



รายงานการวิจัย

การพัฒนาชุดควบคุมโรงเรือนระบบอัจฉริยะด้วยสมองกลฝังตัว
สำหรับเกษตรกร จังหวัดเพชรบูรณ์

Development of intelligent building control with embedded for
Smart farmers in Phetchabun Thailand.

ว่าที่ร้อยตรีวรชัย ศรีสมุดคำ

หลักสูตรวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ประจำปีงบประมาณ 2561

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาชุดควบคุมโรงเรือนระบบอัจฉริยะด้วยสมองกลฝังตัว
สำหรับเกษตรกร จังหวัดเพชรบูรณ์

Development of intelligent building control with embedded for
Smart farmers in Phetchabun Thailand.

ว่าที่ร้อยตรีวรชัย ศรีสมุดคำ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและ
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน
โดยผ่านความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ประจำปีงบประมาณ 2561

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดควบคุมโรงเรือนระบบอัจฉริยะด้วยสมองกลฝังตัวสำหรับเกษตรกร จังหวัดเพชรบูรณ์มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ เนื่องจากเล็งเห็นปัญหาเกี่ยวกับการปลูกพืชไร้ดินซึ่งในปัจจุบันยังคงใช้แรงงานคนในการดูแล โดยระบบ ควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ระบบ คือ ระบบม่านบังแสงอัตโนมัติ ระบบพ่นหมอก และระบบจ่ายปุ๋ยแบบอัตโนมัติ โดยระบบม่านบังแสงอัตโนมัติและระบบพ่นหมอกจะใช้ Arduino เป็นตัวประมวลผล ให้ทำงานตามค่าที่ก ำหนดไว้ และระบบจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติทำงานตามค่า EC ที่ กำหนดไว้

นอกจากนี้ทางคณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณทางมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ได้ให้ทุนวิจัย และให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการสร้างโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัตินี้ให้สำเร็จไปได้ด้วยดี ตลอดจน ทางคณะผู้จัดทำ จึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

คณะผู้วิจัย

15 สิงหาคม 2561

ชื่อโครงการวิจัย : การพัฒนาชุดควบคุมโรงเรือนระบบอัจฉริยะด้วยสมองกลฝังตัวสำหรับเกษตรกร
จังหวัดเพชรบูรณ์
ชื่อผู้วิจัย : ว่าที่ร้อยตรีวรชัย ศรีสมุดคำ และคณะ
หน่วยงาน : คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ปีที่ทำการวิจัย : พ.ศ. 2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง ระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ (Automatic hydroponics control system) มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ เนื่องจากเล็งเห็นปัญหาเกี่ยวกับการปลูกพืชไร้ดินซึ่งในปัจจุบันยังคงใช้แรงงานคนในการดูแล โดยระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ระบบ คือ ระบบม่านบังแสงอัตโนมัติ ระบบพ่นหมอก และระบบจ่ายปุ๋ยแบบอัตโนมัติ โดยระบบม่านบังแสงอัตโนมัติและระบบพ่นหมอกจะใช้ Arduino เป็นตัวประมวลผล ให้ทำงานตามค่าที่กำหนดไว้ และระบบจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติทำงานตามค่า EC ที่กำหนดไว้

ผลจากการทดลองทั้ง 3 ระบบพบว่า ระบบม่านบังแสงแบบอัตโนมัติทดลองจำนวน 3 ครั้ง พบว่า ในระยะเวลา 1 วันระบบจะทำงาน 1 ครั้ง ซึ่งระบบจะทำงานช่วงเวลาประมาณ 11.30 น. โดยเฉลี่ย และ หยุดทำงานช่วงเวลาประมาณ 15.00 น. โดยเฉลี่ยแล้ว ภายใน 1 วันระบบจะทำงานประมาณ 3 ชั่วโมง ระบบพ่นหมอกทำการทดลองจำนวน 3 ครั้ง พบว่าอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 43.33 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในเฉลี่ยอยู่ที่ 38 องศาเซลเซียส โดยระบบใช้เวลาในการทำงานประมาณ 14 นาที และระบบจะหยุดทำงานประมาณ 7 นาที ระบบการจ่ายปุ๋ยแบบอัตโนมัติได้ทดลองการวัดปุ๋ยในแต่ละช่วงเวลา จะมีการสูญเสียของค่า EC ไปเฉลี่ยครั้งละ 0.01 mS/cm ต่อ 2 ชั่วโมงในแต่ละวัน โดยจากการเติมปุ๋ย จากค่า Low ที่ 1.99 mS/cm ให้ได้ค่า Hi ที่ 2.2 mS/cm จะใช้เวลาในการเติมปุ๋ย ประมาณ 1 นาที ได้ ค่า EC เพิ่มขึ้น 0.26 mS/cm และมีปริมาณปุ๋ยที่เติม คือ 27.5 ml. และการทดลองการปลูกผักสลัด กรีนโอ๊ค ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ช่วงการเจริญเติบโต คือ การเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊คช่วงอายุครบ 15 วัน การเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊คช่วงอายุครบ 30 วัน และการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊คช่วงอายุครบ 45 วัน

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญภาพ	ช
สารบัญตาราง	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตของการศึกษา	2
วิธีการค้นคว้า	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	4
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	5
1.ผักสลัด	5
2.ระบบของการปลูกพืชไร้ดิน	6
3.ค่า PH และ ค่า EC	8
4.สารละลาย A และ B	10
5.วงจรควบคุม	11
6.โรงเรือนแบบเปิด	23
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	28
1. ขั้นตอนการออกแบบโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ	28
2. ขั้นตอนการสร้างโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ	32
3. ขั้นตอนการติดตั้งระบบต่างๆ ในโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ	34
4. การทดลองใช้งานระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ	48

ช

สารบัญ (ต่อ)

5. การทดลองการปลูกผักสลัดกรีนโอ๊คในโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ	51
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	55
1. ผลการทดลองการทำงานของระบบพ่นหมอก	55
2. ผลการทดลองการทำงานของระบบม่านบังแสงอัตโนมัติ	56
3. ผลการทดลองการทำงานของระบบจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติ	57
4. ผลการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ผักสลัดกรีนโอ๊ค	58
บทที่ 5 สรุปผล	60
สรุป	60
อภิปรายผล	61
ข้อเสนอแนะ	62
บรรณานุกรม	63
ภาคผนวก	64
ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานชุดควบคุมระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ	65
ภาคผนวก ข คู่มือการติดตั้งระบบและการเขียนโค้ดโปรแกรมระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ	70
ประวัติผู้เขียน	

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ผักสลัด กรีนโอ๊ค(Green Oak Lettuce)	5
2.2 การปลูกพืชไร้ดินระบบ NFT (Nutrient Film Technique)	6
2.3 การปลูกพืชไร้ดินแบบระบบ DFT (Deep Flow Technique)	6
2.4 การปลูกพืชไร้ดินแบบระบบ DRFT (Dynamic Root Floating Technique)	7
2.5 การปลูกพืชไร้ดินแบบระบบ Aqua Ponics	7
2.6 การปลูกพืชไร้ดินแบบระบบ Aero Ponicsculture	8
2.7 รางปลูกผักไฮโดรโปนิคส์จำนวน 10 ราง	8
2.8 สารละลาย A และ B	10
2.9 Arduino รุ่น Uno	11
2.10 ขาใช้งานของ Arduino รุ่น Uno	12
2.11 มิเตอร์วัดค่า EC ในน้ำ	12
2.12 เซนเซอร์อุณหภูมิ เบอร์ DHT 22	13
2.13 ตัวอย่างการต่อใช้งานเซนเซอร์อุณหภูมิ เบอร์ DHT 22	14
2.14 LDR Photoresistor Module โมดูลแสง	15
2.15 รีเลย์ (Relay)	15
2.16 สภาวะการทำงานของรีเลย์ (Relay)	16
2.17 เพาเวอร์ซัพพลาย	17
2.18 โซลาลัม หรือปั๊มน้ำดีซี	17
2.19 ปั๊มปลา sonic-ap4500	18
2.20 หัวพ่นหมอก	19
2.21 ระบบพ่นหมอก	19
2.22 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	20
2.23 ส่วนที่อยู่กับที่หรือสเตเตอร์	21
2.24 แกนขั้ว	21
2.25 ขดลวดสนามแม่เหล็ก	22
2.26 โรเตอร์	22
2.27 ลิมิตสวิตช์	23
2.28 ตาข่ายพรางแสง	24
2.29 มุ้งหรือตาข่ายกันแมลง	24

สารบัญภาพ (ต่อ)

2.30	พลาสติกคลุมหลังคา	25
2.31	คลิปยึดแผ่นพลาสติก	26
3.1	รูปแบบโครงสร้างโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ	28
3.2	รูปแบบโครงสร้างภายในโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ	29
3.3	รูปแบบโครงสร้างหลังคาโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ	29
3.4	รูปแบบการวางระบบน้ำภายในโรงเรือน	30
3.5	รูปแบบการวางระบบพ่นหมอกโรงเรือน	30
3.6	รูปแบบม่านบังแสงภายในโรงเรือน	30
3.7	บ่ออนุบาล	31
3.8	รูปแบบโต๊ะวางรางปลูกพืชไร้ดิน	31
3.9	แท่นยึดมอเตอร์และสายพานระบบม่านบังแสงอัตโนมัติ	31
3.10	การประกอบหลังคาโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ	32
3.11	การประกอบเสาโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ	32
3.12	การติดตั้งล้อมรอบโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ	32
3.13	นำรางปลูกผักมาวางภายในโรงเรือน	33
3.14	การติดตั้งพลาสติกใสบนหลังคาโรงเรือน	33
3.15	โรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ	33
3.16	บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบพ่นหมอก	34
3.17	อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำระบบพ่นหมอก	35
3.18	การติดตั้งระบบพ่นหมอก	36
3.19	การติดตั้งปั้มน้ำและบ่อกักน้ำระบบพ่นหมอก	36
3.20	การติดตั้งเซนเซอร์อุณหภูมิ DHT 22	36
3.21	ติดตั้งสายและหัวฉีดพ่นหมอก	37
3.22	บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบม่านบังแสงอัตโนมัติ	38
3.23	อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบม่านบังแสงอัตโนมัติ	39
3.24	การติดตั้งสายพรางแสงกับหลัก	40
3.25	การประกอบลูกปิ่นกับแผ่นอะคริลิก	40
3.26	การติดตั้งม่านบังแสงอัตโนมัติ	41
3.27	การติดตั้งมอเตอร์กับสายพาน	41

ญ

สารบัญภาพ (ต่อ)

3.28 การติดตั้งเซนเซอร์แสง	42
3.29 ขั้นตอนการทำงานของระบบจ่ายปุ๋ยแบบอัตโนมัติ	43
3.30 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบจ่ายปุ๋ยแบบอัตโนมัติ	44
3.31 การติดตั้งมอเตอร์ดูดปุ๋ย	44
3.32 ติดตั้งหัวโรตารีวัดค่า EC	45
3.33 ถังเก็บปุ๋ย A และ B	45
3.34 ติดตั้งปั๊มปลาภายในถังผสมสารละลาย	46
3.35 ติดตั้ง Arduino และ Relay	47
3.36 ติดตั้งเทอร์มินอล	47
3.37 ติดตั้งระบบต่างๆ ในตู้คอนโทรล	47
3.38 การทดลองการทำงานของเซนเซอร์อุณหภูมิระบบพ่นหมอก	48
3.39 การทดลองการทำงานของเซนเซอร์แสงระบบม่านบังแสงอัตโนมัติ	49
3.40 การทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดค่า EC ระบบจ่ายปุ๋ยแบบอัตโนมัติ	50
3.41 ผักสลัดกรีนโอ๊คอายุครบ 3 วัน	51
3.42 ผักสลัดกรีนโอ๊คอายุครบ 7 วัน	51
3.43 ผักสลัดกรีนโอ๊คอายุครบ 15 วัน	52
3.44 ผักสลัดกรีนโอ๊คอายุครบ 30 วัน	53
3.45 ผักสลัดกรีนโอ๊คอายุครบ 45 วัน	54

ฎ

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่า PH และ EC ของผักสลัดกรีนโอ๊ค	10
2.2 ธาตุอาหารของสารละลาย A และ B	11
2.3 คุณสมบัติของมิเตอร์วัดค่า EC ในน้ำ	13
2.4 คุณสมบัติเซนเซอร์อุณหภูมิ เบอร์ DHT 22	14
2.5 คุณสมบัติของเพาเวอร์ซัพพลาย	17
2.6 คุณสมบัติของโซล่าปั๊มหรือปั๊มน้ำดีซี 12V	18
2.7 คุณสมบัติของปั๊มปลา Sonic-ap4500	18
3.1 ตารางแสดงผลการทดลองการทำงานของระบบพ่นหมอก วันที่ 17/11/60	48
3.2 ตารางแสดงผลการทดลองการทำงานของระบบม่านบังแสง	49
3.3 ตารางแสดงผลการทดลองการทำงานของระบบจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติ	50
3.4 ตารางแสดงผลการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ “ผักสลัดกรีนโอ๊ค” อายุครบ 15 วัน	52
3.5 ตารางแสดงผลการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ “ผักสลัดกรีนโอ๊ค” อายุครบ 30 วัน	53
3.6 ตารางแสดงผลการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ “ผักสลัดกรีนโอ๊ค” อายุครบ 45 วัน	54
4.1 ตารางแสดงผลการทดลองการทำงานของระบบพ่นหมอก วันที่ 17/11/60	55
3.2 ตารางแสดงผลการทดลองการทำงานของเซนเซอร์แสงระบบม่านบังแสงอัตโนมัติ	56
3.3 ตารางแสดงผลการทดลองการทำงานของระบบจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติ วันที่ 17/11/60	57
3.4 ตารางแสดงผลการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ “ผักสลัดกรีนโอ๊ค” อายุครบ 15 วัน	58
3.5 ตารางแสดงผลการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ “ผักสลัดกรีนโอ๊ค” อายุครบ 30 วัน	58
3.6 ตารางแสดงผลการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ “ผักสลัดกรีนโอ๊ค” อายุครบ 45 วัน	59

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมภาคการเกษตรของประเทศไทยที่ผ่านมามุ่งพัฒนาสู่ความทันสมัย เน้นการสร้าง ความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ การเพิ่มผลผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเพื่อสนองความต้องการที่ เพิ่มขึ้นจากการขยายตัวของเศรษฐกิจและสังคม ดังนั้นจะเห็นได้จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม แห่งชาติฉบับที่ 1-10 มุ่งการส่งออกซึ่งรวมถึงการเกษตร โดยภาครัฐส่งเสริมให้ใช้ความก้าวหน้าทาง วิทยาศาสตร์ เกษตรและเทคโนโลยีสมัยใหม่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิต เช่น การใช้พันธุ์พืชและ พันธุ์สัตว์ที่ให้ผลผลิตสูง การปลูกพืชเชิงเดี่ยวที่ใช้พื้นที่มาก การใช้เครื่องจักรทุนแรงและเวลาเพื่อการผลิต ที่มากขึ้น รวมถึงการใช้สารเคมีทางการเกษตรจำพวกปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ซึ่งผลกระทบจากการ พัฒนาการเกษตรดังกล่าวทำให้เกิดผลเสียตามมาหลายประการได้แก่ ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง การ ระบาดของศัตรูพืชรุนแรง เกิดมลพิษจากการใช้สารเคมีทางการเกษตร สารพิษตกค้าง ส่งผลกระทบต่อ ผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม (อานัฐ ตันโช, 2549: 1-6) ซึ่งนโยบายของรัฐบาลภายใต้การดูแลของกรมส่งเสริม การเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ซึ่งมีการกิกในการส่งเสริมและ พัฒนาการเกษตรให้สามารถ พึ่งตนเองและผลิตสินค้าที่ได้มาตรฐานเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศ ซึ่งปัจจุบัน ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับสินค้าเกษตรที่ปลอดสารเคมี จุลินทรีย์ที่ตกค้าง จึงมีการส่งเสริมให้เกษตรกร ผลิตสินค้าที่ปลอดภัยและได้มาตรฐาน (ทิพวรรณ สิทธิรังสรรค์, 2551: 2)

การปลูกพืชไร่ดินเริ่มเข้ามาในประเทศไทยตั้งแต่ปี 2530 แต่เน้นปลูกพืชไร่ดินแบบการค้า เน้น การปลูกพืชผักที่มีราคาแพง ไม่ใช้สารเคมี ซึ่งการปลูกพืชโดยไร่ดิน เป็นวิธีการที่พัฒนาขึ้นในประเทศ พัฒนาซึ่งมีปัญหาพื้นที่ในการทำการเกษตรลดน้อยลงเนื่องจากการเจริญเติบโตของชุมชนหรือพื้นที่ที่มีอยู่ ไม่เหมาะสมต่อการทำการเกษตร เป็นวิธีที่ไม่ใช้ดินเป็นวัสดุปลูก แต่พืชจะเจริญเติบโตได้โดยได้รับธาตุ อาหารจากสารละลายธาตุอาหาร และการปลูกพืชไร่ดินเป็นเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเรื่อยๆ จากอดีต จนถึงปัจจุบัน ระบบต่าง ๆ ที่ใช้ในการดัดแปลงแก้ไขข้อบกพร่องเพื่อให้สามารถปลูกพืชได้ในระดับการค้า เทคโนโลยีการปลูกพืชไร่ดินเป็นแนวทางใหม่ในอนาคตของเกษตรกรไทยเนื่องจากช่วยลดการใช้สารเคมี กำจัดโรคและแมลง มีการใช้ปุ๋ยและน้ำอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ไม่สิ้นเปลืองแรงงาน (โสระยา ร่วมรังสี, 2544: คำนำ)

ปัจจุบันการปลูกพืชแบบไร่ดินเริ่มเป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง ทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค มีทั้ง จำหน่ายในประเทศและส่งออกไปยังประเทศต่าง ๆ โดยแนวโน้มในอนาคตธุรกิจพืชไร่ดินในประเทศไทย

ยังไปได้อีกไกล เนื่องจากความพร้อมในด้านเทคโนโลยี มีผู้เชี่ยวชาญ มีตลาดรองรับ มีจำนวนผู้ผลิตเพิ่มขึ้น และในขณะเดียวกันก็มีผู้บริโภคเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน เนื่องจากกระแสของการเอาใจใส่ในเรื่องการบริโภคผัก และอาหารเพื่อสุขภาพ (อัมพา คำวงษา, 2553: 59)

ในการเพาะปลูกทั่วไปส่วนใหญ่จะใช้แรงงานคนเข้ามาช่วย จึงทำให้มีการลงทุนสูงและเสียเวลากับการดูแลโดยใช้เหตุ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองและประดิษฐ์ ควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติขึ้นมา เพื่อมาทดสอบและควบคุมในการเจริญเติบโตของพืช ความสามารถของระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัตินี้จะมารวดควบคุมแสง ความคุมความชื้นภายในโรงเรือน ควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือน และสามารถควบคุมการให้สารละลาย ค่า PH และค่า EC ได้ ทำให้ง่ายต่อการเพาะปลูก ลดปริมาณค่าแรงงานและเวลาที่เสียไป และทำให้ง่ายต่อการดูแลรักษา

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ
2. เพื่อหาประสิทธิภาพการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดควบคุมโรงเรือนระบบอัจฉริยะด้วยสมองกลฝังตัวสำหรับเกษตรกร จังหวัดเพชรบูรณ์ ผู้จัดทำได้กำหนดขอบเขตของการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ส่วนประกอบของโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ
 - 1.1 เซนเซอร์ควบคุมอุณหภูมิ
 - 1.2 เซนเซอร์แสง
 - 1.3 พัดลมระบายอากาศ
 - 1.4 ขนาดของโรงเรือน
 - กว้าง 5 เมตร ยาว 7 เมตร
 - สูง 2.2 เมตร
 - หน้าจั่วสูง 2.5 เมตร
 - 1.5 ขนาดของโต๊ะวางรางผัก
 - ความยาว 5 เมตร
 - ความกว้าง 1 เมตร
 - ความสูง 0.8 เมตร
2. คุณสมบัติของโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ
 - ควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือน
 - ระบบควบคุมม่านบังแสงอัตโนมัติ

- ระบบฟั่นละอองน้ำภายในโรงเรือน
 - ระบบควบคุมการจ่ายปุ๋ย
3. สถานที่ใช้ในการทดสอบ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ (อาคารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คอมพิวเตอร์ 18/2500)

วิธีการค้นคว้า

1. เขียนโครงสร้างการทำงานวิจัยระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ
2. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการปลูกพืชไร้ดินชนิด ผักสลัด
3. ศึกษาระบบและอุปกรณ์การทำงานของระบบควบคุมต่างๆ
4. ออกแบบและสร้างระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ
5. ทดสอบการใช้งานระบบควบคุมต่าง ๆ
6. แก้ไขข้อผิดพลาดและนำมาปรับปรุงให้ดีขึ้น
7. ติดตั้งทดลองการใช้งานระบบการควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ
8. ทดลองเพื่อหาการทำงานของระบบการควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ
9. สรุปผล
10. จัดทำเล่มงานวิจัยและส่งเล่ม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้โรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ
2. ได้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ
3. ทำให้ประหยัดเวลาในการดูแลรักษาและประหยัดการใช้แรงงานคน

คำนิยามศัพท์เฉพาะ

ไฮโดรโปนิคส์ (hydroponics) เป็นคำผสมระหว่างคำ 3 คำ คือ ไฮโดร ((hydro) หมายถึง น้ำ โพนอส (ponos) เป็นคำที่มาจากภาษากรีก หมายถึง การทำงาน และอิกส์ (ics) หมายถึง ศาสตร์หรือศิลปะ ซึ่งเมื่อรวมคำทั้ง 3 คำเข้าด้วยกัน จึงมีความหมายตามรูปศัพท์ว่า ศาสตร์หรือศิลปะว่าด้วยการทำงานของน้ำ หรือเรียกว่าการปลูกโดยไม่ใช้ดิน หรือการปลูกพืชไร้ดิน (soilless culture)

Arduino หมายถึง บอร์ดที่มีไมโครโพรเซสเซอร์และคอนโทรลเลอร์ที่หลากหลาย บอร์ดมีชุดหมุดอินพุต / เอาต์พุตแบบดิจิตอลและอนาล็อก (I / O) ที่ต่อเข้ากับแผงขยาย (shields) และวงจรอื่น ๆ บอร์ด

มีส่วนติดต่อการสื่อสารแบบอนุกรมรวมถึง Universal Serial Bus (USB) ในบางรุ่นซึ่งใช้สำหรับโหลดโปรแกรมจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกตั้งโปรแกรมโดยใช้ภาษาถิ่นของคุณลักษณะต่าง ๆ จากภาษาโปรแกรม C และ C++ นอกเหนือจากการใช้ชุดเครื่องมือเรียบเรียงแบบดั้งเดิมแล้วโครงการ Arduino มีสภาพแวดล้อมการพัฒนาแบบรวม (IDE) ขึ้นอยู่กับโครงการภาษาของการประมวลผล

เซนเซอร์ หมายถึง เซนเซอร์ตรวจจับสัญญาณหรือปริมาณทางฟิสิกส์ต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ เสียง แสง การสัมผัส แรงทางกล ความดันบรรยากาศ ระยะกระจัดความเร็วอัตราเร่ง ระดับของเหลวและอัตราการไหล จากนั้นจะทำหน้าที่เปลี่ยนเป็นสัญญาณออกหรือปริมาณเอาต์พุตที่ได้จากการวัดในอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถนำไปประมวลผลต่อได้

ระบบอัตโนมัติ หมายถึง ระบบใดๆ หรือ กลไก ที่สามารถเริ่มทำงานได้ด้วยตัวเอง โดยทำงานตามโปรแกรมที่วางไว้ เช่น ระบบรดน้ำอัตโนมัติ ระบบตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติ ระบบอัตโนมัติ อาจเป็น การใช้ กลไก คอมพิวเตอร์ หรือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ควบคุม ต้องจะทำงานถูกต้องต่อเมื่อมีการวางแผน หรือ โปรแกรมโดยมนุษย์ทั้งสิ้น

บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

ระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติผู้ศึกษาได้ค้นคว้าทฤษฎีและหลักการออกแบบระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติโดยแบ่งหัวข้อการศึกษาค้นคว้านี้

1. ผักสลัด
2. ระบบของการปลูกพืชไร้ดิน
3. ค่า PH และ ค่า EC
4. วงจรควบคุม
5. โรงเรือนแบบเปิด

1. ผักสลัด

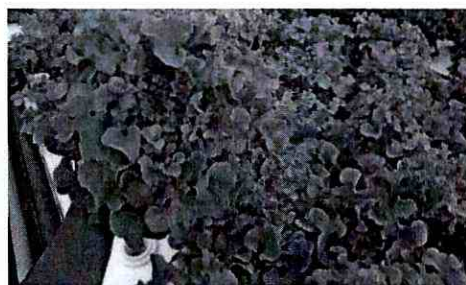
1.1 กรีนโอ๊ค (Green Oak Lettuce)

ผักสลัดกรีนโอ๊ค เป็นผักสลัดที่มีลักษณะเป็นพุ่มเตี้ย ใบมีสีเขียวอ่อน ปลายใบมนกลม ขอบใบเป็นริ้ว เนื้อมีความนุ่มนวล นิยมรับประทานเป็นผักสดประเภทสลัดต่าง ๆ รวมถึงนำมาประดับจานอาหารเพื่อความสวยงาม

ผักสลัดกรีนโอ๊ค เป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิต่ำ

- อุณหภูมิในการเพาะเมล็ด 16 -20 องศา C
- อุณหภูมิที่เหมาะสมในการปลูก 18 - 25 องศา C
- อายุการเก็บเกี่ยว 40 - 45 วัน

ในใบสลัดกรีนโอ๊ค ประกอบด้วยวิตามินซี เป็นจำนวนมาก และยังมีเส้นใยอาหารสูงช่วยให้ระบบขับถ่ายเป็นปกติ



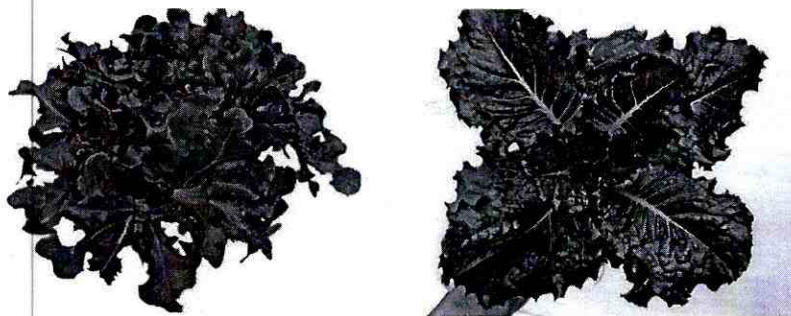
ภาพที่ 2.1 ผักสลัด กรีนโอ๊ค(Green Oak Lettuce)

(ที่มา: <http://zen-hydroponics.blogspot.com/2014/12/green-oak-lettuce.html>)

1.2 ผักสลัด เรดโอ๊ค (Red Oak Lettuce)

ผักสลัด เรดโอ๊ค เป็นผักสลัดที่มีลักษณะเป็นพุ่มเตี้ย ใบขึ้นซ้อนกันเป็นชั้นๆ ใบมีสีแดงเข้ม ขอบใบมีลักษณะเป็นริ้ว ผิวใบนุ่มนวลแต่จะมีความหนาและแข็งกว่าผักสลัดกรีนโอ๊คเล็กน้อย นิยมนำมารับประทานเป็นผักสด หรือนำมาประดับจานอาหาร

เรดโอ๊คเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีอากาศเย็น โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมในการปลูกจะอยู่ระหว่าง 10-25 องศา c ในผักสลัดเรดโอ๊คประกอบด้วยวิตามินบี วิตามินซี เบต้าแคโรทีน สารสีแดงในผักสลัดเรดโอ๊คยังมีส่วนช่วยให้หลอดเลือดแข็งแรงป้องกันเส้นเลือดแตก ส่งเสริมการนำวิตามินซีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ช่วยลดความเสี่ยงการเป็นโรคหัวใจ



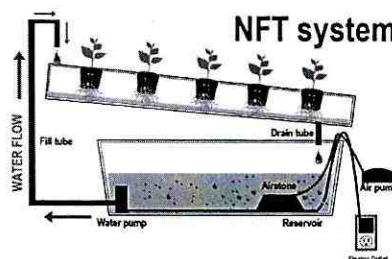
ภาพที่ 2.2 ผักสลัด เรดโอ๊ค (Red Oak Lettuce)

(ที่มา: <http://zen-hydroponics.blogspot.com/2014/12/red-oak-lettuce.html>)

2. ระบบของการปลูกพืชไร้ดิน

การปลูกพืชไร้ดินอาจแบ่งเป็น 5 ระบบ

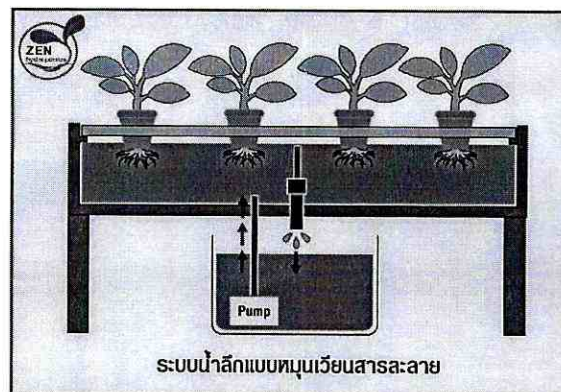
2.1 NFT (Nutrient Film Technique) คือ การปลูกแบบระบบให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านรากพืชเป็นแผ่นบางๆ เหมือนแผ่นฟิล์มบนรางปลูกอย่างต่อเนื่อง (หนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร) ในลำรางปลูกพืชกว้างตั้งแต่ 5-35 เซนติเมตร ขึ้นกับชนิดของพืชที่ปลูก ลำรางสูงประมาณ 5 เซนติเมตร ความยาวของรางตั้งแต่ 5-20 เมตร แต่โดยทั่วไปไม่ควรเกิน 10 เมตร เพราะจะทำให้เกิดความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนระหว่างหัวและท้ายรางได้



ภาพที่ 2.3 การปลูกพืชไร้ดินระบบ NFT (Nutrient Film Technique)

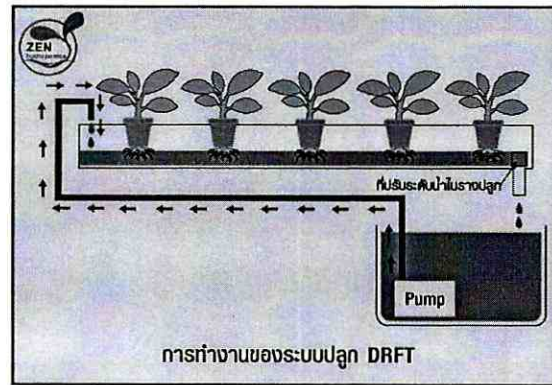
(ที่มา: [www.http://sdhydroponics.com](http://sdhydroponics.com))

2.2 DFT (Deep Flow Technique) คือ เป็นระบบที่ปลูกพืชโดยรากแช่อยู่ในสารละลายลึกประมาณ 15- 20 เซนติเมตร โดยจะมีการปลูกพืชบนแผ่นโฟมหรือวัสดุที่ลอยน้ำ ได้เพื่อยึดลำต้นแต่จะปล่อยให้รากเป็นอิสระในน้ำ ระบบนี้ไม่มีความลาดเอียง เป็นระบบที่มีการหมุนเวียนสารละลายโดยการปั๊มดูดสารละลายจากถังพักขึ้นมาใช้ใหม่ในระบบ เพื่อให้เกิดการ หมุนเวียนโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้กับระบบน้ำที่ใช้ในการผลิตผัก ระบบนี้อาจมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ระบบไฮโดรโพนิกส์ลอยน้ำ (Floating Hydroponic Systems) การปลูกแบบระบบให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านรากพืชในภาชนะ หรือรางปลูกในระดับลึก คือน้ำจะมีมากกว่า NFT



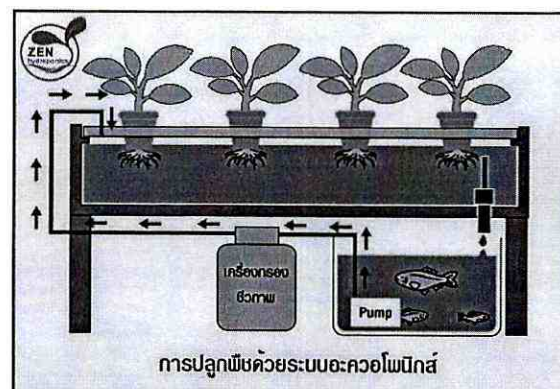
ภาพที่ 2.4 การปลูกพืชไร้ดินแบบระบบ DFT (Deep Flow Technique)
(ที่มา: [www.http://sdhydroponics.com](http://sdhydroponics.com))

2.3 DRFT (Dynamic Root Floating Technique) คือ การปลูกพืชโดยให้รากแช่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารโดยตรง และให้อากาศไหลวนผ่านรากพืชอย่างต่อเนื่องที่ระดับความลึกประมาณ 4 เซนติเมตร โดยที่สารละลายธาตุอาหารจะไหลลงสู่ถังบรรจุ จากนั้นจึงไหลเวียนขึ้นไปในถาดปลูกด้วยปั๊มน้ำ ขณะที่สารละลายไหลเวียนขึ้นไปที่ด้านหัวถาดปลูกจะผ่านหัวพ่นอากาศเพื่อเติมอากาศให้สารละลาย และไหลผ่านรากพืชตามถาดปลูกมาสู่ด้านท้ายถาดปลูกจะผ่านสวิตช์ปรับน้ำ (Nutrient Level Adjust) ซึ่งทำหน้าที่ปรับระดับความสูงต่ำของสารละลายในถาดปลูก



ภาพที่ 2.5 การปลูกพืชไร้ดินแบบระบบ DRFT (Dynamic Root Floating Technique)
(ที่มา: [www.http://sdhydroponics.com](http://sdhydroponics.com))

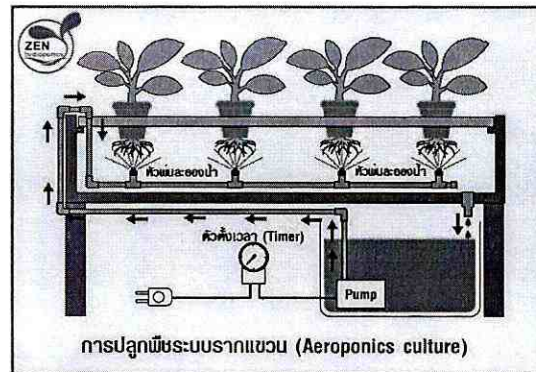
2.4 Aqua Ponics คือ ระบบการปลูกแบบรากแช่ในสารละลาย แบบเดียวกับระบบการปลูกทั้ง 3 แบบที่กล่าวมาข้างต้นแต่จะแตกต่างออกไปตรงที่นำน้ำที่นำมาใช้หมุนเวียนในการปลูกพืชเป็นน้ำที่ได้มาจากการเลี้ยงสัตว์น้ำเช่นปลา, กุ้ง ฯลฯ และมีการเพิ่มระบบกรองชีวภาพที่จะใช้แบคทีเรียในการย่อยสลายเศษอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำรวมถึงมูลของสัตว์น้ำ ผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยแบคทีเรียเปลี่ยนแอมโมเนีย ให้เป็นไนโตรเจน ซึ่งเป็นธาตุอาหารพืช



ภาพที่ 2.6 การปลูกพืชไร้ดินแบบระบบ Aqua Ponics
(ที่มา: [www.http://sdhydroponics.com](http://sdhydroponics.com))

2.5 Aero Ponicsculture คือ การปลูกพืชระบบรากแขวน การปลูกโดยให้รากพืชแขวนอยู่ในอากาศแล้วจ่ายธาตุอาหารให้แก่พืชโดยวิธีพ่นสารละลายเป็นละอองฝอย (mist หรือ aerosol) ไปยังรากพืชอย่างต่อเนื่อง หรือพ่นเป็นระยะๆโดยใช้ระบบตั้งเวลาเป็นตัวควบคุม การปลูกพืชระบบนี้คิดค้นขึ้นในปี

ค.ศ. 1960 โดย Dr. Massantini แห่งมหาวิทยาลัย Pia ในประเทศอิตาลี ปัจจุบันไม่ค่อยนิยมปลูกพืชในเชิงการค้าด้วยระบบนี้ ส่วนใหญ่เป็นการปลูกเพื่องานวิจัยหรือเพื่อเป็นงานอดิเรกเท่านั้น



ภาพที่ 2.7 การปลูกพืชไร้ดินแบบระบบ Aero Ponicsculture
(ที่มา: [www.http://sdhydroponics.com](http://sdhydroponics.com))



ภาพที่ 2.8 รางปลูกผักไฮโดรโปนิคส์จำนวน 10 ราง

3. ค่า pH และ ค่า EC

3.1 ค่า pH

ค่า pH (Potential of Hydrogen ion) ค่า pH ในความหมายของการปลูกพืชไร้ดิน คือค่าความเป็นกรด-เบส ของสารละลาย (น้ำผสมธาตุอาหารที่ใช้ในการปลูกพืช) โดยค่า PH จะมีช่วงการวัดอยู่ที่ 1 – 14 โดยจะนับค่าที่ 7 เป็นกลาง กล่าวคือ หากวัดค่าได้ต่ำกว่า 7 แสดงว่าของเหลวนั้นเป็นกรด หากวัดได้สูงกว่า 7 ขึ้นไปแสดงว่าเป็นเบส

การลดค่า PH นิยมใช้ กรดไนตริก (Nitric Acid) มีสูตรทางเคมี คือ (HNO_3) ซึ่งกรดชนิดนี้เมื่อผสมกับน้ำจะแตกตัวเป็นอนุมูลย่อย เป็นไนโตรเจน ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักของพืช และกรดที่นิยมใช้

อีกชนิดหนึ่งคือ กรดฟอสฟอริก (Phosphoric Acid) มีสูตรทางเคมี คือ H_3PO_4 ซึ่งกรดชนิดนี้เมื่อผสมกับน้ำจะแตกตัวเป็นอนุมูลย่อย เป็นฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักของพืชเช่นกัน การใช้กรดทั้งสองชนิดนี้จึงมีผลพลอยได้จากการปรับลดค่า pH แล้วยังได้ธาตุอาหารพืชเพิ่มขึ้นมาในระบบอีกด้วย

การเพิ่มค่า PH นิยมใช้ โพแทสเซียมคาร์บอเนต (Potassium Carbonate) หรือ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide) ซึ่งเคมีทั้ง 2 ชนิดนี้เมื่อผสมกับน้ำจะแตกตัวเป็นอนุมูลย่อย ได้โพแทสเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักของพืชเช่นกัน

3.2 ค่า EC

ค่า EC (Electric Conductivity) ค่า EC คือ ค่าเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าในของเหลว ในการปลูกไฮโดรโปนิกส์หมายถึงปริมาณแร่ธาตุที่ละลายอยู่ในของเหลว โดยปกติ น้ำบริสุทธิ์จะมีค่านำกระแสไฟฟ้าต่ำหรือมีค่าเป็นศูนย์ แต่เมื่อมีการเติมสารละลายต่างๆ ลงในน้ำนั้นจะทำให้ค่าสารละลายหรือค่านำกระแสไฟฟ้าในน้ำนั้นๆ สูงขึ้นด้วยพืชแต่ละชนิดจะมีความต้านทานต่อค่า EC หรือ (ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืช) ที่ไม่เท่ากัน ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์, อายุของพืช และสภาพแวดล้อมในการปลูกขณะนั้นด้วย หากเราใช้ค่า EC ไม่เหมาะสมกับพืช แล้วจะทำให้พืชนั้นเจริญเติบโตไม่เป็นปกติ หรือขาดความสมบูรณ์ได้ ปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดค่า EC คือ

1. ชนิดและสายพันธุ์พืช กล่าวคือ พืชต้องอาศัยการคายน้ำทางใบเพื่อให้เกิดแรงดันที่รากพืชเพื่อให้น้ำที่ผสมธาตุอาหารซึมผ่านจากรากไปยังส่วนต่างๆ ของพืชได้หากค่า EC สูงกว่าค่ามาตรฐานของพืชชนิดนั้นๆ พืชจะไม่สามารถนำพาน้ำที่มีธาตุอาหารไปยังส่วนต่างๆ ของพืชได้ส่งผลให้พืชเจริญเติบโตได้ไม่ดีและขาดธาตุอาหารอีกด้วย

2. อายุของพืช กล่าวคือ พืชในแต่ละช่วงอายุจะมี การใช้ธาตุอาหารไม่เท่ากัน โดยจะแบ่งออกเป็น 3 ช่วงของการเจริญเติบโต ดังนี้

- 2.1 ช่วงต้นกล้า: ช่วงสัปดาห์แรกของการเจริญเติบโต เมื่อพืชงอกออกจากเมล็ดพืชจะใช้พลังงานและอาหารจากใบเลี้ยงเป็นหลัก ทำให้การกำหนดค่า EC ในช่วงสัปดาห์แรกนี้จะอยู่ที่ประมาณ 30 - 50 % ของค่า EC ในพืชชนิดนั้นๆ และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในสัปดาห์ต่อไป

- 2.2 ช่วงเจริญเติบโต: ช่วงสัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไป ช่วงนี้เป็นช่วงที่พืชต้องการใช้พลังงานและธาตุอาหารสูงมาก เพื่อใช้ในการสร้างส่วนต่างๆ ของใบ, ลำต้น, ดอก โดยจะใช้ธาตุอาหารประมาณ 80 - 100% ของค่า EC ในพืชชนิดนั้น

- 2.3 ช่วงขยายพันธุ์: เป็นช่วงที่พืชผ่านการเจริญเติบโตอย่างเต็มที่มาแล้วพืชได้ทำการสะสมอาหารและพลังงานมาไว้อย่างเต็มที่แล้ว พืชจะเริ่มใช้ธาตุอาหารใหม่น้อยลง โดยเฉลี่ยจะอยู่ที่ประมาณ 50 - 70% ของค่า EC ในพืชชนิดนั้นๆ

3. สภาพอากาศและฤดูกาล หากช่วงเวลาดังกล่าวมีปัจจัยที่ทำให้พืชต้องคายน้ำสูงเช่น แสงแดดจัด, อากาศร้อน พืชจำเป็นต้องมีการดูดซึมน้ำมากขึ้นเพื่อนำมาชดเชยน้ำที่สูญเสียไป หากมีการใช้

ค่า EC ที่สูง ในช่วงเวลาดังกล่าวแล้ว พืชจะนำน้ำไปซดเขยน้ำที่เสียไปได้ลำบาก เราจึงเห็นพืชเหี่ยวเฉาในช่วงเวลาที่อากาศร้อนและแสงแดดจัด ดังนั้นช่วงเวลาที่อากาศร้อนมากๆ และแสงแดดแรงเกินไปเราต้องปรับลดค่า EC ลง พร้อมกับลดกิจกรรมการคายน้ำของพืชลง เช่น พรางแสง, สเปรย์น้ำ เพื่อลดอุณหภูมิลง

ตารางที่ 2.1 ค่า PH และ EC ของผักสลัด

ชนิดพืช	ค่าPH	ค่า EC
ผักสลัด	6.0 – 7.0	1.1 – 1.8

(ที่มา: <http://zen-hydroponics.blogspot.com/2014/06/ph-ec.html>)

สารละลาย A และ B

สารละลาย A และ B เป็นเพียงการจำแนกกลุ่มของปุ๋ยออกจากกัน ป้องกันการตกตะกอนอย่างที่เกิดจากการไม่เข้ากันของปุ๋ย แต่ในบางกรณีก็สามารถเตรียมเป็น ปุ๋ย A, B, C ฯลฯ ตามแต่ผู้ใช้งานจะสะดวกในการเตรียม ทั้งนี้การเตรียมสต็อกแค่ 2 ตัวย่อมสะดวกที่สุดการตกตะกอนของปุ๋ย ยังสามารถจำแนกได้อีกหลายแบบ เช่นการไม่เข้ากันของปุ๋ยในความเข้มข้นสูงการตกตะกอนจากสภาวะความเป็นกรดเป็นด่างไม่เหมาะสม หรืออุณหภูมิของสารละลาย เป็นต้นการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ ก็คือระบบการปลูกพืชระบบหนึ่งเท่านั้น เพียงแต่ตัดดินออกไป ดังนั้นการปลูกจึงต้องเติมส่วนที่เคยมีอยู่ในดินให้กลับพืชโดยตรง เช่นปุ๋ย น้ำ อากาศ เป็นต้น หากจัดการได้ ต้นไม้ก็จะเจริญเติบโตตามปกติทั้งนี้ทั้งนั้น อาจจะมองว่ายาก แต่ความเป็นจริงแล้วทุกสิ่งทุกอย่างก็มีอยู่เดิมในดินอยู่แล้ว เพียงแต่เรามองไม่เห็นโดยตรงเท่านั้นเองของทำดูครับ แล้วขอให้สนุกกับการปลูกต้นไม้ผักไฮโดรโปนิกส์ สามารถใช้สารเคมีอื่นๆ เช่นสารควบคุมโรค และแมลงได้ แต่ต้องใช้ตามอัตราและเวลาที่เหมาะสม แล้วจะได้ผักที่ดีมีคุณภาพสามารถจัดเป็นผักที่ปลอดสารได้



ภาพที่ 2.9 สารละลาย A และ B

(ที่มา: <http://www.kasetporpeang.com/forums/index.php?topic=103092.0>)

ตารางที่ 2.2 ธาตุอาหารของสารละลาย A และ B

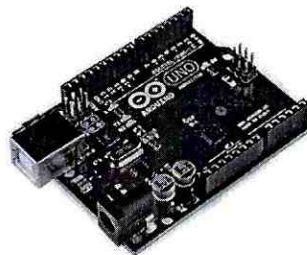
Stock A ประกอบด้วย	Stock B ประกอบด้วย
แคลเซียมไนเตรท	โปแตสเซียมไนเตรท
เหล็ก ดี	ฟิแมกนีเซียม
เหล็ก โล	โมโนโปแตสเซียมและ จุลธาตุ เสริมต่างๆ

(ที่มา: <http://www.kasetporpeang.com/forums/index.php?topic=103092.0>)

4. วงจรควบคุม

4.1 Arduino

Arduino อ่านว่า (อา-ดู-อี-โน้ หรือ อาดูยโน้) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วยความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด (ดูตัวอย่างรูปที่ 1) หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ (ดูตัวอย่างรูปที่ 2) เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย



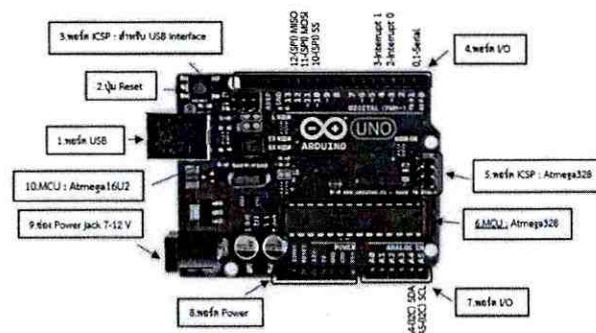
ภาพที่ 2.10 Arduino รุ่น Uno

(ที่มา: <http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics/arduino.html>)

การใช้งานของ Arduino รุ่น Uno (Layout & Pin out Arduino Board)

1. **USB Port:** ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออัปโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด
2. **Reset Button:** เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่
3. **ICSP Port** ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2

4. I/O Port: Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติม ด้วยเช่น Pin0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM
5. ICSP Port: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader
6. MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino
7. I/O Port: นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ ขา A0-A5
8. Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขา ไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, V_{in}
9. Power Jack: รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V
10. MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะ ติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2



ภาพที่ 2.11 ขาใช้งานของ Arduino รุ่น Uno

(ที่มา: <http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics/arduino.html>)

4.2 มิเตอร์วัดค่า EC ในน้ำ

เครื่องวัดค่า EC ใช้สำหรับวัดค่าปุ๋ยในน้ำที่เหมาะสมกับผัก ในแต่ละประเภท เช่นการปลูกผักไร้ดิน, ผักไฮโดรโปนิคส์ ซึ่งต้องมีการควบคุมค่าความเข้มข้นของปุ๋ย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแต่ละประเภทและช่วงอายุของผัก



ภาพที่ 2.12 มิเตอร์วัดค่า EC ในน้ำ

(ที่มา: <https://www.youtube.com/watch?v=aIX0gfp11oU>)

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของมิเตอร์วัดค่า EC ในน้ำ

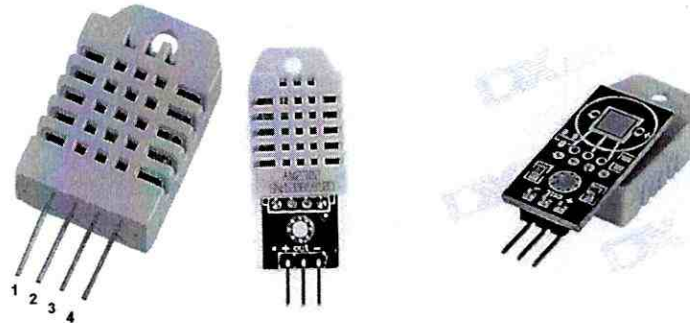
คุณสมบัติ	รายละเอียด
พิสัย	0~20/ 200/ 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$; 0~20 mS/cm ใช้ได้ทั้งหมด
ความถูกต้อง	1.5%(FS)
ATC	อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสการชดเชยอุณหภูมิโดยอัตโนมัติ
อุณหภูมิสูง	90 °C basis
อุณหภูมิของของเหลว	อุณหภูมิปกติ: 0 ~ 50 ° C อุณหภูมิสูง: 70 ~ 100 ° C
ขั้วไฟฟ้า	1.0cm-1
แสดงผล	จอ LCD ย้อนแสง 3 บิต
เอาต์พุตmA	4~20mA Isolation
ควบคุมเอาต์พุต	ON/OFF High and low limit relay
Power	AC 110/220V $\pm$ 10% 50/60Hz
อุณหภูมิในการทำงาน	อุณหภูมิ: 0 ~ 50 ° C ความชื้น: $\leq$ 85%

(ที่มา: <https://www.youtube.com/watch?v=aIX0gfp11oU>)

4.3 เซนเซอร์ (Sensor)

เซนเซอร์อุณหภูมิ (Humidity Sensor)

DHT22 pins	
1	VCC
2	DATA
3	NC
4	GND



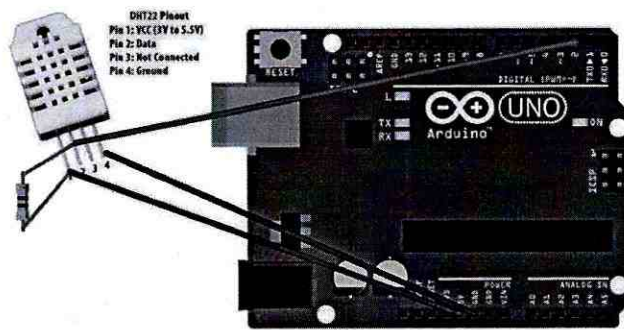
ภาพที่ 2.13 เซนเซอร์อุณหภูมิ เบอร์ DHT 22

(ที่มา: <https://www.arduinoall.com/product/31/dht22เซนเซอร์วัด-อุณหภูมิ>
ความชื้น-อย่างดี -สำหรับ-arduino)

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติเซนเซอร์อุณหภูมิ เบอร์ DHT 22

รายละเอียด	คุณสมบัติ
ความชื้นสัมพัทธ์ ,อุณหภูมิ	+ -2 % RH (สูงสุด + -5 % RH), + -0.2 เซลเซียส
ความละเอียดหรือความชื้นสัมพัทธ์,อุณหภูมิ	0.1% RH ,0.1 เซลเซียส
ความชื้นสัมพัทธ์ในการทำซ้ำ ,อุณหภูมิ	+ -1% RH ,+ -0.2 เซลเซียส
ความชื้น hysteresis	+ -0.3% RH
ระยะเวลาในการรับแสงเฉลี่ย	2 วินาที
ความสามารถในการเปลี่ยนแปลงได้อย่างเต็มที่	
Input	3.3-6V
วัดกระแสไฟฟ้าได้	1-1.5มิลลิแอมป์
กระแสไฟสแตนด์บายแบบ	40-50 uA
ความชื้น	0-100% RH

(ที่มา: (ที่มา: <https://www.arduinoall.com/product/31/dht22-arduino>)



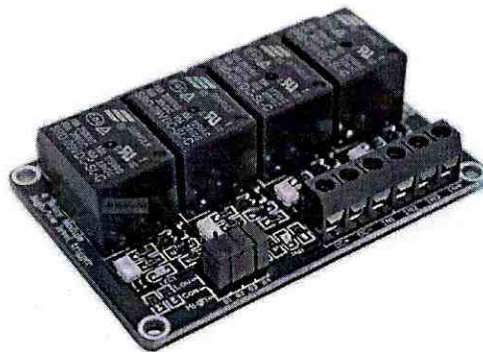
ภาพที่ 2.14 ตัวอย่างการต่อใช้งานเซนเซอร์อุณหภูมิ เบอร์ DHT 22

(ที่มา: <https://www.arduinoall.com/product/31/dht22เซนเซอร์วัด-อุณหภูมิ>

ความชื้น-อย่างดี -สำหรับ-arduino)

4.4 รีเลย์(Relay)

เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสถานะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่าง ๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย



ภาพที่ 2.15 รีเลย์ (Relay)

(ที่มา: <http://www.satorshop.com/category/25/boardsmodules/Relay>)

รีเลย์ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลักก็คือ

1. ส่วนของขดลวด (coil) เหนี่ยวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะไปกระตุ้นให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำนี้ เมื่อ

ขดลวดได้รับแรงดัน (ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่ผู้ผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระทบกับแผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

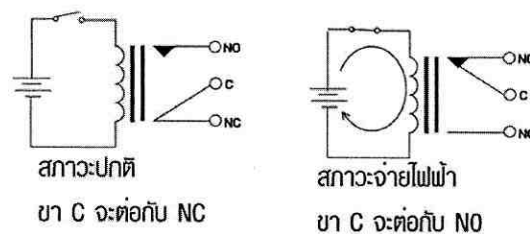
2. ส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการนั่นเอง

จุดต่อใช้งานมาตรฐาน ประกอบด้วย

จุดต่อ NC ย่อมาจาก normal close หมายความว่าปกติปิด หรือ หากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวด เหนี่ยวหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลาเช่น

จุดต่อ NO ย่อมาจาก normal open หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวด เหนี่ยวหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิดเช่น โคมไฟสนามเหนือหน้าบ้าน

จุดต่อ C ย่อมาจาก common คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ



ภาพที่ 2.16 สภาวะการทำงานของรีเลย์ (Relay)

(ที่มา: http://www.semi-shop.com/knowledge/knowledge_detail.php?sk_id=28)

4.5 เพาเวอร์ซัพพลาย

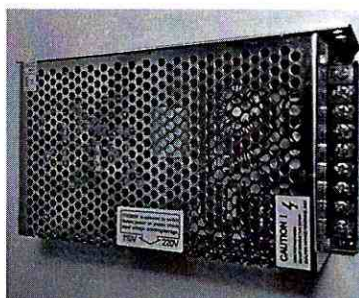
Switching Power Supply ขนาด 12 V 10A - 120W

ซัพพลายตัวนี้เป็นซัพพลายที่จ่ายแรงดันไฟตรงหรือแรงดันไฟ DC ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้าบ้านกระแสสลับ AC ให้กลายเป็นไฟ DC เพื่อใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ประเภทต่างๆ สวิตซ์ซิงเพาเวอร์ซัพพลายตัวนี้มีขนาดเล็ก เวลาใช้งานความร้อนจะน้อยมาก เหมาะสำหรับจ่ายแรงดันไฟ Output แบบค่าคงที่ต่อเนื่องเป็นเวลานานสามารถใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆจ่ายไฟกล่องวงจรปิด ไฟ led เส้นไฟแอลอีดีLEDสำหรับการใช้ภายในอาคารเท่านั้น

-Input:100-240V50-60Hz

-Output:12V10A120W

- Approvals: UL SA CE certified



ภาพที่ 2.17 เพาเวอร์ซัพพลายขนาด 12 V 10A - 120W

4.6 ปั๊มน้ำ (Pump)

เครื่องปั๊มน้ำ เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยส่งผ่านพลังงานจากแหล่งต้นกำเนิดไปยังของเหลว เพื่อให้ของเหลวเคลื่อนที่จาก ตำแหน่งหนึ่งไป ยังอีก ตำแหน่งหนึ่งที่อยู่สูงกว่า หรือในระยะทางที่ไกลออกไป ในปัจจุบันเครื่องปั๊มน้ำจัดเป็นอุปกรณ์เครื่องมืออีกชนิดหนึ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิต ความเป็นอยู่ของมนุษย์อย่างมาก เป็นอุปกรณ์ ที่ช่วยจัดส่งน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค การเกษตร คมนาคม อุตสาหกรรม ตลอดจนการบำบัดน้ำเสีย เพื่อรักษา สภาวะแวดล้อม ที่ดีให้กับมนุษย์ ซึ่งวิวัฒนาการของเครื่องปั๊มน้ำในปัจจุบันได้เปลี่ยนไปจากเดิม ที่ใช้พลังงานจาก แหล่งธรรมชาติมาเป็น การใช้พลังงานจากไอน้ำ จากเครื่องยนต์ และที่นิยมกันมากคือ การใช้พลังงานไฟฟ้า เนื่องจากความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน

4.6.1 โซลาร์ปั๊ม หรือปั๊มน้ำดีซี 12V



ภาพที่ 2.18 โซลาร์ปั๊ม หรือปั๊มน้ำดีซี 12V

(ที่มา: <http://www.tapumishop.com/product/19/-pump-dc12v-รุ่น-seaflo-21>)

ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติของ โซล่าปั๊ม หรือปั๊มน้ำดีซี 12V

	รายละเอียด	คุณสมบัติ
แรงดันไฟฟ้า		12VDC
กินกระแส		1.5 - 2.6 A
กำลังไฟฟ้า		31 วัตต์
แรงดัน		4.8 บาร์ (70 PSI)
อัตราการไหลสูงสุด		4 ลิตร / นาที หรือ 240 ลิตร / ชั่วโมง
ท่อน้ำเข้า- ออก		3 หุน (3/8") สามารถใช้สาย 3 หุน สวมเข้ากับ ท่อเข้า-ออก ปั๊มน้ำได้เลย
ระยะดูดลึก		ไม่เกิน 1.8 เมตร
สามารถใช้งานกับแบตเตอรี่ 12V หรือแผงโซล่าเซลล์ ไม่ควรต่ำกว่า 40 วัตต์ 12V หรือ 18V		
ถ้าจะใช้ไฟบ้าน 220V แนะนำควรใช้กับหม้อแปลงไฟฟ้าจาก 220V เป็น 12V 10A หรือมากกว่าได้		

(ที่มา: <http://www.tapumishop.com/product/19/-pump-dc12v-รุ่น-seaflo-21>)

4.6.2 ปั๊มปลา



ภาพที่ 2.19 ปั๊มปลา sonic-ap4500

(ที่มา: <http://www.wiroteag.com/product/7/pump-sonic-ap4500>)

ตารางที่ 2.6 คุณสมบัติของปั๊มปลา Sonic-ap4500

	รายละเอียด	คุณสมบัติ
	กำลังปั๊ม	2600 L/Hr
	กำลังไฟ	50 W
	ปั๊มน้ำได้สูง	2.6 m.

(ที่มา: <http://www.wiroteag.com/product/7/pump-sonic-ap4500>)

4.7 ระบบพ่นหมอก

ระบบทำความชื้นแบบพ่นหมอก การทำความชื้นระบบนี้ต้องมีการเตรียมพื้นที่อย่างถูกต้องพร้อมที่จะยอมรับความเปียกและของพื้นที่ ได้ความชื้นในระดับที่ต้องการอย่างรวดเร็ว

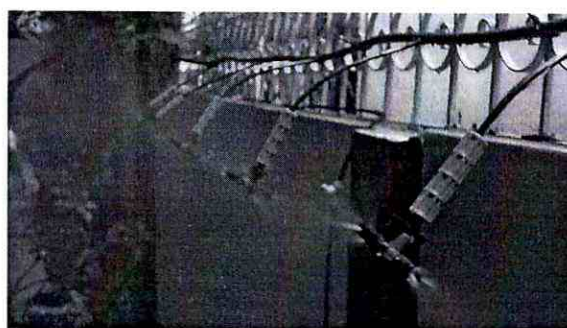
การติดตั้งต้องเดินท่อน้ำและหัวฉีดกระจายไปสู่จุดต่าง ๆ ทั่วบริเวณ หัวฉีดจะมีขนาดเล็กมาก เพื่อให้พ่นละอองน้ำออกมามีความละเอียด เมื่อละอองน้ำพ่นออกไปจะไล่อากาศที่ร้อน ลดอุณหภูมิเพิ่มความชื้น เนื่องจากหัวพ่นละอองน้ำมีขนาดเล็กมาก แรงดันน้ำปกติไม่สามารถดันน้ำได้จึงจำเป็นต้องใช้มอเตอร์ปั้มน้ำ จำเป็นต้องมีตัวกรองน้ำเข้าเพื่อกรองตะกอน



ภาพที่ 2.20 หัวพ่นหมอก

(ที่มา:http://www.sprinkler-thai.com/product.detail_166403_th_4039354)

การเตรียมพื้นที่เพื่อรองรับความเปียกและ พื้นควรมีระบบระบายน้ำที่ดี กันรั่วกันซึมอย่างดีที่สุดที่ต้องเตรียมเช่นนี้เพราะข้อเสียของระบบนี้คือ ถ้าเกิดหัวฉีดอุดตันและน้ำมีแรงดันมากอาจทำให้ท่อน้ำแตกได้ เมื่อท่อน้ำแตกน้ำจะนองบนพื้น ถ้าระบบระบายน้ำไม่ดี กันรั่วกันซึมไม่ดีน้ำจะไหลจะซึมลงสู่พื้นชั้นล่าง การใช้ระบบนี้จึงต้องหมั่นดูแลอย่างสม่ำเสมอ



ภาพที่ 2.21 ระบบพ่นหมอก

(ที่มา:http://www.sprinkler-thai.com/product.detail_166403_th_4039354)

4.8 มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์และการจำแนกชนิดของมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้า (Motor) หมายถึงเป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้า มาเป็นพลังงานกลมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานกลมีพลังงานไฟฟ้า กระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง

ความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งออกตามการใช้ของกระแสไฟฟ้าได้ 2 ชนิดดังนี้

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า สลับแบ่งออกได้ดังนี้

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

1.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส

- สปลิตเฟสมอเตอร์ (Split-Phase motor)
- คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor motor)
- รีพัลชันมอเตอร์ (Repulsion-type motor)
- ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ (Universal motor)
- เช็ดเคดโพลมอเตอร์ (Shaded-pole motor)

1.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 2 เฟส

1.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส

2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงแบ่งออกได้ดังนี้

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

1. มอเตอร์แบบอนุกรมหรือเรียกว่าซีรีย์มอเตอร์ (Series Motor)
2. มอเตอร์แบบอนุขนานหรือเรียกว่าชันทมอเตอร์ (Shunt Motor)
3. มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสมหรือเรียกว่าคอมปาวด์มอเตอร์ (Compound Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะมีคุณสมบัติที่เด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใย โพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะหรือให้เป็น

ต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้าเป็นต้นในการศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงจึงควรรู้จักอุปกรณ์ต่างๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงและเข้าใจถึงหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่างๆ

ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนดังนี้

1. ส่วนที่อยู่กับที่หรือที่เรียกว่าสเตเตอร์ (Stator) ประกอบด้วย

- เฟรมหรือโยค (Frame or Yoke) เป็นโครงภายนอกทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ให้ครบวงจรและยึดส่วนประกอบอื่นๆ ให้แข็งแรงทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนา้วนเป็นรูปทรงกระบอก

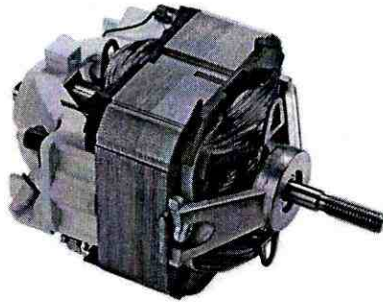


ภาพที่ 2.22 ส่วนที่อยู่กับที่หรือสเตเตอร์

(ที่มา: <http://www.cr-engineer.com/images/pulldown/DC%20electric%20motors.pdf>)

- ขั้วแม่เหล็ก (Pole) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือแกนขั้วแม่เหล็กและขดลวด

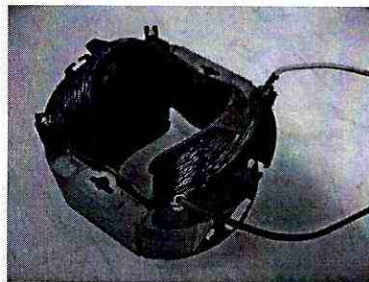
ส่วนแรกแกนขั้ว (Pole Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ กันด้วยฉนวนประกบกันเป็นแท่งยึดติดกับเฟรมส่วนปลายที่ทำ เป็นรูปโค้งนั้นเพื่อโค้งรับรูปกลมของตัวโรเตอร์เรียกว่า ขั้วแม่เหล็ก (Pole Shoes) มีวัตถุประสงค์ให้เหล็กและโรเตอร์ใกล้ชิดกันมากที่สุดเพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุดเพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุดจะมีผลให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กผ่านไปยังโรเตอร์มากที่สุดแล้วทำให้เกิดแรงบิดหรือกำลังบิดของโรเตอร์มากทำให้ มอเตอร์มีกำลังหมุน



ภาพที่ 2.23 แกนขั้ว

(ที่มา :<http://www.cr-engineer.com/images/pulldown/DC%20electric%20motors.pdf>)

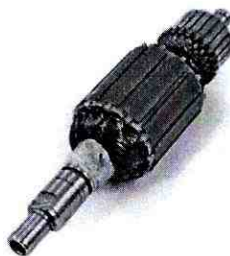
ส่วนที่สองขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) จะพันอยู่รอบๆ แกนขั้วแม่เหล็ก ขดลวดนี้ทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เกิดขึ้นและเส้นแรงแม่เหล็ก นี้จะเกิดการหักล้างและเสริมกันกับ สนามแม่เหล็กของอาเมเจอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้น



ภาพที่ 2.24 ขดลวดสนามแม่เหล็ก

(ที่มา:<http://www.cr-engineer.com/images/pulldown/DC%20electric%20motors.pdf>)

2. ตัวหมุน (Rotor) ตัวหมุนหรือเรียกว่าโรเตอร์ตัวหมุนนี้ทำให้เกิดกำลังงานมีแกนวางอยู่ในตลับลูกปืน (Ball Bearing) ซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้าย (End Plate) ของมอเตอร์



ภาพที่ 2.25 โรเตอร์

(ที่มา :<http://www.cr-engineer.com/images/pulldown/DC%20motors.pdf>)

ตัวโรเตอร์ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน คือ

1. แกนเพลลา (Shaft) เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์และยึดแกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ประกอบเป็นตัวโรเตอร์แกนเพลลานี้จะวางอยู่บนแบร็ง เพื่อบังคับ ให้หมุนอยู่ในแนวนิ่ง ไม่มีการสั่นสะเทือนได้
2. แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอาบฉนวน (Laminated Sheet Steel) เป็นที่สำหรับพันขดลวดอาร์มาเจอร์ซึ่งสร้างแรงบิด (Torque)
3. คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ทำด้วยทองแดงออกแบบเป็นซี่แต่ละซี่มีฉนวน ไมก้า (mica) คั่นระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ส่วนหัวซี่ของคอมมิวเตเตอร์จะมีร่องสำหรับใส่ปลายสายของขดลวดอาร์มาเจอร์ตัวคอมมิวเตเตอร์นี้อัดแน่นติดกับแกนเพลลาเป็นรูปกลมทรงกระบอก มีหน้าที่สัมผัสกับแปรงถ่าน (Carbon Brushes) เพื่อรับกระแสจากสายป้อนเข้าไปยังขดลวด อาร์ มาเจอร์ เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วนหนึ่งให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกับเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วน ซึ่งเกิดจากขดลวด ขั้วแม่เหล็กดังกล่าวมาแล้วเรียกว่าปฏิกิริยามอเตอร์ (Motor action)
4. ขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Winding) เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสลอต (Slot) ของแกนอาร์มาเจอร์ขนาดของลวดจะเล็กหรือใหญ่และจำนวนรอบจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับ การออกแบบของตัวโรเตอร์ชนิดนั้นๆ เพื่อที่จะให้เหมาะสมกับงานต่าง ๆ

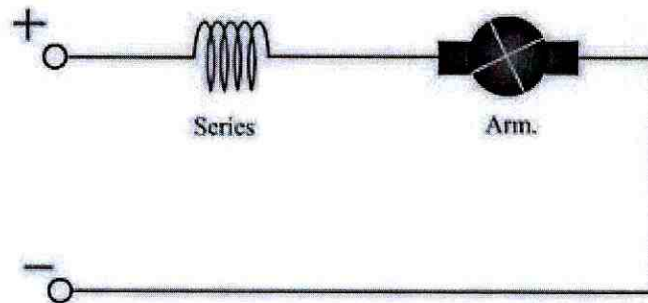
2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Motor Action)

หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Motor Action) เมื่อเป็นแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้นและกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) สร้างขั้วเหนือ-ใต้ขึ้นจะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกัน ตามคุณสมบัติของเส้นแรง แม่เหล็กจะไม่ตัดกันทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกันและทิศทางเดียวจะเสริมแรงกันทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์มาเจอร์ช่วงว่างแกนเพลลาและแกนเพลลานี้สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ทำให้อาร์มาเจอร์ตีหมุนได้ขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ซึ่งหมายความว่า ตัวหมุนที่อำนาจเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาต่อกันทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์หรือโรเตอร์หมุนไปนั้น เป็นไปตามกฎซ้ายของเฟลมมิง (Fleming left hand rule)

ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor) คือมอเตอร์ที่ต่อขดลวดสนามแม่เหล็กอนุกรมกับอาร์มาเจอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้ว่าซีรีย์ฟิลด์ (Series Field) มีคุณลักษณะที่ดีคือให้แรงบิดสูงนิยมใช้เป็นต้นกำลังของรถไฟฟ้ารถยกของ เครื่องไฟฟ้าความเร็วรอบของมอเตอร์อนุกรมเมื่อไม่มีโหลดความเร็วจะสูงมาก แต่ถ้ามีโหลดมาต่อ ความเร็วก็จะลดลงตามโหลด โหลดมากหรือทำงานหนักความเร็วลดลง แต่ขดลวดของมอเตอร์ไม่ เป็นอันตรายจากคุณสมบัตินี้จึงนิยมนำ มาใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านหลายอย่าง เช่น

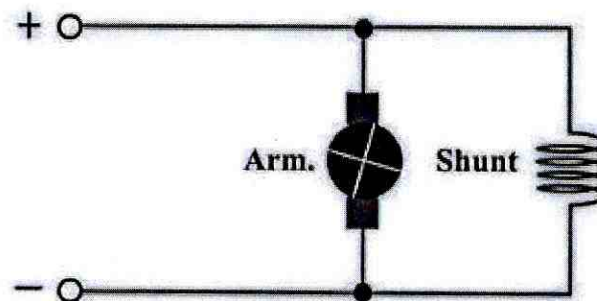
เครื่องดูดฝุ่น เครื่องผสมอาหาร ส่วนไฟฟ้าจักรเย็บผ้าเครื่องเป่าผม มอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรมใช้งานหนัก ได้ดีเมื่อใช้งานหนักกระแสจะมากความเร็วรอบจะลดลงเมื่อไม่มีโหลดมาต่อความเร็วจะสูงมาก อาจเกิดอันตรายได้ ดังนั้นเมื่อเริ่มสตาร์ทมอเตอร์แบบอนุกรมจึงต้องมีโหลดมาต่ออยู่เสมอ



ภาพที่ 2.26 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

(ที่มา :<http://www.cr-engineer.com/images/pulldown/DC%20electric%20motors.pdf>)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor) หรือเรียกว่าซันท์มอเตอร์มอเตอร์แบบขนานนี้ ขดลวดสนามแม่เหล็กจะต่อ (Field Coil) จะต่อขนานกับขดลวด ชุดอาเมเจอร์มอเตอร์แบบขนานนี้มีคุณลักษณะมีความเร็วคงที่แรงบิดเริ่มหมุนต่ำ แต่ความเร็วรอบคงที่



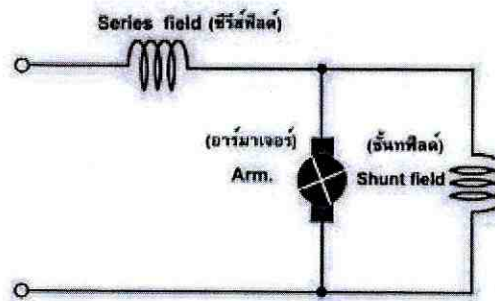
ภาพที่ 2.27 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

(ที่มา :<http://www.cr-engineer.com/images/pulldown/DC%20electric%20motors.pdf>)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Compound Motor) หรือเรียกว่าคอมปาวด์มอเตอร์มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมนี้จะนำ คุณลักษณะที่ดี ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบขนาน และแบบอนุกรมมารวมกัน มอเตอร์แบบผสม มีคุณลักษณะพิเศษคือมีแรงบิดสูง (High starting torque) แต่ความเร็วรอบคงที่ ตั้งแต่ยังไม่โหลดจนกระทั่งมีโหลดเต็มที่

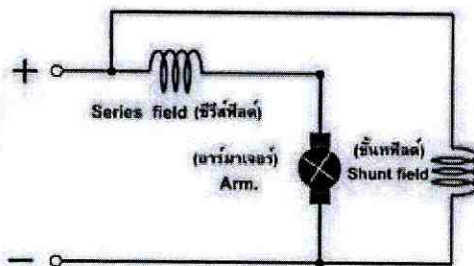
มอเตอร์แบบผสมมีวิธีการต่อขดลวดขนานหรือขดลวดชั้นที่อยู่ 2 วิธี

วิธีที่ 1 ใช้ต่อขดลวดแบบชั้นขนานกับอาเมเจอร์เรียกว่า ชอทชันท (Short Shunt Compound Motor) ดังรูปวงจร



ภาพที่ 2.28 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบชอร์ทชันทคอมพาวด์มอเตอร์
(ที่มา : <http://www.cr-engineer.com/images/pulldown/DC%20electric%20motors.pdf>)

วิธีที่ 2 คือต่อขดลวด ขนานกับขดลวดอนุกรมและขดลวดอาเมเจอร์เรียกว่าลองชันทคอมพาวด์มอเตอร์ (Long shunt motor) ดังรูปวงจร



ภาพที่ 2.29 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบลองชันทคอมพาวด์มอเตอร์
(ที่มา : <http://www.cr-engineer.com/images/pulldown/DC%20electric%20motors.pdf>)

4.11 สวิตช์ (Switch)

สวิตช์ คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าภายในวงจร หรือกล่าวง่าย ๆ คือ อุปกรณ์เปิด ปิดกระแสไฟฟ้าภายในวงจรไฟฟ้า โดยใช้สัญลักษณ์ดังรูป



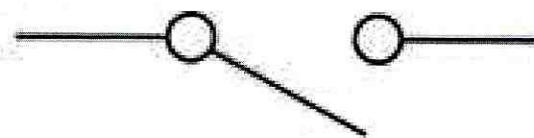
ภาพที่ 2.30 สัญลักษณ์ของสวิตช์

(ที่มา:<http://www.psptech.co.th/swich-20290.page>)

การทำงานของสวิตช์

ส่วนประกอบพื้นฐานของสวิตช์จะมีส่วนที่เรียกว่า หน้าสัมผัส อยู่ภายในซึ่งคล้ายกับสะพานเชื่อมให้กระแสไฟฟ้าไหลในวงจรไฟฟ้าได้ สวิตช์ทำหน้าที่เปิด ปิด วงจรไฟฟ้า ทำให้วงจรไฟฟ้าเกิดการทำงานอยู่ 2 ลักษณะคือ วงจรเปิดและวงจรปิด วงจรเปิด คือลักษณะที่หน้าสัมผัสของสวิตช์ไม่เชื่อมต่อกันทำให้กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลไปในวงจรได้ และวงจรปิด คือ การที่หน้าสัมผัสของสวิตช์เชื่อมต่อกันทำให้กระแสไฟฟ้าไหลในวงจรได้

วงจรเปิด หน้าสัมผัสไม่เชื่อมต่อกัน กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลในวงจรได้ ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าไม่ทำงาน แต่เรามักจะเรียกกันว่าเป็นการปิดสวิตช์ ซึ่งหมายถึงการปิดการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นเอง



ภาพที่ 2.31 วงจรเปิดของสวิตช์

(ที่มา:<http://www.psptech.co.th/swich-20290.page>)

วงจรปิด หน้าสัมผัสเชื่อมต่อกัน กระแสไฟฟ้าสามารถไหลในวงจรได้ ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงาน แต่เรามักจะเรียกกันว่าเป็นการเปิดสวิตช์ ซึ่งหมายถึงการเปิดการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า



ภาพที่ 2.32 วงจรปิดของสวิตช์

(ที่มา:<http://www.pspstech.co.th/swich-20290.page>)

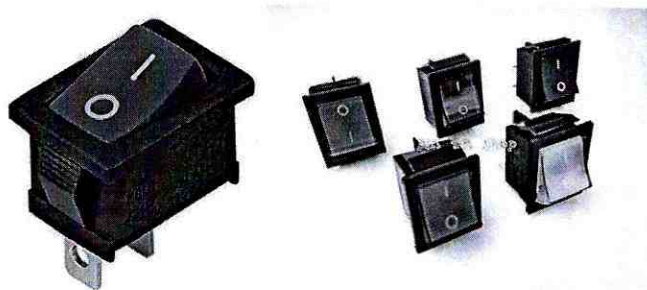
สวิตช์แบบกด (Push Button Switch) เป็นสวิตช์ที่เวลาใช้งานต้องกดปุ่มสวิตช์ลงไป การควบคุมติดต่อสวิตช์ ต้องกดปุ่มที่อยู่ส่วนกลางสวิตช์ กดปุ่มสวิตช์หนึ่งครั้งสวิตช์ต่อ (ON) และเมื่อกดปุ่มสวิตช์อีกครั้งสวิตช์ตัด (OFF) การทำงานเป็นเช่นนี้ตลอดเวลา แต่สวิตช์แบบกดบางแบบอาจเป็นชนิดกดติดปล่อยดับ (Momentary) คือขณะกดปุ่มสวิตช์เป็นการต่อ (ON) เมื่อปล่อยมือออกจากปุ่มสวิตช์เป็นการตัด (OFF) ทันที



ภาพที่ 2.33 สวิตช์แบบกด (Push Button Switch)

(ที่มา:<http://group.wunjun.com/pimchanok/topic/196627-5151>)

สวิตช์กระดก เป็นสวิตช์ที่ใช้งานโดยการกด เมื่อต้องการเปิดสวิตช์ก็ให้กดด้านที่ระบุว่าเป็นการเปิดสวิตช์ลง ส่วนอีกด้านที่เหลือก็จะกระดกขึ้น โดยส่วนใหญ่แล้วจะมีตัวอักษรระบุการทำงานบนตัวสวิตช์ เช่น เปิด ปิด On-OFF เราจะพบเห็นการใช้สวิตช์กระดกนี้กับหลอดไฟ ปลั๊กราง หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ



ภาพที่ 2.34 สวิตช์แบบกระดก (Rocker Switch)

(ที่มา:<http://www.pspstech.co.th/swich-20290.page>)

5. โรงเรือนแบบเปิด

โครงสร้างอาคาร วัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น เช่น ไม้ไผ่ ที่มีความคงทน ราคาถูก มาทำโรงเรือน แต่มีข้อจำกัดด้านอายุการใช้งาน เพราะอาจผุพังเร็วหรือเสื่อมสภาพไปตามกาลเวลา ถ้าอยากได้โรงเรือนที่แข็งแรง แนะนำให้ใช้เหล็กกล่อง เหล็กกลม หรือลงเสาเข็มคอนกรีตซึ่งมีข้อดีในเรื่องความคงทนถาวร แต่ก็ต้องลงทุนมากหน่อย โรงเรือนที่ดีควรปักเสาลงดินลึกประมาณ 40-50 เซนติเมตร เพื่อความแข็งแรง และมีโครงสร้างเหนือพื้นดินสูง 2-2.50 เมตร ส่วนหลังคาเลือกแบบทรงจั่วช่วยระบายความร้อนได้ดี โดยปลายยอดหลังคาสูงขึ้นจากโครงสร้างเสาราว 50 เซนติเมตร

พื้นโรงเรือน ควรปรับเทพื้นคอนกรีตให้ทำความสะอาดง่ายและไม่เป็นแหล่งน้ำขัง พื้นควรมีลักษณะลาดเอียงเทลงสู่ทางระบายน้ำ ซึ่งควรทำไว้ทั้งสองด้านขนานไปกับผนังของโรงเรือน วัสดุมุงฝารองเรือนและหลังคา ควรเลือกวัสดุที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับชนิดของผักสลัดที่จะเพาะและสภาพภูมิอากาศในพื้นที่

วัสดุธรรมชาติอย่างตับจากหรือหญ้าคา เป็นวัสดุที่นิยมใช้มุงทั้งหลังคาและปิดล้อมฝาโรงเรือน เพราะหาง่าย ราคาไม่แพง ช่วยให้อากาศถ่ายเทดีโดยน้ำมายึดตรึงกับโครงสร้างด้วยการใช้ลวดมัด

อุปกรณ์โรงเรือนที่ใช้ทั่วไปมีดังนี้

1. ตาข่ายพรางแสง (Saran) ตาข่ายพรางแสงเป็นเส้นพลาสติกสานเสริมแรงด้วยเชือก ตาข่ายพรางแสงนิยมใช้ทั่วไปเป็นตาข่ายสี่เหลี่ยม สีดำ และสีเงิน พรางแสงร้อยละ 40 50 60 70 80 ความกว้าง 1 – 2 เมตร อาจติดตั้งกึ่งถาวร หรือติดตั้งแบบม้วนชัก เพื่อให้สามารถปิด – เปิด ได้ตามความเข้มของแสงจากดวงอาทิตย์

2. มุ้งหรือตาข่ายกันแมลง เป็นอุปกรณ์ป้องกันแมลงเข้าสู่โรงเรือน หรือป้องกันการแพร่ระบาดของแมลงจากห้องหนึ่งไปสู่อีกห้องหนึ่งภายในโรงเรือนเดียวกัน มุ้งไม่ควรลดทอนอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือนมากเกินไปจนเกิดความจำเป็น มุ้งมีความหลากหลายทั้งวัสดุ สี และขนาดของช่อง (ตา) มุ้งอลูมิเนียมไม่ค่อยนิยมใช้ เนื่องจากยุ่งยากในการติดตั้งและรื้อถอน มุ้งทนไฟไม่ค่อยนิยมเช่นกัน เนื่องจากโรงเรือนปลูกพืชมีความเสี่ยงต่อการเกิดเพลิงไหม้ มุ้งสีขาวมักนิยมใช้กันโดยทั่วไป เนื่องจากมักไม่จำเป็นต้องพรางแสงด้านข้างของโรงเรือนขนาดช่องเล็กเกินไปเป็นอุปสรรคต่อการระบายอากาศ เป็นเหตุให้อุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนสูงขึ้นโดยไม่จำเป็น มุ้งซอ สีเหลี่ยมผืนผ้า ติดตั้งในแนวตั้ง ช่วยแก้ปัญหานี้ได้ดี เนื่องจากแมลงบินจำเป็นต้องกางปีกออก ทำให้ต้องการความกว้างมากกว่าความสูงในการลอดผ่านมุ้ง

3. คลิป เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ยึดแผ่นพลาสติก มุ้ง หรือตาข่ายพรางแสงติดกับท่อนกลม ขนาดของคลิปจะต้องเท่ากับขนาดของท่อ จึงจะสามารถหนีบได้อย่างมั่นคง คลิปที่ทำด้วยพลาสติกเพียงอย่างเดียว จะค่อยๆ กางออกหรือแตกเมื่อถูกแสงแดดเป็นเวลานาน คลิปที่เสริมด้วยโลหะถึงแม้จะมีราคาแพงกว่า แต่ก็สามารถใช้งานได้นานกว่า ความแข็งแรงขึ้นอยู่กับความถี่ในการติดตั้ง หากต้องการความแข็งแรง

เพิ่มขึ้นจะต้องติดตั้งคลิปให้ถี่มากขึ้น คลิปเป็นอุปกรณ์ยึดที่สามารถรื้อถอนและติดตั้งได้ง่ายด้วยมือเปล่า จึงเป็นอุปกรณ์โรงเรือนที่ได้รับความนิยมแพร่หลาย โรงเรือนโครงสร้างทำด้วยท่อเหล็กกลมที่มุงด้วยแผ่น PE นิยมยึดด้วยคลิป

4. รางยึดและสปริง เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ยึดแผ่นพลาสติก หรือมุ้งติดกับโรงเรือน ตัวรางจะต้องยึดติดกับโรงเรือน แล้วใช้สปริงหนีบแผ่นพลาสติกหรือมุ้งติดกับราง การติดตั้งแบบนี้เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการรื้อถอนบ่อยครั้ง

5. รอก เชือก และห่วง อุปกรณ์ทั้งสามชนิดนี้ใช้ร่วมกัน เพื่อช่วยพยุงลำต้นพืชให้ตั้งขึ้น รอกช่วยม้วนเก็บเชือกให้เป็นระเบียบไม่พันกัน และดึงออกมาเฉพาะความยาวที่ต้องการใช้ ด้านหนึ่งของห่วงยึดกับเชือก ในขณะที่อีกด้านหนึ่งยึดติดกันให้ลำต้นพืชอยู่ภายใน โดยลำต้นพืชจะต้องสามารถขยับตามแรงลมได้ และห่วงจะต้องไม่ทำให้ต้นพืชเป็นแผล เชือกที่ใช้ต้องเหนียวและทนต่อแสงแดดได้ดี สามารถใช้งานได้ตลอดอายุเก็บเกี่ยว

สภาพภายในโรงเรือนที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชไร้ดิน

1. สามารถป้องกันแมลงไม่ให้เข้าไปทำลายพืชที่ปลูก ทำให้ไม่ต้องใช้ยาฆ่าแมลงผู้บริโภคพืชผักที่ปลูกโดยวิธีนี้จึงมีความปลอดภัยจากสารพิษตกค้างในผลผลิต

2. ป้องกันน้ำฝนลงไปถึงจานในสารละลายธาตุอาหาร จนสารละลายเจือจางเกินไปไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของพืช และมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นจนไหลล้นออกมาจากเครื่องปลูก ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายกับการปลูกพืชทั้งระบบ

3. สามารถควบคุมปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมในการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช เช่น ความเข้มแสงระยะเวลาที่พืชรับแสง ความเข้มข้นของแก๊ส CO_2 และอุณหภูมิ เป็นต้น ทำให้สามารถผลิตพืชได้ทั้งปี โดยไม่ต้องอาศัยฤดูกาลตามธรรมชาติเข้าช่วย ผู้ปลูกสามารถวางแผนการผลิตได้ง่ายและเสี่ยงต่อการแปรปรวนของธรรมชาติน้อยกว่าการปลูกในพื้นที่โล่งแจ้ง

4. สามารถออกแบบให้เป็นการผลิตอัตโนมัติ เช่นเดียวกับการผลิตสินค้าอุตสาหกรรมต่างๆได้ง่าย ช่วยประหยัดแรงงานในการดำเนินการ

5. ลดโอกาสในการสัมผัสสิ่งสกปรก ทำให้พืชที่ผลิตได้ สะอาดไม่เป็นพาหะนำโรค

6. สามารถติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ง่าย และอาจติดตั้งเพียงครั้งเดียว แต่สามารถใช้งานติดต่อกันได้หลายฤดูปลูก

7. มีสิ่งแวดล้อมในการทำงานที่ดี และสะอาดไม่เปื้อนดินโคลน ช่วยให้ผู้ปลูกมีความเพลิดเพลินในการทำงานมากกว่า

โรงเรือนอาจเป็นอุปสรรคต่อผู้ปลูกในบางประเด็น โดยเฉพาะต้นทุนในการก่อสร้าง สินค้าเกษตรมักเป็นสินค้าที่มีความเสี่ยงสูงผู้ลงทุนจึงต้องวางแผนอย่างรัดกุม นอกจากนี้โรงเรือนยังอาจเป็นอุปสรรคต่อ

การผสมเกสรของพืช แมลงธรรมชาติที่มีประโยชน์ต่อการผสมเกสรไม่สามารถเข้าไปช่วยผสมเกสรได้ ผู้ปลูกจึงควรเลือกชนิดของพืชที่ไม่ได้รับผลกระทบในการผสมเกสร เช่น พืชที่มีดอกสมบูรณ์เพศ หรือพืชกินใบ เป็นต้น

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 ผู้วิจัยได้นำเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าว มาใช้ในการออกแบบและสร้างโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ โดยแบ่งหัวข้อ การศึกษาค้นคว้าได้ดังนี้

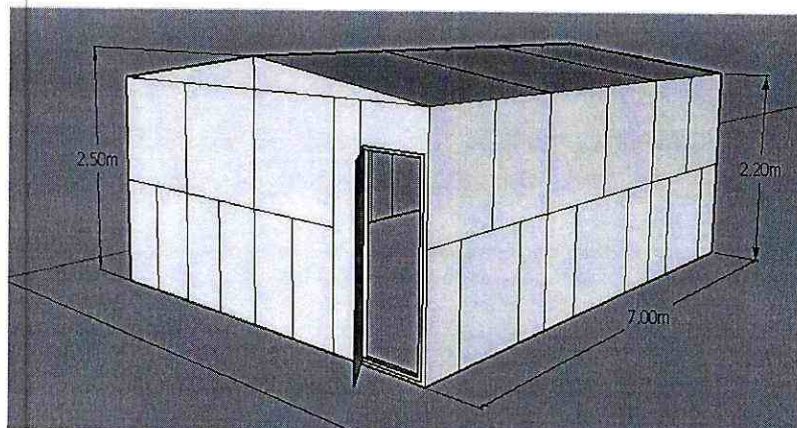
1. ขั้นตอนการออกแบบโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ
2. ขั้นตอนการสร้างโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ
3. ขั้นตอนการติดตั้งระบบต่าง ๆ ในโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ
4. การทดลองใช้งานระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ
5. การทดลองการปลูกผักสลัดกรีนโอ๊คในโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ

1. ขั้นตอนการออกแบบโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ

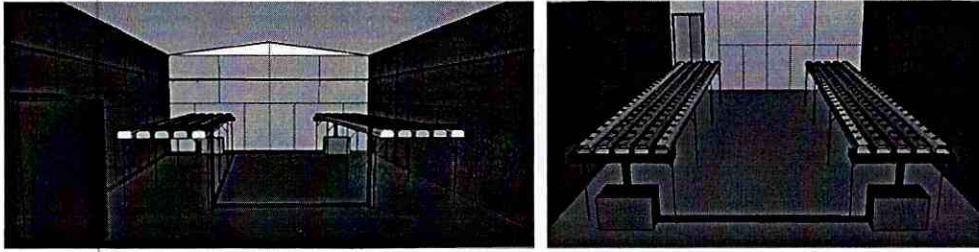
โรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติโดยการนำเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ นำอุปกรณ์ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ เซนเซอร์ต่าง ๆ เข้ามาช่วยเกษตรกรเพื่อเพิ่มมูลค่า ช่วยลดการใช้สารเคมี ลดการใช้แรงงานคน โดยการนำระบบตรวจวัดและควบคุมโดยใช้เซนเซอร์ ระบบวัดอุณหภูมิภายในโรงเรือน ระบบม่านบังแสงภายในโรงเรือน และระบบการจ่ายปุ๋ยแบบอัตโนมัติ

1.1 โครงสร้างโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ

เป็นการออกแบบโครงสร้างโดยมีความกว้าง 5 เมตร ความยาว 7 เมตร สูง 2.2 เมตร หน้าจั่วสูง 2.5 เมตร โดยใช้พลาสติกใสคลุมหลังคา และใช้ตาข่ายหรือมุ้งขาวปิดด้านข้างเพื่อป้องกันแมลง



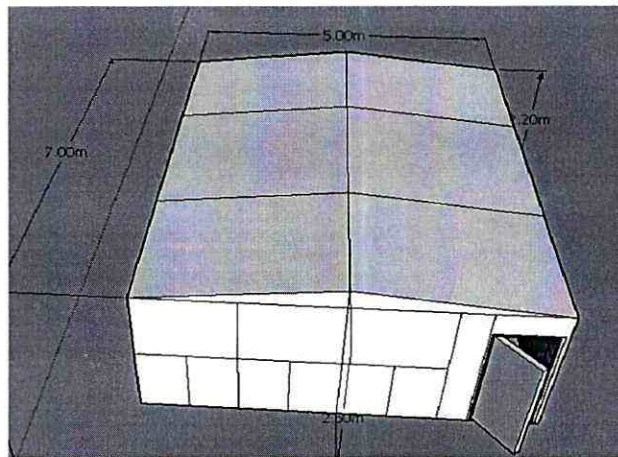
ภาพที่ 3.1 รูปแบบโครงสร้างโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ



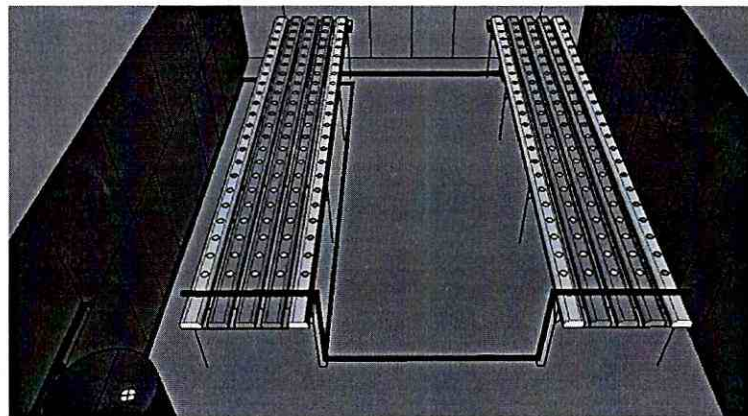
(1. ด้านหน้า)

(2. ด้านหลัง)

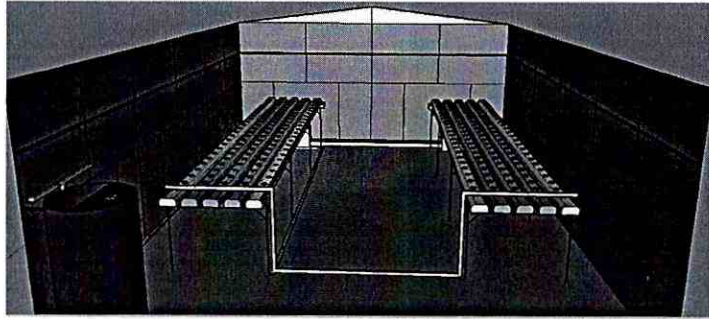
ภาพที่ 3.2 โครงสร้างภายในโรงเรียนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ



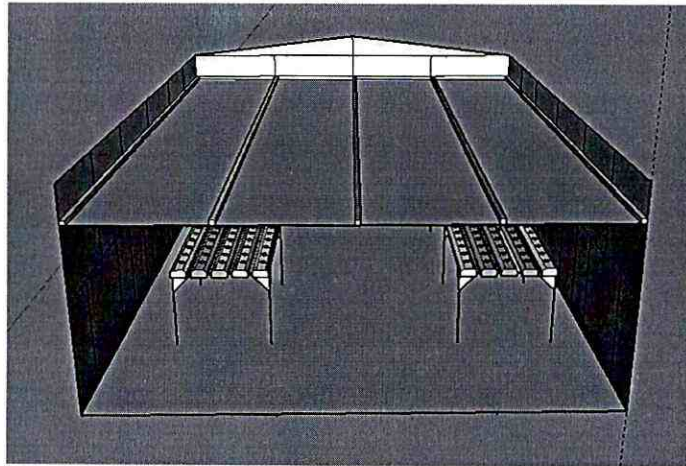
ภาพที่ 3.3 โครงสร้างหลังคาโรงเรียนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ



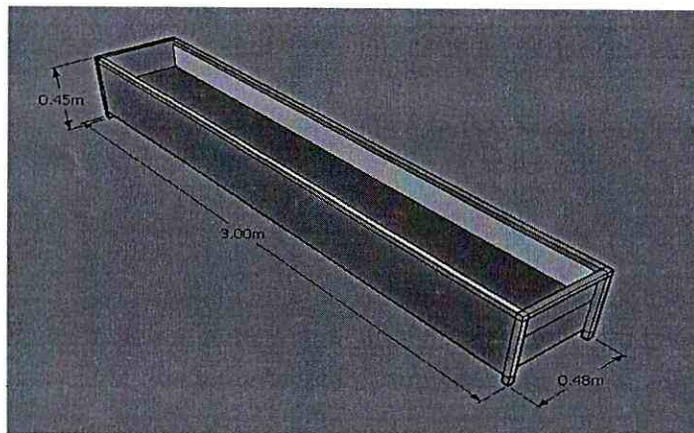
ภาพที่ 3.4 การวางระบบน้ำวนภายในโรงเรียน



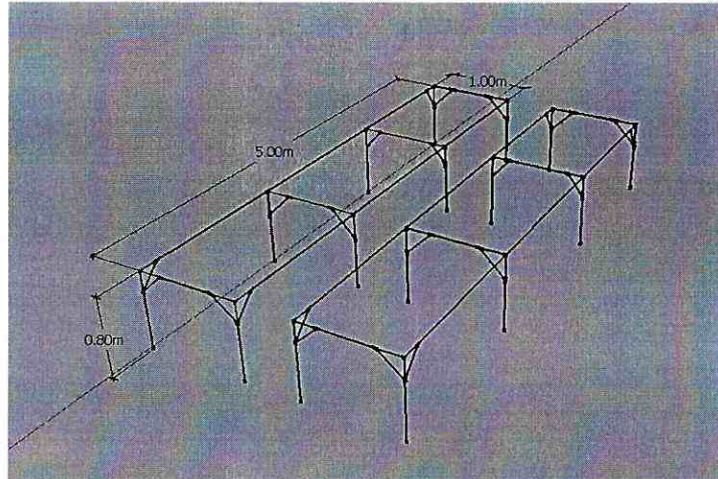
ภาพที่ 3.5 การวางระบบพ่นหมอกโรงเรียน



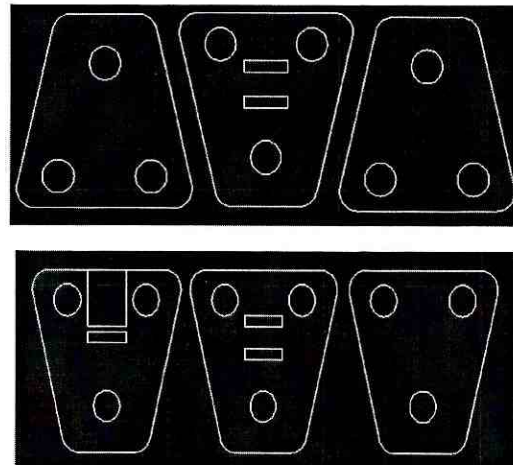
ภาพที่ 3.6 รูปแบบม่านบังแสงโรงเรียน



ภาพที่ 3.7 ป่ออนุบาล



ภาพที่ 3.8 โต๊ะวางรางปลูกพืชไร้ดิน



ภาพที่ 3.9 การออกแบบแผ่นยึดมอเตอร์และสายพานระบบม่านบังแสงอัตโนมัติ

2. ขั้นตอนการสร้างโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ



ภาพที่ 3.10 การประกอบหลังคาโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ



ภาพที่ 3.11 การประกอบเสาโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ



ภาพที่ 3.12 การติดตั้งล้อย่อมรอบโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ



ภาพที่ 3.13 นำรางปลูกผักมาวางภายในโรงเรือน



ภาพที่ 3.14 การติดพลาสติกใสบนหลังคาโรงเรือน

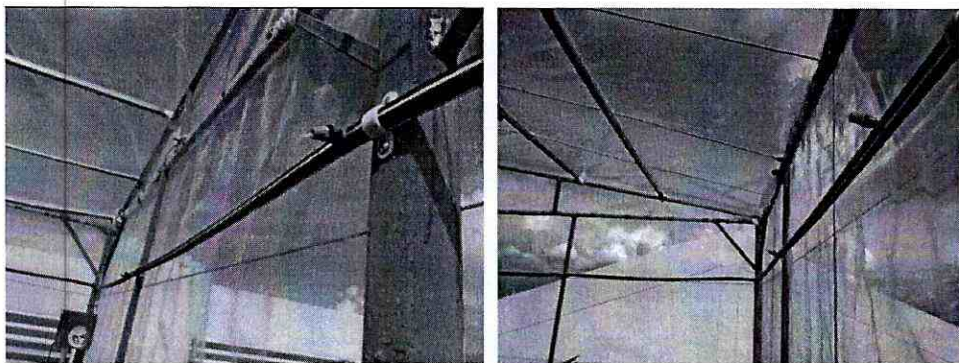


ภาพที่ 3.15 โรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ

3. ขั้นตอนการติดตั้งระบบต่างๆ ในโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ

3.1 ระบบพ่นหมอก

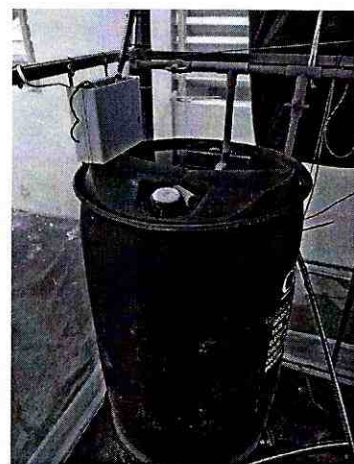
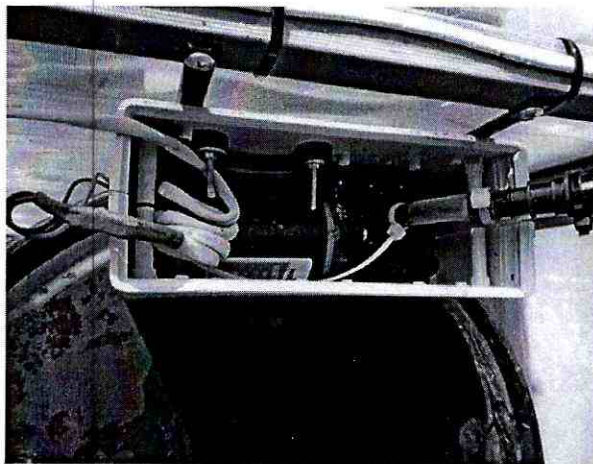
ระบบพ่นหมอก คือ การพ่นละอองน้ำออกไปเพื่อที่จะไล่อากาศร้อนภายในโรงเรือน ช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน



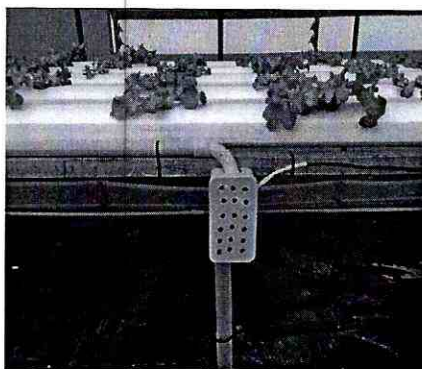
ภาพที่ 3.16 การติดตั้งระบบพ่นหมอก

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำระบบพ่นหมอก ประกอบไปด้วย

- Arduino Uno
- เซนเซอร์อุณหภูมิ DHT 22
- หัวพ่นหมอก
- รีเลย์
- ปั๊มน้ำ
- ท่อน้ำ พี.อี
- บ่อพักน้ำ



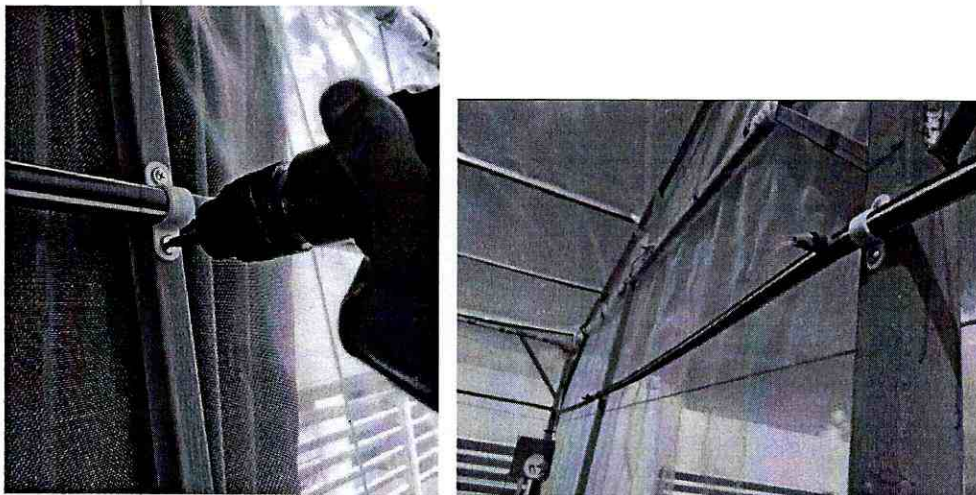
ภาพที่ 3.17 การติดตั้งปั๊มน้ำและบ่อพักน้ำระบบพ่นหมอก



ภาพที่ 3.18 การติดตั้งเซนเซอร์อุณหภูมิ DHT 22

3.1.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบพ่นหมอก

1. เซนเซอร์อุณหภูมิ DHT 22 ทำการตรวจเช็คอุณหภูมิภายในโรงเรือน
2. หากอุณหภูมิที่เซนเซอร์ DHT 22 วัดอุณหภูมิได้เกินกว่า 35.1 องศาเซลเซียส Arduino จะสั่งการให้ Relay ทำการจ่ายไฟให้กับปั้มน้ำ เพื่อทำการพ่นหมอกให้กับโรงเรือน
3. ในขณะที่กำลังพ่นหมอก เซนเซอร์ DHT 22 ก็ทำการตรวจเช็คอุณหภูมิภายในโรงเรือนตลอดเวลา
4. หากอุณหภูมิที่เซนเซอร์ DHT 22 วัดอุณหภูมิได้ต่ำกว่า 34.9 องศาเซลเซียส Arduino จะสั่งการให้ Relay ทำการตัดไฟให้กับปั้มน้ำ เพื่อทำการหยุดพ่นหมอกให้กับโรงเรือน
5. จบการทำงาน



ภาพที่ 3.19 ติดตั้งสายและหัวฉีดพ่นหมอก

3.1.3 ข้อควรระวัง

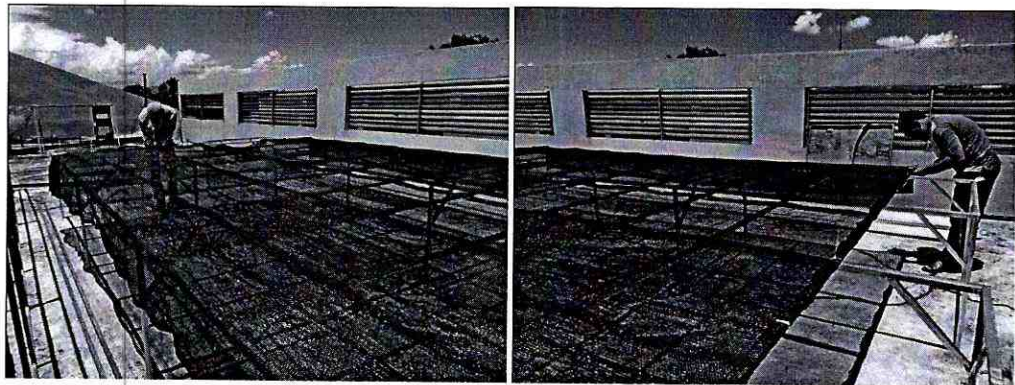
การเตรียมพื้นที่เพื่อรองรับความเปียกและ พื้นควรมีระบบระบายน้ำที่ดี กันรั้วกันซึม อย่างดี ที่ต้องเตรียมเช่นนี้เพราะข้อเสียของระบบนี้คือ ถ้าเกิดหัวฉีดอุดตันและน้ำมีแรงดันมากอาจทำให้ท่อน้ำแตกได้ เมื่อท่อแตกน้ำจะนองบนพื้น

3.2 ระบบมานับแสงอัตโนมัติ

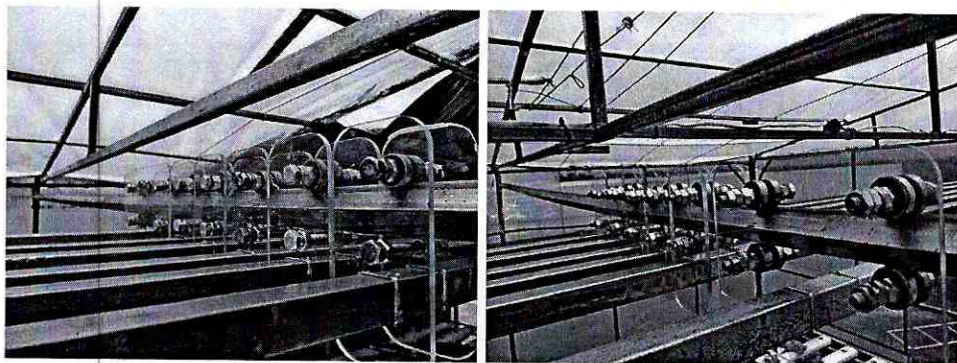
ระบบมานับแสงอัตโนมัติจะทำงานเมื่อเซนเซอร์อุณหภูมิตรวจวัดความร้อนมากกว่า 45 องศา มานับแสงจะทำการเลื่อนออกมา เมื่ออุณหภูมิน้อยกว่า 45 องศา มานับแสงจะทำการเลื่อนเก็บเข้าไป เพื่อป้องกันการคลายน้ำของพืช

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบม่านบังแสงอัตโนมัติ

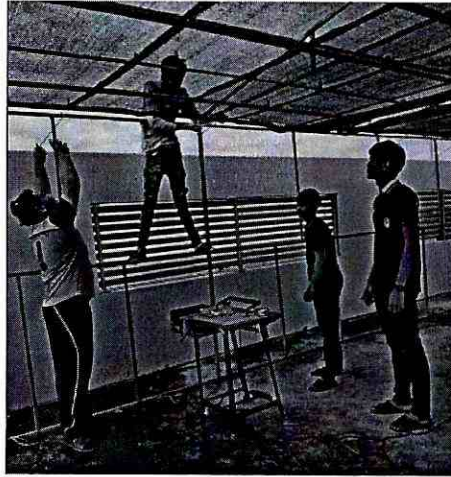
- Arduino
- เซนเซอร์แสง
- Relay
- แผ่นอะคริลิก
- มอเตอร์
- เหล็ก
- ลูกปิ่น
- สายพาน
- ตาข่ายพรางแสงสีดำ (Black Saran)



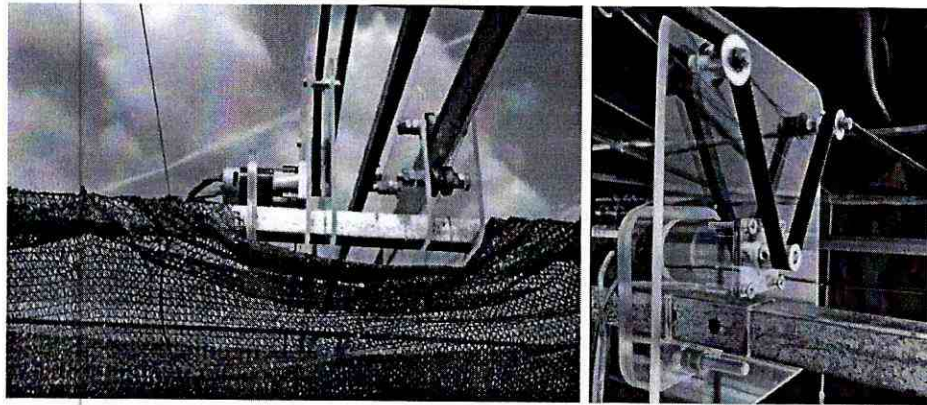
ภาพที่ 3.20 การติดตั้งตาข่ายพรางแสงกับเหล็ก



ภาพที่ 3.21 การประกอบลูกปิ่นกับแผ่นอะคริลิก



ภาพที่ 3.22 การติดตั้งม่านบังแสงอัตโนมัติ



ภาพที่ 3.23 การติดตั้งมอเตอร์กับสายพาน



ภาพที่ 3.24 การติดตั้งเซนเซอร์แสง

3.2.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบม่านบังแสงอัตโนมัติ

1. เซนเซอร์แสงจะตรวจจับค่าความเข้มของแสงได้หลังคา หากค่าความเข้มของแสงมีค่าได้ _____ ลักซ์
2. เซนเซอร์แสงจะส่งค่าไปยัง Arduino เพื่อทำการเปรียบเทียบความเข้มแสงแล้ว Arduino จะส่งงานไปยัง Relay ทำการจ่ายไฟให้กับมอเตอร์เพื่อเริ่มทำงานทำให้ม่านเลื่อนออก โดยมี ลิมิตสวิตช์เป็นตัวหยุดการเคลื่อนที่ของม่านให้อยู่ในระยะที่กำหนดที่ต้องการจะพรางแสง
3. ขณะระบบม่านบังแสงกำลังพรางแสงอยู่เซนเซอร์แสงจะตรวจจับความเข้มแสงได้หลังคาหากต่ำกว่า _____ ลักซ์
4. เซนเซอร์แสงจะส่งค่าไปยัง Arduino เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเข้มแสงแล้ว Arduino จะส่งงานไปยัง Relay ทำการจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ทำงานอีกครั้งเพื่อเลื่อนม่านกลับมายังจุดเริ่มต้น
5. จบการทำงาน

3.3 ระบบควบคุมการจ่ายปุ๋ยแบบอัตโนมัติ

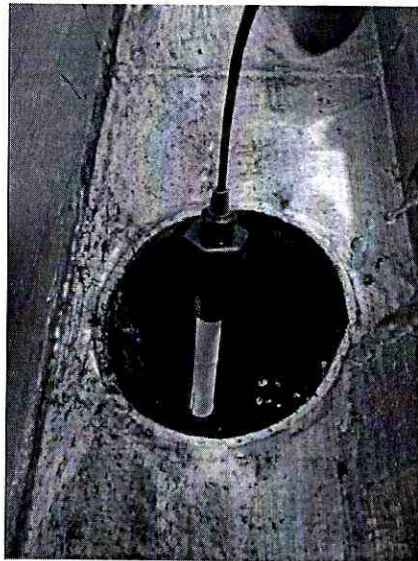
ระบบควบคุมการจ่ายสารละลายกับผักไฮโดรโปนิคส์คือ การให้ปุ๋ยกับผักไฮโดรโปนิคส์ตามค่าที่ผักต้องการเพื่อการเจริญเติบโตของพืช โดยจะใช้ เครื่อง EC Controller เป็นตัวควบคุมการผสมปุ๋ยและควบคุมการให้ปุ๋ยกับผักไฮโดรโปนิคส์

3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบควบคุมการจ่ายสารละลาย

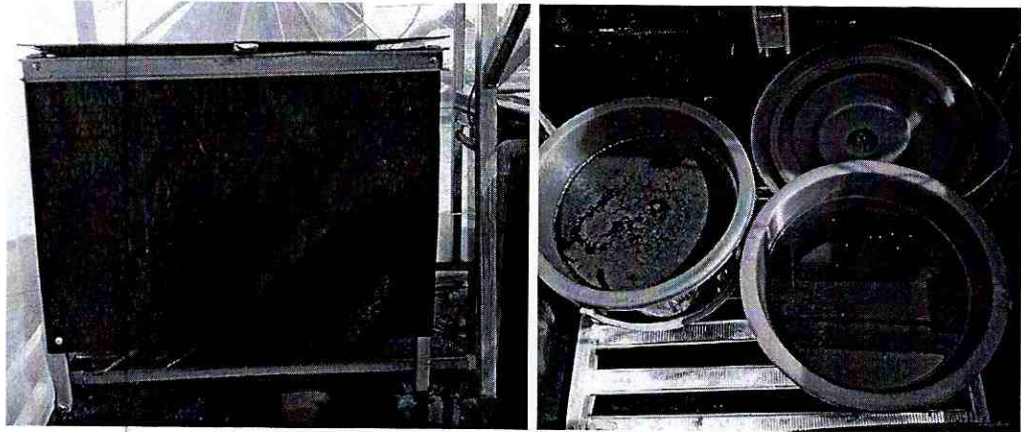
- มิเตอร์วัดค่า EC
- หัวโพรบวัดค่า EC
- Dosing pump
- บั้มปลา sonic
- ถังสำหรับผสมสารละลาย
- ท่อ พี.อี.



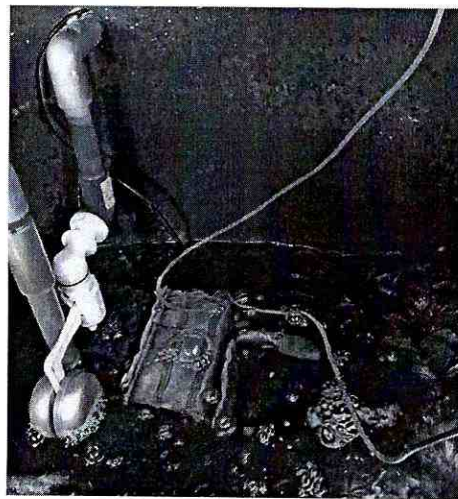
ภาพที่ 3.24 การติดตั้งมอเตอร์ดูดปุ๋ย



ภาพที่ 3.25 ติดตั้งหัวโพรบวัดค่า EC



ภาพที่ 3.26 ถังเก็บปุ๋ย A และ B



ภาพที่ 3.27 ติดตั้งปั๊มปลาภายในถังผสมสารละลาย

3.3.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมการจ่ายสารละลาย

1. เปิดน้ำใส่ในถังสำหรับผสมสารละลาย A และ B
2. เปิดสวิตช์ทำงาน มิเตอร์จะทำการวัดค่า EC ในน้ำ หากค่า EC ในน้ำมีค่าต่ำกว่า $2.0 \mu\text{S}/\text{cm}$ ปั๊ม dosing จะทำการดูดสารละลายที่ถูกผสมแบบเข้มข้นไว้ ไปผสมกับน้ำในถังผสม
3. ขณะที่ปั๊ม dosing กำลังดูดสารละลายเข้าไปผสมกับน้ำในถังนั้น มิเตอร์ก็จะวัดค่า EC อยู่ตลอดเวลา
4. เมื่อมิเตอร์วัดค่า EC วัดค่าได้ถึง $2.2 \mu\text{S}/\text{cm}$ Relay ที่อยู่ในตัวมิเตอร์วัดค่า EC จะทำการตัดไฟเพื่อให้ปั๊ม dosing หยุดการทำงาน

5. ปื้มปลาที่อยู่ภายในถังก็จะดูดสารละลายไปให้กับผักสลัดกรีนโอ๊ค

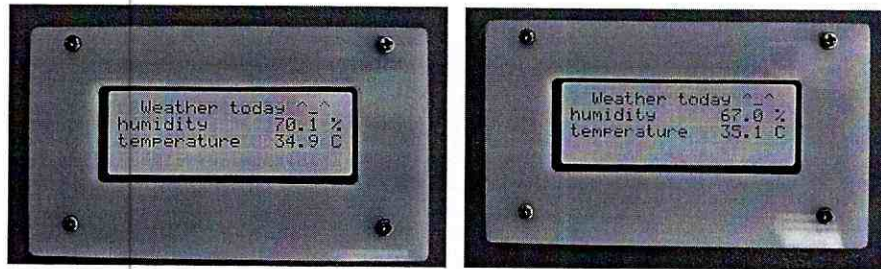
6. สารละลายที่ไม่ถูกรากของพืชดูดเข้าไปก็จะไหลกลับมายังถังผสมเหมือนเดิม
แล้วปื้มจะทำการดูดสารละลายไปให้กับพืชเช่นเดิม

7. จบการทำงาน

4. การทดลองใช้งานระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ

4.1 การทดลองการทำงานของเซนเซอร์อุณหภูมิระบบพ่นหมอก

เมื่อทำการทดสอบการทำงานของเซนเซอร์อุณหภูมิระบบพ่นหมอก เซนเซอร์อุณหภูมิจะตรวจวัดอุณหภูมิภายใน เมื่ออุณหภูมิภายในมีค่าสูงถึง 35.1 องศาเซลเซียส โดยเซนเซอร์จะส่งค่าไปยังระบบควบคุม แล้วระบบควบคุมจะสั่งงานไปยังปั๊มน้ำให้ปั๊มน้ำทำงานเริ่มทำการพ่นหมอกให้กับโรงเรือนเพื่อให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมกับผักสลัดกรีนโอ๊ค ในขณะที่ระบบทำการพ่นหมอกอยู่นั้นเซนเซอร์อุณหภูมิจะตรวจวัดอุณหภูมิภายในโรงเรือนหากอุณหภูมิภายในโรงเรือนวัดได้ 34.9 องศาเซลเซียส เซนเซอร์จะส่งค่ามายังระบบควบคุมเพื่อให้ระบบควบคุมสั่งงานให้ปั๊มน้ำหยุดทำงาน การทดลองการทำงานของเซนเซอร์อุณหภูมิระบบพ่นหมอก แสดงดังภาพที่ 3.28 และได้ทำการออกแบบตารางการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิในระบบพ่นหมอก แสดงดังตารางที่ 3.1



ภาพที่ 3.28 การทดลองการทำงานของเซนเซอร์อุณหภูมิระบบพ่นหมอก

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงผลการทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิในระบบพ่นหมอก

จำนวนครั้ง	อุณหภูมิภายนอก (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิภายใน (องศาเซลเซียส)	สถานะ การทำงาน	ระยะเวลาที่ ระบบทำงาน	ระยะเวลาที่ระบบ หยุดทำงาน
ครั้งที่ 1					
วันที่					
เวลา					
ครั้งที่ 2					
วันที่					
เวลา					
ครั้งที่ 3					
วันที่					
เวลา					
รวม					

4.2 การทดสอบการทำงานของเซนเซอร์แสงระบบม่านบังแสงอัตโนมัติ

เมื่อทำการทดสอบการทำงานของเซนเซอร์แสงระบบม่านบังแสงอัตโนมัติ เซนเซอร์แสงจะตรวจจับค่าความเข้มของแสงได้หลังคา หากค่าความเข้มของแสงมีค่าได้ _____ ลักซ์ โดยเซนเซอร์แสงจะส่งค่าไปยังระบบควบคุมแล้วระบบควบคุมจะสั่งงานไปยังมอเตอร์ให้เริ่มทำงานทำการเลื่อนม่านออกเพราะต้องการให้ม่านช่วยบังแสงเพื่อลดปริมาณความเข้มของแสงให้เหมาะกับการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊ค เมื่อเซนเซอร์แสงตรวจจับความเข้มแสงได้หลังคาลดต่ำกว่า _____ ลักซ์ เซนเซอร์แสงจะส่งค่าไปยังระบบควบคุมเพื่อให้ระบบควบคุมสั่งงานให้มอเตอร์ทำงานทำการเลื่อนม่านกลับมายังจุดเริ่มต้น การทดสอบการทำงานของเซนเซอร์แสงระบบม่านบังแสงอัตโนมัติ แสดงดังภาพที่ 3.29 และได้ทำการออกแบบตารางการทำงานของเซนเซอร์แสงระบบม่านบังแสงอัตโนมัติ แสดงดังตารางที่ 3.2

ภาพที่ 3.29 การทดสอบการทำงานของเซนเซอร์แสงระบบม่านบังแสงอัตโนมัติ

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงผลการทดสอบการทำงานของระบบม่านบังแสง

วัน / เวลา	จำนวนครั้ง	ความเข้มของแสงได้ หลังคา	การทำงานของระบบม่านบังแสง		
			สถานะ การทำงาน	เวลาม่าน เริ่มทำงาน	เวลาม่าน หยุดทำงาน
วันที่ เวลา	ครั้งที่ 1				
วันที่ เวลา	ครั้งที่ 2				
วันที่ เวลา	ครั้งที่ 3				
รวม					

4.3 การทดสอบการทำงานของระบบการจ่ายปุ๋ยแบบอัตโนมัติ

เมื่อทำการทดสอบการทำงานของระบบการจ่ายปุ๋ยแบบอัตโนมัติ ระบบจ่ายปุ๋ยแบบอัตโนมัติหรือเครื่องวัดค่า EC อัตโนมัติ มีหัวโพรบเป็นตัวเซนเซอร์ที่ใช้ในการวัดความเข้มข้นของปุ๋ย A B เพื่อให้ได้ปริมาณปุ๋ยที่เหมาะสมกับผักสลัดกรีนโอ๊ค เซนเซอร์จะทำการตรวจวัดค่า EC ในน้ำ หากปริมาณค่า EC ใน

น้ำมีค่าต่ำกว่า $2.18 \mu\text{S}/\text{cm}$ เซนเซอร์ที่หัวโพรบจะส่งค่ามายังมิเตอร์ให้สั่งปั๊มดูดทำการดูดปุ๋ย A B เข้าไปผสมในถังผสม ขณะกำลังผสมปุ๋ยนั้นเซนเซอร์จะทำการตรวจวัดค่า EC ในน้ำ หากปริมาณค่า EC ในน้ำมีค่าเท่ากับ $2.2 \mu\text{S}/\text{cm}$ เซนเซอร์จะส่งค่ามายังมิเตอร์ให้มิเตอร์ทำการสั่งให้ปั๊มดูดปุ๋ยหยุดทำงาน การทดลองการทำงานของเซนเซอร์เซนเซอร์วัดค่า EC ระบบการจ่ายปุ๋ยแบบอัตโนมัติ แสดงดังภาพที่ 3.30 และได้ทำการออกแบบตารางการทำงานของเซนเซอร์เซนเซอร์วัดค่า EC ระบบการจ่ายปุ๋ยแบบอัตโนมัติ แสดงดังตารางที่ 3.3

ภาพที่ 3.30 การทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดค่า EC ระบบการจ่ายปุ๋ยแบบอัตโนมัติ

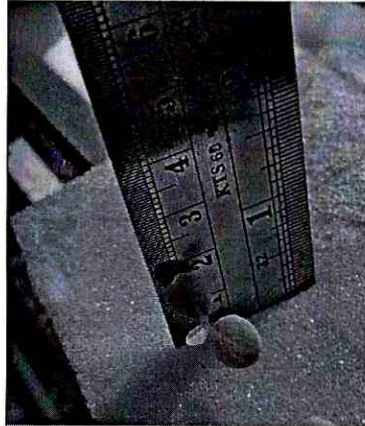
ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงผลการทดลองการทำงานของระบบจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติ

ช่วงเวลาทดสอบ (น.)	ค่า EC ก่อนเติม ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	ค่า EC หลังเติม ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	ปริมาณปุ๋ยที่เติม (ml.)
09.00			
11.00			
13.00			
15.00			
รวม			

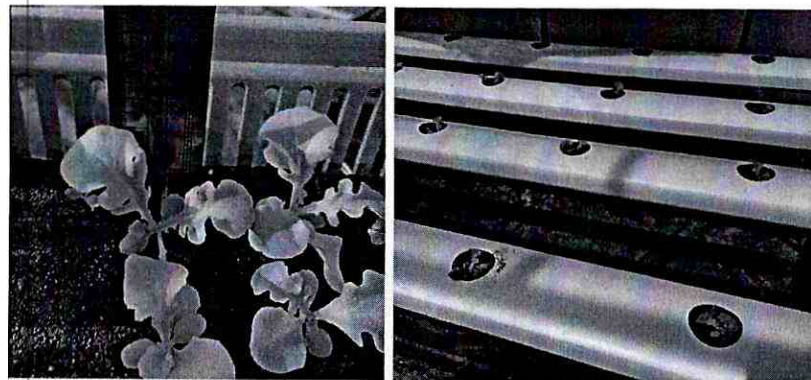
5. การทดลองการปลูกผักสลัดกรีนโอ๊คในโรงเรือนระบบควบคุมกาปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ



ภาพที่ ผักสลัดกรีนโอ๊คอายุครบ 3 วัน



ภาพที่ ผักสลัดกรีนโอ๊คอายุครบ 7 วัน



ภาพที่ ผักสลัดกรีนโอ๊คอายุครบ 15 วัน

ตารางที่ 4 ตารางแสดงผลการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ “ผักสลัดกรีนโอ๊ค” อายุครบ 15 วัน

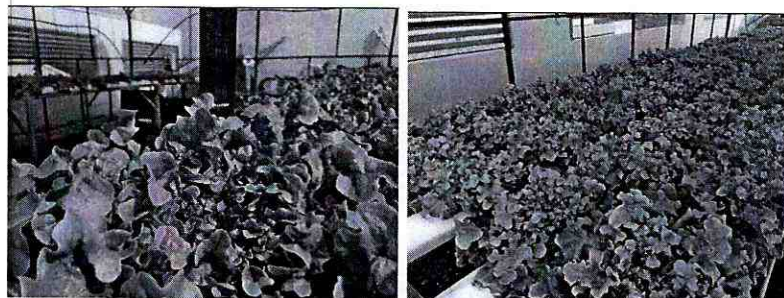
แถวที่	ช่วงที่ 1	ช่วงที่ 2	ช่วงที่ 3
	กว้าง สูง พุ่ม	กว้าง สูง พุ่ม	กว้าง สูง พุ่ม
1			
2			
3			
4			
5			
เฉลี่ย			



ภาพที่ ผักสลัดกรีนโอ๊คอายุครบ 30 วัน

ตารางที่ 5 ตารางแสดงผลการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ “ผักสลัดกรีนโอ๊ค” อายุครบ 30 วัน

แถวที่	ช่วงที่ 1			ช่วงที่ 2			ช่วงที่ 3		
	กว้าง	สูง	พุ่ม	กว้าง	สูง	พุ่ม	กว้าง	สูง	พุ่ม
1									
2									
3									
4									
5									
เฉลี่ย									



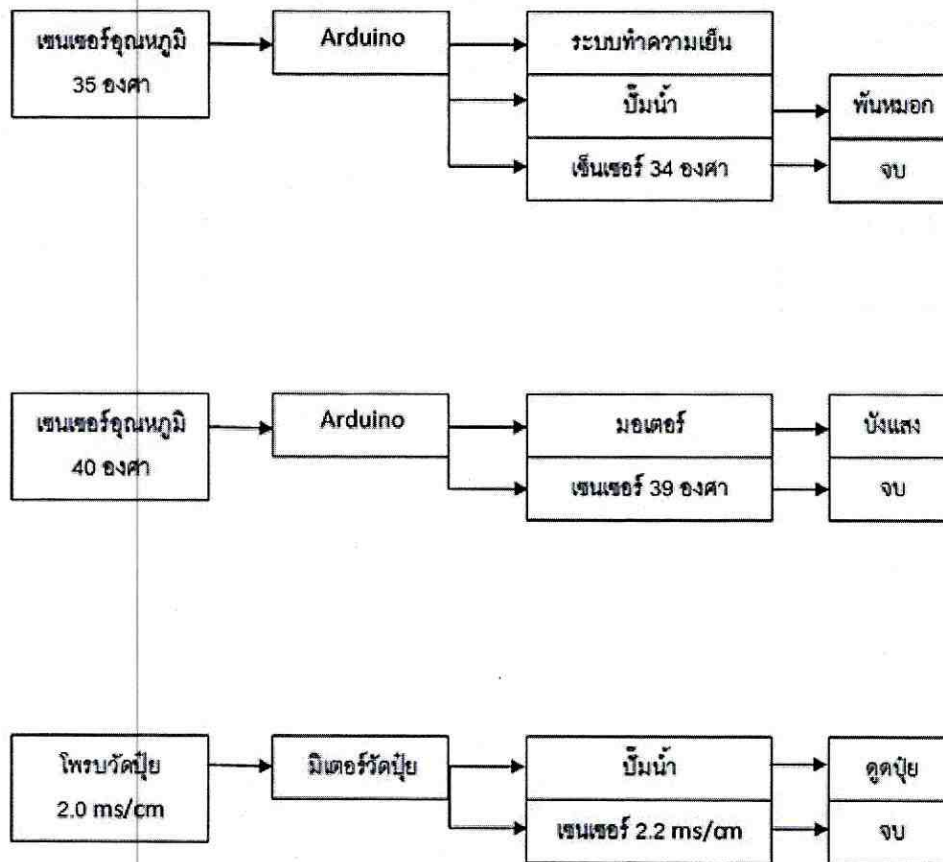
ภาพที่ ผักสลัดกรีนโอ๊คอายุครบ 45 วัน

ตารางที่ 6 ตารางแสดงผลการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ “ผักสลัดกรีนโอ๊ค” อายุครบ 45 วัน

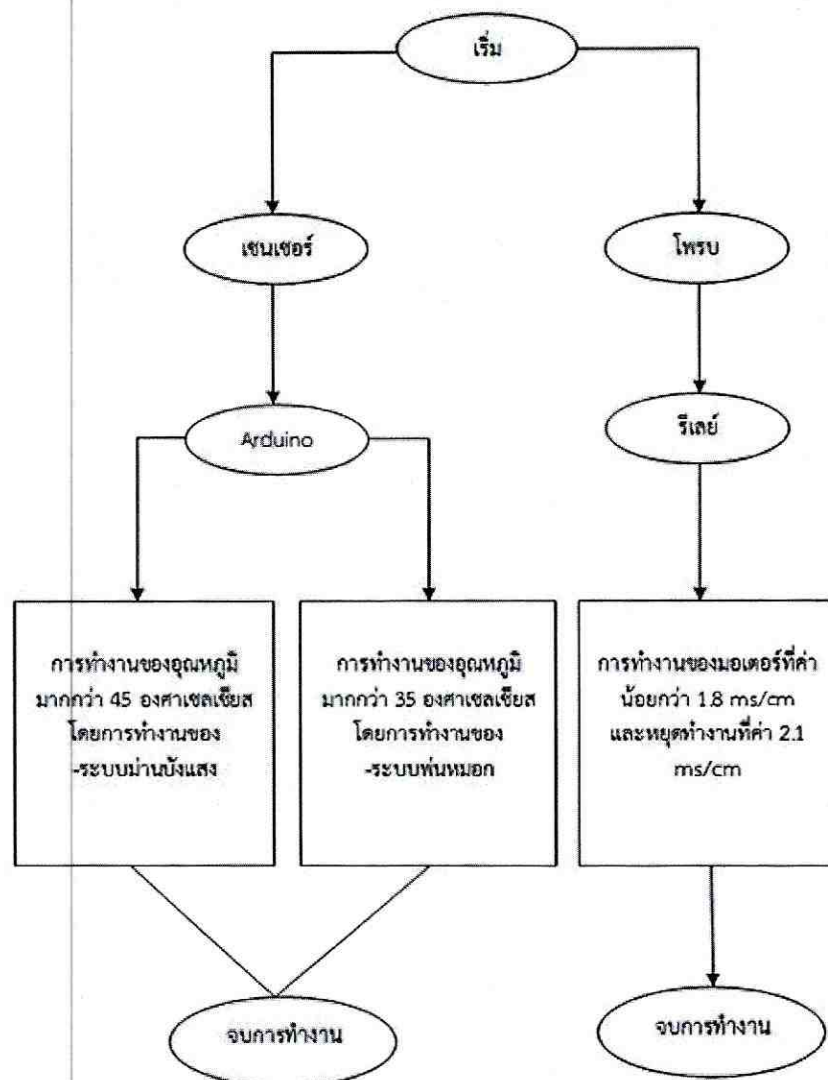
แถวที่	ช่วงที่ 1			ช่วงที่ 2			ช่วงที่ 3		
	กว้าง	สูง	พุ่ม	กว้าง	สูง	พุ่ม	กว้าง	สูง	พุ่ม
1									
2									
3									
4									
5									
เฉลี่ย									

3.4 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดิน

เมื่อเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและวัดความชื้นปุ๋ย เพื่อส่งให้ระบบมานับแสง ระบบพ่นหมอก และระบบจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติทำตามคำสั่ง นอกจากนี้ยังมีระบบแสดงผลเป็นแบบ LCD แสดงดังภาพที่

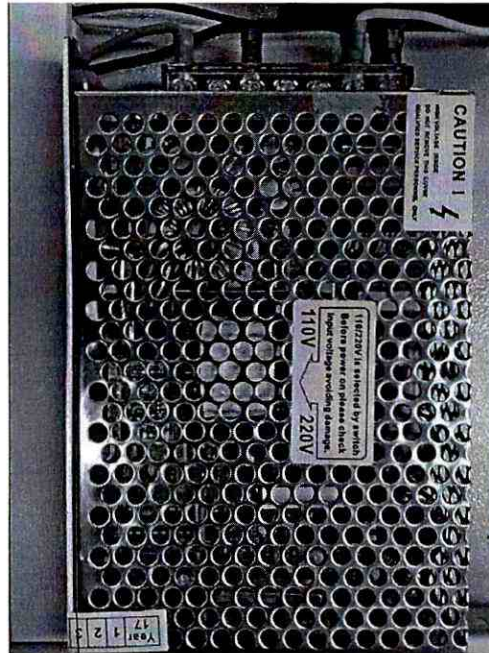


ภาพที่ 3.27 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดิน

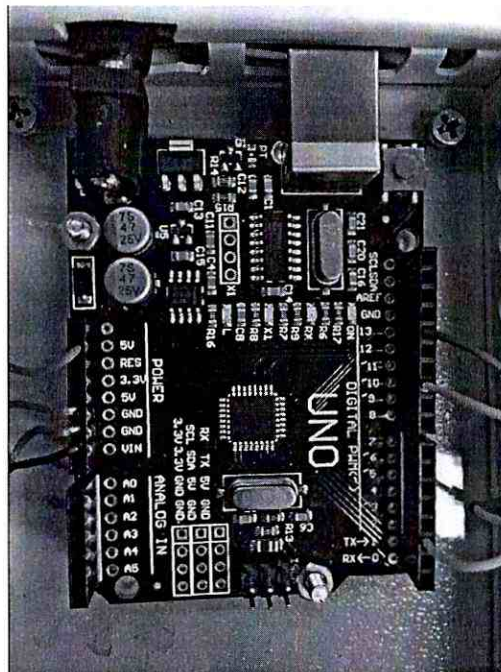


ภาพที่ 3.28 ผังการทำงานของระบบควบคุมการปลุกไฟไร้ดินแบบอัตโนมัติ

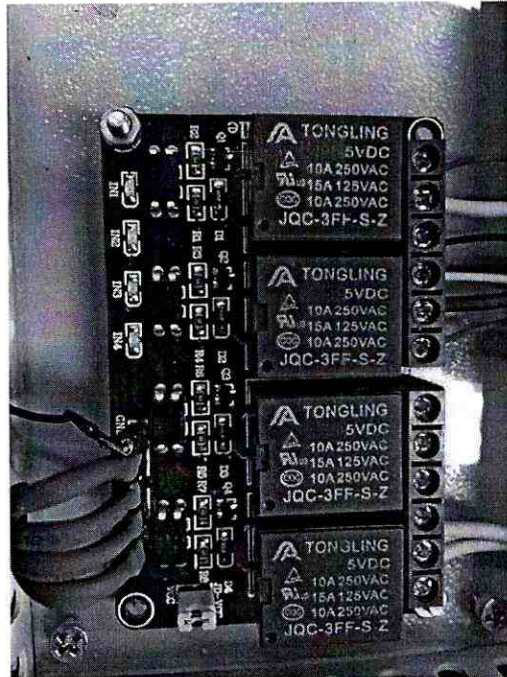
3.5 การประกอบตู้ควบคุมระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ



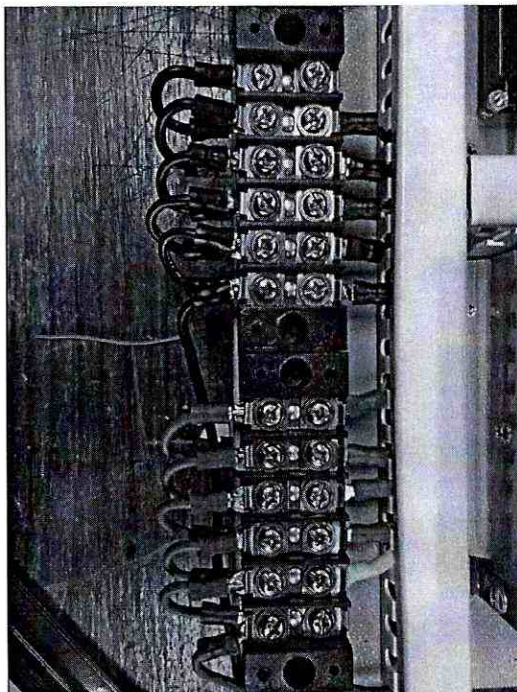
ภาพที่ 3.29 ติดตั้งเพาเวอร์ซัพพลายภายในตู้ควบคุม



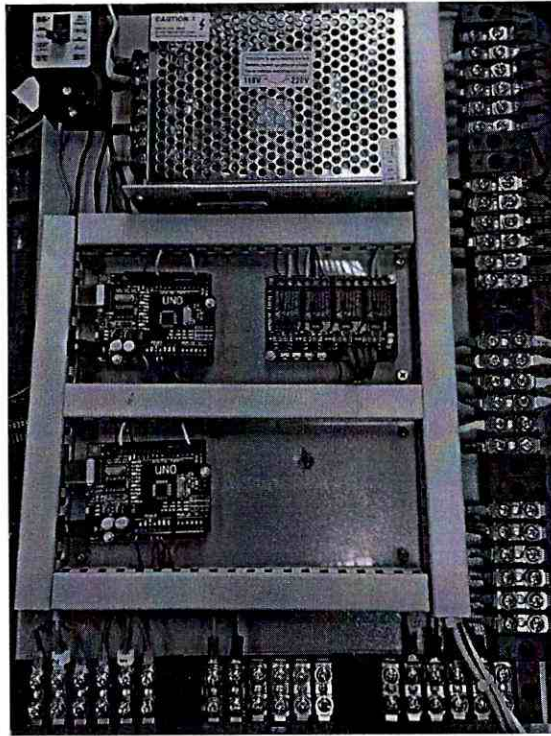
ภาพที่ 3.30 ติดตั้ง Arduino ภายในตู้ควบคุม



ภาพที่ 3.31 ติดตั้ง Relay ภายในตู้ควบคุม



ภาพที่ 3.32 ติดตั้งเทอร์มินอลภายในตู้ควบคุม



ภาพที่ 3.33 ระบบควบคุมต่างๆ ภายในตู้ควบคุม

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองระบบควบคุมระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ (Automatic hydroponic control system) มีหัวข้อการทดลองดังนี้

1. การทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นระบบการปลูกพืชไร้ดินอัตโนมัติ (Automatic)
2. การทดลองการทำงานของระบบพ่นหมอก (Automatic)
3. การทดลองการทำงานของระบบม่านบังแสง (Automatic)
4. การทดลองการวัดปุ๋ย (Manual)
5. การทดลองการวัดปุ๋ยของระบบจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติ (Automatic)
6. การทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ตัวอย่าง “ผักสลัด” ในโรงเรือน

1. การทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นระบบการปลูกพืชไร้ดินอัตโนมัติ (Automatic)

ทำการทดลองวัดอุณหภูมิภายในโรงเรือนโดยจะมีเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ 1 ตัว ชุดแสดงผลผ่านทางสายไฟเข้ามาที่ Arduino แสดงผลออกจอ โมดูลจอ LCD โดยจะวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นระบบการปลูกพืชไร้ดินอัตโนมัติ (Automatic)

วันที่	เวลา 09.00 น.	เวลา 12.00 น.	เวลา 15.00 น.	เวลา 17.00 น.
30/02/2561	32 °C	39 °C	36 °C	34 °C
15/03/2561	31 °C	35 °C	35 °C	32 °C
30/03/2561	30 °C	42 °C	40 °C	38 °C

จากการทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นระบบการปลูกพืชไร้ดินอัตโนมัติ (Automatic) สามารถทำการตรวจสอบค่าอุณหภูมิและความชื้นตามที่กำหนดตั้งค่าไว้

2. การทดลองการทำงานของระบบพ่นหมอก (Automatic)

ทำการทดลองวัดอุณหภูมิภายในโรงเรือนโดยจะมีเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ 1 ตัว ชุดแสดงผลผ่านทางสายไฟเข้ามาที่ Arduino แสดงผลออกจอ โมดูลจอ LCD โดยจะวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียสขึ้น ระบบพ่นหมอกจะทำการพ่นหมอกจนกว่าอุณหภูมิจะต่ำกว่า 35 องศาเซลเซียส แล้วจึงหยุดการพ่นหมอก

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการทำงานของระบบพ่นหมอก (Automatic)

วันที่	เวลา	อุณหภูมิภายนอก (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิภายใน (องศาเซลเซียส)	พ่นหมอกทำงาน
30/02/2561	12.00 น.	39	39	ทำงาน
15/03/2561	12.00 น.	38	35	ทำงาน
30/03/2561	12.00 น.	42	39	ทำงาน

จากการทดลองการทำงานของระบบพ่นหมอก (Automatic) ระบบพ่นหมอกจะพ่นหมอกไปทั่วบริเวณโรงเรือน หัวฉีดจะมีขนาดเล็กมากเพื่อให้พ่นละอองน้ำออกมามีความละเอียด เมื่อละอองน้ำพ่นออกไปจะไล่อากาศที่ร้อน ลดอุณหภูมิเพิ่มความชื้น เนื่องจากตัวพ่นละอองน้ำมีขนาดเล็กมากแรงดันน้ำปกติไม่สามารถดันน้ำได้จึงจำเป็นต้องใช้มอเตอร์ปั้มน้ำ จำเป็นต้องมีตัวกรองน้ำเข้าเพื่อกรองตะกอนโดยจะทำงานควบคู่กับเซนเซอร์อุณหภูมิภายในเป็นตัวตรวจสอบในการทำงาน

3. การทดลองการทำงานของระบบม่านบังแสง (Automatic)

ทำการทดลองวัดอุณหภูมิภายในโรงเรือนโดยจะมีเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ 1 ตัว ทำการวัดค่า เมื่ออุณหภูมิมากกว่า 40 องศาเซลเซียสขึ้นไป ม่านบังแสงจะทำการเลื่อนเปิดออกมา และเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส ม่านจะการเลื่อนเก็บ และหยุดทำงาน

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการทำงานของระบบม่านบังแสง Automatic (เซนเซอร์อยู่ใต้หลังคา)

วันที่	เวลา	อุณหภูมิใต้หลังคา (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิใต้ม่าน (องศาเซลเซียส)	ม่านบังแสงทำงาน
25/04/2561	12.00 น.	39	38	-
26/04/2561	12.00 น.	42	41	ทำงาน
27/04/2561	12.00 น.	38	37	-

จากการทดลองการทำงานของระบบม่านบังแสง (Automatic) พบว่า เซนเซอร์สามารถทำการตรวจสอบค่าอุณหภูมิตามที่กำหนดไว้ และเมื่อค่าอุณหภูมิไม่ตรงกับที่กำหนดเซนเซอร์จะสั่งงานไปยังระบบ ให้ระบบควบคุมทำการสั่งให้ระบบม่านบังแสงทำงาน เมื่อค่าอุณหภูมิตรงกับที่กำหนด ระบบจะสั่งให้ระบบม่านบังแสงหยุดทำงาน

4. การทดลองการวัดปุ๋ย (Manual)

ทำการใส่น้ำที่ถึง 50 ลิตร จำนวน 2 ถัง ใส่ปุ๋ย A ในปริมาณ 110 มิลลิลิตร ลงไปก่อนแล้วทำการผสมปุ๋ย A กับน้ำเพื่อให้เกิดการกระจายตัวของปุ๋ย A เมื่อปุ๋ย A กับน้ำผสมกันดีแล้วให้ใส่ปุ๋ย B ตามลงไป ในปริมาณ 110 มิลลิลิตรเท่ากัน แล้วทำการผสมปุ๋ย B ให้เข้ากันกับน้ำเพื่อให้เกิดการกระจาย เมื่อผสมปุ๋ย A และ ปุ๋ย B แล้ว วัดค่าปุ๋ย (EC) จะได้ 2.08 $\mu\text{S}/\text{cm}$ จากนั้นจึงเริ่มทำการวัดค่าปุ๋ยในทุกๆ 2 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการวัดปุ๋ย (Manual)

วันที่	เวลา	ค่าEC($\mu\text{S}/\text{cm}$)	ค่า EC ที่ลดลง ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	ปริมาณปุ๋ยที่ เติม (ml)	อื่นๆ
05/05/2561	09.00 น.	2141	0.004	250	-
	10.00 น.	2138	0.003	-	-
	11.00 น.	2134	0.004	-	-
	12.00 น.	2129	0.005	-	-
	13.00 น.	2124	0.005	-	-

จากการทดลองการวัดปุ๋ย (Manual) พบว่า การวัดปุ๋ยในแต่ละช่วงเวลาจะมีการสูญเสียของค่า EC ไปเฉลี่ยครั้งละ 0.004 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ต่อ 1 ชั่วโมง และในแต่ละวันค่าปุ๋ยจะลดลงเฉลี่ยวันละ 0.100-0.120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ต่อ 1 วัน ซึ่งในแต่ละวันจะวัดค่าได้ไม่เท่ากัน เพราะ อุณหภูมิเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ค่าความ

เข้มของปุ๋ยสูงขึ้น ถ้าอุณหภูมิสูงจะทำให้ค่าความเข้มของปุ๋ยมากขึ้น ขณะเดียวกันถ้าอุณหภูมิต่ำค่าความเข้มของปุ๋ยจะค่าเฉลี่ยคงที่

5. การทดลองการวัดปุ๋ยของระบบจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติ (Automatic)

ทำการใส่น้ำที่ถึง 50 ลิตร จำนวน 2 ถัง ใส่ปุ๋ย A ในปริมาณ 125 มิลลิกรัมและปุ๋ย B ในปริมาณ 125 มิลลิกรัมเท่ากัน โดยที่ใส่ปุ๋ย A ลงไปก่อนแล้วคนน้ำให้เกิดการกระจายตัวของปุ๋ย แล้วทำการใส่ปุ๋ย B ลงไปและคนน้ำให้เกิดการกระจาย วัดค่าปุ๋ย (EC) จะได้ 2141 $\mu\text{S}/\text{cm}$ จากนั้นจึงเริ่มทำการวัดค่าปุ๋ยในทุก 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการวัดปุ๋ยของระบบจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติ (Automatic)

วันที่	เวลา	ค่า EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	ปริมาณปุ๋ยที่เติม (ml.)	อื่นๆ
05/05/2561	09.00 น.	2.25	250	-
	10.00 น.	2.24	-	-
	11.00 น.	2.23	-	-
	12.00 น.	2.22	-	-
	13.00 น.	2.21	-	-

จากการทดลองการวัดปุ๋ยของระบบจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติ (Automatic) พบว่า การวัดปุ๋ยในแต่ละช่วงเวลาจะมีการสูญเสียของค่า EC ไปเฉลี่ยครั้งละ 0.01 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ต่อ 1 ชั่วโมง ซึ่งในแต่ละครั้งจะวัดค่าได้ไม่เท่ากัน เพราะ อุณหภูมิเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ค่าความเข้มของปุ๋ยสูงขึ้น ถ้าอุณหภูมิสูงจะทำให้ค่าความเข้มของปุ๋ยมากขึ้น ขณะเดียวกันถ้าอุณหภูมิต่ำค่าความเข้มของปุ๋ยจะค่าเฉลี่ยคงที่

6. การทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ตัวอย่างในโรงเรือน

ผักสลัดกรีนโอ๊ค เป็นผักสลัดที่มีลักษณะเป็นพุ่มเตี้ย ใบมีสีเขียวอ่อน ปลายใบมนกลม ขอบใบเป็นริ้ว เนื้อมีความนุ่มนวล นิยมรับประทานเป็นผักสดประเภทสลัดต่าง ๆ รวมถึงนำมาประดับจานอาหารเพื่อความสวยงาม

ผักสลัดกรีนโอ๊ค เป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิต่ำ

- อุณหภูมิในการเพาะเมล็ด 16 -20 องศา C

- อุณหภูมิที่เหมาะสมในการปลูก 18 – 25 องศา C
- อายุการเก็บเกี่ยว 40 – 45 วัน

ในใบสัลดกรีนโอ๊ค ประกอบด้วยวิตามินซี เป็นจำนวนมาก และยังมีเส้นใยอาหารสูงช่วยให้ระบบขับถ่ายเป็นปกติ

ตารางที่ 4.6 การทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ตัวอย่างในโรงเรือน

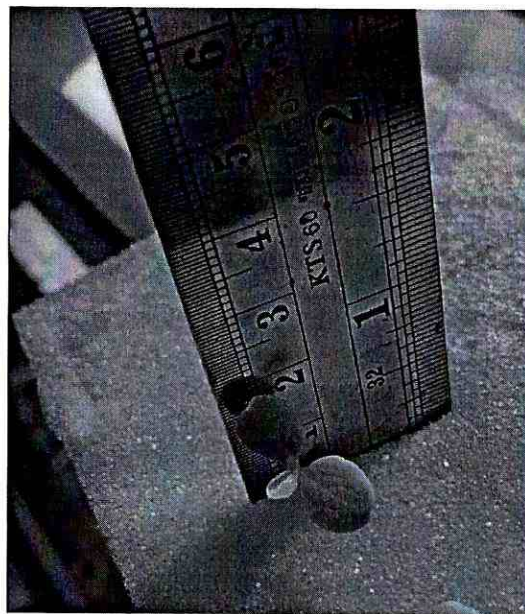
วันที่	ความยาว	จำนวนวันที่ปลูก	ศัตรูพืช	อื่นๆ
9/10/2561	5 mm.	3 วัน	-	-
13/10/2561	18 mm.	7 วัน	-	-
21/10/2561	40 mm.	15 วัน	-	-
5/11/2561	62 mm.	30 วัน	-	-
20/11/2561	140 mm.	45 วัน	-	-

จากการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ตัวอย่างในโรงเรือน แล้วพบว่าผักมีลักษณะเป็นพุ่มเตี้ย ใบขึ้นซ้อนกันเป็นชั้นๆ ขอบใบมีลักษณะเป็นริ้ว ผิวใบนุ่มนวลจะมีความหนาและแข็ง ไม่มีศัตรูพืชมารบกวน และเจริญเติบโตได้ดีเมื่อได้รับแสงตามที่ผักต้องการ



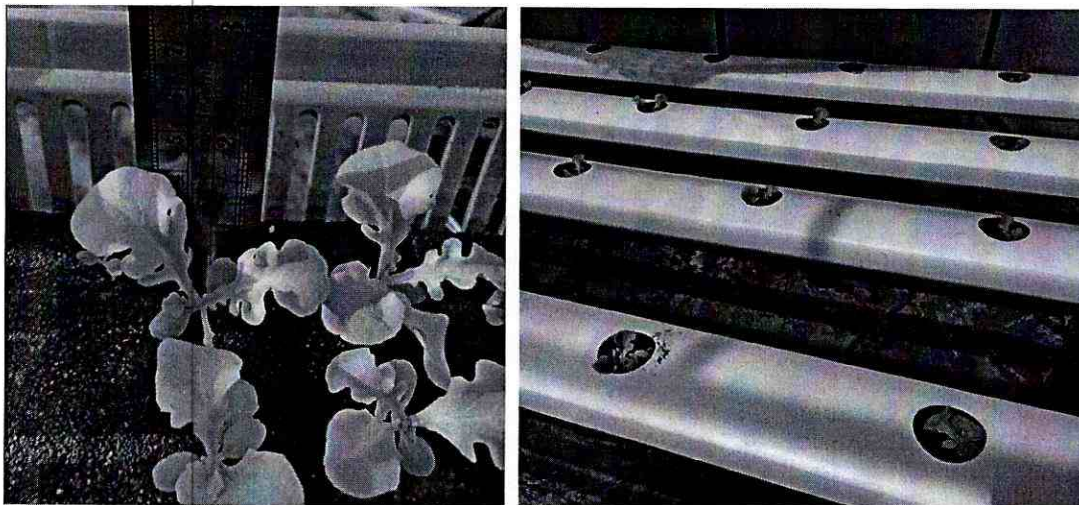
ภาพที่ 4.1 ผักอายุครบ 3 วัน

จากการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ผักสลัดกรีนโอ๊ค พบว่าเมื่อเพาะเมล็ดลงในฟองน้ำ แล้วนำไปไว้ในกล่องโฟมเพื่อรักษาอุณหภูมิ พบว่าเมื่อผักอายุครบ 3 วัน ผักสลัดกรีนโอ๊คจะงอกขึ้นมา โดยที่ลำต้นจะสูงประมาณ 5 มิลลิเมตร เมื่อครบ 3 วันแล้วจึงนำผักลงบ่ออนุบาล



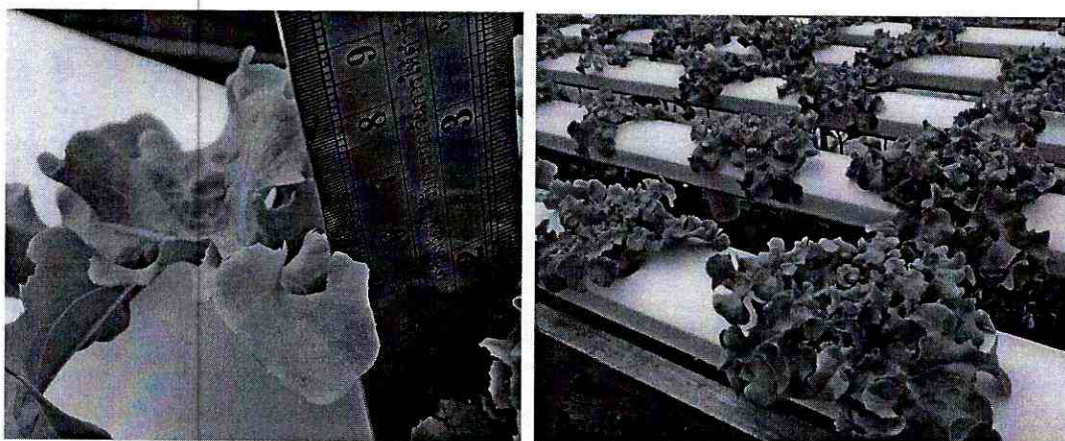
ภาพที่ 4.2 ผักอายุครบ 7 วัน

จากการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ผักสลัดกรีนโอ๊ค ในโรงเรือน พบว่า อนุบาลผักครบ 7 วัน ผักเจริญเติบโตได้ดี มีใบผลิออกมา 3 ใบ ลำต้นสูง 18 มิลลิเมตร



ภาพที่ 4.3 ผักอายุครบ 15 วัน ใส่ลงรางผัก

จากการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ตัวอย่างในโรงเรือนพบว่า เมื่อผักอายุครบ 15 วัน ผักเจริญเติบโตได้ดี มีลักษณะเป็นพุ่มเตี้ย ใบมีสีเขียวอ่อน ปลายใบมนกลม ขอบใบเป็นริ้ว ลำต้นสูง 40 มิลลิเมตร สามารถนำไปลงรางปลูกได้เลย



ภาพที่ 4.4 ผักอายุครบ 30 วัน

จากการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ตัวอย่างในโรงเรือนพบว่า เมื่อผักอายุครบ 30 วัน ผักเจริญเติบโตได้ดี จะมีลักษณะเป็นพุ่มเตี้ย ใบมีสีเขียวอ่อน ปลายใบมนกลม ขอบใบเป็นริ้ว สูง 62 มิลลิเมตร



ภาพที่ 4.5 ผักอายุครบ 45 วัน

จากการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ตัวอย่างในโรงเรือนพบว่า เมื่อผักอายุครบ 45 วัน ผักเจริญเติบโตได้ดี จะมีลักษณะเป็นพุ่มเตี้ย ใบมีสีเขียวอ่อน ปลายใบมนกลม ขอบใบเป็นริ้ว สูง 140 มิลลิเมตร

บทที่ 5

สรุปผล

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดควบคุมโรงเรือนระบบอัจฉริยะด้วยสมองกลฝังตัวสำหรับเกษตรกร จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้จัดทำขึ้นเพื่อต้องการนำเทคโนโลยีด้านอิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์เซนเซอร์ต่าง ๆ เพื่อช่วยเพิ่มมูลค่า ลดต้นทุนในการผลิต ลดการใช้สารเคมี โดยการนำระบบตรวจวัดและควบคุมโดยใช้เซนเซอร์ในการควบคุมแสง ควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือน ควบคุมค่า pH และ ค่า EC ทำให้ง่ายต่อการเพาะปลูก ลดปริมาณค่าแรงงานและเวลาที่เสียไป ทำให้ง่ายต่อการดูแลรักษา โดยได้สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ ดังนี้

สรุป

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดควบคุมโรงเรือนระบบอัจฉริยะด้วยสมองกลฝังตัวสำหรับเกษตรกร จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้จัดทำขึ้นเพื่อต้องการนำเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ เซนเซอร์ต่างๆ เข้ามาช่วยเกษตรกร ดังนั้นจึงได้นำหลักการของเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ให้ทำการตรวจสอบการทำงานของโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ (Automatic hydroponics control system) เพื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูล โดยการนำมาพัฒนาโรงเรือนระบบเปิด เพื่อให้ได้ผลผลิตมากขึ้นและนำไปปฏิบัติงานได้จริง โดยทางคณะผู้จัดทำได้จัดทำโรงเรือนระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติ (Automatic hydroponics control system) เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิภายในโรงเรือน ตรวจสอบปริมาณความเข้มข้นแสง พร้อมทั้งระบบควบคุมการจ่ายปุ๋ย ด้วยระบบเซนเซอร์และคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนแบบอัตโนมัติได้ สามารถควบคุมความเข้มข้นได้ และสามารถควบคุมการจ่ายปุ๋ยแบบอัตโนมัติได้

จากผลการทดลองของระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินแบบอัตโนมัติสามารถควบคุมความเข้มแสง การจ่ายปุ๋ย การพ่นหมอกได้จริง โดยจากผลการทดลองการทำงานของระบบความเข้มแสง (Automatic) พบว่าเซนเซอร์สามารถทำการตรวจสอบค่าอุณหภูมิตามที่กำหนดไว้ คือ 40 องศาเซลเซียส และเมื่อค่าอุณหภูมิไม่ตรงกับที่กำหนดเซนเซอร์จะสั่งงานไปยังระบบ ให้ระบบควบคุมทำการสั่งให้ระบบความเข้มแสงหยุดทำงานผลจากการทดลองการทำงานของระบบพ่นหมอก (Automatic) ระบบพ่นหมอกจะพ่นหมอกไปทั่วบริเวณโรงเรือน เมื่อตรวจสอบค่าอุณหภูมิตามที่กำหนดไว้ได้ คือ 35 องศาเซลเซียส และเมื่อละอองน้ำพ่นออกไปจะไล่อากาศที่ร้อน เพื่อลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นให้แก่โรงเรือน จากการทดลองการทำงานของระบบควบคุมการจ่ายปุ๋ยซึ่งใช้มือทำ (Manual) ในแต่ละวันค่าปุ๋ยจะลดลงเฉลี่ยวันละ 0.100-0.120 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ต่อ 1 วัน และการทดลองการวัดปุ๋ยของระบบจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติ (Automatic) พบว่าการวัดปุ๋ยในแต่ละช่วงเวลาจะมีการสูญเสียของค่า EC ไปเฉลี่ยครั้งละ 0.01 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ต่อ 1 ชั่วโมงซึ่ง

ในแต่ละวันจะวัดค่าได้ไม่เท่ากัน เพราะอุณหภูมิเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ค่าความเข้มข้นของปุ๋ยสูงขึ้น ถ้าอุณหภูมิสูงจะทำให้ค่าความเข้มข้นของปุ๋ยมากขึ้น ขณะเดียวกันถ้าอุณหภูมิต่ำค่าความเข้มข้นของปุ๋ยจะค่าเฉลี่ยคงที่ และผลการทดลองการเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิคส์สำหรับการทดสอบตัวอย่าง “ผักสลัด” ในโรงเรือนมีการเจริญเติบโตตามวัยและสามารถเก็บเกี่ยวได้ในระยะเวลาที่กำหนดไว้ จากผลที่ได้เมื่อทำการวิเคราะห์แล้วพบว่าผักมีลักษณะเป็นพุ่มเตี้ย ใบขึ้นซ้อนกันเป็นชั้นๆ ขอบใบมีลักษณะเป็นริ้ว ผิวใบนุ่มนวลจะมีความหนาและแข็ง ไม่มีศัตรูพืชมารบกวน และเจริญเติบโตได้ดีเมื่อได้รับแสงตามที่ผักต้องการ

อภิปรายผล

1.1 การทำงานของเซนเซอร์ระบบควบคุมม่านบังแสง

จากการทดลองการทำงานของเซนเซอร์ระบบควบคุมม่านบังแสง ครั้งที่ 1 วันที่ 25/04/2561 เวลา 12.00 น. พบว่ามีอุณหภูมิได้หลังคา 39 องศา และอุณหภูมิได้ม่าน 38 องศา เป็นผลให้ม่านบังแสงไม่ทำงาน

จากการทดลองการทำงานของเซนเซอร์ระบบควบคุมม่านบังแสง ครั้งที่ 2 วันที่ 26/04/2561 เวลา 12.00 น. พบว่ามีอุณหภูมิได้หลังคา 42 องศา และอุณหภูมิได้ม่าน 41 องศา เป็นผลให้ม่านบังแสงทำงาน

จากการทดลองการทำงานของเซนเซอร์ระบบควบคุมม่านบังแสง ครั้งที่ 3 วันที่ 27/04/2561 เวลา 12.00 น. พบว่ามีอุณหภูมิได้หลังคา 38 องศา และอุณหภูมิได้ม่าน 37 องศา เป็นผลให้ม่านบังแสงไม่ทำงาน

จากการทดลองการทำงานของระบบม่านบังแสง (Automatic) พบว่าเซนเซอร์สามารถทำการตรวจสอบค่าอุณหภูมิตามที่กำหนดไว้ คือ 40 องศาเซลเซียส เมื่อค่าอุณหภูมิมากกว่า 40 องศาเซลเซียสขึ้นไป เซนเซอร์จะเริ่มทำงานตามคำสั่งที่ Arduino กำหนดไว้ และเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส เซนเซอร์จะสั่งให้ม่านบังแสงไม่ทำงาน

1.2 การทำงานของเซนเซอร์ระบบพ่นหมอก

จากการทดลองการทำงานของเซนเซอร์ระบบพ่นหมอก ครั้งที่ 1 วันที่ 30/02/2561 เวลา 12.00 น. พบว่ามีอุณหภูมิภายนอก 39 องศา และอุณหภูมิภายใน 39 องศา เป็นผลทำให้ระบบพ่นหมอกทำงาน

จากการทดลองการทำงานของเซนเซอร์ระบบพ่นหมอก ครั้งที่ 2 วันที่ 15/03/2561 เวลา 12.00 น. พบว่ามีอุณหภูมิภายนอก 38 องศา และอุณหภูมิภายใน 35 องศา เป็นผลทำให้ระบบพ่นหมอกทำงาน

จากการทดลองการทำงานของเซนเซอร์ระบบพ่นหมอก ครั้งที่ 3 วันที่ 30/03/2561 เวลา 12.00 น. พบว่ามีอุณหภูมิภายนอก 42 องศา และอุณหภูมิภายใน 39 องศา เป็นผลทำให้ระบบพ่นหมอกทำงาน

จากการทดลองการทำงานของระบบพ่นหมอก (Automatic) ระบบพ่นหมอกจะพ่นหมอกไปทั่วบริเวณโรงเรือน เมื่อตรวจสอบค่าอุณหภูมิตามที่กำหนดไว้ได้ คือ 35 องศาเซลเซียส และเมื่อละอองน้ำพ่นออกไปจะไล่อากาศที่ร้อน เพื่อลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้น

1.3 การทำงานของระบบควบคุมการจ่ายปุ๋ยซึ่งใช้มือทำ (Manual)

จากการทดลองการทำงานของระบบควบคุมการจ่ายปุ๋ยซึ่งใช้มือทำ (Manual) วันที่ 15/05/2561 เวลา 9.00 น. พบว่ามีค่า ค่า EC เท่ากับ 2.141 $\mu\text{S}/\text{cm}$ และ ค่า EC ที่ลดลง เท่ากับ 0.004 $\mu\text{S}/\text{cm}$ และปริมาณปุ๋ยที่เติม เท่ากับ 250 ml

เวลา 10.00 น. พบว่ามีค่า ค่า EC เท่ากับ $2.138 \mu\text{S}/\text{cm}$ และ ค่า EC ที่ลดลง เท่ากับ $0.003 \mu\text{S}/\text{cm}$ และไม่มีการเติมปุ๋ย

เวลา 11.00 น. พบว่ามีค่า ค่า EC เท่ากับ $2.134 \mu\text{S}/\text{cm}$ และ ค่า EC ที่ลดลง เท่ากับ $0.004 \mu\text{S}/\text{cm}$ และไม่มีการเติมปุ๋ย

เวลา 12.00 น. พบว่ามีค่า ค่า EC เท่ากับ $2.129 \mu\text{S}/\text{cm}$ และ ค่า EC ที่ลดลง เท่ากับ $0.005 \mu\text{S}/\text{cm}$ และไม่มีการเติมปุ๋ย

เวลา 13.00 น. พบว่ามีค่า ค่า EC เท่ากับ $2.124 \mu\text{S}/\text{cm}$ และ ค่า EC ที่ลดลง เท่ากับ $0.005 \mu\text{S}/\text{cm}$ และไม่มีการเติมปุ๋ย

จากการทดลองการทำงานของระบบควบคุมการจ่ายปุ๋ยซึ่งใช้มือทำ (Manual) การวัดปุ๋ยในแต่ละช่วงเวลาจะมีการสูญเสียของค่า EC ไปเฉลี่ยครั้งละ $0.004 \mu\text{S}/\text{cm}$ ต่อ 1 ชั่วโมง และในแต่ละวันค่าปุ๋ยจะลดลงเฉลี่ยวันละ $0.100\text{--}0.120 \mu\text{S}/\text{cm}$ ต่อ 1 วัน ซึ่งในแต่ละวันจะวัดค่าได้ไม่เท่ากัน เพราะ อุณหภูมิเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ค่าความเข้มข้นของปุ๋ยสูงขึ้น ถ้าอุณหภูมิสูงจะทำให้ค่าความเข้มข้นของปุ๋ยมากขึ้น ขณะเดียวกันถ้าอุณหภูมิต่ำค่าความเข้มข้นของปุ๋ยจะค่าเฉลี่ยคงที่

1.4 การทำงานของเซนเซอร์ระบบควบคุมการจ่ายปุ๋ยแบบอัตโนมัติ (Automatic)

จากการทดลองการทำงานของเซนเซอร์ระบบควบคุมการจ่ายปุ๋ยแบบอัตโนมัติ (Automatic) วันที่ 5/03/2561

เวลา 9.00 น. พบว่ามีค่า ค่า EC เท่ากับ $2.25 \mu\text{S}/\text{cm}$ และ ค่า EC ที่ลดลง เท่ากับ $0.01 \mu\text{S}/\text{cm}$ และปริมาณปุ๋ยที่เติม เท่ากับ 250 ml

เวลา 10.00 น. พบว่ามีค่า ค่า EC เท่ากับ $2.24 \mu\text{S}/\text{cm}$ และ ค่า EC ที่ลดลง เท่ากับ $0.01 \mu\text{S}/\text{cm}$ และไม่มีการเติมปุ๋ย

เวลา 11.00 น. พบว่ามีค่า ค่า EC เท่ากับ $2.23 \mu\text{S}/\text{cm}$ และ ค่า EC ที่ลดลง เท่ากับ $0.01 \mu\text{S}/\text{cm}$ และไม่มีการเติมปุ๋ย

เวลา 12.00 น. พบว่ามีค่า ค่า EC เท่ากับ $2.22 \mu\text{S}/\text{cm}$ และ ค่า EC ที่ลดลง เท่ากับ $0.01 \mu\text{S}/\text{cm}$ และไม่มีการเติมปุ๋ย

เวลา 13.00 น. พบว่ามีค่า ค่า EC เท่ากับ $2.21 \mu\text{S}/\text{cm}$ และ ค่า EC ที่ลดลง เท่ากับ $0.01 \mu\text{S}/\text{cm}$ และไม่มีการเติมปุ๋ย

การทดลองการวัดปุ๋ยของระบบจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติ (Automatic) พบว่าการวัดปุ๋ยในแต่ละช่วงเวลาจะมีการสูญเสียของค่า EC ไปเฉลี่ยครั้งละ $0.01 \mu\text{S}/\text{cm}$ ต่อ 1 ชั่วโมงซึ่งในแต่ละครั้งจะวัดค่าได้ไม่เท่ากัน เพราะ อุณหภูมิเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ค่าความเข้มข้นของปุ๋ยสูงขึ้น ถ้าอุณหภูมิสูงจะทำให้ค่าความเข้มข้นของปุ๋ยมากขึ้น ขณะเดียวกันถ้าอุณหภูมิต่ำค่าความเข้มข้นของปุ๋ยจะค่าเฉลี่ยคงที่

1.5 การทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ตัวอย่าง“ผักสลัด” ในโรงเรือน

จากผลการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ตัวอย่าง“ผักสลัด” ในโรงเรือน

วันที่ 9/03/2561 พบว่าผักมีความยาว 5 mm. หลังจากมีการเจริญเติบโตมาแล้ว 3 วัน โดยไม่พบศัตรูพืช

วันที่ 13/03/2561 พบว่าผักมีความยาว 18mm. หลังจากมีการเจริญเติบโตมาแล้ว 7 วัน โดยไม่พบศัตรูพืช

วันที่ 21/03/2561 พบว่าผักมีความยาว 40mm. หลังจากมีการเจริญเติบโตมาแล้ว 15 วัน โดยไม่พบศัตรูพืช

วันที่ 5/04/2561 พบว่าผักมีความยาว 62mm. หลังจากมีการเจริญเติบโตมาแล้ว 30 วัน โดยไม่พบศัตรูพืช

วันที่ 20/04/2561 พบว่าผักมีการเจริญเติบโตเต็มที่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้ หลังจากมีการเจริญเติบโตมาแล้ว 45 วัน โดยไม่พบศัตรูพืช

จากการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ตัวอย่าง“ผักสลัด” ในโรงเรือน แล้วพบว่าผักมีลักษณะเป็นพุ่มเตี้ย ใบขึ้นซ้อนกันเป็นชั้นๆ ขอบใบมีลักษณะเป็นริ้ว ผิวใบนุ่มนวลจะมีความหนาและแข็ง ไม่มีศัตรูพืชมารบกวน และเจริญเติบโตได้ดีเมื่อได้รับแสงตามที่ผักต้องการ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากคณะผู้จัดทำเมื่อมีผู้สนใจมีความประสงค์จะนำไปพัฒนาต่อ

1.ควรมีการนำระบบไปทดลองกับผักชนิดอื่นทั้งแบบที่มีการปลูกในโรงเรือนและไม่มีการปลูกในโรงเรือน

2.ควรมีการศึกษาระบบควบคุมอื่นๆเพิ่มเติม เช่น การควบคุมและตรวจสอบผ่านสมาร์ทโฟน เพื่อนำมาปรับใช้กับระบบที่มีอยู่

3.ควรมีการทำโครงการให้ความรู้แก่เกษตรกรที่มีความสนใจและเปิดขายสำหรับผู้ที่ต้องการนำไปใช้