การออกแบบและพัฒนาระบบติดตามสภาพแวดล้อมสำหรับกระบะเพาะเลี้ยงต้นกล้ากล้วยแบบเรียงซ้อน
Design and Development of Environment Monitoring for Stacked Banana Seedling Trays

ปิยะรส มาลีเจริญ[1], พีรศุษม์ ไชยศรีมณีพรรณ[1] และ ทวีเดช ศิริธนาพิพัฒน์[1]*

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 ถ. พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
*ผู้ติดต่อ: E-mail: taweedej.s@ku.th, เบอร์โทรศัพท์ 0-2942-8555, เบอร์โทรสาร 0-2579-4576

บทคัดย่อ

เนื่องจากความก้าวหน้าในการประยุกต์ใช้อินเตอร์เนตในปัจจุบัน เทคโนโลยี Internet of things (IoTs) จึงได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อรองรับการใช้งานที่ต้องการเชื่อมอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกันผ่านระบบอินเตอร์เนต โดยมี Cloud เป็นที่กักเก็บข้อมูลต่าง ๆ เทคโนโลยีดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้ได้ทั้งในชีวิตประจำวันไปจนถึงระบบอุตสาหกรรม โดยในงานวิจัยจะมุ่งเน้นไปในด้านการพัฒนาการเกษตรที่ถือเป็นอาชีพทำรายได้ส่งออกให้ประเทศไทยเป็นอย่างมาก คณะผู้วิจัยจึงได้มีการพัฒนาระบบติดตามสภาพแวดล้อมในการเพาะเลี้ยงต้นกล้ากล้วยในกระบะเรียงซ้อนที่มีน้ำไหลผ่านเพื่อรักษาอุณหภูมิ โดยการเพาะเลี้ยงต้นกล้ากล้วยนั้นมีปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลกระทบโดยตรงหลายปัจจัย ได้แก่อุณหภูมิในกระบะเพาะเลี้ยงและแสง ทั้งหมดนี้ล้วนแล้วแต่มีผลต่ออัตราการรอดและเจริญเติบโต ดังนั้นเทคโนโลยี Internet of things (IoTs) จึงถูกนำมาประยุกต์สำหรับติดตาตัวแปรต่าง ๆ ในระบบการเพาะเลี้ยง โดยอาศัยบอร์ด ESP32 สำหรับรับค่าจากเซนเซอร์ ได้แก่ DHT22 สำหรับวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ VEML6075 สำหรับวัดค่าความเข้มของรังสีUVA และ UVB DS18B20 สำหรับวัดอุณหภูมิน้ำที่ไหลผ่านกระบะเพาะเลี้ยงทั้งขาเข้าและขาออก และTSL2560 สำหรับวัดค่าความเข้มแสง จากนั้นจึงส่งข้อมูลไปยัง Thingspeak สำหรับแสดงผลพร้อมกับเก็บข้อมูลที่ได้เพื่อใช้ทำการวิเคราะห์และติดตามระบบการเพาะเลี้ยงต้นกล้ากล้วย นอกจากนี้ ข้อมูลที่แสดงผ่าน Thingspeak ยังเป็นแบบ Realtime ทำให้ผู้เพาะเลี้ยงสามารถสังเกตุความผิดปกติเบื้องต้นที่เกิดขึ้นในกระบะเพาะเลี้ยง และทำการแก้ไขได้ทันทีเพื่อให้เกิดอัตราการรอดของต้นกล้ากล้วยมากที่สุด

คำหลัก: อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, Thingspeak, ไอโอที, ไมโครคอนโทรลเลอร์

Abstract

According to the development of Internet technology nowadays, the Internet of things (IoTs) has been developed to support applications that need to connect multiple devices together via the Internet and store data in the cloud. Technology as above can be applied in both everyday life and industry. This research will focus on the development of agriculture in Thailand. This research will develop a monitoring system in banana seedling stack trays that maintain temperature by flow the water through the tray. Banana seedling culture has many environmental factors that directly affect to survival rate such tray's temperature and light. So, the internet of things (IoTs) technology was applied for monitoring variables in the cultivation system. ESP32 was applied for receiving data from sensors such DHT22 use to measure temperature and humidity of air, VEML6075 use to measure ultraviolet radiation (UVA, UVB), DS18B20 use to measure inlet and outlet water temperature besides TSL2560 to measure light intensity then sends to ThingSpeak. The cultivator can monitor and analyze system real-time. So, The problem will be observed then correct immediately to increasing the survival rate of banana seedling.

Keywords: Internet of things, IoTs, Thingspeak, Environment monitoring, Microcontroller

1.บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับภาคการเกษตรมากขึ้น วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการเกษตรให้มีประสิทธิภาพ เช่น การเพิ่มผลผลิตและการลดต้นทุนการผลิต ในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things ในการเพิ่มผลผลิตของการเพาะเลี้ยงต้นกล้ากล้วย โดยการขยายพันธุ์กล้วยนั้นสามารถทำได้ 3 วิธี คือ

1.การขยายพันธุ์โดยการใช้เมล็ด

2. การขยายพันธุ์โดยใช้หน่อ

3.การขยายพันธุ์โดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

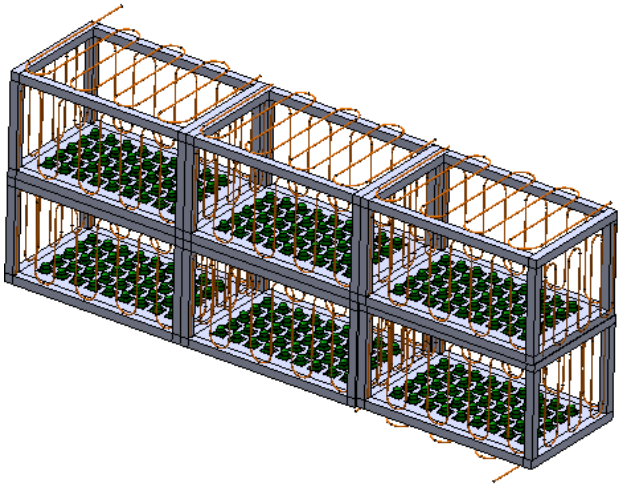
ซึ่งการขยายพันธุ์กล้วยด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถเพิ่มจำนวนต้นกล้วยได้มากในเวลาอันรวดเร็ว ทำให้ได้ต้นที่สะอาด ปราศจากโรค ดังนั้นการควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมจึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะช่วยเพิ่มผลผลิตของต้นกล้ากล้วยให้ได้มากที่สุด และการจะเพิ่มปริมาณผลผลิตได้นั้น ต้องมีการติดตามความผิดปกติที่เกิดขึ้นในกระบะเพาะเลี้ยงให้ได้โดยเร็วที่สุด ดังนั้นนอกจากจะศึกษาปัจจัยที่มีผลในการเติบโตของต้นกล้วยแล้ว ยังต้องศึกษาวิธีแสดงผลปัจจัยเหล่านั้นให้ได้ในรูปแบบ Realtime เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ทันเวลาอีกด้วย

จากการศึกษาผลงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีผู้ทำวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น มีการทดลองเพาะต้นกล้ากล้วยในกระบะแบบไม่เรียงซ้อน โดยมีแหล่งน้ำธรรมชาติเป็นตัวรักษาอุณหภูมิ[1] จากนั้นจึงใช้ Arduino เก็บข้อมูลลงบน SD card ต่อมาได้มีการศึกษาเพิ่มเติมโดยมีการการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิภายในกระบะ จากนั้นจึงวางกระบะเรียงซ้อนกันสองชั้น รวมเป็น 6 กระบะ แล้วจึงพบว่าการรักษาอุณหภูมิภายในกระบะให้เหมาะสมสามารถเพิ่มอัตราการรอดให้แก่ต้นกล้ากล้วยได้[2] และยังมีการทำการออกแบบระบบบอัตโนมัติในการติดตามและควบคุมการปลูกผักแบบไร้ดิน(hydroponics) โดยระบุว่ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้อคือ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิน้ำ ความชื้นและแสงแดด[3] นอกจากนี้ได้มีการศึกษาการติดตามระบบการปลูกพืชแบบ Realtime ซึ่งมีการใช้ Wi-Fi เป็นตัวรับส่งข้อมูล[4]

ในงานวิจัยนี้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ถูกนำมาใช้ในการอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์และส่งผ่านข้อมูลไปยัง Cloud คือ DOIT ESP32 DEVKIT V1 ส่วน Cloud ที่นำมาใช้ในการศึกษาคือ ThingSpeak ซึ่งมีบริการที่สามารถช่วยในการแสดงผลข้อมูลแบบ Realtime และเก็บข้อมูลที่ได้จากการอ่านเซนเซอร์ที่ใช้วัดปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ากล้วย โดยเพิ่มเติมจากงานวิจัยของ จุฑารัตน แซลิ้ม และคณะ อันได้แก่ ความเข้มแสง อุณหภูมิน้ำที่เข้าและออกจากกระบะเพาะเลี้ยง ส่วนอุณหภูมิ และ ความชื้นภายในกระบะจะยังคงถูกควบคุมตามการทดลองก่อนหน้า ซึ่งค่าที่เซนเซอร์วัดได้ทั้งหมดจะถูกเก็บและแสดงผลผ่าน cloud เพื่อให้สามารถนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไปได้ นอกจากนี้สามารถนำข้อมูลออกมาแสดงในรูปแบบไฟล์ Excel เพื่อให้สามารถแสดงผลรูปแบบอื่นหรือนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบช่วยในการติดตามสภาพแวดล้อมสำหรับกระบะเพาะเลี้ยงต้นกล้ากล้วยแบบเรียงซ้อน



รูป 1 การจัดเรียงกระบะเพื่อเพาะเลี้ยงต้นกล้ากล้วย

ตาราง 1 ข้อมูลทั่วไปของเซนเซอร์ที่ใช้ในการทดลอง

เซนเซอร์	ข้อมูลที่วัดได้	หน่วยวัด
DHT22	อุณหภูมิ และ ความชื้น	°c และ %RH
DS18B20	อุณหภูมิ	°c
TSL2561	แสง	Lux
VEML6075	UVA, UVB	UV index

2.เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

2.1 Internet of Thing (IOT) คือการที่อุปกรณ์หลายอย่างสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย เพื่อแลกเปลี่ยนและแบ่งปันข้อมูลได้ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลโดยมีมนุษย์เกี่ยวข้องน้อยที่สุด [5]

2.2 Microcontroller ในงานวิจัยชิ้นนี้เลือกใช้ DOIT ESP32 DEVKIT V1 ดังรูป 2 เนื่องจากสามารถเชื่อมต่อกับ Wi-Fi ได้โดยตรง และมีส่วนรองรับการเชื่อมต่อบัส (bus) ต่าง ๆ อย่างเพียงพอต่อการใช้งาน

2.3 เซนเซอร์ที่ใช้ในการทดลอง มีรายละเอียดโดยทั่วไปดัง ตาราง 1

- DHT2 เป็นเซนเซอร์ที่มีความเสถียรและมีอัตราการใช้พลังงานต่ำ ใช้ในการวัดอุณหภูมิและความชื้นทั้งภายในและภายนอกกระบะเพาะเลี้ยง
- DS18B20 ในงานวิจัยเลือกใช้รุ่นที่มี Prob กันน้ำเพื่อใช้สำหรับวัดอุณหภูมิน้ำที่ไหลเข้า-ออกกระบะเพาะเลี้ยง
- TSL2561 เป็นเซนเซอร์ที่สามารถวัดแสงได้หลายช่วงกว้าง ใช้วัดค่าความเข้มของแสงที่ส่องมายังกระบะเพาะเลี้ยง
- VEML6075 ใช้วัดรังสี UVA และ UVB ที่ต้นกล้ากล้วยได้รับ โดยรังสี UVB มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง

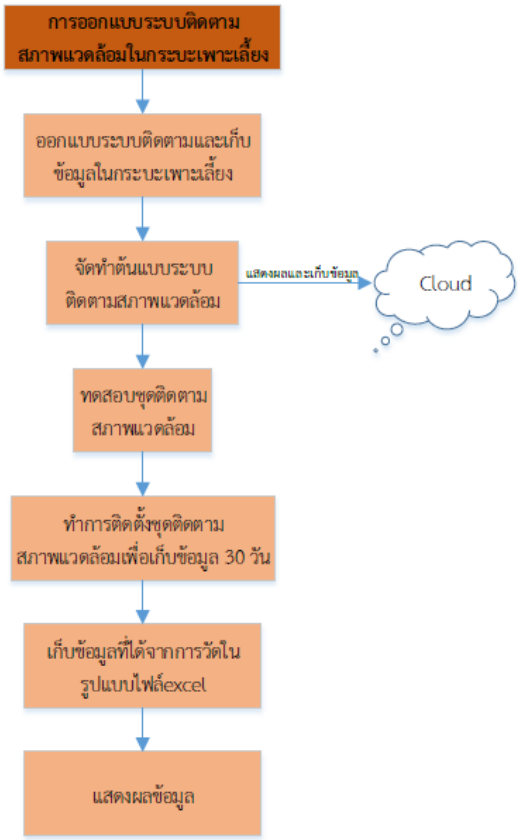
2.4 ThingSpeak คือ Cloud ที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้เป็นที่เก็บข้อมูลของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับงาน IOTs ซึ่งเป็นบริการฟรีที่มีข้อจำกัด โดยใน 1 channel ของ ThingSpeak สามารถสร้าง chart แสดงค่าได้สูงสุด 8 chart โดยในงานวิจัยนี้จะใช้ทั้งหมด 2 channel นอกจากนี้ยังสามารถแสดงผลข้อมูลเป็นกราฟ หรือทำการบันทึกข้อมูลเป็นไฟล์ excel โดยใน เพื่อให้สามารถนำไปใช้ต่อได้อีกด้วย

2.5 การขยายพันธ์ต้นกล้ากล้วยโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ คือ เทคโนโลยีทางชีวภาพที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการเพาะพันธุ์ต้นกล้วยเพื่อให้ได้ปริมาณมาก ได้พันธุ์ที่ดีและปลอดโรค โดยขั้นตอนของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะมีการนำชิ้นส่วนของพืชเช่น ลำต้น ก้านช่อดอก ตา ใบ มาเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เมื่อชิ้นส่วนนั้นเจริญเป็นต้นอ่อน จะมีการนำไปอนุบาลในสภาพแวดล้อมควบคุมต่อไปเพื่อให้สามารถเติบโตเป็นต้นพืชที่แข็งแรง[6]

รูป 2 บอร์ด DOIT ESP32 DEVKIT V1 ที่ใช้ในงานวิจัย

3.การดำเนินการวิจัย

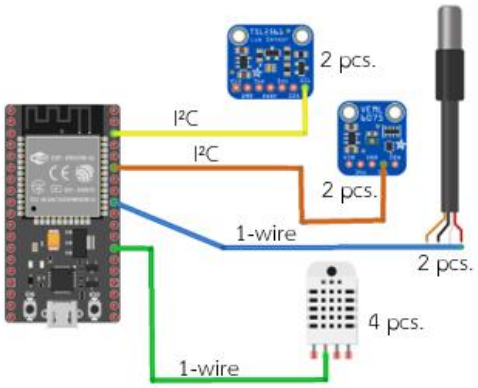
ในงานวิจัยนี้ได้มีการวางแผนงานดังรูป 3 ซึ่งกระบะเพาะเลี้ยงต้นกล้ากล้วย จะมีการวางซ้อนกันดังรูป 1 สำหรับแผนผังการเชื่อมต่อเซนเซอร์เข้ากับบอร์ด DOIT ESP32 DEVKIT V1 นั้นจะเป็นไปตามรูป 4



รูป 3 แสดงแผนผังการดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้

- ไมโครคอนโทรลเลอร์ : DOIT ESP32 DEVKIT V1
- คลาวด์ : ThingSpeak
- เซนเซอร์

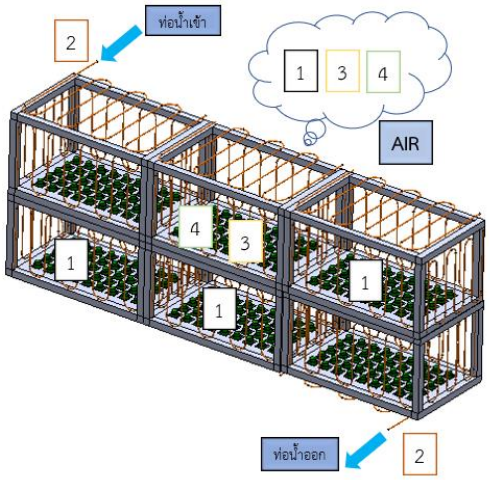


รูป 4 เซนเซอร์ทั้งหมดที่เชื่อมต่อกับ DOIT ESP32 DEVKIT V1

3.2 การจัดวาง Sensor ในกระบะเพาะเลี้ยง

1. DHT22 จำนวน 4 ตัว มีตำแหน่งการจัดวางไว้ในกระบะเพาะเลี้ยง 3 ตัว และนอกกระเพาะเลี้ยง 1 ตัว เพื่อสังเกตการณ์การกระจายตัวของอุณหภูมิและความชื้นภายในกระบะ โดยมีการจัดวางบริเวณน้ำไหลเข้า-ออก และตรงกลางกระบะตามตำแหน่งดังรูป 5
2. DS18B20 จำนวน 2 ตัว มีตำแหน่งการจัดวางไว้ที่ขาเข้า-ขาออกของท่อน้ำที่ไหลเข้า-ออกจากกระบะเพาะเลี้ยงเพื่อสังเกตุอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป เนื่องจากน้ำที่ผ่านกระบะเพาะเลี้ยงจะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการรักษาอุณหภูมิให้แก่ระบบ
3. TSL2561 2 ตัว มีตำแหน่งการจัดวางที่บริเวณกลางกระบะเพาะเลี้ยง 1 ตัว โดยมีการสลับขึ้นลงระหว่างกระบะชั้น1 และชั้น 2 ตามเวลาที่กำหนด เนื่องจากต้องการวัดค่าปริมาณของแสงที่ต้นกล้ากล้วยได้รับในแต่ละวันโดยเฉลี่ย นอกจากนี้ TSL2561 อีก 1 ตัว ยังถูกจัดวางไว้นอกกระบะเพาะเลี้ยงเพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแสงกับสภาพแวดล้อมภายนอก
4. VEML6075 2 ตัว มีตำแหน่งการจัดวางบริเวณเดียวกับ TSL2561 เพื่อเปรียบเทียบ

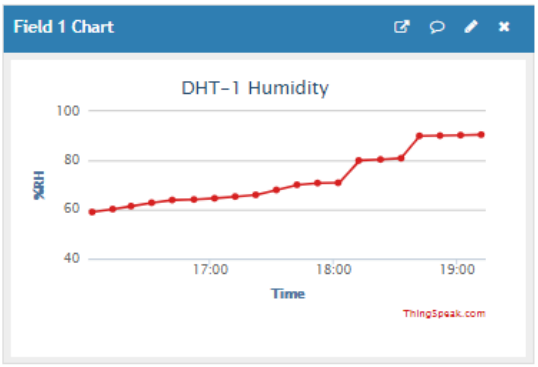
ปริมาณแสง UV ที่ต้นกล้ากล้วยได้รับในแต่ละวัน



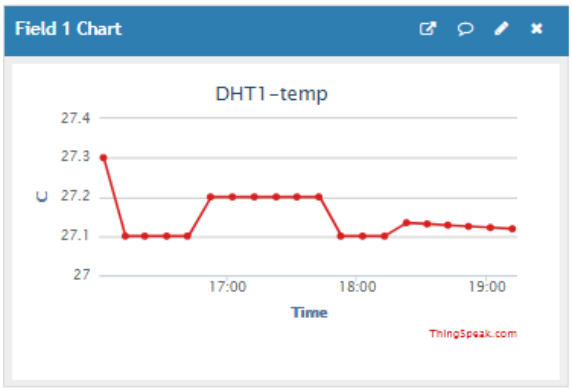
รูป 5 แผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดในกระบะเพาะเลี้ยงต้นกล้ากล้วย

4. ผลการทดลอง

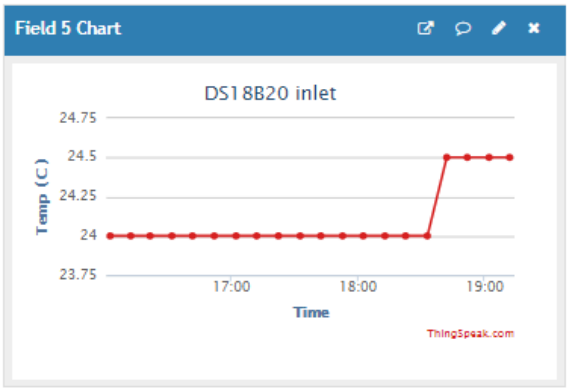
หลังจากทำการติดตั้งเซนเซอร์ดังตำแหน่งที่กำหนดแล้ว และได้ทำการแสดงค่าผ่าน ThingSpeak เพื่อแสดงผล โดยมีการเก็บข้อมูลทุก 10 นาที จะพบว่า เซนเซอร์ที่ถูกจัดวางอยู่ในบริเวณเดียวกันจะมีค่าที่วัดได้ใกล้เคียงกัน จากการทดสอบเป็นเวลา 10 วัน พบว่าอุณหภูมิอากาศตามรูป 7 ที่วัดได้มีค่าอยู่ในช่วง 24-27 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นสัมพัทธ์ตามรูป 6 มีค่า 75-100% ส่วนอุณหภูมิน้ำไหลเข้าออกตามรูป 8 มีค่าที่วัดได้อยู่ในช่วง 24-28 องศาเซลเซียส ค่าความเข้มแสงที่วัดได้อยู่ในช่วง 0-17500 ลักซ์ ตามรูป 9 และในส่วนของ UV index ตามรูป 10 มีค่าในช่วง 0-10 จากการส่งข้อมูลจาก เซนเซอร์ ผ่าน ไมโครคอนโทรลเลอร์ ไปยัง ThingSpeak พบว่าจะมีการดีเลย์ประมาณ 2-3 วินาที ซึ่งในบางวัน การส่งข้อมูลอาจมีการขาดหายไปเป็นบางช่วง ก่อนที่ระบบก่อนจะกลับมาทำงานได้ตามปกติ ส่วนการ export ออกมาในรูปแบบ excel ตามรูป 11 พบว่าค่าที่ได้มีความสอดคล้องกับค่าที่แสดงในกราฟบน ThingSpeak โดยข้อมูลเหล่านี้สามารถทำการเก็บเพื่อนำไปศึกษาต่อได้



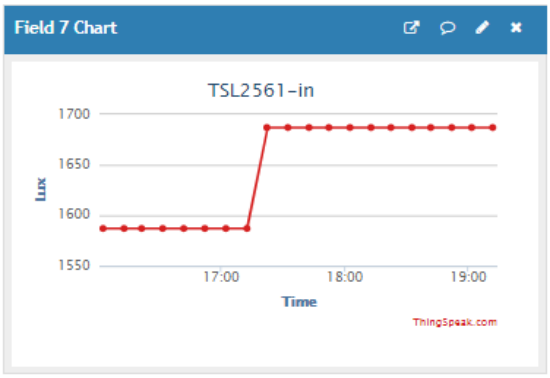
รูป 6 ตัวอย่างกราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกกระบะเพาะเลี้ยงจากเว็บ ThingSpeak



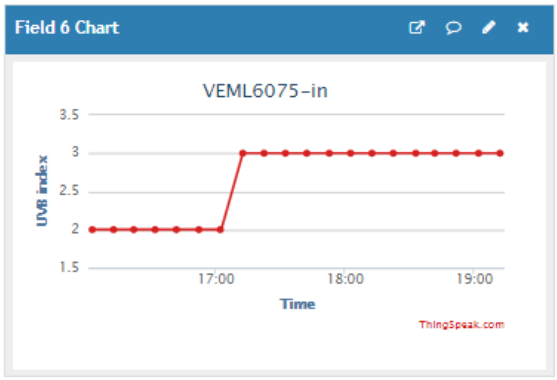
รูป 7 ตัวอย่างกราฟแสดงอุณหภูมิภายในกระบะเพาะเลี้ยงจากเว็บ ThingSpeak



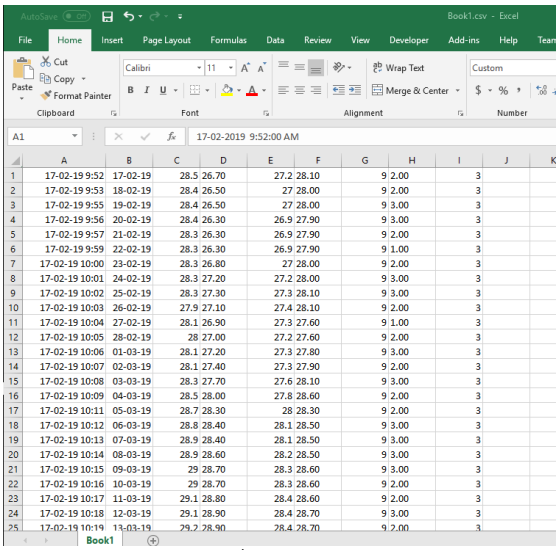
รูป 8 ตัวอย่างกราฟแสดงอุณหภูมิของน้ำที่ไหลเข้าและออกกระบะเพาะเลี้ยงจากเว็บ ThingSpeak



รูป 9 ตัวอย่างกราฟแสดงความเข้มแสงภายในและภายนอกกระบะเพาะเลี้ยงจากเว็บ ThingSpeak



รูป 10 ตัวอย่างกราฟแสดงรังสี UVA และ UVB ภายในและภายนอกกระบะเพาะเลี้ยงจากเว็บ ThingSpeak



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	17-02-19 9:52	17-02-19	28.5	26.70	27.2	28.10	9	2.00	3
2	17-02-19 9:53	18-02-19	28.4	26.50	27	28.00	9	2.00	3
3	17-02-19 9:55	19-02-19	28.4	26.50	27	28.00	9	3.00	3
4	17-02-19 9:56	20-02-19	28.4	26.30	26.9	27.90	9	3.00	3
5	17-02-19 9:57	21-02-19	28.3	26.30	26.9	27.90	9	2.00	3
6	17-02-19 9:59	22-02-19	28.3	26.30	26.9	27.90	9	1.00	3
7	17-02-19 10:00	23-02-19	28.3	26.80	27	28.00	9	2.00	3
8	17-02-19 10:01	24-02-19	28.3	27.20	27.2	28.00	9	3.00	3
9	17-02-19 10:02	25-02-19	28.3	27.30	27.3	28.10	9	3.00	3
10	17-02-19 10:03	26-02-19	27.9	27.10	27.4	28.10	9	2.00	3
11	17-02-19 10:04	27-02-19	28.1	26.90	27.3	27.60	9	1.00	3
12	17-02-19 10:05	28-02-19	28	27.00	27.2	27.60	9	2.00	3
13	17-02-19 10:06	01-03-19	28.1	27.20	27.3	27.80	9	3.00	3
14	17-02-19 10:07	02-03-19	28.1	27.40	27.3	27.90	9	2.00	3
15	17-02-19 10:08	03-03-19	28.3	27.70	27.6	28.10	9	3.00	3
16	17-02-19 10:09	04-03-19	28.5	28.00	27.8	28.60	9	2.00	3
17	17-02-19 10:11	05-03-19	28.7	28.30	28	28.30	9	2.00	3
18	17-02-19 10:12	06-03-19	28.8	28.40	28.1	28.50	9	3.00	3
19	17-02-19 10:13	07-03-19	28.9	28.40	28.1	28.50	9	3.00	3
20	17-02-19 10:14	08-03-19	28.9	28.60	28.2	28.50	9	3.00	3
21	17-02-19 10:15	09-03-19	29	28.70	28.3	28.60	9	3.00	3
22	17-02-19 10:16	10-03-19	29	28.70	28.3	28.60	9	2.00	3
23	17-02-19 10:17	11-03-19	29.1	28.80	28.4	28.60	9	2.00	3
24	17-02-19 10:18	12-03-19	29.1	28.90	28.4	28.70	9	3.00	3
25	17-02-19 10:19	13-03-19	29.2	28.90	28.4	28.70	9	2.00	3

รูป 11 ตัวอย่างข้อมูลที่ถูก export ออกมาในรูปแบบไฟล์ excel

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองพบว่าค่าที่แสดงใน excel มีค่าเท่ากับค่าที่แสดงในกราฟของ ThingSpeak ทำให้ผู้ใช้สามารถติดตามผลแบบ Realtime หรือ export ค่าออกไปวิเคราะห์ในภายหลังได้ โดยอุณหภูมิและความชื้นภายในกระบะเพาะเลี้ยงที่จะเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ต้นกล้ากล้วยรอดได้มากที่สุด สามารถวัดได้จากเซนเซอร์ DHT22 ที่อยู่ในกระบะเพาะเลี้ยง และ DS18B20 ที่อยู่ในท่อน้ำขาเข้า ซึ่งนอกจากปัจจัยดังกล่าวแล้ว แสงแดดที่ยังมีความจำเป็นสำหรับการเติบโตของต้นหน้ากล้วย เซนเซอร์ TSL2561 และ VEML6075 จะช่วยในการตรวจสอบว่ากระบะต้นกล้ากล้วยที่แม้จะวางในลักษณะเรียงซ้อนก็ยังสามารถรับแสงแดดได้อย่างทั่วถึง สำหรับในเรื่องของความความคลาดเคลื่อนเซนเซอร์ตามมาตรฐานการผลิตพบว่า DHT 22 และ DS18B20 มีค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิ ±0.5 องศาเซลเซียส ส่วนค่าความชื้นของ DHT22 มีค่า 2-5 % สำหรับเซนเซอร์แสงมีค่าที่วัดได้สอดคล้องตามปริมาณแสงต่อวัน โดยรวมแล้ว มีความเหมาะสมกับระบบติดตามผล แต่ DHT22 เมื่อใช้งานเป็นไปถึงช่วงเวลาหนึ่ง จะแสดงค่าความชื้น 100% ตลอดเวลา ซึ่งอาจเกิดจากหยดน้ำเกาะบนตัวเซนเซอร์ ในอนาคตจึงจำเป็นต้องหาเซนเซอร์ที่สามารถกันน้ำได้มาทดแทนในการทดลอง นอกจากนี้ยังมีบางช่วงข้อมูลที่ส่งไปยัง Cloud เกิดการขาดหาย เนื่องจากความไม่เสถียรของสัญญาณ WiFi และ Cloud sever ดังนั้นอาจจะต้องพิจารณาเปลี่ยนเป็นการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายแบบอื่น ๆ เพื่อเพิ่มความสเถียรในการส่งข้อมูลต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย และขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่สนับสนุนทุนวิจัยบางส่วน ทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

7.1 บทความจากวารสาร (Journal)

[1] กองพล สมสุระ, ทวีเดช ศิริธนาพิพัฒน์ และ อารยา อาจเจริญ เทียนหอม (2559). การจัดสร้างต้นแบบกระบะเพาะชำต้นกล้ากล้วยควบคุมอุณหภูมิโดยแหล่งน้ำธรรมมชาติ, *วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ*, มิถุนายน 2559, หน้า 69-75

[2] จุฑารัตน แซลิ้ม, รัตติมา เชียงแสน และ เสฏฐวุฒิ หวงอาวรณ (2560). การจัดสรางตนแบบกระบะเพาะชำตนกลากลวยควบคุมอุณหภูมิโดยแหลงน้ำธรรมชาติแบบเรียงซอน. *ปริญญานิพนธ์ปริญญาตรี*, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร, กรุงเทพมหานคร.

[3] Vaibhav Palande, Adam Zaheer and Kiran Georgea (2018). Fully Automated Hydroponic System for Indoor Plant Growth, *Procedia Computer Science.*, pp 482-488

[4] Divyansh Thakur et al. (2018), Real Time Monitoring of Valeriana Jatamansi Plant for Growth Analysis, *Procedia Computer Science.,* pp 507–517

[5] วิวัฒน์ มีสุวรรณ์ (2559). อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (Internet of Things) กับการศึกษา, *วารสารวิชาการนวัตกรรมสื่อสารสังคม,* กรกฎาคม - ธันวาคม 2559, หน้า 83-92.

7.2 เว็บไซต์

[6] ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพเกษตร (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์). *กล้วยจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ.*แหล่งที่มา http://www.aopdt01.doae.go.เข้าดูเมื่อวันที่ 25/12/2561.