

Received: 9 เม.ย. 2567

Revised: 19 ก.ค. 2567

Accepted: 26 ก.ค. 2567

ระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติสำหรับการผลิตมูลไส้เดือน
Semi-Automatic Control System for
Vermicompost Production

สุเทพ นระมัตย์^{1*} และ จักรกริช เหล่าสาย²¹สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์, ²สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี 34000

Suthep Naramart^{1*} and Jakkrich Laosai²¹Department of Electronics Technology, ²Department of Electrical Technology,
Faculty of Industrial Technology, Ubon Ratchathani Rajabhat University

* Corresponding author: sutep.n@ubru.ac.th

Abstract

This research aims to 1) develop an innovation for controlling an automatic light on-off system via a mobile phone system, and 2) a semi-automatic watering control system for earthworm cultivation using soil relative humidity and temperature sensors. The researcher visited the Phothiyalai Farmer Group Community in Ubon Ratchathani Province to study the development of a semi-automatic control system for earthworm manure production for the community cooperative group. This research project focuses on qualitative research. The research controlled internal and external devices by switching the electrical system on and off via a smartphone system, a control box with status indicator lights, an application, and a controller. It can check the relative humidity in the soil and temperature via sensors, which consist of a soil relative humidity sensor and a temperature sensor with display results and can control abnormalities in the relative humidity in the soil that are lower than the specified conditions. The system will order water to be added to the soil via a smartphone or computer via a wireless network, etc. The results of the research on the performance of the semi-automatic control box for earthworm manure production were found to be at a high level

($\bar{x}$ = 4.522) The system can be used to help control the lights on-off and add water to the soil to support earthworm manure production.

Keywords: control system; Semi-automatic control system; Vermicompost; vermicompost production; vermicomposting

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบการควบคุมระบบเปิด-ปิดไฟอัตโนมัติผ่านระบบมือถือ 2) ระบบควบคุมการให้น้ำแบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับการเพาะเลี้ยงไส้เดือนโดยใช้เซ็นเซอร์ความชื้นสัมพัทธ์ในดินและอุณหภูมิ ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่ชุมชนกลุ่มเกษตรกรโพธิ์ชัย จังหวัดอุบลราชธานี เพื่อศึกษาการพัฒนาการควบคุมกึ่งอัตโนมัติสำหรับการผลิตมูลไส้เดือนให้กับกลุ่มสหกิจชุมชน โครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นการวิจัยเชิงคุณภาพ การวิจัยได้ทำการส่งการควบคุมอุปกรณ์ภายในและภายนอก โดยการสั่งเปิด-ปิด ระบบไฟฟ้าผ่านระบบสมาร์ตโฟน กล้องควบคุมสัญญาณไฟแสดงสถานะการใช้งาน แอปพลิเคชันและเครื่องควบคุม สามารถตรวจความชื้นสัมพัทธ์ในดิน และอุณหภูมิผ่านเซ็นเซอร์ ซึ่งประกอบด้วยเซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ในดินและเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิแสดงผล และสามารถควบคุมความผิดปกติของค่าความชื้นสัมพัทธ์ในดินที่น้อยเกินกว่าเงื่อนไขที่กำหนด โดยระบบจะสั่งให้เติมน้ำลงไปในดินผ่านสมาร์ตโฟน หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ ผ่านเครือข่ายไร้สาย เป็นต้น ผลการวิจัยการทำงานของกล่องระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติสำหรับการผลิตมูลไส้เดือนพบว่าอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.522) โดยระบบสามารถนำไปใช้เพื่อช่วยควบคุมการเปิด-ปิดไฟ และเติมน้ำลงในดิน เพื่อช่วยสนับสนุนการผลิตมูลไส้เดือนได้

คำสำคัญ: ระบบควบคุม; ระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติ; ระบบควบคุมมูลไส้เดือน; การผลิตมูลไส้เดือน; มูลไส้เดือนดิน

1. บทนำ

กลุ่มชาวบ้านได้รวมตัวกันวันก่อตั้งศูนย์พัฒนาตามรอยธรรม (9) ในวันที่ 13 กันยายน 2559 สถานที่ บ้านเลขที่ 149 หมู่ 7 ตำบลคำขวาง อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี รหัสไปรษณีย์ 34190 โดยมีแกนนำคือ แม่เกศแก้ว เข้มเพชร พื้นที่ดำเนินการ 50 ไร่ ผ่านการรับรองจากกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์เป็นพื้นที่ปลูกพืชผักผลไม้ เป็นพืชอินทรีย์ (Organic Thailand) โดยปัญหา คือ ขาดการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม ตั้งแต่ปี 2548 ถึงปัจจุบันที่ตั้ง 149 ม.7 บ้านเกษตรพัฒนา ต.คำขวาง อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี ในปัจจุบันได้มีการ

แบ่งกลุ่มตามที่ชาวบ้านนัดและมีความสนใจทั้งหมด 9 กลุ่ม กลุ่มเศรษฐกิจพอเพียงและพืชแบบผสมผสาน, กลุ่มผู้ปลูกสละและพืชแบบผสมผสาน, กลุ่มผู้เลี้ยงไส้เดือน, กลุ่มการดูแลสุขภาพแบบองค์รวม, กลุ่มผู้ปลูกสมุนไพรดูแลสุขภาพพืช, กลุ่มผู้ปลูกสตรอว์เบอร์รี, กลุ่มนวดแผนไทย, กลุ่มเลี้ยงสัตว์แบบอินทรีย์และกลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์ ซึ่งปัญหาในการผลิตมูลไส้เดือนใช้แรงงานคน ผู้วิจัยได้ใช้งานวิจัยและเทคโนโลยี สู่ชุมชนเป้าหมาย โดยอุณหภูมิจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญมาก ต่อเมทาบอลิซึม การเจริญเติบโตรวมถึงสืบพันธุ์ของไส้เดือน โดยไส้เดือนดินในเขตร้อนจะทนต่อช่วงอุณหภูมิสูงได้ดีกว่าไส้เดือนดินในเขตอบอุ่นหรือเขตหนาว (Edwards C.A., Arancon N.Q. & Sherman R. 2011)

จากการตรวจสอบข้อมูลสำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินอยู่ในช่วง 15-28 องศาเซลเซียส และสืบพันธุ์ได้ที่อุณหภูมิ 29.5-30 องศาเซลเซียส ซึ่งจากข้อมูลนี้ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ ตรวจสอบอุณหภูมิของเรือนเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน อยู่ในช่วง 15 - 28 องศาเซลเซียส (Edwards C.A., Arancon N.Q. & Sherman R. 2011) ควบคุมผ่านสมาร์ตโฟน ผ่านเครือข่ายไร้สาย โดยมีเงื่อนไขความชื้นสัมพัทธ์ในดิน 70% และอุณหภูมิเท่ากับ 28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในดิน 40-70% (Klangkongsub S. & Sohsalam P. 2013) โดยผ่านอุปกรณ์ Smart Farm IoT Soil Temp Sensor แสดงในหน้าจอของแอปพลิเคชัน และสามารถกำหนดค่าการสั่งงาน หากพบความผิดปกติของความชื้นสัมพัทธ์ในดิน จะสั่งให้น้ำผ่านระบบสมาร์ตโฟนและเครือข่ายไร้สาย ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษากลุ่มผู้เลี้ยงไส้เดือน และได้พบปัญหาในการเลี้ยงไส้เดือน ต้องมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในดินที่เหมาะสมต่อการผลิตมูลไส้เดือน

ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกร ซึ่งคนเพาะเลี้ยงไส้เดือนใช้วิธีการจับดูแลและทำให้ไม่รู้ค่าของอุณหภูมิและความชื้นของดินและส่งผลในการให้น้ำ หรือความสว่างเพื่อเพิ่มและลดความชื้นสัมพัทธ์ในดินในเรือนเพาะเลี้ยงไม่แม่นยำ (Klangkongsub S. & Sohsalam P. 2013) ส่งผลทำให้ปริมาณมูลไส้เดือน ไม่ได้ค่ามาตรฐานในการผลิตมูลไส้เดือน

โดยผู้วิจัยได้พัฒนาระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติสำหรับการผลิตมูลไส้เดือน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับระบบเซ็นเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดินและอุณหภูมิ สามารถสั่งควบคุมอุปกรณ์ภายในและภายนอก เช่น โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) หรือประยุกต์ใช้งานในด้านอื่น ๆ ได้ โดยการสั่งเปิด-ปิดระบบไฟฟ้าผ่านระบบสมาร์ตโฟน ทั้งในแอปพลิเคชันและตัวเครื่องควบคุมเบตตั้ง โดยผ่านอุปกรณ์ Smart Farm IoT ซึ่งประกอบด้วย Humidity of Soil Moisture (ความชื้นสัมพัทธ์ในดิน) และ Temperature (อุณหภูมิ) เพื่อช่วยสนับสนุนการผลิตมูลไส้เดือนและไม่ส่งผลต่อการมีชีวิตของไส้เดือน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature review)

1. (Sailila N., Bakar A.A., Mahmood N.Z., Siliva J.T., Abdullah N. & Jamaludin. 2010) ปัญหาการผลิตมูลไส้เดือนขาดการใช้เทคโนโลยี วิธีการแก้ปัญหาแสดงผลข้อมูลทางการเกษตรโดยการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อสรุปผลรายงานระบบควบคุมการผลิตมูลไส้เดือน
2. (Sinha, R.K., Agarwai, S., Chauhan, K. & Valani, D. 2010) ปัญหาในการพัฒนาโปรแกรมที่แสดงผลข้อมูลการผลิตมูลไส้เดือน วิธีการแก้ปัญหาโดยการควบคุมอุณหภูมิความชื้นของดิน เพื่อสรุปผลการให้น้ำ หรือความสว่างในฟาร์มการเกษตร
3. (Yasir M., Aslam Z., Kim S.W., Lee S.W., Jeon C.O. & Chung Y.R. 2009). ปัญหาการพัฒนาแอปพลิเคชัน ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Android และ IOS ยังขาดองค์ประกอบในการแสดงผลข้อมูลของการผลิตมูลไส้เดือน วิธีการแก้ปัญหามีเงื่อนไขความชื้นสัมพัทธ์ในดิน และอุณหภูมิ เพื่อสรุปผลการสังเกตควบคุมอุปกรณ์ภายในและภายนอก
4. (Marco Bassoli, Valentina Bianchi, Ilaria De Munari and Paolo Ciampolini 2017) ปัญหาทางอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งสำหรับระบบตรวจสอบเซ็นเซอร์เชื่อมต่อกับแพลตฟอร์มคลาวด์ คือ การเชื่อมต่อผ่านระบบสมาร์ทโฟน และเครือข่าย วิธีการแก้ปัญหาโดยพัฒนาระบบควบคุมให้สะดวกในการติดตั้งระบบโดยผู้ใช้งานประเมินผลเพื่อสรุปการออกแบบฟังก์ชันใช้งาน
5. (Ana Vukovic, Mirna Velki, Sandra Ecimovic, Rosemary Vukovi, Ivna Stolf Camagajevac and Zdenko Lon Caric 2021) ปัญหาการผลิตมูลไส้เดือน คือ ไม่มีข้อมูลเชิงลึกที่สำคัญต่อวิธีการผลิตมูลไส้เดือน วิธีการแก้ปัญหาในการเลี้ยงไส้เดือน ต้องมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในดินที่เหมาะสมต่อการผลิตมูลไส้เดือน เพื่อสรุปผลข้อมูลเชิงลึก ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตเพื่อช่วยสนับสนุนการผลิตมูลไส้เดือน

ผู้วิจัยได้ศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากไส้เดือนใช้ในการเกษตรอินทรีย์จากการศึกษาช่วยให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่รวมถึงซากพืชสัตว์และอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ผลิตปุ๋ยหมัก (vermicomposting) ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน

2. วัตถุประสงค์

- 1) ศึกษาและพัฒนาระบบเปิด-ปิดไฟอัตโนมัติผ่านระบบมือถือ
- 2) ระบบควบคุมการให้น้ำแบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับการเพาะเลี้ยงไส้เดือนโดยใช้เซ็นเซอร์ความชื้นสัมพัทธ์ในดินและอุณหภูมิ

3.วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย หลักการทฤษฎีที่นำมาใช้ในโครงการวิจัยพัฒนาระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติสำหรับการผลิตมูลไส้เดือน ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอน และแบ่งวิธีการศึกษาตามแนวคิด กระบวนการพัฒนาระบบสารสนเทศ คือ ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นจากระบบงานเดิม และวิเคราะห์ความต้องการของระบบงานใหม่โดยเก็บรวบรวมข้อมูลปัญหา ข้อจำกัด และความต้องการของผู้ประกอบการ เพื่อนำไปพัฒนาระบบการทำงานเดิม เพื่อประเมินประสิทธิภาพเครื่องมือ

3.2 การดำเนินการวิจัย

ประเภทและกลุ่มตัวอย่าง ประชากร กลุ่มเกษตรกรโรยิยาเลีย หรือ กลุ่มเกษตรกรที่เลี้ยงไส้เดือน กลุ่มตัวอย่างจำนวน 1 ฟาร์ม ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (Pathma J. & Sakthivel N. 2012) วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้แบบประเมินประสิทธิภาพเครื่องมือระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติสำหรับการผลิตมูลไส้เดือน แบบสอบถามดังกล่าวมีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ในการตรวจให้คะแนนโดยวิธีการหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) แปลผลค่าเฉลี่ยของคะแนนความคิดเห็นของผู้ใช้ระบบสารสนเทศ เพื่อหาค่าเฉลี่ยความพึงพอใจ

คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจ 0.50 – 1.49	หมายถึง	น้อยที่สุด
คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจ 1.50 – 2.49	หมายถึง	น้อย
คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจ 2.50 – 3.49	หมายถึง	ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจ 3.50 – 4.49	หมายถึง	มาก
คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจ 4.50 – 5.00	หมายถึง	มากที่สุด

3.3 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนที่ 1 เก็บรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมเรือนเพาะเลี้ยงไส้เดือนสายพันธุ์ AF ตำแหน่งของเซ็นเซอร์วางตรงโรงเรือนมีสภาพแวดล้อมที่ร่มไม่โดนแดดแรง กะละมังใช้ขนาด 50 เซนติเมตร เจาะรูประมาณ 20-30 รู เพื่อระบายน้ำออก ช่วงปล่อยตัวไส้เดือน เมื่อได้ตัวพ่อแม่พันธุ์ปล่อยตัวไส้เดือนลงไปในเบตตังในภาชนะที่เตรียมไว้ในกะละมังปล่อยตัวไส้เดือนที่ 2.5-3 ซิต ต่อกะละมังการให้น้ำไส้เดือนควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในดิน ให้น้ำเมื่อหน้าเบตตังแห้ง ระยะเวลาที่ 1-2 วัน ต่อครั้ง ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ และตามความเหมาะสม สภาพแวดล้อมมีผลต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน โดยตำแหน่งของการติดตั้งเซ็นเซอร์ ติดตั้งไว้ในอากาศ ติดตั้งในดินในกะละมังตำแหน่งที่เหมาะสม 2 ตำแหน่ง จัดเก็บข้อมูลจำนวน 1 บ่อที่มีการเลี้ยงไส้เดือน

1. ความชื้นสัมพัทธ์ในดิน ไล่เดือนดินแต่ละชนิดจะเจริญเติบโตได้ดีในความชื้นสัมพัทธ์ในดินที่แตกต่างกันเช่น ความชื้นสัมพัทธ์ในดินที่เหมาะสมต่อไล่เดือนดินที่อาศัยอยู่ใต้ดินคือ 40 - 70% ส่วนไล่เดือนดินที่อาศัยใต้กองมูลสัตว์ หรือซากอินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ดีที่ความชื้นสัมพัทธ์ในดิน 70 - 80%

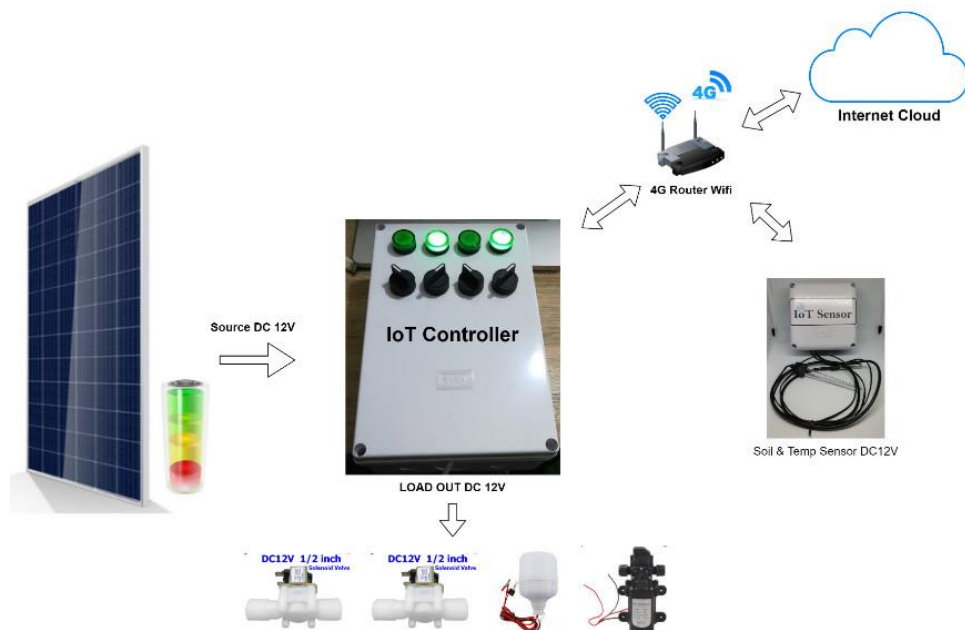
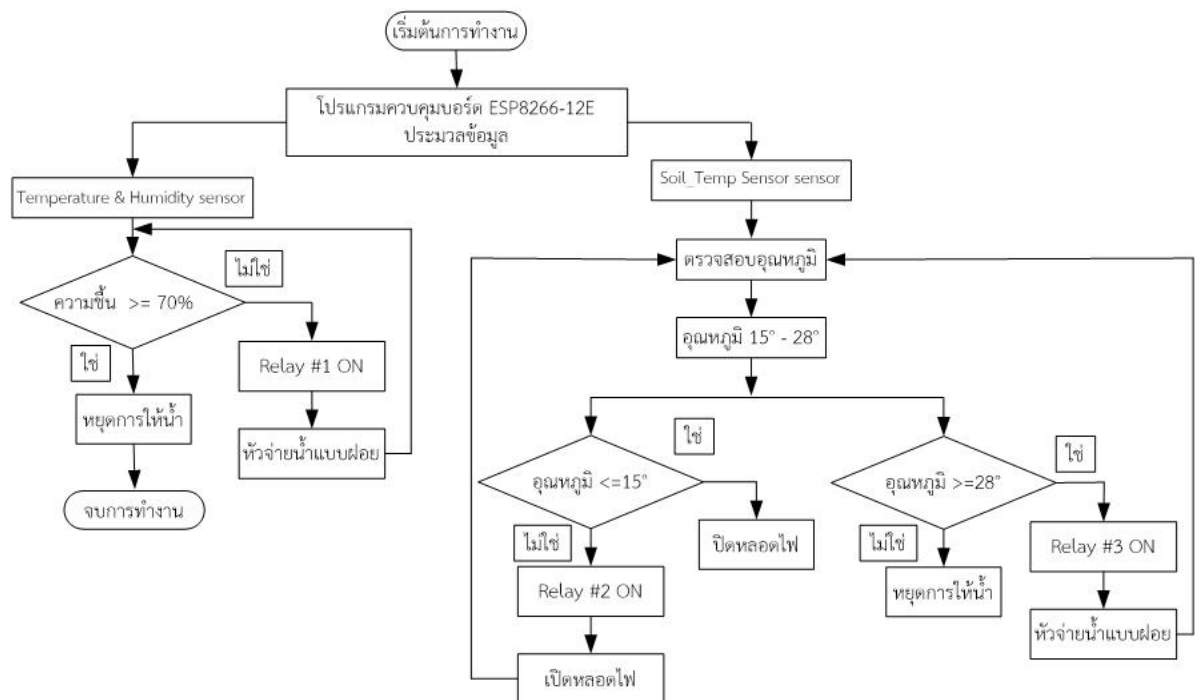
2. อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไล่เดือนดิน อยู่ในช่วง 15 - 28 องศาเซลเซียส โดยไล่เดือนดินในเขตร้อนจะทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดีกว่าไล่เดือนดินในเขตอบอุ่น

ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติสำหรับการผลิตมูลไล่เดือน หน้าจอหลักจะแสดงถึง ระบบการทำงานของ การเปิด-ปิดระบบการให้แบบด้วยตนเอง (manual) และระบบเปิด-ปิด อัตโนมัติ (Auto) ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับระบบเซ็นเซอร์ ตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ในดิน และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไล่เดือนดิน

โดยเงื่อนไขความชื้นสัมพัทธ์ในดินของดิน น้อยกว่า 70% รีเลย์ตัวที่ 1 จะทำงาน สั่งให้หัวจ่ายน้ำแบบฝอย จะทำงานให้น้ำทันที ถ้ามากกว่าหรือเท่ากับ 70% เซ็นเซอร์หยุดทำงาน การให้น้ำในดินจะส่งผลต่อ อุณหภูมิที่ลดลงและความชื้นสัมพัทธ์ในดินเพิ่มขึ้น

เงื่อนไขอุณหภูมิของดิน เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิตรวจสอบอุณหภูมิ น้อยกว่า 15 องศาเซลเซียส รีเลย์ตัวที่ 2 จะทำงาน สั่งให้เปิดหลอดไฟควบคุมอุณหภูมิให้คงอยู่ที่ 15 องศาเซลเซียส และหลอดไฟจะปิด การเปิดไฟจะส่งผลต่อ ความชื้นสัมพัทธ์ในดินที่ลดลงและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

เงื่อนไขเซ็นเซอร์อุณหภูมิ มากกว่า 28 รีเลย์ตัวที่ 3 จะทำงาน สั่งให้หัวจ่ายน้ำแบบฝอย ทำงานให้น้ำทันที และอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส จะหยุดการทำงาน การให้น้ำในดินจะส่งผลต่อ อุณหภูมิที่ลดลงและความชื้นสัมพัทธ์ในดินเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่1



โครงสร้างของระบบมีการทำงานและประกอบด้วยอุปกรณ์

Relay#1 ON (หัวจ่ายน้ำแบบฝอย)

Relay#2 ON (เปิดหลอดไฟ)

Relay#3 ON (หัวจ่ายน้ำแบบฝอย)

ภาพที่ 1 ภาพรวมของระบบ

จากภาพที่ 1 อธิบายเงื่อนไขการทำงานของระบบได้ดังนี้ ความชื้นสัมพัทธ์ในดินของเบตดั้ง และความชื้นสัมพัทธ์ในดินของเรือพะละเลี้ยงไส้เดือนอุณหภูมิ 15-28 องศาเซลเซียส เงื่อนไข มากกว่า หรือเท่ากับ 28 องศาเซลเซียสเงื่อนไข ความชื้นสัมพัทธ์ในดินของดิน $\geq 70\%$ ถ้าใช่ หยุดการให้น้ำ (จบการทำงาน)

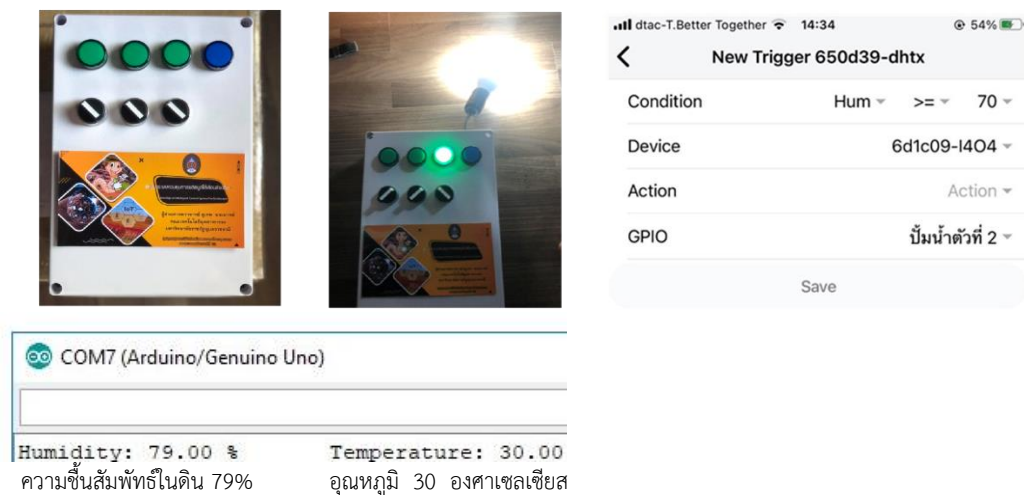
เงื่อนไข ความชื้นสัมพัทธ์ในดินของดิน $\geq 70\%$ ถ้าไม่ใช่ Relay#1 ON (หัวจ่ายน้ำแบบฝอย)

เงื่อนไข อุณหภูมิของดิน ≤ 15 ถ้าไม่ใช่ Relay#2 ON (เปิดหลอดไฟ)

เงื่อนไข อุณหภูมิของดิน ≤ 15 ถ้าใช่ (ปิดหลอดไฟ)

เงื่อนไข อุณหภูมิของดิน ≥ 28 ถ้าไม่ใช่ หยุดการให้น้ำ

เงื่อนไข อุณหภูมิของดิน ≥ 28 ถ้าใช่ Relay#3 ON (หัวจ่ายน้ำแบบฝอย)



ภาพที่ 2 การทำงานของระบบ ถ้ามากกว่า หรือเท่ากับ 70% หยุดการให้น้ำ (จบการทำงาน)
 $\geq 70\%$ ถ้าไม่ใช่ Relay#1 ON (หัวจ่ายน้ำแบบฝอย)

จากภาพที่ 2 แสดงข้อมูลการเปิด-ปิดไฟ ผ่านระบบ 4G การทดสอบระบบพบว่าระบบสามารถทำงานตามที่กำหนดได้ ตรวจสอบความชื้นสัมพัทธ์ในดินของเรือพะละเลี้ยงไส้เดือนดิน แต่ละชนิดจะเจริญเติบโตได้ดีในความชื้นสัมพัทธ์ในดินที่แตกต่างกันเช่น ความชื้นสัมพัทธ์ในดินที่เหมาะสมต่อไส้เดือนดินที่อาศัยอยู่ใต้ดิน คือ 40 - 70% ส่วนไส้เดือนดินที่อาศัยใต้กองมูลสัตว์ หรือซากอินทรีย์จะเจริญเติบโต โดยเงื่อนไข ผ่านสมาร์ทโฟน ผ่านเครือข่ายไร้สาย ความชื้นสัมพัทธ์ในดิน ถ้ามากกว่าหรือเท่ากับ 70% หยุดการให้น้ำ (จบการทำงาน)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 2 ส่วน คือ สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ใช้สูตรของสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient) โดยใช้สูตรดังนี้ นำมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ เพื่อประเมินประสิทธิภาพ

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[\frac{1 - \sum S_t^2}{S_t^2} \right] \quad (1)$$

เมื่อ	α	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
	K	แทน	จำนวนข้อเครื่องมือวัด
	$\sum S_t^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนความแปรปรวนแต่ละข้อ
	S_t^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวม

1. ค่าเฉลี่ย เพื่อหาค่าเฉลี่ยความพึงพอใจ

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad (2)$$

เมื่อ	$\bar{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ย
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

2. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$$S.D. = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}} \quad (3)$$

เมื่อ	$S.D.$	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	$(\sum X)^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
	n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

4. ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ประเมินความพึงพอใจระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติสำหรับการผลิตมูลไส้เดือนมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}=4.522$) โดยสามารถใช้งานได้จริง และสามารถวิเคราะห์ข้อมูลออกมาในรูปแบบสถิติ และกราฟได้ ซึ่งอำนวยความสะดวกให้กับผู้ประกอบการ เพื่อสร้างความยั่งยืนในชุมชนดีขึ้น โดยมีกิจกรรมและแผนชุมชนดำเนินการรวมตัวกันก่อตั้งศูนย์พัฒนาตามรอยธรรม (9)

4.1 ผลการประเมินประสิทธิภาพการทำงานระบบ

ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติสำหรับการผลิตมูลไส้เดือนผลดำเนินงานตามวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาระบบควบคุมอุปกรณ์ภายในและภายนอกโดยการสั่งเปิด-ปิดระบบไฟฟ้าผ่านระบบแรงงานคนด้วยมือ ใช้การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

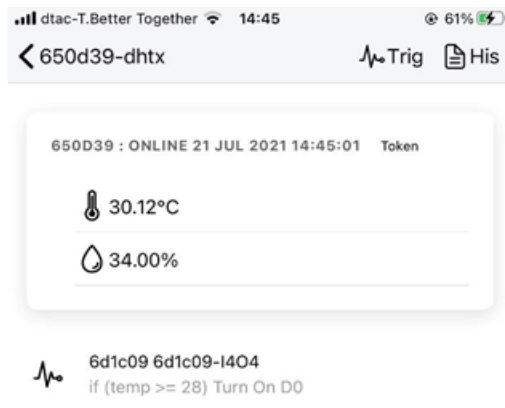
การทดสอบระบบพบว่าระบบสามารถทำงานตามที่กำหนดได้ ระบบสามารถดำเนินการเปิด-ปิดไฟ ผ่านสมาร์ตโฟน ได้ตามที่ต้องการในระดับดีมาก จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ผลดำเนินงานตามผลการวิจัย ตรวจสอบความชื้นสัมพัทธ์ในดินของเรือนเพาะเลี้ยง โดยผ่านอุปกรณ์ Smart Farm IoT ในอุณหภูมิที่เหมาะสมผ่านสมาร์ตโฟน ดังแสดงผลในตารางที่ 1 อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือน อุณหภูมิอยู่ในช่วง 15-28 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือน
(ทุก 6 ชั่วโมงวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในดิน 1 ครั้ง)

เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้นสัมพัทธ์ในดิน (RH)	อุณหภูมิ (°C)
6	70%	28
12	72%	29
18	79%	30
24	70%	28
6	70%	28
12	71%	29
18	78%	30
24	69%	28
6	69%	28
12	68%	27
18	72%	29
24	70%	28

ตารางที่ 1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไผ่เดือน
(ทุก 6 ชั่วโมงวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในดิน 1 ครั้ง) (ต่อ)

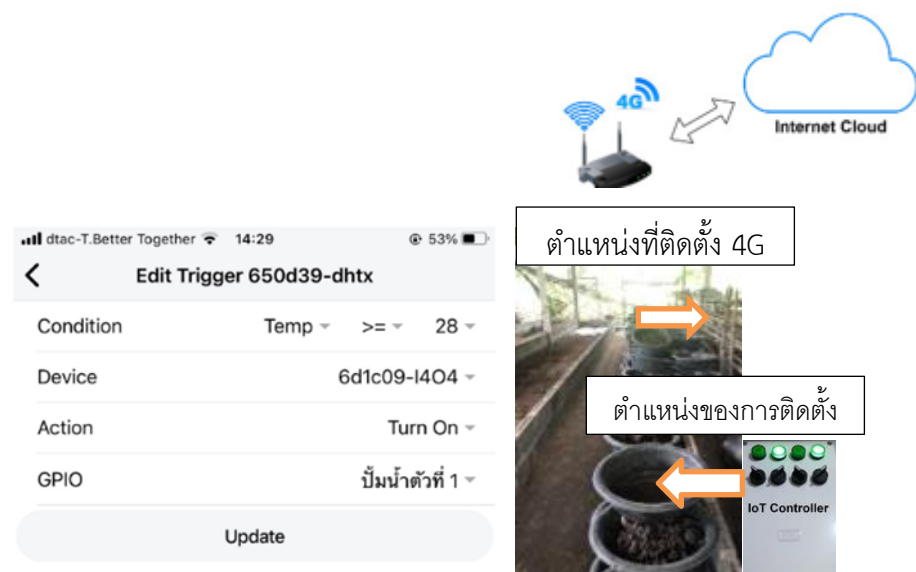
เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้นสัมพัทธ์ในดิน (RH)	อุณหภูมิ (°C)
6	70%	28
12	71%	29
18	78%	30
24	70%	28
6	68%	27
12	72%	29
18	79%	30
24	70%	28
6	69%	28
12	68%	27
18	79%	30
24	70%	28
6	68%	27
12	70%	28
18	78%	30
24	70%	28
รวม 168	2008%	797
ค่าเฉลี่ย	71.7142857	28.46428571



ภาพที่ 3 การใช้งาน IoT Soil Temp Sensor (Humidity and Temperature Sensor)
Smart Farm IoT

จากภาพที่ 3 แสดงการใช้งาน IoT (Humidity of Soil Moisture (ความชื้นสัมพัทธ์ในดิน) และ Temperature (อุณหภูมิ) โดยสภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยสำคัญของคุณภาพอากาศ

ผลการทดสอบระบบพบว่าระบบสามารถทำงานตามที่กำหนดได้ตรวจสอบอุณหภูมิของเรือนเพาะเลี้ยง ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน (Elena de la Guia, Vicente Lopez Camacho 2016) อยู่ในช่วง 15 - 28 องศาเซลเซียส โดยไส้เดือนดินในเขตร้อนจะทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดีกว่าไส้เดือนดินในเขตอบอุ่นผ่านสมาร์ทโฟน ผ่านเครือข่ายไร้สาย ดังแสดงในภาพที่ 3 แสดงค่า 30.12 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่อยู่ในช่วง 15 - 28 องศาเซลเซียส แต่ความชื้น 34% ซึ่งต่ำกว่า 70% ระบบจะสั่งให้เติมน้ำลงไปดิน และถ้ามากกว่าหรือเท่ากับ 70% หยุดการให้น้ำ (จบการทำงาน) โดยมีเงื่อนไขความชื้นสัมพัทธ์ในดิน ถ้ามากกว่าหรือเท่ากับ 28 องศาเซลเซียสให้สั่งปั๊มน้ำตัวที่ 1 ให้น้ำทันที ดังแสดงในภาพที่ 4 การให้น้ำในดิน ≥ 28 ถ้าใช่ Relay#3 ON (หัวจ่ายน้ำแบบฝอย) และ การตรวจสอบอุณหภูมิของเรือนเพาะเลี้ยง ≤ 15 ถ้าไม่ใช่ Relay#2 ON (เปิดหลอดไฟ) ถ้ามากกว่าหรือเท่ากับ 70% หยุดการให้น้ำ (จบการทำงาน) ซึ่งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในดินจะเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยสำคัญของคุณภาพอากาศ



ภาพที่ 4 ระบบควบคุมการให้น้ำในดิน ≥ 28 ถ้าใช้ Relay#3 ON (หัวจ่ายน้ำแบบฝอย)

ตำแหน่งของการติดตั้งเซ็นเซอร์ และตำแหน่งที่ติดตั้ง 4G

การตรวจสอบอุณหภูมิของเรือนเพาะเลี้ยง ≤ 15 ถ้าไม่ใช่ Relay#2 ON (เปิดหลอดไฟ)
ถ้ามากกว่าหรือเท่ากับ 70% หยุดการให้น้ำ (จบการทำงาน)

ตารางที่ 2 ผลการตอบแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติ สำหรับการ
ผลิตมูลไส้เดือน

ความพึงพอใจระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติสำหรับการผลิต มูลไส้เดือน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความ คิดเห็น
1. ความสะดวกในการติดตั้งระบบโดยผู้ใช้งาน	4.27	0.80	มากที่สุด
2. ฟังก์ชันใช้งานง่าย ฟังก์ชันการควบคุมระบบเปิด-ปิด	4.40	0.74	มากที่สุด
3. ความเร็วในการประมวลผลบนระบบคลาวด์	4.53	0.64	มาก
4. มีความเหมาะสมกับการใช้งานระบบควบคุมการให้น้ำ	4.67	0.49	มาก
5. ความมีประสิทธิภาพการทำงานของความชื้นสัมพัทธ์ในดิน และอุณหภูมิ	4.74	0.74	มาก
โดยรวม	4.522	2.03	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่าผลการวิเคราะห์ประเมินความพึงพอใจระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติ
สำหรับการผลิตมูลไส้เดือน โดยภาพรวมแล้วมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.522$, $SD=2.03$)

จากการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติสำหรับการผลิตมูลไส้เดือนสามารถนำมาใช้งานจริงได้ (Ana Vukovic, Mirna Velki, 2021) โดยสามารถวิเคราะห์และแสดงผลผ่านสมาร์ทโฟนและเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายไร้สาย เป็นต้น

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและพัฒนาระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติสำหรับการผลิตมูลไส้เดือน เพื่อ 1) พัฒนานวัตกรรมการควบคุมระบบเปิด-ปิดไฟอัตโนมัติผ่านระบบมือถือ 2) ระบบควบคุมการให้น้ำแบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับการเพาะเลี้ยงไส้เดือนโดยใช้เซ็นเซอร์ความชื้นสัมพัทธ์ในดินและอุณหภูมิผ่านระบบสมาร์ทโฟน โดยอุปกรณ์กล่องควบคุม Smart Farm IoT Humidity of Soil Moisture (ความชื้นสัมพัทธ์ในดิน) And Temperature (อุณหภูมิ) ในอุณหภูมิที่เหมาะสมผ่านสมาร์ทโฟน หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ ผ่านเครือข่ายไร้สาย เป็นต้น ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อความเหมาะสมของระบบโดยรวมอยู่ในระดับ ระดับมาก

ระบบสามารถวิเคราะห์และแสดงผลผ่านสมาร์ทโฟน ความพึงพอใจมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.522$, $SD=2.03$) จากการทดสอบและประเมินผล

ผลที่ค้นพบ อุณหภูมิของเรือนเพาะเลี้ยง ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในดิน 168 ชั่วโมง (7วัน) ค่าเฉลี่ย คือ 71.7142857% และ ค่าอุณหภูมิ ค่าเฉลี่ย คือ 28.46428571 องศาเซลเซียส โดยมีเงื่อนไข ความชื้นสัมพัทธ์ในดิน เท่ากับ 28 องศาเซลเซียส และสามารถควบคุมความผิดปกติของค่าความชื้นสัมพัทธ์ในดินที่น้อยเกินกว่าเงื่อนไขที่กำหนด โดยระบบจะสั่งให้เติมน้ำลงไปดินผ่านสมาร์ทโฟน หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายไร้สาย (Arunan Sivanathan, 2018) เพื่อการนำไปใช้ในการควบคุมผ่านระบบสมาร์ทโฟน และเครื่องคอมพิวเตอร์เครือข่ายไร้สาย ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้

จากภาพที่ 4 ระบบควบคุมทำงานบนระบบคลาวด์ และผ่านระบบ 4G / WiFi ในการควบคุมและแสดงผลสถานะแวดล้อมของฟาร์มเลี้ยงไส้เดือนสายพันธุ์ AF ตำแหน่งของเซ็นเซอร์ติดตั้งตรงโรงเรือนมีสภาพแวดล้อมที่ร่มไม้โดนแดดแรง โดยกะละมังใช้ขนาด 50 เซนติเมตร ตำแหน่งของการติดตั้งเซ็นเซอร์ ติดตั้งไว้ในอากาศ ติดตั้งในดินในกะละมังตำแหน่งที่เหมาะสม 2 ตำแหน่ง ปริมาณน้ำ ถ้ามากกว่าหรือเท่ากับ 70% การให้น้ำในดินจะส่งผลต่อ อุณหภูมิที่ลดลงและความชื้นสัมพัทธ์ในดินเพิ่มขึ้น และการให้น้ำในดินจะส่งผลต่อ อุณหภูมิที่ลดลงและความชื้นสัมพัทธ์ในดินเพิ่มขึ้น สภาพแวดล้อมมีผลต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน เครือข่าย 4G มีผลต่อการเปิด-ปิดไฟระบบควบคุม ทำงานบนระบบคลาวด์ การใช้งานบนคลาวด์เป็นการควบคุมและแสดงผลสถานะแวดล้อมของฟาร์มเลี้ยงไส้เดือน

ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน โดยใช้หลักเกณฑ์ 5 ระดับ แทน 5 ความหมาย ได้แก่ น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก มากที่สุด โดยเกณฑ์การแปลความหมาย เพื่อจัดระดับคะแนนเฉลี่ยในช่วงคะแนนต่าง ๆ ความหมายดังนี้ รูปแบบของเกณฑ์การประเมินค่า เกณฑ์การประเมินโดยใช้แบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่าของลิเคิอร์ท (Rating Scale) โดย แบ่งเป็น 5 ระดับ (Marco Bassoli, Valentina Bianchi, 2017)

ปัญหาที่พบในการวิจัยไม่มีระบบไฟฟ้าสำรองในการใช้งาน ควรมีเพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูล มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ข้อเสนอแนะ เพิ่มระบบพลังงานทดแทน ในการใช้งานของชุดอุปกรณ์ ต้นแบบ ควรเปลี่ยนชุดตรวจความชื้นสัมพัทธ์ในดินที่มีคุณภาพ เพื่อความแม่นยำ และเพิ่มระบบ ควบคุมปั้มน้ำเวลาไฟฟ้าใช้ไม่ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานีที่ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยสำหรับคณาจารย์และบุคลากร ผู้ช่วยเหลื่องานวิจัย เกษตรกรจากกลุ่มเกษตรกรโพธิ์ยาสัย และศูนย์พัฒนาตามรอยธรรม (9) ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Ana Vukovic, Mirna Velki, Sandra Ecimovic, Rosemary Vukovi, Ivna Stolfa Camagajeva And Zdenko Lon Caric. (2021). **Vermicomposting-Facts Benefits and Knowledge Gaps.** Agronomy.
- Arunan Sivanathan, Hassan Habibi Gharakheili, Franco Loi, Adam Radford, Chamith Wijenayake, Arun Vishwanath, et al., (2018). **Classifying IoT Devices in Smart Environments Using Network Traffic Characteristics.** IEEE Transactions on Mobile Computing, pp. 1745-1759.
- Edwards C.A., Arancon N.Q. & Sherman R. (2011). **Vermiculture technology: Earthworms, organic wastes and environmental management.** The United States of America: Taylor and Francis Group.
- Elena de la Guia, Vicente Lopez Camacho, Luis Orozco Barbosa, Victor M. Brea Lujan, Victor M. R. Penichet and Maria Lozano Prez. (2016). **Introducing IoT and Wearable Technologies into Task Based Language Learning for Young Children,** IEEE Transactions on Learning Technologies, pp. 366-378.

- Klangkongsub S. & Sohsalam P. (2013). **Vermicompost production by using tomato residue and yard waste.** Journal of Medical and Bioengineering. 2, 270-273.
- Marco Bassoli, Valentina Bianchi, Ilaria De Munari and Paolo Ciampolini. **An Internet-of-Things Approach for a Wi-Fi-Based AAL Monitoring System.** (2017). IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, pp. 3200-3209.
- Pathma J. & Sakthivel N. (2012). **Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential.** SpringerPlus. 26, 1-19.
- Sailila N., Bakar A.A., Mahmood N.Z., Siliva J.T., Abdullah N. & Jamaludin. (2010). **Nutrient elements of different agricultural wastes from vermicomposting activity.** Dynamic Soil, Dynamic Plant. 4, 155-158.
- Sinha, R.K., Agarwai, S., Chauhan, K. & Valani, D. (2010). **The wonders of earthworms & its Vermicompost in farm production: Charles Darwin's friends of farmers' with potential to replace destructive chemical fertilizers from agriculture.** Agricultural Sciences. 1, 76-94.
- Yasir M., Aslam Z., Kim S.W., Lee S.W., Jeon C.O. & Chung Y.R. (2009). **Bacterial community composition and chitinase gene diversity of vermicompost with antifungal activity.** Bioresour Technol. 100, 4396–4403.