Agricultural Sci. J. 50 : 3 (Suppl.) : 352-355 (2019) ว. วิทย. กษ. 50 : 3 (พิเศษ) : 352-355 (2562)

ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติผ่านแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือในโรงเรือนเพาะเห็ด

Automatically Temperature and Humidity Control System in Mushroom Cultivation Houses via Smart Phone Applications

วีระชาติ จริตงาม[1] และ ภิญโญ ชุมมณี[1]

Weerachat Jaritngam[1] and Pinyo Chummanee[1]

Abstract

This research aimed to implement modern technology to control the temperature and humidity of mushroom plants by connecting to applications on smartphones for the convenience of work and increase work efficiency. This research has generated the mushroom cultivation houses that is 150 cm wide, 200 cm high, 150 cm long. The electricity produced by solar cells. There is a set of automatic control boards that can be connected to applications via mobile phones to order the system that controls the temperature and humidity in the mushroom cultivation houses to work as demanded. The results showed that there is a 80.02% moisture content and 25.22 ^{o}C temperature in the house. The energy conservation which uses electricity from solar energy that operates fogger pumps and ventilation fans. The average energy consumption of the system per mushroom cultivation is 2.4 kWh/day. The total electricity conservation is 3,504 baht per year. The investment cost of the overall system is 8,000 baht. The payback period is 2.2 years. In conclusion, this system can control the order as desired via the application installed on the mobile phone. The system takes manpower over to take care or use the automatic timer which will save manpower and responsible time. In addition, the system is able to monitor the changing of mushroom plants throughout the application via mobile phone at any time.

Keywords: mushroom cultivation house, automatic temperature and humidity control , energy conservation

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ได้นำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของโรงเพาะเห็ด โดยเชื่อมต่อกับแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟน เพื่อความสะดวกสบายในการทำงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้ดียิ่งขึ้น สำหรับการวิจัยนี้ได้ใช้โรงเรือนเพาะเห็ด ที่มีขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร สูง 150 เซนติเมตร ยาว 150 เซนติเมตร ใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาเซลล์ มีชุดบอร์ดควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ ที่สามารถเชื่อมต่อกับแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟน เพื่อสั่งการให้ระบบทำงานควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเพาะเห็ดให้ทำงานได้ตามที่ต้องการ โดยผลการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยโรงเรือนมีความชื้น 80.02% อุณหภูมิ 25.22^{o}C โดยสามารถลดการใช้พลังงานของเครื่องปั๊มน้ำพ่นหมอกและพัดลมระบายอากาศ ที่ใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ จึงเป็นการอนุรักษ์พลังงานในโรงเรือน และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเพาะเห็ดต่อวันเฉลี่ย 2.4 kWh สามารถลดการใช้ไฟฟ้ารวมทั้งสิ้นเป็นเงิน 3,504 บาทต่อปี และมีค่าจ่ายใช้จ่ายต้นทุน 8,000 บาท คิดระยะเวลาคืนทุนได้ 2.2 ปี สรุประบบนี้สามารถควบคุมสั่งการตามที่ต้องการได้ผ่านทางแอพพลิเคชันที่ติดตั้งไว้ในโทรศัพท์มือถือ นอกเหนือไปจากการใช้กำลังคนในการดูแล หรือการใช้ระบบตั้งเวลาทำงาน ซึ่งจะทำให้ประหยัดกำลังคน และเวลาในการดูแล ตลอดจนสามารถตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงในโรงเพาะเห็ดได้ตลอดผ่านทางแอพพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือได้ตลอดเวลาอีกด้วย

คำสำคัญ: โรงเรือนเพาะเห็ด การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติ การอนุรักษ์พลังงาน

คำนำ

เห็ดเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ ให้ประโยชน์ทางด้านอาหารและยาสมุนไพร มนุษย์รู้จักเห็ดมาหลายพันปีแล้ว ชาวกรีกและชาวจีนเป็นกลุ่มแรกที่นำเห็ดมารับประทานเป็นอาหาร สำหรับประเทศไทยได้ศึกษาความรู้เกี่ยวกับการเพาะเห็ดอย่างเป็นทางการมากว่าแปดสิบปีที่ผ่านมา จนกระทั่งปัจจุบันมีการเพาะเห็ดหลากหลาย โดยเฉพาะเห็ด

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 60000

[1] Department of Industrial Technology, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University, Nakhon Sawan 60000

เศรษฐกิจซึ่งมีความต้องการสูง มีช่องทางจำหน่ายง่าย เป็นที่นิยมในการบริโภค เพาะง่ายให้ผลผลิตตอบแทนคุ้มค่า (สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2555) เห็ดนางฟ้าภูฐานจัดเป็นเห็ดเศรษฐกิจหนึ่งที่เป็นต้องการของผู้บริโภค เป็นเห็ดสกุลเดียวกันเห็ดนางรมและเห็ดเป๋าฮื้อ มีถิ่นกำเนิดในแถบภูเขาหิมาลัยประเทศอินเดีย เป็นเห็ดที่เพาะง่าย มีอายุการพักเชื้อที่สั้นให้ดอกเร็ว ในสภาพธรรมชาติชอบเจริญเติบโตตามตอไม้ผุ ในบริเวณนี้มีอากาศชื้นและเย็น มีลักษณะคล้ายเห็ดนางรมและเห็ดเป๋าฮื้อ แต่ดอกจะมีสีขาวนวลจนถึงสีน้ำตาลอ่อน โดยทั่วไปเห็ดนางฟ้าภูฐานสามารถเพาะได้เกือบทุกฤดู ยกเว้นในช่วงฤดูร้อนเพราะเห็ดชอบอากาศเย็นชื้น ประกอบกับเห็ดนางฟ้าภูฐานเป็นเห็ดที่มีคุณค่าทางอาหารสูงมีไขมันต่ำ สามารถปรุงอาหารได้หลากหลาย จึงเป็นที่บริโภคมาก จึงทำให้มีการเพาะเห็ดชนิดนี้ในเชิงการค้ากันมากขึ้น

สำหรับการทำให้เห็ดเกิดดอกนั้นต้องนำก้อนเชื้อไปไว้ในโรงเพาะ ซึ่งโรงเรือนที่เหมาะสมกับการเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานควรเป็นโรงเรือนที่สามารถเก็บความชื้นได้ดี ความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าจะอยู่ในช่วงประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการออกดอกสามารถเจริญเติบโตได้ดีจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 15-35 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด หากอุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส หรือ สูงกว่า 25 องศาเซลเซียส เห็ดจะออกดอกไม่สมบูรณ์ (ชำนาญ, 2559) สำหรับโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกรที่ใช้กันทั่วไป มักจะพบกับปัญหาการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่ไม่สม่ำเสมอและควบคุมได้ยากทำให้มีผลต่อการออกผลผลิต ทำให้มีการพัฒนาระบบควบคุมควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนมาอย่างต่อเนื่องทั้งแบบอัตโนมัติและกึ่งอัตโนมัติมาอย่างต่อเนื่อง เพื่อช่วยให้การออกดอกเป็นไปตามที่ต้องการและเหมาะสมและในปัจจุบันมีวิวัฒนาการเทคโนโลยีหลากหลายดังเช่น ระบบทำความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์ (เบญจพลและณฐวุฒิ, 2559) โดยนำความเย็นมาใช้ให้มีความเหมาะสมต่อการเพาะเห็ด โดยมีเซนเซอร์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ที่เชื่อมต่อผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้ระบบสามารถวิเคราะห์ข้อมูล ควบคุมระบบ เพื่อให้มีอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มปริมาณและคุณภาพของเห็ดที่เพาะในโรงเรือนได้ตามต้องการ

ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบอัตโนมัติสำหรับโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐาน มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบอัตโนมัติภายในโรงเรือนเพาะเห็ด และเพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงเรือนเพาะเห็ดแบบอัตโนมัติ โดยนำเทคโนโลยีไอโอทีควบคุมระบบผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ มีโมดูลการตรวจรับรู้ข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือน ซึ่งจะเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน เพื่อทำการควบคุมการเปิดปิดปั๊มน้ำพ่นหมอกและพัดลมระบายความร้อน และมีแหล่งผลิตพลังงานจากแผงโซลาเซลล์ที่ผลิตไฟฟ้ากระแสตรงป้อนให้ชุดบอร์ดควบคุม ตลอดจนมีการแสดงข้อมูลและการควบคุมระบบผ่านแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือได้อย่างเหมาะสม

อุปกรณ์และวิธีการ

ในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอที สำหรับการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติผ่านแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือสำหรับโรงเรือนเพาะเห็ด ชุดบอร์ดควบคุมนี้ประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลัก ๆ ดังนี้

1.บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น NodeMCU ESP8266 เป็นโมดูลที่สามารถเชื่อมต่อ Wifi ได้ และสามารถเขียนและอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ดด้วยโปรแกรม Arduino IDE

2.เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น รุ่น DHT 22 ทำหน้าที่ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงงาน

3.โมดูลรีเลย์แบบ 2 ช่อง ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรเพื่อควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

4.จอแสดงผล LCD ทำหน้าที่แสดงผลผลค่าตัวแปรที่ต้องการให้ทราบทางหน้าจอ

5.ตัวควบคุมการชาร์จโซลาเซลล์ ทำหน้าที่ควบคุมการชาร์จไฟฟ้าจากแผงโซลาเซลล์ลงสู่แบตเตอรี

6.บอร์ดวงจรปรับลดแรงดันไฟฟ้า ทำหน้าที่ปรับลดแรงดันไฟฟ้าที่มาจากแผงโซลาเซลล์เพื่อจ่ายไฟเลี้ยงป้อนให้แก่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ

7.แผงโซลาเซลล์ 100 วัตต์ เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง

8.แบตเตอรีแบบ deep cycle ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ไว้ใช้ในยามที่ไม่มีแดด

9.ปั๊มพ่นหมอก สำหรับเพิ่มความชื้นในแก่ระบบ

10.พัดลมระบายอากาศ 2 ตัว สำหรับระบายความร้อนออกจากโรงเรือนเพื่อควบคุมอุณหภูมิไม่ให้สูงเกินที่กำหนด

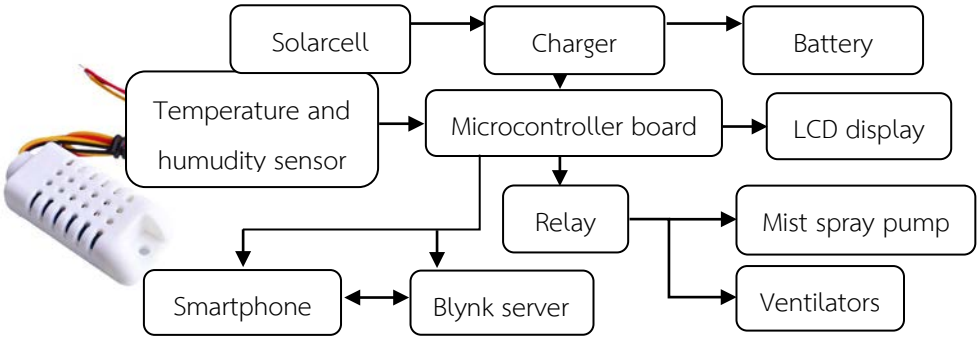

Figure 1 Automatically temperature and humidity control systems

แนวคิดการออกแบบโครงสร้างการทำงานในภาพรวมของระบบ ตามแผนผังไดอะแกรม ดัง Figure 1 ซึ่งการทำงานของระบบจะอยู่ภายใต้เงื่อนไขการเพาะเห็ดในโรงเรือน มีปัจจัยที่สำคัญคืออุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมของเห็ดนางฟ้าอยู่ที่ 15-35 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 80-85 เปอร์เซนต์ ดังนั้นในการทดสอบระบบครั้งนี้ จึงเลือกตั้งค่าอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 80 เปอร์เซ็นต์

สำหรับโรงเพาะเห็ดที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ดัง Figure 2 มีความกว้าง 1.5 เมตร สูง 2 เมตร ยาว 1.5 เมตร ติดตั้งได้ทุกที่แม้ไม่มีระบบไฟฟ้าถึง โดยใช้แผงโซลาเซลล์ขนาด 100 วัตต์ จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้พัดลม ปั๊มน้ำ และชุดบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับควบคุมระบบการทำงานแบบอัตโนมัติ และสามารถเชื่อมต่อกับแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน เพื่อควบคุมการทำงานของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเพาะเห็ดให้ทำงานได้ตามที่ต้องการ ดัง Figure 3

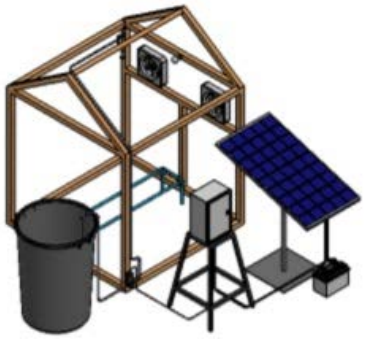

Figure 2 Mushroom cultivation house and control system

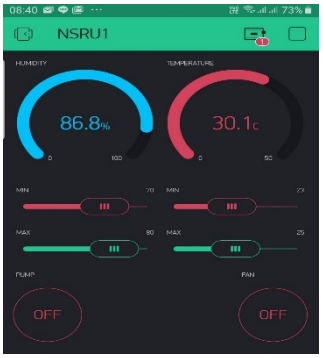

Figure 3 Blynk application on smartphone

สำหรับขั้นตอนวิธีการทดลอง โดยจะเก็บข้อมูลตลอดเวลา 24 ชั่วโมง โดยจะดำเนินการดังนี้

1)ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบอัตโนมัติภายในโรงเรือน ตั้งค่าอุณหภูมิไว้ที่ 23-25 องศาเซลเซียส เพื่อควบคุมการเปิดปิดของพัดลมระบายอากาศ และตั้งค่าความชื้นสัมพัทธ์ไว้ที่ 75-80 เปอร์เซ็นต์ เพื่อควบคุมการเปิดปิดระบบปั๊มน้ำพ่นหมอกแบบอัตโนมัติ และทำการบันทึกทั้งสองค่านี้

2)บันทึกค่าความเข้มแสงอาทิตย์ ปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาเซลล์ และสถานะการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

ผล

ผลการทดสอบพบว่า ระบบสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนเพาะเห็ดให้อยู่ในช่วงที่กำหนด และอุปกรณ์ไฟฟ้าคือปั๊มพ่นหมอกและพัดลมระบายอากาศก็ทำงานสัมพันธ์กับเงื่อนไขที่กำหนดในโปรแกรม และจากการตรวจวัดมีค่าเฉลี่ยของความชื้นสัมพัทธ์ 80.02% และอุณหภูมิ 25.22°C ทำให้โรงเรือนมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต และสามารถลดการใช้พลังงานของปั๊มพ่นหมอกและพัดลมระบายอากาศ ที่ซึ่งใช้พลังงานแสงอาทิตย์ทดแทนการใช้ไฟฟ้าในบ้าน จึงเป็นการอนุรักษ์พลังงานในโรงเรือน โดยในงานวิจัยนี้สามารถลดพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับแบบปกติที่ใช้กันทั่วไป เฉลี่ยต่อวันประมาณ 2.4 kWh สามารถลดต้นทุนค่าไฟฟ้ารวมเป็นเงิน 3,504 บาทต่อปี และมีค่าจ่ายใช้จ่ายต้นทุนของระบบควบคุมประมาณ 8,000 บาท คิดระยะเวลาคืนทุนได้ 2.2 ปี ผลการทดสอบวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนตามช่วงเวลา ดัง Figure 4 ตลอดจนสถานะการทำงานของปั๊มพ่นหมอกและพัดลมระบายอากาศ ดัง Table 1

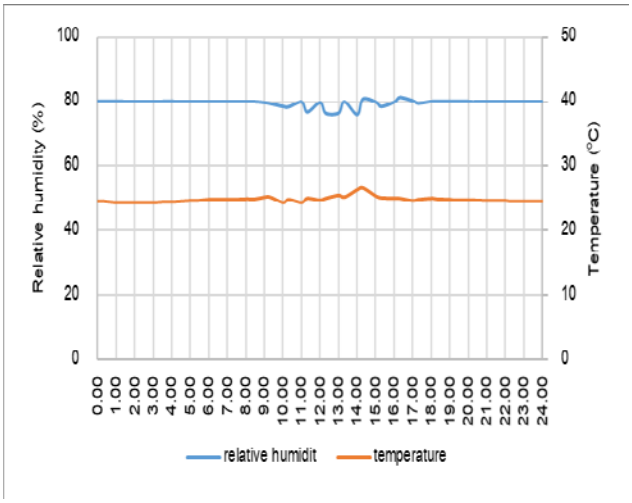

Figure 4 Relative humidity and temperature

Table 1 Pump and ventilators status

Time	Pump status	Ventilators status	Time	Pump status	Ventilators status
0.00	off	off	13.00	on	off
1.00	off	off	14.00	on	on
2.00	off	off	15.00	on	on
3.00	off	off	16.00	on	on
4.00	off	off	17.00	off	off
5.00	off	off	18.00	off	on
6.00	off	off	19.00	off	off
7.00	off	off	20.00	off	off
8.00	off	off	21.00	off	off
9.00	on	on	22.00	off	off
10.00	on	on	23.00	off	off
11.00	on	off	23.30	off	off
12.00	on	off	24.00	off	off

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดสอบชุดควบคุมระบบ โดยเมื่อเซนเซอร์ทำการวัดค่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนจนกระทั่งมีค่าเกินกว่า 25 องศาเซลเซียส ระบบควบคุมจะทำการสั่งให้พัดลมระบายอากาศทำงานเพื่อระบายความร้อนออกจากโรงเรือนจนอุณหภูมิลดต่ำลงจนถึง 23 องศาเซลเซียส ระบบจะสั่งให้พัดลมระบายอากาศหยุดทำงาน และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นไปอีกครั้งจนถึงค่าที่ระบบต้องสั่งพัดลมทำงาน โดยระบบจะทำงานลักษณะนี้วนไปเรื่อย ๆ เพื่อรักษาระดับอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ และในเวลาเดียวกันเซนเซอร์ตัวนี้ก็ทำการวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในภายในโรงเรือน โดยเมื่อความชื้นสัมพัทธ์มีค่ายังไม่ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ ระบบจะสั่งให้ปั๊มสูบน้ำพ่นหมอกทำงานเพื่อเพิ่มความชื้นภายในโรงเรือน และเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นจนกระทั่งมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ระบบจึงสั่งให้ปั๊มน้ำพ่นหมอกหยุดการทำงาน เป็นผลทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเริ่มลดลงไปเรื่อย ๆ จนถึงค่าที่ระบบต้องทำหารสั่งให้ปั๊มน้ำพ่นหมอกทำงานอีกครั้ง ระบบพยายามรักษาระดับของอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในช่วงที่กำหนด แต่ในบางครั้งพบว่าการระบายอากาศออกจากโรงเรือนต้องใช้เวลาค่อนข้างนานทำให้การลดอุณหภูมิส่วนเกินต้องใช้เวลาจำเป็นต้องเปิดประตูระบายอากาศช่วย และในส่วนการใช้พลังงานยังสามารถอนุรักษ์พลังงานในโรงเรือนได้จากการที่ใช้แหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์ให้กับอุปกรณ์ พัดลมระบายอากาศ ปั๊มน้ำพ่นหมอก และระบบแสงสว่าง

สรุปผลการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ได้นำเทคโนโลยีไอโอทีสมัยใหม่ เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะเห็ดแบบอัตโนมัติ ให้ทำงานอย่างเหมาะสมโดยมีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ 80.02% และอุณหภูมิ 25.22°C เชื่อมต่อกับแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟน เพื่อสั่งการให้ระบบทำงานได้ตามเงื่อนไขที่ระบุไว้ในโปรแกรม เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบให้ดียิ่งขึ้น และมีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ผ่านแผงโซลาเซลล์ผลิตเป็นพลังงานทดแทนจ่ายให้ชุดบอร์ดควบคุมและอุปกรณ์ต่างในโรงเรือน และจากการตรวจวัดมีค่าเฉลี่ยของ ทำให้โรงเรือนมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต และสามารถลดการใช้พลังงานของปั๊มหมอกและพัดลมระบายอากาศและอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ ในระบบภายในโรงเรือน ทำให้ลดค่าใช้จ่ายต้นทุนทางด้านพลังงานไฟฟ้าลงได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณาจารย์และนักศึกษาจากภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่ให้การสนับสนุนในเรื่องของสถานที่ ตลอดจนสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ชำนาญ พิทักษ์ทอง. 2559. เห็ดเศรษฐกิจ. อักษรสยามการพิมพ์. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ. 196 น.

เบญจพล เรืองศักดิ์ และณฐวุฒิ ขันมัง. 2559. ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับใช้ในโรงเพาะเห็ด. รายงานปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. 2555. การเพาะเห็ดเศรษฐกิจและเห็ดพื้นเมือง. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. สำนักพิมพ์มูฟเม้นท์ เจน ทรี, กรุงเทพฯ. 20 น.