

# การติดตั้งและการต่อระบบ Hybrid Off Grid Inverter เพื่อพัฒนาโรงเรือนปิด สำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบอัตโนมัติ

## Installation and Connection of Hybrid Off Grid Inverter System to Develop Closed Greenhouses for Automatic Hydroponic Vegetable Cultivation

รังสรรค์ พงษ์พัฒนาอำไพ<sup>1\*</sup> และณมน วรณานวงศ์<sup>2</sup>

Rungsun Pongpattanaumpai<sup>1\*</sup> and Namon Vorathnanuwong<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีเครื่องจักรกล คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

<sup>1</sup>InnovativeTechnology Machinery, Faculty of Agricultural Technology,

Rajabhat Mahasarakham University

<sup>2</sup>สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

<sup>2</sup>Department of Industrial Education, Faculty of Industrial Technology, Thepsatri Rajabhat University

\*Corresponding author: emailit62@gmail.com

Received: November 21, 2023

Revised: February 11, 2023

Accepted: February 19, 2024

### บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและพัฒนาสร้างโรงเรือนปิดด้วยวัสดุแผ่นโพลีคาร์บอเนตสีใส โดยมี การประยุกต์ใช้พลังงานสีเขียวให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม คณะผู้วิจัยได้มีการพัฒนาโรงเรือนปิดรูปร่างหลังคาทรงจั่ว มีขนาด ความกว้าง 4 เมตร ความยาว 8 เมตร และความสูง 3.40 เมตร โดยมีโครงสร้างหลังคาทำมุมข้างละ 15 องศา เพื่อนำแผง โซลาร์เซลล์แบบโพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline Solar Cells) ขนาด 340 วัตต์ ข้างละ 6 แผง รวมทั้งสิ้น 12 แผง โดยแต่ละข้าง ต่อระบบแบบอนุกรม และนำแต่ละข้างนำมาต่อระบบแบบขนาน โดยผ่านเครื่องอินเวอร์เตอร์ขนาด 5,500 วัตต์ ให้มีการทำงาน แบบออฟกริด (Off Grid) โดยไม่ใช้แบตเตอรี่ เพื่อลดปริมาณการใช้งานไฟฟ้า ในช่วงเวลากลางวัน (08.00 น.-17.00 น.) เพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่ พัดลมดูดระบายความร้อน ปั๊มพ่นหมอก และปั๊มดูดสารละลายปุ๋ยชนิดเอและปุ๋ยชนิดบี โดย ได้ทดลองผลิตผักกรีนโอ๊คไฮโดรโปนิคส์ในแนวตั้ง ระบบกึ่งน้ำลึก (DRFT) และทำการทดสอบหาประสิทธิภาพของระบบ พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแหล่งต้นกำลัง ผลการทดลองใช้พลังงานแสงอาทิตย์ทดสอบกับพัดลมดูดระบายความร้อน สามารถหมุนทำงานได้ พบว่า ผลิตแรงดันเฉลี่ยอยู่ที่ 226.7 โวลต์ และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.19 แอมป์ และผลการ ทดสอบกับปั๊มดูดสารละลายของน้ำปุ๋ยทำงาน พบว่า ผลิตแรงดันเฉลี่ยอยู่ที่ 226.7 โวลต์ และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย อยู่ที่ 1.13 แอมป์ โดยผลการทดลองทั้งสองชนิดนี้ สามารถนำไปควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นภายในโรงเรือนปิดผ่านระบบสมาร์ท โฟนให้ทำงานอัตโนมัติได้ ผลการทดลองผลิตผักกรีนโอ๊ค 2 ครั้ง ในโรงเรือนปิดที่พัฒนาสร้างขึ้นพบว่า จำนวนหลุมปลูก ในแนวตั้งที่เหมาะสมคือ 720 หลุมต่อการปลูก 1 ครั้ง สามารถผลิตผักกรีนโอ๊คไฮโดรโปนิคส์ในโรงเรือนปิดได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: โรงเรือน ไฮโดรโปนิคส์ พลังงานแสงอาทิตย์

## Abstract

This study aimed to design and develop a closed greenhouse constructed with clear polycarbonate sheets. The design integrates green energy for eco-friendliness. The researchers developed a greenhouse with a gabled roof measuring 4 meters wide, 8 meters long, and 3.40 meters high. The roof structure had a 15-degree angle on each side to accommodate six polycrystalline solar panels of 340 watts on each side, totaling 12 panels. Each side was connected in series and then in parallel, passing through a 5,500-watt inverter for off-grid operation without batteries, to reduce electricity usage during daylight hours (08.00–17.00). This system powered cooling fans, mist sprayers, and pumps for solution A and B fertilizers. The team experimented with vertically grown hydroponic green oak lettuce using the Deep Raft Technique (DRT) and tested the efficiency of the solar power system, which served as the primary energy source. The experiment with the cooling fan generated an average voltage of 226.7 volts and an average current of 0.19 amps. The test with the fertilizer solution pumps showed an average voltage of 226.7 volts and an average current of 1.13 amps. Both experiments allowed for temperature and humidity control inside the greenhouse through a smartphone-based automatic system. The experimental results from two cycles of growing green oak lettuce in the closed greenhouse revealed that the optimal number of vertical planting holes was 720 per cycle. This setup enabled the successful production of hydroponic green oak lettuce within the closed greenhouse.

**Keywords:** greenhouse, hydroponics, solar energy



## บทนำ

ปัจจุบันคนไทยหันมาใส่ใจดูแลสุขภาพมากขึ้น การบริโภคผักผลไม้เป็นปัจจัยสำคัญหนึ่งที่ช่วยเสริมสร้างร่างกายให้แข็งแรง ซึ่งผักปลอดสารพิษเป็นตัวหนึ่งที่ได้รับคามนิยมจากผู้บริโภคมากขึ้นเรื่อย ๆ สำหรับผักปลอดสารพิษที่จำหน่ายอยู่ตามท้องตลาดในปัจจุบันมีหลายชนิด เช่น Green Oak Red Oak Red Coral Butter Head Cos และ Iceberg เป็นต้น การปลูกผักปลอดสารพิษเป็นสินค้าชนิดหนึ่งที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย ทั้งในการส่งออกเชิงพาณิชย์ (Pincham, Urbunnuanchat & Junnapiya, 2015) และการจัดจำหน่ายเพื่อการบริโภคทั่วไป เนื่องจากเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ มีความจำเป็นในเรื่องความปลอดภัยจากสารพิษ บางทีมีการปลูกในที่โล่งแจ้งทำให้มีปัญหาหลายปัจจัยคือ ภูมิอากาศโรคและแมลงรบกวน (Chaithima et al., 2019) ซึ่งสภาพภูมิอากาศแต่ละที่มีความแตกต่างกันและผักเมืองหนาวโดยมากจะปลูกในบริเวณภาคเหนือของประเทศ ในกรณีที่ปลูกในพื้นที่อื่นด้วยข้อจำกัดทางด้านดินฟ้าอากาศ

และอุณหภูมิ ทำให้ผลผลิตที่ได้ไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งปี (Bureau of Occupational and Environmental Disease, 2021) ส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพ ไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค จึงต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ผักปลอดสารพิษจะมีราคาค่อนข้างสูง บางชนิดมีราคาสูงถึงกิโลกรัมละ 300 บาท บางชนิดจำหน่ายเป็นต้นในราคาสูงถึงต้นละ 25 บาท เมื่อเทียบกับผักไทยที่ปลูกด้วยวิธีปกติทั่วไปซึ่งมีราคาประมาณกิโลกรัมละ 5-30 บาท การปลูกพืชไร่น้ำหรือการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการแนะนำให้เกษตรกรได้ศึกษา เพื่อยกระดับผลผลิตทางการเกษตร ในขณะที่กระแสของการบริโภคผักปลอดสารพิษกำลังได้รับความนิยมในสังคม จึงเป็นช่องทางการเพิ่มรายได้ให้กับชุมชนอีกทางหนึ่ง การปลูกพืชไร่น้ำ คือ วิธีการปลูกพืชเลียนแบบการปลูกพืชบนดินโดยไม่ใช้ดินเป็นวัสดุปลูก แต่เป็นการปลูกพืชในสารละลายที่มีธาตุอาหารครบถ้วน โดยให้รากพืชสัมผัสกับสารอาหารโดยตรง (Jinobua, 2016) การปลูก

ในโรงเรือนที่สามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เป็นไปตามที่พืช ผัก ผลไม้ ที่ปลูกต้องการ จะช่วยควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ให้มีสภาวะพอเหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืชได้ (Namhomchan & Seriphatthanon, 2014) ทำให้สามารถเพาะปลูกพืช ผัก ผลไม้ ได้อย่างมีคุณภาพ และมีปริมาณตามที่ต้องการในครัวเรือนระบบโรงเรือนปิด

งานวิจัยนี้ทำการพัฒนานวัตกรรมโรงเรือนระบบปิด เพราะสามารถรักษาอุณหภูมิให้คงที่ได้ และป้องกันการเกิดโรค โดยใช้พัดลมช่วยถ่ายเทอากาศ มีโครงสร้างขนาดความกว้าง 4 เมตร ความยาว 8 เมตร และความสูง 3.40 เมตร เหตุผลเพราะออกแบบต้องการให้มีขนาดใหญ่เกินไป สามารถนำไปประกอบติดตั้งง่าย เคลื่อนย้ายง่าย โดยมีรูปร่างหลังคาทรงจั่วทำมุมข้างละ 15 องศา ทั้งสองข้าง เหตุผลเพราะมีแนวคิดที่จะนำแผงโซลาร์เซลล์มาวางบนหลังคาโรงเรือนปิด โดยใช้ Hybrid off grid inverter เป็นแหล่งพลังงาน เป็นแหล่งต้นกำลัง เพื่อนำไปควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมกับการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ในโรงเรือนปิด และทดสอบหาค่าสมรรถนะของโรงเรือนปิดที่พัฒนาสร้างขึ้น ช่วยประหยัดลดค่าไฟฟ้าได้มากขึ้น เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรหันมาผลิตพืชผักปลอดสารพิษ บริโภคในครัวเรือนเพื่อให้เหมาะสำหรับเกษตรกรสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมต่อไปเพื่อเป็นการแก้ปัญหาการใช้สารเคมี ยาฆ่าแมลง และลดความยุ่งยากในการผลิตผักไฮโดรโปนิคส์และเป็นทางเลือกในการดำเนินการเชิงธุรกิจจำหน่ายในจังหวัดหรือส่งออกต่อไป

## ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย ขอบเขตของการวิจัย

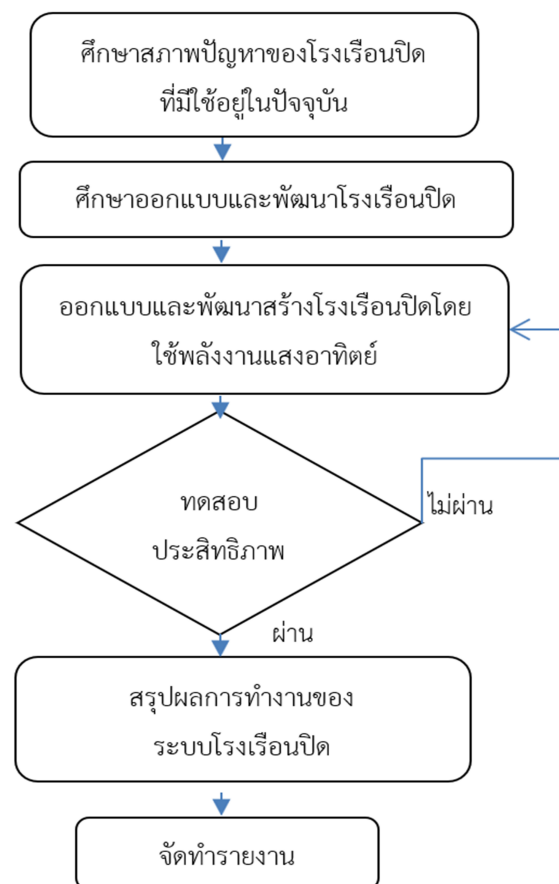
1. ผู้ศึกษาวิจัย ออกแบบพัฒนาโดยใช้วัสดุแผ่นโพลีคาร์บอเนตสีใส แทนพลาสติกคลุมโรงเรือนสีใส เป็นวัสดุปิดคลุมโครงสร้างของโรงเรือนปิด โดยเป็นวัสดุมุ่งหลังคาที่สามารถรองรับสียูวีได้มากกว่าเดิมมีระบบหัวพ่นหมอก มีพัดลมดูดระบายอากาศ และวัสดุอื่น ๆ

2. ทำการวิจัยและพัฒนาโครงสร้างโรงเรือนปิดใช้เหล็กชุบกันสนิมทั้งหมดแทนเหล็กดำ ออกแบบด้านบนให้สามารถถอด-ประกอบได้โดยมีขนาดความกว้าง 4 เมตร ความยาว 8 เมตรและความสูง 3.5 เมตรโดยออกแบบ

โครงสร้างหลังคามีรูปร่างลักษณะทรงจั่วให้ทำมุมข้างละ 15 องศา โดยที่สามารถนำแผง Solar Cell มาวางแล้วเป็นมุมที่สามารถรับแสงอาทิตย์ได้ดีที่สุด ให้สามารถปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ในแนวตั้งได้เป็นอย่างดี ให้ผลผลิตที่ดี ไม่เกิดโรคอันมีสาเหตุจากความร้อนภายในโรงเรือนปิดได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

3. ทดสอบหาประสิทธิภาพของพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งต้นกำลัง และจุดที่เหมาะสมในการติดตั้ง เช่น พัดลมดูดระบายอากาศ หัวพ่นหมอก ปุ่มสูบลมละลายน้ำปุ๋ย ที่สามารถลดความร้อนได้มากที่สุดในช่วงเวลาวิกฤตคือ ในช่วงฤดูร้อน

4. การทดสอบหาประสิทธิภาพของแหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์ ที่จะจ่ายให้ระบบอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ ในโรงเรือนปิด จะทำการทดลองช่วงเวลากลางวันที่มีแสงแดดเท่านั้น ต่อระบบเป็นแบบออฟกริด (Off Grid) โดยไม่มีการต่อแบตเตอรี่ร่วมกับระบบ (08.00 น.-17.00 น.)



ภาพ 1 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

## วิธีดำเนินการออกแบบและพัฒนา

### 1. การออกแบบพัฒนาโรงเรือนปิด

การออกแบบและพัฒนาชุดโครงสร้างของโรงเรือนปิดเลือกใช้วัสดุเป็นเหล็กชุบกัลวาไนซ์เพื่อป้องกันการเกิดสนิม อายุการใช้งานนาน โดยออกแบบโครงสร้างให้สามารถถอด-ประกอบได้ โดยมีเงื่อนไขในการออกแบบประกอบด้วย ดำเนินการออกแบบและเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์ ขนาดของโรงเรือนปิดให้มีความกว้างเท่ากับ 4 เมตร มีความยาวเท่ากับ 4 เมตร และมีความสูงเท่ากับ 3.40 เมตร หลังคาเป็นแบบทรงจั่ว ทำมุมเท่ากับ 15 องศาและดำเนินการสร้างให้ได้ตามแบบ (ดังภาพ 2-4 )

นำท่อนางปลูกแบบพีวีซีขนาดความยาว 4 เมตร ที่ทำการเจาะหลุมปลูกแล้ว นำมายึดติดตั้งเข้ากับโครงสร้างฐานหลักในแนวตั้ง ให้ได้จำนวน 8 แถว โดยระยะห่างระหว่างแถวของนางปลูกจะต้องเท่ากัน โดยให้มีระยะเท่ากับ 20 เซนติเมตร (ดังภาพ 3)

นำนางปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ในแนวตั้งที่ประกอบเสร็จแล้ว โดยดำเนินการเคลื่อนย้ายโครงสร้างชุดนางปลูกผักจำนวน 4 ชุด เข้าไปในโรงเรือนปิด โดยวางระยะของโครงสร้างนางปลูกในแนวตั้งให้มีระยะที่เท่ากัน จำนวน 4 แท่นปลูก (ดังภาพ 4)



ภาพ 2 พัฒนาออกแบบสร้างโรงเรือนปิดที่ใช้สำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ในแนวตั้ง



ภาพ 3 ต่อบรรางปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ในแนวตั้ง



ภาพ 4 ต่อบรรางปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ภายในโรงเรือนปิด

### 2. การออกแบบวงจรควบคุม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบไปด้วยระบบอินเวอร์เตอร์ (Hybrid off grid inverter 5.5 kw) มีค่า Rated Power: 230 VAC/5500 W มีความสามารถ Maximum PV Array Power: 6000 W มีขนาดตัวเครื่องเท่ากับ 138x302x451 มิลลิเมตร มีระบบการชาร์จเป็นแบบ MPPT พัดลมดูดระบายความร้อนในโรงเรือนปิด ปั๊มสูบน้ำในโรงเรือนปิด และปั๊มพ่นหมอกในโรงเรือนปิด (ดังภาพ 5-10) (Namhomchan & Seriphatthanon, 2014)

ต่อบรรางปั๊มสูบน้ำ SOBO WP-8000 ปั๊มน้ำตู้ปลา รายละเอียดขนาด 17x14x15 ซม. กำลังไฟ 135 วัตต์ กำลังปั๊ม 6,000 ลิตร/ ชั่วโมง ปั๊มน้ำได้สูง 5.5 เมตร ปั๊มน้ำแกนใบพัดเป็นเซรามิค Outflow ท่อดูดสามารถต่อเกลียว PVC 6 หุนได้ต่อเข้ากับบรรางปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ จำนวน 2 ตัว (ดังภาพ 5)

ทิศทางการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงสุดจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยดำเนิน

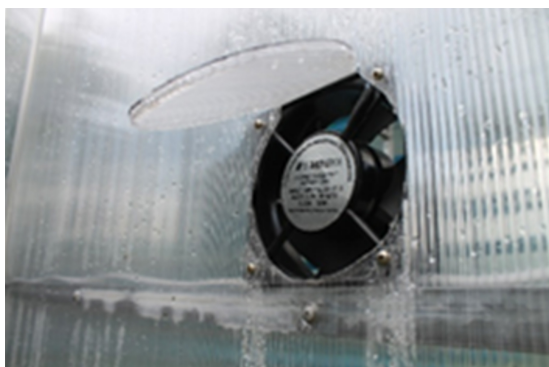


การวางแผนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้โดยมุมเอียงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 15 องศา (Sukprapaphon, 2010) ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบโครงสร้างโรงเรือนปิด รูปทรงหลังคาเป็นทรงจั่วทำมุม 15 องศาทั้งสองด้าน (ดังภาพ 8) ดำเนินการเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับตัวควบคุมการชาร์จประจุ

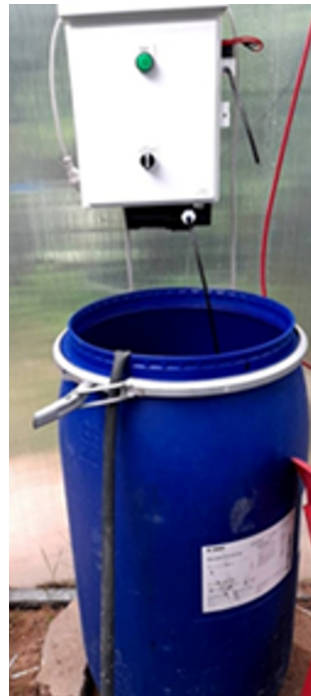
ดำเนินการต่อระบบเบรกเกอร์ที่ตู้สวิตช์บอร์ดเข้ากล่องควบคุม (ภาพ 10) ดำเนินการออกแบบวางระบบติดตั้งการควบคุมการทำงานของระบบการพ่นหมอก และดำเนินการติดตั้ง Digital Timer AC 220v 25A KG316T-II-inl สามารถตั้งโปรแกรมการเปิด-ปิด ได้ 16 ครั้ง เครื่อง Timer 220v 25A ต่อ input ไฟ 220v เข้ามาในช่องเสียบสายไฟอินพุต ส่วนช่อง output ก็เอาไปต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เราต้องการจะสั่งเปิดปิดระบบเพิ่มความชื้นภายในโรงเรือนปิดให้สามารถควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติได้ (ดังภาพ 10) (Sitawan, 2015).



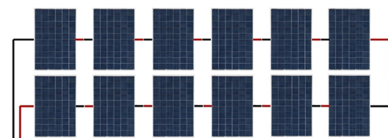
ภาพ 5 ติดตั้งปั๊มปลุกผักไฮโดรโปนิคส์ในแนวตั้ง



ภาพ 6 แสดงลักษณะการติดตั้งพัดลมดูระบายความร้อน



ภาพ 7 แสดงการติดตั้งระบบการพ่นหมอกในโรงเรือนปิด



ภาพ 8 แสดงลักษณะแผงโซลาร์เซลล์ที่วางบนหลังคาทรงจั่วทำมุม 15 องศา ข้างละ 6 แผง



ภาพ 9 แสดงการติดตั้งและการต่อระบบ Hybrid off grid inverter 5.5kw.



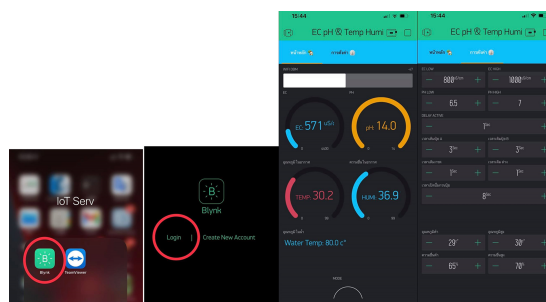
ภาพ 10 แสดงการติดตั้งระบบการพ่นหมอกในโรงเรือนปิด

ดำเนินการออกแบบวางระบบการควบคุมสารละลายปุ๋ย AB อุปกรณ์เติมออกซิเจนให้กับสารละลายภายในโรงเรือนปิด ติดตั้งชุดควบคุมการทำงานของระบบ ติดตั้งอุปกรณ์วัดค่า PH, ค่า EC, และอื่น ๆ เข้ากับกล่องตู้ควบคุมการทำงาน เพื่อให้ระบบเซนเซอร์วัดตรวจจับค่าอุณหภูมิ วัดความชื้น โดยให้ควบคุมการทำงานเป็นแบบปกติและควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติได้ (ดังภาพ 11)

ออกแบบเขียนโปรแกรมโดย Blynk เพื่อสั่งให้ควบคุมการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ภายในโรงเรือนปิดโดยระบบสมาร์ตโฟน ใช้ application ใน Google Play ชื่อว่า Blynk กด Login เข้าใช้งานโดยใช้ Email ชื่อ pongpattanaumpai@hotmail.com Password rungsunXXXXX ระบบก็เข้าสู่โหมดการทำงานส่งผ่านมือถือได้โดยอัตโนมัติหรือจะสั่งผ่านโดยระบบใช้ระบบมือกดปุ่มการทำงานแบบปกติก็ได้ (ดังภาพ 12) การออกแบบวางระบบไฟปลูกพืช เพื่อให้แสงสว่างเฉพาะช่วงเวลาตอนกลางวัน เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คไฮโดรโปนิคส์ในระบบโรงเรือนปิด โดยติดตั้งจำนวนหลอดไฟปลูกพืช (bulb plant grow) ที่ให้แสงธรรมชาติที่ เหมาะกับการเจริญเติบโตของพืช สามารถปลูกพืชได้ภายในอาคาร เหมาะสำหรับพืชผัก Hydroponic เป็นหลอด LED ที่มีคุณภาพสูง อายุการใช้งานยาวนาน ความร้อนต่ำไม่เป็นอันตรายต่อพืช ประหยัดพลังงานได้ 85% กำลังไฟ 10 วัตต์ 220-240v. จำนวน 20 หลอด จำนวน 2 แฉนวนอน และจำนวน 2 แฉวนแนวตั้ง ระยะห่างประมาณ 1 เมตร โดยใช้สวิทช์แสงเป็นตัวควบคุมการเปิดในเวลากลางวัน และปิดในเวลาตอนเช้าให้ทำงานแบบอัตโนมัติ



ภาพ 11 แสดงกล่องควบคุมการทำงานภายในโรงเรือนปิด



ภาพ 12 แสดงการเข้าสู่ระบบการทำงานของโปรแกรม Blynk

### 3) วางแผนการทดลองปลูกผัก

ใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design--CRD จำนวน 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำประกอบด้วย 2 กรรมวิธี ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 (T1) คือ ใส่ปุ๋ยน้ำหมักเศษปลา

กรรมวิธีที่ 2 (T2) คือ ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร AB

วันที่ 1 มีนาคม 2565 เก็บผลการทดลองหาประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การเก็บรวบรวมเพื่อดำเนินการวิจัย ประกอบไปด้วย ทดสอบระบบพลังงานแสงอาทิตย์ (Pinthong, 2014) การทดสอบเป็นการหาค่าพารามิเตอร์ของระบบที่ได้ทำการออกแบบไว้ ซึ่งการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ เพื่อวัดแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ โดยที่แผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้ในการ

ทดลองครั้งนี้เป็นแผงชนิด โพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline Silicon Solar Cells) ขนาด 340 W. สูงสุด แรงดันไฟฟ้า สูงสุด 36.5 V. โดยผู้ศึกษาวิจัยได้เก็บผลการทดลองในช่วง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2565 โดยเริ่มทำการวัดตั้งแต่ช่วงเวลา 08.00 น. ถึง 17.00 น. วิธีการทดลองปลูกผักกรีนโอ๊คแบบ ไฮโดรโปนิคส์ในแนวตั้งภายในโรงเรือนปิด โดยมีแหล่งจ่ายที่เป็นพลังงานแสงอาทิตย์โดยการทดลองผสมสารละลายที่ใช้ ปั่นดูดปุ๋ยสารละลาย A และสารละลาย B แบบไฮโดรโปนิคส์ เพื่อปลูกผักกรีนโอ๊คในแนวตั้ง ในโรงเรือนปิด และมีการ ควบคุมอุณหภูมิ โดยพัดลมดูดอากาศ และเพิ่มความชื้น โดยการพ่นหมอก สำหรับปลูกผักกรีนโอ๊คด้วยระบบกึ่ง น้ำลึก DRFT โดยทำการควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือน ปิดระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส

1. ควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนปิดให้มีอุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส
2. ควบคุมค่า pH ของสารละลายให้มีค่า 5.8-7.0 ตามช่วงอายุของผักสลัดกรีนโอ๊ค
3. ควบคุมค่า EC ของสารละลายตามช่วงอายุ ของผักสลัดกรีนโอ๊ค
4. นำต้นพืชที่มีอายุ 17 วันเข้ามาไว้ในโรงเรือน ปิดแล้วดูแลต่ออีก 30 วัน
5. ทำการวัดขนาดความสูง ความกว้าง และความ ยาวรากทุก 7 วัน จนผักกรีนโอ๊ค รวมอายุครบ 30 วัน (อายุ พืชครบ 45 วัน)
6. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทาง สถิติในแต่ละลักษณะที่ศึกษาและเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยของ แต่ละกรรมวิธีด้วย Least Significant Different–LSD โดยใช้ โปรแกรมวิเคราะห์ ข้อมูลทางสถิติสำเร็จรูป Statistix9

## ผลการทดลอง

### 1. ความสูง

จากการทดลองเปรียบเทียบการใช้ปุ๋ยน้ำหมักจาก ปลา และการใช้ปุ๋ยเคมี AB ในการปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ ในสภาพโรงเรือนปิด พบว่า ความสูงในช่วงแรกของการปลูก จะเห็นได้ว่าการใช้ปุ๋ยน้ำหมักจากปลาจะมีความสูงมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี AB แต่หลังจากสลัดอายุที่ 42 และ 49 วันหลัง

ปลูก สลัดที่ได้รับปุ๋ยเคมี AB จะมีความสูงมากกว่าการใช้ ปุ๋ยน้ำหมักจากปลา (ดังตาราง 1)

### 2. จำนวนใบ

จากการทดลองเปรียบเทียบการใช้ปุ๋ยน้ำหมักจาก ปลาและการใช้ปุ๋ยเคมี AB ในการปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ ในสภาพโรงเรือนปิด พบว่า จำนวนใบในช่วง 14 วันแรก สลัดที่ได้รับปุ๋ยน้ำหมักจากปลา มีการสร้างใบมากกว่าสลัด ที่ได้รับปุ๋ยเคมี AB หลังจากปลูกผักสลัดที่อายุ 35 42 และ 49 วันหลังปลูก สลัดที่ได้รับปุ๋ยเคมี AB มีจำนวนใบที่มากกว่า สลัดที่ได้รับปุ๋ยน้ำหมักจากปลา (ดังตาราง 2)

### 3. ความกว้างใบ

จากการทดลองเปรียบเทียบการใช้ปุ๋ยน้ำหมักจาก ปลาและการใช้ปุ๋ยเคมี AB ในการปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ ในสภาพโรงเรือนปิด พบว่า การใช้ปุ๋ยน้ำหมักจากปลาและ การใช้ปุ๋ยเคมี AB ไม่มีผลต่อความกว้างของผักสลัด แต่สลัด ที่ได้รับปุ๋ยน้ำหมักจากปลาจะมีความกว้างมากกว่าสลัดที่ ได้รับปุ๋ยเคมี AB (ดังตาราง 3)

### 4. ความยาวใบ

จากการทดลองเปรียบเทียบการใช้ปุ๋ยน้ำหมักจาก ปลาและการใช้ปุ๋ยเคมี AB ในการปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ ในสภาพโรงเรือนปิด พบว่า สลัดที่ได้รับปุ๋ยน้ำหมักจาก ปลาในทุกช่วงของการเจริญเติบโตมีแนวโน้มให้ความยาว ใบสูงกว่าสลัดที่ได้รับปุ๋ยเคมี AB (ดังตาราง 4)

### 5. น้ำหนักผลผลิต

จากการทดลองเปรียบเทียบการใช้ปุ๋ยน้ำหมักจาก ปลาและการใช้ปุ๋ยเคมี AB ในการปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ใน สภาพโรงเรือนปิด พบว่า ผักสลัดไฮโดรโปนิคส์ที่ได้รับปุ๋ย เคมี AB มีน้ำหนักสดมากที่สุด คือ 91.75 กรัม มากกว่า สลัดที่ได้รับปุ๋ยน้ำหมักจากปลา (ดังตาราง 5)

### ตาราง 1

ความสูงที่อายุ 14 21 28 35 42 และ 49 วันหลังย้ายปลูกผักสลัดไฮโดรโปนิคส์ในโรงเรือนปิด

| กรรมวิธี             | ความสูง(เซนติเมตร) |        |        |        |        |         |
|----------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|---------|
|                      | 14 วัน             | 21 วัน | 28 วัน | 35 วัน | 42 วัน | 49 วัน  |
| การใส่ปุ๋ยน้ำหมักปลา | 4.15               | 4.625A | 5.25A  | 5.70   | 6.275B | 10.00B  |
| การใส่ปุ๋ยเคมี AB    | 3.625              | 4.025B | 4.55B  | 5.05   | 9.125A | 13.525A |
| F-test               | ns                 | *      | *      | ns     | *      | *       |
| ค่า C.V. (%)         | 8.77               | 7.52   | 8.25   | 9.46   | 13.94  | 12.10   |

1/ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี Least Significant Difference--LSD

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

### ตาราง 2

จำนวนใบที่อายุ 14 21 28 35 42 และ 49 วันหลังย้ายปลูกผักสลัดไฮโดรโปนิคส์ในโรงเรือนปิด

| กรรมวิธี             | จำนวนใบ |        |        |        |        |         |
|----------------------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|
|                      | 14 วัน  | 21 วัน | 28 วัน | 35 วัน | 42 วัน | 49 วัน  |
| การใส่ปุ๋ยน้ำหมักปลา | 4.05A   | 5.20   | 6.40   | 7.85B  | 6.275B | 10.00B  |
| การใส่ปุ๋ยเคมี AB    | 3.85B   | 4.95   | 6.55   | 8.475A | 9.125A | 13.525A |
| F-test               | *       | ns     | ns     | *      | *      | *       |
| ค่า C.V. (%)         | 2.07    | 4.02   | 3.62   | 3.38   | 3.82   | 3.38    |

1/ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี Least Significant Difference--LSD

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

### ตาราง 3

ความกว้างใบที่อายุ 14 21 28 35 42 และ 49 วันหลังย้ายปลูกผักสลัดไฮโดรโปนิคส์ในโรงเรือนปิด

| กรรมวิธี             | ความกว้าง(เซนติเมตร) |        |        |        |        |        |
|----------------------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                      | 14 วัน               | 21 วัน | 28 วัน | 35 วัน | 42 วัน | 49 วัน |
| การใส่ปุ๋ยน้ำหมักปลา | 1.825                | 2.55   | 2.85   | 3.3    | 3.4    | 3.425  |
| การใส่ปุ๋ยเคมี AB    | 1.725                | 1.95   | 2.475  | 2.85   | 2.85   | 2.925  |
| F-test               | ns                   | ns     | ns     | ns     | ns     | ns     |
| ค่า C.V. (%)         | 7.8                  | 22.66  | 21.23  | 20.87  | 21.51  | 21.34  |

1/ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี Least Significant Difference--LSD

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



#### ตาราง 4

ความยาวใบที่อายุ 14 21 28 35 42 และ 49 วันหลังย้ายปลูกผักสลัดไฮโดรโปนิคส์ในโรงเรือนปิด

| กรรมวิธี             | ความยาว(เซนติเมตร) |        |        |        |        |        |
|----------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                      | 14 วัน             | 21 วัน | 28 วัน | 35 วัน | 42 วัน | 49 วัน |
| การใส่ปุ๋ยน้ำหมักปลา | 3.6                | 4.05A  | 4.275  | 4.765  | 5.125  | 5.675  |
| การใส่ปุ๋ยเคมี AB    | 3.0                | 3.375B | 3.85   | 4.225  | 4.575  | 5.20   |
| F-test               | ns*                | ns     | ns     | ns     | ns     | ns     |
| ค่า C.V. (%)         | 11.87              | 8.5    | 8.63   | 6.58   | 6.71   | 6.91   |

1/ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี Least Significant Difference--LSD

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

#### ตาราง 5

ผลผลิตของน้ำหนักรากผักสลัดไฮโดรโปนิคส์ ในโรงเรือนปิด ที่อายุ 49 วัน

| กรรมวิธี             | ผลผลิต(กรัม) |
|----------------------|--------------|
| การใส่ปุ๋ยน้ำหมักปลา | 63.75 B      |
| การใส่ปุ๋ยเคมี AB    | 91.75 A      |
| F-test               | *            |
| ค่า C.V. (%)         | 8.52         |

1/ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี Least Significant Difference--LSD

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

#### ผลการวิจัย

ผลการวิจัยการทดสอบทำงานของระบบอินเวอร์เตอร์ (Hybrid off grid inverter 5.5 kw) มีค่า Rated Power: 230 VAC/5500 W มีความสามารถ Maximum PV Array Power: 6000 W มีขนาดตัวเครื่องเท่ากับ 138x302x451 มิลลิเมตร มีระบบการชาร์จเป็นแบบ MPPT (ดังภาพ 15)

สรุปผลที่ได้จ่ายแรงดันขาออก OUTPUT ที่ผลิตจากแผงโซลาร์เซลล์ สรุปผลวิจัย คือ ช่วงเวลา (08.00 น.-17.00 น.) มีค่าเฉลี่ยแรงดันเท่ากับ 226.7 โวลท์ (V) และเวลา 11.00 น. แรงดันขาออก (output) ของ Hybrid off grid inverter 5.5 kw ได้ค่าสูงสุดเท่ากับ 232 โวลท์ (V) โดยเวลา 08.00 น. และเวลา 16.00 น. ได้ค่าแรงดันน้อยที่สุดเท่ากับ 223 โวลท์ (V) ผลการวิจัยทดสอบพัดลมดูระบายความร้อนในโรงเรือนปิด โดยที่ได้ทำการเชื่อมต่อกับระบบพลังงาน

แสงอาทิตย์ไว้เรียบร้อยแล้ว (ดังภาพ 13)

สรุปผลวิจัย คือ ช่วงเวลา (08.00 น.-17.00 น.) มีค่าเฉลี่ยของกระแสเท่ากับ 0.19 แอมแปร์ (A) ที่แรงดันเท่ากับ 226.7 โวลต์ (V) และเวลา 11.00 น. ที่แรงดันเท่ากับ 232 โวลต์ (V) มีค่ากระแสมากที่สุดเท่ากับ 0.43 แอมแปร์ (A) และมีค่ากระแสน้อยที่สุด คือ เวลา 15.00 น. ที่แรงดัน 224 โวลต์ (V) มีค่ากระแสเท่ากับ 0.11 แอมแปร์

ผลการวิจัยทดสอบปั้มน้ำในโรงเรือนปิด โดยที่ได้ทำการเชื่อมต่อกับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ไว้เรียบร้อยแล้ว (ดังภาพ 14)

สรุปผลวิจัย คือ ช่วงเวลา (08.00 น.-17.00 น.) มีค่าเฉลี่ยของกระแสเท่ากับ 1.13 แอมแปร์ (A) ที่แรงดันเท่ากับ 226.7 โวลต์ (V) และพบว่า เวลา 11.00 น. ที่แรงดันเท่ากับ 232 โวลต์ (V) มีค่ากระแสมากที่สุดเท่ากับ 1.15 แอมแปร์ (A) และมีค่ากระแสน้อยที่สุด คือ เวลา 10.00 น. ที่แรงดัน 230 โวลต์ (V) และเวลา 17.00 น. แรงดัน 224 โวลต์ (V) มีค่ากระแสเท่ากันเท่ากับ 1.11 แอมแปร์

ผลการวิจัยทดสอบปั้มน้ำในโรงเรือนปิด โดยที่ได้ทำการเชื่อมต่อกับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ไว้เรียบร้อยแล้ว (ดังภาพ 15-16)



ภาพ 13 แสดงผลการทดสอบที่ Function Display



ภาพ 14 แสดงผลการทดสอบการวัดกระแสและแรงดันของพัดลมตู้ระบายความร้อน



ภาพ 15 แสดงผลการทดสอบการวัดกระแสและแรงดันของปั้มน้ำ



ภาพ 16 แสดงผลการทดสอบการวัดกระแสและแรงดันของปั้มน้ำ

## สรุปผลวิจัย

สรุปผลวิจัย คือ ช่วงเวลา (08.00 น.-17.00 น.) มีค่าเฉลี่ยรวมของกระแสเท่ากับ 0.112 แอมแปร์ (A) ที่แรงดันเท่ากับ 226.7 โวลต์ (V) และเวลา 13.00 น. ที่แรงดันเท่ากับ 229 โวลต์ (V) มีค่ากระแสมากที่สุดเท่ากับ 0.13 แอมแปร์ (A) และมีค่ากระแสน้อยที่สุด คือ เวลา 08.00 น. ที่แรงดัน 223 โวลต์ (V) เวลา 17.00 น. แรงดัน 224 โวลต์ (V) มีค่ากระแสเท่ากันเท่ากับ 0.10 แอมแปร์

## อภิปรายผล

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและพัฒนาสร้างโรงเรือนปิดด้วยวัสดุแผ่นโพลีคาร์บอเนต โดยใช้พลังงานสีเขียวเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม คณะผู้วิจัยได้มีการพัฒนาโรงเรือนปิดรูปร่างหลังคาทรงจั่วมีขนาดความกว้าง 4 เมตร ความยาว 8 เมตร และความสูง 3.40 เมตร ให้โครงสร้างหลังคาทำมุม 15 องศา และนำแผงโซลาร์เซลล์แบบโพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline Solar Cells) ขนาด 340 วัตต์ จำนวน 12 แผง ติดตั้งวางบนหลังคา ต่อระบบแบบอนุกรมผ่านอินเวอร์เตอร์ขนาด 5500 W ให้ทำงานแบบออฟกริด (Off Grid) โดยไม่ใช้แบตเตอรี่ เพื่อลดปริมาณการใช้งานไฟฟ้า ในช่วงเวลากลางวัน (08.00 น.-17.00 น.) เพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่ พัดลมดูดระบายความร้อน ปั๊มพ่นหมอก และปั๊มดูดสารละลายปุ๋ย AB โดยได้ทดลองผลิตผักกรีนโอ๊คไฮโดรโปนิคส์ในแนวตั้ง ระบบกิ่งน้ำลึก (DRFT) และทำการทดสอบหาประสิทธิภาพของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นแหล่งต้นกำลัง และผลการทดลองใช้พลังงานแสงอาทิตย์ทดสอบกับพัดลมดูดระบายความร้อนสามารถหมุนทำงานได้ พบว่า ผลิตแรงดันเฉลี่ยอยู่ที่ 226.7 โวลต์ และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.19 แอมป์ และผลการทดสอบกับปั๊มสูบน้ำทำงานพบว่าผลิตแรงดันเฉลี่ยอยู่ที่ 226.7 โวลต์ และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.13 แอมป์ สามารถนำไปควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นภายในโรงเรือนปิดผ่านระบบสมาร์ตโฟนให้ทำงานอัตโนมัติ (Namhomchan & Seriphatthanon, 2014)

ผลการทดลองผลิตผักกรีนโอ๊ค 2 ครั้ง ในโรงเรือนปิดที่พัฒนาสร้างขึ้นพบว่า จำนวนหลุมปลูกในแนวตั้งที่เหมาะสม คือ 720 หลุมต่อการปลูก 1 ครั้ง สามารถผลิต

ผักกรีนโอ๊คไฮโดรโปนิคส์ได้เป็นอย่างดี (ดังภาพ 17)

ผลผลิตด้านผักกรีนโอ๊คที่ได้รับปุ๋ยเคมี AB ที่ใช้กันทั่วไปมีการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบและน้ำหนักผลผลิตมากกว่าผักสลัดที่ได้รับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลา สอดคล้องกับ Veena (2019) ผลจากใช้ปุ๋ยอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพชนิดต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช ผัก 3 ชนิด ที่ปลูกแบบหมุนเวียน ได้แก่ กระเจี๊ยบเขียว ผักกาดหัว และคะน้า วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (RCBD) จำนวน 12 ดำรับการทดลอง ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ร่วมกันน้ำหมักชีวภาพส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชทั้งสามชนิดมากกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่าง

## บทสรุปและข้อเสนอแนะ

1) ควรมีการพัฒนาและปรับปรุงโครงสร้างให้โรงเรือนมีน้ำหนักที่เบา โดยใช้วัสดุที่เป็นโครงสร้างอลูมิเนียม เพื่อให้สามารถให้โรงเรือนเคลื่อนย้ายไป-มาได้ง่ายและมั่นคง

2) ควรมีการพัฒนาและปรับปรุงในส่วนการผสมสารละลาย A และสารละลาย B โดยใช้ระบบควบคุมแบบเทอร์โมอิเล็กทริกส์เข้ามาช่วยในการผลิตผักไฮโดรโปนิคส์ในโรงเรือนแบบปิด

3) ควรมีการทดลองต่อยอดงานวิจัยเข้าร่วมกับพลังงานทดแทนอื่น ๆ เช่น พลังงานลม พลังงานก๊าซชีวภาพ มาใช้ร่วมกันด้วย เพื่อนำไปใช้ในอนาคตได้จริง ๆ ลดต้นทุนในการผลิตผักเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์



ภาพ 17 แสดงผลการทดลองปลูกผักไฮโดรโปนิคส์

## ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1) โรงเรือนปิดที่ออกแบบพัฒนาสร้างขึ้นควรมีการพัฒนาเป็นแบบโรงเรือนปิดทรงจั่วสองชั้น

2) โรงเรือนปิดที่ออกแบบพัฒนาสร้างขึ้นในอนาคตสามารถนำไปพัฒนางานวิจัยครั้งต่อไปได้ คือ พัฒนาระบบภายในโรงเรือนปิด เพื่อปลูกพืชชนิดอื่น ๆ ได้ เช่น กัญชง กัญชา และอื่น ๆ ตามความต้องการของชุมชนในพื้นที่นั้น ๆ พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในระบบโรงเรือนปิดในงานวิจัยนี้ ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ในการ

แปลงไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับ เนื่องจากระบบส่วนใหญ่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง แต่สามารถแปลงใช้อุปกรณ์คงค่าแรงดัน Voltage Regulator ได้

3) การวิจัยในครั้งต่อไป แนะนำให้ผู้วิจัยใช้ปุ๋ยน้ำชีวภาพจากปลาที่มีปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นกว่านี้ เพราะงานทดลองนี้ควบคุมปริมาณสารอาหารในรูปค่า EC อยู่ที่ 1.2 เท่านั้น หากให้ปริมาณสารอาหารเพิ่มขึ้น อาจได้รับผลผลิตที่มากขึ้นได้



## References

- Bureau of Occupational and Environmental Disease. (2021). *Disease and health hazard surveillance, prevention and control for informal workers, situation report on in 2020*. Retrieved from <http://envocc.ddc.moph.go.th/uploads/galleries3/202105/> (in Thai)
- Chaithima, W., Chalerphol, J., Sirisunyaluck, R., & Pastpipatkul, P. (2019). Farmer's opinions on pesticide free vegetable growing in Saraphi District, Chiang Mai Province. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 47(suppl.1), 191-198. (in Thai)
- Jinobua, J. (2016). *Aeroponics, growing plants with roots suspended in the air*. Chiang Mai: Food Process Engineering Department. Bangkok: School of Agro-Industry Faculty of Agro-Industry Kasetsart University. (in Thai)
- Namhomchan, T., & Seriphatthanon, A. (2014). Temperature and relative humidity control system in soilless greenhouses. Cooling type using water evaporation method combined with automatic water mist spray. Using a programmable logic control system. *Eau Heritage Journal Science and Technology*, 8(1), 98-111. (in Thai)
- Nilawong, V (2019). Influence of organic and Bio-extract on the growth and yield of Okra, Chinese radish, and kal. *Science Journal Ubon Ratchathani University*, 21(3), 95-103 (in Thai)
- Pincham, K., Urbunnuanchat, M., & Junnapiya, S. (2015). Development of agricultural markets in Education: Research of farmers who produce products that are safe from toxins, Food Safety Project. Central vegetable and fruit market, Ratchaburi Province. *Journal of Interdisciplinary Research: Graduate Edition*, 4(2), 122-132. (in Thai)
- Pinthong, T. (2014). *Study of hot and cold water heating systems using thermoelectrics with solar cells*. Nakhon Sawan: Department of Industrial Technology Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology Nakhon Sawan Rajabhat University. (in Thai)
- Sitawan, D. (2015). *Thermoelectric technology*. Bangkok: Chulalongkorn University Press. (in Thai)



Sukprapaphon, B. (2010). *Electrical energy from solar energy and solar cell system design*. Faculty of Industrial Technology. Chiang Rai Rajabhat University. Synchrotron Light Research Institute (M.P.P.). Synchrotron Light Research Institute. Retrieved from <https://www.slri.or.th>(23 February 2016). (in Thai)

