

การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด โดยอาศัยเซนเซอร์ ตรวจวัดอากาศร่วมกับระบบพลังงานแสงอาทิตย์*

Development of Temperature and Humidity Control System for Mushroom House by using Air Sensors and Solar-Powered System

Received: July 21, 2018

Revised: March 3, 2019

Accepted: March 4, 2019

กายรัฐ เจริญราษฎร์ (Kairat Jaroenrat)^{**}

อาทิตย์ พวงสมบัติ (Artit Phuangsombut)^{***}

ชวโรจน์ ใจสิน (Chawaroj Jaisin)^{****}

ณัฐชามณู ศรีจำเริญรัตน์ (Natchamol Srichumroenrattana)^{*****}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดโดยอาศัยเซนเซอร์ตรวจวัดอากาศร่วมกับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยผู้วิจัยได้ออกแบบ ติดตั้ง และทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์กับฟาร์มเห็ดของกลุ่มเกษตรกรในตำบลหนองปากโลง อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม ด้วยการเพาะเห็ดจำนวน 760 ก้อน เป็นระยะเวลาสองรอบการผลิต คือรอบแรกในเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 และรอบที่สองในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 ถึงกุมภาพันธ์ พ.ศ.2560 ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลผลผลิต ไม่ว่าจะเป็นน้ำหนักของดอกเห็ดของก้อนเห็ดแต่ละก้อนในแต่ละวัน ข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น ตลอดจนการเปิดปิดระบบควบคุมในโรงเรือนควบคุมอัตโนมัติ และพบว่าในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 ก้อนเห็ดของโรงเรือนควบคุมอัตโนมัติและโรงเรือนที่ไม่มีการควบคุมให้ปริมาณผลผลิตใกล้เคียงกัน โดยต่างกันเพียง 0.67 % เนื่องจากเป็นช่วงฤดูฝนความชื้นในโรงเรือนจึงสูงอยู่เสมอ ส่วนในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 ถึงกุมภาพันธ์ พ.ศ.2560 ปริมาณผลผลิตของก้อนเห็ดในทั้งสองโรงเรือนจะน้อยกว่าในช่วงฤดูฝน โดยในโรงเรือนควบคุมอัตโนมัติจะให้ผลผลิตที่มากกว่าที่ประมาณ 14.72 % ซึ่งเป็นข้อดีที่จะทำให้เกษตรกรลดการหยุดการเพาะเห็ดในหน้าแล้งเนื่องจากปัญหาผลผลิตต่ำ

* วัตถุประสงค์การเขียนบทความ: เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัย

** อาจารย์ ดร. ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
(Lecturer Dr., Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Kasetsart University. ,Email: kairat.j@ku.ac.th)

*** อาจารย์ ดร. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
(Lecturer Dr., Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Kasetsart University. ,Email: fengatp@ku.ac.th)

**** อาจารย์ ดร. วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
(Lecturer Dr., School of Renewable Energy, Maejo University. ,Email: chawaroj@mju.ac.th)

***** ผู้รับผิดชอบบทความ อาจารย์ ดร. สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
Corresponding author, (Lecturer Dr., Department of Business Computer, Faculty of Management Science, Nakhon Pathom Rajabhat University. ,Email: k.natchamol@gmail.com)

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการใช้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยพิจารณาจากต้นทุนค่าวัสดุและค่าจ้างในการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์สามารถสรุปได้ว่าหากมองที่ระยะเวลาคู้มนแล้วระบบพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดยังไม่คุ้มค่ากับการลงทุน แต่หากเป็นการใช้งานในพื้นที่ที่ยังไม่มีไฟฟ้าเข้าถึง และต้องมีค่าใช้จ่ายในการขยายเขตระบบไฟฟ้าหลายหมื่นถึงหลายแสนบาทก็ถือว่าเป็นการลงทุนที่คุ้มค่าเป็นอย่างมาก

คำสำคัญ : เห็ดนางฟ้า ระบบควบคุมความชื้น พลังงานแสงอาทิตย์

Abstract

This research is to develop a temperature and humidity control system in a mushroom house by using sensors and solar energy. We installed and tested the efficiency of the equipment in a mushroom farm of Nong-Pak-Long farmer group in Muang District, Nakhon Pathom Province with 760 mushrooms for two production cycles. The first round was in August to October 2016 and the second round was from December 2016 to February 2017. We collected the weight of each mushroom, temperature, humidity the system control logs and found that during August to October 2016, the mushrooms of both houses gave very good and similar yields with only 0.67% difference because it was in the rainy season; the humidity in the house is always high. But during December 2016 to February 2017, the yield of mushrooms in both houses was less than the yield in the rainy season and the automatic control house have 14.72% higher yield than the manual control house. This result is a good way to reduce the number of farmers who give up mushroom cultivation in dry season because of low production yield.

In addition, we analyzed the costs and benefits of using solar energy by considering cost of materials and wages for installing solar systems and found that the payback time of using the solar system for controlling the temperature and humidity in a mushroom house is not worth the investment. But using this system in areas where electricity is not available and high cost of expanding the power grid is about several ten thousand to several hundred thousand baht is considered a very worthwhile investment.

Keywords: Oyster mushroom, Humidity control system, Solar energy

1. บทนำ

เห็ดมีคุณสมบัติสูง สามารถใช้ทดแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ และสามารถนำเห็ดบางชนิดมาใช้เป็นยาสมุนไพรรักษาโรคได้ นอกจากนี้เห็ดยังอุดมไปด้วยวิตามินต่างๆ อาทิ วิตามินบี และวิตามินซี ซึ่งการเพาะปลูกเห็ดชนิดต่างๆ ในประเทศไทยเป็นที่นิยมจากประชาชนทั่วไปเนื่องจากสามารถสร้างรายได้เป็นอย่างดี ทั้งแบบเป็นอาชีพหลักและอาชีพเสริม สามารถสร้างรายได้ในระยะสั้น ลงทุนต่ำ ใช้พื้นที่น้อย และสามารถจำหน่ายได้ง่ายในชุมชน ทั้งนี้ วงจรชีวิตของเห็ด (ชมรมนักเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย, 2552) นั้นเริ่มจากการออกของสปอร์ (Basidiospore) เมื่อมีอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม และจะออกเป็นเส้นใยที่ประกอบไปด้วยเซลล์หลายเซลล์ โดยแต่ละเซลล์จะมี 1 นิวเคลียส เรียกว่าเส้นใยระยะที่ 1 หลังจากได้เส้นใยระยะที่ 1 นี้แล้ว เส้นใยระยะที่ 1 จะพัฒนาเป็นเส้นใยระยะที่ 2 ทั้งโดยการผสมและไม่ต้องผสม จากนั้นเมื่อเส้นใยนี้เติบโตและแตกแขนงด้วยอาหารและสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม เส้นใยจะรวมตัวเป็นกลุ่มก้อนดอกเห็ดอ่อนคล้ายก้อนสำลี และค่อยๆ ขยายโตขึ้น โดยเส้นใยภายในดอกเห็ดอ่อนก็จะพัฒนาออกเป็นอวัยวะต่างๆ ของเห็ด ดังนั้น หลักการเบื้องต้นในการเพาะเห็ด (บรรณ, 2547), (อภิชาติ, 2551) จึงเป็นการศึกษาสภาพต่างๆ ในธรรมชาติของเห็ดชนิดนั้นๆ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงในสภาพแวดล้อมที่จัดเตรียมให้เหมือนสภาพที่เห็ดนั้นต้องการ และลดการแข่งขันและแย่งอาหารของจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ (ปัญญา, 2538) ซึ่งแม้ว่าลักษณะภูมิอากาศในประเทศไทยนั้นก็มีลักษณะร้อนชื้นเหมาะแก่การเพาะเห็ด แต่การเพิ่มผลผลิต การเร่งการเจริญเติบโตและการเพาะเห็ดให้ได้ตลอดทั้งปีนั้นทำได้ยาก เนื่องจากในแต่ละฤดูจะมีสภาพอากาศที่แตกต่างกันออกไป แม้ในวันเดียวกันอุณหภูมิและความชื้นก็เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทั้งกลางวันและกลางคืน ซึ่งสภาพอากาศที่แตกต่างกันนี้ทำให้การเจริญเติบโตของเห็ดเป็นไปได้ช้า เนื่องจากการเติบโตของเห็ดต้องรอสภาพอากาศที่เหมาะสม (ปัญญา, 2538) อันได้แก่ แสงสว่าง อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ (อนงค์, 2541), (Yunus and Michael, 2005) แต่เกษตรกรมักไม่นิยมสร้างโรงเรือนแบบมั่นคงถาวรเพื่อให้สามารถรักษาความชื้นและอุณหภูมิได้ดี เพราะมีค่าใช้จ่ายสูง แต่จะนิยมสร้างโรงเรือนที่สร้างแบบง่ายๆ โดยต้องมีแรงงานผู้เชี่ยวชาญคอยปรับอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนให้เหมาะสมอยู่อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งหากดูแลได้ไม่ดีก็จะมีผลให้ได้ผลผลิตล่าช้าหรือเกิดความเสียหายได้ นอกจากนี้ยังมีปัญหาค่าใช้จ่ายที่ต้องจ้างแรงงานมาช่วยดูแลโรงเรือนอีกด้วย

มีงานวิจัยหลายชิ้นที่เป็นการพัฒนาระบบการควบคุมความชื้นและอุณหภูมิในโรงเรือนการเกษตรด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ ดังเช่น ในปี 2552 กฤตธี(2552) ได้การออกแบบหุ่นยนต์ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนกระเจก โดยอาศัยเซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นภายในอากาศ โดยออกแบบหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่อยู่บนรางลักษณะทอภายในโรงเรือนกระเจก และสามารถทำงานได้เองโดยอัตโนมัติทั้งตามเวลาหรือค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ตั้งไว้ ซึ่งในขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ หากพบว่าบริเวณนั้นมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าที่กำหนดไว้ก็จะทำการพ่นหมอกเป็นเวลา 5 วินาที และพ่นซ้ำจนกว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์จะไม่ต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ โดยได้ผลการทดลองเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ต่อมาในปี 2557 ศุภวุฒิและคณะ(2557) ได้พัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดในโรงเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลปรางค์ อำเภอลำปาง โดยควบคุมการจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเพาะเห็ด ซึ่งปั้มน้ำจะทำงานจ่ายน้ำไปยังหัวสปริงเกอร์เมื่อค่าอุณหภูมิและความชื้นไม่ได้ตามค่าที่ตั้งไว้ ทั้งนี้ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มเป้าหมายมีความพึงพอใจในระดับมาก และผู้วิจัยยังได้ถ่ายทอดเทคโนโลยีดังกล่าวให้กับชุมชนอีกด้วย จากนั้นในปี 2558 นิติรงค์และคณะ(2558) ได้พัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติในการควบคุมอุณหภูมิ

และความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนแบบ evaporative cooling โดยประกอบไปด้วยเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ตลอดจนวงจรไมโครโพรเซสเซอร์ที่ควบคุมการทำงานของปั้มน้ำและพัดลมระบายอากาศผ่าน cooling pad ซึ่งผู้ใช้งานระบบสามารถสั่งการผ่านทาง web interface และเมื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบพบว่าสามารถควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยในโรงเรือนให้เปลี่ยนแปลงอยู่ในขอบเขตที่กำหนดได้ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Labidi และคณะ(2017) ที่พัฒนาระบบควบคุมความชื้นในโรงเรือนด้วยการใช้ PID controller และ fuzzy logic

งานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมความชื้นและอุณหภูมิในโรงเรือนทั้งที่ได้ยกตัวอย่างมาและที่ไม่ได้ยกมานั้น ต่างใช้เทคโนโลยีของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ต้องเขียนคำสั่งลงไปในตัวอุปกรณ์ นับเป็นเรื่องยากที่เกษตรกรจะนำองค์ความรู้ลักษณะแบบนี้ไปใช้งานได้จริง ดังนั้นผู้วิจัยจึงจะประยุกต์ใช้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำเร็จรูปที่เกษตรกรสามารถหาซื้อได้เอง อีกทั้งจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาผลิตไฟฟ้าใช้ในโรงเรือนการเกษตร เช่น เพ็ญลักษณ์และพงษ์พันธ์ (2558) ที่ได้นำพลังงานจากแสงแดดผ่านเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้าและใช้กับระบบระบายอากาศโรงเรือนแบบปิดโดยใช้การควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์แบบพีซี ดังนั้นผู้วิจัยจึงจะนำเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์มาให้พลังงานกับระบบปรับอุณหภูมิและความชื้นเพื่อไม่ต้องใช้ไฟฟ้าสำหรับระบบควบคุมในโรงเรือนอีกด้วย

ผู้วิจัยจึงได้ทำการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด โดยมีระบบประมวลผลที่อาศัยเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในอากาศเพื่อความแม่นยำแทนการใช้ความรู้สึกของผู้ดูแล และนำแสงแดดที่มักทำให้โรงเรือนมีอุณหภูมิสูงและสูญเสียความชื้นกลับมาเป็นพลังงานแสงอาทิตย์ (กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2543) เพื่อปรับอุณหภูมิและผลิตละอองน้ำเพิ่มความชื้นให้ภายในโรงเรือน โดยทดลองเปรียบเทียบการเพาะเห็ดนางฟ้าในโรงเรือนที่มีระบบควบคุม กับโรงเรือนที่ไม่ได้ใช้ระบบควบคุม ผู้วิจัยใช้โรงเรือนที่ 1 (โรงเรือนควบคุมอัตโนมัติ) เป็นโรงเรือนที่ติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ ส่วนโรงเรือนที่สอง (โรงเรือนที่ไม่มีการควบคุม) จะเป็นโรงเรือนที่เกษตรกรเป็นผู้ควบคุมการรดน้ำเองด้วยวิธีการเปิดปิดวาล์วน้ำที่ต่อมาจากปั้มน้ำ ทั้งนี้การติดตั้งระบบในโรงเรือนที่ 1 ประกอบไปด้วยการติดตั้งระบบพ่นหมอกโดยใช้แรงดันจากปั้มน้ำที่ดูดน้ำจากถังน้ำ โดยที่กล่องควบคุมจะรับข้อมูลอุณหภูมิความชื้นจากเซนเซอร์และสั่งการควบคุมการเปิดปิดปั้มน้ำและพัดลมระบายอากาศ โดยใช้กระแสไฟฟ้าจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ทั้งนี้ในส่วนของกล่องควบคุมอุณหภูมิความชื้นอัตโนมัติ ผู้วิจัยได้พัฒนาโดยใช้แผงวงจรอาดูโน รับข้อมูลจากเซนเซอร์ แล้วควบคุมปั้มน้ำและพัดลมระบายอากาศ

2. วิธีวิจัย

การดำเนินการวิจัยนี้มีกลุ่มเป้าหมายหลักคือเกษตรกรรายใหม่ที่น่าสนใจประกอบอาชีพเพาะเห็ดให้มีความมั่นใจในเทคโนโลยีที่สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตได้ และยังมีประโยชน์กับเกษตรกรผู้ปลูกเห็ดรายเก่าเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการเพาะเห็ดให้ดีขึ้นกว่าเดิม อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยโครงการนี้ประกอบไปด้วยระบบประมวลผลที่รับข้อมูลจากเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในอากาศ และระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถนำแสงแดดกลับมาเป็นพลังงานเพื่อปรับอุณหภูมิและผลิตละอองน้ำเพิ่มความชื้นให้ภายในโรงเรือน ทั้งนี้ผู้วิจัยจะทำการทดลองทำเป็นจำนวน 2 รอบปลูก กับโรงเรือนที่ใช้และไม่ใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ

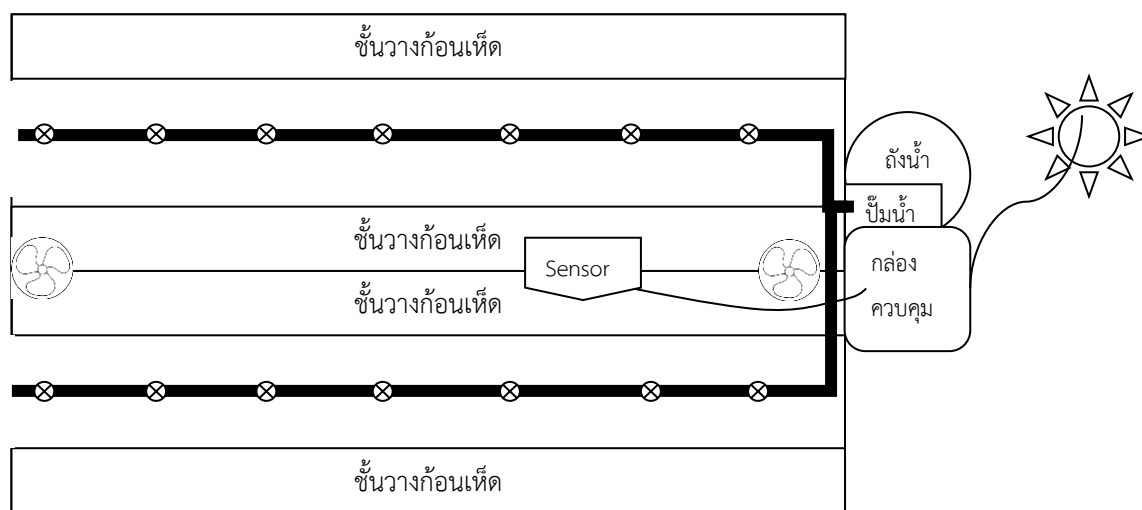
อย่างละ 1 โรงเรือน มีค่าชี้ผลของโครงการคือปริมาณผลผลิตเห็ดต่อระยะเวลา ตัวแปรของการทดลองคือการใช้และไม่ใช้ระบบควบคุมความชื้น/อุณหภูมิ โดยการทดลองจะวัดปริมาณผลผลิตเปรียบเทียบกันระหว่างโรงเรือนที่ใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติและโรงเรือนที่ใช้คนควบคุม และยิ่งไปกว่านั้นผู้วิจัยจะวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนของระบบพลังงานแสงอาทิตย์อีกด้วย

ทั้งนี้ จากการศึกษาเรื่องของขนาดโรงเรือนมาตรฐานจากเอกสารจดหมายข่าว ส่วนส่งเสริมการผลิต ผัก ไม้ดอกไม้ประดับและสมุนไพร สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร ปีที่ 3 ฉบับที่ 18 ผู้วิจัยจึงได้เลือกเกษตรกรที่มีโรงเรือนขนาดมาตรฐาน 4x6 เมตร สูง 2.5 - 3 เมตร ที่จัดวางก้อนเห็ดในแนวนอนได้ประมาณ 4,000 ก้อน โดยมีแผงวางก้อนเห็ด ที่ด้านข้างสองข้าง และตรงกลาง ส่วนใต้หลังคาเดินท่อและติดตั้งหัวพ่นหมอกสองแถว แถวละ 5 หัว และจะมีพัดลมระบายอากาศจำนวน 2 ตัว

3. ผลการวิจัย

ทีมวิจัยได้เริ่มดำเนินการวิจัยตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2559 ซึ่งที่ผ่านมาผู้วิจัยได้ดำเนินกิจกรรมในการประชุมกลุ่มผู้วิจัยทุกเดือน โดยในช่วงสามเดือนแรกได้มีการมอบหมายงาน ร่วมกันสำรวจสถานที่ และทำการออกแบบระบบเพื่อเตรียมไปติดตั้งในฟาร์มเห็ดของเกษตรกรที่ได้นัดหมายไว้ โดยโรงเรือนที่ใช้ในการทดลองเป็นโรงเรือนทางเข้าสองทางขนาด 4 x 6 เมตร จำนวนสองโรงเรือน

จากนั้น ผู้วิจัยใช้โรงเรือน 1 โรง เป็นโรงเรือนที่จะติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ ส่วนโรงเรือนที่สองจะเป็นโรงเรือนที่เกษตรกรเป็นผู้ควบคุมการรดน้ำด้วยวิธีการเปิดปิดวาล์วน้ำที่ต่อมาจากปั้มน้ำ ทั้งนี้การออกแบบแผนผังการติดตั้งระบบในโรงเรือนที่ 1 ประกอบไปด้วยการติดตั้งระบบพ่นหมอกโดยใช้แรงดันจากปั้มน้ำที่ดูดน้ำจากถังน้ำ โดยที่กล่องควบคุมจะรับข้อมูลอุณหภูมิความชื้นจากเซนเซอร์และสั่งการควบคุมการเปิดปิดปั้มน้ำและพัดลมระบายอากาศ โดยใช้กระแสไฟฟ้าจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ดังแสดงแผนผังการติดตั้งระบบในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังการติดตั้งระบบ

ทั้งนี้ในส่วนของกล่องควบคุมอุณหภูมิความชื้นอัตโนมัติ ผู้วิจัยได้พัฒนาโดยใช้แผงวงจรอาดูโน นาโน (Arduino Nano) รับข้อมูลจากเซนเซอร์ DHT-22 ควบคุมปั้มน้ำขนาด 180 วัตต์ และพัดลมระบายอากาศขนาด 50 วัตต์ ผ่าน Relay Switch ขนาด 10A และเขียนโปรแกรมควบคุมเข้าทาง USB Port ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยตั้งการควบคุมพัดลมให้ทำงานระบายความร้อนเมื่ออุณหภูมิในโรงเรือนสูงกว่า 32 องศาเซลเซียส หรือทำงานระบายความชื้นเมื่อมีความชื้นสัมพัทธ์เกิน 80 % ส่วนระบบรับความชื้นในโรงเรือน จะใช้แรงดันจากปั้มน้ำฉีดน้ำผ่านหัวพ่นหมอก ดังแสดงการติดตั้งหัวพ่นหมอกไว้ในภาพที่ 3 โดยจะสั่งการให้ปั้มน้ำทำงานพ่นหมอกเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 70 % และหยุดทำงานเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ถึง 80 %

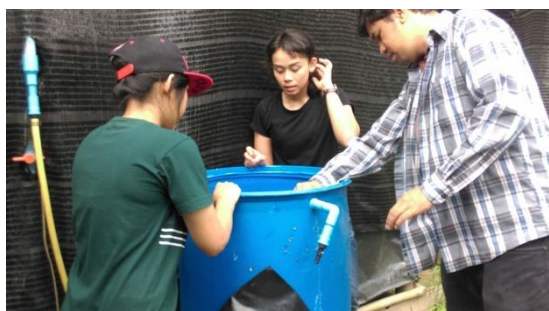


ภาพที่ 2 กล่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น



ภาพที่ 3 การติดตั้งท่อน้ำและหัวพ่นหมอก

หลังจากนั้นในช่วงเดือนที่ 4 ผู้วิจัยได้ติดตั้งระบบวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือน โดยติดตั้งกล่องควบคุมไว้หลังโรงเรือนและเชื่อมต่อกับเซนเซอร์ที่ติดตั้งไว้กลางโรงเรือน และติดตั้งท่อน้ำ ถังน้ำพลาสติก 200 ลิตร และปั้มน้ำเชื่อมต่อเข้ากับระบบหัวพ่นหมอกในโรงเรือน ดังแสดงภาพการติดตั้งในภาพที่ 4 – 5



ภาพที่ 4 การติดตั้งถังน้ำ



ภาพที่ 5 การติดตั้งปั้มน้ำ

ต่อมา ผู้วิจัยจึงดำเนินการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับมาให้กับกล่องควบคุม ป้อนน้ำ และพัดลมดูดอากาศ โดยใช้แผงโซลาเซลล์ขนาด 200 วัตต์ ดังภาพที่ 6 ชาร์จไฟแรงดัน 12 โวลต์ ลงแบตเตอรี่ขนาด 62 Ah/20Hr. และใช้อินเวอร์เตอร์แปลงไฟกระแสตรงจากแบตเตอรี่แปลงให้เป็นไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ ดังแสดงในภาพที่ 7 เพื่อส่งกระแสไฟไปยังกล่องควบคุมต่อไป



ภาพที่ 6 การติดตั้งแผงโซลาเซลล์



ภาพที่ 7 การติดตั้งระบบชาร์จและแปลงกระแสไฟฟ้า

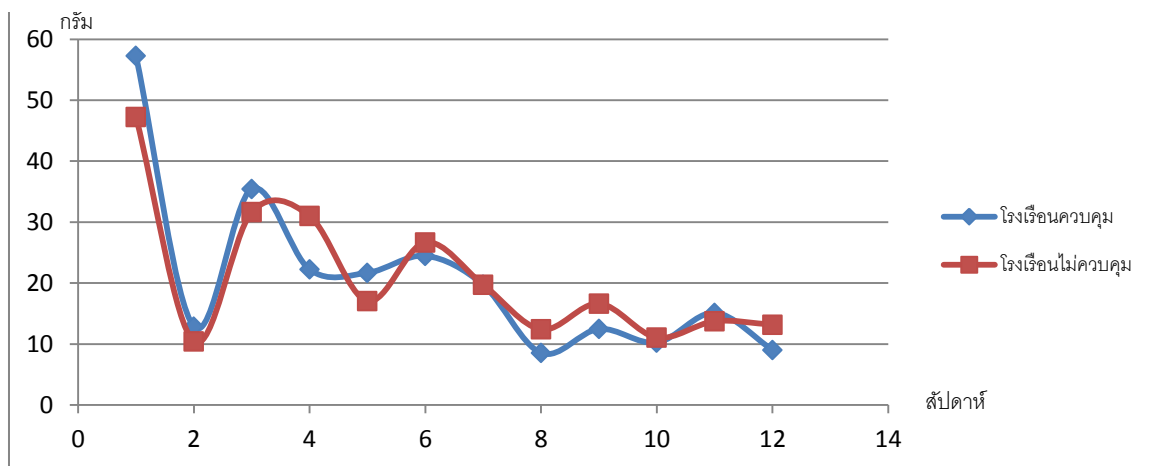
จากนั้นผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองเพาะเห็ดจำนวน 760 ก้อน โดยไม่มีการใช้สารเคมีใดๆ และเก็บข้อมูลสองรอบการผลิต คือรอบแรกในเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 และรอบที่สองในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 ถึงกุมภาพันธ์ พ.ศ.2560 ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลผลผลิตได้อย่างละเอียด ไม่ว่าจะเป็นน้ำหนักของดอกเห็ดของก้อนเห็ดแต่ละก้อนในแต่ละวัน ข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น ตลอดจนการเปิดปิดระบบควบคุมในโรงเรือนควบคุมอัตโนมัติ โดยแสดงภาพบรรยากาศการเก็บผลวิจัยไว้ในภาพที่ 12 ผู้วิจัยได้สรุปข้อมูลน้ำหนักดอกเห็ดเฉลี่ยต่อก้อนในแต่ละสัปดาห์ที่ได้ดังตารางที่ 1 - 2 และภาพที่ 8 - 9 และพบว่าในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 ก้อนเห็ดของทั้งสองโรงเรือนให้ปริมาณผลผลิตมากในช่วงสัปดาห์แรก ลดลงในสัปดาห์ต่อมา และได้ปริมาณดอกเห็ดที่ใกล้เคียงกัน โดยต่างกันเพียง 0.67 % เนื่องจากเป็นช่วงฤดูฝนความชื้นในโรงเรือนจึงสูงอยู่เสมอ ส่วนในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 ถึงกุมภาพันธ์ พ.ศ.2560 ปริมาณผลผลิตของก้อนเห็ดในทั้งสองโรงเรือนจะน้อยกว่าในช่วงฤดูฝน โดยในโรงเรือนควบคุมอัตโนมัติจะให้ผลผลิตที่มากกว่าที่ประมาณ 14.72 % โดยหากแยกเป็นรายสัปดาห์แล้วจะพบว่ามีความแตกต่างของปริมาณผลผลิตที่เห็นได้ชัดในสัปดาห์ที่ 6, 7 และ 10 โดยในสัปดาห์ที่ 6 และ 10 โรงเรือนควบคุมอัตโนมัติจะให้ผลผลิตมากกว่าโรงเรือนที่ไม่มีการควบคุมถึง 10.74 และ 10.60 กรัม/ก้อน ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 7 โรงเรือนที่ไม่มีการควบคุมนั้นให้ผลผลิตมากกว่าโรงเรือนควบคุมอัตโนมัติที่ 4.45 กรัม/ก้อน ทั้งนี้จากการวิเคราะห์แผนภูมิแสดงปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อก้อน ในภาพที่ 14 อาจสามารถสรุปได้ว่าในฤดูแล้งการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนอัตโนมัติ ทำให้ก้อนเห็ดอยู่ในสภาพที่ดีและให้ผลผลิตได้ในระยะที่นานกว่าก้อนเห็ดในโรงเรือนที่ไม่มีการควบคุม

ตารางที่ 1 ปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อก่อน (กรัม) ของสัปดาห์ที่ 1 ถึง 12 ในช่วง สิงหาคม - ตุลาคม 2559

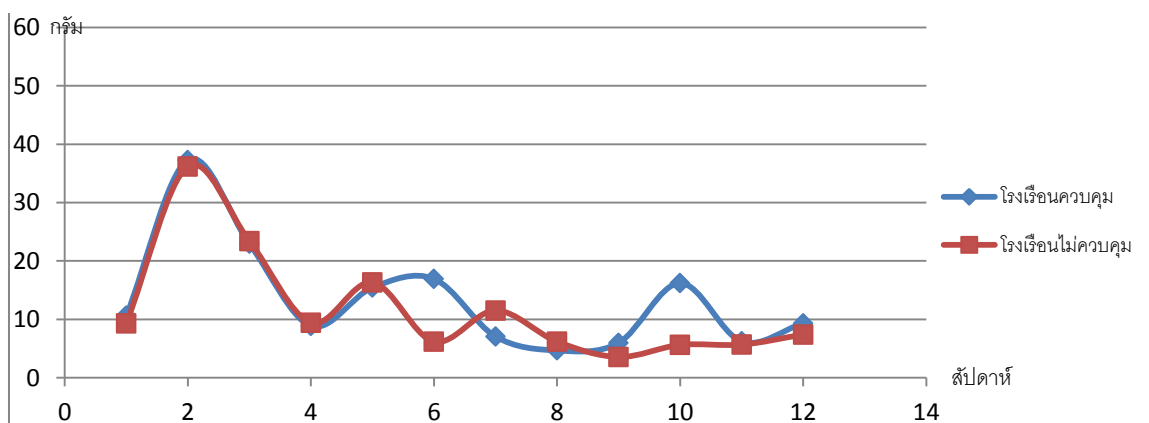
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
โรงเรียนควบคุม	57.281	12.862	35.446	22.23	21.68	24.462	19.698	8.53	12.47	10.236	15.118	9.0289
โรงเรียนไม่ควบคุม	47.246	10.418	31.619	30.99	17.037	26.672	19.727	12.39	16.63	11.07	13.734	13.174

ตารางที่ 2 ปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อก่อน (กรัม) ของสัปดาห์ที่ 1 ถึง 12 ในช่วง ธันวาคม 2559 - กุมภาพันธ์ 2560

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
โรงเรียนควบคุม	10.597	37.269	22.962	8.8846	15.45	16.923	7.0641	4.6667	5.962	16.218	6.2051	9.3205
โรงเรียนไม่ควบคุม	9.3254	36.177	23.415	9.4233	16.34	6.1825	11.516	6.1772	3.558	5.6217	5.672	7.3942



ภาพที่ 8 แผนภูมิแสดงปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อก่อน (กรัม) ในแต่ละสัปดาห์ ช่วงสิงหาคม - เดือนตุลาคม 2559



ภาพที่ 9 แผนภูมิแสดงปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อก่อน (กรัม) ในแต่ละสัปดาห์ ช่วงธันวาคม 2559 - กุมภาพันธ์ 2560

จากการทดลองการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนควบคุมนั้นในภาพรวมถือว่าสามารถทำได้ตามที่ต้องการ เพราะจากข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นที่บันทึกไว้ทุกระยะ 1 นาที ทั้งสองช่วงการทดลองสามารถควบคุมอุณหภูมิให้ไม่สูงเกิน 35 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยในแต่ละวันไม่ต่ำกว่า 75% และเมื่องานวิจัยเสร็จสิ้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการถ่ายทอดองค์ความรู้ของงานวิจัยให้แก่เกษตรกรและผู้สนใจจำนวน 34 คน ที่ส่วนใหญ่ยังไม่มีประสบการณ์การเพาะเห็ด และอาศัยอยู่ในจังหวัดนครปฐมหรือจังหวัดใกล้เคียง ทั้งนี้ผู้เข้าอบรมได้ประเมินว่าการถ่ายทอดอยู่ในระดับ “ค่อนข้างดี” และระบบฯ มีประสิทธิภาพและมีประโยชน์ในระดับ “ค่อนข้างดี”

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการใช้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยพิจารณาจากต้นทุนค่าวัสดุและค่าจ้างในการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์รวมเป็นจำนวนเงิน 29,320 บาท ส่วนปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับโรงเรือนควบคุมในช่วง 12 สัปดาห์ของเดือนสิงหาคม ถึงเดือนตุลาคม 2559 เป็นจำนวน 12.4 หน่วย คิดเป็นค่าไฟฟ้าประมาณ 34.45 บาท (คิดจากค่าไฟฟ้าที่เกิน 250 หน่วย แต่ไม่ถึง 400 หน่วย หน่วยละ 2.7781 บาท) ส่วน 12 สัปดาห์ในช่วงเดือนธันวาคม 2559 ถึง กุมภาพันธ์ 2560 มีปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวม 19.98 หน่วย คิดเป็นค่าไฟฟ้าประมาณ 55.51 บาท ทั้งนี้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 250W ชาร์จไฟลงแบตเตอรี่ขนาด 62 Ah/20Hr. แรงดันไฟฟ้า 12 V. ต่อบนุกรมกันสองตัว ให้ได้แรงดัน 24 V. ซึ่งรองรับอุปกรณ์กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ $62 \text{ Ah} \times 24 \text{ V} = 1,488 \text{ Watt-hour}$. และจากการทดลองผู้วิจัยพบว่าในแต่ละวันปั้มน้ำจะทำงานประมาณ 30 นาที คิดเป็นกำลังไฟฟ้า $180 \text{ watt} \times 0.5 \text{ hr.} = 90 \text{ Watt-hour}$. ส่วนพัดลมระบายอากาศจะทำงาน 150 นาที คิดเป็นกำลังไฟฟ้า $50 \text{ watt} \times 2.5 \text{ hr.} = 125 \text{ Watt-hour}$. ดังนั้นหากโรงเรือน 1 โรง มีอุปกรณ์ไฟฟ้าที่กินไฟรวม $90 + 125 = 215 \text{ Watt-hour}$. ทำให้ในแต่ละวันอุปกรณ์ของระบบพลังงานแสงอาทิตย์นี้จะสามารถรองรับได้ไม่ต่ำกว่า $1,488 \text{ Watt-hour} / 215 \text{ Watt-hour}$ คิดเป็นประมาณ 7 โรงเรือน ดังนั้นหากใช้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์นี้กับโรงเรือนที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นจำนวน 7 โรงเรือน จะสามารถลดค่าไฟฟ้า ในช่วง 12 สัปดาห์ของเดือนสิงหาคม – ตุลาคม ได้ $34.45 \times 7 = 241.15$ บาท และหากใช้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์นี้กับโรงเรือนที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นจำนวน 7 โรงเรือน จะสามารถลดค่าไฟฟ้า ในช่วง 12 สัปดาห์ของเดือนธันวาคม – กุมภาพันธ์ ได้ $55.51 \times 7 = 388.57$ บาท โดยหากคิดเฉลี่ยทั้งปี (52 สัปดาห์) จะสามารถลดค่าไฟฟ้าได้ประมาณ 1,259.44 บาท ซึ่งหากคำนวณเป็นระยะเวลาคุ้มทุนจะนานถึง 23 ปี ดังนั้นหากมองที่ระยะเวลาคุ้มทุนเพียงอย่างเดียวจะพบว่าระบบพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดยังไม่คุ้มค่ากับการลงทุน แต่หากเป็นพื้นที่ที่ยังไม่มีไฟฟ้าเข้าถึงและต้องมียกจ่ายในการขยายเขตระบบไฟฟ้าหลายหมื่นถึงหลายแสนบาท ดังตัวอย่างคำร้องขอขยายเขตระบบไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เลขที่ 120000566075 วันที่ 29 ส.ค. 2548 ซึ่งเป็นการขยายเขตไฟฟ้าให้มาถึงที่ดินของผู้ใช้ไฟโดยการปักเสา คอ.ขนาด 12 เมตร จำนวน 1 ต้น เพื่อเดินสายไฟฟ้าให้เข้าถึงที่ดินของผู้ใช้ไฟ โดยผู้ใช้ไฟต้องเสียค่าใช้จ่ายถึง 80,356.55 บาท ในกรณีแบบนี้ก็ถือว่าเป็นการลงทุนที่คุ้มค่าเป็นอย่างมาก

สรุปผลการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นการดำเนินการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดโดยอาศัยเซนเซอร์ตรวจวัดอากาศร่วมกับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นพลังงานแสงอาทิตย์แก่เกษตรกร โดยผู้วิจัยได้ออกแบบ ติดตั้ง และทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์กับฟาร์มเห็ดของกลุ่มเกษตรกรในตำบลหนองปากโลง อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม โดยใช้กล่องควบคุมอุณหภูมิความชื้นอัตโนมัติที่พัฒนาด้วยแผงวงจรอาดูโน นานโอ ให้รับข้อมูลจากเซนเซอร์ ควบคุมปั้มน้ำ และควบคุมพัดลมระบายอากาศ โดยทดลองเปรียบเทียบการเพาะเห็ดนางฟ้าจำนวน 760 ก้อน ในโรงเรือนที่มีระบบควบคุมอัตโนมัติ กับโรงเรือนที่ไม่ได้ใช้ระบบควบคุม ในระยะสองรอบการผลิต คือรอบแรกในช่วงฤดูฝน และรอบที่สองในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลผลผลิต ไม่ว่าจะเป็นน้ำหนักของดอกเห็ดของก้อนเห็ดแต่ละก้อนในแต่ละวัน ข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น ตลอดจนการเปิดปิดระบบควบคุมในโรงเรือนควบคุมอัตโนมัติ และพบว่าในรอบแรกของการทดลอง ก้อนเห็ดของทั้งสองโรงเรือนให้ปริมาณผลผลิตที่ใกล้เคียงกัน โดยต่างกันเพียง 0.67 % เนื่องจากเป็นช่วงฤดูฝนความชื้นในโรงเรือนจึงสูงอยู่เสมอ ส่วนรอบที่สอง ปริมาณผลผลิตของก้อนเห็ดในทั้งสองโรงเรือนจะน้อยกว่าในช่วงฤดูฝน โดยในโรงเรือนควบคุมอัตโนมัติจะให้ผลผลิตที่มากกว่าที่ประมาณ 14.72 %

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการใช้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยพิจารณาจากต้นทุนค่าวัสดุและค่าจ้างในการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ และจากข้อมูลการทดลองพบว่าระบบพลังงานแสงอาทิตย์นี้สามารถรองรับได้ไม่ต่ำกว่า 7 โรงเรือน ดังนั้นหากใช้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์นี้กับโรงเรือนที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นจำนวน 7 โรงเรือน จะสามารถลดค่าไฟฟ้า ในช่วง 12 สัปดาห์ของเดือนสิงหาคม – ตุลาคม ได้ 241.15 บาท และหากใช้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์นี้กับโรงเรือนที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นจำนวน 7 โรงเรือน จะสามารถลดค่าไฟฟ้า ในช่วง 12 สัปดาห์ของเดือนธันวาคม – กุมภาพันธ์ ได้ 388.57 บาท โดยหากคิดเฉลี่ยทั้งปี (52 สัปดาห์) จะสามารถลดค่าไฟฟ้าได้ประมาณ 1,259.44 บาท ซึ่งหากคำนวณเป็นระยะเวลาคุ้มทุนจะนานถึง 23 ปี ดังนั้นหากมองที่ระยะเวลาคุ้มทุนเพียงอย่างเดียวจะพบว่าระบบพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดยังไม่คุ้มค่ากับการลงทุน แต่หากเป็นการใช้งานในพื้นที่ที่ยังไม่มีไฟฟ้าเข้าถึง และต้องมีค่าใช้จ่ายในการขยายเขตระบบไฟฟ้าหลายหมื่นถึงหลายแสนบาทก็ถือว่าเป็นการลงทุนที่คุ้มค่าเป็นอย่างมาก

จึงสามารถสรุปได้ว่า ถ้าเกษตรกรผู้เพาะเห็ดใช้ระบบนี้ในโรงเรือนนอกจากจะประหยัดค่าจ้างแรงงานในการดูแลโรงเรือนแล้ว ยังสามารถเพิ่มผลผลิตในหน้าแล้งได้กว่า 14 % ซึ่งสามารถทำให้เกษตรกรที่ส่วนมากต้องพักโรงในหน้าแล้ง สามารถมีรายได้ได้อย่างต่อเนื่อง ส่วนการทำวิจัยต่อเนื่องในอนาคต ผู้วิจัยคิดว่าควรจะดำเนินการวิจัยและพัฒนาระบบที่รองรับหลายเซนเซอร์ในหนึ่งโรงเรือนและวิเคราะห์ถึงจำนวนเซนเซอร์ที่เหมาะสมต่อโรงเรือนที่มีพื้นที่ขนาดแตกต่างกัน รวมถึงการวิเคราะห์ความคุ้มค่าเปรียบเทียบกับค่าจ้างการใช้แรงงานคน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย จากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) โดยการประสานงานของเครือข่ายวิจัยอุดมศึกษาภาคกลางตอนล่าง

References

- Buranachonnabot, B. (2004). *kañ phoḥ het nāngrom - nāngfa*. [Oyster mushroom cultivation]. Nonthaburi: Thankasettakam.
- Cengel, Y. & Boles, M. (2005). *In Thermodynamics: An Engineering Approach*. McGraw-Hill Science/Engineering/Math.
- Chandrasrikul, A. (1998). *het muāng Thai* [Mushrooms of Thailand]. Bangkok: Thai Wattana Panit.
- Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2000). *kañprayukchai sēñ sāng‘āthit* [Solar cell application]. Retrieved on March 10, 2013 from <http://www.chumphon.kmitl.ac.th/me/images/stories/km/km002.pdf>.
- Jindawong, K. (2009). *kañ‘ōḥbæp hunyon khuāpkhum khwāmchūnsamphat phāinai rōngruān krachok doī ‘āsai sēnsœ truāt wat khwāmchūn phāinai ‘ākāt* [Design of a Robot to Control Relative Humidity in a Greenhouse by using Humidity Sensor]. The 10th Thai Societies Agricultural Engineering National Conference.
- Labidi, A. Chouchaine, A. & Mami, A. (2017). *Control of relative humidity inside an agricultural greenhouse*. 18th international conference on Sciences and Techniques of Automatic control & computer engineering.
- Mushroom Club of Thailand. (2009). *fām phoḥ het* [Mushroom cultivation farm]. Bangkok: Kaset-Karnpim.
- Paka, S. Wongyai, S. & Thomya, A. (2014). *kañphatthana‘rabop khuāpkhum ‘unhaphūm læ khwāmchūn thī mōsom tō kañ chārœn tœptō khōng het nai rōng phoḥ het bān thung bō‘ō pæn tambon pong yaṅkhok ‘amphœ hāngchat chāngwat lam pāng* [Developing suitable system of temperature and humidity control for mushroom’s growth at Baan Tung Bor Paan’s mushroom farm, Pongyangkok, Hangchat, Lampang]. Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal 7, 1: 58 - 69.
- Pongpanich, N. Chayaprasert, W. Sanchatjate, P. Moonmangmee, I. & Sangpetchsang, K. *kañphatthana‘læ thotsōp rabop khuāpkhum ‘unhaphūm læ khwāmchūnsamphat nai rōngruān bæp* Evaporative cooling [Development and testing of temperature and relative humidity control systems in Evaporative cooling houses]. The 16th Thai Societies Agricultural Engineering National Conference.
- Potitirat, P. (1995). *theknoḥyī kañ phoḥ het* [Mushroom cultivation technology]. Bangkok: V.B. Book Center (Kasetsart University).

- Srisa-art, A. (2008). *het sēthakit : khūmū kān phə het yāng mū'āchīp* [Economic Mushroom: Professional Mushroom Cultivation Guide]. Bangkok: Naka Inter Media.
- Yimsamerjit, P. & Rerkkumsup, P. (1995). *kān khūāpkhum saphāpwætloṃ phāīnai lao kai bæp pit duāi theknōlōyī sa'āt doī phalangngān munwīan* [Controlling the environment within the closed chicken coop with clean technology by renewable energy]. Research report of integrated research project from the local wisdom base to science and technology innovation, Office of Higher Education Commission.