



ระบบควบคุมอุณหภูมิ ค่า pH และความชื้นเบตดิ่งด้วยระบบ IoT BEDDING TEMPERATURE, pH, AND HUMIDITY CONTROL SYSTEM USING IoT

ทวีศักดิ์ วรจักร^{1*} ปวิธ กุณาละสิริ¹ ณัฐ อ้นชู¹ และวรเดช จันหอม¹

¹ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

Thaweesak Worachak^{1*} Pawit Kunalasiri¹ Nat Aonchoo¹ and Woradet Janhom¹

¹ Faculty Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University

*Corresponding author e-mail: Thaweessakkeng@uru.ac.th

วันที่รับ : 12 กันยายน 2568
Received : September 24, 2025

วันที่แก้ไข : 26 มิถุนายน 2569
Revised : June 26, 2026

วันที่ตอบรับ : 30 มิถุนายน 2569
Accepted : June 30, 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาการเลี้ยงไส้เดือนในบ่อปูนซีเมนต์ ในพื้นที่ศูนย์การเรียนรู้การเพาะเลี้ยงไส้เดือนโรงเรียนบ้านปากคลอง ต.คอรุม อ.พิชัย จ.อุดรดิตถ์ การจัดการให้อาหารไส้เดือน และการให้ความชื้นแก่ไส้เดือนโดยอัตโนมัติ ออกแบบและพัฒนาระบบน้ำและอาหารในการเลี้ยงไส้เดือนควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ตรวจวัดค่า pH เป็นกรด-ด่างของดิน สัมประสิทธิ์ความชื้นในดิน และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศควบคุมผ่านระบบ IoT ผลการดำเนินงานวิจัยการทดลองจำนวน 10 ครั้ง เทียบกับค่ามาตรฐานของการวัดค่า pH ของดิน โดยระบบควบคุมความชื้นเบตดิ่งด้วยระบบ IoT การวัดจากเซนเซอร์ pH ในดินเฉลี่ยได้ 6.8 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานเครื่องวัดค่า pH ค่ามาตรฐานเฉลี่ยได้ 6.9 แตกต่างที่ 0.1 การวัดจากเซนเซอร์ความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 77.77 เครื่องวัดค่ามาตรฐานร้อยละ 78.88 แตกต่างเท่ากับ 1.11 การวัดจากเซนเซอร์อุณหภูมิสัมพัทธ์ของอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 23.57 องศาเซลเซียส เครื่องวัดค่ามาตรฐาน 23.9 องศาเซลเซียส แตกต่างเท่ากับ 0.33 องศาเซลเซียส ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ระบบ IoT ที่พัฒนาขึ้นสามารถควบคุมและตรวจวัดสภาพแวดล้อมในการเลี้ยงไส้เดือนได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำ โดยมีความคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือมาตรฐานเพียงเล็กน้อย ยืนยันถึงความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยี IoT มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพลดแรงงาน และสร้างต้นแบบการเกษตรอัจฉริยะและการจัดการขยะอินทรีย์อย่างยั่งยืนในบริบทของสถานศึกษา

คำสำคัญ : เบตดิ่ง, อุณหภูมิ, ความชื้น, ความเป็นกรด-ด่าง, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Abstract

This research aims to develop an IoT-based system for earthworm farming in cement ponds at the Learning Center for Earthworm Cultivation, Ban Pak Khlong School, Kho Rum Subdistrict, Phichai District, Uttaradit Province. The system focuses on automating the management of feeding and moisture control for African Night Crawler earthworms. The design integrates water and feeding management controlled via a mobile application, with microcontrollers as the central unit. Sensors are employed to monitor soil pH, soil moisture, and relative air humidity, while sprinklers and drip irrigation systems are activated accordingly

through IoT control. Experimental trials were conducted ten times to compare sensor measurements with standard instruments. The average soil pH measured by the IoT system was 6.8, compared to the standard value of 6.9, with a difference of 0.1. Soil moisture averaged 77.77% from sensors, compared to 78.88% from standard instruments, differing by 1.11. Relative air temperature averaged 23.57 °C from sensors, compared to 23.9 °C from standard instruments, differing by 0.33 °C. The results demonstrate that the IoT-based system can effectively and accurately control environmental conditions for earthworm farming, with minimal deviation from standard measurements. This confirms the feasibility of applying IoT technology to improve efficiency, reduce labor, and provide a model for smart agriculture and sustainable organic waste management in educational contexts.

Keywords : Bedding, Temperature, Humidity, pH, Internet of Things

1. บทนำ

จากปัญหาสำคัญของการเพาะเลี้ยงไส้เดือนและนำมูลไส้เดือนมาขาย เพื่อหารายได้เสริมต่อการดำรงชีวิตประจำวัน มูลไส้เดือนมีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชมาก มูลไส้เดือนมีกรดฮิวมิก กักเก็บธาตุอาหารสำคัญ เช่น ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) เหล็ก (Fe) และทองแดง (Cu) เกษตรกรเกิดความสนใจอยากเลี้ยงไส้เดือน จากการสืบค้น (เลี้ยงไส้เดือนง่าย ๆ ต้นทุนน้อย ผลิตคุ่มค่า, 2565) ปัจจุบันการเลี้ยงไส้เดือนดินได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น เนื่องจากมูลไส้เดือนเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพสูง ช่วยเพิ่มธาตุอาหารและปรับปรุงโครงสร้างดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (โกศล หมายทอง, 2563 ; เลี้ยงไส้เดือนง่าย ๆ ต้นทุนน้อย ผลิตคุ่มค่า, 2561) ในการเลี้ยงมีการศึกษาและนำวิธีการที่จะควบคุมครบวงจรการเลี้ยง จึงนำวิธีการที่สามารถควบคุมอาหาร และสภาพเป็นอยู่ของไส้เดือนด้วยการประยุกต์โดยการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยให้สามารถตรวจวัด ติดตาม และควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพ IoT เป็นแนวคิดที่เชื่อมโยงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อให้สามารถรับส่งข้อมูลและควบคุมการทำงานได้จากระยะไกล โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหน่วยประมวลผลหลัก (จิราวุธ วารินทร์, 2561 ; ดอนสัน ปงผาบ และคณะ, 2565) จึงมีการนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านการเกษตรและระบบสมาร์ทฟาร์มอย่างแพร่หลาย (บัณฑิตพงษ์ ศรีอานวย และคณะ, 2562) เพื่อจะนำมูลไส้เดือนมาทำปุ๋ยมูลไส้เดือนเป็นจำนวนมาก ด้วยประสิทธิภาพของมูลไส้เดือนผลผลิตของกลุ่มเกษตรกรที่มีประสิทธิภาพที่ดีต่อความพึงพอใจของเกษตรกร และที่สำคัญมูลไส้เดือนนั้นมีราคาที่ถูกกว่าปุ๋ยเคมีมาก และไม่เป็นมลพิษทางการเกษตร จึงเริ่มได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย แต่ปัจจัยในการเลี้ยงไส้เดือนเพื่อนำมูลไส้เดือนมาทำปุ๋ยและขาย คำนึงถึงปัญหาหลายอย่างในการเลี้ยง ซึ่งปัญหาที่สำคัญในกลุ่มคนที่เลี้ยงไส้เดือนคือ การเตรียมอาหารของเลี้ยงไส้เดือนที่เรียกกันว่า เบตดิง เป็นที่อยู่แหล่งอาหารของไส้เดือนต้องมีการควบคุมความชื้น อุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-ด่างจะอยู่ที่ระดับกลาง การทำเบตดิงขึ้นอยู่กับส่วนประกอบนำมาทำเบตดิง และควบคุมเบตดิงที่จะนำมาเลี้ยงไส้เดือนได้อย่างสมบูรณ์

ผู้วิจัยมีความสนใจเลี้ยงไส้เดือนดินในพื้นที่ศูนย์การเรียนรู้การเพาะเลี้ยงไส้เดือนโรงเรียนบ้านปากคลอง ตำบลคอรุม อำเภอพิชัย จังหวัดอุดรดิตถ์ สายพันธุ์ แอฟริกัน ไนท์ ครอเลอร์ (African Night Crawler) เป็นไส้เดือนดินสีแดงที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ เจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ได้รวดเร็วมาก การเลี้ยงที่



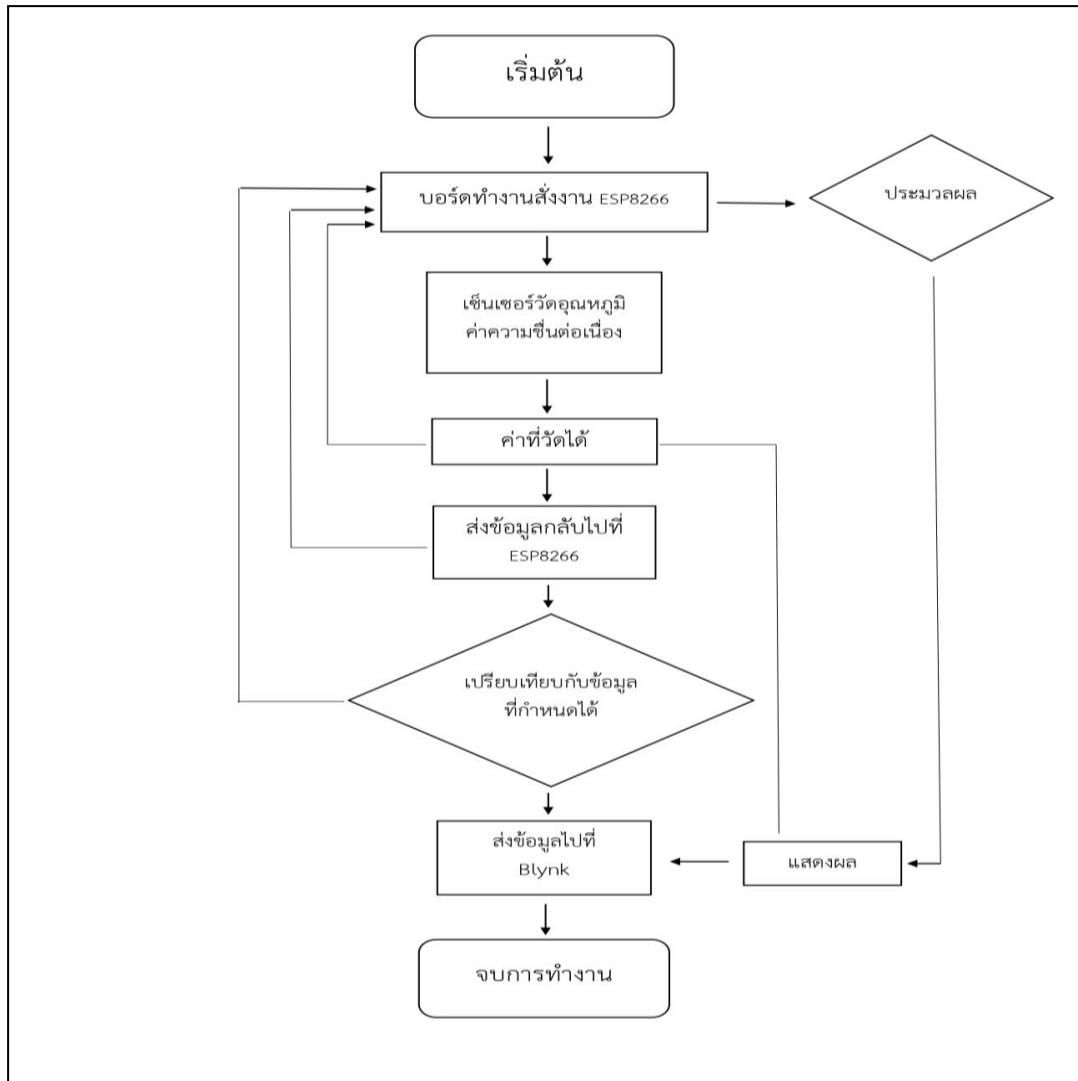
เหมาะสมที่อุณหภูมิ 21-30 °C ความชื้น 60-80% ของวัสดุรองพื้น ค่า pH ควรอยู่ระหว่าง 6.5-7.5 ไม่ชอบแสงแดดโดยตรง ต้องเลี้ยงในที่ร่ม ในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน การนำมาผลิตเป็นโปรตีนเสริมสำหรับใช้เลี้ยงสัตว์ ไส้เดือนดินสายพันธุ์นี้มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนที่อุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง โดยจะเจริญเติบโตได้ไม่ดีในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส และจะตาย การเลี้ยงไส้เดือนสายพันธุ์นี้ในประเทศเขตหนาวจะถูกจำกัดการเลี้ยงเฉพาะภายในโรงเรือนที่มีการควบคุมอุณหภูมิในช่วงฤดูหนาวเท่านั้นถึงจะเลี้ยงได้ดี สำหรับการเลี้ยงภายนอกโรงเรือน จะเหมาะสมเฉพาะกับพื้นที่เขตร้อนหรือกึ่งร้อนเท่านั้น การนำมาใช้จัดการขยะพบว่า ไส้เดือนสายพันธุ์นี้มีความสามารถในการย่อยสลายขยะในปริมาณมากได้อย่างรวดเร็ว นักวิจัยต้องการจะควบคุมระบบการเลี้ยงและการทำเบตดิ่ง การรดน้ำให้ได้ความชื้น ควบคุมอุณหภูมิ และกรด-ด่างผ่านระบบ IoT ในการควบคุมการทำงานการทำเบตดิ่ง ในระบบสมาร์ทฟาร์ม ลดแรงงานและเวลาในการดูแลไส้เดือน เพิ่มผลผลิตปุ๋ยหมักและโปรตีนไส้เดือน ใช้เป็นต้นแบบการเรียนรู้ สนับสนุนการจัดการขยะอินทรีย์อย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 2.1 พัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิ ค่า pH และความชื้นเบตดิ่งด้วยระบบ IoT
- 2.2 หาอุณหภูมิ ค่า pH ความชื้นการทำเบตดิ่ง เปรียบเทียบค่ามาตรฐาน
- 2.3 เพื่อหาประสิทธิภาพระบบควบคุมอุณหภูมิ ค่า pH ความชื้นเบตดิ่งด้วยระบบ IoT

3. ขอบเขตของการวิจัย

ผู้วิจัยออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมความชื้นเบตดิ่งด้วยระบบ IoT เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมความชื้นเบตดิ่ง หาความเป็นกรด-ด่างของการวัดค่าของเซนเซอร์ pH จากค่ามาตรฐานเฉลี่ยได้ 6.9 เซนเซอร์วัดความชื้นเฉลี่ยได้ 78.88 และเซนเซอร์วัดอุณหภูมิค่ามาตรฐานเฉลี่ยได้ 23.9 องศาเซลเซียสตามค่ามาตรฐานในการเลี้ยงไส้เดือนดิน ในการเก็บข้อมูลและผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือของระบบควบคุมความชื้นในเบตดิ่งด้วยระบบ IoT และผลการเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมความชื้นเบตดิ่งด้วยระบบ IoT กับเครื่องวัดความชื้นในดินตามมาตรฐาน โดยการใช้บอร์ด ESP8266 (Pawanant et al., 2026) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีโมดูล Wi-Fi และ Bluetooth ในตัวและสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมผ่านโปรแกรม Arduino IDE ได้ (รู้จักกับ Arduino ESP8266 (NodeMCU), 2558 ; ติดตั้งโปรแกรมและโหลด Arduino IDE เพื่ออัปเดตโปรแกรม Update 2026, 2569) การเชื่อมต่อระหว่างการดำเนินงานของชุดควบคุมเซนเซอร์วัดความชื้นในดินทำหน้าที่ตรวจสอบปริมาณน้ำหรือความชื้นภายในดินโดยแปลงค่าที่วัดได้เป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลและควบคุมระบบให้น้ำอัตโนมัติ (เซนเซอร์วัดความชื้น, 2565) ค่า pH เป็นตัวบ่งชี้ความเป็นกรดและด่างของวัสดุเพาะเลี้ยงหรือดินซึ่งมีผลต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของไส้เดือน การตรวจวัดค่า pH จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมสภาพแวดล้อมของเบตดิ่ง (หวั่ววัดค่า pH ในน้ำบริสุทธิ์และน้ำบริสุทธิ์พิเศษ, 2568 ; หลักการทำงานของ pH meter, 2563) ส่งไปยังชุดแสดงผล ผ่านแพลตฟอร์ม Blynk เป็นตัวควบคุมและติดตามข้อมูลจากอุปกรณ์ IoT ผ่านสมาร์ทโฟน ทำให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบสถานะและสั่งงานอุปกรณ์ได้แบบเรียลไทม์ (วิธีติดตั้ง Blynk บน Arduino IDE, 2568) มีงานวิจัยที่ดำเนินการโดย บัณฑิตพงษ์ ศรีอำนาจ และคณะ (2562) ได้ศึกษาและพัฒนาระบบสมาร์ทฟาร์ม โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับการเกษตร พบว่า สามารถติดตามและควบคุมสภาพแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดการใช้แรงงานและเพิ่มความแม่นยำในการจัดการฟาร์ม นำสู่งานวิจัยที่ผู้วิจัยใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาออกแบบงานวิจัย



ภาพที่ 1 ภาพผังงานการวางแผนดำเนินงาน

3.1 การวางแผนการดำเนินการ

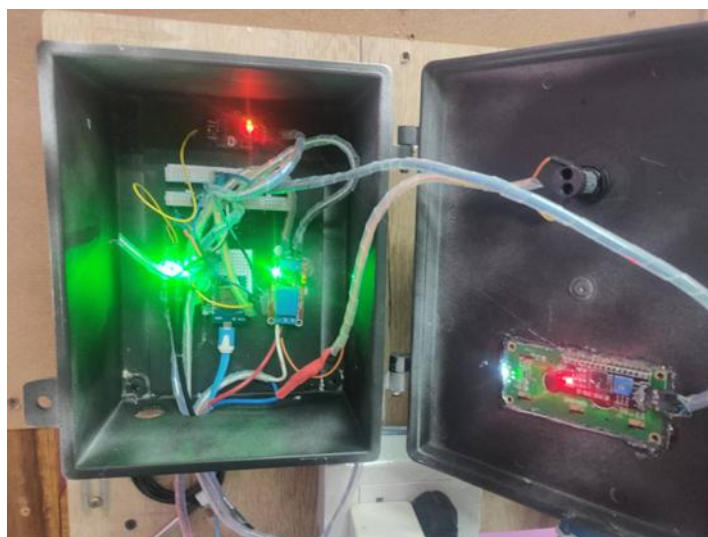
แผนผังการดำเนินงาน (Flow Chart) การจัดการระบบและขั้นตอนในการดำเนินงานระบบควบคุมอุณหภูมิ ค่า pH และความชื้นเบตดั้งด้วยระบบ IoT โดยสรุป เพื่อให้เห็นภาพรวมในการดำเนินงานดังภาพที่ 1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานของทั้งระบบ

3.2 การออกแบบโครงสร้างชุดระบบควบคุมความชื้นเบตดั้งด้วยระบบ IoT

การออกแบบชุดระบบควบคุมเซนเซอร์ การออกแบบเป็นแบบตู้ทึบพลาสติกแบบกันแดดกันฝน โครงสร้างไม่สลับซับซ้อนเหมือนตู้ประเภทอื่น ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้ ตั้งแต่ประหยัดโครงสร้าง วัสดุ อุปกรณ์อื่น ๆ ดำเนินการออกแบบทำการติดตั้งจอแสดงผลบนตู้คอนโทรล ของระบบควบคุมเซนเซอร์ตามขนาดตามที่ออกแบบและกำหนดขนาดแต่ละด้าน เพื่อให้พอเหมาะกับการติดตั้งจอแสดงผลภาพและไฟแสดงผลการทำงานของตู้คอนโทรล



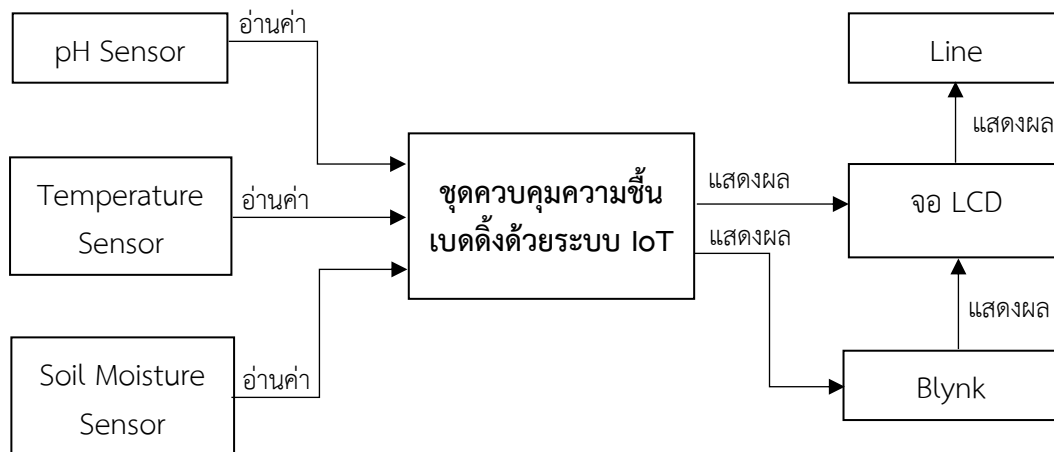
ภาพที่ 2 ภาพด้านหน้าตู้คอนโทรลชุดควบคุมความชื้นเบตดิ่งด้วยระบบ IoT



ภาพที่ 3 ภาพด้านในตู้คอนโทรลชุดควบคุมระบบควบคุมอุณหภูมิ ค่า pH และความชื้นเบตดิ่งด้วยระบบ IoT

3.3 การทดสอบหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมอุณหภูมิ ค่า pH และความชื้นเบตดิ่งด้วยระบบ IoT

การทดสอบหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมอุณหภูมิ ค่า pH และความชื้นเบตดิ่งด้วยระบบ IoT ที่ได้มาตรฐานมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัย ได้แก่ ความชื้นในดิน อุณหภูมิ ค่า pH จากการสืบค้น (หัววัดค่า pH ในน้ำบริสุทธิ์และน้ำบริสุทธิ์พิเศษ, 2568) การทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมอุณหภูมิ ค่า pH และความชื้นเบตดิ่งด้วยระบบ IoT มีการทดสอบ ดังนี้



ภาพที่ 4 ภาพการทดสอบหาค่าด้วยระบบควบคุมอุณหภูมิ ค่า pH และความชื้นเบตติงด้วยระบบ IoT

4. ผลการวิจัย

4.1 การทำงานของเครื่อง

ผู้วิจัยออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิเพิ่มเปิด ปิดพัดลมในการถ่ายเทอากาศที่อุณหภูมิ 21-30 °C ค่า pH หากค่า pH ต่ำกว่า 6.5 ต้องปรับให้สูงขึ้นโดยการเติมปูนขาว (CaCO₃) หรือโดโลไมท์ ในปริมาณเล็กน้อยคลุกเคล้าให้ทั่วเบตติง หากค่า pH สูงกว่า 7.5 ต้องปรับให้ลดลง โดยการเติมวัสดุอินทรีย์ที่มีความเป็นกรดอ่อน เช่น เศษผลไม้, กาแฟบด หลีกเลียงการใส่ปุ๋ยหรือสารต่างเพิ่ม และรักษาความชื้นให้เหมาะสม (60-80%) ที่ความคุมสปริงเกอร์เปิด ปิดน้ำสั่งโดยควบคุมความชื้นเบตติงด้วยระบบ IoT ปฏิบัติการหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมความชื้นเบตติง การใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูลและผลการทดสอบประสิทธิภาพ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมความชื้นในเบตติงด้วยระบบ IoT และผลการเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมความชื้นเบตติงด้วยระบบ IoT กับเครื่องวัดความชื้นในดินค่ามาตรฐาน ส่วนเครื่องระบบควบคุมเบตติงในการทดสอบการหาประสิทธิภาพการตรวจจับของเซนเซอร์วัดความชื้นความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเทียบกับเครื่องวัดค่าความเข้มข้นของเกลือสารละลายในดิน หรือค่าความเหนียวนำทางไฟฟ้าตามมาตรฐาน EC การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จะนำค่าประมวลผลสั่งการให้อุปกรณ์เปิด-ปิดการพ่นน้ำของการควบคุมเบตติงในบริเวณเลี้ยงไส้เดือน

4.2 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมความชื้นในเบตติงด้วยระบบ IoT

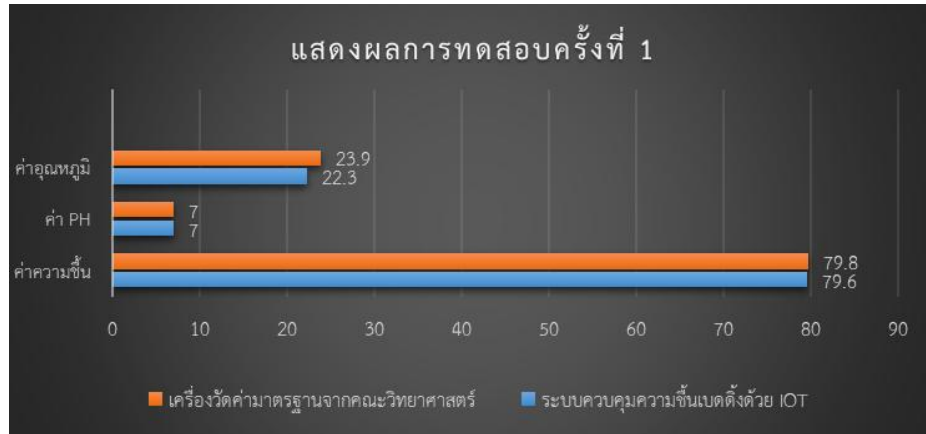
การทดสอบหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมความชื้นเบตติงด้วยระบบ IoT มีมาตรฐานและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัย ได้แก่ ความชื้นในดิน อุณหภูมิ ค่า pH ข้อมูลสืบค้นจาก (หลักการทำงานของ pH meter, 2563) การทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมความชื้นเบตติงด้วยระบบ IoT มีการทดสอบ ดังนี้

4.2.1 การทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมอุณหภูมิ ค่า pH และความชื้นเบตติงด้วยระบบ IoT ที่เก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องทุก ๆ 1 นาที เป็นเวลา 15 นาที การทดสอบหาค่าประสิทธิภาพของวัดหาค่าความชื้นในเบตติง สามารถหาค่าได้โดยการวัดค่าความชื้นเบตติงของตัวชุดอุปกรณ์ที่ทางผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อสำรวจข้อมูลนำไปเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความชื้นในดินกับค่ามาตรฐาน เพื่อหาค่าความชื้นที่ถูกต้องและเป็นไปตามมาตรฐานจากการคำนวณหาค่าเฉลี่ยที่ได้ประสิทธิภาพของเบตติง จะคำนวณจากการเก็บข้อมูลของตัวอุปกรณ์ที่วัดค่าแล้วส่งข้อมูลความชื้นเก็บข้อมูลทุก 1 นาที จนครบ 15 นาที แล้วนำข้อมูลทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานต่อไปว่ามีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานมากน้อยเพียงใด



จำนวน 10 ครั้ง หน่วยของค่าความชื้นคิดเป็น % (เปอร์เซ็นต์) ค่า pH เป็นช่วงระหว่างของ 0-14 ให้ค่า 7 เป็นกลาง หน่วยของค่าอุณหภูมิคิดเป็นองศาเซลเซียส ผลการทดสอบประสิทธิภาพ ภาพที่ 5-14

ค่า S.D. ระบบควบคุมความชื้นเบตดั้งด้วย IoT และเครื่องวัดมาตรฐานวัดอุณหภูมิ ระบบควบคุมความชื้นเบตดั้งด้วย IoT S.D. = 1.71 เครื่องมาตรฐาน S.D. = 0.1



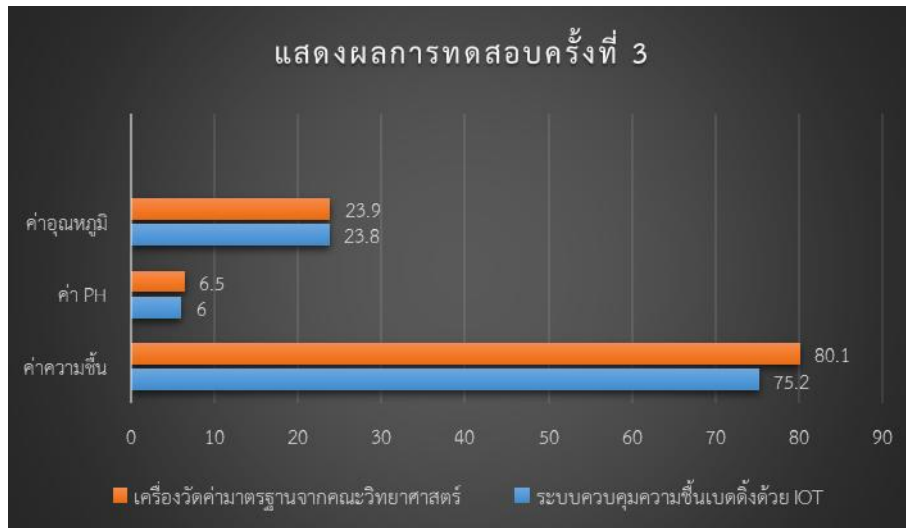
ภาพที่ 5 ผลการทดสอบการวัดค่าความชื้นเบตดั้งด้วยระบบ IoT เพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความชื้นมาตรฐานทุก ๆ 1 นาที รวม 15 นาที (ครั้งที่ 1)

ค่า S.D. ระบบควบคุมความชื้นเบตดั้งด้วย IoT และเครื่องวัดมาตรฐานวัดอุณหภูมิ ระบบควบคุมความชื้นเบตดั้งด้วย IoT S.D. = 0.1 เครื่องมาตรฐาน S.D. = 0.1



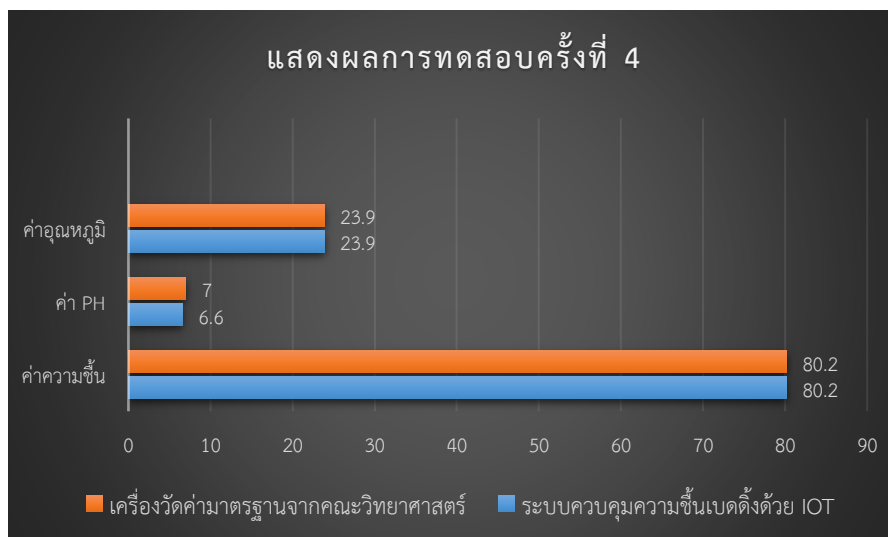
ภาพที่ 6 ผลการทดสอบการวัดค่าความชื้นเบตดั้งด้วยระบบ IoT เพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความชื้นมาตรฐานทุก ๆ 1 นาที รวม 15 นาที (ครั้งที่ 2)

ค่า S.D. ระบบควบคุมความชื้นเบตดั้งด้วย IoT และเครื่องวัดมาตรฐานวัดอุณหภูมิ ระบบควบคุมความชื้นเบตดั้งด้วย IoT S.D. = 0.1 เครื่องมาตรฐาน S.D. = 0.1



ภาพที่ 7 ผลการทดสอบการวัดค่าความชื้นเบตดิ่งด้วยระบบ IoT เพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความชื้นมาตรฐานทุก ๆ 1 นาที รวม 15 นาที (ครั้งที่ 3)

ค่า S.D. ระบบควบคุมความชื้นเบตดิ่งด้วย IoT และเครื่องวัดมาตรฐานวัดอุณหภูมิ ระบบควบคุมความชื้นเบตดิ่งด้วย IOT S.D. = 0.1 เครื่องมาตรฐาน S.D. = 0.1



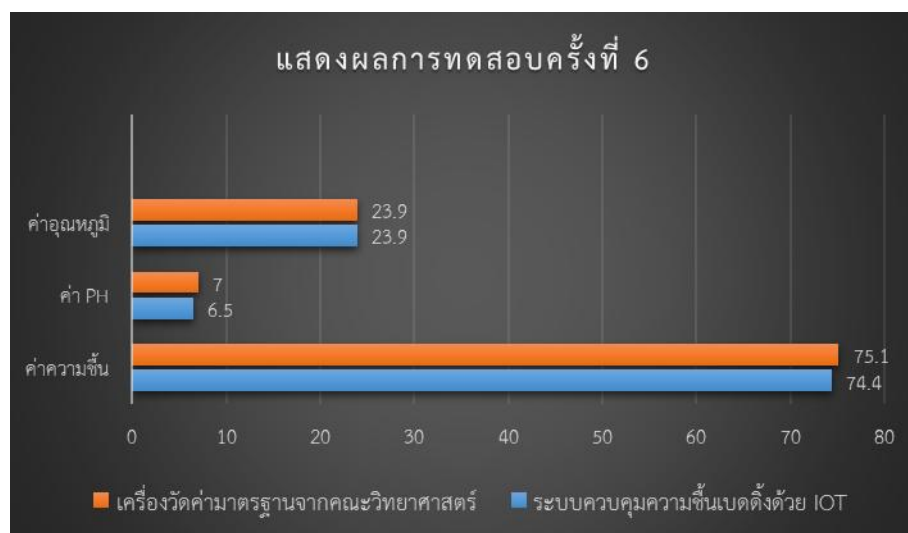
ภาพที่ 8 ผลการทดสอบการวัดค่าความชื้นเบตดิ่งด้วยระบบ IoT เพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความชื้นมาตรฐานทุก ๆ 1 นาที รวม 15 นาที (ครั้งที่ 4)

ค่า S.D. ระบบควบคุมความชื้นเบตดิ่งด้วย IoT และเครื่องวัดมาตรฐานวัดอุณหภูมิ ระบบควบคุมความชื้นเบตดิ่งด้วย IoT S.D. = 0.1 เครื่องมาตรฐาน S.D. = 0.1



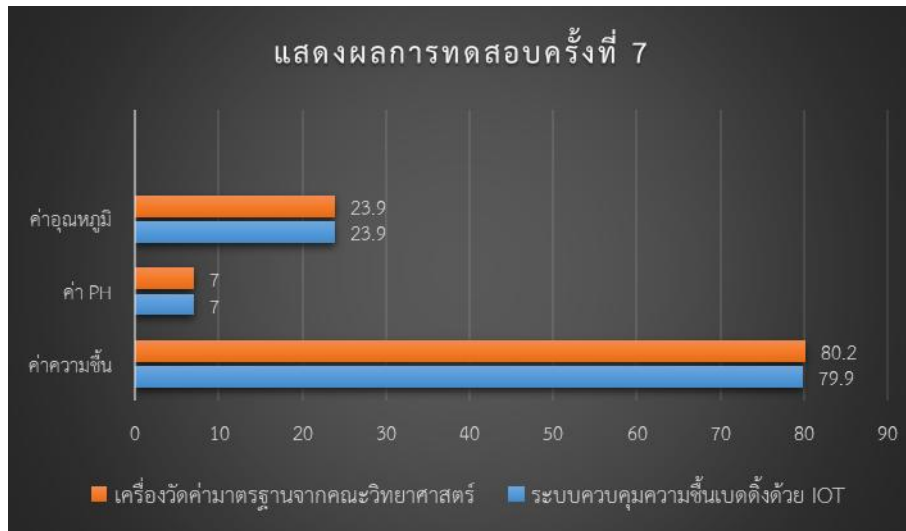
ภาพที่ 9 ผลการทดสอบการวัดค่าความชื้นเบตดั้งด้วยระบบ IoT เพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความชื้นมาตรฐานทุก ๆ 1 นาที รวม 15 นาที (ครั้งที่ 5)

ค่า S.D. ระบบควบคุมความชื้นเบตดั้งด้วย IoT และเครื่องวัดมาตรฐานวัดอุณหภูมิระบบควบคุมความชื้นเบตดั้งด้วย IoT S.D = 1.71 เครื่องมาตรฐาน S.D = 0.1



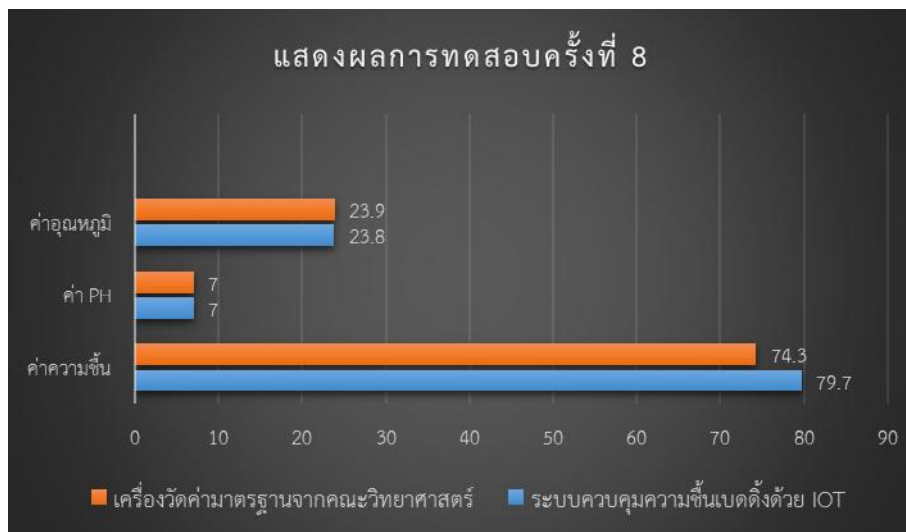
ภาพที่ 10 ผลการทดสอบการวัดค่าความชื้นเบตดั้งด้วยระบบ IoT เพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความชื้นมาตรฐานทุก ๆ 1 นาที รวม 15 นาที (ครั้งที่ 6)

ค่า S.D. ระบบควบคุมความชื้นเบตดั้งด้วย IoT และเครื่องวัดมาตรฐานวัดอุณหภูมิ ระบบควบคุมความชื้นเบตดั้งด้วย IoT S.D. = 0.1 เครื่องมาตรฐาน S.D. = 0.1



ภาพที่ 11 ผลการทดสอบการวัดค่าความชื้นเบตดั้งด้วยระบบ IoT เพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความชื้นมาตรฐานทุก ๆ 1 นาที รวม 15 นาที (ครั้งที่ 7)

ค่า S.D. ระบบควบคุมความชื้นเบตดั้งด้วย IoT และเครื่องวัดมาตรฐานวัดอุณหภูมิระบบควบคุมความชื้นเบตดั้งด้วย IoT S.D. = 0.1 เครื่องมาตรฐาน S.D. = 0.1



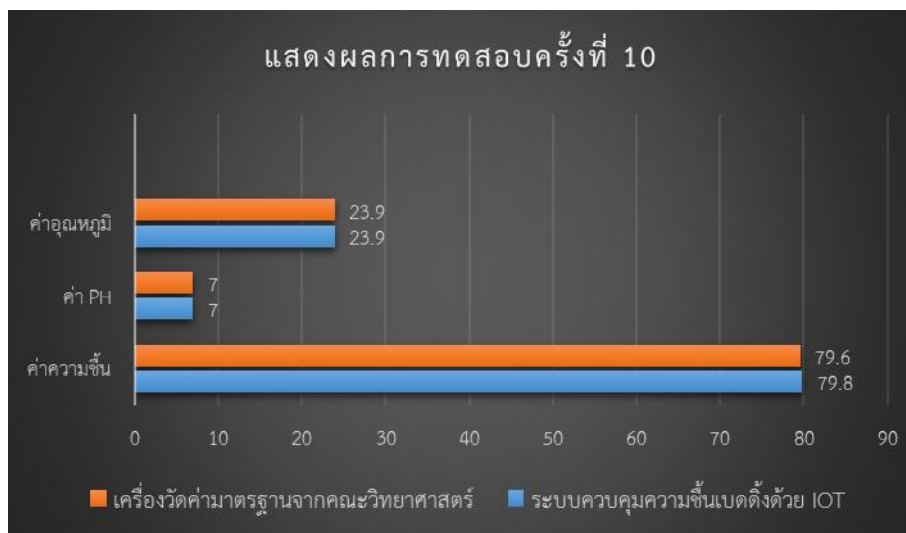
ภาพที่ 12 ผลการทดสอบการวัดค่าความชื้นเบตดั้งด้วยระบบ IoT เพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความชื้นมาตรฐานทุก ๆ 1 นาที รวม 15 นาที (ครั้งที่ 8)

ค่า S.D. ระบบควบคุมความชื้นเบตดั้งด้วย IoT และเครื่องวัดมาตรฐานวัดอุณหภูมิ ระบบควบคุมความชื้นเบตดั้งด้วย IoT S.D. = 0.1 เครื่องมาตรฐาน S.D. = 0.1



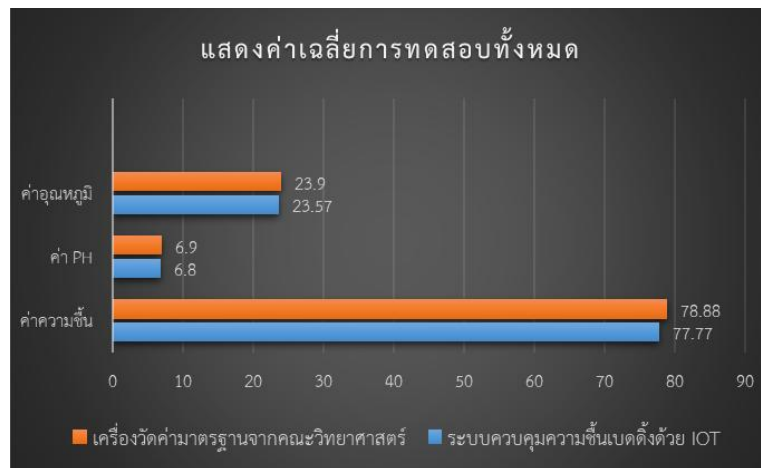
ภาพที่ 13 ผลการทดสอบการวัดค่าความชื้นเบตติงด้วยระบบ IoT เพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความชื้นมาตรฐานทุก ๆ 1 นาที รวม 15 นาที (ครั้งที่ 9)

ค่า S.D. ระบบควบคุมความชื้นเบตติงด้วย IoT และเครื่องวัดมาตรฐานวัดอุณหภูมิระบบควบคุมความชื้นเบตติงด้วย IoT S.D. = 0.1 เครื่องมาตรฐาน S.D. = 0.1



ภาพที่ 14 ผลการทดสอบการวัดค่าความชื้นเบตติงด้วยระบบ IoT เพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความชื้นมาตรฐานทุก ๆ 1 นาที รวม 15 นาที (ครั้งที่ 10)

4.3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุมความชื้นเบตต์ด้วยระบบ IoT และเครื่องวัดค่ามาตรฐาน จากการทดลอง 10 ครั้ง



ภาพที่ 15 ผลการทดสอบการวัดค่าความชื้นเบตต์ด้วยระบบ IoT เพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความชื้นมาตรฐานทุก ๆ 1 นาที รวม 15 นาที (เฉลี่ย 10 ครั้ง)

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบจากการทดลอง 10 ครั้ง

จำนวนครั้ง	ระบบควบคุมความชื้นเบตต์ด้วยระบบ IoT			เครื่องวัดค่ามาตรฐานของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์			
	ค่าความชื้น	ค่า pH	ค่าอุณหภูมิ	ค่าความชื้น	ค่า pH	ค่าอุณหภูมิ	ค่า EC
1	79.6	7	22.3	79.8	7	23.9	478
2	74.4	7	23.9	79.7	7	23.9	
3	75.2	6	23.8	80.1	6.5	23.9	
4	80.2	6.6	23.9	80.2	7	23.9	
5	74.4	6.5	23.9	75.1	7	23.9	
6	79.7	7	22.3	80.2	7	23.9	
7	79.9	7	23.9	80.2	7	23.9	
8	79.7	7	23.8	74.3	7	23.9	
9	79.8	7	23.9	79.6	7	23.9	
10	79.8	6.9	23.9	79.9	7	23.9	
ค่าเฉลี่ย	77.77	6.8	23.57	78.88	6.9	23.9	478
ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าความชื้นทั้ง 2				(11.11) 1.4 %			
ค่าความคลาดเคลื่อนของค่า pH ทั้ง 2				(0.1) 1.4 %			
ค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิทั้ง 2				(0.33) 1.3 %			
ค่าความเข้มข้นของเบตต์ (EC)				478 Micro-Siemens			



การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุมความชื้นด้วยระบบ IoT และเครื่องวัดค่ามาตรฐาน ดังแสดงในตารางพบว่า ระบบควบคุมความชื้นเบตตั้งด้วยระบบ IoT ที่ใช้วัดค่าความชื้นในการทดลอง 10 ครั้ง สามารถวัดความชื้นเฉลี่ยแล้วอยู่ที่ 77.77 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเครื่องวัดค่าความชื้นมาตรฐาน สามารถวัดค่าความชื้นในการทดลอง 10 ครั้ง อยู่ที่ 78.88 เปอร์เซ็นต์ เมื่อได้ค่ามาตรฐานสามารถหาค่าความคลาดเคลื่อนของ 2 ข้อมูลนี้ได้

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร } S.D. &= \frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{(n-1)} = \sqrt{\dots} = S.D. \\ S.D. &= \frac{\sum (79.6 - 77.77)^2 + \dots + \sum (79.8 - 77.77)^2}{10 - 1} = \sqrt{6.52} = 2.55 \\ &\quad (\text{ระบบควบคุมความชื้นเบตตั้งด้วยระบบ IoT}) \\ S.D. &= \frac{\sum (79.8 - 78.88)^2 + \dots + \sum (79.9 - 78.88)^2}{10 - 1} = \sqrt{5.0} = 2.23 \\ &\quad (\text{เครื่องวัดค่ามาตรฐาน}) \end{aligned}$$

$$Relative Error = \left[\frac{X_{mea} - X_t}{X_t} \right] \times 100$$

$$Relative Error = \left[\frac{77.77 - 78.88}{78.88} \right] \times 100 = 1.4\%$$

การวัดค่า pH ในดินนั้นระบบควบคุมความชื้นเบตตั้งด้วยระบบ IoT สามารถวัดค่า pH ในดิน 10 ครั้ง เฉลี่ยอยู่ที่ 6.8 ส่วนเครื่องวัดค่า pH มาตรฐานสามารถวัดค่า pH ในดิน 1 ครั้ง เฉลี่ยอยู่ที่ 6.9 ดังนั้น เมื่อได้ค่ามาตรฐานแล้วเราสามารถหาค่าความ S.D. จาก

$$\begin{aligned} \text{สูตร } S.D. &= \frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{(n-1)} = \sqrt{\dots} = S.D. \\ S.D. &= \frac{\sum (7 - 6.8)^2 + \dots + \sum (6.9 - 6.8)^2}{10 - 1} = \sqrt{0.11} = 0.34 \\ &\quad (\text{ระบบควบคุมความชื้นเบตตั้งด้วยระบบ IoT}) \\ S.D. &= \frac{\sum (7 - 6.9)^2 + \dots + \sum (7 - 6.9)^2}{10 - 1} = \sqrt{0.02} = 0.16 \\ &\quad (\text{เครื่องวัดค่ามาตรฐาน}) \end{aligned}$$

$$Relative Error = \left[\frac{X_{mea} - X_t}{X_t} \right] \times 100$$

$$Relative Error = \left[\frac{6.8 - 6.9}{6.9} \right] \times 100 = 1.4\%$$

การวัดค่าอุณหภูมิของระบบควบคุมความชื้นเบตตั้งด้วยระบบ IoT สามารถวัดค่าอุณหภูมิ 10 ครั้ง เฉลี่ยอยู่ที่ 23.57 องศาเซลเซียส ส่วนเครื่องวัดค่าอุณหภูมิมาตรฐาน สามารถวัดค่าอุณหภูมิ 10 ครั้ง เฉลี่ยอยู่ที่ 23.9 องศาเซลเซียส เมื่อได้ค่ามาตรฐานแล้วเราสามารถหาค่าความคลาดเคลื่อนของ 2 ข้อมูลนี้ได้

$$\text{สูตร } S.D. = \frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{(n-1)} = \sqrt{\dots} = S.D.$$

$$S.D. = \frac{\sum(22.3 - 23.57)^2 + \dots + \sum(23.9 - 23.57)^2}{10 - 1} = \sqrt{0.44} = 0.66$$

(ระบบควบคุมความชื้นเบตติงด้วยระบบ IoT)

$$S.D. = \frac{\sum(23.9 - 23.9)^2 + \dots + \sum(23.9 - 23.9)^2}{10 - 1} = \sqrt{0} = 0$$

(เครื่องวัดค่ามาตรฐาน)

$$Relative Error = \left[\frac{X_{mea} - X_t}{X_t} \right] \times 100$$

$$Relative Error = \left[\frac{23.57 - 23.9}{23.9} \right] \times 100 = 3.66\%$$

5. บทสรุป

จากผลการทดลองพบว่า ระบบสามารถวัดค่าความชื้นเฉลี่ยได้ 77.77% ขณะที่เครื่องมือมาตรฐานวัดได้ 78.88% ค่าคลาดเคลื่อนที่ (11.11) คิดเป็น 1.4 % ค่า pH เฉลี่ยที่วัดได้เท่ากับ 6.8 เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน 6.9 ค่าคลาดเคลื่อนที่ (0.1) คิดเป็น 1.4 % และค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 23.57 องศาเซลเซียส ขณะที่เครื่องมือมาตรฐานวัดได้ 23.9 องศาเซลเซียส ค่าคลาดเคลื่อนที่ (0.33) คิดเป็น 1.3 % ซึ่งมีความแตกต่างเพียงเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเครื่องมือมาตรฐาน

โดยสรุป ระบบควบคุมอุณหภูมิ ค่า pH และความชื้นเบตติงด้วยระบบ IoT สามารถนำมาใช้ในการควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับการเลี้ยงไส้เดือนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยให้การจัดการความชื้น ค่า pH และอุณหภูมิเป็นไปอย่างเหมาะสม ลดการดูแลด้วยแรงงานคน และเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT เพื่อพัฒนาระบบเกษตรอัจฉริยะในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. อภิปรายผล

จากการวิจัย ระบบควบคุมอุณหภูมิ ค่า pH และความชื้นเบตติงด้วยระบบ IoT พบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจวัดและควบคุมปัจจัยสำคัญในการเลี้ยงไส้เดือน ได้แก่ ความชื้น ค่า pH และอุณหภูมิได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผลการทดสอบเปรียบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานพบว่าค่าที่วัดได้มีความใกล้เคียงกันมาก กล่าวคือ ค่าความชื้นเฉลี่ยที่ระบบวัดได้เท่ากับ 77.77% ขณะที่เครื่องมือมาตรฐานวัดได้ 78.88% ค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 6.8 เทียบกับค่ามาตรฐาน 6.9 และค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 23.57 องศาเซลเซียส เทียบกับค่ามาตรฐาน 23.9 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในระดับต่ำ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า เซนเซอร์และระบบ IoT ที่นำมาใช้สามารถทำงานได้อย่างแม่นยำและมีความน่าเชื่อถือเพียงพอสำหรับการประยุกต์ใช้ในงานเลี้ยงไส้เดือนจริง ช่วยให้ผู้ใช้สามารถติดตามสภาพแวดล้อมภายในเบตติงได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถสั่งงานระบบให้น้ำอัตโนมัติเพื่อรักษาระดับความชื้นให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนได้

นอกจากนี้ การนำเทคโนโลยี IoT เข้ามาประยุกต์ใช้ยังช่วยลดภาระการตรวจสอบและดูแลด้วยแรงงานคน ลดความผิดพลาดจากการประเมินสภาพเบตติงด้วยสายตา และเพิ่มความสะดวกในการติดตามข้อมูลผ่านแอปพลิเคชัน ทำให้สามารถบริหารจัดการฟาร์มไส้เดือนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างไรก็ตามการทดลองในงานวิจัยนี้ดำเนินการเพียง 10 ครั้ง และใช้ระยะเวลาการเก็บข้อมูลค่อนข้างจำกัด จึงอาจยังไม่ครอบคลุมสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงในระยะยาว เช่น ฤดูกาลที่แตกต่างกัน หรือสภาพอากาศ



ที่มีความผันผวนสูง นอกจากนี้ยังไม่มีการศึกษาความทนทานของอุปกรณ์เมื่อใช้งานต่อเนื่องเป็นเวลานาน รวมถึงการวิเคราะห์ต้นทุนและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบ

ดังนั้น ในการพัฒนาต่อยอดควรเพิ่มระยะเวลาการทดลองให้ยาวนานขึ้น ทดสอบในสภาพการเลี้ยงที่หลากหลาย และพัฒนาระบบให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลหรือคาดการณ์การให้น้ำได้อัตโนมัติ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำในการควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับการเลี้ยงไส้เดือนในอาคารการถ่ายเทอากาศ ที่อุณหภูมิ 21-30 °C หากค่า pH ต่ำกว่า 6.5 ต้องปรับให้สูงขึ้นโดยการเติม ปูนขาว (CaCO_3) หรือโดโลไมท์ ในปริมาณเล็กน้อยคลุกเคล้าให้ทั่วเบตตึง หากค่า pH สูงกว่า 7.5 ต้องปรับให้ลดลง โดยการเติม วัสดุอินทรีย์ที่มีความเป็นกรดอ่อน เช่น เศษผลไม้, กาแฟบด หลีกเลี่ยงการใส่ปุ๋ยหรือสารต่างเพิ่ม และรักษาความชื้นให้เหมาะสม (60-80%) ที่ความคุมสปริงเกอร์ คำนึงถึงฤดูกาลประกอบด้วยตามความเหมาะสม ทั้งนี้จะช่วยให้ระบบมีความพร้อมต่อการนำไปใช้งานจริงในระดับเกษตรกรและเชิงพาณิชย์มากยิ่งขึ้น

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ควรเพิ่มระยะเวลาและจำนวนครั้งในการทดลองเพื่อให้ผลการวิจัยมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ควรมีการเก็บข้อมูลในระยะยาวและทดลองในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เช่น ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว เพื่อศึกษาความเสถียรของระบบในสถานการณ์จริง

7.2 ควรเพิ่มระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติสามารถพัฒนาระบบให้ส่งการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน หรือโทรศัพท์มือถือเมื่อค่าความชื้น ค่า pH หรืออุณหภูมิอยู่ในระดับที่ไม่เหมาะสม เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว

7.3 ควรศึกษาและวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์โดยเปรียบเทียบต้นทุนการติดตั้งระบบ กับผลตอบแทนที่ได้รับ เช่น การลดแรงงาน การเพิ่มผลผลิต และการลดการสูญเสีย เพื่อให้เกษตรกรสามารถตัดสินใจนำระบบไปใช้งานได้ง่ายขึ้น

7.4 ควรนำระบบไปทดสอบในฟาร์มจริงที่มีขนาดแตกต่างกันเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบในสภาพการใช้งานจริง และศึกษาปัญหาที่อาจเกิดขึ้นก่อนการนำไปใช้งานในเชิงพาณิชย์

7.5 ควรพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลอัจฉริยะ (Smart Analytics) โดยนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) หรือการวิเคราะห์ข้อมูลมาใช้ในการคาดการณ์ความต้องการน้ำและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมของไส้เดือน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการและลดการใช้ทรัพยากรโดยไม่จำเป็น

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ที่ให้การสนับสนุนด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ สถานที่ และข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

9. เอกสารอ้างอิง

- โกศล หมายทอง. (2553). *วิธีการเลี้ยงไส้เดือนในบ่อปูน*. <https://www.rakbankerd.com/agriculture/print.php?id=1263&s=tblanimal>
- จิราวุธ วารินทร์. (2561). *Arduino UNO พื้นฐานสำหรับงาน IoT*. Prompt.
- เซนเซอร์วัดความชื้น. (2565). <https://www.ponpe.com/tech/426-sensor.html>
- ดอนสัน ปงผาบ, อภิศักดิ์ พรหมฝ่าย, และพีรพล จันทร์หอม. (2565). *IoT เบื้องต้นบน NodeMCU*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ติดตั้งโปรแกรมและโหลด Arduino IDE เพื่ออัปเดตโปรแกรม Update 2026. (2569). <https://www.ab.in.th/article/3/ติดตั้งโปรแกรมและโหลด-arduino-ide-เพื่ออัปเดตโปรแกรม-update-2026>
- บัณฑิตพงษ์ ศรีอำนาจ, สราวุธ แผลงศร, วีระสิทธิ์ ปิติเจริญพร, และพิมพ์ใจ สีหะนาม. (2562). การออกแบบระบบสมาร์ตฟาร์มโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับมะนาว จังหวัดเพชรบุรี. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา ครั้งที่ 6 ประจำปี พ.ศ. 2562 “สังคมผู้สูงวัย: โอกาสและความท้าทายของอุดมศึกษา”* (น. 808-816). วิทยาลัยนครราชสีมา, http://journal.nmc.ac.th/th/admin/Journal/2562Vol9No1_89.pdf
- รู้จักกับ Arduino ESP8266 (NodeMCU). (2558). <http://www.ayarafun.com/2015/08/introduction-arduino-esp8266-nodemcu/>
- เลี้ยงไส้เดือนง่ายๆ ต้นทุนน้อย ผลผลิตคุ้มค่า. (2561). <https://thaicityfarm.com/2018/08/05/เลี้ยงไส้เดือนง่ายๆ-ต้น/>
- วิธีติดตั้ง Blynk บน Arduino IDE. (2568). <https://www.arduino-makerzone.com/article/51/blynk-app-basic-ep2-วิธีติดตั้ง-blynk-บน-arduino-ide>
- หลักการทำงานของ pH meter. (2563). <https://www.neonics.co.th/ph/ph-meter-principles.html>
- หาวัดค่า pH ในน้ำบริสุทธิ์และน้ำบริสุทธิ์พิเศษ. (2568). <https://www.mt.com/th/th/home/products/Process-Analytics/pH-probe/pH-ORP-Thornton-water.html>
- Pawanant, K., Charoensuk, K., and Pongsri, P. (2026). Development of an IoT-Based Smart Farming System Powered by Solar Energy with Supplemental LED Lighting for Green Cos Lettuce Cultivation. *Thailand Electrical Engineering Journal*, 6(2), 16-19.