



รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับการเพาะ
เมล็ดผักสลัด

Development a Smart Greenhouse to Control Temperature and
Humidity for Growing Lettuce Seeds.

ปริยากร บัวทอง

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับการเพาะ
เมล็ดผักสลัด

Development a Smart Greenhouse to Control Temperature and
Humidity for Growing Lettuce Seeds.

ปรียากร บัวทอง

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ศิวตล แจ่มจำรัส

สาขาวิชาเอกพืชศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ทุนวิจัยโดยทุนอุดหนุนงานวิจัย พัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

ประจำปีงบประมาณ 2566

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ชื่องานวิจัย	: การพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับการเพาะเมล็ดผักสลัด
ผู้วิจัย	: ปริญญากร บัวทอง
ผู้ร่วมวิจัย	: ศิวตล แจ่มจำรัส
สาขาวิชา	: วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ปีที่ทำการวิจัย	: 2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับการเพาะเมล็ดผักสลัด และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเพาะเมล็ดผักสลัดในโรงเรือนอัจฉริยะกับการเพาะในโรงเรือนปกติ โดยการออกแบบโรงเรือนอัจฉริยะขนาด กว้าง 2 เมตร ยาว 3 เมตร สูง 2 เมตร ออกแบบระบบควบคุมการทำงานของโรงเรือนผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ให้รดน้ำตามค่าความชื้นในดินที่ต้องการ และลดอุณหภูมิด้วยการพ่นหมอก จากการกำหนดค่าของผู้ใช้ผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน และมีระบบเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนอัจฉริยะและโรงเรือนปกติผ่านอินเทอร์เน็ต ในการทดลองเพาะเมล็ดใช้ผักสลัด 3 ชนิด คือ เรดโอ๊ค กรีนโอ๊ค และฟินเลย์ ไอซ์เบิร์ก เพาะพร้อมกันในโรงเรือนอัจฉริยะและโรงเรือนปกติ เก็บข้อมูลการทำงานของระบบโรงเรือนอัจฉริยะ การงอกของเมล็ด และสภาพแวดล้อมเป็นเวลา 10 วัน

ผลการทดลองจากพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับการเพาะเมล็ดผักสลัด การทำงานของระบบพ่นหมอกเพื่อลดอุณหภูมิ และการรดน้ำตามความชื้นในดินและระยะเวลาที่กำหนด ระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องตรงตามเงื่อนไข ผลการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนอัจฉริยะและโรงเรือนปกติ พบว่าความชื้นในดินเฉลี่ยของโรงเรือนอัจฉริยะมากที่สุดคือ 43% น้อยที่สุดคือ 32% โรงเรือนปกติเฉลี่ยมากที่สุดคือ 48% น้อยที่สุดคือ 28% อุณหภูมิเฉลี่ยในโรงเรือนอัจฉริยะ คือ 28 °C โรงเรือนปกติคือ 31 °C ผลการวิเคราะห์การงอกของเมล็ดพบว่าผักสลัดทั้ง 3 ชนิดที่เพาะในโรงเรือนอัจฉริยะมีความงอกของเมล็ดสูงกว่าการเพาะในโรงเรือนปกติ ดัชนีการงอกจากการเพาะในโรงเรือนอัจฉริยะมีความสม่ำเสมอในการงอกมากกว่าการเพาะในโรงเรือนปกติ และเวลาเฉลี่ยในการงอกจากการเพาะในโรงเรือนอัจฉริยะมีเวลาเฉลี่ยการงอกเพียง 4 วัน ซึ่งต่ำกว่าโรงเรือนปกติ

(ข)

จากผลการทดลองระบบโรงเรือนอัจฉริยะเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับการเพาะเมล็ดผักสลัด สรุปได้ว่าระบบโรงเรือนอัจฉริยะสามารถทำงานได้ถูกต้องตามเงื่อนไขความชื้นในดิน และอุณหภูมิที่กำหนด และมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการเพาะเมล็ดผักสลัดได้ดีกว่าการเพาะในโรงเรือนปกติ

คำสำคัญ : โรงเรือนอัจฉริยะ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เมล็ด

Project Research : Development a smart greenhouse to control temperature and humidity for growing lettuce seeds.

Researcher : Pariyakorn Buathong

Co Researcher : Siwadon Chaemchamrat

Program : Computer Engineering
Phetchabun Rajabhat University

Year : 2023

Abstract

This research was conducted with the objective of enhancing the operational features of a smart greenhouse, particularly in the regulation of temperature and humidity for the cultivation of lettuce seeds. Furthermore, the study aimed to assess and draw comparisons regarding the germination efficiency of lettuce seeds within the smart greenhouse and its traditional counterpart. The smart greenhouse is designed to be 2 meters in width, 3 meters in length, and 2 meters in height. The control system of the greenhouse was designed to operate through a microcontroller to water the plants based on the desired soil moisture level and reduce the temperature by misting, with user-defined settings through a smartphone application. Environmental data in both the smart and traditional greenhouses are collected and stored online. Three types of lettuce, namely Red Oak, Green Oak, and Frillice IceBerg, are simultaneously cultivated in both the smart and traditional greenhouses. Data on the operation of the smart greenhouse system, seed germination, and environmental conditions are recorded for 10 days.

The results from the development of the smart greenhouse show accurate operation of the temperature and humidity control system, misting system to reduce temperature, and timed watering based on soil moisture levels. The environmental data collected reveal that the average soil moisture in the smart greenhouse ranges from a maximum of 43% to a minimum of 32%. In the traditional greenhouse, the average soil moisture ranges from a maximum of 48% to a minimum of 28%. The

average temperature in the smart greenhouse is 28 °C, whereas the traditional greenhouse has an average temperature of 31 °C. The seed germination analysis indicates that all three types of lettuce seeds germinated higher in the smart greenhouse compared to the traditional greenhouse. The germination index in the smart greenhouse shows more consistent germination compared to the traditional greenhouse, and the mean germination time in the smart greenhouse is 4 days, which is shorter than the traditional greenhouse.

In conclusion, the results of the smart greenhouse system for temperature and humidity control in lettuce seed germination demonstrate accurate operation according to the predefined conditions of soil moisture and temperature. The system is well-suited for lettuce seed germination and performs better compared to traditional greenhouse.

Keywords : Smart Greenhouse, Internet of Things, Seeds

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตพืชผักปลอดภัยห้วยสะแก ที่สละเวลาให้คำแนะนำคำปรึกษา ให้ความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่ง รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ และวิชาเอกพืชศาสตร์เป็นอย่างสูง ที่ได้ให้ความกรุณา ให้คำปรึกษาแนะนำ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยพัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมประจำปีงบประมาณ 2566 ณ ที่นี้ด้วย

ปรียากร บัวทองและคณะ

28 ธันวาคม 2566

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(ก)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ค)
กิตติกรรมประกาศ	(จ)
สารบัญ	(ฉ)
สารบัญตาราง	(ช)
สารบัญรูป	(ณ)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ของงานวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ผักสลัด	4
2.2 เมล็ดพันธุ์ผักสลัด	12
2.3 วิธีการเพาะเมล็ด	15
2.4 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเพาะเมล็ด	20
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์	23
2.6 เซ็นเซอร์สภาพแวดล้อม	34
2.7 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง	37
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	41
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	41
3.2 เครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูลและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ	41
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล	58
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้	59

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	60
4.1 ผลการทำงานของระบบโรงเรือนอัจฉริยะ	60
4.2 ผลการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนอัจฉริยะและโรงเรือนปกติ	63
4.3 ผลการรอกของเมล็ดผักสลัดในโรงเรือนอัจฉริยะและโรงเรือนปกติ	66
4.4 ผลการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักสลัด	70
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล	74
5.1 สรุปผล	74
5.2 อภิปรายผล	75
5.3 ข้อเสนอแนะ	76
บรรณานุกรม	77
ภาคผนวก	78
ภาคผนวก ก. ภาพการเพาะเมล็ดในโรงเพาะชำและนอกโรงเพาะชำ	79
ประวัติผู้วิจัย	92

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 สายพันธุ์สลัดที่นิยมปลูกเพื่อการค้า	6
2-2 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเจริญและผลผลิตของสลัด	21
2-3 ความต้องการแสงของสลัด	21
3.1 ผลการทดสอบเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน	58
4-1 สถานะการทำงานของระบบพ่นหมอกในโรงเรือนอัจฉริยะ	60
4-2 สถานะการทำงานของระบบรดน้ำในโรงเรือนอัจฉริยะ	61
4-3 ผลการรอกของเมล็ดในโรงเรือนอัจฉริยะ (A)	66
4-4 ผลการรอกของเมล็ดในโรงเรือนปกติ (B)	67
4-5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการรอกของผักสลัดในโรงเรือนอัจฉริยะ และโรงเรือนปกติ	69
4-6 ผลการเจริญเติบโตของผักสลัดที่เพาะในโรงเรือนอัจฉริยะ เมื่อเพาะครบ 7 วัน	71
4-7 ผลการเจริญเติบโตของผักสลัดที่เพาะในโรงเรือนแบบปกติ เมื่อเพาะครบ 7 วัน	71
4-8 ผลการเจริญเติบโตของผักสลัดที่เพาะในโรงเรือนอัจฉริยะ เมื่อเพาะครบ 14 วัน	72
4-9 ผลการเจริญเติบโตของผักสลัดที่เพาะในโรงเรือนแบบปกติ เมื่อเพาะครบ 14 วัน	72

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2-1 ผักฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก	7
2-2 สลัดกรีนโอ๊คลิฟ	9
2-3 สลัดเรดโอ๊คลิฟ	11
2-4 เมล็ดแบบไม่เคลือบ	13
2-5 เมล็ดแบบเคลือบ	13
2-6 การเพาะเมล็ดในกระเจาดพลาสติก	15
2-7 การเตรียมดินเพาะ	17
2-8 การคัดเลือกเมล็ดก่อนนำไปใช้	17
2-9 ESP8266 ESP-01	25
2-10 ESP8266 ESP-03	26
2-11 ESP8266 ESP-07	26
2-12 ESP8266 ESP-12E	27
2-13 ESP8266 NodeMCU V2	27
2-14 ESP8266 NodeMCU V3	28
2-15 WeMos D1	28
2-16 WeMos D1 Mini	29
2-17 โมดูล ESP8266 01 ผลิตโดยบริษัท Ai-Thinker หัวใจหลักคือไอซีESP8266	31
2-18 ด้านซ้าย บอร์ด NodeMCU 0.9 และด้านขวา บอร์ด NodeMCU 1.0	32
2-19 ด้านหน้า และด้านหลังของโมดูล ESP31B-WROOM-03 ใช้ชิปไอซี ESP31B	33
2-20 บอร์ดพัฒนา DOIT ESP32 Development Board	34
2-21 เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน	35
2-22 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ DHT21	35
2-23 เซนเซอร์วัดค่าแสงแบบใช้ภายในอาคาร	36
2-24 เซนเซอร์วัดค่าแสงแบบใช้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร	36
2-25 การทำงานระหว่างเซ็นเซอร์และแอคชูเอเตอร์	38
3-1 โครงสร้างโรงเรือนอัจฉริยะ	42
3-2 ผังการทำงานของระบบควบคุมการทำงานของโรงเรือนอัจฉริยะ	43

3-3	ผังงานการพัฒนาระบบในโรงเรือนอัจฉริยะ	45
3-4	ภายนอกโรงเรือนอัจฉริยะ	47
3-5	ภายในโรงเรือนอัจฉริยะ	47
3-6	การติดตั้งอุปกรณ์ในกล่องควบคุม	49
3-7	การติดตั้งกล่องควบคุมการทำงานของโรงเรือนอัจฉริยะ	50
3-8	การติดตั้งโมดูลความชื้นในดิน ค่าความชื้นในอากาศ อุณหภูมิในอากาศ และความเข้มแสง	50
3-9	การสร้าง Chart สำหรับเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนอัจฉริยะบน ThingSpeak	51
3-10	การสร้าง Chart สำหรับเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนปกติบน ThingSpeak	52
3-11	การสร้าง Dashboard ผ่านเว็บไซต์	53
3-12	การสร้างแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน	53
3-13	การทดสอบการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนปกติบน ThingSpeak	54
3-14	การทดสอบการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนอัจฉริยะบน ThingSpeak	55
3-15	การทดสอบการตั้งค่าผ่านแอปพลิเคชัน	56
3-16	การทดสอบการทำงานของระบบแบบอัตโนมัติในการรดน้ำเวลา 7.30 น.	56
3-17	การทดสอบการทำงานของระบบแบบอัตโนมัติในการรดน้ำเวลา 15.30 น.	57
3-18	ดินปลูกในภาชนะขนาด 105 หลุม	57
4-1	ข้อมูลความชื้นในดินของโรงเรือนอัจฉริยะ (A) และโรงเรือนปกติ (B)	63
4-2	ข้อมูลอุณหภูมิในอากาศของโรงเรือนอัจฉริยะ (A) และโรงเรือนปกติ (B)	64
4-3	ข้อมูลความชื้นในอากาศของโรงเรือนอัจฉริยะ (A) และโรงเรือนปกติ (B)	65
4-4	ข้อมูลความเข้มแสงของโรงเรือนอัจฉริยะ (A) และโรงเรือนปกติ (B)	65
4-5	การงอกของเมล็ด Red Oak จากการเพาะในโรงเรือนอัจฉริยะ (A) และโรงเรือนปกติ (B)	67
4-6	การงอกของเมล็ด Green Oak จากการเพาะในโรงเรือนอัจฉริยะ (A) และโรงเรือนปกติ (B)	68
4-7	การงอกของเมล็ด Frillice Ice Berg จากการเพาะในโรงเรือนอัจฉริยะ (A) และโรงเรือนปกติ (B)	68

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อาชีพเกษตรกรเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการเสริมสร้างสังคมในชุมชนท้องถิ่น จึงต้องดูแลให้อาชีพเกษตรกรอยู่ได้อย่างมีความสุขและมั่นคงในอาชีพ สร้างรายได้หมุนเวียนในชุมชนให้มีความเข้มแข็ง เพื่อลดความเหลื่อมล้ำและสามารถพึ่งตนเองได้ระยะยาว โดยใช้องค์ความรู้ เทคโนโลยี และนวัตกรรม มาช่วยพัฒนาให้มีผลผลิตและรายได้ที่สูงขึ้น ในช่วงที่มีการแพร่ระบาดของโควิด 19 ทำให้ประชาชนหันมาบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายและเป็นอาหารปลอดภัย ผักปลอดสารพิษ และนิยมปลูกผักเพื่อรับประทานเองในครัวเรือนมากขึ้น ผักอินทรีย์จึงเป็นอีกทางเลือกระดับต้น ๆ ของผู้บริโภคในการเลือกรับประทาน การทำเกษตรอินทรีย์ต้องเริ่มจากดินที่ไม่มีสารพิษ หรือสารเคมีตกค้างและจากการปนเปื้อนของสารเคมีทั้งทางดิน ทางน้ำ และทางอากาศ ดินเป็นพื้นฐานสำคัญของระบบเกษตรอินทรีย์ ดินควรมีธาตุอาหารเพียงพอให้กับพืชที่เพาะปลูก ลดต้นทุนการผลิตจากการใช้สารเคมี ได้ผลผลิตที่อุดมด้วยคุณค่าทางอาหารและเป็นผักปลอดสารพิษ ประยุกต์ใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติ และเป็นแนวทางของเศรษฐกิจพอเพียง

วิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตพืชผักปลอดภัยห้วยสะแก เป็นการรวมกลุ่มของคนในชุมชนเพื่อปลูกผักปลอดสารเคมีสร้างรายได้เกิดเป็นความสุขในชุมชน มีสมาชิกทั้งหมด 38 ครัวเรือนผ่านการรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ SDGsPGS ประเภทการรับรอง อินทรีย์ (Organic) จากสมาพันธ์เกษตรกรรมยั่งยืนแห่งประเทศไทย สามารถนำสินค้าส่งออกจำหน่ายไปยังตลาดชุมชนและห้างสรรพสินค้าชั้นนำ สร้างรายได้ให้กับสมาชิก มีการวางแผนการผลิตต้นกล้ารวมกับกลุ่มพ่อค้าคนกลางที่รับซื้อผัก โดยจะเพาะต้นกล้าให้กับสมาชิกเพื่อให้สมาชิกกลุ่มปลูกผักตามแผนงานที่วางไว้ ในแต่ละเดือนจะมีการเพาะเมล็ดผักหมุนเวียนเปลี่ยนไปหลายชนิดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับความต้องการของตลาดและช่วงฤดูการเจริญเติบโตของแต่ละชนิด เช่น กะหล่ำปลี มะเขือ ถั่วฝักยาว พริกชี้ฟ้าแดงกวาง และผักสลัด โดยเฉพาะผักสลัดที่กำลังเป็นที่นิยมในกลุ่มผู้บริโภคผักปลอดภัย เช่น เคล ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก ผักโขมเบบี้ ผักกาดคอส บัตเตอร์เฮด เรดคอรัล เรดโอ๊ค และกรีนโอ๊ค นอกจากการเพาะกล้าให้สมาชิกนำไปปลูกยังมีกลุ่มผู้บริโภคที่นิยมนำต้นกล้าไปปลูกเพื่อบริโภคในครัวเรือน ทำให้กลุ่มวิสาหกิจมีรายได้จากการเพาะกล้าและจากผักที่พร้อมนำไปบริโภค ตนกล้าจะมีความสมบูรณ์แข็งแรงในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ประกอบด้วย น้ำ แสง อุณหภูมิ ออกซิเจน การเพาะเมล็ดในการขยายพันธุ์เป็นการเตรียมกล้าพืชที่จะใช้ปลูกก่อนที่จะปลูกในแปลง โดยการเพาะเมล็ดจนกว่าจะโตเป็นต้นกล้าจึงจะย้ายไปปลูก โดยจะต้องมีการดูแลที่เหมาะสมปราศจากการทำลายของโรคโคนเน่าคอดิน ที่มีสาเหตุมา

จากเชื้อรา ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญเนื่องจากกลุ่มวิสาหกิจมีการเพาะเมล็ดผักตลอดทั้งปีโดยใช้โรงเรือนแบบเปิด เนื่องจากสภาพอากาศในแต่ละเดือนมีอุณหภูมิ ความชื้น แสงแดด และปริมาณฝนที่ไม่เท่ากัน ทำให้ในบางช่วงผักไม่สามารถงอกได้สมบูรณ์ตามแผนที่วางไว้ และสูญเสียต้นทุนในกระบวนการเพาะ

จากปัญหาในการเพาะต้นกล้าผู้วิจัยจึงนำระบบโรงเรือนอัจฉริยะ (Smart Greenhouse) มาควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนให้มีความเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของต้นกล้า โรงเรือนอัจฉริยะใช้เทคโนโลยีเซนเซอร์และอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) มาใช้ในการเก็บข้อมูล โดยมีอุปกรณ์ในการควบคุมความชื้น อุณหภูมิ และการรดน้ำ โดยการควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ มีระบบเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน เพื่อหาความชื้น และอุณหภูมิ ที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเมล็ดผักสลัด นอกจากนั้นเกษตรกรสามารถดูข้อมูล ความชื้น อุณหภูมิ และแสงสว่าง เพื่อเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ด และลดต้นทุนที่อาจสูญเสียไปในกระบวนการเพาะเมล็ด นอกจากนั้นยังสามารถขยายพื้นที่การเพาะเมล็ดไปยังสมาชิก และเกษตรกรกลุ่มอื่น ๆ เพื่อเพิ่มความมั่นคงทางรายได้ของภาคการเกษตร

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะสำหรับการเพาะเมล็ดผักสลัด

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเพาะเมล็ดผักสลัดในโรงเรือนอัจฉริยะกับการเพาะในโรงเรือนปกติ

1.3 สมมติฐานการวิจัย

ถ้าสามารถควบคุมความชื้นให้เหมาะสมกับความต้องการของพืช จะทำให้การงอกของเมล็ดพืชที่เพาะในโรงเพาะชำอัตโนมัติมีอัตราการงอกมากกว่าการเพาะเมล็ดนอกโรงเรือน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ผู้วิจัยต้องการพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะสำหรับการเพาะเมล็ดผักสลัดมีขอบเขตดังนี้

1.4.1 ขอบเขตพื้นที่ในการวิจัย

1.4.1.1 พื้นที่ในการศึกษาข้อมูล คือ วิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตพืชผักปลอดภัยห้วยสะแก ตำบลห้วยสะแก อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

1.4.1.2 พื้นที่ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

1.4.2 ขอบเขตด้านข้อมูล

1.4.2.1 ข้อมูลของโรงเรือน ประกอบด้วย ความชื้น อุณหภูมิ และแสงสว่าง

1.4.2.2 ข้อมูลจากการคำนวณ ความงอกของเมล็ด ดัชนีการงอกของเมล็ด การงอกของเมล็ด เวลาเฉลี่ยในการงอก จากการทดลองระยะเวลา 10 วัน

1.4.3 ขอบเขตด้านประชากร

ประชากรในการวิจัยคือ ผักสลัด 3 ชนิด เรตโอด กรีนโอด และ ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก ถาดเพาะเมล็ดผักสลัดขนาด 105 หลุม ถาดละ 1 ชนิด เพาะพร้อมกันทั้ง 2 แบบ คือโรงเรือนแบบเปิด และในโรงเรือนอัจฉริยะ

1.4.4 ขอบเขตด้านเครื่องมือในการทดลอง

1.4.4.1 การเพาะในโรงเรือนแบบเปิด

- รดน้ำวันละ 2 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที
- ใช้เซนเซอร์ตรวจวัด ความชื้น อุณหภูมิ และแสงสว่าง เพื่อเก็บข้อมูล

สภาพแวดล้อม

- เก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

1.4.4.2 การเพาะในโรงเรือนอัจฉริยะ

- ขนาด กว้าง 2 เมตร ยาว 3 เมตร สูง 2 เมตร
- รดน้ำอัตโนมัติตามเงื่อนไขที่กำหนด
- พ่นหมอกเมื่ออุณหภูมิในอากาศสูงกว่าเงื่อนไขที่กำหนด
- ใช้เซนเซอร์ตรวจวัด ความชื้น อุณหภูมิ และแสงสว่าง เพื่อเก็บข้อมูล

สภาพแวดล้อมและควบคุมการทำงาน

- เก็บข้อมูลและควบคุมการทำงานผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

1.5 ประโยชน์ของการวิจัย

1.5.1 ได้โรงเรือนอัจฉริยะสำหรับการเพาะเมล็ดผักสลัด

1.5.2 ได้ศึกษาประสิทธิภาพการเพาะเมล็ดผักสลัดในโรงเรือนอัจฉริยะกับการเพาะในโรงเรือนแบบเปิด

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับการเพาะเมล็ดผักสลัด
ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 2.1 ผักสลัด
- 2.2 เมล็ดพันธุ์ผักสลัด
- 2.3 วิธีการเพาะเมล็ด
- 2.4 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเพาะเมล็ด
- 2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์
- 2.6 เซ็นเซอร์สภาพแวดล้อม
- 2.7 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง
- 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผักสลัด

สลัด (LETTUCE : *Lactuca sativa* L.) อยู่ในวงศ์ Asteraceae (Compositae) ซึ่งเป็นวงศ์ที่ค่อนข้างใหญ่ ประกอบด้วยพืช 800 สกุล 20,000 กวาชชนิด แต่ส่วนใหญ่จะเป็นสายพันธุ์ป่ามีเพียงไม่กี่ชนิดที่นำมาปลูกเพื่อการค้า Compositae คือกลุ่มพืชที่มีก้านดอกเดี่ยว มีช่อดอกบนก้านดอกจำนวนมาก สวน Asteraceae หมายถึงกลุ่มพืชที่เนื้อเยื่อประกอบด้วยสารคล้ายน้ำมัน ในลำต้นและส่วนอื่นๆ Lettuce มีความหมายคือ น้ำมันจากพืช (milk juice of the plant) Lac (*Lactuca* = milk; Latin) Lettuce อาจจะมีรากศัพท์มาจากภาษาฝรั่งเศสโบราณ laitue ซึ่งหมายถึง น้ำมัน *Sativa* หมายถึงพืชที่ขยายพันธุ์โดยเมล็ด อยู่ในวงศ์ Asteraceae (formerly; Compositae) รวมทั้ง endive (Chicorium), salsify (Tragopogon), artichoke (Cynara), chicory (Chicorium), dandelion (Taraxacum), sunflower (Helianthus) และ chrysanthemum (นิพนธ์ ไชยมงคล, 2566)

สลัดเป็นพืชที่นิยมบริโภคสดและประกอบอาหารมากที่สุด ประกอบด้วยน้ำ 95 % คาร์โบไฮเดรต 1-2 % โปรตีน 1-2 % และไขมัน 0.25 % มีพื้นที่ปลูกรวมกันทุกประเทศมากกว่า 3 แสนเฮกแตร์ผลผลิตมากกว่า 3 ล้านตัน

Lactuca sativa เป็นสายพันธุ์กลุ่มเดียวที่นำมาปลูกเพื่อการค้า มีถิ่นกำเนิดอยู่แถบที่ราบดานตะวันออกของเขตเมดิเตอร์เรเนียน จากรูปวาดในหลุมฝังศพชาวอียิปต์พบว่ามีารเพาะปลูกสลัดโบราณ

นานกว่า 4500 ปีก่อนคริสตกาล โดยใช้เป็นพืชสมุนไพร และสกัดน้ำมันจากเมล็ด ในสงครามโลกครั้งที่ 2 ใช้น้ำที่คั้นจากใบสลัด นำไปอบแห้งเป็นผง (lactucarium) ใช้เป็นยานอนหลับ

2.1.1 สายพันธุ์แบ่งออกตามลักษณะของต้นและใบ

2.1.1.1 Leaf lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa* L.) บางครั้งเรียก bunching lettuce / loose-leaf (สลัดใบ / ผักกาดหอม) สายพันธุ์นี้จะมีลำต้นสั้นและใบเจริญเป็นกระจุก มีใบจำนวนมาก ลักษณะ รูป รางและสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ในประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมากกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ โดยเฉพาะพันธุ์ที่มีใบสีเขียวอ่อนเช่น พันธุ์ Blackseeded Simpson และ Grand Rapid เป็นต้น

2.1.1.2 Crisp-head (*L.sativa* var. *capitata* L.) บางครั้งเรียก head lettuce หรือ iceberg type (สลัดปลีผักกาดหอมหรือ ผักกาดแก้ว หรือ สลัดแก้ว) มีใบขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก ใบในจะม้วนและซ้อนกันคล้ายกะหล่ำปลีหัวแน่น ใบจะแข็ง กรอบกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ ใบนอกจะมีสีเขียวเข้ม ใบในจะมีสีเหลืองปนขาว ทนทานต่อการขนส่ง

2.1.1.3 Butterhead (*L.sativa* var. *capitata* Lam.) บางครั้งเรียก Bibb หรือ Boston lettuce คือ สลัดกึ่งหอหรือ สลัดบัตเตอร์ใบจะอ่อนและนุ่ม ห่อปลีหลวม ใบในจะมีลักษณะคล้ายมีน้ำมันหรือเนยจับที่ผิวใบการปลูกในฤดูหนาว จะให้หัวขนาดใหญ่และหัวแน่นกว่าฤดูร้อน การปลูกในฤดูร้อน ฤดูฝน ควรปลูกในเรือนโรง ที่สามารถลดอุณหภูมิความเข้มของแสง และป้องกันฝนบางสายพันธุ์ในกลุ่มนี้จะมีความต้านทานต่อโรคใบด่างของของสลัด (Lettuce Mosaic Virus: LMV) รสชาติดีแต่ไม่ทนทานต่อการขนส่ง

2.1.1.4 Cos หรือ Romaine (*L.sativa* var. *longifolia* Bailey) สลัดคอส หรือสลัดโรมัน หรือ ผักกาดหวาน ใบมีลักษณะตั้งตรงยาวและห่อ สีเขียวเข้มเนื้อใบหนา มีเส้นใบนูนเด่นออกมาด้านหลังใบในจะมีปลายโค้งเข้างาในทำให้หัวกลมยาว

2.1.1.5 Stem (*L.sativa* var. *asparagina*) ในบางครั้งเรียก Asparagus หรือ Celtuce (CELery-LetTUCE) มีลักษณะลำต้นสูง ใบจะเรียวยาว เจริญเติบโตๆ กันขึ้นไปจนถึงช่อดอก อาจจะทยอยเก็บเกี่ยวได้โดยเริ่มจากใบล่าง เหมาะสำหรับใช้เป็นพืชผักสวนครัว ลำต้นสามารถนำไปประกอบอาหารและแปรรูปได้

2.1.2 พันธุ์ที่นิยมปลูกเพื่อการค้า

ตารางที่ 2-1 สายพันธุ์สลัดที่นิยมปลูกเพื่อการค้า

Leaf lettuce:	Grand Rapids type, Blackseeded Simpson ,Green Ice (heat resistant) Oak leaf, Prizehead, Salad bowl, , Slobolt (heat resistant), Waldmann’s Green, Tungo, Krisp-N-Green, Tiara ใบสีแดง Red Salad Bowl ,Red Sails, และ Ruby Red
Crisp-head:	Great Lakes Type, Ice Berg, Calmar, Fairton, Ithaca, Mesa Group (tip burn resistant) Salinas (tip burn resistant), Pennlake, Marina, Santa Maria (cold resistant),Cisco (cold resistant) Vanguard-Climax (cold resistant) Empress (LMV and some tip burn resistant), Crispino, Nambucco, Nerone, Heat-resistant group เช่น Ballade, Alpen, Kaiser, Great Lakes และ Imperial ทนทานต่ออุณหภูมิสูงได้ดี
Butterhead:	Bibb, Summer Bibb, Butercrunch (heat resistant),Butter King, Dark Green Boston, Deer Tongue (Matchless), Summerlong, White Boston, Marcia, Girelle, Aroldo, Tannex, Big Boston, Tom Thumb (หัวขนาดเล็ก) ใบสีแดง- New Red Fire, Red Leaf 20,
Cos :	Paris Island, Paris White, Valmaine, White Paris, Cosaro, Corsica, Darkland, Tall Guzmane, Green Tower, Sweet Midget (หัวขนาดเล็ก) ใบสีแดง- Rosalita, Rouge d ‘Hiver’
Stem lettuce:	Celtus

2.1.2.1 ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก (Frillice Ice Berg Lettuce)

ผักฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก (Pak-Frillice-Iceberg) หรือเรียกว่าผักสลัดฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก เป็นผักสลัดชนิดหนึ่ง ชอบอากาศหนาวเย็น เป็นพืชล้มลุก มีทรงพุ่มใหญ่ มีอายุสั้นฤดูเดียว ลำต้นเดี่ยวมีลักษณะกลมๆ อวบอ้วน มีข้อสั้นๆ จะมีก้านใบหนาและยาวอวบน้ำหุ้มอยู่ ออกเรียงสลับโดยรอบๆ

ปกคลุมที่โคนลำต้น ห่อหุ้มเข้าหาต้น มีสีเขียวอ่อน เป็นใบเลี้ยงเดี่ยว ออกตรงโคนลำต้น ออกตามข้อสั้น ออกเรียงสลับรอบๆ ใบอยู่ด้านบนนอกใหญ่กว่าใบข้างในเล็กกว่า ห่อหุ้มเข้าหาต้น มีลักษณะทรงกลมรี โคนใบกว้างใหญ่กว่า ใบแข็งกรอบ ใบหยิกเป็นฝอย ใบมีสีเขียวอ่อน สีเขียวแก่ มีก้านใบใหญ่เป็นกาบหนาและยาวอวบฉ่ำน้ำ ก้านมีสีเขียวอ่อน รสชาติหวานกรอบ ดอกออกเป็นช่อ ดอกมีลักษณะเล็กๆ กลีบดอกมีสีเหลือง ใช้รับประทานเป็นผักสลัด นำมาประกอบอาหารเมนูต่างๆ ได้หลายเมนูมีปลูกหลายสายพันธุ์



รูปที่ 2-1 ผักฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก

ผักฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก (Pak-Frillice-Iceberg) หรือเรียกว่าผักสลัดฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก เป็นผักสลัดชนิดหนึ่ง ชอบอากาศหนาวเย็น เป็นพืชล้มลุก มีทรงพุ่มใหญ่ มีอายุสั้นฤดูเดียวลำต้นเดี่ยวมีลักษณะกลมๆ อวบอ้วน มีข้อสั้นๆ จะมีก้านใบหนาและยาวอวบฉ่ำน้ำหุ้มอยู่ ออกเรียงสลับโดยรอบๆ ปกคลุมที่โคนลำต้น ห่อหุ้มเข้าหาต้น มีสีเขียวอ่อน เป็นใบเลี้ยงเดี่ยว ออกตรงโคนลำต้น ออกตามข้อสั้น ออกเรียงสลับรอบๆ ใบอยู่ด้านบนนอกใหญ่กว่าใบข้างในเล็กกว่า ห่อหุ้มเข้าหาต้น มีลักษณะทรงกลมรี โคนใบกว้างใหญ่กว่า ใบแข็งกรอบ ใบหยิกเป็นฝอย ใบมีสีเขียวอ่อน สีเขียวแก่ มีก้านใบใหญ่เป็นกาบหนาและยาวอวบฉ่ำน้ำ ก้านมีสีเขียวอ่อน รสชาติหวานกรอบ ดอกออกเป็นช่อ ดอกมีลักษณะเล็กๆ กลีบดอกมีสีเหลือง ใช้รับประทานเป็นผักสลัด นำมาประกอบอาหารเมนูต่างๆ ได้หลายเมนูมีปลูกหลายสายพันธุ์

ลำต้น เป็นพืชล้มลุก มีทรงพุ่มใหญ่ มีอายุสั้นฤดูเดียว ลำต้นเดี่ยว มีลักษณะกลมๆ อวบอ้วน มีข้อสั้นๆ จะมีก้านใบหนาและยาวอวบฉ่ำน้ำหุ้มอยู่ ออกเรียงสลับโดยรอบๆ ปกคลุมที่โคนลำต้น ห่อหุ้มเข้าหาต้น มีสีเขียวอ่อน

ใบ เป็นใบเลี้ยงเดี่ยว ออกตรงโคนลำต้น ออกตามข้อสั้น ออกเรียงสลับรอบๆ ใบอยู่ด้านบน
 นอกใหญ่กว่าใบข้างในเล็กกว่า ห่อหุ้มเข้าหาต้น มีลักษณะทรงกลมรี โคนใบกว้างใหญ่กว่า ใบแข็ง
 กรอบ ใบหยิกเป็นฝอย ใบมีสีเขียวอ่อน สีเขียวแก่ มีก้านใบใหญ่ เป็นกาบหนาและยาวอวบฉ่ำน้ำ ก้าน
 มีสีเขียวอ่อน รสชาติหวานกรอบ

ราก เป็นระบบรากแก้ว มีลักษณะอวบกลมๆ แทงลึกลงในดิน มีรากฝอยและรากแขนง
 เล็กๆ ออกรอบๆบริเวณลำต้น มีสีน้ำตาล

ดอก ออกเป็นช่อ ก้านช่อดอกใหญ่ยาว มีแขนงก้านย่อยมาก แบบเชิงหลั่น มีดอกย่อย
 ออกโคนไปที่ปลายยอด ดอกมีลักษณะเล็กๆ กลีบดอกมีสีเหลือง

ผล มีผลเป็นเมล็ด อยู่ในรังไข่ มีเมล็ดจำนวนมาก มีลักษณะทรงหอก แบนยาวรีมีเปลือก
 หุ้มเมล็ดมีสีเทานวล

สรรพคุณผักฟิลเลย์ไอซ์เบิร์กคือมีแคลเซียม มีเส้นใย มีวิตามินซี มีโพแทสเซียม มีวิตามิน
 เอ มีวิตามินอี มีฟอสฟอรัส มีเหล็ก มีวิตามินบี1 มีวิตามินบี2 มีวิตามินบี3 มีวิตามินบี5 มีวิตามินบี6 มี
 วิตามินบี9 มีเบตาแคโรทีน มีคาร์โบไฮเดรต มีโปรตีน มีไขมัน มีแมกนีเซียม มีโซเดียม มีแมงกานีส

มีภูมิคุ้มกัน ช่วยขับน้ำนม ช่วยบำรุงตับ แก้วปวด แก้วปวดแหว แก้วกระหายน้ำ ช่วยป้องกัน
 โรคโลหิตจาง ช่วยป้องกันโรคมะเร็ง ช่วยบำรุงร่างกาย ช่วยป้องกันโรคเบาหวาน แก้วหวัด แก้วไอ แก้วไข้
 ช่วยขับเสมหะ ช่วยรักษาเจ็บคอ ช่วยขับเหงื่อ แก้วท้องผูก ช่วยระบบขับถ่าย เป็นยาระบาย ช่วยขับลม
 ช่วยขับปัสสาวะ ช่วยขับพยาธิ ช่วยรักษาริดสีดวงทวาร ช่วยบำรุงสายตา แก้วท้องอืด แก้วท้องเฟ้อ ช่วย
 ลดความดันโลหิตสูง สร้างเม็ดเลือด

ผักฟิลเลย์ไอซ์เบิร์กเป็นพืชที่สามารถ เจริญเติบโตได้ในดินทุกชนิด ชอบดินร่วนซุย ดิน
 ร่วนปนทรายจะเจริญเติบโตได้ดี ชอบอากาศหนาวเย็น มีวิธีการปลูกโดยใช้เมล็ดพันธุ์ มีปลูกสองวิธี
 คือโดยเพาะต้นกล้าก่อนแล้วย้ายลงปลูก และแบบหว่านเมล็ดลงแปลงโดยตรง หลังจากเพาะต้นกล้า
 ออกได้ ประมาณ 20 วัน ควรย้ายต้นกล้าปลูก ในแปลงในดินที่เตรียมไว้ ให้ถอนต้นที่แน่นติดกันเกินไป
 ให้มีระยะห่างประมาณ 30×30 เซนติเมตร

ผักฟิลเลย์ไอซ์เบิร์กชอบอากาศหนาวเย็น เป็นพืชชอบน้ำ ระบายน้ำดี น้ำไม่ขัง ชอบ
 แสงแดด ต้องหมั่นรดน้ำทุกวัน โดยรดน้ำเช้าเย็น ให้โดนแดดตลอดวัน จะทำให้ผักฟิลเลย์ไอซ์เบิร์กโต
 ได้เร็ว ต้องให้น้ำตลอด

ผักฟิลเลย์ไอซ์เบิร์กจะสามารถ เก็บผลผลิตได้มีอายุประมาณ 40-50 วัน หลังปลูกลง
 แปลง ให้สังเกตต้นโตเต็มที่ เก็บใบที่อ่อนๆ ให้ใช้มีดคมๆ ในการตัดตรงโคนต้น แล้วตัดแต่งใบเสียทิ้ง
 ไป แล้วนำไปใส่ในภาชนะที่เตรียมไว้ ให้ระวังอย่าให้โดนความร้อนหรือแสงแดด จะทำให้เหี่ยวได้

ผักฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก (Frisette Iceberg) เป็นผักสลัดชนิดหนึ่ง เป็นใบเลี้ยงเดี่ยว ห่อหุ้มเข้าหาต้น มีทรงกลมรี ใบแข็งกรอบ ใบหยาบเป็นฝอย ใบมีสีเขียวอ่อน สีเขียวแก่ มีก้านใบใหญ่ เป็นกาบหนาและยาวอวบฉ่ำน้ำ รสชาติหวานกรอบ (Jom, 2566)

2.1.2.2 สลัดกรีนโอ๊คลิฟ (Green Oak leaf lettuce)

ผักสลัดกรีนโอ๊คลิฟ (Pak-Salad-Green-Oak-leaf) หรือเรียกว่าสลัดกรีนโอ๊คลิฟ ชอบอากาศหนาวเย็น เป็นพืชล้มลุกขนาดเล็ก มีอายุสั้นฤดูเดียว ลำต้นเดี่ยว มีลักษณะกลมๆ อวบอ้วน มีข้อสั้นๆ จะมีก้านใบยาวอวบฉ่ำน้ำหุ้มอยู่ ออกเรียงสลับโดยรอบๆ ปกคลุมที่โคนลำต้น ไม่ห่อหุ้ม ก้านใบมีสีเขียวอ่อน เป็นใบเลี้ยงเดี่ยว ออกตรงโคนลำต้น ออกตามข้อสั้น ออกเรียงสลับรอบๆ ใบอยู่ด้านบนที่ใหญ่กว่าใบข้างในเล็กกว่า มีลักษณะทรงเรียวยาว มีใบบางนุ่ม ใบหยาบ ใบมีสีเขียวอ่อน มีก้านใบยาวอวบฉ่ำน้ำ รสชาติหวานกรอบ ดอกออกเป็นช่อ ดอกมีลักษณะเล็กๆ กลีบดอกมีสีเหลือง ใช้รับประทานเป็นผักสลัด นำมาประกอบอาหารเมนูต่างๆ ได้หลายเมนู



รูปที่ 2-2 สลัดกรีนโอ๊คลิฟ

ลำต้น เป็นพืชล้มลุกขนาดเล็ก มีอายุสั้นฤดูเดียว ลำต้นเดี่ยว มีลักษณะกลมๆ อวบอ้วน มีข้อสั้นๆ จะมีก้านใบยาวอวบฉ่ำน้ำหุ้มอยู่ ออกเรียงสลับโดยรอบๆ ปกคลุมที่โคนลำต้น ไม่ห่อหุ้ม ก้านใบมีสีเขียวอ่อน

ใบ เป็นใบเลี้ยงเดี่ยว ออกตรงโคนลำต้น ออกตามข้อสั้น ออกเรียงสลับรอบๆ ใบอยู่ด้านบนที่ใหญ่กว่าใบข้างในเล็กกว่า มีลักษณะทรงเรียวยาว มีใบบางนุ่ม ใบหยาบ ใบมีสีเขียวอ่อน มีก้านใบยาวอวบฉ่ำน้ำ รสชาติหวานกรอบ

ราก เป็นระบบรากแก้ว มีลักษณะอวบกลมๆ แทงลึกลงในดิน มีรากฝอยและรากแขนงเล็กๆ ออกรอบๆบริเวณลำต้น มีสีน้ำตาล

ดอก ออกเป็นช่อ ก้านช่อดอกใหญ่ยาว มีแขนงก้านย่อยมาก แบบเชิงหลั่น มีดอกย่อย ออกโคนไปที่ปลายยอด ดอกมีลักษณะเล็กๆ กลีบดอกมีสีเหลือง กลีบเลี้ยงสีเขียวอ่อน

ผล มีผลเป็นเมล็ด อยู่ในรังไข่ มีเมล็ดจำนวนมาก มีลักษณะทรงหอก แบนยาวรีมีเปลือก หุ้มเมล็ด มีสีเทานวล

สรรพคุณผักสลัดกรีนโอ๊คลิฟ มีแคลเซียม มีเส้นใย มีวิตามินซี มีโพแทสเซียม มีวิตามิน เอ มีวิตามินอี มีฟอสฟอรัส มีเหล็ก มีวิตามินบี1 มีวิตามินบี2 มีวิตามินบี3 มีวิตามินบี5 มีวิตามินบี6 มี วิตามินบี9 มีเบตาแคโรทีน มีคาร์โบไฮเดรต มีโปรตีน มีไขมัน มีแมกนีเซียม มีโซเดียม มีแมงกานีส

ช่วยป้องกันโรคมะเร็ง ช่วยบำรุงร่างกาย ช่วยป้องกันโรคเบาหวาน แก้ไอ แก้ไข้ ช่วยขับ เสมหะ ช่วยรักษาเจ็บคอ ช่วยขับเหงื่อ เป็นยาระบาย ช่วยรักษาริดสีดวงทวาร แก้ท้องอืด แก้ท้องเฟ้อ ช่วยลดความดันโลหิตสูง ช่วยขับปัสสาวะ ช่วยขับพยาธิ ช่วยบำรุงสายตา ช่วยบำรุงเส้นผม ช่วยบำรุง ประสาท ช่วยบำรุงกล้ามเนื้อ ช่วยบำรุงผิวพรรณ ช่วยรักษาปากนกกระจอก อนุมูลิสรระ แก้หวัด ช่วย สร้างเม็ดเลือด แก้กระหายน้ำ ช่วยป้องกันโรคโลหิตจาง แก้ท้องผูก ช่วยระบบขับถ่าย ช่วยล้างลำไส้ ช่วยขับลม ช่วยขับปัสสาวะ ช่วยขับพยาธิ ช่วยขับน้ำนม ช่วยบำรุงตับ แก้ปวด แก้ปวดเอว

ผักสลัดกรีนโอ๊คลิฟเป็นพืชที่สามารถ เจริญเติบโตได้ในดินทุกชนิด ชอบดินร่วนซุย ดิน ร่วนปนทรายจะเจริญเติบโตได้ดี ชอบอากาศหนาวเย็น มีวิธีการปลูกโดยใช้เมล็ดพันธุ์ มีปลูกสองวิธี คือโดยเพาะต้นกล้าก่อนแล้วย้ายลงปลูก และแบบหว่านเมล็ดลงแปลงโดยตรง หลังจากเพาะต้นกล้า อกได้ ประมาณ 15 วัน ควรย้ายต้นกล้าปลูก ในแปลงในดินที่เตรียมไว้ ให้ถอนต้นที่แน่นติดกันเกินไป ให้มีระยะห่างประมาณ 30×30 เซนติเมตร

ผักสลัดกรีนโอ๊คลิฟชอบอากาศหนาวเย็น เป็นพืชชอบน้ำ ระบายน้ำดี น้ำไม่ขัง ชอบ แสงแดด ต้องหมั่นรดน้ำทุกวัน โดยรดน้ำเช้าเย็น ให้โดนแดดตลอดวัน จะทำให้ผักสลัดกรีนโอ๊คลิฟโต ได้เร็ว ต้องให้น้ำตลอด

ผักสลัดกรีนโอ๊คลิฟจะสามารถ เก็บผลผลิตได้มีอายุประมาณ 40-50 วัน หลังปลูกลง แปลง ให้สังเกตต้นจะโตเต็มที่ เก็บใบที่อ่อนๆ ให้ใช้มีดคมๆ ในการตัดตรงโคนต้น แล้วตัดแต่งใบเสีย ทิ้งไป แล้วนำใส่ในภาชนะที่เตรียมไว้ ให้ระวังอย่าให้โดนความร้อนหรือแสงแดด จะทำให้เหี่ยวได้

ผักสลัดกรีนโอ๊คลิฟ (Green Oak leaf lettuce) ใบออกตรงโคนลำต้น ออกตามข้อสั้น ออกเรียงสลับรอบๆ มีลักษณะทรงเรียวยาว มีใบบางนุ่ม ใบหยัก ใบมีสีเขียวอ่อน มีก้านใบยาวอวบน้ำ รสชาติหวานกรอบ (Jom, 2566)

2.1.2.3 เรดโอ๊คลิฟ (Red Oak leaf lettuce)

ผักสลัดเรดโอ๊คลิฟ (Pak-Salad-Red-Oak-Leaf) หรือเรียกว่าสลัดโอ๊คลิฟ ชอบอากาศ หนาวเย็น เป็นพืชล้มลุกขนาดเล็ก มีอายุสั้นฤดูเดียว ลำต้นเดี่ยว มีลักษณะกลมๆ อวบอ้วน มีข้อสั้นๆ จะมีก้านใบยาวอวบน้ำหุ้มอยู่ ออกเรียงสลับโดยรอบๆ ปกคลุมที่โคนลำต้น ไม่ห่อหุ้ม ก้านใบมีสีเขียว

อมแดง เป็นใบเลี้ยงเดี่ยว ออกตรงโคนลำต้น ออกตามข้อสั้น ออกเรียงสลับรอบๆ ใบอยู่ด้านบนนอกใหญ่กว่าใบข้างในเล็กกว่า มีลักษณะทรงเรียวยาวรี มีใบบางนุ่ม ใบหยัก ใบมีสีน้ำตาลอมแดง มีก้านใบยาวอวบ น้ำ รสชาติหวานกรอบ ดอกออกเป็นช่อ ดอกมีลักษณะเล็กๆ กลีบดอกมีสีเหลือง ใช้รับประทานเป็นผักสลัด นำมาประกอบอาหารเมนูต่างๆ ได้หลายเมนู



รูปที่ 2-3 สลัดเรดโอ๊คลิฟ

ลำต้น เป็นพืชล้มลุกขนาดเล็ก มีอายุสั้นฤดูเดียว ลำต้นเดี่ยว มีลักษณะกลมๆ อวบอ้วน มีข้อสั้นๆ จะมีก้านใบยาวอวบน้ำหุ้มอยู่ ออกเรียงสลับโดยรอบๆ ปกคลุมที่โคนลำต้น ไม่ห่อหุ้ม ก้านใบมีสีเขียวอมแดง

ใบ เป็นใบเลี้ยงเดี่ยว ออกตรงโคนลำต้น ออกตามข้อสั้น ออกเรียงสลับรอบๆ ใบอยู่ด้านบนนอกใหญ่กว่าใบข้างในเล็กกว่า มีลักษณะทรงเรียวยาวรี มีใบบางนุ่ม ใบหยัก ใบมีสีน้ำตาลอมแดง มีก้านใบยาวอวบ น้ำ รสชาติหวานกรอบ

ราก เป็นระบบรากแก้ว มีลักษณะอวบกลมๆ แทงลึกลงในดิน มีรากฝอยและรากแขนงเล็กๆ ออกรอบๆบริเวณลำต้น มีสีน้ำตาล

ดอก ออกเป็นช่อ ก้านช่อดอกใหญ่ยาว มีแขนงก้านย่อยมาก แบบเชิงหลั่น มีดอกย่อยออกโคนไปที่ปลายยอด ดอกมีลักษณะเล็กๆ กลีบดอกมีสีเหลือง

ผล มีผลเป็นเมล็ด อยู่ในรังไข่ มีเมล็ดจำนวนมาก มีลักษณะทรงหอก แบนยาวรี มีเปลือกหุ้มเมล็ด มีสีเทานวล

สรรพคุณผักสลัดเรดโอ๊คลิฟ มีแคลเซียม มีเส้นใย มีวิตามินซี มีโพแทสเซียม มีวิตามินเอ มีวิตามินอี มีฟอสฟอรัส มีเหล็ก มีวิตามินบี1 มีวิตามินบี2 มีวิตามินบี3 มีวิตามินบี5 มีวิตามินบี6 มีวิตามินบี9 มีเบตาแคโรทีน มีคาร์โบไฮเดรต มีโปรตีน มีไขมัน มีแมกนีเซียม มีไขมัน มีแมงกานีส

ช่วยป้องกันโรคมะเร็ง ช่วยบำรุงร่างกาย ช่วยป้องกันโรคเบาหวาน แก้ไอ แก้ไข้ ช่วยขับเสมหะ ช่วยรักษาเจ็บคอ ช่วยขับเหงื่อ เป็นยาระบาย ช่วยรักษาริดสีดวงทวาร แก้ท้องอืด แก้ท้องเฟ้อ ช่วยลดความดันโลหิตสูง ช่วยขับปัสสาวะ ช่วยขับพยาธิ ช่วยบำรุงสายตา ช่วยบำรุงเส้นผม ช่วยบำรุงประสาท ช่วยบำรุงกล้ามเนื้อ ช่วยบำรุงผิวพรรณ ช่วยรักษาปากนกกระจอก อนุมูลอิสระ แก้กษัตริ์ ช่วยสร้างเม็ดเลือด แก้กระหายน้ำ ช่วยป้องกันโรคโลหิตจาง แก้ท้องผูก ช่วยระบบขับถ่าย ช่วยล้างลำไส้ ช่วยขับลม ช่วยขับปัสสาวะ ช่วยขับพยาธิ ช่วยขับน้ำนม ช่วยบำรุงตับ แก้ปวด แก้ปวดเอว

ผักสลัดเรดโอ๊คลิฟเป็นพืชที่สามารถ เจริญเติบโตได้ในดินทุกชนิด ชอบดินร่วนซุย ดินร่วนปนทรายจะเจริญเติบโตได้ดี ชอบอากาศหนาวเย็น มีวิธีการปลูกโดยใช้เมล็ดพันธุ์ มีปลูกสองวิธีคือโดยเพาะต้นกล้าก่อนแล้วย้ายลงปลูก และแบบหว่านเมล็ดลงแปลงโดยตรง หลังจากเพาะต้นกล้างอกได้ ประมาณ 15 วัน ควรย้ายต้นกล้าปลูก ในแปลงในดินที่เตรียมไว้ ให้ถอนต้นที่แน่นติดกันเกินไปให้มีระยะห่างประมาณ 30×30 เซนติเมตร

ผักสลัดเรดโอ๊คลิฟชอบอากาศหนาวเย็น เป็นพืชชอบน้ำ ระบายน้ำดี น้ำไม่ขัง ชอบแสงแดด ต้องหมั่นรดน้ำทุกวัน โดยรดน้ำเช้าเย็น ให้โดนแดดตลอดวัน จะทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คลิฟโตได้เร็ว ต้องให้น้ำตลอด

ผักสลัดเรดโอ๊คลิฟจะสามารถ เก็บผลผลิตได้มีอายุประมาณ 40-50 วัน หลังปลูกลงแปลง ให้สังเกตต้นจะโตเต็มที่ เก็บใบที่อ่อนๆ ให้ใช้มีดคมๆ ในการตัดตรงโคนต้น แล้วตัดแต่งใบเสียทิ้งไป แล้วนำใส่ในภาชนะที่เตรียมไว้ ให้ระวังอย่าให้โดนความร้อนหรือแสงแดด จะทำให้เหี่ยวได้

ผักสลัดเรดโอ๊คลิฟ (Red Oak leaf lettuce) ใบออกตรงโคนลำต้น ออกตามข้อสั้น ออกเรียงสลับรอบๆ มีลักษณะทรงเรียวยาว มีใบบางนุ่ม ใบหยัก ใบมีสีน้ำตาลอมแดง มีก้านใบยาวอวบ น้ำ รสชาติหวานกรอบ (Jom, 2566)

2.2 เมล็ดพันธุ์ผักสลัด

2.2.1 ชนิดของเมล็ดพันธุ์

การปลูกผักสลัดไม่ว่ารูปแบบใดก็ต้องปลูกจากเมล็ดทั้งสิ้น โดยเมล็ดพันธุ์ที่ใช้มี 2 แบบคือ เมล็ดแบบไม่เคลือบและเมล็ดแบบเคลือบ ซึ่งมีข้อแตกต่างกันดังนี้ (กัมปนาท เนตรภักดี, 2561)

2.2.1.1 เมล็ดแบบไม่เคลือบ เป็นเมล็ดที่ผ่านการลดความชื้นมาแล้ว แต่ไม่ได้เคลือบสารป้องกันเชื้อราและสารกระตุ้นการงอก สามารถเก็บรักษาในภาชนะปิดสนิทในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 - 10 องศาเซลเซียสได้นานประมาณ 1 ปี

จุดเด่น ราคาถูกหาซื้อง่าย และซื้อปริมาณน้อยได้

จุดด้อย ไม่สะดวกในการเพาะเนื่องจากเมล็ดมีขนาดเล็ก อัตราการงอกต่ำกว่าเมล็ดแบบเคลือบ และมีความเสี่ยงที่จะถูกมดและแมลงกัดกิน



รูปที่ 2-4 เมล็ดแบบไม่เคลือบ

2.2.1.2 เมล็ดแบบเคลือบ เป็นเมล็ดที่ผ่านการเคลือบสารป้องกันเชื้อราและสารกระตุ้นการงอก ทั้งแบบเคลือบผิวและผสมวัสดุห่อหุ้ม เช่น แป้ง ดินเหนียว เพื่อรักษาสภาพของเมล็ดเอาไว้



รูปที่ 2-5 เมล็ดแบบเคลือบ

จุดเด่น สะดวกในการเพาะเนื่องจากเมล็ดมีขนาดใหญ่ขึ้น อัตราการงอกสูงกว่าเมล็ดแบบไม่เคลือบเพราะวัสดุห่อหุ้มช่วยดูดซับความชื้นสู่เมล็ดได้อย่างทั่วถึง มีความเสี่ยงสูญเสียจากมดและแมลงมากัดกินน้อย

จุดด้อย มีชนิดและสายพันธุ์ของผักสลัดให้เลือกน้อยกว่าแบบไม่เคลือบ ต้องซื้อในปริมาณมาก เช่น กระปุกละ 500 - 1,000 เมล็ด มีราคาสูงกว่าเมล็ดแบบไม่เคลือบ

2.2.2 การเก็บรักษา

โดยทั่วไปเมล็ดพันธุ์ผักสลัดมีอายุประมาณ 1 ปี หลังจากนั้นอัตราการงอกจะลดลงเรื่อยๆ ผู้ปลูกสามารถยืดอายุเมล็ดพันธุ์ได้ด้วยการเก็บในที่แห้งและเย็น เช่น ตู้เย็น โดยใส่ในถุงซิปล็อกหรือซองกระดาษที่แห้งและสะอาด

กรณีไม่มีตู้เย็นให้เก็บเมล็ดพันธุ์ในถุงซิปล็อกหรือซองกระดาษที่แห้งสนิทและสะอาดแล้วใส่ในกล่องพลาสติกอีกชั้น เก็บไว้ในที่ร่ม ไม่ให้โดนแสงแดด ความร้อน และความชื้น รวมถึงเก็บให้ห่างจากแมลงและหนู วิธีนี้จะช่วยยืดอายุเมล็ดพันธุ์ได้นานหลายเดือน

นอกจากนี้อาจใช้วิธีเก็บเมล็ดจากต้นที่มีอยู่มาปลูกต่อ หลังจากเก็บเมล็ดมาควรทำความสะอาดเก็บสิ่งสกปรกออกให้หมด แล้วผึ่งในที่ร่มให้แห้งก่อนนำไปเก็บในภาชนะที่แห้งและสะอาดเพื่อป้องกันเชื้อรา แต่เมล็ดที่เก็บมาปลูกต่อจะเป็นพันธุ์ผสมเปิด (Open-Pollinated Variety หรือ OP) ซึ่งลักษณะไม่เหมือนต้นเดิม

2.2.3 ปัจจัยที่ทำให้เมล็ดไม่งอก

2.2.3.1 คุณภาพของเมล็ดพันธุ์

อาจเกิดจากเมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพ ก่อนเพาะจึงควรตรวจสอบว่าเมล็ดพันธุ์ของเราหมดอายุหรือไม่ และควรเลือกซื้อเมล็ดพันธุ์จากผู้ผลิตหรือแหล่งที่เชื่อถือได้

2.2.3.2 ความชื้นและอุณหภูมิ

หากเลือกใช้เมล็ดพันธุ์ดีมีคุณภาพแล้วยังไม่งอก อาจเกิดจากความชื้นและอุณหภูมิ การรดน้ำน้อยหรือมากเกินไปจนทำให้เมล็ดเน่าและมีเชื้อราเข้าทำลาย สามารถแก้ปัญหาได้ง่าย โดยรดน้ำแค่พอดินชุ่ม แต่หากฝนรดน้ำมากจนเจ็มนองถาดเพาะก็ปล่อยให้แห้งได้เลยแล้ววันรุ่งขึ้นก็ไม่ต้องรดน้ำเพิ่ม

2.2.3.3 เทคนิคการวางเมล็ด

การเพาะเมล็ดไม่ควรฝังเมล็ดลงในดินหรือวัสดุเพาะลึกเกินไปเพราะอาจทำให้เมล็ดเน่าหรือฝังดินเกินไปก็อาจทำให้เมล็ดได้รับความชื้นไม่เพียงพอ และเสี่ยงต่อการสูญเสียเมล็ดระหว่างรดน้ำ

2.3 วิธีการเพาะเมล็ด

2.3.1 การเพาะเมล็ดในภาชนะเพาะ

การปลูกพืชหรือเพาะเมล็ดโดยวิธีนี้ เป็นการเตรียมกล้าพืช เพื่อใช้ปลูกก่อนที่จะปลูกในแปลง หรือในกระถางถาวร โดยเพาะเมล็ดในเนื้อที่แคบๆ จนกระทั่งต้นพืชที่เพาะ หรือที่เรียกว่า "กล้า" หรือ "เบ๊ยะ" มีขนาดโตพอจึงถอนย้ายไปปลูก วิธีปลูกพืชโดยการเพาะเมล็ดก่อนนี้ เหมาะสำหรับเมล็ดพืชที่มีราคาแพง เนื่องจากการเพาะทำในเนื้อที่ไม่มาก เมล็ดมีโอกาสสูญเสียน้อย เพราะสามารถดูแลได้ทั่วถึง วิธีนี้นี้มักจะใช้กับพืชสวนผัก หรือไม้ดอกล้มลุก รวมทั้งไม้พุ่ม หรือไม้ยืนต้นที่เมล็ดมีขนาดเล็ก หรือ เจริญเติบโตช้า ได้แก่ การปลูก หรือเพาะเมล็ดพืช จำพวกมะเขือเทศ กะหล่ำดอก แอสเทอร์ พิทูเนีย ฝ้ายคำ ปาล์มขวด เป็นต้น ส่วนวิธีการเพาะเมล็ดนั้นอาจแบ่งออกเป็น 2 แบบตามขนาด และความเหมาะสมในการปฏิบัติ คือ การเพาะเมล็ดในภาชนะเพาะ และการเพาะเมล็ดในแปลงเพาะ การเพาะเมล็ดในภาชนะเพาะ เป็นการเพาะเมล็ดที่ทำอยู่ในภาชนะที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย เช่น อาจเพาะในกระบะ ในกระถาง หรือภาชนะอื่นใด ที่มีคุณสมบัติทำนองเดียวกันก็ได้ เป็นวิธีที่มักใช้ในงานปลูกพืชที่ต้องการต้นพืชจำนวนไม่มากนัก เช่น ในการเพาะจำหน่ายพันธุ์ไม้ การปลูกผักสวนครัวหลังบ้าน การปลูกไม้ดอกไม้ประดับในบริเวณบ้าน หรืออาจใช้ในการปลูกผักและไม้ดอกเพื่อการค้าเล็กๆ น้อยๆ เช่น การปลูกมะเขือเทศจำหน่ายผล หรือการปลูกแอสเทอร์จำหน่ายต้น และเพื่อให้ผลผลิตทันจำหน่ายในเทศกาลปีใหม่ จึงต้องเพาะล่วงหน้า ในขณะที่สภาพฟ้าฝนไม่อำนวย ซึ่งไม่สามารถจะทำการเพาะภายนอกอาคารได้ แต่จะทำ ได้ดีในภาชนะเพาะ เพราะสามารถจะหลบหนีหรือป้องกัน ภาชนะมิให้ต้นพืชที่เพาะได้รับความเสียหายได้ง่าย สำหรับการเพาะโดยวิธีนี้จำเป็นต้องจัด เตรียม อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ดังนี้ (สนาม จันทรธรมณี และคณะ :2543)



รูปที่ 2-6 การเพาะเมล็ดในกระถางพลาสติก

2.3.1.1 ภาชนะที่ใช้เพาะ

ภาชนะที่เหมาะสมสำหรับใช้เพาะสำหรับพืชควรมีคุณสมบัติดังนี้ คือ มีน้ำหนักเบา ไม่แตกหักหรือผุพังง่าย หาได้ง่ายและมีราคาถูก ไม่เป็นพิษต่อต้านพืชที่ใช้เพาะ มีขนาดพอเหมาะที่จะหยิบยกได้สะดวก และมีรูระบายน้ำให้ไหลออกได้ง่าย โดยทั่วไปการเพาะเมล็ดในภาชนะมักจะใช้กระบะไม้ ซึ่งอาจเป็นลังไม้ฉาบตามร้านจำหน่าย เครื่องกระป๋อง ลังสับ หรืออาจหาไม้มาต่อเองก็ได้ และถ้าเป็นไม้ที่ไม่ทนผุ ควรจุ่มหรือทาด้วยยากันผุ ที่ไม่เป็นพิษต่อรากพืชเสียก่อน เช่น จุ่มด้วยคอปเปอร์แนบทีเนท (Copper naphthenate) ส่วนขนาดของภาชนะที่ใช้ควรมีขนาดที่จะหยิบยกได้ง่าย เช่น มีขนาดเท่าลังน้ำหวานที่จำหน่ายทั่วไป หรือประมาณกว้างยาวและสูงราว 12" x 15" x 4" นอกจากนี้อาจใช้กระถาง หรือภาชนะเคลือบที่มีรูระบายน้ำ กะละมังกันทะลุก็อาจใช้ได้ดีในกรณีนี้

2.3.1.2 วัตถุที่ใช้เพาะ

วัตถุที่ใช้เพาะโดยปกติ หมายถึง ดินที่ใช้เพาะเมล็ด ควรจะมีคุณสมบัติ เหมาะกับการงอกและการเจริญของกล้าพืช สำหรับดินที่มีคุณสมบัติเหมาะในการใช้เพาะเมล็ดพืช ควรมีลักษณะดังนี้

- 1) ดินจะต้องโปร่ง และมีอากาศถ่ายเทดี อุ้มน้ำได้มากพอสมควร และระบายน้ำได้ง่าย
- 2) มีธาตุอาหารสำหรับพืชเพียงพอใช้ช่วง อายุของกล้าพืชตามปกติ คือ ประมาณ 30-45 วัน
- 3) เบาหรือค่อนข้างเบา สามารถเคลื่อน ย้ายและหยิบยกได้สะดวก
- 4) ปราศจากโรค แมลง หรือสารอื่นใด ที่เป็นพิษ
- 5) ไม่เป็นกรดหรือด่างจัด จนทำให้กล้าพืช ไม่เจริญเท่าที่ควร

สำหรับวัตถุที่ใช้เพาะเมล็ด โดยทั่วไปมักจะใช้ดินซึ่งอาจนำมาจากหน้าดินในแปลงปลูกพืช ดินขุยไผ่ ดินปุ๋ยหมักหรือใบไม้ผุ หรืออาจนำมาผสมกับวัตถุอื่นให้มีคุณสมบัติในการงอกของเมล็ด และการเจริญของกล้าพืชดียิ่งขึ้น



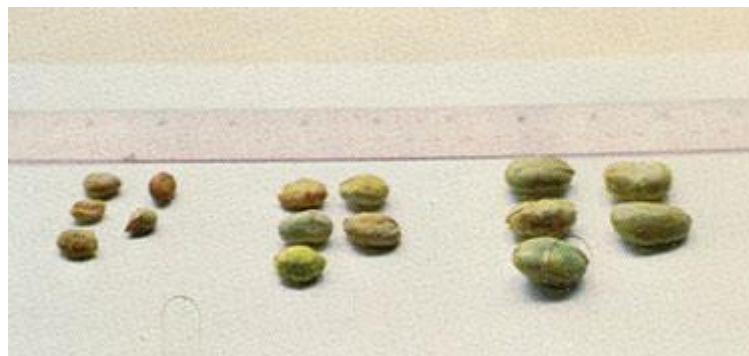
รูปที่ 2-7 การเตรียมดินเพาะ

สูตรดินทั่วไปสำหรับเพาะเมล็ด หรือปลูกกิ่ง ตัดชำ หรือกิ่งตอนมีส่วนผสมดังนี้

- 1) ทราย 1-2 ส่วนโดยปริมาตร
- 2) ดินร่วน 1 ส่วนโดยปริมาตร
- 3) ใบไม้ผุหรือปุ๋ยหมัก 1 ส่วนโดยปริมาตร

2.3.1.3 เมล็ดที่จะนำมาเพาะ

ควรจะเป็นเมล็ดที่ได้จากต้นแม่ที่แข็งแรง เมล็ดที่ความสมบูรณ์ดี คือ เมล็ดเต่งและมีน้ำหนักดี เป็นเมล็ดที่ไม่อยู่ในระยะพักตัว งอกได้มาก หรือมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูง งอกได้เร็วและสม่ำเสมอ ไม่มีวัตถุอื่นเจือปนมากับเมล็ด เป็นเมล็ดที่ปราศจากเชื้อโรค หรือผ่านการคลุกยาฆ่าเชื้อโรคมาแล้ว



รูปที่ 2-8 การคัดเลือกเมล็ดก่อนนำไปใช้

2.3.1.4 วิธีการเพาะเมล็ดในภาชนะ

1) การบรรจุดินลงภาชนะเพาะ ถึงแม้ภาชนะเพาะจะมีรูระบายน้ำไว้แล้วเพื่อให้ น้ำที่ไ้รด มีทางไหลออกไปได้ แต่การบรรจุดินเพาะเมล็ดล้วนๆ ลงในภาชนะนั้นๆ ดินอาจไปอุดตันรู ระบาย น้ำนั้นได้ เพื่อป้องกันข้อบกพร่องข้อนี้ การบรรจุดินจึงควรมีวัตถุช่วยระบายน้ำอีกชั้นหนึ่ง ก่อนที่จะถึงวัตถุที่ใช้เพาะ สำหรับวัตถุช่วยระบายที่นิยมกัน อาจใช้เศษอิฐหัก เศษหิน หรือเศษหญ้าแห้ง เปลือกถั่วลิสง โยกาบมะพร้าว หรือแกลบดิบอย่างใด อย่างหนึ่งก็ได้ ส่วนการบรรจุดินควรปฏิบัติ ดังนี้คือ ใส่วัตถุช่วยระบายที่ก้นภาชนะเพาะสูง 1/4 - 1/2 นิ้ว แล้วบรรจุดินที่ใช้เพาะให้เต็มภาชนะ เพาะ ปรับหน้าดินเพาะให้เรียบ และได้ระดับ และปรับให้ระดับหน้า ดินเพาะต่ำกว่าขอบภาชนะ เล็กน้อยเพื่อป้องกันการ ชะล้างหน้าดินเนื่องมาจากรดน้ำมากเกินไป และหลังจากปรับหน้าดิน เรียบร้อยแล้ว ความหนาของ เนื้อดินที่ใช้เพาะควรหนาอย่างน้อย 3 นิ้ว

2) การหว่านเมล็ดภายในภาชนะเพาะ มักจะทำอยู่ 2 แบบ คือ หว่านเป็นแถว และหว่านทั่วไปทั้งภาชนะ และถ้าหว่านเป็นแถว ก็มักจะวางแถวตามความยาวของภาชนะเพาะ ซึ่งถ้า เป็นกระบะเพาะขนาด 12" x 15" x 4" ก็จะหว่านได้ประมาณ 4-6 แถว การหว่านหรือโรยเมล็ด ชั้น แรก จะโรยพอบางๆ ก่อน แต่ถ้าเห็นว่ายังบางไปก็อาจจะโรยซ้ำให้หนาขึ้นได้ ซึ่งจะช่วยให้การตกของ เมล็ดสม่ำเสมอขึ้น สำหรับเมล็ดที่มีขนาดเล็กมากๆ ไม่สะดวกที่จะหยิบโรยได้ง่าย ควรจะผสมกับวัตถุ อื่น ที่มีสีต่างไปจากดินที่ใช้เพาะ เช่น ผสมกับทรายหรือ ผงถ่านหรือปุ๋ยมะพร้าวป่น ทั้งนี้เพื่อสะดวก ใน การหว่านหรือโรยเมล็ด และช่วยให้เมล็ดไม่ตกหนา ที่หนึ่งที่ใดมากเกินไป

3) การกลบดินทับเมล็ด โดยปกติจะใช้ดินที่เพาะเมล็ดนั้นๆ สำหรับการกลบ เมล็ดต้นหรือลิก ขนาดไหนนั้น ขึ้นอยู่กับชนิด และขนาดของเมล็ด ถ้าเป็นเมล็ดที่ต้องการแสงในการ งอก ก็จะกลบแต่พอบางๆ แต่ถ้าเป็นเมล็ดที่ไม่ต้องการแสงในการงอก ก็จะกลบให้หนาหรือลิก แต่ก็ ไม่ควรกลบ เมล็ดให้หนาเกิน 2-3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ด และหลังจากกลบดินทับเมล็ด แล้ว ควรจะกดดินให้พอกระชับเมล็ด เพื่อให้เมล็ดได้รับความชื้นและงอกได้สม่ำเสมอ จากนั้น จึงจะ รดน้ำให้ชุ่ม

4) จุดมุ่งหมายในการดูแลรักษาดันกล้าคือ เพื่อเลี้ยงดูกล้าพืชให้แข็งแรง พ้น จากการทำลายของโรคโคนเน่าคอดิน สำหรับการดูแลรักษากล้าพืชในระยะแรกก็คือ การเปิดให้ต้น กล้าได้รับแสงหลังจากที่งอกโผล่พ้นผิวดิน นอกจากแสงแล้ว อุณหภูมิก็มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเจริญ ของกล้าพืชอีกด้วย โดยปกติอุณหภูมิขนาดปานกลางถึงค่อนข้างต่ำ จะช่วยให้กล้าพืชเจริญได้แข็งแรง ซึ่งถ้าเป็นพืชฤดูหนาวก็ควรจะอยู่ในช่วงของ อุณหภูมิ 60° - 65°ฟ. ในเวลากลางวัน และอุณหภูมิ ที่ ต่ำกว่านี้ 5° - 10°ฟ. ในเวลากลางคืน ส่วนพืชฤดูร้อนควรมีอุณหภูมิราว 70° - 75°ฟ. ในเวลา กลางวัน และอุณหภูมิที่ต่ำกว่านี้ 5° - 10°ฟ. ในเวลากลางคืน การให้น้ำแก่กล้าพืชก็เป็นเรื่องสำคัญ คือ จะต้องคอยสังเกตความชื้นในแปลงเพาะและความต้อง การน้ำของกล้าพืชเป็นสำคัญ โดยรักษา

ระดับความ ชื้นในแปลงเพาะให้พอเหมาะไม่มากเกินไปจนทำให้ อากาศถ่ายเทในดินไม่สะดวก อันจะเป็นทางหนึ่ง ที่ทำให้เกิดโรคโคนเน่าคอดินระบาดได้รวดเร็ว โดยทั่วไปขณะที่กล้าพืชยังเล็กอยู่ รากยังมีน้อย ควรจะ รดน้ำให้บ่อยครั้ง เพื่อช่วยให้รากเจริญได้เร็วขึ้น แต่เมื่อกกล้าเจริญได้ดีพอแล้ว อาจจะต้อง การให้น้ำได้ บ้าง แต่ก็ควรให้แปลงเพาะขึ้นอยู่เสมอ การรดน้ำกล้าพืชควรจะทำตอนเช้าหรือตอนบ่าย 3 – 4 โมงเย็น เพื่อให้หน้าจับต้นกล้าได้มีโอกาสแห้งโดยเฉพาะใน ตอนเย็น ซึ่งจะเป็นการป้องกันโรคได้ ทางหนึ่ง และถ้ามีการเกิดโรคก็ควรจะงดการรดน้ำตอนเย็นเสีย โดยรดแต่ตอนเช้าเพียงเวลาเดียว พร้อมกันนี้ก็ควรใช้ยาป้องกันเชื้อรารดกล้าพืชที่เป็นโรคนั้นจนกว่าโรคนั้นจะหายไป

5) การให้น้ำแก่กล้าพืช จะต้องคอยสังเกตความชื้นในแปลงเพาะและความต้องการ น้ำของกล้าพืชเป็นสำคัญ โดยรักษาระดับความ ชื้นในแปลงเพาะให้พอเหมาะไม่มากเกินไปจนทำให้ อากาศถ่ายเทในดินไม่สะดวก อันจะเป็นทางหนึ่ง ที่ทำให้เกิดโรคโคนเน่าคอดินระบาดได้รวดเร็ว โดยทั่วไปขณะที่กล้าพืชยังเล็กอยู่ รากยังมีน้อย ควรจะ รดน้ำให้บ่อยครั้ง เพื่อช่วยให้รากเจริญได้เร็ว ขึ้น แต่เมื่อกกล้าเจริญได้ดีพอแล้ว อาจจะต้องการให้น้ำได้ บ้าง แต่ก็ควรให้แปลงเพาะขึ้นอยู่เสมอ การ รดน้ำกล้าพืชควรจะทำตอนเช้าหรือตอนบ่าย 3-4 โมงเย็น เพื่อให้หน้าจับต้นกล้าได้มีโอกาสแห้ง โดยเฉพาะใน ตอนเย็น ซึ่งจะเป็นการป้องกันโรคได้ทางหนึ่ง และถ้ามีการเกิดโรคก็ควรจะงดการรดน้ำ ตอนเย็นเสีย โดยรดแต่ตอนเช้าเพียงเวลาเดียว พร้อมกันนี้ก็ควรใช้ยาป้องกันเชื้อรารดกล้าพืชที่เป็น โรคนั้นจนกว่าโรคนั้นจะหายไป

2.3.2 เมล็ดพืช

เมล็ดพืช ประกอบด้วยส่วนซึ่งเป็นคัพภะ ส่วนที่เป็นอาหารสะสมภายในเมล็ด และเปลือกหุ้มเมล็ด หลังจากเมล็ดถูกแยกออกจากต้นแม่แล้ว เมล็ดจะอยู่ในสภาพหยุดการเจริญเติบโตช่วง ระยะเวลาหนึ่ง เมื่อเอาเมล็ดมาไว้ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม คัพภะที่อยู่ภายใน จะเจริญเป็นต้นพืช ใหม่ กระบวนการที่คัพภะภายในเมล็ดเจริญเป็นต้นใหม่นี้ เรียกว่า “การงอก” ต้นพืชที่เจริญมา จากคัพภะในขณะที่เป็นต้นอ่อนอยู่ ยังต้องอาศัยอาหารที่เก็บไว้ในเมล็ด เรียกว่า “ต้นกล้า” (สนาม จันทรมณี และคณะ : 2543)

ปัจจัยในการงอกของเมล็ด เมล็ดที่จะงอกได้ จะต้องมีปัจจัยที่เหมาะสม ทั้งเมล็ด และ สภาพแวดล้อมภายนอก ดังนี้

2.3.2.1 การมีชีวิตของเมล็ด นับว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการเพาะเมล็ด การที่เมล็ดมีชีวิต อยู่ได้น้อย อาจเนื่องจากการเจริญเติบโตของเมล็ด ไม่เหมาะสมขณะที่ยังอยู่บนต้นแม่ หรือเนื่องจาก ได้รับอันตราย ขณะทำการเก็บเกี่ยว หรือขบวนการในการผลิตเมล็ดไม่ดีพอ

2.3.2.2 สภาพแวดล้อมในขณะเพาะ เมล็ดต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ดังนี้

1) น้ำ เป็นตัวทำให้เปลือกเมล็ดอ่อนตัว และเป็นตัวทำละลายอาหารสะสมภายในเมล็ด ที่อยู่ในสภาวะที่เป็นของแข็ง ให้เปลี่ยนเป็นของเหลว และเคลื่อนที่ได้ ทำให้จุดเจริญของเมล็ดนำไปใช้ได้

2) แสง เมล็ดเมื่อเริ่มงอก จะมีทั้งชนิดที่ต้องการแสง ชอบแสง และไม่ต้องการแสง ส่วนใหญ่เมล็ดเมื่อเริ่มงอก จะไม่ต้องการแสง ดังนั้น การเพาะเมล็ดโดยทั่วไป จึงมักกลบดินปิดเมล็ดเสมอ แต่แสงจะมีความจำเป็น หลังจากที่เมล็ดงอกแล้ว ขณะที่เป็นตัวกล้า แสงที่พอเหมาะจะทำให้ต้นกล้าแข็งแรง และเจริญเติบโตได้ดี

3) อุณหภูมิ อุณหภูมิที่เหมาะสม ช่วยให้เมล็ดดูดน้ำได้เร็วขึ้น กระบวนการในการงอกของเมล็ดเกิดขึ้นเร็ว และช่วยให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับพืชแต่ละชนิดจะไม่เท่ากัน พืชเมืองร้อน ย่อมต้องการอุณหภูมิสูงกว่า พืชเมืองหนาวเสมอ

4) ออกซิเจน เมื่อเมล็ดเริ่มงอก จะเริ่มหายใจมากขึ้น ซึ่งก็ต้องใช้ออกซิเจนไปเผาผลาญอาหารภายในเมล็ด ให้เป็นพลังงานใช้ในการงอก ยิ่งเมล็ดที่มีมันมาก ยิ่งต้องใช้ออกซิเจนมากขึ้น ดังนั้น การกลบดินทับเมล็ดหนาเกินไป หรือใช้ดินเพาะเมล็ด ที่ถ่ายเทอากาศไม่ดี จะมีผลยับยั้งการงอก หรือทำให้เมล็ดงอกช้าลง หรือไม่งอกเลย การพักตัวของเมล็ด การพักตัวของเมล็ดหมายถึง ช่วงที่เมล็ดพืชยังไม่พร้อมที่จะงอกขึ้นเป็นต้นพืชใหม่ได้ ดังนั้นการเพาะเมล็ดบางชนิด อาจต้องทำลายการพักตัวของพืชก่อน เพื่อให้เมล็ดงอกได้เร็วยิ่งขึ้น

2.4 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเพาะเมล็ดผักสลัด

สลัดเป็นพืชที่ต้องการอากาศอบอุ่น อุณหภูมิและช่วงแสง มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต ทั้งในด้านต้น ใบและการเจริญของดอก การปลูกในสภาพที่มีช่วงแสงยาว อุณหภูมิสูง ช่อดอกเจริญเร็ว ทำให้ผลผลิตและคุณภาพต่ำ อุณหภูมิที่เมล็ดสามารถงอกได้อยู่ระหว่าง 4.5-27.0 °C อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 20-27 °C สูงเกินกว่า 30 °C เมล็ดจะพักตัว มีความงอกต่ำ ในอุณหภูมิ 33-35 °C เมล็ดไม่สามารถดูดน้ำได้

2.4.1 อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโต อุณหภูมิต่ำสุด 7.2 °C อุณหภูมิปานกลาง 24.0 °C อุณหภูมิสูงสุด 28.0 °C ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตคือ 24 °C

ในสภาพอุณหภูมิสูง การเจริญทางใบจะถูกจำกัด สร้างสารคลอโรฟิลล์น้อย มีเส้นใยมาก เนื้อเยื่อเหนียว และมีรสขม อุณหภูมิจะมีอิทธิพลต่อการเจริญของสลัดปลีและสลัดบัตเตอร์มากกว่าสายพันธุ์อื่น

นอกจากนี้ถ้าหากแปลงปลูกมีความชื้นสูงหรือมีอุณหภูมิสูง แห้งแล้งหรือในสภาพอุณหภูมิต่ำ ความชื้นสูง พืชจะแสดงอาการขาดแคลเซียมได้ง่าย ทำให้เกิดโรคปลายใบไหม (Tip burn)

ตารางที่ 2-2 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเจริญและผลผลิตของสลัด

อุณหภูมิสูง	อุณหภูมิต่ำ
- แทะชอดอกเร็ว - !มีรสขม - หอหัวไมแน่น/ฟาม - ปลายใบไหม/ตายนิ่ง	- อัตราการเจริญช้า - หัวแน่น - หัวขนาดเล็ก

2.4.2 ความต้องการแสงของสลัด

แสง เป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างอาหารหรือขบวนการสังเคราะห์แสง การเจริญเติบโตของสลัด ต้องการพลังงานแสง $> 150 \text{ cal/ cm}^2 \text{ /day}$ คลื่นแสงที่มีความยาว 1000-720 nm จำกัดการงอกของเมล็ดพันธุ์ความยาวของคลื่นแสงที่เหมาะสมสำหรับการงอกของเมล็ดอยู่ระหว่าง 690-650 nm เมื่อความเข้มของแสงสูง ช่วงแสงยาว อัตราการเจริญทางด้านลำต้นจะเพิ่มขึ้น ช่วงช่อยาว ใบชะงัก การเจริญ ทำให้ใบสั้น ขนาดใหญ่ การปลูกในช่วงฤดูร้อนที่มีความเข้มแสงสูง ควรจะพรางแสงในสภาพความชื้นสูง เช่น ในฤดูฝน ควรปลูกในที่ ๆ มีการระบายน้ำดีเนื่องจากสลัด จะมีระบบรากตื้น และอ่อนแอไม่สามารถเจริญได้ดีในสภาพที่มีน้ำขังการปลูกในพื้นที่ ๆ มีปริมาณน้ำฝนมาก ในระยะที่เจริญเติบโตพืชเจริญอย่างรวดเร็วมีหัวขนาดใหญ่แต่ไม่แน่นใบบิดมวนคุณภาพต่ำ ควรปลูกในเรือนโรง

ตารางที่ 2-3 ความต้องการแสงของสลัด

Compensation point(klx)	Saturated point (klx)	Degree of assimilation (CO ₂ mg/100 cm ² /hr)
1.5 - 2.0	25	5.7

2.4.3 สภาพดินและการเตรียมดิน

เนื่องจากสลัดเป็นพืชที่มีระบบรากค่อนข้างอ่อนแอและเจริญอยู่หนาแน่นในระดับความลึก 30 ซม. ดังนั้นสลัดจึงไม่สามารถเจริญได้ดีในดินเหนียวและดินที่ปนกรด ดินที่เหมาะสมคือดินที่ร่วนซุย มีหนาดินลึก มีอินทรีย์วัตถุสูงและอุมน้ำได้ดีปานกลาง

สภาพความเป็นกรด-ด่างของดินอยู่ระหว่าง 6.0-6.5 ดินทรายจะมีอุณหภูมิสูงกว่าดินเหนียวแต่ความสามารถในการอุ้มน้ำจะต่ำกว่า การปลูกในดินทรายหรือดินเหนียว ควรใช้ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกเพื่อปรับสภาพดินให้ดีขึ้น ควรเตรียมดินให้ดีไถลึก 20-30 ซม. และสม่ำเสมอ เพื่อการเจริญและเพิ่มความสามารถในการดูดอาหารของราก ในกรณีที่หยอดเมล็ดในแปลงปลูกโดยตรงไม่ย้ายปลูก ควรเตรียมแปลงปลูกโดยยอยหน้าดินให้ละเอียดและสม่ำเสมอ

การเพาะกล้าควรเลือกใช้สายพันธุ์ที่มีลักษณะตามความต้องการของตลาด และสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในแปลงปลูกได้ดีเมล็ดพันธุ์สมบูรณ์ อัตราความงอกสูง ปราศจากโรคที่ติดมากับเมล็ด ให้นกกกล้าที่และเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและแข็งแรง ก่อนทำการเพาะเมล็ดควรตรวจสอบความงอกการเพาะในสภาพอุณหภูมิสูง ควรแช่เมล็ดใน Thiourea เข้มข้น 0.5 % หรือโพแทสเซียมไนเตรท เข้มข้น 0.1-0.2 % แต่บางพันธุ์สามารถงอกได้โดยการแช่น้ำเย็น

เมล็ดบางพันธุ์ต้องการความชื้นและแสงสีขาวสำหรับการงอก เมื่อเก็บรักษานาน ๆ การตอบสนองต่อแสงจะลดลงแสงสีแดงจะช่วยในการงอก แต่แสงสีม่วงจะจำกัดการงอก ในกรณีที่เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้ในสภาพอุณหภูมิสูงเกินกว่า 24 ชั่วโมง เมล็ดจะพักตัว การทำลายระยะพักตัวสามารถทำได้คือ แช่เมล็ดในโพแทสเซียมไนเตรท 0.1 - 0.2 % เพิ่มความชื้นและนำไปเก็บรักษาในอุณหภูมิ 10 ถึง 15 °C ในบางพันธุ์อาจจะใช้อุณหภูมิสลับสูงต่ำ สลับเป็นพืชกินใบอายุค่อนข้างสั้น ไม่นิยมเพาะในแปลงและถอนกล้าปลูก เนื่องจากต้นกล้าที่ถอนออกมารากจะขาด ไม่มีดินติดมากับราก ทำให้ต้นกล้าชะงักการเจริญ ใบล่างจะเหี่ยว รวง เนื่องจากรากที่ไม่มีดินติดมา ไม่สามารถดูดอาหารได้ทันทีที่จะต้องสร้างรากใหม่ ซึ่งอาจจะต้องใช้เวลา 1 - 2 อาทิตย์ ขึ้นอยู่กับอาหารสะสมในต้น กรณีที่ต้นกล้าอ่อนแอจะทำให้อัตราการตายหลังย้ายปลูกสูง ในเขตร้อน จะมีปัญหาในด้านความงอกของเมล็ดพันธุ์บางพันธุ์ เนื่องจากเมล็ดพันธุ์สลัดพักตัวในอุณหภูมิสูงและจะงอกเมื่อมีอุณหภูมิต่ำ เมล็ดสลัดจะพักตัวเมื่ออุณหภูมิสูงเกิน 26 °C โดยจะจำกัดการดูดน้ำของเนื้อเยื่อ ทำให้ขาดความชื้นและจำกัดการแลกเปลี่ยนออกซิเจนซึ่งจำเป็นสำหรับขบวนการงอก การทำลายระยะพักตัวของสลัดสามารถทำได้ โดยการรักษาแปลงเพาะให้มีความชุ่มชื้นสม่ำเสมอ เพื่อให้เกิดการระเหยของน้ำซึ่งจะสามารถขจัดอุณหภูมิในดินลงได้ หรืออาจจะใช้ผ้าเปียกหมาด ๆ ห่มและเก็บไว้ในอุณหภูมิ 4-6 °C เป็นเวลา 2-3 วันการแช่เมล็ดใน Thiourea เข้มข้น 0.5 % เก็บไว้ในห้องมืดและเพิ่มออกซิเจนในน้ำ เป็นเวลา 8-10 ชั่วโมงจะสามารถเพิ่มความงอกได้ เมล็ดพันธุ์หนัก 10 กรัมจะมีจำนวน 6,000-12,000 เมล็ด ใช้เมล็ด 30-40 กรัมต่อไร่

วัสดุเพาะควรรวนซุยมีความเข้มข้นของธาตุอาหารปานกลาง เนื่องจากต้นกล้าไม่สามารถเจริญได้ดีในดินที่มีความเข้มข้นของธาตุอาหารสูง โดยทั่วไปจะใช้ดินร่วนปุ๋ยหมักผสมปุ๋ยคอกเก่า และใส่ปุ๋ยเคมี 12-24-12 ก่อนหยอดเมล็ด ควรคลุกเมล็ดด้วยสารเคมีเช่น captan, chloranil, thiram หรือ

zinc- oxide เพื่อป้องกันโรคเนาโคติน หลังหยอดเมล็ดในฤดูหนาว ควรใช้วัสดุเช่นขี้เถ้าแกลบหรือปุ๋ยหมักคลุมดินบาง ๆ เพื่อรักษาความชื้น ไม่ควรหยอดเมล็ดลึกหรือใช้วัสดุคลุมดินหนาเกินไป เนื่องจากเมล็ดสลัดต้องการแสงสำหรับช่วยในการงอก หลังจากหยอดเมล็ดควรรักษาให้มีความชื้นสม่ำเสมอ

หลังจากเมล็ดงอก 1อาทิตย์ ควรให้ปุ๋ยผสมละลายน้ำง่าย มีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และธาตุรอง เพื่อไม่ให้ต้นกล้าเจริญเร็วเกินไปจะเป็นผลให้ต้นกล้าเปราะและหักงายก่อนย้ายปลูกควรลดปริมาณการให้น้ำ เพื่อให้ต้นกล้าชะงักการเจริญ มีเนื้อเยื่อเหนียวและมีอาหารสำรองสำหรับการเจริญของรากใหม่ปกติกล้าจะเจริญไม่สม่ำเสมอเกินไป ควรทยอยย้ายกล้าที่โตปลูกก่อน เลือกต้นที่สม่ำเสมอปลูกในแปลงเดียวกันเพื่อความสะดวกในการดูแลรักษาและการเก็บเกี่ยว

การย้ายปลูกย้ายปลูกเมื่อมีใบจริง 3 - 4 ใบ ควรระวังอย่าให้ดินที่ห่มรากแตกกระยะปลูกขึ้นอยู่กับพันธุ์ ฤดูปลูก การเขตกรรมสภาพและความอุดมสมบูรณ์ของดิน ระยะปลูกจะมีอิทธิพลต่อผลผลิตและคุณภาพ การปลูกในระยะชิดเกินไป ทำให้ต้น/ปลีขนาดเล็ก ลักษณะปลีผิดปกติการปลูกห่างเกินไปจะทำให้ผลผลิตต่ำ จำนวนที่เหมาะสมสำหรับการปลูกสลัดปลีประมาณ 9000 - 12,000 ต้นต่อไร่ สลัดใบใช้ระยะปลูก 15 - 20 x 20 - 30 ซม. สลัดต้น สลัดปลี สลัดบัตเตอร์ สลัดโรเมนใช้ระยะปลูก 20 - 50 x 30 - 50 ซม. ระยะปลูกและความลึกของการปลูก จะมีอิทธิพลต่อขนาดและรูปร่างของหัว (นิพนธ์ ไชยมงคล, 2566)

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.5.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

Arduino (อาดูอีโน หรือ อาดูยโน) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่ถูกพัฒนาเป็นแบบโอเพ่นซอร์ส (Open Source) ซึ่งผู้ผลิตเปิดเผยข้อมูลทั้งฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ถูกออกแบบขึ้นมา เพื่อให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษาการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น ซึ่งผู้ใช้งาน สามารถดัดแปลง พัฒนาต่อยอดฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) ได้อีกด้วย Arduino นำมาใช้งานเช่นเดียวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอื่นๆ เพื่อใช้สำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าโดย การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานตามต้องการ ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ Arduino ในชีวิตประจำวัน เช่น ควบคุมการเปิด/ปิดไฟในบ้านอัตโนมัติ, วงจรวัดค่าอุณหภูมิ, ควบคุมการรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ ควบคุมการเปิด/ปิดประตูอัตโนมัติควบคุมเครื่องซักผ้าหยอดเหรียญ หรือควบคุมความเร็วและทิศทาง การหมุนของมอเตอร์ เป็นต้น จุดเด่นของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ดังนี้ (สุริยา ศรีวิเศษ : 2018)

1. มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อน เหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นใช้งาน และง่ายต่อการพัฒนา โปรแกรม
2. การใช้งานเป็นแบบโอเพนซอร์ส (Open Source) สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้ หลายด้าน
3. สามารถพัฒนาโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการต่าง ๆ ได้เช่น Windows, Mac OS X หรือ Linux
4. บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino มีราคาไม่แพง

2.5.2 บอร์ด NodeMCU ESP8266

ESP8266 เป็นชื่อเรียกของชิพของโมดูล ESP8266 สำหรับติดต่อสื่อสารบนมาตรฐาน WiFi ทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 3.0-3.6V ทำงานใช้กระแสโดยเฉลี่ย 80mA รองรับคำสั่ง deep sleep ในการประหยัดพลังงาน ใช้กระแสน้อยกว่า 10 ไมโครแอมป์ สามารถ wake up กลับมาส่งข้อมูลใช้เวลาไม่น้อยกว่า 2 มิลลิวินาที ภายในมี Low power MCU 32bit ทำให้เขียนโปรแกรมสั่งงานได้ มีวงจร analog digital converter ทำให้สามารถอ่านค่าจาก analog ได้ความละเอียด 10bit ทำงานได้ที่อุณหภูมิ -40 ถึง 125 องศาเซลเซียส เมื่อนำชิพ ESP8266 มาผลิตเป็นโมดูลหลายรุ่นจะขึ้นต้นด้วย ESP866 แล้วตามด้วยรุ่น เช่น ESP-01 , ESP-03 , ESP-07 , ESP-12E

ESP8266 ติดต่อกับ WI-FI แบบ Serial สามารถเขียนโปรแกรมลงไปในชิพ โดยใช้ Arduino IDE ได้ ทำให้การเขียนโปรแกรมและใช้งานเป็นเรื่องง่าย คล้ายกับการใช้ Arduino แน่นอนว่าสามารถติดต่ออุปกรณ์อื่น ๆ เช่นเซอร์ ต่าง ๆ แบบสไตร์ Arduino ถ้ามีพื้นฐาน Arduino อยู่แล้ว ก็เข้าใจและใช้งานได้รวดเร็ว

โมดูล ESP8266 มีหลายรุ่น และมีรุ่นใหม่พัฒนาออกมาเรื่อย ๆ โดยโครงสร้างและขาที่ใช้งานก็จะมีลักษณะคล้ายกันคือ

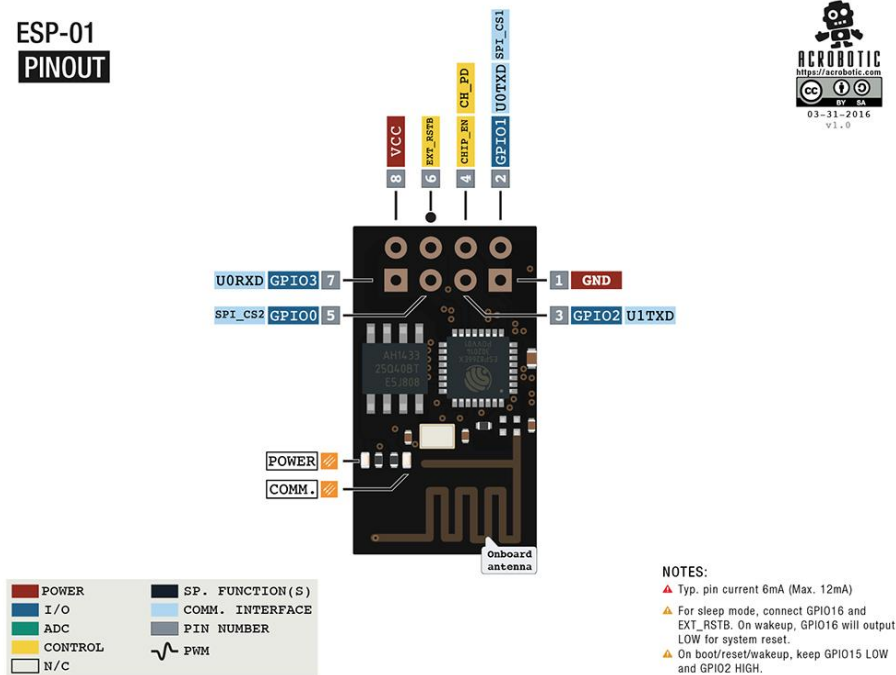
- GPIO0 เป็นขาสำหรับเลือกโหมด โดยเมื่อต่อกับ GND จะเข้าโหมดโปรแกรม เมื่อต้องการให้ทำงานปกติก็ไม่ต้องต่อ
- GPIO15 เป็นขาที่ต้องต่อลง GND เพื่อให้โมดูลทำงาน
- CH_PD หรือ EN เป็นขาที่ต้องต่อไฟ VCC เพื่อ pull up สัญญาณ ให้โมดูลทำงาน โมดูลบางรุ่นไม่มีขา Reset มาให้ เมื่อต้องการรีเซ็ต ให้ต่อขา CH_PD กับ GND
- Reset ต่อกับไฟ VCC เพื่อ pull up สัญญาณ โดยเมื่อต้องการรีเซ็ต ให้ต่อกับไฟ GND
- VCC เป็นขาสำหรับจ่ายไฟเลี้ยง ใช้ไฟเลี้ยง 3.0-3.6V
- GND ต่อกับไฟ 0V
- GPIO เป็นขาดิจิตอล INPUT/OUTPUT ทำงานที่ไฟ 3.3V

- ADC เป็นขา Analog INPUT รับแรงดันสูงสุด 1V ความละเอียด 10bit หรือ 1024 ค่า

เมื่อต้องการเขียนโปรแกรมเพียงมองหาขาเหล่านี้ แล้วต่อให้ครบเท่าที่มีขาให้ต่อ ก็สามารถโปรแกรม ESP8266 ได้ทุกรุ่น โมดูล ESP8266 รุ่นที่นิยม เช่น ESP-01 , ESP-03 , ESP-07 , ESP-12E นอกจากนี้ยังมีบอร์ด ESP8266 ที่รวมวงจร USB TTL เข้าไปทำให้โปรแกรมกับ Arduino ได้ง่ายขึ้นเช่น NodeMCU , Wemos D1 , Wemos mini

2.5.2.1 ESP8266 ESP-01

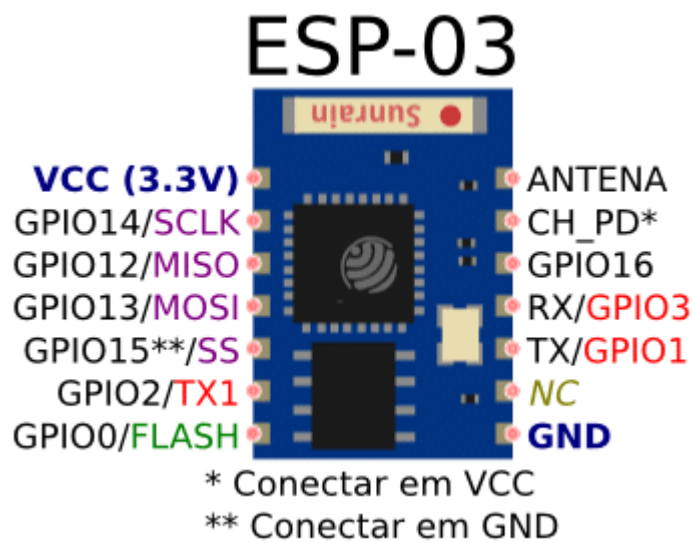
ESP8266 ESP-01 เป็นรุ่นที่มีขาต่อออกมาข้างนอก จึงสามารถต่อกับบอร์ดทดลองได้ง่าย มีขา GPIO 4 ขา คือ GPIO0 , GPIO1, GPIO2 , GPIO3



รูปที่ 2-9 ESP8266 ESP-01

2.5.2.2 ESP8266 ESP-03

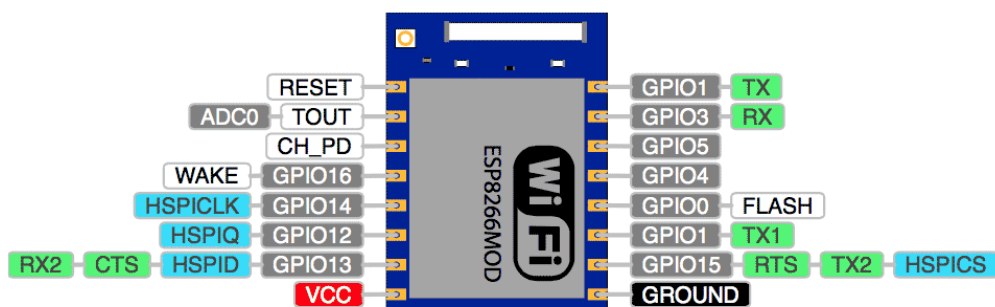
ESP8266 ESP-03 จะคล้ายกับ ESP-01 มี package การต่อขาเป็นแบบเซอร์เฟสเมาส์ โดยจะมีขา GPIO มากขึ้น ทำให้สั่งงานอุปกรณ์ได้มากกว่า ESP8266 ESP-01 โดย ESP8266-13 มีขาทั้งหมด 14 ขา มีเสาอากาศแบบมาให้ในตัว และยังสามารถต่อสายอากาศเพิ่มเพื่อเพิ่มกำลังการรับส่ง ได้ที่ขา 14



รูปที่ 2-10 ESP8266 ESP-03

2.5.2.3 ESP8266 ESP-07

ESP8266 ESP-07 เพิ่มแผ่นเหล็กครอบชิพ ESP8266 ไว้เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน มีขาทั้งหมด 16 ขา โดยมีขา GPIO ให้เราใช้งาน 11 ขาและขา Analog Read อีก 1 ขา

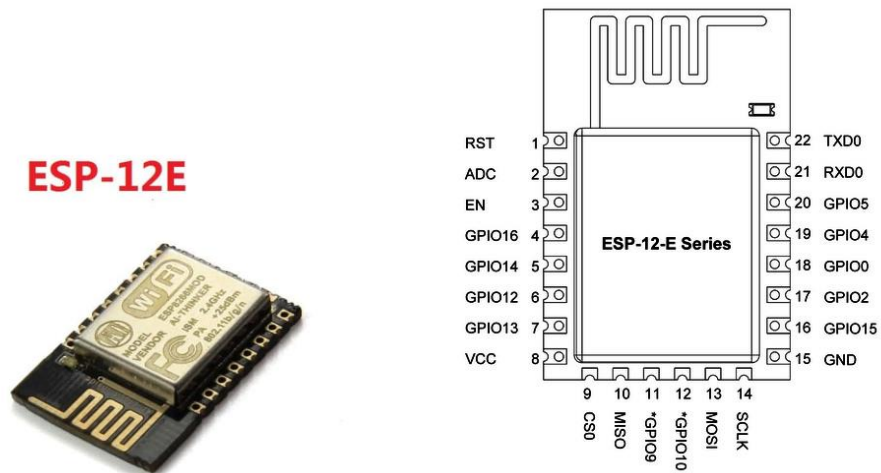


รูปที่ 2-11 ESP8266 ESP-07

2.5.2.4 ESP8266 ESP-12E

ESP8266 ESP-12E มีการจัดขาและต่อใช้งานแบบเดียวกับรุ่น ESP-07 โดยเปลี่ยนเสาอากาศมาเป็นแบบเดินวงจรภายใน PCB และเพิ่มขาอีก 6 ขา คือ SCLK MOSI MISO

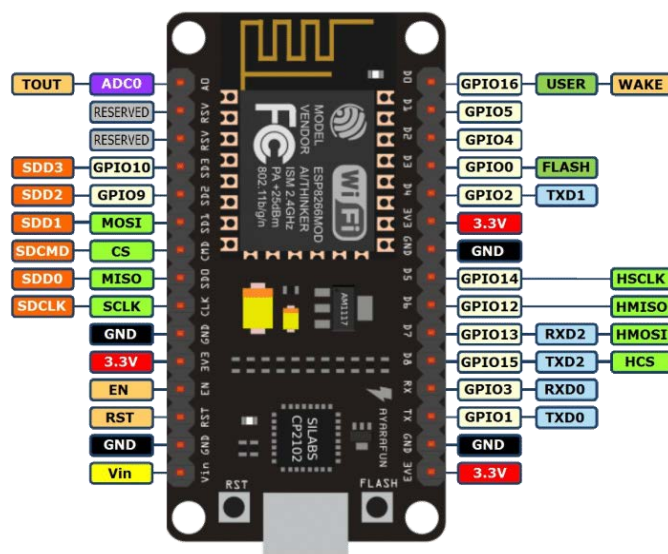
สำหรับติดต่อกับเซนเซอร์อื่น ๆ โปรโตคอล SPI ซึ่งรุ่นนี้ก็ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก จนเกิดการต่อยอดเป็นบอร์ด ESP8266-12 รุ่นต่าง ๆ



รูปที่ 2-12 ESP8266 ESP-12E

2.5.2.5 ESP8266 NodeMCU V2

NodeMCU V2 เป็น ESP8266-12E รวมกับ USB TTL ที่ใช้ชิพ CP2102 และขยายขาให้สามารถต่อทดลองได้ง่ายขึ้น มีปุ่ม reset และ flash สำหรับใช้โปรแกรม โดยใช้ Arduino IDE หรือโปรแกรมอื่น ๆ ได้อย่างสะดวก



รูปที่ 2-13 ESP8266 NodeMCU V2

2.5.2.6 ESP8266 NodeMCU V3

NodeMCU V3 เป็นบอร์ดที่คล้ายกับ NodeMCU V2 ต่างกันคือ NodeMCU V3 จะมีขนาดกว้างกว่า และใช้ชิพ USB TTL เป็น CH340 ซึ่งการต่อขาใช้งานและโคดโปรแกรมเหมือนกันทุกประการ



รูปที่ 2-14 ESP8266 NodeMCU V3

2.5.2.7 WeMos D1

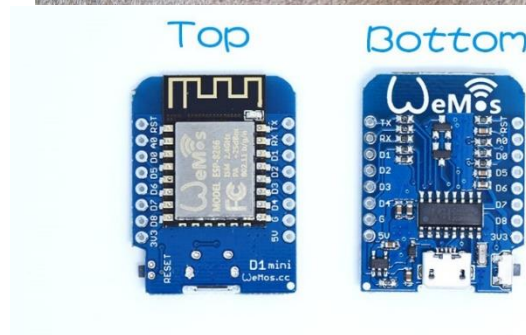
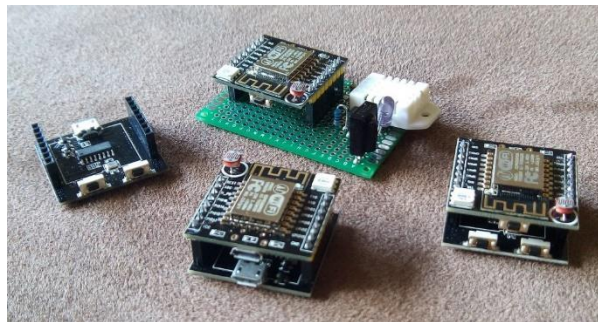
บอร์ด WeMos D1ออกแบบให้คล้ายบอร์ด Arduino Uno ใช้ ESP8266-12E เป็นตัวหลัก ชิพ CH340 เป็นภาค USB TTL รองรับไฟ 9-12V ที่ช่อง Adapter , รองรับไฟ 5V ที่ช่อง micro usb และ 3.3V ที่ช่อง VIN



รูปที่ 2-15 WeMos D1

2.5.2.8 WeMos D1 Mini

WeMos D1 Mini แปลงบอร์ด Wemos D1 ให้มีขนาดเล็กลง โดยการแยกส่วน usb ttl และ ESP8266-12E ข้อดีคือ เวลาใช้งานจริงสามารถถอดเฉพาะส่วน ESP8266-12E ไปใช้งาน ก็จะทำให้ประหยัดไฟได้เล็กน้อย Witty cloud Mini NodeMCU บอร์ดนี้มีขนาดเล็ก แยกส่วนได้ คล้าย ๆ กับ WeMos D1 Mini โดยใช้ ESP8266-12F โดยมี LDR , สวิตช์ และ LED RGB ต่อมาให้ในบอร์ด ทำให้สะดวกในการต่อทดลอง ข้อดีของรุ่นนี้คือฐานออกแบบมาให้มาขนาดเท่ากับบอร์ดขยายขาของ ESP-07 , ESP-08 , ESP-12 ทำให้สามารถนำไปใช้โปรแกรมกับ ESP รุ่นดังกล่าวได้ด้วย



รูปที่ 2-16 WeMos D1 Mini

2.5.3 ESP32

ESP32 เป็นชื่อของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รองรับการเชื่อมต่อ WiFi และ Bluetooth 4.2 BLE ในตัว ผลิตโดยบริษัท Espressif จากประเทศจีน โดยราคา ณ ที่เขียนบทความอยู่นี้ มีราคาไม่เกิน 500 บาท (บอร์ดพัฒนาสำเร็จรูป) โดยตัวไอซี ESP32 มีสเปคโดยละเอียด ดังนี้ (artronsshop, 2566)

- 1) ซีพียูใช้สถาปัตยกรรม Tensilica LX6 แบบ 2 แกนสมอง สัญญาณนาฬิกา 240MHz
- 2) มีแรมในตัว 512KB

3) รองรับการเชื่อมต่อรอมภายนอกสูงสุด 16MB

4) มาพร้อมกับ WiFi มาตรฐาน 802.11 b/g/n รองรับการใช้งานทั้งในโหมด Station softAP และ Wi-Fi direct

5) มีบลูทูธในตัว รองรับการใช้งานในโหมด 2.0 และโหมด 4.0 BLE

6) ใช้แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน 2.6V ถึง 3V

7) ทำงานได้ที่อุณหภูมิ -40°C ถึง 125°C

นอกจากนี้ ESP32 ยังมีเซ็นเซอร์ต่าง ๆ มาในตัวด้วย ดังนี้

1) วงจรกรองสัญญาณรบกวนในวงจรขยายสัญญาณ

2) เซ็นเซอร์แม่เหล็ก

3) เซ็นเซอร์สัมผัส (Capacitive touch) รองรับ 10 ช่อง

4) รองรับการเชื่อมต่อคลิสตอล 32.768kHz สำหรับใช้กับส่วนวงจรนับเวลาโดยเฉพาะ
การใช้งานต่าง ๆ ของ ESP32 รองรับการเชื่อมต่อบัสต่าง ๆ ดังนี้

1) มี GPIO จำนวน 32 ช่อง

2) รองรับ UART จำนวน 3 ช่อง

3) รองรับ SPI จำนวน 3 ช่อง

4) รองรับ I2C จำนวน 2 ช่อง

5) รองรับ ADC จำนวน 12 ช่อง

6) รองรับ DAC จำนวน 2 ช่อง

7) รองรับ I2S จำนวน 2 ช่อง

8) รองรับ PWM / Timer ทุกช่อง

9) รองรับการเชื่อมต่อกับ SD-Card

นอกจากนี้ ESP32 ยังรองรับฟังก์ชันเกี่ยวกับความปลอดภัยต่าง ๆ ดังนี้

1) รองรับการเข้ารหัส WiFi แบบ WEP และ WPA/WPA2 PSK/Enterprise

2) มีวงจรเข้ารหัส AES/SHA /Elliptical Curve Cryptography/RSA-4096 ในตัว

ในด้านประสิทธิภาพการใช้งาน ตัว ESP32 สามารถทำงานได้ดี โดย รับ - ส่ง ข้อมูลได้ ความเร็วสูงสุดที่ 150Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11n HT40 ได้ความเร็วสูงสุด 72Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11n HT20 ได้ความเร็วสูงสุดที่ 54Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11g และได้ความเร็วสูงสุดที่ 11 Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11b เมื่อใช้การเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล UDP จะสามารถรับ - ส่งข้อมูล ได้ที่ความเร็ว 135Mbps ในโหมด Sleep ใช้กระแสไฟฟ้าเพียง 2.5Ua

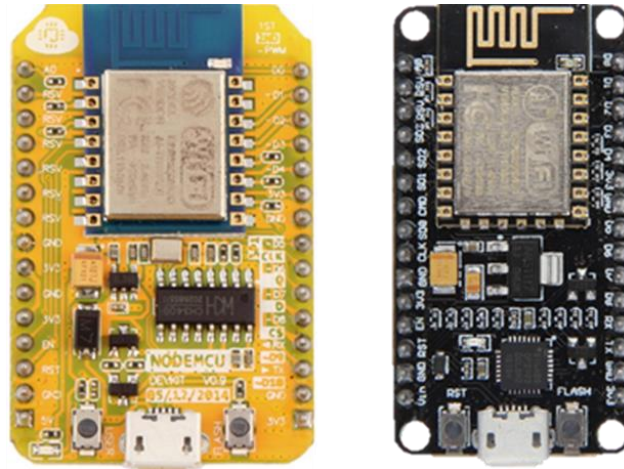
2.5.3.1 ประวัติความเป็นมาของ ESP32

ก่อนที่จะ ESP32 จะได้ถือกำเนิดขึ้น ได้มีไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มี WiFi ในตัว และทำราคาได้ถูกมาก ๆ ในขณะนั้น (เพียง \$5 หรือประมาณ 200 บาท) ออกมาปฏิวัติโลกของระบบสมองกลฝังตัว นั่นก็คือไอซีเบอร์ ESP8266 ที่ผลิตโดยบริษัท Espressif จากประเทศจีน ในช่วงเริ่มแรก ไอซี ESP8266 สามารถทำงานได้โดยใช้การสื่อสารผ่าน UART เท่านั้น และพูดคุยสั่งงานผ่าน AT command ไม่สามารถอัปเดต หรือแก้ไขเฟิร์มแวร์ด้านในได้ แต่ต่อมาไม่นานบริษัท Espressif ก็ได้ ออกไอซีเวอร์ชันใหม่มา ในครั้งนี้สามารถที่จะอัปเดตเฟิร์มแวร์ได้ และเราสามารถลงไปเขียนเฟิร์มแวร์เองได้ โดยในขณะนั้น การเขียนเฟิร์มแวร์จะใช้ภาษา C เพียงอย่างเดียว และใช้ ESP8266 SDK เป็นชุดซอฟต์แวร์พัฒนา ด้วยความยากของการใช้งานภาษา C เพียงอย่างเดียว ทำให้ไม่ได้รับความนิยม เรื่องการพัฒนาเฟิร์มแวร์เองมากนัก



รูปที่ 2-17 โมดูล ESP8266 01 ผลิตโดยบริษัท Ai-Thinker หัวใจหลักคือไอซีESP8266

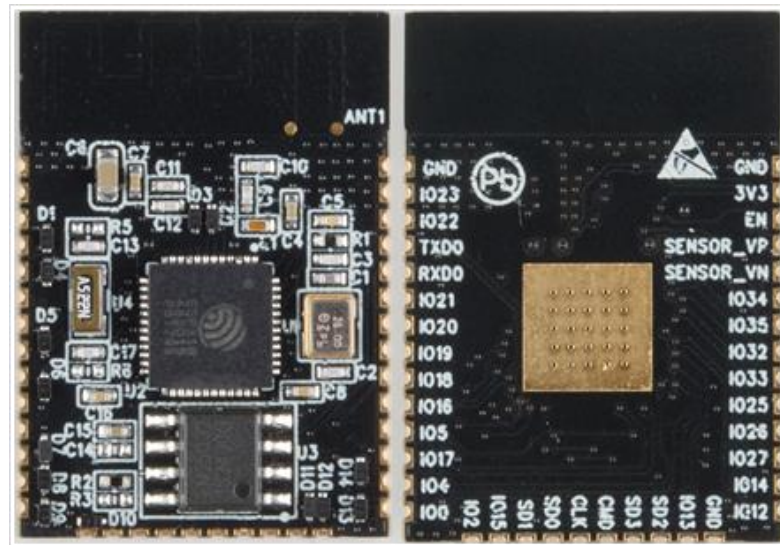
หลังจากนั้นมาประมาณ 1 ปี ผู้ผลิตบอร์ด NodeMCU ได้พอร์ตตัว Runtime ภาษา Lua มาลงใน ESP8266 ทำให้ตัว ESP8266 สามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานตรง ๆ ได้ง่ายขึ้นมาก รวมทั้งมีเสถียรภาพเพิ่มขึ้น และในขณะนี้เอง บอร์ด NodeMCU เป็นบอร์ดพัฒนา ESP8266 สำเร็จรูปเพียงบอร์ดเดียวในตลาด ที่มาพร้อมกับ USB to UART ทำให้สามารถอัปโหลดเฟิร์มแวร์เข้า ESP8266 ได้ผ่าน USB โดยตรง นอกจากนี้ผู้พัฒนาบอร์ด NodeMCU ได้คิดค้นวงจรการเข้าโหมดอัปโหลดโปรแกรมอัตโนมัติ และตั้งชื่อว่า nodemcu ซึ่งภายหลังบอร์ดพัฒนาทุกรุ่นจะใช้วงจรแบบ nodemcu ในการเข้าโหมดอัปโหลดโปรแกรมอัตโนมัติ และด้วยเหตุผลที่บอร์ด NodeMCU เป็นบอร์ดพัฒนา ESP8266 บอร์ดแรกในท้องตลาด ทำให้ได้รับความนิยมมาก และหลังจากบริษัทในจีนต่าง ๆ ได้ลอกวงจร และลายปรี้นของ NodeMCU มาทำขายเองในราคาที่ถูก แล้วใช้ชื่อเดิมคือ NodeMCU จึงทำให้บอร์ด NodeMCU ได้รับความนิยมมากจนถึงปัจจุบัน



รูปที่ 2-18 ด้านซ้าย บอร์ด NodeMCU 0.9 และด้านขวา บอร์ด NodeMCU 1.0

หลังจากตัว Runtime ภาษา Lua ได้ถูกพอร์ตมาลง ESP8266 ได้ประมาณ 2 – 4 เดือน ทางชุมชนพัฒนา ESP8266 ที่ชื่อ ESP8266 Community Forum (www.esp8266.com) ได้ออกชุดไลบรารี และคอมไพล์เลอร์สำหรับใช้กับโปรแกรม Arduino IDE มาในชื่อ Arduino core for ESP8266 WiFi chip ทำให้การพัฒนาเฟิร์มแวร์ของ ESP8266 นั้นง่ายขึ้นมาก ๆ โดยการใช้การเขียนโปรแกรมแบบ Arduino ดังนั้นคนที่มีความรู้พื้นฐานการเขียนโปรแกรมลงบอร์ด Arduino เป็นอยู่แล้ว จึงมาเขียนเฟิร์มแวร์ลง ESP8266 โดยใช้โปรแกรม Arduino ได้ไม่ยาก และนอกจากนี้ ไลบรารีต่าง ๆ ที่ใช้งานได้กับบอร์ด Arduino ยังสามารถนำมาใช้งานกับ ESP8266 ได้เลย ทำให้ ESP8266 ได้รับความนิยมสูงมากมาจนถึงขณะนี้

ด้วยความสำเร็จอย่างถึงที่สุดของไอซี ESP8266 ทำให้บริษัท Espressif ออกไอซีรุ่นถัดไปมาในช่วงแรกใช้ชื่อว่า ESP31B เปิดให้ร้านค้าใหญ่ ๆ อย่าง Adafruit SparkFun และผู้สนใจบางส่วนได้ทดสอบ โดยในขณะนั้นได้มีการพัฒนาชุดซอฟต์แวร์ ESP32_RTOS_SDK ไปพร้อม ๆ กับการพัฒนาไอซี ESP31B ทำให้มีคนนำชุด ESP32_RTOS_SDK ไปพัฒนาลงโปรแกรม Arduino รอก่อนไอซีตัวจริงจะออก ในชื่อ Arduino core for ESP31B WiFi chip แต่หลังจากนั้นไม่นาน บริษัท Espressif ได้ยกเลิกการใช้ชุดซอฟต์แวร์พัฒนา ESP32_RTOS_SDK แล้วไปสร้างชุดพัฒนาใหม่ที่ชื่อ ESP-IDF แทน (แต่เมื่อไปเจาะลึก จะพบว่าภายในแทบจะลอก ESP32_RTOS_SDK มาทั้งหมด) จากนั้นจึงออกไอซี ESP32 ออกมาเป็นครั้งแรก

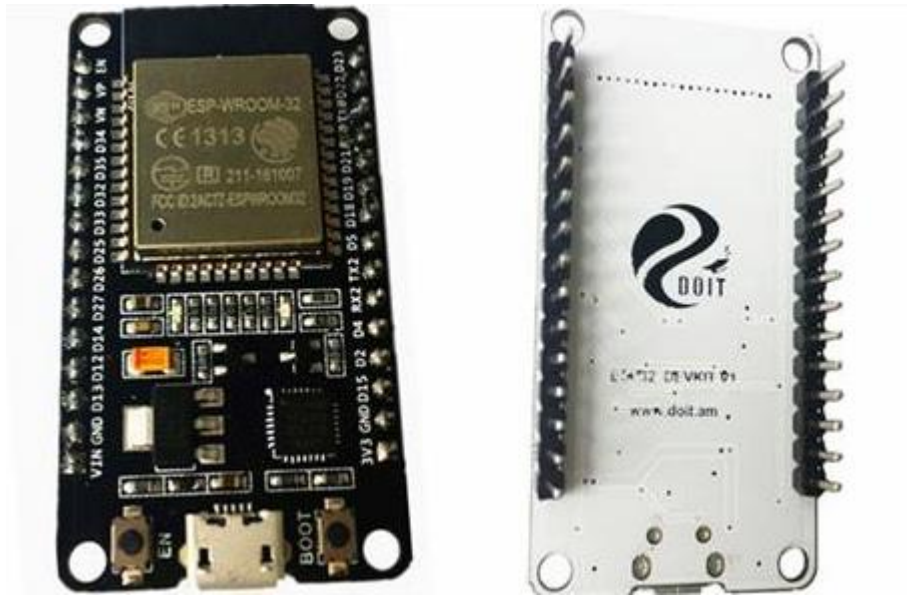


รูปที่ 2-19 ด้านหน้า และด้านหลังของโมดูล ESP31B-WROOM-03 ใช้ชิปไอซี ESP31B

ด้วยในอดีตที่ไอซี ESP8266 ได้ทำไ้ดีมาก จึงส่งผลให้ ESP32 ได้รับความสนใจอย่างมาก จนผลิตไม่ทันต่อความต้องการ โดยในช่วงแรก บริษัท Espressif ได้ให้ข่าวว่า จะผลิต ESP32 แบบโมดูลออกมาเพียงอย่างเดียว ในชื่อ ESP-WROOM-32 หลังจากนั้นไม่นาน บริษัท Ai-Thinker ได้ร่วมมือกับ Seeedstudio ผลิตโมดูล ESP3212 ขึ้นมา โดยมีสถานะเป็นพรีออเดอร์ แต่เมื่อถึงกำหนดส่งมอบ บริษัท Seeedstudio ได้เลื่อนการส่งมอบออกไป ด้วยปัญหาด้านการออกแบบลายวงจรของตัวโมดูลเอง ทาง Ai-Thinker จึงได้ยกเลิกการผลิต ESP3212 แล้วหันไปผลิต ESP32S แทน โดยลายวงจรเหมือนกับ ESP-WROOM-32 ทุกประการ แล้วจึงเริ่มส่งมอบสินค้าได้

หลังจากสินค้า ESP32S ได้เริ่มส่งมอบ ทางทีมผู้พัฒนา Arduino core for ESP8266 WiFi chip ได้ถูกบริษัท Espressif ซื้อตัวมาทั้งหมด แล้วจ้างให้พัฒนาชุดไลบรารีและคอมไพล์เลอร์สำหรับ Arduino ในชื่อ Arduino core for ESP32 WiFi chip ทำให้การพัฒนาเป็นไปด้วยความรวดเร็วมากขึ้น ภายหลัง ผู้พัฒนา Arduino core for ESP31B WiFi chip ก็ถูกดึงตัวให้มาร่วมทีมพัฒนา Arduino core for ESP32 WiFi chip ด้วยเช่นเดียวกัน

การพัฒนา Arduino core for ESP32 WiFi chip จะทำไปควบคู่กับการพัฒนา ESP-IDF โดยที่ ESP-IDF จะเป็นแกนหลัก เมื่อมีการเพิ่มฟีเจอร์ใหม่ ๆ ให้ ESP-IDF แล้ว จึงจะมีการเพิ่มใน Arduino core for ESP32 WiFi chip โดยที่ ESP-IDF รองรับการพัฒนาโปรแกรมแบบ Arduino เช่นเดียวกัน และรองรับทุกไลบรารีที่ใช้ได้สำหรับ Arduino เพียงแต่ ESP-IDF ไม่มีโปรแกรม Editor โดยเฉพาะเท่านั้นเอง



รูปที่ 2-20 บอร์ดพัฒนา DOIT ESP32 Development Board

2.6 เซ็นเซอร์สภาพแวดล้อม

2.6.1 เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน

เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน คือ ใช้วัดความชื้นในดิน สามารถต่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้อินพุตอินพุตอ่านค่าความชื้น หรือเลือกใช้สัญญาณดิจิตอลที่ส่งมาจากโมดูล สามารถปรับความไวได้ด้วยการปรับ Trimpot หลักการทำงานของการทำงานจะต้องเสียบแผ่น PCB สำหรับวัดลงดิน เพื่อให้วงจรแบ่งแรงดันทำงานได้ครบวงจร จากนั้นจึงใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดันโดยใช้โอซีแอมป์เบอร์ LM393 เพื่อวัดแรงดันเปรียบเทียบกัน ระหว่างแรงดันที่วัดได้จากความชื้นในดินกับแรงดันที่วัดได้จากวงจรแบ่งแรงดันปรับค่าโดยใช้ Trimpot หาแรงดันที่วัดได้จากความชื้นของดินมีมากกว่าก็จะทำให้วงจรปล่อยลอจิก 1 ไปที่ขา D0 แต่หากความชื้นในดินมีน้อยลอจิก 0 จะถูกปล่อยไปที่ขา D0 ขา A0 เป็นขาที่ต่อโดยตรงกับวงจรที่ใช้วัดความชื้นในดินซึ่งให้ค่าแรงดันออกมาตั้งแต่ 0 – 5V (ในทางอุดมคติ) โดยหากความชื้นในดินมีมากแรงดันที่ปล่อยออกไปก็จะน้อยตามไปด้วยในลักษณะของการแปรผกผัน



รูปที่ 2-21 เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน

2.6.2 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น

DHT มาจากคำว่า Digital Humidity and Temperature Sensor แปลตรงตัวเลยก็คือ เซ็นเซอร์ตรวจจับความชื้นและอุณหภูมิแบบดิจิทัล มีความสามารถในการตรวจจับความชื้นและอุณหภูมิในอากาศ (จุ่มน้ำไม่ได้นะ ตัวเซ็นเซอร์ไม่กันน้ำ) โดยสามารถให้ค่าออกมา 3 แบบคือ

1) Humidity (ความชื้น) โดยค่าที่ได้เป็นความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humidity) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศต่อ 1 หน่วยปริมาตรของอากาศ มีหน่วยเป็น กรัม/ลูกบาศก์เมตร ความชื้นสัมบูรณ์จะเปลี่ยนไปตามความดันอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป

2) Temperature (อุณหภูมิ) ค่าเฉลี่ยของพลังงานจลน์ของอนุภาคในสสารใด ๆ ซึ่งสอดคล้องกับความร้อนหรือเย็นของสสารนั้น (ในที่นี้คืออากาศ)

3) Heat index (ดัชนีความร้อน) เป็นดัชนีการวัดค่าความร้อนที่แท้จริงที่เรารู้สึกสับสนเนื่องจากผลของความชื้น ในสภาวะความอุณหภูมิสูงและความชื้นในอากาศสูงร่างกายของคนเราจะรู้สึกร้อนกว่าอุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์

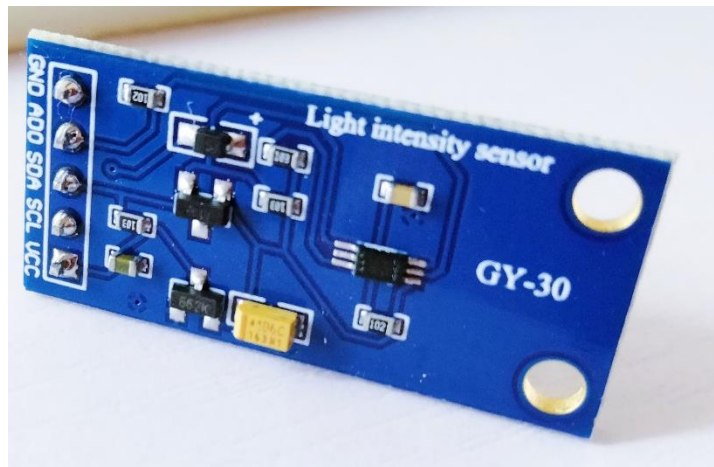


รูปที่ 2-22 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ DHT21

2.6.3 โมดูลเซนเซอร์วัดค่าแสง

BH1750FVI เป็น IC เซนเซอร์ตรวจจับแสงโดยรอบแบบดิจิทัลสื่อสารแบบ I2C เซนเซอร์นี้เหมาะสำหรับการใช้วัดค่าแสงแวดล้อม ข้อมูลสำหรับปรับไฟหน้าจอ LCD แบบอัตโนมัติตามความเข้มของแสงแวดล้อม และหน้าจอของโทรศัพท์มือถือสามารถตรวจจับความสว่างได้ 1 – 54,612 Lux โมดูลเซนเซอร์วัดค่าแสงที่ใช้ IC BH1750FVI มีด้วยกัน 2 ชนิด

1) แบบใช้ภายในอาคาร



รูปที่ 2-23 เซนเซอร์วัดค่าแสงแบบใช้ภายในอาคาร

2) แบบใช้งานทั้งภายในและภายนอกอาคาร



รูปที่ 2-24 เซนเซอร์วัดค่าแสงแบบใช้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร

2.7 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) หรืออินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เป็นเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาประเทศไปสู่การเป็น Thailand Industry 4.0 เทคโนโลยีด้าน IoT ถือเป็นส่วนหนึ่งในการส่งเสริมภาคอุตสาหกรรมที่จะอาศัยการเชื่อมต่อการสื่อสารและทำงานร่วมกันระหว่างเครื่องจักรมนุษย์และข้อมูล เพื่อเพิ่มอำนาจในการตัดสินใจที่รวดเร็วและความถูกต้องแม่นยำสูงรวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ ซึ่งก่อให้เกิดนวัตกรรมและบริการใหม่ๆ อีกมากมายยกตัวอย่างเช่นเซ็นเซอร์ภายในโรงพยาบาลที่ตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้ป่วย เมื่อผู้ป่วยมีการเคลื่อนไหวหรือผู้ป่วยล้มจะส่งสัญญาณไปยังบุคลากรทางการแพทย์หรือแผนกฉุกเฉินเซ็นเซอร์ภายในบ้านตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้อาศัย และส่งสัญญาณไปสั่งเปิดหรือปิดสวิตช์ไฟตามห้องต่างๆ ที่มีคนหรือไม่มีคนอยู่เป็นต้น อุปกรณ์ จึงเป็นที่น่าสนใจในการเรียนรู้และพัฒนานวัตกรรมเพื่อตอบสนองเทคโนโลยีดังกล่าว (ชัชชัย คุณบัว : 2562)

สมาร์ทออบเจกต์ (Smart object) ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของ IoT สมาร์ทออบเจกต์ถูกใช้เพื่อเรียนรู้สิ่งรอบข้างและตอบสนองสิ่งที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องใน IoT ยังรวมถึงความสามารถในการสื่อสาร ผ่าน Network โครงสร้างพื้นฐานของ สมาร์ทออบเจกต์สามารถทำการแยกได้เป็น 4 ส่วนประกอบด้วย

2.7.1 เซ็นเซอร์(sensor) และ แอคชูเอเตอร์ (Actuator)

สมาร์ทออบเจกต์ใช้เซ็นเซอร์ เพื่อรับรู้การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม โดยเซ็นเซอร์จะถูกใช้เพื่อตรวจวัด ในขณะที่ Actuator จะตอบสนองต่อสิ่งที่เกิดขึ้น

เซ็นเซอร์หมายถึงอุปกรณ์เพื่อใช้ตรวจจับสถานะต่างๆ ก่อนที่จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของดิจิทัล ปัจจุบันเนื่องจากความก้าวหน้าของ Micro Electro Mechanical System (MEMS) ทำให้สามารถผลิตเซ็นเซอร์ที่มีขนาดเล็กและราคาถูกลงเพื่อใช้กับแอปพลิเคชันอย่างแพร่หลาย ตัวอย่างเซ็นเซอร์ที่นิยมใช้ เช่นเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิความชื้น

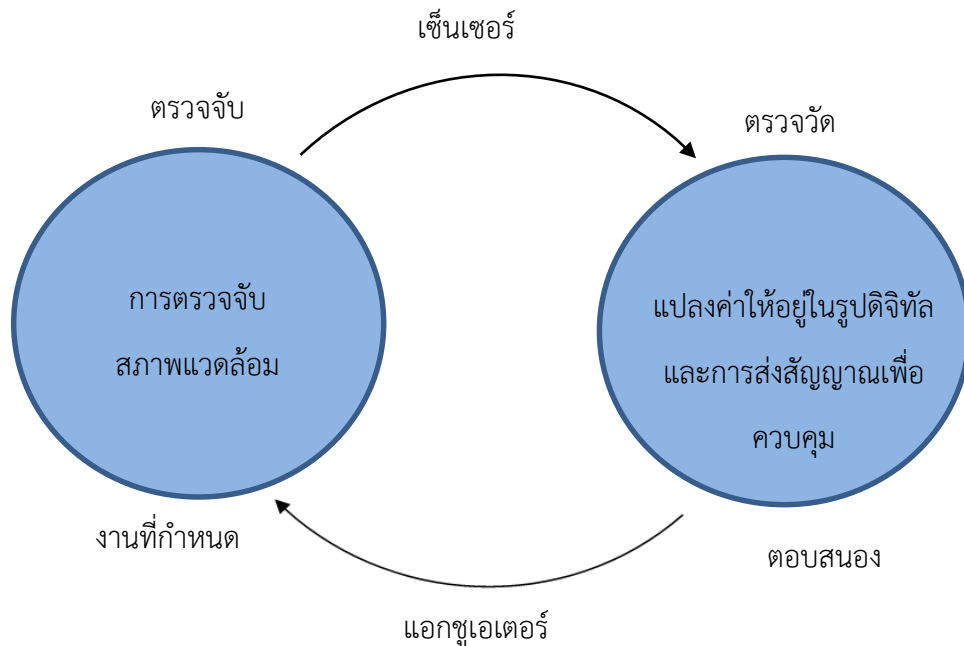
แอคชูเอเตอร์ทำหน้าที่รับผลที่ได้จากเซ็นเซอร์ และตอบสนองตามเงื่อนไขที่กำหนดเช่นทำให้พัดลมในโรงเรือนทำงานเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าค่าที่กำหนด ดังภาพที่แสดงการทำงานระหว่างเซ็นเซอร์และแอคชูเอเตอร์

2.7.2 หน่วยประมวลผล

หน่วยประมวลผล มีหน้าที่ในการประมวลผลที่จำเป็น เช่นการหาเส้นทางในการส่งผ่านข้อมูลไปยังหน่วยถัดไป หน่วยประมวลผล นี้ โดยทั่วไป นิยมใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ให้พลังงานต่ำ เพื่อให้อุปกรณ์สามารถใช้งานได้ในช่วงเวลาที่ยาวนานมากขึ้น

2.7.3 ส่วนรับส่งสัญญาณคลื่นวิทยุ

ส่วนรับส่งสัญญาณคลื่นวิทยุ ทำหน้าที่ในการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์เพื่อทำให้เกิดการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์โดยช่องทางการสื่อสารมีความถี่วิทยุที่ได้รับอนุญาตได้แก่ 868 MHz 915 MHz หรือ 2.4 GHz โดยช่องความถี่ 2.4 GHz เป็นช่วงความถี่ที่นิยมใช้มากที่สุดในขณะนี้



รูปที่ 2-25 การทำงานระหว่างเซ็นเซอร์และแอกชูเอเตอร์

2.7.4 แหล่งพลังงาน

โดยทั่วไป สมาร์ทฮอปเจ็ทประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่ต้องอาศัยพลังงานเพื่อประมวลผลและสื่อสารปกติ สมาร์ทฮอปเจ็ทจะทำงานบนสถานะที่มีพลังงานจำกัดเช่นการใช้แบตเตอรี่ขนาดเอ 2 ก้อนหรือแบตเตอรี่ชนิดนั้น สมาร์ทฮอปเจ็ทจำเป็นต้องมีการใช้พลังงานอย่างเหมาะสมรวมถึงการเข้าสู่โหมดสLEEPเพื่อลดการใช้พลังงานลง

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สหพงศ์ สมวงศ์ ฐานวิทย์ แนนไส และอธิโรจน์ มะโน (2565) พัฒนาโรงเรือนอนุบาลต้นกล้าอัจฉริยะสำหรับการเพาะปลูกแบบเกษตรอินทรีย์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการอนุบาลต้นกล้า และเพิ่มความแข็งแรง ความสมบูรณ์ของต้นกล้าก่อนที่จะนำไปปลูกลงแปลงใหญ่ ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตำบลท่าข้าม อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดยโรงเรือนอนุบาลต้นกล้าอัจฉริยะนี้มีการควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าดังนี้ อุณหภูมิภายในโรงเรือนอยู่ในช่วง 25–30 องศา

เซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 65–90% ความชื้นในดินอยู่ในระดับกลาง (50–70%) มีระบบพ่นหมอกและระบบระบายอากาศ ช่วยในการปรับสภาพแวดล้อมให้อยู่ในช่วงที่กำหนดตลอดเวลา นอกจากนี้มีการใช้แสงจากไดโอดเปล่งแสง (LED Grown light) ย่านความถี่ 430–630 นาโนเมตร ในเวลากลางคืน เพื่อช่วยให้ต้นกล้าสามารถสังเคราะห์แสงได้นานขึ้นอีก 5 ชั่วโมง โรงเรือนนี้"รองรับ ถาดเพาะต้นกล้าชนิด 200 หลุมได้สูงสุด 12 ถาด จากการทดสอบการอนุบาลต้นกล้ากรีนโอ๊คในโรงเรือนอัจฉริยะเป็น ระยะเวลา 6 วันเทียบกับวิธีการเดิม พบว่า ต้นกล้าที่มีความอุดมสมบูรณ์ แข็งแรง เจริญเติบโตไวกว่า โดยมีความยาวของลำต้นมากกว่าการวิธีการเดิม 16.9% และลดระยะเวลาในการอนุบาลต้นกล้าก่อนลงแปลงใหญ่ได้ประมาณ 33% ที่สำคัญหากอนุบาลต้นกล้าเต็มประสิทธิภาพของโรงเรือนอัจฉริยะนี้ จะสามารถลดพื้นที่ใช้พื้นที่ใช้สอยลงได้ประมาณ 3 เท่าจากการอนุบาลต้นกล้าแบบเดิมของวิสาหกิจชุมชน

ธีรวัฒน์ ชื่นอัศตงคต และศรายุทธ์ จิตรพัฒนากุล (2565) ศึกษาและทดสอบสมรรถนะการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของโรงเรือนระบบพ่นหมอกโดยอาศัยการพ่นหมอกเพื่อทำให้เกิดการระเหยน้ำด้วยความร้อนแฝงและใช้พัดลมช่วยในการระบายความร้อนสะสมออกจากโรงเรือน โดยใช้ตัวอุปกรณ์เปิดและปิดไฟฟ้า SONOFF WiFi เป็นโมดูลสำหรับควบคุมการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในโรงเรือนผ่านทางสมาร์ทโฟน การเปิดและปิดหัวพ่นหมอกเพื่อให้น้ำกับผักสลัดใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นเพื่อเป็นการตรวจสอบดูแลป้อนกลับที่ได้ เพื่อเป็นการควบคุมสมดุลของอุณหภูมิและความชื้นให้ได้ตามที่ต้องการซึ่งทำการสั่งงานผ่านทางสมาร์ทโฟน การส่งกำลังของน้ำ ใช้ปั๊มน้ำแรงดันสูงขนาด 24 โวลต์ 6.9 bar ติดตั้งร่วมกับหัวพ่นหมอกขนาด 0.6 มิลลิเมตร จำนวน 4 ตัว และพัดลมระบายอากาศแบบขวางขนาด 4 นิ้ว ทำการระบายอากาศออกนอกโรงเรือนจำนวน 2 ตัว การตรวจสอบผลของอุณหภูมิและความชื้นที่ได้สามารถตรวจสอบผ่านทางแอปพลิเคชัน eWeLink ที่ทำเชื่อมต่อการทำงานผ่าน WiFi กับ SONOFF WiFi ผลการทดสอบพบว่า สามารถควบคุมอุณหภูมิได้อยู่ในช่วง 26 ถึง 31 องศาเซลเซียส การลดอุณหภูมิจากสภาพแวดล้อมภายนอกสามารถลดได้สูงสุด 8 องศาเซลเซียส โรงเรือนสามารถควบคุมความชื้นได้ตั้งแต่ร้อยละ 70 ถึง 87 ดังนั้น การควบคุมสมดุลของอุณหภูมิและความชื้นสามารถทำได้ในขอบเขตที่กำหนด แต่ในการสั่งงานจากสมาร์ทโฟนไปสู่ SONOFF WiFi นั้นยังคงพบปัญหาในด้านระยะเวลาการตอบสนองที่มีความช้าในช่วงเวลาที่มีความขัดข้องทางอินเทอร์เน็ต

จิรศักดิ์ วงศ์บงกชไพศาล และคณะ(2562) นำเสนอโปรแกรมทดสอบอุณหภูมิและความชื้นในดินสำหรับโรงเรือนอัจฉริยะ แบบการใช้สเปรย์ละอองน้ำและการรดน้ำอัตโนมัติระบบ Arduino ถูกใช้เป็นอุปกรณ์ควบคุมอนาล็อกจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในดิน สามารถรับสัญญาณอนาล็อกผ่านอุปกรณ์ Arduino และจะประมวลผลแสดงค่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนและความชื้นในดินที่หน้าตู้ควบคุม ระบบควบคุมที่ออกแบบสามารถทำงานได้ทั้งแบบควบคุมด้วยมือและแบบ

อัตโนมัติ ผลการทดสอบพบว่าระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถเริ่มและหยุดการทำงานได้ตรงตามค่าที่กำหนดไว้สามารถสั่งให้ระบบรดน้ำและระบบระบายความร้อนทำงานได้ตามเงื่อนไขตามอุณหภูมิที่กำหนดไว้ที่อุณหภูมิภายในโรงเรือนไม่เกิน 30 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักอเนกภายในโรงเรือนที่ชุมชนมูลนิธิพลตรีจำลองศรีเมืองจังหวัดกาญจนบุรี จำนวน และเวลาการทำงานของระบบระบายความร้อน จะขึ้นอยู่กับสภาพอากาศภายนอกซึ่งเป็นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและคนงานได้บทความนี้สามารถนำไปใช้ควบคุมการทำงานของโรงเรือนเพาะปลูกสำหรับบ้านพักอาศัยได้เป็นอย่างดี

อุมาพร บ่อพิมาย, นิคม ลนขุนทด, อัษฎา วรณกายนต์, และ เทียงธรรม สิทธิจันทเสน (2563) ศึกษาเกี่ยวกับระบบเทคโนโลยีอัจฉริยะเกษตรอินทรีย์ โดยการพัฒนา ระบบเทคโนโลยีอัจฉริยะเกษตรอินทรีย์และทดสอบหาประสิทธิภาพเทคโนโลยีอัจฉริยะเกษตรอินทรีย์ และประเมินคุณภาพระบบเทคโนโลยีอัจฉริยะเกษตรอินทรีย์ เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แบบบันทึกผลการทดสอบ (อุมาพร บ่อพิมาย, 2563) บหาประสิทธิภาพเทคโนโลยีอัจฉริยะเกษตรอินทรีย์ และแบบประเมินคุณภาพระบบเทคโนโลยีอัจฉริยะเกษตรอินทรีย์ วิจัยดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้นำแนวคิดกระบวนการเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบพร้อมด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง หรือ IOT(Internet of Things) โดยใช้แอปพลิเคชันสำเร็จรูป สำหรับงาน IoT ที่เรียกว่า Blynk Application ผ่านโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟน ทำงานร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Node MCU ESP8266 อุปกรณ์เซ็นเซอร์อุณหภูมิ DHT21 อุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจจับความชื้นแบบ capacitive และพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้า จากนั้นนำระบบที่ได้ไปทดสอบหาประสิทธิภาพในควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เซ็นเซอร์ ประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ ด้านวัสดุอุปกรณ์ ด้านการออกแบบ และ ด้านการใช้งาน จากนั้นนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้ระบบเทคโนโลยีอัจฉริยะเกษตรอินทรีย์ที่ประกอบด้วย 1.1) โรงเรือนปลูกพืชหลังคาทรงโค้ง ขนาด 6 x 6 ตารางเมตร สูง 3 เมตร, ล้อมรอบด้วยตาข่ายกันแมลงสีขาว,หลังคาคลุมด้วยพลาสติกใส 1.2) ระบบควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือน และระบบควบคุมความชื้นของดิน 1.3) แอปพลิเคชันที่สามารถควบคุมการทำงานของเซนเซอร์ผ่านโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟน 1.4) ระบบภาพเคลื่อนไหวด้วยกล้องวงจรปิดไร้สาย 1.5) ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ 2) ประสิทธิภาพการทำงานในภาพรวม สามารถควบคุมการทำงานของเซนเซอร์ คิดเป็นร้อยละ 100 และคุณภาพระบบเทคโนโลยีอัจฉริยะเกษตรอินทรีย์ในภาพรวม มีคุณภาพอยู่ในระดับที่มากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.79 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.42

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับการเพาะเมล็ดผักสลัดมีวิธีการดำเนินงานวิจัยดังนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูลและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ
- 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เพื่อหาดัชนีความงอก เวลาเฉลี่ยในการงอก และความงอกของเมล็ด โดยใช้ผักสลัด 3 ชนิดประกอบด้วย

1. เรดโอ๊ค จำนวน 2 ถาด ถาดละ 105 หลุม
2. กรีนโอ๊ค จำนวน 2 ถาด ถาดละ 105 หลุม
3. ฟิลเลย์โรสเบิร์ก จำนวน 2 ถาด ถาดละ 105 หลุม

สำหรับการเพาะในโรงเรือนอัตโนมัติ และโรงเรือนแบบปกติ

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

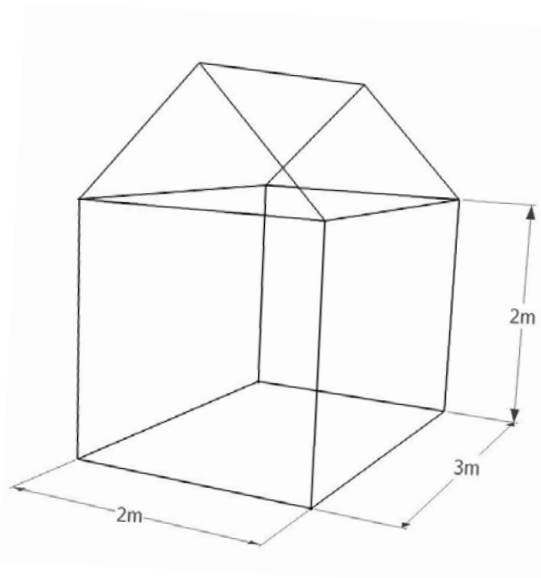
กลุ่มตัวอย่างผักสลัดเรดโอ๊ค กรีนโอ๊ค และฟิลเลย์โรสเบิร์ก ถาดละ 5 ต้น จากจำนวนประชากรทั้งหมด 105 หลุม 3 สายพันธุ์ จากการเพาะในโรงเรือนและนอกโรงเรือน เป็น 6 กลุ่มตัวอย่างจากการสุ่มแบบมีระบบ เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกล้า

3.2 เครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูลและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือโรงเรือนอัจฉริยะผู้วิจัยได้แบ่งสร้างเครื่องมือออกเป็น 4 ส่วนคือ การออกแบบโรงเรือนและการสร้างโรงเรือนอัจฉริยะ ระบบควบคุมโรงเรือนอัจฉริยะ การควบคุมการทำงานของโรงเรือนอัจฉริยะด้วยการเชื่อมโยงสรรพสิ่ง มีขั้นตอนในการออกแบบและสร้างเครื่องมือในการวิจัยดังนี้

3.2.1 การออกแบบโรงเรือนอัจฉริยะ

โรงเรือนอัจฉริยะใช้สำหรับการเพาะพันธุ์เมล็ดพืชในสภาพเพาะกล้าซึ่งมีขนาดเล็กดังนั้นโรงเรือนอัจฉริยะจึงมีขนาดเล็กสำหรับผู้ปลูกเข้าไปดูแลและวางสภาพเพาะได้ ผู้วิจัยจึงออกแบบโรงเรือนอัจฉริยะให้มีขนาด กว้าง 2 เมตร ยาว 3 เมตร และสูง 2 เมตร



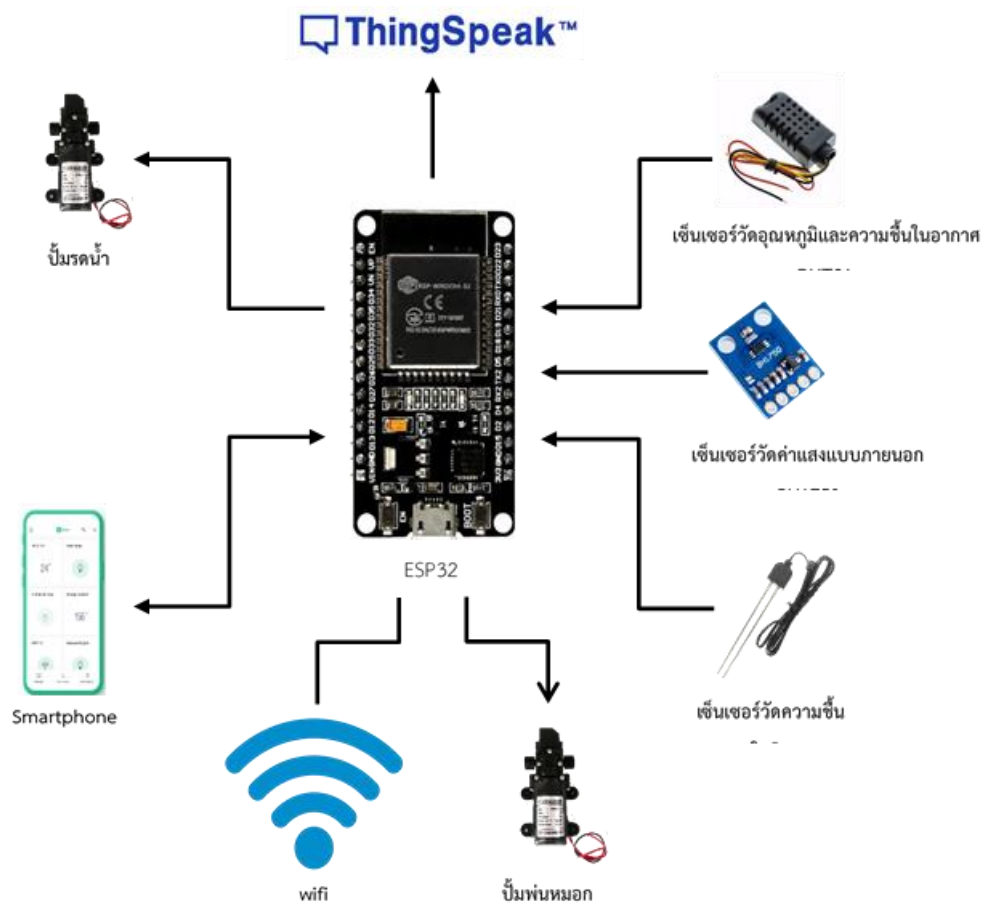
รูปที่ 3-1 โครงสร้างโรงเรือนอัจฉริยะ

3.2.2 ระบบควบคุมโรงเรือนอัจฉริยะ

โรงเรือนอัจฉริยะที่ผู้วิจัยต้องการพัฒนานั้นจะมีการควบคุมการทำงานอุปกรณ์อยู่ 2 ส่วนด้วยกันคือ ระบบรดน้ำอัตโนมัติตามความชื้นในดินและเวลาที่กำหนด ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติด้วยการพ่นหมอก และระบบเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมและข้อมูลการทำงานของระบบ โดยใช้บอร์ด ESP32 ในการควบคุมการทำงานและส่งข้อมูล

3.2.2.1 อุปกรณ์ในการรดน้ำอัตโนมัติ

- ปั๊มน้ำ 12 v จำนวน 2 ตัว
- หัวรดน้ำจำนวน 10 หัว
- หัวพ่นหมอกแบบ 4 ทิศทาง 2 ชุด
- เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน
- เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ DHT21
- เซ็นเซอร์วัดค่าแสงแบบภายนอก BH1750



รูปที่ 3-2 ผังการทำงานของระบบควบคุมการทำงานของโรงเรือนอัจฉริยะ

3.2.2.2 ระบบรดน้ำอัตโนมัติ แบ่งเป็น 2 ระบบคือ ระบบรดน้ำอัตโนมัติตามความชื้นในดิน ระบบนี้จะตรวจสอบค่าความชื้นในดินจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน และรดน้ำตามค่าความชื้นในดินตามที่คุณต้องการ และระบบรดน้ำอัตโนมัติตามเวลาที่กำหนด โดยจะรับระยะเวลาที่คุณต้องการรดน้ำในรอบเช้าและรอบบ่าย มีอุปกรณ์และรายละเอียดในการทำงานดังนี้

1. เมื่อผู้ใช้เลือกการตั้งค่าแบบ Manual
 - 1.1 ถ้าผู้ใช้กดปุ่มเปิดรดน้ำ ปั๊มน้ำทำงาน
 - 1.2 ถ้าผู้ใช้กดปุ่มปิดรดน้ำ ปั๊มน้ำหยุดทำงาน
 - 1.3 ถ้าผู้ใช้กดปุ่มเปิดพ่นหมอก ปั๊มน้ำพ่นหมอกทำงาน
 - 1.4 ถ้าผู้ใช้กดปุ่มปิดพ่นหมอก ปั๊มน้ำพ่นหมอกหยุดทำงาน

2. เมื่อผู้ใช้เลือกการทำงานแบบ Auto ระบบจะทำงานในโหมดอัตโนมัติโดยผู้ใช้งานสามารถตั้งเวลา ความชื้น และอุณหภูมิที่จะให้ระบบเริ่มทำงานได้

2.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบรดน้ำอัตโนมัติตามความชื้นในดิน

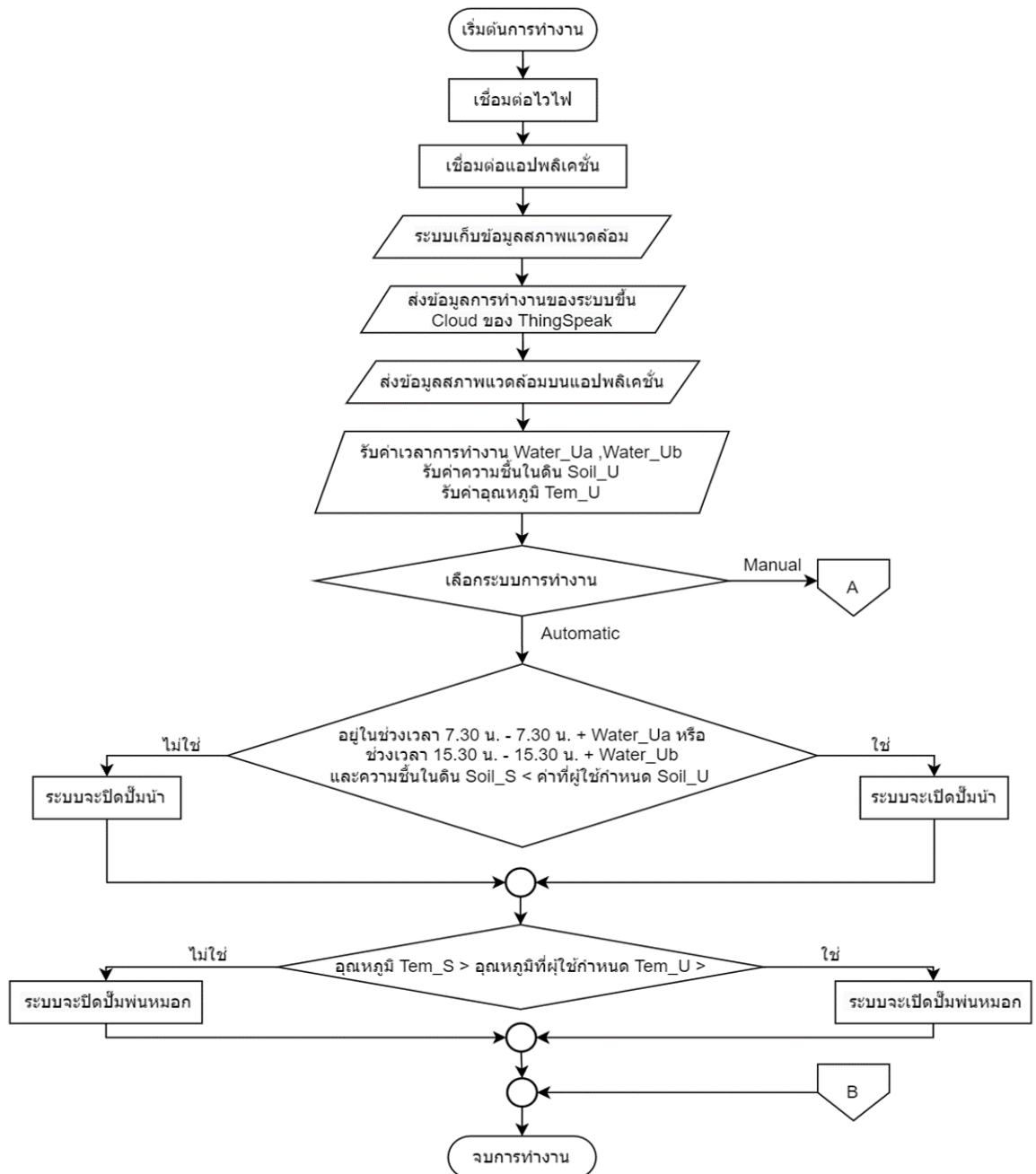
- รับค่าความชื้นจากเซนเซอร์ เก็บในตัวแปร Soil_S
- รับค่าความชื้นในดินที่ผู้ใช้ต้องการกำหนดเป็นค่าเริ่มต้นในการรดน้ำเก็บในตัวแปร Soil_U
- รับระยะเวลาที่ผู้ใช้ต้องการรดน้ำในรอบเช้าและรอบบ่าย หน่วยเป็นนาทีก่อนเก็บในตัวแปร Water_Ua และ Water_Ub
- ถ้าอยู่ในช่วงเวลา 7.30 น. ถึง 7.30 น. + Water_Ua หรือ ช่วงเวลา 15.30 น. ถึง 15.30 น. + Water_Ub ระบบจะเปิดปั๊มน้ำ และความชื้นในดินน้อยกว่าค่าที่ผู้ใช้กำหนดจากตัวแปร Soil_U ระบบจะเปิดปั๊มน้ำ
- นอกเหนือจากช่วงเวลาที่กำหนดหรือความชื้นเกินกว่าค่าความชื้นที่ผู้ใช้กำหนดจากตัวแปร Soil_U ระบบจะปิดปั๊มน้ำ

2.2 ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติด้วยการพ่นหมอก เพื่อเป็นการลดความร้อนในโรงเรือนในเวลากลางวัน ระบบจะรับค่าอุณหภูมิที่ผู้ใช้ต้องการกำหนดให้เป็นค่าเริ่มต้นในการทำงาน มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

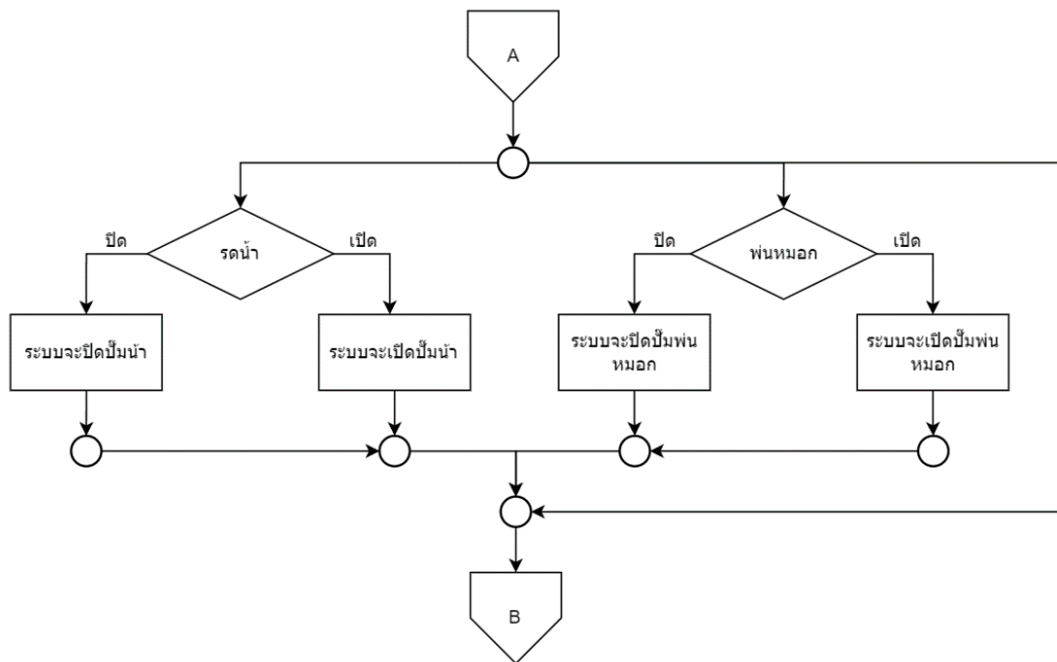
- รับค่าอุณหภูมิจากเซนเซอร์ เก็บในตัวแปร Tem_S
- รับค่าอุณหภูมิที่ผู้ใช้ต้องการกำหนดเป็นค่าเริ่มต้นในการพ่นหมอกเก็บในตัวแปร Tem_U
- ถ้าอุณหภูมิสูงกว่าค่าที่ผู้ใช้กำหนดจากตัวแปร Tem_U ระบบจะเปิดปั๊มพ่นหมอก
- ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าค่าที่ผู้ใช้กำหนดจากตัวแปร Tem_U - 2 ระบบจะปิดปั๊มพ่นหมอก

3.2.2.4 ระบบเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อม และข้อมูลการทำงานของระบบในการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนอัจฉริยะจะเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมประกอบด้วย อุณหภูมิและความชื้นในอากาศ ค่าความชื้นในดิน ค่าความเข้มแสง และข้อมูลการทำงานของระบบขึ้น Cloud ของ ThingSpeak เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

3.2.2.6 ผังงาน (flow chart) ระบบควบคุมโรงเรือนอัจฉริยะ



รูปที่ 3-3 ผังงานการพัฒนาในระบบในโรงเรือนอัจฉริยะ



รูปที่ 3-3 ผังงานการพัฒนาระบบในโรงเรียนอจรรย์ยะ(ต่อ)

3.2.3 การสร้างโรงเรียนอจรรย์ยะ

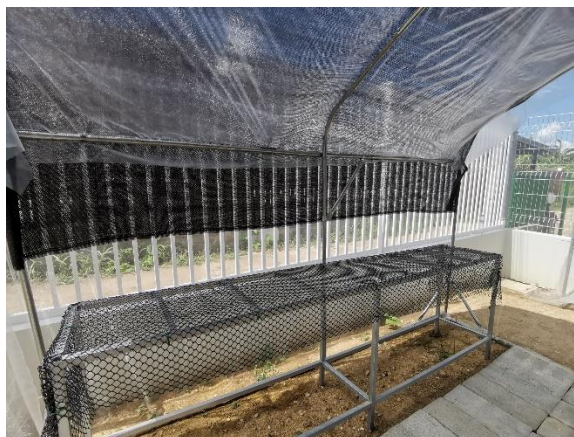
การสร้างโรงเรียนอจรรย์ยะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ โรงเรียนและระบบควบคุมการทำงานมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.3.1 การสร้างโรงเรียน

ผู้วิจัยสร้างโรงเรียนขนาด กว้าง 2 เมตร ยาว 3 เมตร และสูง 2 เมตร เป็นโรงเรียนกันแมลง และคลุมในส่วนของหลังคาด้วยพลาสติกใสมีความหนา 150 ไมครอน เพื่อรักษาความชื้นในดิน ไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพอากาศ ใช้ตาข่ายกรองแสง 50 % สีดำ เพื่อลดความร้อนจากแสงแดด รอบโรงเรียนปิดด้วยมุ้งตาข่ายกันแมลง



รูปที่ 3-4 ภายนอกโรงเรือนอัจฉริยะ



รูปที่ 3-5 ภายในโรงเรือนอัจฉริยะ

3.2.3.2 อุปกรณ์ในการสร้างระบบควบคุมโรงเรือนอัจฉริยะ

ในการสร้างระบบควบคุมการทำงานของโรงเรือนอัจฉริยะนั้น มีการควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติคือ การรดน้ำอัตโนมัติ และการควบคุมอุณหภูมิ ผู้วิจัยได้เลือกใช้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ โมดูลวัดค่าต่าง ๆ และสร้างระบบควบคุมโรงเรือนอัจฉริยะดังนี้

ผู้วิจัยเลือกใช้อุปกรณ์ตามคุณสมบัติของอุปกรณ์ และเพื่อให้ระบบควบคุมสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยดังนี้

- 1) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ESP32 ขนาด 30 ขา สามารถเขียนโปรแกรมด้วย Arduino IDE คล้ายกับเขียน Arduino
- 2) โมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้น DHT21 / AM2301 วัดได้แม่นยำ เหมาะสำหรับใช้ในงานควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ระบบควบคุมอุณหภูมิความชื้นอัตโนมัติในอาคาร เรือนเพาะชำ
- 3) โมดูลวัดความชื้นในดิน Soil Humidity Detection Sensor V2 สามารถใช้วัดความชื้นในดินทั่ว sensor สามารถกันน้ำได้ทนกรดของปุ๋ยและกรดในดินได้นิยมนำมาทำระบบดูแลต้นไม้ ใน smart farmer
- 4) โมดูลวัดความเข้มของแสง GY-302 BH1750 Light Intensity Module สามารถวัดได้ออกมาในหน่วย Lux วัดความเข้มของแสง ได้ตั้งแต่ 0 - 65535 Lux ใช้การสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านบัส I2C สามารถใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล Arduino ได้
- 5) ปั๊มน้ำขนาด 12 V ใช้สำหรับดูดน้ำไปยังหัวพ่นหมอก เพื่อลดอุณหภูมิ และรดน้ำให้กับเมล็ดในถาดเพาะ
- 6) จอแสดงผล LCD ขนาด 20 ตัวอักษร 4 บรรทัด ใช้ไฟ 5 โวลต์ พร้อมไฟ Back Light เชื่อมต่อกับ Arduino ได้ง่ายใช้แสดงผล วันที่ เวลา ค่าความชื้น ค่าอุณหภูมิ และ ค่าความเข้มของแสง
- 7) บอร์ดรีเลย์ 5 โวลต์ แบบแยกอิสระ 4 ช่อง พร้อมไฟ LED แสดงผลการทำงาน สามารถทำงานได้ทั้งแบบ Active High หรือแบบ Active Low ช่องต่อแบบ Terminal สามารถต่อสายไฟได้สะดวกใช้สำหรับการสั่ง เปิด-ปิด ปั๊มน้ำ และพ่นหมอก
- 8) สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) เป็นซัพพลายที่จ่ายแรงดันไฟ DC หรือแรงดันไฟตรง ทำหน้าที่แปลงไฟบ้านจากกระแสสลับ AC ให้กลายเป็นไฟ DC เพื่อใช้ในงานด้านอิเล็กทรอนิกส์หลากหลายประเภท สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายมีขนาดเล็ก ขณะใช้งานมีความร้อนน้อย ซึ่งเหมาะสำหรับจ่ายแรงดันไฟ Output แบบค่าคงที่ต่อเนื่องเป็นเวลานาน เพื่อนำมาใช้ในการจ่ายไฟให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

3.2.3.3 การสร้างระบบควบคุมโรงเรือนอัจฉริยะ

การสร้างระบบควบคุมโรงเรือนอัจฉริยะผู้วิจัยใช้โปรแกรม Arduino IDE ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้คือภาษาซี ขั้นตอนการสร้างระบบควบคุมโรงเรือนอัจฉริยะมีดังนี้

1) การสร้างวงจรควบคุมการทำงาน เป็นการนำโมดูลวัดค่าความชื้นของแสง GY-302 โมดูลวัดความชื้นในดิน Soil Humidity และ โมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้น DHT21 มาเชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 และมีการแสดงสถานะการทำงานผ่านจอ LCD ขนาด 20 ตัวอักษร 4 บรรทัด และต่อเข้ากับบอร์ดรีเลย์ 5 โวลต์เพื่อควบคุมการทำงานของปั้มน้ำ และพ่นหมอก

2) การการติดตั้งอุปกรณ์ในกล่องควบคุม เป็นการนำอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของโรงเรือนอัจฉริยะที่ได้ออกแบบการเชื่อมต่อ และผ่านการทดสอบการทำงานของโปรแกรมจนสามารถทำงานได้ถูกต้องมาประกอบลงในกล่องควบคุมเพื่อทดสอบการทำงานของระบบไฟจริง 220 V โดยมีอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในกล่องคือ สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) เพื่อจ่ายไฟเลี้ยง 5 V ให้กับบอร์ด ESP32 และจอ LCD ขนาด 20 ตัวอักษร 4 บรรทัดแสดงสถานะการทำงานที่หน้าตู้ควบคุมและจ่ายไฟเลี้ยง 12V เพื่อควบคุมการทำงานของปั้มน้ำ ดังรูปที่ 3-6



(ก) ภายในกล่องควบคุม

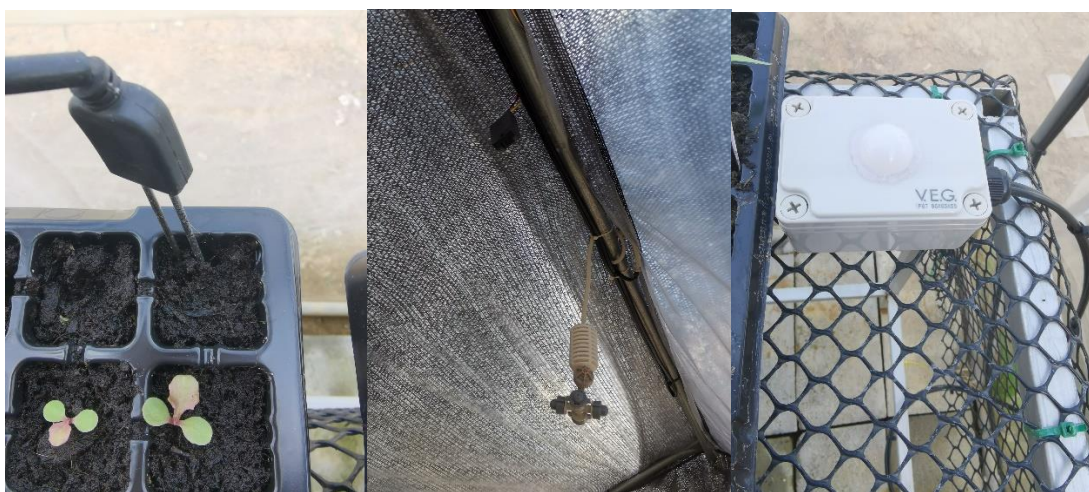
(ข) ด้านหน้ากล่องควบคุม

รูปที่ 3-6 การติดตั้งอุปกรณ์ในกล่องควบคุม

3) การติดตั้งอุปกรณ์ในโรงเรือนในโรงเรือนอัจฉริยะจะมีอุปกรณ์ที่ใช้รับค่าสภาพแวดล้อมในโรงเรือนอัจฉริยะคือโมดูลรับค่าความเข้มแสง GY-302 โมดูลวัดความชื้นในดิน Soil Humidity และโมดูลรับค่าความชื้นและอุณหภูมิ DHT 21 ซึ่งจะติดตั้งไว้ที่ด้านในโรงเรือนอัจฉริยะ โดยต่อเข้าโดยตรงกับโมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อส่งข้อมูลสภาพแวดล้อมและสั่งงานบอร์ดโมโครคอนโทรลเลอร์ให้ควบคุมการทำงานของระบบโรงเรือนอัจฉริยะแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 3-7 การติดตั้งกล่องควบคุมการทำงานของโรงเรือนอัจฉริยะ

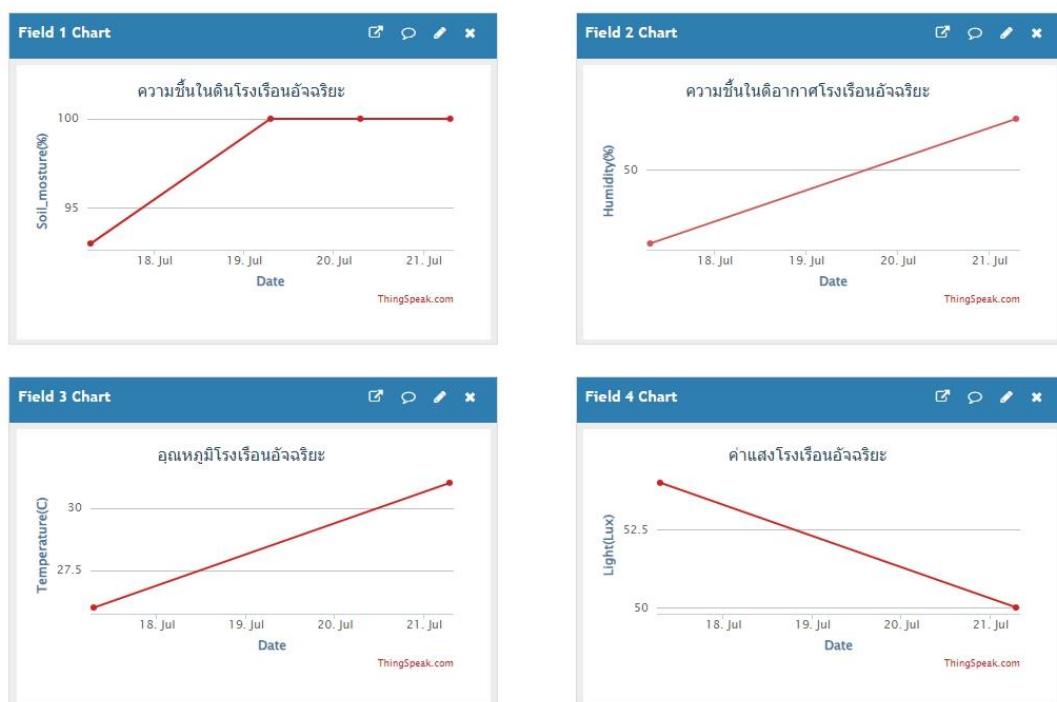


(ก) โมดูลความชื้นในดิน (ข) โมดูลความชื้นและอุณหภูมิ (ค) โมดูลความเข้มแสง

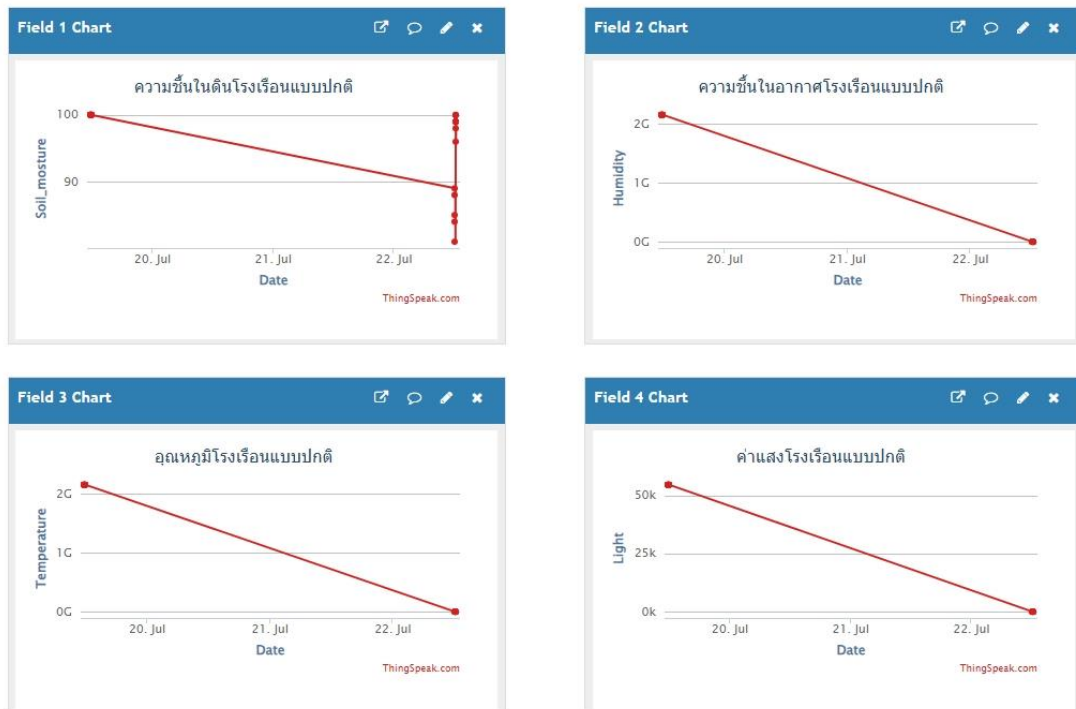
รูปที่ 3-8 การติดตั้งโมดูลความชื้นในดิน ค่าความชื้นในอากาศ อุณหภูมิในอากาศ และความเข้มแสง

3.2.3.4 การสร้างระบบเก็บข้อมูลใน ThingSpeak

ในการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมของการเพาะต้นกล้าผักสลัดผู้วิจัยใช้ ThingSpeak ซึ่งเป็นผู้ให้บริการ Cloud ชนิดหนึ่ง ที่อนุญาตให้สามารถส่งข้อมูลขึ้นไปเพื่อเก็บบนพื้นที่ที่เปิดให้บริการ สามารถเข้าถึงข้อมูลเหล่านี้ได้จากเว็บเบราว์เซอร์ทั่ว ๆ ไปผ่านอินเทอร์เน็ต โดยมีการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมจากโมดูลความชื้นในดิน ค่าความชื้นในอากาศ อุณหภูมิในอากาศ และความเข้มแสง ทั้งในโรงเรือนอัจฉริยะ และโรงเรือนปกติ เพื่อแสดงข้อมูลใน Chart บนหน้าเว็บ และสามารถ Export ข้อมูลออกมาในรูปแบบไฟล์ Excel เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในภายหลังได้



รูปที่ 3-9 การสร้าง Chart สำหรับเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนอัจฉริยะบน ThingSpeak

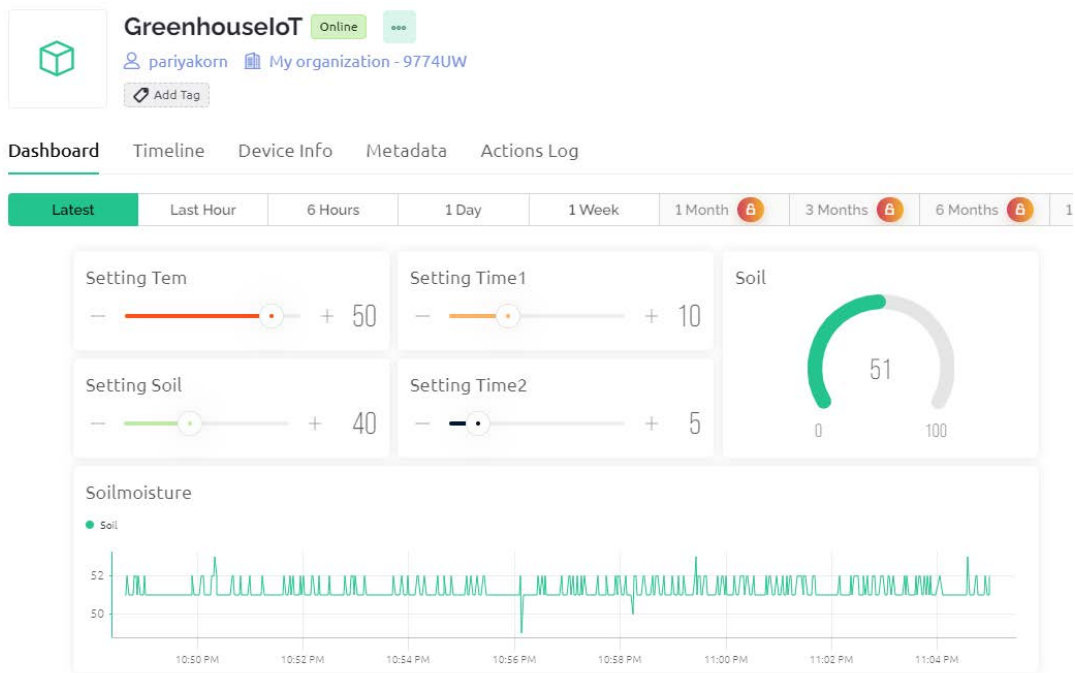


รูปที่ 3-10 การสร้าง Chart สำหรับเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนปกติบน ThingSpeak

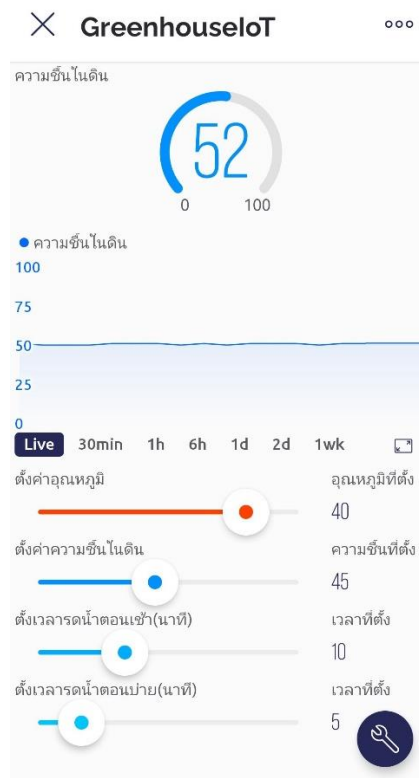
3.2.3.5 การสร้างแอปพลิเคชันระบบควบคุมโรงเรือนอัจฉริยะ

แอปพลิเคชันของระบบควบคุมโรงเรือนอัจฉริยะใช้ Blynk ซึ่งเป็นแพลตฟอร์ม IoT ที่ได้รับความนิยม เพื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์กับคลาวด์ มีแอปถูกออกแบบเพื่อควบคุมและจัดการฮาร์ดแวร์ต่างๆ ได้อย่างหลากหลาย ผู้วิจัยสร้าง Dashboard ผ่านเว็บไซต์ และแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน เพื่อเชื่อมต่อบอร์ดและกำหนดค่า Datastreams 5 ข้อมูลดังนี้

1. ค่าความชื้นในดินจากเซ็นเซอร์
2. ค่าความชื้นในดินที่ผู้ใช้กำหนดให้ระบบเริ่มทำงาน
3. ค่าอุณหภูมิที่ผู้ใช้กำหนดให้ระบบเริ่มทำงาน
4. ระยะเวลาในการรดน้ำตอนเช้า 7.30 น.
5. ระยะเวลาในการรดน้ำตอนเย็น 15.30 น.



รูปที่ 3-11 การสร้าง Dashboard ผ่านเว็บไซต์



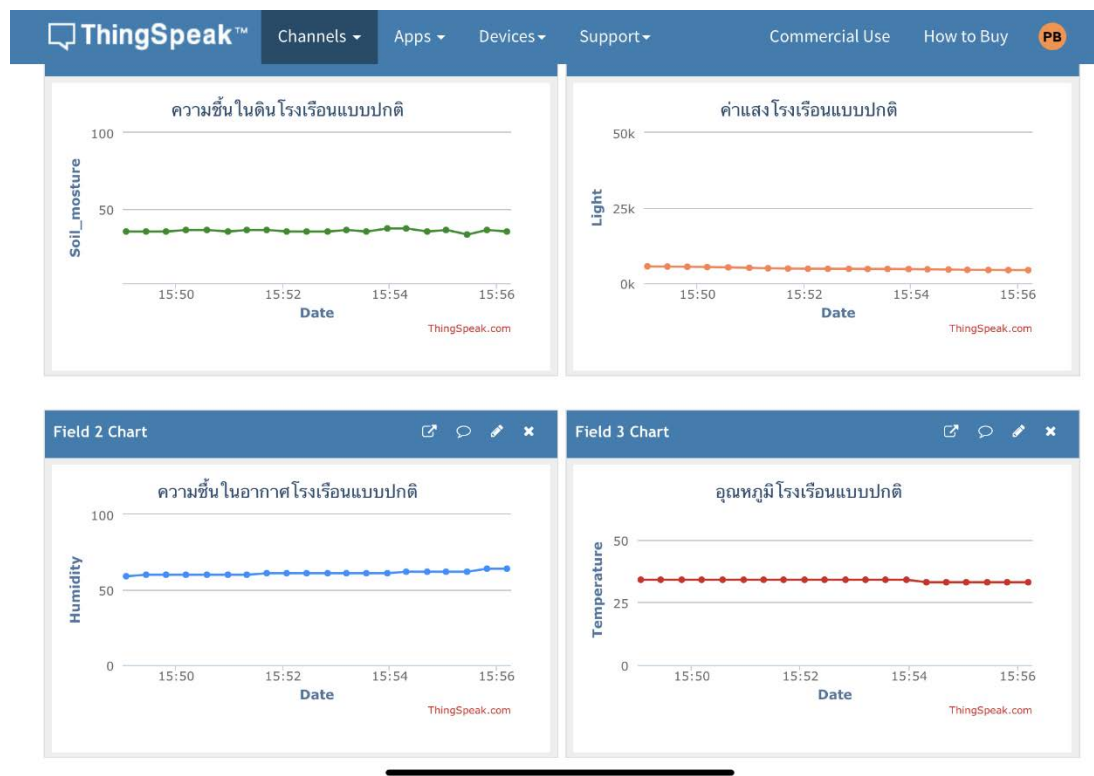
รูปที่ 3-12 การสร้างแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน

3.2.4 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือแบ่งการทดสอบเป็น 2 ส่วน คือการเก็บข้อมูลของโรงเรือนปกติ และโรงเรือนอัจฉริยะประกอบด้วยการเก็บข้อมูล การตั้งค่าผ่านแอปพลิเคชัน และการทำงานของระบบแบบอัตโนมัติ

3.2.4.1 การตรวจสอบการเก็บข้อมูลของโรงเรือนปกติ

การเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนปกติบน ThingSpeak จากการทดสอบการทำงานของระบบเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนปกติ ระบบสามารถส่งข้อมูลสภาพแวดล้อมไปบน Cloud ของ ThingSpeak ประกอบด้วย ค่าความชื้นในดิน ค่าความชื้นในอากาศ อุณหภูมิในอากาศ และความเข้มแสง ได้ถูกต้อง

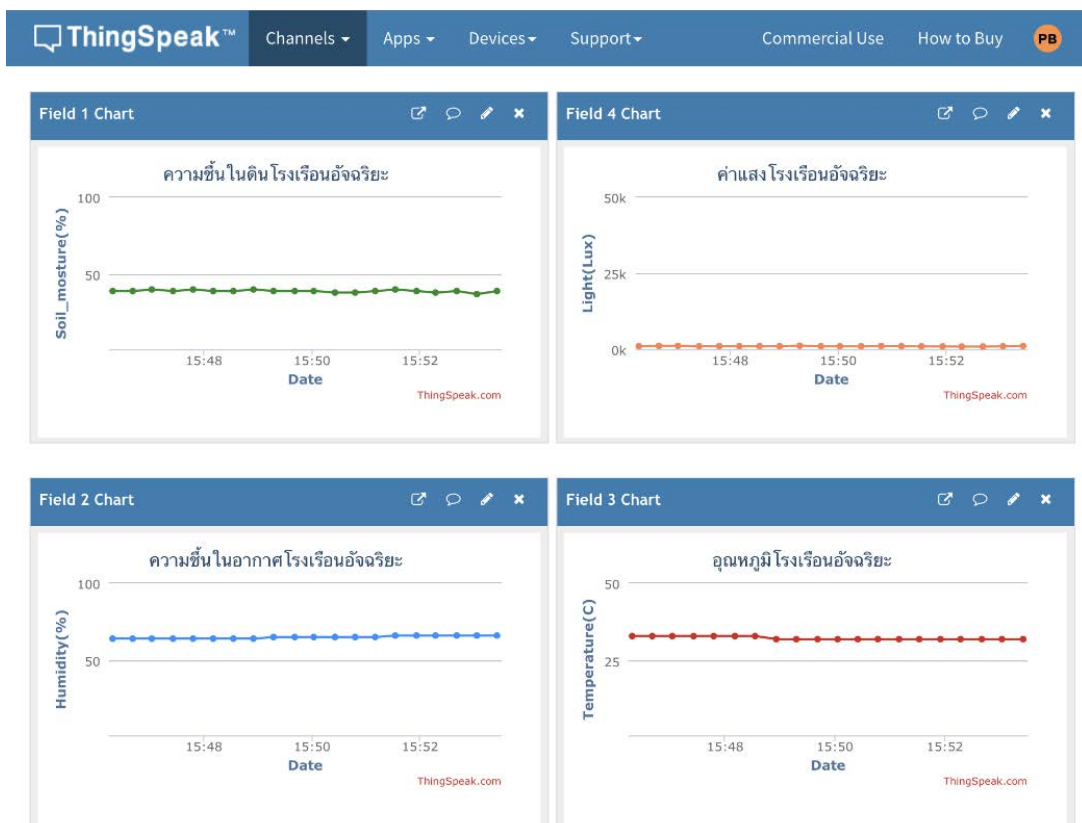


รูปที่ 3-13 การทดสอบการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนปกติบน ThingSpeak

3.2.4.2 การตรวจสอบคุณภาพของโรงเรือนอัจฉริยะ

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือของโรงเรือนอัจฉริยะประกอบด้วยการข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนอัจฉริยะบน ThingSpeak การตั้งค่าผ่านแอปพลิเคชัน และการทำงานของระบบแบบอัตโนมัติ

1. การเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนอัจฉริยะบน ThingSpeak จากการทดสอบการทำงานของระบบเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนอัจฉริยะ ระบบสามารถส่งข้อมูลสภาพแวดล้อมไปบน Cloud ของ ThingSpeak ประกอบด้วย ค่าความชื้นในดิน ค่าความชื้นในอากาศ อุณหภูมิในอากาศ ความเข้มแสง และ สถานะการเปิดปิดของระบบรดน้ำและพ่นหมอก ได้ถูกต้องครบทุกค่า



รูปที่ 3-14 การทดสอบการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนอัจฉริยะบน ThingSpeak

2. การตั้งค่าผ่านแอปพลิเคชัน ระบบควบคุมโรงเรือนอัจฉริยะสามารถตั้งค่าระยะเวลาในการรดน้ำ 2 ครั้ง ค่าความชื้นในดินที่ต้องการและ ค่าอุณหภูมิได้ถูกต้องโดยการแสดงค่าตัวเลขที่ต้องการบน จอ LCD ได้ตรงตามข้อมูลที่ส่งมาจากแอปพลิเคชัน



รูปที่ 3-15 การทดสอบการตั้งค่าผ่านแอปพลิเคชัน

3. การทำงานของระบบแบบอัตโนมัติ เมื่อมีการตั้งเวลาให้ระบบรดน้ำอัตโนมัติ ในเวลา 7.30 น. เป็นเวลา 10 นาที และเวลา 15.30 น. เป็นเวลา 5 นาที และความชื้นในดินน้อยกว่าค่าที่ผู้ใช้กำหนด ระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องตามเงื่อนไข



รูปที่ 3-16 การทดสอบการทำงานของระบบแบบอัตโนมัติในการรดน้ำเวลา 7.30 น.



รูปที่ 3-17 การทดสอบการทำงานของระบบแบบอัตโนมัติในการรดน้ำเวลา 15.30 น.

4. การทดสอบเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน โดยการทดสอบวันค่าความชื้นในดิน ในถาดเพาะกล้าขนาด 105 หลุม ขนาดภายในหลุม กว้าง 3 ซม. ยาว 3 ซม. สูง 4.5 ซม. เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินมีความยาวของ แท่งสัมผัสดิน 7.8 ซม. เนื่องจากความชื้นในดินจากสถานะที่มี ปริมาณความจุดินต่างกันจะมีค่าความชื้นในดินที่ต่างกัน จึงทำการทดสอบค่าความชื้นในดินเมื่อดิน เปียก 5 ครั้ง เซ็นเซอร์สามารถวัดค่าความชื้นในดินได้ดังนี้



รูปที่ 3-18 ดินเปียกในถาดขนาด 105 หลุม

ตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน

ครั้งที่	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
ค่าความชื้นในดินที่วัดได้	60%	58%	58%	59%	56%	58.2%

จากการทดสอบที่ดินเปียกวัดค่าความชื้นในดินเฉลี่ยได้ 58.2 % เนื่องจากสภาพแวดล้อมมีขนาดเล็ก จึงทำให้ค่าเซ็นเซอร์ความชื้นในดินวันได้ไม่เกิน 60 %

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับการเพาะเมล็ดผักสลัด เพื่อพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะสำหรับการเพาะเมล็ดผักสลัด และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเพาะเมล็ดผักสลัดในโรงเรือนอัจฉริยะกับการเพาะในโรงเรือนปกติมีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลการทดลองดังนี้

3.3.1 การทำงานของระบบโรงเรือนอัจฉริยะ

การทำงานของระบบโรงเรือนอัจฉริยะประกอบด้วยการทำงานของระบบพ่นหมอกเพื่อลดอุณหภูมิ และการรดน้ำตามความชื้นในดินที่กำหนด โดยการส่งข้อมูลสถานะการทำงานของระบบไว้บน Cloud ของ ThingSpeak เป็นเวลา 10 วัน เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบโรงเรือนอัจฉริยะ

3.3.2 การเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนอัจฉริยะและโรงเรือนปกติ

การเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมของโรงเรือนอัจฉริยะและโรงเรือนปกติประกอบด้วย ความชื้นในดิน ความชื้นในอากาศ อุณหภูมิในอากาศ และค่าความเข้มแสง โดยการส่งข้อมูลไว้บน Cloud ของ ThingSpeak เป็นเวลา 10 วัน หาเฉลี่ยของข้อมูลทุก ๆ 1 ชั่วโมง ในช่วงเวลา 06.00 น. ถึง 18.00 น.

3.3.3 การงอกของเมล็ดผักสลัดในโรงเรือนอัจฉริยะและโรงเรือนปกติ

ทดลองเพาะเมล็ดผักสลัดเพื่อเปรียบเทียบการงอกของเมล็ดผักสลัดในโรงเรือนอัจฉริยะและโรงเรือนปกติ โดยใช้เมล็ดผักสลัด 3 ชนิดคือ เรดโอ๊ค กรีนโอ๊คและ ฟินเลย์ไอซ์เบิร์ก เพาะในถาดขนาด 105 หลุม ชนิดละ 2 ถาด แบ่งเพาะในโรงเรือนอัจฉริยะและโรงเรือนปกติชนิดละ 1 ถาด โดยเริ่มเพาะในวันเดียวกันใช้เวลาในการเก็บผลการทดลอง 10 วัน

3.3.4 การเจริญเติบโตของต้นกล้าผักสลัดในโรงเรือนอัจฉริยะและโรงเรือนปกติ

การเจริญเติบโตของต้นกล้าผักสลัดเป็นการเก็บผลการทดลองจากการวัดความกว้าง ความสูง และนับจำนวนใบ จากการสุ่มแบบเป็นระบบจากผักสลัดทั้ง 3 ชนิด คือ เรดโอ๊ค กรีนโอ๊คและ ฟินเลย์

ไอซ์เบิร์ก ชนิดละ 5 ต้น โดยวัดการเจริญเติบโตเมื่อเพาะกล้าครบ 7 วัน และวัดซ้ำอีกครั้งเมื่อเพาะกล้าครบ 14 วัน เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักที่เพาะในโรงเรือนอัจฉริยะ และโรงเรือนปกติ

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

ความงอกของเมล็ด (Seed Germination) เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดโดยการตรวจนับการงอกของเมล็ดหลังการเพาะเมล็ดครบ 10 วัน

$$\text{ความงอก (\%)} = \frac{(\text{จำนวนต้นกล้าปกติที่งอก})}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

ดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index : GI) ดัชนีการงอกของเมล็ดจะบ่งชี้ถึงความสามารถงอกได้เร็วและสม่ำเสมอ โดยการตรวจนับต้นการที่งอกเพิ่มขึ้นทุกวันจนครบ 10 วัน

$$\text{ดัชนีความงอก (\%)} = \text{ผลรวมของ} \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันที่ต้นกล้าปกติงอกในแต่ละวัน}}$$

เวลาเฉลี่ยในการงอก (Mean Germination Time; MGT) เวลาเฉลี่ยในการงอกจะชี้ให้เห็นถึงความเร็วในการงอก โดยการตรวจนับต้นการที่งอกเพิ่มขึ้นทุกวันจนครบ 10 วัน

$$\text{MGT (วัน)} = \frac{(G_1 \times D_1 + G_2 \times D_2 + \dots + G_n \times D_n)}{\text{จำนวนต้นกล้าปกติทั้งหมด}}$$

เมื่อ $G_{1,2,\dots,n}$ คือ จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกวันที่ 1, 2, ..., n

$D_{1,2,\dots,n}$ คือ จำนวนวันที่ 1, 2, ..., n หลังจากวันเพาะเมล็ด

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับการเพาะเมล็ดผักสลัด เพื่อพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะสำหรับการเพาะเมล็ดผักสลัด และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเพาะเมล็ดผักสลัดในโรงเรือนอัจฉริยะกับการเพาะในโรงเรือนปกติ มีผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลการทำงานของระบบโรงเรือนอัจฉริยะ

จากการทดลองเก็บข้อมูลสถานะการทำงานของโรงเรือนอัจฉริยะ ประกอบด้วยการทำงานของระบบพ่นหมอกเพื่อลดอุณหภูมิ และการรดน้ำตามความชื้นในดินที่กำหนด โดยการส่งข้อมูลสถานะการทำงานของระบบไว้บน Cloud ของ ThingSpeak ในช่วงวันที่ 13 ถึง 22 พฤศจิกายน 2566 เป็นเวลา 10 วันมีผลการทดลองดังนี้

4.1.1 ผลการทำงานของระบบพ่นหมอกในโรงเรือนอัจฉริยะ จากกำหนดค่าเริ่มต้นทำงานของระบบพ่นหมอกไว้ที่อุณหภูมิไว้ที่ 40 °C และพ่นหมอกจนกว่าอุณหภูมิจะลดลง 2 °C เพื่อลดอุณหภูมิในโรงเรือน มีผลการทำงานของระบบดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 สถานะการทำงานของระบบพ่นหมอกในโรงเรือนอัจฉริยะ

วันที่	สถานะ	เวลา	ความชื้น ในดิน (%)	ความชื้น ในอากาศ (%)	อุณหภูมิ (°C)	ความเข้ม แสง (Lux)	เวลา ทำงาน (นาท)
1	Time ON	14.08	41	55	40	1600	4
	Time OFF	14.12	40	65	38	1886	
2	Time ON	12.17	41	50	40	1653	4
	Time OFF	12.21	41	58	38	1420	
3	Time ON	11.14	41	51	40	11336	6
	Time OFF	11.20	41	63	38	7566	
	Time ON	12.02	41	52	40	5560	2
	Time OFF	12.04	41	63	39	5613	

จากผลการทดลองระบบพ่นหมอกทำงานได้ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดโดยเริ่มทำงานเมื่ออุณหภูมิสูง 40 °C และหยุดการทำงานเมื่ออุณหภูมิลดลง 2 °C พบการทำงานของระบบพ่นหมอกในการทดลองวันที่ 1 ถึงวันที่ 3 เนื่องจากเป็นช่วงเข้าสู่ฤดูหนาวทำให้อากาศเย็นลงอุณหภูมิในโรงเรือนจึงต่ำกว่า 40 °C

4.1.2 ผลการทำงานของระบบรดน้ำในโรงเรือนอัจฉริยะ จากการตั้งเวลาในการทำงานร่วมกับการกำหนดค่าความชื้นในดิน โดยเมื่อถึงเวลา 7.30 น. จะตรวจสอบค่าความชื้นในดินจากเซ็นเซอร์ว่าต่ำกว่า 45 % หรือไม่ หากมีค่าต่ำกว่าระบบจะเริ่มรดน้ำ และจะหยุดเมื่อความชื้นในดินเพิ่มขึ้น 5 % หรือรดน้ำครบ 10 นาที และรดน้ำอีกครั้งในเวลาเวลา 15.30 น. โดยตรวจสอบค่าความชื้นในดินจากเซ็นเซอร์ว่าต่ำกว่า 45 % หรือไม่ หากมีค่าต่ำกว่าระบบจะเริ่มรดน้ำ และจะหยุดเมื่อความชื้นในดินเพิ่มขึ้น 5 % หรือรดน้ำครบ 5 นาที มีผลการทำงานของระบบดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 สถานะการทำงานของระบบรดน้ำในโรงเรือนอัจฉริยะ

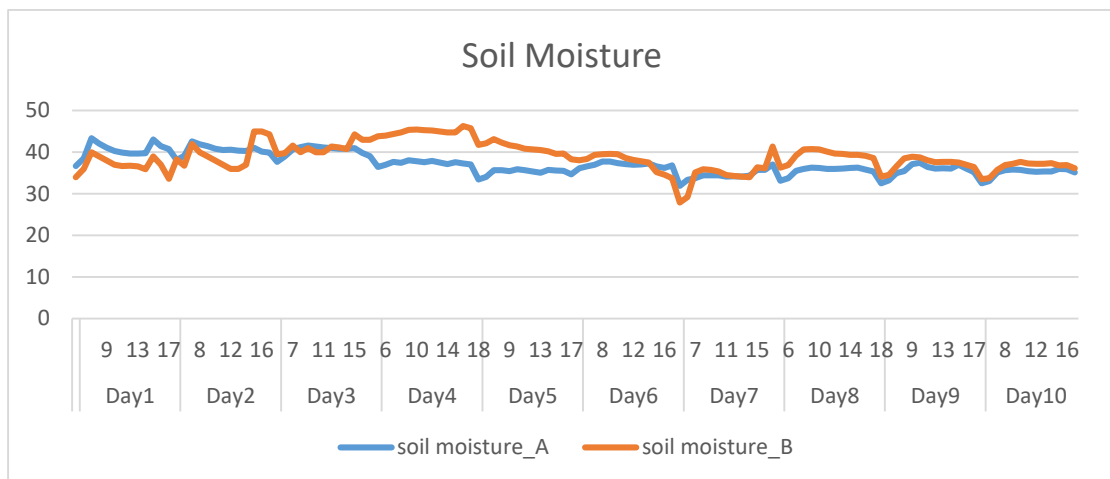
วันที่	สถานะ	เวลา	ความชื้น ในดิน (%)	ความชื้น ในอากาศ (%)	อุณหภูมิ (°C)	ความเข้ม แสง (Lux)	เวลา ทำงาน (นาที)
1	Time ON	7.30	38	77	31	17066	5
	Time OFF	7.35	50	68	31	16406	
	Time ON	15.30	39	66	32	950	3
	Time OFF	15.33	50	68	32	896	
2	Time ON	7.30	38	71	30	23243	8
	Time OFF	7.38	50	74	28	16250	
	Time ON	15.30	41	48	31	1826	5
	Time OFF	15.35	42	50	30	1556	
3	Time ON	7.30	38	89	25	3550	6
	Time OFF	7.36	50	90	24	6366	
	Time ON	15.30	41	54	32	1812	5
	Time OFF	15.35	43	57	31	1556	
4	Time ON	7.30	37	89	25	906	10
	Time OFF	7.40	42	90	25	926	

วันที่	สถานะ	เวลา	ความชื้น ในดิน (%)	ความชื้น ในอากาศ (%)	อุณหภูมิ (°C)	ความเข้ม แสง (Lux)	เวลา ทำงาน (นาทื)
	Time ON	15.30	37	68	29	1130	5
	Time OFF	15.35	42	69	29	1046	
5	Time ON	7.30	34	66	25	3610	10
	Time OFF	7.40	38	70	25	3453	
	Time ON	15.30	32	50	31	1370	5
	Time OFF	15.35	43	58	28	1436	
6	Time ON	7.30	37	64	24	5853	10
	Time OFF	7.40	44	68	23	5993	
	Time ON	15.30	38	51	25	1223	5
	Time OFF	15.35	42	58	23	1053	
7	Time ON	7.30	32	76	22	3796	8
	Time OFF	7.38	50	77	23	3553	
	Time ON	15.30	34	44	30	1256	5
	Time OFF	15.35	40	49	29	1110	
8	Time ON	7.30	32	79	21	3580	10
	Time OFF	7.40	42	82	20	3783	
	Time ON	15.30	36	65	26	1110	5
	Time OFF	15.35	41	65	25	1076	
9	Time ON	7.30	32	81	25	3716	10
	Time OFF	7.40	41	86	24	3390	
	Time ON	15.30	38	65	29	956	5
	Time OFF	15.35	40	71	27	946	
10	Time ON	7.30	34	83	24	2943	10
	Time OFF	7.40	41	87	22	3076	
	Time ON	15.30	36	51	32	1043	5
	Time OFF	15.35	40	56	30	1003	

จากผลการทดลองระบบรดน้ำในโรงเรือนอัจฉริยะสามารถทำงานได้ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดในช่วงการทดลองวันที่ 1 ถึง 3 และวันที่ 7 ระบบจะหยุดรดน้ำก่อนเวลาเนื่องจากความชื้นในดินสูงถึงค่าที่กำหนด ในวันอื่น ๆ ระบบรดน้ำทำงานเต็มเวลาเนื่องจากเข้าสู่ฤดูหนาวทำให้ความชื้นในอากาศต่ำส่งผลให้ความชื้นในดินลดลงตามไปด้วยระบบรดน้ำจึงทำงานจนครบเวลาที่กำหนด

4.2 ผลการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนอัจฉริยะและโรงเรือนปกติ

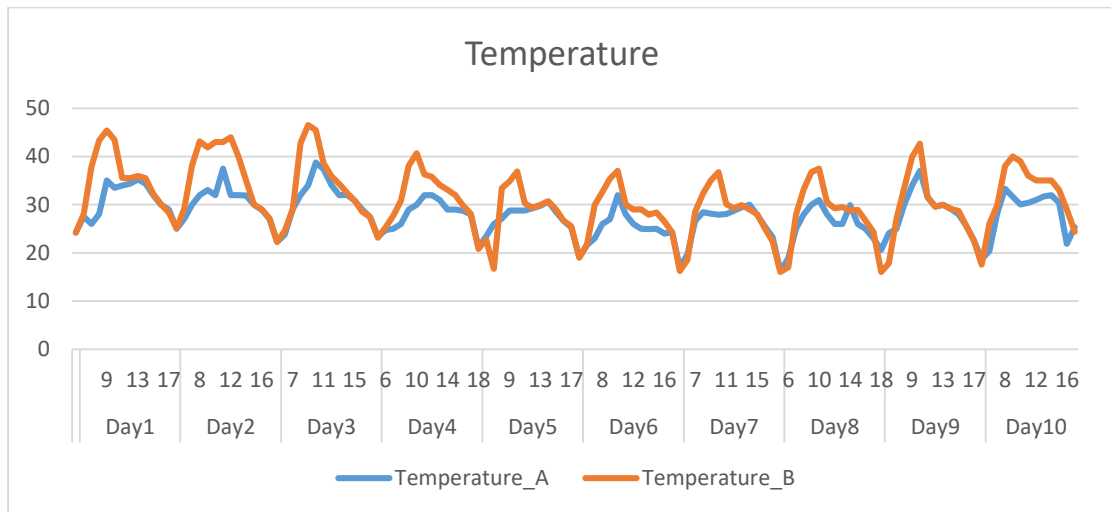
จากการทดลองเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมของโรงเรือนอัจฉริยะ (A) และโรงเรือนปกติ (B) ประกอบด้วย ความชื้นในดิน ความชื้นในอากาศ อุณหภูมิในอากาศ และค่าความเข้มแสง โดยการส่งข้อมูลไว้บน Cloud ของ ThingSpeak ในวันที่ 13 ถึง 22 พฤศจิกายน 2566 เป็นเวลา 10 วัน จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลทุก ๆ 1 ชั่วโมง และนำมาแสดงผลในช่วงเวลา 06.00 น. ถึง 18.00 น. ได้ผลการทดลองดังนี้



รูปที่ 4-1 ข้อมูลความชื้นในดินของโรงเรือนอัจฉริยะ (A) และโรงเรือนปกติ (B)

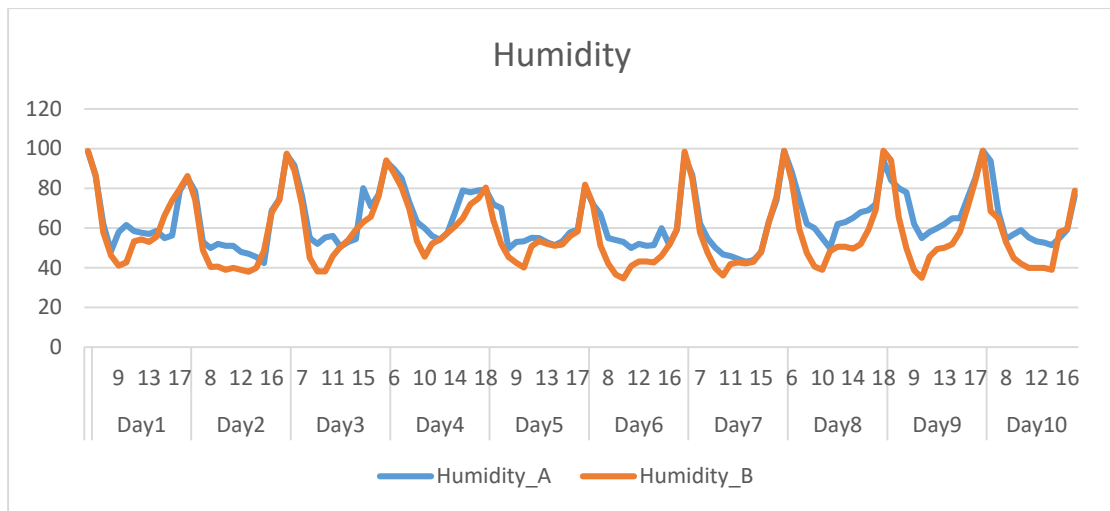
ผลการเก็บข้อมูลความชื้นในดินของโรงเรือนอัจฉริยะ (A) และโรงเรือนปกติ (B) โดยได้กำหนดค่าการทำงานของโรงเรือนอัจฉริยะให้รดน้ำในเวลา 7.30 น. เป็นเวลา 10 นาที และเวลา 15.30 น. เป็นเวลา 5 นาที หรือจนกว่าความชื้นในดินจะสูงถึงค่าที่กำหนด ในโรงเรือนปกติจะรดน้ำในเวลา 7.40 น. เป็นเวลา 10 นาที และเวลา 15.40 น. เป็นเวลา 5 นาที พบว่าความชื้นในดินของโรงเรือนอัจฉริยะเฉลี่ยมากที่สุดคือ 43% น้อยที่สุดคือ 32% ความชื้นในดินเฉลี่ยทั้ง 10 วันคือ 37% และความชื้นในดินของโรงเรือนปกติเฉลี่ยมากที่สุดคือ 48% น้อยที่สุดคือ 28% ความชื้นในดินเฉลี่ย

ทั้ง 10 วันคือ 39 % จากกราฟเส้นในรูปที่ 4-1 แสดงให้เห็นว่าการรดน้ำในโรงเรือนอัจฉริยะสามารถรักษาระดับความชื้นในดินให้มีความคงที่ใกล้เคียงกันมากกว่าการรดน้ำในโรงเรือนปกติ



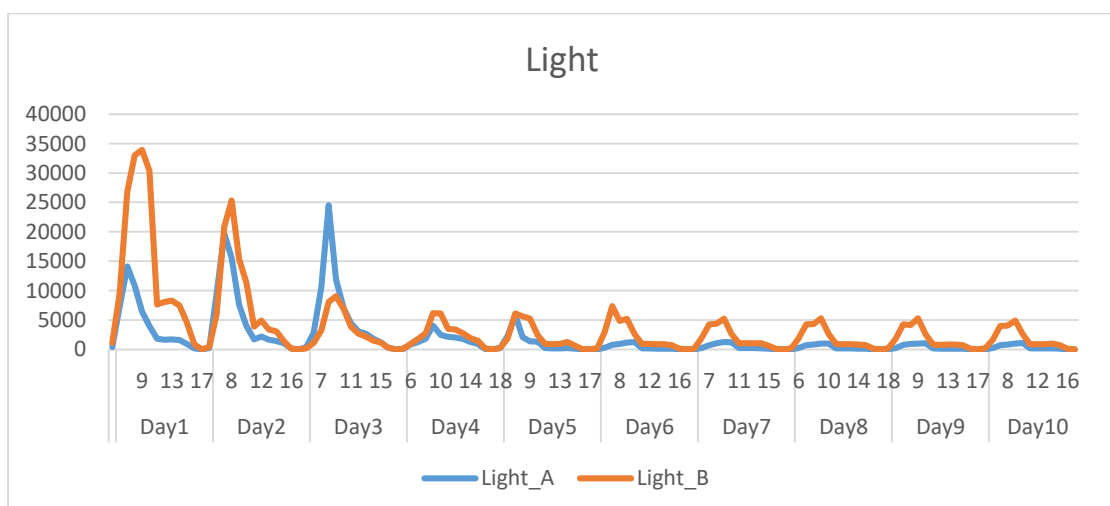
รูปที่ 4-2 ข้อมูลอุณหภูมิในอากาศของโรงเรือนอัจฉริยะ (A) และโรงเรือนปกติ (B)

ผลการเก็บข้อมูลอุณหภูมิในอากาศของโรงเรือนอัจฉริยะ (A) และโรงเรือนปกติ (B) ในโรงเรือนอัจฉริยะมีระบบพ่นหมอกเพื่อลดความอุณหภูมิในโรงเรือน โดยกำหนดค่าการพ่นหมอกไว้ที่อุณหภูมิไว้ที่ 40 °C และพ่นหมอกจนกว่าอุณหภูมิจะลดลง 2 °C จากการเก็บข้อมูลพบว่าอุณหภูมิของโรงเรือนอัจฉริยะเฉลี่ยมากที่สุดคือ 39 °C น้อยที่สุดคือ 16 °C อุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง 10 วันคือ 28 °C และอุณหภูมิของโรงเรือนปกติเฉลี่ยมากที่สุดคือ 47 °C น้อยที่สุดคือ 16 °C อุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง 10 วันคือ 31 °C จากกราฟเส้นในรูปที่ 4-2 แสดงให้เห็นว่าการพ่นหมอกเพื่อลดอุณหภูมิช่วยให้อุณหภูมิในโรงเรือนอัจฉริยะไม่สูงจนเกินไปเมื่อเทียบกับโรงเรือนแบบปกติ



รูปที่ 4-3 ข้อมูลความชื้นในอากาศของโรงเรือนอัจฉริยะ (A) และโรงเรือนปกติ (B)

ผลการเก็บข้อมูลความชื้นในอากาศของโรงเรือนอัจฉริยะ (A) และโรงเรือนปกติ (B) พบว่าความชื้นในอากาศของโรงเรือนอัจฉริยะเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 42% และมีความชื้นในอากาศเฉลี่ยทั้ง 10 วันคือ 64 % และความชื้นในอากาศของโรงเรือนปกติเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 35% และมีความชื้นในอากาศเฉลี่ยทั้ง 10 วันคือ 58 % ในเวลากลางคืนทั้งสองโรงเรือนจะมีความชื้นสูงที่สุดคือ 99 % ในเวลากลางวัน เมื่อมีการพ่นหมอกเพื่อลดอุณหภูมิในโรงเรือนอัจฉริยะมีผลทำให้ความชื้นในอากาศภายในโรงเรือนอัจฉริยะสูงขึ้นส่งผลให้มีค่าเฉลี่ยความชื้นในโรงเรือนที่สูงกว่าโรงเรือนปกติ



รูปที่ 4-4 ข้อมูลความเข้มแสงของโรงเรือนอัจฉริยะ (A) และโรงเรือนปกติ (B)

ผลการเก็บข้อมูลความเข้มแสงของโรงเรือนอัจฉริยะ (A) และโรงเรือนปกติ (B) พบว่าความเข้มแสงของโรงเรือนอัจฉริยะเฉลี่ยมากที่สุดคือ 24504 Lux มีความเข้มแสงเฉลี่ยทั้ง 10 วันคือ 1866 Lux และความเข้มแสงของโรงเรือนปกติเฉลี่ยมากที่สุดคือ 33916 Lux มีความเข้มแสงเฉลี่ยทั้ง 10 วันคือ 3721 Lux โดยในเวลา 18.00 น.เป็นต้นไป ค่าความเข้มแสงจะมีค่าเป็น 0 Lux จากกราฟเส้นในรูปที่ 4-4 แสดงให้เห็นว่าความเข้มแสงในโรงเรือนปกติมีค่าสูงกว่าโรงเรือนอัจฉริยะ

4.3 ผลการออกของเมล็ดผักสลัดในโรงเรือนอัจฉริยะและโรงเรือนปกติ

ในการทดลองเพาะเมล็ดผักสลัดเพื่อเปรียบเทียบการงอกของเมล็ดผักสลัดในโรงเรือนอัจฉริยะและโรงเรือนปกติ โดยใช้เมล็ดผักสลัด 3 ชนิดคือ เรดโอ๊ค กรีนโอ๊ค และฟินเลย์ไอซ์เบิร์ก เพาะในถาดขนาด 105 หลุม ชนิดละ 2 ถาด แบ่งเพาะในโรงเรือนอัจฉริยะและโรงเรือนปกติชนิดละ 1 ถาด โดยเริ่มเพาะในวันเดียวกันใช้เวลาในการเก็บผลการทดลอง 10 วัน มีผลการทดลองดังนี้

4.3.1 ผลการออกของเมล็ดในโรงเรือนอัจฉริยะและโรงเรือนปกติ

เก็บผลการทดลองด้วยการนับต้นอ่อนที่มีใบเลี้ยงครบ 2 ใบ ทุกวันเป็นเวลา 10 วัน ทั้งในโรงเรือนอัจฉริยะและโรงเรือนปกติ

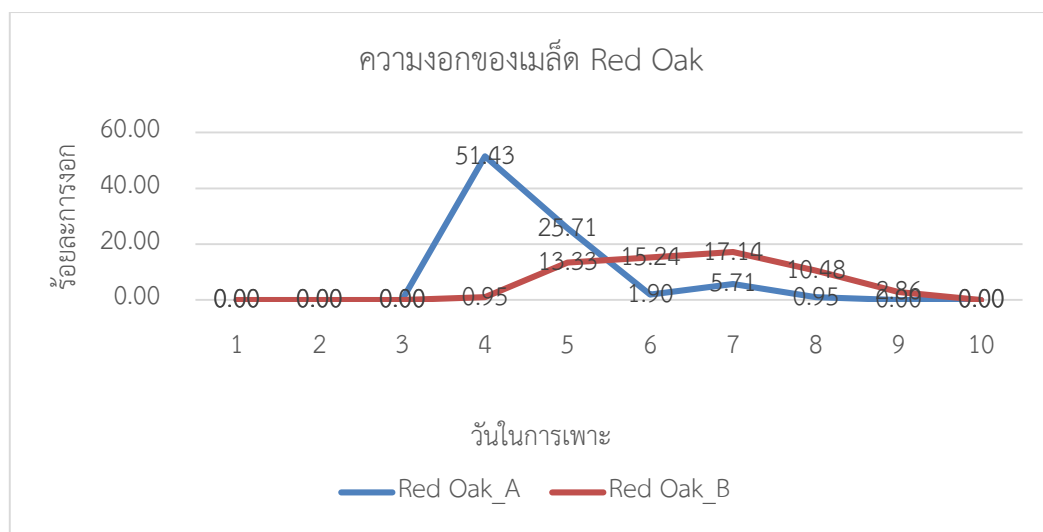
ตารางที่ 4-3 ผลการออกของเมล็ดในโรงเรือนอัจฉริยะ (A)

วันที่ เพาะ	Red Oak	ความงอก ของเมล็ด	Green Oak	ความงอก ของเมล็ด	Frillice Ice Berg	ความงอก ของเมล็ด
1	0	0.00	0	0.00	0	0.00
2	0	0.00	0	0.00	0	0.00
3	0	0.00	3	2.86	10	9.52
4	54	51.43	87	82.86	55	52.38
5	27	25.71	7	6.67	11	10.48
6	2	1.90	2	1.90	5	4.76
7	6	5.71	2	1.90	5	4.76
8	1	0.95	2	1.90	1	0.95
9	0	0.00	2	1.90	0	0.00
10	0	0.00	0	0.00	0	0.00
รวม	90	85.71	105	100.00	87	82.86

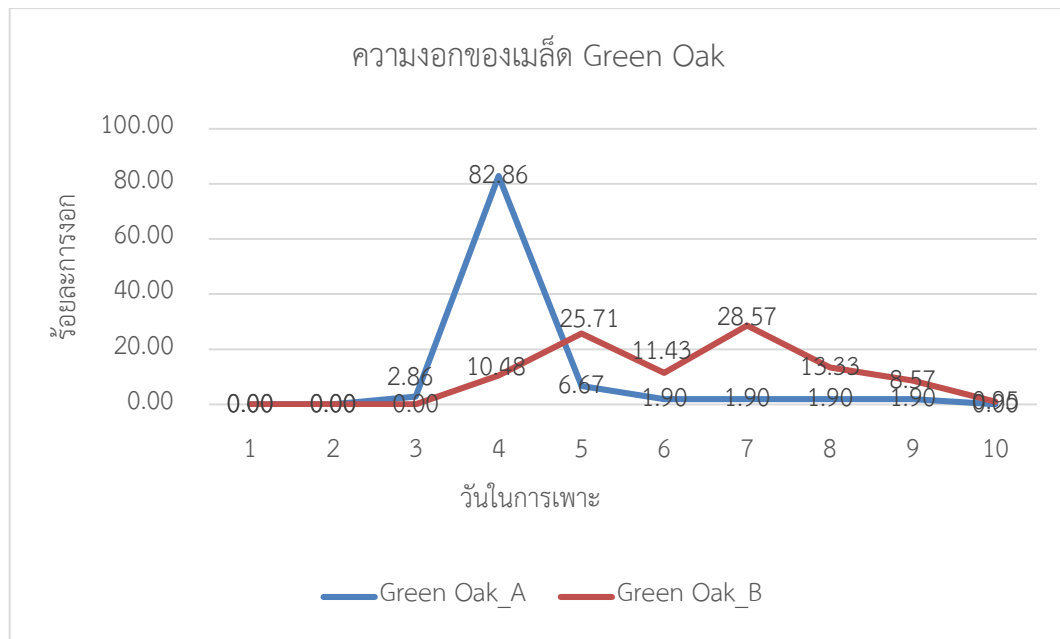
ตารางที่ 4-4 ผลการงอกของเมล็ดในโรงเรือนปกติ (B)

วันที่ เพาะ	Red Oak	ความงอก ของเมล็ด	Green Oak	ความงอก ของเมล็ด	Frillice Ice Berg	ความงอก ของเมล็ด
1	0	0.00	0	0.00	0	0.00
2	0	0.00	0	0.00	0	0.00
3	0	0.00	0	0.00	0	0.00
4	1	0.95	11	10.48	31	29.52
5	14	13.33	27	25.71	26	24.76
6	16	15.24	12	11.43	3	2.86
7	18	17.14	30	28.57	9	8.57
8	11	10.48	14	13.33	5	4.76
9	3	2.86	9	8.57	4	3.81
10	0	0.00	1	0.95	1	0.95
รวม	63	60.00	104	99.05	79	75.24

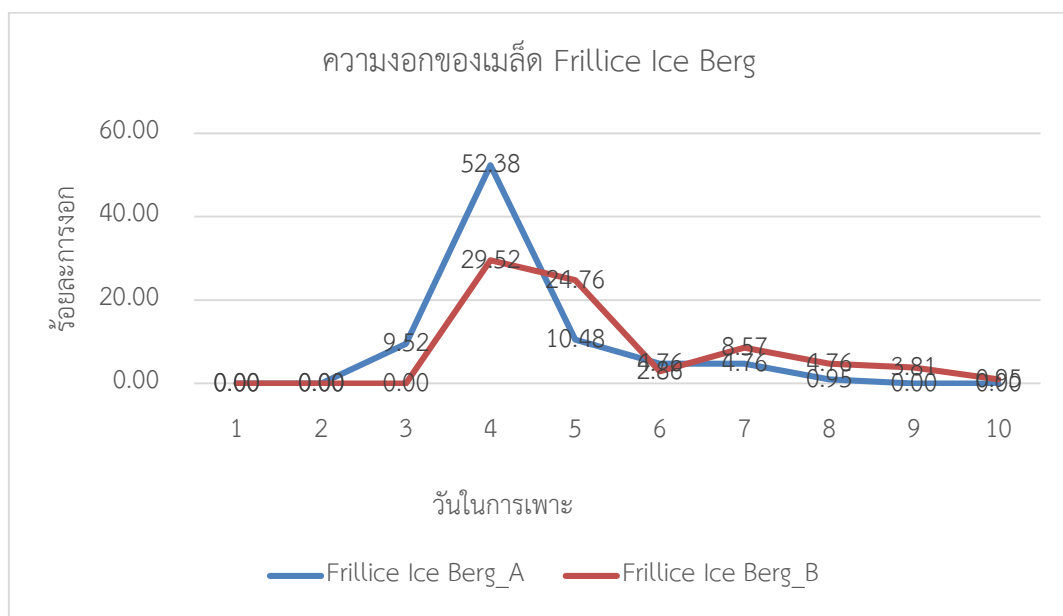
จากผลการทดลองการงอกของเมล็ดในโรงเรือนอัจฉริยะ และโรงเรือนปกติสามารถนำมาแสดงผลในรูปแบบกราฟเส้นเพื่อเปรียบเทียบร้อยละการงอกของผักแต่ละชนิดได้ดังนี้



รูปที่ 4-5 การงอกของเมล็ด Red Oak จากการเพาะในโรงเรือนอัจฉริยะ (A) และโรงเรือนปกติ (B)



รูปที่ 4-6 การงอกของเมล็ด Green Oak จากการเพาะในโรงเรือนอัจฉริยะ (A) และโรงเรือนปกติ (B)



รูปที่ 4-7 การงอกของเมล็ด Frillice Ice Berg จากการเพาะในโรงเรือนอัจฉริยะ (A) และโรงเรือนปกติ (B)

จากผลการทดลองการงอกของเมล็ดผักสลัดจากการเพาะในโรงเรือนอัจฉริยะเปรียบเทียบกับโรงเรือนปกติของผักสลัด 3 ชนิด คือ เรดโอ๊ค กรีนโอ๊ค และฟินเลย์ไอซ์เบิร์ก จากการเก็บผลการงอกทุกวันเป็นเวลา 10 วัน มีผลการทดลองแต่ละชนิดดังนี้

ผักสลัดเรดโอ๊คในโรงเรือนอัจฉริยะเริ่มงอกในวันที่ 3 ของการเพาะ มีการงอก 51.43% เมื่อครบ 10 วัน มีการงอกทั้งหมด 85.71% การเพาะในโรงเรือนปกติ ในวันที่ 4 ของการเพาะเริ่มมีการงอก 0.95% มีการงอกมากที่สุดในวันที่ 7 คือ 17.14% เมื่อเพาะครบ 10 วัน มีการงอกทั้งหมด 60%

ผักสลัดกรีนโอ๊คในโรงเรือนอัจฉริยะเริ่มงอกในวันที่ 3 ของการเพาะ มีการงอก 2.86% มีการงอกมากที่สุดในวันที่ 4 คือ 82.86 % เมื่อครบ 10 วัน มีการงอกทั้งหมด 100.00% การเพาะในโรงเรือนปกติ ในวันที่ 4 ของการเพาะเริ่มมีการงอก 10.48% มีการงอกมากที่สุดในวันที่ 7 คือ 28.57% เมื่อเพาะครบ 10 วัน มีการงอกทั้งหมด 99.5%

ผักสลัดฟินเลย์ไอซ์เบิร์กในโรงเรือนอัจฉริยะเริ่มงอกในวันที่ 3 ของการเพาะ มีการงอก 9.53% มีการงอกมากที่สุดในวันที่ 4 คือ 52.38% เมื่อครบ 10 วัน มีการงอกทั้งหมด 82.86% การเพาะในโรงเรือนปกติ ในวันที่ 4 ของการเพาะเริ่มมีการงอก 29.52% ซึ่งเป็นการงอกมากที่สุด เมื่อเพาะครบ 10 วัน มีการงอกทั้งหมด 75.24%

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการงอกของผักสลัดในโรงเรือนอัจฉริยะและโรงเรือนปกติ

การวิเคราะห์ผลการทดลองการเพาะเมล็ดผักสลัดผู้วิจัยได้วิเคราะห์หาค่าความงอกของเมล็ด (seed germination) ดัชนีการงอกของเมล็ด (germination index : GI) และเวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time : MGT) มีผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 4-5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการงอกของผักสลัดในโรงเรือนอัจฉริยะ และโรงเรือนปกติ

วิธีการวิเคราะห์	A โรงเรือนอัจฉริยะ			B โรงเรือนปกติ		
	Red Oak	Green Oak	Frillice Ice Berg	Red Oak	Green Oak	Frillice Ice Berg
Seed Germination(%)	85.71	100.00	82.86	60.00	99.05	75.24
Germination Index (%)	20.22	27.24	27.62	10.00	17.29	15.91
Mean Germination Time(Day)	4.59	4.25	4.11	6.52	6.38	5.33

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองเพาะเมล็ดผักสลัดทั้ง 3 ชนิดเป็นเวลา 10 วัน ความงอกของเมล็ด (seed germination) จากคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพบว่าผักสลัดที่เพาะในโรงเรือนอัจฉริยะมีความงอกสูงกว่าการเพาะในโรงเรือนปกติ ผักสลัดเรตไค้ กรีนไค้ และ ฟินเลย์ไอซ์เบิร์ก ในโรงเรือนอัจฉริยะมีความงอก 85.71%, 100.00% และ 82.86% ตามลำดับ ความงอกในโรงเรือนปกติ 60.00%, 99.05% และ 75.24% ตามลำดับ

ดัชนีการงอกของเมล็ด (germination index : GI) เพื่อบ่งชี้ถึงความสามารถงอกได้เร็ว และสม่ำเสมอพบว่า ผักสลัดที่เพาะในโรงเรือนอัจฉริยะมีดัชนีการงอกของเมล็ดสูงกว่าการเพาะในโรงเรือนปกติ ผักสลัดเรตไค้ กรีนไค้ และ ฟินเลย์ไอซ์เบิร์ก ในโรงเรือนอัจฉริยะมีดัชนีการงอกของเมล็ด 20.22%, 27.24% และ 27.62% ตามลำดับ ดัชนีการงอกของเมล็ดในโรงเรือนปกติ 10.00%, 17.29% และ 15.91% ตามลำดับ

เวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time : MGT) เพื่อชี้ให้เห็นถึงความเร็วในการงอก ผักสลัดที่เพาะในโรงเรือนอัจฉริยะมีเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดน้อยกว่าการเพาะในโรงเรือนปกติ ผักสลัดเรตไค้ กรีนไค้ และ ฟินเลย์ไอซ์เบิร์ก ในโรงเรือนอัจฉริยะมีเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ด 4.59 วัน , 4.25 วัน และ 4.11 วัน ตามลำดับ เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดในโรงเรือนปกติ 6.52 วัน , 6.38 วัน และ 5.33 วัน ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์การงอกของเมล็ดพบว่าผักสลัดทั้ง 3 ชนิดที่เพาะในโรงเรือนอัจฉริยะมีความงอกสูงกว่าการเพาะในโรงเรือนปกติ ดัชนีการงอกแสดงให้เห็นว่าการเพาะในโรงเรือนอัจฉริยะมีความสม่ำเสมอในการงอกมากกว่าการเพาะในโรงเรือนปกติ และ เวลาเฉลี่ยในการงอกจากการเพาะในโรงเรือนอัจฉริยะมีเวลาเฉลี่ยการงอกเพียง 4 วัน ซึ่งต่ำกว่าโรงเรือนปกติ

4.4 ผลการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักสลัด

ผลการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักสลัดเป็นการเก็บผลการทดลองจากการวัดความกว้าง ความสูง และนับจำนวนใบจากการสุ่มแบบเป็นระบบจากผักสลัดทั้ง 3 ชนิด คือ เรตไค้ กรีนไค้ และ ฟินเลย์ไอซ์เบิร์ก ชนิดละ 5 ต้น โดยวัดการเจริญเติบโตเมื่อเพาะกล้าครบ 7 วัน และวัดซ้ำอีกครั้งเมื่อเพาะกล้าครบ 14 วัน เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักที่เพาะในโรงเรือนอัจฉริยะ และโรงเรือนปกติ มีผลการเจริญเติบโตดังนี้

ตารางที่ 4-6 ผลการเจริญเติบโตของผักสลัดที่เพาะในโรงเรือนอัจฉริยะ เมื่อเพาะครบ 7 วัน

ต้นที่	Red Oak				Green Oak				Frillice Ice Berg			
	Location	Wide	High	Leaf	Location	Wide	High	Leaf	Location	Wide	High	Leaf
1	3,6	1.3	0.6	2	4,1	1.7	1.0	2	1,4	1.3	1.3	2
2	5,3	1.4	0.6	2	6,7	2.3	1.3	2	4,1	2.7	2.1	3
3	8,5	1.4	0.7	2	9,1	2.5	1.5	3	7,3	2.4	2.5	3
4	11,7	1.3	0.4	2	12,6	1.7	1.0	2	10,7	1.9	2.4	2
5	13,6	1.1	0.5	2	15,6	1.3	1.5	2	12,2	2.6	2.2	2
เฉลี่ย		1.3	0.6	2.0		1.9	1.3	2.2		2.2	2.1	2.4

ตารางที่ 4-7 ผลการเจริญเติบโตของผักสลัดที่เพาะในโรงเรือนแบบปกติ เมื่อเพาะครบ 7 วัน

ต้นที่	Red Oak				Green Oak				Frillice Ice Berg			
	Location	Wide	High	Leaf	Location	Wide	High	Leaf	Location	Wide	High	Leaf
1.0	3,2	1.2	0.5	2	5,7	1.7	1.3	2	3,3	1.8	1.8	2
2.0	5,1	1.1	0.5	2	7,2	1.7	1.0	2	5,2	1.2	1.5	2
3.0	7,5	1.2	0.6	2	9,6	1.7	1.2	2	7,1	1.8	1.8	2
4.0	9,1	1.1	0.5	2	11,7	1.6	1.2	2	10,3	1.7	1.5	2
5.0	14,2	1.1	0.4	2	14,6	1.1	1.2	2	12,4	1.7	1.3	2
เฉลี่ย		1.1	0.5	2.0		1.6	1.2	2.0		1.6	1.6	2.0

จากผลการทดลองวัดการเจริญเติบโตของผักสลัดทั้ง 3 ชนิด เมื่อเพาะครบ 7 วัน พบว่าการเพาะในโรงเรือนอัจฉริยะมีความสูง และ ความกว้าง มากกว่าการเพาะในโรงเรือนปกติ ฟินเลย์ไอซ์เบิร์ก ในโรงเรือนอัจฉริยะมีจำนวนใบมากกว่าการเพาะในโรงเรือนปกติ

ตารางที่ 4-8 ผลการเจริญเติบโตของผักสลัดที่เพาะในโรงเรือนอัจฉริยะ เมื่อเพาะครบ 14 วัน

ต้นที่	Red Oak				Green Oak				Frillice Ice Berg			
	Location	Wide	High	Leaf	Location	Wide	High	Leaf	Location	Wide	High	Leaf
1	3,6	1.4	1.0	3	4,1	3.2	4.0	4	1,4	3.0	2.5	3
2	5,3	1.8	1.5	3	6,7	3.3	4.0	4	4,1	4.5	5.1	4
3	8,5	2.1	1.4	3	9,1	4.8	4.9	5	7,3	3.9	5.5	4
4	11,7	1.6	1.0	3	12,6	3.1	4.0	4	10,7	3.5	5.0	4
5	13,6	1.8	1.0	3	15,6	2.9	4.5	4	12,2	4.5	4.3	4
เฉลี่ย		1.7	1.2	3.0		3.5	4.3	4.2		3.9	4.5	3.8

ตารางที่ 4-9 ผลการเจริญเติบโตของผักสลัดที่เพาะในโรงเรือนแบบปกติ เมื่อเพาะครบ 14 วัน

ต้นที่	Red Oak				Green Oak				Frillice Ice Berg			
	Location	Wide	High	Leaf	Location	Wide	High	Leaf	Location	Wide	High	Leaf
1	3,2	1.6	1.0	3	5,7	3.4	3.5	4	3,3	3.9	4.0	4
2	5,1	1.5	1.3	3	7,2	4.0	3.0	4	5,2	2.7	3.8	4
3	7,5	1.9	1.0	4	9,6	3.7	3.0	4	7,1	3.8	3.3	4
4	9,1	1.6	1.0	3	11,7	3.5	3.7	4	10,3	3.6	3.5	4
5	14,2	1.6	0.7	3	14,6	3.9	3.5	4	12,4	3.8	3.8	5
เฉลี่ย		1.6	1.0	3.2		3.7	3.3	4.0		3.6	3.7	4.2

จากผลการทดลองวัดการเจริญเติบโตของผักสลัดทั้ง 3 ชนิด เมื่อดำเนินการมีอายุครบ 14 วัน พบพบว่าผักสลัดในโรงเรือนอัจฉริยะ มีความสูง และ ความกว้าง มากกว่าการเพาะในโรงเรือนปกติ จำนวนใบของกรีนโอ๊คในโรงเรือนอัจฉริยะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในโรงเรือนปกติ เรดโอ๊ค และ ฟินเลย์ไอซ์เบิร์ก ในโรงเรือนปกติมีค่าเฉลี่ยจำนวนใบสูงกว่าในโรงเรือนอัจฉริยะ

จากผลการวัดการเจริญเติบโตของผักสลัดในโรงเรือนอัจฉริยะ และโรงเรือนปกติ แสดงให้เห็นว่าในระยะการเพาะเมล็ด 7 วันแรก โรงเรือนอัจฉริยะมีความเหมาะสมกับการเพาะเมล็ด เมื่อผักสลัดอยู่ในระยะต้นกล้า ผักสลัดที่เพาะในโรงเรือนปกติมีการเจริญเติบโตที่เหมาะสมกว่า

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

จากการพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับการเพาะเมล็ดผักสลัด ผู้วิจัยสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 สรุปผล

จากการพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับการเพาะเมล็ดผักสลัด มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะสำหรับการเพาะเมล็ดผักสลัด และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเพาะเมล็ดผักสลัดในโรงเรือนอัจฉริยะกับการเพาะในโรงเรือนปกติ เนื่องจากถ้าจะมีความสมบูรณ์แข็งแรงในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ประกอบด้วย น้ำ แสง อุณหภูมิ ออกซิเจน การเพาะเมล็ดในการขยายพันธุ์เป็นการเตรียมกล้าพืชที่จะใช้ปลูกในแปลง โดยจะต้องมีการดูแลที่เหมาะสม โรงเรือนอัจฉริยะเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับการเพาะเมล็ดผักสลัดจะควบคุมการทำงานของระบบโดยอาศัยข้อมูลสภาพแวดล้อม จากโมดูลวัดอุณหภูมิในอากาศ และความชื้นในดิน ส่งข้อมูลมายังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมการทำงานของระบบรดน้ำและพ่นหมอก ตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้งานกำหนดโดยการตั้งค่าผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน นอกจากนี้ยังสามารถเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อม อุณหภูมิและความชื้นในอากาศ ความเข้มแสงความชื้นในดิน และสถานะการทำงานของบนคลาวด์ของ ThingSpeak ในการทดลองใช้เมล็ดผักสลัด 3 ชนิด คือเรดโอ๊ค กรีนโอ๊ค และฟินเลย์ ไอซ์เบิร์ก ในถาดเพาะขนาด 105 หลุมเพาะพร้อมกันในโรงเรือนอัจฉริยะและโรงเรือนปกติ

การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบโรงเรือนอัจฉริยะ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเพาะเมล็ดผักสลัดในโรงเรือนอัจฉริยะกับการเพาะในโรงเรือนปกติ ได้ทำการทดลองเก็บข้อมูลสถานะการทำงานของโรงเรือนอัจฉริยะ ประกอบด้วยการทำงานของระบบพ่นหมอกเพื่อลดอุณหภูมิ และการรดน้ำตามความชื้นในดินและระยะเวลาที่กำหนด ระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องตรงตามเงื่อนไข ผลการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนอัจฉริยะและโรงเรือนปกติ พบว่าความชื้นในดินเฉลี่ยของโรงเรือนอัจฉริยะมากที่สุดคือ 43% น้อยที่สุดคือ 32% โรงเรือนปกติเฉลี่ยมากที่สุดคือ 48% น้อยที่สุดคือ 28% อุณหภูมิเฉลี่ยในโรงเรือนอัจฉริยะ คือ 28 °C โรงเรือนปกติคือ 31 °C ความชื้นในอากาศเฉลี่ยในโรงเรือนอัจฉริยะ คือ 64 % โรงเรือนปกติคือ 58 % และความเข้มแสงเฉลี่ยในโรงเรือนอัจฉริยะ คือ 1866 Lux โรงเรือนปกติคือ 3721 Lux แสดงให้เห็นว่าโรงเรือนอัจฉริยะสามารถควบคุมอุณหภูมิให้มีความต่ำกว่าโรงเรือนปกติ และควบคุมความชื้นในดินให้อยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกันได้มากกว่า ผลทดลองเพาะเมล็ดผักสลัดเพื่อวิเคราะห์การงอกของเมล็ดผักสลัดใน

โรงเรือนอัจฉริยะและโรงเรือนปกติ จากผลการวิเคราะห์การงอกของเมล็ดพบว่าผักสลัดทั้ง 3 ชนิดที่เพาะในโรงเรือนอัจฉริยะมีความงอกสูงกว่าการเพาะในโรงเรือนปกติ ดัชนีการงอกแสดงให้เห็นว่าการเพาะในโรงเรือนอัจฉริยะมีความสม่ำเสมอในการงอกมากกว่าการเพาะในโรงเรือนปกติ และ เวลาเฉลี่ยในการงอกจากการเพาะในโรงเรือนอัจฉริยะมีเวลาเฉลี่ยการงอกเพียง 4 วัน ซึ่งต่ำกว่าโรงเรือนปกติ ผลการวัดการเจริญเติบโตของผักสลัดในโรงเรือนอัจฉริยะ และโรงเรือนปกติ เมื่อเพาะครบ 7 วัน พบว่าการเพาะในโรงเรือนอัจฉริยะมีความสูง และ ความกว้าง มากกว่าการเพาะในโรงเรือนปกติ เมื่อต้นกล้ามีอายุครบ 14 วัน พบพบว่าผักสลัดในโรงเรือนอัจฉริยะ มีความสูง และ ความกว้าง มากกว่าการเพาะในโรงเรือนปกติ จำนวนใบของกรีนโอ๊คในโรงเรือนอัจฉริยะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในโรงเรือนปกติ ส่วนเรดโอ๊ค และ ฟินเลย์ไอซ์เบิร์ก ในโรงเรือนปกติมีค่าเฉลี่ยจำนวนใบสูงกว่าในโรงเรือนอัจฉริยะ แสดงให้เห็นว่าในระยะการเพาะเมล็ด 7 วันแรก โรงเรือนอัจฉริยะมีความเหมาะสมกับการเพาะเมล็ด เมื่อผักสลัดอยู่ในระยะต้นกล้า ผักสลัดที่เพาะในโรงเรือนปกติมีการเจริญเติบโตที่เหมาะสมกว่า

จากผลการทดลองระบบโรงเรือนอัจฉริยะเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับการเพาะเมล็ดผักสลัด สรุปได้ว่าระบบโรงเรือนอัจฉริยะสามารถทำงานได้ถูกต้องตามเงื่อนไขความชื้นในดิน และอุณหภูมิที่กำหนด และมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการเพาะเมล็ดผักสลัดได้ดีกว่าการเพาะในโรงเรือนปกติ

5.2 อภิปรายผล

ในการวิจัยเรื่องการพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับการเพาะเมล็ดผักสลัด จากผลการทดลองระบบโรงเรือนอัจฉริยะสำหรับการเพาะเมล็ดผักสลัด ระบบสามารถควบคุมการทำงานได้ถูกต้องตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยสามารถรดน้ำได้ตามความชื้นดินที่ตั้งไว้โดยเมื่อความชื้นในดินมีค่าสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ระบบสามารถหยุดการทำงานได้ก่อนเวลาที่กำหนดทำให้ช่วยลดปริมาณการใช้น้ำ ในการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเพาะเมล็ดผักสลัดในโรงเรือนอัจฉริยะกับการเพาะในโรงเรือนปกติพบว่าการควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนอัจฉริยะคือค่าความชื้นในดินและอุณหภูมิช่วยให้เมล็ดเวลาเฉลี่ยในการงอกดีกว่า มีความสม่ำเสมอในการงอกมากกว่าโรงเรือนปกติ จึงมีความเหมาะสมกับการนำไปใช้ในการเพาะเมล็ด ส่วนในระยะต้นกล้าการเพาะในโรงเรือนปกติมีจำนวนใบที่มากกว่า เนื่องจากเมื่อผ่านระยะการเพาะเมล็ดเข้าสู่ระยะต้นกล้าผักต้องการแสงมากขึ้นซึ่งในโรงเรือนปกติมีค่าแสงเฉลี่ยที่สูงกว่าในโรงเรือนอัจฉริยะ

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยผู้วิจัยเสนอข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.2.1 การนำผลการวิจัยไปใช้งาน

จากผลการวิจัยผู้วิจัยเห็นว่างานวิจัยนี้สามารถนำไปเผยแพร่ให้แก่เกษตรกรและผู้ประกอบการที่ต้องการเพาะเมล็ดผักสลัดให้มีประสิทธิภาพ และเพิ่มความสะดวกในการดูแลการเพาะเมล็ด และสามารถนำไปใช้ด้านการเรียนการสอนเกี่ยวกับการทำงานของระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

5.2.2 แนวทางในการวิจัยครั้งต่อไป

ในการวิจัยครั้งต่อไปสามารถนำแนวทางการวิจัยการทำงานของระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งไปใช้ในการควบคุมและเก็บข้อมูลในด้านอื่นต่อไป

บรรณานุกรม

- Chieochan, O., Saokaew, A., & Boonchieng, E. (2017). IoT for smart farm: A case study of the Lingzhi mushroom farm at Maejo university. *14th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)*, 1-6.
- Jom. (2023). *thai-thaifood.com*. เข้าถึงได้จาก <https://www.thai-thaifood.com//ผักฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก/>
- NIPACloud. (2022). เข้าถึงได้จาก Nipa Cloud: <https://nipa.cloud/th/blog/saas-paas-iaas>
- Supatcha Swangchaeng. (2021). เข้าถึงได้จาก activio: <https://iot-store.activio.asia/th>
- กัมปนาท เนตรภักดี. (2561). *My Little Farm Vol.8 : ผักสลัด ปลูกง่าย*. กรุงเทพฯ: บ้านและสวน.
- จิรศักดิ์วงษ์ บงกชไพศาล, รัตนาพร อังคนารุ่งรัตน์, อรณิชา แซ่ตั้ง, ระพีพันธ์ แก้วอ่อน, ชัยวุฒ ชูรักษ์, พรชัย เปลี่ยมทรัพย์, และ กิตติธัช ทาพลเพ็ญ. (2562). โปรแกรมทดสอบอุณหภูมิและความชื้นในดินสำหรับโรงเรือนอัจฉริยะเพื่อใช้ปลูกผักออร์แกนิก. *การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ครั้งที่ 11*.
- ซัชชัย คุณบัว. (2562). *IoT:สถาปัตยกรรมและการสื่อสาร Internet of Things*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- ท.ลุงเกษตร. (2559). *เตือนโรคเน่าคอดินพืชผักในฤดูหนาว*. เข้าถึงได้จาก <https://www.chiangmainews.co.th/page/archives/549037>.
- ธีรวัฒน์ ชื่นอัคตงคต และศรายุทธ จิตรพัฒนากุล. (2565). การศึกษาและพัฒนาระบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิผ่านสมาร์ตโฟนสำหรับโรงเรือนปลูกผักสลัด. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปีที่ 17 ฉบับที่ 3* , 33-46.
- นิพนธ์ ไชยมงคล. (30 เมษายน 2566). เข้าถึงได้จาก *ฐานข้อมูลพืชผัก บทความเกษตร*: <https://vegetweb.com/wp-content/download/let.pdf>
- สหพงศ์ สมวงศ์ ฐานวิทย์ แนนไส และอธิโรจน์ มะโน. (2565). การพัฒนาโรงเรือนอนุบาลต้นกล้าอัจฉริยะสำหรับการเพาะปลูกแบบเกษตรอินทรีย์วิสาหกิจชุมชน ต.ท่าข้าม อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา. *วิศวกรรมลาดกระบัง ปีที่ 39 ฉบับที่ 3* , 72-82.
- อุมาพร บ่อพิมาย, นิคม ลนขุนทด, อัสภา วรรณกายนต์, และ เทียงธรรม สิริจินทเสน. (2563). ระบบเทคโนโลยีอัจฉริยะเกษตรอินทรีย์. *วารสารมหจุฬานาครทรรค์*, 63.

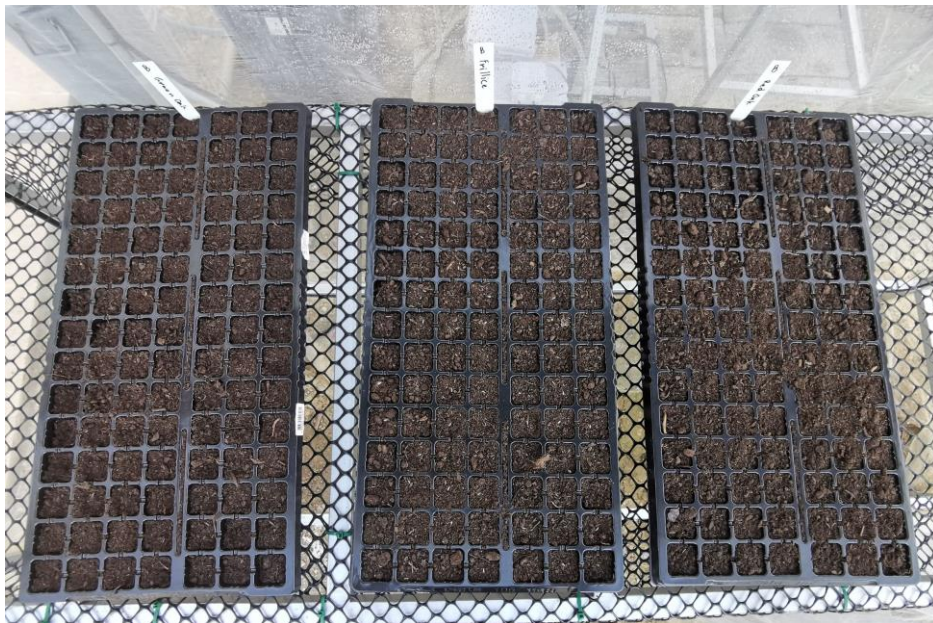
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
การทดลองเพาะเมล็ดผักสลัด

1. ภาพการเพาะเมล็ดผักสลัดในโรงเรือนอัจฉริยะและโรงเรือนปกติทั้ง 3 ชนิด คือเรดโอ๊ค กรีนโอ๊ค และฟินเลย์ไอซ์เบิร์ก



รูปที่ ก-1 การเตรียมถาดเพาะเมล็ดในโรงเรือนอัจฉริยะ



รูปที่ ก-2 การเตรียมถาดเพาะเมล็ดในโรงเรือนปกติ



(ก) เรดไอ้ค



(ข) พินเลย์ไอ้ค



(ค) กรีนไอ้ค

รูปที่ ก-3 ต้นกล้าวันที่ 4 ของการเพาะในโรงเรือนอัจฉริยะ



(ก) เรดไอ้ค



(ข) พินเลย์ไอ้ค



(ค) กรีนไอ้ค

รูปที่ ก-4 ต้นกล้าวันที่ 4 ของการเพาะในโรงเรือนปกติ



(ก) เรดโอ๊ค



(ข) ฟินเลย์ไอซ์เบิร์ก



(ค) กรีนโอ๊ค

รูปที่ ก-5 ต้นกล้าวันที่ 7 ของการเพาะในโรงเรือนอัจฉริยะ



(ก) เรดโอ๊ค



(ข) ฟินเลย์ไอซ์เบิร์ก



(ค) กรีนโอ๊ค

รูปที่ ก-6 ต้นกล้าวันที่ 7 ของการเพาะในโรงเรือนปกติ



รูปที่ ก-7 ตัวอย่างการวัดความกว้างและความสูงจากการเพาะในโรงเรือนอัจฉริยะ ระยะ 7 วัน



รูปที่ ก-8 ตัวอย่างการวัดความกว้างและความสูงจากการเพาะในโรงเรือนปกติ ระยะ 7 วัน



เรตโด้ค ฟินเล่ย์ไอ้ชเบริก และกรินโด้ค

รูปที่ ก-9 ต้นกล้าวันที่ 10 ของการเพาะในโรงเรือนอัจฉริยะ



ฟินเล่ย์ไอ้ชเบริก กรินโด้ค และ เรตโด้ค

รูปที่ ก-10 ต้นกล้าวันที่ 10 ของการเพาะในโรงเรือนปกติ



เรตไอ้ค ฟินเลย์ไอซ์เบิร์ก และกรีนไอ้ค

รูปที่ ก-11 ต้นกล้าวันที่ 14 ของการเพาะในโรงเรือนอัจฉริยะ



ฟินเลย์ไอซ์เบิร์ก กรีนไอ้ค และ เรตไอ้ค

รูปที่ ก-12 ต้นกล้าวันที่ 14 ของการเพาะในโรงเรือนปกติ



รูปที่ ก-13 ตัวอย่างการวัดความกว้างและความสูงจากการเพาะในโรงเรือนอัจฉริยะ ระยะ 14 วัน



รูปที่ ก-14 ตัวอย่างการวัดความกว้างและความสูงจากการเพาะในโรงเรือนปกติ ระยะ 14 วัน

2. ผลการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมจาก ThingSpeak โรงเรือนอัจฉริยะ A และโรงเรือนปกติ B

วันในการทดลอง	เวลา	soil moisture_A	soil moisture_B	Humidity_A	Humidity_B	Temperature_A	Temperature_B	Light_A	Light_B
Day1	6	37	34	99	99	24	24	401	1083
	7	38	36	86	87	28	28	7272	9473
	8	43	40	62	58	26	38	14106	26827
	9	42	39	48	46	28	43	10856	32978
	10	41	38	58	41	35	45	6408	33916
	11	40	37	62	43	34	43	3973	30403
	12	40	37	58	53	34	36	1793	7623
	13	40	37	58	54	34	35	1646	8047
	14	40	37	57	53	35	36	1711	8301
	15	40	36	59	56	34	35	1602	7472
	16	43	39	55	66	32	32	903	4577
	17	41	37	56	74	30	30	171	849
	18	41	34	79	80	29	28	0	0
Day2	6	38	38	85	86	25	25	206	368
	7	39	37	78	74	27	29	9455	5965
	8	43	42	53	49	30	38	19644	20904
	9	42	40	50	40	32	43	15525	25319
	10	41	39	52	41	33	42	7606	15411
	11	41	38	51	39	32	43	3957	11324
	12	40	37	51	40	38	43	1715	3860
	13	41	36	48	39	32	44	2169	4883
	14	40	36	47	38	32	40	1611	3391
	15	40	37	45	40	32	35	1396	3045
	16	41	45	42	49	30	30	1034	1392
	17	40	45	69	68	29	29	189	128
	18	40	44	75	74	27	27	0	0

วันในการทดลอง	เวลา	soil moisture_A	soil moisture_B	Humidity_A	Humidity_B	Temperature_A	Temperature_B	Light_A	Light_B
Day3	6	38	39	97	98	22	22	395	173
	7	39	40	92	89	24	25	2760	1110
	8	41	42	76	71	29	29	10515	3225
	9	41	40	55	45	32	43	24504	8049
	10	42	41	52	38	34	47	11851	9033
	11	41	40	55	38	39	45	6951	6855
	12	41	40	56	46	37	39	4430	3799
	13	41	41	51	51	34	36	3056	2674
	14	41	41	53	54	32	34	2675	2171
	15	41	41	54	59	32	33	1812	1472
	16	41	44	80	63	31	31	1223	1125
	17	40	43	71	66	29	29	286	259
	18	39	43	77	76	27	27	2	0
Day4	6	36	44	93	94	23	23	78	132
	7	37	44	90	88	25	25	837	923
	8	38	44	85	80	25	28	1235	1812
	9	37	45	73	70	26	31	1801	2748
	10	38	45	63	53	29	38	4052	6151
	11	38	45	60	46	30	41	2429	6127
	12	38	45	56	52	32	36	2128	3502
	13	38	45	54	54	32	36	1997	3373
	14	37	45	58	58	31	34	1727	2736
	15	37	45	68	61	29	33	1268	1907
	16	38	45	79	65	29	32	947	1464
	17	37	46	78	72	29	30	77	169
	18	37	46	79	75	28	28	0	0
Day5	6	33	42	79	80	21	21	214	203
	7	34	42	72	64	23	23	2277	1874

วันในการทดลอง	เวลา	soil moisture_A	soil moisture_B	Humidity_A	Humidity_B	Temperature_A	Temperature_B	Light_A	Light_B
	8	36	43	70	52	26	17	5826	6120
	9	36	42	50	45	27	33	2096	5615
	10	35	42	53	43	29	35	1351	5204
	11	36	41	53	40	29	37	1313	2421
	12	36	41	55	51	29	30	209	946
	13	35	41	55	53	29	29	167	890
	14	35	41	53	52	30	30	154	928
	15	36	40	51	51	31	31	218	1242
	16	36	40	53	52	29	29	136	643
	17	36	40	58	56	27	27	5	46
	18	35	38	59	58	25	26	0	0
Day6	6	36	38	81	82	19	19	15	178
	7	37	38	72	72	22	22	258	2873
	8	37	39	67	51	23	30	769	7373
	9	38	40	55	42	26	33	933	4832
	10	38	40	54	37	27	35	1161	5195
	11	37	40	53	35	32	37	1236	2538
	12	37	39	50	41	28	30	177	949
	13	37	38	52	43	26	29	162	913
	14	37	38	51	43	25	29	136	859
	15	37	38	51	43	25	28	103	867
	16	37	35	60	46	25	28	121	730
	17	36	35	52	52	24	26	9	115
	18	37	34	59	59	24	24	0	0
Day7	6	32	28	96	98	17	16	10	137
	7	33	29	87	85	20	19	214	1902
	8	34	35	62	58	27	29	731	4239
	9	34	36	55	48	28	32	1027	4386

วันในการทดลอง	เวลา	soil moisture_A	soil moisture_B	Humidity_A	Humidity_B	Temperature_A	Temperature_B	Light_A	Light_B
	10	34	36	50	40	28	35	1230	5249
	11	34	35	47	36	28	37	1177	2551
	12	34	34	46	42	28	30	226	1058
	13	34	34	44	43	29	29	239	1059
	14	34	34	43	42	29	30	212	1044
	15	34	34	44	43	30	29	169	1058
	16	36	36	48	48	28	28	105	614
	17	36	36	63	63	25	25	8	75
	18	37	41	74	76	23	22	0	0
Day8	6	33	36	99	99	16	16	12	170
	7	34	37	88	84	19	17	236	1876
	8	36	39	75	60	25	28	699	4251
	9	36	41	62	47	28	33	836	4329
	10	36	41	60	41	30	37	994	5296
	11	36	41	55	39	31	37	987	2625
	12	36	40	50	48	28	30	173	950
	13	36	40	62	51	26	29	162	898
	14	36	40	63	51	26	29	142	874
	15	36	39	65	50	30	29	125	838
	16	36	39	68	52	26	29	108	705
	17	36	39	69	59	25	27	10	114
	18	35	39	72	69	23	24	0	0
Day9	6	32	34	94	99	21	16	11	174
	7	33	35	84	94	24	18	224	1844
	8	35	37	80	65	25	27	783	4261
	9	35	39	78	50	30	33	944	4149
	10	37	39	62	39	34	40	1009	5284
	11	37	39	55	35	37	43	1016	2586

วันในการทดลอง	เวลา	soil moisture_A	soil moisture_B	Humidity_A	Humidity_B	Temperature_A	Temperature_B	Light_A	Light_B
	12	36	38	58	46	32	32	148	816
	13	36	38	60	50	30	30	135	781
	14	36	38	62	50	30	30	132	801
	15	36	38	65	52	29	29	124	838
	16	37	38	65	58	28	29	107	698
	17	36	37	75	70	26	26	12	127
	18	35	36	85	84	23	23	0	0
Day10	6	32	34	99	99	19	18	12	174
	7	33	34	94	69	20	26	200	1642
	8	35	36	68	65	28	30	689	3972
	9	36	37	54	53	33	38	845	4010
	10	36	37	57	45	32	40	988	4915
	11	36	38	59	42	30	39	1089	2642
	12	35	37	55	40	30	36	177	898
	13	35	37	53	40	31	35	168	854
	14	35	37	53	40	32	35	166	883
	15	35	37	51	39	32	35	162	987
	16	36	37	55	58	30	33	116	689
	17	36	37	59	59	22	29	9	99
	18	35	36	77	79	25	24	0	0
เฉลี่ย		37	39	64	58	28	31	1866	3712

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล นางสาว ปรียากร บัวทอง
Miss Pariyakorn Buathong
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน -
3. สัญชาติ ไทย
4. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์
5. สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โทร.0-5671-7151 มือถือ. 089-9596164
Email : phaka_poo@hotmail.com
6. ประวัติการศึกษา
ปี 2546 - ปริญญาตรี วท.บ. (เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์) สถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์
ปี 2550 - ปริญญาโท วท.ม. (วิทยาการคอมพิวเตอร์) มหาวิทยาลัยนเรศวร
7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
-
8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุ
สถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย
หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน (อาจมากกว่า 1 เรื่อง)
 1. การพัฒนาโปรแกรมประมวลผลการเรียนตามรายวิชาของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
 2. ผลของการใช้เทคนิคร่วมกันคิดที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง กราฟในวิชาโครงสร้างข้อมูลและสถาปัตยกรรมไมโครคอมพิวเตอร์ด้วยสำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
 3. บทบาทและแนวทางในการส่งเสริมการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนไอซีทีของผู้บริหารสถานศึกษากลุ่มโรงเรียนบ้านโคกตงมูลเหล็ก จังหวัดเพชรบูรณ์
 4. การใช้เทคนิคร่วมกันคิดที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการกำหนดค่าข้อมูลและคำสั่งพื้นฐาน ในวิชาปฏิบัติการการเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
 5. การพัฒนาการเชื่อมโยงสรรพสิ่งเพื่อควบคุมระบบในโรงเพาะชำอัตโนมัติ

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นาย ศิวตล แจ่มจำรัส
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr.Siwadon Chaemchamrat
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน -
3. สัญชาติ ไทย
4. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
5. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 83 หมู่ 11 ตำบลสะเตียง อำเภอเมือง
จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000 โทรศัพท์ 081-1646271
e-mail : vip119z@hotmail.com
6. ประวัติการศึกษา
วท.ม. (พืชสวน) มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ปีที่จบการศึกษา 2554
วท.บ. (พืชศาสตร์) มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ปีที่จบการศึกษา 2550
7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน
8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุ
สถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยใน
แต่ละผลงานวิจัย
ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย
1. การผลิตและการใช้ประโยชน์ปุ๋ยมูลไส้เดือนคุณภาพสูงในการผลิตพืชอินทรีย์เพื่อสร้างความ
เข้มแข็งและความสามารถในการแข่งขันให้กลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตพืชอินทรีย์ในจังหวัดเพชรบูรณ์
หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน (อาจมากกว่า 1 เรื่อง)
1. ศึกษาผลของวัสดุปลูกจากปุ๋ยหมักจากเปลือกฝักมะขามต่อคุณภาพของดินพร้อมปลูก
2. ความหลากหลายและการใช้ประโยชน์ของมันพื้นเมืองสกุล *Dioscorea* sp.
3. การเปรียบเทียบวัสดุรองพื้นที่ใช้ในการเลี้ยงไส้เดือนที่แตกต่างกันต่อคุณภาพมูลไส้เดือนใน
จังหวัดเพชรบูรณ์
4. ผลของสารเคลือบผิวจากเปลือกเสาวรสต่อการยืดอายุการเก็บรักษา
สตอเบอร์รี่ที่ปลูกในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์
5. การพัฒนาระบบเกษตรสมัยใหม่เพื่อผลิตมะเดื่อฝรั่งแบบประณีต