



EE03-แบบรายงานความก้าวหน้า

นักศึกษา  ปกติ  สมทบ

## รายงานความก้าวหน้าโครงการวิศวกรรมไฟฟ้า หลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

\*\*\*\*\*

### ชื่อโครงการ


(ภาษาไทย) โรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีระบบควบคุมงานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติ

(ภาษาอังกฤษ) Smart Rotary Watering System for Seedling Greenhouse

### ผู้จัดทำ

นางสาวธมลวรรณ บุญจุน รหัสนักศึกษา 164404130080 โทร. 093-5754618

นางสาวนิตา ชาติเป รหัสนักศึกษา 164404130081 โทร. 080-5437178

<p><b>ความเห็นอาจารย์ที่ปรึกษาพร้อม</b></p> <p>ได้ตรวจโครงการแล้ว เห็นควร</p> <p><input type="checkbox"/> อนุมัติให้สอบได้ <input type="checkbox"/> ปรับปรุงเนื้อหาหรือรูปแบบใหม่</p> <p>ลงชื่อ ..... (.....)</p>	<p><b>ความเห็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก</b></p> <p>ได้ตรวจโครงการแล้ว เห็นควร</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> อนุมัติให้สอบได้ <input type="checkbox"/> ปรับปรุงเนื้อหาหรือรูปแบบใหม่</p> <p>ลงชื่อ  ..... (<u>พ.อ.พิทักษ์ สว่างแก้ว</u>)</p>
---	--

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความสำคัญและที่มาของหัวข้อโครงการ

การเพาะต้นกล้าเป็นกระบวนการสำคัญในวงการเกษตรกรรม เนื่องจากเป็นขั้นตอนเริ่มต้นที่กำหนดคุณภาพของพืชที่จะปลูกในแปลงใหญ่ กระบวนการนี้มีต้นกำเนิดจากการทำเกษตรแบบดั้งเดิมที่ชาวสวนใช้ในการปลูกพืชในแปลงเล็กหรือเรือนเพาะชำก่อนที่จะย้ายไปปลูกในแปลงใหญ่ ปัจจุบันการพัฒนาการเพาะต้นกล้า ได้รับการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องตามวิวัฒนาการของเทคโนโลยี และความรู้ทางการเกษตร โดยเทคโนโลยีที่ทันสมัย เช่น การควบคุมสภาพแวดล้อมในการเพาะ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มแสงที่เหมาะสม ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มคุณภาพของต้นกล้า ทำให้พืชมีรากแข็งแรงและเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งส่งผลดีต่อผลผลิต และคุณภาพของพืชในอนาคต อีกทั้งเทคโนโลยีไร้สายยังมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความแม่นยำ และประสิทธิภาพในการควบคุมกระบวนการเพาะปลูกต้นกล้า ช่วยให้เกษตรกรสามารถจัดการปัจจัยต่าง ๆ ได้อย่างสะดวก ลดความเสี่ยงจากข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากการจัดการด้วยมือมนุษย์ ทำให้กระบวนการเพาะปลูกมีความแม่นยำ และประสิทธิภาพสูงขึ้น

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบ และพัฒนาโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีระบบควบคุมงานหมุนเวียนซึ่งให้น้ำอัตโนมัติเป็นเทคโนโลยีที่มีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการรดน้ำในโรงเรือนเพาะต้นกล้า ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถควบคุมกำหนดระยะเวลาการให้น้ำอย่างแม่นยำ และตรวจสอบคุณภาพการปลูกผ่านระบบไร้สาย ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการน้ำ และช่วยเพิ่มคุณภาพของต้นกล้าให้ดียิ่งขึ้น ระบบดังกล่าวสามารถรองรับการเพาะต้นกล้าจำนวนไม่น้อยกว่า 2,000 ต้น สามารถตรวจสอบ และปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการปลูก เช่น คุณภาพแสง และปริมาณน้ำให้เหมาะสมกับพืชกลุ่มผักกินใบ และผักสลัด การออกแบบนี้ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตต้นกล้าที่มีคุณภาพสูงเท่านั้น แต่ยังช่วยให้เกษตรกรสามารถจัดการแปลงเพาะปลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการใช้เทคโนโลยีไร้สายในการควบคุมและตรวจสอบยังช่วยให้เกษตรกรสามารถติดตาม ปรับปรุงกระบวนการเพาะปลูกได้อย่างสะดวกสบายและมีประสิทธิภาพสูงสุด

## 1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาและออกแบบระบบงานหมუნเหวียงอัตโนมัติ สำหรับการเพาะต้นกล้าภายในโรงเรือน
- 1.2.2 พัฒนาระบบควบคุมงานหมუნเหวียงให้น้ำอัตโนมัติผ่านระบบไร้สาย
- 1.2.3 เพื่อศึกษาการเพาะต้นอ่อนพืชกลุ่มผักกินใบและผักสลัด
- 1.2.4 สามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับเกษตรกรรายขนาดเล็กและครัวเรือน

## 1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 ออกแบบระบบควบคุมแบบไร้สายสำหรับโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีควบคุมงานหมუნเหวียงให้น้ำอัตโนมัติจำนวน 1 โรงเรือน ขนาดไม่น้อยกว่า  $2.5 \times 2.9 \times 2.2$  เมตร (กว้าง x ยาว x สูง)
- 1.3.2 ออกแบบงานหมუნเหวียงให้น้ำอัตโนมัติ อัตราการไหลของน้ำไม่น้อยกว่า 2,000 มิลลิลิตร ต่อ 1 นาที ต่อ 1 หัว จำนวน 2 ชุด
- 1.3.3 สามารถควบคุมงานหมუნเหวียงให้น้ำอัตโนมัติผ่านระบบไร้สายไม่น้อยกว่า 3 โปรแกรม พร้อมระบบแจ้งเตือนและคำแนะนำเมื่อสภาพแสงและความชื้นไม่เหมาะสม
- 1.3.4 ระบบสามารถเพาะต้นกล้าไม่น้อยกว่า 2,000 ต้น
- 1.3.5 แสดงข้อมูลวัน เดือน ปี เวลา อุณหภูมิ ปริมาณแสง ความชื้นในโรงเรือน และบันทึกข้อมูลย้อนหลังได้ไม่น้อยกว่า 1 สัปดาห์

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ได้องค์ความรู้ในการออกแบบโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีให้น้ำงานหมუნเหวียงอัตโนมัติควบคุมด้วยระบบไร้สายผ่านสมาร์ทโฟน
- 1.4.2 ประหยัดแรงงาน ลดต้นทุนการผลิต
- 1.4.3 ได้พัฒนา และยกระดับผลผลิตต้นกล้าของเกษตรกรไทยในระดับอุตสาหกรรมขนาดย่อม เพื่อนำไปสู่อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ได้

## บทที่ 2 งานวิจัย และทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1.1 ศึกษาประสิทธิภาพของ ULEM เพื่อการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูกล้วยไม้บางชนิด

ศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องพ่นสารประกอบหัวฉีด ULEM ในการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟในกล้วยไม้และข้าวที่จังหวัดสมุทรสาคร นครปฐม และสุพรรณบุรีระหว่าง เดือนสิงหาคม 2549 ถึง มิถุนายน 2550 โดยทำการศึกษาทางด้านกายภาพ และนำผลที่ได้ไปศึกษาทางด้านประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงผลการทดลองพบว่าหัวฉีด ULEM และ CDA พ่นแบบน้ำน้อยอัตราพ่น 30-40 ลิตร/ไร่ด้วยสารฆ่าแมลง imidacloprid อัตราเนื้อสารบริสุทธิ์ 15 กรัม/ไร่ พ่นทุก 4 วัน เพื่อป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟฝ้าย (Thrips palmi Karny) ให้ผลดีเทียบเท่ากับการพ่นแบบน้ำมากอัตราพ่น 120 ลิตร/ไร่ แต่แตกต่างจากกรรมวิธีไม่พ่นสาร การศึกษาประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงในกลุ่ม neonicotinoid ด้วยหัวฉีด ULEM พบว่าสารฆ่าแมลง imidacloprid อัตราเนื้อสารบริสุทธิ์ 16 กรัม/ไร่ ให้ผลดีเทียบเท่าวิธีการพ่นแบบน้ำมาก การทดลองพ่นป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟข้าว (Stenchaetothrips biformis Bagnall) ด้วยหัวฉีด ULEM และ CDA พบว่าสารฆ่าแมลง imidacloprid อัตราเนื้อสารบริสุทธิ์ 2-3 กรัม/ไร่ ให้ผลดีเทียบเท่ากับการพ่นแบบผสมน้ำมาก จากการทดลองพบว่าหัวฉีด ULEM สามารถใช้ป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟในกล้วยไม้ และข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดการใช้สารฆ่าแมลงในกล้วยไม้ได้อย่างน้อย 30 เปอร์เซ็นต์ [1]

#### 2.1.2 การควบคุมสภาพอากาศอัตโนมัติในโรงเรือนเพาะปลูกด้วยระบบพ่นหมอก

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นในโรงเรือนแบบพ่นหมอก และทดสอบหาค่าสมรรถนะของโรงเรือนต้นแบบที่สร้างขึ้น การลดอุณหภูมิในโรงเรือนอาศัยการพ่นหมอก เพื่อทำให้เกิดกระบวนการระเหยน้ำด้วยความร้อนแฝง และใช้พัดลมช่วยในการระบายอากาศขึ้นออกจากโรงเรือนพร้อมกับนำอากาศใหม่เข้ามาแทนที่ ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino Mega 2560) ที่โปรแกรมการทำงานด้วยสมการสมดุลความชื้นของอากาศที่พัฒนาขึ้นในการควบคุมการทำงานของหัวพ่นหมอกร่วมกับการระบายอากาศด้วยพัดลม โดยใช้เซนเซอร์ตรวจวัด อุณหภูมิ และความชื้น (DHT22) ภายใน และภายนอกโรงเรือน ต้นแบบโรงเรือนมีขนาดกว้าง 4 เมตรยาว 8 เมตร และสูง 3 เมตร ติดตั้งปั้มน้ำความดันสูงขนาด 12 บาร์ และหัวพ่นหมอกขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางรู 0.1 มิลลิเมตร จำนวน 18 หัว พัดลมหมุนเวียนอากาศในโรงเรือน 2 ตัว และพัดลมระบายอากาศออกจากโรงเรือน 4 ตัว ศึกษากระบวนการที่พัฒนาขึ้นในกรณีดังต่อไปนี้ 1) การพ่นหมอกด้วยน้ำ อุณหภูมิปกติ และน้ำเย็นอุณหภูมิ

ประมาณ 15°C 2) การใช้ และไม่ใช้मानพร่างแสงบนหลังคาโรงเรือน ผลการทดสอบระบบควบคุมที่พัฒนาขึ้น พบว่าโรงเรือนที่ไม่ได้ติดमानพร่างแสงมีอุณหภูมิภายในโรงเรือนมากกว่า 40°C และการติดตั้ง मानพร่างแสงช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนเฉลี่ยให้ต่ำกว่า 40°C ได้ การพ่นหมอกด้วยน้ำอุณหภูมิปกติ ร่วมกับमानพร่างแสงจะมีค่า COP สูงที่สุด 5.64 การไม่ใช้मानพร่างแสงจะทำให้ระบบมีความสามารถในการระเหยน้ำเฉลี่ยสูงที่สุด 99.36% และการใช้น้ำเย็นในระบบพ่นหมอกเป็นผลให้มีความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 0.72 kWh ต่อวัน [2]

### 2.1.3 ผลของระบบการควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอม

การปลูกผักกาดหอมในระบบโรงเรือนที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้จะทำให้สามารถผลิตผักกาดหอมได้ตลอดทั้งปีแม้ในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาระบบการควบคุมอุณหภูมิที่แตกต่างกันต่อการผลิตผักกาดหอม 4 พันธุ์ ในระบบโรงเรือน วางแผนการทดลองแบบบล็อคกลุ่มสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 5 ซ้ำ (บล็อก) ประกอบด้วย 4 สิ่งทดลอง ได้แก่ 1. ไม่เปิดระบบใด (ควบคุม) 2. ระบบพ่นหมอกไอน้ำร่วมกับพัดลม 3. ระบบพ่นหมอกไอน้ำร่วมกับพร่างแสง และ 4. ระบบพ่นหมอกไอน้ำ พัดลม และพร่างแสง โดยพบว่า การเปิดระบบควบคุมอุณหภูมิด้วยระบบพ่นหมอกไอน้ำร่วมกับพัดลม ทำให้ผักกาดหอมพันธุ์กรีนคอส, เรดโอ๊ค และฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก มีการเจริญเติบโต และปริมาณผลผลิตในส่วนเหนือดินมากที่สุด คือ 80.82, 52.65 และ 47.51 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ในขณะที่การเปิดระบบพ่นหมอกไอน้ำ พัดลม และพร่างแสง ทำให้แบตเตอรี่เฮดมีปริมาณผลผลิตมากที่สุด คือ 76.31 กรัมต่อต้น ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับการเลือกใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิในระบบโรงเรือนให้เหมาะสมต่อการผลิตผักกาดหอมในแต่ละพันธุ์เพื่อให้ผลผลิตเป็นไปตามความต้องการของตลาด และสามารถผลิตผักกาดหอมได้ตลอดทั้งปี [3]

## 2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.2.1 ผักกาดหอม (Lettuce)

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Lactuca sativa* L.

วงศ์: Asteraceae หรือ Compositae

#### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ผักกาดหอมเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย และยุโรป โดยเป็นพืชฤดูเดียวที่มีลำต้นอวบสั้น และช่วงข้อถี่ ใบจะเจริญจากข้อในลักษณะกลุ่ม ซึ่งอาจห่อหัวหรือไม่ห่อหัว ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของผักกาดหอม ลักษณะของใบ และสีของใบจะมีความหลากหลาย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ โดยบางพันธุ์มีใบหนาแข็ง ขณะที่บางพันธุ์มีใบอ่อนนุ่ม และมีสีแตกต่างกันตั้งแต่สีเขียวอ่อนจนถึงสีเขียวเข้ม, สีน้ำตาลปนแดง, สีแดง และสีน้ำตาล ตัวอย่างเช่น ผักกาดแก้ว ซึ่งมีลักษณะใบที่ห่อหัวซ้อนกันเป็นหัวกลม ใบบาง และกรอบ ขอบใบหยักมีสีเขียวอ่อน หรือผักกาดหอมใบแดงที่มีลักษณะเป็นพันธุ์ไม่ห่อหัว ใบหยักเป็นคลื่น และขอบใบหยักมีสีเขียวปนแดง ผักกาดหอมมีระบบรากแก้วที่สามารถเจริญเติบโตลงไปในดินอย่างรวดเร็ว ช่อดอกเป็นแบบ panicle สูงประมาณ 2-4 ฟุต ประกอบด้วยดอก 10-25 ดอกต่อช่อ เป็นดอกสมบูรณ์เพศที่มีสีเหลือง หรือขาวปนเหลือง ดอกจะบานในช่วงเช้า และบานในระยะสั้น โดยเฉพาะในช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำ

#### วิธีการเพาะปลูก

ผักกาดหอมสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินร่วน แต่ยังสามารถปลูกได้ในดินหลายชนิด โดยดินที่ใช้ปลูกควรมีการระบายน้ำได้ดีและมีค่า pH ประมาณ 6.5-7 การปลูกสามารถทำได้โดยการขุดดินเป็นร่องตื้น และหว่านเมล็ดลงไป จากนั้นควรรดน้ำวันละ 2 ครั้ง คือ เช้า และเย็นอย่างสม่ำเสมอ หลังจากผักกาดหอมงอกแล้ว อาจจำเป็นต้องทำการย้ายกล้า เพื่อไม่ให้กล้าหลายต้นอยู่ใกล้กันเกินไป เนื่องจากผักกาดหอมเป็นพืชที่ไม่ค่อยมีแมลงรบกวน จึงไม่จำเป็นต้องใช้ยาฆ่าแมลง แมลงศัตรูพืชที่พบได้แก่ เพลี้ย และหนอนกระทู้หอม ซึ่งมักพบในฤดูหนาวในพื้นที่ภาคกลาง และภาคเหนือ โดยผักกาดหอมสามารถเก็บเกี่ยวได้ในระยะเวลา 40-50 วันหลังการปลูก [4]



รูปที่ 2.1 ผักกาดหอม (Lettuce)

( ที่มา: <https://www.morningfooddelivery.com/product/173007-167853> )

## 2.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นส่วนหนึ่งที่ถูกฝังอยู่ในระบบมีหน้าประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากส่วนต่อพ่วงอินพุต/เอาต์พุต (Input / Output: I/O) โดยใช้ความสามารถจากหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ที่อยู่บนแผงวงจรหลัก (Mainboard) ในส่วนของข้อมูลต่าง ๆ ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับจะถูกเก็บเอาไว้ในหน่วยความจำชั่วคราวซึ่งเป็นส่วนที่ CPU เข้ามาดึงข้อมูลคำสั่งต่าง ๆ สำหรับนำไปใช้ถอดรหัสประมวลผลข้อมูลต่าง ๆ ที่เข้ามา แล้วจึงใช้ส่วน I/O สำหรับส่งการตามคำสั่งที่ได้รับ [5]

## 2.2.3 เอชทีเอ็มแอล (HTML: Hypertext Markup Language)

เอชทีเอ็มแอล คือภาษาเครื่องหมาย (Markup Language) หลักที่ใช้ในการสร้าง และกำหนดโครงสร้างเนื้อหาของเว็บเพจ หรือข้อมูลอื่น ๆ ที่สามารถเข้าถึงได้ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ในปัจจุบัน โดย HTML ใช้การจัดระเบียบเนื้อหาผ่านการใช้แท็ก (tags) ต่าง ๆ เช่น ข้อความ, รูปภาพ, ลิงก์, ตาราง และองค์ประกอบอื่น ๆ ที่ปรากฏบนหน้าเว็บไซต์

HTML มีบทบาทสำคัญในการกำหนดโครงสร้าง และความหมายของเนื้อหาบนหน้าเว็บ เช่น การระบุว่าข้อความใดควรแสดงเป็นหัวข้อ หรือส่วนใดที่ต้องการเป็นลิงก์ไปยังหน้าหรือเว็บไซต์อื่น ๆ อย่างไรก็ตาม HTML ไม่ได้มีหน้าที่ในการจัดการเรื่องการออกแบบ หรือรูปแบบการแสดงผล ซึ่งจะเป็นหน้าที่ของ CSS (Cascading Style Sheets) และการกำหนดพฤติกรรมหรือการทำงานของหน้านั้น ๆ จะเป็นการควบคุมโดย JavaScript [6]

## 2.3 อุปกรณ์ที่สำคัญ

### 2.3.1 ยูเล็ม

ยูเล็ม (ULEM) ย่อมาจาก *Ultra Low Energy Mist* โดย รศ.ดร. ปองวิทย์ ศิริโพธิ์ เป็นผู้คิดค้นและพัฒนาขึ้นเป็นคนแรกของโลก การทำงานของยูเล็มใช้หลักการสร้างหมอกน้ำจากแรงเหวี่ยงของจานหมุนโดยไม่ใช้หัวฉีด ทำให้ยูเล็มมีจุดเด่นกว่าระบบสปริงเกอร์ตรงที่สามารถใช้น้ำอะไรก็ได้ โดยไม่มีการอุดตัน อีกทั้งไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องปั้มน้ำ

ยูเล็มได้ถูกพัฒนาขึ้นมาหลายรุ่น จนถึงปัจจุบัน อาจารย์ปองวิทย์ และบ้านหัดได้แก้ไขข้อเสียของยูเล็มรุ่นก่อน ๆ และพัฒนาจานยูเล็มรุ่นใหม่ล่าสุด คือจานยูเล็มรุ่นที่มีขน ซึ่งขนจะขึ้นโดยรอบจาน ทำให้การทำงานของยูเล็มสามารถใช้งานได้หลากหลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งาน เช่น ใช้ให้ความชื้นในโรงเพาะเห็ด ใช้ให้ความชื้น และรดน้ำในเรือนกล้วยไม้ หรือใช้รดน้ำ ใส่ปุ๋ย ฉีดพ่นยาฆ่าแมลง ในแปลงผัก และใช้ลดความร้อนในปศุสัตว์ เป็นต้น

### การใช้ยูเล็มให้เหมาะสม

1. ไม่ใช้ยูเล็มทำงานอย่างต่อเนื่องเกินกว่า 2 ชั่วโมงต่อครั้ง และต้องพักไม่ต่ำกว่า 1 ชั่วโมง
2. ควรใช้ยูเล็มกับอุปกรณ์ควบคุมเวลา (Timer)
3. ยูเล็มใช้ไฟฟ้า 12 V DC และใช้กระแสไฟ 1.3 W
4. ไม่ใส่จานยูเล็มขณะที่ยูเล็มทำงานอยู่ [7]



รูปที่ 2.2 ยูเล็ม

(ที่มา: <https://banhed1.blogspot.com/p/ulem.html>)

### 2.3.2 บอร์ด ESP32

บอร์ด ESP32 มีความสามารถในการเชื่อมต่อไวไฟ และมีการใช้งานแพร่หลายในงาน IoT เช่น การเชื่อมต่อผ่านแอปพลิเคชัน Blynk หรือการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน Line เป็นต้น ESP32 มีจำนวนขา Analog และขา Digital มากกว่า ESP8266 นอกจากนี้ ESP32 ยังมีความละเอียดของ Analog Input ที่ 12-bit ซึ่งมีความละเอียดมากกว่า Arduino UNO R3 (10-bit) และ ESP8266 (10-bit) ใช้แรงดันไฟฟ้า 3.3 V ในโหมด Sleep ใช้กระแสไฟฟ้าเพียง  $2.5 \mu A$  มีสเปคโดยละเอียด ดังนี้

1. ซีพียูใช้สถาปัตยกรรม Tensilica LX6 แบบ 2 แกนสมอง สัญญาณนาฬิกา 240 MHz
2. มีแรมในตัว 512 KB
3. รองรับการเชื่อมต่อรอมภายนอกสูงสุด 16 MB
4. มาพร้อมกับ Wi-Fi มาตรฐาน 802.11 b/g/n รองรับการใช้งานทั้งในโหมด Station soft AP และ Wi-Fi direct
5. มีบลูทูธในตัว รองรับการใช้งานในโหมด 2.0 และโหมด 4.0 BLE
6. ใช้แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน 2.6 V ถึง 3 V
7. ทำงานได้ที่อุณหภูมิ  $-40^{\circ}C$  ถึง  $125^{\circ}C$  [8]



## โหมด AP

AP ย่อมาจาก Access Point เป็นโหมดที่จะใช้ ESP32 เป็นตัวปล่อยสัญญาณ Wi-Fi ออกไป เพื่อให้อุปกรณ์ต่าง ๆ มาเชื่อมต่อด้วย ทั้งนี้ ESP32 จะรองรับอุปกรณ์ที่มาเชื่อมต่อด้วยเพียง 1 ตัวเท่านั้น เหมาะสำหรับงานที่ไม่ต้องการใช้งานอินเทอร์เน็ตหรือติดต่อกับอุปกรณ์อื่นในวงแลน นอกจากนี้โหมดนี้ยังเหมาะกับการนำไปควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่าน Wi-Fi อีกด้วย ซึ่งงานควบคุมที่สามารถย้ายที่ได้ และไม่ต้องใช้งานผ่านอินเทอร์เน็ตจะเหมาะกับการใช้งาน ESP32 ในโหมด AP [9]



รูปที่ 2.3 บอร์ด ESP32

(ที่มา: <https://www.imiconsystem.com/product/esp32-nodemcu/>)

### 2.3.3 เซนเซอร์วัดความเข้มแสง (Light Intensity)

MCU-3001 OPT3001 Ambient Light sensor module โมดูลเซ็นเซอร์แสงสว่าง MCU-3001 OPT3001 เป็นการผสมการทำงานของเซ็นเซอร์แสงสว่างที่มีความแม่นยำสูงรุ่น OPT3001 ซึ่งมีเอาต์พุตในรูปแบบดิจิตอล โมดูลนี้ถูกออกแบบมา เพื่อให้สามารถวัดความเข้มของแสงในสภาพแวดล้อมได้อย่างแม่นยำในหลากหลายแอปพลิเคชัน โดยสามารถให้ผลลัพธ์เป็นค่าความสว่างในหน่วย Lux ภายในช่วงความสว่างที่กว้าง โมดูลดังกล่าวเหมาะสมสำหรับการใช้งานในอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต ทีวี LCD รวมถึงระบบการควบคุมแสงสว่างทั้งในภาคอุตสาหกรรม และที่อยู่อาศัย อีกทั้งยังเหมาะสมกับแอปพลิเคชันที่ต้องการการปรับความสว่างโดยอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย

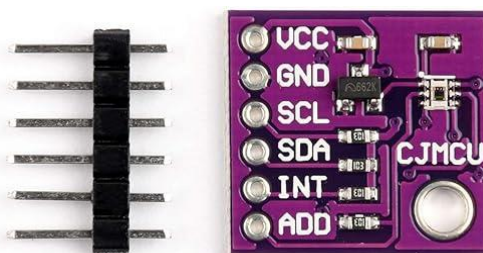
#### คุณสมบัติของโมดูลเซ็นเซอร์วัดแสง MCU-3001 OPT3001

1. เซ็นเซอร์แสงสว่างที่มีความแม่นยำสูง
2. วัดความเข้มของแสงในหน่วย Lux
3. ช่วงความสว่างกว้าง เหมาะสมกับสภาพแสงที่หลากหลาย
4. อินเทอร์เน็ต I2C สำหรับการเชื่อมต่อที่ง่ายกับไมโครคอนโทรลเลอร์

5. การใช้พลังงานต่ำ
6. พีจีเอการตั้งค่าระดับเต็มโดยอัตโนมัติ
7. เอาต์พุตที่ได้รับการชดเชยอุณหภูมิ และการสอบเทียบ
8. ขนาดกะทัดรัดสำหรับการรวมเข้ากับการออกแบบได้ง่าย

### ข้อมูลทางเทคนิคของโมดูลเซ็นเซอร์วัดแสง MCU-3001 OPT3001

1. ประเภทเซ็นเซอร์ เซ็นเซอร์แสงสว่าง
2. ช่วงการวัด 0.01 – 83,000 ลูเมน
3. เอาต์พุต ค่าความสว่างในหน่วย Lux ผ่านอินเตอร์เฟซ I2C
4. แหล่งจ่ายไฟ ระบุช่วงแรงดัน
5. อินเตอร์เฟซ I2C (Inter-Integrated Circuit)
6. ช่วงอุณหภูมิในการทำงาน  $-40^{\circ}\text{C}$  ถึง  $+85^{\circ}\text{C}$
7. ขนาด 2.0 มม.  $\times$  2.0 มม.  $\times$  0.65 มม. [10]



รูปที่ 2.4 MCU-3001-OPT3001 Light Sensor Module

(ที่มา: <https://www.amazon.sg/MCU-3001-OPT3001-Ambient-Sensor-Response/dp/B07GX55J6V>)

### 2.3.4 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ความชื้น (Temperature and Humidity Sensor)

BME280 ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์สภาพแวดล้อมที่สามารถวัดอุณหภูมิ ความดันบรรยากาศ และความชื้น เซ็นเซอร์นี้เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการใช้งานที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดสภาพอากาศ และสิ่งแวดล้อม และสามารถใช้งานได้ทั้งในโหมด I2C และ SPI

เซ็นเซอร์ BME280 สามารถวัดความชื้น ด้วยความแม่นยำ  $\pm 3\%$  ความแม่นยำในการวัดความดันบรรยากาศที่  $\pm 1$  hPa และความแม่นยำในการวัดอุณหภูมิที่  $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$  นอกจากนี้ เนื่องจากความดันบรรยากาศมีการเปลี่ยนแปลงตามความสูงจากระดับน้ำทะเล และการวัดความดันของเซ็นเซอร์มีความแม่นยำสูง จึงสามารถใช้เซ็นเซอร์นี้เป็นเครื่องวัดความสูง (altimeter) ด้วยความแม่นยำถึง  $\pm 1$  เมตร

### คุณสมบัติของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ความชื้น BME280

1. แรงดันไฟฟ้าที่จ่าย 1.8 - 3.6V DC
2. ช่วงแรงดันไฟฟ้าอินเทอร์เฟซ VDDIO 1.2V ถึง 3.35V
3. อินเทอร์เฟซ I2C (สูงสุด 3.4MHz), SPI (สูงสุด 10 MHz)

### ช่วงการทำงาน

1. อุณหภูมิ -40 ถึง +85°C
2. ความชื้น 0-100%
3. ความดัน 300-1100 hPa

### ความละเอียด

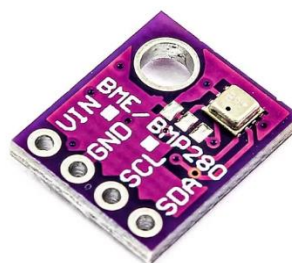
1. อุณหภูมิ 0.01°C
2. ความชื้น 0.008%
3. ความดัน 0.18Pa

### ความแม่นยำ

1. อุณหภูมิ  $\pm 1^{\circ}\text{C}$
2. ความชื้น  $\pm 3\%$
3. ความดัน  $\pm 1\text{Pa}$

### ที่อยู่ I2C

1. SDO LOW 0x76
2. SDO HIGH 0x77 [11]



รูปที่ 2.5 เซ็นเซอร์ BME280

(ที่มา: <https://www.alselectro.in/product-page/bmp-bme-280-pressure-sensor>)

### 2.3.5 โมดูลนาฬิกา (DS3231 Real Time Clock Module)

DS3231 เป็นนาฬิกาเรียลไทม์ (RTC) แบบ I2C ที่มีความแม่นยำสูง พร้อมทั้งมีวงจรควบคุมความถี่คริสตัลที่ปรับอุณหภูมิ (TCXO) และคริสตัลในตัว อุปกรณ์นี้มีอินพุตแบตเตอรี่ที่ช่วยให้สามารถรักษาความแม่นยำในการเก็บข้อมูลเวลาได้แม้ในกรณีที่แหล่งจ่ายไฟหลักถูกตัด โดยการรวมวงจรคริสตัลเรโซเนเตอร์ช่วยเพิ่มความแม่นยำระยะยาว และลดจำนวนชิ้นส่วนที่ต้องใช้ในการผลิต

#### คุณสมบัติและข้อดี

##### ความแม่นยำสูง

1. ความแม่นยำ  $\pm 2\text{ppm}$  จาก  $0^{\circ}\text{C}$  ถึง  $+40^{\circ}\text{C}$  และ  $\pm 3.5\text{ppm}$  จาก  $-40^{\circ}\text{C}$  ถึง  $+85^{\circ}\text{C}$
2. การวัดอุณหภูมิที่มีความแม่นยำ  $\pm 3^{\circ}\text{C}$

##### ฟังก์ชันการเก็บเวลา

1. นับวินาที นาที ชั่วโมง วันที่ เดือน วันในสัปดาห์ และปี พร้อมการปรับปีอธิกสุรทิน
2. การตั้งเวลาปลุกสองช่อง และการตั้งค่าคลื่นสี่เหลี่ยมที่สามารถตั้งโปรแกรมได้

##### อินเตอร์เฟซ

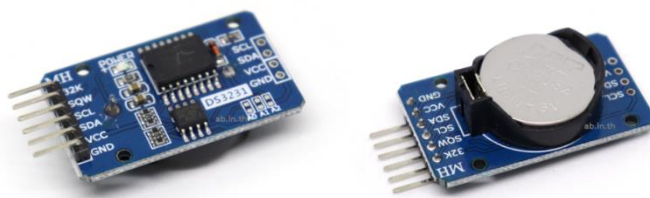
1. อินเตอร์เฟซ I2C ความเร็วสูง (400kHz)

##### แบตเตอรี่สำรอง

1. อินพุตแบตเตอรี่สำรองเพื่อการเก็บเวลาต่อเนื่อง

##### การทำงานที่ 3.3V และ ช่วงอุณหภูมิในการทำงาน

1. เซิงพาณิชย์ ( $0^{\circ}\text{C}$  ถึง  $+70^{\circ}\text{C}$ )
2. อุตสาหกรรม ( $-40^{\circ}\text{C}$  ถึง  $+85^{\circ}\text{C}$ ) [12]



รูปที่ 2.6 DS3231 Real Time Clock Module

(ที่มา: <https://www.ab.in.th/product/140/ds3231-rtc-real-time-clock-module-at24c32>)

### 2.3.6 โมดูล MicroSD Card (SPI Interface)

MicroSD Card เป็นโมดูลสำหรับอ่านการ์ด Micro SD โดยผ่านระบบไฟล์และไดรเวอร์ SPI อินเทอร์เน็ต เพื่อให้ MCU สามารถทำการอ่าน และเขียนข้อมูลบนการ์ด MicroSD ผู้ใช้สามารถใช้ไลบรารีที่มาพร้อมกับ IDE เพื่อทำการเริ่มต้นการ์ด และการอ่าน-เขียนข้อมูลได้โดยตรง

**คุณสมบัติของโมดูล:**

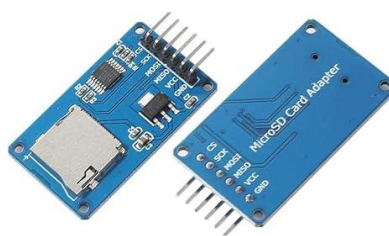
1. รองรับการ์ด Micro SD และ Micro SDHC (การ์ดความเร็วสูง)
2. วงจรแปลงระดับแรงดันที่รองรับทั้ง 5V และ 3.3V
3. แหล่งจ่ายไฟ 4.5V ~ 5.5V พร้อมวงจรปรับแรงดัน 3.3V
4. อินเทอร์เน็ตการสื่อสารมาตรฐาน SPI
5. รูยัดสกรู M2 ขนาด 4 รู สำหรับการติดตั้งที่สะดวก

**อินเทอร์เน็ตเฟสการควบคุม** มีขา 6 ขา (GND, VCC, MISO, MOSI, SCK, CS) โดย GND เชื่อมต่อกับกราวด์, VCC เป็นแหล่งจ่ายพลังงาน, MISO, MOSI, SCK เป็นบัส SPI, CS คือขาสัญญาณเลือกชิป

**วงจรปรับระดับแรงดัน 3.3V** วงจร LDO regulator ที่เอาต์พุตเป็นระดับ 3.3V สำหรับแปลงระดับแรงดัน และจ่ายพลังงานให้กับ Micro SD card

**วงจรแปลงระดับแรงดัน** การแปลงสัญญาณจาก Micro SD card เข้าสู่ระดับ 3.3V, การควบคุมทิศทางสัญญาณ MISO ของ MicroSD card ก็จะถูกแปลงเป็น 3.3V เพื่อให้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ทั่วไปสามารถอ่านสัญญาณได้

**ตัวเชื่อมต่อ Micro SD card:** มีตัวเชื่อมต่อที่สามารถใส่การ์ดได้ง่าย [13]



รูปที่ 2.7 MicroSD Card

(ที่มา: <https://www.amazon.com/Module-Storage-Adapter-Interface-Arduino/dp/B07PFDFFPC>)

### 2.3.7 โมดูลรีเลย์ 3.3 V 4 ช่อง (Relay Module 4 Channel 3.3V)

โมดูล Relay 3V 4 Channel คือโมดูลรีเลย์ที่สามารถควบคุมการเปิดปิดวงจรไฟฟ้าได้ด้วยสัญญาณควบคุมที่มีแรงดัน 3V โดยมี 4 ช่องรีเลย์ที่สามารถใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น Arduino หรือ Raspberry Pi ได้ โมดูลนี้มีการกระตุ้นที่สามารถเลือกได้ทั้งแบบ High-Level Trigger และ Low-Level Trigger ซึ่งหมายความว่ารีเลย์จะทำงานเมื่อสัญญาณควบคุมมีแรงดันสูง (3V หรือ "HIGH") หรือแรงดันต่ำ (0V หรือ "LOW") ขึ้นอยู่กับการตั้งค่าผ่านตัวจัมเปอร์ (Jumper) บนบอร์ด ทำให้โมดูลนี้มีความยืดหยุ่นในการใช้งานกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องการสัญญาณเปิดหรือปิดวงจรในระดับที่แตกต่างกัน

#### รายละเอียดของโมดูล

1. โมดูลใช้รีเลย์คุณภาพสูงจากแบรนด์ BESTEP โดยสามารถรองรับภาระสูงสุดที่อินเตอร์เฟซปกติเปิด AC 250V / 10A, DC 30V / 10A
2. ใช้แสงแยก (Optocoupler) แบบ SMD สำหรับการแยกสัญญาณ มีประสิทธิภาพที่เสถียร โดยกระแสกระตุ้นที่ต้องการคือ 5mA
3. แรงดันการทำงานของโมดูลสามารถเลือกได้ที่ 3V, 5V, 12V, หรือ 24V
4. โมดูล Relay 3V 4 Channel สามารถตั้งค่าการกระตุ้นให้เป็นระดับต่ำ (Low-level trigger) หรือระดับสูง (High-level trigger) ได้ผ่านตัวจัมเปอร์ (Jumper) บนบอร์ด
5. การออกแบบที่มีความทนทานต่อข้อผิดพลาด (Fault-tolerant design) ซึ่งทำให้รีเลย์ไม่ทำงานหากสัญญาณควบคุมเกิดการขัดข้อง
6. มีไฟแสดงสถานะการจ่ายพลังงาน (สีเขียว) และไฟแสดงสถานะของรีเลย์ (สีแดง)
7. การออกแบบอินเตอร์เฟซใช้งานง่าย โดยสามารถเชื่อมต่อได้โดยตรงผ่านขั้วต่อสายไฟ (Terminals) ซึ่งสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน [14]



รูปที่ 2.8 Relay 3V 4 Channel

(ที่มา: <https://www.tido.tech/index.php/product/relay-module-3v-4-channel-10a/>)

### 2.3.8 ปั๊มน้ำกระแสตรง (DC Motor)

ปั๊มน้ำกระแสตรง เป็นปั๊มที่ขนส่งของเหลวหรือแรงดันของเหลว โดยเมื่อปั๊มน้ำทำงานคอยล์และตัวสับเปลี่ยนจะหมุน แต่แปรงแม่เหล็ก และแปรงถ่านจะไม่หมุน ทิศทางกระแสสลับของขดลวดเปลี่ยนโดยตัวสับเปลี่ยน และแปรงที่หมุนด้วยมอเตอร์ ปั๊มที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ากระแสตรง จะใช้ไฟฟ้าจากมอเตอร์แบตเตอรี่ หรือพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อเคลื่อนย้ายของไหลได้หลากหลายวิธี ปั๊มแบบใช้มอเตอร์มักจะทำงานโดยใช้ไฟ DC 6, 12, 24 หรือ 32 โวลต์ เนื่องจากปั๊มกระแสตรง ทำงานในน้ำจะถูกระบายความร้อนด้วยน้ำเมื่อทำงาน และเครื่องสามารถทำงานได้นานขึ้นด้วยรูปแบบการทำงานนี้ [15]



รูปที่ 2.9 ปั๊มน้ำกระแสตรง

(ที่มา: <https://images.app.goo.gl/5gzbhq9QZYQoxCf56>)

### 2.3.9 มอเตอร์เกียร์กระแสตรง (DC) ขนาดเล็ก

มอเตอร์เกียร์กระแสตรงขนาดเล็ก หมายความว่ามอเตอร์ไมโครดิสซีที่ติดตั้งชุดเกียร์ เพื่อเพิ่มแรงบิดของมอเตอร์ มีน้ำหนักเบา แรงบิดสูง และมอเตอร์รอบต่ำ ฟังก์ชันมอเตอร์เกียร์กระแสตรงขนาดเล็ก คือการปรับความเร็วเอาต์พุต , แรงบิดที่เพิ่มขึ้น แบ่งออกเป็น มอเตอร์เกียร์แบบมีแปรงขนาดเล็ก, มอเตอร์เกียร์แบบไม่มีแปรงถ่าน, ตัวลดขนาดไร้แกนขนาดเล็ก ฯลฯ โครงสร้างของมอเตอร์ ไมโครเกียร์ประกอบขึ้นด้วยไมโครมอเตอร์ และกล่องเกียร์ที่ครอบม้วนสามารถให้แรงบิดสูงและความเร็วเอาต์พุตต่ำความเร็วที่ต่ำกว่าแรงบิดที่มากขึ้นความเร็วที่สูงขึ้น คือแรงบิดที่เล็กลงยิ่งโหลดที่ขับเคลื่อนด้วยแรงบิดมากเท่าไร อัตราส่วนการลดลงก็จะยิ่งมากขึ้นเท่านั้น [16]



รูปที่ 2.10 มอเตอร์เกียร์ดิสซี

(ที่มา: [https://www.hsiangneng.com/th/product/micro-dc-motors\\_HN210.html](https://www.hsiangneng.com/th/product/micro-dc-motors_HN210.html))

### บทที่ 3

#### วิธีการดำเนินการ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบ และขั้นตอนการสร้างโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีระบบควบคุมจานหมุนเหวี่ยงรดน้ำอัตโนมัติผ่านการใช้งานจานหมุนเหวี่ยงให้น้ำ โดยนำความรู้จากทฤษฎีต่าง ๆ ที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 2 มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ และพัฒนาระบบควบคุมการรดน้ำ การตรวจสอบอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มแสงภายในโรงเรือน เพื่อให้มั่นใจว่าระบบดังกล่าวจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และสามารถตอบสนองต่อความต้องการของพืชได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้ยังได้ศึกษาการทำงานของจานหมุนเหวี่ยงให้น้ำเพื่อให้มั่นใจว่าระบบจะสามารถกระจายน้ำได้อย่างทั่วถึง และมีประสิทธิภาพสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในการวิจัยครั้งนี้

#### 3.1 วิธีการดำเนินงาน

#### 3.2 แผนการดำเนินงาน

#### 3.3 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีระบบควบคุมจานหมุนเหวี่ยงรดน้ำอัตโนมัติ

#### 3.4 การออกแบบโครงสร้างฐานวางเพาะปลูกภายในโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีระบบควบคุมจานหมุนเหวี่ยงรดน้ำอัตโนมัติ

#### 3.5 การออกแบบจานหมุนเหวี่ยงรดน้ำอัตโนมัติ

#### 3.6 การสร้าง และติดตั้งอุปกรณ์โรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีระบบควบคุมจานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติ

#### 3.7 การออกแบบชุดควบคุมโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีระบบควบคุมจานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติ

#### 3.8 การออกแบบวงจรควบคุมโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีระบบควบคุมจานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติ

#### 3.9 การออกแบบโปรแกรมสำหรับควบคุมโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีระบบควบคุมจานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติ

#### 3.10 การทดสอบอัตราการไหลของปั้มน้ำเพื่อวัดปริมาณน้ำที่ออกจากหัวจ่าย (มิลลิลิตรต่อหัว)

#### 3.11 การทดสอบการทำงานของจานหมุนเหวี่ยงรดน้ำอัตโนมัติ

#### 3.12 การทดสอบเปรียบเทียบอุณหภูมิจากตัววัดด้วยตัวตรวจรู้ BME-280 กับมิเตอร์ Lutron MHB-382SD



3.13 การทดสอบเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนจากตัววัดด้วยตัวตรวจรู้ BME-280 กับมิเตอร์ Lutron MHB-382SD

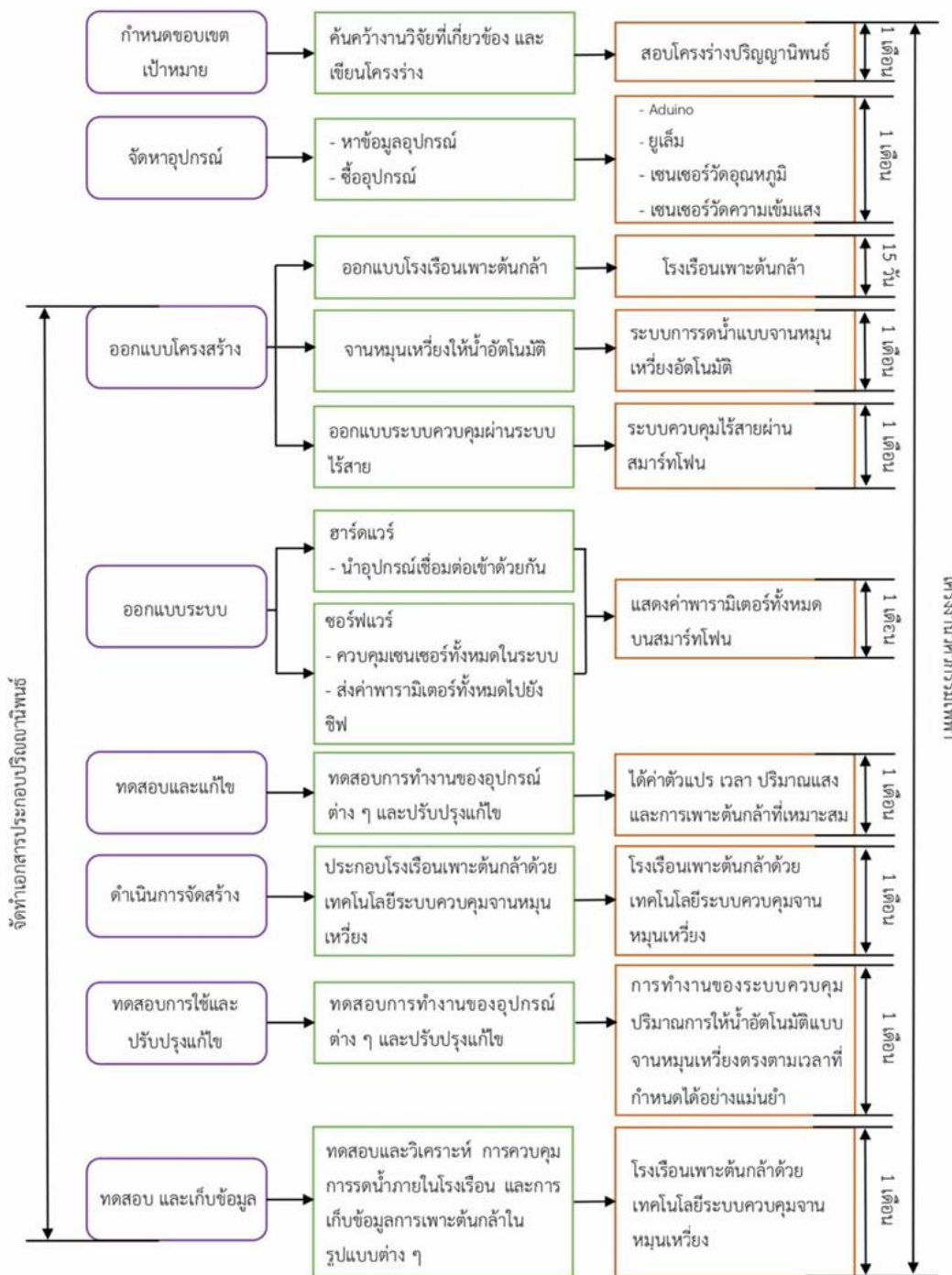
3.14 การทดสอบเปรียบเทียบความเข้มแสงจากการวัดด้วยตัวตรวจรู้ MCU-3001-OPT3001 กับมิเตอร์ Digital Lux Meter AS823

3.15 การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีระบบควบคุมงานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติ

3.16 การเพาะต้นกล้าผักกาดหอมภายในโรงเรือนกรณีที่ 1

### 3.1 วิธีการดำเนินงาน

#### 3.1.1 ผังแสดงวิธีการดำเนินงานวิจัย

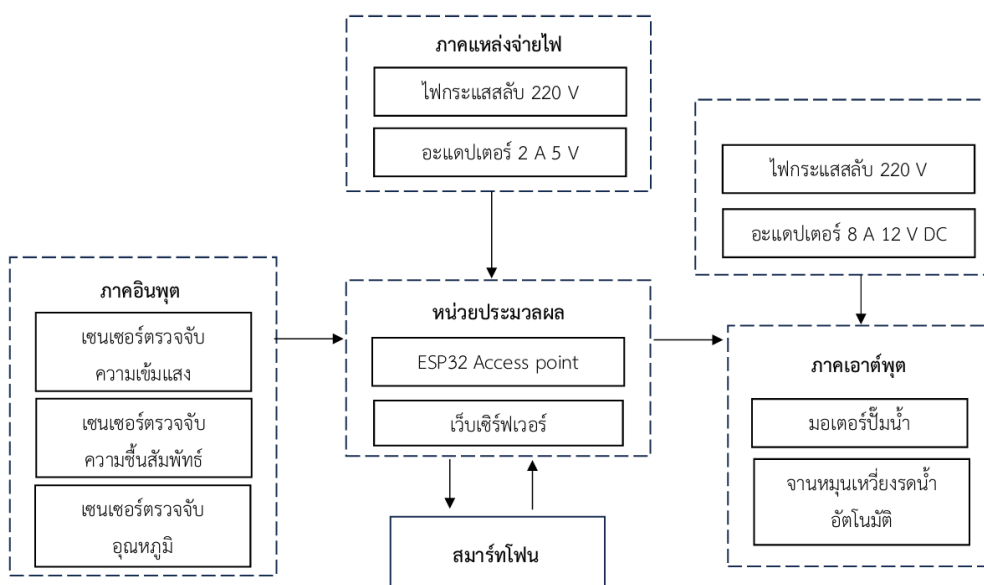


รูปที่ 3.1 แผนผังวิธีการดำเนินงานปริญญาโท



### 3.3 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีให้น้ำจางหมุนเหวียงอัตโนมัติควบคุมด้วยระบบไร้สายผ่านสมาร์ทโฟน

สำหรับการออกแบบการทำงานของโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีให้น้ำจางหมุนเหวียงอัตโนมัติควบคุมด้วยระบบไร้สายผ่านสมาร์ทโฟน แบ่งออกเป็นภาคต่าง ๆ ได้ดังนี้ 1) แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า 2) ภาคอินพุต 3) ภาคประมวลผล 4) ภาคเอาต์พุต ตามลำดับ แสดงดังรูป



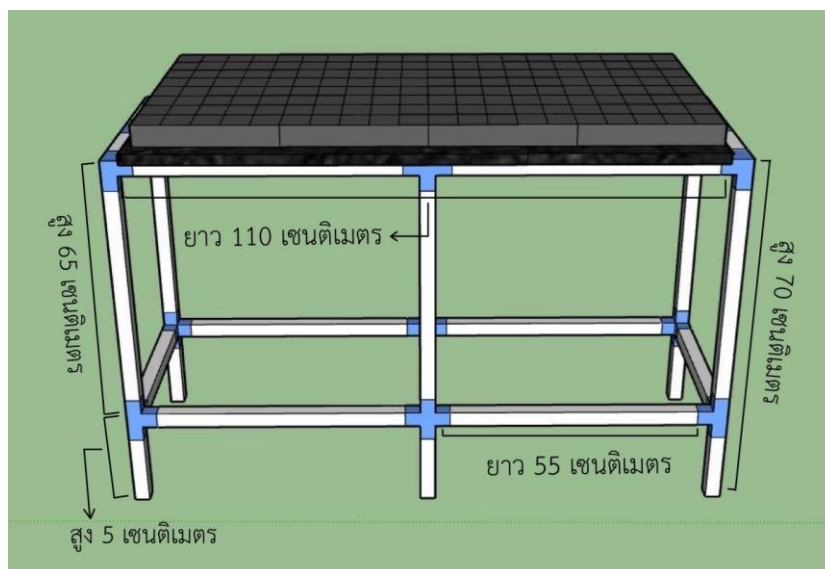
รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบโรงเรือน

จากรูปที่ 3.2 เป็นแผนผังการทำงานของโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีระบบควบคุมจางหมุนเหวียงให้น้ำอัตโนมัติ โดยมี 1) ภาคแหล่งจ่ายไฟ เป็นชุดที่แปลงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เป็นกระแสตรง (DC) โดยใช้อะแดปเตอร์ขนาด 8 แอมแปร์ 12 โวลต์ เพื่อจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ปั๊มน้ำ มอเตอร์กระแสตรง (DC) ของจางหมุนเหวียง ส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ จะใช้อะแดปเตอร์ขนาด 2 แอมแปร์ 5 โวลต์ เพื่อให้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย 2) ภาคอินพุต ทำหน้าที่ตรวจวัดอุณหภูมิ ความเข้มแสง และความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน โดยใช้เซนเซอร์เฉพาะ จากนั้นส่งข้อมูลไปยังภาคประมวลผล 3) ภาคประมวลผล ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการรับค่าเวลาที่ตั้งค่าจากแอปพลิเคชัน หากค่าเวลานั้นตรงกับที่กำหนด หรือเมื่อความชื้นต่ำกว่าที่กำหนด ระบบจะสั่งการให้ภาคเอาต์พุตทำงาน นอกจากนี้ยังรวบรวมข้อมูลจากเซนเซอร์เพื่อบันทึก และแสดงผลบนแอปพลิเคชัน 4) ภาคเอาต์พุต รับคำสั่งจากภาคประมวลผล เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ปั๊มน้ำ และ

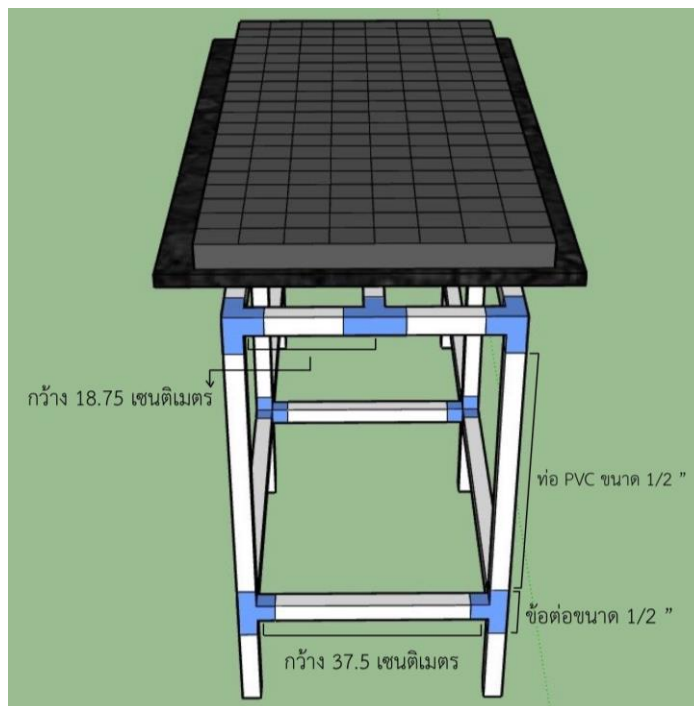
มอเตอร์เกียร์ (DC) ของจานหมุนเหวี่ยง เพื่อปรับแต่งสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้า

### 3.4 การออกแบบโครงสร้างฐานวางเพาะปลูกภายในโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีระบบควบคุมจานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติ

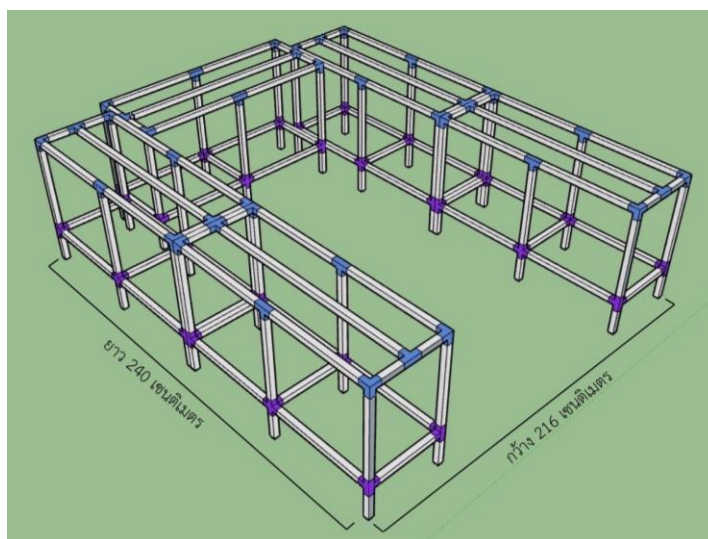
การออกแบบโครงสร้างฐานสำหรับการเพาะปลูกภายในโรงเรือนเพาะต้นกล้า โดยใช้เทคโนโลยีระบบควบคุมจานหมุนเหวี่ยงรดน้ำอัตโนมัติ พิจารณาให้เหมาะสมกับการทำงานและการใช้งานภายในโรงเรือน ทั้งนี้ฐานเพาะปลูกถูกกำหนดให้มีความสูง 70 เซนติเมตร เพื่ออำนวยความสะดวกในการเข้าถึงและปฏิบัติงานโครงสร้างดังกล่าวได้รับการออกแบบให้สามารถรองรับถาดเพาะต้นกล้าได้ 4 ถาดต่อชุดฐาน โดยมีจำนวนฐานทั้งหมด 5 ฐาน ทำให้สามารถรองรับต้นกล้าได้รวม 2,100 ต้น การจัดวางถาดได้รับการวางแผนให้เอื้อต่อการดูแล ตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้า และอำนวยความสะดวกต่อการทำงานของระบบควบคุมการรดน้ำอัตโนมัติผ่านจานหมุนเหวี่ยง ซึ่งช่วยให้การกระจายน้ำเป็นไปอย่างทั่วถึงและสอดคล้องกับความต้องการของต้นกล้าแต่ละต้น นอกจากนี้การออกแบบดังกล่าวยังช่วยลดความเมื่อยล้าของผู้ปฏิบัติงาน รวมถึงเพิ่มความสะดวกในการติดตั้งและบำรุงรักษาระบบต่าง ๆ ภายในโรงเรือน



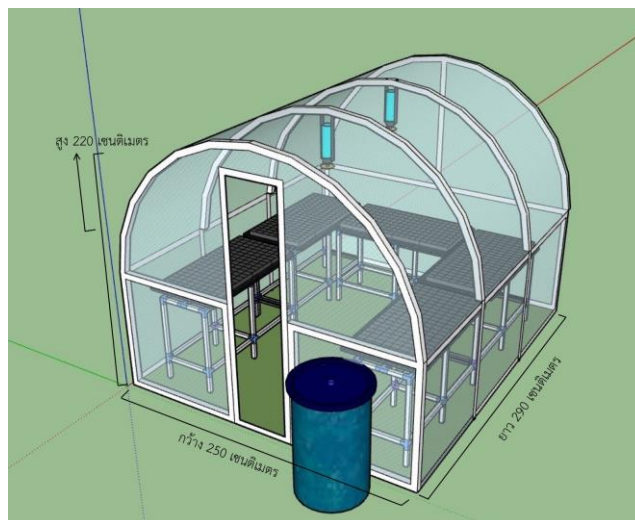
รูปที่ 3.3 แบบจำลองการออกแบบโครงสร้างฐานวางเพาะปลูกภายในโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีระบบควบคุมจานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติ (ด้านหน้า)



รูปที่ 3.4 แบบจำลองการออกแบบโครงสร้างฐานวางเพาะปลูกภายในโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีระบบควบคุมอุณหภูมิห้องให้อัตโนมัติ (ด้านข้าง)



รูปที่ 3.5 แบบจำลองการออกแบบโครงสร้างฐานวางเพาะปลูกภายในโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีระบบควบคุมอุณหภูมิห้องให้อัตโนมัติ

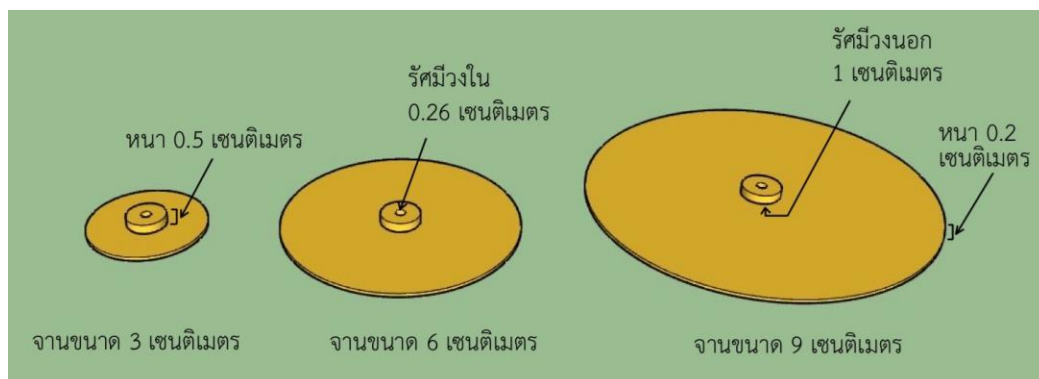


รูปที่ 3.6 แบบจำลองการออกแบบโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีระบบควบคุมจานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติ

### 3.5 การออกแบบจานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติ

การออกแบบจานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติในโครงการนี้ได้รับการพิจารณาให้มีทั้งหมด 3 ขนาด ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร, 6 เซนติเมตร และ 9 เซนติเมตร โดยใช้วัสดุที่มีความหนา 2 มิลลิเมตร เพื่อทดสอบ และคัดเลือกขนาดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการกระจายน้ำภายในโรงเรือนเพาะต้นกล้า ทั้งนี้ การเลือกใช้วัสดุที่มีความหนา 2 มิลลิเมตร ช่วยเพิ่มความแข็งแรงและทนทานต่อแรงหมุน และแรงดันน้ำ ลดความเสี่ยงต่อการบิดงอ หรือแตกหัก อีกทั้งยังช่วยลดปัญหาการสั่นหรือเสียรูปที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้วัสดุที่บางเกินไป ส่งผลให้จานหมุนสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และกระจายน้ำได้อย่างสม่ำเสมอ

จานหมุนเหวี่ยงรดน้ำจะถูกติดตั้งในตำแหน่งที่เหมาะสมภายในโรงเรือน เพื่อให้สามารถทำงานร่วมกับระบบควบคุมการรดน้ำอัตโนมัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะมีการทดสอบ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละขนาด เพื่อนำไปสู่การเลือกใช้จานหมุนที่เหมาะสมที่สุดซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการให้น้ำแก่ต้นกล้า และตอบสนองต่อความต้องการน้ำในแต่ละช่วงของการเพาะต้นกล้าได้อย่างเหมาะสม



รูปที่ 3.7 แบบจำลองการออกแบบจานหมุนเหรียญให้น้ำอัตโนมัติ



รูปที่ 3.8 แบบจำลองการออกแบบจานหมุนเหรียญให้น้ำอัตโนมัติ



### 3.6 การสร้าง และติดตั้งอุปกรณ์โรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีระบบควบคุมงานหมุนเวียนให้น้ำอัตโนมัติ

1) การประกอบฐานวางถาดเพาะปลูกจะมีความสูง 70 เซนติเมตร เพื่อความสะดวกในการทำงาน และการดูแลต้นกล้า ขนาดของโรงเรือนถูกกำหนดให้มีความกว้าง 2.5 เมตร ยาว 2.9 เมตร และความสูง 2.2 เมตร ฐานจะรองรับถาดเพาะปลูกจำนวน 4 ถาดต่อ 1 ชุด โดยมีทั้งหมด 5 ชุด รวมจำนวนถาดทั้งหมด 20 ถาด

2) การติดตั้งงานหมุนเวียนรดน้ำอัตโนมัติ 2 ตัว ในตำแหน่งที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถกระจายน้ำได้ทั่วถึงตามที่ต้องการ นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งกล่องควบคุมที่รวมบอร์ดควบคุม และเซนเซอร์สำหรับตรวจวัดความชื้น อุณหภูมิ และความเข้มแสงไว้ภายในกล่องควบคุมจะเชื่อมต่อกับระบบทั้งหมด และสามารถสั่งการผ่านเว็บไซต์ฟเวอ์บนสมาร์ตโฟน เพื่อให้สามารถปรับการทำงานของระบบรดน้ำได้ตามสภาพอากาศ ความต้องการของต้นกล้าอย่างแม่นยำ และสะดวกในการใช้งาน



รูปที่ 3.9 ออกแบบฐานวางถาดเพาะปลูกต้นกล้าภายในโรงเรือน



รูปที่ 3.10 ออกแบบฐานวางถาดเพาะปลูกลำภายในโรงเรือน



รูปที่ 3.11 ประกอบฐานวางถาดเพาะปลูกลำภายในโรงเรือน

### 3.7 การออกแบบชุดระบบควบคุมโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีระบบควบคุมงานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติ

ระบบควบคุมนี้ได้รับการออกแบบมา เพื่อใช้งานในโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีการควบคุมงานหมุนเหวี่ยงสำหรับการรดน้ำอัตโนมัติ โดยใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ (AC) ซึ่งจะถูกละเปลี่ยนผ่านอะแดปเตอร์เป็นกระแสตรง (DC) เพื่อให้สามารถจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ปั๊มน้ำ และมอเตอร์กระแสตรง (งานหมุนเหวี่ยง)

#### 3.7.1 การคำนวณพลังงาน (Power), กระแส (Current) และกำลังไฟฟ้า (Wattage)

กำลังไฟฟ้า (Electric Power) เป็นค่าที่แสดงถึงอัตราการใช้พลังงานในการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยที่ทุกอุปกรณ์ไฟฟ้ามักจะมีระบุ โดยใช้สัญลักษณ์ตัว “P” และมีหน่วยวัดเป็น วัตต์ ใช้สัญลักษณ์แทนด้วยตัว “W” และสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$P = V \times I$$

เมื่อ  $P$  คือพลังงานหรือกำลังไฟฟ้า (หน่วยเป็นวัตต์)

$V$  คือแรงดันไฟฟ้า (หน่วยเป็นโวลต์)

$I$  คือกระแสไฟฟ้า (หน่วยเป็นแอมแปร์)

กำลังไฟฟ้ารวมของระบบที่ประกอบด้วยอุปกรณ์หลายชิ้นสามารถดำเนินการได้โดยการรวมกำลังไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์ในระบบ สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$P_{\text{รวม}} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$$

เมื่อ  $P_{\text{รวม}}$  คือกำลังไฟฟ้ารวมของระบบ

$P_1 P_2 P_3 P_n$  คือกำลังไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์ในระบบ

กระแสไฟฟ้า (Current) คือ การเคลื่อนที่แบบต่อเนื่องของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่จากอะตอมหนึ่งไปยังอีกอะตอมหนึ่ง จากวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าลบ ไปยังวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าบวก ใช้สัญลักษณ์แทนกระแสไฟฟ้าคือ “I” และมีหน่วยวัดเป็น แอมแปร์ (Ampere) ใช้สัญลักษณ์เป็น “A” สามารถใช้สูตรพื้นฐานได้ดังนี้

$$I = \frac{P}{V}$$

เมื่อ  $I$  คือกระแสไฟฟ้า (หน่วยเป็นแอมแปร์)

$P$  คือพลังงานหรือกำลังไฟฟ้า (หน่วยเป็นวัตต์)

$V$  คือแรงดันไฟฟ้า (หน่วยเป็นโวลต์)

แรงดันไฟฟ้า (Voltage) หรือแรงดันไฟฟ้า เป็นแรงดันที่ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทานของวงจรระหว่างจุดสองจุด ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลในวงจร ใช้สัญลักษณ์ย่อเป็นตัว “V” สามารถคำนวณแรงดัน (Voltage) ได้จากสูตร

$$V = \frac{P}{I}$$

เมื่อ  $V$  คือแรงดันไฟฟ้า (หน่วยเป็นโวลต์)

$P$  คือพลังงานหรือกำลังไฟฟ้า (หน่วยเป็นวัตต์)

$I$  คือกระแสไฟฟ้า (หน่วยเป็นแอมแปร์)

ลำดับ	อุปกรณ์	กระแสไฟฟ้า	แรงดันไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
1	ปั๊มน้ำ DC	350.00 mA	12.00 V	4.20 W
2	มอเตอร์จานหมุนเหวี่ยง	89.00 mA	12.00 V	1 มอเตอร์ = 10.68 W
				2 มอเตอร์ = 21.36 W
3	ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32	350.00 mA	3.30 V	1,155.00 mW
4	เซ็นเซอร์ MCU-3001 OPT3001	0.10 mA	3.30 V	0.33 mW
5	เซ็นเซอร์ BME280	27.0 mA	3.30 V	8.91 mW
6	โมดูลนาฬิกา DS3231	โหมดสแตนด์บาย	5.00 V	โหมดสแตนด์บาย
		2.50 mA		12.50 mW
		ช่วงการอัปเดตเวลา		ช่วงการอัปเดตเวลา
		0.50 mA		2.50 mW
7	โมดูล MicroSD Card	≈ 0.04 mA	3.30 V	165.00 mW
8	โมดูลรีเลย์ 3.3V 4 ช่อง	5.00 mA	3.30 V	1 ช่อง 16.50 mW
				4 ช่อง 66.00 mW

กำลังไฟฟ้ารวมทั้งหมด = 4.20 W + 21.36 W + 1,155.00 mW + 0.33 mW + 12.50 mW +  
165.00 mW + 66.00 mW = 26.96 W

### ข้อผิดพลาดร้อยละ

ข้อผิดพลาดร้อยละ (Percentage Error) หรือข้อผิดพลาดเปอร์เซ็นต์ หมายถึง ความแตกต่างระหว่างค่าที่ประมาณหรือค่าที่วัดได้กับค่าที่แน่นอนหรือค่าที่ทราบ โดยแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ข้อผิดพลาด ร้อยละมีความสำคัญในการประเมินความแม่นยำ และความถูกต้องของการวัดในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ และยังเป็นเครื่องมือสำคัญในการควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิต โดยการเบี่ยงเบนจากค่าที่คาดหวัง อาจชี้ให้เห็นถึงข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตหรือการทดลองต่าง ๆ ได้

สูตรการคำนวณข้อผิดพลาดเปอร์เซ็นต์มีดังนี้

$$\text{Relative error} = \left| \frac{X_{mea} - X_t}{X_t} \right|$$

$$\% \text{ Error} = \text{Relative error} \times 100$$

โดย  $X_t$  คือ ค่าจริง (True value)

$X_{mea}$  คือ ค่าที่ได้จากการวัด (Measure value)

### ค่าเฉลี่ย

การหาค่าเฉลี่ยเป็นกระบวนการทางสถิติที่ใช้ในการคำนวณค่ากลางของชุดข้อมูล โดยนำผลรวมของข้อมูลทั้งหมดมาหารด้วยจำนวนข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อให้ได้ค่าที่สะท้อนแนวโน้มของข้อมูลในภาพรวม

#### ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูลไม่แจกแจงความถี่

ข้อมูลไม่แจกแจงความถี่จะมีลักษณะเป็นตัวยุ คือ  $X_1 + X_2 + \dots + X_n$  ดังนั้น ค่าเฉลี่ยเลขคณิต คือ

$$\bar{x} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

โดย  $\bar{x}$  คือ ค่าเฉลี่ย (เอ็กซ์บาร์)

$X_1 + X_2 + \dots + X_n$  คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมดรวมกัน

$n$  คือจำนวนของข้อมูล

### ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นมาตรวัดทางสถิติที่ใช้ในการประเมินระดับการกระจายตัวหรือความแปรปรวนของข้อมูลในสถิติเชิงพรรณนา โดยแสดงให้เห็นว่าค่าของข้อมูลแต่ละจุดมีความแตกต่างจากค่าเฉลี่ยมากน้อยเพียงใด

$$S. D. = \sqrt{\frac{\sum fx^2 - n(\bar{x})^2}{n}}$$

โดย  $S. D$  คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

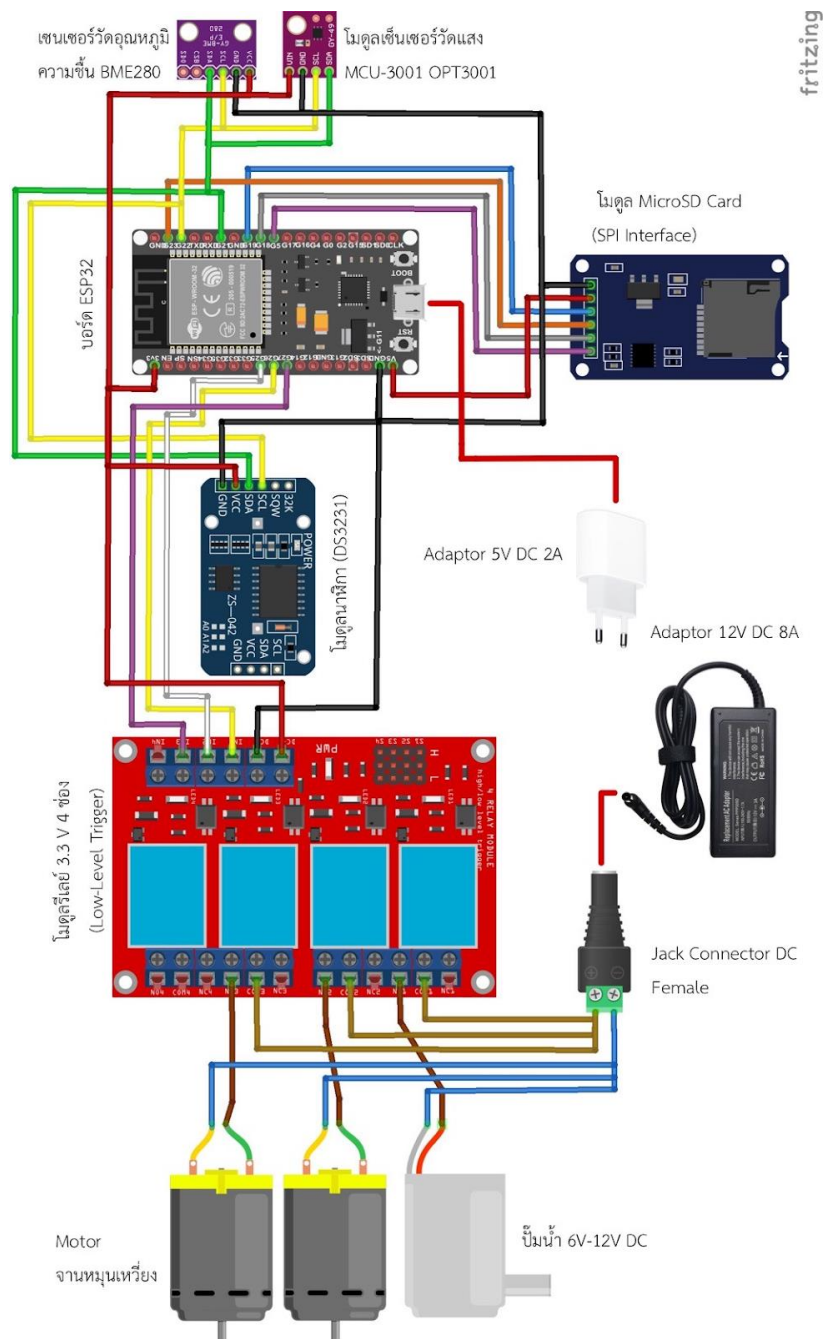
$\Sigma$  คือ ผลรวมของ

$X$  คือ แต่ละค่า

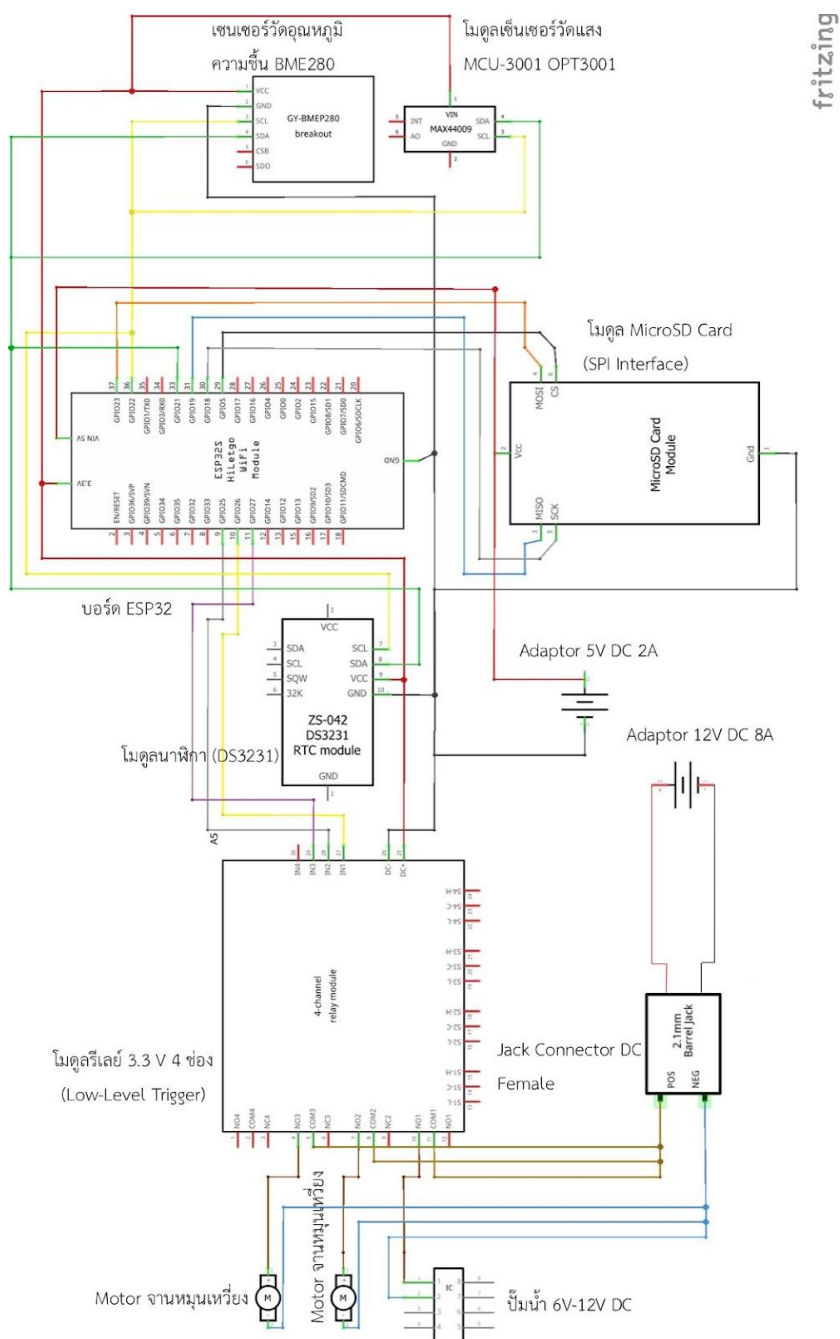
$\bar{x}$  คือ ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง

$n$  คือ จำนวนค่าในตัวอย่าง

### 3.8 การออกแบบวงจรควบคุมโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีระบบควบคุมงานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติ



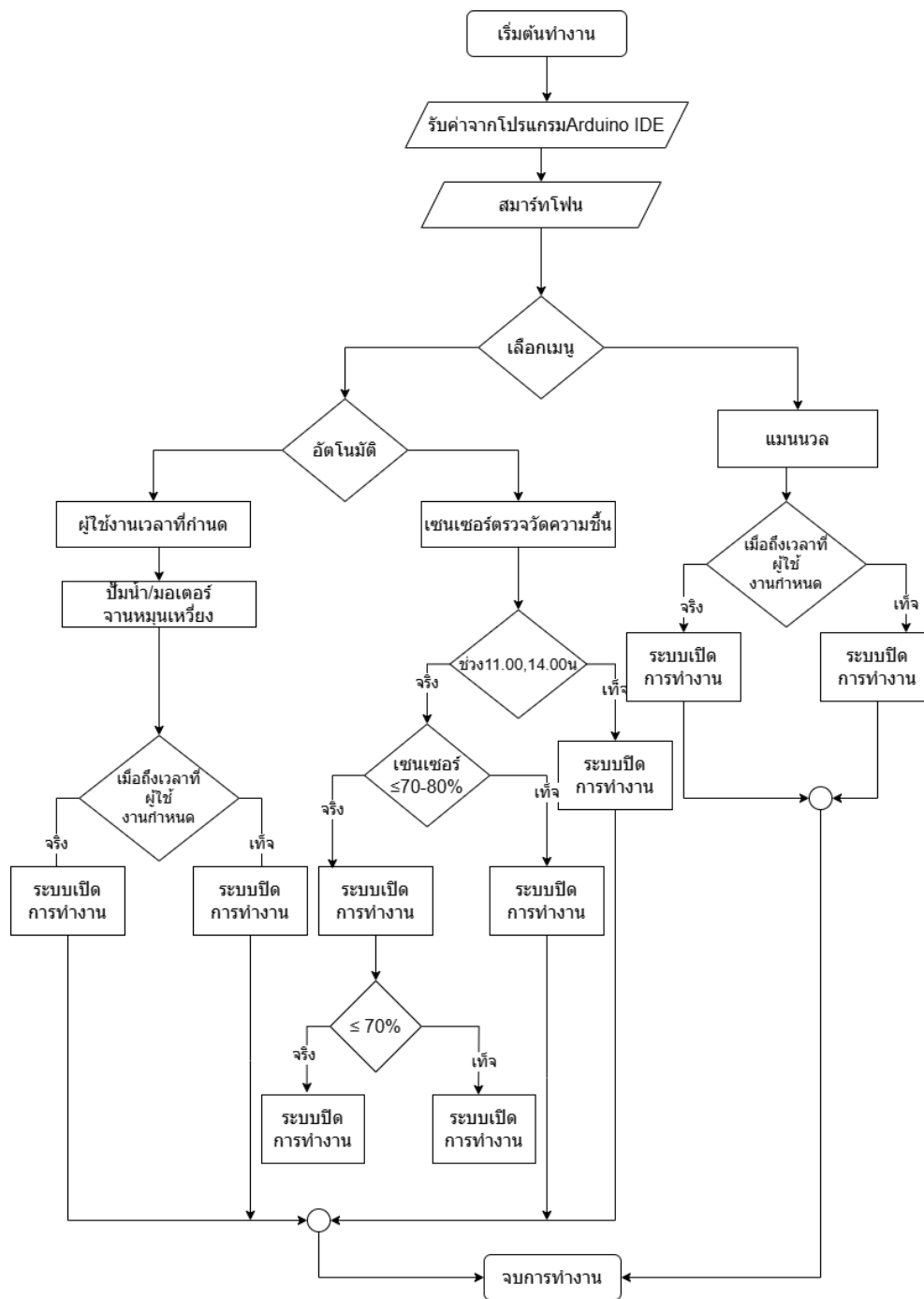
รูปที่ 3.12 วงจรควบคุมโรงเรือนเพาะปลูกภายในโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีระบบควบคุมงานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติ



รูปที่ 3.13 วงจรควบคุมโรงเรือนเพาะปลูกภายในโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีระบบควบคุมจานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติ



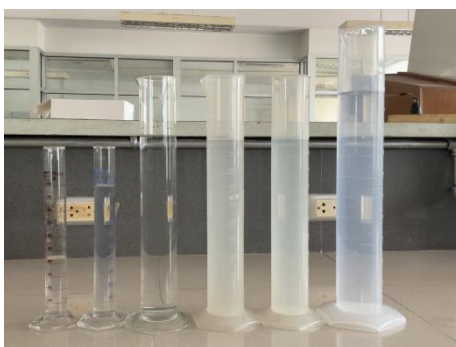
### 3.9 การออกแบบโปรแกรมสำหรับควบคุมโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีระบบควบคุมงานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติ



รูปที่ 3.14 แผนผังการทำงานของโปรแกรมสำหรับควบคุมโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีระบบควบคุมงานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติ

### 3.10 การทดสอบอัตราการไหลของปั้มน้ำเพื่อวัดปริมาณน้ำที่ออกจากหัวจ่าย (มิลลิลิตรต่อหัว)

การทดสอบอัตราการไหลของปั้มน้ำเป็นการวัดปริมาณน้ำที่ออกจากหัวจ่ายในระยะเวลา 1 นาที เพื่อประเมินประสิทธิภาพของปั้มน้ำขนาด 12 V DC โดยใช้การจับเวลา และเครื่องมือวัดปริมาณน้ำ ได้แก่ กระจกบอกระดับ และปีเกอร์ในการทดสอบ โดยเริ่มต้นจากการเชื่อมต่อปั้มน้ำกับแหล่งจ่ายไฟผ่าน อะแดปเตอร์ 8 A 12V และให้ปั้มน้ำทำงานในระยะเวลา 1 นาที จากนั้นวัดปริมาณน้ำที่ไหลออกจาก หัวจ่าย และอัตราการไหลของน้ำในหน่วยมิลลิลิตรต่อหัวในระยะเวลา 1 นาที ผลลัพธ์จากการทดสอบ จะช่วยในการประเมินความสามารถของปั้มน้ำ



รูปที่ 3.15 การทดสอบอัตราการไหลของปั้มน้ำเพื่อวัดปริมาณน้ำที่ออกจากหัวจ่าย (1 หัวจ่าย)

การทดสอบอัตราการไหลของปั้มน้ำจะดำเนินการโดยการเพิ่มหัวจ่ายน้ำเป็น 2 หัวจ่าย เพื่อวัด ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากทั้ง 2 หัวในระยะเวลา 1 นาที โดยใช้การจับเวลา และเครื่องมือวัดปริมาณน้ำ หลังจากการทดสอบจะหาอัตราการไหลของน้ำในหน่วยมิลลิลิตรต่อนาทีจากปริมาณน้ำที่ได้



รูปที่ 3.16 การทดสอบอัตราการไหลของปั้มน้ำเพื่อวัดปริมาณน้ำที่ออกจากหัวจ่าย (2 หัวจ่าย)

### 3.11 การทดสอบงานการทำงานของจานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติ

การทดสอบการทำงานของจานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติ 3 ขนาด คือ 3 เซนติเมตร, 6 เซนติเมตร และ 9 เซนติเมตร จะดำเนินการใน 3 ระดับความสูง 190 เซนติเมตร, 180 เซนติเมตร และ 170 เซนติเมตร เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการกระจายน้ำที่เหวี่ยงออกจากจานหมุน การติดตั้งจะทำในตำแหน่งต่าง ๆ และบันทึกผลการกระจายน้ำในแต่ละระดับความสูง การทดสอบจะประเมินความครอบคลุมของน้ำ และความเหมาะสมในการกระจายน้ำให้ทั่วถึงต้นกล้า ผลการทดสอบจะช่วยเลือกขนาด และความสูงของจานหมุนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้งานในโรงเรือนเพาะต้นกล้า

1) การทดสอบจานที่มีรัศมี 3 ขนาด ได้แก่ 3 เซนติเมตร 6 เซนติเมตร และ 9 เซนติเมตร โดยมีความหนาของจานเท่ากับ 2 มิลลิเมตร การทดสอบนี้จะทำการตรวจสอบลักษณะการทำงานของจานในแต่ละขนาด เพื่อประเมินการกระจายน้ำและพื้นที่ที่น้ำลงบนจาน ซึ่งจะช่วยให้ทราบว่าจานขนาดใดเหมาะสมที่สุดสำหรับการกระจายน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 3.17 จานหมุนเหวี่ยงรดน้ำ 3 ขนาด 3 เซนติเมตร 6 เซนติเมตร และ 9 เซนติเมตร ตามลำดับ

2) การทดสอบจะทำการเปลี่ยนขนาดของจาน และทดสอบในความสูงที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 170 เซนติเมตร, 180 เซนติเมตร, และ 190 เซนติเมตร เพื่อประเมินผลกระทบของขนาดจาน และความสูงที่ต่างกันต่อการกระจายน้ำ และประสิทธิภาพการทำงานของระบบ โดยการทดสอบจะทำการเปลี่ยนขนาดของจานทุก ๆ ขนาด (3 เซนติเมตร, 6 เซนติเมตร, และ 9 เซนติเมตร) พร้อมกับการทดสอบในแต่ละระดับความสูง เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการกระจายน้ำให้ทั่วถึง และมีประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้ยังจะพิจารณาถึงความสะดวกในการเข้าออกของผู้ปฏิบัติงานในโรงเรือน และการป้องกันการชนกับศีรษะ



รูปที่ 3.18 งานหมุนเหวี่ยงรดน้ำความสูง 3 ระดับ 170 เซนติเมตร, 180 เซนติเมตร และ 190 เซนติเมตร ตามลำดับ

3) การทดสอบการกระจายน้ำภายในโรงเรือนจะดำเนินการโดยการวางถ้วยรับน้ำที่ฐานรองปลูกใน 5 จุดที่กำหนด โดยใช้จำนวน 3 ถ้วยต่อฐานรองปลูก รวมทั้งหมด 15 ถ้วย จากนั้นจะทำการชั่งน้ำหนักน้ำในถ้วยเพื่อประเมินการกระจายน้ำที่เกิดจากการทำงานของงานหมุนเหวี่ยงในขนาดและความสูงที่แตกต่างกัน ถ้วยที่ใช้ในการทดสอบมีน้ำหนักเปล่าอยู่ที่ 17 กรัม โดยการวัดปริมาณน้ำจะกระทำโดยการชั่งน้ำหนักรวมของถ้วยพร้อมน้ำ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ระดับความสม่ำเสมอของการกระจายน้ำ

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อระบุขนาดของงานและระดับความสูงที่ให้การกระจายน้ำอย่างสม่ำเสมอและเหมาะสมที่สุดภายในโรงเรือน โดยมุ่งเน้นการให้ปริมาณน้ำที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการรองรับการเพาะปลูก นอกจากนี้ การทดสอบจะดำเนินการทั้งในกรณีที่ใช้มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง 1 ตัว และ 2 ตัว เพื่อเปรียบเทียบผลการกระจายน้ำในแต่ละกรณี



รูปที่ 3.19 การทดสอบการกระจายน้ำเพื่อหาปริมาณน้ำแต่ละจุด จำนวน 5 จุด

4) การทดสอบการกระจายน้ำจะดำเนินการโดยการวางทิวชิวางบนฐานรองปลูกที่ระดับความสูง 170 เซนติเมตร เพื่อสังเกต และประเมินการกระจายน้ำอย่างชัดเจน การทดสอบจะทำการเปรียบเทียบการกระจายน้ำระหว่างงานหมุนเหวี่ยง 2 ขนาด ได้แก่ ขนาด 9 เซนติเมตร และ 6 เซนติเมตร โดยจะใช้

มอเตอร์จานหมุนเหวี่ยงจำนวน 2 ตัว จากนั้นจะสังเกตความทั่วถึง และความสม่ำเสมอของการกระจายน้ำในแต่ละขนาดจาน เพื่อหาขนาดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการกระจายน้ำ



รูปที่ 3.20 การทดสอบกระจายความทั่วถึง และความสม่ำเสมอของการกระจายน้ำในแต่ละขนาดจาน

5) การทดสอบการกระจายของน้ำจะดำเนินการโดยใช้ทิวซิววางลงในหลุมของจานเพาะปลูก ต้นกล้า เพื่อสังเกตและตรวจสอบการดูดซับน้ำอย่างชัดเจน เนื่องจากการใช้ดินอาจทำให้การสังเกตเห็นการกระจายน้ำเป็นไปได้ยาก โดยจะมีการวางถาดเพาะปลูกภายในโรงเรือนทั้งหมด 20 ถาด หรือ 2,100 หลุม จากนั้นทำการรดน้ำเป็นเวลา 3 นาที และชั่งน้ำหนักในแต่ละฐานพร้อมทั้งบันทึกผลการทดสอบ เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการกระจายน้ำและการดูดซับน้ำในระบบการทำงานของจานหมุนเหวี่ยง

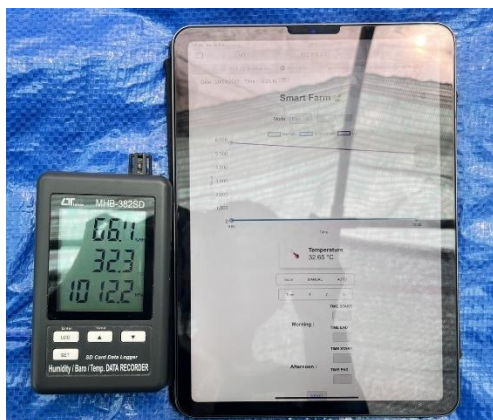


รูปที่ 3.21 การทดสอบกระจายเพื่อประเมินประสิทธิภาพในการกระจายน้ำและการดูดซับน้ำของแต่ละถาดเพาะปลูก

### 3.12 การทดสอบเปรียบเทียบอุณหภูมิจากตัววัดด้วยตัวตรวจรู้ BME-280 กับมิเตอร์ Lutron MHB-382SD

การทดสอบตรวจวัดค่าอุณหภูมิที่ได้จากการวัดจากตัวตรวจรู้อุณหภูมิ BME 280 เพื่อเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่ได้จากการวัดจากมิเตอร์ Lutron MHB-382SD ซึ่งจะทดลองการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิ 3 ครั้ง โดยมีขั้นตอนการดังนี้

1. ตั้งค่าตัวตรวจวัดอุณหภูมิ BME 280 และมิเตอร์ Lutron MHB-382SD ให้ทำงานในสภาพแวดล้อมเดียวกัน
2. ทำการวัดอุณหภูมิจากทั้งสองอุปกรณ์ในสภาพแวดล้อม โดยใช้ไทร์เป่าผมที่มีความร้อนเพื่อกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและเก็บข้อมูลจากตัวตรวจวัด BME 280 และมิเตอร์ Lutron MHB-382SD ในเวลาเดียวกัน
3. ทำการทดสอบ 3 ครั้ง โดยในแต่ละครั้งในการทดสอบจะรอเวลา 30 นาที และทำการบันทึกค่าอุณหภูมิที่ได้จากทั้งสองอุปกรณ์และคำนวณค่าเฉลี่ยของการทดสอบทั้งหมด



รูปที่ 3.22 การทดสอบเปรียบเทียบอุณหภูมิจากตัววัดด้วยตัวตรวจรู้ BME-280 กับมิเตอร์ Lutron MHB-382SD

### 3.13 การทดสอบเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนจากตัววัดด้วยตัวตรวจรู้ BME-280 กับ มิเตอร์ Lutron MHB-382SD

การทดสอบตรวจวัดค่าอุณหภูมิที่ได้จากการวัดจากตัวตรวจรู้ความชื้นสัมพัทธ์ BME-280 เพื่อเปรียบเทียบกับค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้จากการวัดจากมิเตอร์ Lutron MHB-382SD ซึ่งจะทดลองการเปรียบเทียบค่าความชื้นสัมพัทธ์ 3 ครั้ง โดยมีขั้นตอนการดังนี้

1. ตั้งค่าตัวตรวจความชื้นสัมพัทธ์ BME-280 และมิเตอร์ Lutron MHB-382SD ให้ทำงานในสภาพแวดล้อมเดียวกัน
2. ทำการวัดความชื้นสัมพัทธ์จากทั้งสองอุปกรณ์ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน โดยเก็บข้อมูลจากตัวตรวจวัด BME-280 และมิเตอร์ Lutron MHB-382SD ในเวลาเดียวกัน
3. การเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ ใช้การพ่นละอองน้ำภายในโรงเรือนเพื่อเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ในสภาพแวดล้อมทดสอบ การพ่นน้ำจะช่วยเพิ่มความชื้นในอากาศให้สูงขึ้นเพื่อทดสอบการตอบสนองของอุปกรณ์ทั้งสองในการวัดค่าความชื้น
4. ทำการทดสอบ 3 ครั้ง โดยในแต่ละครั้งในการทดสอบจะรอเวลา 30 นาที และทำการบันทึกค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้จากทั้งสองอุปกรณ์และคำนวณค่าเฉลี่ยของการทดสอบทั้งหมด

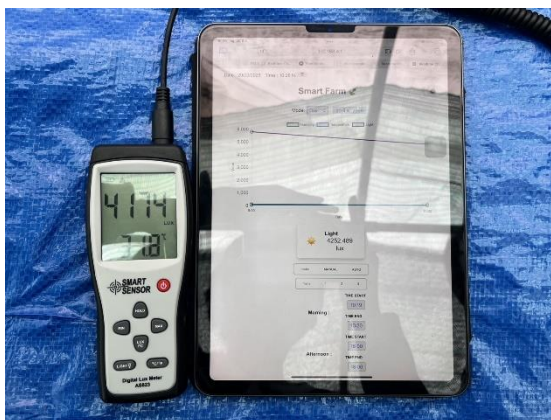


รูปที่ 3.23 การทดสอบเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนจากตัววัดด้วยตัวตรวจรู้ BME-280 กับมิเตอร์ Lutron MHB-382SD

### 3.14 การทดสอบเปรียบเทียบความเข้มแสงจากการวัดด้วยตัวตรวจรู้ MCU-3001 OPT3001 กับมิเตอร์ Digital Lux Meter AS823

การทดสอบตรวจวัดค่าความเข้มแสงที่ได้จากการวัดจากเซนเซอร์ MCU-3001 OPT3001 เพื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มแสงที่ได้จากการวัดจากมิเตอร์ Digital Lux Meter AS823 โดยจะทดลองการเปรียบเทียบความเข้มแสง 3 ครั้ง โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. ตั้งค่าการทดสอบเซนเซอร์ MCU-3001 OPT3001 และมิเตอร์ Digital Lux Meter AS823 ให้ทำงานในสภาพแวดล้อมเดียวกัน
2. การวัดค่าความเข้มแสง ทำการวัดค่าความเข้มแสงจากทั้งสองอุปกรณ์ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ทำการเก็บค่าความเข้มแสงจากเซนเซอร์ MCU-3001 OPT3001 และมิเตอร์ Lutron Digital Lux Meter AS823 ในเวลาเดียวกัน
3. ทำการทดสอบ 3 ครั้ง โดยในแต่ละครั้งในการทดสอบจะรอเวลา 30 นาที และทำการบันทึกค่าความเข้มแสงที่ได้จากทั้งสองอุปกรณ์และคำนวณค่าเฉลี่ยของการทดสอบทั้งหมด



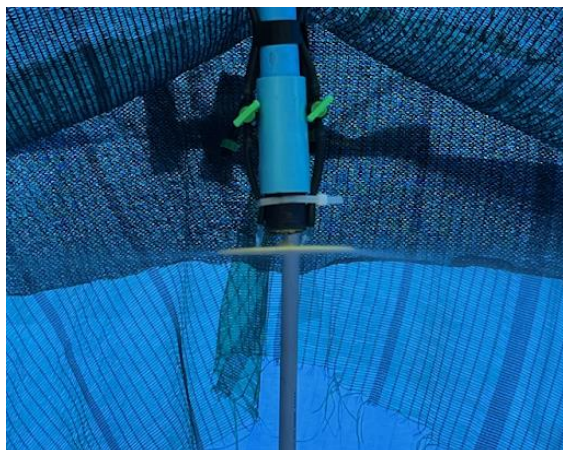
รูปที่ 3.24 การทดสอบเปรียบเทียบความเข้มแสงจากการวัดด้วยตัวตรวจรู้ MCU-3001 OPT3001 กับมิเตอร์ Digital Lux Meter AS823



### 3.15 การทดสอบการทำงานของระบบ

การทดสอบการทำงานของระบบจะประกอบด้วย การทดสอบมอเตอร์หมุนเหวี่ยงงาน 2 ตัว และ ป้อนน้ำ ซึ่งจะทำให้การทดสอบการทำงานตามเวลาที่ตั้งค่าในโปรแกรม การทดสอบจะเริ่มต้นโดยการตั้งค่าระยะเวลาในการทำงานของมอเตอร์และป้อนน้ำผ่านโปรแกรมควบคุมระบบ จากนั้นจะทำการเปิดระบบให้มอเตอร์หมุนเหวี่ยงน้ำออกจากงานทั้ง 2 ตัว และป้อนน้ำเพื่อจ่ายน้ำเข้าสู่ระบบ

- 1) การทดสอบการทำงานของป้อนน้ำ และมอเตอร์งานหมุนเหวี่ยงจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงแรกเวลา 08.00 น. และช่วงที่สองเวลา 16.00 น. ในแต่ละช่วง ป้อนน้ำจะทำงานก่อนเป็นระยะเวลา 3 วินาที เพื่อให้สามารถไล่อากาศออกจากระบบท่อน้ำ หลังจากนั้น มอเตอร์หมุนเหวี่ยงน้ำจะเริ่มทำงานต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 3 นาที เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดป้อนน้ำ และมอเตอร์หมุนเหวี่ยงจะหยุดการทำงานตามลำดับ แสดงดังรูป



รูปที่ 3.25 การทดสอบการทำงานของป้อนน้ำ และมอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง

- 2) ในระบบอัตโนมัติจะมีการใช้เซนเซอร์ความชื้นเพื่อตรวจสอบค่าความชื้นในช่วงเวลา 11.00 น. และ 14.00 น. หากค่าความชื้นต่ำกว่า 70% ระบบจะทำการส่งรดน้ำจนกว่าค่าความชื้นจะกลับมาถึงระดับ 70% โดยการทดสอบจะดำเนินการตามขั้นตอนในข้อ 1)

รูปที่ 3.26 เว็บเซิร์ฟเวอร์ LIMIT SETTING

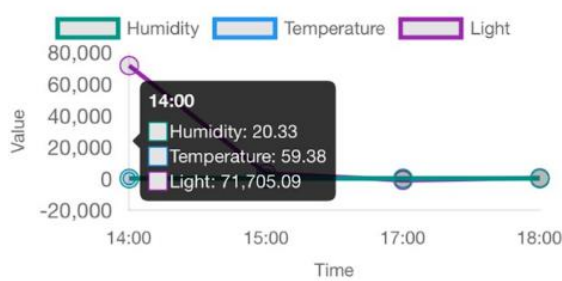
- 3) การทดสอบระบบจะแสดงผลค่าอุณหภูมิ ความเข้มแสง และความชื้นสัมพัทธ์ พร้อมระบบแจ้งเตือน และคำแนะนำเมื่อสภาพแสงหรือความชื้นไม่อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ผ่านโปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์ โดยสามารถเข้าถึงได้ผ่าน IP Address: 192.168.4.1 เมื่อเชื่อมต่อกับเครือข่าย Wi-Fi ชื่อ "TEST" และใช้รหัสผ่าน "m55B31|7" ระบบควบคุมโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีการควบคุมงานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติจะทำงานร่วมกับฟังก์ชันการเก็บข้อมูลย้อนหลัง 7 วัน ซึ่งจะแสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ความเข้มแสง และความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละวันเป็นระยะเวลา 7 วัน นอกจากนี้ ข้อมูลรายวันยังแสดงผลเป็นค่าในแต่ละชั่วโมง เพื่อให้สามารถติดตาม และวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในโรงเรือนได้อย่างละเอียด และมีประสิทธิภาพ

Date : 15/03/2025 Time : 01:09 N. 

# Smart Farm



Mode: Day 



 **Temperature**  
21.16 °C

mode    MANUAL    **AUTO**

Time    1    2    **3**

TIME START


08:00

Morning :

TIME END

08:03

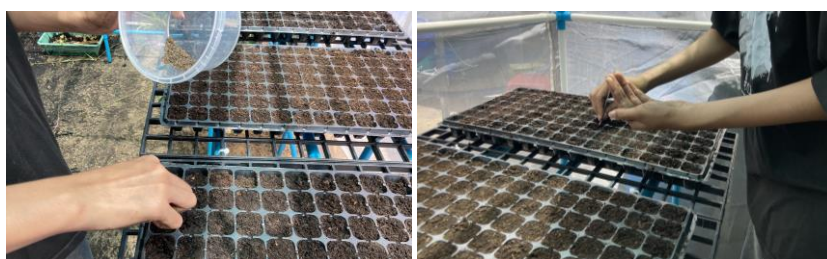
TIME START

 192.168.4.1 

รูปที่ 3.27 เว็บไซต์ฟาร์ม

### 3.16 การเพาะต้นกล้าผักกาดหอมภายในโรงเรือนกรณีที่ 1

ในการทดสอบการเพาะปลูกต้นกล้าผักกาดหอมในกรณีที่ 1 ได้ดำเนินการเพาะปลูกภายในโรงเรือนทั้งหมดจำนวน 6 ถาด โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ได้รับแสงแดดร่มรำไร กลุ่มที่ได้รับแสงแดดปานกลาง และกลุ่มที่ได้รับแสงแดดจัด กลุ่มละ 2 ถาด เพื่อศึกษาความแตกต่างของการเจริญเติบโตของต้นกล้าในแต่ละระดับแสงทั้งนี้ เพื่อประเมินผลกระทบของปัจจัยด้านแสงที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม และนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงสภาพแวดล้อมการเพาะปลูกให้เหมาะสมยิ่งขึ้น



รูปที่ 3.28 การเพาะต้นกล้าผักกาดหอมภายในโรงเรือนกรณีที่ 1

## บทที่ 4

### ผลการดำเนินงานและการทดลอง

หลังจากที่ทำการออกแบบควบคุม และเขียนโปรแกรมการควบคุมโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีงานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติโดยส่วนของขั้นตอนต่อไปนี้เป็นารรายงานผลที่ได้จากการดำเนินงาน และวิเคราะห์ผลการทดสอบตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ เพื่อให้ทราบถึงขั้นตอนการทดสอบการทำงานในส่วนต่าง ๆ ของการดำเนินงานในครั้งนี้ หากเกิดปัญหา หรือข้อบกพร่องทางผู้จัดทำแก้ไข และพัฒนาให้สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพต่อไป

ในการดำเนินการจัดทำปฏิญญาพันธ เรื่อง โรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีงานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติโดยมีลักษณะการทำงานเป็น ระบบควบคุมปริมาณความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นภายในโรงเรือน ให้มีความเหมาะสมกับพืชที่ปลูก ซึ่งในการดำเนินงาน และการทดลองเป็นไปตามวัตถุประสงค์ และขอบเขตการทำงาน สำหรับในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลอง โดยนำอุปกรณ์ต่าง ๆ มาประกอบรวมกันให้เป็นตัวฮาร์ดแวร์ และทำการเขียนซอฟต์แวร์ควบคุมฮาร์ดแวร์ของอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- 4.1 ผลการทดสอบการทำงานของระบบ
- 4.2 ผลการทดสอบแสดงข้อมูลวัน เดือน ปี และเวลา
- 4.3 ผลการทดสอบมอเตอร์ปั้มน้ำ
- 4.4 ผลการทดสอบงานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติ
- 4.5 ผลการทดสอบเปรียบเทียบอุณหภูมิจากการวัดด้วยตัวตรวจรู้ BME280 กับมิเตอร์ Lutron MHB-382SD
- 4.6 ผลการทดสอบเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์จากการวัดด้วยตัวตรวจรู้ BME280 กับ Lutron MHB-382SD
- 4.7 ผลการทดสอบเปรียบเทียบความเข้มแสงจากการวัดด้วยตัวตรวจรู้ MCU-3001 OPT3001กับกับ Digital Lux MeterAs823
- 4.8 ผลการทดสอบเพาะต้นกล้าภายในโรงเรือนกรณีที่ 1
- 4.9 ผลการทดสอบสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน
- 4.10 สรุป และวิเคราะห์ผลการทดลอง

#### 4.1 ผลการทดสอบการทำงานของระบบ

จากการทดลองการทำงานในบทที่ 3 การทดลองของระบบตามเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งจะทดลองการทำงานของเว็บเซิร์ฟเวอร์ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ และทำการเก็บข้อมูล ผลการทำงานดังตารางที่ 4.1.1

**ตารางที่ 4.1.1** การทดสอบการทำงานของระบบตามเงื่อนไขที่กำหนด

การทดสอบ	การทดสอบการทำงานของระบบตามเงื่อนไขที่กำหนด					
	ปั๊มน้ำ		มอเตอร์ DC ตัวที่ 1		มอเตอร์ DC ตัวที่ 2	
	เปิด	ปิด	เปิด	ปิด	เปิด	ปิด
การทดสอบครั้งที่ 1	✓	✓	✓	✓	✓	✓
การทดสอบครั้งที่ 2	✓	✓	✓	✓	✓	✓
การทดสอบครั้งที่ 3	✓	✓	✓	✓	✓	✓
การทดสอบครั้งที่ 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓
การทดสอบครั้งที่ 5	✓	✓	✓	✓	✓	✓

จากตารางที่ 4.1.1 เป็นผลการทดลองการสอบการทำงานของระบบตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในตัวโปรแกรม Arduino IDE ซึ่งจะทำการสั่งเปิด-ปิด ปั๊มน้ำ มอเตอร์ DC (จานหมุนเหวี่ยง) ตัวที่ 1 และ มอเตอร์ DC (จานหมุนเหวี่ยง) ตัวที่ 2 โดยจะทำการทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง สรุปได้ว่าอุปกรณ์ทั้ง 3 สามารถทำงานได้ตรงตามเงื่อนไข 100 เปอร์เซ็นต์

#### 4.2 ผลการทดสอบแสดงข้อมูลวัน เดือน ปี และเวลา

จากการทดลองการทำงานในบทที่ 3 การทดลองของระบบตามเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งจะทดลองการทำงานของเว็บเซิร์ฟเวอร์ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ และทำการเก็บข้อมูลวัน เดือน ปี และเวลา ผลการทำงานดังตารางที่ 4.2.1

**ตารางที่ 4.2.1** การทดสอบการทำงานผลการทดสอบแสดงข้อมูลวัน เดือน ปี และเวลา

การทดสอบ	การทดสอบค่าที่แสดงในแอปพลิเคชัน			
	วันที่	เดือน	ปี	เวลา
การทดสอบครั้งที่ 1	✓	✓	✓	✓
การทดสอบครั้งที่ 2	✓	✓	✓	✓

การทดสอบครั้งที่ 3	✓	✓	✓	✓
การทดสอบครั้งที่ 4	✓	✓	✓	✓
การทดสอบครั้งที่ 5	✓	✓	✓	✓

จากตารางที่ 4.2.1 เป็นผลการทดสอบค่าที่แสดงในเว็บเซิร์ฟเวอร์ ที่กำหนดไว้ในตัว โปรแกรม Arduino IDE ซึ่งจะแสดงค่าวัน เดือน ปี และเวลา โดยจะทำการทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง สรุปได้ว่า สามารถแสดงค่า วัน เดือน ปี และเวลา ได้ตรงตามค่าจริง

#### 4.3 ผลการทดสอบอัตราการไหลของปั้มน้ำ

จากการทดสอบการทำงานในบทที่ 3 การทดสอบการทำงานของระบบตามเงื่อนไขที่กำหนดซึ่ง อัตราการไหลของน้ำไม่น้อยกว่า 2,000 มิลลิลิตร ต่อ 1 นาที ตามเงื่อนไขที่กำหนดและทำการเก็บค่า ผลการทำงานดังตารางที่ 4.3.1

##### ตารางที่ 4.3.1 ผลการทดสอบอัตราการไหลของน้ำต่อ 1 นาที

ผลการทดสอบ	การทดสอบอัตราการไหลของน้ำ ต่อ 1 นาที	
	อัตราการไหลของน้ำ 1 หัวจ่าย	อัตราการไหลของน้ำ 2 หัวจ่าย
ครั้งที่ 1	2,512 มิลลิลิตร	4,793 มิลลิลิตร
ครั้งที่ 2	2,551 มิลลิลิตร	4,759 มิลลิลิตร
ครั้งที่ 3	2,600 มิลลิลิตร	4,753 มิลลิลิตร
ครั้งที่ 4	2,644 มิลลิลิตร	4,778 มิลลิลิตร
ครั้งที่ 5	2,644 มิลลิลิตร	4,745 มิลลิลิตร
ค่าเฉลี่ย	2,590.20 มิลลิลิตร	4,766 มิลลิลิตร

จากตารางที่ 4.3.1 จากการทดสอบอัตราการไหลของน้ำ พบว่าเมื่อใช้ 1 หัวจ่ายน้ำ อัตราการไหลเฉลี่ยคือ 2590.2 มิลลิลิตร เมื่อใช้ 2 หัวจ่ายน้ำ อัตราการไหลเฉลี่ยคือ 4765.6 มิลลิลิตร แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มจำนวนหัวจ่ายน้ำทำให้การไหลของน้ำเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในการใช้ 2 หัวจ่ายน้ำ อัตราการไหลสูงกว่า 2 เท่าเมื่อเทียบกับการใช้หัวจ่ายน้ำเพียง 1 หัวจ่าย



รูปที่ 4.1 ผลการทดลองอัตราการไหลของน้ำ 1 หัวจ่ายและ 2 หัวจ่าย

#### 4.4 ผลการทดสอบงานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติ

จากการทดสอบการทำงานในของงานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติ จำนวน 3 ขนาด (3 เซนติเมตร , 6 เซนติเมตร , 9 เซนติเมตร) และความสูงต่างกัน 3 ระดับ (190 เซนติเมตร, 180 เซนติเมตร , 170 เซนติเมตร) นำมาเปรียบเทียบกันเพื่อหาการหมุนเหวี่ยงที่สมดุลต่อโรงเรือนขนาด (2.5 x 2.9 x 2.2) เมตร ( กว้าง x ยาว x สูง )

ตารางที่ 4.4.1 ผลการทดลองงานขนาด 3 เซนติเมตร เวลา 3 นาที มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง จำนวน 1 ตัว

ครั้งที่	ความสูง	ปริมาณน้ำทั้ง 5 จุด (กรัม)				
		1	2	3	4	5
1	170 เซนติเมตร	51	53	51	56	59
2	170 เซนติเมตร	52	54	52	51	60
3	170 เซนติเมตร	52	55	55	52	58
1	180 เซนติเมตร	51	53	51	51	54
2	180 เซนติเมตร	52	53	52	55	57
3	180 เซนติเมตร	55	55	54	53	55
1	190 เซนติเมตร	52	53	52	51	52
2	190 เซนติเมตร	53	52	52	52	51
3	190 เซนติเมตร	52	54	52	52	51



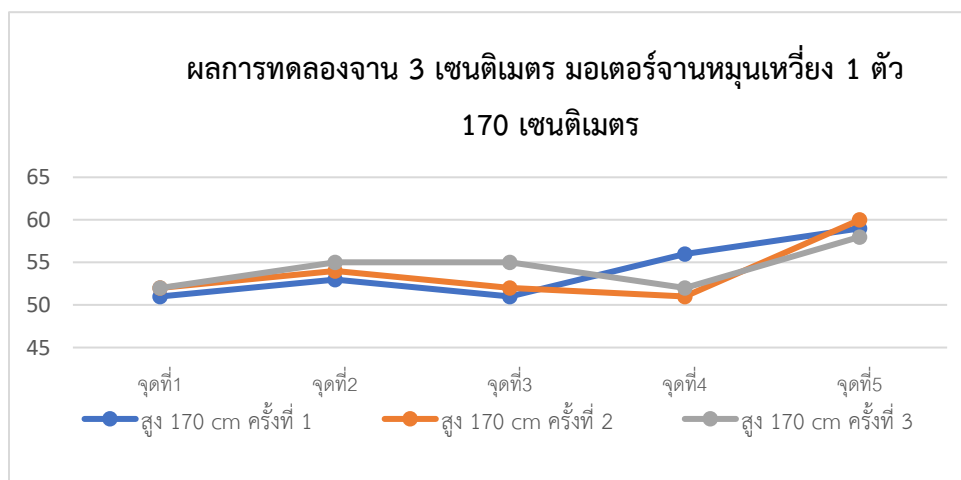
จากตารางที่ 4.4.1 เป็นผลการทดลองพบว่า การกระจายของปริมาณน้ำที่จุดทั้ง 5 บนจานขนาด 3 เซนติเมตรมีความแตกต่างกันตามความสูงที่ตั้งมอเตอร์จานหมุนเหวี่ยง เมื่อทดสอบที่

ความสูง 170 เซนติเมตร ปริมาณน้ำที่จุดต่าง ๆ มีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยจุดที่ 5 มักจะมีปริมาณน้ำสูงสุดในทุกการทดสอบเมื่อทดสอบที่

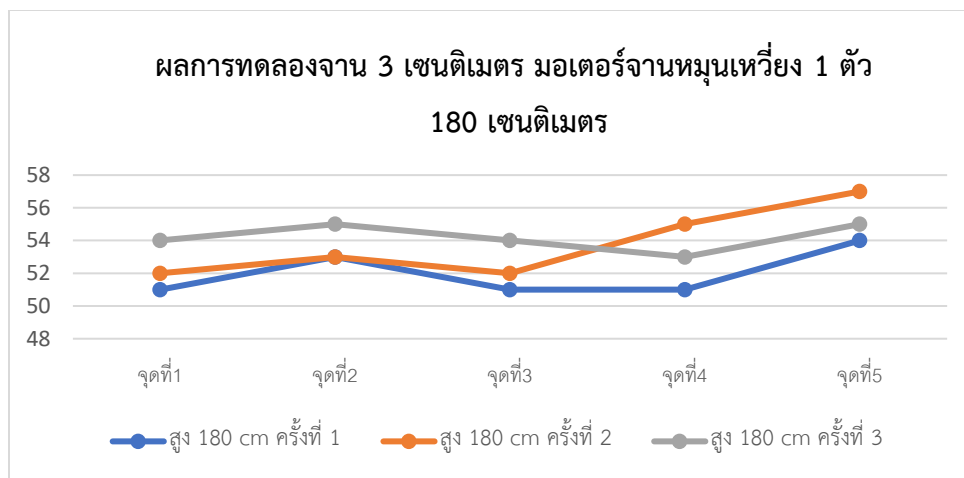
ความสูง 180 เซนติเมตร พบว่าปริมาณน้ำที่จุดต่าง ๆ มีความหลากหลายมากขึ้น โดยจุดที่ 5 ยังคงมีปริมาณน้ำสูงสุด แต่จุดอื่นๆ ก็มีการเปลี่ยนแปลงชัดเจนจากการทดสอบที่ความสูง 170 เซนติเมตร สำหรับการทดสอบที่

ความสูง 190 เซนติเมตร ปริมาณน้ำที่จุดต่าง ๆ มีความสม่ำเสมอมากขึ้น โดยค่าปริมาณน้ำที่จุดทั้ง 5 ค่อนข้างใกล้เคียงกันเมื่อเทียบกับความสูง 170 และ 180 เซนติเมตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความสูงที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการกระจายน้ำให้มีความสมดุลมากขึ้นในทุกจุด

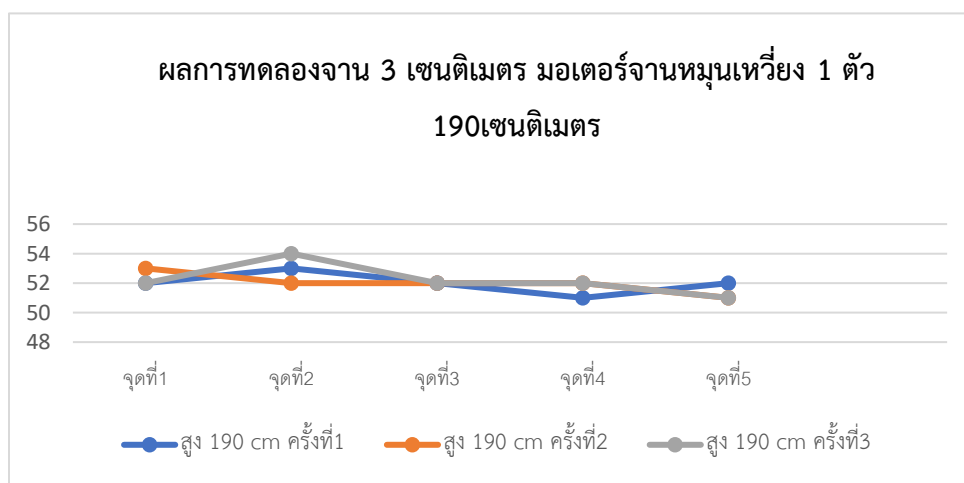
ผลการทดลองพบว่าความสูงของการตั้งมอเตอร์จานหมุนเหวี่ยงมีผลต่อการกระจายตัวของน้ำบนจานขนาด 3 เซนติเมตร โดยที่ความสูง 190 เซนติเมตร ช่วยให้การกระจายน้ำมีความสม่ำเสมอมากที่สุด ขณะที่ที่ความสูง 170 เซนติเมตร และ 180 เซนติเมตร การกระจายน้ำยังคงมีความแตกต่างกันที่ค่อนข้างมาก ซึ่งอาจเป็นผลจากการหมุน และแรงที่เกิดจากมอเตอร์จานหมุนเหวี่ยงที่ต่างกันตามความสูง ช่วยให้เข้าใจถึงผลกระทบของความสูงที่มีต่อการกระจายน้ำ และเป็นข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงการตั้งค่าของมอเตอร์จานหมุนเหวี่ยง หรือการออกแบบอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการกระจายน้ำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงผลการทดลองจานขนาด 3 เซนติเมตร มอเตอร์จานหมุนเหวี่ยง 1 ตัว  
170 เซนติเมตร



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงผลการทดลองงานขนาด 3 เซนติเมตร มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง 1 ตัว  
180 เซนติเมตร



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงผลการทดลองงานขนาด 3 เซนติเมตร มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง 1 ตัว  
190 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.4.2 ผลการทดลองงานขนาด 6 เซนติเมตร เวลา 3 นาที มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยงจำนวน 1 ตัว

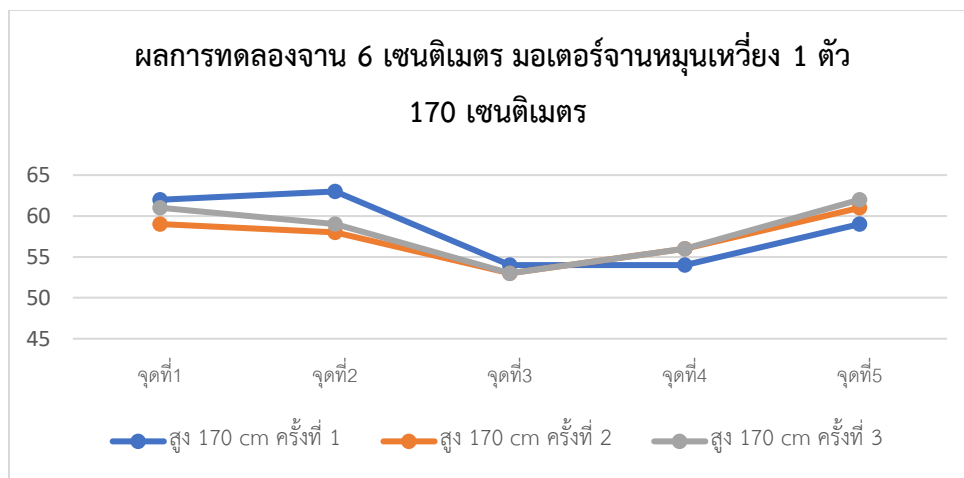
ครั้งที่	ความสูง	ปริมาณน้ำทิ้ง 5 จุด (กรัม)				
		1	2	3	4	5
1	170 เซนติเมตร	62	63	54	54	59
2	170 เซนติเมตร	59	58	53	56	61
3	170 เซนติเมตร	61	59	53	55	62
1	180 เซนติเมตร	68	55	51	52	62
2	180 เซนติเมตร	72	56	53	56	64
3	180 เซนติเมตร	71	56	52	57	62
1	190 เซนติเมตร	55	69	66	64	62
2	190 เซนติเมตร	55	75	80	65	54
3	190 เซนติเมตร	54	71	61	72	54

จากตารางที่ 4.4.2 ผลการทดลองพบว่า การกระจายของปริมาณน้ำที่จุดทิ้ง 5 บนงาน ขนาด 6 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันตามความสูงที่ตั้งมอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง โดยที่ความสูง 170 เซนติเมตร ปริมาณน้ำที่จุดต่าง ๆ มีการกระจายค่อนข้างสม่ำเสมอ โดยจุดที่ 5 มักจะมีปริมาณน้ำสูงสุดในทุกครั้งของการทดสอบเมื่อทดสอบที่

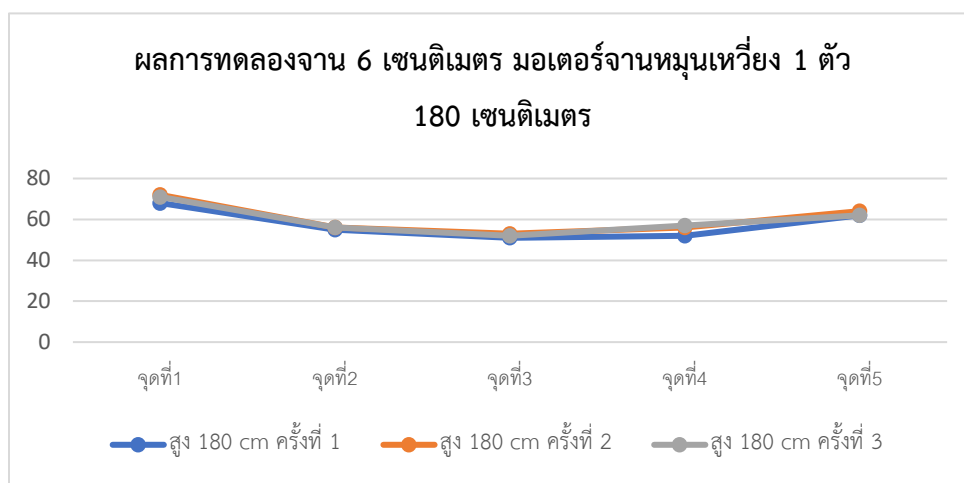
ความสูง 180 เซนติเมตร พบว่าการกระจายของน้ำมีความหลากหลายมากขึ้น โดยจุดที่ 5 ยังคงมีปริมาณน้ำสูงสุด แต่จุดอื่น ๆ มีความแตกต่างกันชัดเจนการทดสอบที่

ความสูง 190 เซนติเมตร ปริมาณน้ำที่จุดต่าง ๆ มีความแตกต่างกันมากขึ้น โดยเฉพาะที่จุดที่ 3 และ 4 ที่มีปริมาณน้ำสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

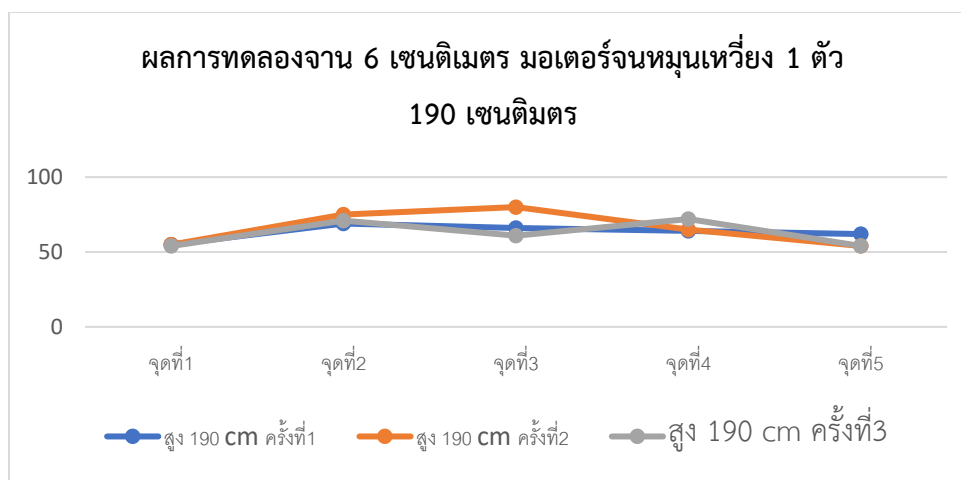
ผลการทดลองพบว่า ความสูงของการตั้งมอเตอร์งานหมุนเหวี่ยงมีผลต่อการกระจายตัวของน้ำบนงานขนาด 6 เซนติเมตร โดยที่ความสูง 190 เซนติเมตรทำให้การกระจายน้ำมีความหลากหลายมากขึ้น โดยเฉพาะที่จุดที่ 3 และ 4 ซึ่งมีปริมาณน้ำสูงขึ้นอย่างชัดเจน ขณะที่ที่ความสูง 170 เซนติเมตร และ 180 เซนติเมตร การกระจายน้ำมีความสม่ำเสมอมากกว่า โดยจุดที่ 5 มักจะมีปริมาณน้ำสูงสุดในทุกการทดสอบ ผลการทดลองนี้ช่วยให้เข้าใจถึงผลกระทบของความสูงที่มีต่อการกระจายน้ำ และสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงการตั้งค่าของมอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง



จากรูปที่ 4.5 กราฟแสดงผลการทดลองงานขนาด 6 เซนติเมตร มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง 1 ตัว  
170 เซนติเมตร



จากรูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลการทดลองงานขนาด 6 เซนติเมตร มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง 1 ตัว  
190 เซนติเมตร



จากรูปที่ 4.7 กราฟแสดงผลการทดลองงานขนาด 6 เซนติเมตร มอเตอร์จันทุนเหวียง 1 ตัว  
190 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.4.3 ผลการทดลองงานขนาด 9 เซนติเมตร เวลา 3 นาที มอเตอร์จันทุนเหวียงจำนวน 1 ตัว

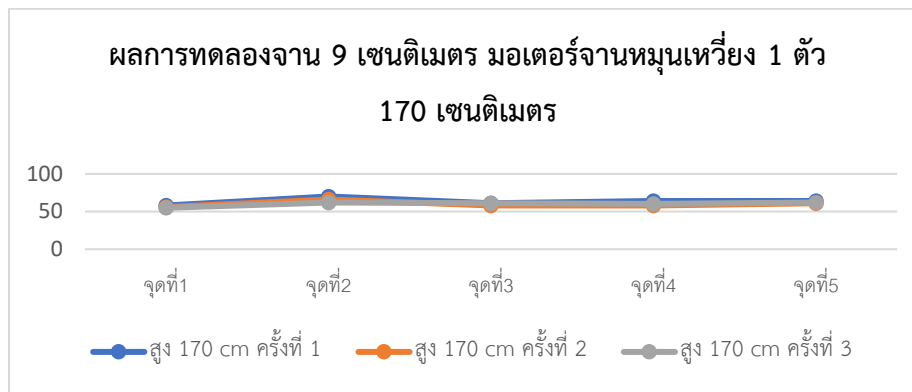
ครั้งที่	ความสูง	ปริมาณน้ำทั้ง 5 จุด (กรัม)				
		1	2	3	4	5
1	170 เซนติเมตร	55	62	61	60	62
2	170 เซนติเมตร	56	66	58	58	61
3	170 เซนติเมตร	58	70	61	61	64
1	180 เซนติเมตร	58	93	72	59	54
2	180 เซนติเมตร	64	78	65	60	54
3	180 เซนติเมตร	60	85	65	60	55
1	190 เซนติเมตร	107	63	58	61	55
2	190 เซนติเมตร	106	66	56	58	55
3	190 เซนติเมตร	93	64	56	56	58

จากตารางที่ 4.4.3 ผลการทดลองพบว่า ความสูงของการตั้งมอเตอร์จันทุนเหวียงมีผลต่อการกระจายตัวของน้ำบนงานขนาด 9 เซนติเมตร โดยการทดสอบที่ความสูง 170 เซนติเมตร การกระจายของน้ำค่อนข้างสม่ำเสมอ โดยจุดที่ 5 มักจะมีปริมาณน้ำสูงสุดในทุกครั้งที่ของการทดสอบ เช่น ในครั้งที่ 1 จุดที่ 1 มี 55 กรัม จุดที่ 5 มี 62 กรัม ในครั้งที่ 3 จุดที่ 1 มี 58 กรัม และจุดที่ 5 มี 64 กรัม เมื่อทดสอบที่

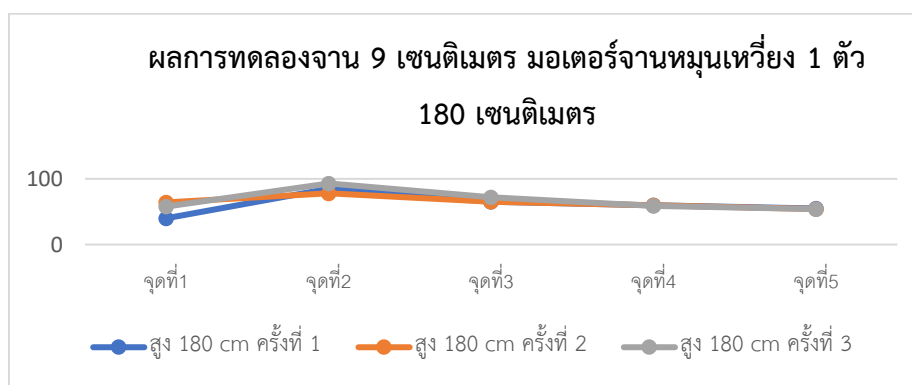
ความสูง 180 เซนติเมตร พบว่า การกระจายน้ำมีความแตกต่างชัดเจน โดยจุดที่ 2 และ 3 มักจะมี ปริมาณน้ำสูงขึ้น เช่น ในครั้งที่ 1 จุดที่ 2 มี 93 กรัม จุดที่ 3 มี 72 กรัม ส่วนจุดที่ 5 มีปริมาณน้ำลดลง อย่างเห็นได้ชัด เช่น ครั้งที่ 1 มี 54 กรัม และในครั้งที่ 3 มี 55 กรัม สำหรับการทดสอบที่

ความสูง 190 เซนติเมตร ปริมาณน้ำที่จุดต่าง ๆ ค่อนข้างมีความหลากหลาย โดยจุดที่ 1 มีปริมาณ น้ำสูงขึ้น เช่น ครั้งที่ 1 มี 107 กรัม แต่จุดอื่น ๆ มีการกระจายที่ใกล้เคียงกัน เช่น จุดที่ 2 มี 63 กรัม ใน ครั้งที่ 1 และ 66 กรัม ในครั้งที่ 2 โดยจุดที่ 5 มีปริมาณน้ำค่อนข้างคงที่ เช่น 55 กรัม ในทุกครั้ง

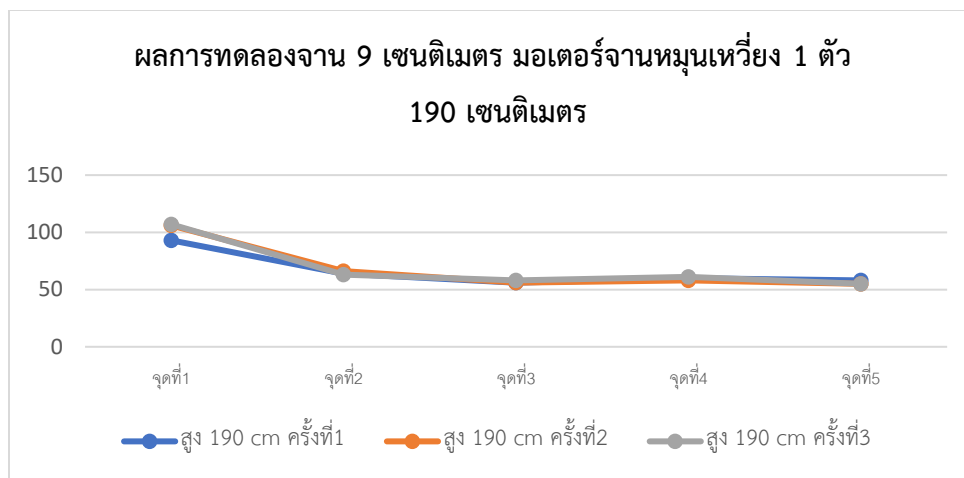
จากการทดลองที่ความสูง 170 เซนติเมตรมีการกระจายที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ ขณะที่ที่ความสูง 180 และ 190 เซนติเมตร มีความหลากหลายในการกระจายน้ำ โดยเฉพาะที่ความสูง 180 เซนติเมตร ที่ทำให้ การกระจายน้ำที่จุด 2 และ 3 สูงขึ้น ขณะที่จุดที่ 5 มีการกระจายที่ลดลง



จากรูปที่ 4.8 กราฟแสดงผลการทดลองงานขนาด 9 เซนติเมตร มอเตอร์จานหมุนเหวี่ยง 1 ตัว  
170 เซนติเมตร



จากรูปที่ 4.9 กราฟแสดงผลการทดลองงานขนาด 9 เซนติเมตร มอเตอร์จานหมุนเหวี่ยง 1 ตัว  
180 เซนติเมตร



จากรูปที่ 4.10 กราฟแสดงผลการทดลองงานขนาด 9 เซนติเมตร มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง 1 ตัว  
190 เซนติเมตร

#### 4.4.4 การใช้งานของมอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง 1 ตัว และมอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง 2 ตัว

การใช้มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง 2 ตัวช่วยให้ระบบทำงานได้มีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง 1 ตัว เนื่องจากสามารถกระจายแรงเหวี่ยงได้ดีขึ้นในหลายทิศทาง ทำให้การกระจายน้ำหรือวัสดุทั่วถึงและมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ การทำงานร่วมกันของมอเตอร์ทั้งสองช่วยลดความเสี่ยงจากความไม่สมดุลของระบบ ทำให้การหมุนเหวี่ยงเสถียร และลดการสึกหรอจากแรงที่ไม่สมดุล การใช้มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง 2 ตัว ยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการหมุนเหวี่ยงได้มากขึ้น เพิ่มความเร็วและแรงเหวี่ยง ทำให้ระบบทำงานได้ดีขึ้น อีกทั้งยังช่วยยืดอายุการใช้งานของมอเตอร์งานหมุนเหวี่ยงทั้งสองตัว โดยการแบ่งเบาภาระการทำงาน ทำให้มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยงไม่ต้องทำงานหนักเกินไป ส่งผลให้การใช้งานยาวนานขึ้น

#### ตารางที่ 4.4.5 ผลการทดลองงานขนาด 6 เซนติเมตร เวลา 3 นาที มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยงจำนวน 2 ตัว

ครั้งที่	ความสูง	ปริมาณน้ำทิ้ง 5 จุด (กรัม)				
		1	2	3	4	5
1	170 เซนติเมตร	96	89	91	85	97
2	170 เซนติเมตร	87	81	82	86	89
3	170 เซนติเมตร	92	88	95	101	100
1	180 เซนติเมตร	83	75	78	94	73
2	180 เซนติเมตร	80	72	71	95	79
3	180 เซนติเมตร	70	70	77	89	68
1	190 เซนติเมตร	96	102	78	77	56
2	190 เซนติเมตร	96	104	79	81	67
3	190 เซนติเมตร	91	91	80	80	56

จากการตารางที่ 4.4.5 ซึ่งเป็นผลการทดลองการทดสอบงานขนาด 6 เซนติเมตร เวลา 3 นาที โดยใช้มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง จำนวน 2 ตัว การทดสอบที่ความสูง 170 เซนติเมตร การกระจายน้ำที่ความสูงนี้มีความสม่ำเสมอ และไม่แปรปรวนมาก โดยเฉพาะในครั้งที่ 3 ปริมาณน้ำในจุดต่าง ๆ มีการกระจายตัวอย่างเหมาะสม เช่น จุดที่ 4 มี 101 กรัม และจุดที่ 1 มี 92 กรัม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในทุกครั้ง

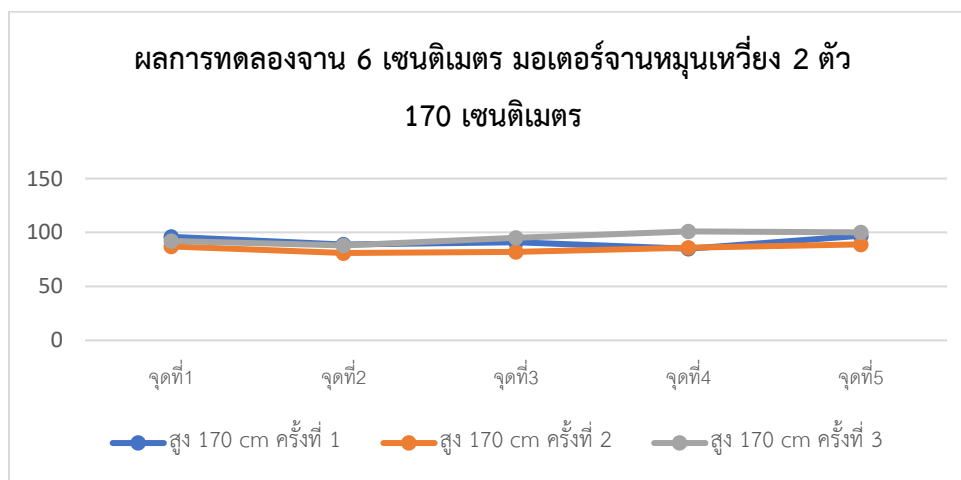


ของการทดสอบ ความสูง 170 เซนติเมตรสามารถกระจายน้ำได้ดี และมีปริมาณน้ำที่ไม่แปรปรวนมากเกินไประหว่างจุดต่างๆความสูง

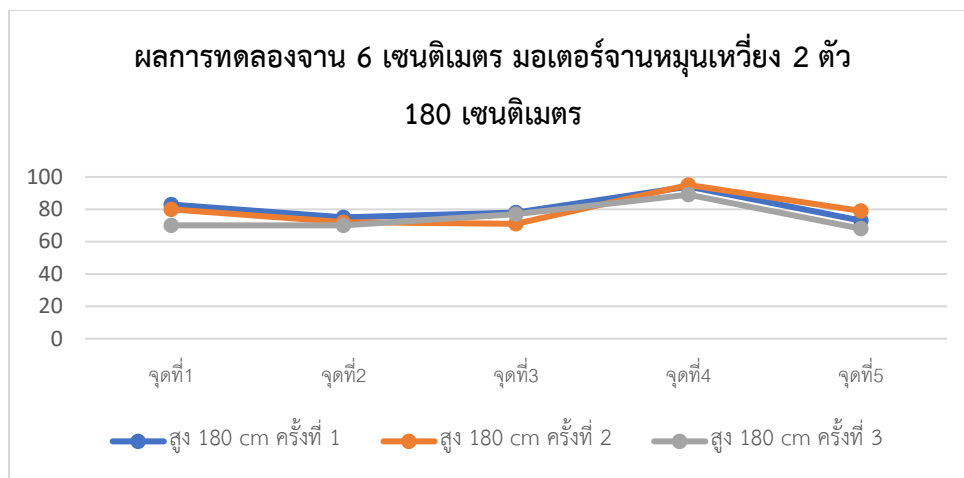
ความสูง180 เซนติเมตร การกระจายน้ำที่ความสูงนี้มีความแตกต่างจากที่ความสูง 170 เซนติเมตรเล็กน้อย โดยจุดที่ 4 มีปริมาณน้ำสูงสุดในบางครั้ง เช่น ในครั้งที่ 1 มี 94 กรัม แต่การกระจายน้ำดูเหมือนจะมีความแตกต่างมากขึ้นระหว่างจุดต่าง ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับความสูง 170 เซนติเมตร เช่น จุดที่ 1 มีเพียง 83 กรัมในครั้งที่ 1

ความสูง 190 เซนติเมตร การกระจายน้ำมีความไม่สม่ำเสมอและมีความแตกต่างระหว่างจุดต่าง ๆ มากที่สุด โดยเฉพาะจุดที่ 5 ซึ่งมีปริมาณน้ำต่ำสุดในทุกครั้ง เช่น ในครั้งที่ 1 มีเพียง 56 กรัม การกระจายน้ำที่ความสูงนี้ดูเหมือนจะไม่เหมาะสมเท่ากับที่ความสูง 170 เซนติเมตร และ180 เซนติเมตร

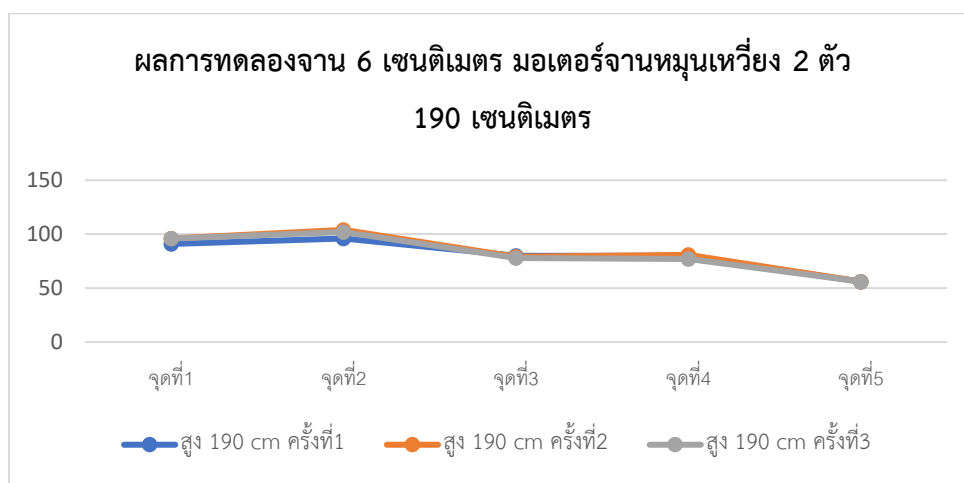
จากการทดสอบความสูง 170 เซนติเมตร ให้ผลการกระจายน้ำที่ดีที่สุด โดยการกระจายน้ำมีความสม่ำเสมอ และไม่แปรปรวนมากเกินไปในแต่ละจุด ซึ่งถือเป็นความสูงที่เหมาะสมที่สุดในการทดลองนี้ ขณะที่ที่ความสูง 180 และ190 เซนติเมตรการกระจายน้ำมีความแตกต่าง และไม่สม่ำเสมอ



**จากรูปที่ 4.11** กราฟแสดงผลการทดลองงานขนาด 6 เซนติเมตร มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง 2 ตัว  
170 เซนติเมตร



จากรูปที่ 4.12 กราฟแสดงผลการทดลองงานขนาด 6 เซนติเมตร มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง 2 ตัว  
180 เซนติเมตร



จากรูปที่ 4.13 กราฟแสดงผลการทดลองงานขนาด 6 เซนติเมตร มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง 2 ตัว  
190 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.4.6 ผลการทดลองงานขนาด 9 เซนติเมตร เวลา 3 นาที มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยงจำนวน 2 ตัว

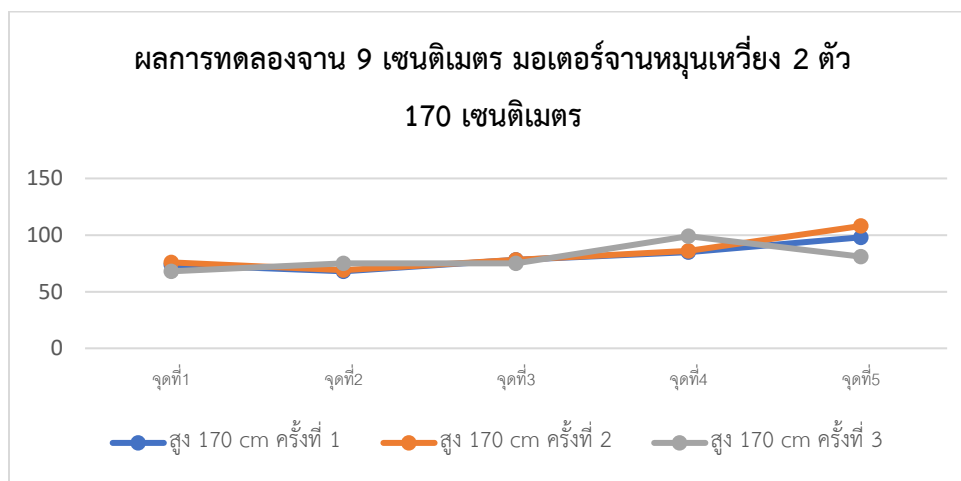
ครั้งที่	ความสูง	ปริมาณน้ำทั้ง 5 จุด (กรัม)				
		1	2	3	4	5
1	170 เซนติเมตร	74	68	78	85	98
2	170 เซนติเมตร	76	69	78	86	108
3	170 เซนติเมตร	68	75	75	99	81
1	180 เซนติเมตร	70	70	77	89	78
2	180 เซนติเมตร	96	92	51	77	56
3	180 เซนติเมตร	96	104	79	81	56
1	190 เซนติเมตร	77	80	69	75	81
2	190 เซนติเมตร	84	73	70	77	81
3	190 เซนติเมตร	81	74	62	75	80

จากตารางที่ 4.4.6 ผลการทดลองการทดสอบงานขนาด 9 เซนติเมตร เวลา 3 นาที โดยใช้มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง จำนวน 2 ตัว พบว่าการตั้งมอเตอร์งานหมุนเหวี่ยงที่ความสูง 170 เซนติเมตร ยังคงให้ผลการกระจายน้ำที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับความสูง 180 เซนติเมตร และ 190 เซนติเมตร โดยการกระจายน้ำในแต่ละจุดมีความสมดุล และสม่ำเสมอที่ความสูง 170 เซนติเมตร การกระจายน้ำในแต่ละจุดมีความค่อนข้างสมดุล โดยจุดที่ 5 มักจะมีปริมาณน้ำสูงสุด เช่น ในครั้งที่ 2 มี 108 กรัม ขณะที่จุดอื่น ๆ เช่น จุดที่ 1 มี 76 กรัม การกระจายน้ำที่ความสูงนี้ค่อนข้างสม่ำเสมอ และไม่มีผลการกระจายน้ำที่แตกต่างกันมากเกินไประหว่างจุดต่าง ๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการตั้งมอเตอร์ที่ความสูง 170 เซนติเมตร ให้ผลการกระจายน้ำที่ดีที่สุดในการทดลองที่

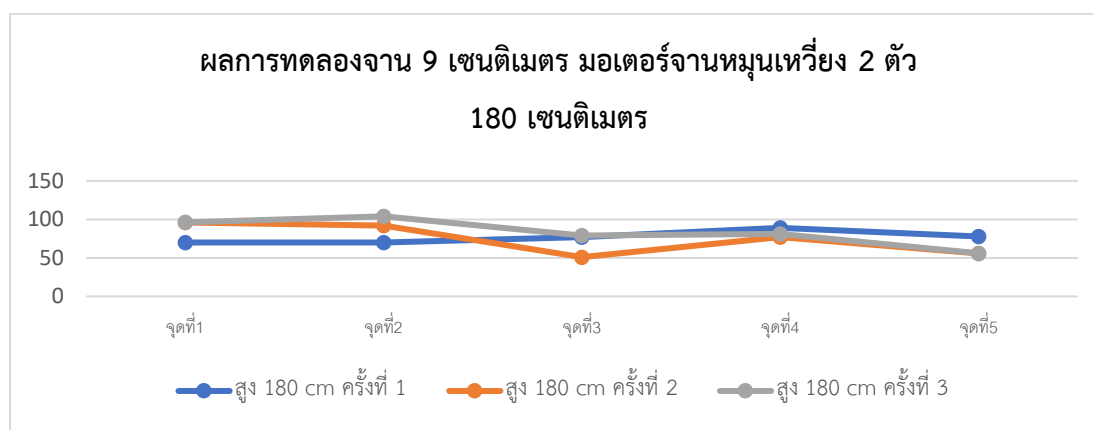
ความสูง 180 เซนติเมตร การกระจายน้ำที่ความสูงนี้มีความแปรปรวนในบางจุด เช่น ในครั้งที่ 2 จุดที่ 3 มีเพียง 51 กรัม ซึ่งต่ำกว่าจุดอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด ขณะที่จุดที่ 1 และจุดที่ 2 มีปริมาณน้ำสูงขึ้น เช่น จุดที่ 1 มี 96 กรัม ในครั้งที่ 2 การกระจายน้ำที่ความสูง 180 เซนติเมตร มีความแปรปรวนมากขึ้นเมื่อเทียบกับที่ความสูง 170 เซนติเมตรในการทดลองที่

ความสูง 190 เซนติเมตร การกระจายน้ำที่ความสูงนี้มีความสม่ำเสมอ แต่ปริมาณน้ำที่จุดต่าง ๆ ค่อนข้างใกล้เคียงกันมากขึ้น เช่น ในครั้งที่ 1 จุดที่ 1 มี 77 กรัม และจุดที่ 5 มี 81 กรัม ซึ่งทำให้การกระจายน้ำไม่เท่ากับที่ความสูง 170 เซนติเมตรที่มีความหลากหลายของปริมาณน้ำระหว่างจุดต่าง ๆ

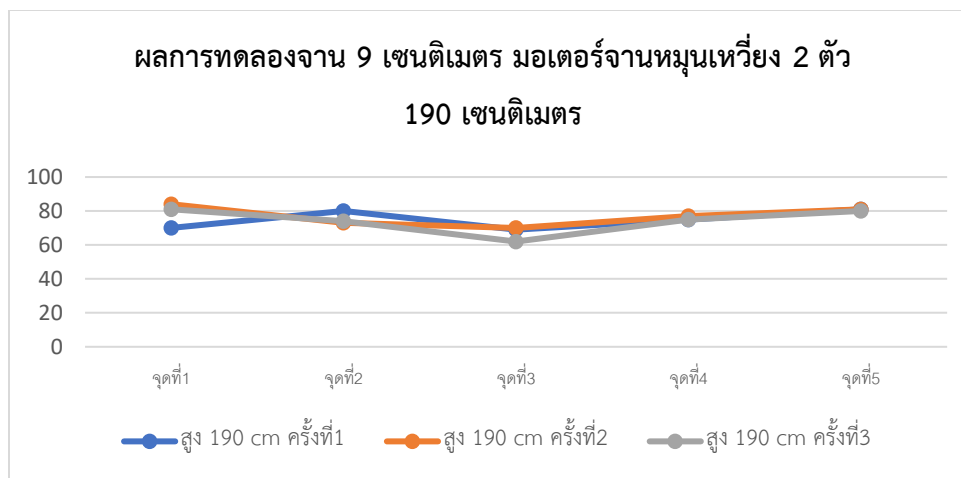
จากการทดลองพบว่าความสูง 170 เซนติเมตร เป็นความสูงที่ให้ผลการกระจายน้ำดีที่สุด เนื่องจากการกระจายน้ำมีความสม่ำเสมอ และไม่มีความแปรปรวนมากเกินไปในแต่ละจุด ขณะที่ที่ความสูง 180 เซนติเมตร และ 190 เซนติเมตรการกระจายน้ำมีความแปรปรวนมากขึ้น และไม่สม่ำเสมอเท่าความสูง 170 เซนติเมตร



จากรูปที่ 4.14 กราฟแสดงผลการทดลองงานขนาด 9 เซนติเมตร มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง 2 ตัว 170 เซนติเมตร



จากรูปที่ 4.15 กราฟแสดงผลการทดลองงานขนาด 9 เซนติเมตร มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง 2 ตัว 180 เซนติเมตร



**จากรูปที่ 4.16** กราฟแสดงผลการทดลองงานขนาด 9 เซนติเมตร มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง 2 ตัว 190 เซนติเมตร

**ตารางที่ 4.4.7** การทดลองปริมาตรน้ำ 2 ขนาด (6 เซนติเมตร , 9 เซนติเมตร) มอเตอร์หมุนเหวี่ยง จำนวน 2 ตัว 170 เซนติเมตร

ครั้งที่	ความสูง	ปริมาณน้ำทั้ง 5 จุด (กรัม)				
		1	2	3	4	5
1	170 เซนติเมตร	74	82	70	70	75
2	170 เซนติเมตร	73	89	71	75	74
3	170 เซนติเมตร	73	85	80	73	79

**ตารางที่ 4.4.8** การทดลองรัศมีของงาน 2 ขนาด ( 6 เซนติเมตร, 9 เซนติเมตร) มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง จำนวน 2 ตัว 170 เซนติเมตร

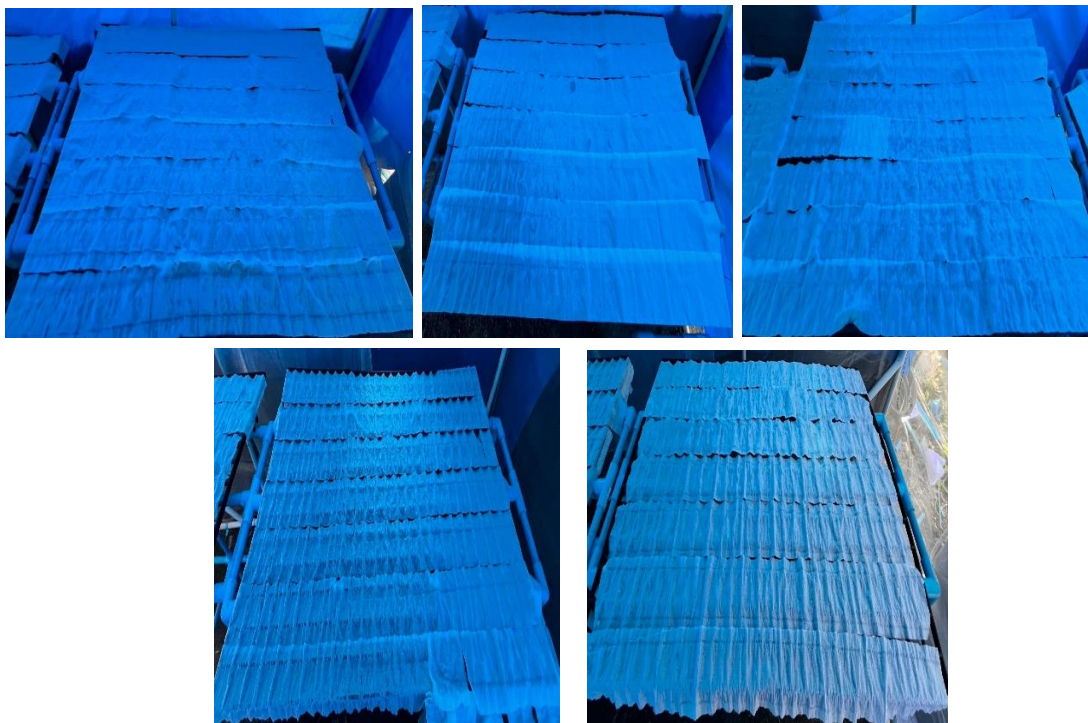
จากการทดลองพบว่า รัศมีของงาน 6 เซนติเมตร และ 9 เซนติเมตร สามารถกระจายน้ำเป็นละอองได้อย่างทั่วถึง และเหมาะสมสำหรับการเพาะต้นอ่อน ซึ่งจะเห็นได้จากการทดลองในชุดที่ 1-2 และชุดที่ 4-5 จะได้รับละอองน้ำจากงาน 9 เซนติเมตร และสำหรับชุดที่ 2 3 และ 4 ซึ่งใช้งานขนาด 6 เซนติเมตร พบว่าละอองน้ำของงานหมุนเหวี่ยงทั้ง 2 จะกระจายอย่างสม่ำเสมอ และทั่วถึงทุกบริเวณ โดยไม่มีการสะสมของน้ำในจุดใดจุดหนึ่ง ทำให้สภาพแวดล้อมในการเพาะต้นอ่อนมีความเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการกระจายน้ำที่เหมาะสม



จากรูปที่ 4.17 กราฟแสดงผลการทดลองงานขนาด 6 และ 9 เซนติเมตร มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง 2 ตัว 170 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.4.9 การทดลองรัศมีของงาน 2 ขนาด ( 9 เซนติเมตร, 9 เซนติเมตร) มอเตอร์งานหมุนเหวี่ยง จำนวน 2 ตัว 170 เซนติเมตร

จากการทดลองพบว่า รัศมีของงานขนาด 9 เซนติเมตร และ 9 เซนติเมตร สามารถกระจายน้ำได้ทั่วถึง และเหมาะสมในการเพาะต้นอ่อน แต่การใช้งานงานขนาด 9 เซนติเมตร ทั้งสองงานนั้น มีข้อเสียที่สำคัญ คือน้ำที่กระจายออกมาจากงานจะกระจายเกินพื้นที่ที่ต้องการภายในโรงเรือน ซึ่งทำให้ละอองน้ำไปกระจายเกินขอบเขตที่เหมาะสม อาจส่งผลให้ไม่สามารถควบคุมปริมาณน้ำในพื้นที่เพาะปลูกได้ดีอีกทั้งเมื่อละอองน้ำไปกระทบกับตาข่ายที่คลุมโรงเรือน ก็จะมีการตกลงมาเป็นเม็ดน้ำแทนละอองน้ำ ซึ่งทำให้เกิดการหยดลงมาเป็นน้ำหยด ซึ่งไม่เหมาะสมในการเพาะต้นกล้า เนื่องจากการมีน้ำหยดลงบนต้นกล้าสามารถทำให้เกิดความชื้นสะสมในบางจุดที่อาจส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้า หรือทำให้รากต้นกล้าเกิดโรคจากการที่น้ำเกาะอยู่มากเกินไป



จากรูปที่ 4.18 กราฟแสดงผลการทดลองงานขนาด 9 และ 9 เซนติเมตร มอเตอร์ 2 ตัว  
170 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.4.10. แบบจำลองการหมุนเหวี่ยงของจานด้านหน้าขนาด 9 เซนติเมตร และด้านหลังขนาด 6 เซนติเมตร มอเตอร์จานหมุนเหวี่ยง จำนวน 2 ตัว ความสูง 170 เซนติเมตร

ภาคที่	ครั้งที่	ปริมาณน้ำ (กรัม)	ค่าเฉลี่ย (กรัม)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	1	150	156.33	4.92
	2	157		
	3	162		
2	1	193	199.33	4.92
	2	200		
	3	205		
3	1	196	201.33	6.85
	2	197		
	3	211		
4	1	253	250.67	2.05
	2	248		
	3	251.		
5	1	203	203.00	5.72
	2	196		
	3	210		
6	1	251	249.67	1.25
	2	248		
	3	250		
7	1	191	190.67	2.87
	2	187		
	3	194		



8	1	204	200.00	3.74
	2	201		
	3	195		
9	1	210	210.00	10.61
	2	223		
	3	197		
10	1	218	212.33	9.46
	2	220		
	3	199		
11	1	198	201.67	6.65
	2	211		
	3	196		
12	1	192	200.00	8.64
	2	196		
	3	212		
13	1	201	203.00	6.68
	2	212		
	3	196		
14	1	230	236.67	4.78
	2	241		
	3	239		
15	1	211	203.00	5.72
	2	198		
	3	200		

16	1	231	224.33	10.14
	2	210		
	3	232		
17	1	208	206.00	4.32
	2	210		
	3	200		
18	1	190	208.67	13.60
	2	214		
	3	222		
19	1	193	200.33	8.99
	2	195		
	3	213		
20	1	192	199.67	7.59
	2	210		
	3	197		

จากตารางที่ 4.4.10 ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงความสม่ำเสมอ ในการหมุนเหวี่ยงของจาน 2 ตัว โดยมีการกระจายของปริมาณน้ำที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ ซึ่งสะท้อนถึงความแม่นยำ และความเสถียรใน กระบวนการการหมุนเหวี่ยง การกระจายผลลัพธ์มีความคงที่ และสอดคล้องกัน ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพ ที่ดีของอุปกรณ์ในการควบคุมปริมาณน้ำได้อย่างแม่นยำ และน่าเชื่อถือ ผลลัพธ์นี้ ช่วยให้การประเมินผล การทดลองมีความชัดเจน การทดลองแสดงให้เห็นถึงการควบคุมที่ดีในกระบวนการ

**ตารางที่ 4.4.11** แบบจำลองการหมุนเหวี่ยงของจานด้านหน้าขนาด 9 เซนติเมตร และด้านหลังขนาด 6 เซนติเมตร มอเตอร์ DC จำนวน 2 ตัว ความสูง 170 เซนติเมตร

การทดลองแบบจำลองการหมุนเหวี่ยงของจานด้านหน้าขนาด 9 เซนติเมตร และด้านหลังขนาด 6 เซนติเมตร โดยใช้มอเตอร์จานหมุนเหวี่ยง จำนวน 2 ตัว และมีความสูง 170 เซนติเมตร พบว่าการกระจายน้ำไปยังแต่ละหลุมในงานนั้นมีความทั่วถึง และสม่ำเสมอ ทุกหลุมที่อยู่ในแต่ละจาน ซึ่งแต่ละชุดที่ใช้ในการทดลองมี 4 ถาด โดยในแต่ละถาดมี 105 หลุมการหมุนเหวี่ยงที่เกิดขึ้นสามารถกระจายน้ำให้กับทุกหลุมในงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งช่วยให้การทดลองมีความแม่นยำ และสม่ำเสมอ โดยน้ำที่ถูกกระจายไปในหลุมต่าง ๆ จะมีการกระจายที่ไม่ค่อยมีกระจุกตัวที่หลุมใดหลุมหนึ่ง ทำให้ผลลัพธ์มีความเสถียรและสามารถวิเคราะห์ได้ง่าย การกระจายน้ำในแต่ละหลุมทำให้มั่นใจได้ว่า การทดลองนั้นมีความทั่วถึง และเป็นมาตรฐานในทุกหลุม ทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความน่าเชื่อถือ และสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงหรือพัฒนาแบบจำลองในอนาคตได้

ชุดที่	แบบจำลองการหมุนเหวี่ยงด้านหน้าขนาดจาน 9 และด้านหลังขนาด 6 เซนติเมตร			
	มอเตอร์จานหมุนเหวี่ยง จำนวน 2 ตัว ที่ความสูง 170 เซนติเมตร			
	ถาดที่ 1	ถาดที่ 2	ถาดที่ 3	ถาดที่ 4
1				
		ถาดที่ 5	ถาดที่ 6	ถาดที่ 7
2				
		ถาดที่ 9	ถาดที่ 10	ถาดที่ 11
3				

	ถาดที่ 13	ถาดที่ 14	ถาดที่ 15	ถาดที่ 16
4				
	ถาดที่ 17	ถาดที่ 18	ถาดที่ 19	ถาดที่ 20
5				

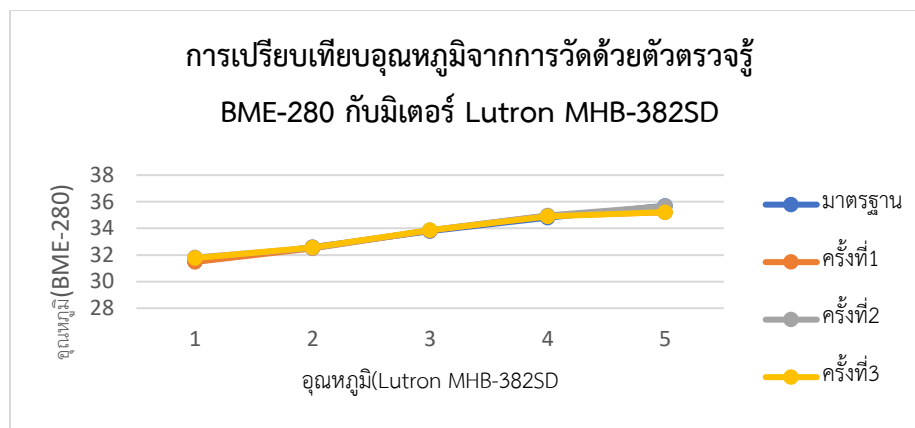
#### 4.5 ผลการทดสอบเปรียบเทียบอุณหภูมิจากการวัดด้วยตัวตรวจรู้ BME-280 กับมิเตอร์ Lutron MHB-382SD

จากการทดลองในบทที่ 3 การทดลองเปรียบเทียบอุณหภูมิจากการวัดด้วยตัวตรวจรู้ BME-280 กับ Lutron MHB-382SD ดังรูปที่ 3.22 ได้มีผลการทดลองการเปรียบเทียบอุณหภูมิจากการวัดด้วยตัวตรวจรู้ BME-280 กับมิเตอร์ Lutron MHB-382SD มีการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ 31.5 ถึง 35.7 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าอุณหภูมิในการเปรียบเทียบ โดยอุณหภูมิที่ได้จากการวัดค่าจากตัวตรวจรู้ กับมิเตอร์ Lutron MHB-382SD แสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 4.5.1

**ตารางที่ 4.5.1** ผลทดสอบเปรียบเทียบอุณหภูมิจากการวัดด้วยตัวตรวจรู้ BME-280 กับมิเตอร์ Lutron MHB-382SD

ผลการทดสอบเปรียบเทียบ อุณหภูมิจากการวัด กับ มิเตอร์ Lutron MHB-382SD (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิจากการวัดด้วยตัวตรวจรู้ BME-280 (องศาเซลเซียส)				ค่าความผิดพลาด (เปอร์เซ็นต์)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
31.50	31.48	31.81	31.77	31.68	± 0.59
32.60	32.49	32.52	32.67	32.56	± 0.12
33.80	33.84	33.86	33.88	33.86	± 0.17
34.80	34.94	34.96	34.82	34.90	± 0.30
35.70	35.21	35.66	35.70	35.52	± 0.49
ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย					± 0.33

จากตารางที่ 4.5.1 เป็นการทดลองวัดอุณหภูมิจากตัวตรวจรู้ BME-280 เพื่อไปเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่ได้จากการวัดจากมิเตอร์ Lutron MHB-382SD โดยมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ย 0.33 เปอร์เซ็นต์ และเขียนกราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิ แสดงดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 กราฟการเปรียบเทียบอุณหภูมิจากการวัดด้วยตัวตรวจรู้ BME-280 กับมิเตอร์ Lutron MHB-382SD

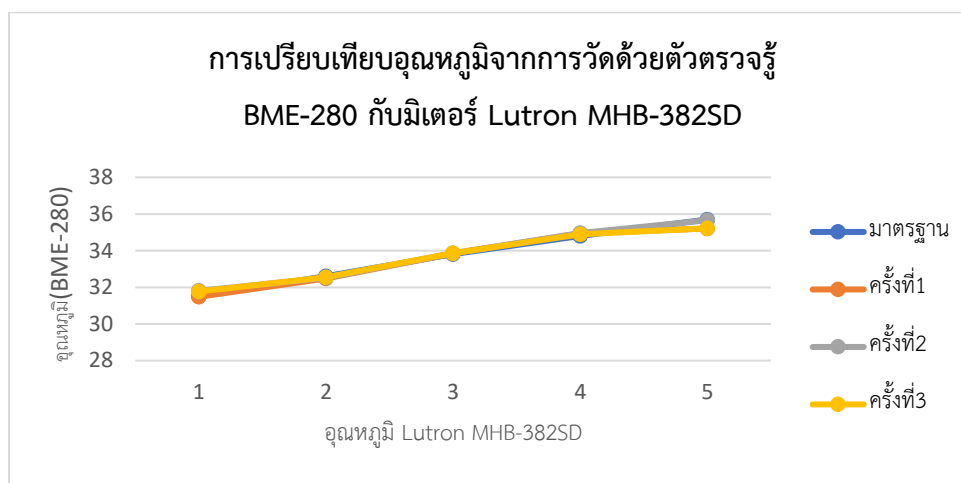
#### 4.6 ผลการทดสอบเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์จากการวัดด้วยตัวตรวจรู้ BME-280 กับมิเตอร์ Lutron MHB-382SD

จากการทดลองในบทที่ 3 การทดสอบเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์จากการวัดด้วยตัวตรวจรู้ BME-280 กับมิเตอร์ Lutron MHB-382SD ดังรูปที่ 3.23 ได้มีผลการทดลองการเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์วัดด้วยตัวตรวจรู้ DHT22 กับมิเตอร์ Lutron MHB-382SD ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้จากตัวตรวจรู้กับมิเตอร์ Lutron MHB-382SD แสดงผลการทดสอบดังตารางภาคที่ 4.6.1

ตารางที่ 4.6.1 ผลการทดสอบเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนจากการวัดด้วยตัวตรวจรู้ BME-280 กับมิเตอร์ Lutron MHB-382SD

ผลการทดสอบเปรียบเทียบ ความชื้นสัมพัทธ์จากการวัด กับ มิเตอร์ Lutron MHB-382SD (เปอร์เซ็นต์)	ความชื้นสัมพัทธ์จากการวัดด้วยตัวตรวจรู้ BME-280 (เปอร์เซ็นต์)				ค่าความผิดพลาด (เปอร์เซ็นต์)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
71.40	71.42	71.45	71.32	71.39	± 0.86
72.20	72.34	72.38	72.42	72.35	± 0.22
73.20	73.33	73.38	73.42	73.36	± 0.21
74.30	74.89	74.96	74.98	74.94	± 0.02
75.40	75.13	75.17	75.06	75.12	± 0.37
ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย					± 0.34

จากตารางที่ 4.6.1 เป็นการทดลองวัดความชื้นสัมพัทธ์จากตัวตรวจรู้ BME-280 เพื่อไปเปรียบเทียบกับ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้จากการวัดจากมิเตอร์ Lutron MHB-382SD โดยมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของความชื้นสัมพัทธ์ 0.336 เปอร์เซ็นต์ และเขียนกราฟเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์แสดงดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 กราฟการเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์จากการวัดด้วยตัวตรวจรู้ BME-280 กับมิเตอร์ Lutron MHB-382SD

#### 4.7 การทดสอบเปรียบเทียบความเข้มแสงจากการวัดด้วยตัวตรวจรู้ MCU-3001 OPT3001 กับมิเตอร์ Digital LUX Meter AS823

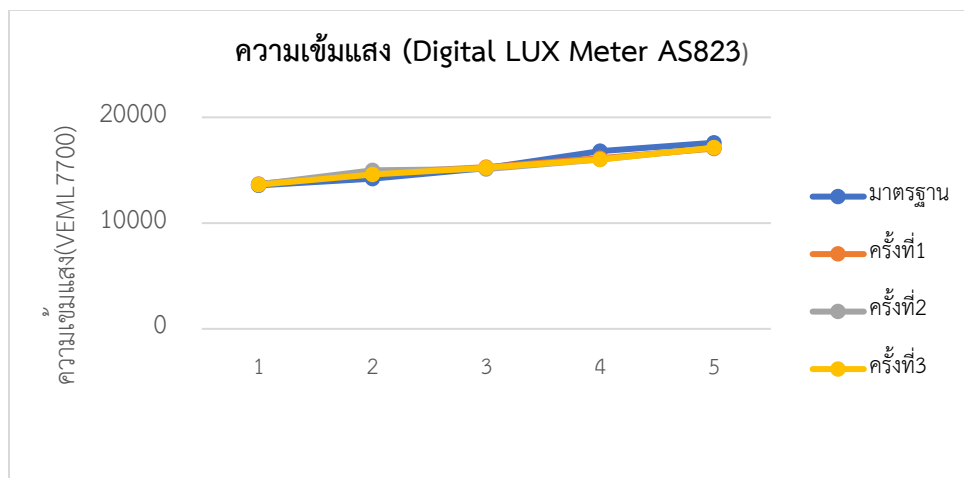
จากการทดลองในบทที่ 3 การทดสอบเปรียบเทียบความเข้มแสงจากการวัดด้วยตัวตรวจรู้ MCU-3001 OPT3001 กับมิเตอร์ Digital LUX Meter AS823 ดังรูปที่ 3.24 ได้มีผลการทดลองการเปรียบเทียบความเข้มแสงวัดด้วยตัวตรวจรู้ MCU-3001 OPT3001 กับมิเตอร์ Digital LUX Meter AS823 ค่าความเข้มแสงที่ได้จากตัวตรวจรู้กับมิเตอร์ Digital LUX Meter AS823 แสดงผลการทดสอบดังตารางภาคที่ 4.7.1

**ตารางที่ 4.7.1** ผลการทดสอบเปรียบเทียบความเข้มแสงภายในโรงเรือนจากการวัดด้วยตัวตรวจรู้ MCU-3001 OPT3001 กับมิเตอร์ Digital LUX Meter AS823

ผลการทดสอบเปรียบเทียบความเข้มแสงจากการวัด กับมิเตอร์ Digital LUX Meter AS823 (ลักซ์)	ความเข้มแสงจากการวัดด้วยตัวตรวจรู้ MCU-3001 OPT3001 (ลักซ์)				ค่าความผิดพลาด (เปอร์เซ็นต์)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
13570	13,700.00	13,671.00	13,628.22	1,366.40	± 3.51
14210	14,710.12	14,992.50	14,610.16	14,770.92	± 0.71
15200	15,288.33	15,106.88	15,244.21	15,213.10	± 0.08
16810	16,153.25	16,140.01	16,028.99	16,107.40	± 4.17
17600	1,7049.20	1,723.04	17,128.05	17,135.80	± 2.63
ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย					± 2.22

จากตารางที่ 4.7.1 เป็นการทดลองวัดความเข้มแสงจากตัวตรวจรู้ MCU-3001 OPT3001 เพื่อไปเปรียบเทียบกับ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้จากการวัดจากมิเตอร์ Digital LUX Meter AS823 โดยมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของความเข้มแสง 2.22 เปอร์เซ็นต์ และเขียนกราฟเปรียบเทียบความเข้มแสงแสดงดังรูปที่ 4.21
















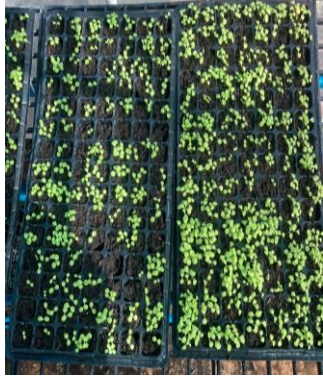



รูปที่ 4.21 กราฟการเปรียบเทียบความเข้มแสงจากการวัดด้วยตัวตรวจรู้ MCU-3001 OPT3001 กับมิเตอร์ Digital LUX Meter AS823










#### 4.8 ผลการทดสอบการเพาะต้นกล้าภายในโรงเรือนกรณีที่ 1







ผักกาดหอมในบพที่ 3 โดยจะมีการปลูกเพาะต้นกล้าผักกาดหอมในโรงเรือน 2 กรณีหลัก กรณีที่ 1 คือการปลูกโดยมีการปลูกนอกโรงเรือนจำนวน 6 ถาดหลุมซึ่งจะแบ่งการปลูกเป็น 3 กรณีย่อย กรณีที่ 1 จำนวน 2 ถาดหลุมแรกจะตั้งบริเวณแดดอ่อน กรณีที่ 2 จะตั้งบริเวณแดดกล้า และกรณีที่สามจะตั้งบริเวณแดดกล้าซึ่งทั้ง 3 กรณี จะมีการรดน้ำเข้าเวลา 8.00 น. และเย็นเวลา 16.00 น. จากระบบตามลำดับ และกรณีที่ 2 กรณีปลูกภายในโรงเรือนจำนวน 20 ถาดหลุม และสั่งการรดน้ำผ่านเว็บเซิร์ฟเวอร์ มีการเก็บผลการทดลอง และเปรียบเทียบทั้ง 2 กรณี ว่ากรณีไหนสามารถให้การเจริญเติบโตได้ดีที่สุด

##### ตารางที่ 4.8.1 เจริญเติบโตการเพาะต้นกล้า ในกรณีที่ 1

การเจริญเติบโตต้นอ่อนผักกาดหอมในกรณี 1		
วันที่ 1		
ถาดที่ 1	ถาดที่ 2	ถาดที่ 3
		
วันที่ 2		
ถาดที่ 1	ถาดที่ 2	ถาดที่ 3
		

	วันที่ 3	
ถาดที่ 1	ถาดที่ 2	ถาดที่ 3
		
	วันที่ 4	
ถาดที่ 1	ถาดที่ 2	ถาดที่ 3
		
	วันที่ 5	
ถาดที่ 1	ถาดที่ 2	ถาดที่ 3
		

	วันที่ 6	
ถาดที่ 1	ถาดที่ 2	ถาดที่ 3
		
	วันที่ 7	
ถาดที่ 1	ถาดที่ 2	ถาดที่ 3
		
	วันที่ 8	
ถาดที่ 1	ถาดที่ 2	ถาดที่ 3
		

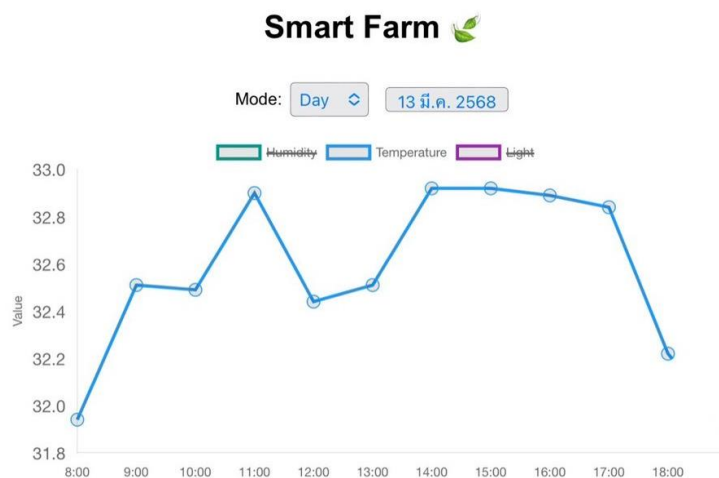
วันที่ 9		
ถาดที่ 1	ถาดที่ 2	ถาดที่ 3
		
วันที่ 10		
ถาดที่ 1	ถาดที่ 2	ถาดที่ 3
		

#### 4.9 ผลการทดสอบสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน

การควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มแสงในโรงเรือนมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเพาะต้นกล้าเพื่อให้เติบโตได้ดี และแข็งแรง อุณหภูมิที่เหมาะสมช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่พอเหมาะจะช่วยให้ต้นกล้าดูดซึมน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่เสี่ยงต่อโรคจากความชื้นสูงเกินไป ส่วนความเข้มแสงที่เหมาะสม ช่วยกระตุ้นกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการพัฒนาราก และลำต้นที่แข็งแรง การควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนให้เหมาะสม จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มโอกาสให้ต้นกล้าเติบโตอย่างมีคุณภาพ และพร้อมสำหรับการปลูกในระยะต่อไป

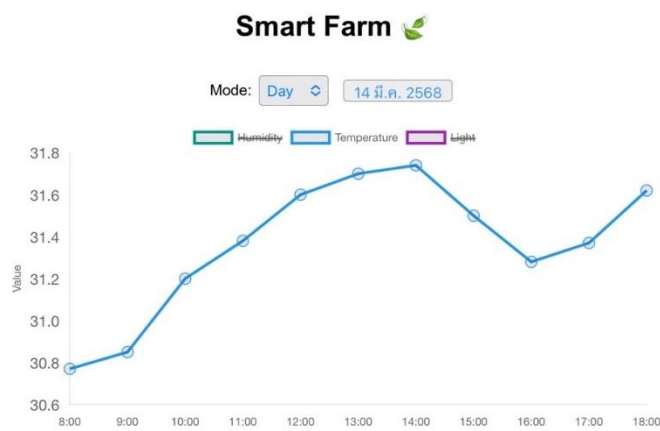
##### ตารางที่ 4.9.1 ผลการทดสอบอุณหภูมิภายในระยะเวลาในการปลูก 7 วัน

ค่าอุณหภูมิ							
วัน/เวลา	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7
7.00 น. - 8.00 น.	31.94	30.77	31.22	31.73	29.72	30.82	30.02
8.00 น. - 9.00 น.	32.51	30.85	31.35	32.04	37.50	31.91	30.68
9.00 น. - 10.00 น.	32.49	31.20	31.55	32.26	40.51	33.32	31.94
10.00 น. - 11.00 น.	32.90	31.38	31.81	32.57	36.34	34.33	34.76
11.00 น. - 12.00 น.	32.44	31.60	31.94	32.64	36.67	35.86	36.10
12.00 น. - 13.00 น.	32.51	31.70	32.26	33.11	35.19	36.84	35.50
13.00 น. - 14.00 น.	32.92	31.74	32.57	33.24	33.97	39.27	38.69
14.00 น. - 15.00 น.	32.92	31.50	32.59	33.44	32.52	37.65	37.93
15.00 น. - 16.00 น.	32.89	31.28	32.69	33.69	31.71	33.38	40.27
16.00 น. - 17.00 น.	32.84	31.37	32.79	33.77	31.49	30.23	36.32
17.00 น. - 18.00 น.	32.22	31.62	32.56	33.55	29.88	31.72	32.21



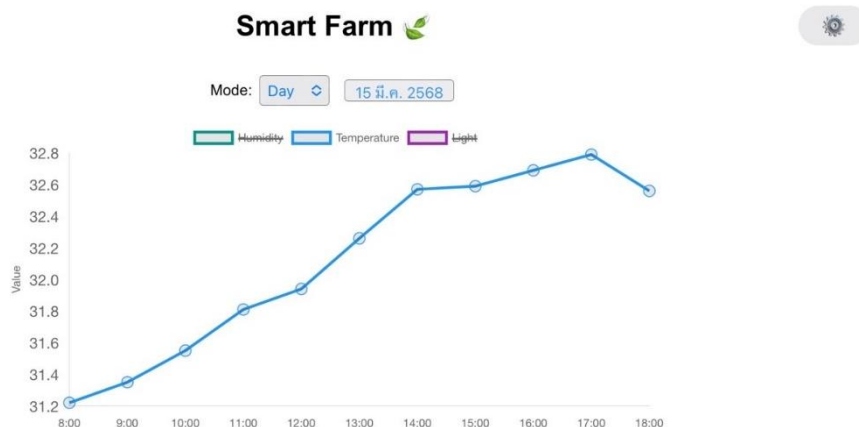
รูปที่ 4.22 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) วันที่ 13 มีนาคม 2568 (วันที่ 1) ในการเก็บค่า

ช่วงเช้า (8.00 น. – 11.00 น.) อุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากประมาณ 32.0 องศาเซลเซียส ไปจนถึงจุดสูงสุดที่ประมาณ 32.9 องศาเซลเซียสส่วนช่วงบ่ายถึงเย็น (11.00 น. – 18.00น.) หลังจากจุดสูงสุด อุณหภูมิเริ่มมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง จากประมาณ 32.9 องศาเซลเซียส ไปจนถึงประมาณ 32.2 องศาเซลเซียสค่าอุณหภูมิล่าสุด (15.23 น.) มีค่า 27.68 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าแนวโน้มที่แสดงในกราฟ



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) วันที่ 14 มีนาคม 2568 (วันที่ 2) ในการเก็บค่า

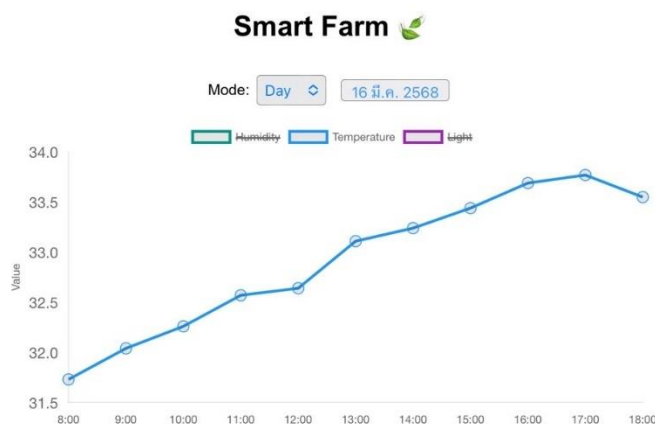
ช่วงเช้า (8.00 น. – 14.00 น.) อุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากประมาณ 30.8 องศาเซลเซียส ไปจนถึงจุดสูงสุดจุดสูงสุด (ประมาณ 14.00 น.) อุณหภูมิขึ้นไปถึงจุดสูงสุดที่ประมาณ 31.8 องศาเซลเซียสช่วงบ่าย (14.00 น. – 16.00 น.) หลังจากจุดสูงสุด อุณหภูมิเริ่มมีแนวโน้มลดลงช่วงเย็น (16.00 น. – 18.00 น.) อุณหภูมิกลับมามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกครั้ง



**รูปที่ 4.24** กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) วันที่ 15 มีนาคม 2568 (วันที่ 3) ในการเก็บค่า

ช่วงเช้า (8.00 น. – 14.00 น.) อุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากประมาณ 31.2 องศาเซลเซียส ไปจนถึงจุดสูงสุดจุดสูงสุด (ประมาณ 17.00 น.) อุณหภูมิขึ้นไปถึงจุดสูงสุดที่ประมาณ 32.8 องศาเซลเซียสช่วงเย็น (17.00 น. – 18.00 น.) หลังจากจุดสูงสุด อุณหภูมิเริ่มมีแนวโน้มลดลง





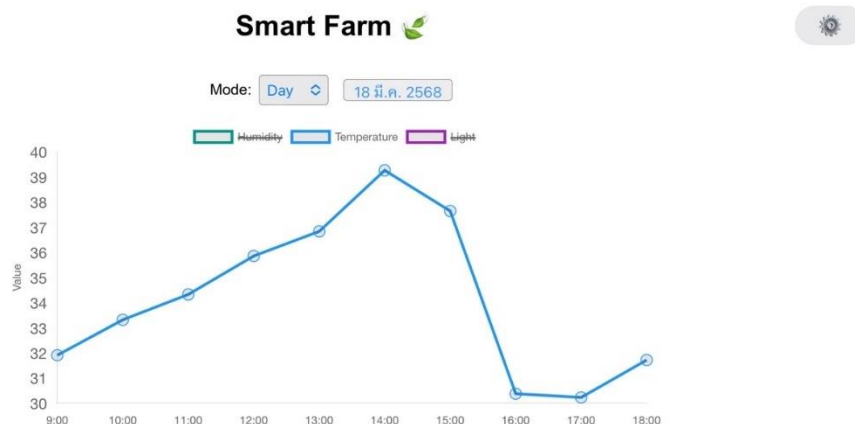
รูปที่ 4.25 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) วันที่ 16 มีนาคม 2568 (วันที่ 4) ในการเก็บค่า

ช่วงเช้า (8.00 น. – 17.00 น.) อุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากประมาณ 31.8 องศาเซลเซียส ไปจนถึงจุดสูงสุดจุดสูงสุด (ประมาณ 17.00 น.) อุณหภูมิขึ้นไปถึงจุดสูงสุดที่ประมาณ 33.8 องศาเซลเซียสช่วงเย็น (17.00 น. – 18.00 น.) หลังจากจุดสูงสุด อุณหภูมิเริ่มมีแนวโน้มลดลง



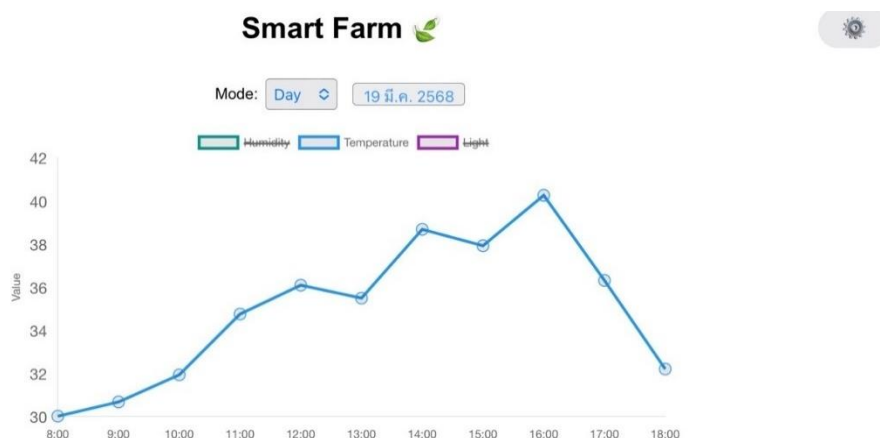
รูปที่ 4.26 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) วันที่ 17 มีนาคม 2568 (วันที่ 5) ในการเก็บค่า

ช่วงเช้า (08.00 น. – 10.00 น.) อุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากประมาณ 30 องศาเซลเซียส ไปจนถึงจุดสูงสุด จุดสูงสุด (ประมาณ 10.00 น.) อุณหภูมิขึ้นไปถึงจุดสูงสุดที่ประมาณ 40.5 องศาเซลเซียสช่วงบ่ายถึงเย็น (10.00 น. – 18.00 น.) หลังจากจุดสูงสุด อุณหภูมิเริ่มมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) วันที่ 18 มีนาคม 2568 (วันที่ 6) ในการเก็บค่า

ช่วงเช้าถึงบ่าย (8.00 น. – 14.00 น.) อุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากประมาณ 32 องศาเซลเซียส ไปจนถึงจุดสูงสุดซึ่งจุดสูงสุด (ประมาณ 14.00 น.) อุณหภูมิขึ้นไปถึงจุดสูงสุดที่ประมาณ 39 องศาเซลเซียส ช่วงบ่ายแก่ถึงเย็น (14.00 น. – 17.00 น.) หลังจากจุดสูงสุด อุณหภูมิเริ่มมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็ว โดยลดต่ำสุดที่ประมาณ 30 องศาเซลเซียสช่วงเย็น (17.00 น. – 18.00 น.) อุณหภูมิกลับมาเริ่มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย



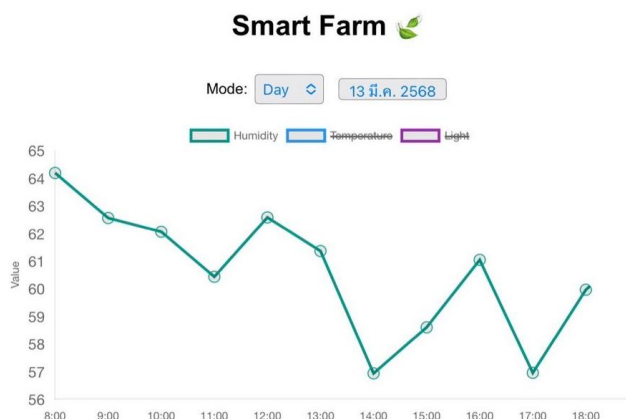
รูปที่ 4.28 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) วันที่ 19 มีนาคม 2568 (วันที่ 7) ในการเก็บค่า

ช่วงเช้า (8.00 น. – 10.00 น.) อุณหภูมิเริ่มต้นที่ประมาณ 30 องศาเซลเซียส และค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ไปจนถึงประมาณ 32 องศาเซลเซียสช่วงสาย (10.00 น. – 12.00 น.) อุณหภูมิเริ่มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเพิ่มขึ้นจาก 32 องศาเซลเซียส ไปจนถึงประมาณ 36 องศาเซลเซียส ช่วงบ่าย (12.00 น. – 16.00 น.) อุณหภูมิยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่มีการเปลี่ยนแปลงที่ผันผวน โดยมีช่วงที่

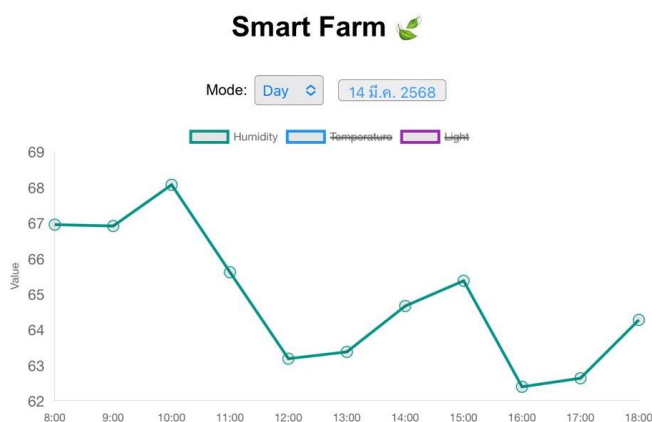
เพิ่มขึ้น และลดลงสลับกันไป โดยมีจุดสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 40.5 องศาเซลเซียส ในช่วงประมาณ 16.00 น. ช่วงเย็น (16.00 น. - 18.00 น.) หลังจากจุดสูงสุด อุณหภูมิเริ่มลดลงอย่างรวดเร็ว โดยลดลงจาก 40.5 องศาเซลเซียส ไปจนถึงประมาณ 32 องศาเซลเซียส

**ตารางที่ 4.9.2** ผลการทดสอบค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในระยะเวลาในการปลูก 7 วัน

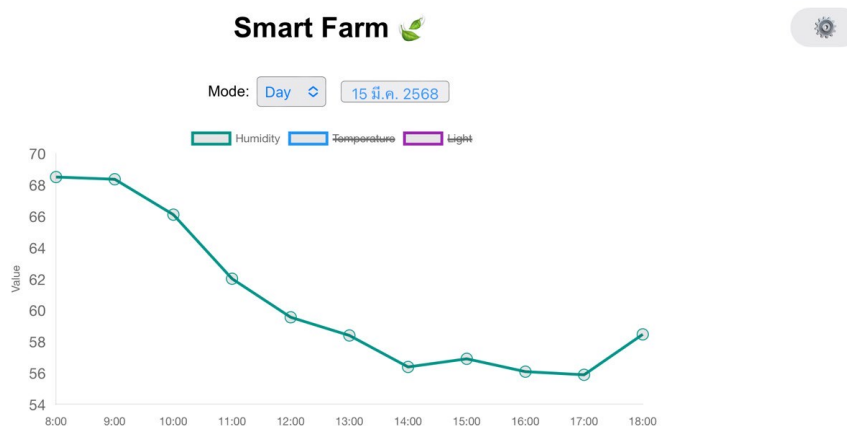
ค่าความชื้นสัมพัทธ์							
วัน/เวลา	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7
7.00 น. - 8.00 น.	64.19	66.95	68.50	67.49	78.02	68.21	73.96
8.00 น. - 9.00 น.	62.56	66.91	68.50	65.65	54.41	70.62	70.96
9.00 น. - 10.00 น.	62.06	68.07	65.10	62.70	46.32	64.15	68.40
10.00 น. - 11.00 น.	60.43	65.61	62.01	67.10	58.30	62.66	58.82
11.00 น. - 12.00น.	62.58	63.18	59.55	61.42	55.68	57.06	55.11
12.00 น. - 13.00 น.	61.36	63.37	58.39	55.86	59.21	55.44	57.65
13.00 น. - 14.00 น.	56.93	64.66	56.38	55.81	64.56	50.21	50.06
14.00 น. - 15.00 น.	58.60	65.37	56.90	55.70	67.70	52.50	51.45
15.0 น. - 16.00 น.	61.04	62.39	56.08	55.05	70.64	51.99	46.11
16.00 น. - 17.00 น.	56.95	62.63	55.88	55.74	71.34	53.82	55.15
17.00 น. - 18.00 น.	59.96	64.27	58.46	58.44	77.47	63.14	66.13



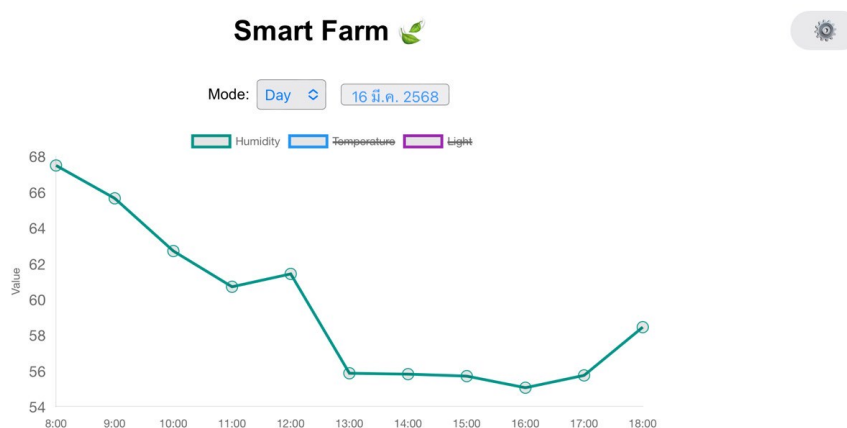
**รูปที่ 4.29** กราฟแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์) วันที่ 13 มีนาคม 2568 (วันที่ 1) ในการเก็บค่า ช่วงเวลา: 8.00 น. – 18.00 น. ค่าความชื้นเริ่มต้นที่ประมาณ 64% ลดลงต่ำสุดประมาณ 57% ในช่วง 14.00 น. เพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงเย็นความชื้นมีการเปลี่ยนแปลงโดยมีแนวโน้มลดลงในช่วงเช้าถึงบ่าย และเพิ่มขึ้นในช่วงเย็นกราฟแสดงให้เห็นถึงความผันผวนของความชื้นที่ค่อนข้างมาก



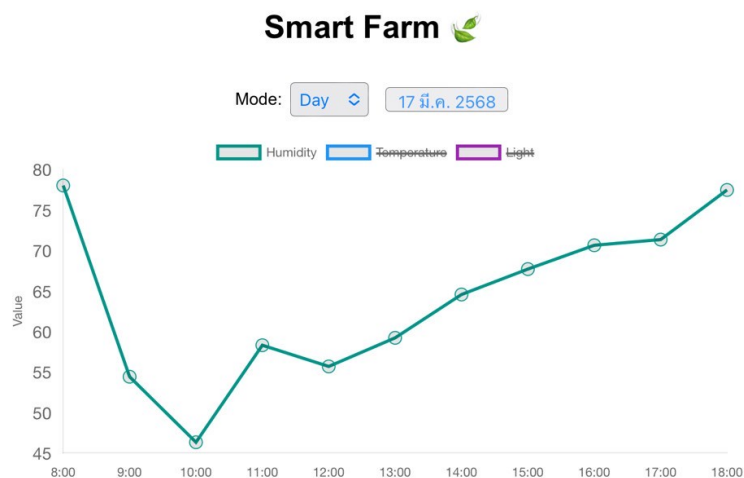
**รูปที่ 4.30** กราฟแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์) วันที่ 14 มีนาคม 2568 (วันที่ 2) ในการเก็บค่า ช่วงเช้า (8.00 น. – 10.00 น.) ความชื้นเริ่มต้นที่ประมาณ 67% และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยไปจนถึงประมาณ 68% ช่วงสาย (10.00 น. – 12.00 น.) ความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว โดยลดลงจาก 68% ไปจนถึงประมาณ 63% ช่วงบ่าย (12.00 น. – 16.00 น.) ความชื้นเริ่มเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นจาก 63% ไปจนถึงประมาณ 65% จากนั้นลดลงมาอยู่ที่ประมาณ 62% ช่วงเย็น (16.00 น. – 18.00 น.) ความชื้นกลับมาเพิ่มขึ้นอีกครั้ง โดยเพิ่มขึ้นจาก 62% ไปจนถึงประมาณ 64% กราฟแสดงให้เห็นถึงความผันผวนของความชื้นที่ค่อนข้างมาก



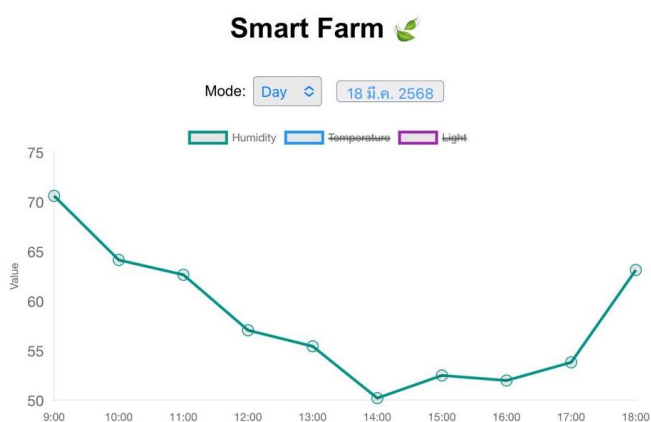
รูปที่ 4.31 กราฟแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์) วันที่ 15 มีนาคม 2568 (วันที่ 3) ในการเก็บค่า



รูปที่ 4.32 กราฟแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์) วันที่ 16 มีนาคม 2568 (วันที่ 4) ในการเก็บค่า ช่วงเช้า (8.00 น. – 12.00 น.) ความชื้นเริ่มต้นที่ประมาณ 67% และค่อย ๆ ลดลงอย่างต่อเนื่องไปจนถึงประมาณ 61% ช่วงบ่าย (12.00 น. – 13.00 น.) ความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว โดยลดลงจาก 61% ไปจนถึงประมาณ 56% ช่วงบ่ายแก่ถึงเย็น (13.00 น. – 18.00 น.) ความชื้นยังคงอยู่ในระดับต่ำ โดยมีค่าประมาณ 55-56% และค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงท้ายของเวลาที่วัดการลดลงอย่างรวดเร็ว จุดที่น่าสังเกต คือการลดลงของความชื้นในช่วงบ่าย ซึ่งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และผิดปกติจากแนวโน้มทั่วไป ความชื้นอยู่ในระดับต่ำในช่วงบ่ายแก่ถึงเย็น ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อพืชที่ปลูกในฟาร์ม

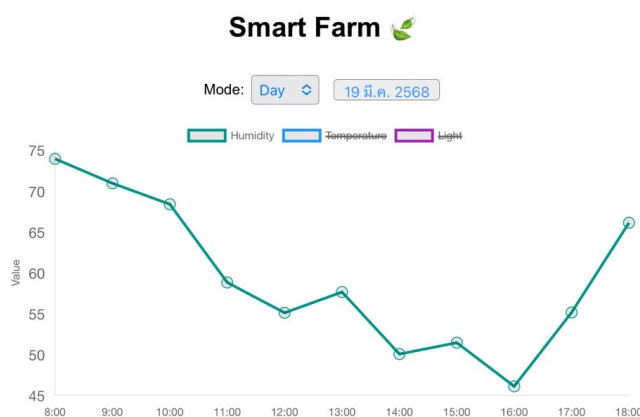


**รูปที่ 4.33** กราฟแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์) วันที่ 17 มีนาคม 2568 (วันที่ 5) ในการเก็บค่า ช่วงเช้า (8.00 น. – 10.00 น.) ความชื้นเริ่มต้นที่ประมาณ 78% และลดลงอย่างรวดเร็วไปจนถึงประมาณ 47% ช่วงสาย (10.00 น. – 12.00 น.) ความชื้นเริ่มเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นจาก 47% ไปจนถึงประมาณ 58% ช่วงบ่ายถึงเย็น (12.00 น. – 18.00 น.) ความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเพิ่มขึ้นจาก 58% ไปจนถึงประมาณ 77% การลดลงอย่างรวดเร็ว จุดที่น่าสังเกต คือการลดลงของความชื้นในช่วงเช้า ซึ่งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และผิดปกติจากแนวโน้มทั่วไปการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในช่วงบ่ายถึงเย็น ความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาจบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม



**รูปที่ 4.34** กราฟแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์) วันที่ 18 มีนาคม 2568 (วันที่ 6) ในการเก็บค่า

ช่วงเช้า (8.00 น. – 12.00 น.) ความชื้นเริ่มต้นที่ประมาณ 67% และค่อย ๆ ลดลงอย่างต่อเนื่องไปจนถึงประมาณ 61% ช่วงบ่าย (12.00 น. – 13.00 น.) ความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว โดยลดลงจาก 61% ไปจนถึงประมาณ 56% ช่วงบ่ายแก่ถึงเย็น (13.00 น. – 18.00 น.) ความชื้นยังคงอยู่ในระดับต่ำ โดยมีค่าประมาณ 55-56% และค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงท้ายของเวลาที่วัดการลดลงอย่างรวดเร็ว จุดที่น่าสังเกตคือการลดลงของความชื้นในช่วงบ่าย ซึ่งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและผิดปกติจากแนวโน้มทั่วไป



**รูปที่ 4.35** กราฟแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์) วันที่ 19 มีนาคม 2568 (วันที่ 7) ในการเก็บค่า

ช่วงเช้าถึงบ่าย (8.00 น. – 14.00 น.) ความชื้นเริ่มต้นที่ประมาณ 74% และลดลงอย่างต่อเนื่องไปจนถึงประมาณ 50% ช่วงบ่ายแก่ถึงเย็น (14.00 น. – 17.00 น.) ความชื้นยังคงอยู่ในระดับต่ำ โดยมีค่าประมาณ 47-50% ช่วงเย็น (17.00 น. – 18.00 น.) ความชื้นกลับมามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเพิ่มขึ้นจาก 47% ไปจนถึงประมาณ 66% การลดลงอย่างต่อเนื่อง ความชื้นมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงเช้าถึงบ่าย ซึ่งอาจบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม

ตารางที่ 4.9.3 ผลการทดสอบค่าความเข้มแสงระยะเวลาในการปลูก 7 วัน

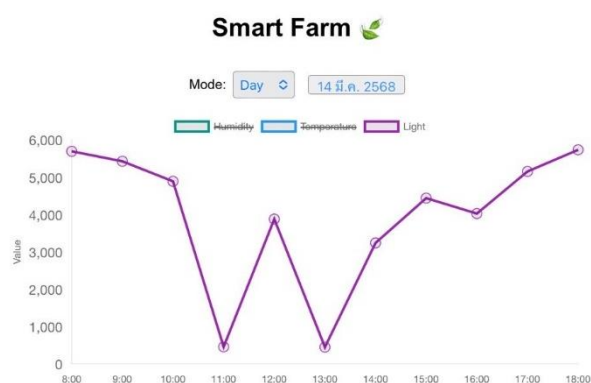
ค่าความเข้มแสง							
วัน/เวลา	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7
7.00 น. -8.00 น.	624	5,697	1,398	5,834	2,082	5,850	4,880
8.00 น. -9.00 น.	3,210	5,430	4,287	237	35,877	9,188	5,204
9.00 น. -10.00 น.	5,776	4,893	333	5,879	16,611	12,065	8,348
10.00 น.-11.00 น.	2,185	459	695	2,452	2,944	12,190	8,625
11.00 น.-12.00 น.	2,594	3,882	5,444	5,782	4,955	8,985	8,714
12.00 น. -13.00 น.	5,193	451	3,659	5,620	3,806	10,032	9,799
13.00 น. -14.00 น.	3,606	3,243	5,407	5,721	1,498	13,432	12,307
14.00 น. -15.00 น.	882	4,443	3,914	662	902	13,187	13,197
15.0 น. - 16.00 น.	4,643	429	4,332	2,425	937	1,543	13,095
16.00 น. -17.00 น.	383	5,157	768	3,444	90	3,831	5,094
17.00 น. -18.00 น.	5,696	5,737	846	5,392	1,508	2,237	1,061



รูปที่ 4.36 กราฟแสดงค่าความเข้มแสง (ลักซ์) วันที่ 13 มีนาคม 2568 (วันที่ 1) ในการเก็บค่า



ช่วงเช้า (8.00 น. – 10.00 น.) ปริมาณแสงเริ่มต้นที่ประมาณ 0 และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วไปจนถึงประมาณ 6,000 ลักซ์ ช่วงสาย (10.00 น. – 12.00 น.) ปริมาณแสงลดลงอย่างรวดเร็ว โดยลดลงจาก 6,000 ลักซ์ ไปจนถึงประมาณ 2,000 ลักซ์ จากนั้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยช่วงบ่าย (12.00 น. – 16.00 น.) ปริมาณแสงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก โดยมีช่วงที่เพิ่มขึ้นและลดลงสลับกันไป โดยมีจุดสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 5,000 ลักซ์ และจุดต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 0 ช่วงเย็น (16.00 น. – 18.00 น.) ปริมาณแสงกลับมา มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นจาก 0 ลักซ์ ไปจนถึงประมาณ 5,800 ลักซ์ ความผันผวนกราฟแสดงให้เห็นถึงความผันผวนของแสงที่ค่อนข้างมาก โดยมีช่วงที่เพิ่มขึ้นและลดลงสลับกันไปอย่างรวดเร็ว



รูปที่ 4.37 กราฟแสดงค่าความเข้มแสง (ลักซ์) วันที่ 14 มีนาคม 2568 (วันที่ 2) ในการเก็บค่า

ช่วงเช้า (8.00 น. - 18:00 น. ปริมาณแสงเริ่มต้นที่ประมาณ 5,800 ลดลงต่ำสุดประมาณ 0 เพิ่มขึ้นสูงสุดประมาณ 5,800 ปริมาณแสงมีการเปลี่ยนแปลงโดยมีแนวโน้มลดลงในช่วงเช้าถึงบ่าย และเพิ่มขึ้นในช่วงเย็นและกราฟแสดงให้เห็นถึงความผันผวนของแสงที่ค่อนข้างมาก



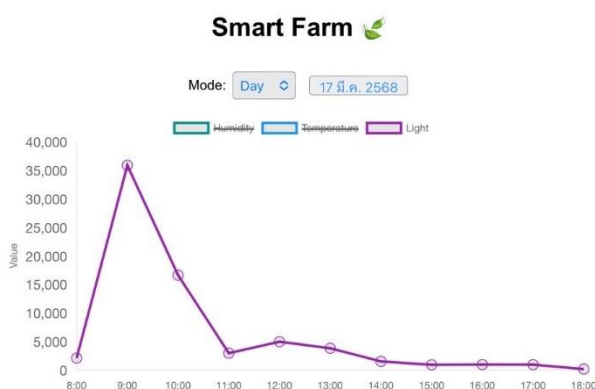
รูปที่ 4.38 กราฟแสดงค่าความเข้มแสง (ลักซ์) วันที่ 15 มีนาคม 2568 (วันที่ 3) ในการเก็บค่า

ช่วงเช้า (8.00 น. – 10.00 น.) ปริมาณแสงเริ่มต้นที่ประมาณ 1,500 ลักซ์ และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ไปจนถึงประมาณ 4,300 ลักซ์ จากนั้นลดลงมาอยู่ที่ประมาณ 200 ลักซ์ ช่วงสาย (10.00 น. – 12.00 น.) ปริมาณแสงลดลงอย่างรวดเร็ว โดยลดลงจาก 200 ลักซ์ ไปจนถึงประมาณ 300 ลักซ์ จากนั้นเพิ่มขึ้นไปถึง ประมาณ 5,500 ลักซ์ ช่วงบ่าย (12.00 น. – 16.00 น.) ปริมาณแสงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก โดยมี ช่วงที่เพิ่มขึ้นและลดลงสลับกันไป โดยมีจุดต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 3,500 ลักซ์ และจุดสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 5,500 ลักซ์ ช่วงเย็น (16.00 น. – 18.00 น.) ปริมาณแสงลดลงอย่างรวดเร็ว โดยลดลงจาก 4,300 ลักซ์ ไปจนถึงประมาณ 800 ลักซ์ และคงที่



รูปที่ 4.39 กราฟแสดงค่าความเข้มแสง (ลักซ์) วันที่ 16 มีนาคม 2568 (วันที่ 4) ในการเก็บค่า

ช่วงเวลา (08.00 น. - 18:00 น.) ปริมาณแสง เริ่มต้นที่ประมาณ 5,800 ลักซ์ ลดลงต่ำสุด ประมาณ 200 ลักซ์ เพิ่มขึ้นสูงสุดประมาณ 6,000 ลักซ์ ปริมาณแสงมีการเปลี่ยนแปลงโดยมีแนวโน้ม ลดลงในช่วงเช้าถึงบ่าย และเพิ่มขึ้นในช่วงเย็นกราฟแสดงให้เห็นถึงความผันผวนของแสงที่ค่อนข้างมาก



**รูปที่ 4.40** กราฟแสดงค่าความเข้มแสง (ลักซ์) วันที่ 17 มีนาคม 2568 (วันที่ 5) ในการเก็บค่า

ช่วงเช้า (8.00 น. – 9.00 น.) ปริมาณแสงเริ่มต้นที่ประมาณ 0 ลักซ์ และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วไปจนถึงประมาณ 36,000 ลักซ์ ช่วงสาย (9.00 น. – 12.00 น.) ปริมาณแสงลดลงอย่างรวดเร็ว โดยลดลงจาก 36,000 ลักซ์ ไปจนถึงประมาณ 2,500 ลักซ์ จากนั้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยช่วงบ่ายถึงเย็น (12.00 น. – 18.00 น.) ปริมาณแสงมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยลดลงจาก 5,000 ลักซ์ ไปจนถึงประมาณ 1,000 ลักซ์ การเพิ่มขึ้น และลดลงอย่างรวดเร็ว จุดที่น่าสังเกต คือการเพิ่มขึ้นของแสงในช่วงเช้า และการลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงสาย ซึ่งเกิดขึ้นอย่างผิดปกติจากแนวโน้ม



**รูปที่ 4.41** กราฟแสดงค่าความเข้มแสง (ลักซ์) วันที่ 18 มีนาคม 2568 (วันที่ 6) ในการเก็บค่า

เช้าถึงบ่าย (8.00 น. – 16.00 น.) ปริมาณแสงเริ่มต้นที่ประมาณ 5,000 ลักซ์ และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องไปจนถึงประมาณ 13,000 ลักซ์ ช่วงเย็น (16.00 น. – 18.00 น.) ปริมาณแสงลดลงอย่างรวดเร็ว โดยลดลงจาก 13,000 ลักซ์ ไปจนถึงประมาณ 1,000 ลักซ์ การเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปริมาณแสงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงเช้าถึงบ่าย ซึ่งอาจบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม



**รูปที่ 4.42** กราฟแสดงค่าความเข้มแสง (ลักซ์) วันที่ 19 มีนาคม 2568 (วันที่ 7) ในการเก็บค่า

ช่วงเช้าถึงบ่าย (08.00 น. – 15.00 น.) ปริมาณแสงเริ่มต้นที่ประมาณ 9,000 ลักซ์ และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องไปจนถึงประมาณ 13,500 ลักซ์ ช่วงเย็น (15.00 น. – 18.00 น.) ปริมาณแสงลดลงอย่างรวดเร็ว โดยลดลงจาก 13,500 ลักซ์ ไปจนถึงประมาณ 0 ลักซ์ การเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องปริมาณแสงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงเช้าถึงบ่าย ซึ่งอาจบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม การลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเย็น ปริมาณแสงลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งอาจบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมอย่างฉับพลัน

#### 4.10 สรุป และวิเคราะห์ผลการทดลอง

1) การควบคุมการทำงานของระบบในกระบวนการทดลองต่าง ๆ เพื่อสังเกตและประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุมภายในโรงเรือนเพาะต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีระบบงานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติ มีเป้าหมายเพื่อปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม โดยระบบสามารถควบคุมการทำงานของมอเตอร์งานหมุนเหวี่ยงสำหรับการให้น้ำภายในโรงเรือนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดภาระการใช้แรงงานมนุษย์ และเพิ่มความสะดวกสบายในการจัดการเพาะปลูกมากยิ่งขึ้น

2) การทดสอบการเพาะต้นกล้าผักกาดหอมในกรณีที่ 1 ดำเนินการโดยใช้ชุดทดลองเพาะปลูกจำนวน 6 ถาด แบ่งออกเป็น 2 ถาดต่อ 1 ชุดทดลอง โดยสภาวะแสงแตกต่างกันภายในโรงเรือน ได้แก่ บริเวณที่มีแสงร่มรำไร แสงปานกลาง และแสงแดดจัด ทั้งนี้เพื่อสังเกตผลกระทบของระดับแสงต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม จากการทดลองพบว่าภายในโรงเรือน ซึ่งมีระดับแสงแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ต้นกล้าผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกัน

3) การทดสอบสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะต้นกล้าโดยใช้เทคโนโลยีระบบงานหมุนเหวี่ยงให้น้ำอัตโนมัติ ได้ดำเนินการตรวจวัดและสังเกตค่าพารามิเตอร์สำคัญ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มแสง โดยระบบสามารถบันทึกข้อมูลและแสดงผลผ่านเว็บเซิร์ฟเวอร์ ในช่วงเวลาตั้งแต่ 08.00 น. ถึง 18.00 น. โดยมีการอัปเดตข้อมูลทุก ๆ 1 ชั่วโมง ทั้งนี้ ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงและตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังได้เป็นระยะเวลา 7 วัน ซึ่งช่วยให้สามารถวิเคราะห์และปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการดำเนินโครงการ พบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในภาคเกษตรกรรมขนาดเล็ก และในระดับครัวเรือน โดยมีความสามารถในการสั่งการและควบคุมการทำงานผ่านเว็บเซิร์ฟเวอร์บนสมาร์ตโฟน ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถจัดการระบบได้อย่างสะดวก

ระบบมีข้อดีหลายประการที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและลดภาระการทำงานในกระบวนการเพาะปลูก โดยประเด็นสำคัญ ได้แก่ ความสะดวกในการควบคุม ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถสั่งการผ่านสมาร์ตโฟน ทำให้การให้น้ำเป็นไปอย่างอัตโนมัติ และสามารถกำหนดระยะเวลาการทำงานได้อย่างเหมาะสม

นอกจากนี้ ระบบยังช่วยลดภาระแรงงาน เนื่องจากสามารถควบคุมการให้น้ำต้นกล้าได้แบบอัตโนมัติ ลดความจำเป็นในการใช้แรงงานมนุษย์ และช่วยลดต้นทุนด้านแรงงาน ในขณะที่เดียวกันก็เพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการการเพาะปลูกให้ดียิ่งขึ้น

ระบบยังสามารถติดตามข้อมูลสภาพแวดล้อม ได้โดยบันทึก และแสดงผลข้อมูลที่สำคัญ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มแสง ผ่านเว็บเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบ และวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลัง เพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนได้อย่างเหมาะสม

นอกจากนี้ ระบบยังมีความยืดหยุ่น และสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นการใช้งานในภาคเกษตรกรรมขนาดเล็ก เช่น แปลงเพาะต้นกล้า หรือในระดับครัวเรือนสำหรับการดูแลพืชสวน ซึ่งช่วยเพิ่มความสะดวกในการบริหารจัดการ และทำให้การเพาะปลูกมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

## 8. เอกสารอ้างอิงหรือบรรณานุกรม

[1] ดำรง เวชกิจ และคณะ. (2551). [ศึกษาประสิทธิภาพของ ULEM เพื่อการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูกล้วยไม้บางชนิด]. กลุ่มงานวิจัยการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มกฏและสีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. ค้นหามีเมื่อวันที่ 30 สิงหาคม 2567, จาก <http://lib.doa.go.th/multim/e-book/eb00074.pdf>

[2] เฉลิมชาติเสาวรัจ. (2560). [การควบคุมสภาพอากาศอัตโนมัติในโรงเรือนเพาะปลูกด้วยระบบฟันทมอก]. คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล และระบบกระบวนการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. ค้นหามีเมื่อวันที่ 30 สิงหาคม 2567, จาก <http://sutir.sut.ac.th:8080/jspui/handle/123456789/7736>

[3] นิรชา ขำทรง. (2566). [ผลของระบบการควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของผักกาดหอม]. คณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. ค้นหามีเมื่อวันที่ 30 สิงหาคม 2567, จาก [https://digital.library.tu.ac.th/tu\\_dc/frontend/Info/item/dc:309453](https://digital.library.tu.ac.th/tu_dc/frontend/Info/item/dc:309453)

[4] สมาคมพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2557). [ผักกาดหอม]. ค้นหามีเมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2567, จาก <https://adeq.or.th>

[5] Cocothedog. (2567). [ไมโครคอนโทรลเลอร์คืออะไร?]. ค้นหามีเมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2567, จาก <https://tips.thaiware.com/2521.html>

[6] อาจารย์สมวรร ธนศรีพนิชชัย. [HTML (Hyper Text Markup Language)]. ค้นหามีเมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2567, จาก <https://academic.udru.ac.th/~samawan/content/HTML1.pdf>

[7] ศูนย์เรียนรู้บ้านเห็ด. (2557). [ยูเอ็่ม]. ค้นหามีเมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2567, จาก [https://banhed2699.blogspot.com/p/blog-page\\_2795.html](https://banhed2699.blogspot.com/p/blog-page_2795.html)

[8] AnalogRead. (2561). [บอร์ด ESP32]. ค้นหามีเมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2567, จาก <https://www.analogread.com/article/222/>

[9] บริษัท อาร์ทรอน ซอป จำกัด. (2564). [ESP32 เบื้องต้น: บทที่ 10 การใช้งาน Wi-Fi]. ค้นหามีเมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2567, จาก <https://www.artronshop.co.th/article/60/esp32>

[10] Cyber Tice.(2565). [สอนใช้งาน Arduino เซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง MCU-3001 OPT3001 Ambient Light lux meter Sensor]. ค้นหามีเมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2567, จาก <https://www.cybertice.com/article/mcu-3001-opt3001-ambient-light-lux-meter-sensor>

[11] MCU city. (2568). [3 in 1 GY-BME280 (3.3V) อุณหภูมิ+ความชื้น+ความดันบรรยากาศ (Temperature/Humidity/Barometric Pressure Sensor BME280)]. ค้นหามีเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2567, จาก <https://www.mcucity.com/product/1048/3-in-1-gy-bme280-3-3v>

[12] maxim integrated. (2558).[DS3231]. ค้นหามีเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2567, จาก <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ds3231.pdf>

[13] Arduino4pro.com (2566). [โมดูล Micro SD Card Micro SD Card (SPI interface)] . ค้นหามีเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2567, จาก <https://www.arduino4pro.com/product/micro-sd-card-micro-sd-card-spi-interface>

[14] arduinoengineer. (2562). [3V 4 Channel Relay Low-Level Trigger Relay Module]. ค้นหามีเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2567, จาก <https://www.arduitronics.com/product/3318/3v-4-channel-relay-low-level-trigger-relay-module-with-led-pcb>

[15] TEAMWORK GLOBAL GROUP. (2565). [ข้อดีของการใช้งาน และหลักการของมอเตอร์ DC ขนาดเล็กในปั้มน้ำ] ค้นหามีเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2567, จาก <https://th.twmotor.net/info/application-advantages-and-principles-of-micro-75210231.html>

[16] อิเหนา อิเล็กทรอนิกส์ (หงส์ กง) ถูก จำกัด และตงกวน อิเหนา เทคโนโลยี บริษัท จำกัด. (2565). [มอเตอร์เกียร์ DC ขนาดเล็กคืออะไร?]. ค้นหามีเมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2567, จาก <https://th.ineed-motors.com/news/what-are-small-dc-gear-motors-60408704.html>



