

การพัฒนาบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์อัจฉริยะร่วมกับเทคโนโลยีสมาร์ทไมโครกริด

Development of a smart hydroponic vegetable growing system combined with smart microgrid technology

พิพัฒน์ วงศ์จักร^{1*}, จริญญา คนแรง¹, ธนพล แสงสุวรรณ¹, ชูชาติ ม่วงโกสัย² และ วิภพ ใจแข็ง¹Pipat Wongjak^{1*}, Jarun Khonrang¹, Thanapon Saengsuwan¹, Chuchart Mongkosa² and Wipobh Jaikhang¹¹ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและสมาร์ทกริดเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เชียงราย 57100

² แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคเชียงราย เชียงราย 57000¹ Department of Electrical Engineering and Smart Grid Technology, Faculty of Industrial Technology,

Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai 57100

² Electrical Power Department, Chiang Rai Technical College, Chiang Rai 57000¹Corresponding author: Tel.: 0860969055. E-mail address: pipat@cmtc.ac.th

Abstract

This research aimed to develop an intelligent hydroponic vegetable growing system integrated with smart microgrid technology, focusing on the integration of precision agriculture technology and efficient energy management. The system comprises two components: 1. An automatic hydroponic vegetable growing control system that utilizes intelligent sensors to measure and control key factors; and 2. A smart microgrid system that integrates solar power and energy storage systems. Test results showed that the smart microgrid system reduced energy consumption by up to 42.62% and maintained stable performance. The hydroponic vegetable growing system accurately controlled pH and nutrient solution concentration, averaging 6.38 and EC values averaging 1.50 mS/cm, compared to traditional growing methods. The integration of these two technologies successfully improved the control efficiency of key cultivation factors and significantly reduced energy costs at the 0.05 statistical significance level, representing an important approach for the future development of sustainable smart agriculture.

Keywords: Smart microgrid, Hydroponics, genius

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์อัจฉริยะร่วมกับเทคโนโลยีสมาร์ทไมโครกริด โดยมุ่งเน้นบูรณาการระหว่างเทคโนโลยีการเกษตรแม่นยำและการจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ องค์ประกอบของระบบประกอบด้วย 2 ส่วน 1. ระบบควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์อัตโนมัติที่ใช้เซนเซอร์อัจฉริยะในการตรวจวัดและควบคุมปัจจัยสำคัญ 2. ระบบสมาร์ทไมโครกริดที่ผสมผสานการใช้พลังงานแสงอาทิตย์และระบบกักเก็บพลังงาน ผลการทดสอบพบว่าระบบสมาร์ทไมโครกริดช่วยลดการใช้พลังงานได้ถึงร้อยละ 42.62 และยังมีเสถียรภาพในการทำงาน สำหรับระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์สามารถควบคุมค่า pH ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร เหลืออยู่ที่ 6.38 และค่า EC เหลืออยู่ที่ 1.50 mS/cm ได้อย่างแม่นยำเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปลูกแบบดั้งเดิม การบูรณาการเทคโนโลยีทั้ง 2 ส่วนนี้ประสบความสำเร็จในการเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมปัจจัยสำคัญในการเพาะปลูก และลดต้นทุนพลังงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นแนวทางที่สำคัญสำหรับการพัฒนาการเกษตรอัจฉริยะที่ยั่งยืนในอนาคต ต่อไป

คำสำคัญ: สมาร์ทไมโครกริด, ไฮโดรโปนิคส์, อัจฉริยะ

บทนำ

ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกส่งผลให้เกิดความท้าทายในการผลิตอาหารที่มีคุณภาพและเพียงพอต่อความต้องการ การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมการเพาะปลูก ลดการใช้พื้นที่ และประหยัดน้ำได้มากกว่าการเกษตรแบบดั้งเดิม อย่างไรก็ตาม การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์มีต้นทุนการดำเนินงานที่สูง โดยเฉพาะต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมระบบและการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหาร ต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการดำเนินธุรกิจของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ โดยต้นทุนค่าไฟฟ้าคิดเป็นร้อยละ 25-30 ของต้นทุนการดำเนินงานทั้งหมด ซึ่งส่งผลกระทบต่อกำไรและความยั่งยืนของธุรกิจ นอกจากนี้ การพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าจากระบบกริดหลักยังทำให้เกิดความเสี่ยงในกรณีที่เกิดไฟฟ้าดับหรือแรงดันไฟฟ้าไม่เสถียร ซึ่งอาจส่งผลเสียหายต่อผลผลิตได้ [1]

การแก้ปัญหาด้านพลังงานโดยการนำระบบพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้กับปั๊มหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหาร ผลการศึกษาพบว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบหลักได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่ยังมีข้อจำกัดในเรื่องความเสถียรของระบบเมื่อสภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย การพัฒนาระบบจัดการพลังงานให้มีประสิทธิภาพจึงจำเป็นต้องมีการ บูรณาการเทคโนโลยีสมาร์ทไมโครกริดเข้ากับระบบควบคุมการปลูก [2] การออกแบบและการนำไปใช้ของระบบจัดการความเชื่อมโยงระหว่างพลังงานและน้ำในระบบปลูกพืชไร้ดินแบบ NFT (Nutrient Film Technique) ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ผลการศึกษาพบว่า ระบบดังกล่าวไม่เพียงแต่ลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลเท่านั้น แต่ยังใช้น้ำน้อยกว่าการเกษตรแบบดั้งเดิมถึง 90% ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบสำคัญในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากรน้ำ นอกจากนี้ การใช้ระบบควบคุมอัจฉริยะยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและบริหารจัดการน้ำได้อย่างเหมาะสม [3]

จากหลักการและเหตุผลข้างต้นการวิจัยการพัฒนาการพัฒนาระบบไฮโดรโปนิคส์อัจฉริยะที่ทำงานร่วมกับเทคโนโลยีสมาร์ทไมโครกริด นี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์อัจฉริยะที่ทำงานร่วมกับเทคโนโลยีสมาร์ทไมโครกริด โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเซนเซอร์อัจฉริยะ ระบบควบคุมอัตโนมัติ และการจัดการพลังงานแบบบูรณาการ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ลดต้นทุนด้านพลังงาน และสร้างความยั่งยืนในการทำเกษตรสมัยใหม่ พร้อมทั้งเป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนาระบบที่มีประสิทธิภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และผลการวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อ

เกษตรกรและผู้ประกอบการในการพัฒนาธุรกิจการเกษตรที่ยั่งยืน สามารถลดต้นทุนการผลิต อีกทั้งยังสอดคล้องกับนโยบายการพัฒนาเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farming) และการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทย

วิธีการวิจัย

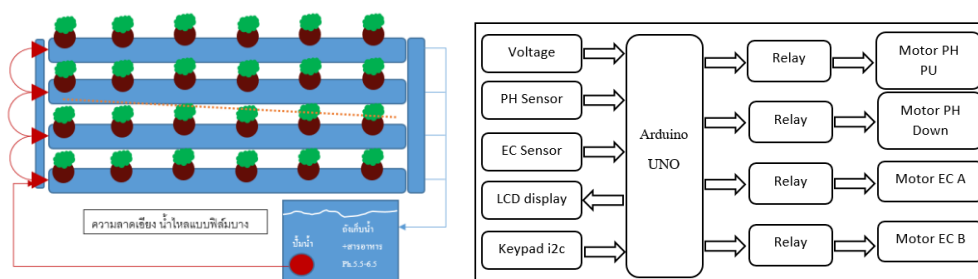
การดำเนินงานวิจัยการพัฒนาระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์อัจฉริยะร่วมกับเทคโนโลยีสมาร์ทไมโครกริด ประกอบด้วย ดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลและปัญหา

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลและปัญหาจากเกษตรกรผู้ปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ พบว่าการปลูกผักระบบไฮโดรโปนิกส์เป็นเทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ที่ใช้สารละลายธาตุอาหารแทนดิน มีข้อดีคือประหยัดน้ำ และเพิ่มผลผลิต ยังมีปัญหาสำคัญหลายประการ ได้แก่ ต้นทุนการลงทุนพลังงานสูง ความรู้เฉพาะทางในการจัดการสารละลายธาตุอาหาร การควบคุมค่า pH และ EC ปัญหาขัดข้องของระบบไฟฟ้า

2. ออกแบบระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

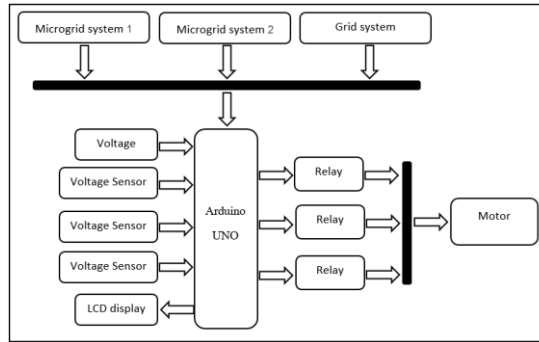
ระบบไฮโดรโปนิกส์เทคนิคฟิล์มน้ำอาหาร (Nutrient Film Technique: NFT) เป็นหนึ่งในระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุด ในระบบนี้ได้ออกแบบระบบไฮโดรโปนิกส์ที่พร้อมคุณสมบัติอัตโนมัติ ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอย่างแม่นยำ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ค่า pH ของน้ำ เพื่อให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างเหมาะสม เทคนิคไฮโดรโปนิกส์คือการเพาะปลูกโดยใช้น้ำแทนดิน โดยเน้นให้พืชได้รับสารอาหารครบถ้วน ใช้พื้นที่น้อยรองรับให้ผู้อยู่อาศัยในพื้นที่เคหะสถานสามารถปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ได้ [4-5] จึงได้นำเอาระบบการหมุนเวียนของน้ำที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในระบบ NFT เพื่อให้ประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค Provincial Electricity Authority (PEA) เมื่อเปรียบเทียบกับระบบเดิม



ภาพที่ 1 ออกแบบรางปลูกผักระบบ NFT และระบบควบคุม

3. ออกแบบระบบเทคโนโลยีสมาร์ทไมโครกริด

เทคโนโลยีสมาร์ทกริดช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับระบบโครงข่ายไฟฟ้าเพื่อให้สามารถรองรับการเพิ่มขึ้นของพลังงานหมุนเวียนรวมถึงการบูรณาการเชื่อมต่อ และใช้ประโยชน์จากแหล่งพลังงานแบบกระจายศูนย์ (Distributed Energy Resources) ประเภทต่างๆ ร่วมกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด การพัฒนาให้ระบบไฟฟ้าตอบสนองต่อการทำงานได้อย่างชาญฉลาดโดยเป็นการประยุกต์ใช้ ระบบเซ็นเซอร์ และเทคโนโลยีทางการควบคุมอัตโนมัติ [6]



ภาพที่ 2 ออกแบบระบบไมโครกริด

จากภาพที่ 2 การออกแบบระบบเทคโนโลยีสมาร์ทไมโครกริด เป็นการนำระบบพลังงานไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กมาใช้ร่วมกับระบบกริด เพื่อให้สามารถเลือกจ่ายพลังงานที่เหมาะสมให้กับระบบควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์อัจฉริยะ และช่วยลดการพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค PEA ให้น้อยลง

4. สร้างระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์อัจฉริยะร่วมกับระบบเทคโนโลยีสมาร์ทไมโครกริด

การผสมผสานระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์อัจฉริยะเข้ากับเทคโนโลยีสมาร์ทไมโครกริดเป็นนวัตกรรมการเกษตรยุคใหม่ที่สามารถตอบสนองความต้องการอาหารที่เพิ่มขึ้นและปัญหาพลังงาน ระบบนี้ใช้เซ็นเซอร์ ควบคุมสภาพแวดล้อม ป้อนน้ำ ขณะที่ไมโครกริดจัดการพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ และแบตเตอรี่อย่างอัตโนมัติ



ภาพที่ 3 สร้างระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์อัจฉริยะร่วมกับระบบเทคโนโลยีสมาร์ทไมโครกริด

5. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยการพัฒนาระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์อัจฉริยะร่วมกับระบบเทคโนโลยีสมาร์ทไมโครกริดครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. มัลติมิเตอร์ดิจิทัล LINI-T รุ่น UT203 มัลติมิเตอร์ดิจิทัลเครื่องนี้สามารถใช้วัดค่าแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าได้ทั้ง DC และ AC

2. เครื่องตรวจวัดค่า pH, EC 5/1 Model Number EZ-9909SP

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งกลุ่มเป็น กลุ่มควบคุม (ปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ทั่วไป) กลุ่มทดลอง (ใช้ระบบเทคโนโลยีสมาร์ทไมโครกริด) การหาการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ หาได้จากผลคูณระหว่างแรงดันไฟฟ้า (V) กับกระแสไฟฟ้า (A) พลังงานไฟฟ้า คือ ปริมาณไฟฟ้าของแหล่งจ่ายหรือโหลดทางไฟฟ้าที่ถูกใช้พลังงานทั้งหมด คิดในช่วงเวลา

ใดเวลาหนึ่ง มีหน่วยเป็นวัตต์/ชั่วโมง สถิติทดสอบ Independent – Sample T – Test เพื่อทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง 2 กลุ่มใช้สำหรับทดสอบสมมติฐาน โดยใช้โปรแกรม SPSS version 22 ในการวิเคราะห์ข้อมูล [7]

สมมติฐานทางสถิติ

$H_0 : U_1 \leq U_2$ คือ ผลทดสอบ กลุ่มทดลอง ได้ผลน้อยกว่า กลุ่มควบคุม หรือไม่แตกต่างกัน

$H_1 : U_1 > U_2$ คือ ผลทดสอบ กลุ่มทดลอง ได้ผลที่ดีกว่า กลุ่มควบคุม

การกำหนดค่าอัลฟา (ค่าความเชื่อมั่น) เท่ากับ 95%

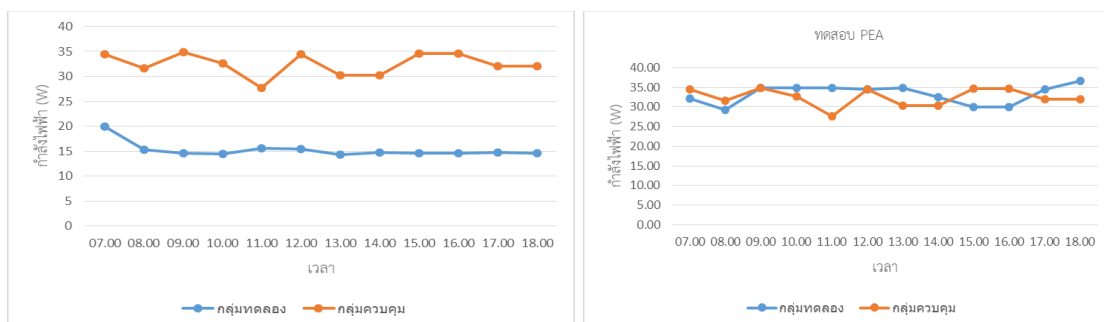
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการพัฒนาระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์อัจฉริยะร่วมกับเทคโนโลยีสมาร์ทไมโครกริด เปรียบเทียบกับการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบเดิม ด้านการใช้พลังงาน ด้านสารอาหาร ค่า EC และความเป็นกรดเป็นด่าง ค่า pH รวมถึงผลลัพธ์การเจริญเติบโต ประกอบด้วย

1. การทดสอบเปรียบเทียบการใช้พลังงาน ระหว่าง 2 กลุ่ม
2. การทดสอบเปรียบเทียบสารอาหารในน้ำ ค่า EC, pH ระหว่าง 2 กลุ่ม
3. การวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์การเจริญเติบโต ระหว่าง 2 กลุ่ม

1. การทดสอบเปรียบเทียบการใช้พลังงาน ระหว่าง 2 กลุ่ม

ผลการวิจัยการพัฒนาระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์อัจฉริยะร่วมกับเทคโนโลยีสมาร์ทไมโครกริด เปรียบเทียบกับการปลูกผักแบบเดิม ด้านการใช้พลังงาน พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบ Photovoltaic (PV) ของระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์อัจฉริยะร่วมกับเทคโนโลยีสมาร์ทไมโครกริดใน 12 ชั่วโมงเฉลี่ยอยู่ที่ 15.24 W และพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค Provincial Electricity Authority (PEA) เฉลี่ยอยู่ที่ 13.84 W ในส่วนของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ระบบเดิมจะอาศัยพลังงานไฟฟ้าจาก PEA เพียงพลังงานเดียว เฉลี่ยอยู่ที่ 32.47 W

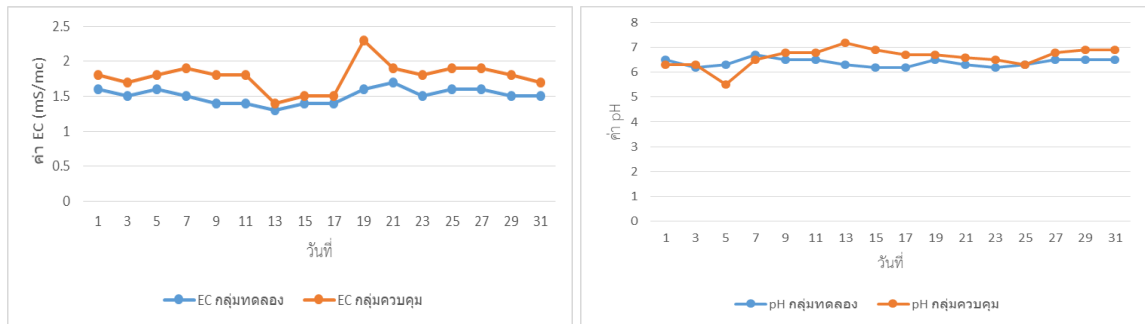


ภาพที่ 4 การใช้พลังงานไฟฟ้าของทั้งสองกลุ่ม

2. การทดสอบเปรียบเทียบสารอาหารในน้ำ ค่า EC, pH ระหว่าง 2 กลุ่ม

ผลการวิจัยด้านสารอาหาร ค่า EC และความเป็นกรดเป็นด่าง ค่า pH พบว่าระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์อัจฉริยะร่วมกับเทคโนโลยีสมาร์ทไมโครกริด ด้านสารอาหาร ค่า EC ในน้ำ เฉลี่ยอยู่ที่ 1.50 mS/cm และความเป็นกรดเป็นด่าง ค่า

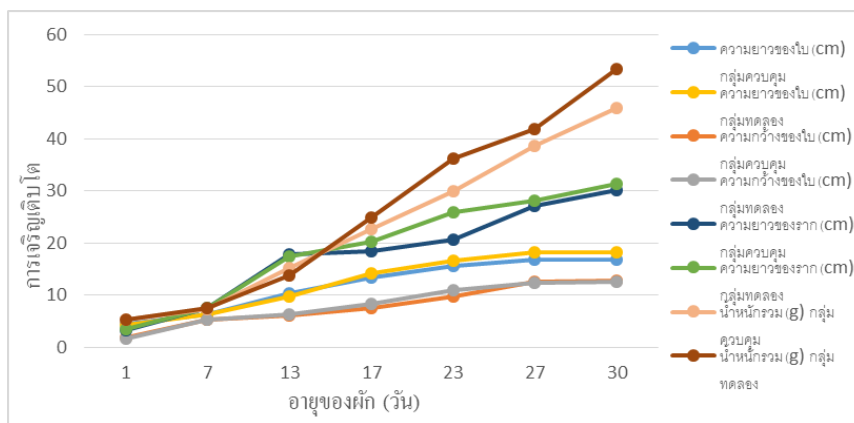
pH ในน้ำ เฉลี่ยอยู่ที่ 6.38 ในส่วนของการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ระบบเดิมจะอาศัยการเติมสารอาหาร ค่า EC ในน้ำ โดยมนุษย์ เฉลี่ยอยู่ที่ 1.78 mS/cm และปรับความเป็นกรดเป็นด่าง โดยมนุษย์ ค่า pH ในน้ำ เฉลี่ยอยู่ที่ 6.60



ภาพที่ 5 ค่า EC สารอาหาร และค่า pH ความเป็นกรดเป็นด่างของทั้งสองกลุ่ม

3. การทดสอบเปรียบเทียบผลลัพธ์การเจริญเติบโต ระหว่าง 2 กลุ่ม

ผลการวิจัยผลลัพธ์การเจริญเติบโตระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์อัจฉริยะร่วมกับเทคโนโลยีสมาร์ทไมโครกริดการเจริญเติบโต ด้านความยาวของใบ เฉลี่ยอยู่ที่ 12.49 cm ด้านความกว้างของใบ เฉลี่ยอยู่ที่ 8.19 cm ด้านความยาวของราก เฉลี่ยอยู่ที่ 19.11 cm และน้ำหนักรวม เฉลี่ยอยู่ที่ 26.12 g ในส่วนของการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ระบบเดิมการเจริญเติบโต ด้านความยาวของใบ เฉลี่ยอยู่ที่ 11.97 cm ด้านความกว้างของใบ เฉลี่ยอยู่ที่ 7.96 cm ด้านความยาวของราก เฉลี่ยอยู่ที่ 17.84 cm และน้ำหนักรวม เฉลี่ยอยู่ที่ 23.56 g ดังตารางที่ 13



ภาพที่ 6 ผลลัพธ์การเจริญเติบโตของทั้งสองกลุ่ม

ตารางที่ 1 ทดสอบเปรียบเทียบการใช้พลังงาน ระหว่าง 2 กลุ่ม

| การทดสอบ | N | X-Bar | S.D. | t | Sig |
|------------|----|-------|------|-------|------|
| กลุ่มทดลอง | 12 | 15.24 | 1.52 | 21.84 | .000 |

| | | | | | |
|-------------|----|-------|------|--|--|
| กลุ่มควบคุม | 12 | 32.47 | 2.26 | | |
|-------------|----|-------|------|--|--|

จากตารางที่ 1 พิจารณาค่า Sig.(2-tailed) มีค่าต่ำกว่า .01 จึงมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 ดังนั้นการทดสอบเปรียบเทียบการใช้พลังงาน ของกลุ่มทดลองสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจาก PAE ได้มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตารางที่ 2 ทดสอบเปรียบเทียบสารอาหารในน้ำ ค่า EC ระหว่าง 2 กลุ่ม

| การทดสอบ | N | X-Bar | S.D. | t | Sig |
|-------------|----|-------|------|------|------|
| กลุ่มทดลอง | 16 | 1.50 | 0.10 | 4.72 | .000 |
| กลุ่มควบคุม | 16 | 1.78 | 0.20 | | |

จากตารางที่ 2 พิจารณาค่า Sig.(2-tailed) มีค่าต่ำกว่า .01 จึงมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 ดังนั้นการทดสอบเปรียบเทียบสารอาหารในน้ำ ค่า EC ของกลุ่มทดลองสามารถควบคุมสารอาหารในน้ำ ค่า EC ได้ดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตารางที่ 3 ทดสอบเปรียบเทียบความเป็นกรดเป็นด่าง ค่า pH ระหว่าง 2 กลุ่ม

| การทดสอบ | N | X-Bar | S.D. | t | Sig |
|-------------|----|-------|------|------|------|
| กลุ่มทดลอง | 16 | 6.38 | 0.10 | 2.09 | .045 |
| กลุ่มควบคุม | 16 | 6.60 | 0.30 | | |

จากตารางที่ 3 พิจารณาค่า Sig.(2-tailed) มีค่าต่ำกว่า .05 จึงมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 ดังนั้นการทดสอบเปรียบเทียบความเป็นกรดเป็นด่าง ค่า pH ของกลุ่มทดลองสามารถควบคุมความเป็นกรดเป็นด่าง ค่า pH ได้ดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4 ทดสอบเปรียบเทียบผลลัพธ์การเจริญเติบโตระหว่าง 2 กลุ่ม

| การเจริญเติบโต | N | กลุ่มควบคุม | | กลุ่มทดลอง | |
|---------------------|---|-------------|------|------------|-------|
| | | X-Bar | S.D. | X-Bar | S.D. |
| ความยาวของใบ (cm) | 7 | 11.97 | 5.05 | 12.49 | 5.80 |
| ความกว้างของใบ (cm) | 7 | 7.96 | 3.98 | 8.19 | 4.07 |
| ความยาวของราก (cm) | 7 | 17.84 | 9.70 | 19.11 | 10.48 |

| | | | | | |
|----------------|---|-------|-------|-------|-------|
| น้ำหนักรวม (g) | 7 | 23.56 | 15.47 | 26.12 | 18.35 |
| รวม | | 15.35 | 5.24 | 16.48 | 6.39 |

จากตารางที่ 4 พิจารณาการทดสอบเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมมีความจะเห็นว่า การเจริญเติบโตของผักในกลุ่มทดลอง มีการเจริญเติบโต ทั้ง 4 ด้านได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม



ภาพที่ 7 ผักสลัด (ผักฟิลเลย์ ไอซ์เบิร์ก) พร้อมเก็บผลผลิต

ผลการวิจัยการพัฒนาระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์อัจฉริยะร่วมกับเทคโนโลยีสมาร์ทไมโครกริด ครั้งนี้สอดคล้องกับ งานวิจัย Abdoulaye Sidibe, และคณะ เกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ Nutrient Film Technique (NFT) ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยมุ่งเน้นการลดการใช้พลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบผ่านการจัดการพลังงานและน้ำร่วมกัน

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยสรุปผลได้ว่าระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์อัจฉริยะร่วมกับเทคโนโลยีสมาร์ทไมโครกริด ผลที่ได้ พบว่า กลุ่มทดลองสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจาก PEA ได้ดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยใช้พลังงาน เฉลี่ย 15.24 W จากระบบ Photovoltaic และ 13.84 W จาก PEA เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ใช้พลังงาน 32.47 W จาก PEA เพียงอย่างเดียว สามารถประหยัดพลังงานได้ 42.62% และการเติมสารอาหาร EC เฉลี่ยอยู่ที่ 1.50 mS/cm และความเป็นกรดเป็นด่าง ค่า pH เฉลี่ยอยู่ที่ 6.38 ยังลดการใช้กำลังงานมนุษย์ที่จะเข้าไปตรวจสอบ และปรับปรุงของ สารอาหาร EC และความเป็นกรดเป็นด่าง ค่า pH ได้ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และส่งผลการ เจริญเติบโตของผักในกลุ่มทดลองได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สวนผึ้งเพราะฟาร์มรัก สวนผักไฮโดรโปนิกส์ เชียงใหม่ ที่ได้ให้ข้อมูลต่างในการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่สนับสนุนการทำวิจัย ทำให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] ทิพย์วรรณ ทนนไชย, ละเอียด ศรีหาเหง่า, นิรุช บุณยฤทธานนท์, สัจฉุเศรษฐ์ เรืองเดชสุวรรณ. (2565). แนวทางการบริหารต้นทุนการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบมีส่วนร่วมของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนปลูกผักปลอดสารพิษ ตำบลยางนึ่ง อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 41(2), 31-48. <https://so03.tci-thaijo.org/index.php/humsujournal/article/view/256208>
- [2] ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์, จินดำพร จำรัสเลิศลักษณ์. (2559). ระบบปลูกพืชแบบไร้ดินที่ใช้ปัมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหาร. Engineering and Technology Horizons, 33(2), 92-97. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/lej/article/view/241355>
- [3] Abdoulaye Sidibé, Rehema Ndeda, Evan Murimi, Urbanus N. Mutwiwa, Lukas Simon Kriem, Marc Beckett, Peter Fischer. (2023). Design and Implementation of Energy-Water Nexus Management in a Solar-Powered NFT Hydroponic System. Universal Journal of Agricultural Research, 11(3), 664-672. https://www.hrpub.org/journals/article_info.php?aid=13378
- [4] Kanishka Tharindu Rathnayake, Tharaga Sharmilan. (2023). Design and Development of an Agricultural Parameter Monitoring System for Hydroponics. European Modern Studies Journal, 7(5), 238-247. <https://lorojournals.com/index.php/emsj/article/view/1037>
- [5] Yanita Mila Ardiani, Noegroho. (2020). Layout housing typology using hydroponics system. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 426(3), 1-7. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/426/1/012106>
- [6] อธิศักดิ์ ศรีดำ. (2563). การพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อรองรับระบบสมาร์ทกริดในอนาคต.วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 39(1), 54-64. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/scimsujournal/article/view/190945>
- [7] ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธ. (2559). การใช้ IBM SPSS Statistics เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล สืบค้นเมื่อ 14 มิถุนายน 2568, จาก <https://sornorpoom.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/06/e0b8a3e0b8a7e0b8a1spss.pdf>.