



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

การควบคุมจากค่าปรับตั้งที่ใช้ในการควบคุมสภาวะแวดล้อม
แบบอัตโนมัติไร้สายภายในโรงเรือนเปิดดอกเห็ดนางฟ้า

Supervisory Control for Wireless Automatic Environment Control
in Oyster Mushroom House

จาริณี จงปลื้มปิติ¹, พลเทพ เวงสูงเนิน^{1*}, สาวิตรี ประภาการ¹

ณัฐดนัย พรรณนุเจริญวงษ์² และพลกฤต ปูนนอก²

Jarinee Jongpluempiti¹, Pontheop Vengsungnle^{1*}, Sawitree Prapakarn¹

Nattadon Pannucharoenwong², Phongrit Punnok³

¹สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

²ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

³หน่วยวิจัยระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับเกษตรแม่นยำและอุตสาหกรรมทางการเกษตร

¹Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Engineering and Architecture,
Rajamankala University of Technology Isan, Nakhonratchasima.

²Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering, Thammasat University.

³Automatic Control System Research Unit for Precision Agriculture and Agricultural Industry.

Received: 29 November 2019

Revised: 24 April 2020

Accepted: 14 May 2020

Available online: 30 June 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของดอกเห็ดนางฟ้าที่มีการควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือนเปิดดอกที่แตกต่างกัน โดยแบ่งค่าปรับตั้งของการควบคุมออกเป็น 4 ค่าปรับตั้ง ในแต่ละค่าปรับตั้งมีการควบคุมพัดลมระบายอากาศ และหัวฉีดน้ำให้มีเงื่อนไขของเวลา อุณหภูมิ และความชื้นที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าผลผลิตเฉลี่ยของการใช้ค่าปรับตั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ยผลผลิตเท่ากับ 42.97 ± 11.16 , 51.24 ± 10.09 , 56.44 ± 9.85 , และ 55.26 ± 14.96 กรัมต่อก้อน และมีเปอร์เซ็นต์การเกิดเท่ากับ 83%, 87%, 91% และ 89% ตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเงื่อนไขที่ต่างกันยังส่งผลให้อัตราการเกิดของ

เห็นว่ามีค่าแตกต่างกันซึ่งมีค่าเท่ากับ 42.38, 51.56, 55.49 และ 51.52 กรัมต่อก้อนต่อวัน ตามลำดับ ดังนั้น การศึกษาจึงแสดงให้เห็นว่าการใช้อุณหภูมิและความชื้นมาเป็นเงื่อนไขร่วมในการควบคุมอุปกรณ์ภายใน โรงเรือนช่วยให้ผลผลิตมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งเงื่อนไขที่ส่งผลให้ได้ผลผลิตสูงที่สุดได้แก่เงื่อนไขที่ 3

คำสำคัญ: เห็นนางฟ้า ระบบควบคุมอัตโนมัติ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง แอปพลิเคชันบลู๊ตูล์

Abstract

The objective of this research is to compare the yield of oyster mushrooms that have different environmental control conditions. Four conditions are managed by supervisory control algorithm to control a fan and water nozzle. Time, temperature, and humidity are the parameters of our interest. The yields obtained from supervisory control algorithm in the condition 1, 2, 3 and 4 are 42.97 ± 11.16 , 51.24 ± 10.09 , 56.44 ± 9.85 and 55.26 ± 14.96 g/unit where the seed germination percentage are 83%, 87%, 91% and 89%, respectively. The results also show that different conditions cause different seed germination rates which are 42.38, 51.56, 55.49 and 51.52 g/unit/day, respectively. Therefore, the study has shown using temperature and humidity to cooperate with typical conditions in controlling equipment in the growth house helps increase yield that conditions 3 cause the highest yield.

Keywords: Oyster Mushroom: Automatic Control System: Internet of Thing: Application Blynk.

*ติดต่อ: pontheop.ve@rmuti.ac.th

1. บทนำ

การเปิดดอกเห็ดนางฟ้าเป็นขั้นตอนจำเป็นต้องมีการเอาใจใส่เพื่อให้ผลผลิตของดอกเห็ดนางฟ้ามีปริมาณและคุณภาพที่เหมาะสมซึ่งหากมีการจัดเตรียมวัสดุเพาะที่มีสารอาหารที่ครบถ้วนและเหมาะสมกับความต้องการของเห็ดแล้วจะส่งผลให้ผลผลิตมีสูงถึง 97.9 ± 3 กรัมต่อก้อน [1] เห็ดถือเป็นอาหารที่มีโปรตีน แร่ธาตุและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในปริมาณที่สูง [2,3] โดยหนึ่งในสายพันธุ์ที่มีการผลิตและบริโภคกันมากเป็นอันดับต้นๆ ของโลกได้แก่เห็ดนางรม [4] ซึ่งในประเทศไทยก็เป็นหนึ่งในประเทศที่เกษตรกรนิยมปลูกเพื่อใช้บริโภคและจำหน่ายเพื่อหารายได้ ในกระบวนการปลูกเห็ดในประเทศไทยนั้นเกษตรกรมักจะเริ่มต้นจากการผสมวัสดุปลูกแล้วทำ

การใส่สารอาหารที่จำเป็นลงไป จากนั้นนำเอาก้อนวัสดุปลูกพร้อมเชื้อที่ทำการจัดเตรียมไปนั่งในหม้อหนึ่งเพื่อฆ่าเชื้อเป็นเวลา 2-4 ชั่วโมงโดยอุณหภูมิการนั่งที่เหมาะสมควรมีอุณหภูมิเท่ากับ 121 องศาเซลเซียส [5] เมื่อนั่งและปล่อยให้ก้อนวัสดุปลูกเย็นตัวลงแล้วทำการหยอดเชื้อและนำก้อนเชื้อไปบ่มในที่อับแสงเพื่อให้เกิดการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ด [6] จากนั้นจึงนำมาทำการเปิดดอกเพื่อสร้างผลผลิต

ในกระบวนการเปิดดอกมี 2 แนวทางหลักๆ คือเปิดดอกในโรงเรือนระบบเปิด และเปิดดอกในโรงเรือนระบบปิด ข้อดีของระบบเปิดคือการลงทุนต่ำกว่าในระบบปิด เนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ในการควบคุมใดๆ นอกจากการให้น้ำ ส่วนข้อดีของระบบปิดคือเกษตรกรสามารถควบคุมสภาวะภายในโรงเรือนได้

ง่ายกว่าระบบปิด ไม่ว่าจะเป็นอย่างอื่น ความชื้น ปริมาณแสง ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น แต่ จำเป็นต้องให้แรงงานหรืออุปกรณ์ในการประเมิน ตรวจติดตาม และบริหารจัดการสภาวะแวดล้อม ภายในโรงเรือน หากมีระบบอัตโนมัติมาใช้ในการ ควบคุมอุปกรณ์ที่ใช้ในโรงเรือนก็จะส่งผลให้เกษตรกร สามารถควบคุมผลผลิตได้

ดังนั้นระบบอัตโนมัติเพื่อใช้ในการควบคุมจึงเป็น แนวทางที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในการจัดการ โรงเรือน ในงานวิจัยนี้ได้นำเอาเซ็นเซอร์มาใช้ในการ ประเมินตรวจติดตามสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือน จากนั้นส่งข้อมูลมาที่ระบบประมวลผลกลางเพื่อ ตัดสินใจควบคุมอุปกรณ์ ซึ่งใช้เทคนิคการควบคุม อัตโนมัติแบบไร้สายมาใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ ภายในโรงเรือนเพื่อให้ผลผลิตที่ได้จากการเปิดดอกมี ปริมาณสูงที่สุด

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และวิธีดำเนินการวิจัย

ในการพัฒนาค่าปรับตั้งที่ใช้ในการควบคุมสภาวะ แวดล้อมแบบอัตโนมัติไร้สายภายในโรงเรือนเปิดดอก เห็ดนางฟ้ามีรายละเอียดในการวิจัยดังนี้

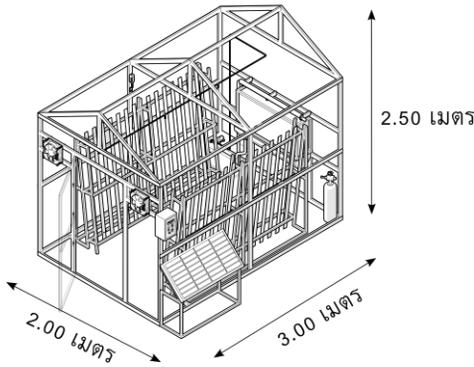
2.1 การเตรียมเห็ด

การเตรียมเห็ดเพื่อใช้ในการศึกษาเริ่มจากการ ผสมก้อนเชื้อเห็ดจากขี้เลื่อย รำละเอียด ปูนขาว ยิป-ซั่ม ภูไมท์ซัลเฟต (pumice sulfate) ดิเกลีอ และน้ำ สะอาดเข้าด้วยกัน ผสมส่วนต่างๆ ให้เข้ากัน และใส่ลง ในบรรจุภัณฑ์ที่เตรียมไว้ นำก้อนเชื้อที่ใส่บรรจุภัณฑ์ ไปหนึ่งเพื่อฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 4 ชม. หลังจากนั้นพักไว้ที่อุณหภูมิบรรยากาศ

จากนั้นนำเอาก้อนเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วไปวาง เรียงในโรงเรือนที่บ่มก้อนเชื้อเป็นเวลาในการบ่ม 30 วัน ในโรงเรือนที่สะอาดมีอากาศถ่ายเทได้ดีตาม มาตรฐาน [7] จากนั้นนำเอาก้อนเชื้อเห็ดที่ได้เข้าสู่ กระบวนการเปิดดอก โดยช่วงในการทดสอบอยู่ในช่วง เดือนพฤษภาคม ปี 2562 ในการเก็บตัวอย่างข้อมูล คณะผู้วิจัยจะเก็บเฉพาะเห็ดที่มีขนาดไม่ต่ำกว่าขนาด ที่กำหนดตามมาตรฐานรหัส 2 โดยสำนักงาน มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ [8] ส่วนที่ ยังโตไม่ได้ขนาดจะรอให้โตก่อนจึงจะนำมารวมใน ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.2 การสร้างโรงเรือน

โรงเรือนที่ใช้ในการศึกษามีจำนวน 3 โรงเรือน วัสดุที่ใช้ในการทำโรงเรือนเป็นเหล็กกล้าไร้สนิมเพื่อ ป้องกันการสะสมของเชื้อรา ในแต่ละโรงเรือนบรรจุ ก้อนเชื้อเห็ดจำนวน 300 ก้อนเพื่อใช้ในการศึกษา ชั้น วางก้อนเห็ดทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมเพื่อรองรับก้อน เห็ดและการให้น้ำตลอดเวลา ขนาดของโรงเรือนมี ขนาดเท่ากับ 3 x 2 x 2.5 ลูกบาศก์เมตรดังรูปที่ 1 โรงเรือนเป็นโรงเรือนระบบปิด วัสดุที่ใช้มุงภายนอกคือ วัสดุที่ทำจากใบจาก มีประตูเปิดออกทางเดียว พัดลม ระบายอากาศแบบใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 12 V 80 W ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว 5 ใบพัด จำนวน 2 จุด เพื่อระบายอากาศภายในโรงเรือน และมีจุดให้น้ำเป็น หัวพ่นหมอกขนาด 0.6 mm จำนวน 3 จุดอยู่ด้านบน เพื่อเพิ่มความชื้นและลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน โรงเรือนวางตัวในทิศทางตะวันออกและตะวันตก โดย ประตูทางด้านหน้าของโรงเรือนวางตัวในทิศตะวันตก

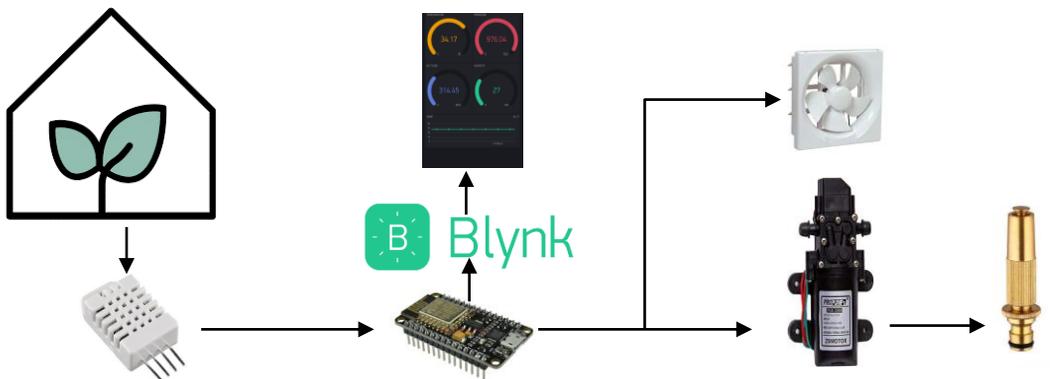


รูปที่ 1 มิติของโรงเรือนที่ใช้ในการศึกษา

2.3 ระบบการควบคุมอัตโนมัติ

ในระบบการรับรู้อุณหภูมิและความชื้นนั้นใช้เซ็นเซอร์ DHT22 มีช่วงทำงานของอุณหภูมิเท่ากับ -40 องศาเซลเซียส ถึง 80 องศาเซลเซียส ความละเอียดของการแสดงผลเท่ากับ 0.5 องศาเซลเซียส สามารถวัดความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง 0 ถึง 100 % และความละเอียดของการแสดงผลเท่ากับ 2 % [9] โดยต่อเข้ากับ NodeMCU ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มโอเพ่นซอร์ส (Opensource) อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ที่

ประกอบด้วยเฟิร์มแวร์ (Firmware) ซึ่งทำงานบน ESP-8266 Wi-Fi SoC จาก Espressif Systems และฮาร์ดแวร์ซึ่งอิงกับโมดูล ESP-12 [10,11] ระบบควบคุมอัตโนมัติในการศึกษาใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ในการรับส่งข้อมูลและประมวลผล จากนั้นส่งข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตไร้สายเข้าสู่แอปพลิเคชันบลิงค์ (Blynk) เพื่อจัดเก็บข้อมูลและแสดงผล ซึ่งบลิงค์เป็นแพลตฟอร์มที่ใช้ในโมบายแอปพลิเคชัน ใช้ได้ทั้งระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) และระบบปฏิบัติการไอโอเอส (IOS) นิยมพัฒนาเพื่อใช้ในระบบทางด้านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งร่วมกับบอร์ดสำเร็จรูป เช่น อาดูโน่ (Arduino) หรือ Raspberry Pi เป็นต้น [12] แผนผังการเชื่อมต่อระบบสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2 ในการเขียนภาษาคอมพิวเตอร์ใช้ภาษาซี (C programming language) เขียนลงในโปรแกรมอาดูโน่ไอดีอี (Arduino IDE) เพื่อสร้างเงื่อนไขที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ให้ทำงาน เงื่อนไขที่ใช้ในการศึกษาแสดงได้ดังตารางที่ 1



รูปที่ 2 แผนผังการเชื่อมต่อระบบ

ตารางที่ 1 ค่าปรับตั้งที่ใช้ในระบบควบคุมอัตโนมัติ

ค่าปรับตั้งที่	สัญลักษณ์	เงื่อนไข
1	algo1	ควบคุมการให้น้ำโดยปั้มน้ำตามเวลา 07:00 น., 11:00 น. และ 17:00 น. โดยให้น้ำครั้งละ 10 นาที
2	algo2	ควบคุมการให้น้ำตามเวลา 07:00 น., 11:00 น. และ 17:00 น. โดยให้น้ำครั้งละ 10 นาที หรือหากความชื้นในโรงเรือน < 50 % ปั้มน้ำจะทำงานจนกระทั่งความชื้น > 70 % หรือหากความชื้นในโรงเรือน > 90 % พัดลมจะทำงานจนกระทั่งความชื้น < 80 % หรือเปิดครบ 1.0 ชั่วโมง หรือหากอุณหภูมิภายใน > 35 องศาเซลเซียส ให้ระบบจ่ายน้ำครบ 5 นาที
3	algo3	ควบคุมการให้น้ำตามเวลา 07:00 น., 11:00 น. และ 17:00 น. โดยให้น้ำครั้งละ 10 นาที หรือหากความชื้นในโรงเรือน < 50 % ปั้มน้ำจะทำงานจนกระทั่งความชื้น > 75 % หรือหากความชื้นในโรงเรือน > 90 % พัดลมจะทำงานจนกว่าความชื้น < 80 % หรือเปิดครบ 1.5 ชั่วโมง หรือหากอุณหภูมิภายใน > 35 องศาเซลเซียส ให้ระบบจ่ายน้ำครบ 7.5 นาที
4	algo4	ควบคุมการให้น้ำตามเวลา 07:00 น., 11:00 น. และ 17:00 น. โดยให้น้ำครั้งละ 10 นาที หรือหากความชื้นในโรงเรือน < 50 % ปั้มน้ำจะทำงานจนกระทั่งความชื้น > 80 % หรือหากความชื้นในโรงเรือน > 90 % พัดลมจะทำงานจนกว่าความชื้น < 80 % หรือเปิดครบ 2.0 ชั่วโมง หรือหากอุณหภูมิภายใน > 35 องศาเซลเซียส ให้ระบบจ่ายน้ำครบ 10 นาที

2.4 การวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ผลใช้หลักการสถิติในการหาค่าสถิติเบื้องต้นดังสมการที่ (1) และ สมการที่ (2) [13] นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ (Seed Germination Percentage: SGP) เพื่อแสดงให้เห็นถึงร้อยละของเห็ดที่เกิดโดยรวมทั้งหมดว่าในช่วงของการทดสอบมีร้อยละของการเกิดทั้งหมดเท่าใด [14] และยังนำเอาผลการทดสอบที่ได้มาคำนวณหาอัตราการเกิดของเห็ดในแต่ละวัน (Seed Germination Rate: SGR) เพื่อแสดงถึงปริมาณของเห็ดที่ออกต่อหน่วยในแต่ละวัน [15] ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (3) และ สมการที่ (4)

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (2)$$

$$SGP = \frac{\sum_{i=1}^n n_i}{n} \times 100 \quad (3)$$

$$SGR = \sum_{i=1}^d \frac{n_i}{D_i} \quad (4)$$

โดยที่

\bar{x} หมายถึงค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง

x_i หมายถึงข้อมูลตัวอย่าง

n หมายถึงจำนวนตัวอย่าง

S^2 หมายถึงความแปรปรวนของตัวอย่าง

S หมายถึงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง

n_i หมายถึงจำนวนตัวอย่างในแต่ละวัน

D, หมายถึงจำนวนวันที่ทำการเปิดดอกเห็ด

SGP หมายถึงเปอร์เซ็นต์การเกิด

SGR หมายถึงอัตราการเกิด

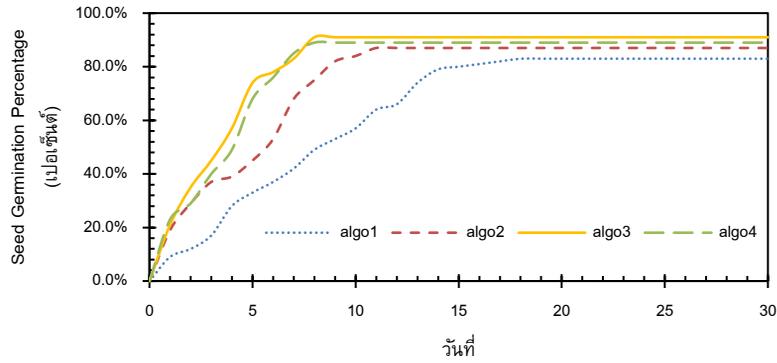
3. ผลการศึกษา

หลังจากการทดสอบการพัฒนาค่าปรับตั้งที่ใช้ในการควบคุมสภาวะแวดล้อมแบบอัตโนมัติไร้สายภายในโรงเรือนเปิดดอกเห็ดนางฟ้าดำเนินการเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการควบคุมสภาวะในการเปิดดอกในแต่ละเงื่อนไขส่งผลให้ผลผลิตมีความแตกต่างกัน โดยค่าเฉลี่ยของการใช้ค่าปรับตั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ยผลผลิตเท่ากับ 42.97 ± 11.16 กรัมต่อก้อน 51.24 ± 10.09 กรัมต่อก้อน 56.44 ± 9.85 กรัมต่อก้อน และ 55.26 ± 14.96 กรัมต่อก้อน ค่าทางสถิติสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาถึงการควบคุมพัดลมและปั้มน้ำแล้วพบว่า ผลผลิตแตกต่างกันในแต่ละเงื่อนไข เงื่อนไขการควบคุมอุปกรณ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือเงื่อนไขที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของผลผลิตเท่ากับ 56.44 กรัมต่อก้อน ส่วนเงื่อนไขที่ให้ผลผลิตน้อยที่สุดคือเงื่อนไขที่ 1 ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่มีการควบคุมอุปกรณ์ตามเวลาที่กำหนดส่งผลให้มีผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 42.97 กรัมต่อก้อน ค่าเฉลี่ยผลผลิตเมื่อมีการใช้การควบคุมโดยเงื่อนไขทั้ง 3 ค่าปรับตั้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 54.31 กรัมต่อก้อน ซึ่งจะสังเกตได้ว่ามีผลผลิตสูงกว่าแบบการใช้เวลาเป็นเงื่อนไขในการควบคุม เมื่อพิจารณาถึงผลผลิตเฉลี่ยของการควบคุมทั้ง 4 กรณีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 51.48 กรัมต่อก้อน

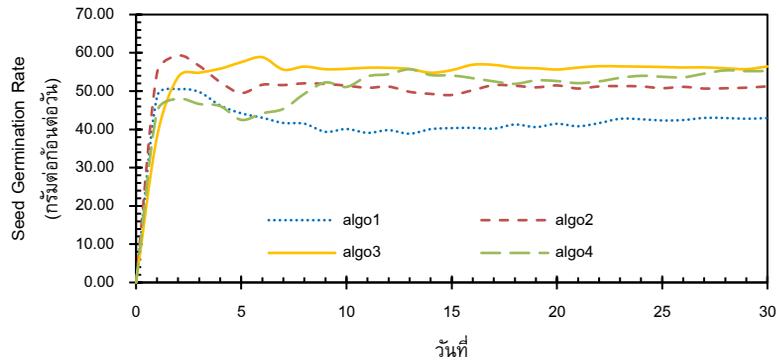
ตารางที่ 2 ผลผลิตจากการควบคุมด้วยค่าปรับตั้ง

ค่าสถิติ	algo1	algo2	algo3	algo4
ค่าเฉลี่ย	42.97	51.24	56.44	55.26
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	11.16	10.09	9.85	14.96
ค่าความแปรปรวน	124.63	101.83	97.02	223.77
ค่าต่ำสุด	22.32	33.39	36.21	28.12
ค่าสูงสุด	67.77	72.87	78.16	81.65
ผลรวม	1289.17	1537.19	1693.12	1657.95
ระดับความเชื่อมั่น (95.0 %)	4.17	3.77	3.68	5.59

จากการทดสอบ หากนำผลผลิตที่ได้มาวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การเกิดตามสมการที่ (3) แล้วจะได้ผลการคำนวณดังรูปที่ 3 โดยการใช้ค่าปรับตั้งที่ 1 ถึง 4 ให้เปอร์เซ็นต์สูงสุด 83%, 87%, 91% และ 89% ตามลำดับ ส่วนอัตราการเกิดดังสมการที่ (4) แล้วพบว่า การควบคุมโดยใช้เงื่อนไขของอุณหภูมิและความชื้นนั้นให้ผลดีกว่าการควบคุมด้วยเวลาเพียงอย่างเดียวซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 4 กลุ่มที่มีการควบคุมอุปกรณ์ในโรงเรือนคือกลุ่มของค่าปรับตั้งที่ 2, 3 และ 4 มีอัตราการเกิดเท่ากับ 51.56, 55.49 และ 51.52 กรัมต่อก้อนต่อวันตามลำดับ จากข้อมูลพบว่าทั้ง 3 กลุ่มมีอัตราการเกิดเฉลี่ยมากกว่า 50 กรัมต่อก้อนต่อวัน เมื่อนำเอาการควบคุมโดยใช้อุณหภูมิและความชื้นมาเป็นตัวแปรในการเปิด-ปิดอุปกรณ์เปรียบเทียบกับแบบควบคุมด้วยเวลา ซึ่งผลวิเคราะห์พบว่าค่าปรับตั้งที่ 2, 3 และ 4 จะมีอัตราการเกิดสูงกว่าแบบควบคุมด้วยเวลา 21.65 % 30.93 % และ 21.55 % ตามลำดับ

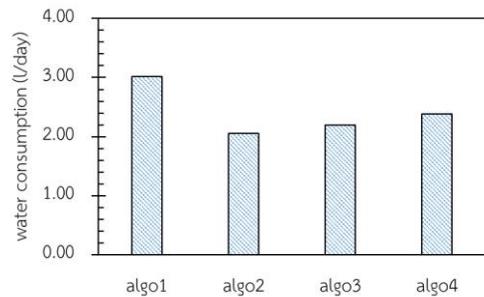


รูปที่ 3 เปอร์เซนต์การเกิดของเห็ด



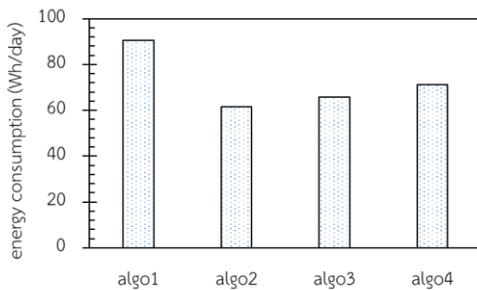
รูปที่ 4 อัตราการเกิดของเห็ด

จากนั้นนำเอาอัตราการใช้น้ำมาเปรียบเทียบจะเห็นว่าอัตราการใช้น้ำของค่าปรับตั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 จะมีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 3.02 ± 0.23 , 2.05 ± 0.64 , 2.19 ± 0.48 และ 2.38 ± 0.32 ลิตรต่อวันตามลำดับดังรูปที่ 5 เนื่องจากการใช้ค่าปรับตั้งที่ 2, 3 และ 4 มีการใช้เงื่อนไขของการปิดปั๊มตามเงื่อนไขของอุณหภูมิและความชื้นทำให้ในบางครั้งปั๊มทำงานให้แกระบบจ่ายน้ำไม่ถึงเวลาที่กำหนดก็จะถูกปิดโดยเงื่อนไขของความชื้น



รูปที่ 5 อัตราการเกิดของเห็ด

เมื่อนำอัตราการใช้พลังงานมาทำการเปรียบเทียบจะได้ผลดังรูปที่ 6 ค่าปรับตั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 จะมีอัตราการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 84.41 ± 4.71 , 44.86 ± 9.73 , 59.59 ± 7.32 และ 62.45 ± 6.67 วัตต์ต่อวัน ตามลำดับ จากผลการทดสอบสังเกตได้ว่าเมื่อการใช้พลังงานจากปั้มน้ำถูกควบคุมโดยเงื่อนไขของอุณหภูมิและความชื้นส่งผลให้อัตราการใช้พลังงานจะลดลงตามไปด้วย เมื่อนำเอาต้นทุนของการใช้น้ำและพลังงานมาพิจารณาร่วมกันแล้วคิดเฉลี่ยต่อวันโดยใช้ต้นทุนต่อหน่วยของค่าน้ำปะปาเท่ากับ 8.5 บาทต่อลูกบาศก์เมตร [16] และต้นทุนต่อหน่วยของการไฟฟ้าเท่ากับ 2.35 บาทต่อหน่วย [17] มาคำนวณจะได้ว่าต้นทุนของการใช้น้ำและไฟฟ้าของการปรับตั้งค่าที่ 1, 2, 3 และ 4 จะมีต้นทุนประมาณ 0.22, 0.12, 0.16 และ 0.17 บาทต่อวัน ซึ่งต้นทุนการใช้น้ำและพลังงานที่สูงที่สุดคือการใช้ น้ำตามตามเงื่อนไขของเวลา



รูปที่ 6 อัตราการเกิดของเห็ด

4. สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของดอกเห็ดนางฟ้าที่มีการควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือนเปิดดอกโดยมีเงื่อนไขที่แตกต่างกัน ค่าปรับตั้งที่ถูกนำมาใช้ในการตัดสินใจควบคุมออกเป็น 4 ค่าปรับตั้ง ในแต่ละค่าปรับตั้งมี

การควบคุมพัดลมระบายอากาศ และหัวฉีดน้ำให้มีเงื่อนไขของเวลา อุณหภูมิ และความชื้นที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าค่าปรับตั้งที่มีการใช้เพียงเงื่อนไขเวลาในการตัดสินใจมีผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 42.97 ± 11.16 กรัมต่อก้อน ส่วนค่าปรับตั้งที่ใช้เงื่อนไขของอุณหภูมิและความชื้นมารวมเป็นเงื่อนไขในการตัดสินใจด้วยคือค่าปรับตั้งที่ 2, 3 และ 4 มีผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 51.24 ± 10.09 กรัมต่อก้อน 56.44 ± 9.85 กรัมต่อก้อน และ 55.26 ± 14.96 กรัมต่อก้อน

เมื่อพิจารณาต้นทุนจากการใช้น้ำและไฟฟ้าจะเห็นได้ว่าอัตราการใช้ของค่าปรับตั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 จะมีค่าเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 3.02 ± 0.23 , 2.05 ± 0.64 , 2.19 ± 0.48 และ 2.38 ± 0.32 ลิตรต่อวัน ตามลำดับ การใช้พลังงานเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 84.41 ± 4.71 , 44.86 ± 9.73 , 59.59 ± 7.32 และ 62.45 ± 6.67 วัตต์ต่อวัน ซึ่งคิดเป็นต้นทุนของการใช้น้ำและพลังงานเท่ากับ 0.22, 0.12, 0.16 และ 0.17 บาทต่อวัน นั่นคือต้นทุนของการใช้ระบบการให้น้ำโดยเงื่อนไขของเวลาจะมีต้นทุนที่สูงที่สุด

ผลการศึกษาายังแสดงให้เห็นว่าการใช้อุณหภูมิและความชื้นมาเป็นเงื่อนไขในการตัดสินใจควบคุมอุปกรณ์ยังส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การเกิดและอัตราการเกิดของเห็ดสูงกว่าแบบใช้เงื่อนไขของเวลา ค่าปรับตั้งที่ 3 เป็นค่าปรับตั้งที่ทำให้เปอร์เซ็นต์การเกิดสูงที่สุดเท่ากับ 91 % ยิ่งไปกว่านั้นค่าปรับตั้งที่ 3 ยังทำให้อัตราการเกิดสูงที่สุดเท่ากับ 55.49 กรัมต่อก้อนต่อวัน ดังนั้นแนวทางการควบคุมอุปกรณ์ภายในโรงเรือนเปิดดอกเห็ดแบบอัตโนมัติจึงควรมีเอาอุณหภูมิและความชื้นมาใช้เป็นเงื่อนไขร่วมในการควบคุม

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตามสัญญาเลขที่ NKR2562REV002 และขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์ที่กรุณาเอื้อเฟื้อเครื่องมือทดสอบและสถานที่ที่ใช้ในการศึกษา

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Yamauchi M, Sakamoto M, Yamada M, Hara H, Mat T, Rezanian S, Mohd F, Mohd H. Cultivation of Oyster Mushroom (*Pleurotus Ostreatus*) on Fermented Moso Bamboo Sawdust. *Journal of King Saud University – Science*, 2018, 31(4), 490-494.
- [2] Wani B, Bodha R, Wani A. Nutritional and Medicinal Importance of Mushrooms. *Journal of Medicinal Plants Research*, 2010, 4(24), pp. 2598–2604.
- [3] Roncero-Ramos, Delgado-Andrade. The Beneficial Role of Edible Mushrooms in Human Health. *Current Opinion in Food Science*, 2017, 14, pp. 122–128.
- [4] Venturini M, Reyes J, Rivera C, Oria R, Blanco D. Microbiological Quality and Safety of Fresh Cultivated and Wild Mushrooms Commercialized in Spain. *Food Microbiol.*, 2011, 28(8), pp. 1492–1498.
- [5] Xiong S, Martin C, Eilertsen L, Wei M, Myronycheva O, Larsson SH, Lestander TA, Atterhem L, Jönsson LJ. Energy - Efficient Substrate Pasteurisation for Combined Production of Shiitake Mushroom (*Lentinula Edodes*) and Bioethanol. *Bioresour. Technol.*, 2019, 274, pp. 65–72.
- [6] O'Brien BJ, Milligan E, Carver J, Roy ED. Integrating Anaerobic Co-Digestion of Dairy Manure and Food Waste with Cultivation of Edible Mushrooms for Nutrient Recovery. *Bioresour. Technol.* 2019, 285, 121312.
- [7] Thai Agricultural Standard Tas 2504-2012, Good Agricultural Practices for Bag Mushroom Cultivation, thailand. [cited 2020 March]. Available from: https://www.acfs.go.th/standard/download/eng/GAP_bag_mushroom_cultivation.pdf
- [8] Thai Agricultural Standard Tas 1514-2012, *Pleurotus* Mushrooms, thailand. [cited 2020 March]. Available from: http://web.acfs.go.th/standard/download/eng/PLEUROTUS_MUSHROOMs_ENG.pdf
- [9] Bogdan M. How to Use the DHT22 Sensor for Measuring Temperature and Humidity with the Arduino Board. *ACTA*

- Univ. Cibiniensis, 2016, 68(1), pp. 22-25.
- [10] Kashyap M, Sharma V, Gupta N. Taking MQTT and NodeMcu to IOT: Communication in Internet of Things. *Procedia Computer Science*, 2018, 132, pp. 1611–1618.
- [11] NodeMCU. Wikipedia [Online]. [cited 2020 March]. Available from: <https://en.wikipedia.org/wiki/NodeMCU>.
- [12] Mohanraj I, Ashokumar K, Naren J. Field Monitoring and Automation Using IOT in Agriculture Domain. *Procedia Computer Science*, 2016, 93, pp. 931–939.
- [13] Peck R, Olsen C, and Devore JL. *Introduction to Statistics and Data Analysis*, Cengage Learning, 2016, United States of America.
- [14] Ranal MA, Santana DGD. How and Why to Measure the Germination Process?. *Revista Brasileira de Botanica*, 2006, 29(1), pp.1-11.
- [15] Rezaei F, Yarnia M, Mirshekari B. Allopathic Effects of *Chenopodium Album*, *Amaranthus Retroflexus* and *Cinodon Dactylonon* Germination and Growth of Rapeseed. *Agroecology Journal*, 2008, 4, pp. 41–55.
- [16] อัตราค่าน้ำและบริกาาร. (สื่อออนไลน์). [เข้าถึงเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2563]. เข้าถึงได้จาก: https://www.mwa.co.th/ewt_news.php?nid=303.
- [17] อัตราปกติประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน. (สื่อออนไลน์). [เข้าถึงเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2563]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.mea.or.th/profile/109/111>.