

ระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะสำหรับปลูกผักไฮโดรโปนิคส์โดยใช้ไอโอที

Smart Farm Control System for Hydroponics Planting Using IoT

ธันตต์ เจนสัญญาบุตร¹, สุรินทร์ แห่มงาม^{2*}, อองอาจ แสดใหม่², มาโนช ประชา³, อนุชา แซ่ซึ้ง², อนุวัต สุขสำราญ²

¹สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี thanat.j@rbru.ac.th

²ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ong-art.s@en.rmutt.ac.th, surin.n@en.rmutt.ac.th*

³ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี manoch.p@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

ผักสลัดเรดโอ๊คเป็นผักสลัดที่ได้รับความนิยมสูง เนื่องจากมีรสชาติหวานเล็กน้อย เนื้อสัมผัสนุ่ม และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่ไม่เหมาะกับการเพาะปลูกในประเทศไทยเนื่องจากสภาพอากาศไม่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโต ซึ่งผักสลัดเรดโอ๊คจำเป็นต้องมีค่าอุณหภูมิ ความชื้น และแสงแดดที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิ แสงสว่าง โดยใช้ปั๊มพ่นหมอก พัดลมระบายอากาศ และหลอดไฟสำหรับปลูกต้นไม้ควบคุมผ่านระบบไอโอทีซึ่งผลการทดลองโดยการปลูกผักสลัดเรดโอ๊คในโรงเรือนควบคุมเปรียบเทียบกับโรงเรือนทั่วไปพบว่าผักสลัดเรดโอ๊คที่ปลูกในโรงเรือนควบคุมมีขนาดลำต้นที่สูง 10 ซม. น้ำหนักเฉลี่ย 111.16 กรัม และโรงเรือนทั่วไปมีขนาดลำต้นที่สูง 8 ซม. น้ำหนักเฉลี่ย 76.6 กรัม ซึ่งผลของการควบคุมสภาพอากาศในโรงเรือนทำให้การเจริญเติบโตของผักสลัดเรดโอ๊คมีความสูงเพิ่มขึ้น 20% มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 31.4% ทำให้ได้ผลผลิตที่มีปริมาณที่สูง

คำสำคัญ: ผักสลัดเรดโอ๊ค, ควบคุมอุณหภูมิ, ควบคุมแสงสว่าง, ไอโอที

Abstract

Red Oak lettuce is a highly popular salad vegetable due to its slightly sweet taste, soft texture, and high nutritional value. However, it is not well-suited for cultivation in Thailand due to unfavorable climatic conditions. The growth of Red Oak lettuce requires optimal temperature, humidity, and sunlight conditions. Therefore, this study designed a climate control system incorporating misting pumps, ventilation fans, and plant growth LED lights, managed via an IoT-based control system.

The experiment involved cultivating Red Oak lettuce in a controlled greenhouse compared to a conventional greenhouse. The results showed that the lettuce grown in the controlled greenhouse had an average plant height of 10 cm and an average weight of 111.16 grams, whereas those grown in the conventional greenhouse had an average height of 8 cm and an average weight of 76.6 grams. The climate control

system in the greenhouse contributed to a 20% increase in plant height and a 31.4% increase in plant weight, leading to a higher overall yield.

Keywords: Red Oak lettuce, Temperature control, Light control, Internet of Things (IoT)

1. บทนำ

ในปัจจุบัน Internet of Things (IoT) ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในหลายอุตสาหกรรม รวมถึงภาคการเกษตร ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิต หนึ่งในเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมคือ ระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farming System) ซึ่งสามารถตรวจสอบและควบคุมสภาพแวดล้อมของฟาร์มได้แบบเรียลไทม์ผ่านเครือข่าย IoT [1] เทคโนโลยีนี้เหมาะอย่างยิ่งสำหรับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์ (Hydroponics) ซึ่งเป็นระบบการเพาะปลูกโดยไม่ใช้ดิน แต่ใช้สารละลายธาตุอาหารที่ต้องการการควบคุมสภาพแวดล้อมที่แม่นยำเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของพืช [2]

ปัญหาหลักของการปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์ ในประเทศไทยคือการควบคุม อุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช หากไม่สามารถรักษาสภาพแวดล้อมให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม อาจทำให้ผลผลิตลดลงหรือเกิดโรคในพืชได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนา ระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะสำหรับปลูกผักไฮโดรโปนิคส์โดยใช้ IoT ที่สามารถตรวจวัดและปรับเปลี่ยนสภาพแวดล้อมได้อัตโนมัติ [3-4] โดยอาศัยเซ็นเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อม ปั๊มพ่นหมอก พัดลมระบายอากาศ และหลอดไฟสำหรับปลูกพืช ซึ่งสามารถควบคุมได้ผ่านอินเทอร์เน็ต [5] จากการทบทวนวรรณกรรมการเกษตรแบบไฮโดรโปนิคส์ได้ใช้ระบบ IoT โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ของ ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อุณหภูมิ และความชื้น เพื่อควบคุมการปลูกผักแบบไฮโดรโปนิคส์ [10-12] ผ่านระบบสื่อสาร MQTT โดยใช้ โปรแกรม Node-RED ในการติดต่อสื่อสารกับผู้ใช้งาน [10] และการควบคุมทำให้ผลผลิตของการเกษตรแบบไฮโดรโปนิคส์นั้นดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

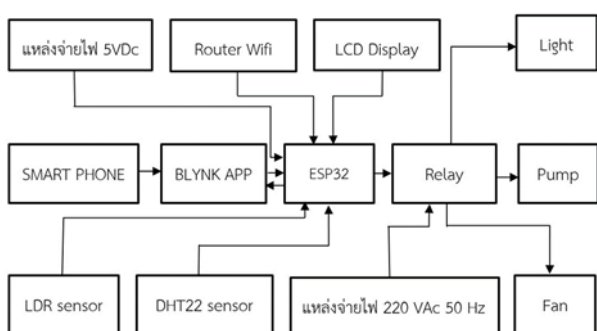
การทบทวนวรรณกรรมข้างต้นทำให้เห็นว่ายังไม่ครอบคลุมถึงการเก็บข้อมูลพลังงาน การควบคุมแสงแบบจำเพาะ และการแสดงผล Real-Time ผ่านแอป Blynk การอ้างอิงถึงระบบการเปิด-ปิดปากใบ การดูดซึม

สารอาหารของพืชในแต่ละชนิดนั้นยังน้อย งานวิจัยนี้จะทดสอบเกี่ยวกับระบบควบคุมสำหรับการปลูกผักสลัดเรดโอ๊ค (Red Oak Lettuce) แบบไฮโดรโปนิคส์ ซึ่งเป็นผักยอดนิยมแต่ต้องการสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม การเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างโรงเรือนควบคุมอัจฉริยะกับโรงเรือนทั่วไปจะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบในการเพิ่มผลผลิตและลดปัจจัยเสี่ยงจากสภาพอากาศที่ไม่แน่นอนโดยคำนึงถึงคุณลักษณะของพืชให้เหมาะสมกับการปลูกในประเทศไทย

ผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้คาดว่าจะช่วยยกระดับการทำเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farming) ให้มีความแม่นยำและประสิทธิภาพสูงขึ้น ลดการพึ่งพาแรงงานมนุษย์ และช่วยเกษตรกรบริหารจัดการฟาร์มได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ ระบบ IoT ที่พัฒนาขึ้นยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพืชชนิดอื่น ๆ และขยายขอบเขตสู่การพัฒนาเกษตรกรรมอัจฉริยะอย่างยั่งยืน ในอนาคต

2. การออกแบบระบบควบคุม

การควบคุมฟาร์มอัจฉริยะผ่านระบบไอโอทีสำหรับปลูกผักสลัดเรดโอ๊คแบบไฮโดรโปนิคส์มีอุปกรณ์ควบคุมโดยใช้ NodeMCU ESP32 ซึ่งมีความสามารถในการรับค่าจากเซนเซอร์ ประมวลผลและส่งค่าผ่านระบบไอโอทีได้อย่างมีประสิทธิภาพ [1-3] ซึ่งการออกแบบเพื่อให้การปลูกผักสลัดเรดโอ๊คให้มีประสิทธิภาพสูงนั้น ระบบควบคุมจึงต้องมีการวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้น และการวัดแสง โดยงานวิจัยนี้ได้ออกแบบระบบควบคุมที่ใช้ เซนเซอร์ LDR ช่วยในการวัดค่าความสว่าง และเซนเซอร์ DHT22 วัดค่าอุณหภูมิและความชื้น เพื่อนำมาประมวลผลในการควบคุมปั๊มน้ำพ่นหมอก พัดลม และแสงสว่างดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมระบบควบคุมโรงเรือนอัจฉริยะสำหรับปลูกผักไฮโดรโปนิคส์โดยใช้ไอโอที

เงื่อนไขในการควบคุมการเขียนโปรแกรมเริ่มจากการอ่านค่า Input ของเซนเซอร์ DHT22 และ LDR ส่งค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดเพื่อแสดงค่านับหน้าจอล CD และแอปพลิเคชัน Blynk โดยที่ระบบควบคุมจะถูกแยกออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะทำงานโดยที่สามารถสั่งการได้โดยตรงจากแอปพลิเคชัน Blynk เพื่อสามารถเปิดปิดปั๊มน้ำ พัดลม และหลอดไฟ ส่วน

ที่สองจะทำตามเงื่อนไข ซึ่งการตั้งเงื่อนไขควบคุมปั๊มน้ำ พัดลม จะถูกกำหนดโดยค่าอุณหภูมิ เมื่อค่าอุณหภูมิมีค่าสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส โปรแกรมจะสั่งให้ปั๊มน้ำและพัดลมเริ่มทำงาน การควบคุมแสงสว่างจะกำหนดด้วยค่าความสว่าง เมื่อค่าความสว่างต่ำกว่า 500 Lux โปรแกรมจะสั่งให้หลอดไฟเริ่มทำงาน

การออกแบบหน้าจอแสดงผล และการควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ซึ่งจะแบ่งเป็นจอแสดงผล ดังรูปที่ 2 (ก) การควบคุมแบบ Manual โดยการตัดสินใจจากผู้ใช้ระบบดังรูปที่ 2 (ข) และการทำงานแบบควบคุมอัตโนมัติดังรูปที่ 2 (ค)



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 2 หน้าจอแสดงผล และการควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน Blynk

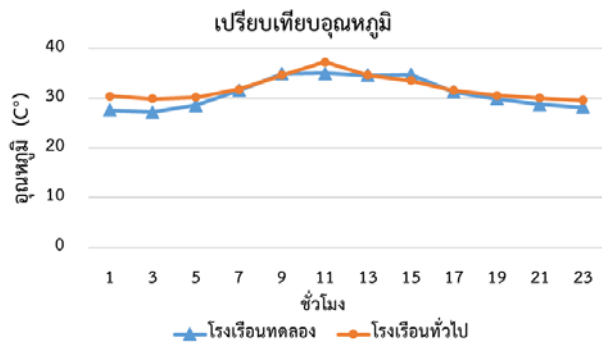
การปรับสภาพน้ำของการปลูกและการให้สารอาหารนั้นจะใช้การวัดค่า pH ของน้ำโดยใช้ Pen-type pH meter ในการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ทำการปรับปรุงค่าให้อยู่ที่ 6.0 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมในการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ ในการวิจัยนี้ ได้มีการวัดค่า Total Dissolved Solids (TDS) ซึ่งหมายถึงค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเจริญเติบโตของพืชเป็นอย่างมาก โดยการปลูกครั้งนี้ได้รักษาระดับค่า TDS อยู่ที่ 1200 ppm เป็นค่าที่ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดี [6] และการวัด Electric Conductivity (EC) ค่าความเหนียวน้ำกระแสไฟฟ้าในของเหลว ซึ่งในงานวิจัยได้รักษาระดับค่าการนำไฟฟ้าอยู่ที่ 1.2 ($\mu S / cm$) [7] ดังนั้นในการปลูกผักสลัดเรดโอ๊คแบบไฮโดรโปนิคส์ทั้งสองโรงเรือนนี้จะใช้น้ำที่ให้สารอาหารที่เหมือนกันในการทดสอบ

3. ผลการดำเนินงาน

ก่อนการเริ่มดำเนินงานทดลองปลูกผักสลัดเรดโอ๊คแบบไฮโดรโปนิคส์ ต้องทำการทดสอบระบบระบายอากาศ ระบบจ่ายน้ำ และระบบแสงสว่างทั้งแบบสั่งการโดยตรงจากแอปพลิเคชัน Blynk และแบบอัตโนมัติดังรูปที่ 3 ที่ทำงานโดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ เพื่อตรวจสอบระบบว่าสามารถใช้งานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดหรือไม่ และจำเป็นต้องตรวจสอบความเสถียรของการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถรับส่งข้อมูลได้อย่างต่อเนื่อง โดยการเลือกจุดติดตั้งเราเตอร์ไร้สาย (Wireless Router) ในตำแหน่งที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง เพื่อให้การกระจายสัญญาณมีประสิทธิภาพสูงสุด

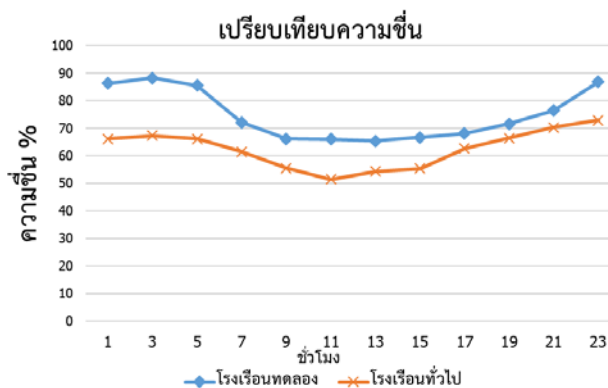


รูปที่ 3 การทดสอบระบบควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน



รูปที่ 4 เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของโรงเรือนที่ควบคุมและโรงเรือนทั่วไป

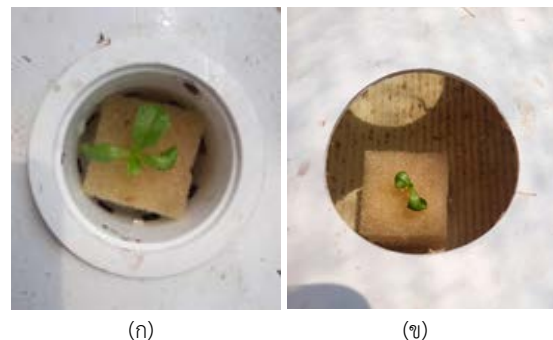
การทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิแบบเปิด-ปิด ดำเนินการโดยตั้งค่าอุณหภูมิไม่ใหเกิน 35 องศาเซลเซียส [8] ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการปลูกผักสลัดเรดโอ๊ค การเก็บข้อมูลดำเนินการทุก 2 ชั่วโมง โดยระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเงื่อนไขที่กำหนดจากผลการทดสอบพบว่าอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 35 องศาเซลเซียส และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 31.06 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 4 ในช่วงเวลาทำการทดสอบ สภาพอากาศโดยทั่วไปไม่มีความร้อนสูงมาก ทำให้กราฟแสดงค่าอุณหภูมิไม่มีความแตกต่างอย่างชัดเจน ทั้งนี้ ระบบสามารถส่งข้อมูลอุณหภูมิแบบเรียลไทม์ผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถติดตามและวิเคราะห์ข้อมูลได้ทันที หากระบบใดระบบหนึ่งขัดข้องและทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงขึ้น



รูปที่ 5 เปรียบเทียบค่าความชื้นสัมพัทธ์ของโรงเรือนที่ควบคุมและโรงเรือนทั่วไป

การทดสอบระบบควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนได้ดำเนินการเพื่อรองรับความต้องการของผักใบ ซึ่งมีความชื้นที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 60%–85% โดยช่วงนี้เหมาะสมต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง การคายน้ำ [9] และการดูดซึมแคลเซียมของพืช หากความชื้นต่ำกว่า 50% พืชจะเกิดการเหี่ยวเฉา ปลายใบไหม้ และดูดซึมแคลเซียมได้ไม่ดี หากค่าความชื้นสูงเกินไป จะเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดเชื้อรา ดังนั้น ระบบควบคุมความชื้นจึงมีบทบาทสำคัญในการรักษาสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช จากผลการทดสอบพบว่า ระบบสามารถควบคุมค่าความชื้นเฉลี่ยภายในโรงเรือนได้ที่ 69.35% ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสม เมื่อเปรียบเทียบกับโรงเรือนที่ไม่มีระบบควบคุม พบว่ามีความแตกต่างอย่างชัดเจน โดยในบางช่วงเวลา ค่าความชื้นของโรงเรือนที่ไม่ได้ควบคุมลดลงต่ำถึง 50% ดังรูปที่ 5

การเก็บผลการเจริญเติบโตของผักสลัดเรดโอ๊คโรงเรือนที่ควบคุมเปรียบเทียบกับโรงเรือนทั่วไป ซึ่งทั้งสองโรงเรือนจะได้รับการใช้ปุ๋ย และการดูแลค่า PH ของน้ำแบบเดียวกัน หลังจากนั้นจะทำการบันทึกความสูงของผักสลัดในแต่ละสัปดาห์ และน้ำหนักหลังเก็บเกี่ยว ซึ่งการทดลองพบว่าผักสลัดเรดโอ๊คที่ปลูกโรงเรือนที่ควบคุมมีความเจริญเติบโตที่ดีกว่าในสัปดาห์ที่ 1 ความสูงของผักสลัดที่ปลูกในโรงเรือนควบคุมมีความสูงอยู่ที่ 1 ซม. ดังรูปที่ 6 (ก) และผักสลัดที่ปลูกในโรงเรือนทั่วไปมีความสูงอยู่ที่ 0.7 ซม. ดังรูปที่ 6 (ข)



รูปที่ 6 (ก) ผักสลัดในโรงเรือนทดลองความสูง 1 เซนติเมตร
(ข) ผักสลัดในโรงเรือนทั่วไปความสูง 0.7 เซนติเมตร



รูปที่ 7 (ก) ผักสลัดในโรงเรือนทดลองความสูง 10 เซนติเมตร
(ข) ผักสลัดในโรงเรือนทั่วไปความสูง 8 เซนติเมตร

เมื่อผักสลัดมีอายุครบ 8 สัปดาห์ จะเห็นได้ว่าความสูงของผักสลัดในโรงเรือนควบคุมจะมีความสูงที่ 10 ซม. ดังรูปที่ 7 (ก) ซึ่งขนาดของต้นและปริมาณของใบผักนั้นเจริญเติบโตกว่าผักสลัดของโรงเรือนทั่วไปที่มีความสูงอยู่ที่ 8 ซม. ดังรูปที่ 7 (ข) อย่างชัดเจน

การวัดขนาดใบผักสลัดของโรงเรือนควบคุมและโรงเรือนที่ไม่ได้ควบคุมหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่าใบผักสลัดของโรงเรือนที่ควบคุมนั้นมีขนาดความสูงประมาณ 12 ซม. กว้างประมาณ 14 ซม. ดังรูปที่ 8 (ก) และใบผักสลัดของโรงเรือนที่ไม่ได้ควบคุมมีขนาดความสูงประมาณ 9 ซม. กว้างประมาณ 11 ซม. ดังรูปที่ 8 (ข) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเจริญเติบโตของผักสลัดที่ปลูกด้วยอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมนั้นทำให้พัฒนาการของพืชมีความต่อเนื่องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นแม้ว่าจะได้รับสารอาหารที่เท่ากัน



(ก) ขนาดใบผักสลัดโรงเรือนควบคุม
(ข) ขนาดใบผักสลัดโรงเรือนไม่ได้ควบคุม

การเก็บค่าน้ำหนักของผักสลัดในทั้งสองโรงเรือนมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลผลิต โดยทำการชั่งน้ำหนักของผักสลัดจำนวน 10 ต้น ที่มีการเจริญเติบโตดีที่สุดในแต่ละโรงเรือน สำหรับโรงเรือนที่มีระบบควบคุมแสดงผลในรูปที่ 9 (ก) และโรงเรือนที่ไม่มีระบบควบคุม แสดงผลในรูปที่ 9 (ข)



(ก) การชั่งน้ำหนักของผักสลัดโรงเรือนควบคุม
(ข) การชั่งน้ำหนักของผักสลัดโรงเรือนทั่วไป

จากตารางที่ 1 พบว่า ผักสลัดเรดโอ๊คที่ปลูกในโรงเรือนควบคุมมีน้ำหนักมากกว่าผักที่ปลูกในโรงเรือนทั่วไปอย่างชัดเจน โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 111.68 กรัม ในขณะที่โรงเรือนที่ไม่ได้ควบคุมมีน้ำหนักเฉลี่ยเพียง 76.6 กรัม แสดงให้เห็นว่าการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน เช่น อุณหภูมิและความชื้น มีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช

ตารางที่ 1 น้ำหนักผักสลัดของโรงเรือนควบคุมและโรงเรือนทั่วไป

ผักสลัดเรดโอ๊ค	โรงเรือนทดลอง (g)	โรงเรือนทั่วไป (g)
ต้นที่ 1	123	58
ต้นที่ 2	108	88
ต้นที่ 3	146	79
ต้นที่ 4	118	66
ต้นที่ 5	136	92
ต้นที่ 6	142	62
ต้นที่ 7	103	84
ต้นที่ 8	96	82
ต้นที่ 9	132	71
ต้นที่ 10	119	84
เฉลี่ย	111.68	76.6

ตารางที่ 2 ค่ากระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าของโรงเรือนทดลอง

อุปกรณ์	กระแสไฟฟ้า (A)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กำลังไฟฟ้า (W)	พลังงานไฟฟ้า (Unit)
ระบบควบคุม	0.21	5.01	1.05	0.0252
ระบบระบายอากาศ	1	24.5	24.5	0.588
ปั้มน้ำ	0.104	223.1	23.20	0.557
โซลินอยด์วาล์ว	1	221	221	5.304

จากตารางที่ 2 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากอุปกรณ์แต่ละชนิดภายในโรงเรือนทดลอง โดยใช้มิเตอร์วัดไฟฟ้า PZEM-004T เพื่อคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ โดยพบว่า ระบบควบคุมใช้พลังงานไฟฟ้า 0.0252 หน่วย/วัน, ระบบระบายอากาศใช้ 0.588 หน่วย/วัน, ปั้มน้ำใช้ 0.557 หน่วย/วัน, และโซลินอยด์วาล์วสำหรับเปิด-ปิดน้ำใช้ 5.304 หน่วย/วัน รวมแล้วพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดภายในโรงเรือนควบคุมเท่ากับ 6.4742 หน่วย/วัน เมื่อคำนวณค่าไฟฟ้าตามอัตราค่าไฟฟ้าสำหรับ 15 หน่วยแรก ที่อัตรา 2.3488 บาท/หน่วย จะได้ค่าไฟฟ้าต่อวันเท่ากับ 15.207 บาท/วัน สำหรับหนึ่งรอบการปลูกซึ่งใช้เวลา 35 วัน ค่าไฟฟ้ารวมต่อรอบการปลูกเท่ากับ 532.25 บาท

สำหรับโรงเรือนที่ไม่ได้ควบคุมสภาพแวดล้อม จะมีการใช้งานเฉพาะปั้มน้ำ เท่านั้น โดยใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 0.557 หน่วย/วัน เมื่อคิดค่าไฟฟ้าตามอัตราสำหรับการใช้พลังงานไม่เกิน 15 หน่วยแรกที่ 2.3488 บาท/หน่วย จะได้ค่าไฟฟ้าประมาณ 1.308 บาท/วัน ทั้งนี้ รอบการปลูกในโรงเรือนที่ไม่ได้ควบคุมใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 45 วัน ส่งผลให้ค่าไฟฟ้ารวมต่อรอบการปลูกเท่ากับ 58.86 บาท

4. สรุปผลการทดลอง

การออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และแสงในโรงเรือนอัจฉริยะสำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ ซึ่งสามารถควบคุมและติดตามสถานะได้ผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเฝ้าสังเกตสภาพอากาศภายในโรงเรือนได้แบบเรียลไทม์ พร้อมทั้งสั่งการเปิด-ปิดระบบพ่นหมอก พัดลมระบายอากาศ และระบบแสงสว่างได้ตามสภาวะที่เหมาะสม จากผลการทดลองพบว่า ผักสลัดเรดโอ๊คที่ปลูกในโรงเรือนควบคุมมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าโรงเรือนทั่วไป โดยมีความสูงเฉลี่ยของลำต้น 10 เซนติเมตร ความกว้างของใบ 14 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 111.68 กรัม ขณะที่ผักในโรงเรือนทั่วไปมีความสูงเฉลี่ยของลำต้นเพียง 8 เซนติเมตร ความกว้างของใบ 11 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 76.6 กรัม เมื่อเปรียบเทียบพบว่าโรงเรือนควบคุมมีความสูงของลำต้นมากกว่าร้อยละ 20 ความกว้างของใบมากกว่าร้อยละ 27.3 และน้ำหนักเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 31.4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใช้ระบบควบคุมในโรงเรือนที่ควบคุมนั้นได้ เมื่อเปรียบเทียบกับโรงปลูกไฮโดรโปนิคส์แบบดั้งเดิมมีประสิทธิภาพที่สูงกว่า ดังค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยที่กล่าวไว้ข้างต้น นอกจากนี้ โรงเรือนควบคุมยังสามารถลดระยะเวลาการปลูกจาก 45 วัน เหลือเพียง 35 วัน แม้จะมีค่าไฟฟ้าสูงกว่า โดยอยู่ที่ 532.25 บาท/รอบการปลูก ขณะที่โรงเรือนทั่วไปมีค่าไฟฟ้าเพียง 58.86 บาท/รอบการปลูก ดังนั้น การควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ทั้งนี้ควรพิจารณาปริมาณการปลูกและราคาตลาดในช่วงเวลานั้น เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Wildan and N. Anisa, "Internet of Things System Development and Experimentation Hydroponic Farming," 2024 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech), Bali, Indonesia, 2024, pp. 54-59, doi: 10.1109/ICIMTech63123.2024.10780827.
- [2] V. Waghmare, P. Rakte, M. Gadalkar, S. Bhaleghare, D. Sakhare and M. Goudar, "Real Time Monitoring of Hydroponic System using IoT," 2024 International Conference on Intelligent Systems and Advanced Applications (ICISAA), Pune, India, 2024, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICISAA62385.2024.10829094.
- [3] A. E. Arumona et al., "Microfluidic Flow Rate Sensor Using Electron Cloud Plasma Transport Within Silicon Microring Circuits," in IEEE Sensors Journal, vol. 21, no. 24, pp. 27268-27274, 15 Dec.15, 2021, doi: 10.1109/JSEN.2021.3124368.
- [4] S. Puengsungwan and K. Jirasereeamornkul, "Internet of Things (IoT) based hydroponic lettuce farming with solar panels," 2019 International Conference on Power, Energy and Innovations (ICPEI), Pattaya, Thailand, 2019, pp. 86-89, doi: 10.1109/ICPEI47862.2019.8944986.
- [5] J. Choi, D. Lim, S. Choi, J. Kim and J. Kim, "Light Control Smart Farm Monitoring System with Reflector Control," 2020 20th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS), Busan, Korea (South), 2020, pp. 69-74, doi: 10.23919/ICCAS50221.2020.9268238.
- [6] Chander, S. (2023). Influence of Total Dissolved Solids (TDS) on Hydroponic Spinach Growth and Yield: A Six-Week Study. International Research Journal Of Modernization In Engineering Technology And Science. <https://doi.org/10.56726/irjmet43551>
- [7] Md. R. A. Shawon, O. K. Azad, B. R. Ryu and J.-K. Na, "The electrical conductivity of nutrient solution influenced the growth, centellosides content and gene expression of Centella asiatica in a hydroponic system," Agriculture, vol. 13, no. 12, Art. no. 2236, 2023, doi: 10.3390/agriculture13122236.
- [8] Hofmann TA, Atkinson W, FanM, Simkin AJ, Jindal P, Lawson T. 2025 Impact of climate-driven changes in temperature on stomatal anatomy and physiology. Phil. Trans. R.Soc. B 380: 20240244
- [9] Carvalho DRA, Torre S, Kraniotis D, Almeida DPF, Heuvelink E and Carvalho SMP (2015) Elevated air movement enhances stomatal sensitivity to abscisic acid in leaves developed at high relative air humidity. Front. Plant Sci. 6:383.
- [10] Aurasopon, A., Thongleam, T. & Kuankid, S. (2024). Integration of IoT Technology in Hydroponic Systems for Enhanced Efficiency and Productivity in Small-Scale Farming. Acta Technologica Agriculturae, 27(4), 2024. 203-211.
- [11] Waghmare, V., Rakte, P., Gadalkar, M., Bhaleghare, S., Sakhare, D., & Goudar, M. (2024). Real Time Monitoring of Hydroponic System using IoT. 1-6.
- [12] Yulianto, D., Nugraha, A. F., & Rahani, F. F. (2024). Automated Hydroponics System using the Internet of Things. Jurnal Edukasi Elektro, 8(2).

ประวัติผู้เขียนบทความ



นายธนต์ เจนสัญญายุทธ
อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ แห่งมงาม
อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



รองศาสตราจารย์ งามอง แสดใหม่
อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



นายมานิช ประชา
อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



นายอนุชา แอ้โขง
นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



นายอนวัต สุขสำราญ
นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี