การเกษตรอัจฉริยะสำหรับการปลูกสตรอเบอร์รีด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์

SMART FARMING FOR HYDROPONIC STRAWBERRY

โดย

นางสาวสุจารี มณีแดง

นางสาวอริสรา สายเสมา

นายอานันตชัย เมกลิ่น

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกษตรอัจฉริยะสำหรับการปลูกสตรอเบอร์รีด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์

SMART FARMING FOR HYDROPONIC STRAWBERRY

โดย

นางสาวสุจารี	มณีแดง	63010990
นางสาวอริสรา	สายเสมา	63011065
นายอานันตชัย	เมกลิ่น	63011082

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.สิรภพ ตู้ประกาย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2566

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การเกษตรอัจฉริยะสำหรับการปลูกสตรอเบอร์รีด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์
SMART FARMING FOR HYDROPONIC STRAWBERRY

ผู้จัดทำ

1. นางสาวสุจารี มณีแดง 63010990
2. นางสาวอริสรา สายเสมา 63011065
3. นายอานันตชัย เมกลิ่น 63011082

..... **อาจารย์ที่ปรึกษา**

(ผศ.ดร.สิรภพ ตู้ประกาย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินปริญญานิพนธ์เรื่อง “การเกษตรอัจฉริยะสำหรับการปลูกสตรอเบอร์รีด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์” จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจากที่ปรึกษาโครงงาน คือ ผศ.ดร.สิรภพ ตู้ประกาย รวมทั้งรุ่นพี่และเพื่อนๆทุกท่านในห้องปฏิบัติการทดลองที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา และแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษา ค้นคว้าวิจัยให้โครงงานนี้สำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมถึงสนับสนุนสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ระหว่างการจัดทำโครงงาน ขอขอบพระคุณในความปรถนาดีและความห่วงใยที่มีให้แก่คณะผู้จัดทำเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนประสิทธิ์ประสาทวิชา ความรู้ และประสบการณ์ให้แก่ผู้จัดทำ

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้ความรัก ความห่วงใย และเป็นกำลังใจที่สำคัญเสมอมาและที่สำคัญคือสนับสนุนให้โอกาสทางด้านการศึกษาอันมีค่ายิ่งแก่ผู้จัดทำ

นางสาวสุจารี มณีแดง
นางสาวอริสรา สายเสมา
นายอานันตชัย เมกลิ่น
ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกษตรอัจฉริยะสำหรับการปลูกสตรอเบอร์รีด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์

SMART FARMING FOR HYDROPONIC STRAWBERRY

โดย นางสาวสุจารี มณีแดง 63010990
นางสาวอริสรา สายเสมา 63011065
นายอานันตชัย เมกลิ่น 63011082

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.สิรภพ ตู้ประกาย

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการคิดค้นนวัตกรรมเพื่อใช้สำหรับสังเกตการณ์และดูแลสตอเบอร์รีโดยใช้ระบบไฮโดรโปรนิกส์ในรูปแบบระบบปิดให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม ซึ่งมีการใช้น้ำเย็นเป็นตัวแปรสำคัญ โดยการนำอุปกรณ์ IOT มาประยุกต์ใช้กับการดูแลต้นสตอเบอร์รีเพื่อคิดค้นอุปกรณ์และพัฒนาเป็นระบบสังเกตการณ์ควบคุมโรงเรือนสตรอเบอร์รี โดยระบบประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือการแสดงผลค่าเซนเซอร์ต่างๆภายในโรงเรือนซึ่งจะทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์และจัดเก็บไปยังฐานข้อมูลแบบตามเวลาจริงและส่วนการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆภายในโรงเรือนสตรอเบอร์รี ซึ่งการทำงานในส่วนนี้จะมีการทำงานสองรูปแบบ คือ รูปแบบอัตโนมัติ และ รูปแบบควบคุมด้วยตัวผู้ใช้เอง โดยการทำงานของระบบทั้งหมดจะสั่งงานผ่านเว็บไซต์ BLYNK.IO

ABSTRACT

This thesis focuses on innovating a hydroponic system enclosed in a controlled environment to observe and manage strawberry plants. It utilizes IoT devices to facilitate the monitoring and development of a strawberry greenhouse. The system comprises two main parts: displaying sensor data within the greenhouse, which collaborates with a microcontroller and stores data in a real-time database, and controlling various devices within the strawberry greenhouse. The system operates in two modes: automatic and user-controlled. All operations are orchestrated through the BLYNK.IO website.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		I
บทคัดย่อ		II
สารบัญ		IV
สารบัญรูป		VII
สารบัญตาราง		XI
บทที่ 1	**บทนำ**	
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	1
	1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2	**ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง**	
	2.1 ไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics)	3
	2.2 สตรอเบอร์รี	7
	2.3 สตรอเบอร์รีไฮโดรโปนิกส์	25
	2.4 Thermoelectric Cooler Peltier	29
	2.5 บอร์ด ESP32 NodeMCU Goouuu ESP32 DEVKIT Wi-Fi and	31
	2.6 4-Channel Relay Module	32
	2.7 SONIC AP-1600	33
	2.8 เซ็นเซอร์	34
	2.8.1 Waterproof Temperature Sensor (DS18B20) 3 Meter	34
	2.8.2 pH Electrodes	36
	2.8.3 TDS sensor (Total Dissolved Solids)	38
	2.8.4 GY-302 BH1750 Module	41
	2.9 Dimmer Module PWM control	46
	2.10 LED Grow Light Full Spectrum 200 LEDSc	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 2	**ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง**	
	2.11 Blynk Nodemcu esp8266	49
	2.12 การบันทึกข้อมูล ESP32 ไปยัง Google ชีตด้วย Google Scripts	51
บทที่ 3	**การออกแบบและการจัดทำโครงงาน**	
	3.1 การออกแบบ	51
	3.1.1 การออกแบบและสร้างโรงเรือนปลูกสตรอเบอร์รีระบบไฮโดรโปนิกส์	51
	3.1.2 การออกแบบการทำงานของไมโครคอนโทลเลอร์	56
	3.1.2.1 การตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำ	56
	3.1.2.2 การควบคุมอุณหภูมิของน้ำ	57
	3.1.2.3 การควบคุมการเปิดปิดของLED	58
	3.1.2.4 การตรวจวัดค่าความเข้มแสง	59
	3.1.2.5 การควบคุมวงจรหรี่ไฟ	60
	3.1.2.6 การตรวจวัดค่าpH ของน้ำ	61
	3.1.2.7 การตรวจวัดค่าTDSของน้ำ	62
	3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	63
	3.2.1 แผ่นร้อนเย็น	63
	3.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์	64
	3.2.3 โมดูลรีเลย์	64
	3.2.4 ปั๊มน้ำ	64
	3.2.5 Temperature Sensors	64
	3.2.6 pH Probe	64
	3.2.7 Total Dissolved Solids sensor	64
	3.2.8 BH1750 Module	65
	3.2.9 Dimmer Module PWM control	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 3	**การออกแบบและการจัดทำโครงงาน**	
	3.2.10 LED Grow Light	65
	3.2.11 Blynk Nodemcu esp8266	65
	3.2.12 คอมพิวเตอร์	65
	3.2.13 โปรแกรม 3Ds Max 2023	66
	3.2.14 โปรแกรม Arduino IDE	66
	3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	67
	3.3.1 ทดสอบการทำงานของการควบคุมการเปิดปิดและการเพิ่ม-ลดแสงของหลอดไฟ	67
	3.3.2 ตรวจวัดค่าของอุณหภูมิ pH TDS และ Lux	67
	3.3.3 การตรวจวัดความเข้มแสง	67
	3.3.4 การบันทึกข้อมูลในโรงเรือน	67
บทที่ 4	**ผลการทดลอง**	
	4.1 ควบคุมการเปิดปิดและการเพิ่ม-ลดแสงของหลอดไฟ	68
	4.2 ค่าของอุณหภูมิ pH TDS และ Lux	69
	4.2.1 ผลการวัดค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่ารวมของสารละลาย (TDS)	69
	4.2.2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่ารวมของสารละลาย (TDS)	73
	4.3 การตรวจวัดความเข้มแสง	74
	4.4 การบันทึกข้อมูลในโรงเรือน	75
บทที่ 5	**สรุปผลและข้อเสนอแนะ**	
	5.1 สรุปผล	78
	5.2 ข้อเสนอแนะ	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บรรณานุกรม		79
ภาคผนวก ก	โปรแกรมอ่านค่าความเข้มข้นแสงและแสดงผลไปยัง Serial monitor และส่งไปแสดงผลที่ Blynk Application	87
ภาคผนวก ข	โปรแกรมการทำงานของ โปรแกรมกำหนดชื่อและรหัสผ่านที่ต้องการเชื่อมต่อกับสัญญาณWIFI และกำหนดโทเคนของBlynk Application	89
ภาคผนวก ค	โปรแกรมอ่านค่าTDS จากเซ็นเซอร์และส่งไปยัง Blynk Application	91
ภาคผนวก ง	โปรแกรมอ่านค่าอุณหภูมิ จากเซ็นเซอร์และส่งไปยัง Blynk Application	95
ภาคผนวก จ	โปรแกรมอ่านค่าpH จากเซ็นเซอร์และส่งไปยัง Blynk Application	97
ภาคผนวก ฉ	โปรแกรมควบคุมการเปิดปิดไฟผ่านRelayโดยรับคำสั่งจาก Blynk Application	99
ภาคผนวก ช	โปรแกรมส่งข้อมูลค่าต่างๆที่ได้รับจากเซ็นเซอร์ไปยัง google sheet	101
ภาคผนวก ซ	โปรแกรมควบคุมอุณหภูมิของน้ำ	104
ภาคผนวก ฌ	โปรแกรมควบคุมการแสงไฟผ่านวงจรหรี่ไฟ Ac dimmer 220V	106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

2.1	2.1 Nutrient Film Technique System	5
2.2	2.2 Deep Flow Technique System	6
2.3	Dynamic Root Floating Technique System	6
2.4	พันธุ์พระราชทาน 16	10
2.5	พันธุ์พระราชทาน 20	10
2.6	พันธุ์พระราชทาน 50	10
2.7	พันธุ์พระราชทาน 72	10
2.8	พันธุ์พระราชทาน 80	10
2.9	ภาพแสดงอาการของโรคแอนแทรคโนสบนก้านใบ (ก) เส้นไหล (ข) ลำต้น (ค) บนผล (ง, จ และ ฉ)	15
2.10	ลักษณะของเชื้อ Colletotrichum sp.บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (ก) และสปอร์ของเชื้อ (ข)	15
2.11	อาการของต้นสตรอเบอรี่ถูกโรคแอนแทรสโนสเข้าทำลาย ทำให้แสดงอาการเหี่ยว (ก) เมื่อผ่าลำต้นจะพบแผลสีน้ำตาลแดง (ข และ ค) พืชอาศัยไม้ผลทุกชนิด	16
2.12	ภาพแสดงอาการของโรคราแป้งบนใบ จะพบเส้นใยสีขาวบริเวณใต้ใบ (ก) หรือแผลสีน้ำตาลแดง (ข) จะทำให้ใบห่อขึ้น (ค) บนผลและขั้วผล (ง และ จ)	16
2.13	ภาพแสดงอาการของโรคปลายไหลไหม้จะแสดงอาการไหม้เป็นสีดำบริเวณปลายเส้นไหล	17
2.14	ภาพแสดงอาการของโรคใบจุดตานก (ก) ใบจุด Pestalotia (ข และค) และใบจุดใบไหม้Verticillium (ง)	18
2.15	ลักษณะอาการของผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา Botrytis (ก) Cladosporium (ข)Colletotrichum (ค) และ Phytophthora (ง)	19
2.16	ภาพแสดงลักษณะอาการของโรคไวรัสในแปลงปลูก ยอดไม่เจริญ (ก) ใบผิดรูปร่าง เนื้อใบแข็ง (ข) และใบด่าง (ค)	20
2.17	ภาพแสดงหนอนกระทู้ผัก (ก) และลักษณะการทำลาย (ข)	20
2.18	ภาพแสดงลักษณะการเข้าทำลายของเพลี้ยไฟที่ผล (ก) และใบ (ข)	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

2.19 ภาพแสดงไรสองจุด (ก) และลักษณะการทำลาย (ข) 22
2.20 ภาพแสดงอาการขาดแคลเซียมของสตรอเบอร์รี 23
2.21 ภาพแสดงอาการขาดธาตุเหล็กของสตรอเบอร์รี 24
2.22 ภาพแสดงอาการขาดธาตุแมกนีเซียมของสตรอเบอร์รี 24
2.23 ภาพแสดงอาการขาดธาตุแมงกานิสของสตรอเบอร์รี 24
2.24 ภาพแสดงอาการขาดธาตุโปแตสเซียมของสตรอเบอร์รี 25
2.25 ภาพแสดงหลักการทำงานของแผ่นเพลเทียร์ 30
2.26 ESP32 Pinout 31
2.27 แผง 4-Channel Relay Module 33
2.28 สัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าของ4-Channel Relay Module 33
2.29 ปั๊มน้ำ SONIC AP-1600 34
2.30 Digital Temperature Sensor Probe DS18B20 35
2.31 Pin Configurations 35
2.32 pH electrode parts 36
2.33 Single junction glass electrode 37
2.34 Chart value represent 38
2.35 BH1750 Block Diagram 42
2.36 ตัวอย่างการส่งคำสั่งไปยัง BH1750 (เชื่อมต่อด้วยบัส I2C) เพื่อเริ่มต้นวัดค่าแสงแบบต่อเนื่อง ให้ทำงานในโหมด H-Resolution 1x, Continuous Measurement และมีค่าบิต ADDR=0 (Low) (ใช้หมายเลขแอดเดรส 0x23) 43
2.37 การเชื่อมต่อด้วยบัส I2C เพื่อส่งคำสั่งไปยัง BH1750 ให้เริ่มต้นวัดค่าแสงแบบครั้งเดียว ให้ทำงานในโหมด L-Resolution 4x, One-Shot Measurement และมีค่าบิต ADDR=1 (High) (ใช้หมายเลขแอดเดรส 0x23) 43
2.38 โมดูล GY-302 มุมมองจากด้านบน (ที่มีไอซีเซอร์วัดแสง) และด้านล่างตามลำดับ 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

2.39 มุมมองด้านบน (Top View) และการจัดเรียงขาจากซ้ายไปขวาคือ ADDR, SCL, SDA, GND และ VCC 45

2.40 ส่วนหนึ่งของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่น 400 ถึง 700 นาโนเมตร โดยเริ่มจากรังสีอัลตราไวโอเลต (ส่วนด้านซ้าย) จนถึงอินฟราเรด (ทางขวา) 47

2.41 Full Spectrum 48

2.42 ตัวอย่าง App Blynk 49

2.43 การเชื่อมต่อแบบ Server to Client 50

2.44 ภาพรวมของระบบ Network Blynk 50

2.45 ESP32 and Google Sheet 51

3.1 การออกแบบส่วนของชุดปลูกไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำวน 52

3.2 การออกแบบส่วนของโรงเรือนปลูกไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำวน 53

3.3 ชุดปลูกไฮโดรโปนิกส์น้ำวน แบบ10ช่อง 53

3.4 ชุดปลูกไฮโดรโปนิกส์น้ำวน แบบ10ช่อง 54

3.5 การประกอบชุดรางและชุดวาล์ว 54

3.6 การต่อชุดปั๊มน้ำ 55

3.7 โรงเรือนปลูกปลูกไฮโดรโปนิกส์น้ำวน 55

3.8 การต่อการต่อ NodeMCU ESP32 เข้ากับ Temperature Sensor เพื่อวัดอุณหภูมิ 56

3.9 การต่อ NodeMCU ESP32 เข้ากับรีเลย์เพื่อควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ทำความเย็น 57

3.10 การต่อ NodeMCU ESP32 เข้ากับรีเลย์เพื่อควบคุมไฟ 58

3.11 วงจรของ GY-302 BH1750 Module 60

3.12 การต่อวงจรของ Dimmer Module PWM Control 60

3.13 การต่อ NodeMCU ESP32 เข้ากับ pH Electrodes เพื่อวัดค่าpH 62

3.14 การต่อ NodeMCU ESP32 เข้ากับ TDS Sensor เพื่อวัดค่าTDS 63

3.15 แผ่นทำความเย็น (เพลเทียร์) 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

3.16 หน้าหลักของโปรแกรม Arduino IDE 66

4.1 ผลควบคุมการเปิดปิดของหลอดไฟ 68

4.2 ผลควบคุมการเพิ่ม-ลดแสงของหลอดไฟ 68

4.3 ค่าของอุณหภูมิ pH TDS และ Lux 73

4.4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่ารวมของสารละลาย (TDS) อุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 18.45 องศา 73

4.5 กราฟแสดงข้อมูลการตรวจวัดความเข้มแสง 74

4.6 แผนภูมิแสดงข้อมูลการเจริญเติบโตเฉลี่ยของต้นสตรอเบอร์รี่ 8 ต้น ในระบบไฮโดรโปนิกส์ เปรียบเทียบระหว่างเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ 76

4.7 สตรอเบอร์รีพันธุ์พระราชทาน80 ที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์เป็นเวลา 151 วัน 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 คุณค่าทางอาหารของผลสตรอเบอรี่สดที่ปั่นแล้วในหนึ่งถ้วยขนาด 250 ml 14

2.2 แสดงค่ามาตรฐานTDS(1) 40

2.3 แสดงค่ามาตรฐานTDS(2) 41

2.4 คำสั่ง (Instructions) ของ BH1750 44

2.5 คุณลักษณะของ Dimmer Module PWM control 47

4.6 ผลการวัดค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่ารวมของสารละลาย (TDS) 69

4.7 ผลการวัดค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่ารวมของสารละลาย (TDS) 70

4.8 ผลการวัดค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่ารวมของสารละลาย (TDS) 71

4.9 ผลการวัดค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่ารวมของสารละลาย (TDS) 72

4.10 ข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอร์รี่ 8 ต้น ในระบบไฮโดรโปนิกส์เปรียบเทียบระหว่างเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการปลูกสตรอเบอร์รีพบว่ามีความยากลำบากในการควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมโดยเราจะทำการทดลองการควบคุมอุณหภูมิของน้ำแทนการควบคุมสภาพอากาศ โดยการปลูกพืชในน้ำเย็นมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช การปลูกพืชด้วยน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าปกติและอยู่ในช่วงที่เหมาะสมจะช่วยให้พืชมีผลการเจริญเติบโตได้ดีกว่าและการควบคุมอุณหภูมิของน้ำสามารถควบคุมได้ง่ายกว่าการควบคุมสภาพอากาศ อีกทั้งปัญหาด้านโรคและแมลงมักมีผลกระทบต่อผลผลิตและคุณภาพของสตรอเบอร์รีเราจึงเลือกใช้การปลูกในระบบปิดและใช้การควบคุมสารอาหารผ่านการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ และนำเทคโนโลยีการเชื่อมโยงกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาช่วยในการดูแลและควบคุมระบบ ทำให้เกิดความเป็นมาของแนวคิดการเกษตรอัจฉริยะ ที่มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสำหรับการปลูกสตรอเบอร์รีเพื่อลดปัญหาดังกล่าวและเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิต

การปลูกสตรอเบอร์รีด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำวนมีความสำคัญมากในปัจจุบัน เนื่องจากสตรอเบอร์รีเป็นผลผลิตที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและการบริโภค การใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยทำให้สามารถควบคุมและปรับปรุงสภาพแวดล้อมการปลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากเงื่อนไขอากาศที่ไม่คงที่ ป้องกันการระบาดของโรคและแมลงที่อาจส่งผลกระทบต่อผลผลิตและคุณภาพของสตรอเบอร์รีได้ ดังนั้น การศึกษาด้านการเกษตรอัจฉริยะเพื่อการปลูกสตรอเบอร์รีมีความสำคัญในการพัฒนาวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการผลิตและบริหารจัดการสตรอเบอร์รีอย่างยั่งยืนและสมเหตุสมผลในสภาพแวดล้อมที่ท้าทาย โดยนำเทคโนโลยีไฮโดรโปนิกส์และอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบการปลูกสตรอเบอร์รีที่มีประสิทธิภาพสูง

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อพัฒนาระบบสมาร์ทฟาร์มสำหรับการปลูกสตรอเบอร์รี่ด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์
   1.1) ศึกษาและออกแบบระบบ
      - ศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์ทำน้ำเย็น
      - ศึกษาการปลูกสตรอว์เบอร์รีและอุณหภูมิน้ำที่เหมาะสมกับการปลูก
      - ศึกษาหลักการทำงานและการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ศึกษาเทคนิคการปลูกสตรอเบอร์รี่ด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์โดยควบคุมอุณหภูมิน้ำ
- ออกแบบและสร้างระบบตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิของน้ำ

1.2) พัฒนาและทดสอบระบบ

- ประกอบและติดตั้งระบบสมาร์ทฟาร์ม
- ทดสอบการทำงานของระบบ
- ปรับแต่งระบบให้มีประสิทธิภาพ

2) เพื่อเพิ่มคุณภาพทางการผลิตสตรอเบอร์รี่

นำความรู้ที่ได้จากการศึกษาภาคทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ หาเทคนิคการปลูกสตรอเบอร์รี่ด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ โดยการควบคุมอุณหภูมิน้ำ การให้สารอาหาร แสง การปรับปรุงสภาพน้ำในระบบให้เหมาะสมกับสตรอว์เบอร์รี วิเคราะห์ข้อมูลและผลลัพธ์ นำเสนอผลลัพธ์ผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนหรือคอมพิวเตอร์

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ทำการออกแบบและสร้างสมาร์ทฟาร์ม โดยมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาระบบ Smart Farming สำหรับการปลูกสตรอเบอร์รี่ด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ที่ควบคุมอุณหภูมิของน้ำในระบบและตรวจสอบคุณภาพของน้ำ ดังนี้

1. ออกแบบและสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิของน้ำอัตโนมัติและแสดงผลผ่านแอพลิเคชัน
2. พัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับควบคุมและแสดงผลของระบบ
3. วิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอผลลัพธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ปริญญานิพนธ์เรื่อง "การเกษตรอัจฉริยะสำหรับการปลูกสตรอเบอร์รีด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์" ได้ทำการออกแบบและพัฒนาโรงเรือนสำหรับปลูกสตรอเบอร์รี ซึ่งอุปกรณ์นี้สามารถช่วยเกษตรกรในการดูแลต้นสตรอเบอร์รี โดยใช้เงื่อนไขการปลูกเป็นแบบไฮโดรโปนิกส์ ดังนั้นปริญญานิพนธ์ที่นำเสนอจึงมีทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 ไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponic)

ไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics) เป็นคำที่มาจากภาษากรีก 2 คำ คือคำว่า Hydro ซึ่งแปลว่าน้ำ และคำว่า Ponos แปลว่าทำงานหรือแรงงาน เมื่อรวมกันจึงมีความหมายว่าการทำงานที่เกี่ยวข้องกับน้ำ

การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์เริ่มมาจากการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ธาตุอาหารต่างๆในการปลูกพืชซึ่งมีมาตั้งแต่หลายพันปีก่อนสมัยของอริสโตเติล จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์พบว่านักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้เขียนบันทึกต่างๆ ทางพฤกษศาสตร์ขึ้นและปรากฏอยู่จนทุกวันนี้ แต่การปลูกพืชตามหลักการทางวิทยาศาสตร์นั้นเริ่มขึ้นประมาณ 300 ปีมาแล้ว คือประมาณ ค.ศ. 1699 John Woodward นักพฤกษศาสตร์ชาวอังกฤษได้พยายามทำการทดลอง เพื่อหาคำตอบว่าอนุภาคของของแข็งและของเหลวที่อยู่ในดินมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างไร ต่อมาปี ค.ศ. 1860-1865 นักวิทยาศาสตร์ชื่อ Sachs และ Knop นับเป็นผู้ริเริ่มปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ โดยการปลูกพืชด้วยสารละลายเกลือ อนินทรีย์ต่างๆ เช่น โพแทสเซี่ยมฟอสเฟต โพแทสเซี่ยมไนเตรต ซึ่งให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซี่ยม แมกนีเซียม กำมะถัน แคลเซียม และเหล็ก ภายหลังมีการพัฒนาสูตรธาตุอาหารพืชเรื่อยมา จนถึงปี ค.ศ. 1920-1930 William F.Gericke แห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย ประสบความสำเร็จในการปลูกมะเขือเทศในสารละลายธาตุอาหาร โดยพืชมีการเจริญเติบโตสมบูรณ์และให้ผลผลิตเร็ว นับเป็นจุดเริ่มต้นของการนำเทคนิคการปลูกพืชโดยวิธีนี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อปลูกพืชเป็นการค้า และได้มีการพัฒนาเทคนิควิธีการและส่วนประกอบในสารละลายเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics) เป็นการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแต่ใช้น้ำที่มีธาตุอาหารพืชละลายอยู่หรือการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารพืชทดแทน ซึ่งนับเป็นวิธีการใหม่ในการปลูกพืช โดยเฉพาะการปลูกผักและพืชที่ใช้เป็นอาหาร เนื่องจากประหยัดพื้นที่ และไม่ปนเปื้อนกับสารเคมีต่างๆ ในดิน ให้ได้พืชผักที่สะอาดเป็นอาหาร ปัจจุบันนี้ในเทคนิคการปลูกพืชแบบไร้ดินหลายแบบด้วยกัน

คำว่า ไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics) เป็นคำผสมระหว่างคำ 3 คำ คือ

1) Hydro หมายถึง น้ำ

2) Ponos เป็นคำที่มาจากภาษากรีก หมายถึง การทำงาน

3) Ics หมายถึง ศาสตร์หรือศิลปะ

ซึ่งเมื่อรวมคำทั้ง 3 คำเข้าด้วยกันจึงมีความหมายตามรูปศัพท์ว่า ศาสตร์หรือศิลปะว่าด้วยการทำงานของน้ำ

ปัจจุบัน การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์มีเทคนิคที่คิดค้นใหม่ๆหลากหลายรูปแบบ มิได้จำกัดอยู่เฉพาะการปลูกพืชในน้ำ(water culture) เท่านั้น บางกรณีมีการใช้วัสดุปลูก (substrate) ทดแทนดินทั้งหมดและรดด้วยสารละลายธาตุอาหารพืช ซึ่งเรามักเรียกว่า ซับส์เทรต คัลเจอร์ (substrate culture) หรือ มีเดีย คัลเจอร์ (media culture) หรือ แอกกรีเกตไฮโดรโปนิกส์ (aggregate hydroponics) เทคนิคดังกล่าวนิยมเรียกว่า การปลูกพืชไร้ดิน (soilless culture) ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าเทคนิคการปลูกพืชในน้ำหรือ การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์รูปแบบอื่นๆ บางครั้งก็อาจเรียกรวมๆ ว่า soilless culture แทนคำว่า hydroponics

ไฮโดรโปนิกส์ มีประโยชน์หลัก 2 ประการ

ประการแรก คือ ช่วยให้มีสิ่งแวดล้อมที่ควบคุมได้มากขึ้นสำหรับการเติบโตของพืชแทนที่จะเป็นการใช้ดินอย่างเดิม ทำให้กำจัดตัวแปรที่ไม่ทราบออกไปจากการทดลองได้จำนวนมาก

ประการที่สอง คือ พืชหลายชนิดจะให้ผลผลิตได้มากในเวลาที่น้อยกว่าเดิม และในบางครั้งก็มีคุณภาพที่ดีกว่า

การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์จะให้ผลกำไรแก่เกษตรกรมากขึ้น และด้วยการปลูกที่ไม่ใช้ดินจึงทำให้พืชไม่มีโรคที่เกิดในดิน ไม่มีวัชพืช ไม่ต้องจัดการดิน และยังสามารถปลูกพืชใกล้กันมากได้ด้วยเหตุนี้พืชจึงให้ผลผลิตในปริมาณที่มากกว่าเดิมขณะที่ใช้พื้นที่จำกัด นอกจากนี้ยังมีการใช้น้ำน้อยมากเพราะมีการใช้ภาชนะ หรือระบบวนน้ำแบบปิด เพื่อหมุนเวียนน้ำ [20]

ระบบไฮโดรโปนิกส์

การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ มี 5 ระบบคือ

1. NFT (Nutrient Film Technique)

2. NFLT (Nutrient Flow Technique)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. DFT (Deep Flow Technique)

4. DRFT (Dynamic Root Floating Technique)

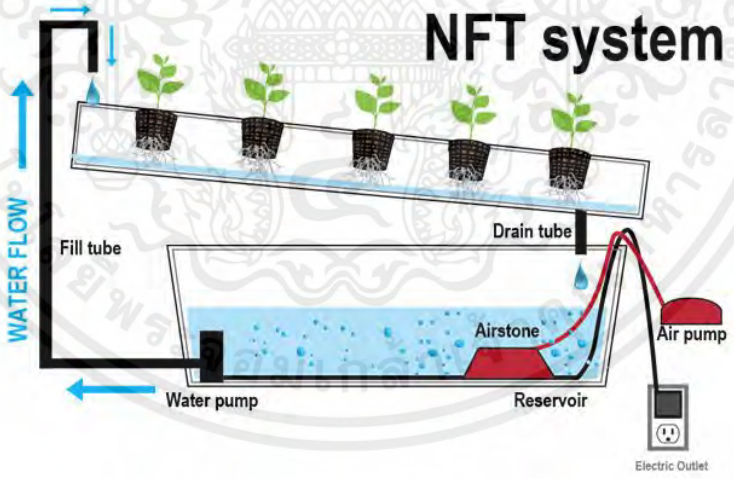
5. FAD (Food and Drain)

ระบบไฮโดรโปนิกส์ที่นิยมปลูกในเมืองไทย

1. NFT (Nutrient Film Technique)

NFT คือ ระบบที่พบมากที่สุดในการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ระบบนี้จะมีลักษณะเป็นรางแบนๆ โดยที่ธาตุอาหารนั้นจะไหลผ่านท่อเป็น แผ่นฟิล์มบางๆ (หนาประมาณ 2-3 มิลิเมตร) ผ่านรากของต้นพืชในรางปลูก พืชในระบบนั้นจะได้ธาตุอาหารจากน้ำที่ไหลผ่าน อีกทั้งมีช่องว่างในรางปลูกให้รากอากาศสามารถเติบโต

ระบบNFT มีทั้งแบบรางปิดและแบบฝาเปิดH2O หากใช้รางNFT ควรดูหลายอย่างประกอบกัน เช่นราคา ความหนาของพลาสติกที่ใช้ การออกแบบรูปทรงของรางว่าทำความสะอาดง่ายไหม โรงงานที่ผลิต รางNFT มีข้อเสียอยู่สองเรื่องคือ ราคาค่อนข้างสูงถ้าเทียบกับระบบอื่น และข้อเสียอีกอย่างคือหากไฟฟ้าดับติดต่อกันเป็นเวลานาน จะทำให้ต้นไม้ตายเนื่องจากรางจะแห้งเร็วมากหากปั๊มน้ำหยุดทำงาน



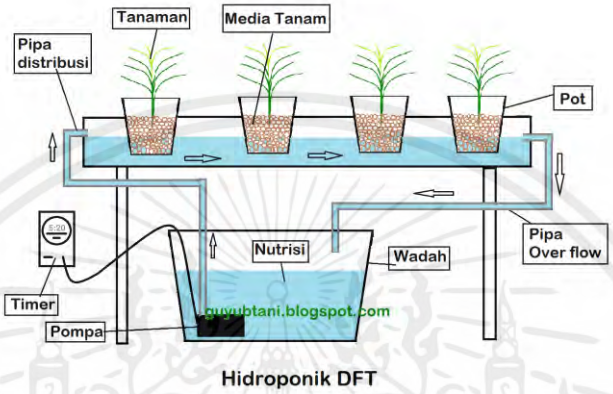
รูปที่ 2.1 Nutrient Film Technique System

2. DFT (Deep Flow Technique)

DFT เป็นระบบที่ใช้ท่อ PVC มาปลูกผัก ซึ่งโดยรวมแล้วจะคล้ายๆกับการปลูกแบบNFT แต่รางDFT จะมีปริมาณน้ำในท่อมากกว่ากว่าแบบNFT และมีต้นทุนถูกกว่าระบบNFTค่อนข้างมาก น้ำในระบบที่มากกว่าช่วยเรื่องความร้อนของน้ำในรางปลูก เพราะน้ำในรางมีเยอะกว่าอุณหภูมิน้ำจะเย็นกว่าระบบNFTในหน้าร้อน ทำให้เป็นโรครากเน่าช้ากว่า แต่ระบบนี้ก็มีข้อเสียเรื่องความสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

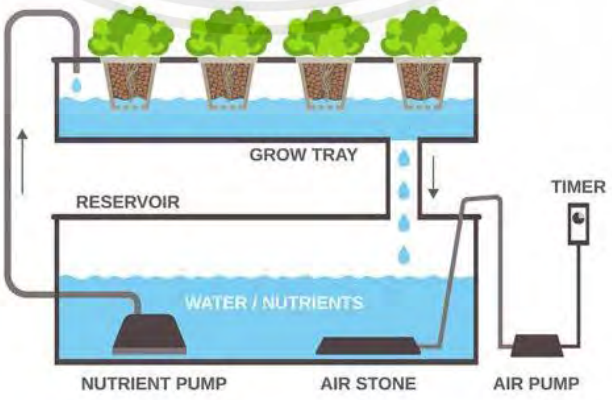
เนื่องจากเป็นท่อPVC จึงทำให้ล้างทำความสะอาดค่อนข้างยาก ไม่สามารถเปิดท่อมาขัดทำความสะอาดได้ จึงทำให้เกิดการสะสมของเชื้อโรคต่างๆ ส่งผลกับการเกิดโรคระบาดในแปลงสะสม



รูปที่ 2.2 Deep Flow Technique System

3. DRFT (Dynamic Root Floating Technique)

DRFT เป็นระบบปลูกผักไฮโดรแบบน้ำลึก ลักษณะแปลงปลูกจะเป็นถาดพลาสติกมีลอน ปูด้วยพลาดติกดำ ลอยด้วยแผ่นโฟม มีสะดืออ่างให้น้ำลง ส่วนใหญ่รางของระบบนี้จะไม่เอียง ข้อดีของระบบปลูกนี้คือน้ำเยอะ ทำให้น้ำเย็น รากพืชที่ปลูกจะสวย แต่มีข้อเสียในเรื่องของราและตะไคร่น้ำที่ชอบขึ้นที่แผ่นโฟม ต้องเปลี่ยนแผ่นโฟมบ่อย พืชที่แนะนำปลูกด้วยระบบนี้จะเป็นพืชทรงสูง เนื่องจากเชื้อราที่ขึ้นบนแผ่นโฟมจะทำให้ใบพืชเป็นโรคใบจุดได้ พื้ที่แนะนำเช่น คอส ขึ้นฉ่าย ผักบุ้ง กวางตุ้ง เป็นต้น



รูปที่ 2.3 Dynamic Root Floating Technique System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งน้ำที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์

น้ำ เป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ เพราะรากของพืชแช่อยู่ในน้ำและดูดกินธาตุอาหารโดยตรง ดังนั้นหากต้องการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์ต้องคำนึงถึงแหล่งที่มาของน้ำที่จะใช้ในระบบไฮโดรโปนิกส์

แหล่งที่มาของน้ำควรใช้น้ำประปาในการปลูกพืช เนื่องจากน้ำประปาถือว่ามีสิ่งเจือปนต่ำ หาใช้ง่าย และยังมีต้นทุนที่ไม่สูงนัก เนื่องจากการปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ใช้น้ำน้อยกว่าการปลูกผักบนดินธรรมดา แต่หากต้องการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์โดยใช้น้ำบาดาล น้ำตก แหล่งน้ำธรรมชาติ หรือน้ำชลประทาน ควรเอาน้ำไปตรวจวัดค่าก่อนนำมาปลูกพืช เนื่องจากส่วนใหญ่น้ำจากแหล่งดังกล่าวจะมีสารเจือปนที่สูงมาก นอกจากนั้นคุณสมบัติน้ำยังไม่คงที่ อาจจะเปลี่ยนไปตามแหล่งที่น้ำนั้นไหลผ่าน แต่หากต้องการนำมาใช้ ควรทำการตรวจวัดค่าEC ในน้ำก่อน หากน้ำนั้นมีค่าEC ไม่เกิน 0.3 mS/cm ถือว่าน้ำนั้นมีสารอาหารน้อยมาก อาจไม่ต้องส่งน้ำไปวิเคราะห์ที่ห้องทดลอง แต่หากค่า EC สูงกว่านั้น แนะนำให้ส่งตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ที่ห้องทดลอง

2.2 สตรอเบอร์รี

สตรอเบอร์รี (Fragaria spp.) เป็นไม้ผลเมืองหนาวจัดอยู่ในวงศ์ Rosaceae มีจำนวนโคโมโซมพื้นฐาน (n) = 7 สตรอเบอร์รีเป็นพืชล้มลุกขนาดเล็ก เกิดกระจัดกระจายอยู่ตามป่าในทวีปต่างๆ ทั่วโลก สตรอเบอร์รีพันธุ์ที่ปลูกทุกวันนี้ได้จากการผสมข้ามตามธรรมชาติ มีการผสมพันธุ์โดยการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศด้วยไหลตั้งแต่ในช่วงแรกของการปลูกสตรอเบอร์รีในทวีปยุโรปเป็นต้นมา และได้มีการปรับปรุงและคัดเลือกพันธุ์ให้มีลักษณะต่างๆตามที่ต้องการ จนในปัจจุบันมีสตรอเบอร์รีพันธุ์ปลูกจำนวนมาก

สำหรับประเทศไทยชาวอังกฤษที่เข้ามาทำงานด้านป่าไม้ได้นำต้นสตรอเบอร์รีเข้ามาปลูกที่จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2477 ในชวงปี พ.ศ. 2512-2514 โครงการหลวงพัฒนาภาคเหนือซึ่งต่อมาเปลี่ยนชื่อเป็นโครงการหลวง ร่วมกับ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้นำสตรอเบอร์รีพันธุ์ต่างๆ จากต่างประเทศเข้ามาทดลองปลูก ที่สถานีวิจัยดอยปุย จังหวัดเชียงใหม่ และได้คัดเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมกับสภาพอากาศของประเทศไทยได้ 3 พันธุ์ ซึ่งในปี พ.ศ. 2516 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ได้ทรงพระราชทาน สตรอเบอร์รีทั้ง 3 พันธุ์นี้แก่ชาวสวนเพื่อที่จะได้นำไปใช้ปลูกต่อไป

สตรอเบอร์รีทัง 3 พันธุ์นี้ ชาวสวนเรียกชื่อว่า พันธุ์พระราชทานเบอร์ 13 พันธุ์พระราชทานเบอร์16 และพันธุ์พระราชทาน เบอร์20 ซึ่งมีชื่อที่แท้จริงว่า พันธุ์Cambridge Favorite พันธุ์Tioga และพันธุ์ Sequoia ในปัจจุบันจัดเป็นพืชเศรษฐกิจพืชหนึ่งที่ทำรายได้ค่อนข้างดีโดยมีพื้นที่การผลิตสวนใหญ่อยู่ในท้องที่จังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย เพราะมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสม ที่สตรอเบอร์รี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถให้ผลผลิตได้ระหว่างเดือนธันวาคมถึงมีนาคม รวมพื้นที่การผลิตทั้งประเทศประมาณ 2,600-3,000 ไร่ต่อปี [7]

สตรอเบอร์รีพันธุ์พระราชทาน 80

สตรอเบอร์รีพันธุ์พระราชทาน 80 (Fragaria × ananassa Duch.) เป็นสตรอเบอร์รีที่ได้จากการคัดเลือกในสถานีวิจัยดอยปุย (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ โดย ดร.ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์ นำเมล็ดพันธุ์ลูกผสมจากประเทศญี่ปุ่นเข้ามาเพาะและปลูกทดสอบ ตามโปรแกรมการผสมพันธุ์ของโครงการวิจัย การผสมพันธุ์และคัดเลือกสตรอเบอร์รี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 ต่อมาจึงมีการขยายต้นพันธุ์โดยวิธีผลิตต้นไหลแบบธรรมดาและการเพาะเลี้ยงต้นเนื้อเยื่อปลอดโรค เพื่อใช้ปลูกทดสอบ ในพื้นที่แปลงทดลองของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ราก : ต้นที่สมบูรณ์จะมีรากที่แข็งแรง(Primary root) โดยปกติมีรากหลักประมาณ 20 - 30 ราก แต่อาจมีรากที่เรียกว่า Primary root ได้ถึง 100 ราก เนื้อเยื่อตรงกลางราก (Stele) เป็นสีขาว และชี้ถึงความสมบูรณ์ของต้น รากโดยทั่วไปมีอายุประมาณ 1 ปี

ลำต้น : มีความยาวประมาณ 2 เซนติเมตร ส่วนนอกถูกปกคลุมโดยการซ้อนกันของส่วนที่เรียกว่าหูใบ (Stipules) เนื้อเยื่อส่วนแกนกลางของลำต้นเป็นบริเวณที่เสียหายได้ง่ายและมีสีขาว ความสูงของทรงพุ่ม 20-30 เซนติเมตร ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ย 27 เซนติเมตร

ใบ : การเกิดของใบจนกระทั่งแทงออกมาจะใช้เวลาประมาณ 8-12 วัน ขนาดของใบที่เจริญเติบโตเต็มที่ใช้เวลาประมาณ 2-3 สัปดาห์ ส่วนใหญ่เป็น 3 ใบย่อย (Trifoliate) รูปกลม ขอบใบหยักคล้ายฟันเลื่อย สีเขียวปานกลาง ใบย่อยกว้าง 6.5-8 เซนติเมตร ยาว 8.5-9 เซนติเมตร จำนวนใบมากกว่า 25 ใบต่อต้น มีก้านใบหนาและความยาวปานกลางเฉลี่ย 11-14.5 เซนติเมตร ทรงพุ่มตั้งตรงและกว้าง 25-35 เซนติเมตร

ดอก : ดอกมีลักษณะเป็นช่อโดยมีมากกว่า 7 ช่อต่อต้น ช่อดอกสมบูรณ์ประกอบด้วย ดอก Primary 1ดอก ดอก Secondary 2ดอกดอก Tertiary 4ดอก และดอก Quaternary 8 ดอก แต่อาจพบช่อดอกหลายๆ รูปแบบ ดอกเกือบทั้งหมดเป็นดอกสมบูรณ์เพศ (Perfect-flowered หรือ Hermaphrodite) เส้นผ่าศูนย์กลางดอก 2.2 - 3.0 เซนติเมตร กลีบดอกเป็นสีขาว เกสรตัวเมียจัดเรียงแบบเวียนอย่างมีระเบียบบนส่วนของฐานรองดอก ซึ่งสังเกตจากลักษณะของเมล็ดที่อยู่บนผลถูกจัดเวียนอย่างมีระเบียบเช่นกัน ละอองเกสรตัวผู้ทนทานต่อสภาพเย็นปานกลาง เกสรตัวผู้มี25 - 29 อัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดอกที่ 2 และ 3 มีขนาดใกล้เคียงกัน ความหนาของก้านดอกในช่อแรกมีขนาดปานกลาง และดอกที่หนึ่งมีตำแหน่งต่ำกว่าใบ กลีบเลี้ยงสีเขียวอ่อนถึงเขียว ขนาดใหญ่จำนวน 10 - 13 กลีบ

ผล : ผลเกิดจากส่วนฐานของดอกเรียกว่า Receptacle หรือฐานรองดอกที่พัฒนาไปเป็นส่วนที่สามารถรับประทานได้เป็นเนื้อของผล ส่วนเมล็ดอยู่ระดับเดียวเสมอกันกับผิวของผลไม่จมหรือนูนเกินผิวของผลโดยมีขน2-3เส้นติดที่ผิวด้านนอกผล น้ำหนักผลเฉลี่ย 12-15กรัม ขนาดกว้างและยาวเฉลี่ยมากกว่า3เซนติเมตรรูปร่างของผล(Berry shape) สวยงาม โดยทั่วไปเป็นรูปทรงกรวย (Conic) ถึงทรงกลมปลายแหลม (Globose conic) ไม่พบผลที่เป็นลักษณะขรุขระและรูปทรงแบนเหมือนหงอนไก่(Fasciation) ดังนั้นจึงมีพันธุกรรมที่ต้านทานต่อลักษณะอันไม่พึงประสงค์นี้ได้ เนื้อผลสีแดงสดใส ความแน่นของเนื้อผล (Firmness) มีระดับปานกลางคือเฉลี่ย 1.213 กิโลกรัม รสชาติดีมากและมีกลิ่นหอมจัดเมื่อผลสุกเต็มที่

เมล็ด : เกสรตัวเมียถูกจัดเรียงแบบเวียนอย่างมีระเบียบบนส่วนของฐานรองดอก ซึ่งสังเกตจากลักษณะของเมล็ดที่อยู่บนผลถูกจัดเวียนอย่างมีระเบียบ ส่วนยอดของเกสรตัวเมียมีลักษณะหยาบและเหนียว ฐานของเกสรตัวเมียหรือ Achene ซึ่งมักถูกเรียกว่า เมล็ด (Seed) ได้เจริญพัฒนาเต็มที่ก่อนผลแก่หลายวัน เนื่องจากผลค่อนข้างใหญ่และมีรูปร่างปกติจึงมีจำนวนเมล็ดต่อผลมาก ทำให้ช่องว่างของผิวระหว่างเมล็ดค่อนข้างแคบ จึงทนทานต่อการขนส่ง

ลักษณะอื่นๆ : เป็นสตรอเบอรี่ประเภทวันสั้น (Short day type)และต้องการความหนาวเย็นปานกลาง (ประมาณ 15 – 18 °C) เป็นช่วงเวลา 20-30 วัน สำหรับกระตุ้นให้เกิดการสร้างตาดอกของเนื้อเยื่อเจริญที่ปลายยอดของลำต้น ระยะเวลาจากดอกบานถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต 70 วัน ให้ผลผลิตต่อต้นสูงสุด 400 กรัม หรือประมาณ 3 ตันต่อไร่(ปลูก 10,000 ต้นต่อไร่) ผลมีกลิ่นหอมชวนรับประทานคล้ายกับพันธุ์พระราชทาน 70 และ 72 แต่เนื้อผลมีสีสันสวยงามและความแน่นเนื้อมากกว่า การให้ไหลและต้นไหลอยู่ในระดับมาก เฉลี่ย 60 – 80 ต้นไหลต่อต้นแม่ 1 ต้น นอกจากนี้ยังพบว่าทนทานต่อโรคแอนแทรคโนส (Anthracnose) และราแป้ง (Powdery Mildew)

ชนิดและพันธุ์สตรอเบอร์รีที่นิยมปลูกในประเทศไทย

มูลนิธิโครงการหลวงได้วิจัยและพัฒนาพันธุ์สตรอเบอรี่เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกเป็นอาชีพมาอย่างต่อเนื่องและเป็นเวลานาน นับตั้งแต่พันธุ์พระราชทาน 13 พันธุ์พระราชทาน 16 และพันธุ์พระราชทาน 20 ในระยะแรกๆ จนกระทั่งได้พันธุ์รับประทานสดที่คุณภาพสูงหลายพันธุ์ในปัจจุบัน ได้แก่ 1. พันธุ์พระราชทาน 50 เจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีในสภาพอากาศเย็นปานกลาง ทรง พุ่มแน่นปานกลางถึงค่อนข้างแน่น ผลผลิตมีคุณภาพดีโดยเฉพาะเมื่อใกล้สุกเต็มที่ น้ำหนักต่อผล 12-18 กรัม รูปร่างเป็นลิ่ม สีแดงถึงสีแดงเข้ม ค่อนข้างแข็ง ต้านทานราแป้งได้ดี แต่ไม่ต้านทานต่อไร 2. พันธุ์พระราชทาน 70 ใบมีลักษณะกลมใหญ่ สีเขียวเข้ม ทนต่อโรคเหี่ยวแต่ไม่ทนต่อรา แป้ง ให้ผลผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่อนข้างสูง น้ำหนักต่อผล11.5 - 13.0กรัม ผลมีลักษณะทรงกลมหรือทรง กรวย สีแดงสดใสแต่ไม่สม่ำเสมอ เนื้อและผลค่อนข้างแข็ง มีกลิ่นหอม มีความฉ่ำและ รสชาติหวาน เปอร์เซ็นต์ความหวาน 9.6° Brix 3. พันธุ์พระราชทาน 72 น้ำหนักต่อผล14กรัม เนื้อผลแข็งกว่าพันธุ์พระราชทาน 70 แต่มีความหวานต่ำกว่าคือ 9.3° Brix มีกลิ่นหอมเมื่อเริ่มสุก เนื้อภายในผลมีสีขาว ผิวผลเมื่อสุก เต็มที่จะมีสีแดงถึงแดงจัด ผิวผลเงาเป็นมัน ทนต่อการขนส่งมากกว่าพันธุ์อื่น 4. พันธุ์พระราชทาน 80 เป็นพันธุ์หลักที่มูลนิธิโครงการหลวงส่งเสริมให้ปลูกตั้งแต่ปีพ.ศ. 2552เป็นต้นมา เนื่องจากมีลักษณะเด่นกว่าพันธุ์อื่นๆคือที่ผลสุกมีกลิ่นหอม และมีรสชาติ หวานกว่า เนื้อผลแน่น สีแดงสด และรูปร่างของผลสวยงาม

รูปที่ 2.4 พันธุ์พระราชทาน 16

รูปที่ 2.5 พันธุ์พระราชทาน 20

รูปที่ 2.6 พันธุ์พระราชทาน 50

รูปภาพที่ 2.7 พันธุ์พระราชทาน 72

รูปที่ 2.8 พันธุ์พระราชทาน 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นไหลสตรอเบอร์รี

การผลิตต้นไหลสตรอเบอร์รีในประเทศไทยยังพบปัญหาต่าง ๆ ซึ่งส่งผลต่อผลผลิตและคุณภาพของสตรอเบอร์รีดังนี้ คุณภาพของต้นไหล การปลูกสตรอเบอร์รีโดยใช้ต้นพันธุ์ที่มีคุณภาพต่ำสามารถทำให้อัตราการเจริญเติบโตของต้นไหลลดลงและต้นไหลมีความแข็งแรงน้อยลง ซึ่งทำให้ต้องมีการดูแลรักษาและจัดการให้มากขึ้น ซึ่งเป็นภาระต่อการผลิตและการจัดการเกษตรกรรมสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสม สภาพอากาศที่ร้อนมาก หรือสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมสามารถทำให้ต้นไหลสตรอเบอร์รีเจริญเติบโตได้ยากและมีความอ่อนแอต่อโรคและแมลงศัตรูมากขึ้น การควบคุมสภาพแวดล้อม การควบคุมสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ, ความชื้น, และระดับ pH ของน้ำ เป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตต้นไหลสตรอเบอร์รีที่มีคุณภาพและป้องกันการระบาดของโรคและแมลง ปัญหาการผลิตและการจำหน่าย ประมาณต้นไหลสตรอเบอร์รีที่ผลิตขึ้นมาในประเทศไทยมีค่าต่ำกว่าประเทศอื่น ๆ ที่ผลิตต้นไหลสตรอเบอร์รีในสภาพอากาศที่เหมาะสม เช่น สหรัฐอเมริกา, ญี่ปุ่น, ออสเตรเลีย และกลุ่มประเทศในยุโรป ซึ่งส่งผลให้การจำหน่ายต้นไหลสตรอเบอร์รีจากประเทศไทยมีความยากลำบากและมีต้นทุนการผลิตสูงขึ้น

ปัญหาของการผลิตต้นไหลในประเทศไทย

การผลิตต้นไหลในประเทศไทยพบปัญหาหลายประการที่มีผลกระทบต่อการผลิตและคุณภาพของผลผลิต ดังนี้ สภาพอากาศและสภาพแวดล้อม: สภาพอากาศในประเทศไทยมีความหลากหลายและมีความต่อเนื่องของฤดูกาล ทำให้การปลูกต้นไหลต้องพบกับความแตกต่างของสภาพอากาศตลอดทั้งปี สภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้ต้นไหลเจริญเติบโตช้าหรือมีผลผลิตน้อยลง นอกจากนี้ ปัญหาเชิงสิ่งแวดล้อม เช่น การขาดน้ำหรือน้ำท่วมก็สามารถส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไหลได้คุณภาพของต้นไหลแม่พันธุ์ คุณภาพของต้นไหลแม่พันธุ์มีผลต่อคุณภาพของผลผลิต ถ้าต้นไหลแม่พันธุ์มีปัญหาเช่น การติดเชื้อโรคหรือมีแมลงศัตรู เป็นต้น จะส่งผลต่อคุณภาพและประสิทธิภาพของการผลิต

ระบบการผลิตต้นไหล

การผลิตต้นไหลสตรอเบอรี่ เริ่มจากการผลิตต้นแม่พันธุ์ที่ดีจากนั้นจึงนำไปปลูกเพื่อผลิตต้นไหลสำหรับที่จะนำไปปลูกเอาผลผลิต มี 3 แบบ คือ

1.การผลิตต้นไหลแบบไม่มีดินติดราก (Bared root)

การผลิตต้นไหลแบบไม่มีดินติดรากหรือ "Bare-root" เป็นวิธีการผลิตต้นไม้ที่นำต้นพืชออกจากดินให้เหลือแต่ราก และไม่มีดินที่รุนแรงอยู่รอบต้น เพื่อให้สามารถจัดเก็บ ขนส่ง และนำไปปลูกได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น วิธีการนี้มักนำมาใช้ในการผลิตต้นไม้ในขนาดใหญ่ที่จะนำไปปลูกในสวน ไร่ หรือป่า โดยส่วนมากจะใช้กับต้นไม้ที่มีอายุน้อยและยังไม่มีรากเช่น ต้นไม้เล็กหรือต้นไม้ที่พึ่งปลูกจากเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.การผลิตต้นไหลแบบปลูกในภาชนะโดยตรง (Pot plant)

การผลิตต้นไหลแบบปลูกในภาชนะโดยตรงหรือ "Pot plant" เป็นวิธีการผลิตต้นไม้ที่ปลูกในภาชนะเช่นกระถางหรือถาดเพาะเมล็ดโดยทันทีที่ต้นเล็กถูกย้ายออกจากที่เพาะเมล็ด หรือถูกขยายพันธุ์ การใช้ภาชนะที่มีสีสันและความสวยงามช่วยเพิ่มความสมบูรณ์ให้กับต้นไม้ และทำให้มีความเป็นส่วนตัวสูงขึ้น เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปทรงของต้นไม้ขั้นตอนในการผลิตต้นไหลแบบปลูกในภาชนะโดยตรงมักเริ่มต้นด้วยการเพาะเมล็ดหรือการขยายพันธุ์ต้นไหลในภาชนะเล็ก เช่น ถาดเพาะเมล็ดหรือถุงเพาะเมล็ด พอต้นเล็กเจริญเติบโตมากพอที่จะถูกย้ายไปปลูกในภาชนะขนาดใหญ่ขึ้น เช่น กระถางหรือถาดใหญ่ เพื่อให้รากของต้นไม้ได้พื้นที่เพียงพอในการเจริญเติบโต และสามารถสร้างระบบรากที่แข็งแรงและเข้มแรงได้

3.การผลิตต้นไหลแบบ Plug plant production

การผลิตต้นไหลแบบ Plug plant production เป็นวิธีการผลิตต้นไม้ที่มีการปลูกต้นในอุปกรณ์เรียกว่า "พลัก" (plug trays) ซึ่งเป็นถาดที่มีช่องเพาะเมล็ดหลายๆ ช่องในแต่ละพลัก ใช้เพาะเมล็ดหรือขยายพันธุ์ต้นไม้ขนาดเล็กเริ่มต้นจากเพาะเมล็ดหรือต้นลูกพันธุ์ที่ขยายพันธุ์มาลงในแผ่นพลาสติกหรือวัสดุอื่นที่สามารถลดน้ำได้ เพื่อให้รากของต้นไม้พัฒนาและเจริญเติบโตในพลัก ซึ่งพลักมักจะมีขนาดเล็กพอที่จะปรับอุณหภูมิและความชื้นในอากาศได้เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของต้นไม้

ข้อควรคำนึงในการผลิตต้นไหล

การผลิตต้นไหลสตรอเบอรี่ให้มีคุณภาพมีข้อควรพิจารณาดังนี้

1.ต้นแม่พันธุ์ที่ใช้ผลิตไหล

เลือกใช้ต้นแม่พันธุ์ที่มีคุณสมบัติที่ดีเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในพื้นที่ปลูก เช่น ต้นแม่พันธุ์ที่มีความต้านทานต่อโรคและแมลง สามารถทนทานต่อสภาพอากาศและสภาพดินที่แตกต่างกันได้ ตรวจสอบคุณภาพของต้นแม่พันธุ์ว่ามีรากแข็งแรง ไม่มีโรคและแมลงที่รบกวน และมีโครงสร้างที่สมบูรณ์แข็งแรงเพียงพอสำหรับการผลิตต้นไหล เลือกใช้ต้นแม่พันธุ์ที่มีอายุและสภาพสมบูรณ์ เพื่อให้มีการแตกต่างออกเรืองของเมล็ดออกมามากที่สุดและมีความสมบูรณ์ในการผสมเกสร

2.พื้นที่ที่ผลิตต้นไหล

การเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตต้นไหลสตรอเบอร์รีเป็นสิ่งสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพและประสิทธิภาพของการผลิต นี่คือข้อควรคำนึงในการเลือกและใช้พื้นที่ สภาพภูมิอากาศ เลือกพื้นที่ที่มีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมสำหรับการปลูกสตรอเบอร์รี่ เช่น อากาศเย็นหรืออากาศเย็นเย็นตลอดปี เนื่องจากสตรอเบอร์รีมักเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศเย็น ความเหมาะสมของดิน ต้องมีการตรวจสอบคุณลักษณะของดินในพื้นที่ เพื่อให้แน่ใจว่ามีความเหมาะสมสำหรับการปลูกสตรอเบอร์รี ดินที่เหมาะสมมักเป็นดินทรายหรือดินลูกรังที่มีการระบายน้ำดี ความเข้าถึงสิ่งอำนวยความสะดวก พื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควรมีความเข้าถึงสะดวกในการเข้าถึงและดูแลรักษา รวมถึงการเชื่อมต่อกับแหล่งน้ำและการไหลของน้ำที่เหมาะสมสำหรับการให้น้ำแก่ต้นสตรอเบอร์รี ความเหมาะสมของพื้นที่ พื้นที่ควรมีขนาดเพียงพอที่จะรองรับจำนวนต้นที่ต้องการปลูกโดยมีพื้นที่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของต้นไหล การใช้ประโยชน์ของพื้นที่ พื้นที่ควรมีการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมและมีการวางแผนการจัดการที่เหมาะสม เช่น การจัดทำระบบน้ำดีเพื่อให้น้ำในปริมาณที่เพียงพอแก่ต้นสตรอเบอร์รี

3.แรงงาน

ความรู้และทักษะของแรงงานในการผลิตต้นไหลสตรอเบอร์รีมีความสำคัญ เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานตามกระบวนการผลิตอย่างมืออาชีพและมีประสิทธิภาพ จำนวนแรงงานที่เพียงพอสำหรับการดูแลและผลิตต้นไหลสตรอเบอร์รีอย่างมีประสิทธิภาพมีความสำคัญ เพื่อไม่ให้งานเกิดความหนักหรือเครียดต่อคนงานและสามารถรักษาคุณภาพของต้นไหลได้อย่างเหมาะสม

วิธีการผลิตต้นไหล

การเริ่มต้นโดยการปลูกต้นแม่พันธุ์เริ่มจากเดือนเมษายน โดยการปลูกในแนวเดียวกันโดยการเว้นระยะห่างระหว่างแถวประมาณ 1 เมตรและระยะห่างระหว่างต้นประมาณ 80 - 90 เซนติเมตร เพื่อเตรียมพื้นที่สำหรับการวางถุงเพาะชำต้นไหลในภายหลัง ในช่วงแรกจะต้องบำรุงรักษาต้นแม่พันธุ์ให้แข็งแรงโดยการตัดไหลออกมาทิ้งเพื่อให้ต้นแม่พันธุ์แตกกอประมาณ 4 – 5 กอ ในช่วงเดือนมิถุนายนจะเป็นเวลาที่เหมาะสำหรับการปล่อยให้ต้นแม่พันธุ์แตกไหลออกไปตามปกติ หลังจากต้นไหลโตและเริ่มมีรากเกิดขึ้น จะนำถุงพลาสติกขนาด 4 x 2 นิ้ว ใส่วัสดุปลูกที่เป็นดินล้วนหรือดินผสมมาวางไว้ในถุงเพื่อรองรับต้นไหล และใช้ไม้ไผ่เล็กๆ เพื่อทำการเสียบไหลให้ติดกับดินในถุงพลาสติก ส่วนในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงต้นเดือนสิงหาคมจะเป็นช่วงที่เหมาะสำหรับการตัดต้นไหลออกจากต้นแม่พันธุ์โดยการตัดสายไหลเดินออกมาจากต้นแม่พันธุ์เพื่อป้องกันการระบาดของโรค ในการผลิตแบบอีกแบบหนึ่งคือ การไม่ต้องใช้วัสดุเพาะชำรองในช่วงแรก การปล่อยให้ต้นแม่พันธุ์แตกไหลไปเรื่อยๆ และใช้วิธีการตัดบางส่วนของไหลออกมาทิ้งในแปลงปลูก เพื่อป้องกันการเชื่อมเชือดระหว่างรากและดิน รอจนถึงช่วงกลางเดือนสิงหาคมจึงเริ่มการรองเหนี่ยวไหล และต้นแม่พันธุ์ 1 กอ สามารถผลิตไหลได้ประมาณ 15 สาย และแต่ละสายจะมีต้นไหลประมาณ 5 ต้น การคัดเลือกต้นไหลที่เหมาะสมในการปลูกจะช่วยให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพสูง

การคัดเลือกต้นไหลที่มีคุณภาพดี

การปลูกสตรอเบอรี่ต้องใช้ต้นไหลที่มีคุณภาพดีโดยมีหลักในการคัดเลือกดังนี้

1. ต้องเป็นต้นไหลสตรอเบอรี่จากแหล่งผลิตที่เชื่อถือได้ โดยมีสภาพพื้นที่และภูมิอากาศของแหล่งที่ใช้ผลิตที่เหมาะสม และสามารถเชื่อมั่นได้ว่าเป็นสายพันธุ์ที่ตรงตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ต้องเป็นต้นไหลสตรอเบอรี่ที่ไม่เป็นโรคหรือถูกแมลงทำลาย โดยสังเกตได้จากลักษณะภายนอก เช่น อาการใบหงิก ใบม้วน การเปลี่ยนแปลงในเรื่องสีของใบ ใบเป็นจุด การควั่นรอบส่วนของไหลและส่วนก้านใบ เป็นต้น

3. มีระบบรากที่สมบูรณ์สังเกตได้จากปริมาณรากที่เจริญอยู่ภายในถุงต้องมีมากพอ ไม่มีอาการเป็นปุ่มหรืออาการเน่า

4. ต้นและใบมีความสมบูรณ์ ปกติควรมีใบไม่น้อยกว่า 3 – 4 ใบ

5. อายุของไหลเหมาะสมกับช่วงเวลาปลูก ไม่อ่อนหรือแก่เกินไป คือ ใช้ต้นไหลสตรอเบอรี่ต้นที่ 2 - 4 ของแต่ละสายเท่านั้น

คุณค่าทางอาหารที่ควรรู้ในสตรอเบอรี่ (Strawberry Nutrition)

ผลสตรอเบอรี่สดที่ปั่นแล้วในหนึ่งถ้วยขนาด 250 ml พบว่า จะให้คุณค่าทางอาหารดังนี้

Nutrient	Units	Strawberry
Energy	Kcal	48
Protein	g	1.0
Fat	g	0.6
Carbohydrates	g	11.0
Fiber	g	3.6
Iron	mg	0.6
Sodium	mg	2
Calcium	mg	22
Phosphate	mg	30
Vitamin A	iu	42
Thiamine	mg	0.04
Riboflavin	mg	0.10
Vitamin C	mg	90
Potassium	mg	262
Zinc	mg	0.20
Niacin	mg	0.4
Vitamin B6	mcg	92
Folacin	mcg	28

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางอาหารของผลสตรอเบอรี่สดที่ปั่นแล้วในหนึ่งถ้วยขนาด 250 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

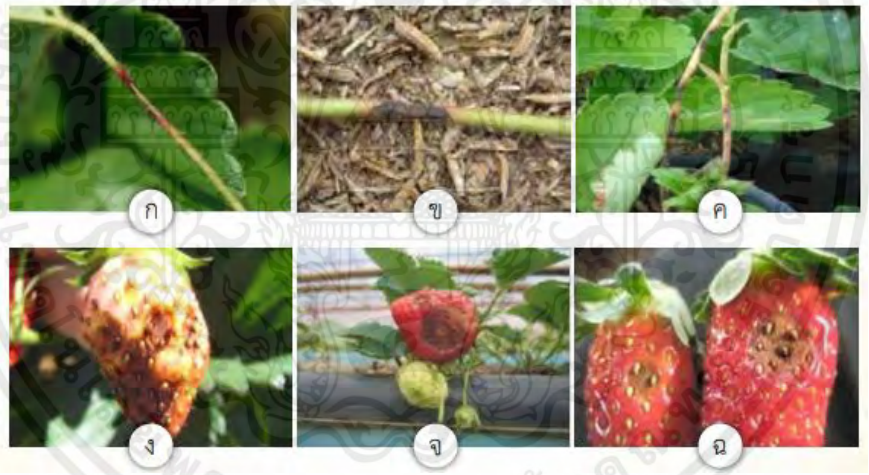
โรคและแมลงที่สำคัญของสตรอเบอร์รี

สตรอเบอรี่ มีโรคและแมลงหลายชนิดที่สามารถเข้าทำลายได้ในทุกส่วนของต้น เช่น ดอก ผล ใบ ลำต้น และราก เมื่อถูกเข้าทำลายจะทำให้ผลผลิตและคุณภาพของผลสตรอเบอร์รี่ลดลง โดยมีโรคและแมลงที่สำคัญมีดังนี้ [10]

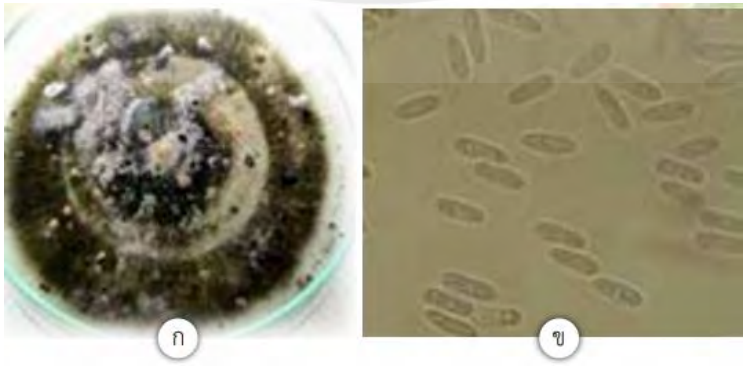
โรคของสตรอเบอร์รี

1. โรคแอนแทรคโนส (Anthracnose)

โรคแอนแทรคโนส (Anthracnose) เป็นหนึ่งในโรคที่สำคัญที่สุดในการปลูกสตรอเบอร์รี่ โรคนี้เกิดจากเชื้อราที่ชื่อว่า Colletotrichum spp. ซึ่งมักเริ่มเจริญเติบโตในสภาพอากาศที่ชื้นและอุณหภูมิสูง โดยโรคนี้จะทำให้เกิดอาการของจุดแผลสีน้ำตาลที่มีขอบที่ชัดเจนบนผลและใบ เมื่อโรครุนแรงขึ้นจะทำให้ผลแตกและเน่าเสียได้ โรคแอนแทรคโนสสามารถควบคุมได้ด้วยการใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืชที่มีอนุภาคธาตุทองและธาตุทองคำเป็นส่วนประกอบ เช่น ซัลเฟต และโพแทสเซียมไบคาร์บอเนต นอกจากนี้การใช้มูลเกลือสามารถช่วยลดการระบาดของโรคได้ด้วย[8]



รูปที่ 2.9 ภาพแสดงอาการของโรคแอนแทรคโนสบนก้านใบ (ก) เส้นไหล (ข) ลำต้น (ค) บนผล (ง, จ และ ฉ)



รูปที่ 2.10 ลักษณะของเชื้อ Colletotrichum sp.บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (ก) และสปอร์ของเชื้อ (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.11 อาการของต้นสตรอเบอรี่ถูกโรคแอนแทรสโนสเข้าทำลาย ทำให้แสดงอาการเหี่ยว (ก) เมื่อผ่าลำต้นจะพบแผลสีน้ำตาลแดง (ข และ ค) พืชอาศัย ไม้ผลทุกชนิด

การป้องกันกำจัด

1. ใช้ไหลจากต้นแม่พันธุ์ที่ปลอดโรค
2. มีการระบายน้ำดี ดูแลต้นพืชให้มีความแข็งแรง
3. กำจัดวัชพืชในแปลง และตัดแต่งส่วนที่เป็นโรคออกจากแปลง
4. หากเริ่มพบอาการ หรือ หลังฝนตกต่อเนื่อง ใช้สาร : เบโนมิล สลับกับ บีเอส (บาซิลลัส ซับทิลิส) งดให้ปุ๋ยไนโตรเจน

2. โรคราแป้ง (Powdery mildew)

โรคราแป้ง (Powdery mildew) เป็นโรคที่พบได้บ่อยในการปลูกสตรอเบอร์รี โรคนี้เกิดจากเชื้อราที่ชื่อว่า Oidium spp. โดยมักเริ่มแสดงอาการที่ใบของพืช โรคราแป้งจะปรากฏเป็นลักษณะของเส้นใยขาวซึ่งคล้ายกับผงขาวบนใบ โดยส่วนมากจะพบอาการเริ่มต้นจากใบที่อ่อนแอและพัฒนาไปยังใบอื่นๆ โดยที่เชื้อราจะเจริญตามพื้นผิวของใบโดยเฉพาะในสภาพอากาศที่มีความชื้นสูงและอากาศร้อน โรคราแป้งสามารถควบคุมได้โดยการใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืชที่มีสารประกอบเป็นธาตุซิงค์และใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืชแบบป้องกันหรือกำจัดเชื้อสาเหตุทันทีที่เห็นอาการ

รูปที่ 2.12 ภาพแสดงอาการของโรคราแป้งบนใบ จะพบเส้นใยสีขาวบริเวณใต้ใบ (ก) หรือแผลสีน้ำตาลแดง (ข) จะทำให้ใบห่อขึ้น (ค) บนผลและขั้วผล (ง และ จ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การป้องกันกำจัด

1. บำรุงต้นพืชให้มีความแข็งแรงอยู่เสมอและให้น้ำแบบพ่นฝอยตอนเช้า
2. ตัดแต่งส่วนที่เป็นโรคออกจากแปลงปลูก
3. ในช่วงที่สภาพอากาศมีความชื้นสูงควรป้องกันโดยใช้ผงฟูร่วมกันน้ำมันปิโตรเลียม ฉีดพ่นผงฟู(ใช้ผงฟู200 กรัม/น้ำ 20 ลิตร)
4. เมื่อต้องใช้สารเคมีป้องกันกำจัดควรพ่นช่วงก่อนติดดอก ให้ใช้สารกำจัดชนิดดูดซึม สลับกับสัมผัส เช่น คาร์เบนดาซิม สลับกับ แมนโคเซบ

* น้ำมันปิโตรเลียมห้ามใช้ร่วมกับแคปแทน กำมะถัน โบแทรน และโอไมท์

3. โรคปลายไหลไหม

โรคปลายไหลไหม เกิดจากเชื้อราชื่อ Phythophthora spp. เป็นโรคที่พบได้ในพืชตระกูลบีเรียม เช่น สตรอเบอร์รี่ โดยโรคจะมักเริ่มแสดงอาการที่ใบและกิ่ง โดยจะมีลักษณะเป็นจุดสีน้ำตาลที่ปรากฏที่ปลายใบ ซึ่งลักษณะนี้อาจขยายไปยังกิ่งหรือยอดของพืช โดยโรคนี้มักเกิดในสภาพที่มีความชื้นสูง และอาจระบาดได้รุนแรงในพื้นที่ที่มีน้ำขัง

รูปที่ 2.13 ภาพแสดงอาการของโรคปลายไหลไหม้จะแสดงอาการไหม้เป็นสีดำบริเวณปลายเส้นไหล

การป้องกันกำจัด

1. ตัดส่วนที่เป็นโรคเผาทำลาย
2. บำรุงต้นให้แข็งแรง
3. งดการให้น้ำแบบฝอย
4. ใช้สารประกอบทองแดง

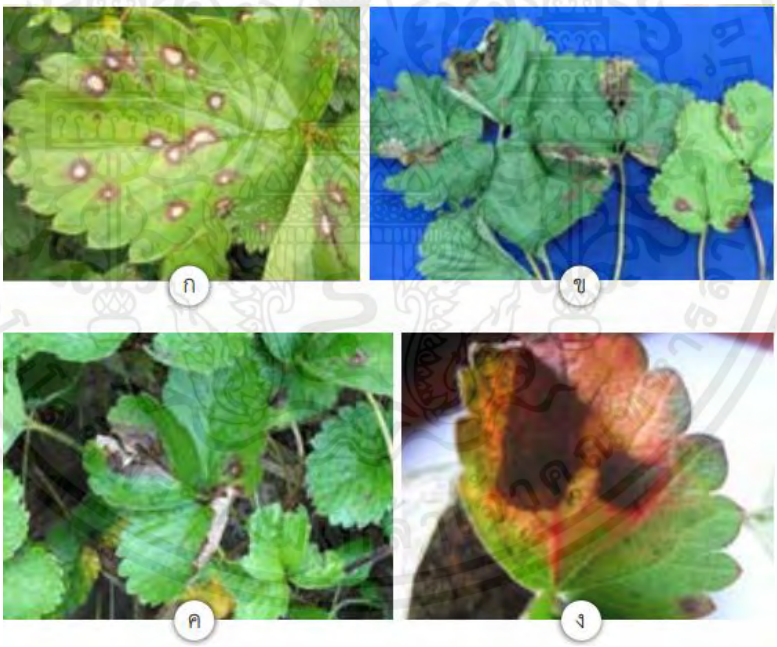
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. โรคใบจุด (Lesf spot)

โรคใบจุด (Leaf spot) เกิดจากเชื้อราหลายชนิด เช่น Phyllosticta spp., Septoria spp., หรือ Cercospora spp. โรคนี้ส่วนใหญ่เกิดจากสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูงและการระบาดมักเกิดในช่วงฤดูฝนหรือฤดูร้อน เชื้อราจะทำลายใบของพืชโดยเริ่มจากการเกิดจุดสีน้ำตาลหรือดำบนใบ จนถึงขนาดใหญ่ขึ้นเป็นจุดเล็กๆ โรคนี้อาจทำให้ใบแห้งหรือร่วงลง สำหรับการป้องกันโรคใบจุดสามารถทำได้โดยการลดความชื้นในพื้นที่ปลูก หลีกเลี่ยงการให้น้ำเยอะเกินไปและการให้การระบายน้ำที่ดี นอกจากนี้การเลือกใช้พันธุ์ที่มีความต้านทานต่อโรค และการใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืชตามคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญเป็นวิธีที่ดีในการป้องกันและควบคุมโรคใบจุดในสตรอเบอร์รี

ใบจุด Pestalotia พบบนใบ ปรากฏจุดสีดำขนาดเล็ก และเมื่อสภาพอากาศเหมาะสม แผลจะขยายใหญ่ขึ้น ตรงกลางแผลจะพบกลุ่มสปอร์สีดำ

ใบจุดใบไหม้Verticillium พบบนใบ ปรากฏจุดสีน้ำตาลแดง และลุกลามทั่วเนื้อใบจนทำให้ใบเหี่ยวแห้งและตายในที่สุด [9]



รูปที่ 2.14 ภาพแสดงอาการของโรคใบจุดตานก (ก) ใบจุด Pestalotia (ข และค) และใบจุดใบไหม้Verticillium (ง)

การป้องกันกำจัด

1. ตัดส่วนที่เป็นโรคเผาทำลาย
2. บำรุงต้นให้แข็งแรง
3. งดการให้น้ำแบบฝอยควรให้ระบบน้ำหยด
4. เมื่อพบการระบาดควรใช้สารเคมีเช่น สกอร์250 อีซีคาร์เบนดาซิมสลับกับแมนโคเซบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. โรคผลเน่า (Fruit rot)

โรคผลเน่าเกิดจากเชื้อราหลายชนิด เช่น Botrytis cinerea, Rhizopus spp., หรือ Colletotrichum spp. โรคนี้ส่วนใหญ่เกิดจากสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูง และการระบาดมักเกิดในช่วงฤดูฝนหรือฤดูร้อน โรคนี้ทำลายผลของพืชโดยเริ่มจากการเกิดจุดสีน้ำตาลหรือดำบนผิวของผล จากนั้นเชื้อราจะขยายเติบโตและทำให้ผลเน่าเสียเรื่อยๆ โรคนี้อาจทำให้ผลเน่าและเสียหายได้ สำหรับการป้องกันโรคผลเน่า สามารถทำได้โดยการลดความชื้นในพื้นที่ปลูก หลีกเลี่ยงการให้น้ำเยอะเกินไป และการให้การระบายน้ำที่ดี นอกจากนี้การเลือกใช้พันธุ์ที่มีความต้านทานต่อโรค และการใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืชตามคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญเป็นวิธีที่ดีในการป้องกันและควบคุมโรคผลเน่าในสตรอเบอร์รี

รูปที่ 2.15 ลักษณะอาการของผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา Botrytis (ก) Cladosporium (ข) Colletotrichum (ค) และ Phytophthora (ง)

การป้องกันกำจัด

1. พยายามไม่ให้ดอกและผลสัมผัสดินโดยใช้วัสดุคลุมแปลง
2. ช่วงติดผล : เพิ่มธาตุแคลเซียมเพื่อให้ผิวของผลแข็งแรง
3. ควรสำรวจตรวจแปลงอย่างสม่ำเสมอ หากพบผลที่เป็นโรครีบเก็บผลออกจากแปลงปลูกทันที
4. ควรพ่นสารชีวภัณฑ์ควบคุมโรคเป็นประจำทุก 3-5 วัน เช่น เชื้อราไตรโคเดอร์มา เชื้อแบคทีเรีย BK33 น้ำหมักสมุนไพร PP1
5. เมื่อจำเป็นต้องใช้สารเคมีกำจัดโรคต้องพ่นก่อนเก็บเกี่ยวชุดแรกอย่างน้อย 15 วัน เช่น สำหรับโรคราสีเทา พ่น แอนทราโคล โบแทรน สกอร์หรืออมิตาร์และโรคผลเน่าราชั้นต่ำพ่น อาลีเอทฟอรัม หรือ ริลโดมิลด์โกลด์ ทั้งนั้นต้องตรวจสอบระยะตกค้างก่อนที่พ่น (ห้ามพ่นในช่วงที่เก็บผลสตรอเบอรี่วันเว้นวันหรือสัปดาห์ละครั้ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. โรคไวรัส (Virus disease)

โรคผลเน่าเกิดจากเชื้อราหลายชนิด เช่น Botrytis cinerea, Rhizopus spp., หรือ Colletotrichum spp. โรคนี้ส่วนใหญ่เกิดจากสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูง และการระบาดมักเกิดในช่วงฤดูฝนหรือฤดูร้อน โรคนี้ทำลายผลของพืชโดยเริ่มจากการเกิดจุดสีน้ำตาลหรือดำบนผิวของผล จากนั้นเชื้อราจะขยายเติบโตและทำให้ผลเน่าเสียเรื่อยๆ โรคนี้อาจทำให้ผลเน่าและเสียหายได้

รูปที่ 2.16 ภาพแสดงลักษณะอาการของโรคไวรัสในแปลงปลูก ยอดไม่เจริญ (ก) ใบผิดรูปร่าง เนื้อใบแข็ง (ข) และใบด่าง (ค)

แมลงศัตรูสตรอเบอร์รี่

1. หนอนกระทู้ผัก (Commom cutworm)

รูปที่ 2.17 ภาพแสดงหนอนกระทู้ผัก (ก) และลักษณะการทำลาย (ข)

หนอนกระทู้ผัก (Common cutworm) เป็นแมลงศัตรูพืชที่เป็นอันตรายต่อสตรอเบอร์รี เฉพาะในช่วงระยะเริ่มต้นของการเจริญเติบโต เมื่อไข่หรือตัวหนอนมายังแปลงปลูก พวกเขาจะทำลายต้นเจริญเติบโตของสตรอเบอร์รีโดยกัดหั่นลำต้นให้โค่นล้ม ทำให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ การควบคุมแมลงชนิดนี้สามารถทำได้โดยการใช้วิธีการควบคุมการเข้ามาในแปลงปลูก เช่น การใช้บังคับแสงสว่าง เสียง หรือกำจัดหรือกั้นเส้นทางการเคลื่อนที่ของหนอน นอกจากนี้ยังสามารถใช้สารเคมีที่เป็นพิษต่อแมลงและถูกตัวเร่ง โดยหลายครั้งการใช้วิธีนี้จะเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนกระทู้ผักได้ดี อย่างไรก็ตาม การใช้สารเคมีควรมีการพิจารณาอย่างรอบคอบเพื่อป้องกันความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่ไม่เป็นแมลงศัตรูในแปลงปลูกด้วย การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วางแผนและการใช้วิธีการควบคุมที่มีประสิทธิภาพเป็นสิ่งสำคัญในการป้องกันควบคุมหนอนกระทู้ผักอย่างเหมาะสมในสวนสตรอเบอร์รี

การป้องกันกำจัด

1. หมั่นสำรวจแปลงบ่อยครั้งให้สังเกตบริเวณใต้ใบ
2. เมื่อพบตัวเหนอนและกลุ่มไข่ควรจับทำลาย
3. ให้ไฟล่อตัวเต็มวัยช่วงเวลากลางคืน
4. เมื่อเริ่มพบควรพ่นด้วยสารชีวภัณฑ์บีที(BT) หรือน้ำหมักสะเดา
5. เมื่อระบาดมาควรใช้สารเคมีเช่น ไซเปอร์เมทริน เปอร์เมทริน หรือคาร์บาริล

2. เพลี้ยไฟ (Thrips)

รูปที่ 2.18 ภาพแสดงลักษณะการเข้าทำลายของเพลี้ยไฟที่ผล (ก) และใบ (ข)

เพลี้ยไฟ (Thrips) เป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจและเป็นที่รักษาหากับการเพาะปลูกพืชหลายชนิด เพลี้ยไฟมีลักษณะเป็นแมลงขนาดเล็ก สีทองเงินหรือสีดำ มีลำตัวที่แคบและยาว ส่วนใหญ่มีปีกเกล็ดที่โปร่งแสง การระบาดของเพลี้ยไฟส่วนใหญ่เกิดในช่วงฤดูร้อนและแห้ง เมื่อเพลี้ยไฟระบาดมากๆ สามารถทำให้พืชแสดงอาการของการทำลายทางพืชได้ อาการของการทำลายทางพืชที่เกิดจากเพลี้ยไฟสามารถรวมถึงการทำลายด้านใบโดยการกัดกิน และอาจเกิดการแห้งของใบ การทำลายด้านดอกโดยการทำให้ดอกเสียหาย และการทำลายด้านผลผลิตโดยการกัดกินผลผลิตและทำให้เกิดรอยแผล

การป้องกันกำจัด

1. สังเกตบ่อยครั้งเมื่ออากาศร้อน
2. สำรวจช่วงฝนทิ้งช่วงหรือฤดูแล้งบ่อยครั้ง
3. พ่นน้ำหมักสมุนไพรและปิโตรเลียมสเปรย์ออยล์บ่อยครั้ง
4. เมื่อระบาดพ่น คาร์บาริล อิมิดาคลอพริด หรือ คลอไพรีฟอส และไดทีโนฟูเรน (สตาร์เกิล) ให้พ่นช่วงเจริญเติบโต และพ่นอีโทรเฟนฟร๊อก (ทรีบอน) และปิโตรเลียมสเปรย์ออยล์ในช่วงเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ไรสองจุด (Two spotted spider mite)

รูปที่ 2.19 ภาพแสดงไรสองจุด (ก) และลักษณะการทำลาย (ข)

ไรสองจุด (Two spotted spider mite) เป็นศัตรูพืชที่สำคัญในการเกษตรและสวนพืช มีลักษณะเป็นแมลงขนาดเล็กสีแดง มีสองจุดสีดำบนหลัง สามารถพบได้ใต้ใบพืช และมีความสามารถในการสร้างเส้นใยและเหมาะสำหรับการเคลื่อนไหวบนพืช โดยมักเจอในสวนผลไม้ เช่น สตรอเบอร์รี ที่ถูกทำลายจากไรสองจุดจะแสดงอาการใบเหลือง ถ่ายใบร่วง และอาจเกิดการตายของพืชได้

การป้องกันกำจัด

1. หมั่นสำรวจแปลงบ่อยครั้ง
2. ฉีดน้ำเข้าทรงพุ่ม หรือติดสปริงเกลอร์บนต้นพืชเพื่อเพิ่มความชื้น
3. เริ่มพบควรใช้น้ำหมักสมุนไพร ปิโตรเลียมสเปร์ยออยล์ หรือกำมะถัน ให้ใช้อย่างใดอย่างหนึ่งห้ามใช้พร้อมกัน
4. เมื่อระบาดควรใช้พ่น แซนไมท์, นิสโซรัน หรือ โอไมท์ให้พ่นช่วงยังไม่เก็บเกี่ยว
5. ระยะเก็บเกี่ยวควรใช้ปิโตรเลียมสเปร์ยออยล์พ่นให้ชุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หนอนด้วงแก้ว ตัวอ่อนของแมลงนูน (White grub, Curl grub)

หนอนด้วงแก้ว (หรือ White grub, Curl grub) เป็นระยะตัวอ่อนของแมลงนูนหลายชนิดในวงศ์ Scarabaeidae ที่เป็นศัตรูพืชสำคัญในการเกษตร โดยระยะตัวอ่อนจะอยู่ใต้ดินและทำลายรากพืช เช่น สตรอเบอร์รี อันเป็นต้นเหตุที่ทำให้พืชเหี่ยวและตายได้

การป้องกันกำจัด

1. การใช้สารเคมี: การใช้สารเคมีที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนด้วงแก้ว เช่น อิมิดาโคลริด อิมิดาคลอพริด หรือ ฟิโพรนิล
2. การใช้ศัตรูธรรมชาติ: การใช้ศัตรูธรรมชาติ เช่น ไนโตรเจนีเนีย หรือ ไบโอควาย ซึ่งเป็นศัตรูของหนอนด้วงแก้ว
3. การตรวจสอบและกำจัดระยะตัวอ่อน: การตรวจสอบพื้นที่เพื่อค้นหาและกำจัดหนอนด้วงแก้วในระยะตัวอ่อนก่อนที่จะทำความเสียหายต่อรากพืชมากขึ้น
4. การใช้วิธีกล: การใช้วิธีกล เช่น การใช้กับดักแสงไฟหรือการใช้ตาข่ายคุ้มกันในบริเวณที่มีการระบาดของหนอนด้วงแก้ว
5. การใช้การบริหารจัดการที่ดิน: การปรับปรุงการบริหารจัดการที่ดิน เช่น การใช้วัสดุปรับปรุงที่ดินและการเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายน้ำ เพื่อลดความเหมาะสมสำหรับการอาศัยของหนอนด้วงแก้ว

อาการที่เกิดจากการขาดธาตุอาหาร (Nutriet deficiency) [6]

1. อาการขาดแคลเซียม

รูปที่ 2.20 ภาพแสดงอาการขาดแคลเซียมของสตรอเบอร์รี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อาการขาดธาตุเหล็ก

รูปที่ 2.21 ภาพแสดงอาการขาดธาตุเหล็กของสตรอเบอร์รี

3. อาการขาดธาตุแมกนีเซียม

รูปที่ 2.22 ภาพแสดงอาการขาดธาตุแมกนีเซียมของสตรอเบอร์รี

4. อาการขาดธาตุแมงกานิส

รูปที่ 2.23 ภาพแสดงอาการขาดธาตุแมงกานิสของสตรอเบอร์รี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.

รูปที่ 2.24 ภาพแสดงอาการขาดธาตุโปแตสเซียมของสตรอเบอร์รี

การป้องกันกำจัด

1. ปรับความเป็น กรด-ด่าง ของดินใส่ปุ๋ยคอก หรือ ปุ๋ยหมัก ที่มีธาตุอาหารที่จำเป็น (เตรียมดินอย่างถูกต้องจะไม่พบปัญหาการขาดธาตุ)
2. ให้ปุ๋ยทางใบที่มีธาตุอาหารชนิดที่ขาด (ต้องฉีดพ่นตั้งแต่ระยะก่อนออกดอก)

2.3 สตรอเบอร์รีไฮโดรโปนิกส์

หลักการของการเจริญเติบโตของสตรอเบอร์รีไฮโดรโปนิกส์

การเรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการทางชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอร์รี รวมถึงการดูแลเรื่องสารอาหารที่สำคัญ แสง อุณหภูมิ และความชื้น

หลักการของการเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอร์รีเป็นกลุ่มของกระบวนการทางชีวภาพที่เกิดขึ้นในพืชขณะที่ต้นสตรอเบอร์รีเติบโตและพัฒนา

การเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอร์รีมีหลายปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการดังนี้

สารอาหาร :

สตรอเบอร์รี ต้องการสารอาหารเพื่อเจริญเติบโต สารอาหารหลักๆ ประกอบด้วยไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส(P) และ โพแทสเซียม(K) ที่ต้นสตรอเบอร์รีดูดซึมเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต นอกจากนี้ต้นสตรอเบอร์รียังต้องการธาตุอาหารเสริมอื่นๆ เช่น เหล็ก แมงกานีส และสังกะสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การให้ปุ๋ยสตรอเบอร์รี่ไฮโดรโปนิกส์ ไม่ได้ให้ปุ๋ยเท่ากันในแต่ละช่วงอายุ เพราะความต้องการธาตุอาหารของสตรอเบอร์รี่จะเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงการเจริญเติบโต [5]

โดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 ช่วง

1. ช่วงตั้งต้น (1-2 สัปดาห์หลังปลูก)

เน้นธาตุอาหารเร่งราก เช่น ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K)

สูตรปุ๋ยที่นิยมใช้: NPK 10-20-20

2. ช่วงเจริญเติบโต (2-4 สัปดาห์หลังปลูก)

เน้นธาตุอาหารเร่งใบ เช่น ไนโตรเจน (N)

สูตรปุ๋ยที่นิยมใช้: NPK 20-10-10

3. ช่วงออกดอกและติดผล (4 สัปดาห์หลังปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว)

เน้นธาตุอาหารเร่งดอกและผล เช่น โพแทสเซียม (K) และแคลเซียม (Ca)

สูตรปุ๋ยที่นิยมใช้: NPK 10-10-20

ปริมาณปุ๋ย :

ปริมาณปุ๋ยที่ใช้จะขึ้นอยู่กับสูตรปุ๋ย ระบบไฮโดรโปนิกส์ที่ใช้ และขนาดต้นสตรอเบอร์รี่ โดยทั่วไปจะใช้ปุ๋ยในอัตราส่วน 1:200 (ปุ๋ย 1 กรัม ต่อน้ำ 200 ลิตร)

ช่วงอายุ	สูตรปุ๋ย	อัตราส่วน
1-2 สัปดาห์	NPK 10-20-20	1:200
2-4 สัปดาห์	NPK 20-10-10	1:200
4 สัปดาห์ - เก็บเกี่ยว	NPK 10-10-20	1:200

แสง : แสงเป็นพลังงานที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ในกระบวนการนี้ ต้นสตรอเบอร์รีใช้แสงจากรังสีแม่เหล็กและแปลงเป็นพลังงานที่สามารถใช้ได้ในกระบวนการสังเคราะห์อาหารหรือกระบวนการคลอโรฟิลล์ สตรอเบอร์รี่ต้องการแสงแดด 8-10 ชั่วโมงต่อวัน

น้ำ : น้ำเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการทั้งหมด โดยเฉพาะการลำเลียงสารอาหารทางน้ำจากรากไปยังส่วนอื่นๆและในกระบวนการสังเคราะห์แสง

อุณหภูมิ : อุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพของการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีวภาพ ต้นสตรอเบอร์รีมักมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญเติบโตที่ดีที่สุดแตกต่างไปในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโต อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการปลูกสตรอเบอร์รี่คือ 20-25 องศาเซลเซียส

อากาศ : อากาศมีผลต่อการหายใจของต้นสตรอเบอร์รี การหายใจนี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการทำให้พืชดึงอากาศเข้ามาและนำออกกับประโยชน์หลักๆ คือการหายใจของต้นสตรอเบอร์รีที่มีการดำเนินการการนำอากาศเข้ามา (การดูดโอกาสสูง) และการนำออก (การขับออก)

ศัตรูและโรค : การเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอร์รี มีผลต่อความทนทานต่อศัตรูและโรค การโตและการพัฒนาที่ดีสามารถทำให้ต้นสตรอบเบอร์รีมีความแข็งแรงในการต่อต้านศัตรูและโรค

สภาพแวดล้อมในระบบน้ำ : เนื่องจากปลูกในระบบน้ำวน คุณภาพของน้ำที่ใช้ในระบบน้ำจะมีผลมากที่สุดต่อการเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอร์รี

การเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอร์รีมีความซับซ้อนและมีหลายปัจจัยที่มีผลต่อการปรับตัวของต้นสตรอเบอร์รีในสภาพแวดล้อมต่างๆ ทำให้นักวิทยาศาสตร์และเกษตรกรต้องคำนึงถึงและดูแลเอาใจใส่ทุกปัจจัยนี้เพื่อให้พืชเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์และให้ผลผลิตที่มีคุณภาพ

ปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอร์รี

pH (ค่ากรด-เบส) : ค่า pH ของน้ำมีผลในการสังเคราะห์แสงและการดูดซึมของพืช น้ำที่มี pH ไม่เหมาะสมอาจทำให้สารอาหารไม่สามารถละลายได้ ค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกสตรอเบอร์รี่คือ 5.5-6.5

ความนำไฟฟ้า (EC) : ความนำไฟฟ้าของน้ำเกี่ยวข้องกับปริมาณของสารละลายที่มีในน้ำ น้ำที่มีความนำไฟฟ้าสูงอาจต้องให้ปริมาณน้ำมากขึ้น

ปริมาณแร่ธาตุ : น้ำที่มีความต่ำของแร่ธาตุอาจต้องให้ปรับปรุงหรือเติมเสริมเพื่อให้พืชได้รับสารอาหารที่เพียงพอ

สารละลาย: ความสะอาดของน้ำเป็นสิ่งสำคัญ. สารละลายเช่น โลหะหนัก, สารละลายอินทรีย์และสารละลายที่สามารถก่อให้เกิดโรคได้ต้องถูกควบคุม

อุณหภูมิ : อุณหภูมิของน้ำมีผลกับประสิทธิภาพของกระบวนการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตของพืช น้ำที่มีอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไปอาจทำให้พืชเจริญเติบโตได้ไม่ดี

การตรวจสอบโรคและแมลง : น้ำที่มีโรคและแมลงอาจทำให้พืชเป็นโรคและยอดของพืชถูกทำลาย

การควบคุมคุณภาพน้ำเป็นกระบวนการที่ต้องทำอย่างระมัดระวังและเป็นระบบเพื่อให้พืชได้รับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเจริญเติบโตและผลผลิตที่สูง

การใช้เครื่องมือการวัดและควบคุมเป็นสิ่งสำคัญในการบริหารจัดการระบบน้ำในการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์หรือระบบอื่น ๆ ที่ใช้น้ำเป็นสื่อการเจริญเติบโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมแสง (Lighting Control)

การควบคุมแสง (Lighting Control) ในบริบทของการปลูกพืชมักหมายถึงกระบวนการจัดการแสงที่ถูกนำเข้าเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช

การควบคุมแสงสามารถทำได้ในหลายแบบ ดังนี้

1. ความเข้มแสง (Light Intensity) : การปรับความเข้มของแสงที่ต้นสตรอเบอร์รีได้รับ สำหรับปลูกต้นสตรอเบอร์รีในที่ที่มีแสงน้อยหรือในช่วงเวลาที่มีแสงน้อย การใช้ระบบไฟ LED หรือการปรับการรับแสงด้วยการปรับระดับความเข้มของแสงสามารถช่วยให้ต้นสตรอเบอร์รีได้รับแสงที่เพียงพอ
2. ระยะเวลาการให้แสง (Photoperiod) : การควบคุมระยะเวลาที่ต้นสตรอเบอร์รีได้รับแสง สำหรับบางชนิดของสตรอเบอร์รีการปรับระยะเวลาของวันและคืนสามารถกระตุ้นกระบวนการออกดอกและเจริญเติบโต
3. สีแสง (Light Spectrum) : การปรับสีของแสงที่ต้นสตรอเบอร์รีได้รับ ต้นสตรอเบอร์รีจะมีการดูดซึมแสงในช่วงคลื่นแสงที่แตกต่างกัน การให้แสงในช่วงคลื่นที่เหมาะสมสามารถส่งผลให้ต้นสตรอเบอร์รีเจริญเติบโตได้ดี
4. ทิศทางการมีแสง (Light Distribution) : การควบคุมการกระจายของแสงในพื้นที่ทั้งหมดที่ปลูกต้นสตรอเบอร์รี การมีแสงที่กระจายอยู่ทั่วพื้นที่จะช่วยให้ทุกต้นสตรอเบอร์รีได้รับแสงเท่าๆ กัน

การควบคุมแสงเป็นสิ่งสำคัญในการปลูกสตรอเบอร์รีในสภาพแวดล้อมที่ไม่มีแสงเพียงพอหรือในสภาพแวดล้อมที่ต้องการการควบคุมเพื่อสร้างเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของสตรอเบอร์รีการใช้เทคโนโลยีLEDในการปรับความเข้มแสงและสีของแสงได้รับความนิยมเนื่องจากมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานและสามารถปรับแสงได้ตามความต้องการของสตรอเบอร์รี

การจัดการอุณหภูมิและความชื้น (Temperature and Humidity Control)

การจัดการอุณหภูมิและความชื้นในระบบการปลูกพืชเป็นขั้นตอนที่สำคัญเพื่อให้ต้นสตรอเบอร์รีเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดีที่สุด การควบคุมเหล่านี้มีผลมากต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง การดูดซึมของสตรอเบอร์รี และการควบคุมโรคและแมลง นอกจากนี้การจัดการอุณหภูมิและความชื้นยังมีผลต่อประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน การควบคุมการเจริญเติบโต และการป้องกันปัญหาทางสุขภาพของต้นสตรอเบอร์รีที่ใช้ในการควบคุม

การควบคุมอุณหภูมิ

1. เครื่องทำความเย็น (Cooling Systems) เช่น พัดลม, ระบบปรับอากาศ, หรือเครื่องทำน้ำเย็น เพื่อลดอุณหภูมิในพื้นที่ปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ระบบทำความร้อน (Heating Systems) เช่น ระบบทำความร้อน ที่ติดตั้งในพื้นที่ปลูกเพื่อเพิ่มอุณหภูมิในกรณีที่มีอุณหภูมิต่ำ

3. ควบคุมความแตกต่างของอุณหภูมิ (Temperature Differentials) การควบคุมการแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างวันและคืนเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโต

การควบคุมความชื้น

1. ระบบการพ่นน้ำ (Misting Systems) : ใช้เพื่อเพิ่มความชื้นในอากาศ

2. การใช้อุปกรณ์ควบคุมความชื้น (Humidity Control Devices) : เช่น ท่อละเอียด, ระบบการควบคุมความชื้น, เพื่อลดหรือเพิ่มความชื้นในอากาศตามที่ต้องการ

3. ระบบระบายน้ำ (Water Drainage Systems) : เพื่อป้องกันการสะสมน้ำและความชื้นที่ไม่พึงประสงค์

การจัดการอุณหภูมิและความชื้นต้องดูแลอย่างใกล้ชิดตลอดเวลา เพื่อให้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับพืชที่ปลูก การใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติและระบบควบคุมคอมพิวเตอร์ (Computer Control Systems) สามารถช่วยในการทำให้กระบวนการนี้ง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.4 Thermoelectric Cooler Peltier

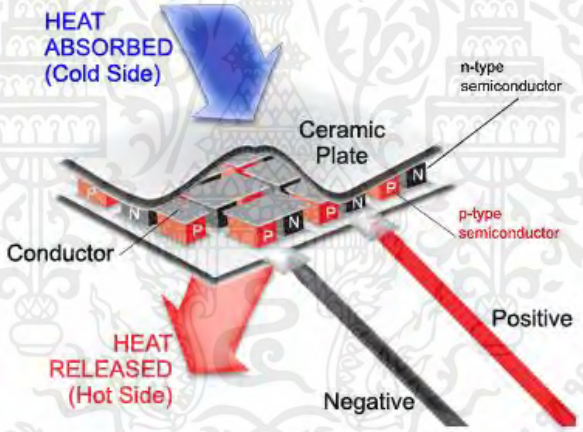
Thermoelectric Cooler Peltier หรือ แผ่นPeltier หรือ แผ่นร้อนเย็น เป็นอุปกรณ์อีก หนึ่งรูปแบบของการทำความเย็นที่ถูกนำมาใช้ในการทำความเย็น ในลักษณะการใช้งานแบบที่คล้ายกับระบบทำความเย็นที่ใช้คอมเพรสเซอร์ คือการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิ ซึ่งการทำความเย็นในรูปแบบนี้ไม่ต้องใช้คอมเพรสเซอร์ หรือกลไกขับเคลื่อนใดๆ และไม่ต้องใช้สารทำความเย็นหรือตัวกลางอื่น ๆ ในระบบ เพราะเป็นการทำความเย็นที่ได้จากการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านสารกึ่งตัวนำ

หลักการดังกล่าวมีชื่อว่า เทอร์โมอิเล็กทริค คูลเลอร์ Peltier TEC (Thermoelectric Cooler Peltier) ซึ่งเป็นแผ่น Peltier สามารถที่จะสร้างความเย็นได้ที่ด้านหนึ่ง และปล่อยความร้อนออกมาที่อีกด้านหนึ่ง (การดึงความร้อนจากด้านนึงไปยังอีกด้านหนึ่ง)เพียงแค่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปในระบบเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติความเป็นมา

เมื่อปี ค.ศ. 1834 นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส 2 คน ที่มีชื่อว่า เฟรนช์ วัตช์เมคเกอร์ (French Watchmaker) และ ยีน ชาร์เลส เอธาเนสซี่ เพลเทียร์ (Jean Char Athanase Peltier) ได้ค้นพบปรากฏการณ์ที่เรียกว่า เพลเทียร์เอฟเฟิกต์ (Peltier effect) โดย ทั้งสองได้ค้นพบว่า เมื่อได้ทำการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับสารกึ่งตัวนำ แล้วพบว่าที่ผิวทั้งสองด่นของสารกึ่งตัวนำชนิดแรก เกิดความร้อนขึ้นที่ผิว และที่ผิวทั้งสองด้านของสารกึ่งตัวนำอีกชนิดก็เกิดความเย็นขึ้นที่ผิวโดยเกิดขึ้นสอดคล้องกับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า และ ในทางกลับกันหากมีการให้ความร้อนที่ผิวด้านหนึ่งและความเย็นอีกด้านนึง ก็จะส่งผลทำให้เกิดปฏิกิริยาที่ตรงกันข้ามขึ้นได้เกิดเป็นแรงดันไฟฟ้าขึ้นมา เรียกว่า ซีเบ็คโวลต์เตจ(Sec Beck Voltage) โครงสร้างเบื้องต้นของแผ่น Peltier ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-Type) และชนิดพี่ (P-Type) แผ่นเพลเทียร์ (Peltier) แบบบิสมัธทลลูไรด์ ถูกสร้างขึ้นมาจากธาตุ 2 ชนิด ได้แก่ บิสมัส (Bismuth: Bi) ซึ่งเป็นธาตุที่มีเลขอะตอม 83 และอีกตัวหนึ่งคือ เทลลูเรียม (Tellurium : Te) ซึ่งเป็นธาตุที่มีเลขอะตอม 52 [48]



รูปที่ 2.25 ภาพแสดงหลักการทำงานของแผ่นเพลเทียร์

หลักการทำงาน

หลักการทำงานของแผ่นทำความเย็น Peltier นั้น เป็นหลักการที่มีชื่อว่า เทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric) หลักการทำความเย็นแบบนี้เกิดขึ้นได้ โดยการใช้สารกึ่งตัวนำ P-N Type ซึ่ง สารกึ่งตัวนำP-N Type คือส่วนประกอบหลักของแผ่นทำความเย็น Peltier โดยการทำความเย็นจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current : DC) หรือ ไฟดีซี ให้กับแผ่นทำความเย็น Peltier เพราะเมื่อกระแสไฟฟ้าเดินทางผ่านวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการทำปฏิกิริยาขึ้นสาร กึ่งตัวนำP-N Type ซึ่งต่างชนิดกัน เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะมีการดูดกลืนกันของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนจากระดับพลังงานต่ำ ทางด้านสารกึ่งตัวนำP Type ไปสู่ระดับพลังงานที่สูงกว่าทางด้านสารกึ่งตัวนำN Type กระบวนการดังกล่าวจะส่งผลให้ที่ผิวด้านหนึ่งของแผ่น Peltier มีการดูดพลังงานความร้อน ซึ่งได้จากความร้อนที่อยู่โดยรอบ เมื่อความร้อนในบริเวณรอบๆถูกดูดเข้ามา จะทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ในบริเวณนั้นมีอุณหภูมิต่ำหรือเย็นลง ซึ่งคือด้านทำความเย็นจากนั้นนำเอาความเย็นมาใช้งานและในขณะเดียวกันจะเกิดการดูดกลืนของอิเล็กตรอนจากระดับพลังงานที่สูง ในสารกึ่งตัวนำ N Type สู่ระดับพลังงานที่ต่ำกว่าในสารกึ่งตัวนำ P Type ส่งผลให้เกิดการคายความร้อนออกมาที่บริเวณผิวหน้าของอีกด้านหนึ่ง ของแผ่น Peltier

จาก หลักการทำงานข้างต้นทำให้สามารถนำแผ่น Peltier มาประยุกต์ใช้กับงานได้หลากหลาย แต่ที่นิยมที่สุดคือ การใช้คุณสมบัติในด้านการทำความเย็นมาประยุกต์ใช้งาน เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับการทำความเย็น แบบไม่ต้องพึ่งพาระบบทำความเย็นที่ใช้คอมเพรสเซอร์

2.5 บอร์ด ESP32 NodeMCU Goouuu ESP32 DEVKIT Wi-Fi and Bluetooth

ESP32 เป็นชื่อของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต ที่รองรับการเชื่อมต่อ Wi-Fi และ Bluetooth 4.2 BLE ในตัว แสดงดังรูปที่ 2.20 [19] รองรับการเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Arduino IDE และรองรับ library ส่วนใหญ่ของ Arduino เหมาะสำหรับการนำมาใช้ควบคุมระบบวงจรอย่างง่าย คุณสมบัติของ ESP32 WROOM32 Devkit มีรายละเอียดดังนี้ [13]

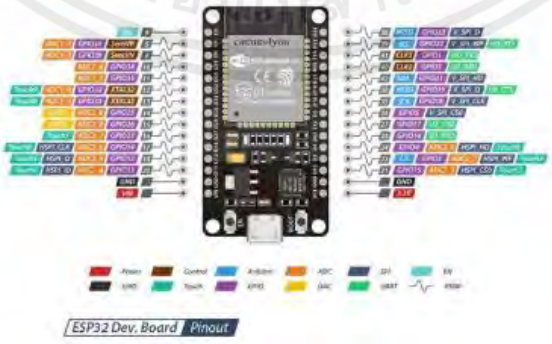
หน่วยประมวลผล

- CPU: Xtensa Dual-core (or single-core) 32-bit LX6 Microprocessor, ทำงานด้วยความถี่ 160 หรือ 240 MHz
- Ultra Low Power (ULP) Co-processor

หน่วยความจำ: 520 KB RAM

การเชื่อมต่อไร้สาย

- Wi-Fi: 802.11 b/g/n
- Bluetooth: v4.2 BR/EDR and BLE



รูปที่ 2.26 ESP32 Pinout

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนิตของ Pin มีดังนี้

- Analog-to-Digital Converter (ADC) 18 ช่องสัญญาณ (ความละเอียดสูงสุด 12 bits)
- Capacitive Sensing GPIOs 10 ช่องสัญญาณ
- UART 3 ช่องสัญญาณ
- SPI Interfaces 3 ช่องสัญญาณ
- 12C 2 ช่องสัญญาณ
- PWM Output 16 ช่องสัญญาณ
- Digital-to-Analog Converters (DAC) 2 ช่องสัญญาณ
- 12S 2 ช่องสัญญาณ
-

2.6 4-Channel Relay Module

โมดูลรีเลย์ 4ช่อง 5V (4 Channel Relay Module) เป็นโมดูลที่ใช้ควบคุมการทำงานของโหลดทางไฟฟ้าได้ทั้งแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ซึ่งโหลดสูงสุด คือ AC 250V/10A และ DC 30V/10A โดยใช้สัญญาณในการควบคุมการทำงานด้วยสัญญาณโลจิก TTL ทำงานด้วยสัญญาณแบบ Active Low, กระแสขับรีเลย์ (Drive Current) 15-20mA มีการออกแบบให้เป็น Isolate ด้วย Optocouplerและมี LED แสดงสถานะ Relay สามารถนำไปประยุกต์ใช้งาน PLC Control, บ้านอัจฉริยะ, ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม หรืองานอื่นๆ ขึ้นอยู่กับการเขียนโปรแกรมและการต่อใช้งานภายนอก สามารถเชื่อมต่อใช้งานกับบอร์ด Rasberry Pi, Arduino, NodeMCU ESP8266,NodeMCU ESP8266 ฯลฯ เป็นต้น [14]

คุณสมบัติ

- ไฟเลี้ยงโมดูลรีเลย์ VCC = 5VDC
- ควบคุมโหลดได้ทั้งแรงดันไฟฟ้า AC ได้สูงสุด 250VAC 10A หรือ แรงดันไฟฟ้า DC ได้สูงสุด 30VDC 10A (Maximum Load)
- ระดับสัญญาณอินพุตควบคุมแบบ TTL ทำงานด้วยสัญญาณแบบ Active Low
- กระแสขับรีเลย์ (Drive Current) 15-20mA
- มีการออกแบบให้เป็น Isolate ด้วย Optocoupler
- มี LED แสดงสถานะ Relay
- โมดูลขนาด 5.3cm.(กว้าง) x 7.0cm.(ยาว) x 1.7cm.(สูง)

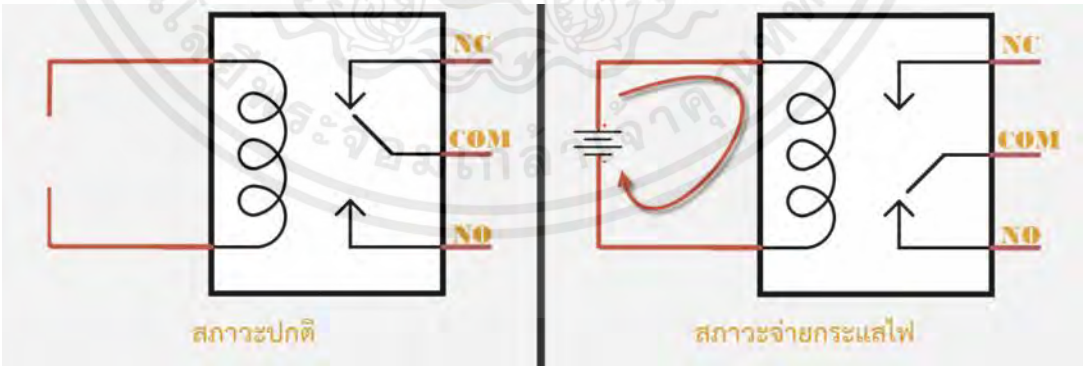
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายใน Relay จะประกอบไปด้วยขดลวดและหน้าสัมผัส

1. หน้าสัมผัส NC (Normally Close) เป็นหน้าสัมผัสปกติปิด โดยในสภาวะปกติหน้าสัมผัสนี้จะต่อเข้ากับขา COM (Common) และจะลอยหรือไม่สัมผัสกันเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด
2. หน้าสัมผัส NC (Normally Close) เป็นหน้าสัมผัสปกติปิด โดยในสภาวะปกติหน้าสัมผัสนี้จะต่อเข้ากับขา COM (Common) และจะลอยหรือไม่สัมผัสกันเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด
3. หน้าสัมผัส NC (Normally Close) เป็นหน้าสัมผัสปกติปิด โดยในสภาวะปกติหน้าสัมผัสนี้จะต่อเข้ากับขา COM (Common) และจะลอยหรือไม่สัมผัสกันเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด

รูปที่ 2.27 แสดงแผง 4-Channel Relay Module

สัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าของ4-Channel Relay Module



รูปที่ 2.28 แสดงสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าของ4-Channel Relay Module

2.7 SONIC AP-1600

ปั๊มน้ำส่วนใหญ่ในท้องตลาดจะมีอยู่หลายขนาด ซึ่งหาซื้อได้ทั่วไปตามร้านขายปลา นั่นคือปั๊มตู้ปลา มีหลากหลายยี่ห้อและความแรง มีราคาหลักร้อยถึงร้อยปลายๆ เนื่องจากปั๊มน้ำของผักไฮโดร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนใหญ่จะใช้ในระบบNFT และ DFT ซึ่งแบ่งระบบเป็นแบบ1ถังสารละลาย1ปั๊มต่อโต๊ะนั้น (ไม่ใช่ระบบบ่อสารละลายธาตุอาหารรวม) ต้องเปิด 24 ชม. จึงสำคัญที่จะเลือกปั๊มที่มีขนาดพอดีสำหรับแปลงๆนั้น เพื่อที่จะประหยัดค่าไฟ

ส่วนใหญ่แล้วถ้าใช้ท่อแบบNFTจะมีความยาวมาตรฐานอยู่ที่ 6 เมตร สามารถเอามาทำรางปลูกต่อกันเป็นขนาดความยาว 6/12/18 เมตรได้ โดยจะมีข้อต่อและตัวหัวท้ายท่อสำหรับปิดแยกต่างหาก ส่วนระบบ DRT ซึ่งเป็นท่อกลม จะมีความยามมาตรฐานอยู่ที่ 4 เมตร ซึ่งถ้าเอามาต่อจะได้ความยาว 4/8/12/16 เมตร

ปั๊มน้ำใช้สำหรับการส่งสารอาหารที่เราผสมไปกับน้ำเพื่อไปเลี้ยงพืชที่เราทำการปลูก คือ SONIC AP-1600 [15]

คุณสมบัติ

- ปั๊มน้ำได้ 900 L/Hr
- กำลังไฟ 20-23 W
- ปั๊มน้ำได้สูง 1.3 m
- ความยาวสายไฟ 1.4 m
- ขนาดโดยประมาณรวมท่อพ่นน้ำและกรวยกันปลา กว้าง 6.6 x ยาว 12 x สูง16 cm
- ขนาดเฉพาะตัวปั๊มไม่รวมท่อและกรวยกันปลา กว้าง 6.6 x ยาว 9.1 x สูง 10.3 cm

รูปที่ 2.29 แสดงปั๊มน้ำ SONIC AP-1600

2.8 เซ็นเซอร์

2.8.1 Waterproof Temperature Sensor (DS18B20) 3 Meter

DS18B20 เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบดิจิตอลที่ให้การวัดอุณหภูมิในหน่วย Celsius ระดับ 9 บิตถึง 12 บิต และมีฟังก์ชันการเตือนที่มีจุดตั้งค่าสูงและต่ำที่ผู้ใช้สามารถโปรแกรมได้โดยไม่สูญหาย DS18B20 สื่อสารผ่านชุดข้อมูล 1-Wire ซึ่งตามนิยามต้องใช้เพียงเส้นข้อมูลเดียว (และอีกสายสำหรับแต่ละงาน) เพื่อการสื่อสารกับไมโครโปรเซสเซอร์กลาง นอกจากนี้ DS18B20 สามารถได้รับพลังงานโดยตรงจากเส้นข้อมูล ("parasite power") ซึ่งลดความจำเป็นในการใช้แหล่งจ่ายพลังงานภายนอก

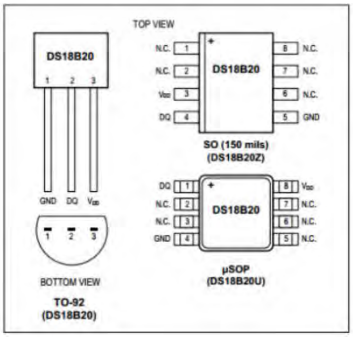
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละ DS18B20 มีรหัสซีเรียลที่ไม่ซ้ำ 64 บิตซึ่งทำให้ DS18B20 หลายตัวสามารถทำงานบนชุดข้อมูล 1-Wire เดียวกันได้ ดังนั้น การใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เพียงตัวเดียวสามารถควบคุม DS18B20 หลายตัวที่กระจายในพื้นที่ใหญ่ได้โดยง่าย [16]

รูปที่ 2.30 แสดง Digital Temperature Sensor Probe DS18B20

คุณสมบัติ

- Operating voltage: 3.0~ 5.5V
- ±0.5°C Accuracy from -10°C to +85°C
- Usable temperature range: -55 to 125°C (-67°F to +257°F)
- 9 to 12 bit selectable resolution
- Uses 1-Wire interface- requires only one digital pin for communication
- Unique 64-bit ID burned into chip
- Multiple sensors can share one pin
- Temperature-limit alarm system
- Query time is less than 750 ms
- 3 wires interface: VCC, GND and DATA
- Stainless steel tube 6mm diameter by 35mm (1.34") long
- Cable diameter: 4mm (0.16")
- Length: 90cm (35.43")



รูปที่ 2.31 แสดง Pin Configurations

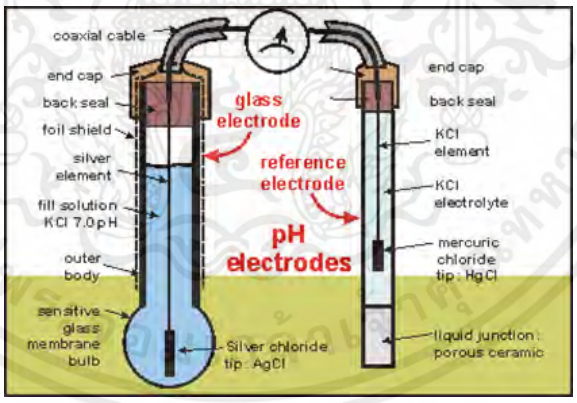
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 pH Electrodes

เซ็นเซอร์วิเคราะห์สำหรับตรวจวัดศักยภาพของไฮโดรเจน (pH) ซึ่งเป็นลอการิทึมลบของ Hydrogen ion ในสารละลาย ค่า pH ของสารมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราส่วนของความเข้มข้นของHydrogen ion [H+] และความเข้มข้นของ Hydroxyl ion OH- [17]

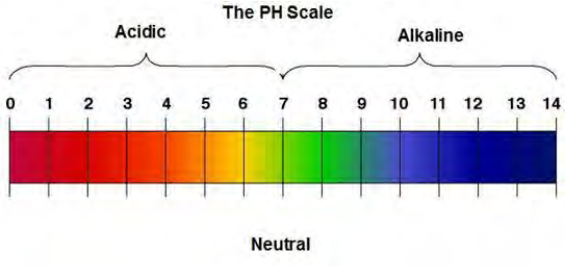
การทำงาน

pH Electrodes ทำงานโดยการสร้างศักย์ไฟฟ้าระหว่างของเหลวสองชนิดที่มีค่า pH ต่างกัน เมื่อสัมผัสกับด้านตรงข้ามของเมมเบรนแก้วบางๆ หรือที่เรียกว่าองค์ประกอบ pH ศักย์ไฟฟ้านี้เป็นฟังก์ชันของความเป็นกรดอิสระหรือความเป็นด่างอิสระของสารละลาย องค์ประกอบ pH สามารถซึมผ่านได้ด้วยไอออน H+ และอิเล็กโทรด pH เต็มด้วยสารละลายที่เป็นกลาง ซึ่งตามคำจำกัดความแล้วจะมี H+ และ OH- ไอออนในปริมาณเท่ากัน จากนั้นจุ่มหัววัด pH ลงในสารละลาย H+ และเมมเบรนแก้วจะถูกไอออนของ H+ แทรกซึม ซึ่งทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้าเชิงบวกบนอิเล็กโทรดตรวจจับ ความแตกต่างที่อาจเกิดขึ้นนี้วัดโดยเครื่องวัดค่า pH และแปลงเป็นเอาต์พุต pH เมื่อจุ่มหัววัดในสภาพแวดล้อมที่เป็นด่าง ไอออนของ H+ จะเคลื่อนตัวออกไปด้านนอกของหัววัด เหลือ OH- ไอออนที่มากเกินไปไว้ภายในหัววัด และเครื่องวัดค่า pH จะรับรู้ถึงศักย์ไฟฟ้าเชิงลบ



รูปที่ 2.32 แสดง pH electrode parts

• ช่วงกว้างทำงานในช่วง activity range 1 M H+ (pH 0) to 10-14 M H+ (pH 14)



• เวลาตอบสนอง มักจะแสดงเป็นค่า เช่น 95% ใน 10 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อกำหนดทางกายภาพ

• Single cells หรือคู่อิเล็กโทรด จำเป็นต้องมีอิเล็กโทรดอ้างอิงแยกต่างหาก อุปกรณ์ประเภทนี้เป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดสำหรับสารแขวนลอยคอลลอยด์ ไอโอไดด์ในตัวอย่าง และของแข็งในของเหลวที่มีเปอร์เซ็นต์สูง

• Combination pH แบบรวม มีสองส่วน คือ อิเล็กโทรดการวัดและอิเล็กโทรดอ้างอิง

ตัวเลือกโซลูชันอิเล็กโทรด pH

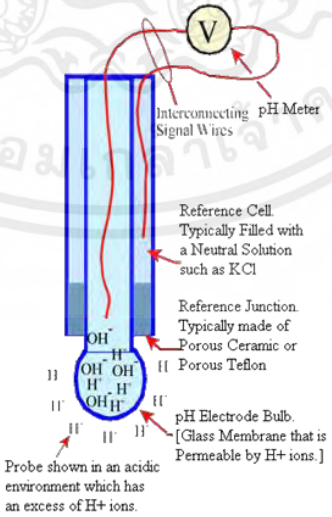
pH Electrode Solution Options

ในแง่ของตัวเลือกโซลูชันอ้างอิง อิเล็กโทรดอ้างอิงสามารถเติมใหม่หรือปิดผนึกได้ สิ่งที่ต้องแลกระหว่างทั้งสองประเภทคือปริมาณการบำรุงรักษาเทียบกับอายุผลิตภัณฑ์ อิเล็กโทรด pH แบบเติมได้ต้องมีการบำรุงรักษามากขึ้น แต่ก็มีอายุการใช้งานยาวนานกว่าและโดยทั่วไปจะมีความแม่นยำสูงกว่า อิเล็กโทรด pH แบบปิดผนึกไม่จำเป็นต้องเติม แต่มีอายุการใช้งานที่จำกัดเนื่องจากสารเคมีภายในถูกใช้หมดและไม่สามารถเปลี่ยนได้

Junction Type

ประเภทหัวต่อเป็นข้อกำหนดทางกายภาพที่สำคัญที่ต้องพิจารณาเมื่อเลือกอิเล็กโทรด pH มีสองประเภทพื้นฐาน:

• Single junction : อิเล็กโทรไลต์ให้ระดับไอออนที่คงที่ซึ่งรับรู้โดยองค์ประกอบอ้างอิงแบบพลิกกลับได้ และสร้างจุดเชื่อมต่อของเหลวที่มีศักยภาพต่ำกับสารละลายตัวอย่าง อิเล็กโทรดแบบแยกเดี่ยวเป็นอิเล็กโทรดที่พบมากที่สุดในอุตสาหกรรม



รูปที่ 2.33 แสดง Single junction glass electrode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

• Double junction : อิเล็กโทรดอ้างอิงหัวต่อคู่มีเซลล์อ้างอิงเพิ่มเติมที่ด้านหน้าเซลล์โพแทสเซียมคลอไรด์ เซลล์นี้จะคัดกรองตัวอย่างจากเซลล์อ้างอิงโพแทสเซียมคลอไรด์ โดยทั่วไป เซลล์ที่มีจุดเชื่อมต่อคู่จะมีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น เนื่องจากชั้นกั้นทางเคมีที่สองจะชะลอผลกระทบของพิษจากอิเล็กโทรด

คุณสมบัติ

• การชดเชยอุณหภูมิ - การชดเชยอุณหภูมิมีความสำคัญมากสำหรับการวัดค่า pH ที่แม่นยำ อย่างไรก็ตาม จะไม่ใช้สำหรับการวัดค่า ORP อุณหภูมิส่งผลต่อศักยภาพในการเกิดปฏิกิริยาของสารเคมีทุกชนิด แต่ ORP ที่แท้จริงคือการวัดโดยตรงของการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนระหว่างปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน โดยไม่คำนึงถึงอุณหภูมิ

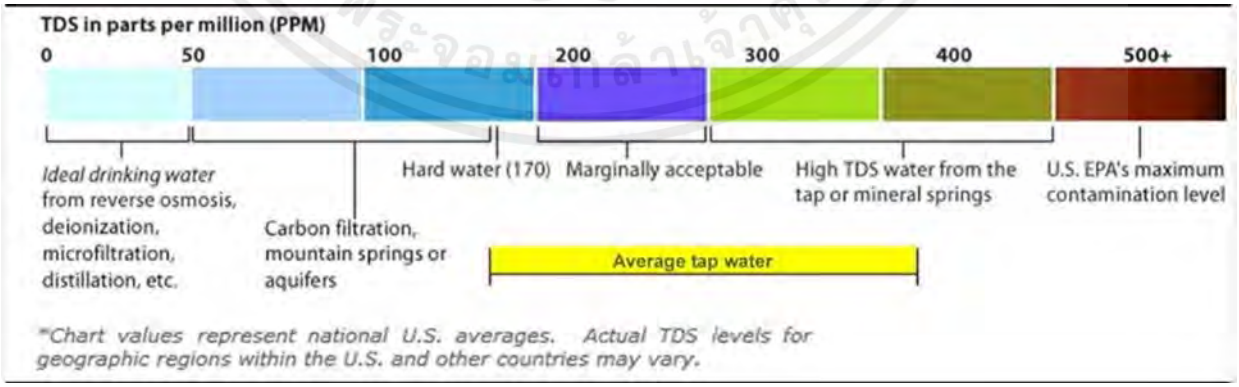
• การตรวจจับอุณหภูมิในตัว - อุปกรณ์มีเครื่องสอบเทียบในตัว ซึ่งสามารถใช้สำหรับการทดสอบและการปรับใหม่

• การออกแบบแบบจุ่มใต้น้ำหรือกันน้ำ - อิเล็กโทรด ORP แบบจุ่มใต้น้ำสามารถใช้ในการทดสอบน้ำได้

• เหมาะสำหรับการใช้งานด้านอาหารหรือด้านสุขอนามัย - ORP ที่ใช้ในด้านอาหารหรือด้านสุขอนามัยสามารถฆ่าเชื้อได้อย่างง่ายดายระหว่างการใช้งานเพื่อป้องกันการปนเปื้อน

2.8.3 TDS sensor (Total Dissolved Solids)

เป็นเซนเซอร์ที่ใช้ในการแสดงปริมาณสารที่ละลายอยู่ในสารละลาย ส่วนใหญ่จะใช้กับน้ำ เนื่องจากของแข็งที่แตกตัวเป็นไอออนที่ละลายในน้ำ เช่นแร่ธาตุ นั้นเปลี่ยนแปลงการนำไฟฟ้าของสารละลาย ทำให้ TDS Meter วัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายและให้ค่าออกมาเป็นระดับแรงดัน



รูปที่ 2.34 แสดง Chart value represent

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัด TDS ขึ้นอยู่กับค่า Conductivity ของน้ำการนำไฟฟ้า (EC) ของน้ำ น้ำบริสุทธิ์มีค่าการนำไฟฟ้าเกือบเป็นศูนย์ ค่า TDS คำนวณโดยการแปลงคูณค่า EC ด้วย 0.5 ถึง 1.0 เท่า แม้ว่าเครื่องวัด TDS จะอิงตามค่าคอนดักติวิตี้การนำไฟฟ้า แต่ TDS และค่าการนำไฟฟ้าไม่ใช่สิ่งเดียวกัน ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดรวมถึงของแข็งที่ระเหยได้และไม่ระเหย ของแข็งระเหยเป็นของแข็งที่สามารถเปลี่ยนสถานะของแข็งเป็นของเหลวได้อย่างง่ายดาย ของแข็งไม่ระเหยต้องได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูง โดยปกติคือ 550 °C เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะนี้ตัวอย่างของสารที่ไม่ระเหยได้แก่เกลือและน้ำตาล

เครื่องวัด TDS ให้การวัดเชิงปริมาณของจำนวนไอออนที่ละลายในน้ำดื่ม แต่ไม่ได้บอกลักษณะของไอออน ดังนั้นเครื่องวัด TDS จึงไม่สามารถบอกได้อย่างเจาะจงว่าแร่ธาตุ การปนเปื้อน และตะกอนในน้ำดื่มมีอะไรบ้าง เครื่องวัดสามารถได้เพียงว่ามีค่าส่วนในล้าน (ppm) ด้วยเหตุนี้เครื่องวัด TDS จึงไม่สามารถบอกคุณได้ว่าน้ำนั้นดีต่อสุขภาพหรือไม่ [55]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พารามิเตอร์	กรมอนามัย [1]	อย.[2]	สมอ.[3]
<u>คุณภาพน้ำทางกายภาพ/ฟิสิกส์</u>			
- ความเป็นกรด-ด่าง(pH)	อยู่ระหว่าง 6.5-8.5	อยู่ระหว่าง 6.5-8.5	อยู่ระหว่าง 6.5-8.5
- ความขุ่น (turbidity)	ไม่เกิน 5 NTU	ไม่เกิน 5 ซิลิกาสเกล	ไม่เกิน 5 NTU
- สี (Colour)	ไม่เกิน 15 หน่วย แพลทินัม-โคบอลต์	ไม่เกิน20ฮาเซนยูนิต	ไม่เกิน 5 หน่วย แพลทินัม-โคบอลต์
- กลิ่น	ไม่กำหนด	ต้องไม่มีกลิ่น แต่ไม่รวมถึงกลิ่นคลอรีน	ไม่กำหนด
<u>คุณภาพน้ำทางเคมีทั่วไป</u>			
- สารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย (TDS)	ไม่เกิน 1,000 มก./ล.	ไม่เกิน 500 มก./ล.	ไม่เกิน500 มก./ล.(600)[4]
- ความกระด้าง (Hardness)	ไม่เกิน 500 มก./ล.	ไม่เกิน 100 มก./ล.*	ไม่เกิน100มก./ล.*(300)[4]
- ซัลเฟต (SO^{2-}_4)	ไม่เกิน 250 มก./ล.	ไม่เกิน 250 มก./ล.	ไม่เกิน200 มก./ล.(250)[4]
- คลอไรด์ (Cl^-)	ไม่เกิน 250 มก./ล.	ไม่เกิน 250 มก./ล.	ไม่เกิน 250 มก./ล.
- ไนเตรท (NO^-_3 as NO^-_3)	ไม่เกิน 50 มก./ล.	ไม่เกิน 4 มก./ล.**	ไม่เกิน 4 มก./ล.** (10)[4]
- ฟลูออไรด์ (F^-)	ไม่เกิน 0.7 มก./ล.	ไม่เกิน 0.7 มก./ล.	ไม่เกิน 0.7 มก./ล. (1)[4]
-ลิเนียร์อัลคิลเบนซีนซัลโฟเนต	ไม่กำหนด	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.
-ฟีนอลิกซับสแตนซ์	ไม่กำหนด	ไม่เกิน 0.001 มก./ล.	ไม่เกิน 0.001 มก./ล. (0.005)[4]
<u>คุณภาพน้ำทางโลหะหนักทั่วไป</u>			
- เหล็ก (Fe)	ไม่เกิน 0.5 มก./ล.	ไม่เกิน 0.3 มก./ล.	ไม่เกิน 0.3 มก./ล.
- แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 0.3 มก./ล.	ไม่เกิน 0.05 มก./ล.	ไม่เกิน0.05 มก./ล.(0.1)[4]
- ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
- สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 3.0 มก./ล.	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	ไม่เกิน 3.0 มก./ล.
- อะลูมิเนียม(Al)	ไม่กำหนด	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	ไม่กำหนด
<u>คุณภาพน้ำทางโลหะหนักที่เป็นพิษ</u>			
- ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.01 มก./ล.	ไม่เกิน 0.05 มก./ล.	ไม่เกิน 0.01 มก./ล.
- โครเมียม (Cr)	ไม่เกิน 0.05 มก./ล.	ไม่เกิน 0.05 มก./ล.	ไม่เกิน 0.05 มก./ล.
- แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.003 มก./ล.	ไม่เกิน0.005 มก./ล.	ไม่เกิน 0.003 มก./ล.
- สารหนู (As)	ไม่เกิน 0.01 มก./ล.	ไม่เกิน 0.05 มก./ล.	ไม่เกิน 0.01 มก./ล.
- ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.001 มก./ล.	ไม่เกิน0.002 มก./ล.	ไม่เกิน 0.001 มก./ล.
-ซีลีเนียม(Se)	ไม่กำหนด	ไม่เกิน 0.01 มก./ล.	ไม่เกิน 0.01 มก./ล.
-ไซยาไนด์(CN^-)	ไม่กำหนด	ไม่เกิน 0.1 มก./ล.	ไม่เกิน 0.07 มก./ล.
-แบเรียม(Ba)	ไม่กำหนด	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	ไม่เกิน 0.7 มก./ล.
-เงิน(Ag)	ไม่กำหนด	ไม่เกิน 0.05 มก./ล.	ไม่กำหนด

ตารางที่ 2.2 แสดงค่ามาตรฐานTDS(1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พารามิเตอร์	กรมอนามัย [1]	อย.[2]	สมอ.[3]
คุณภาพน้ำทางแบคทีเรีย/จุลินทรีย์ - โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform bacteria) - ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Faecal Coliform bacteria) -จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค	ไม่พบในตัวอย่าง 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่พบในตัวอย่าง 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่กำหนด	น้อยกว่า 2.2 ต่อน้ำบริโภค 100 มิลลิลิตร โดยวิธี เอ็ม พี เอ็น ไม่พบแบคทีเรียชนิดอี.โคไล ต้องไม่มี	น้อยกว่า 1.1 ต่อน้ำบริโภค 100 มิลลิลิตร โดยวิธี เอ็ม พี เอ็น อี.โคไลต้องไม่พบในตัวอย่าง 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร *สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส (Staphylococcus aureus) ซาลโมเนลลา (Salmonella) คลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ (Clostridium perfringens)* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

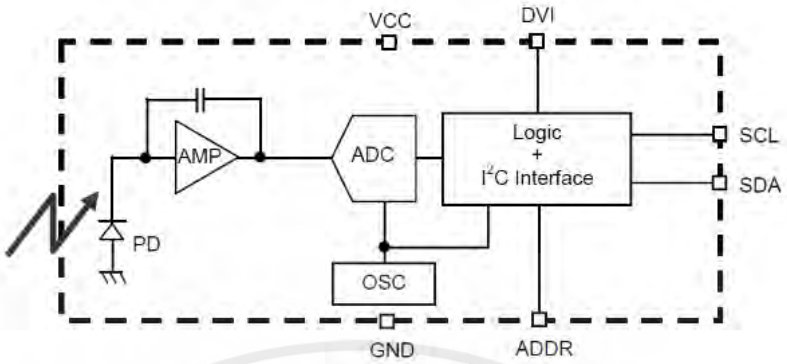
ตารางที่ 2.3 แสดงค่ามาตรฐานTDS(2)

1. Signal Transmitter Board
    - Input Voltage: 3.3 ~ 5.5V
    - Output Voltage: 0 ~ 2.3V
    - Working Current: 3 ~ 6mA
    - TDS Measurement Range: 0 ~ 1000ppm
    - TDS Measurement Accuracy: ± 10% F.S. (25 ℃)
    - Module Size: 42 * 32mm
    - Module Interface: PH2.0-3P
    - Electrode Interface: XH2.54-2P
2. TDS probe
    - Number of Needle: 2
    - Total Length: 83cm
    - Connection Interface: XH2.54-2P

2.8.4 GY-302 BH1750 Module

เป็นเซนเซอร์วัดความเข้มแสง (Light Intensity) มีหน่วยการวัดเป็น "ลักซ์" (Lux หรือ Lumen / m^2) สามารถวัดแสงที่สามารถมองเห็นได้ (Visible Light) และตอบสนองได้ดีสำหรับแสงในช่วงประมาณ 500 ถึง 600 นาโนเมตร ไอซีสื่อสารข้อมูลได้ด้วยบัส I2C (ความเร็วได้ถึง 400kHz) ให้ข้อมูลจากการวัดแสงที่มีความละเอียด 16 บิต [51]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.35 แสดง BH1750 Block Diagram

ภายในไอซี BH1750 ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ เริ่มต้นด้วย PD (Photo Diode) สำหรับรับแสง เมื่อได้รับแสงก็จะมีกระแสไฟฟ้าไหล มีการแปลงกระแสให้เป็นแรงดันไฟฟ้าโดยใช้วงจร Opamp-based Integrator แล้วแปลงให้เป็นข้อมูลดิจิทัล โดยใช้วงจร ADC (Analog-to-Digital Converter) และมีหน่วยประมวลผลแบบดิจิทัลสำหรับเชื่อมต่อสื่อสารข้อมูลด้วยบัส I2C

ไอซีมีขา ADDR หนึ่งขาสำหรับกำหนดแอดเดรสของอุปกรณ์ (0x23: ADDR=0 / floating และ 0x5C: ADDR=1 ต่อกับ +3.3V)

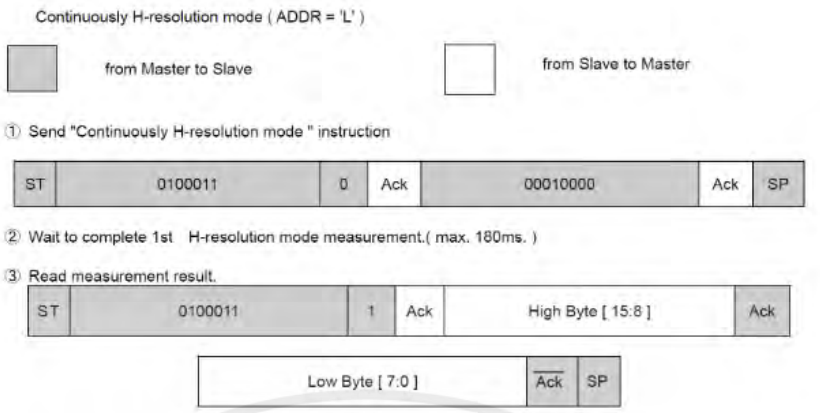
ในการวัดค่าแสง แบ่งออกได้เป็นสองรูปแบบการทำงาน คือ

1. One-Time Measurement เป็นการวัดค่าแสงเพียงหนึ่งครั้งแล้วไอซีจะเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงาน (Power down) โดยอัตโนมัติ
2. Continuous Measurement เป็นการวัดค่าแสงต่อเนื่องซ้ำไปเรื่อย ๆ

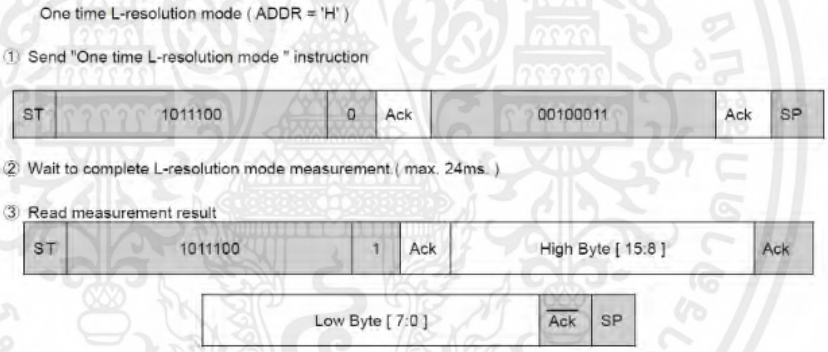
ไอซี BH1750FVI สามารถโปรแกรมเลือกโหมดการวัดค่าและระยะเวลาในการวัดได้ดังนี้

1. H-Resolution Mode 1 เป็นโหมดการวัดความละเอียดสูง (1 Lux) ซึ่งใช้เวลาในการวัดประมาณ 120 msec
2. H-Resolution Mode 2 เป็นโหมดการวัดความละเอียดสูง (0.5 Lux) ซึ่งใช้เวลาในการวัดประมาณ 120 msec
3. L-Resolution Mode เป็นโหมดการวัดความละเอียดต่ำ (4 Lux) ซึ่งใช้เวลาในการวัดประมาณ 16 msec เหมาะกับสภาวะแสงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.36 แสดงตัวอย่างการส่งคำสั่งไปยัง BH1750 (เชื่อมต่อด้วยบัส I2C) เพื่อเริ่มต้นวัดค่าแสงแบบต่อเนื่อง ให้ทำงานในโหมด H-Resolution 1x, Continuous Measurement และมีค่าบิต ADDR=0 (Low) (ใช้หมายเลขแอดเดรส 0x23)



รูปที่ 2.37 แสดงการเชื่อมต่อด้วยบัส I2C เพื่อส่งคำสั่งไปยัง BH1750 ให้เริ่มต้นวัดค่าแสงแบบครั้งเดียว ให้ทำงานในโหมด L-Resolution 4x, One-Shot Measurement และมีค่าบิต ADDR=1 (High) (ใช้หมายเลขแอดเดรส 0x23)

สำหรับค่าแสงที่วัดได้ จะมีขนาด 16 บิต แบ่งเป็นสองไบต์ โดยอ่านค่าไบต์ High Byte (บิต 15..8) และ Low Byte (บิต 7..0) จากนั้นจะต้องนำค่า 16 บิต (unsigned integer) มาหารด้วย 1.2 (typ.) จึงจะได้ค่าความเข้มแสงที่มีหน่วยเป็นลักซ์ (lx)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Instruction	Opecode	Comments
Power Down	0000_0000	No active state.
Power On	0000_0001	Waiting for measurement command.
Reset	0000_0111	Reset Data register value. Reset command is not acceptable in Power Down mode.
Continuously H-Resolution Mode	0001_0000	Start measurement at 1lx resolution. Measurement Time is typically 120ms.
Continuously H-Resolution Mode2	0001_0001	Start measurement at 0.5lx resolution. Measurement Time is typically 120ms.
Continuously L-Resolution Mode	0001_0011	Start measurement at 4lx resolution. Measurement Time is typically 16ms.
One Time H-Resolution Mode	0010_0000	Start measurement at 1lx resolution. Measurement Time is typically 120ms. It is automatically set to Power Down mode after measurement.
One Time H-Resolution Mode2	0010_0001	Start measurement at 0.5lx resolution. Measurement Time is typically 120ms. It is automatically set to Power Down mode after measurement.
One Time L-Resolution Mode	0010_0011	Start measurement at 4lx resolution. Measurement Time is typically 16ms. It is automatically set to Power Down mode after measurement.
Change Measurement time (High bit)	01000_MT[7,6,5]	Change measurement time. ※ Please refer "adjust measurement result for influence of optical window".
Change Measurement time (Low bit)	011_MT[4,3,2,1,0]	Change measurement time. ※ Please refer "adjust measurement result for influence of optical window".

※ Don't input the other opecode.

ตารางที่ 2.4 แสดงคำสั่ง (Instructions) ของ BH1750

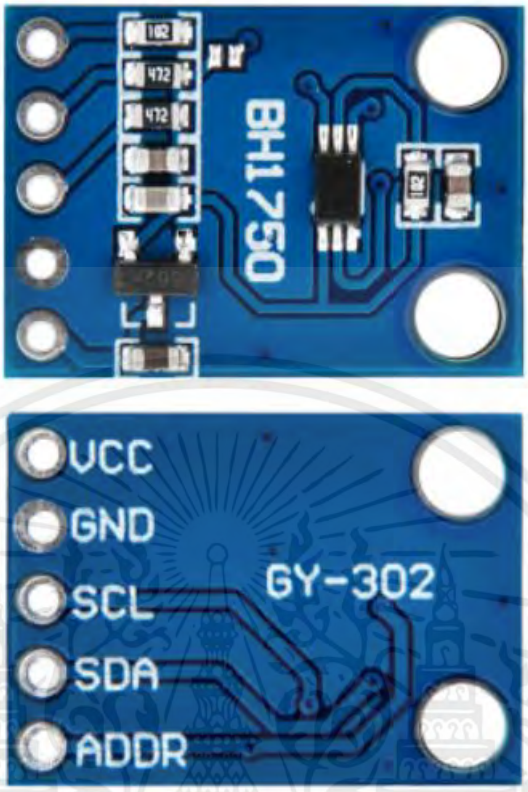
คุณสมบัติ

- อินเทอร์เฟซ I2C bus (รองรับโหมด f / s)
- ความรับผิดชอบต่อสเปกตรัมเป็นประมาณการตอบสนองทางตาของมนุษย์
- ความสว่างสู่ตัวแปลงดิจิทัล
- ระยะกว้างและความละเอียดสูง. (1 - 65535 x)
- กระแสต่ำโดยฟังก์ชันปิดเครื่อง
- ฟังก์ชันปฏิเสธเสียงเบา 50Hz / 60Hz
- อินพุตอินเทอร์เฟซ 1.8V Logic
- ไม่จำเป็นต้องมีชิ้นส่วนภายนอกใด ๆ
- การพึ่งพาแหล่งกำเนิดแสงมีน้อยมาก
- สามารถเลือกที่อยู่ทาส I'C ได้ 2 ประเภท
- ผลการวัดที่ปรับได้สำหรับอิทธิพลของหน้าต่างออปติคอล

(สามารถตรวจจับ min. 0.11 lx ได้สูงสุด 100000 lx โดยใช้ฟังก์ชันนี้)

- ตัวแปรการวัดขนาดเล็ก (+/- 20%)
- อิทธิพลของอินฟราเรดมีน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.38 แสดงโมดูล GY-302 มุมมองจากด้านบน (ที่มีไอซีเซอร์วัดแสง) และด้านล่างตามลำดับ

รูปที่ 2.39 แสดงมุมมองด้านบน (Top View) และการจัดเรียงขาจากซ้ายไปขวาคือ ADDR, SCL, SDA, GND และ VCC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 Dimmer Module PWM control

AC Dimmer ถูกออกแบบเพื่อควบคุมแรงดันกระแสสลับได้ซึ่งสามารถถ่ายโอนกระแสได้สูงสุดถึง 220V (5A~8A) (TRIAC BTA12 สำหรับ 600V/8A แต่ไม่แนะนำให้เพิ่มกำลังไฟไปถึงระดับนี้) ในกรณีส่วนมาก Dimmer ถูกใช้ในการเปิด/ปิดพลังงานสำหรับหลอดไฟหรืออุปกรณ์ทำความร้อน นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในพัดลม ปั๊ม บำบัดอากาศ และอื่น ๆ

Dimmer เป็นทางเลือกที่ถูกใช้บ่อยในระบบบ้านอัจฉริยะ ตัวอย่างเช่น เมื่อต้องการเปลี่ยนความสว่างของแสงไฟอย่างนุ่มนวล หลอดไฟจะเริ่มเปิดหรือปิดอย่างช้าๆ เพื่อสร้างบรรยากาศที่สะดวกสบาย Dimmer ทำงานได้มีประสิทธิภาพมากที่สุดกับหลอดไฟฟิลาเมนต์ และมีความไม่เสถียรต่ำเมื่อใช้กับหลอด LED ที่มีความสว่างต่ำ แต่กับหลอด LED ที่มีความสว่างปานกลางและสูงจะทำงานได้ดี โปรดทราบว่าหลอดไฟแบบไลว์ (หลอดปล่อยแก๊ส) ไม่รองรับการลดแสง

ส่วนกำลังไฟของ Dimmer ถูกแยกจากส่วนควบคุมเพื่อลบความเป็นไปได้ของการขัดขวางกระแสสูงต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ ระดับตรรกะทางตรรกะอยู่ในช่วงอนุญาตได้ถึง 5V และ 3.3V ดังนั้นสามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีตรรกะระดับ 5V และ 3.3V ได้

ใน Arduino Dimmer ถูกควบคุมด้วยไลบรารี RBDdimmer.h ซึ่งใช้ตัวกระตุ้นภายนอกและตัวกระตุ้นเวลาประมวลผล เพื่อทำให้การเขียนโค้ดง่ายขึ้นและให้เวลาประมวลผลมากขึ้นสำหรับโค้ดหลัก ซึ่งเป็นเหตุผลที่คุณสามารถควบคุม Dimmer หลายตัวจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวเดียว

Dimmer ถูกเชื่อมต่อกับคอนโทรลเลอร์ Arduino ผ่านทางขาดิจิตอล 2 ขา คือ ขาแรก (Zero) เพื่อควบคุมการผ่านของเฟส Null ของ AC ซึ่งใช้เริ่มสัญญาณกระตุ้น และขาที่สอง (DIM/PSM) เพื่อควบคุม (ลดความสว่าง) กระแส

การลดความสว่างสามารถทำได้โดยใช้ การปรับเปลี่ยน Duty Cycle (ความสว่าง) ด้วย PWM การใช้ PWM (Pulse Width Modulation) ในการลดความสว่างของแสงทำได้โดยอัตราส่วนระหว่างเวลาที่สัญญาณไฟเปิดและปิดในรอบการทำงานของไฟ โดยปรับ Duty cycle ให้ต่ำลง ซึ่งจะทำให้ความสว่างลดลงเช่นกัน และหากทำการเพิ่มค่า Duty cycle ให้เพิ่มขึ้นก็จะส่งผลให้ความสว่างมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน [52]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

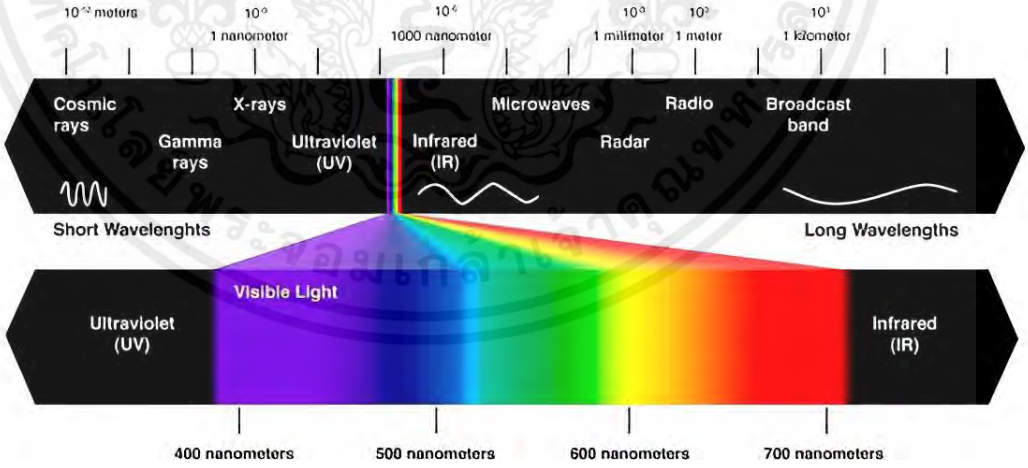
คุณลักษณะของ Dimmer Module PWM control

Power	up to 220V (5A~8A)
AC frequency	50/60 Hz
TRIAC	BTA12 600B
Isolation	Optocoupler (MOC302x)
Logic level	3.3V/5V
Zero point	Logic level (use EL814)
Modulation (DIM/PSM)	logic level ON/OFF TRIAC
Signal current	>10mA
Environment:	• For indoor and outdoor use • Operating temperatures: -20°C to 80°C • Operating humidity: Dry environment only
ROHS3	Compliant

ตารางที่ 2.5 แสดงคุณลักษณะของ Dimmer Module PWM control

2.10 LED Grow Light Full Spectrum 200 LEDSc

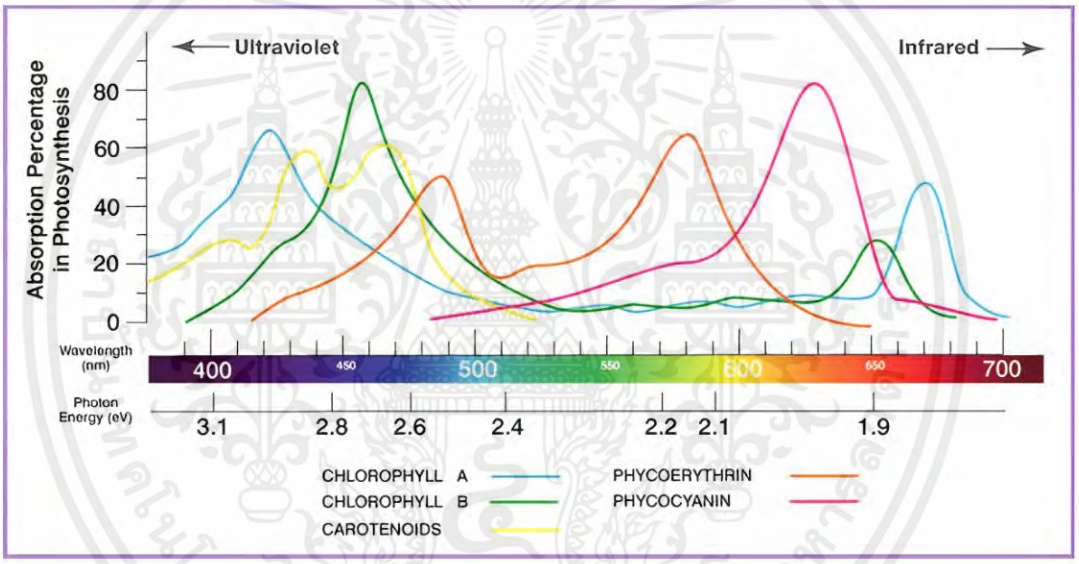
การใช้ LED ขับเฉพาะความยาวของคลื่นแสงที่ต้องการได้ โดยความยาวของคลื่นแสงที่นำมาใช้คือ ประมาณ 430-460 nm (แสงสีน้ำเงิน) และ 630-660 nm (แสงสีแดง) เพราะ ความยาวของคลื่นแสงในช่วงนี้เหมาะสำหรับการสังเคราะห์แสงของต้นสตรอเบอร์รีมากที่สุด และยังช่วยในการ



รูปที่ 2.40 แสดง ส่วนหนึ่งของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่น 400 ถึง 700 นาโนเมตร โดยเริ่มจากรังสีอัลตราไวโอเลต (ส่วนด้านซ้าย) จนถึงอินฟราเรด (ทางขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Spectrum ที่สามารถมองเห็นได้มีตั้งแต่ประมาณ 400 นาโนเมตร (กลุ่มแสงสีฟ้า) ถึง 700 นาโนเมตร(กลุ่มแสงสีแดง) แหล่งกำเนิดแสงแบบ Full Spectrum จะปล่อยแสงภายในช่วงนี้ ทำให้เกิดการผสมผสานของสีที่สมดุล แสงที่ครอบคลุมนี้มีประโยชน์มากมาย รวมถึงการให้สีของแสงที่ดีขึ้น ความชัดเจนในการมองเห็น และส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในบริบทของการปลูกพืชในร่ม ไฟ LED แบบ Full Spectrum ได้รับความนิยมเนื่องจากมีการผสมผสานที่สมดุลของความยาวคลื่นที่ส่งเสริมการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตของพืชตลอดทุกขั้นตอน ตั้งแต่ต้นกล้าจนถึงดอก ไฟ LED สามารถใช้เพื่อควบคุม และปรับขนาดการผลิตและการเจริญเติบโตของพืช โดยการเพิ่มการเติบโต ในช่วงเวลาสำคัญในวงจรการเติบโตของพืช มีประโยชน์หลายประการในการใช้ไฟปลูกแบบ Full Spectrum [19]



รูปที่ 2.41 Full Spectrum

สเปกตรัมที่สมดุล : LED Full Spectrum ให้การผสมผสานที่สมดุลของความยาวคลื่นที่สตรอเบอร์รีต้องการสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสง เนื่องจากส่งพลังงานแสงที่จำเป็นสำหรับการดูดซึมของคลอโรฟิลล์และส่งเสริมการเจริญเติบโตที่แข็งแรงลำต้นที่แข็งแรงและใบที่สดใส

ประหยัดพลังงาน : ไฟ LED เติบโตมีประสิทธิภาพสูงและใช้พลังงานน้อยกว่าเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีแสงสว่างอื่นๆ ไฟ LED Full Spectrum ผลิตแสงในความยาวคลื่นเฉพาะที่เป็นประโยชน์มากที่สุดสำหรับการเจริญเติบโตของพืช ทำให้สูญเสียพลังงานน้อยลงและค่าไฟฟ้าลดลง

สเปกตรัมแสงที่ปรับแต่งได้ : LED Full Spectrum ช่วยให้สามารถปรับสเปกตรัมแสงและความเข้ม อีกทั้งยังปรับสภาพแสงให้ตรงกับความต้องการเฉพาะของสตรอเบอร์รี ความยืดหยุ่นนี้สามารถเป็นประโยชน์สำหรับระยะต่างๆของการเจริญเติบโตหรือสำหรับการปรับลักษณะเฉพาะของสตรอเบอร์รีให้เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อายุการใช้งานยาวนาน : ไฟ LED เติบโตมีอายุการใช้งานยาวนานกว่าเมื่อเทียบกับตัวเลือกระบบไฟแบบ

ดั้งเดิม ซึ่งช่วยลดความจำเป็นในการเปลี่ยนหลอดไฟบ่อยและประหยัดค่าใช้จ่ายในระยะยาว

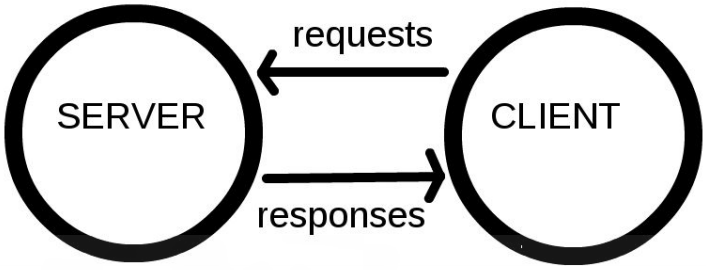
2.11 Blynk Nodemcu esp8266

Application สำเร็จรูปสำหรับงาน IOT มีความน่าสนใจคือการเขียนโปรแกรมที่ง่าย ไม่ต้องเขียน App เองสามารถใช้งานได้อย่าง Real time สามารถเชื่อมต่อ Device ต่างๆเข้ากับ Internet ได้อย่างง่ายดาย ไม่ว่าจะเป็น Arduino, Esp8266, Esp32, Nodemcu,Rasberry pi นำมาแสดงบน Application ได้อย่างง่ายดาย แล้วที่สำคัญ Application Blynk ยังฟรี และ รองรับในระบบ IOS และ Andriod [22]

รูปที่ 2.42 แสดงตัวอย่าง App Blynk

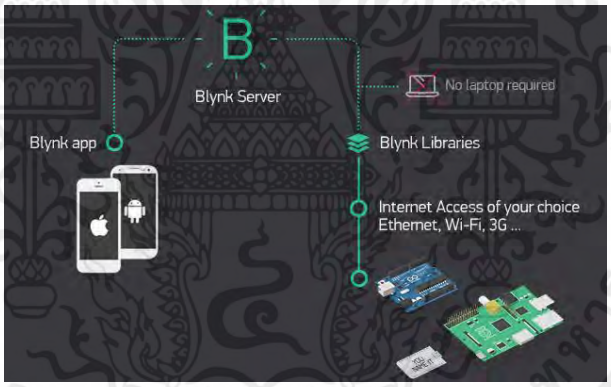
ในยุคสมัยก่อน การเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์ 2 ชิ้นเข้าด้วยกันมักจะใช้งานในลักษณะของ Server >>> Client ทำให้เกิดข้อจำกัดต่างๆมากมาย ยกตัวอย่าง เราต้องการเปิด/ปิดไฟผ่านหน้าเว็บ เราก็จะให้ Arduino เป็น Server และ เครื่องคอมพิวเตอร์ (Client) เป็นเครื่องลูก ข้อจำกัดที่เกิดขึ้นคือทรัพยากร เช่น CPU RAM ROM ของเราอาจจะไม่พอ มักจะเจอปัญหาError บ่อย ทำให้การเขียนโปรแกรมเป็นไปได้ยากต้องประหยัดทรัพยากรให้ได้มากที่สุดเพื่อจะให้สามารถทำงานได้ และการเซ็ต Network เป็นไปได้ยาก ส่วนใหญ่มักจะใช้ในวง Lan หรือถ้าต้องการควบคุมผ่าน Wan จะต้อง Forword Set ระบบ Network

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.43 แสดงการเชื่อมต่อแบบ Server to Client

ต่อมาเป็นยุคของ Cloud เกิดขึ้นและมี Chip Wi-Fi ราคาถูก Esp8266 ถูกผลิตขึ้นมา แต่ด้วยข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร จึงมือวิธีการคิดว่าถ้านำข้อมูลไปใส่ลงใน Server แล้วให้ Device ของเราเรียกเข้าไปแก้ไขหรืออ่านข้อมูลโดยตรง ทำให้ความฉลาดของตัวอุปกรณ์ไม่มีวันสิ้นสุด หมดข้อจำกัดหลายอย่าง Device กลายเป็นแค่ตัวรับ Data และส่ง Data มาแสดงเท่านั้น ทำให้ Chip Esp8266 จึงได้รับความนิยมในปัจจุบัน



รูปที่ 2.44 แสดงภาพรวมของระบบ Network Blynk

วิธีการทำงานของ Blynk เริ่มจากอุปกรณ์ เช่น Arduino esp8266 Esp32 Rasberry Pi เชื่อมต่อไปยัง Server ของ Blynk โดยตรง สามารถรับส่งข้อมูลหากันได้

คอมพิวเตอร์หรือSmartphone ก็จะเชื่อมต่อกับ Server ของ Blynk โดยตรง จึงมี Server เป็นสะพานให้เชื่อมต่อหากัน ทำให้หมดปัญหาและข้อจำกัดทุกอย่างทำให้อุปกรณ์ของเรามีความฉลาดมากขึ้น

การออกแบบในลักษณะ รูปที่ 2.44 เป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน เพราะไม่จำเป็นต้อง Set อุปกรณ์ Network ต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

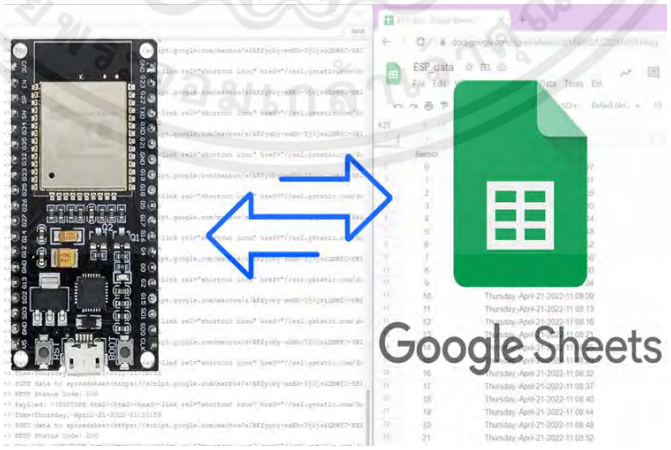
2.12 การบันทึกข้อมูล ESP32 ไปยัง Google ชีตด้วย Google Scripts

ปัจจุบันเครื่องใช้ในครัวเรือนจำนวนมากเปิดใช้งาน IoT แม้ว่าเราจะสามารถควบคุมสิ่งเหล่านั้นผ่านLANได้อย่างง่ายดาย แต่เพื่อที่จะควบคุมหรือจัดเก็บและดึงข้อมูลผ่านทางอินเทอร์เน็ต เราจะต้องใช้บริการคลาวด์IoT ซึ่งมีบริการคลาวด์และโปรโตคอล IoT ที่แตกต่างกันมากมาย แต่บริการเหล่านี้มีข้อจำกัดไม่ทางใดก็ทางหนึ่ง ดังนั้น Google Sheets จึงเข้ามามีบทบาทเนื่องจากสิ่งเหล่านี้ฟรี คุ้นเคย และที่สำคัญที่สุดคือเชื่อถือได้ มีฟังก์ชันการทำงานมากมายและการผสานรวมในตัวกับบริการและAPI อื่นๆ ของ Google โดยสามารถใช้สิ่งนี้กับแอปพลิเคชัน IoT มากมายตั้งแต่การบันทึก ข้อมูลอย่างง่ายไปจนถึงการตรวจสอบและการจัดการอุปกรณ์IoT แบบreal-time [62]

ประโยชน์ของการใช้ Google ชีตสำหรับแอปพลิเคชัน IoT มี ดังนี้

1. การบันทึกข้อมูลค่อนข้างเรียบง่ายและมีประสิทธิภาพ และไม่ต้องการบริการจากบุคคลที่สาม
2. จัดการและวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้ง่ายด้วยฟังก์ชัน
3. รองรับการเข้าถึงทั้งเดสก์ท็อปและมือถือ
4. ฟังก์ชันชีตแบบกำหนดเองที่ใช้งานง่ายและการผสานรวมแอป Google ผ่านสคริปต์ของ Google
5. การจัดรูปแบบตามเงื่อนไขจะทำให้การตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลง่ายขึ้นมาก

มีหลายวิธีในการส่งข้อมูลไปยัง Google Sheets บางคนใช้บริการของบุคคลที่สาม เช่นIFTTT เพื่อส่งข้อมูลไปยัง Google Sheets เนื่องจากเราต้องการกำจัดบุคคลที่สาม เราจะใช้วิธีการโดยตรงด้วยความช่วยเหลือของGoogle scripts ซึ่งสิ่งที่เราต้องมีคือGoogle account สามารถใช้บัญชีที่มีอยู่หรือสร้างบัญชีใหม่ก็ได้



รูปที่ 2.45 แสดง ESP32 and Google Sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำโครงงาน

3.1 การออกแบบ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการเกษตรอัจฉริยะสำหรับการปลูกสตรอเบอร์รีด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ โดยจะเป็นการปลูกแบบไร้ดินและใช้น้ำเป็นส่วนประกอบหลักปลูก มักจะปลูกในบ้านในรูปแบบฟาร์มหรือในพื้นที่ที่ค่อนข้างจำกัด โดยจะใช้บอร์ด ESP32 NodeMCU Goouuu ESP32 DEVKIT Wi-Fi and Bluetoothในการวิเคราะห์ และควบคุมอุณหภูมิของน้ำ ควบคุมการให้แสงไฟ ควบคุมระบบระบายอากาศ และการควบคุมปั๊มน้ำในการให้สารอารหารแก่พืชในโรงเรือน และตรวจสอบค่าPH อุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิในโรงเรือนและแสดงค่าที่วัดได้ผ่านแอพพลิเคชัน blynk

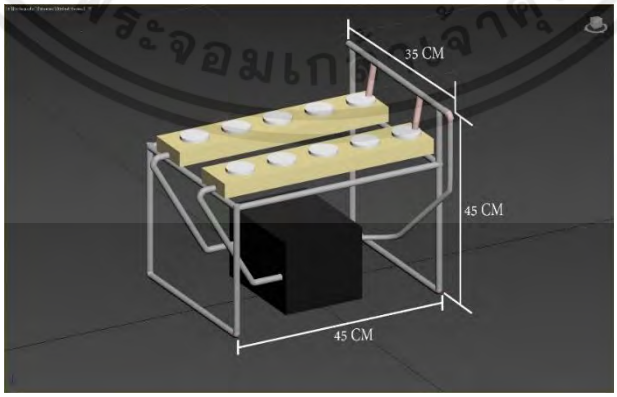
3.1.1 การออกแบบและสร้างโรงเรือนปลูกสตรอเบอร์รีระบบไฮโดรโปนิกส์

การออกแบบและสร้างโรงเรือนปลูกสตรอเบอร์รีระบบไฮโดรโปนิกส์ เริ่มจากการออกแบบโรงเรือน โดยใช้โปรแกรม3Ds Max 2023 แบ่งออกเป็น2ส่วน คือ ส่วนของชุดปลูกไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำวน และ ส่วนของโรงเรือน จากนั้นทำการสร้างโรงเรือนปลูกสตรอเบอร์รีระบบไฮโดรโปนิกส์แบ่งออกเป็น 2ส่วน คือ สร้างชุดปลูกไฮโดรโปนิกส์น้ำวน แบบ10ช่อง และ โรงเรือนปลูก

3.1.1.1 ออกแบบโรงเรือน โดยใช้โปรแกรม3Ds Max 2023

การออกแบบโรงเรือนปลูกสตรอเบอร์รีระบบไฮโดรโปนิกส์ แบ่งออกเป็น2ส่วน คือ ส่วนของชุดปลูกไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำวน และ ส่วนของโรงเรือน

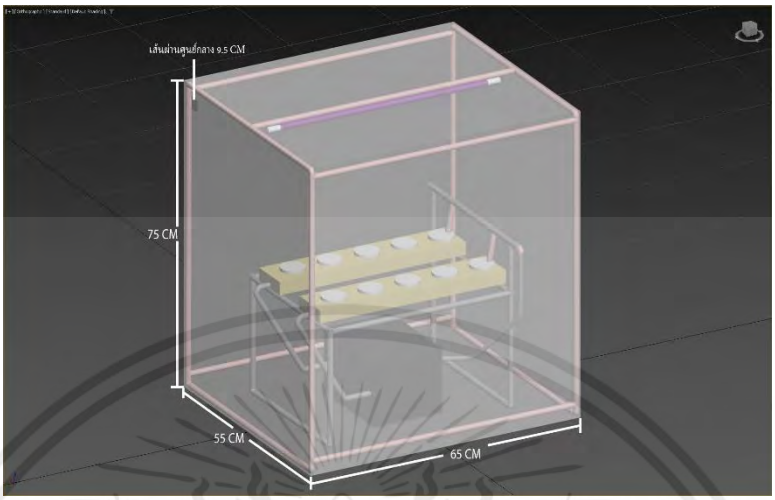
ส่วนของชุดปลูกไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำวน



รูปที่ 3.1 แสดงการออกแบบส่วนของชุดปลูกไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของโรงเรือนปลูก



รูปที่ 3.2 แสดงการออกแบบส่วนของโรงเรือนปลูกไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำวน

3.1.1.2 สร้างโรงเรือนปลูกสตรอเบอร์รีระบบไฮโดรโปนิกส์

การสร้างโรงเรือนปลูกสตรอเบอร์รีระบบไฮโดรโปนิกส์ ผู้จัดทำใช้วัสดุที่หาได้ทั่วไปและมีราคาถูก เพื่อให้ง่ายต่อการหาอุปกรณ์และลดต้นทุนสำหรับการจัดซื้ออุปกรณ์ การสร้างโรงเรือนปลูกสตรอเบอร์รีระบบไฮโดรโปนิกส์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของชุดปลูกไฮโดรโปนิกส์น้ำวนแบบ10ช่อง และ ส่วนของโรงเรือนปลูก

การสร้างชุดปลูกไฮโดรโปนิกส์น้ำวน แบบ10ช่อง

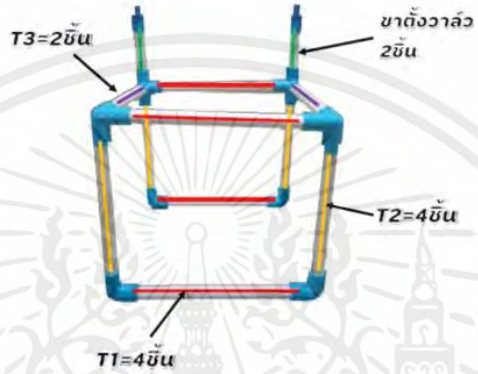
รูปที่ 3.3 แสดงชุดปลูกไฮโดรโปนิกส์น้ำวน แบบ10ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างชุดปลูกไฮโดรโปนิกส์น้ำวน แบบ10ช่อง ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การต่อชุดโครง

โดยทำการประกอบโครง T1-T3 ตามตำแหน่งเฉดสีที่กำหนดดังรูปโดยกดท่อทุกจุดให้แน่น



รูปที่ 3.4 แสดงชุดปลูกไฮโดรโปนิกส์น้ำวน แบบ10ช่อง

ขั้นตอนที่ 2 การประกอบชุดรางและชุดวาล์ว

วางรางปลูกทั้ง2ราง บนโครง ประกอบชุดวาล์วโดยให้ล็อคที่ก้ามปูและให้วาล์วตรงรูน้ำเข้าของราง ประกอบสายยางระบายเข้ากับรางปลูกทั้ง2

รูปที่ 3.5 แสดงการประกอบชุดรางและชุดวาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 การต่อชุดปั๊มน้ำ

ขั้นตอนที่ 3.1 ต่อสายยางตัวยาวเข้ากับปั๊มและอีกฝั่งต่อผ่านฝาถังเข้าจุกท่อ #1

ขั้นตอนที่ 3.2 ต่อสายยางตัวสั้นเข้าจุกท่อ #2 และอีกฝั่งต่อเข้ากับฝาถัง และจัดสายยางให้เหมาะสมโดยจะให้ปั๊มอยู่ก้นถังที่สุด และไม่ให้สายยางพับเนื่องจากจะทำให้ท่ออุดตัน

รูปที่ 3.6 แสดงการต่อชุดปั๊มน้ำ

การสร้างโรงเรือนปลูกปลูกไฮโดรโปนิกส์น้ำวน

รูปที่ 3.7 แสดงโรงเรือนปลูกปลูกไฮโดรโปนิกส์น้ำวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การออกแบบการทำงานของไมโครคอนโทลเลอร์

ในส่วนของขั้นตอนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบ โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 7 ส่วน คือ ส่วนการตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำ ส่วนการควบคุมอุณหภูมิของน้ำ ส่วนการควบคุมการเปิดปิดของLED ส่วนการตรวจวัดค่าความเข้มแสง ส่วนการควบคุมวงจรหรี่ไฟ ส่วนการตรวจวัดค่าpHของน้ำ ส่วนการตรวจวัดค่าTDSของน้ำ

3.1.2.1 การตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำ

เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำสำหรับการปลูกสตรอเบอร์รีแบบไฮโดรโปนิกส์มีผลสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการดูแลสตรอเบอร์รีแบบไฮโดรโปนิกส์ระบบน้ำวน อุณหภูมิที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับประเภทของสตรอเบอร์รี โดยพันธุ์ที่นำมาทดลอง คือ สตรอเบอร์รีพันธุ์พระราชทาน 80 ซึ่งมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการปลูกอยู่ระหว่าง 18-24 องศาเซลเซียส และมีเงื่อนไขคือรากของสตรอเบอร์รีพันธุ์พระราชทาน 80 ต้องเข้าถึงน้ำได้ตลอดเวลา ไม่มีการขาดน้ำหรือเกินน้ำ จึงต้องมีการตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำเพื่อใช้ในการควบคุมตลอดเวลา

รูปที่ 3.8 แสดงการต่อการต่อ NodeMCU ESP32 เข้ากับ Temperature Sensor เพื่อวัดอุณหภูมิ

การตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำทำได้โดยการต่อ NodeMCU ESP32 เข้ากับ Temperature Sensor (DS18B20) มีขั้นตอนดังนี้

1. ตรวจสอบข้อกำหนดทางไฟฟ้าของรีเลย์

รีเลย์มักจะมีตัวชี้วัดที่บอกถึงข้อมูลทางไฟฟ้า เช่น วงจรควบคุม (Control Circuit) และวงจรไฟฟ้า (Power Circuit). ตรวจสอบค่า VCC, GND, และ Pin ควบคุมว่ามีค่าที่กำหนดหรือไม่

2. การเชื่อมต่อ NodeMCU ESP32
    a. ต่อขา VCC เข้ากับขา 5V ของ NodeMCU
    b. ต่อขา GND เข้ากับขา GND ของ NodeMCU
    c. ต่อขา Data เข้ากับขา D16 ของ NodeMCU

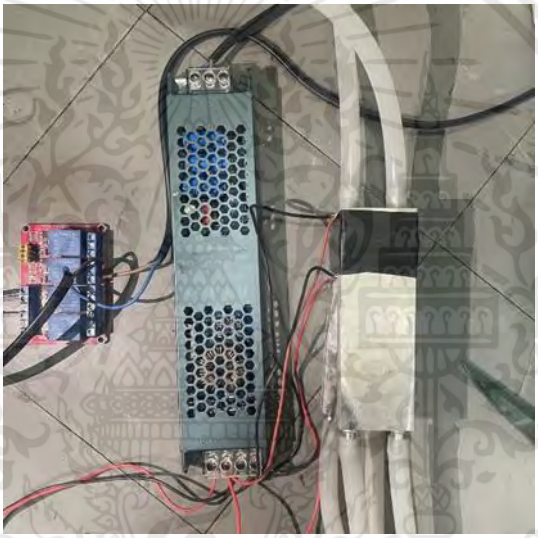
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเขียนโปรแกรม

เขียนโปรแกรมให้รับค่าจาก DS18B20 และทำการแสดงผลผ่าน serial monitor และส่งค่าไปยังแอปพลิเคชัน BLYNK

3.1.2.2 การควบคุมอุณหภูมิของน้ำ

การควบคุมอุณหภูมิของน้ำในระบบไฮโดรโปนิกส์สำหรับปลูกสตรอเบอร์รีมีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำสามารถมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอร์รี และประสิทธิภาพของกระบวนการเคมีที่เกิดขึ้นในระบบต้นๆ ของพืชไฮโดรโปนิกส์ โดยการต่อ NodeMCU ESP32 เข้ากับรีเลย์เพื่อควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ทำความเย็น



รูปที่ 3.9 การต่อ NodeMCU ESP32 เข้ากับรีเลย์เพื่อควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ทำความเย็น

การควบคุมอุณหภูมิของน้ำทำได้โดยการต่อ NodeMCU ESP32 เข้ากับรีเลย์เพื่อควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ทำความเย็น มีขั้นตอนดังนี้

1. ตรวจสอบข้อกำหนดทางไฟฟ้าของรีเลย์

รีเลย์มักจะมีตัวชี้วัดที่บอกถึงข้อมูลทางไฟฟ้า เช่น วงจรควบคุม (Control Circuit) และวงจรไฟฟ้า (Power Circuit). ตรวจสอบค่า VCC, GND, และ Pin ควบคุมว่ามีค่าที่กำหนดหรือไม่

2. การเชื่อมต่อ NodeMCU ESP32

a. ต่อขา VCC ของรีเลย์กับขา 5V ของ NodeMCU

b. ต่อขา GND ของรีเลย์กับขา GND ของ NodeMCU

c. ต่อขา NI ช่องที่1 ของรีเลย์กับขา D18 ของ NodeMCU

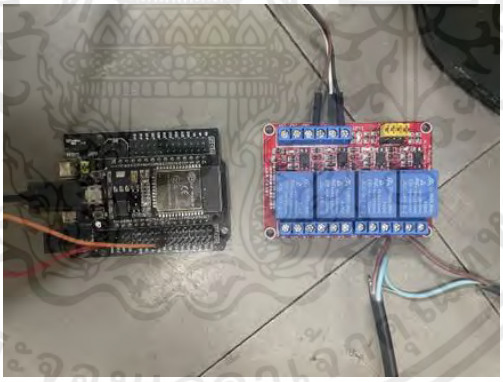
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เชื่อมต่อรีเลย์กับอุปกรณ์ทำความเย็น
    a. ต่อขา COM (Common) ช่องที่1 ของรีเลย์กับขา Phase ของไฟฟ้าที่จะให้กับอุปกรณ์ทำความเย็น
    b. ต่อขา NO (Normally Open) ช่องที่1 ของรีเลย์กับขา Phase ของอุปกรณ์ทำความเย็น
4. การเขียนโปรแกรม

    ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมให้รีเลย์ทำงานเมื่ออุณหภูมิมีค่ามากกว่า 21 องศาเซลเซียส และให้รีเลย์หยุดทำงานเมื่ออุณหภูมิมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 19 องศาเซลเซียส และทำการแสดงผลผ่าน serial monitor และส่งค่าไปยังแอปพลิเคชัน BLYNK

3.1.2.3 การควบคุมการเปิดปิดของLED

แสงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลมากต่อการปลูกสตรอเบอร์รีในระบบไฮโดรโปนิกส์ เพราะพืชในระบบนี้ไม่ได้รับแสงจากแหล่งแสงธรรมชาติเหมือนในการปลูกระบบปลูกทั่วไปในดิน การจัดการแสงในระบบไฮโดรโปนิกส์เป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้สตรอเบอร์รีได้รับประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงและเจริญเติบโตได้ดีที่สุด



รูปที่ 3.10 แสดงการต่อ NodeMCU ESP32 เข้ากับรีเลย์เพื่อควบคุมไฟ

การควบคุมการเปิดปิดของLED ทำได้โดยต่อ NodeMCU ESP32 เข้ากับ 4-Channel Relay Module เพื่อควบคุมการเปิดปิดไฟ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ตรวจสอบข้อกำหนดทางไฟฟ้าของรีเลย์

    รีเลย์มักจะมีตัวชี้วัดที่บอกถึงข้อมูลทางไฟฟ้า เช่น วงจรควบคุม (Control Circuit) และวงจรไฟฟ้า (Power Circuit) ตรวจสอบค่า VCC, GND, และ Pin ควบคุมว่ามีค่าที่กำหนดหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเชื่อมต่อ NodeMCU ESP32
    a. ต่อขา VCC ของรีเลย์กับขา 5V ของ NodeMCU
    b. ต่อขา GND ของรีเลย์กับขา GND ของ NodeMCU
    c. ต่อขา IN หรือ Pin ควบคุมของรีเลย์กับขา Digital Output (D17) ของ NodeMCU
3. เชื่อมต่อรีเลย์กับอุปกรณ์ไฟฟ้า
    a. ต่อขา COM (Common) ของรีเลย์กับไฟฟ้า
    b. ต่อขา NO (Normally Open) ของรีเลย์กับอุปกรณ์ที่จะควบคุม
4. การเขียนโปรแกรม

    เขียนโปรแกรมรับค่าจากสวิตซ์ของแอปพลิเคชันBLYNK เพื่อทำการส่งสัญญาณให้หลอดไฟLED เปิด-ปิด

3.1.2.4 การตรวจวัดค่าความเข้มแสง

การปลูกสตอเบอร์รีต้องการแสงที่เพียงพอเนื่องจากเป็นสิ่งที่พืชจำเป็นต้องใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง(Photosynthesis) ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญในการสร้างอาหารสำหรับพืช แสงที่เหมาะสมสำหรับการปลูกสตอเบอร์รีมีค่าความเข้มแสงที่ต้องการอยู่ในช่วง 6,000-20,000lux นอกจากนี้ค่าที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับช่วงการเตรียมต้นกล้า(seedling), การเจริญเติบโต (vegetative growth) และการออกดอกผล(flowering and fruiting) ของต้นสตอเบอร์รี่ ดังนั้นค่าความเข้มแสงที่พืชต้องการ สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามขั้นตอนของกระบวนการปลูก

1. การเตรียมต้นกล้า (Seedling) : ในช่วงนี้สตรอเบอร์รีต้องการแสงที่อ่อน ค่าluxที่เหมาะสมอยู่ในช่วงประมาณ6,000-8,000lux

2. การเจริญเติบโต (Vegetative Growth) : เมื่อต้นสตรอเบอร์รี เริ่มเจริญเติบโตและสร้างใบมากขึ้น ค่าluxที่เหมาะสมอยู่ในช่วงประมาณ10,000-15,000lux

3. การออกดอกและผล (flowering and fruiting) : ในช่วงนี้สตรอเบอร์รีจำเป็นต้องได้รับแสงมากขึ้นเพื่อใช้สำหรับสนับสนุนกระบวนการออกดอกและผล ค่าluxที่เหมาะสมอยู่ในช่วงประมาณ15,000-20,000lux

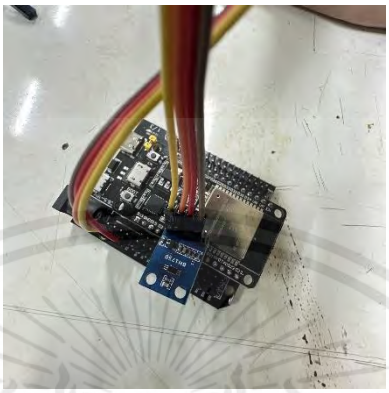
การตรวจวัดค่าความเข้มแสงใช้ GY-302 BH1750 Module ตรวจสอบความเข้มแสงของหลอดไฟในโรงเรือน โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. การต่อ BH1750
    a. BH1750 ใช้สาย SDA และสายSCL เพื่อการสื่อสารผ่านI2C bus
    b. ต่อสายSDA ของ BH1750 ไปที่ขาD21ของArduino
    c. ต่อสายSCL ของ BH1750 ไปที่ขาD22ของArduino

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

d. ต่อสายVCC ของ BH1750 ไปที่ขา5VของArduino

e. ต่อสายGND ของ BH1750 ไปที่ขาGNDของArduino



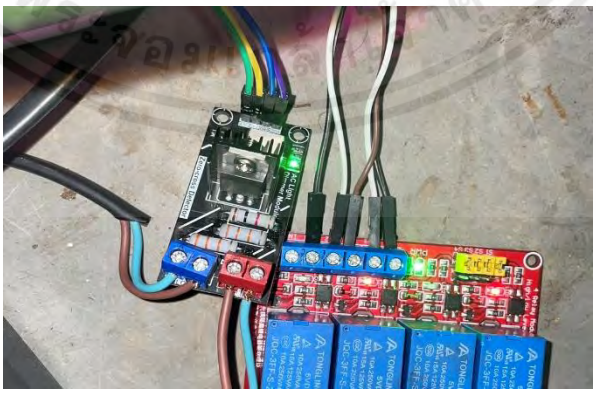
รูปที่ 3.11 วงจรของ GY-302 BH1750 Module

2. การเขียนโปรแกรม

เขียนโปรแกรมวัดแสงโดยใช้ BH1750 และแสดงผลบน Serial Monitor ของ Arduino ทุก 1 วินาที โดยใช้ ‘Wire.begin()’ เป็นการเริ่มต้น I2C bus เพื่อให้ Arduino สามารถสื่อสารกับ BH1750 ได้และใช้ ‘Serial.begin()’ ในการแสดงผลผ่าน Serial Monitor เพื่อติดตามผลลัพธ์

3.1.2.5 การควบคุมวงจรหรี่ไฟ

การสร้างวงจรควบคุมการหรี่ไฟใช้ Dimmer Module PWM Control เพื่อควบคุมแรงดันไฟฟ้าสลับที่สามารถถ่ายโอนกระแสได้สูงสุดถึง 220V (5A~8A)



รูปที่ 3.12 การต่อวงจรของ Dimmer Module PWM Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การตรวจสอบขาของ Ac Dimmer 220V 8A 1 Chanel
    a. ตรวจสอบPin ที่ต้องต่อกับ NodeMCU ESP32
    b. ตรวจสอบคู่มือและData sheet
2. ต่อสาย TDS Sensor
    a. ต่อสาย VCC ของ Ac Dimmer กับขา 5V ของ NodeMCU
    b. ต่อสาย GND ของ Ac Dimmer กับขา GND ของ NodeMCU
    c. ต่อสาย PWM ของ Ac Dimmer กับขา 33 ของ NodeMCU
3. ต่อสาย Z-C ของ Ac Dimmer กับขา 34 ของ NodeMCU
4. การเขียนโปรแกรม

เขียนโปรแกรมเพื่อควบคุม การส่งสัญญาณ PWM ให้ส่งสัญญาณตามค่าแสงที่ได้รับจาก BH1750 หากแสงมีค่าน้อยกว่าที่กำหนดให้เพิ่มค่าสัญญาณ PWM หากแสงมีค่ามากกว่ากำหนดให้ลดค่าสัญญาณ PWM ที่ส่งไปยัง ของ Ac Dimmer เพื่อกำหนดให้แสงอยู่ในช่วงที่เราต้องการ

3.1.2.6 การตรวจวัดค่าpH ของน้ำ

การวัดค่า pH ของน้ำเป็นขั้นตอนสำคัญในการปลูกสตรอเบอร์รีไฮโดรโปนิกส์ เนื่องจากค่า pH ของน้ำมีผลต่อการดูแลและการเจริญเติบโตของพืชไฮโดรโปนิกส์ การทำงานของระบบรากและการดูแลรักษาสารอาหารของพืชมักจะมีการจำกัดตามค่า pH ของน้ำที่ถูกต้อง

หากค่าน้ำในถังสารละลายมีค่าเป็นกรดสูง ธาตุอาหารของพืชจะละลายน้ำได้ดี พืชดูดไปใช้งานได้ง่ายแต่รากพืชจะถูกกรดกัดกร่อนจนทำให้รากพืชอ่อนแอ ส่งผลให้เชื้อโรคเข้าทำลายได้ง่าย หากค่าน้ำในถังสารละลายมีค่าเป็นด่างสูง จะทำให้ธาตุอาหารพืชตกตะกอนจนต้นสตรอเบอร์รีไม่สามารถดูดซึมไปใช้งานได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มธาตุเหล็ก ฟอสฟอรัส และแมงกานีส ซึ่งจะส่งผลให้ต้นสตรอเบอร์รีเกิดอาการแคระแกรนและใบมีสีเหลือง

ดังนั้นการปรับค่า pH จะต้องปรับให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม โดยปกติค่า pH ที่เหมาะสมของสตรอเบอร์รีจะต้องควบคุมให้อยู่ในช่วง 5.5 – 7.0 แต่ค่าที่ดีที่สุดต่อการละลายของธาตุอาหารจะอยู่ที่ 5.8 – 6.3

การตรวจวัดค่าpHของน้ำ ใช้ pH Electrode สำหรับตรวจวัดศักยภาพของไฮโดรเจน (pH) ซึ่งเป็นลอการิทึมลบของกิจกรรม Hydrogen ion ในสารละลาย ค่า pH ของสารมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราส่วนของความเข้มข้นของHydrogen ion [H+] และความเข้มข้นของ Hydroxyl ion [OH-] โดยการต่อ NodeMCU ESP32 เข้ากับ pH Electrodes เพื่อวัดค่าpH มีขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การตรวจสอบขาของ pH Electrode
    a. pH Electrode มีสายที่ต้องต่อกับ NodeMCU ESP32
    b. ตรวจสอบคู่มือและData sheet
2. ต่อสาย pH Electrode
    a. ต่อสาย VCC ของ pH Electrode กับขา 5V ของ NodeMCU
    b. ต่อสาย GND ของ pH Electrode กับขา GND ของ NodeMCU
    c. ต่อสาย PO ของ pH Electrode กับขา36 ของ NodeMCU
3. การเขียนโปรแกรม

เขียนโปรแกรมรับค่าจาก pH Electrodes sensor และทำการแสดงผลผ่าน serial monitor และส่งค่าไปยังแอปพลิเคชัน BLYNK

รูปที่ 3.13 การต่อ NodeMCU ESP32 เข้ากับ pH Electrodes เพื่อวัดค่าpH

3.1.2.7 การตรวจวัดค่าTDSของน้ำ

ค่า TDS ช่วยในการประเมินปริมาณสารละลายทั้งหมดที่ปรากฏในน้ำ เช่น แร่ธาตุ และสารอาหารที่สำคัญสำหรับสตรอเบอร์รี ค่า TDS ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกสตรอเบอร์รีไฮโดรโปนิกส์อยู่ในช่วง 800-1500 ppm (parts per million) สิ่งที่จำเป็นคือต้องตรวจสอบค่า TDS อย่างสม่ำเสมอเพื่อให้แน่ใจว่าสภาพน้ำที่ให้สตรอเบอร์รีเป็นไปตามมาตรฐาน

การตรวจวัดค่าTDSของน้ำทำได้โดยต่อ NodeMCU ESP32 เข้ากับ TDS sensor มีขั้นตอนดังนี้

1. การตรวจสอบขาของ TDS Sensor
    a. TDS Sensor มีสายที่ต้องต่อกับ NodeMCU ESP32
    b. ตรวจสอบคู่มือและData sheet
2. ต่อสาย TDS Sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a. ต่อสาย VCC ของ TDS Sensor กับขา 5V ของ NodeMCU

b. ต่อสาย GND ของ TDS Sensor กับขา GND ของ NodeMCU

c. ต่อสาย Data ของ TDS Sensor กับขา 39 ของ NodeMCU

3. การเขียนโปรแกรม

เขียนโปรแกรมรับค่าจาก TDS Sensor และทำการแสดงผลผ่าน serial monitor และส่งค่าไปยังแอปพลิเคชัน BLYNK

รูปที่ 3.14 การต่อ NodeMCU ESP32 เข้ากับ TDS Sensor เพื่อวัดค่าTDS

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ในปริญญานิพนธ์นี้ มีอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้

3.2.1 แผ่นร้อนเย็น

ในปริญญานิพนธ์นี้ใช้ Thermoelectric Cooler Peltier แสดงดังรูปภาพที่ 2.25 เป็นอุปกรณ์อีกหนึ่งรูปแบบที่ถูกนำมาใช้ในการทำความเย็น ในลักษณะการใช้งานคล้ายกับระบบทำความเย็นที่ใช้คอมเพรสเซอร์ คือการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิ ซึ่งการทำความเย็นในรูปแบบนี้ไม่ต้องใช้คอมเพรสเซอร์ หรือกลไกขับเคลื่อนใดๆ และไม่ต้องใช้สารทำความเย็นหรือตัวกลางอื่นๆในระบบ เพราะเป็นการทำความเย็นที่ได้จากการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านกึ่งตัวนำ

รูปที่ 3.15 แผ่นทำความเย็น (เพลเทียร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ในปริญญานิพนธ์นี้ใช้ ESP32 NodeMCU Goouuu ESP32 DEVKIT Wi-Fi and Bluetooth ซึ่งแสดงในรูปภาพที่ 2.25 ซึ่งสามารถรับแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 5v โดยมีความละเอียด 10 บิต สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ และใช้งานร่วมกับโปรแกรมArduino IDE ได้

3.2.3 โมดูลรีเลย์

ในปริญญานิพนธ์นี้ใช้ 4-Channel Relay Module ซึ่งเป็นโมดูลที่ใช้ควบคุมการทำงานของโหลดทางไฟฟ้าได้ทั้งแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ซึ่งโหลดสูงสุด คือ AC 250V/10A และ DC 30V/10A โดยใช้สัญญาณในการควบคุมการทำงานด้วยสัญญาณโลจิก TTL ทำงานด้วยสัญญาณแบบ Active Low กระแสขับรีเลย์ (Drive Current) 15-20mA มีการออกแบบให้เป็น Isolate ด้วย Optocoupler มี LED แสดงสถานะ Relay

3.2.4 ปั๊มน้ำ

ในปริญญานิพนธ์นี้ใช้ SONIC AP-1600 เป็นปั๊มน้ำที่ใช้สำหรับการส่งสารอาหารที่เราผสมไปกับน้ำ และหมุนเวียนน้ำเย็นให้เป็นระบบน้ำวนเพื่อไปเลี้ยงต้นสตรอเบอร์รี

3.2.5 Temperature Sensors

ในปริญญานิพนธ์นี้ใช้ DS18B20 แสดงดังรูปภาพที่ 2.30 เพื่อวัดอุณหภูมิออกมาเป็น Digital สามารถอ่านค่าได้โดยใช้บอร์ด Microcontroller เช่น Arduino, esp32, esp8266, stm32 เป็นต้น มีสายให้ยาวถึง 3m วัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -55 °C ถึง 125 °C ใช้กับแรงดันไฟ 3-5.5V

3.2.6 pH Probe

ในปริญญานิพนธ์นี้ใช้ pH Electrodes สำหรับตรวจวัดศักยภาพของไฮโดรเจน (pH) โดยการสร้างศักย์ไฟฟ้าระหว่างของเหลวสองชนิดที่มีค่า pH ต่างกัน เมื่อสัมผัสกับด้านตรงข้ามของเมมเบรนแก้วบางๆ หรือที่เรียกว่าองค์ประกอบ pH ศักย์ไฟฟ้านี้เป็นฟังก์ชันของความเป็นกรดอิสระหรือความเป็นด่างอิสระของสารละลาย องค์ประกอบ pH สามารถซึมผ่านได้ด้วยไอออน H+ และอิเล็กโทรด pH เต็มด้วยสารละลายที่เป็นกลาง ซึ่งตามคำจำกัดความแล้วจะมี H+ และ OH- ไอออนในปริมาณเท่ากัน จากนั้นจุ่มหัววัด pH ลงในสารละลาย H+ และเมมเบรนแก้วจะถูกไอออนของ H+ แทรกซึม ซึ่งทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้าเชิงบวกบนอิเล็กโทรดตรวจจับ ความแตกต่างที่อาจเกิดขึ้นนี้วัดโดยเครื่องวัดค่า pH และแปลงเป็นเอาต์พุต pH เมื่อจุ่มหัววัดในสภาพแวดล้อมที่เป็นด่าง ไอออนของ H+ จะเคลื่อนตัวออกไปด้านนอกของหัววัด เหลือ OH- ไอออนที่มากเกินไปไว้ภายในหัววัด และเครื่องวัดค่า pH จะรับรู้ถึงศักย์ไฟฟ้าเชิงลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 Total Dissolved Solids sensor

ในปริญญานิพนธ์นี้ใช้ TDS sensor ในการวัดปริมาณของสารละลายทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำ เป็นค่าที่บ่งชี้ถึงความควบคุมของสารละลายต่าง ๆ ในน้ำที่มีการละลายอยู่ เช่น แร่ธาตุ เป็นต้น เพื่อใช้สำหรับประเมินคุณภาพของน้ำ โดยค่า TDS แสดงถึงปริมาณการละลายของสารต่างๆ ในน้ำ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อแร่ธาตุที่สตรอเบอร์รีจะได้รับและคุณภาพของน้ำ

3.2.8 BH1750 Module

โมดูล BH1750 ที่ได้นำมาทดลองใช้งานในปริญญานิพนธ์นี้อ GY-302 Light Sensor Module ซึ่งมีไอซีเซนเซอร์ BH1750FVI ที่ทำงานด้วยแรงดันไฟเลี้ยง +3.3V (+2.4V ~ +3.6V) ดังนั้นจึงต้องมีวงจรแปลงระดับแรงดันจาก VCC=+5V ให้เป็น +3.3V

3.2.9 Dimmer Module PWM control

ในปริญญานิพนธ์นี้ใช้ Dimmer Module PWM control ในการปรับแสงให้เหมาะสมกับช่วงการเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอร์รี และสามารถปรับให้ได้รูปแบบแสงที่เหมาะสมตามช่วงเวลาต่าง ๆ ขณะปลูกสตรอเบอร์รีในระบบไฮโดรโปนิกส์ที่ทุกปัจจัยถูกควบคุมอย่างใกล้ชิด

3.2.10 LED Grow Light

ในปริญญานิพนธ์นี้ใช้ LED Grow Light Full Spectrum 200 LEDSc เนื่องจากการใช้ LED Grow Light Full Spectrum 200 LEDs ช่วยให้ต้นสตรอเบอร์รีได้รับแสงที่มีความคล้ายคลึงกับแสงแดดธรรมชาติ โดยที่ไฟ LED จะสร้างแสงในช่วงสีที่ต้นสตรอเบอร์รีต้องการเพื่อเติบโต ซึ่งรวมถึงแสงสีม่วงที่สำคัญสำหรับการเจริญเติบโตของใบและโครงสร้างของต้นสตรอเบอร์รีและแสงสีแดงที่สำคัญสำหรับการออกดอกและผลิตผล แต่ควรระวังเรื่องความเข้มของแสง โดยต้นสตรอเบอร์รีแต่ละช่วงอายุจะมีความต้องการแสงที่แตกต่างกัน

3.2.11 Blynk Nodemcu esp8266

ในปริญญานิพนธ์นี้ใช้ Blynk Nodemcu esp8266 ซึ่งเป็น Application สำเร็จรูปสำหรับงาน IOT มีความน่าสนใจคือการเขียนโปรแกรมที่ง่าย ไม่ต้องเขียน App เองสามารถใช้งานได้อย่าง Real time สามารถเชื่อมต่อ Device ต่างๆเข้ากับ Internet ได้อย่างง่ายดาย ไม่ว่าจะเป็น Arduino, Esp8266, Esp32, Nodemcu,Rasberry pi นำมาแสดงบน Application ได้อย่างง่ายดาย แล้วที่สำคัญ Application Blynk ยังฟรี และ รองรับในระบบ IOS และ Android

3.2.12 คอมพิวเตอร์

สำหรับคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในปริญญานิพนธ์นี้ มีคุณสมบัติดังนี้

1. หน่วยประมวลผลกลาง Intel(R) Core(TM) i7-9750H CPU @ 2.60GHz
2. หน่วยประมวลผลกราฟิก NVIDIA GeForce GTX 1650
3. หน่วยความจำ 16.0 GB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.13 โปรแกรม 3Ds Max 2023

โปรแกรม3Ds Max 2023 เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างและจัดการกราฟิกคอมพิวเตอร์ 3 มิติ (3D) ซึ่งถูกพัฒนาโดย Autodesk โปรแกรมนี้มีความสามารถในการสร้างฉาก 3 มิติ และวัตถุต่าง ๆ ในโลกเสมือนจริง นักออกแบบและศิลปินสามารถใช้ 3ds Max เพื่อสร้างองค์ประกอบที่ต้องการในอุตสาหกรรมภาพยนตร์ วิดีโอเกม อุตสาหกรรมสื่อสิ่งพิมพ์ และอื่น ๆ อีกมากมาย

ฟังก์ชันหลักของ 3ds Max รวมถึงการสร้างแบบจำลอง การสร้างและนำเสนอฉาก การสร้างภาพนิ่ง และการสร้างภาพเคลื่อนไหว นอกจากนี้ยังมีเครื่องมือในการทำแอนิเมชัน การจัดเรียงฉาก และการปรับแต่งภาพที่มีคุณภาพสูง 3ds Max เป็นหนึ่งในโปรแกรมที่ได้รับความนิยมในวงการออกแบบและสร้างภาพประกอบต่าง ๆ ทั้งในวงการภาพยนตร์ วิดีโอเกม ออกแบบสถาปัตยกรรม และงานสื่อสิ่งพิมพ์อื่นๆ

3.2.14 โปรแกรม Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) เป็นโปรแกรมซอฟต์แวร์ Open Source ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับบอร์ดArduino ช่วยในการเขียนและอัพโหลดโค้ดโปรแกรมไปยังบอร์ต Arduino และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อื่นๆ ที่รองรับ Library ของ Arduino เช่น ESP32

รูปภาพที่ 3.16 หน้าหลักของโปรแกรม Arduino IDE

3.2.15 EEPROM

EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory) เป็นรอมที่ถูกพัฒนามาจาก EPROM แต่การใช้งานจะง่ายกว่าเนื่องจากเป็นการลงโปรแกรมและการเพิ่มโปรแกรมใหม่ด้วยกระแสไฟฟ้า ซึ่งการใช้งานจะง่ายกว่า ในปัจจุบันมีการใช้งาน EEPROM แทน EPROM อย่างแพร่หลายเพราะความสะดวกในการใช้งานพร้อมกันนั้นยังมีคุณสมบัติที่ไม่แตกต่างจาก EPROM เลย แม้แต่น้อย สิ่งที่ทำให้ EEROM โดดเด่นกว่า EPROM นั้นก็คือความสามารถในการลงโปรแกรมแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และลบโปรแกรมที่มีความเร็วและสะดวกกว่าแบบ EPROM แต่การลบข้อมูลของ EEPROM นั้นจะเป็นการลบข้อมูลทั้งหมดเราไม่สามารถเลือกลบโปรแกรมบ้างส่วนได้ โดยอายุการใช้งานของ EEPROM นั้นจะขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของ EEPROM ตัวนั้นจะกำหนดให้สามารถลบและเขียนข้อมูลได้สูงสุดเท่าไร อาทิ 10 ครั้ง หรือ 100 ครั้ง ซึ่งความสามารถของ EEPROM อีกอย่างก็คือสามารถที่จะใช้ไฟฟ้าที่มีอยู่ในคอมพิวเตอร์ลบและลงโปรแกรมใหม่ได้

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

3.3.1 ทดสอบการทำงานของการควบคุมการเปิดปิดและการเพิ่ม-ลดแสงของหลอดไฟ

ใน Blynk App ทำการสร้างปุ่ม (Button Widget) ในหน้าตาของแอปและกำหนดให้เชื่อมต่อกับ Virtual Pin 0 เมื่อกดปุ่ม1ครั้ง ค่าที่ส่งมาจะเป็น 1 และ LED จะถูกเปิด ถ้าปุ่มอีกครั้ง ค่าที่ส่งมาจะเป็น 0 และ LED จะถูกปิด โดยควบคุมการเปิดปิดของ LED ผ่านแอป Blynk ทำให้สามารถควบคุมแสงหรืออุปกรณ์ที่ต่อกับ LED นี้ได้จากระยะไกลผ่านการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต

3.3.2 ตรวจวัดค่าของอุณหภูมิ pH TDS และ Lux

3.3.2.1 สร้างกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่ารวมของสารละลาย (TDS)

3.3.3 การตรวจวัดความเข้มแสง

3.3.3.1 ตรวจวัดความเข้มแสงที่ได้รับเมื่อวัดในช่วงเวลาตั้งแต่วันที่ 6 มกราคม 2567 ถึงวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2567

3.3.3.2 สร้างแผนภูมิแสดงข้อมูลการตรวจวัดความเข้มแสง

3.3.4 การบันทึกข้อมูลในโรงเรือน

3.3.4.1 ทำการบันทึกข้อมูลด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตของสตรอเบอร์รีจำนวน 8 ต้น ภายในเวลา 151 วันจากการปลูก

3.3.4.2 สร้างตารางแสดงข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอร์รี่ 8 ต้น ในระบบไฮโดรโปนิกส์ เปรียบเทียบระหว่างเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์

3.3.4.3 สร้างแผนภูมิแสดงข้อมูลการเจริญเติบโตเฉลี่ยของต้นสตรอเบอร์รี่ 8 ต้น ในระบบไฮโดรโปนิกส์ เปรียบเทียบระหว่างเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์

3.3.4.4 วิเคราะห์ความสูงของลำต้น

3.3.4.5 วิเคราะห์ความกว้างของพุ่ม

3.3.4.6 วิเคราะห์จำนวนดอก

3.3.4.7 วิเคราะห์จำนวนผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผู้จัดทำได้ทำการเก็บผลการทำงานของระบบ โดยแบ่งการทดลองและจัดเก็บผลการทดลองเป็นส่วนๆ ดังต่อไปนี้

4.1 ควบคุมการเปิดปิดและการเพิ่ม-ลดแสงของหลอดไฟ

ใน Blynk App ทำการสร้างปุ่ม (Button Widget) ในหน้าตาของแอปและกำหนดให้เชื่อมต่อกับ Virtual Pin 0 เมื่อกดปุ่ม1ครั้ง ค่าที่ส่งมาจะเป็น 1 และ LED จะถูกเปิด ถ้าปุ่มอีกครั้ง ค่าที่ส่งมาจะเป็น 0 และ LED จะถูกปิด โดยควบคุมการเปิดปิดของ LED ผ่านแอป Blynk ทำให้สามารถควบคุมแสงหรืออุปกรณ์ที่ต่อกับ LED นี้ได้จากระยะไกลผ่านการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต

รูปที่ 4.1 แสดงผลควบคุมการเปิดปิดของหลอดไฟ

รูปที่ 4.2 แสดงผลควบคุมการเพิ่ม-ลดแสงของหลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ค่าของอุณหภูมิ pH TDS และ Lux

4.2.1 ผลการวัดค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่ารวมของสารละลาย (TDS)

Date	TEMP	pH	TDS
11/12/2023 19:34:21	25	7	500.25
11/12/2023 19:35:28	25	8	500.58
11/12/2023 19:35:38	25	9	502.48
11/12/2023 19:35:48	25	9	503.12
11/12/2023 19:35:58	25	7	505.2
11/12/2023 19:36:08	25	7	510.29
11/12/2023 19:36:18	25	9	515.84
11/12/2023 19:36:29	25	6	518.78
11/12/2023 19:36:44	25	6	519.48
11/12/2023 19:36:54	21	8	520.75
11/12/2023 19:37:05	21	7	543.15
11/12/2023 19:37:15	21	9	543.15
11/12/2023 19:37:25	21	9	544.15
11/12/2023 19:37:35	21	9	544.2
11/12/2023 19:37:45	25	8	545.11
11/12/2023 19:37:55	25	9	549.12
11/12/2023 19:38:05	21	9	563.25
11/12/2023 19:38:15	25	9	564.65
11/12/2023 19:38:25	25	9	565.5
11/12/2023 19:38:36	25	9	566.35
11/12/2023 19:38:46	25	8	566.78
11/12/2023 19:38:56	25	9	567.75
11/12/2023 19:39:07	25	7	567.75
2/1/2024 20:00:00	21	6	664
2/1/2024 20:30:00	20	7	702
2/1/2024 21:00:00	20	6	646
2/1/2024 21:30:00	24	7	702
2/1/2024 22:00:00	24	6	738
2/1/2024 22:30:00	22	7	627
2/1/2024 23:00:00	21	7	633
2/1/2024 23:30:00	22	6	699

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการวัดค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่ารวมของสารละลาย (TDS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Date	TEMP	pH	TDS
2/2/2024 1:00:00	24	6	738
2/2/2024 1:30:00	24	7	627
2/2/2024 2:00:00	22	6	633
2/2/2024 2:30:00	21	6	730
2/2/2024 3:00:00	21	6	678
2/2/2024 3:30:00	21	6	685
2/2/2024 4:00:00	21	7	712
2/2/2024 4:30:00	21	7	664
2/2/2024 5:00:00	24	6	702
2/2/2024 5:30:00	22	7	702
2/2/2024 6:00:00	21	6	738
2/2/2024 6:30:00	20	6	627
2/2/2024 7:00:00	20	6	633
2/2/2024 7:30:00	24	6	730
2/2/2024 8:00:00	24	7	678
2/2/2024 8:30:00	22	6	685
2/2/2024 9:00:00	21	7	702
2/2/2024 9:30:00	22	6	718
2/2/2024 10:00:00	21	7	665
2/2/2024 10:30:00	21	7	625
2/2/2024 11:00:00	24	6	650
2/2/2024 11:30:00	24	6	699
2/2/2024 12:00:00	22	7	646
2/2/2024 12:30:00	21	6	633
2/2/2024 13:00:00	21	7	730
2/2/2024 13:30:00	21	6	678
2/2/2024 14:00:00	24	6	685
2/2/2024 14:30:00	24	6	712
2/2/2024 15:00:00	24	6	664
2/2/2024 15:30:00	22	7	702
2/2/2024 16:00:00	21	6	646
2/2/2024 16:30:00	20	7	702
2/2/2024 17:00:00	20	6	738
2/2/2024 17:30:00	24	7	627

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการวัดค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่ารวมของสารละลาย (TDS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Date	TEMP	pH	TDS
2/3/2024 2:00:00	21	6	625
2/3/2024 2:30:00	24	7	650
2/3/2024 3:00:00	24	7	699
2/3/2024 3:30:00	22	6	646
2/3/2024 4:00:00	21	6	633
2/3/2024 4:30:00	21	6	730
2/3/2024 5:00:00	21	7	678
2/3/2024 5:30:00	24	6	685
2/3/2024 6:00:00	24	7	712
2/3/2024 6:30:00	24	6	664
2/3/2024 7:00:00	24	7	702
2/3/2024 7:30:00	24	7	646
2/3/2024 8:00:00	22	6	702
2/3/2024 8:30:00	21	6	738
2/3/2024 9:00:00	21	7	627
2/3/2024 9:30:00	21	6	633
2/3/2024 10:00:00	24	7	664
2/3/2024 10:30:00	24	6	702
2/3/2024 11:00:00	24	6	646
2/3/2024 11:30:00	22	6	702
2/3/2024 12:00:00	21	6	738
2/3/2024 12:30:00	20	7	627
2/3/2024 13:00:00	20	6	633
2/3/2024 13:30:00	24	7	699
2/3/2024 14:30:00	21	7	664
2/3/2024 15:00:00	21	7	702
2/3/2024 15:30:00	24	6	646
2/3/2024 16:00:00	24	6	702
2/3/2024 16:30:00	24	7	738
2/3/2024 17:00:00	22	6	627
2/3/2024 17:30:00	21	7	633
2/3/2024 18:00:00	20	6	664
2/3/2024 18:30:00	20	6	702

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการวัดค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่ารวมของสารละลาย (TDS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Date	TEMP	pH	TDS
2/3/2024 16:30:00	24	7	738
2/3/2024 17:00:00	22	6	627
2/3/2024 17:30:00	21	7	633
2/3/2024 18:00:00	20	6	664
2/3/2024 18:30:00	20	6	702
2/3/2024 19:00:00	24	7	646
2/3/2024 19:30:00	24	6	702
2/3/2024 20:00:00	22	6	738
2/3/2024 20:30:00	21	6	627
2/3/2024 21:00:00	22	6	633
2/3/2024 21:30:00	21	7	699
2/3/2024 22:00:00	21	6	730
2/3/2024 22:30:00	24	7	678
2/3/2024 23:00:00	24	6	685
2/3/2024 23:30:00	22	7	712
2/4/2024 0:00:00	24	7	664
2/4/2024 0:30:00	22	6	702
2/4/2024 1:00:00	21	6	664
2/4/2024 1:30:00	20	7	702
2/5/2024 6:00:00	24	6	633
2/5/2024 6:30:00	24	6	664
2/5/2024 7:00:00	22	6	702
2/5/2024 7:30:00	21	7	646
2/5/2024 8:00:00	22	6	702
2/5/2024 8:30:00	21	7	738
2/5/2024 9:00:00	21	6	627
2/5/2024 9:30:00	24	7	627
2/5/2024 10:00:00	24	6	633
2/5/2024 10:30:00	22	7	664
2/5/2024 11:00:00	24	6	702
2/5/2024 11:30:00	24	6	646
2/5/2024 12:00:00	22	7	702

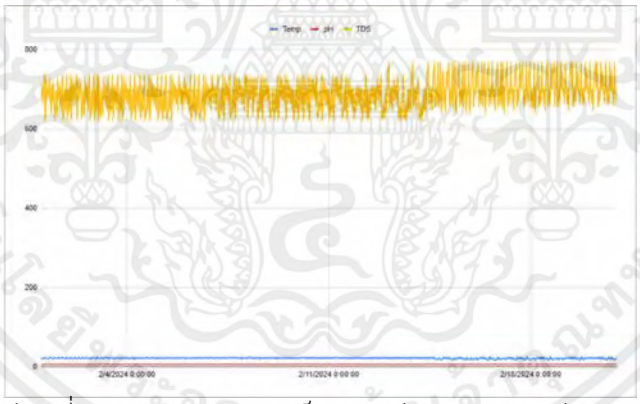
ตารางที่ 4.9 แสดงผลการวัดค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่ารวมของสารละลาย (TDS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 แสดงค่าของอุณหภูมิ pH TDS และ Lux

ภาพนี้แสดงกราฟอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่ารวมของสารละลาย (TDS) ตั้งแต่วันที่ 6 มกราคม 2567 ถึง 20 กุมภาพันธ์ 2567 จากกราฟ จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง TDS มีค่าเฉลี่ยที่คงที่

4.2.2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่ารวมของสารละลาย (TDS)



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่ารวมของสารละลาย (TDS) อุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 18.45 องศา

- ความเป็นกรด-ด่าง (pH)
  ความเป็นกรด-ด่างมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7.3
- ค่ารวมของสารละลาย (TDS)
  TDS มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 573.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การตรวจวัดความเข้มแสง

จากการวัดความเข้มแสงโดยใช้ GY-302 BH1750 Module เพื่อตรวจสอบความเข้มแสงของหลอดไฟในโรงเรือนสำหรับใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง(Photosynthesis) ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญในการสร้างอาหารสำหรับพืชในแต่ละช่วง ทดลองใช้อุปกรณ์วัดความเข้มแสงและบันทึกผลการทดลองตั้งแต่วันที่ 6 มกราคม 2567 – 28 กุมภาพันธ์ 2567 ได้ผลการทดลองดังนี้

รูปที่ 4.5 กราฟแสดงข้อมูลการตรวจวัดความเข้มแสง

จากข้อมูลความเข้มแสงที่ได้รับเมื่อวัดในช่วงเวลาตั้งแต่วันที่ 6 มกราคม 2567 ถึงวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2567 พบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอยู่ที่ 17,796 ลักซ์ โดยระดับความเข้มแสงมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 12,922 ลักซ์ ถึง 20,000 ลักซ์ จากนั้น การวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ความเข้มแสงสูงสุดที่พบอยู่ในช่วงวันที่ 7 มกราคม 67 ถึง วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 67 ซึ่งมีค่าความเข้มแสงอยู่ระหว่าง 19,876 ลักซ์ ถึง 20,000 ลักซ์ ความเข้มแสงต่ำสุดพบในช่วงวันที่ 8 มกราคม 67 ถึง วันที่ 15 มกราคม 67 ซึ่งมีค่าความเข้มแสงอยู่ระหว่าง 12,922 ลักซ์ ถึง 14,874 ลักซ์ ในระหว่างเดือนมกราคม 67 ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอยู่ที่ 17,330 ลักซ์ และในเดือนกุมภาพันธ์ 67 ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอยู่ที่ 18,262 ลักซ์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีการเพิ่มขึ้นประมาณ 932 ลักซ์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเดือนทั้งสอง สรุปได้ว่าการเข้าถึงความเข้มแสงมีการแปรผันตลอดเวลาและอาจมีผลจากสภาพอากาศและเงื่อนไขสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีผลต่อการส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์ได้โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การบันทึกข้อมูลในโรงเรือน

จากการปลูกสตรอเบอร์รีพันธุ์พระราชทาน80 ด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์เป็นเวลา 151 วัน โดยทำการบันทึกข้อมูลด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตของสตรอเบอร์รีจำนวน 8 ต้น ได้แก่ ความสูงของลำต้น ความกว้างของพุ่ม จำนวนดอกต่อต้น และจำนวนผลต่อต้น ได้ดังนี้

	เดือน	ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8
ความสูงของลำต้น (หน่วยเป็นเซนติเมตร)	1	23.50	20.60	19.30	22.16	22.40	22.80	23.40	21.67
	2	24.15	21.00	20.45	22.64	22.50	23.15	23.72	22.36
ความกว้างของพุ่ม (หน่วยเป็นเซนติเมตร)	1	19.60	20.10	19.30	20.16	20.40	19.85	19.40	20.50
	2	21.5	21.8	20.3	21.32	20.50	20.15	20.45	21.50
จำนวนดอก (หน่วยเป็นดอก)	1	0	2	0	2	0	1	0	1
	2	6	5	6	1	0	3	3	5
จำนวนผล (หน่วยเป็นลูก)	1	6	4	0	4	2	6	2	0
	2	10	7	5	4	1	3	8	2

ตารางที่ 4.10 แสดงข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอร์รี่ 8 ต้น ในระบบไฮโดรโปนิกส์ เปรียบเทียบระหว่างเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.6 แผนภูมิแสดงข้อมูลการเจริญเติบโตเฉลี่ยของต้นสตรอเบอร์รี่ 8 ต้น ในระบบไฮโดรโปนิกส์ เปรียบเทียบระหว่างเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์

รูปที่ 4.7 สตรอเบอร์รีพันธุ์พระราชทาน80 ที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์เป็นเวลา 151 วัน

การวิเคราะห์

ความสูงของลำต้น

ต้นที่ 7 สูงที่สุดในทั้งสองเดือน (23.40 ซม. ในเดือนมกราคม และ 23.72 ซม. ในเดือนกุมภาพันธ์)

ต้นที่ 2 ต่ำที่สุดในเดือนมกราคม (20.60 ซม.) ต้นที่ 3 ต่ำที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ (20.45 ซม.)

ความสูงเฉลี่ย

มกราคม: 22.25 ซม.

กุมภาพันธ์: 22.46 ซม.

การเปลี่ยนแปลง: เพิ่มขึ้น 0.21 ซม. (เฉลี่ย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความกว้างของพุ่ม

ต้นที่ 1 กว้างที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ (21.5 ซม.) ต้นที่ 4 กว้างที่สุดในเดือนมกราคม (20.16 ซม.)
ต้นที่ 7 แคบที่สุดในทั้งสองเดือน (19.4 ซม. ในเดือนมกราคม และ 20.45 ซม. ในเดือนกุมภาพันธ์)

ความกว้างเฉลี่ย

มกราคม: 19.85 ซม.

กุมภาพันธ์: 21.025 ซม.

การเปลี่ยนแปลง: เพิ่มขึ้น 1.175 ซม. (เฉลี่ย)

จำนวนดอก

ต้นที่ 4 มีดอกมากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ (6 ดอก) ต้นที่ 2 มีดอกมากที่สุดในเดือนมกราคม (2 ดอก)
ต้นที่ 1, 3, 5, 6, 8 ไม่มีดอกในเดือนมกราคม ต้นที่ 3, 5, 6, 8 ไม่มีดอกในเดือนกุมภาพันธ์
ต้นที่ 2, 7 มีดอก 1 ดอกในทั้งสองเดือน

จำนวนดอกเฉลี่ย

มกราคม: 0.25 ดอก

กุมภาพันธ์: 1.25 ดอก

การเปลี่ยนแปลง: เพิ่มขึ้น 1 ดอก (เฉลี่ย)

จำนวนผล

ต้นที่ 1, 2, 4, 6 มีผลมากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ (10 ผล) ต้นที่ 4 มีผลมากที่สุดในเดือนมกราคม (6 ผล)
ต้นที่ 3 ไม่มีผลในทั้งสองเดือน
ต้นที่ 5, 7, 8 มีผล 2 ผลในเดือนมกราคม ต้นที่ 5, 7 มีผล 2 ผล ต้นที่ 8 มีผล 4 ผล ในเดือนกุมภาพันธ์

จำนวนผลเฉลี่ย

มกราคม: 2.75 ผล

กุมภาพันธ์: 5.25 ผล

การเปลี่ยนแปลง: เพิ่มขึ้น 2.5 ผล (เฉลี่ย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ประสบความสำเร็จในการศึกษา ออกแบบและพัฒนาระบบการเกษตรอัจฉริยะสำหรับการปลูกสตรอเบอร์รีด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ โดยทำการออกแบบและสร้างโรงเรือนสำหรับปลูกสตรอเบอร์รีไฮโดรโปนิกส์น้ำวน โดยการใช้ ESP32 NodeMCU Goouuu ESP32 DEVKIT Wi-Fi and Bluetooth ในการควบคุมอุณหภูมิของน้ำโดยใช้แผ่นเพลเทียร์ (Peltier) โดยสามารถปรับอุณหภูมิให้เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืชตามความต้องการได้ เป็นการปลูกโดยการควบคุมอุณหภูมิของน้ำแทนการควบคุมอุณหภูมิของอากาศ การควบคุมอุณหภูมิของน้ำโดยใช้แผ่นเพลเทียร์เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์ โดยที่ไม่จำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิของอากาศในระบบปลูก ทำให้การเกษตรที่ใช้แบบนี้มีความยืดหยุ่นและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในการผลิตและการบริหารจัดการในอนาคต นอกจากนี้ยังสามารถตรวจวัดค่า pH และอุณหภูมิน้ำได้ในเวลาเดียวกัน เพื่อให้มั่นใจว่าสภาพแวดล้อมของระบบไร้ดินมีคุณภาพที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช การตรวจวัดความเข้มแสงภายในโรงเรือนเพื่อปรับความเข้มแสงตามความต้องการของพืชเป็นวิธีที่ดีเพื่อให้สตรอเบอร์รีได้รับแสงที่เหมาะสมตลอดวัน ทำให้สามารถเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของพืชได้ การใช้แอพพลิเคชั่น Blynk ในการควบคุมและตรวจสอบสภาพแวดล้อมของระบบไร้ดิน เช่น อุณหภูมิน้ำ ค่า pH และความเข้มแสง เป็นการทำให้การบริหารจัดการระบบง่ายขึ้น และสามารถทำได้จากที่ไกลโดยใช้เครือข่าย Wi-Fi โดยอุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 18.45 องศา ความเป็นกรด-ด่างมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7.3 TDS มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 573.54 ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอยู่ที่ 18,262 ลักซ์ ความสูงของลำต้นสตอเบอร์รีในเดือนมกราคม 22.25 ซม. กุมภาพันธ์ 22.46 ซม. การเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 0.21 ซม. ความกว้างของพุ่มสตอเบอร์รีเฉลี่ยในเดือนมกราคม 19.85 ซม. กุมภาพันธ์ 21.025 ซม.การเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 1.175 ซม. จำนวนดอกเฉลี่ย มกราคม 0.25 ดอก กุมภาพันธ์ 1.25 ดอก การเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 1 ดอก จำนวนผลเฉลี่ย มกราคม 2.75 ผล กุมภาพันธ์ 5.25 ผล การเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 2.5 ผล

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรและไฮโดรโปนิกส์จึงควรวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิน้ำ ค่า pH แสงสว่าง กับการเจริญเติบโตของสตรอเบอร์รี วิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับปัจจัยอื่นๆ เช่น ความชื้น ออกแบบระบบให้สามารถขยายขนาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์. 2543. สตรอเบอรี่ : พืชเศรษฐกิจใหม่. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 158 หน้า.

[2] ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์.2544.คู่มือสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกสตรอเบอรี่. โรงพิมพ์ชนารักษ์.กรุงเทพฯ. 42 หน้า.

[3] ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์.2550.การผลิตไม้ผลเมืองหนาวขนาดเล็กในเขตร้อน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 176 หน้า.

[4] นุชนาฏ จงเลขา. 2552. คู่มือการจัดการศัตรูไม้ผลแบบผสมผสานสำหรับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมไม้ผล. ศูนย์อารักขาพืช มูลนิธิโครงการหลวง.

[5] สังคม, 2532 อ้างโดย พรอุษา. สตรอเบอร์รี 2548. เข้าถึงจาก : file:///C:/Users/home/Desktop/patho41056sc_ch2.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล : 5 สิงหาคม 2566)

[6] อาการขาดธาตุในสตรอเบอรี่ เข้าถึงจาก : https://web.facebook.com/photo/?fbid=522981247889317&set=a.522981134555995.1073741845.519714941549281 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 6สิงหาคม 2566)

[7] สตรอว์เบอร์รี (Fragaria spp.) เข้าถึงจาก : https://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2556/patho41056sc_ch2.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล : 6 สิงหาคม 2566)

[8] DYNAMIC SEEDS. โรคแอนแทรคโนสในสตรอเบอร์รี่. 2566. เข้าถึงจาก : https://dynamicseeds.com (วันที่สืบค้นข้อมูล : 7 สิงหาคม 2566)

[9] คลินิกพืช. กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักงานวิจัยและพัฒนาการเกษตร,ภาควิชาพืชสวน. คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เข้าถึงจาก : https://www.opsmoac.go.th/suphanburi-warning-files (วันที่สืบค้นข้อมูล : 8 กันยายน 2566)

[10] ความรู้ โรคพืช สตรอเบอร์รี (โรคราเน่าสีเทา). โรคราสีเทาเกิดจากเชื้อรา Botrytis cinerea. เข้าถึงจาก : https://www.puynum.com/article/21 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 8 กันยายน 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

[11] Arduino Controlled Smart Hydroponic Modular System. การออกแบบระบบสมาร์ทฟาร์มสตรอเบอร์รีด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์. เข้าถึงจาก : https://dokumen.tips/documents/arduino-controlled-smart-hydroponic-modular-system.html (วันที่สืบค้นข้อมูล : 15 กันยายน 2566)

[12] Hydroponic Systems. ระบบไฮโดรโปนิกส์. เข้าถึงจาก : https://dokumen.tips/documents/hydroponic-systems-staff-oe-oe-hydroponic-wick-system-the.html (วันที่สืบค้นข้อมูล : 15 กันยายน 2566)

[13] ESP32 เบื้องต้น. ไมโครโพรเซสเซอร์. เข้าถึงจาก : www.artronshop.co.th/article/52 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 15 กันยายน 2566)

[14] รีเลย์ 12V 4 Channel Relay Module Board Shield With Optocoupler Support High and Low Level Trigger. แผงรีเลย์. เข้าถึงจาก : https://www.mikroelec.com/ (วันที่สืบค้นข้อมูล : 20 กันยายน 2566)

[15] ปั๊มน้ำ Water Pump. เครื่องปั๊มน้ำ. เข้าถึงจาก : https://www.marineshine.co.th/ (วันที่สืบค้นข้อมูล : 22 กันยายน 2566)

[16] Temperature Sensor. เซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิน้ำ. เข้าถึงจาก : https://www.sumipol.com/knowledge/temperature-sensor-in-production-line (วันที่สืบค้นข้อมูล : 22 กันยายน 2566)

[17] Arduino PH Meter Board (PH Sensor). เซนเซอร์วัดค่า PH ของน้ำ. เข้าถึงจาก : http://www.iot.codemobiles.com/product/275 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 22 กันยายน 2566)

[18] การใช้งาน DHT11 Humitdity and Temperature Sensor กับบอร์ด Arduino. เซนเซอร์สำหรับวัดความชื้นและอุณหภูมิของอากาศ. เข้าถึงจาก : www.arduitronics.com/article (วันที่สืบค้นข้อมูล : 22 กันยายน 2566)

[19] LED Grow Light Bulbs. LED Grow Light Full Spectrum 200 LEDSc. เข้าถึงจาก : www.walmart.com/ip/200-Led-Grow-Light-Full-Spectrum-Hydroponic (วันที่สืบค้นข้อมูล : 25 กันยายน 2566)

[20] เริ่มต้น ปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ ต้องรู้จักระบบน้ำกันหน่อย. เข้าถึงจาก : https://www.baanlaesuan.com/100198/garden-farm/hydroponics (วันที่สืบค้นข้อมูล : 25 กันยายน 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

[21] วิธีเขียนโปรแกรมควบคุมปั๊มน้ำ และแสดงค่าอุณภูมิความชื้นบนมือถือ ด้วย App Blynk ESP8266. แอพพลิเคชันBlynk Nodemcu esp8266. เข้าถึงจาก : www.ec-bot.com (วันที่สืบค้นข้อมูล : 25 กันยายน 2566)

[22] App สำเร็จรูป Blynk Nodemcu esp8266. Blynk Nodemcu esp8266. เข้าถึงจาก : https://www.ab.in.th/article/68/app (วันที่สืบค้นข้อมูล : 27 กันยายน 2566)

[23] ลองเล่น Blynk 2.0 กับ ESP32. เข้าถึงจาก : https://www.glab.co.th/post (วันที่สืบค้นข้อมูล : 27 กันยายน 2566)

[24] บทที่ 8 ใช้งาน IoT กับ Blynk 2.0. เข้าถึงจาก : https://doc.inex.co.th/mbit-with-microblockide-ep8/ (วันที่สืบค้นข้อมูล : 27 กันยายน 2566)

[25] สอนใช้งาน ESP32 เริ่มต้นใช้งาน ติดตั้งโปรแกรมเบื้องต้น ESP32. เข้าถึงจาก : www.cybertice.com (วันที่สืบค้นข้อมูล : 27 กันยายน 2566)

[26] pH Sensor Simulation in Proteus for Water Quality Monitoring | Step-by-Step Guide. เข้าถึงจาก : www.electronicsisfun08.in/2023/07/phsensor-simulation-proteus.html (วันที่สืบค้นข้อมูล : 29 กันยายน 2566)

[27] สัจจะ ประสงค์ทรัพย์,/สุภาพร สาชาติ,/มนัสพร ฉิ่งวังตะกอ,/ฉัตรนภา ข่มอาวุธ//2562.// ศึกษาการปลูกสตรอเบอร์รีด้วยระบบไฮโรโปนิกส์ภายใต้สภาวะควบคุม. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 30 กันยายน 2566)

[28] Strawberry Ripeness Identification Using Feature Extraction of RGB and K-Nearest Neighbor. เข้าถึงจาก https://ieeexplore.ieee.org/document/9431854 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 30 กันยายน 2566)

[29] Physical structure and nutrient. Physical structure and nutrient content of fresh strawberries. เข้าถึงจาก : www.researchgate.net/figure/Physical-structure-and-nutrient-content-of-fresh-strawberries (วันที่สืบค้นข้อมูล : 30 กันยายน 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

[30] กองพัฒนาเกษตรที่สูง. 2543. การปลูกสตรอว์เบอร์รี. สำนักปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 91 หน้า. ในโครงการหนังสือ อิเล็กทรอนิกส์ด้านการเกษตร เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงจาก : https://ebook.lib.ku.ac.th/ebook27/ebook/2011-002-0239/#p=1 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 1 ตุลาคม 2566)

[31] คงกฤช อินทแสง. มปป. การปลูกสตรอว์เบอร์รี. ศูนย์ส่งเสริมพัฒนาการอาชีพการเกษตรจังหวัด กาญจนบุรี. เข้าถึงจาก : https://fewcom.files.word press.com/2017/02/stawberry.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล : 1 ตุลาคม 2566)

[32] ฉลองชัย แบบประเสริฐ, ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์, พูนสุข คำภา, วิรัตน์ ปราบทุกข์, สมพล วงศ์กิติ, อัจฉรา ภาวศุทธิ์, บรรจง ปานดี, ผาสุข เชียงตอง, ชินพันธ์ ธนารุจ, รังสรรค์ เครือคำ, สานิตย์ นิรพาธ, ฐิราพร จันทร์เปล่ง และกัณหา ไชยบุตร. ม.ป.ป. ระบบการเพาะปลูกที่ดี: GAP สตรอว์เบอร์รี. สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 17 หน้า. ในโครงการหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ด้านการเกษตรเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. เข้าถึงจาก : https://ebook.lib.ku.ac.th/ebook27/ebook/2019 0082/#p=1 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 1 ตุลาคม 2566)

[33] ฉลองชัย แบบประเสริฐ, ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์, วิรัตน์ ปราบทุกข์, สราวุธ ศรีวรรณา, บรรจง ปานดี, ผาสุข เชียงตอง, สานิตย์ นิรพาธ, กนกธร วงศ์กิติ, อัจฉรา ภาวศุทธิ์, รังสรรค์ เครือคำ, กุลทินี ผิวนิล, กัณหา ไชยประสพ และ สาวิตรี ทิวงศ์. 2549. การเก็บเกี่ยวและมาตรฐาน คุณภาพผลไม้มูลนิธิโครงการหลวง. สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน), เชียงใหม่. 42 หน้า. ในโครงการหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ด้านการเกษตรเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. เข้าถึงจาก : https://ebook.lib.ku.ac.th/ebook27/ebook/2011002-0239/#p=1 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 1 ตุลาคม 2566)

[34] ชัยพิชิต เชื้อเมืองพาน, ดนัย บุณยเกียรติ และสุภาวดี ศรีวงค์เพ็ชร. 2557. ผลของการลดอุณหภูมิแบบผ่านอากาศเย็นต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของสตรอว์เบอร์รีพันธุ์พระราชทาน 80 และ 329. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 45(3/1)(พิเศษ): 217-220. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 1 ตุลาคม 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

[35] ณรงค์ชัย พิพัฒธนวงศ์. 2543. สตรอว์เบอร์รี: พืชเศรษฐกิจใหม่. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 158 หน้า.
(วันที่สืบค้นข้อมูล : 2 ตุลาคม 2566)

[36] ดนัย บุณยเกียรติ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 236 หน้า.
(วันที่สืบค้นข้อมูล : 2 ตุลาคม 2566)

[37] ดนัย บุณยเกียรติ และประสาทพร สมิตะมาน. 2546. สตรอว์เบอร์รี. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 48 หน้า
(วันที่สืบค้นข้อมูล : 2 ตุลาคม 2566)

[38] ธนะชัย พันธ์เกษมสุข, วรรณวรางค์ พัฒนะโพธิ์ และวลัยพร มลพุ่มสาย. 2560. ผลของการลดอุณหภูมิ อย่างรวดเร็วก่อนการเก็บรักษา, การเคลือบผิวด้วยวุ้นและความสุกแก่ของผลต่ออายุการเก็บ รักษาและคุณภาพของผลสตรอว์เบอร์รีพันธุ์พระราชทาน 80. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 48(3) (พิเศษ): 347-350.
(วันที่สืบค้นข้อมูล : 2 ตุลาคม 2566)

[39] ธนะชัย พันธ์เกษมสุข, วรรณวรางค์ พัฒนะโพธิ์ และวลัยพร มลพุ่มสาย. 2560. ผลของการลดอุณหภูมิ อย่างรวดเร็วก่อนการเก็บรักษา, การเคลือบผิวด้วยวุ้นและความสุกแก่ของผลต่ออายุการเก็บ รักษาและคุณภาพของผลสตรอว์เบอร์รีพันธุ์พระราชทาน 80. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 48(3) (พิเศษ): 347-350.
(วันที่สืบค้นข้อมูล : 2 ตุลาคม 2566)

[40] นิพนธ์ วิสารทานนท์. 2542. โรคไม้ผลเขตร้อนบางชนิดและการป้องกันกำจัด. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะเกษตร ภาควิชาโรคพืช, กรุงเทพฯ. 176 หน้า. ใน โครงการหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ด้านการเกษตร เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. เข้าถึงจาก : https://ebook.lib.ku.ac.th/ebook27/ebook/2011-002-0239/#p=1
(วันที่สืบค้นข้อมูล : 2 ตุลาคม 2566)

[41] นิพนธ์ ไชยมงคล. 2554. สตรอว์เบอร์รี. เข้าถึงจาก : https://vegetweb.com/wpcontent/download/strawberry.pdf
(วันที่สืบค้นข้อมูล : 3 ตุลาคม 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

[42] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. มปป. Pre-cooling/การลดอุณหภูมิเบื้องต้น. เข้าถึงจาก : www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0933/pre-cooling- การลดอุณหภูมิเบื้องต้น. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 3 ตุลาคม 2566)

[43] สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง. 2558. การปลูกสตรอว์เบอร์รีพันธุ์พระราชทาน 80. เข้าถึงจาก : https://web2012.hrdi.or.th/knowledge/detail/3794/การปลูกสตรอว์เบอร์รีพันธุ์ พระราชทาน-80 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 3 ตุลาคม 2566)

[44] สุภาวดี ศรีวงค์เพ็ชร, ดนัย บุณยเกียรติ, พิชญา พูลลาภ และชัยพิชิต เชื้อเมืองพาน. 2561. กระบวนการเก็บเกี่ยวและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลสตรอว์เบอร์รี. เข้าถึงจาก : www.phtnet.org/wp-content/uploads/2018/03/PostharvestNewsletter-jan-march2018.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล : 3 ตุลาคม 2566)

[45] อภิตา บุญศิริ, จิตติมา จิรโพธิธรรม, ยุพิณ อ่อนศิริ, พิษณุ บุญศิริ และโศรดา กนกพานนท์. 2562. การใช้สารเคลือบผิวบริโภคได้ CeloFresh เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและรักษาคุณภาพของสตรอว์เบอร์รีพันธุ์พระราชทาน 80. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 50(3)(พิเศษ): 280-283. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 4 ตุลาคม 2566)

[46] Mitcham, B. 1996. Quality Assurance for Strawberries: A Case Study. Perishables Handling Newsletter Issue No. 85: 6-9. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 4 ตุลาคม 2566)

[47] Yang, B., T. Shiping, L. Hogxia, Z. Jie, C. Jiankang, L. Yongcai and Z. Weiyi. 2003. Effect of temperature on chilling injury, decay and quality of Hami melon during storage. Postharvest Biology and Technology 29: 229-232. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 4 ตุลาคม 2566)

[48] Thermoelectric Cooler Peltier. เข้าถึงจาก http://www.windsolargadget.com/article/2/thermoelectric-cooler-peltier (วันที่สืบค้นข้อมูล : 4 ตุลาคม 2566)

[49] เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (PH METERS). ทำไมค่า pH | ถึงสำคัญต่อการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์. เข้าถึงจาก : www.hannathailand.com/2022/01/24 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 4 ตุลาคม 2566)

[50] BH1750FVI. Ambiemt Light Sensor IC Series. เข้าถึงจาก : www.elechouse.com/elechouse/images/product/Digital (วันที่สืบค้นข้อมูล : 4 ตุลาคม 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

[51] GY-30 Bh1750 Intensity Digital Light Sensor Module. เข้าถึงจาก : https://5.imimg.com/data5/TY/AK/MY-1833510/gy-30-bh1750-intensity-digital-light-sensor-module.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล : 4 ตุลาคม 2566)

[52] Dimmer Module PWM control. โมดูลขับมอเตอร์/หรี่ไฟ Arduino 220VAC 8A. เข้าถึงจาก : www.mcucity.com/product/3097/dimmer-module-pwm-control (วันที่สืบค้นข้อมูล : 4 ตุลาคม 2566)

[53] Dimmer Module PWM control. โมดูลขับมอเตอร์/หรี่ไฟ สำหรับ Arduino 220VAC 10A. เข้าถึงจาก : www.allnewstep.com/product/3244/dimmer-module-pwm-control (วันที่สืบค้นข้อมูล : 4 ตุลาคม 2566)

[54] EEPROM. คำศัพท์คอมพิวเตอร์. เข้าถึงจาก : www.comgeeks.net/eeprom/index.htm (วันที่สืบค้นข้อมูล : 4 ตุลาคม 2566)

[55] TDS Meter. Analog TDS sensor module water solubility conductivity. เข้าถึงจาก : http://www.arduinostep.com/product/446/tds-meter (วันที่สืบค้นข้อมูล : 4 ตุลาคม 2566)

[56] Full Spectrum. Grow it door. เข้าถึงจาก : https://www.growshopthailand.com/article/46/full-spectrum (วันที่สืบค้นข้อมูล : 4 ตุลาคม 2566)

[57] ควบคุมเปิด-ปิดไฟฟ้าได้ทั้งอาคาร ผ่านมือถือง่ายๆ ทำเป็นได้ใน 5 นาที. สอนการใช้งานควบคุมระบบไฟในอาคาร ผ่านบอร์ด ESP8266 กับ RELAY MODULE 5V 4 CHANNEL ด้วยแอพ BLYNK. เข้าถึงจาก : https://ai-corporation.net/2021/12/16/esp8266-whit-relay-module-5v-4ch-to-blynk (วันที่สืบค้นข้อมูล : 4 ตุลาคม 2566)

[58] Firebitlab. ESP32 PWM Dimmer - AC Voltage Adjustable. เข้าถึงจาก : https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=BWA-AIMjds0 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 5 ตุลาคม 2566)

[59] Netmedias. NodeMcu AC Light Dimmer | Part #1 | Tutorial # 32. เข้าถึงจาก : https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=eFeOSiL-IBQ (วันที่สืบค้นข้อมูล : 5 ตุลาคม 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

[60] Ramdom Nerd Tutorials. ESP32 with TDS Sensor (Water Quality Sensor). เข้าถึงจาก : https://randomnerdtutorials.com/esp32-tds-water-quality-sensor (วันที่สืบค้นข้อมูล : 7 ตุลาคม 2566)

[61] Wasan DIY. DHT22 ควบคุมอุณหภูมิ ด้วย DHT22 ในการควบคุม อุปกรณ์อื่นๆที่ต้องการ (Arduino EP.34). เข้าถึงจาก : https://www.youtube.com/watch?v=ypnZ-MJuuIE (วันที่สืบค้นข้อมูล : 7 ตุลาคม 2566)

[62] Sending Data from ESP32 or ESP8266 to Google Sheets. เข้าถึงจาก : https://electropeak.com/learn/sending-data-from-esp32-or-esp8266-to-google-sheets-2-methods/ (วันที่สืบค้นข้อมูล : 7 ตุลาคม 2566)

[63] Wasan DIY. Blynk IOT EP.32 DS18B20 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ทนทานเหมาะกับการใช้งานทุกๆที่ DS18B20 +ESP8266 +Blynk. เข้าถึงจาก : https://www.youtube.com/watch?v=SWWlzR5OKGo (วันที่สืบค้นข้อมูล : 7 ตุลาคม 2566)

[64] Luis Antonio Martin Nuez. Arduino Controlled Smart Hydroponic Modular System. เข้าถึงจาก : https://www.hackster.io/luisantoniomartinnuez/arduino-controlled-smart-hydroponic-modular-system-0d65ad (วันที่สืบค้นข้อมูล : 7 ตุลาคม 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โปรแกรมอ่านค่าความเข้มข้นแสงและแสดงผลไปยัง Serial monitor และส่งไปแสดงผลที่ Blynk Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
uint16_t lux = lightMeter.readLightLevel();
  Serial.print("Light: ");
  Serial.print(lux);
  Serial.println(" lx");
  Blynk.virtualWrite(V7,lux);
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

โปรแกรมกำหนดชื่อและรหัสผ่านที่ต้องการเชื่อมต่อกับสัญญาณWIFI และกำหนดโทเคนของBlynk Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#define BLYNK_PRINT Serial
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6ERpejBmF"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Quickstart Template"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "AJrvhi9SqXQ0Asa93lTMVa0y6igYJgN6"
#include <WiFiClientSecure.h>
#include <WiFi.h>
#include <BH1750.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#include <WiFiMulti.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <Wire.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

char ssid[] = "TP-Link_AEAC";
char pass[] = "42915195"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

โปรแกรมอ่านค่าTDS จากเซ็นเซอร์และส่งไปยัง Blynk Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
static unsigned long analogSampleTimepoint = millis();
  if (millis() - analogSampleTimepoint > 40U)
  {
    analogSampleTimepoint = millis();
    analogBuffer[analogBufferIndex] = analogRead(TdsSensorPin);
    analogBufferIndex++;
    if (analogBufferIndex == SCOUNT)
      analogBufferIndex = 0;
  }
  static unsigned long printTimepoint = millis();
  if (millis() - printTimepoint > 800U)
  {
    printTimepoint = millis();
    for (copyIndex = 0; copyIndex < SCOUNT; copyIndex++)
      analogBufferTemp[copyIndex] = analogBuffer[copyIndex];
    averageVoltage = getMedianNum(analogBufferTemp, SCOUNT) * (float)VREF / 4096.0;
    float compensationCoefficient = 1.0 + 0.02 * (temperature - 25.0);
    float compensationVolatge = averageVoltage / compensationCoefficient;
    tdsValue = (133.42 * compensationVolatge * compensationVolatge *
compensationVolatge - 255.86 * compensationVolatge * compensationVolatge + 857.39 *
compensationVolatge) * 0.5;
    Serial.print("TDS Value:");
    Serial.print(tdsValue, 0);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Serial.println("ppm");
    Blynk.virtualWrite(V5,tdsValue);
  }
int getMedianNum(int bArray[], int iFilterLen)
  {
  int bTab[iFilterLen];
  for (byte i = 0; i < iFilterLen; i++)
    bTab[i] = bArray[i];
  int i, j, bTemp;
  for (j = 0; j < iFilterLen - 1; j++)
  {
    for (i = 0; i < iFilterLen - j - 1; i++)
    {
      if (bTab[i] > bTab[i + 1])


      {
        bTemp = bTab[i];
        bTab[i] = bTab[i + 1];
        bTab[i + 1] = bTemp;
      }
    }
  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      {
        bTemp = bTab[i];
        bTab[i] = bTab[i + 1];
        bTab[i + 1] = bTemp;
      }
    }
  }
  if ((iFilterLen & 1) > 0)
    bTemp = bTab[(iFilterLen - 1) / 2];
  else
    bTemp = (bTab[iFilterLen / 2] + bTab[iFilterLen / 2 - 1]) / 2;
  return bTemp;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

โปรแกรมอ่านค่าอุณหภูมิ จากเซ็นเซอร์และส่งไปยัง Blynk Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
sensors.requestTemperatures();

  float temperature = sensors.getTempCByIndex(0);

  Serial.print("Temperature:");

  Serial.print(temperature);

  Serial.println("°C");

  Blynk.virtualWrite(V3, temperature);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

โปรแกรมอ่านค่าpH จากเซ็นเซอร์และส่งไปยัง Blynk Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ph=0;
  ph2=0;
  for(i = 1 ; i<=100;i++)
  {
  ph = -0.0069*analogRead(36)+ 30.061;
  ph2 = ph2+ph;
  delay(10);
  }
  ph = ph2/100;
  Serial.print("ph = ");
  Serial.println(ph);
  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

โปรแกรมควบคุมการเปิดปิดไฟผ่านRelayโดยรับคำสั่งจาก Blynk Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
BLYNK_WRITE(V0) //LED
{
  int pinValue = param.asInt();
  if(pinValue == 1)
  {
    digitalWrite(17,HIGH);


  }
  else
  {
    digitalWrite(17,LOW);
  }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

โปรแกรมส่งข้อมูลค่าต่างๆที่ได้รับจากเซ็นเซอร์ไปยัง google sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void sentdata(){


        if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {

        HTTPClient http;

        String url =
"https://script.google.com/macros/s/AKfycbwhcNgoRYTQLa0EpowPSNwd0BwMwxp-
jdjWOFmfQhNzb5XQSS4lOrWkGuhI1_436YUnxA/exec?";

         url += "TEMP=";

         url +=  String(temperature1);

         url += "&PH=";

         url += String(ph);

         url += "&TDS=";

         url += String(tdsValue);

        Serial.println ("Making a request");

        http.begin(url.c_str());

        http.setFollowRedirects(HTTPC_STRICT_FOLLOW_REDIRECTS);

        int httpCode = http.GET();

        String payload;

        if (httpCode > 0) {

          payload = http.getString();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Serial.println(httpCode);
    Serial.println(payload);
  }
  else {
    Serial.println("Error on HTTP request");
  }
  http.end();
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ

โปรแกรมควบคุมอุณหภูมิของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void control(){
if (temperature1>=21){
   digitalWrite(18,1);
    Serial.print("Relay HIGH");
    Blynk.virtualWrite(V6,HIGH);
    }

  else if(temperature1<=19){
     digitalWrite(18,0);
    Serial.print("Relay LOW");
    Blynk.virtualWrite(V6,LOW);

  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฌ

โปรแกรมควบคุมการแสงไฟผ่านวงจรหรี่ไฟ Ac dimmer 220V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void LUX(){
  uint16_t lux = lightMeter.readLightLevel();
 if (lux < darkThreshold) {
    increaseBrightness();
  } else if (lux > lightThreshold) {
    decreaseBrightness();
  }
  analogWrite(acDimmerPin, dimming);
  Serial.print(dimming);
}

void increaseBrightness() {
  if (dimming < 255) {
    dimming += 10;
    delay(500);
    if (dimming > 255) {
      dimming = 255;
    }
  }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void decreaseBrightness() {
  if (dimming > 0) {
    dimming -= 10;
    delay(500);
    if (dimming < 0) {
      dimming = 0;
    }
  }
}

void zeroCrossing() {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้