การออกแบบระบบติดตามอุณหภูมิเพื่อเหนี่ยวนำการออกดอกของต้นมะยงชิด
Design of Monitoring System for Induced Flowering of Plum Mango

พีรศุษม์ ไชยศรีมณีพรรณ[1], ชินวัฒน์ ยัพวัฒนพันธ์[2], ทวีเดช ศิริธนาพิพัฒน์[1*]
Peerasutth Chaisrimaneepan, Chinawat Yapwattanaphun, Taweedej Siritanapipat
Received: 11 July 2019; Revised: 13 August 2019; Accepted: 10 September 2019

บทคัดย่อ
มะยงชิดเป็นไม้ผลทางเศรษฐกิจที่มีราคาสูงและเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและนอกประเทศ เนื่องจากปัญหาการมีผลผลิตไม่เพียงพอ เป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีที่ไม่เหมาะสม ซึ่งการปลูกมะยงชิดควรมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีอยู่ 18-20 องศาเซลเซียส เป็นผลให้การออกดอกเกิดขึ้นในฤดูหนาวเท่านั้น ผู้วิจัยได้ทำการนำห้องเย็นมาใช้ในการควบคุมอุณหภูมิเพื่อเหนี่ยวนำการออกดอก ร่วมกับการใช้แนวคิด Internet of Things (IoTs) ในการติดตามสภาพแวดล้อมภายในและภายนอก ด้วยการทดลองที่แตกต่างกัน 3 วิธี ซึ่งคณะผู้จัดทำได้ใช้อุปกรณ์ DHT22 จำนวน 6 ตัว เพื่อใช้ในการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้น รวมถึงใช้ CT sensor YHDC SCT-013 เพื่อใช้วัดค่ากระแสไฟฟ้า และเขียนคำสั่งผ่านโปรแกรม Arduino IDE ไปยัง Node MCU (ESP32) เพื่อให้รับค่าจาก Sensor และทำการส่งข้อมูลขึ้นสู่ Cloud (Firebase) ทำให้ผู้ใช้สามารถติดตามอุณหภูมิและความชื้นภายในและภายนอก การเพื่อกระตุ้นให้มะยงชิดสามารถออกดอกได้ตลอดปีรวมถึงนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์และติดตามการใช้พลังงานเพื่อหาประสิทธิภาพรวมของระบบห้องเย็น (sCOP) แบบ Realtime

คำสำคัญ: IoTs ห้องเย็น การออกดอกนอกฤดูของมะยงชิด การเก็บค่าขึ้นคลาวด์จากเซ็นเซอร์

Abstract
Plumeria is an economic plant which has a high value and demand in domestic and international markets. However, production is limited by an unsuitable environment, as the average ambient temperature for planting should be around 18-20 °C throughout the year, which allows *Plumeria* to flower during winter. Therefore, the researcher used a cold room to control temperature and utilized the Internet of Things (IoTs) concept to track internal and external conditions with 3 types of experiment. The researcher used 6 ea of DHT22 sensors to measure temperature and humidity, a YHDC SCT-013 sensor to measure electricity, and an Arduino IDE program to write commands on Node MCU (ESP8266 and ESP32) to receive data that was then sent to Cloud (Firebase), allowing users to analyze, track data and forecast the energy consumption of the cold room with reporting the efficiency of the system (sCOP) in real-time.

Keywords: IoTs, cold room, off-season flowering of *Plumeria*, send value to cloud storage from sensors

[1] ภาควิชาเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลขที่ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[2] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลขที่ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] Mechanical Department, Faculty of Engineer Kasetsart University, 50 Ngamwongwan Rd., Latyao, Chatuchak, Bangkok 10900.
[2] Horticulture Department, Faculty of Agriculture Kasetsart University, 50 Ngamwongwan Rd., Latyao, Chatuchak, Bangkok 10900.
** ติดต่อ: taweedej.s@ku.th , agrcwy@ku.ac.th*

บทนำ

เกษตรกรรมถือเป็นรากฐานที่สำคัญของประเทศไทยมาอย่างยาวนาน และเป็นจุดแข็งของประเทศไทยในทางเศรษฐกิจ อีกทั้งในปัจจุบันนโยบาย Thailand 4.0 ของรัฐบาลได้มีการกล่าวถึงการเปลี่ยนเกษตรกรรมแบบดั้งเดิมเป็นเกษตรกรรมที่ทันสมัย (Smart Farming) ซึ่งมียุทธศาสตร์สำคัญคือ การพัฒนาเกษตรดิจิตอล ส่งเสริม Internet of Things ให้เกิดขึ้นในภาคการเกษตร[1]

ทางคณะผู้จัดทำจึงเกิดแนวคิดการประยุกต์ใช้ Internet of Things ช่วยในการปลูกพืชเพื่อให้เกษตรกรสามารถทำการเพาะปลูกให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและมีจำนวนเพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งพืชที่คณะผู้จัดทำสนใจในโครงงานนี้ คือ มะยงชิด

มะยงชิด เป็นไม้ผลที่มีศักยภาพเป็นที่ต้องการของตลาด ในปี 2554 มีพื้นที่ปลูกมะยงชิดประมาณ 8,272 ไร่ ผลผลิต 2,500 ตัน มูลค่ารวม 375 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) ราคาขายสูงกิโลกรัมละ 200-400 บาท[3] แต่ในช่วงปีที่ผ่านมาผลผลิตของมะยงชิดน้อยลงอย่างมาก เพราะอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมบริเวณที่เพาะปลูกสูงเกินไปไม่เหมาะสมต่อการออกดอก ต้นไม้จึงไม่สามารถออกผลได้[2] คณะผู้จัดทำจึงต้องการแก้ไขปัญหาโดยการใช้ห้องเย็นเคลื่อนที่ ที่ออกแบบมาเฉพาะ ทำการควบคุมอุณหภูมิให้แก่ต้นมะยงชิด และสร้างชุดอุปกรณ์ติดตามสภาวะในห้องเย็นด้วย Node MCU และ เซนเซอร์ DHT22

โดยเปิดการทำงานของห้องเย็นในช่วงเวลาตั้งแต่ 04.00 – 08.00 น. มีการปรับอุณหภูมิให้อยู่ต่ำกว่า 19 องศาเซลเซียสเพื่อให้เหมาะต่อการออกดอก และมีการใช้ Thermoscan มาช่วยในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบสภาวะต่าง ๆ ในห้องเย็นอีกด้วย

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ลักษณะทั่วไปของมะยงชิด

มะยงชิดเป็นพืชที่จัดอยู่ในวงศ์ Anacardiaceae (Cashew family) มีชื่อสามัญว่า Marian plum และ Plum mango ลักษณะทั่วไปเป็นผลไม้ลักษณะคล้ายกับมะปราง เป็นผลไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ เป็นทรงพุ่มทึบ ผลมีลักษณะรูปทรงไข่กลมรี โคนมนปลายรี ผิวเปลือกเกลี้ยงเป็นมันหนากว่ามะปราง ไม่มียาง ผลสุกมีสีเหลืองอมส้ม มีรสชาติหวานอมเปรี้ยว มีกลิ่นหอม มีเมล็ดแข็งทรงรี สีขาวนวลหรือสีม่วงอมชมพูอยู่ข้างในเนื้อ มีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีการปลูกในหลายประเทศที่มีอากาศร้อน เป็นผลไม้ท้องถิ่นของไทย[7]

ความสัมพันธ์ของการออกดอกของมะยงชิดกับสภาพอากาศ

จากรายงานโครงการแก้ปัญหามะยงชิด-มะปรางหวานออกดอกติดผลน้อยจังหวัดนครนายกของ ดร.ชินวัฒน์ ยัพวัฒนพันธ์ ซึ่งศึกษาโดยการติดตั้ง เครื่องตรวจวัดสภาพอากาศ ในสวนมะยงชิดและมะปรางหวาน สรุปได้ว่า ปัจจัยเดียวที่ทำให้มะยงชิดออกดอกคือ อุณหภูมิ มะยงชิดต้องการอุณหภูมิต่ำกว่า 19 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งติดต่อกันเป็นเวลา 3 วัน แล้วหลังจากนั้นเมื่อได้รับอุณหภูมิสูงกว่า 19 องศาเซลเซียส มะยงชิดจะออกดอกหลังจากวันที่อุณหภูมิต่ำกว่า 19 องศาเซลเซียส 5 วัน ปัจจัยความชื้นดินไม่ได้มีผลต่อการออกดอกของมะยงชิดแต่อย่างไร เช่นเดียวกับปริมาณฝน ความชื้นสัมพัทธ์ ช่วงแสง และความเร็วลม[9]

หลักการทำงานของระบบทำความเย็น

ระบบปรับอากาศถือเป็นหนึ่งในระบบทำความเย็นแบบหนึ่งซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้เป็นระบบแบบอัดไอ โดยจะประกอบด้วยอุปกรณ์หลักดังนี้

เครื่องอัดไอ (Compressor) ทำหน้าที่อัดสารทำความเย็นเพื่อให้มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง

คอยล์ร้อน (Condenser) ทำหน้าที่ในการระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นเพื่อให้ควบแน่น

วาล์วลดความดัน (Expansion Valve) ทำหน้าที่ลดความดันสารทำความเย็นเพื่อให้สามารถเดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำ

คอยล์เย็น (Evaporator) ทำหน้าที่ดูดความร้อนจากอากาศภายในห้องทำให้สารทำความเย็นเดือดกลายเป็นไอ[5]

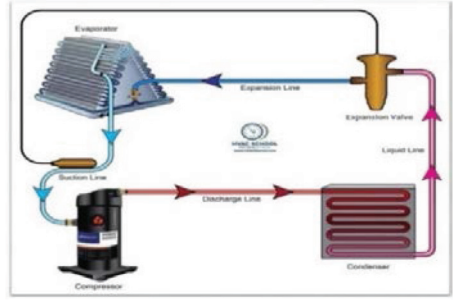

Figure 1 Compressed air cooling system

Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) คือ แนวคิดในการสร้างระบบ เครือข่ายของอุปกรณ์ต่าง ๆ ทางกายภาพ เช่น ตัวสั่งการ ตัววัดค่า เซ็นเซอร์ต่าง ๆ ตัวส่งสัญญาณ หน่วยประมวลผล และหน่วยส่งข้อมูลโดยจะเชื่อมต่อกัน ทำให้อุปกรณ์เหล่านี้สามารถส่งผ่านข้อมูลถึงกันได้ รวมถึงการนำส่งข้อมูลขึ้นระบบอินเทอร์เน็ตผ่าน Cloud Service[4]

Cloud Service

Cloud Service คือ บริการที่ผู้ให้บริการเปิดให้ผู้ใช้นำเอากำลังประมวลผล หน่วยจัดเก็บข้อมูล และระบบออนไลน์ต่าง ๆ ไปใช้เพื่อลดความยุ่งยากในการติดตั้ง ดูแลระบบ และลดต้นทุนในการสร้างระบบคอมพิวเตอร์และเครือข่ายเอง[6] ซึ่งในโครงงานนี้ใช้ Cloud Service ชื่อ Firebase ซึ่งเป็นบริการที่รวมเอาระบบโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาแอพพลิเคชั่นมารวมไว้เพื่อให้นักพัฒนาสามารถนำไปใช้งานโดยไม่ต้องพัฒนาโครงสร้างขึ้นมาใหม่ทุกครั้ง โดยงานวิจัยนี้ได้นำเอาส่วน Realtime Database ของ Firebase มาใช้เป็นตัวกลางในการจัดเก็บข้อมูลจาก Node MCU หรือ Micro Controller ชนิดหนึ่งซึ่งเป็นชุดควบคุมขนาดเล็กที่สามารถเชื่อมต่อ เพื่อสั่งการเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ผ่านอินเทอร์เน็ตได้ ถือเป็นหนึ่งในอุปกรณ์สำคัญของแนวคิด Internet of Things โดยผู้ใช้สามารถโปรแกรมคำสั่งให้แก่ Node MCU ผ่านทางโปรแกรม Opensource (Arduino IDE) ในส่วนของอุปกรณ์วัดทางผู้วิจัยได้ใช้ DHT 22 ซึ่งเป็นเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ โดยสามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วง -40 ถึง 25 °C

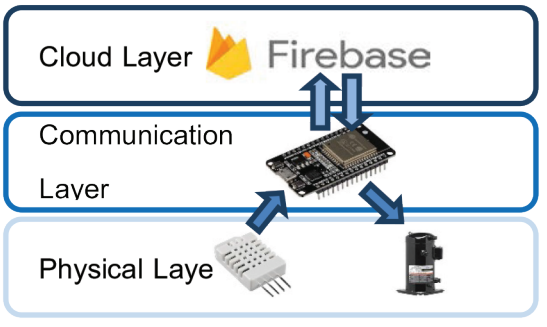

Figure 2 Cloud System operation diagram

วิธีการดำเนินงาน

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบวงจรไฟฟ้าของระบบติดตามอุณหภูมิเพื่อเหนี่ยวนำการออกดอกของต้นมะยงชิดด้วยโปรแกรม Fritzing โดยใช้ Node MCE ESP32 และ DHT22 เป็น Sensor ในการวัดอุณหภูมิรวมไปถึงความชื้นสัมพัทธ์ดัง Figure 4 ในส่วนของการดำเนินงานมีการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง โดยก่อนที่ผู้วิจัยจะลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลนั้นได้รับความร่วมมือจากทางคณะเกษตรในการทดลองมาก่อนแล้ว โดยอาศัยห้องเย็นควบคุมอุณหภูมิในลักษณะที่ประตูปิดสนิทและปิดช่องว่างบริเวณโคนต้นไม้ด้วยผ้าใบ ซึ่งยังไม่สามารถเหนี่ยวนำให้ต้นมะยงชิดออกดอกได้ ทางคณะผู้จัดทำจึงมีการเสนอแนวคิดการทดลองต่าง ๆ เพื่อเหนี่ยวนำต้นมะยงชิดให้ออกดอก โดยการทดลองแต่ละครั้ง ทดลองด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน

การทำงานของ Node MCU

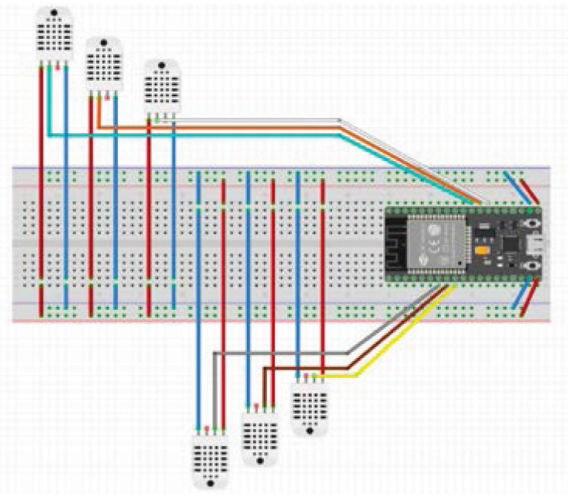

Figure 3 Connecting DHT22 with ESP 32

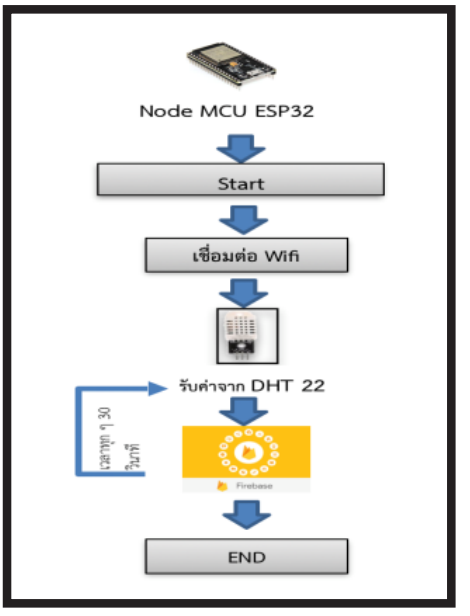

Figure 4 Flow chart of ESP 32 operation

การติดตั้งห้องเย็นและเซ็นเซอร์

Figure 5 Freezer containers at the experiment location

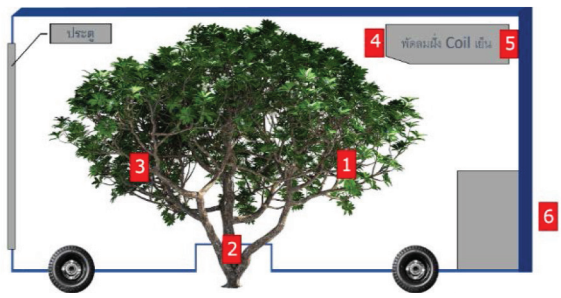

Figure 6 Sensor installation map

ผู้วิจัยได้ทำการจัดหาห้องเย็นเคลื่อนที่เพื่อให้สามารถเคลื่อนย้ายออกในตอนกลางวันเพื่อรับแสงแดด และเลื่อนเข้าเพื่อครอบต้นไม้ในเวลาที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิ โดยแปลงต้นมะยงชิดที่ใช้ในการทดลองตั้งอยู่ที่จังหวัดนครนายก โดยทำการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (DHT 22) py'ตำแหน่งต่าง ๆ 6 ตำแหน่ง ดังแสดงใน Figure 6 ได้แก่

1. บริเวณกิ่งไม้ด้านใกล้คอยล์เย็น (temp1, humid1)
2. บริเวณโคนต้นไม้ (temp2, humid2)
3. บริเวณกิ่งไม้ด้านไกลคอยล์เย็น (temp3, humid3)
4. บริเวณช่องลมส่ง (temp4, humid4)
5. บริเวณช่องลมกลับ (temp5, humid5)
6. บรรยากาศภายนอก (temp6, humid6)

ผลการออกแบบระบบติดตามอุณหภูมิ

กราฟข้อมูลที่ได้จากห้องเย็น

กราฟแสดงตัวอย่างการเก็บข้อมูลในวันที่ 30-31 มีนาคม 2562 ซึ่งเป็นการลงพื้นที่เป็นครั้งที่สามวันที่ 30 มีนาคม 2562 ดำเนินการโดยเปิดเครื่องปรับอากาศตั้งแต่เวลา 04.29 น. -07.29 น. โดยตั้งค่าเครื่องปรับอากาศให้อยู่ที่ 15 องศาเซลเซียส

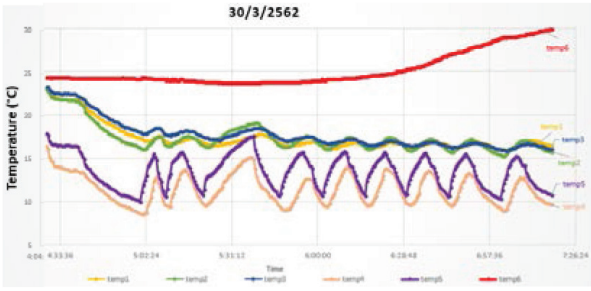

Figure 7 Temperature data on the 30th March 2019

จากข้อมูลพบว่า อุณหภูมิที่ช่องลมกลับซึ่งสามารถบ่งบอกอุณหภูมิภายในห้องโดยรวมได้มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 13.5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิบริเวณต้นไม้ ได้แก่ ด้านใกล้คอยล์เย็นโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 17.4 องศาเซลเซียส ด้านที่ไกลคอยล์เย็นโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 17.4 องศาเซลเซียส บริเวณโคนโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 17.8 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่า 19 องศาเซลเซียสแล้ว เนื่องจากตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศไว้ที่ 15 องศาเซลเซียส และมีการใช้ผ้าใบคลุมรอบห้องเย็น ในส่วนของความชื้นสัมพัทธ์ยังคงมีค่าสูงมากเนื่องจากการคายน้ำของต้นไม้ แต่ปัจจัยความชื้นสัมพัทธ์ไม่มีผลต่อการออกดอก[8]

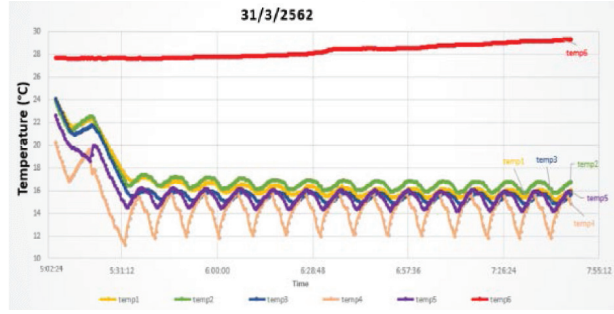

Figure 8 Temperature data on the 31st March 2019

วันที่ 31 มีนาคม 2562 ดำเนินการเปิดเครื่องปรับอากาศตั้งแต่เวลา 05.11 น.-07.47 น. โดยตั้งค่าเครื่องปรับอากาศให้อยู่ที่ 15 องศาเซลเซียส จากข้อมูลพบว่า อุณหภูมิที่ช่องลมกลับซึ่งสามารถใช้บ่งบอกอุณหภูมิภายในห้องโดยรวมได้มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 15.9 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิบริเวณต้นไม้ ได้แก่ ด้านที่ใกล้คอยล์เย็น โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 16.8 องศาเซลเซียส ด้านที่ไกลคอยล์เย็นโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 16.2 องศาเซลเซียส บริเวณโคน โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 17.2 องศาเซลเซียส ในส่วนของความชื้นสัมพัทธ์ยังคงมีค่าสูงมากเนื่องจากการคายน้ำของต้นไม้

รูปภาพจาก Thermo scan

เพื่อทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่วัดได้จากระบบติดตามอุณหภูมิ ผู้วิจัยจึงได้ทำการใช้ เครื่องตรวจจับภาพความร้อน หรือ Thermoscan ในการวัดอุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกห้องเย็นเพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากระบบติดตามอุณหภูมิที่ได้ทำการออกแบบขึ้น

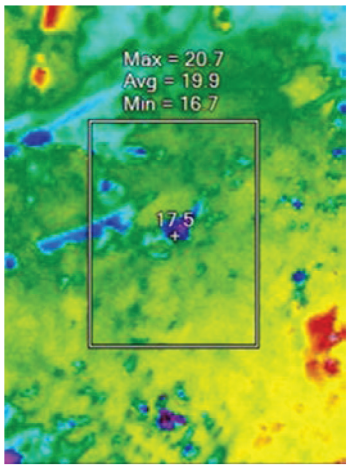

Figure 9 Thermo scan measured the temperature inside the mobile freezer container on the 30th March 2019

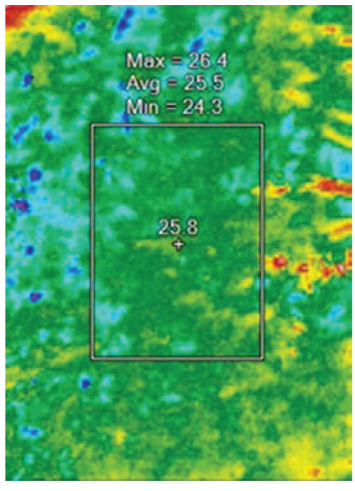

Figure 10 Thermo scan measured the temperature outside the mobile freezer container on the 30th March 2019

สรุปและวิจารณ์ผล

ผลการดำเนินงาน

1. งานวิจัยนี้สามารถสร้างชุดอุปกรณ์ติดตามอุณหภูมิและความชื้นภายในและภายนอกห้องเย็น เพื่อใช้ในการเหนี่ยวนำการออกดอกของต้นมะยงชิดได้

2. ชุดอุปกรณ์สามารถเก็บค่าอุณหภูมิซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการออกดอกของต้นมะยงชิด โดยอาศัยเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ DHT22 และอัพโหลดข้อมูลเข้าสู่บริการคลาวด์ Firebase โดย Node MCU ทำให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบการทำงานของระบบทำความเย็นได้ตลอดเวลา อีกทั้งยังสามารถใช้พิจารณาปัญหาเกิดขึ้นจากความผิดปกติต่าง ๆ ของระบบทำความเย็น

3. ข้อมูลจากเซนเซอร์แสดงให้เห็นว่าระบบทำความเย็นของห้องเย็นเคลื่อนที่สามารถทำความเย็นได้ตามที่ตั้งไว้ได้ เหมาะสมต่อการนำมาควบคุมอุณหภูมิเพื่อใช้ในการเหนี่ยวนำการออกดอกของต้นมะยงชิด

4. จากการทดลองแม้จะควบคุมอุณหภูมิภายในห้องเย็นให้อยู่ในช่วง 18 - 20 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าแต่ยังไม่สามารถเหนี่ยวนำให้ต้นมะยงชิดออกดอกได้ ซึ่งอาจต้องมีการศึกษาช่วงอุณหภูมิอื่น ๆ ที่เหมาะสม หรือ ปัจจัยอื่น ๆ เพิ่มเติม

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลเรื่อง การออกแบบระบบติดตามอุณหภูมิเพื่อเหนี่ยวนำการออกดอกของต้นมะยงชิด สำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาจาก ดร.ชินวัฒน์ ยัพวัฒนพันธ์ อาจารย์ประจำคณะเกษตรภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, นายปราการ รัตนประภา, ห้องวิจัย PID ภาควิชาเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้ให้คำแนะนำและสนับสนุนช่วยเหลือเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องตลอดโครงงานจนเสร็จสมบูรณ์ และ นายอุทัย บำรุงจิตต์ เจ้าของสวนมะยงชิดที่ใช้ในการทดลองที่ให้ความกรุณา และเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ตลอดการทำงาน ขอขอบพระคุณ

เอกสารอ้างอิง

1. กองบริหารงานวิจัยและประกันคุณภาพการศึกษา. (2560). Thailand 4.0 โมเดลขับเคลื่อนประเทศไทยสู่ความมั่งคั่งมั่นคง และยั่งยืน. ค้นเมื่อ 12 สิงหาคม 2561. http://www.libarts.up.ac.th/v2/img/Thailand-4.0.pdf
2. นาย ทองอินทร์ ถือมั่น. (2560). โครงการส่งเสริมพัฒนาการผลิตมะปรางหวาน มะยงชิด อำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก ปี 2553. ค้นเมื่อ 12 สิงหาคม 2561.http://www.research.doae.go.th/webphp/webmaster/file-workres/1347258059006.pdf
3. https://www.dailynews.co.th/agriculture/635276. ค้นเมื่อ 12 สิงหาคม 2561.
4. http://www2.dede.go.th/bhrd/old/web_display/web-semple/Commercial(PDF)/Bay39%20Air%20Conditioning_Rev1.pdf. ค้นเมื่อ 15 สิงหาคม 2561.
5. https://ienergyguru.com/2015/01/เครื่องปรับอากาศแบบsplit-type/หลักการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ. ค้นเมื่อ 15 สิงหาคม 2561.
6. https://learn.openenergymonitor.org/electricity-monitoring/ct-sensors/how-to-build-an-arduino-energy-

monitor-measuring-current-only. ค้นเมื่อ 4 กันยายน 2561.

7. ดร.ชินวัฒน์ ยัพวัฒนพันธ์. “โครงการแก้ปัญหามะยงชิดมะปรางหวานออกดอกติดผลน้อยจังหวัดนครนายก.” เอกสารวิจัยส่วนบุคคลคณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2560.
8. ธนกฤต มงคลกิจงาม. ห้องเย็นจากแอร์บ้านราคาประหยัด (ระบบตรวจวัดประสิทธิภาพการทำงาน). ปริญญานิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2559;1(1):1-82
9. Chinawat Yapwattanaphun , Vusie L. Mavuso. Effect of environmental conditions on flower induction of marian plum (Bouea burmanica Griff), Agriculture and Natural Resources 51 (2017) 243-246