การพัฒนาโรงเรือนอนุบาลต้นกล้าอัจฉริยะสำหรับการเพาะปลูกแบบเกษตรอินทรีย์ วิสาหกิจชุมชน ต.ท่าข้าม อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

Development of Smart Seedling Nursery for Organic Cultivation Community Enterprise, Tha Kham Subdistrict, Hat Yai District, Songkhla

สหพงศ์ สมวงค์[1] ฐานวิทย์ แนมใส [2] และอธิโรจน์ มะโน [1,*]

[1] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย บ่อยาง เมือง สงขลา 90000

[2] สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย บ่อยาง เมือง สงขลา 90000

Sahapong Somwong[1] Thanwit Naemsai[2] and Athirot Mano[1,*]

[1] Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Boyang, Muang, Songkhla 90000, Thailand

[2] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Boyang, Muang, Songkhla 90000, Thailand

***Corresponding Author E-mail:** athirot.m@rmutsv.ac.th

Received: Feb 21, 2022; **Revised:** May 27, 2022; **Accepted:** Jun 13, 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโรงเรือนอนุบาลต้นกล้าอัจฉริยะสำหรับการเพาะปลูกแบบเกษตรอินทรีย์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการอนุบาลต้นกล้า และเพิ่มความแข็งแรง ความสมบูรณ์ของต้นกล้าก่อนที่จะนำไปปลูกลงแปลงใหญ่ ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตำบลท่าข้าม อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดยโรงเรือนอนุบาลต้นกล้าอัจฉริยะนี้มีการควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าดังนี้ อุณหภูมิภายในโรงเรือนอยู่ในช่วง 25–30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 65–90% ความชื้นในดินอยู่ในระดับกลาง (50–70%) มีระบบพ่นหมอกและระบบระบายอากาศ ช่วยในการปรับสภาพแวดล้อมให้อยู่ในช่วงที่กำหนดตลอดเวลา นอกจากนี้มีการใช้แสงจากไดโอดเปล่งแสง (LED Grown light) ย่านความถี่ 430–630 นาโนเมตร ในเวลากลางคืน เพื่อช่วยให้ต้นกล้าสามารถสังเคราะห์แสงได้นานขึ้นอีก 5 ชั่วโมง โรงเรือนนี้รองรับถาดเพาะต้นกล้าชนิด 200 หลุมได้สูงสุด 12 ถาด จากการทดสอบการอนุบาลต้นกล้ากรีนโอ๊คในโรงเรือนอัจฉริยะเป็นระยะเวลา 6 วันเทียบกับวิธีการเดิม พบว่า ต้นกล้าที่มีความอุดมสมบูรณ์ แข็งแรง เจริญเติบโตไวกว่า โดยมีความยาวของลำต้นมากกว่าการวิธีการเดิม 16.9% และลดระยะเวลาในการอนุบาลต้นกล้าก่อนลงแปลงใหญ่ได้ประมาณ 33% ที่สำคัญหากอนุบาลต้นกล้าเต็มประสิทธิภาพของโรงเรือนอัจฉริยะนี้ จะสามารถลดพื้นที่ใช้พื้นใช้สอยลงได้ประมาณ 3 เท่าจากการอนุบาลต้นกล้าแบบเดิมของวิสาหกิจชุมชน

คำสำคัญ โรงเรือนอนุบาลต้นกล้าอัจฉริยะ, ระบบควบคุมสภาพแวดล้อม, เกษตรอินทรีย์, ระบบพลังงานแสงอาทิตย์

Abstract

This research is the development of smart seedling nursery for organic cultivation. It is used to increase the efficiency of seedling nursery and increase the strength and fertility of seedlings before they are transplanted into large plots of the community enterprise

group, Tha Kham Subdistrict, Hat Yai District, Songkhla Province. This smart seedling nursery greenhouse controls the following factors affecting seedling growth: the temperature inside is in the range of 25–30°C, the relative humidity is in the range of 65–90%, soil moisture is moderate (50–70%). This smart seedling nursery has a misting system and a ventilation system that helps to adjust the environment to the specified range at all times. In addition, it also uses light from 430–630 nm LED Grow light at night. It helps seedlings to photosynthesize for an additional 5 hours in the absence of sunlight. This smart seedling nursery can accommodate up to 12 trays of 200 holes seedling trays. From the test of nursery of green oak seedlings in the smart seedling nursery greenhouses for 6 days compared to the original method. It was found that the seedlings were fertile, strong, and growing faster. The length of the trunk was 16.9% greater than the original method. It can reduce the time of nursery seedlings before planting a large plot by about 33%. Importantly, if seedlings are reared at full efficiency, this smart greenhouse will be able to reduce the area used by about three times that of the traditional nursery of community enterprises.

Keywords: Smart seedling nursery, Environment control system, Organic farming, Solar system

1. บทนำ

ปัจจุบันในยุคที่มีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว พบว่าได้มีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้สำหรับด้านการเกษตรกันมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการทำเกษตรแปลงใหญ่ การตรวจวัดและแสดงค่าพารามิเตอร์ทางการเกษตร [1] หรือใช้อากาศยานไร้คนขับทางการเกษตร[2] การทำเกษตรอัจฉริยะ[3] หรือแม้กระทั่งการพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะสำหรับการเพาะปลูกเพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับพืชด้วยเทคโนโลยี IoT [4–6] การควบคุมความชื้นในดินสำหรับโรงเรือนเมล่อน [7] ระบบควบคุมอุณหภูมิความชื้นสำหรับใช้ในโรงเพาะเห็ด [8] ระบบควบคุมการให้สารอาหารสำหรับการปลูกผักไฮโดรโปรนิกส์ [9] เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยพบว่าไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงิน ที่ความยาวคลื่น 430–460 นาโนเมตร และสีแดงที่ความยาวคลื่น 630–660 นาโนเมตร ในอัตราส่วนแสงสีน้ำเงินต่อแสงสีแดงเป็น 1:3 ซึ่งเป็นย่านความยาวคลื่นที่ช่วยให้พืชที่อยู่ในช่วงระยะเริ่มต้นที่กำลังงอกเจริญเติบโตได้ดี [10],[11] ดังนั้นจึงมีงานวิจัยที่นำไดโอดเปล่งแสงในย่านความยาวคลื่นดังกล่าวไปใช้ในการเพาะเลี้ยงต้นกล้า โดยให้พืชได้สังเคราะห์แสงด้วยไดโอดเปล่งแสงแทนการใช้แสงธรรมชาติ [12],[13] ซึ่งพบว่าพืชสามารถเจริญเติบโตได้ดี และรวดเร็วกว่าการสังเคราะห์ด้วยแสงธรรมชาติ

สำหรับการเพาะปลูกแบบเกษตรอินทรีย์จำเป็นต้องเพาะต้นกล้าในแปลงเล็กก่อน เมื่อต้นกล้าเจริญเติบโตได้ประมาณ 14–16 วันเริ่มเมื่อมีการแตกใบอ่อนจึงค่อยนำไปปลูกลงแปลงใหญ่ ซึ่งจากงานวิจัยพบว่าอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าเป็นอย่างมาก โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของต้นกล้าในช่วงรากงอกอยู่ในช่วง 25–35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอยู่ในช่วง 65–90%RH ความชื้นในดินควรมีระดับความชื้นที่เหมาะสม ประมาณ 50–70% [14]

จากการลงสำรวจพื้นที่กลุ่มวิสาหกิจผักอินทรีย์ บ้านปึกตำบลท่าข้าม อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา พบว่ากลุ่มเกษตรกรได้ปลูกผักอินทรีย์ ในโรงเรือนขนาดใหญ่ ซึ่งภายในโรงเรือนมีการปลูกผักหลายชนิด อาทิเช่น คะน้า กวางตุ้ง ผักกาดขาว ผักชี ขึ้นฉ่าย เรดโอ๊ค กรีนโอ๊ค เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่เกิดขึ้นสำหรับการปลูกผักอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกรในปัจจุบันคือ สภาพอากาศภายในโรงเรือนร้อน อบอ้าวเกินไป ทำให้การอนุบาลต้นกล้าของผักแต่ละชนิดไม่สมบูรณ์ ไม่แข็งแรง อัตราการรอดต่ำ ทำให้ต้องสูญเสียต้นทุนของการซื้อเมล็ดพันธุ์ใหม่ รวมถึงการให้น้ำและปุ๋ยกับต้นกล้าในโรงเรือนยังต้องใช้แรงงานคนในการช่วยดูแล เนื่องจากในโรงเรือนไม่มีระบบไฟฟ้า และประปา

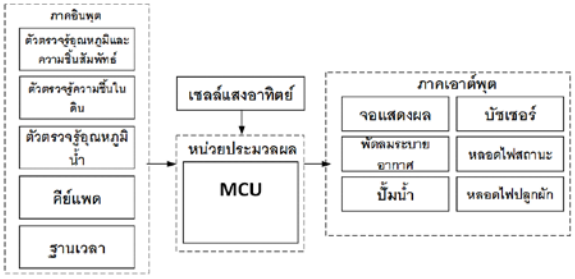
ด้วยเหตุนี้ทางผู้วิจัยจึงได้มีความคิดที่จะพัฒนาโรงเรือนอนุบาลต้นกล้าอัจฉริยะที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมสำหรับการอนุบาลต้นกล้าตลอดเวลา และมีการนำ

พลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าสำหรับใช้ควบคุมในโรงเรือน มีการใช้ไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงิน และสีแดง(LED Grow Light) เพื่อให้ต้นกล้าสังเคราะห์แสงในช่วงกลางคืน และให้ต้นกล้ามีความสมบูรณ์ แข็งแรง และเจริญเติบโตได้เร็วกว่าการอนุบาลแบบเดิม ส่งผลให้เมื่อนำลงแปลงใหญ่ต้นกล้ามีอัตราการรอดสูงขึ้น และมีจำนวนผลผลิตต่อรอบของการเพาะสูงขึ้น

2. การออกแบบและพัฒนาระบบ

2.1 ภาพรวมของระบบ

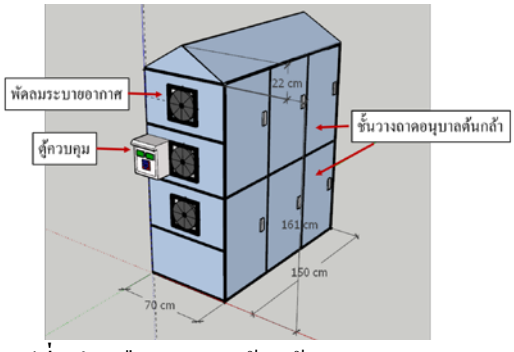
ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนอนุบาลต้นกล้าอัจฉริยะ แบ่งส่วนประกอบต่าง ๆ เป็น 4 ส่วน ดังนี้ 1) ส่วนผลิตพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ 2) ส่วนอินพุต 3) หน่วยประมวลผล และ 4) ส่วนเอาต์พุต แสดงดัง**รูปที่ 1**



รูปที่ 1 ภาพรวมของระบบการอนุบาลต้นกล้าอัจฉริยะสำหรับการเพาะปลูกแบบเกษตรอินทรีย์

2.2 การออกแบบโรงเรือนอนุบาลต้นกล้าอัจฉริยะสำหรับการเพาะปลูกแบบเกษตรอินทรีย์

เนื่องจากโรงเรือนอนุบาลต้นกล้าแบบเดิมที่กลุ่มวิสาหกิจดำเนินการอยู่ เป็นโรงเรือนขนาดใหญ่มีความกว้าง × ยาว × สูง ประมาณ 2 × 6 × 1.5 เมตร แบบชั้นเดียว ไม่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม รองรับถาดเพาะชนิด 200 หลุม ขนาด 35 × 60 เซนติเมตร ได้สูงสุด 24 ถาด ด้วยเหตุนี้ทางผู้วิจัยได้ร่วมกับกลุ่มวิสาหกิจ ออกแบบโรงเรือนอนุบาลต้นกล้าอัจฉริยะที่ใช้พื้นที่น้อยลง มีประสิทธิภาพมากขึ้น และใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยออกแบบให้โรงเรือนมีขนาดความกว้าง× ยาว×สูง ประมาณ 0.7 × 1.5 × 1.6 เมตร ชั้นวางถาดต้นกล้ามี 3 ชั้น สามารถวางถาด 200 หลุม ได้ชั้นละ 4 ถาด แสดงดัง**รูปที่ 2**



รูปที่ 2 โรงเรือนอนุบาลต้นกล้าอัจฉริยะสำหรับการเพาะปลูกแบบเกษตรอินทรีย์

จาก**รูปที่ 2** หากพิจารณาจำนวนถาดเพาะที่เท่ากัน โรงเรือนอัจฉริยะนี้ใช้พื้นที่น้อยกว่าโรงเรือนเดิมถึง 3 เท่า ภายในโรงเรือนมีการติดตั้งอุปกรณ์และ ระบบต่าง ๆ ดังนี้

- ตัวตรวจรู้อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นในดิน สำหรับตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน
- ระบบระบายอากาศ มีพัดลมทำหน้าที่ดูดอากาศเข้า และระบายอากาศออก ติดตั้งไว้ฝั่งตรงข้ามกันเพื่อให้อากาศมีการหมุนเวียนภายในโรงเรือน
- ระบบพ่นหมอกทุกชั้น เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้เหมาะสมสำหรับการอนุบาลต้นกล้าตลอดเวลา
- ไดโอดเปล่งแสง LED Grow Light ทุกชั้น สำหรับเพิ่มการสังเคราะห์แสงให้กับต้นกล้าในช่วงกลางคืน

2.3 ออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์

ผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีการนำพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าสำหรับใช้ในการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน ดังนั้นจึงต้องมีวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในโรงเรือน โดยภายในโรงเรือนประกอบด้วย (A) ไดโอดเปล่งแสง LED Grow Light 12VDC 5A จำนวน 3 แถว , (B) ปั๊มพ่นหมอก 12VDC 5A จำนวน 1 ชุด, (C) พัดลมระบายอากาศ 12VDC 0.25A จำนวน 6 ตัว, (D) ชุดประมวลผล ควบคุม และตัวตรวจรู้สภาพแวดล้อมในโรงเรือน 12VDC 1A จำนวน 1 ชุด ดังนั้นการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในโรงเรือนตามเงื่อนไขที่กำหนดในแต่ละวัน สามารถประมาณได้ดัง**ตารางที่ 1**

ตารางที่ 1 การใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ในโรงเรือน

อุปกรณ์	แรงดัน (V)	กระแส (A)	เวลา (hr.)	กำลัง (W)	พลังงานไฟฟ้า (Wh)
A	12	10	4	120	480
B	12	5	1	60	60
C	12	1.5	4	18	72
D	12	0.5	24	6	144
รวม				**204**	**756**

จาก**ตารางที่ 1** พบว่าการในแต่ละวันโรงเรือนจะใช้พลังงานไฟฟ้าต่อวันประมาณ 756 Wh ดังนั้นในการคำนวณขนาดแผงโซล่าเซลล์ที่เหมาะสมสำหรับโรงเรือนสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$P_{solar} = \frac{W_t}{hr} \quad (1)$$

โดย

P_{solar} คือกำลังไฟฟ้าของพลังงานแสงอาทิตย์ (W)

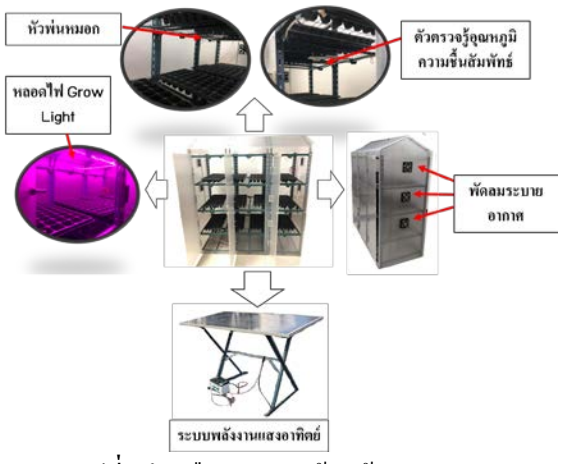
W_t คือพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละวัน (Wh)

hr คือ จำนวนชั่วโมงที่โซล่าเซลล์สามารถรับแสงได้เต็มที่ใน แต่ละวัน (ประมาณ 5 ชั่วโมง)

จากการคำนวณพบว่าค่า P_{solar} มีค่าประมาณ 151.2W แสดงว่ากำลังไฟฟ้าของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ที่จะพอดีใน 1 วัน สำหรับโรงเรือนมีค่าประมาณ 151.2W เนื่องด้วยประสิทธิภาพในการรับแสงของแผงโซล่าเซลล์ ดังนั้นในการเลือกแผงโซล่าเซลล์ควรเลือกแผงที่มีขนาดมากกว่าที่คำนวนได้ประมาณอย่างน้อย 1.5 เท่า เนื่องจากในการใช้งานจริง แผงโซล่าเซลล์อาจมีการสูญเสียประสิทธิภาพในการรับแสงเกิดขึ้น ส่งผลกับกำลังไฟฟ้าที่ได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้ ใช้แผงโซล่าเซลล์ขนาด 300W 32V 9.3A ควบคู่กับแบตเตอรี่ 12V 75Ah รองรับการใช้งานด้วยแบตเตอรี่อย่างเดียวได้มากกว่า 1 วัน

2.4 สร้างและติดตั้งอุปกรณ์ในโรงเรือนอนุบาลต้นกล้าอัจฉริยะสำหรับการเพาะปลูกแบบเกษตรอินทรีย์

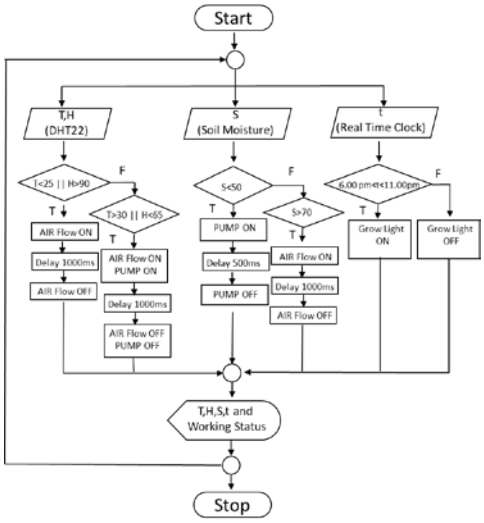
ขั้นตอนนี้เป็นการสร้างโรงเรือนอนุบาลต้นกล้าอัจฉริยะสำหรับการเพาะปลูกแบบเกษตรอินทรีย์ตามที่ได้ออกแบบในขั้นตอนที่ 2.2 โดยลักษณะโรงเรือน และระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้สร้างขึ้น แสดงดัง**รูปที่ 3–4** ตามลำดับ



รูปที่ 3 โรงเรือนอนุบาลต้นกล้าอัจฉริยะ

2.5 เงื่อนไขการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนอัจฉริยะ

จากการศึกษางานวิจัย [11],[12] ที่ผ่านมา พบว่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความชื้นในดินเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้น ผู้วิจัยได้มีกำหนดอุณหภูมิภายในโรงเรือนที่เหมาะสมสำหรับต้นกล้าอยู่ในช่วง 25–30 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 65–90 %RH และต้องควบคุมให้ดินมีความชื้นพอเหมาะ (moist) หรือประมาณ 50–70 % นอกจากนี้มีการใช้แสงจาก ไดโอดเปล่งแสง Grow light ในช่วงเวลา 18.00–23.00 น. เพื่อให้ต้นกล้าสามารถสังเคราะห์แสงได้นานขึ้น เติบโตเร็วขึ้น โดยแผนผังการทำงานของระบบแสดงดัง**รูปที่ 4**



รูปที่ 4 ผังการทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนอัจฉริยะ

3. วิธีการดำเนินงาน

3.1 การสอบเทียบตัวตรวจรู้อุณหภูมิและความชื้นในดิน

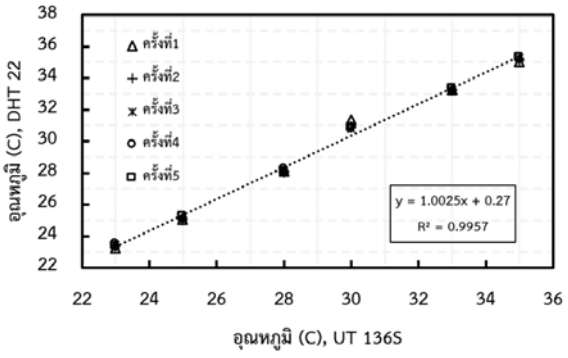
3.1.1 การสอบเทียบการตรวจวัดอุณหภูมิ

ขั้นตอนนี้เป็นการสอบเทียบตัวตรวจรู้ DHT22 กับเครื่องมือสอบเทียบมิเตอร์ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT 136S ในช่วงอุณหภูมิ 23 25 28 30 33 และ 35 องศาเซลเซียส โดยการนำมิเตอร์ตั้งอยู่ในตำแหน่งเดียวกับตัวตรวจรู้ DHT22 จากนั้นทำการวัดซ้ำอุณหภูมิละ 5 ครั้งแล้ววิเคราะห์จากค่าเฉลี่ย ซึ่งผลการสอบเทียบกับตัวตรวจวัดอุณหภูมิแสดงดัง**ตารางที่ 2**

ตารางที่ 2 ผลการสอบเทียบการตรวจวัดอุณหภูมิ

อุณหภูมิ	UT 136s	DHT22 (°C)						ความผิดพลาด
ทดสอบ(°C)	(°C)	1	2	3	4	5	เฉลี่ย	สัมบูรณ์ (%)
23	23.4	23.2	23	23.5	23.1	23.4	23.24	0.68
25	25.2	25	25.3	24.9	25	25.3	25.1	0.40
28	28.3	28.5	28.6	28.4	28.2	28.1	28.36	0.21
30	31.5	31.5	31.5	31.5	30.7	30.8	31.2	0.95
33	33.4	33.6	33.5	33.9	33.7	33.5	33.64	0.72
35	35.1	35.5	35.4	34.9	35.2	35.1	35.22	0.34
เฉลี่ย								**0.55**

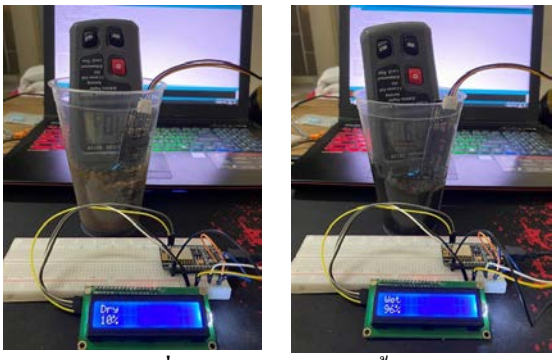
จาก**ตารางที่ 2** เมื่อนำค่าเฉลี่ยจากการวัดซ้ำทั้ง 5 ครั้งในแต่ละอุณหภูมิมาเปรียบเทียบกับค่าจากอุปกรณ์สอบเทียบที่ได้จากพบว่า ตัวตรวจรู้ DHT22 มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยเทียบกับเครื่องมือสอบเทียบมิเตอร์ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT 136S เท่ากับ 0.55 % และเมื่อนำผลการวัดมาวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (R^2) พบว่าการวัดเทียบกับเครื่องมือสอบเทียบมิเตอร์ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT 136S ในลักษณะเชิงเส้นแทนได้ด้วยสมการเส้นตรง มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9957 แสดงว่าตัวตรวจรู้มีผลการวัดที่ใกล้เคียงกับอุปกรณ์สอบเทียบและอยู่ในระดับความเชื่อมั่นที่ยอมรับได้ แสดงดัง**รูปที่ 5**



รูปที่ 5 การสอบเทียบตัวตรวจรู้อุณหภูมิ

3.1.2 การสอบเทียบการตรวจวัดระดับความชื้นในดิน

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ดินพีทมอสสำหรับการปลูกต้นกล้าในการทดสอบ ขั้นตอนนี้เริ่มจากการวัดแรงดันไฟฟ้าในดินด้วยตัวตรวจรู้ความชื้นในดินชนิดตัวเก็บประจุ (Capacitive soil moisture) เทียบกับเครื่องวัดความชื้นในดิน (Moisture meter) เพื่อนำผลการวัดมาสร้างเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับทำนายความชื้นในดิน เริ่มจากการนำดินพีทมอสปริมาณ 300 กรัม มาใส่ในแก้วน้ำ จากนั้นทำการสเปรย์น้ำปริมาณครั้งละ 15 มิลลิลิตร ลงในดินที่เตรียมไว้ จำนวน 5 ครั้ง จนในดินมีปริมาณน้ำ 75 มิลลิลิตร จากนั้นบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้ เปรียบเทียบกับค่าความชื้นในดินที่ได้จากเครื่องวัดความชื้นในดิน แสดงใน**รูปที่ 6** และได้ผลแสดงดัง**ตารางที่ 3**

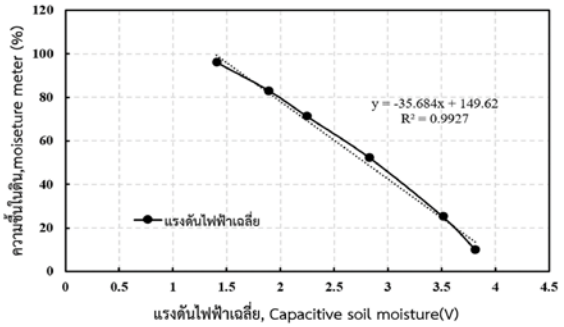


รูปที่ 6 การตรวจวัดความชื้นในดิน

ตารางที่ 3 แสดงผลการวัดความชื้นในดิน

ปริมาณน้ำในดิน (มิลลิลิตร)	ความชื้นในดิน (%) Moisture meter	ค่าแรงดันไฟฟ้าตัวตรวจรู้ความชื้นในดินชนิดตัวเก็บประจุ (V) ครั้ง 1	ครั้ง 2	ครั้ง 3	เฉลี่ย
0	10	3.56	3.56	3.60	3.57
15	25	3.48	3.52	3.54	3.51
30	52	2.78	2.83	2.89	2.83
45	71	2.12	2.26	2.38	2.25
60	83	1.84	1.90	1.94	1.89
75	96	1.38	1.40	1.44	1.40

จากการทดสอบระดับความชื้นในดินพบว่าเมื่อความชื้นในดินมีค่าสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากตัวตรวจรู้มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากหากความชื้นในดินมีค่าสูง แสดงว่าดินมีสภาพการนำไฟฟ้าได้ดี ส่งผลให้ค่าสภาพต้านทานในดินต่ำ และเมื่อสภาพต้านทานต่ำส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าลดลงด้วย ด้วยเหตุนี้สามารถนำค่าแรงดันไฟฟ้าจากตัวตรวจรู้ความชื้นในดิน มาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายความชื้นในดินได้ดังแสดงใน**รูปที่ 7**



รูปที่ 7 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายความชื้นในดิน

จาก**รูปที่ 7** พบว่าแรงดันไฟฟ้ากับปริมาณความชื้นในดินมีความสัมพันธ์ดังสมการที่ (2)

$$Y = -35.684X + 149.62 \quad (2)$$

เมื่อ Y คือ % ความชื้นในดิน

X คือ แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากตัวตรวจรู้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ความชื้นมี 3 ระดับ คือ คือ ระดับ 1 แห้ง (Dry) ระดับ 2 ชื้น (Moist) และ ระดับ 3 เปียก (Wet) โดย

- ระดับแห้ง (Dry) คือดินที่มีความชื้นน้อยกว่า 50%
- ระดับชื้น (Moist) คือดินที่มีความชื้นในช่วง 50–70%
- ระดับเปียก (Wet) คือดินที่มีความชื้นในช่วง 70–100%

3.2 การควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน

ในขั้นตอนนี้เป็นการทดสอบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน มีการทดลองบันทึกค่าเป็น

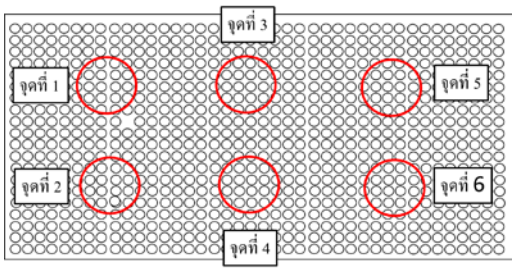
เวลา 6 วัน มีการบันทึกค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ทุก ๆ 1 ชั่วโมง เพื่อสังเกตว่าระบบสามารถควบคุมสภาวะต่าง ๆ ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้อยู่ในช่วง 25–30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ 65–90%RH ความชื้นในดินประมาณ 50–70% (Moist) และควบคุมการให้แสงในเวลากลางคืน แสดงดัง**รูปที่ 8**

รูปที่ 8 การทดสอบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน

3.3 การทดสอบการอนุบาลต้นกล้า

หลังจากการทดสอบการควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนแล้วเสร็จ ในขั้นตอนนี้เป็นการทดสอบการใช้งานโรงเรือนอย่างเต็มรูปแบบ โดยการทดสอบการอนุบาลต้นกล้ากรีนโอ๊ค เนื่องจากเป็นผักสลัดที่มีความนิยมเป็นอย่างมาก ในขั้นตอนนี้ได้มีการอนุบาลต้นกล้ากรีนโอ๊คเป็นระยะเวลา 6 วัน โดยจะมีการเปรียบเทียบความสูงของลำต้น และความสม่ำเสมอในการเจริญเติบโต กับวิธีการอนุบาลต้นกล้าแบบวิธีเดิม (อนุบาลนอกโรงเรือน ไม่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม)

ในช่วงระหว่างการเพาะจะทำการสุ่มหยิบต้นกล้าในแต่ละถาด 6 ตำแหน่ง ดัง**รูปที่ 9**โดยสุ่มตำแหน่งละ 1 ต้น ในระยะเวลา 6 วัน เพื่อวิเคราะห์ความยาวลำต้นตั้งแต่ปลายรากถึงยอด มาวิเคราะห์การเจริญเติบโต และความสม่ำเสมอในการเจริญเติบโตทั่วทั้งถาดเพาะเปรียบเทียบกับการอนุบาลต้นกล้าวิธีเดิม



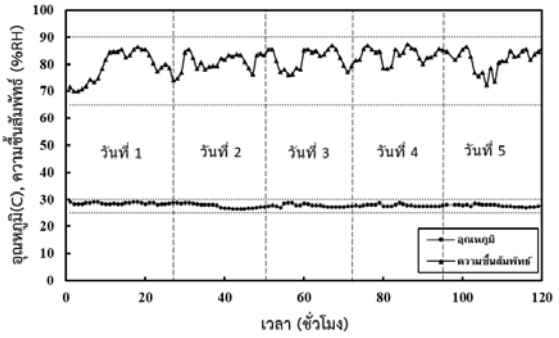
รูปที่ 9 ตำแหน่งการสุ่มหยิบต้นกล้าในการวิเคราะห์การเจริญเติบโต

4. ผลและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

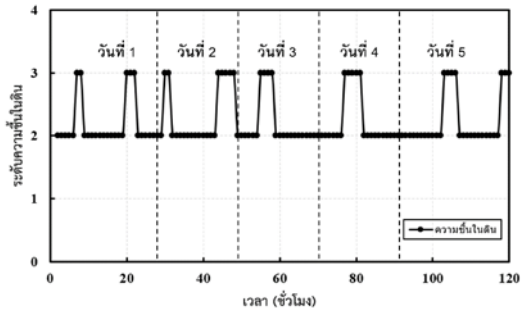
จากวิธีการดำเนินการวิจัยในหัวข้อที่ผ่านมาสามารถแสดงผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน

จากการทดสอบการควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ตลอดทั้ง 5 วัน และการควบคุมความชื้นในดินในโรงเรือน แสดงผลการทดสอบดัง**รูปที่ 10–11** ตามลำดับ



รูปที่ 10 การควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลต้นกล้า



รูปที่ 11 การควบคุมความชื้นในดินโรงเรือนให้เหมาะสมสำหรับการอนุบาลต้นกล้า

จาก**รูปที่ 10** เป็นผลการควบคุมสภาพแวดล้อมของโรงเรือนเป็นระยะเวลา 5 วัน ตลอด 24 ชั่วโมง สังเกตได้ว่าระบบสามารถควบคุมสภาวะต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม โดยสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้อยู่ในช่วงต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในช่วง 65–90%RH ได้ และจาก**รูปที่ 11** เป็นผลการควบคุมความชื้นในดินตลอดระยะเวลา 5 วัน สังเกตได้ว่าระบบจะควบคุมให้ระดับความชื้นในดินเฉลี่ยอยู่ในระดับ 2 หรือชื้นพอเหมาะ (50–70%) โดยในแต่ละวันจะมีบางช่วงเวลาที่ความชื้นในดินเข้าสู่ระดับ 3 เนื่องจากน้ำจากการพ่นหมอกทำให้ดินได้รับความชื้นเพิ่มขึ้น ระบบระบายอากาศจะทำงานเพื่อระบายความชื้นภายในตู้ออก ส่งผลให้ความชื้นในดินค่อยๆลดลงกลับสู่ระดับ 2

4.2 ผลการทดสอบการอนุบาลต้นกล้า

จากการทดสอบการอนุบาลต้นกล้ากรีนโอ๊คในโรงเรือนที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมเป็นระยะเวลา 6 วัน ในขั้นตอนนี้เป็นการสุ่มหยิบต้นกล้ากรีนโอ๊คมาวิเคราะห์ความยาวลำต้นตั้งแต่ปลายราก จนถึงใบ โดยใช้ไม้บรรทัดเหล็กในการวัด ดัง**รูปที่ 12** เพื่อวิเคราะห์การเจริญเติบโตเทียบกับการอนุบาลต้นกล้าแบบเดิม

รูปที่ 12 การวัดความยาวของลำต้น

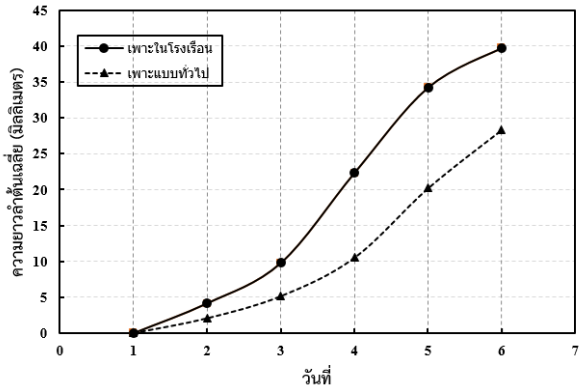
โดยความยาวของลำต้นจากการสุ่มหยิบต้นกล้าในถาดของทั้งการอนุบาลต้นกล้าแบบเดิม และการอนุบาลแบบในโรงเรือนอัจฉริยะ ตลอดระยะเวลา 6 วัน แสดงดัง**ตารางที่ 4–5** เมื่อพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย (SD) ของความสูงของลำต้นจากตำแหน่งที่สุ่มหยิบขึ้นมาในแต่ละวัน พบว่าการอนุบาลต้นกล้าในโรงเรือนมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่าการอนุบาลแบบเดิม แสดงว่าการเจริญเติบโตของต้นกล้าในโรงเรือนมีความสม่ำเสมอทั่วทั้งถาดมากกว่าการอนุบาลแบบเดิม และหากพิจารณาความสูงของลำต้นจากการสุ่มหยิบทั้ง 6 วันพบว่าการอนุบาลต้นกล้าในโรงเรือน มีการเจริญเติบโตที่เร็วกว่าการอนุบาลแบบเดิมอย่างมีนัยสำคัญ ดัง**รูปที่ 13**

ตารางที่ 4 แสดงความยาวของลำต้นจากการสุ่มหยิบจากถาดการอนุบาลแบบเดิม

	ความยาวของลำต้นจากปลายรากถึงใบ (มิลลิเมตร)							
	ตำแหน่งการสุ่มหยิบ						เฉลี่ย	SD
วันที่	1	2	3	4	5	6		
1	ลำต้นขนาดเล็กไม่สามารถวัดได้							
2	1.8	2.2	2.3	1.7	1.8	2.7	2.08	0.35
3	5.1	4.8	5.4	4.9	5.2	5.6	5.17	0.27
4	9.2	10.6	11.2	10.6	11.7	9.8	10.52	0.83
5	18.9	19.2	20.4	18.1	21.5	23.1	20.20	1.70
6	29.2	28.4	27.6	28.9	26.4	29.5	28.33	1.06
SD เฉลี่ย								0.84

ตารางที่ 5 แสดงความยาวของลำต้นจากการสุ่มหยิบจากถาดการอนุบาลในโรงเรือนอัจฉริยะ

	ความยาวของลำต้นจากปลายรากถึงใบ (มิลลิเมตร)							
	ตำแหน่งการสุ่มหยิบ						เฉลี่ย	SD
วันที่	1	2	3	4	5	6		
1	ลำต้นขนาดเล็กไม่สามารถวัดได้							
2	3.9	4.4	4.3	4.2	3.9	4.3	4.17	0.20
3	10.1	9.9	9.7	10.1	9.5	9.4	9.78	0.27
4	23.1	21.9	22.8	21.6	22.7	21.9	22.33	0.56
5	34.1	33.8	34.5	35.1	33.3	34.6	34.23	0.58
6	40.2	39.5	40.1	39.6	38.4	40.7	39.75	0.72
SD เฉลี่ย								0.47



รูปที่ 13 เปรียบเทียบความยาวของลำต้นระหว่างการอนุบาลแบบเดิมกับการอนุบาลในโรงเรือนอัจฉริยะ

จาก**รูปที่ 13** พบว่าในช่วงวันแรกยังไม่สามารถที่จะวัดความยาวของลำต้นได้ เนื่องจากลำต้นยังมีขนาดเล็กมาก ในช่วงวันที่ 2 และ 3 ต้นกล้าจะมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว ลำต้นยืดสูงขึ้น อวบขึ้น จะสังเกตเห็นได้ชัดว่าการอนุบาลต้นกล้าในโรงเรือนจะช่วยให้ต้นกล้าเจริญเติบโตเร็ว ลำต้นมีความยาวมากกว่าการอนุบาลแบบทั่วไป เมื่อพิจารณาวันที่ 6 ความยาวของลำต้นจากการอนุบาลแบบทั่วไปจะมีความยาวเฉลี่ย 28.33 มิลลิเมตร ส่วนการอนุบาลในโรงเรือนจะมีความยาวเฉลี่ยประมาณ 39.75 มิลลิเมตร ซึ่งมีความยาวมากกว่าถึง 16.9 % และหากพิจารณาที่ความยาวลำต้นจากการอนุบาลแบบทั่วไปในวันที่ 6 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับความยาวของลำต้นจากการอนุบาลในโรงเรียนวันที่ 4.5ซึ่งช่วยลดระยะเวลาไปได้ถึง 1.5 วัน หรือคิดเป็นประมาณ 33%

5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การอนุบาลต้นกล้าในโรงเรือนอัจฉริยะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่าการอนุบาลแบบเดิมที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนดำเนินการอยู่ อย่างมีนัยสำคัญ โดยในโรงเรือนอัจฉริยะ มีการควบคุมปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้า ดังนี้ ควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 25–30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในช่วง 65–90%RH ตลอดเวลา และควบคุมความชื้นในดินให้มีระดับความชื้นที่เหมาะสม 50–70% มีระบบพ่นหมอก ระบบระบายอากาศ ที่คอยทำหน้าที่ลดอุณภูมิ และเพิ่มความชื้นภายในโรงเรือน นอกจากนี้ยังมีการใช้ไดโอดเปล่งแสง Grow light ในช่วงเวลา 18.00–23.00 น. เพื่อให้ต้นกล้าสามารถสังเคราะห์แสงได้เพิ่มขึ้นประมาณ 5 ชั่วโมงเมื่อไม่มีแสงอาทิตย์ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้การอนุบาลต้นกล้าในโรงเรือนจะได้ต้นกล้าที่มีความอุดมสมบูรณ์ แข็งแรง เจริญเติบโตไว มีอัตราการรอดสูง เมื่อนำไปปลูกลงแปลงใหญ่ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเดิม ซึ่งการอนุบาลในโรงเรือนจะมีความยาวลำต้นเฉลี่ยมากกว่าการอนุบาลแบบเดิมถึง 16.9 % และผลจากการให้แสงในช่วงกลางคืนในระยะเวลา 6 วัน ทำให้ต้นกล้าเจริญเติบโตได้เร็วขึ้น ประมาณ 33%

โดยจากงานวิจัย [4–6] พบว่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความชื้นในดิน เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยมีค่าประมาณ 25–30 องศาเซลเซียส

65–90 %RH และ 50–70% ตามลำดับ หากสูงหรือต่ำเกินไปจะทำให้พืชเจริญเติบโตผิดปกติ ด้วยปัจจัยดังกล่าวส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้า เมื่อนำเงื่อนไขดังกล่าวมาใช้ในการควบคุมการอนุบาลต้นกล้าในโรงเรือน จะทำให้ได้ต้นกล้าที่แข็งแรง สมบูรณ์ และเมื่อมีการนำเทคนิคโดยใช้ไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงิน ที่ความยาวคลื่น 430–460 นาโนเมตร และสีแดงที่ความยาวคลื่น 630–660 นาโนเมตร ในการเร่งการเจริญเติบโตของต้นกล้าจากงานวิจัย [11],[12] มาประยุกต์ใช้ในโรงเรือนจึงส่งผลให้ต้นกล้าเจริญเติบโตเร็วขึ้น

ด้วยเหตุนี้การนำเทคนิคการควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของต้นกล้าตลอดเวลา และเทคนิคการใช้ไดโอดเปล่งแสงในการเร่งการเจริญเติบโตของต้นกล้า มาประยุกต์ใช้ร่วมกัน จะทำให้ช่วยเพิ่มความสมบูรณ์แข็งแรงของต้นกล้า และเพิ่มอัตราการรอดของต้นกล้าก่อนนำไปปลูกลงแปลงใหญ่

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ขอขอบคุณหลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า และหลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่สนับสนุนเครื่องจักรและอุปกรณ์ดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผักอินทรีย์ตำบลท่าข้ามที่ให้ข้อมูลและสถานที่สำหรับการทดลอง และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิจัยที่สนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ปี พ.ศ.2564

เอกสารอ้างอิง

[1] C. Lozoya, E. Eyzaguirre, J. Espinoza, S. L. Montes-Fonseca and G. Rosas-Perez, “Spectral Vegetation Index Sensor Evaluation for Greenhouse Precision Agriculture,” in *2019 IEEE SENSORS*, Montrea, Canada, 2019, pp. 1–4, doi: 10.1109/SENSORS43011.2019.8956911.

[2] T. Pobkrut, T. Eamsa-ard and T. Kerdcharoen, “Sensor drone for aerial odor mapping for agriculture and security services,” in *2016 13th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, Chiang Mai, Thailand, 2016, pp. 1–5, doi: 10.1109/ECTICon.2016.7561340.

[3] T. M. Bandara, W. Mudiyanselage and M. Raza, “Smart farm and monitoring system for measuring the Environmental condition using wireless sensor network - IOT Technology in farming,” in *2020 5th International Conference on Innovative Technologies in Intelligent Systems and Industrial Applications (CITISIA)*, Sydney, Australia, 2020, pp. 1–7, doi: 10.1109/CITISIA50690.2020.9371830.

[4] L. Dan, C. Xin, H. Chongwei and J. Liangliang, “Intelligent Agriculture Greenhouse Environment Monitoring System Based on IOT Technology,” in *2015 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data and Smart City*, Halong Bay, Vietnam, 2015 pp. 487–490, doi: 10.1109/ICITBS.2015.126.

[5] S. Vatari, A. Bakshi and T. Thakur, “Green house by using IOT and cloud computing,” in *2016 IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT)*, Bangalore, India, 2016, pp. 246–250, doi: 10.1109/RTEICT.2016.7807821.

[6] P. Unkaw, “Automatic Nutrient Solution Control System for Planting Hydroponics Vegetables with Internet of Things (IoT),” *RMUTSVRJ Research Journal*, vol. 11, no. 1, pp. 146–157, 2019.

[7] A. Chaoumead, and D. Phangkeio, “Soil Moisture Control System for Melon Cultivation in Greenhouse,” *RMUTSVRJ Research Journal*, vol. 11, no. 2, pp. 269–278, 2019.

[8] T. Kaewwiset and P. Yodkhad, “Automatic temperature and humidity control system by using Fuzzy Logic algorithm for mushroom nursery,” in *2017 International Conference on Digital Arts, Media and Technology*

(ICDAMT), Chiang Mai, Thailand, 2017, pp. 396–399, doi: 10.1109/ICDAMT.2017.7905000.

[9] M. Mehra, S. Saxena, S. Sankaranarayanan, R. J. Tom and M. Veeramanikandan, "IoT based hydroponics system using Deep Neural Networks," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 155, pp. 473–486, 2018, doi: 10.1016/j.compag.2018.10.015.

[10] K. -H. Lin, M. -Y. Huang, W. -D. Huang, M. -H. Hsu, Z. -W. Yang and C. -M. Yang, "The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality if hydroponically grown lettuce," *Scientia Horticulture*, vol. 150, pp. 86–91, 2013, doi: 10.1016/j.scienta.2012.10.002.

[11] H. Li, C. Tang, Z. Xu, X. Liu and X. Han, "Effects of different light sources on the growth of non-heading chinese cabbage (*Brassica campestris* L.)," *Journal of Agricultural Science*, vol. 4, no. 4, pp. 262–273, 2012, doi: 10.5539/jas.v4n4p262.

[12] P. Limprasitwong and C. Thongchaisuratkrul, "Plant Growth Using Automatic Control System under LED, Grow, and Natural Light," in *2018 5th International Conference on Advanced Informatics: Concept Theory and Applications (ICAICTA)*, Krabi, Thailand, 2018, pp. 192–195, doi: 10.1109/ICAICTA.2018.8541308.

[13] P. Yuda, P. A. Gautama, R. Andrian, "Evaluation of IoT-Based Grow Light Automation on Hydroponic Plant Growth," *Journal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika (JITEKI)*, vol. 7, no. 2, pp. 314–325, 2021, doi: 10.26555/jiteki.v7i2.21424.

[14] S. Sahapong and C. Mitchai**,** "Development of an environmental control system for growing microgreens," *FEAT Journal*, vol. 5, no. 2, pp. 15-25, 2019.