่เป็นสีหรือความยาวคลื่นในแสงอาทิตย์ที่ถ้าเราแยกด้วยปริซึมพมว่าประกอบด้วยแสงสีต่างๆ คือ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง ส้ม แดง โดยที่แสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชมากที่สุดแสงสีเขียวและแสงสี่เหลืองมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชน้อยที่สุด
- ปริมาณแสงที่พืชได้รับต่อวัน(Daily Light Integral) หาได้จากความยาวต่อการให้แสงต่อวันคูณกับความเข้มแสงที่พืชได้รับซึงพืชแต่ละชนิดมีความต้องการความเข้มแสงและระยะเวลาการให้แสงแตกต่างกันปริมาณแสงที่พืชได้รับต่อวัน มีหน่วยเป็นไมโครโมลต่อตะรางเมตรต่อวัน
- แสงแอลอีดี (LED light) คือ ไดโอดเปล่งแสงเป็นอีกวิธีในการสร้างแสงแดดเทียมที่ใช้ในการปลูกพืชมี 2 แบบคือ Full spectrum LED light คือหลอดไฟผลิตแสงเทียมที่ครบทุกช่วงแสงที่พืชต้องการคือช่วงแสง 400 – 700 นาโนเมตรอาจมีการเพิ่มช่วงแสงอัลตราไวโอเลตและอินฟราเรด Specific spectrum LED light คือหลอดไฟที่ผลิดแสงเทียมเฉพราะที่พืชใช้ในการเจริญเติบโตประกอบด้วยชวงแสงสีแดงและช่วงแสงสีน้ำเงินอาจมีการเพิ่มช่วงแสงอัลตราไวโอเลตและอินฟราเรด
- ความยาวในการให้แสงต่อวัน(Light duration) คือเวลาที่พืชได้รับแสงต่อวันหรือจำนวนชั่วโมงที่พืชได้รับแสงในช่วงวันเพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสงโดยพืชจะแบ่งได้ตามลักษณะของการตอบสนองช่วงแสงที่ได้รับออกเป็น **3** ประเภท ได้แก่ พืชวันสั้น พืชวันยาวและพืชที่ไม่ตอบสองต่อช่วงแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เครื่องมือในการพัฒนา

2.2.1 ESP32[9]

ESP32 เป็นชิปเซ็ตที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการพัฒนาและสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบ IoT (Internet of Things) ซึ่งมีความสามารถที่หลากหลายและเหมาะกับงาน การเชื่อมต่อกับเครือข่ายไร้สาย ESP32 สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายไร้สาย Wi-Fi ได้ โดยสนับสนุนมาตรฐาน Wi-Fi ทั้ง 802.11b/g/n และ 802.11ac และ ESP32 รองรับการเชื่อมต่อแบบบลูทูธ (Bluetooth) ซึ่งช่วยให้เราสามารถสื่อสารกับอุปกรณ์อื่นๆที่มีการเชื่อมต่อแบบบลูทูธเช่นสมาร์ทโฟนหรืออุปกรณ์เสริมต่างๆ ESP มีการควบคุมการทำงานแบบพลังงานต่ำโดยรองรับการปรับปรุงการใช้งานพลังงานแบบต่าง ๆ เพื่อลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น ซึ่งเหมาะสำหรับอุปกรณ์ IoT ที่ต้องการใช้งานในระยะเวลานาน ESP32 มาพร้อมกับหน่วยประมวลผลคู่ (dual-core) และความเร็วสูง ทำให้มีความสามารถในการประมวลผลที่มีประสิทธิภาพสูง และสามารถรองรับการควบคุมอุปกรณ์ที่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ESP32 สามารถสื่อสารผ่านพอร์ตต่างๆ เช่น UART, SPI, I2C, I2S, CAN ซึ่งช่วยให้สามารถเชื่อมต่อและสื่อสารกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย

ดังนั้น ESP32 เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความยืดหยุ่นและความสามารถในการเชื่อมต่อกับเครือข่ายไร้สาย และควบคุมอุปกรณ์ IoT หรือโปรเจ็กต์ที่มีความซับซ้อนและต้องการการประมวลผลที่มีประสิทธิภาพสูงในขณะที่อยู่ในระดับพลังงานต่ำ รวมถึงการสื่อสารกับอุปกรณ์อื่น ๆ แบบหลากหลาย

รูป 2.1 **บอร์ด** ESP32

2.2.2 Modbus Protocol [10]

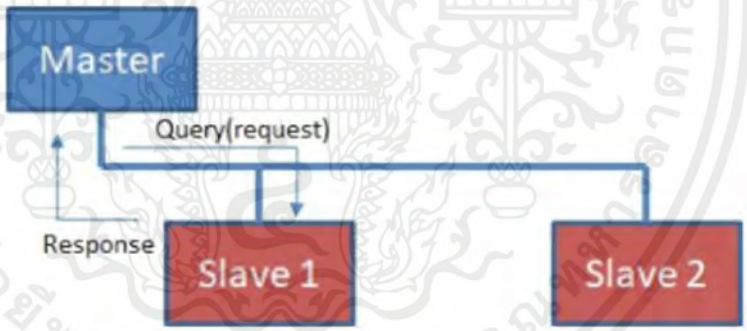
Modbus Protocol เป็นโปรโตคอลการสื่อสารที่ใช้ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบ Master-Slaveโดยเป็นโปรโตคอลที่ใช้พิเศษในการควบคุมและจัดการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเล็กทรอนิกส์ในระบบอัตโนมัติ เช่น ระบบควบคุมอุตสาหกรรม (Industrial Control System) หรือระบบการควบคุมอาคาร (Building Automation System) เป็นต้น

โปรโตคอล Modbus มีความยืดหยุ่นและเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีความเข้ากันได้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่รองรับโปรโตคอลนี้ โดยทั่วไปแล้ว Modbus Protocol มีการใช้งานในรูปแบบสองแบบหลัก คือ Modbus RTU และ Modbus TCP/IP ซึ่งแต่ละแบบมีลักษณะและวิธีการสื่อสารที่แตกต่างกันดังนี้ Modbus RTU เป็นการสื่อสารที่ใช้สื่อสารผ่านทางพอร์ตซีเรียล (Serial Port) เช่น RS-232, RS-485 โดยใช้โครงสร้างข้อมูลแบบ binary ซึ่งเหมาะสำหรับระบบเครือข่ายแบบ Master-Slave แบบพิเศษที่มีระยะทางการสื่อสารไม่ยาวมาก Modbus TCP/IP เป็นการสื่อสารที่ใช้โปรโตคอล TCP/IP ซึ่งเหมาะสำหรับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และสามารถใช้งานผ่านเครือข่าย Ethernet ได้ เป็นที่นิยมในระบบอัตโนมัติที่มีการเชื่อมต่อแบบ Master-Slave แบบกลุ่มใหญ่

ดังนั้น Modbus Protocol เหมาะสำหรับงานที่ต้องการการควบคุมและจัดการอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบอัตโนมัติ ทั้งในระบบควบคุมอุตสาหกรรมและระบบการควบคุมอาคาร โดยมีความยืดหยุ่นและเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับการสื่อสารแบบ Master-Slave โดยใช้พอร์ตซีเรียลหรือผ่านเครือข่าย Ethernet ได้



รูป 2.2 Modbus Protocol

2.2.3 Firebase [11]

Firebase เป็นแพลตฟอร์มแบบคลาวด์ (cloud-based platform) ที่พัฒนาโดย Google ซึ่งให้บริการเครื่องมือและบริการต่าง ๆ สำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันเว็บและมือถือ ที่มีความสามารถหลากหลายและใช้งานง่ายเพื่อสนับสนุนในการพัฒนาและการดำเนินงานของแอปพลิเคชันความสามารถของ Firebase ประกอบด้วย ฐานข้อมูลแบบ Real-time Firebase เป็นฐานข้อมูลแบบ NoSQL ที่สนับสนุนการเก็บข้อมูลและการอัปเดตแบบ Real-time ทำให้ข้อมูลสามารถอัปเดตและแสดงผลเรียลไทม์ได้ทันที การเก็บข้อมูลและการจัดการผู้ใช้งาน Firebase มีเครื่องมือในการเก็บข้อมูลผู้ใช้งาน และการจัดการการลงชื่อเข้าใช้และการระบุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวตนของผู้ใช้ ซึ่งช่วยให้คุณสามารถสร้างระบบการลงชื่อเข้าใช้งานและการจัดการสิทธิ์ของผู้ใช้งานได้ง่ายขึ้น การโฮสต์และการเก็บไฟล์ Firebase มีบริการโฮสต์และเก็บไฟล์ (storage) ซึ่งช่วยในการจัดการไฟล์สื่อต่าง ๆ ในแอปพลิเคชันของคุณ เช่น รูปภาพ วิดีโอ หรือเอกสาร การแจ้งเตือนแบบส่งข้อความ Firebase มีบริการการแจ้งเตือนแบบส่งข้อความ (messaging) ที่ช่วยในการส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งานของแอปพลิเคชัน ทำให้คุณสามารถส่งการแจ้งเตือนทันทีหรือเวลาที่กำหนดได้การวิเคราะห์และการติดตามผู้ใช้งาน Firebase มีเครื่องมือในการวิเคราะห์และติดตามผู้ใช้งานและพฤติกรรมการใช้งานของแอปพลิเคชันเพื่อให้คุณสามารถติดตามและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อปรับปรุงประสบการณ์ของผู้ใช้งานได้

Firebase เหมาะสำหรับงานที่ต้องการพัฒนาแอปพลิเคชันเว็บและมือถือที่มีความสามารถแบบ Real-time และต้องการความสะดวกในการจัดการฐานข้อมูล การติดตามผู้ใช้งาน การแจ้งเตือนและการเก็บไฟล์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับแอปพลิเคชันที่ต้องการความรวดเร็วและประสิทธิภาพสูงในการพัฒนา

Firebase

รูป 2.5 Firebase

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 งานวิจัยที่ 1[12]

Smart Farming using IoT, a solution for optimally monitoring farming conditions งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกษตรกรเปลี่ยนจากการทำเกษตรแบบเดิมมาใช้ IoT ในการจัดการระบบเกษตรเพื่อผลผลิตและลดค่าใช้จ่ายในการทำการเกษตรอีกด้วย โดยในการทดลองนี้จะเป็นการลองทำเกษตรโดยเอา IoT เข้ามาใช้งานด้วยทำให้เห็นว่าผลการทดลองนี้ ทำให้เราสามารถเพิ่มผลผลิต คุณภาพ หรือ ควบคุมปัจจัยต่างๆได้ และสามารถรับรู้รายละเอียดได้ทั้งหมด เช่น อุณหภูมิความชื้น แม้กระทั่งสิ่งที่ตาเราไม่สามารถมองเห็นเช่น โรค หรือ สารอาหารที่ขาดไปนั้นเองผลลัพธ์ที่ได้เราพบว่าฮาร์ดแวร์และวัสดุที่ใช้ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนาต้นแบบช่วยให้ผลิตผลมีประสิทธิภาพและแม่นยำ รวมทั้งมีราคาถูกสำหรับเกษตรกร ซึ่งเป็นการประหยัดงบประมาณและติดตั้งได้ง่ายสำหรับเกษตรกรอีกด้วย จึงสรุปได้ว่าการนำ IoT มาใช้งานร่วมด้วยเป็นผลลัพธ์ที่พึงพอใจ โดยสิ่งที่เราจะนำมาใช้กับ

โครงการของเราจากงานวิจัยนี้คือการนำประโยชน์ของ IoT มาใช้ เช่น ESP32s Node MCU มาลดขั้นตอนการทำงานและประยุกต์ใช้ในโครงการของเรา เพื่อใช้ในการดูค่าหรือตรวจวัดค่าต่างๆจากเซนเซอร์ลดภาระจากคนให้มากขึ้นเพื่อจุดประสงค์ของโครงการนี้คือการที่เราจะอำนวยความสะดวกในการทำเกษตรมากขึ้น

2.3.2 งานวิจัยที่ 2[13]

Effect of artificial light on photosynthetic indices and dried flower of cannabis under semi-closed plant production system งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบช่วงของแสงว่ามีผลต่อการสังเคราะห์แสงหรือไม่ โดยการการทดลองจะใช้ช่วงแสง 3200K 65000K และ 3200:6500K ในอัตราส่วน 1:1 และทดลองในสภาพแวดล้อมแบบกึ่งปิด โดยใช้ความเข้มแสงที่ 400 µmolm ในระยะเวลาทั้งหมด 90 วัน ผลการทดลองคือ น้ำหนักเฉลี่ยนในส่วนของลำต้นสดและดอกกัญชาสดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นน้ำหนักรากที่สดปลูกภายใต้แสง 3200:6500K ในอัตราส่วน 1:1 มีค่าสูงกว่าการปลูกที่แสง 6500K อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนดอกปริมาณผลผลิตดอกแห้งรวมของกัญชาสายพันธุ์ภูพานแดงจะมีค่าสูงที่สุดที่การปลูกภายใต้แสง LED แบบ 3200K และ 3200:6500K ในอัตราส่วน 1:1 รวมถึงขนาดของช่อดอกกัญชาสายสายพันธุ์ภูพานแดงที่ปลูกภายใต้แสงแบบ 3200K และ 3200:6500K จะมีขนาดใหญ่กว่าแบบที่ปลูกภายใต้แสงแบบ 65000K เพียงอย่างเดียว

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงสเปกตรัมของแสงว่ามีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของกัญชายังไงทำให้สามารถนำไปประประยุกต์ใช้ในการเลือกช่วงสเปกตรัมที่จะนำมาใช้ในการทดลองได้

2.3.3 งานวิจัยที่ 3[14]

WASTEWATER RECOVERY OF AIR CONDITIONING FOR INDOOR CANNABIS PRODUCTION การทดลองนี้จะเป็นการทดลองการปลูกกัญชาในระบบปิด 100 % โดยการใช้เครื่องปรับอากาศในการควบคุมอุณหภูมิและนำน้ำที่ได้จากการเปิดเครื่องปรับอากาศนั้นนำกลับมาใช้ โดยการออกแบบระบบ จะใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 12000 btu ในการทดลอง และจะมีแท้งน้ำสำหรับให้ต้นกัญชา โดยจะต่อท่อน้ำเสียจากเครื่องปรับอากาศกลับเข้ามาในแท้งโดยจะมีระบบควบคุมการให้น้ำเพื่อจัดการการปล่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำให้ต้นกัญชา การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า เราสามารถนำน้ำที่เกิดจากการใช้เครื่องปรับอากาศกลับมาใช้เพื่อรดต้นกัญชาต่อไปได้

เรานำงานวิจัยนี้มาปรับใช้ในการสร้างห้องต้นแบบในการวางระบบปรับอากาศในห้องปลูกการวางระบบรดน้ำให้ปุ๋ยและระบบการให้น้ำแต่เราจะใช้น้ำปะปาแทนการใช้น้ำจากเครื่องปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและพัฒนา

3.1. ภาพรวมของระบบ

ระบบนี้สร้างขึ้นสำหรับฟาร์มปลูกพืชกัญชาและพืชกัญชงโดยใช้โรงเรือนมาตรฐานที่มีระควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชกัญชาและพืชกัญชงเนื่องจากข้อจำกัดของสถานที่ใช้ในการทดลองจึงมีการออกแบบระบบควบคุมสำหรับห้องทดลองปลูกซึ่งทั้งสองระบบนี้ใช้การควบคุมอุปกรณ์ในระบบเหมือนกัน

รูป 3.1 ฟาร์มปลูกพืชกัญชาและพืชกัญชง

3.1.1 ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของโรงเรือนมาตรฐาน

ระบบทำการควบคุมปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบของพืชดังนี้

1) การควบคุมน้ำและธาตุอาหาร ระบบให้น้ำและธาตุอาหารเพียงพอต่อความต้องการของกัญชาในแต่ละวัน

2) การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ โดยใช้พัดลมระบายอากาศในการลด อุณหภูมิและใช้หัวพ่นหมอกเพื่อเพิ่มความชื้นในอากาศ

3.1.2 ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของห้องทดลองปลูก

เนื่องจากห้องที่ใช้ทดลองปลูกมีแสงที่ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชกัญชาและพืชกัญชงจึงได้มีการออกแบบระบบควบคุมแสงเพิ่มใช้เครื่องเพิ่มลดความชื้นใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

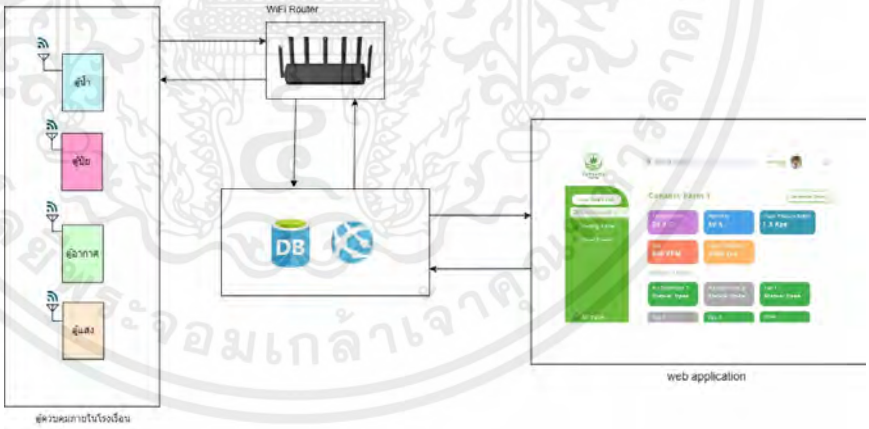
อากาศเนื่องจากไม่สามารถติดตั้งหัวพ่นหมอกภายในห้องทดลองปลูกได้และใช้เครื่องปรับอากาศที่มีติดตั้งอยู่ในห้องอยู่แล้ว

1) การควบคุมน้ำและธาตุอาหาร ระบบให้น้ำและธาตุอาหารเพียงพอต่อความต้องการของกัญชาในแต่ละวัน
2) การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ โดยใช้เครื่องปรับอากาศในการลด อุณหภูมิและควบคุมความชื้นในอากาศด้วยเครื่องเพิ่มลดความชื้นในอากาศ
3) การควบคุมแสง ระบบให้แสงใช้หลอด LED และมีระยะเวลาให้แสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชกัญชาและกัญชงในแต่ละช่วงวัย

3.1.3 การควบคุมอุปกรณ์ในระบบ

การทำงานของอุปกรณ์ในระบบสามารถควบคุมและตรวจสอบการทำงานของระบบได้ ด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วน โดยมี Wi-Fi Router เป็นตัวเชื่อมต่อการสื่อสาร ดังนี้

1) การทำงานส่วนของฮาร์ดแวร์ จะประกอบไปด้วย ตู้ควบคุมการให้น้ำ, ตู้ควบคุมการผสมปุ๋ย, ตู้ควบคุมอากาศ, ตู้ควบคุมแสง, ตู้ควบคุมแสง
2) การทำงานส่วนของซอฟต์แวร์ คือ Web Application ซึ่งจะเป็นส่วนที่ใช้งาน สามารถเข้าไปตั้งค่าอุปกรณ์ในระบบได้

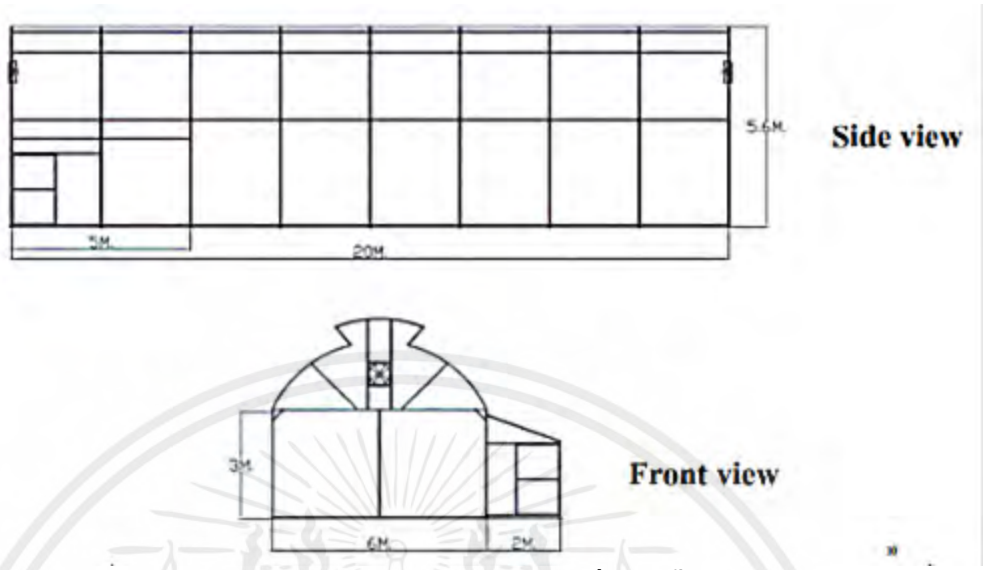


รูป 3.2 การควบคุมอุปกรณ์ในระบบ

3.2 โรงเรือนมาตรฐาน

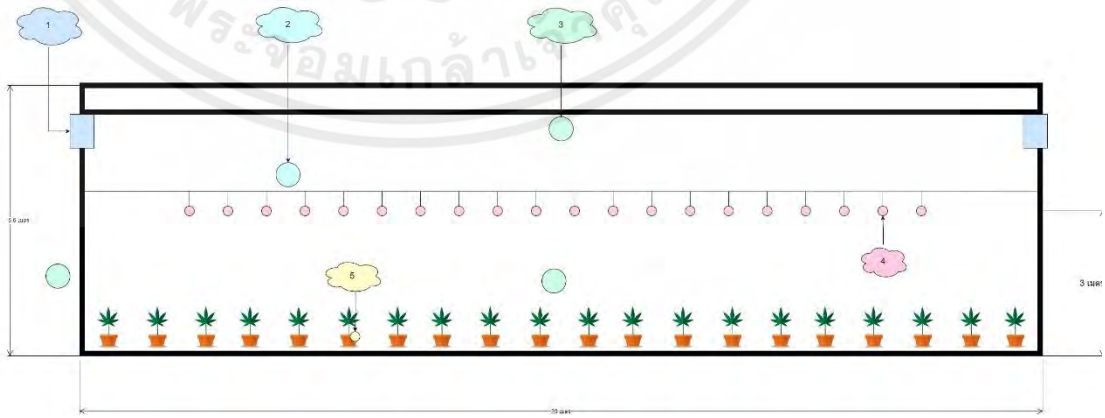
โรงเรือนหลังคาหน้าจั่วสองชั้น ลักษณะ หลังคาเป็นทรงหน้าจั่วแต่มี 2 ชั้น เสาของโรงเรือนมีลักษณะเป็นเสาตรงทั้งหมดอาคาร รูปแบบนี้สร้างขึ้นเพื่อให้อากาศร้อนภายในอาคารระบายออกได้ดี แม้ในช่วงฝนตกก็สามารถป้องกันฝนเข้ามา ภายในอาคารโรงเรือน อาคารรูปแบบนี้เหมาะสำหรับประเทศในเขตร้อน และอบอุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.3 โรงเรือนหลังคาหน้าจั่วสองชั้น

การแบ่งพื้นที่บริเวณปลูกและทางเดินภายในโรงเรือนมาตรฐานขนาด 6 x 20 เมตร การแบ่งพื้นที่ปลูกที่สามารถปลูกสองฝั่งมีขนาดฝั่งละ 2.5 x 16 เมตรสามารถปลูกได้ได้ 64 ต้นภายในโรงเรือนมาตรฐานมีการวางอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตเพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะกับการเจริญเติบโตของกัญชาและกัญชงประกอบด้วยระบบควบคุมการให้น้ำ ระบบควบคุมอากาศมีการพักน้ำสำหรับรดน้ำและหัวพ่นหมอกที่ได้รับการเติมน้ำจากท่อส่งน้ำหลักของฟาร์มตู้ควบคุมการทำงานต่างๆในระบบใช้ระบบไฟ 1 เฟสแบมีกราวด์ต่อเข้าตู้คอมซูมเมอร์ที่มีเซอร์กิจเบรกเกอร์เมนใช้ตัดไฟทั้งหมดของระบบเซอร์กิจเบรกเกอร์ย่อยใช้ตัดไฟของตู้ควบคุมในระบบโดยมีการวางระบบดังนี้

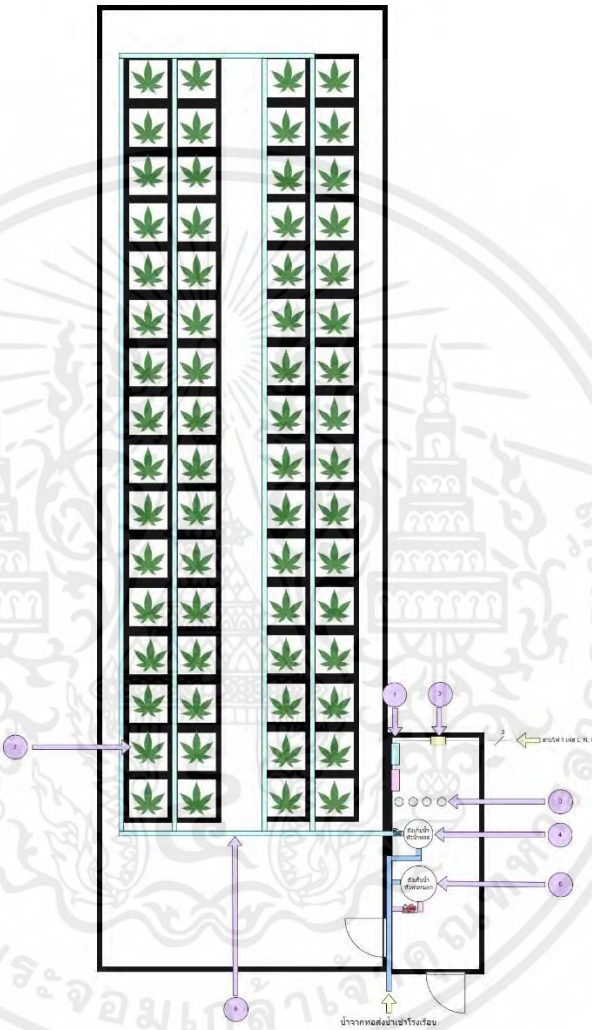


รูป 3.4ภาพจำลองด้านข้างของโรงเรือนมาตรฐาน

จากรูป 3.4 มีการวางอุปกรณ์ในโรงเรือนมาตรฐานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) พัดลมระบายอากาศ
2) เซ็นเซอร์วัดควาทเข้มแสง
3) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิความชื้นในอากาศ
4) หัวพ่นหมอก
5) เซ็นเซอร์วัดชื้นในดิน



รูป 3.5 ภาพจำลองด้านบนของโรงเรือนมาตรฐาน

จากรูป 3.5 มีการวางอุปกรณ์ในโรงเรือนมาตรฐานดังนี้

1) ตู้ควบคุมการทำงานภายในระบบ
2) ตู้คอมซูมเมอร์
3) ถังปุ๋ย A และ B และสารเพิ่มลดค่า Ph
4) ถังพักน้ำสำหรับรดน้ำ
5) ถังพักน้ำสำหรับหัวพ่นหมอก
6) ท่อสำหรับหัวน้ำหยด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) พื้นที่วางกระถาง

3.2.1 ออกแบบระบบน้ำหัวน้ำหยด[4] [17]

กระถางขนาด 3.5 ลิตรและทำการการให้น้ำควรให้ 20-25% ของขาดภาชนะภาชนะเพื่อให้ความชื้นของวัสดุ 50% - 60% การการให้น้ำ 25 x (3.5/100) = 0.75 ลิตร

ดังนั้นต้องให้น้ำ 0.75 ลิตรต่อวัน

ดังนั้นจึงเลือกใช้หัวน้ำหยดอัตราการไหลเท่ากับ 2 ลิตรต่อชั่วโมง

โดยทั่วไปพืชสกุลกัญชาต้องการปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 500-600 มิลลิเมตรต่อวงจรชีวิต(ที่มาจาก คู่มือสำหรับเกษตรกร หน้า 65)

จะได้ 4 เดือนเท่ากับ 120 วัน

กัญชาต้องการน้ำ 120 / 600 = 0.2 มิลลิเมตร/วัน

อัตราการตกของน้ำ(PR)

$$PR = \frac{\text{อัตราการไหลใน 1 รู } (m^3/hr) \times \text{ประสิทธิภาพน้ำหยด} \times 1000}{\text{ระยะระหว่างแถวของหัวน้ำหยด} \times \text{ระยะระหว่างรูน้ำหยด } (m^3)} \quad (3\text{-}1)$$

โดยที่

อัตราการไหลใน 1 รู = 0.002 ลูกบาตรเมตร/ชั่วโมง

ประสิทธิภาพน้ำหยด = 0.95

ระยะระหว่างแถวของหัวน้ำหยด = 1 เมตร

ระยะระหว่างรูน้ำหยด = 1 เมตร

PR = 0.002 × 0.95 × 1000 / 1×1

PR = 1.9 มิลลิเมตร/ชั่วโมง

เวลาในการให้น้ำ

$$\text{เวลาในการให้น้ำ} = \frac{\text{อัตราการใช้น้ำของพืช } (\text{มม./วัน})}{\text{อัตราการตกของน้ำ } (PR)(\text{มม./ชม.})} \quad (3\text{-}2)$$

โดยที่

อัตราการใช้น้ำของกัญชา = 0.2 มิลลิเมตร/วัน

อัตราการตกของน้ำ = 1.9 มิลลิเมตร/ชั่วโมง

0.2 / 1.9 = 0.105 ชั่งโมง/วัน หรือ 60 × 0.105 = 6.3 นาที/วัน

ภายในโรงเรือนห

ปริมาณการไหลของน้ำ ใหแต่ละเส้น 16 × 2 = 32 ลิตร/ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนหัวน้ำ หยดต่อเส้น 16 หัว จำนวน 4 เส้น

ปริมาณการไหลของน้ำ ในโรงเรือน 32 × 4 = 128 ลิตรต่อชั่วโมง

หรือ 2.133 ลิตร/นาที หรือ 608 / 1000 = 0.128 ลูกบาตรเมตรต่อชั่วโมง

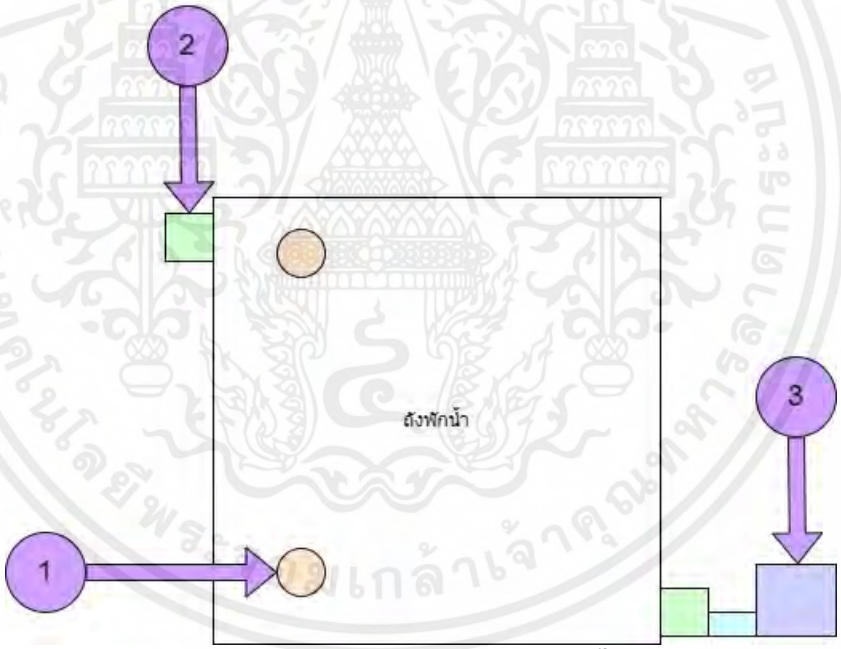
ในเวลา 1 ชั่วโมงจ่ายน้ำ 2.133 × 6.3 = 13.43 ลิตร

ดังนั้นจึงเลือกใช้ท่อ PVC Class 8.5 ขนาด 1/2

ดังนั้นจึงเลือกใช้ถังสำหรับผสมปุ๋ยขนาด 15 ลิตร

3.2.2 ระบบให้น้ำ[16]

ระบบจะทำการรดน้ำวันละ 1 ครั้งจากถังพักน้ำสามารเลือกได้ระหว่างรดน้ำเปล่าหรือน้ำผสมธาตุอาหาร โดยเริ่มจากการตรวจสอบความชื้นในดินและตรวจสอบแสงว่ามีแสงว่าเหมาะสมต่อการให้น้ำหรือไม่ ถ้าเหมาะสมจะทำการจ่ายน้ำโดนปั๊มน้ำมีสวิทย์ลูกลอยติดตั้งภายในถังบริเวณก้นถังและบนถังเพื่อวัดระดับน้ำว่าถึงระยะที่ต้องเติมน้ำเข้าหรือระยะที่ปิดน้ำเข้าถังโดยใช้โซลินอยด์วาล์ว



รูป 3.7 แผนผังการวางระบบจ่ายน้ำ

จากรูป 3.7 มีการวางอุปกรณ์ภายในถังพักน้ำสำหรับจ่ายน้ำดังนี้

1) ลูกลอยไฟฟ้า จำนวน 1 ตัว
2) โซลินอยด์วาล์ว จำนวน 1 ตัว
3) ปั๊มจ่ายน้ำ จำนวน 1 ตัว

การผสมปุ๋ย A และ B กับน้ำจะผสมในอัตราส่วน 1 มิลิลิตรต่อน้ำ 5 ลิตร

สารละลายธาตุอาหารเข้มข้น A ต่อน้ำ 5 ลิตร

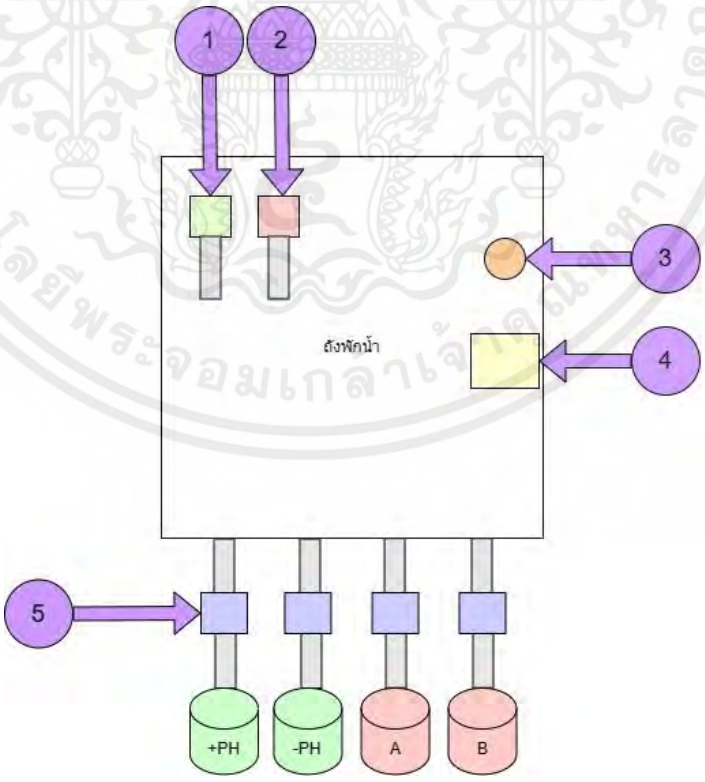
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) แคลเซียมไนเตรท 1,100.0 กรัม
2) เหล็ก EDDHA 50.0 กรัม
3) เหล็ก DTPA 50.0 กรัม

สารละลายธาตุอาหารเข้มข้น B ต่อน้ำ 5 ลิตร

1) โพแทสเซียมไนเตรท 600.0 กรัม
2) แมกนิเซียมซัลเฟต 600.0 กรัม
3) โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต 300.0 กรัม
4) นิก-สเปรย์ 50.0 กรัม
5) แมงกานีสคีเลท 10.0 กรัม
6) นิกเกิลซัลเฟต 0.5 กรัม
7) แอมโมเนียมโมลิปเดท 0.5 กรัม

หลังจากที่ผสมปุ๋ยน้ำ A และ B เสร็จแล้วค่า pH ของน้ำผสมลายธาตุอาหารควรอยู่ระหว่าง 6.0 – 6.5หากปรับค่า pH ไม่เหมาะสมพืชกัญชาหรือพืชกัญชงจะไม่สามารถดูดซึมสารอาหารบางชนิดได้ ดังนั้นจึงต้องมีการปรับค่า pH ให้เหมาะสมโดยใช้ กรดไนตริกเจือจางในการลดค่า pH และใช้ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เจือจางในการเพิ่มค่า pH



รูป 3.8 แผนผังการวางระบบผสมปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 3.8 7 มีการวางอุปกรณ์ภายในถังพังน้ำสำหรับผสมปุ๋ยดังนี้

1) เซ็นเซอร์วัดค่า pH จำนวน 1 ตัว
2) เซ็นเซอร์วัดค่า EC จำนวน 1 ตัว
3) เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ จำนวน 1 ตัว
4) ปั๊มผสมปุ๋ย จำนวน 1 ตัว
5) ปั๊มดูดปุ๋ย จำนวน 4 ตัว

3.2.4 การวางระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในอากาศของโรงเรือนมาตรฐาน[17]

หัวพ่นสเปรย์ 4 ทิศทางให้น้ำ 20-40 ลิตรต่อชั่วโมงจำนวน 20 หัว ปริมาณน้ำที่ไหลในสายแต่ละเส้น = 40 x 20 ลิตรต่อชั่วโมง = 800 ลิตรต่อชั่วโมง ปริมาณน้ำที่ไหลในสายภายในโรงเรือน 3 แถว = 800 ลิตรต่อชั่วโมง x 3 แถว = 2400 ลิตรต่อชั่วโมงหรือ 40 ลิตรต่อนาที

รูป 3.9 หัวพ่นสเปรย์ 4 ทิศทาง

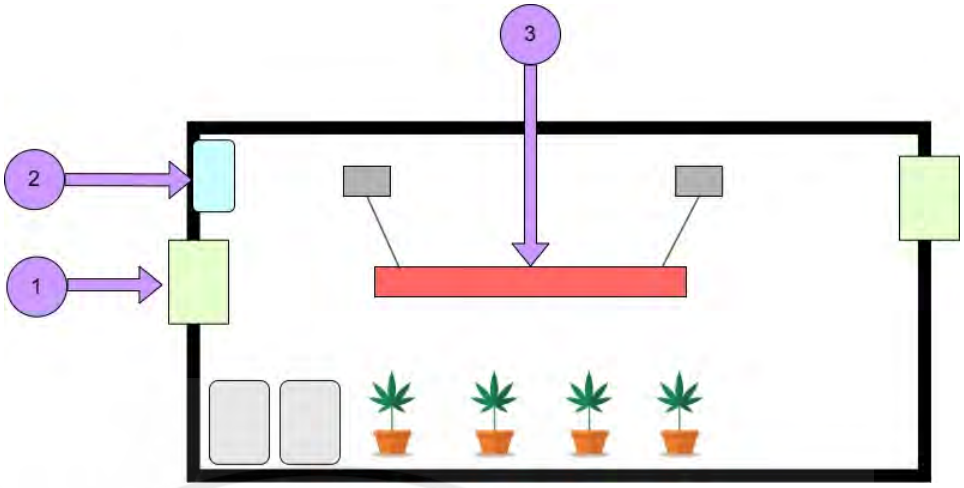
เลือกพัดลมระบายอากาศตามขนาดปริมาตรอากาศภายในโรงเรือนกว้าง 6 เมตร ยาว 20 เมตร สูง 5.6 เมตร ปริมาตรของโรงเรือน = (6 × 20 × 5.6)เมตร = 672 ลูกบาตรเมตรปริมาณลม CMH = 672 ลูกบาตรเมตร × 10 = 6,720 ลูกบาตรเมตรต่อชั่วโมงหรือปริมาณลม CFM = 672 ลูกบาตรเมตร × 35.28 × 10 / 60 = 3,951.36ลูกบาตรฟุตต่อนาทีพัดลมต้องระบายอากาศไม่น้อยกว่า 6,720 ลูกบาตรเมตรต่อชั่วโมง หรือ 3,951.36ลูกบาตรฟุตต่อนาที

3.3 ห้องทดลองปลูก

3.3.1 การแบ่งพื้นที่ปลูกภายในห้องทดลองปลูก

การแบ่งพื้นที่ปลูกภายในห้องทดลองปลูกมีขนาด 1.8 x 5.6 ซึ่งเล็กกว่าโรงเรือนมาตรฐานพื้นที่ระบบควบคุมและถังน้ำต้องอยู่ในห้องเดียวกับพื้นที่สำหรับปลูกกัญชามีจะบบรดน้ำและผสระบบควบคุมอากาศและระบบควบคุมแสง

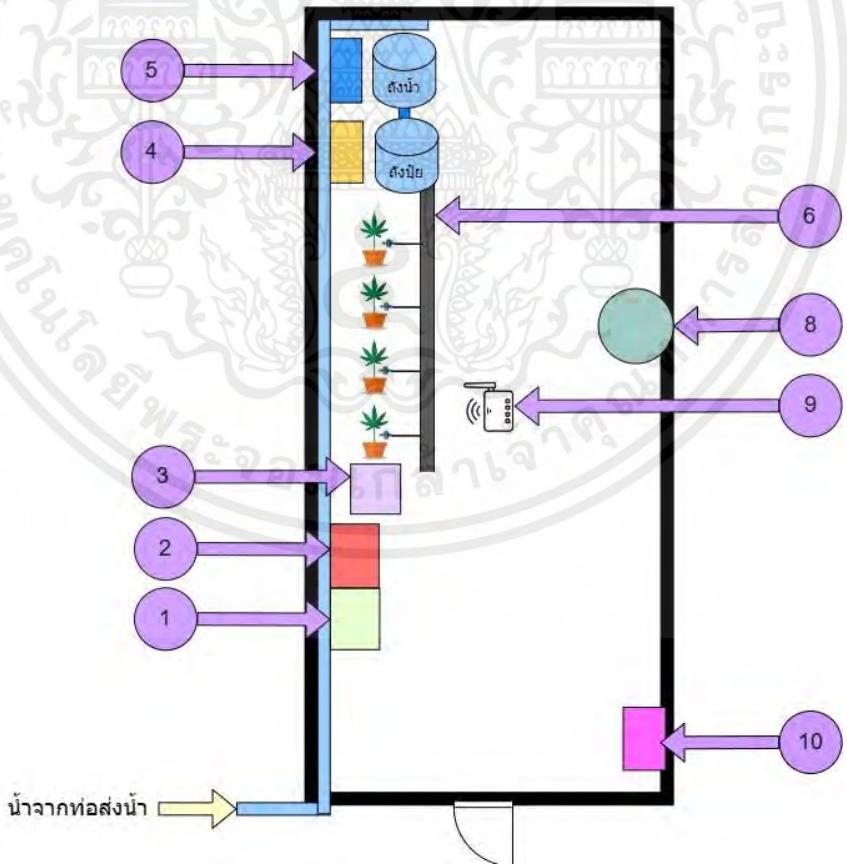
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.10 ภาพจำลองด้านข้างของห้องทดลองปลูก

จากรูป 3.9 มีการวางอุปกรณ์ในห้องทดลองปลูกดังนี้

1) พัดลมระบายอากาศ
2) เครื่องปรับอากาศ
3) แผงหลอดไฟ



รูป 3.11 ภาพจำลองด้านบนของห้องทดลองปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 3.10 มีการวางอุปกรณ์ในห้องทดลองปลูกดังนี้

1) ตู้อากาศ
2) ตู้ไฟ
3) เครื่องเพิ่มลดความชื้น
4) ตู้ผสมปุ๋ย
5) ตู้รดน้ำ
6) ท่อน้ำหยด
7) พัดลมติดผนัง
8) ตู้คอมซูมเมอร์

3.3.2 ออกแบบระบบควบคุมแสงของห้องทดลองปลูก[15]

เนื่องจากแสงในห้องทดลองปลูกไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชกัญชาและกัญชงจึงมีการออกแบบระบบควบคุมแสงดังนี้

สูตรสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่าง Lumen และ Lux ก็คือ

Lux = Lumen / พื้นที่

Samsung Lm301B มีค่า Luminous Flux ที่ 38.8 ต่อดวง

หลอดไฟ Mars Hydro SP3000, 300W

LED Grow Light ใช้ 960 จะได้ค่า Luminous เท่ากับ ~37,248 lm

การคำนวณหาความสว่างหรือ Lux ที่ Opening Angle 120 องศา

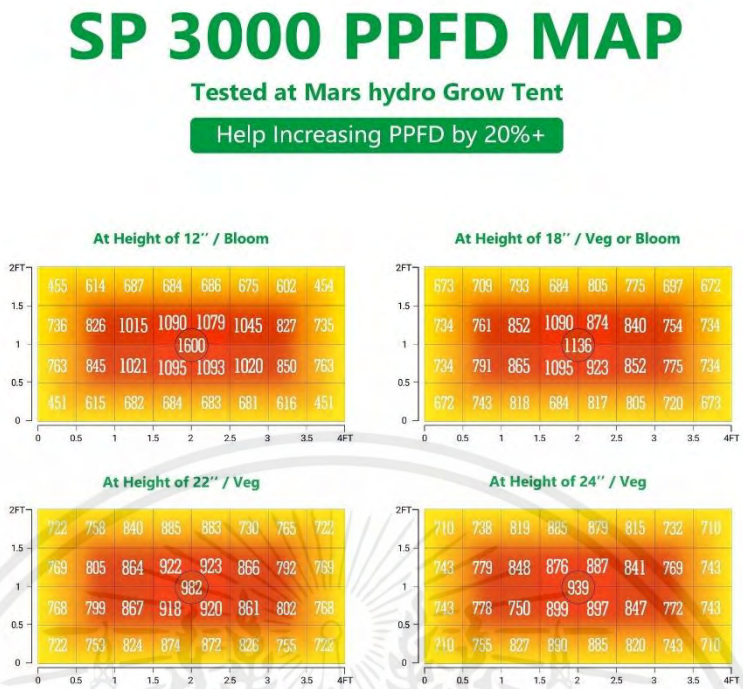
ระยะห่าง 0.6 เมตร ของหลอดไฟ LED มีค่าความสว่าง

37,248 / (0.36)π = ~32,934 Lux

ระยะห่าง 1 เมตร ของหลอดไฟ LED มีค่าความสว่าง

37,248 / π = ~11,856 Lux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.12 ตัวอย่างค่า PPFD ที่ความสูง 24 นิ้ว

3.4 การออกแบบตู้ควบคุม

ภายในตู้ควบคุมของระบบต่างๆจะใช้บอร์ด ESP32 ในการควบคุมการทำงานโดยมีการต่อวงจรเพื่อรับอินพุตและควบคุมเอาต์พุตดังนี้

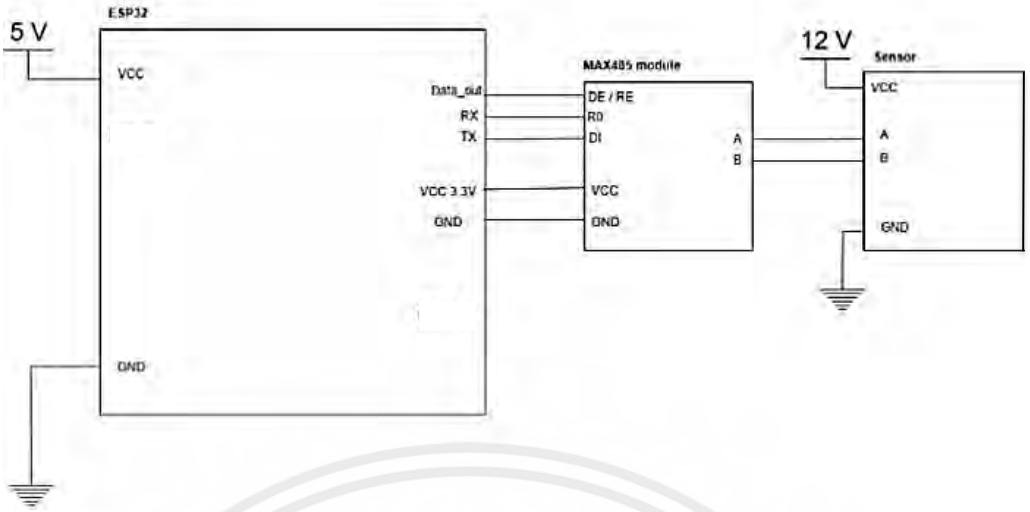
3.6.1 อินพุตจากเซ็นเซอร์

ตู้ควบคุมในระบบใช้บอร์ด ESP32 ติดต่อกับกับเซ็นเซอร์โดยใช้ Modbus RTU ด้วยสถาปัตยกรรมการสื่อสารแบบ Master/Slave อุปกรณ์ที่เป็น Slave จะส่งข้อมูลกลับมาก็ต่อเมื่อมีการขอข้อมูลจาก Master เท่านั้นใช้การสื่อสารกายภาพแบบ RS485 โดยใช้ MAX485 Module การสื่อสารของข้อมูลในระบบ Modbus RTU จะรับส่งเป็นชุดข้อมูล โดยที่ใน 1 ชุดข้อมูลนั้นจะประกอบด้วยส่วน 6 ส่วน ดังนี้

Field Name	Bit length	Function
Start	28	At least 3.5 character times of silence (mark condition)
Address	8	Station address
Function	8	Indicates function code eg. read coils/holding registers
Data	n x 8	Data + length will be filled depending on message type
CRC	16	Cyclic Redundancy Check
End	28	At least 3.5 character times of silence between frames

รูป 13 ชุดข้อมูลของ Modbus RTU

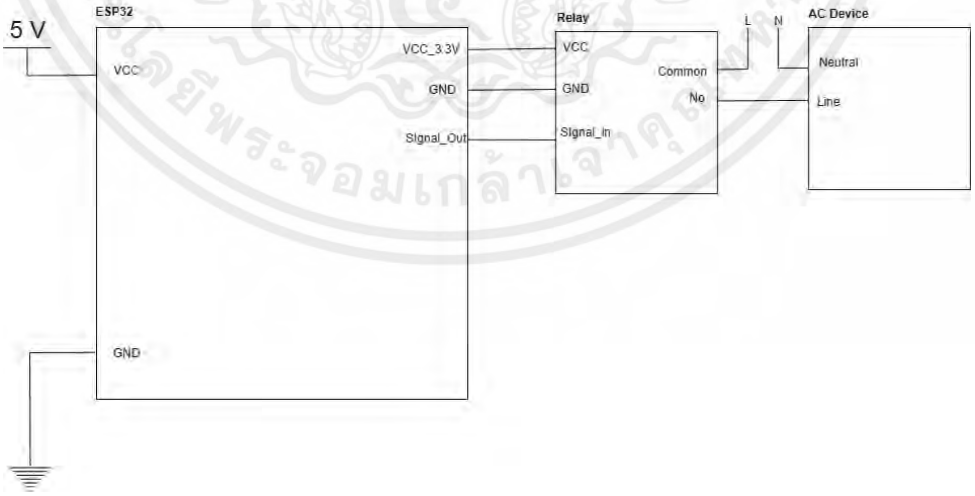
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.14 การต่อวงจรรับอินพุตจากเซ็นเซอร์

3.6.2 ควบคุมเอาต์พุต

เอาต์พุตในระบบใช้บอร์ด ESP32 สั่งให้โหลดเปิดหรือปิดโดยใช้ Module Relay เพื่อให้บอร์ด ESP32 สามารถควบคุมอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220V โดยต่อขา Common ของรีเลย์กับสาย Line(L) ที่มีค่าต่างศักย์ไฟฟ้า 220V และต่อขา Normal Open(NO) ของรีเลย์ กับสาย Line(L) ของอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมตามการทำงานที่ออกแบบไว้มีการต่อวงจรดังนี้เนื่องบอร์ด ESP32 มีแรงดันที่ขา GPIO ~3.3V จึงเลือกรีเลย์ที่ขดลวดเหนี่ยวนำทำงานที่แรงดัน 3VDC ชนิดโหลดใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับพิกัดโหลด 10A, 220VAC

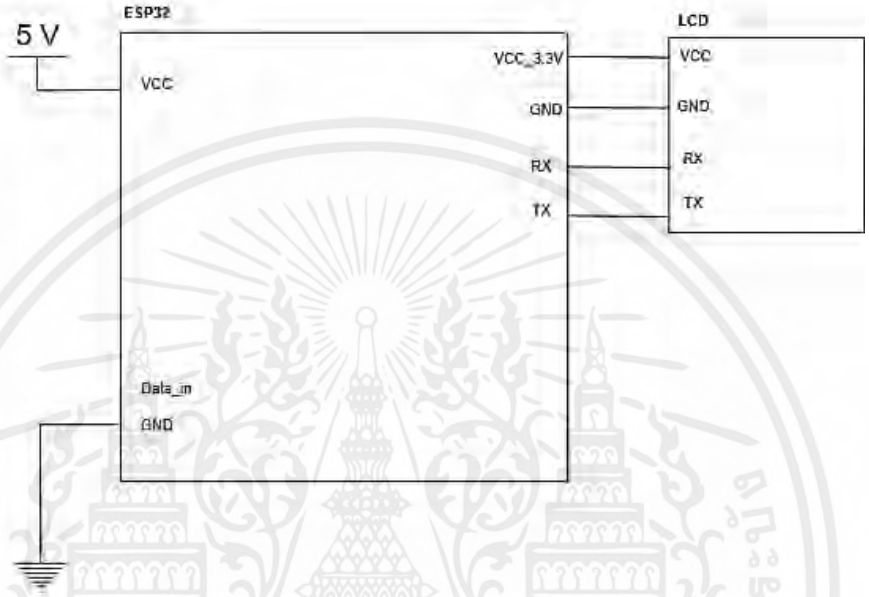


รูป 3.15 การต่อวงจรควบคุมเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 การแสดงผลการทำงาน

ตู้ควบคุมในระบบจะแสดงผลผ่านจอ LCD แบบ 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด ติดต่อกับบอร์ด ESP32 โดยใช้มาตรฐานการสื่อสารข้อมูลดิจิตอลแบบอนุกรม RS232 ผ่านขา Tx และ Rx เพื่อสังงานผ่านขาทั่ง 16 ของ IC HD44780 ให้ควบคุมการแสดงผลของ LCD มีการต่อวงจรดังนี้



รูป 3.16 การต่อวงจร LCD

Pin No	Function	Name
1	Ground (0V)	Ground
2	Supply voltage; 5V (4.7V – 5.3V)	Vcc
3	Contrast adjustment; through a variable resistor	V_{EE}
4	Selects command register when low; and data register when high	Register Select
5	Low to write to the register; High to read from the register	Read/write
6	Sends data to data pins when a high to low pulse is given	Enable
7	8-bit data pins	DB0
8		DB1
9		DB2
10		DB3
11		DB4
12		DB5
13		DB6
14		DB7
15	Backlight V_{CC} (5V)	Led+
16	Backlight Ground (0V)	Led-

รูป 3.17 ขาของ IC HD44780

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ระบบไฟฟ้า[18] [19]

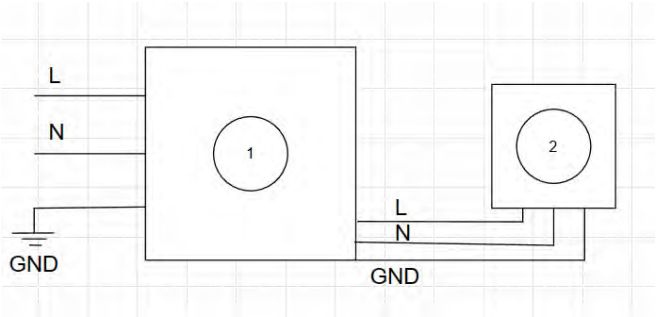
ตู้คอนซูมเมอร์ยูนิตเป็นตู้ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า 1 เฟสให้กับตู้ควบคุมภายในโรงเรือนหรือห้องเดียวกันการหาอุปกรณ์การหาขนาดสายไฟ = 125 เปอร์เซ็นต์ × พิกัดกระแสกาหาขนาดของอุปกรณ์ป้องกัน = 80 เปอร์เซ็นต์ × กระแสสูงสุดของสายไฟฟ้า

ขนาดสายไฟ (mm^2)	จำนวนสายสูงสุดของสายไฟฟ้า ขนาดเดียวกันในท่อร้อยสาย											
1.5	8	14	22	37	-	-	-	-	-	-	-	-
2.5	5	10	15	25	39	-	-	-	-	-	-	-
4	4	7	11	19	30	-	-	-	-	-	-	-
6	3	5	9	15	23	37	-	-	-	-	-	-
10	1	3	5	9	14	22	37	-	-	-	-	-
16	1	2	4	6	10	16	27	42	-	-	-	-
25	1	1	2	4	6	10	17	27	34	-	-	-
35	1	1	1	3	5	8	14	21	27	33	-	-
50	-	1	1	1	3	6	10	15	19	24	38	-
70	-	-	1	1	3	4	7	12	15	18	29	42
95	-	-	1	1	1	3	5	8	11	13	21	30
120	-	-	-	1	1	2	4	7	9	11	17	25
150	-	-	-	1	1	1	3	5	7	9	14	20
185	-	-	-	1	1	1	3	4	6	7	11	16
240	-	-	-	-	1	1	1	3	4	5	8	12
300	-	-	-	-	-	1	1	2	3	4	7	10
400	-	-	-	-	-	1	1	1	2	3	5	8
เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อร้อยสาย	15	20	25	32	40	50	65	80	90	100	125	150

รูป 3.18 จำนวนสูงสุดของสายไฟฟ้าขนาดเดียวกัน มอก.11-2553 รหัสชนิด 60227 IEC 01 ให้ใช้ท่อโลหะตาม มอก. 770-2553

รูป 3.19 สายไฟฟ้ารหัส 60277 IEC 01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.20ระบบไฟฟ้าสำหรับตู้ควบคุม

จากรูปรูป 3.20

1. ตู้คอนซูมเมอร์ จำนวน 1 ตู้
2. ตู้ควบคุม จำนวน 4 ตู้

3.9 เว็ปแอปพลิเคชัน

เนื่องจากต้องการให้ผู้ใช้งานสามารถตั้งค่าการดูแลพืช หรือ สามารถดูข้อมูลต่างๆกระทั่งการตรวจสอบระบบได้อย่างง่ายนั้นเราจึงออกแบบ แอปพลิเคชันเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของระบบควบคุมจัดการภายในฟาร์ม โดยเราออกแบบเป็นเว็บแอปเพราะว่าต้องการให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงแอปพลิเคชันได้ง่ายไม่ว่าจะใช้งานผ่าน คอมพิวเตอร์ แลปท็อป สมาร์ทโฟน เป็นต้นและด้วยเหตุนั้นเราจึงต้องมีการออกแบบเพื่อไม่ให้ผู้อื่นนอกจากผู้ใช้ที่มีสิทธิ์ในการใช้งานจึงต้องมีระบบการเข้าสู่ระบบจึงจะสามารถจัดการควบคุมฟาร์มได้ และ แยกประเภทผู้ใช้งานเป็นสองประเภท คือ ผู้ใช้งานทั่วไป และ ผู้ดูแลระบบนั้นเอง เนื่องจากการตั้งค่า เพิ่ม ลบ อุปกรณ์นั้นต้องมีความรู้และความชำนาญนั่นเอง ในการออกแบบเราเลือกใช้ Use Case Diagram เพื่อแสดงภาพรวมของผู้ใช้งานแต่ละประเภท ดังนี้

3.1 Use Case Diagram

Use case diagram ของระบบบริการจัดการฟาร์มกัญชา-กัญชงแบบกึ่งปิด นั้นจะเป็นระบบที่ต้องให้ผู้ใช้ทำการเข้าสู่ระบบหรือลงทะเบียนก่อนเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน โดยจะมีประเภทของผู้เข้าใช้งานทั้งหมด 2 ประเภท คือ 1. ผู้ใช้งานทั่วไป 2. ผู้ดูแลระบบ

1.) ผู้ใช้งานทั่วไป นั้นเมื่อเข้าสู่ระบบจะสามารถใช้งานระบบทั่วไปได้ทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็น การแสดงฟาร์มทั้งหมด ค้นหาฟาร์ม เพิ่มฟาร์ม ควบคุมอุปกรณ์ภายในฟาร์มได้ เป็นต้น

2.) ผู้ดูแลระบบ จะสามารถใช้งานระบบทั้งหมดได้เหมือนกับผู้ใช้งานทั่วไปแต่จะสามารถเพิ่มหรือลบอุปกรณ์ต่างๆเพื่อทำการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ภายในฟาร์มเพิ่มเข้าไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 3.21 Use Case Diagram ของเว็บแอปพลิเคชัน

ตาราง 3.2 เหตุการณ์ฟังก์ชันสมัครสมาชิก

Use Case Title: Create account	Use Case ID: 1
Primary Actor: User	
Stakeholder Actor: system	
Main Flow: ผู้ใช้ที่ยังไม่มีข้อมูล สมัครสมาชิกเข้าสู่ระบบ	
Exceptional Flow: ถ้าป้อนค่าไม่ถูกต้องตามเงื่อนไขระบบจะแจ้งเตือน	

ตาราง 3.3 เหตุการณ์ฟังก์ชันออกจากระบบ

Use Case Title: Logout	Use Case ID: 3
Primary Actor: User,Admin	
Stakeholder Actor: system	
Main Flow: ผู้ใช้งานทำการออกจากระบบ	
Exceptional Flow:-	

ตาราง 3.4 เหตุการณ์ฟังก์ชันรีเซ็ตรหัสผ่าน

Use Case Title: Reset password	Use Case ID: 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Primary Actor: User,Admin
Stakeholder Actor: system
Main Flow: ผู้ใช้ทำการกดรีเซ็ตรหัสผ่าน
Exceptional Flow: ถ้าป้อนค่าไม่ถูกต้องตามเงื่อนไขระบบจะแจ้งเตือน

ตาราง 3.5 เหตุการณ์ฟังก์ชันเรียกดูฟาร์มทั้งหมด

Use Case Title: View farm	Use Case ID: 5
Primary Actor: User,Admin	
Stakeholder Actor: system	
Main Flow: ผู้ใช้ทำการเรียกดูฟาร์มทั้งหมด	
Exceptional Flow: -	

ตาราง 3.6 เหตุการณ์ฟังก์ชันค้นหาฟาร์ม

Use Case Title: Search farm	Use Case ID: 6
Primary Actor: User,Admin	
Stakeholder Actor: system	
Main Flow: ผู้ใช้ทำการค้นหาฟาร์ม	
Exceptional Flow:-	

ตาราง 3.7 เหตุการณ์ฟังก์ชันเพิ่มฟาร์มใหม่

Use Case Title: Add farm	Use Case ID: 7
Primary Actor: User,Admin	
Stakeholder Actor: system	
Main Flow: ผู้ใช้ทำการเพิ่มฟาร์มใหม่	
Exceptional Flow: -	

ตาราง 3.8 เหตุการณ์ฟังก์ชันเปลี่ยนชื่อฟาร์ม

Use Case Title:Rename farm	Use Case ID: 8
Primary Actor: User,Admin	
Stakeholder Actor: system	
Main Flow: ผู้ใช้ทำการเปลี่ยนชื่อฟาร์ม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exceptional Flow: -

ตาราง 3.9 เหตุการณ์ฟังก์ชันลบฟาร์ม

Use Case Title: Delete farm	Use Case ID: 9
Primary Actor: User,Admin	
Stakeholder Actor: system	
Main Flow: ผู้ใช้ทำการลบฟาร์ม	
Exceptional Flow: -	

ตาราง 3.10 เหตุการณ์ฟังก์ชันตั้งค่าฟาร์ม

Use Case Title: Config farm	Use Case ID: 10
Primary Actor: User,Admin	
Stakeholder Actor: system	
Main Flow: ผู้ใช้ทำการตั้งค่าฟาร์ม	
Exceptional Flow: -	

ตาราง 3.11 เหตุการณ์ฟังก์ชันเรียกดูข้อมูลฟาร์ม

Use Case Title: View log door	Use Case ID: 11
Primary Actor: User,Admin	
Stakeholder Actor: system	
Main Flow: ผู้ใช้ทำการเรียกดูข้อมูลประตูของฟาร์ม	
Exceptional Flow: -	

ตาราง 3.12 เหตุการณ์ฟังก์ชันบันทึกรายงาน

Use Case Title: Generate report	Use Case ID: 12
Primary Actor: User,Admin	
Stakeholder Actor: system	
Main Flow: ผู้ใช้ทำการบันทึกรายงาน	
Exceptional Flow: -	

ตาราง 3.13 เหตุการณ์ฟังก์ชันเพิ่มอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Use Case Title: Add module	Use Case ID: 13
Primary Actor: Admin	
Stakeholder Actor: system	
Main Flow: ผู้ดูแลระบบทำการเพิ่มอุปกรณ์	
Exceptional Flow: -	

ตาราง 3.14 เหตุการณ์ฟังก์ชันลบอุปกรณ์

Use Case Title: Delete module	Use Case ID: 14
Primary Actor: Admin	
Stakeholder Actor: system	
Main Flow: ผู้ดูแลระบบทำการเพิ่มอุปกรณ์	
Exceptional Flow: -	

ตาราง 3.15 เหตุการณ์ฟังก์ชันตั้งค่าโปรไฟล์

Use Case Title: Setting profile	Use Case ID: 15
Primary Actor: User,Admin	
Stakeholder Actor: system	
Main Flow: ผู้ดูแลหรือผู้ใช้งานทำการตั้งค่าข้อมูลส่วนตัว	
Exceptional Flow: -	

ตาราง 3.2 เหตุการณ์ฟังก์ชันเข้าสู่ระบบ

Use Case Title: Login	Use Case ID: 2
Primary Actor: User,Admin	
Stakeholder Actor: system	
Main Flow: ผู้ใช้ทำการเข้าสู่ระบบ	
Exceptional Flow: ถ้าป้อนค่าไม่ถูกต้องตามเงื่อนไขระบบจะแจ้งเตือน	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 การออกแบบหน้า Interface Web Application

การออกแบบหน้าเว็บก็เพื่อให้ผู้ใช้งานนั้นสามารถติดต่อกับส่วนของระบบต่างๆได้อย่างง่ายโดยการออกแบบและพัฒนาจะออกแบบโดยคำนึงถึงการใช้งานของผู้ใช้ โดยเราจะมีหน้าการสมัครสมาชิกและเข้าสู่ระบบเพื่อเป็นการยืนยันตัวตนว่าสามารถป้องกันคนนอกหรือใครมาสวมรอยเข้าสู่ระบบจัดการฟาร์มได้จึงได้ทำการออกแบบมาดังนี้

3.10.1 หน้าเข้าสู่ระบบ

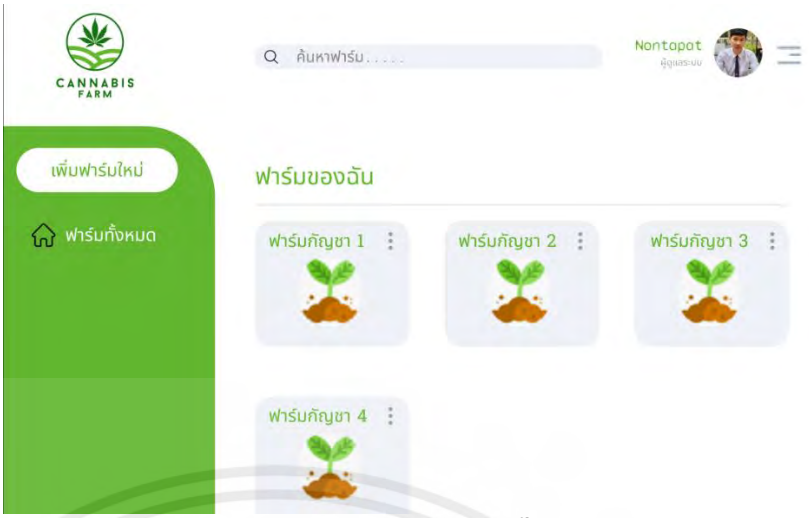
โดยหน้านี้จะมีกล่องข้อความเพื่อป้อนข้อมูลทั้งหมด 2 กล่องโดย 2 ค่านั้นจะเป็น Username และ Passwordในกรณีที่เป็นผู้ใช้ใหม่จะต้องทำการสมัครสมาชิกก่อนด้วยการกดที่ปุ่ม Registerหรือในกรณีที่เป็นผู้ใช้เก่าก็สามารถเข้าสู่ระบบตามบัญชีของตนเองได้เลย และถ้าผู้ใช้ที่มีบัญชีอยู่แล้วแต่ลืมรหัสผ่านก็สามารถ กด Forgot password เพื่อตั้งค่ารหัสผ่านสำหรับการเข้าสู่ระบบใหม่

รูป 3.22 หน้าเข้าสู่ระบบของเว็บแอปพลิเคชัน

3.10.2 หน้าหลักแสดงฟาร์มทั้งหมด

โดยหน้านี้จะฟาร์มทั้งหมดที่ผู้ใช้งานมีโดยจะแสดงฟาร์มแต่ละฟาร์มในรูปแบบกล่องเพื่อให้เรียบง่ายและดูเป็นระเบียบในส่วนของแถบเมนูด้านบนจะมี โลโก้ ช่องค้นหาฟาร์ม โปรไฟล์ของผู้ใช้งาน และเมนูในการออกจากระบบและตั้งค่าข้อมูลส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



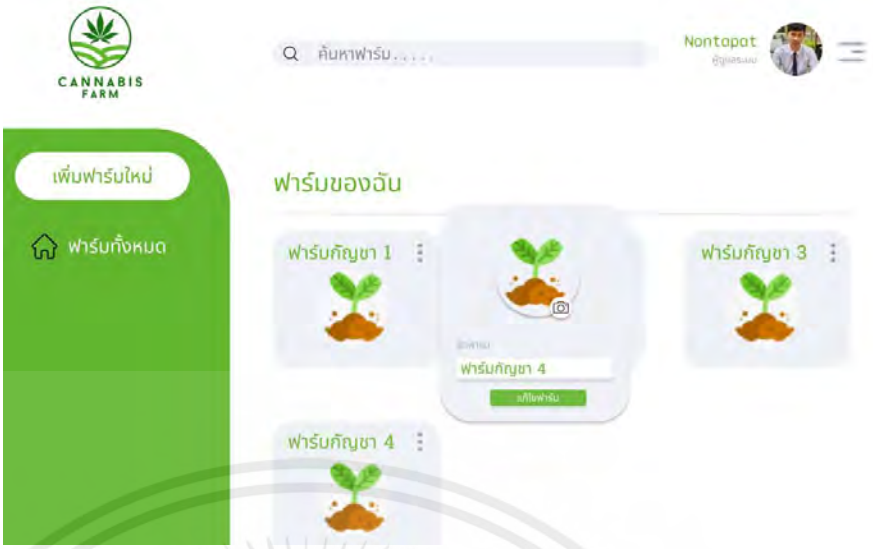
รูป 3.23 หน้าแสดงฟาร์มทั้งหมด

ด้านซ้ายจะเป็นแถบเมนูในการเพิ่มฟาร์มนั้นเองโดยการกดที่ปุ่ม Add new farm เพื่อทำการเพิ่มฟาร์มใหม่โดยการป้อนข้อมูลต่างๆ เช่น ชื่อฟาร์ม รูปภาพ รหัสฟาร์ม ให้ครบถ้วนแล้วจึงกดสร้างฟาร์ม

รูป 3.24 แสดงการเพิ่มฟาร์ม

ในส่วนของการแก้ไขฟาร์มสามารถทำได้ด้วยการกดที่ จุด 3 จุด จะแสดงเมนูขึ้นมาโดยมีเมนูจะมีสองคำสั่งคือการแก้ไขฟาร์มและการลบฟาร์ม

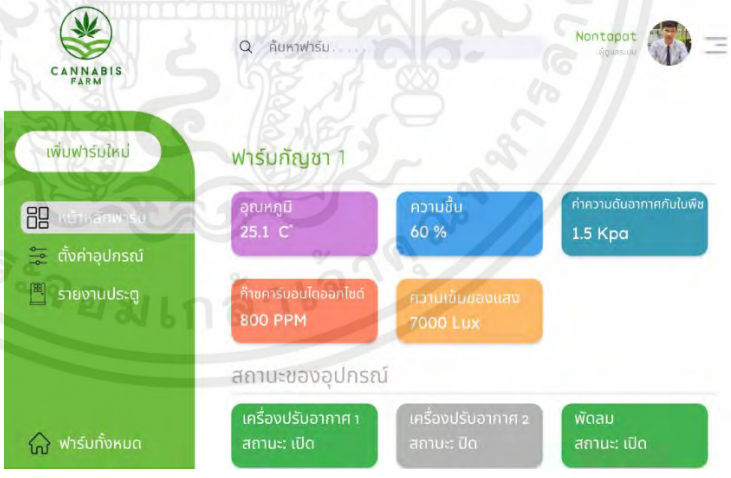
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.25 หน้าแก้ไขฟาร์ม

3.10.2 หน้าหลักแสดงฟาร์มทั้งหมด

ในส่วนหน้านี้จะมีการแสดงค่าต่างๆจากอุปกรณ์วัดค่าและสถานะอุปกรณ์ที่สั่งใช้งานโดยจะแสดงเป็นสี่เหลี่ยมที่มีสีต่างกันไปเพื่อให้สามารถแยกประเภทได้อย่างชัดเจนอีกทั้งยังให้ความสะดวกในการดูค่าต่างๆปุ่ม Generate Report ใช้ในการเรียกใช้งานฟังก์ชันเพื่อสร้างรายงานค่าต่างๆออกมาในรูปแบบ pdfส่วนทางด้านซ้ายของเมนูจะปรากฏขึ้นมาอีกหลายเมนู เพื่อเรียกใช้งานหน้าต่างๆต่อไป



รูป 3.26 หน้าดูข้อมูลอุปกรณ์ของเว็บแอปพลิเคชัน

3.10.3 หน้าการตั้งค่าอุปกรณ์ในการควบคุมฟาร์ม

ในส่วนของหน้านี้จะมีหมวดของอุปกรณ์เพื่อแยกประเภทอุปกรณ์และการทำงานอย่างชัดเจน โดยจะมีหมวด อุณหภูมิ ความชื้น แสง และการให้น้ำ

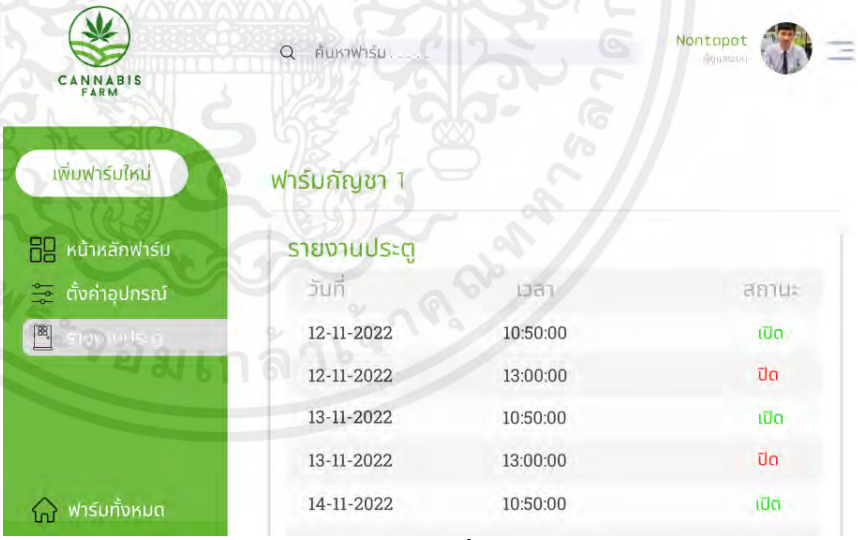
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถปรับค่าต่างๆเพื่อความเหมาะสมในการปลูกพืชได้ เช่น แอร์สามารถสั่งเปิด-ปิดเพิ่มองศา-ลดองศาได้ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

รูป 3.27 หน้าจัดการและควบคุมอุปกรณ์

3.10.4 หน้าดูรายละเอียดของประตูฟาร์ม

ในส่วนของหน้านี้จะแสดงข้อมูลต่างๆของประตูเช่น วัน เวลา สถานะของประตูฟาร์มของเราเพื่อดูว่าได้เปิด-ปิดประตูฟาร์มวันไหนเวลาไหนบ้าง



รูป 3.28 หน้าดูรายละเอียดเกี่ยวกับประตูฟาร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง

4.1 การทดลองวัดผลการเจริญเติบโตระหว่างการปลูกพืชในระบบปิด และปลูกพืชในระบบเปิด

4.1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อวัดผลการเจริญเติบโตระหว่างปลูกพืชในระบบปิด และปลูกพืชในระบบเปิด และวิเคราะห์หาปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืช

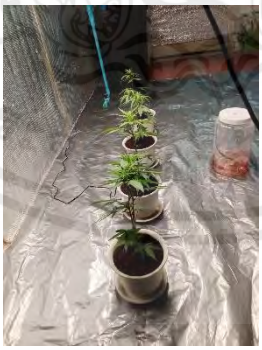
4.1.2 วิธีการทดลอง

1) นำพืชกัญชากัญชงมาปลูกในระบบตั้งแต่ระยะเจริญทางกิ่งใบ 10 – 15 วัน
2) ทำการควบคุมปัจจัยการเจริญเติบโตของพืชโดยให้ ปริมาณน้ำ และการให้ปุ๋ยเหมือนกับพืชที่ปลูกในระบบเปิด
3) ทำการบันทึกและวิเคราะห์ผล

4.1.3 ผลการทดลอง

จากการทดลองระบบกับพืชกัญชากัญชงได้ผลการทดลองดังนี้

ตาราง 4.1 เปรียบเทียบระหว่างสภาพแวดล้อมที่พืชต้องการกับสภาพแวดล้อมในระบบ (ระยะเจริญเติบโตทางลำต้น)

อายุของพืช	ปลูกในระบบ	ปลูกในสภาพแวดล้อมทั่วไป
14 วัน		ที่มา : https://theindoornursery.com/blog/how-to-transition-from-vegetative-to-flowering/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15 – 45 วัน		 ที่มา : https://growithjane.com/cannabis-plant-vegetative-stage

ตาราง 4.2 เปรียบเทียบระหว่างสภาพแวดล้อมที่พืชต้องการกับสภาพแวดล้อมในระบบ (ระยะเจริญเติบโตทางลำต้น)

ปัจจัยการเจริญเติบโต	กัญชากัญชง	สภาพแวดล้อมในระบบ
อุณหภูมิ	22 – 28 องศาเซลเซียส	เฉลี่ย 25 องศาเซลเซียส
ความชื้นในอากาศ	50 – 70 %	ไม่เกิน 60 %
แสงแดด	18 ชั่วโมง/วัน	18 ชั่วโมง/วัน
ค่า PH ของน้ำและปุ๋ยน้ำ	5.5 – 6.5	6.5 – 7.0

ตาราง 4.3 เปรียบเทียบระหว่างสภาพแวดล้อมที่พืชต้องการกับสภาพแวดล้อมในระบบ (ระยะการสร้างดอก)

ปัจจัยการเจริญเติบโต	กัญชากัญชง	สภาพแวดล้อมในระบบ
อุณหภูมิ	22 – 25 องศาเซลเซียส	เฉลี่ย 25 องศาเซลเซียส
ความชื้นในอากาศ	50 – 60 %	ไม่เกิน 60 %
แสงแดด	12 ชั่วโมง/วัน	12 ชั่วโมง/วัน
ค่า PH ของน้ำและปุ๋ยน้ำ	5.5 – 6.5	6.5 – 7.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบเปิดปิดหลอดไฟ LED

4.2.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการควบคุมแสงในระบบ และความถูกต้องในการตั้งค่าเวลาเปิด/ปิดของหลอดไฟ LED

4.2.2 วิธีการทดลอง

1) ทำการตั้งเวลาเปิดไฟที่เวลา 06:00 น. และปิดไฟ 00:00 น. ของทุกวัน
2) รอดูผลการทำงานของหลอดไฟ

4.2.3 ผลการทดลอง

ทดลองมาแล้วเป็นเวลา 30 วัน สามารถทำงานตาทเงื่อนไขที่ตั้งได้ปกติคือ เมื่อถึงเวลา 06.00 น. หลอดไฟ LED ติดตามที่ตั้งค่าไว้ และเมื่อถึงเวลา 00.00 น. หลอดไฟ LED ก็จะดับลง และไปติดอีกทีเมื่อถึงเวลา 06.00 น. ซึ่งหลอดไฟมีการเปิดและปิดตรงตามเวลาตลอด 30 วัน

รูป 4.1 LCD แสดงสถานะและเวลาเมื่อเปิดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 4.2 LCD แสดงสถานะและเวลาเมื่อปิดไฟ

4.3 การทดสอบการให้น้ำและปุ๋ยน้ำ

4.3.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการทำงานของระบบน้ำในระบบ และความถูกต้องของการให้น้ำและปุ๋ยน้ำ

4.3.2 วิธีการทดลอง

1) กำหนดค่าความชื้นในดินถ้าต่ำกว่า 20% ให้ปั๊มรดน้ำทำงานถ้าสูงกว่า 50% ให้ปิดปั๊มรดน้ำ
2) กำหนดให้รดน้ำเฉพาะตอนเปิดไฟเท่านั้น

4.3.3 ผลการทดลอง

เมื่อค่าความชื้นในดินต่ำกว่า 20% ปั๊มและวาล์ลน้ำจะทำงานและเมื่อค่าความชื้นขึ้นมาสูงกว่า 50% ปั๊มและวาล์ลน้ำจะหยุดทำงานทันที ปริมาณการรดในแต่ละครั้งจะไกล้เคียงกันแต่จำนวนครั้งในการรดน้ำต่อวันจะเพิ่มขึ้นตามระยะที่พืชโตขึ้น

4.4 การทดสอบการผสมปุ๋ยน้ำ

4.4.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการทำงานของการผสมปุ๋ยน้ำในระบบ และความถูกต้องของการผสมปุ๋ย AB ลงในน้ำ

4.4.2 วิธีการทดลอง

1) กำหมดให้ผสมปุ๋ย AB เมื่อน้ำเต็มถังเท่านั้น 80 ลิตร
2) เมื่อน้ำเต็มถังให้ปั๊มสารละลาย A ทำงานเป็นเวลา 8 นาที จากนั้นรอ 4 ชั่วโมงเติมสารละลาย B เป็นเวลา 8 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เมื่อมีน้ำอยู่ในถังให้ปั๊มกวนน้ำทำงานตลอดเวลา

4.4.3 ผลการทดลอง

เมื่อน้ำเต็มถังปั๊มสารละลาย A และ B ทำงานตามเงื่อนไขแต่จะมีความคาดเคลื่อนช่วงที่ปั๊มทำการดูดสารละลายจากถัง

4.5 การทดสอบการปรับค่า PH ในน้ำ

4.5.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการทำงานของการปรับค่า PH ของน้ำในระบบ และความถูกต้องของค่า PH ที่ควรจะเป็น

4.5.2 วิธีการทดลอง

1) เมื่อค่า PH ต่ำกว่า 5.5 ให้ปั๊มสารละลายเพิ่มค่า PH ทำงาน หยุดทำงานเมื่อค่า PH ต่ำกว่า 5.5
2) เมื่อค่า PH สูงกว่า 6.5 ให้ปั๊มสารละลายลดค่า PH ทำงาน หยุดทำงานเมื่อค่า PH สูงกว่า 6.5

4.5.3 ผลการทดลอง

สามารถทำให้น้ำในถังที่ผสมสารละลาย AB มีค่า PH อยู่ในช่วง 6.5 – 7.0 ได้

4.6 การทดสอบการปรับความชื้นในห้อง

4.6.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการทำงานของการปรับค่ความชื่นของห้องปลูก

4.6.2 วิธีการทดลอง

1) เมื่อค่าความชื้นสูงกว่า 60% เครื่องควบคุมความชื้นจะทำงานจนกว่าความชื้นจะอยู่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 60 %

4.6.3 ผลการทดลอง

สามารถทำให้ค่าความชื้นในห้องอยู่ในช่วง 50 – 60 % ได้แต่จะมีการเพิ่มขึ้นของความชื้นอย่างรวดเร็วเมื่อเปิดประตูหรือหน้าต่าง

4.7 การทดสอบการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ไปยังเซิร์ฟเวอร์

4.7.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ไปยังเซิร์ฟเวอร์ของระบบ และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับจากเซนเซอร์

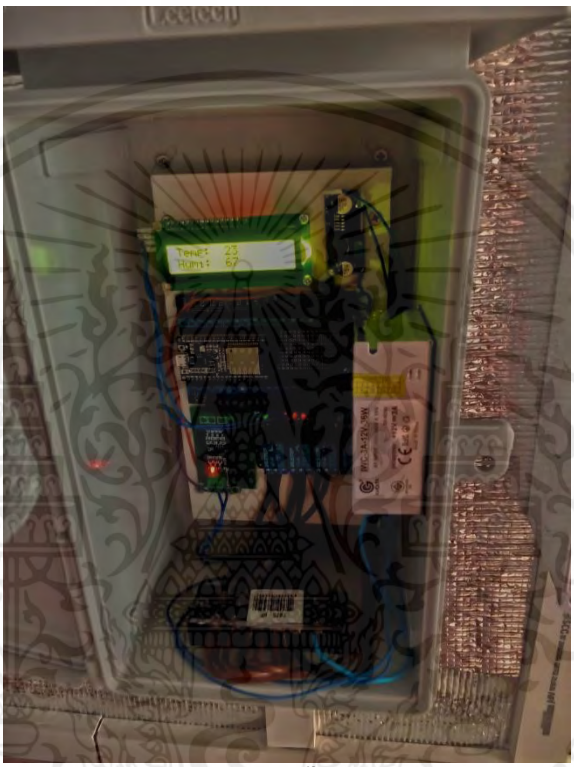
4.7.2 วิธีการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ติดตั้งระบบให้พร้อมใช้งาน
2) ตรวจสอบการเชื่อมต่อระหว่างเซิร์ฟเวอร์และเซนเซอร์
3) ทดลองอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นในอากาศจากเซนเซอร์ด้วย ESP32
4) เข้าสู่ระบบเซิร์ฟเวอร์เพื่อทำการดูค่าที่ส่งมาจากเซนเซอร์แล้วสังเกตผล

4.7.3 ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าเซนเซอร์สามารถส่งค่าไปยังเซิร์ฟเวอร์ได้อย่างถูกต้อง



รูป 4.3 LCD แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นในอากาศจากเซนเซอร์ด้วย ESP32

รูป 4.4 แสดงค่าที่รับจาก sensor อุณหภูมิและความชื้นในอากาศบน Firebase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 การทดสอบการลงชื่อเข้าใช้งานระบบเว็บแอปพลิเคชัน

4.8.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการใช้งานระบบ และความถูกต้องในการตรวจสอบข้อมูลผู้เข้าใช้งาน

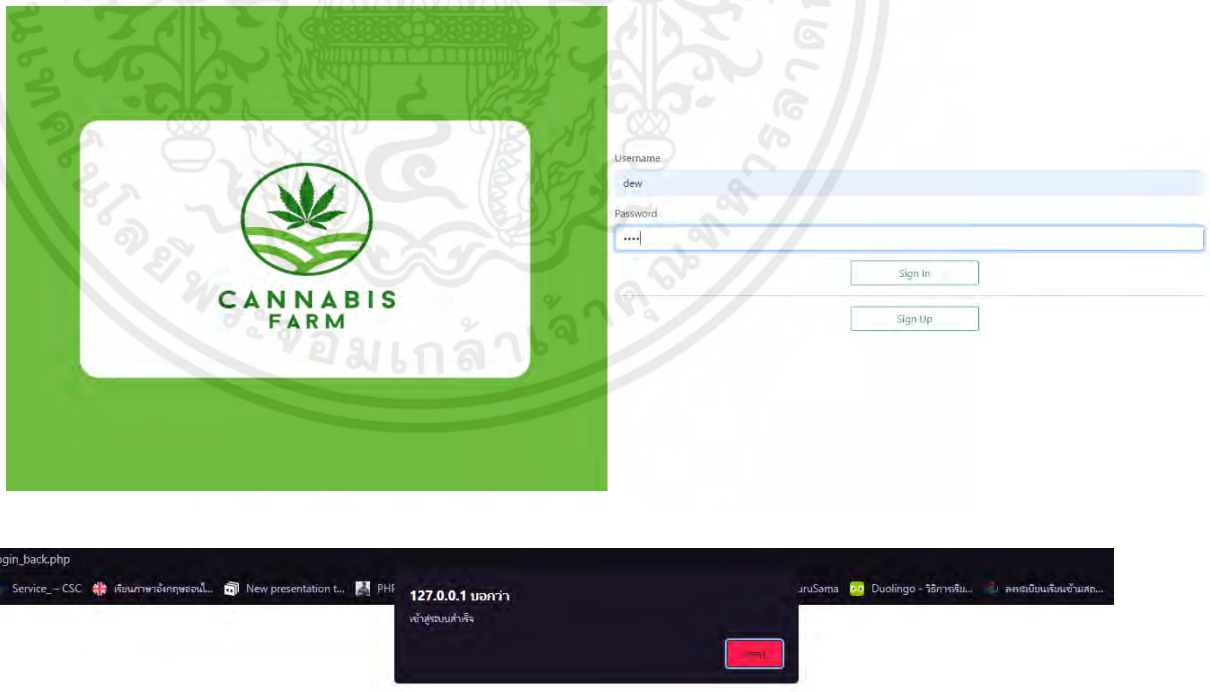
4.8.2 วิธีการทดลอง

1) เข้าสู่หน้าลงชื่อเข้าใช้บนเว็บแอปพลิเคชัน
2) ทดลองกรอกชื่อผู้ใช้และรหัสที่ถูกต้องแล้วสังเกตผลลัพธ์
3) ทดลองกรอกชื่อผู้ใช้หรือรหัสที่ไม่เคยลงทะเบียนแล้วสังเกตผลลัพธ

4.8.3 ผลการทดลอง

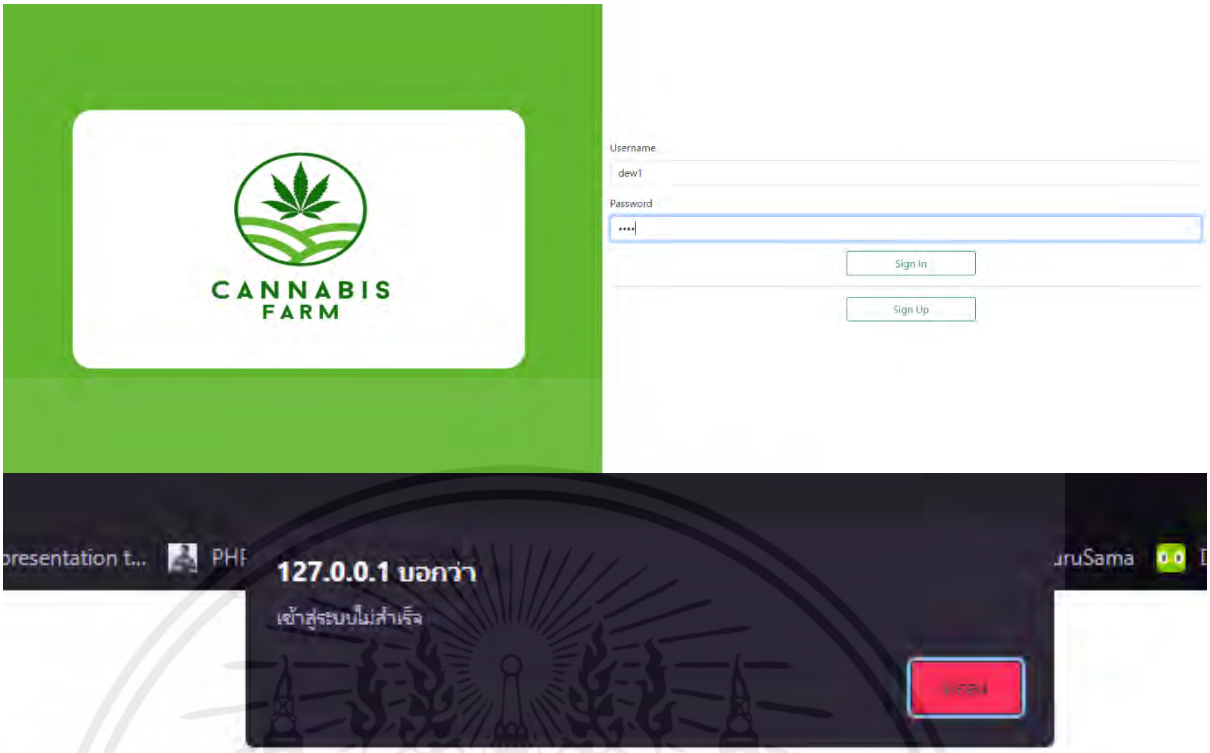
จากการทดลองพบว่าระบบเว็บแอปพลิเคชันสามารถตรวจสอบและลงชื่อเข้าใช้งานได้อย่างถูกต้อง โดยหากกรอกชื่อผู้ใช้งานหรือรหัสผ่านที่ไม่เคยลงทะเบียน ระบบสามารถตรวจสอบและแจ้งได้ว่ามีการกรอกข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง และเมื่อกรอกข้อมูลที่ถูกต้องจะสามารถเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชันได้

โดยการทดลองนั้น เราได้ทำการทดลองการเข้าสู่ระบบ ทั้งหมด 10 ครั้ง ในกรณีที่ต่างกันคือ ชื่อผู้ใช้งานถูก รหัสผ่านผิด จำนวน 4 ครั้ง และ ชื่อผู้ใช้งานผิด รหัสผ่านถูก จำนวน 4 ครั้ง และ ชื่อผู้ใช้งานถูก รหัสผ่านถูก จำนวน 2 ครั้ง โดยเว็บแอปพลิเคชันของเรานั้นได้ทำงานอย่างถูกต้องตามเงื่อนไขที่ได้ทำการกำหนดไว้



รูป 4.5 ข้อความแจ้งเตือนเมื่อลงชื่อเข้าใช้งานได้สำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.6 ข้อความแจ้งเตือนเมื่อลงชื่อเข้าใช้งานไม่สำเร็จ

4.9 การทดสอบสมัครสมาชิกเพื่อเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน

4.9.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบระบบความปลอดภัยและความถูกต้องในการตรวจสอบผู้ใช้งานในการสมัครสมาชิกเพื่อเข้าสู่เว็บแอปพลิเคชัน

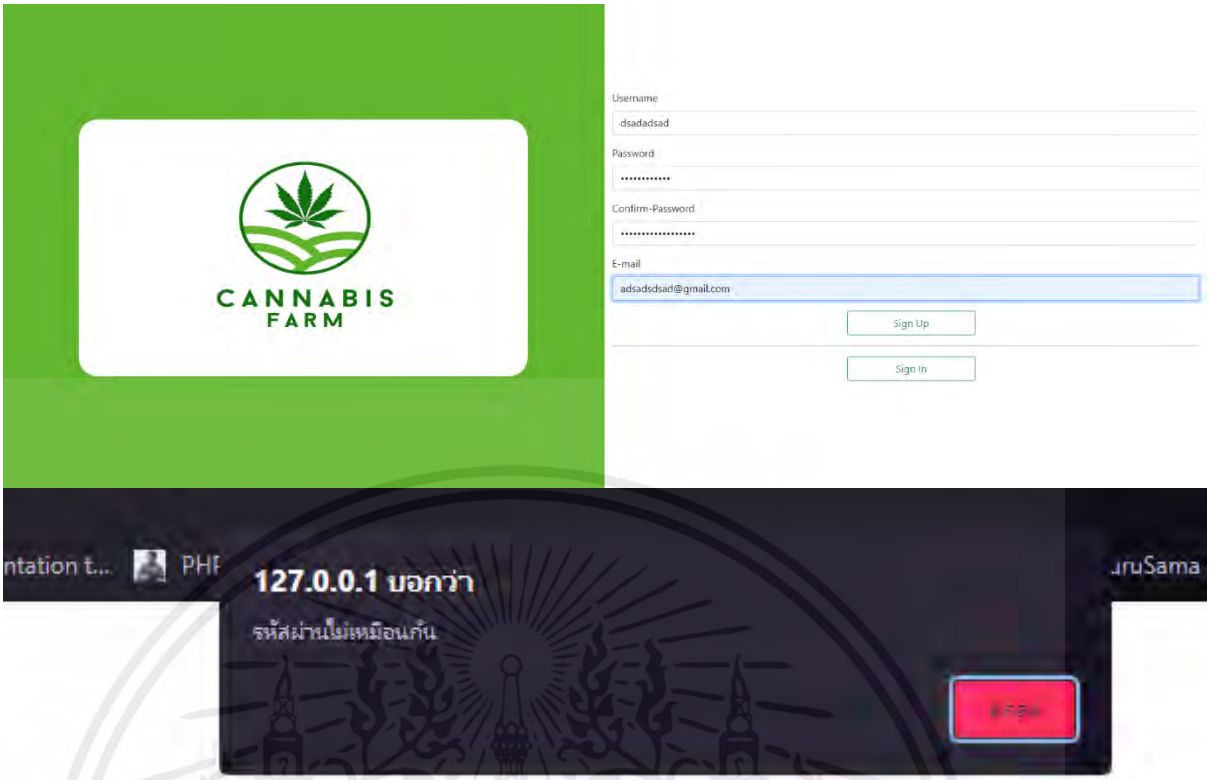
4.9.2 วิธีการทดสอบ

1) เข้าสู่หน้าการเข้าสู่ระบบในเว็บแอปพลิเคชัน
2) กดที่ปุ่ม Register เพื่อทำการเข้าหน้าสมัครสมาชิก
3) ทดสอบการป้อนข้อมูลแต่ละฟิลด์ต่าง ๆ ให้ไม่สมบูรณ์และไม่ถูกต้องและดูผลลัพธ์
4) ทดสอบการป้อนข้อมูลแต่ละฟิลด์ต่าง ๆ ให้สมบูรณ์และถูกต้องและดูผลลัพธ์

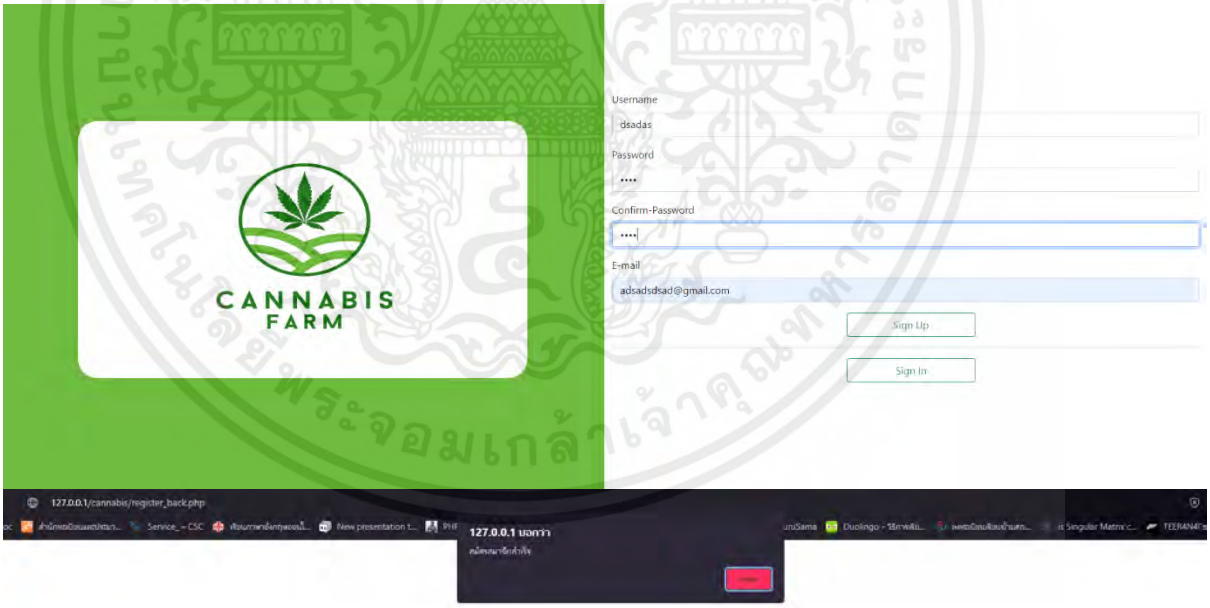
4.9.3 ผลการทดสอบ

จากการทดสอบจะเห็นว่าฟิลด์ password และ confirm-password จะมีการเช็คว่ารหัสผ่านตรงกันหรือใหม่ และช่องอื่นๆจะทำการเช็คแตกต่างกันไป โดยถ้าป้อนค่าผิดเงื่อนไขจะมีการแจ้งเตือนบอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.7 ข้อความแจ้งเตือนเมื่อทำการสมัครสมาชิกโดยป้อนรหัสผ่านไม่เหมือนกัน



รูป 4.8 ข้อความแจ้งเตือนเมื่อทำการสมัครสมาชิกโดยป้อนข้อมูลถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุป

5.1 บทสรุป และการดำเนินงาน

การพัฒนาระบบควบคุมและบริหารจัดการสำหรับสมาร์ทฟาร์มแบบสภาพแวดล้อมปิด สามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 เปรียบเทียบตามวัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. พัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความถูกต้องในการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในห้องปลูกและผลิตภัณฑ์

1) พัฒนาระบบควบคุมแสง
2) พัฒนาระบบควบคุมการรดน้ำและปุ๋ยน้ำ
3) พัฒนาระบบควบคุมการผสมปุ๋ยน้ำ
4) พัฒนาระบบควบคุมค่า PH ในน้ำและปุ๋ยน้ำ
5) พัฒนาระบบควบคุมความชื้นในห้องปลูก

2. ลดความเสี่ยงในการผลิตโดยใช้เทคโนโลยีการควบคุมที่มีประสิทธิภาพสูงและการตรวจวัดที่ถูกต้อง

1) การควบคุมแสง กำหนดเวลาเปิดไฟอัตโนมัติโดยให้เปิดไฟ 18 ชั่วโมง/วัน และกำหนดให้ปิดไฟเป็น 6 ชั่วโมง/วัน
2) การควบคุมการรดน้ำและปุ๋ยน้ำ กำหนดให้รดน้ำและปุ๋ยน้ำอัตโนมัติโดยจะเริ่มรดน้ำเมื่อค่าความชื้นในดินต่ำกว่า 20% และหยุดรดน้ำเมื่อค่าความชื่นในดินสูงกว่า 50 % โดยกำหนดให้รดเฉพาะช่วงที่เปิดไฟเท่านั้น
3) การควบคุมการผสมปุ๋ยน้ำ กำหนดให้มีการผสมสารละลาย AB อัตโนมัติโดยจะเริ่มผสมก็ต่อเมื่อมีการเติมน้ำใหม่จนเต็มถังเมื่อน้ำเต็มถังทำการเติมสารละลาย A เป็นปริมาณ 5 มิลลิลิตร/ลิตร จากนั้นรอ 4 ชั่วโมงทำการเติมสารละลาย B อีก 5 มิลลิลิตร/ลิตร โดยในถังจะมีปั๊มกวนน้ำ 1 ตัวเพื่อใช้กวนสารละลายกับน้ำให้เข้ากัน
4) การควบคุมค่า PH ในน้ำและปุ๋ยน้ำ กำหนดให้มีการปรับค่า PH อัตโนมัติโดยใช้สารละลายที่ช่วยเพิ่มลดค่า PH เมื่อค่า PH ต่ำกว่า 5.5 ปั๊มสารละลายเพิ่มค่า PH จะทำงาน เมื่อค่า PH สูงกว่า 6.5 ปั๊มสารละลายลดค่า PH จะทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) การควบคุมความชื้นในห้องปลูก กำหนดให้มีการปรับค่าความชื้นอัตโนมัติเมื่อค่าความชื้นสูงกว่า 60% หรือต่ำกว่า 50% เครื่องควบคุมความชื้นจะทำงานทันที

3. พัฒนาการควบคุมการทำงานของระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและลดการสูญเสีย

1) สามารถแสดงค่าอุณหภูมิ แสง ความชื้นในอากาศและดิน PHของน้ำของระบบบนหน้าเว็บแอปพลิเคชันได้
2) สามารถแสดงสถานการณ์ทำงานของอุปกรณ์ของระบบบนหน้าเว็บแอปพลิเคชันได้

5.2 ปัญหา อุปสรรค และแนวทางการแก้ไข

5.2.1 ปัญหา และอุปสรรค

1) อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบบางย่างเกิดความเสียหายได้ง่ายและไม่สามารถใช้งานได้
2) จะมีการเพิ่มขึ้นของความชื้นอย่างรวดเร็วในห้องปลูกเมื่อเปิดประตูหรือหน้าต่าง
3) ช่วงที่ปั๊มปั๊มสารละลาย AB จากถังสารละลายไปผสมในน้ำจะมีความคาดเคลื่อนเรื่องเวลาทำให้ได้ปริมาณของสารละลายน้อยกว่าที่ต้องการ
4) การประสานงานเพื่อวางแผนโครงสร้างข้อมูลระหว่างฝั่ง Hardware และส่วนเว็บแอปพลิเคชันไม่ดีทำให้การจัดการข้อมูลในส่วนเว็บแอปพลิเคชันไม่มีประสิทธิภาพ ล้าช้าจนถึงไม่เสร็จสมบูรณ์
5) พุ่มกัญชามีขนาดสูงและใหญ่เกินไปจนแสงไฟไม่สามารถส่องไปถึงโคนต้นได้ทำให้ใบช่วงโคนต้นเหลือง

5.2.1 แนวทางการแก้ไข

1) ปัญหาที่ 1 สร้างกล่องหรือ shield ให้กับอุแปกรณ์ที่สามารถเกิดการเสียหายได้ง่าย เช่น Node MCU, Sensor วัดค่า EC, Sensor วัดค่า PH เป็นต้น
2) ปัญหาที่ 2 เพิ่มระบบแจ้งเตือนในกรณีที่ประตูหน้าต่างถูกเปิดทิ้งไว้ หรือประตูหน้าต่างปิดไม่สนิท
3) ปัญหาที่ 3 ใช้ปั๊มที่มีแรงดูมากกว่านี้ ลดความยาวของสายยางระหว่างถังสารลายกับถังน้ำให้สั้นลง
4) ปัญหาที่ 4 ฝั่ง Hardware และ เว็บแอปพลิเคชัน ต้องตกลง requirement ร่วมกันให้ชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ทำการตัดแต่งกิ่งให้ลดขนาดความสูงลงและเพิ่มพุ่มด้านข้างเพื่อให้ยอดของกัญชามีโอกาสรับแสงมากขึ้น

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

5.3.2 ส่วน Hardware

1) เพิ่มให้สามารถปรับความสูงของหลอดไฟได้อัตโนมัติ
2) เพิ่มให้สามารถเพิ่มลดความสว่างของหลอดไฟได้
3) เพิ่ม Sensor ตรวจจับสถานการณ์เปิดปิดของประตูหน้าต่าง
4) เพิ่มระบบควบคุม CO2
5) เพิ่ม digital door lock เพื่อให้สามารถตรวจสอบเวลามีคนเข้าออกห้องปลูกได้

5.3.2 ส่วน Software

1) พัฒนาในส่วนของการติดต่อควบคุมอุปกรณ์
2) พัฒนาในส่วนของการนำข้อมูลที่เก็บไว้มาสร้างรายงานเพื่อวิเคราะห์ผล
3) พัฒนาในส่วนของความปลอดภัยในการเข้าใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] 2022. **การขยายผลและถ่ายทอดเทคโนโลยี Smart farm ด้านเกษตร กลุ่มไม้ผล ภาคตะวันออก.** [Online]: https://sharebox.nstda.or.th/d/e534884d

[2] 2020. **สื่อความรู้เทคโนโลยีด้านเกษตร.** [Online]: https://sharebox.nstda.or.th/d/4fe444c9

[3] นางสาวสุชิดา รอกกระโทก. 2563 **ผลของแสง LED EFFECTS OF LED LIGHT ON SEED GERMINATION, GROWTH, YIELD AND ACCUMULATION OF ANTIOXIDANTS OF CROPS**. [Online]: http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/9000/2/Fulltext.pdf?fbclid=IwAR0oMry4zxGTVda-Q01YnB4kmVE3S0y4azm9OspXueDBr118kTw83Ji1rSw

[4] 2564. **คู่มือสำหรับเกษตรกร การผลิตพืชสกุลกัญชา (cannabis sativa L.) เพื่อประโยชทางการแพทย์ และ อุตสาหกรรม.** [Online]: https://agkb.lib.ku.ac.th/main/search_detail/result/411106

[5] อ.ดร. เจษฎา ภทัรเลอพงศ์. 2565. **การเพาะปลูกกญัชาทางการแพทย์แบบโรงรือน(Green house) กิจกรรม “เดินหน้า...กัญชาเสรีเจ็บ แก้จน” และการอบรมการเพราะปลูกและการเก็บเกี่ยวที่ดีของพืชกัญชาเพื่อประโยชน์ทางการแพทย์ และการส่งออก.** [Online]: https://thaicam.go.th/wp-content/uploads/2022/06/2 .การเพาะปลูกกัญชาทางการแพทย์แบบโรงเรือน-ดร.เจษฎา.pdf

[6] ธานี ศรีวงศ์ชัย, พัชรียา บุญกอแก้ว และ สุตเขตต์ นาคะเสถียร. 2563. **ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการปลูกกัญชา.** หนังสือ/เอกสาร.

[7] Trairat Kaewkerd. **การปลูกกัญชาให้ได้ผลผลิตเป็นปอนด์ต่อต้น.** [Online]: https://www.baanmug.com/

[8] ดร.หนึ่ง เตียอำรุง. 2564. **การผลิต และการใช้ประโยชน์จากกัญชา (Marijuana).** [Online]: http://sutir.sut.ac.th:8080/jspui/bitstream/123456789/9125/2/Fulltext.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[9] 2021. **ESP32 เบื้องต้น :: บทที่ 1 แนะนำ ESP32.** [Online]: https://www.artronshop.co.th/article/51/esp32-เบื้องต้น-บทที่-1-แนะนำ-esp32

[10] 2020. **การสื่อสารในงานอุตสาหกรรมด้วยโพรโทคอล Modbus.** [Online]: https://www.nectec.or.th/news/news-public-document/modbus-protocol.html

[11] Sirawit Sek. 2019. **ทำความรู้จัก Firebase และผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในช่วงต้นปี 2019 กัน.** [Online]. Available: https://medium.com/@sirawit/firebase-คืออะไร-ทำความรู้จัก-firebase-ในช่วงต้นปี-2019-กัน-473a8e8699fb

[12] Jash Doshi, Tirthkumar Patel, Santosh kumar Bharti. 2019. **Smart Farming using IoT, a solution for optimally monitoring farming conditions** [Online]: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050919317168

[13] ปรีดา นาเทเวศร์. 2564. **Effect of artificial light on photosynthetic indices and dried flower of cannabis under semi-closed plant production system**: https://agkb.lib.ku.ac.th/kku/search_detail/result/409185

[14] Watchara Klancoowat, Nattaporn Chaiyat and Preeda Nathewet. 2020. **WASTEWATER RECOVERY OF AIR CONDITIONING FOR INDOOR CANNABIS PRODUCTION.** [Online]: http://www.tdetlab.com/publication#

[15] คมสันต์ สิริวัฒนาพาท. 2016.**หลอดไฟฟ้า LED และ การคำนวณ Lumen & Lux.** [Online]: https://realite.ran4u.com/download.do?clubId=33132&clubForumMenuId=66665&clubForumId=46311&fileId=134194

[16] ธานี ศรีวงศ์ชัย, สุดเขตต์ นาคะเสถียร, อรวรรณ คำดี, อมรรัตน์ ม้ายอง, นฤพนธ์ น้อยประสาร, วีรพงษ์ วิสูตร. 2565. **Indoor cannabis and hemp production handbook.** หนังสือ/เอกสาร **ISBN :** 978-616-8114-09-4.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[17] ธราวุฒิ ไก่แก้ว, กวี คงมั่น. **2561.คู่มือออกแบบระบบน้ำหยดฉบับประชาชน.** [Online]: ระบบน้ำเพื่อการเกษตร - ดาวน์โหลดหนังสือ | 1-50 หน้า | PubHTML5

[18] กฤษณ์ อินทรนนท์. 2565**. ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า.** หนังสือ/เอกสาร **ISBN :** 978-616-8282-14-4.

[19] นพ มหิยานนท์. 2564. **มาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้าภายในและนอกอาคาร.** หนังสือ/เอกสาร **ISBN :** 978-616-8282-12-0.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้