

การพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะปลูกสำหรับ
ครัวเรือน

Development of Environmental Control System within a Greenhouse for Households

กัญญา โกลุสมภ^{1*} กฤษตกานต์ พุทธชาติ¹ กวิน วุฒิสิงห์ชัย¹ ธิรวุฒิ ดีบาง¹ วิศรุต คำพิมาย¹
วิศรุต คมพรมราช¹ อรุณรค์ ลีส้มบัติ¹ วิรัตน์ หวังเขื่อนกลาง¹ และเด่น คอกพิมาย¹
Kanya Kosum^{1*} Krittakran Phuttachart¹ Kawin Wutthisingchai¹
Thirawut Deebang¹ Witsarut Khamphimai¹ Wissarut Komprommarat¹
Arunruck Leesombut¹ Virat Wangkuanklang¹ and Den Kogphimai¹

Received: April 24, 2022; Revised: June 24, 2022; Accepted: June 24, 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบและทดสอบความสามารถในการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยกับดินภายในโรงเรือนเพาะปลูกแบบหลังคาโค้งกว้าง 1.5 ม. ยาว 2 ม. สูง 2.6 ม. โดยใช้หลักการของระบบความดันลบร่วมกับการพ่นละอองน้ำแบบอัตโนมัติซึ่งมีบอร์ด Arduino เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน และเซ็นเซอร์วัดความเข้มข้นปุ๋ยในดินภายในโรงเรือนเพาะปลูก โดยสามารถควบคุมการทำงานของระบบได้ทั้งในระยะใกล้ที่ตู้ควบคุมข้างโรงเรือนเพาะปลูก หรือระยะไกลผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์สมาร์ทโฟนพบว่า ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนทั้งหมดสามารถทำงานได้ตามที่ผู้ใช้งานตั้งค่า โดยระบบควบคุมอุณหภูมิมีการใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำสูงสุดคือ ร้อยละ 40 ระบบควบคุมการให้น้ำกับดินร้อยละ 34 ระบบควบคุมการให้น้ำกับดินร้อยละ 20 และระบบควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อยละ 6 และระบบควบคุมอุณหภูมิสามารถลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้ต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนสูงสุด 5 °C

คำสำคัญ : โรงเรือนเพาะปลูก; อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง; การควบคุมสภาพแวดล้อม; Arduino

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

¹ Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima

* Corresponding Author, Tel. 09 7343 1107, E - mail: kk_changnoi@yahoo.com

Abstract

The objective of this research was to design and test the operability of air, temperature, and humidity control system and water and fertilizer control system for the soil within a curved roof greenhouse that was 1.5 m wide, 2 m long, 2.6 m high by using the principle of negative pressure system together with automatic water spraying. There was an Arduino board that controlled the operation of temperature sensors, air humidity sensors, soil moisture sensors and fertilizer concentration sensors inside the greenhouse. The system could be controlled both imminently at the control cabinet next to the greenhouse and remotely via an application on a smartphone. It was found that all the environmental control systems in the greenhouse were able to operate according to the user's settings. The temperature control system had the highest use of electricity and water at 40 %, the soil fertilization control system at 34 %, the soil irrigation control system at 20 %, and the air humidity control system at 6 %. Moreover, the temperature control system could reduce the temperature inside the greenhouse by up to 5 °C.

Keywords: Greenhouse; IoT; Environment Control; Arduino

ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันปัญหาด้านสุขภาพของมนุษย์ส่วนหนึ่งมาจากการบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนของสารพิษ ซึ่งผักเป็นอาหารที่คนไทยนิยมนำมารับประทานกันมากเนื่องจากมีคุณค่าทางอาหาร ทั้งวิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายสูง และผักคืออาหารที่มีการปนเปื้อนของสารพิษ เพราะค่านิยมในการบริโภคผักนั้นมักจะเลือกบริโภคผักที่สวยงามไม่มีร่องรอยการทำลายของหนอนและแมลงศัตรูพืช ดังนั้นการปนเปื้อนของสารพิษจึงเป็นผลมาจากการที่เกษตรกรผู้ปลูกต้องใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดแมลง และเชื้อโรคต่าง ๆ ที่จะทำลายผัก เพราะหากปล่อยตามธรรมชาติไม่มีการป้องกันก็จะทำให้ผักถูกทำลายจากแมลง และเชื้อโรคต่าง ๆ เหล่านั้นทำให้ผักที่ได้มีปริมาณน้อยและไม่งามตรงตามความต้องการของผู้บริโภค จึงมีเกษตรกรบางส่วนที่มีทุนในการผลิตเปลี่ยนไปปลูกผักปลอดสารพิษ หรือผักปลอดภัยจากสารพิษนั่นคือ ผลผลิตพืชผักที่ไม่มีสารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชตกค้างอยู่ หรือมีตกค้างอยู่ไม่เกินระดับมาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้ ในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 163 พ.ศ. 2538 ลงวันที่ 28 เมษายน 2538 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง [1] แต่การปลูกผักปลอดสารพิษในประเทศไทยนั้นส่วนใหญ่จะปลูกบนพื้นที่สูงของภาคเหนือ [2] อีกด้วยการปลูกผักปลอดสารพิษนั้นเกษตรกรผู้ปลูกต้องมีทุน มีความเข้าใจ และมีเวลาในการดูแลเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของผู้บริโภค จึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ไม่เป็นที่นิยมปลูกเพื่อรับประทานในครัวเรือน ประกอบกับวิถีชีวิตของครอบครัวในปัจจุบันที่เป็นครอบครัวขนาดเล็กที่มีความเร่งรีบในการทำงานประจำ และไม่มีพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการทำเป็นแปลงเพาะปลูก แต่เพื่อสุขภาพที่ดีจึงต้องยอมซื้อผักปลอดสารพิษที่มีราคาแพงกว่าผักที่ปลูกด้วยวิธีการทั่วไปเพื่อบริโภค ประกอบกับสถานการณ์ปัจจุบันที่มีการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา (COVID-19) ทำให้การเดินทางเลือกซื้อผักปลอดสารพิษที่ตลาดหรือซูเปอร์มาร์เก็ตนั้นไม่สะดวกเช่นที่ผ่านมา

การปลูกผักในโรงเรือนเพาะปลูกเป็นวิธีการผสมผสานในการควบคุมศัตรูพืชของการปลูกผักปลอดสารพิษ โดยโรงเรือนเพาะปลูกคือ โครงสร้างที่ประกอบด้วยวัตถุหลายประเภท พร้อมทั้งมีวัสดุโปร่งแสงทำหน้าที่เป็นหลังคาปกคลุมเพื่อลดปริมาณแสงแดดที่ส่องผ่านเข้าไปในโรงเรือนเพาะปลูก ด้วยลักษณะดังกล่าวทำให้สามารถ

ลดโอกาสเสี่ยงในการปนเปื้อนเชื้อโรค แมลงศัตรูพืช และยังสามารถควบคุมปัจจัยเรื่องสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชได้ และด้วยปัจจุบันมนุษย์เริ่มคุ้นเคยกับเทคโนโลยีที่สามารถควบคุมสิ่งของต่าง ๆ จากที่ใด ๆ ไม่ว่าจะระยะไกลหรือใกล้ เช่น การปิด-เปิดไฟส่องสว่างที่บ้านพักจากที่ทำงาน ซึ่งนั่นคือ เทคโนโลยีเพื่อทุกสรรพสิ่ง (IoT) ที่หมายถึง เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมต่ออุปกรณ์กับเครื่องมือต่าง ๆ เข้าไว้ด้วยกัน โดย IoT มีความจำเป็นต้องทำงานร่วมกับอุปกรณ์ประเภท RFID และ Sensors ซึ่งเปรียบเสมือนการเดิมสมองให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ และสิ่งที่จำเป็นคือ การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตให้อุปกรณ์สามารถรับส่งข้อมูลถึงกันได้ [3] เมื่อมีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับการเกษตรจึงเป็นที่มาของสมาร์ทฟาร์ม ที่เป็นรูปแบบการทำเกษตรแบบใหม่ที่จะทำให้การทำเกษตรมีภูมิคุ้มกันต่อสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป โดยการนำข้อมูลของภูมิอากาศมาใช้ในการบริหารจัดการ ดูแลพื้นที่เพาะปลูก เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพอากาศที่เกิดขึ้นรวมถึงการเตรียมพร้อมรับมือกับสภาพอากาศที่จะเปลี่ยนแปลง มีรายงานจากการวิจัยการออกแบบตัวต้นแบบระบบโรงเรือนอัจฉริยะเพื่อส่งเสริมความสะดวกสบายให้กับผู้สูงอายุโดยใช้ IoT ที่พบว่าการออกแบบตัวต้นแบบที่ประกอบด้วย โมดูลอุณหภูมิ โมดูลความชื้น โมดูลวัดความชื้นในดิน โมดูลพัดลม โมดูลปั้มน้ำ โดยใช้ NETPIE ที่เป็นแพลตฟอร์มให้บริการผ่านเทคโนโลยีคลาวด์สำหรับเชื่อมต่อสื่อสารในรูปแบบอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสรรพสิ่งนั้นสามารถนำตัวต้นแบบระบบโรงเรือนอัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสรรพสิ่งได้ไปประยุกต์ใช้เพื่อส่งเสริมความสะดวกสบายให้กับผู้สูงอายุอย่างเหมาะสม [4] และการออกแบบระบบสมาร์ทฟาร์มโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับฟาร์มมะนาวด้วย IoT มีเซ็นเซอร์วัดค่าข้อมูลของฟาร์มมะนาวโดยการกำหนดค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความชื้นและความเป็นกรด-ด่างในดินพบว่า การออกแบบแผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์ IoT (Node MCU) กับ Arduino Board และระบบเซ็นเซอร์พร้อมกับการพัฒนา Application สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ IoT สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์โมบายโฟน Application ต่าง ๆ โดยสามารถรองรับการใช้งานได้ทั้งระบบปฏิบัติการ IOS และ Android และสามารถแสดงข้อมูลตามค่ามาตรฐานได้ [5] ส่วนการออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับโรงเรือนเพาะเห็ดด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้น้ำในการพ่นหมอกเพื่อลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นเมื่อทดสอบระบบควบคุมพบว่า ระบบสามารถทำงานตามเงื่อนไขที่ออกแบบไว้ และสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนอยู่ระหว่าง 25 - 35 °C ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ร้อยละ 80 - 85 ได้ผลผลิตเฉลี่ยมากกว่าแบบโรงเรือนทั่วไป [6] หรือการศึกษา ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการปลูกผักสลัดบนระบบไฮโดรโปนิคส์แบบ NFT โดยพัฒนาในรูปแบบใช้ระบบฝังตัวเข้ามาควบคุม มีการออกแบบระบบให้ครอบคลุมกับสภาพแวดล้อมที่พืชต้องการ แบ่งระบบออกเป็น 4 ส่วนย่อย คือ ระบบควบคุมอุณหภูมิ ระบบควบคุมความชื้น ระบบพรางแสง และระบบเก็บข้อมูลพบว่า ระบบสามารถใช้งานได้ทุกระบบย่อยมีการทำงานอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ [7] และการทดสอบประสิทธิภาพของระบบพ่นหมอกสำหรับลดอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือนของหมู่บ้านอวารานในประเทศอิสราเอล โดยใช้วิธีการคำนวณอัตราการไหลของน้ำสำหรับใช้ในการพ่นหมอก และอัตราการไหลของอากาศสำหรับระบายอากาศแล้วเปรียบเทียบกับระบบ Evaporative Pad ที่พบว่า ระบบพ่นหมอกมีประสิทธิภาพในการกระจายตัวของอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนได้สม่ำเสมอมากกว่าระบบ Evaporative Pad [8]

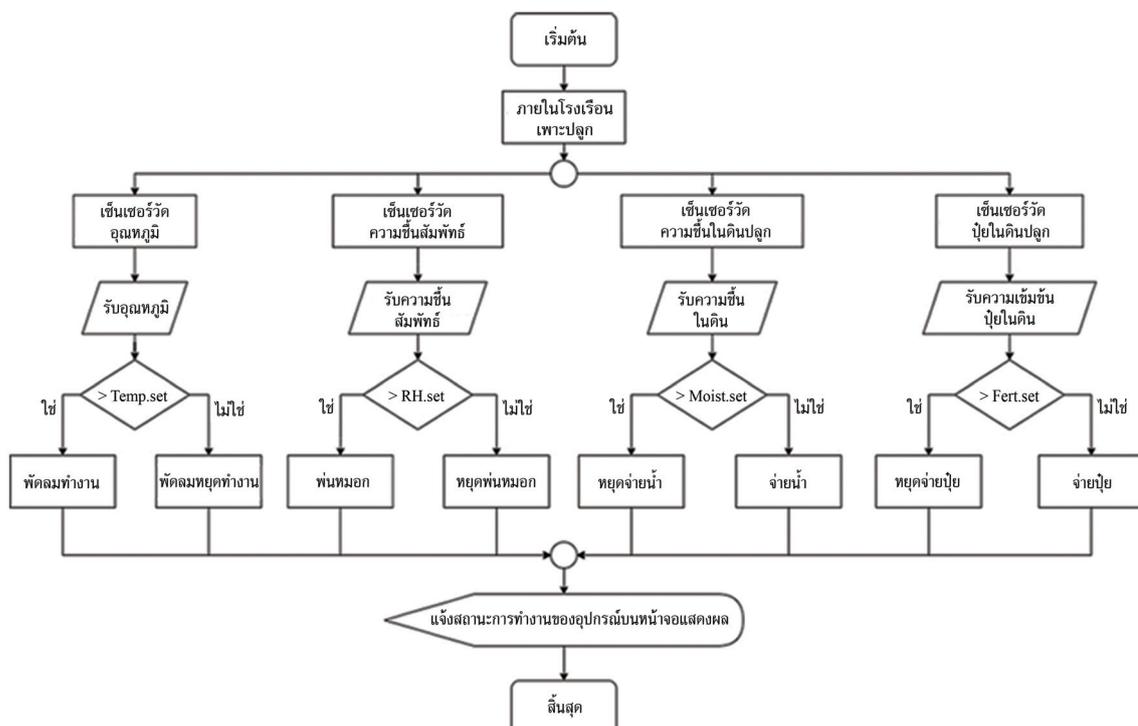
เนื่องจากสภาวะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลก [9] และลักษณะของภูมิประเทศเป็นตัวแปรที่จะส่งผลต่อลักษณะของภูมิอากาศ ดังนั้นแต่ละพื้นที่ที่ทำการเพาะปลูกจะมีสภาวะอากาศที่แตกต่างกันไปด้วย และจากผลของการศึกษางานวิจัยข้างต้นพบว่า เป็นระบบที่ใช้เพื่อควบคุมพืชชนิดใดชนิดหนึ่ง และระบบใหญ่ที่มีต้นทุนสูง จึงอาจจะไม่เหมาะสมกับการลงทุนสำหรับการปลูกพืชผักสวนครัวเพื่อบริโภคในครัวเรือน และพื้นที่ว่างของบ้านที่อยู่ในชุมชนเมือง ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้ทำการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะปลูกขนาดเล็กสำหรับครัวเรือน ให้มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในโรงเรือนเพาะปลูก ควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยกับดินปลูกภายในโรงเรือนเพาะปลูกให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชผักสวนครัว โดยที่ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการทำงานของระบบต่าง ๆ ที่พัฒนาขึ้นผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือด้วยเทคโนโลยี IoT ที่ได้รับความนิยมนำมาประยุกต์ใช้กับชีวิตประจำวัน

ของมนุษย์ในปัจจุบัน ภายใต้ขอบเขตคือ ระบบควบคุมที่ออกแบบไม่มีความซับซ้อน อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ ต่อวงจรเป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่มีขายตามร้านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป มีราคาย่อมเยา เพื่อให้ตรงกับวัตถุประสงค์ เพื่อใช้งานในครัวเรือน เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถดูแลรักษาและซ่อมบำรุงเองได้

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้จัดทำได้มุ่งเน้นที่การออกแบบและพัฒนาการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโรงเรือนเพาะปลูก ระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยในดิน ดังรูปที่ 1 และ แบ่งการศึกษาเป็น 4 ส่วน คือ 1) การออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในโรงเรือนเพาะปลูก 2) การออกแบบระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยในดินภายในโรงเรือนเพาะปลูก 3) การออกแบบและสร้างโรงเรือนเพาะปลูกสำหรับครัวเรือน และ 4) การทดสอบความสามารถในการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยในดิน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

เมื่อสภาวะอากาศโดยทั่วไปของประเทศไทยจัดอยู่ในเขตร้อนชื้นที่พบว่า ฤดูร้อนอุณหภูมิภายในโรงเรือน สูงเกินความต้องการของพืช เนื่องจากมีการสะสมความร้อนภายในโรงเรือนแต่ไม่มีการระบายอากาศออกสู่ภายนอก ทำให้เกิดผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโต จึงจำเป็นต้องมีการนำพัดลมมาช่วยในระบายอากาศภายในโรงเรือน แต่ถ้ามีการระบายอากาศมากเกินไปจะทำให้พืชมีอัตราการหายใจมากขึ้น คายน้ำเพิ่มขึ้น ทำให้ความชื้นที่ต้นพืชลดลง ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช [10] ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้นำแผ่นทำความเย็นเข้ามาติดตั้งเพื่อทำงาน ร่วมกับพัดลม โดยอาศัยหลักการ Negative Pressure System คือให้พัดลมทำหน้าที่ดูดอากาศจากภายในโรงเรือนออกนอกโรงเรือน แล้วอากาศจากภายนอกที่เย็นจะไหลเข้ามาแทนที่ภายในโรงเรือนต้องผ่านแผ่นทำความเย็น ทำให้อากาศเย็นลง [11] และมีหัวพ่นหมอกมาทำหน้าที่ในการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโรงเรือน เพาะปลูก [12] โดยสมการที่ (1) และ (2) สำหรับการคำนวณหาขนาดและจำนวนพัดลมดูดอากาศ สมการที่ (3) สำหรับการคำนวณหาความสามารถในการลดอุณหภูมิของแผ่นทำความเย็นเมื่อทราบประสิทธิภาพ และสมการที่ (4) สำหรับการคำนวณหาขนาดของปั๊มที่ต้องใช้ในระบบ



รูปที่ 1 แผนผังการทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะปลูก

$$CFM = V \times 35.28 \times ACH \times \frac{1}{60} \quad (1)$$

$$Fan = V / CFM \quad (2)$$

เมื่อ

- CFM = ความสามารถในการดูดอากาศของพัดลม
- V = ปริมาตรของโรงเรือนเพาะปลูกร
- ACH = จำนวนครั้งของการเปลี่ยนปริมาตรอากาศต่อชั่วโมง
- Fan = จำนวนพัดลมดูดอากาศ

$$Temp_{final} = (Temp_{dry} - Temp_{wet}) \times (\eta_{pad} / 100) \quad (3)$$

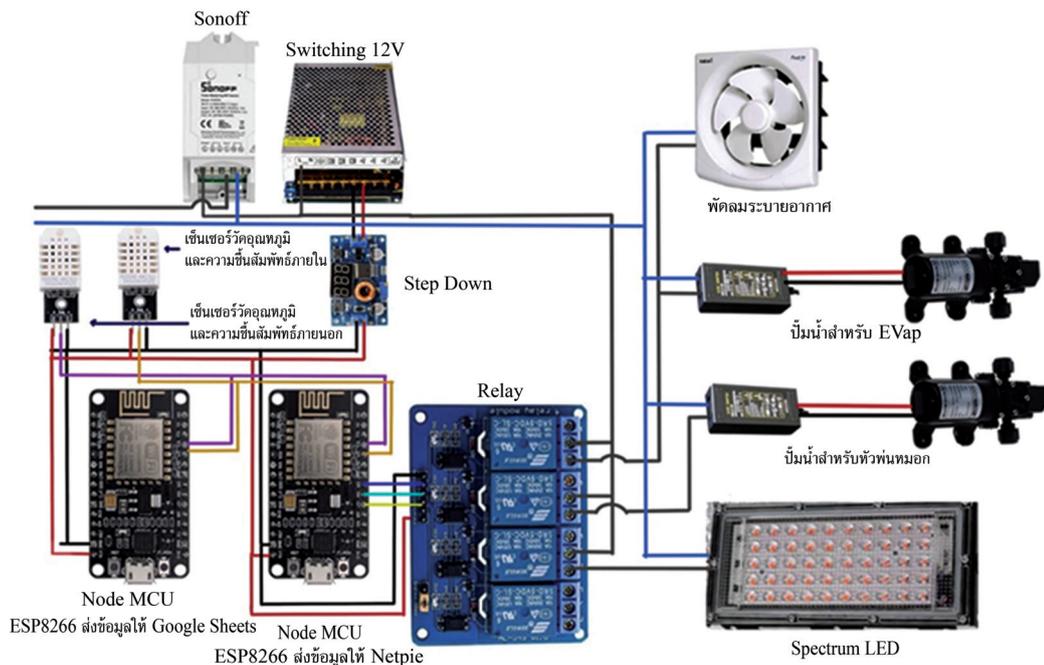
เมื่อ

- $Temp_{final}$ = อุณหภูมิอากาศที่ลดลง
- $Temp_{dry}$ = อุณหภูมิกระเปาะแห้ง
- $Temp_{wet}$ = อุณหภูมิกระเปาะเปียก
- η_{pad} = ประสิทธิภาพของแผ่นทำความเย็น

$$Bhp = Whp / \eta_p \quad (4)$$

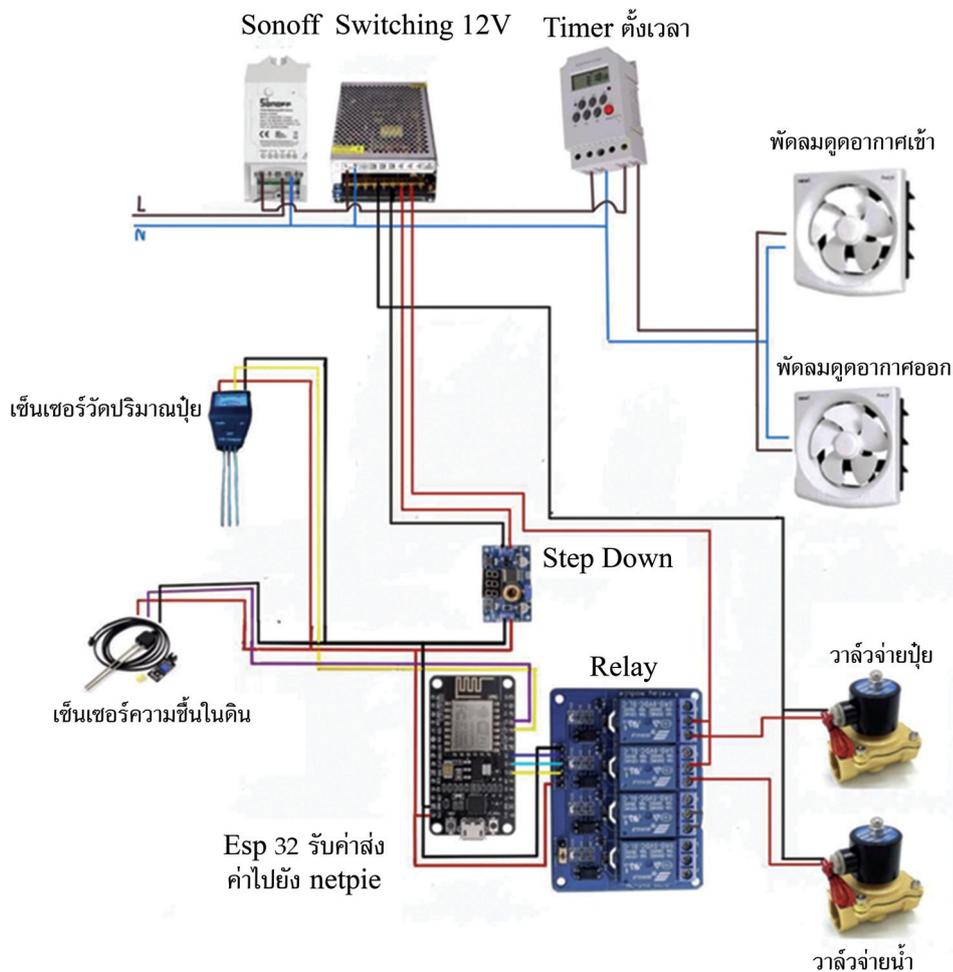
เมื่อ

- Bhp = กำลังม้าต้นกำลังของปั๊ม
- Whp = แรงม้าทางทฤษฎี
- η_p = ประสิทธิภาพของปั๊ม



รูปที่ 2 วงจรระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในโรงเรือนเพาะปลูกร

1. การออกแบบการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโรงเรือนเพาะปลูก จากรูปที่ 2 โดยโปรแกรมจะรับค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และความเข้มแสงโดยตรงจากผู้ใช้งานพร้อมทั้งอ่านค่าจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และเซ็นเซอร์แสง ซึ่งค่าที่รับจากเซ็นเซอร์จะถูกนำไปใช้ในการควบคุมในระบบอัตโนมัติ โดยระบบจะทำการตรวจสอบเงื่อนไขต่าง ๆ ที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และเซ็นเซอร์แสง โดยแต่ละเงื่อนไขที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์แต่ละตัว คือ พัฒลมระบายอากาศเพื่อลดอุณหภูมิ สายพ่นละอองหมอกเพื่อเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ และหลอดไฟเพื่อเพิ่มความสว่าง โดยอุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้จะเชื่อมต่ออยู่กับรีเลย์ เมื่อตรวจสอบเงื่อนไขแล้วเสร็จจะมี Node MCU (บอร์ดคอนโทรลเลอร์) [13] ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์และเชื่อมต่อสัญญาณ Wi-Fi เพื่อนำค่าที่วัดได้และสถานะของอุปกรณ์ไปแสดงผลที่แอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน หรือคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้งาน ทั้งนี้ผู้ใช้งานสามารถปิดการทำงานของระบบอัตโนมัติ และควบคุมโดยตรงผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน หรือคอมพิวเตอร์ได้ โดยที่หน้าจอบนแอปพลิเคชันที่แสดงผลการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในโรงเรือนเพาะปลูกดังรูปที่ 4(ก) โดยที่เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีความสามารถวัดอุณหภูมิในช่วง -40°C ถึง 80°C และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ 0 ถึง 100 %RH



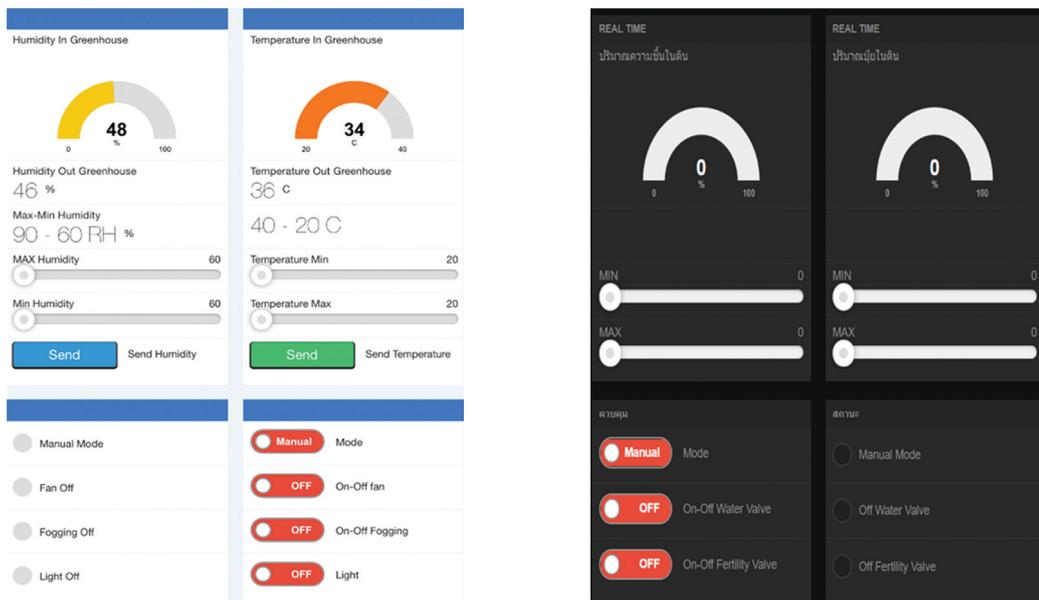
รูปที่ 3 วงจรระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยในดินภายในโรงเรือนเพาะปลูก

2. การออกแบบการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยกับดินปลูกภายในโรงเรือนเพาะปลูก จากรูปที่ 3 เซ็นเซอร์ตรวจจับความชื้นในดินจะทำการส่งค่าความชื้นที่วัดได้ไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อส่งสัญญาณให้กับรีเลย์เพื่อเปิดระบบน้ำในกรณีที่ความชื้นของดินภายในโรงเรือนเพาะปลูก

ต่ำกว่าค่าในช่วงที่กำหนดไว้ (การกำหนดค่าความชื้นและปุ๋ยในดินจะกำหนดเป็นช่วง เช่น 45 - 50 %) เพื่อเพิ่มความชื้นในดินให้สูงขึ้นจนถึงค่าความชื้นมากที่สุดที่กำหนดไว้ จึงส่งสัญญาณย้อนกลับไปที่ตัดระบบให้ปิดน้ำ และสำหรับระบบควบคุมปริมาณปุ๋ยในดินนั้นจะมีเซ็นเซอร์ตรวจวัดปริมาณปุ๋ยว่าอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้หรือไม่ หากปริมาณปุ๋ยมีค่าต่ำกว่าช่วงที่กำหนดไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณไปยังรีเลย์เพื่อเปิดวาล์วจ่ายปุ๋ยให้กับดินจนถึงค่าที่กำหนดไว้จึงจะส่งสัญญาณย้อนกลับไปที่ปิดวาล์วจ่ายปุ๋ย ซึ่งการแสดงผลและการควบคุมการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยในดินภายในโรงเรือนเพาะปลูกจะแสดงผ่านหน้าจอ ดังรูปที่ 4(ข) โดยที่เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน และเซ็นเซอร์วัดปริมาณปุ๋ยในดินที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีความสามารถวัดความชื้นในดินในช่วง 0 - 90 % ที่ช่วงอุณหภูมิ 20 - 50 °C และเซ็นเซอร์วัดปริมาณปุ๋ยมีความสามารถวัดปุ๋ย NPK ในช่วง N = 50 - 200 ppm, P = 4 - 14 ppm และ K = 50 - 200 ppm

3. การออกแบบและสร้างโรงเรือนเพาะปลูก

คณะผู้วิจัยเลือกแบบหลังคาโค้งที่เหมาะสมสำหรับการใช้ระบบ Evaporation ช่วยในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน [14] และออกแบบให้เป็นโรงเรือนขนาดเล็กที่สามารถวางไว้บนพื้นที่ว่างข้างบ้าน จึงมีความกว้าง 1.5 เมตร ความยาว 2 เมตร ความสูง 2.6 เมตร มีเหล็กท่อกลมขนาด 6 ท่อน เป็นเหล็กโครงสร้างคลุมด้วย Polyethylene หนา 0.15 มิลลิเมตร ภายในโรงเรือนประกอบด้วย พัดลมระบายอากาศ 2 จุด (ที่ด้านบนของประตูทางเข้าของโรงเรือนและด้านหลังของโรงเรือน) ทิวพ่นหมอก 4 ทิว (ที่มุมทั้ง 4 ของโรงเรือน) แผงระเหย 1 แผง (ที่ด้านหลังของโรงเรือน) ชุดการให้น้ำและปุ๋ย 1 ชุด (ที่กระบะปลูกภายในโรงเรือน) ตู้ควบคุมระบบภายในโรงเรือน 2 ตู้ (ที่ด้านซ้ายภายนอกของโรงเรือน) ดังแสดงในรูปที่ 5(ก) และ (ข)

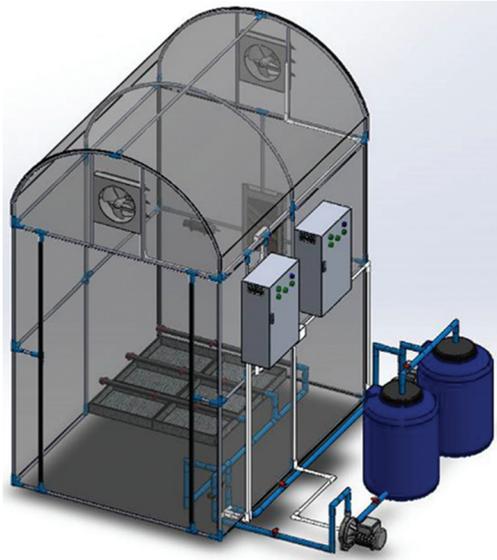


(ก) ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (ข) ระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ย
 รูปที่ 4 หน้าจอควบคุมและแสดงการทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะปลูก

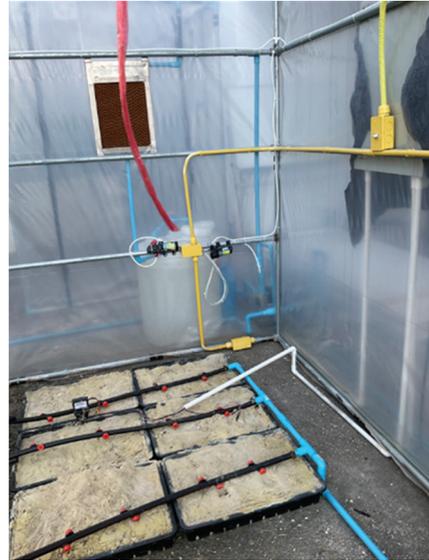
4. การทดสอบความสามารถในการทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะปลูก

โดยเตรียมโรงเรือนเพาะปลูกและทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เซ็นเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดิน เซ็นเซอร์ตรวจวัดปุ๋ยในดิน และทดสอบการทำงานของแอปพลิเคชันควบคุม เซ็นเซอร์ให้อยู่ในสภาพที่พร้อมสำหรับการทำงาน จึงเริ่มการทดสอบโดยทำการตั้งค่าอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนเพาะปลูก ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในโรงเรือนเพาะปลูก ความชื้นและปริมาณปุ๋ยในดินภายในโรงเรือนเพาะปลูกที่หน้าจอควบคุมในแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน หรือคอมพิวเตอร์ พร้อมทั้งเปิดระบบการทำงาน

เพื่อให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ทำงานต่อเนื่องตั้งแต่เวลา 09.30 - 16.30 น. โดยกำหนดค่าเริ่มต้นของอุณหภูมิภายในโรงเรือนเพาะปลูกที่ 29 - 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในโรงเรือนเพาะปลูกที่ 70 - 80 %RH [15] ในทุกการทดสอบ และเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน 3 ระดับ ปริมาณความเข้มข้นของปุ๋ยในดิน 3 ระดับ ทำการทดสอบระดับละ 3 ชั่วโมง เพื่อนำผลการตรวจวัดของเซ็นเซอร์ทุกตัวที่ระบบได้ทำการบันทึกไว้บนคลาวด์มาวาดกราฟด้วยโปรแกรม SciDaVis เพื่อวิเคราะห์ผลการทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะปลูก



(ก) โรงเรือนเพาะปลูก



(ข) ภายในโรงเรือนเพาะปลูก

รูปที่ 5 โรงเรือนเพาะปลูก

ผลการทดสอบและการอภิปรายผล

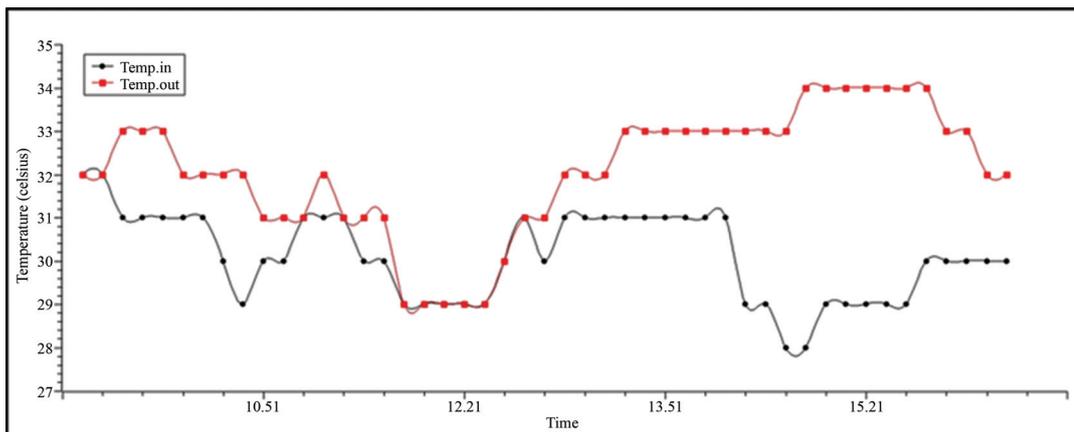
จากการดำเนินการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะปลูกเกิดขึ้นในช่วงที่มีพายุฤดูร้อน จึงมีสภาพอากาศที่แปรปรวน เช่น ฝนตกช่วงเช้า ระหว่างวันมีการตกและหยุดเป็นช่วง ๆ มีลมพัดแรง และมีอากาศที่อบอ้าวในบางช่วงเวลา

การทดสอบที่ 1 กำหนดค่าเริ่มต้นของสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนให้มีอุณหภูมิ 29 - 31 °C ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 70 - 80 %RH [16] ความชื้นในดินร้อยละ 48 ถึงร้อยละ 57 และปริมาณความเข้มข้นของปุ๋ยที่ร้อยละ 51 - 59 รายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 6

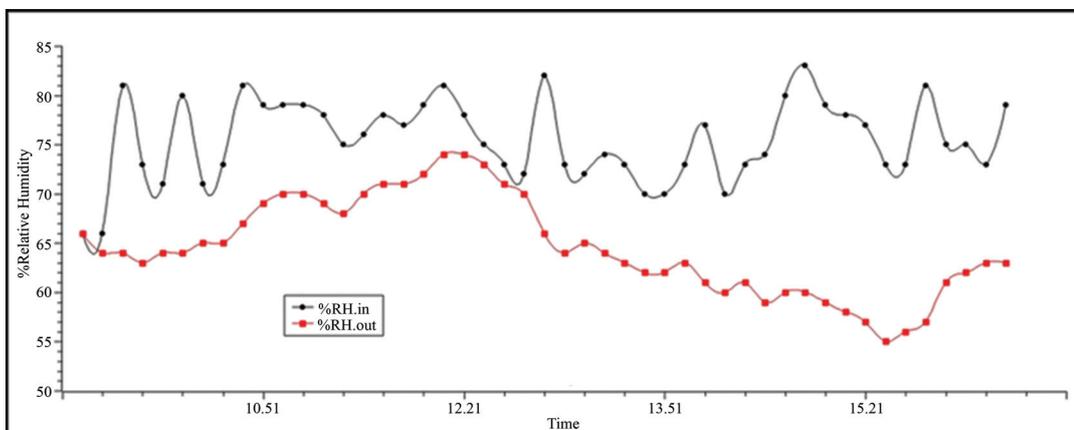
จากรูปที่ 6(ก) เส้นสีดำ แสดงถึงค่าอุณหภูมิภายในโรงเรือน และเส้นสีแดง แสดงถึงค่าอุณหภูมิภายนอกโรงเรือน เริ่มการทดสอบที่อุณหภูมิภายในและภายนอกเท่ากับ 32 °C โดยการทำงานของระบบคือ ถ้าอุณหภูมิภายในโรงเรือนเพาะปลูกสูงกว่าช่วงของอุณหภูมิที่กำหนดไว้ พัดลมและแผงระเหยจะเริ่มการทำงานตามหน้าที่คือ พัดลมทั้ง 2 ตัวจะทำหน้าที่ดูดอากาศร้อนภายในโรงเรือนออกสู่ภายนอกโรงเรือน เพราะการระบายอากาศภายในโรงเรือนระบบปิดจะต้องอาศัยการทำงานของพัดลมเป็นหลัก เพื่อทำหน้าที่ในการดูดอากาศเย็นเข้าไปทดแทนความร้อนที่อยู่ภายในโรงเรือน [16] เมื่ออากาศภายในลดลง จะมีการรักษาสมดุลของอากาศภายในโรงเรือนด้วยการถ่ายเทอากาศภายนอกเข้ามาภายในโรงเรือนผ่านทางแผงระเหยเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำที่อยู่ภายในแผงระเหย ทำให้อากาศที่ผ่านเข้ามาภายในโรงเรือนมีอุณหภูมิต่ำลงจนถึงค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่กำหนดไว้ พัดลมและแผงระเหยจึงจะหยุดการทำงาน และจะเริ่มทำงานอีกครั้งเมื่ออุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงกว่าค่าอุณหภูมิสูงสุดที่กำหนดไว้ โดยอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เวลา 12.40 น. ไปจนถึงเวลา 15.50 น. อุณหภูมิจึงเริ่มลดลง ส่วนอุณหภูมิภายในโรงเรือนจะเริ่มลดลงอย่างต่อเนื่อง

จนถึงค่าต่ำสุดที่กำหนดไว้ที่เวลา 10.45 น. และเมื่ออุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงขึ้นถึงค่าสูงสุดที่กำหนดไว้ระบบจึงกลับมาทำงานอีกครั้งที่เวลา 13.30 น. ตลอดระยะเวลาของการทดสอบนี้ตั้งแต่เวลา 09.30 - 16.30 น. พบว่า พัดลมและแผงระเหยมีการทำงานทั้งหมด 2 ครั้ง รวมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 25 นาที มีการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 0.13 หน่วย และปริมาณน้ำที่จ่ายเข้าไปในระบบ 0.44 ลบ.ม.

จากรูปที่ 6(ข) เส้นสีดำคือ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในโรงเรือน และเส้นสีแดงคือ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายนอกโรงเรือน เมื่อเริ่มต้นการทดสอบความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในและภายนอกโรงเรือนเพาะปลูกมีค่าเท่ากับ 66 %RH ซึ่งต่ำกว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่กำหนดไว้ ดังนั้นปั๊มน้ำจึงเริ่มจ่ายน้ำไปยังหัวพ่นหมอกให้จ่ายละอองน้ำภายในโรงเรือนเพื่อเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในโรงเรือน จนกระทั่งเซ็นเซอร์ตรวจจับค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศได้เท่ากับ 80 %RH จึงหยุดการทำงาน และจะเริ่มทำงานอีกครั้งเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในโรงเรือนต่ำกว่า 70 %RH ที่กำหนดไว้ ซึ่งระบบควบคุมสามารถสั่งให้หัวพ่นหมอกจ่ายละอองน้ำภายในโรงเรือนทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ [17] พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายนอกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงเวลา 12.30 น. และเริ่มลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงเวลา 15.48 น. จากนั้นความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงสิ้นสุดการทดสอบ ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในโรงเรือนจะมีการเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงสุดที่ตั้งไว้ จึงหยุดการพ่นหมอก ตลอดการทดสอบนี้มีการพ่นหมอกทั้งหมด 9 ครั้ง รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 118 นาที มีการใช้พลังทั้งหมด 0.05 หน่วย และปริมาณน้ำที่จ่ายเข้าไปในระบบ 0.06 ลบ.ม.

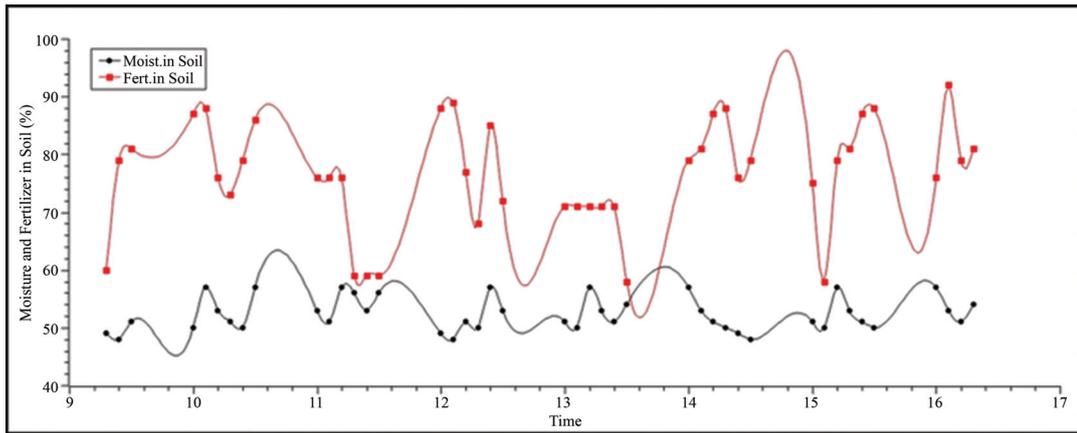


(ก) ระบบควบคุมอุณหภูมิ



(ข) ระบบควบคุมความชื้นสัมพัทธ์

รูปที่ 6 การทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะปลูก การทดสอบที่ 1



(ค) ระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ย

รูปที่ 6 การทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะปลูก การทดสอบที่ 1 (ต่อ)

จากรูปที่ 6(ค) เส้นสีดำคือ ความชื้นในดินปลูกภายในโรงเรือน และเส้นสีแดงคือ ปริมาณความเข้มข้นของปุ๋ยในดินปลูกภายในโรงเรือน เมื่อเริ่มการทดสอบดินมีความชื้นร้อยละ 49 และมีปริมาณความเข้มข้นของปุ๋ยร้อยละ 51 พบว่าเมื่อเซ็นเซอร์ความชื้นในดินตรวจจับค่าได้ที่ร้อยละ 49 ระบบจึงเปิดวาล์วน้ำเพื่อเพิ่มปริมาณความชื้นในดินจนถึงร้อยละ 57 ที่เวลา 10.00 น. ระบบหยุดการจ่ายน้ำ และระบบการจ่ายน้ำเริ่มทำงานอีกครั้งเมื่อความชื้นในดินต่ำกว่าร้อยละ 49 และปริมาณความเข้มข้นของปุ๋ยในดิน พบว่าเซ็นเซอร์ปุ๋ยตรวจจับค่าความเข้มข้นของปุ๋ยในดินได้ร้อยละ 51 จึงส่งสัญญาณเพื่อสั่งให้เปิดวาล์วน้ำปุ๋ยจนกระทั่งปริมาณความเข้มข้นของปุ๋ยในดินจนถึงร้อยละ 57 และระบบจะเริ่มทำงานอีกครั้งเมื่อค่าปุ๋ยต่ำกว่าร้อยละ 51 ตลอดระยะเวลาของการทดสอบ 7 ชั่วโมง ระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยในดินมีการทำงานทั้งหมด 3 ครั้ง รวมเวลาในการทำงาน 60 นาที มีการใช้พลังงานทั้งหมด 0.37 หน่วย และมีปริมาณน้ำและปุ๋ยเข้าไปในระบบ 152.6 ลิตร

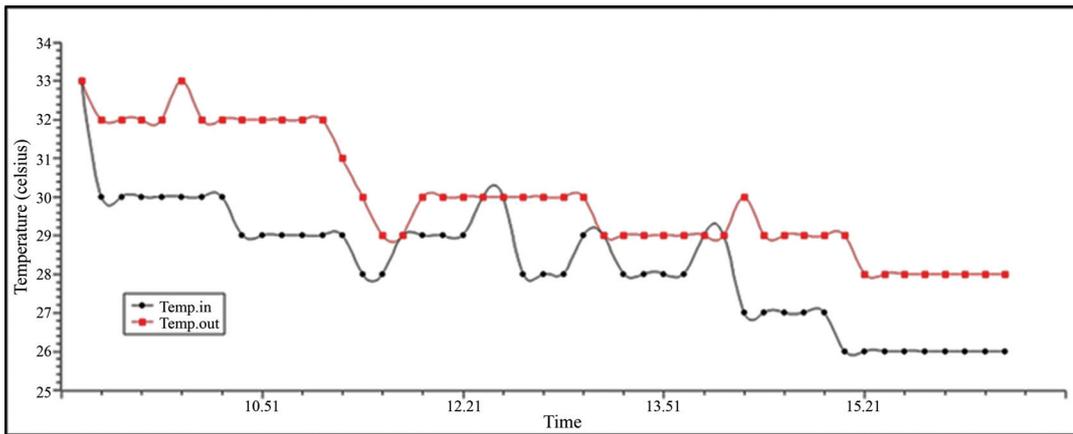
การทดสอบที่ 2 กำหนดค่าเริ่มต้นของสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนให้มีอุณหภูมิ 29 - 31 °C ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 70 - 80 %RH ความชื้นในดินร้อยละ 48 - 59 และปริมาณความเข้มข้นของปุ๋ยที่ร้อยละ 58 - 97 รายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 7

จากรูปที่ 7(ก) เส้นสีดำ แสดงถึงค่าอุณหภูมิภายในโรงเรือน และเส้นสีแดง แสดงถึงค่าอุณหภูมิภายนอกโรงเรือน เมื่อเริ่มการทำงานอุณหภูมิภายในและภายนอกเท่ากันที่ 33 °C จากนั้นอุณหภูมิภายนอกลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงสิ้นสุดการทดสอบครั้งที่สอง เนื่องจากภายในวันที่ทำการทดสอบมีเมฆและฝนตก อุณหภูมิภายในนั้นเริ่มลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงค่าต่ำสุดที่ตั้งไว้ที่เวลา 11.30 น. ตลอดเวลาของการทดสอบพบว่า พัดลมและแผงระเหย มีการทำงานทั้งหมด 1 ครั้ง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง มีการใช้พลังงานทั้งหมด 0.11 หน่วย และปริมาณน้ำที่จ่ายเข้าไปในระบบ 0.36 ลบ.ม

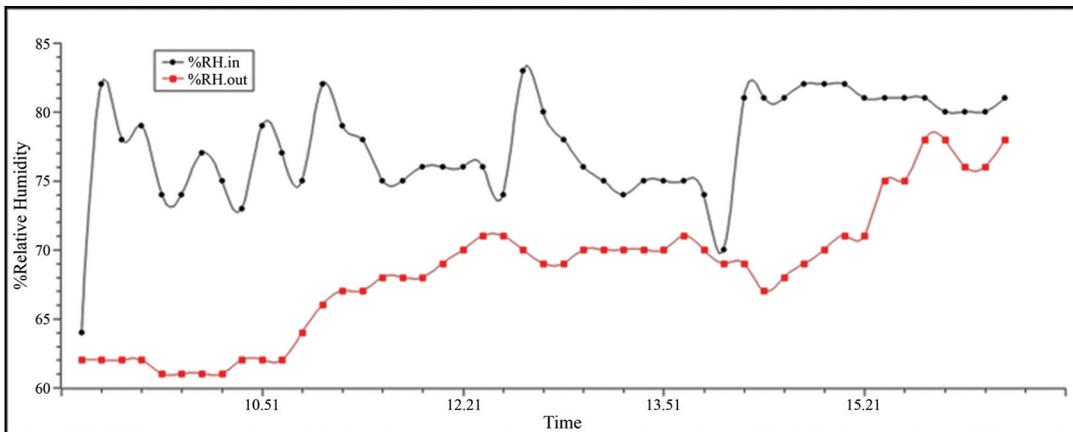
จากรูปที่ 7(ข) เส้นสีดำคือ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในโรงเรือน และเส้นสีแดงคือ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายนอกโรงเรือน เมื่อเริ่มการทดสอบความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในโรงเรือนเพาะปลูกมีค่าเท่ากับ 64 %RH และภายนอกมีค่าเท่ากับ 62 %RH โดยความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายนอกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงสิ้นสุดการทดสอบ เนื่องจากสภาพอากาศภายนอกในช่วงเวลานั้นมีเมฆและฝนตก ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในโรงเรือนนั้นจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงสุดที่ตั้งไว้จึงหยุดการพ่นหมอก ตลอดการทดสอบนี้มีการพ่นหมอกทั้งหมด 6 ครั้ง รวมเป็นระยะเวลา 72 นาที มีการใช้พลังงานทั้งหมด 0.03 หน่วย และปริมาณน้ำที่จ่ายเข้าไปในระบบ 0.04 ลบ.ม

จากรูปที่ 7(ค) เส้นสีดำคือ ความชื้นในดินปลูกภายในโรงเรือน และเส้นสีแดงคือ ปริมาณความเข้มข้นของปุ๋ยในดินปลูกภายในโรงเรือน ก่อนการทดสอบดินมีความชื้นร้อยละ 51 และมีปริมาณความเข้มข้นของปุ๋ย

ร้อยละ 98 เมื่อเริ่มการทำงานของระบบเซ็นเซอร์ตรวจจับค่าความชื้นในดินได้ร้อยละ 51 จึงมีการส่งสัญญาณให้เปิดวาล์วน้ำเพื่อเพิ่มปริมาณความชื้นในดินจนถึงร้อยละ 59 จึงหยุดการจ่ายน้ำ และระบบจะทำการจ่ายน้ำอีกครั้งเมื่อความชื้นในดินต่ำกว่าร้อยละ 48 และปริมาณความเข้มข้นของปุ๋ยพบว่า เซ็นเซอร์ตรวจจับค่าความเข้มข้นของปุ๋ยในดินได้ร้อยละ 98 จึงส่งสัญญาณให้ปิดวาล์วน้ำปุ๋ยจนกว่าปริมาณปุ๋ยในดินลดลงต่ำกว่าร้อยละ 59 ระบบจึงจะเปิดวาล์วจ่ายปุ๋ยน้ำจนถึงร้อยละ 98 ระบบจึงหยุดทำงานตลอดระยะเวลาการทดสอบ 7 ชั่วโมง พบว่า วาล์วจ่ายน้ำมีการทำงานทั้งหมด 9 ครั้ง รวมระยะเวลาในการทำงาน 90 นาที วาล์วจ่ายน้ำปุ๋ยมีการทำงานทั้งหมด 3 ครั้ง รวมระยะเวลาในการทำงาน 30 นาที มีการใช้พลังงานทั้งหมด 0.37 หน่วย และมีปริมาณน้ำและปุ๋ยเข้าไปในระบบ 152.6 ลิตร

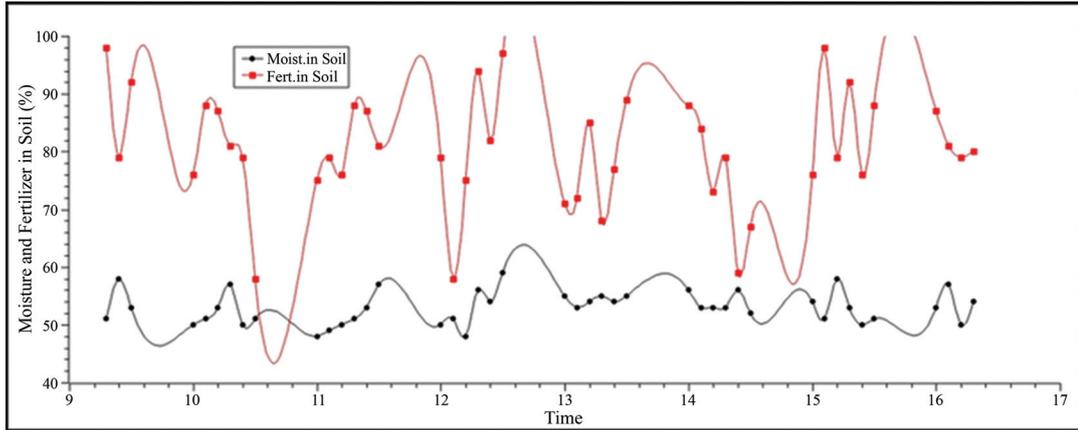


(ก) ระบบควบคุมอุณหภูมิ



(ข) ระบบควบคุมความชื้นสัมพัทธ์

รูปที่ 7 การทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะปลูก การทดสอบที่ 2



(ค) ระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ย

รูปที่ 7 การทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะปลูก การทดสอบที่ 2 (ต่อ)

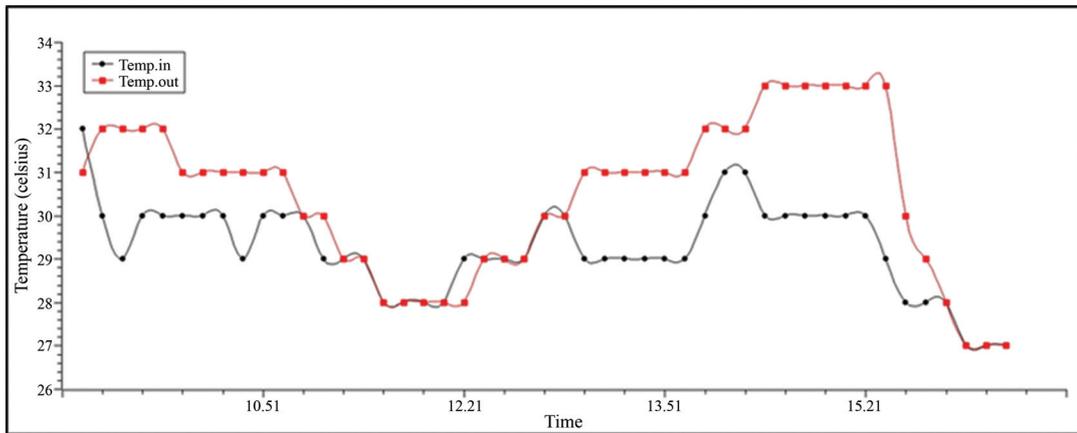
การทดสอบที่ 3 กำหนดค่าเริ่มต้นของสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนให้มีอุณหภูมิ 29 - 31 °C ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 70 - 80 %RH ความชื้นในดินร้อยละ 48 - 54 และปริมาณความเข้มข้นของปุ๋ยที่ร้อยละ 58 - 98 รายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 8

จากรูปที่ 8(ก) เส้นสีดำ แสดงถึงค่าอุณหภูมิภายในโรงเรือน และเส้นสีแดง แสดงถึงค่าอุณหภูมิภายนอกโรงเรือน เมื่อเริ่มการทำงานของระบบอุณหภูมิภายในมีค่าเท่ากับ 32 °C และอุณหภูมิภายนอกมีค่าเท่ากับ 31 °C โดยอุณหภูมิภายนอกเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงเวลา 11.45 น. เนื่องจากฝนตก และอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอีกครั้งอย่างต่อเนื่องจนถึงเวลา 13.35 น. เนื่องจากอากาศภายนอกร้อนอบอ้าวแล้วลดลงอีกครั้งจนถึงสิ้นสุดการทดสอบครั้งที่ 3 เพราะเป็นช่วงเย็นที่มีลมพัดผ่านบริเวณที่ทำการทดสอบ อุณหภูมิภายในนั้นจะเริ่มลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงค่าต่ำสุดที่ตั้งไว้ที่เวลา 10.39 น. ตลอดระยะเวลาการทดสอบนี้ ตั้งแต่เวลา 09.30 - 16.30 น. พบว่าพัดลมและแผงระเหย มีการทำงานทั้งหมด 2 ครั้ง รวมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 19 นาที มีการใช้พลังงานทั้งหมด 0.12 หน่วย และปริมาณน้ำที่จ่ายเข้าไปในระบบ 0.42 ลบ.ม.

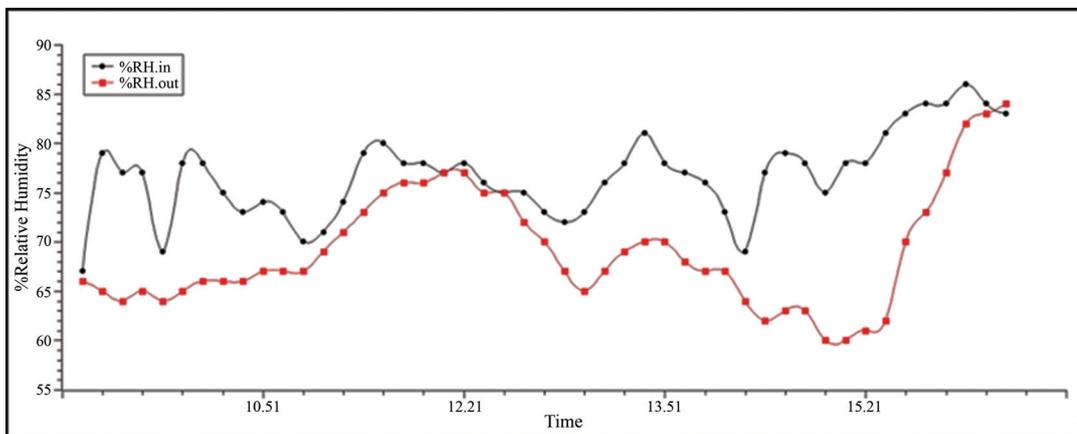
จากรูปที่ 8(ข) เส้นสีดำคือ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในโรงเรือน และเส้นสีแดงคือ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายนอกโรงเรือน เมื่อเริ่มการทดสอบความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในโรงเรือนเพาะปลูกมีค่าเท่ากับ 65 %RH และภายนอกมีค่าเท่ากับ 64 %RH โดยความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายนอกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงเวลา 12.15 น. เนื่องจากสภาพอากาศภายนอกในช่วงเวลานั้นมีเมฆมากและฝนตก จากนั้นความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายนอกลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงเวลา 15.15 น. เนื่องจากอากาศร้อนและลมแรง จากนั้นความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงสิ้นสุดการทดลองครั้งที่ 3 เพราะมีฝนตก ในส่วนของความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในโรงเรือนนั้น จะมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงสุดที่ตั้งไว้จะหยุดการพ่นหมอก ตลอดการทดสอบมีการพ่นหมอกทั้งหมด 6 ครั้ง รวมเป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 98 นาที มีการใช้พลังงานทั้งหมด 0.04 หน่วย และปริมาณน้ำที่จ่ายเข้าไปในระบบ 0.05 ลบ.ม.

จากรูปที่ 8(ค) เส้นสีดำคือ ความชื้นในดินปลูกภายในโรงเรือน และเส้นสีแดงคือ ปริมาณความเข้มข้นของปุ๋ยในดินปลูกภายในโรงเรือน ก่อนการทดสอบดินมีความชื้นร้อยละ 54 และมีปริมาณความเข้มข้นของปุ๋ยร้อยละ 80 เมื่อเริ่มทดสอบการทำงานของระบบ เซ็นเซอร์ตรวจจับค่าความชื้นในดินได้ร้อยละ 54 จึงส่งสัญญาณให้เปิดวาล์วน้ำเพื่อเพิ่มปริมาณความชื้นในดินจนถึงร้อยละ 57 ระบบหยุดการจ่ายน้ำ และเริ่มการจ่ายน้ำอีกครั้งเมื่อความชื้นในดินต่ำกว่าร้อยละ 50 และปริมาณความเข้มข้นของปุ๋ยนั้น เซ็นเซอร์ตรวจจับค่าความเข้มข้นของปุ๋ยในดินได้ร้อยละ 80 จึงส่งสัญญาณให้เปิดวาล์วน้ำปุ๋ยจนถึงร้อยละ 98 จึงสั่งให้ปิดวาล์วน้ำปุ๋ย และจะเริ่มทำงานอีกครั้งเมื่อค่าต่ำกว่าร้อยละ 58 ตลอดเวลาการทดสอบ 7 ชั่วโมง พบว่าวาล์วจ่ายน้ำมีการทำงานทั้งหมด 3 ครั้ง

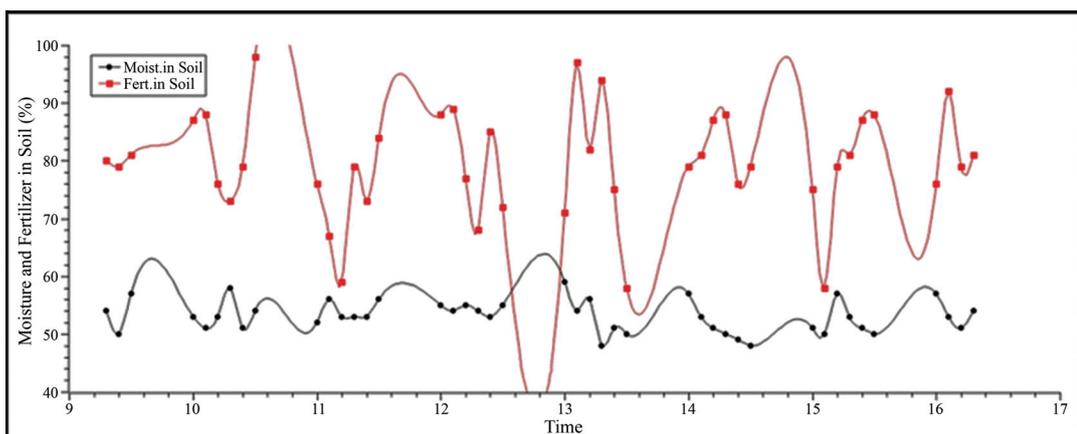
รวมระยะเวลาในการทำงาน 40 นาที วาล์วจ่ายน้ำปุ๋ยมีการทำงานทั้งหมด 3 ครั้ง รวมระยะเวลาในการทำงาน 30 นาที มีการใช้พลังงานทั้งหมด 0.62 หน่วย และมีปริมาณน้ำและปุ๋ยเข้าไปในระบบ 89.1 ลิตร



(ก) ระบบควบคุมอุณหภูมิ



(ข) ระบบควบคุมความชื้นสัมพัทธ์



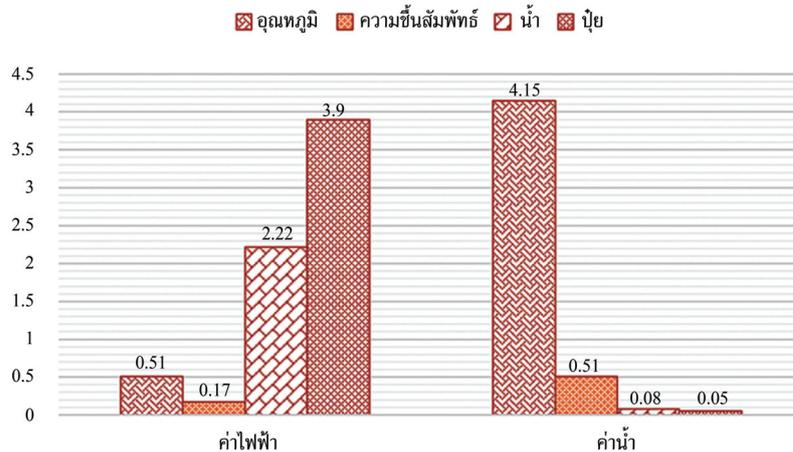
(ค) ระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ย

รูปที่ 8 การทำงานของระบบควบคุมแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะปลูก การทดสอบที่ 3

โดยผลของอุณหภูมิภายในโรงเรือนที่ได้จากการบันทึกข้อมูลบนคลาวด์ของทั้ง 3 การทดสอบนั้นพบว่า ชุดควบคุมอุณหภูมิของระบบที่ได้ทำการออกแบบและสร้างในงานวิจัยนี้มีความสามารถในการควบคุมให้

อุณหภูมิภายในโรงเรือนอยู่ในช่วงที่กำหนดคือ 29 - 31 °C เพราะสัมพันธ์กับช่วงของเวลาในการหยุดหรือเริ่มทำงานของอุปกรณ์ของชุดควบคุมอุณหภูมิแต่ที่มีค่าของอุณหภูมิในช่วงเวลาจากรูปที่ 6(ก) 7(ก) และ 8(ก) ที่ต่ำกว่า 29 °C หรือสูงกว่า 31 °C นั้น เป็นผลสืบเนื่องมาจากการทำงานของอุปกรณ์ในอีก 3 ชุดควบคุมที่ยังทำงานอยู่ และด้วยธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ยังคงดำเนินต่อไปถึงแม้อุปกรณ์ต่าง ๆ จะหยุดทำงาน ซึ่งอุณหภูมิจะยังคงเพิ่มขึ้นหรือลดลงต่อไปอีกโดยจะขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนที่เกิดจากพืชและความสว่างของแสงจากหลอดไฟภายในโรงเรือนเพาะปลูก และสภาพแวดล้อมภายในและภายนอกโรงเรือน โดยประเด็นนี้ยังเป็นโจทย์ที่คณะผู้วิจัยจะได้ดำเนินการศึกษาเพื่อพัฒนาการทำงานของระบบควบคุมในลำดับต่อไป

ตลอดการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะปลูกนั้น พบว่าระบบควบคุมการทำงานทั้งหมดคือ ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยในดิน สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่คณะผู้วิจัยกำหนดไว้ ซึ่งระยะเวลาและจำนวนครั้งในการทำงานของทุกระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนจะมีความแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยของสภาพอากาศภายนอกโรงเรือนเพาะปลูกที่มีความแปรปรวน และปัจจัยภายในโรงเรือนเพาะปลูก เพราะเมื่อมีการจ่ายน้ำให้กับดินปลูกที่อยู่ภายในโรงเรือนจะส่งผลให้ความชื้นของปุ๋ยที่มีอยู่ในดินลดลง หากลดลงต่ำกว่าเงื่อนไขที่คณะผู้วิจัยกำหนดไว้ระบบควบคุมการให้ปุ๋ยในดินจะเริ่มทำงาน หรือเมื่อจ่ายปุ๋ยน้ำเข้าไปในดินก็จะเพิ่มความชื้นในดินให้สูงขึ้นเช่นกันซึ่งจะส่งผลต่อระยะเวลาและจำนวนครั้งในการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำในดิน และเมื่อดินปลูกที่อยู่ที่พื้นของโรงเรือนมีความชื้นก็ส่งผลให้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในโรงเรือนเพาะปลูกเปลี่ยนไป ซึ่งจะทำให้ระยะเวลาและจำนวนครั้งในการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเช่นกัน และยังมีปัจจัยหลายส่วนที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิของโรงเรือน เช่น สถานที่ทำการทดลอง ซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาทำการทดลอง มีผลต่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ [18] ดังนั้นปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำที่แสดงในรูปที่ 9 จึงเป็นเพียงค่าเฉลี่ยจากการทดสอบทั้งหมดเท่านั้น



รูปที่ 9 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะปลูก

ผลจากการบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าและน้ำที่สูญเสียจากการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยในดินภายในโรงเรือนเพาะปลูกในขณะทำการทดสอบ คณะผู้วิจัยได้แปลงเป็นค่าเงินบาทต่อชั่วโมงทำงานของระบบที่แสดงดังรูปที่ 8 โดยพิจารณาที่ค่าของพลังงานไฟฟ้าพบว่า ระบบควบคุมการให้ปุ๋ยในดินมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ย 3.9 บาทต่อชั่วโมง รองลงมาคือระบบควบคุมการให้น้ำในดินเฉลี่ย 2.22 บาทต่อชั่วโมง ระบบควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ย 0.51 บาทต่อชั่วโมง และสุดท้ายคือ ระบบควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเฉลี่ย 0.17 บาทต่อชั่วโมง และเมื่อพิจารณาที่ค่าของปริมาณ

การใช้น้ำพบว่า ระบบควบคุมอุณหภูมิมีการใช้น้ำภายในระบบสูงสุดเฉลี่ย 4.15 บาทต่อชั่วโมง ระบบควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเฉลี่ย 0.51 บาทต่อชั่วโมง ระบบควบคุมการให้น้ำในดินเฉลี่ย 0.08 บาทต่อชั่วโมง และระบบควบคุมปุ๋ยในดินเฉลี่ย 0.05 บาทต่อชั่วโมง ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะปลูกพบว่า ระบบควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนค่าใช้จ่ายรวมสูงถึง 4.66 บาท หรือร้อยละ 40 ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด รองลงมาคือ ระบบควบคุมปุ๋ยในดินมีค่าใช้จ่ายรวมที่ 3.95 บาท หรือร้อยละ 34 ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด ตามด้วยระบบควบคุมการให้น้ำในดินมีค่าใช้จ่ายรวมสูงถึง 2.3 บาท หรือร้อยละ 20 ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด และสุดท้ายคือ ระบบควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศค่าใช้จ่ายรวมที่ 0.68 บาท หรือร้อยละ 6 ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด

สรุปผล

จากการศึกษา ออกแบบ และสร้างระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะปลูกสำหรับครัวเรือนด้วยระบบ IoT ที่ประกอบด้วย ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยในดิน โดยระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะปลูกถูกควบคุมด้วย Node MCU ซึ่งรับข้อมูลจากเซ็นเซอร์อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นและปุ๋ยในดิน แล้วส่งข้อมูลไปแสดงผลยัง NETPIE จากนั้นผู้ใช้งานสามารถป้อนข้อมูลส่งกลับมาควบคุมยัง Node MCU ซึ่งผู้ใช้งานสามารถควบคุมการทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนได้จากทางไกลผ่านอินเทอร์เน็ตได้

ผลการออกแบบและทดสอบการทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะปลูกทั้งหมดพบว่า ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะปลูกทั้งหมดสามารถควบคุมการทำงานได้ทั้งในแบบการควบคุมด้วยมือ และแบบอัตโนมัติ สามารถทำงานเพื่อรักษาสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนให้ตรงตามผู้ใช้งานตั้งค่า สามารถเริ่มและหยุดการทำงานได้ตรงตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้งานกำหนดได้ โดยระบบควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนมีการใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำสูงสุดคือ ร้อยละ 40 ระบบควบคุมปุ๋ยในดินปลูกภายในโรงเรือนร้อยละ 34 ระบบควบคุมการให้น้ำในดินปลูกภายในโรงเรือน ร้อยละ 20 และระบบควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในโรงเรือนร้อยละ 6 และชุดควบคุมนี้สามารถลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้ต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนได้สูงสุด 5 °C

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ประจำปีงบประมาณ 2564 สัญญาเลขที่ NKR2564INC003

References

- [1] Office of Promotion and Training, Kasetsart University. (2022). **Growing Vegetables is Safe from Toxins**. Access (16 April 2022). Available (https://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/herb_gar/save_veg.pdf)
- [2] Sae-lim, S. (2003). **Cultivation Natural Ventilation in Greenhouse**. M. Energy and Materials, King Mongkut's University of Technology
- [3] Kor Charoen, R. P. (2017). Wireless Technologies for Internet of Things. **NBTC Journal**. Vol. 1, No. 1, pp. 268–287

- [4] Viboonpanich, R. (2017). **Research Report the Development of Plant Caring System for Elderly to Encourage Convenience with the Internet of Things (IoTs) Technology.** North Bangkok University
- [5] Sri-Amnuay, B., Prangsorn, S., Piticharoenporn, W., and Sihanam, P. (2019). The Design of the Smart Farm System Using the Internet of Things Technology for Lime Farms in Phetchaburi Province. In **Proceeding of the 6th National Conference Nakhon Ratchasima College.** Nakhon Ratchasima: Nakhon Ratchasima College. pp. 808-816
- [6] Singjaroen, B. and Sakaew, S. (2016). Temperature and Humidity Control System in Mushroom Greenhouse. In **Proceeding of the 1st National Conference of Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi.** Phra Nakhon Si Ayutthaya: Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, pp. 176-183.
- [7] Sanksaera, W., Klinkasorn, T., and Mathulapransan, S. (2015). **Environment Control System for Lettuce Plant in NFT Hydroponic System.** B. Eng, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus
- [8] Arbel, A., Yekutieli, O., and Barak, M. (1999). Performance of a Fog System for Cooling Greenhouses. **Journal of Agricultural Engineering Research.** Vol. 72, Issue 2, pp. 129-136. DOI: 10.1006/jaer.1998.0351
- [9] Jirapongsatornkul, N., Ratanaporn, O., Praekthong, P., and Uthenaphan, K. (2018). Effect of Diurnal Temperature Change on Growth and Pir Toxin Production of *Vibrio parahaemolyticus* Causing Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease (AHPND). **RMUTI JOURNAL Science and Technology.** Vol. 11, No. 3, pp. 70-88
- [10] Wisesook, O. (2014). Study of Flow Pattern and Temperature Distribution of Air Inside Cultivable Greenhouse. **Journal of Energy and Environment Technology.** Vol. 1, No. 2, pp. 35-45
- [11] Chaichinda, N. (2020). **Positive Pressure Room vs Negative Pressure Room.** Access (20 April 2022). Available (<https://dsense.co.th/ดูบทความ-77470-positive-pressure-room-vs-negative-pressure-room.html>)
- [12] Learning Center for Earth Science and Astronomy. (2020). **Humidity.** Access (20 April 2022). Available (<http://www.lesa.biz/earth/atmosphere/humidity>)
- [13] Boonpeng, P., Jaisin, C., and Yingkayun, K. (2020). *Chlorella* sp. Cultivation Using Carbon Dioxide Concentration Control System. **RMUTI JOURNAL Science and Technology.** Vol. 13, No. 2, pp. 18-38
- [14] Noisapung, J. and Sixpanna, A. (2019). The Low Heated Greenhouse for Organic Agriculture. In **Proceeding of the 33rd Conference on Mechanical Engineering Network of Thailand.** Mahasarakham: Faculty of Engineering, Mahasarakham University, pp. 669-677
- [15] Chaoumead, A. and Phangkeio, D. (2019). Soil Moisture Control System for Melon Cultivation in Greenhouse. **Rajamangala University of Technology Srivijaya Research Journal.** Vol. 11, No. 2, pp. 269-278
- [16] Phornrawee, B. (2003). **Broiler Farming in a Closed System.** Economic Animals, Bangkok

- [17] Naamhomchan, T. and Sereipattananon, A. (2014). PLC-Based Automatic Control System of Temperature and Relative Humidity in Soilless Culture Greenhouse with an Evaporative Cooling System and Fogging System. **EAU Heritage Journal Science and Technology**. Vol. 8, No. 1, pp. 98-111
- [18] Pongpanich, N., Chayaprasert, W., Sanchatjate, P., Moonmangmee, I., and SangpetchSong, K. (2015). Development and Testing of Evaporative Cooling Systems for Temperature and Relative Humidity in Greenhouses. In **Proceeding of the 16th TSAE National Conference and 8th TSAE International Conference**. Bangkok: BITEC Exhibition and Convention Center, pp. 361-365