

การออกแบบและพัฒนาเครื่องวัดสภาพดินด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์
สำหรับการปลูกกระเทียมอินทรีย์
**The Design and Development of Soil Meter using Microcontroller
for Organic Garlic Farm**

อนุชา ดีผาง และ ทองปาน ปรีวัตร

มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

Anucha Deeaphang and Thongpan Pariwat

Northeastern University, Thailand

Corresponding Author, E-mail:pariwat@neu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นงานพัฒนานวัตกรรมทางการเกษตร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อการออกแบบและพัฒนาเครื่องวัดสภาพดินด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการปลูกกระเทียมอินทรีย์ 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพเครื่องวัดสภาพดินด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการปลูกกระเทียมอินทรีย์ 3) เพื่อประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องวัดสภาพดินด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการปลูกกระเทียมอินทรีย์ เป็น การรูปแบบวิจัยโดยการทดลอง ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างเครื่องวัดสภาพดินเพื่อวัดปริมาณธาตุอาหารหลัก ค่าความเป็นกรด-ด่าง และเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินด้วยการประยุกต์ใช้เซนเซอร์วัดการเปลี่ยนแปลงของประจุไฟฟ้าในดินที่เกิดจากระดับของแร่ธาตุในดินที่แตกต่างกัน แปลผลสัญญาณด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ WeMos D1 ESP8266 WIFI และแสดงค่าที่วัดได้ผ่านจอ LCD โดยได้นำผลการวัดไปเปรียบเทียบกับ เครื่องวัดที่ได้รับมาตรฐาน กลุ่มตัวอย่างสำหรับงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย 2 กลุ่ม โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) คือ 1) ผู้เชี่ยวชาญเทคโนโลยีและนวัตกรรม จำนวน 5 คน และ 2) เกษตรกรกลุ่มผู้ปลูกกระเทียมอินทรีย์ จำนวน 50 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) เครื่องวัดสภาพดิน 2) แบบประเมินประสิทธิภาพ และ 3) แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งาน เก็บข้อมูลโดยให้ผู้เชี่ยวชาญ ทดลองและประเมินประสิทธิภาพ และนำเครื่องวัดสภาพดินไปให้กลุ่มผู้ปลูกกระเทียมอินทรีย์ทดลองใช้งานกับ แปลงปลูกกระเทียมในพื้นที่จริง เป็นระยะเวลา 3 เดือน จากนั้นให้ประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งาน เครื่องมือวัดสภาพดิน สำหรับสถิติที่ใช้ในการวิจัยนี้ ใช้การหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อแปลผลตามช่วงระดับคะแนน

ผลการวิจัยพบว่า เครื่องวัดสภาพดินด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการปลูกกระเทียมอินทรีย์สามารถวัดค่าปริมาณธาตุอาหารในดินได้อย่างถูกต้อง และสามารถวัดค่า (pH) และเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินได้ใกล้เคียงกับเครื่องวัดที่ได้มาตรฐาน เป็นไปตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 สำหรับผลการประเมินประสิทธิภาพการทำงานโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ประสิทธิภาพของระบบในภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 เป็นไปตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 และ ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มผู้ปลูกกระเทียม พบว่า มีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.36 เป็นไปตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 ทั้งนี้จากการศึกษาวิจัยยังพบว่ากลุ่มเกษตรกรเปิดใจยอมรับต่อการนำเอาเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับการเกษตรและสามารถนำไปพัฒนาคุณภาพผลผลิตและสร้างรายได้ให้กับครอบครัวและชุมชนได้ตามเป้าหมายของคณะวิจัย

คำสำคัญ : เครื่องวัดสภาพดิน; การประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์; การออกแบบและพัฒนา

Abstracts

This research aims to develop agricultural innovations with the following objectives: 1) Designing and developing a microcontroller-based soil meter for organic garlic cultivation, 2) Evaluating the efficiency of a microcontroller-based soil meter for planting, 3) Evaluating user satisfaction of using a microcontroller-based soil meter for organic garlic cultivation. In this research, the researchers designed and built a soil meter to measure soil macronutrients and pH levels as well as a percentage of soil moisture by using the experimental method. A sensor was used to measure change in soil electrical charge caused by different levels of soil minerals and this measured signal was interpreted by the microcontroller, WeMos D1 ESP8266 WIFI, and displayed on LCD. The measurement can be improved by calibrating the measurement results with a standard soil meter. The sample groups of this research consisted of 2 groups which were specifically selected as follows: 1) 5 experts in technology and innovation, and 2) 50 organic garlic farmers. The tools used in this research are as follows: 1) a soil meter, 2) an efficiency evaluation form, and 3) a user satisfaction evaluation form. In the evaluation phase, the efficiency of the meter was evaluated by experts who collected the data, and the user satisfaction of the soil meter was evaluated by a group of organic garlic farmers who used the meter on the actual organic garlic planting area for 3 months. The statistical analysis used in this research was to find the mean and standard deviation to interpret the results according to the score range.

The results showed that the microcontroller-based soil meter for organic garlic cultivation can accurately measure the nutrient content in the soil. The acidity - alkalinity and the percentage of soil moisture were close to that of a standard soil meter, thus meeting objective no.1. As for the performance evaluation results by experts, it was found that the overall system performance was at a high level. The average was 4.00 and met objective no.2. The user satisfaction evaluation results of the organic garlic farmers group showed that the overall satisfaction was at a high level with an average of 4.36 and met objective no.3. The research study also found that farmers' groups are willing to accept the application of

agriculture technology, which can improve the quality of products and generate income for their families and communities according to the research team's goals.

Keywords: Soil fertility meter; Application of microcontroller; Design and Development

บทนำ

อาหารไทยส่วนใหญ่แล้วมักจะมีกระเทียมเป็นส่วนประกอบ ซึ่งถือว่ากระเทียมเป็นเครื่องเทศที่สำคัญในการปรุงอาหาร หรือใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับทำน้ำจิ้มต่างๆ เพื่อรับประทานในครัวเรือนหรือตามร้านอาหาร (ยุภาพร แหเลิศระกุล, 2561 : 26-33) จึงถือว่ากระเทียมเป็นในพืชเศรษฐกิจหนึ่งของไทย ที่มีพื้นที่เพาะปลูกทั่วประเทศกว่า 8 หมื่นไร่ แต่อย่างไรก็ตามจากการคาดการณ์ของเลขาธิการสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (สศก.) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เผยว่าการผลิตกระเทียมในปีเพาะปลูก 2562/2563 จะมีเนื้อที่เพาะปลูกลดลงจากปีที่ผ่านมา เนื่องจากราคากระเทียมแห้งลดลงจากปี 2561 และผลกระทบจากนำเข้ากระเทียมจีน ส่งผลให้เกษตรกรบางส่วนเปลี่ยนไปปลูกพืชผักที่ให้ผลตอบแทนที่ดีกว่า เช่น ผักสวนครัว หอมแบ่ง หรือ มันแกว เป็นต้น (posttoday.com, 2019 : online) จากปัจจัยด้านราคาและคุณภาพของกระเทียม ทำให้เกษตรกรบางส่วนหันมาพัฒนาการปลูกเป็นกระเทียมอินทรีย์มากขึ้น ซึ่งทำให้กระเทียมคุณภาพดีขึ้น กลิ่นไม่ฉุน และสามารถเก็บไว้ได้นาน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562 : ออนไลน์) นอกจากนี้กระเทียมอินทรีย์ ยังเป็นพืชสมุนไพร ที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้ ยารักษาโรค ป้องกันมะเร็ง ลดระดับไขมัน ช่วยขับลม ลดน้ำตาลในเลือด และสารอันตรายที่ปนเปื้อนในเม็ดเลือด เป็นต้น (วีระพล แก้วก่า และ อภิชาติ ศรีชาติ, 2561 : 1-9) ซึ่งทำให้ผลผลิตจากกระเทียมอินทรีย์มีตลาดที่รองรับแน่นอนและมีราคาสูงกว่ากระเทียมเคมีทั่วไป เนื่องจากในปัจจุบันผู้บริโภคหันมาบริโภคสุขภาพ และต้องการผลผลิตทางการเกษตรในระบบเกษตรอินทรีย์กันมากขึ้น และยังมีสำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ มกท. เป็นผู้สนับสนุนให้เกษตรกรปลูกสินค้าเกษตรอินทรีย์เพื่อให้ได้การรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์สากลอีกด้วย

การปลูกพืชให้มีผลผลิตที่ดีและมีคุณภาพนั้น ต้องอาศัยปัจจัยหลายอย่างเช่น ความสมบูรณ์ของดิน แร่ธาตุและสารอาหารที่พืชต้องการค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) และความชื้นในดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (รัฐศิลป์ รานอกภานุวัชร, 2561 : 65-73) สำหรับการปลูกกระเทียมอินทรีย์ก็เช่นเดียวกัน เกษตรกรจำเป็นต้องเตรียมดิน และความชื้น ให้เหมาะสมกับความต้องการของกระเทียม รวมถึงการควบคุมคุณภาพดินให้เหมาะสมในแต่ละช่วงอายุของการปลูก ตลอดจนการดูแลรักษากระเทียมตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ เพื่อให้ได้ผลผลิตกระเทียมที่ดีและมีคุณภาพ แต่เนื่องด้วยเกษตรกรไม่สามารถวัดปริมาณแร่ธาตุในดิน หรือตรวจสอบค่า pH และ ความชื้นในดินที่เหมาะสมได้ ทำให้ไม่สามารถควบคุมปริมาณการให้ปุ๋ยและคุณภาพดินให้เหมาะสมตามช่วงอายุของกระเทียมอินทรีย์ได้ ส่งผลให้เกิดปัญหาคือ ขนาดของหัวกระเทียมมีขนาดไม่สม่ำเสมอ เล็ก ใหญ่ แตกต่างกัน ทำให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพต่ำ ขายได้ในราคาที่ถูกลง

นอกจากนี้เกษตรกรยังไม่สามารถควบคุมปริมาณการให้ปุ๋ยและน้ำที่เหมาะสมได้ ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูง ส่งผลให้การขายสินค้าได้กำไรน้อยลง ทั้งนี้ถ้าเกษตรกรต้องการวัดคุณภาพดิน จำเป็นจะต้องส่งตัวอย่างเข้าตรวจในห้องปฏิบัติการ ซึ่งใช้เวลานานและมีค่าใช้จ่ายสูง

ในปัจจุบันรัฐบาลมีนโยบาย Thailand 4.0 เพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ ด้วยการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาช่วยในการลดต้นทุนการผลิต รวมถึงการดำเนินการผลิตให้มีประสิทธิภาพ พืช (รัฐศิลป์ ราชานอกภานุวัชร, 2561 : 65-73) สำหรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT) คือการเชื่อมโยงสิ่งต่างๆ เข้าด้วยกัน ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถสั่งการ และควบคุมการทำงานอุปกรณ์ ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้ (นิติคม อริยพิมพ์ และ อนุชา ดีผาง, 2564 : 128-137) ในส่วนภาคการเกษตรได้มีการนำเอาเทคโนโลยีต่างๆ เข้ามาเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเกษตรกรมากยิ่งขึ้น เช่น การนำเอาเทคโนโลยี Internet of Thing (IoT) เข้ามาเสริมให้เกษตรกรสามารถปรับปรุงกระบวนการด้านการเกษตรในรูปแบบใหม่ มีความทันสมัย สู่การเป็น Smart Farmer โดยนำเอาระบบเทคโนโลยีอัจฉริยะ มาประยุกต์ใช้ในการทำการเกษตร เพื่อใช้สำหรับการควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการปลูกพืช และลดปัญหาที่จะเกิดขึ้น (อุมาพร ป่อพิมาย และคณะ, 2563 : 63-78) ทำให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนที่ไม่จำเป็น และส่งผลให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีขึ้นและได้ราคาที่สูงขึ้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการออกแบบและพัฒนาเครื่องวัดคุณภาพดิน สำหรับการปลูกกระเทียมอินทรีย์ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำหรับวัดคุณภาพดิน โดยสามารถวัดได้ 3 ค่า คือ ค่าธาตุอาหารในดิน (NPK) ค่าความเป็นกรด/ด่าง (pH) และค่าความชื้นในดิน ซึ่งค่าคุณภาพดินดังกล่าว เป็นข้อมูลที่เกษตรกรจำเป็นต้องทราบเพื่อที่จะ นำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการควบคุมคุณภาพดินให้มีความเหมาะสมต่อความต้องการของกระเทียมอินทรีย์ในแต่ละช่วงอายุการปลูก ทำให้สามารถควบคุมปริมาณการให้ปุ๋ยให้เหมาะสม ไม่มากหรือน้อยเกินไป ทำให้ลดต้นทุนด้านการให้ปุ๋ยได้ นอกจากนี้ ยังสามารถควบคุมคุณภาพดินในแต่ละแปลงให้เท่ากัน ส่งผลให้ผลผลิตมีคุณภาพที่สม่ำเสมอและขายได้ในราคาที่สูงขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการนำเอาเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในด้านเกษตร และก้าวสู่การเป็น Smart Farmer ที่ความทันสมัย และรู้จักการทำเกษตรในเชิงประยุกต์กับเทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อการออกแบบและพัฒนาเครื่องวัดสภาพดินด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการปลูกกระเทียมอินทรีย์
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพเครื่องวัดสภาพดินด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการปลูกกระเทียมอินทรีย์
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องวัดสภาพดินด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการปลูกกระเทียมอินทรีย์

ระเบียบวิธีวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ในงานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยได้กำหนดจำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ด้วยวิธีการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (**purposive sampling**) โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้

- 1.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรม จำนวน 5 คน
- 1.2 เกษตรกรผู้ปลูกกระเทียมอินทรีย์จังหวัดหนองคายจำนวน 50 คน โดยเป็นเกษตรกรจากตำบลสร้างนางขาว อำเภอโพนพิสัย จำนวน 10 คน ตำบลอุดมพร อำเภอเฝ้าไร่ จำนวน 26 คน และตำบลเฝ้าไร่ อำเภอเฝ้าไร่ จำนวน 14 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 3 ส่วน โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 เครื่องวัดสภาพดินด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการปลูกกระเทียมอินทรีย์ ที่ถูกออกแบบและพัฒนาขึ้น และผ่านการทดสอบการทำงาน ปรับค่า จนสามารถวัดค่า ค่าธาตุอาหารในดิน ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าความชื้นในดิน ประสิทธิภาพการทำงานด้วยเทียบเคียงกับเครื่องวัดมาตรฐาน ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1 การวัดธาตุอาหารหลักและความเป็นกรด-ด่างของดิน

งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้ Soil NPK and pH Sensor ในการวัดธาตุอาหารหลักและความเป็นกรด-ด่างของดิน โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงของประจุไฟฟ้าระหว่างโพรบวัดที่ทำจากโลหะ 3 แท่ง เมื่อเสียบโพรบลงไปดินจะเกิดแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกันระหว่างโพรบซึ่งค่าแรงดันนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารหลักในดิน โดยมีการแปลผลเป็นเป็น 3 ระดับ ดังนี้

1. Too little หมายถึง ไนโตรเจน น้อยกว่า 50 PPM, ฟอสฟอรัส น้อยกว่า 4 PPM และโปแตสเซียม น้อยกว่า 50 PPM

2. Ideal หมายถึง ไนโตรเจน 50 - 200 PPM, ฟอสฟอรัส 4 - 14 PPM และ โพแทสเซียม 50 - 200 PPM

3. Too much หมายถึง ไนโตรเจน มากกว่า 200 PPM, ฟอสฟอรัส มากกว่า 14 PPM และ โพแทสเซียม มากกว่า 200 PPM (h2otester.com, 2018 : online)

ในส่วนของการวัดค่าความเป็นกรด-ด่างหรือค่า pH ของดินนั้น มีช่วงการวัด 0 – 9 (ALKALINE - ACIDIC) ค่า pH ของดินที่เหมาะสมในประเทศไทย คือ 6 – 7 (มากกว่า 7 ดินเป็นด่าง , น้อยกว่า 6 ดินเป็นกรด) **Soil NPK and pH Sensor** ทำการวัดค่าได้ทีละโหมดด้วยสวิตช์เลื่อน (ดูภาพประกอบแผนภาพที่ 3) ดังนั้นในการออกแบบจึงเลือกใช้เทคนิคการสลับโหมดการวัดด้วยรีเลย์ ในส่วนค่าที่วัดนี้อยู่ในรูปสัญญาณอนาล็อกจะถูกส่งเข้าไปยังขานาล็อกอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 10 บิต ซึ่งจะให้ค่าตัวเลขในฐานะสิบตั้งแต่ 0 – 1023 นำค่าที่วัดได้นี้มาเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐานเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องที่สุด



แผนภาพที่ 1 Soil NPK and pH Sensor

แหล่งที่มา : <https://www.lazada.co.th/products/2in1-npk-ph-soil-ph-meter-and-fertility-tester-i608822836.html>

2.1.2 การวัดความชื้นของดิน

การวัดความชื้นในดินงานวิจัยนี้เลือกใช้ Soil Moisture Sensor Module (ดูภาพประกอบแผนภาพที่ 4) โดยมีหลักการทำงานคือ การวัดการเปลี่ยนแปลงของค่าความนำไฟฟ้าระหว่างโพรบโลหะ 2 แท่ง ที่เสียบลงไปดิน ดินที่มีความชื้นจะนำไฟฟ้าได้มากกว่าดินที่แห้ง (S. N. Shylaja and M. B. Veena.,2017 : online) ยิ่งชื้นมากก็จะยิ่งนำไฟฟ้าได้มาก ค่าสัญญาณอนาล็อกนี้จะถูกส่งไปประมวลผลในไมโครคอนโทรลเลอร์เช่นเดียวกันกับค่าที่มาจาก **Soil NPK and pH Sensor**



แผนภาพที่ 2 Soil Moisture Sensor Module

แหล่งที่มา <https://www.arduino4.com/product/726/soil-moisture-sensor-module> -เซ็นเซอร์
เซ็นเซอร์ความชื้นในดินทนต่อการกัดกร่อน สายยาว-1-2-เมตร

2.1.3 WeMos D1 ESP8266 WIFI

สำหรับประมวลผลและควบคุมการทำงานของเครื่องวัดความสภาพดิน งานวิจัยนี้เลือกใช้บอร์ด WeMos D1 ESP8266 WIFI ซึ่งเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำเอา **Arduino UNO R3** กับ **ESP8266 WIFI** มารวมกันในบอร์ดเดียว (ดูภาพประกอบ แผนภาพที่ 5) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ราคาประหยัดที่เต็มไปด้วยประสิทธิภาพ สามารถพัฒนาต่อให้เชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อใช้ดูข้อมูลการวัดค่าต่างบนสมาร์ตโฟนได้อีกด้วย มีการนำมาประยุกต์ใช้สร้างระบบติดตามธาตุอาหารในดินเพื่อสร้างคลังข้อมูล (Salvi Saurabh., et al, 2021 : 66) เพื่อประโยชน์ในการบริหารจัดการและช่วยในการตัดสินใจของเกษตรกร



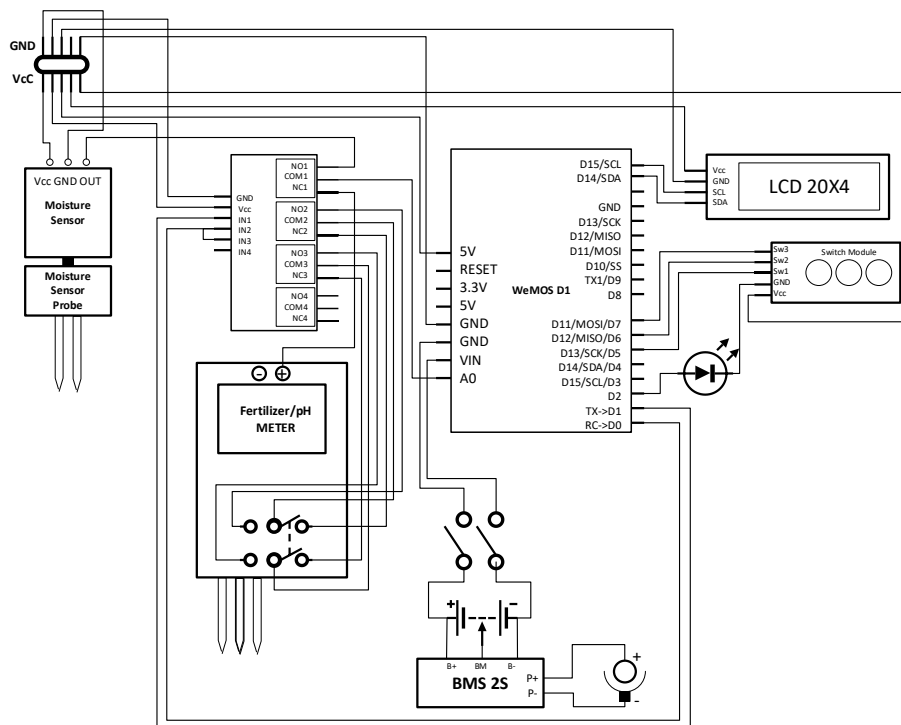
แผนภาพที่ 3 WeMos D1 ESP8266 WIFI

แหล่งที่มา : <https://www.arduino4.com/product/107/wemos-d1-r2-v2-1-0-wifi>

ส่วนของโปรแกรมหลักเริ่มจากการวัดค่าความชื้นและค่าธาตุอาหารหลัก **NPK** หน่วงเวลา 1 นาที เพื่อให้ประจุไฟฟ้าภายในดินมีการถ่ายเทระหว่างโพรบวัดจนคงที่เพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำที่สุด เมื่อครบเวลาสั่งให้บันทึกค่า **NPK** และ ค่าความชื้น จากนั้นรีเลย์ทำงานทำการสลับโพรบการวัดจาก **NPK** เป็น **pH** หน่วงเวลา 1 นาที เมื่อครบเวลาสั่งให้บันทึกค่า **pH** พร้อมกับแสดงค่า **NPK**, **pH** และความชื้นในดินด้วยจอแสดงผล **LCD**

2.1.4 ส่วนวงจรรวม

วงจรเครื่องวัดความสภาพดินเป็นดัง แผนภาพที่ 6 ประกอบด้วยส่วนสำคัญได้แก่ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ **WeMos D1 ESP8266 WIFI** ที่ใช้สำหรับประมวลผลและควบคุมการทำงาน โดยรับค่าปริมาณธาตุอาหารหลัก ค่าความเป็นกรด-ด่างและค่าความชื้นในดินจากเซ็นเซอร์ในรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันไฟฟ้า ประมวลผลและแปลออกมาเป็นค่าความเหมาะสมของดิน 3 ระดับ คือ **Too little** หมายถึง มีธาตุอาหารน้อย **Ideal** หมายถึง มีธาตุอาหารเหมาะสม และ **Too much** หมายถึง มีธาตุอาหารมากเกินไป สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่าง แสดงด้วยระดับ **pH 0 – 9** และความชื้นในดินแสดงในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ความชื้น 0 – 100 % สลับการวัดค่าแต่ละตัวด้วยโมดูลรีเลย์ การแสดงผลทั้ง 3 ค่านี้ใช้จอ **LCD** ขนาด **20X4** ส่งค่าข้อมูลแบบอนุกรมผ่านขา **SCL** และ **SDA** แหล่งพลังงานใช้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน 4.2 โวลต์ 2 เซลล์ มี **BMS** ควบคุมสมดุลเซลล์ในการอัดประจุ ใช้งานต่อเนื่องได้ประมาณ 8 ชั่วโมงต่อการอัดประจุ 1 ครั้ง



แผนภาพที่ 4 วงจรเครื่องวัดความสมบูรณ์ของดิน

2.2 แบบประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องวัดสภาพดินด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการปลูกกระเทียมอินทรีย์ ซึ่งใช้สำหรับประเมินประสิทธิภาพของการทำงานของเครื่องวัดสภาพดินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน

2.3 แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องวัดสภาพดินด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการปลูกกระเทียมอินทรีย์ ซึ่งใช้สำหรับประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องวัดสภาพดินโดยกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกกระเทียมอินทรีย์ จำนวน 50 คน

สำหรับการออกแบบเครื่องมือสำหรับประเมินประสิทธิภาพการทำงานและประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องวัดสภาพดิน คณะผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามมาตรฐานประเมินค่า 5 ระดับ ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างและวัดคุณภาพของเครื่องมือดังต่อไปนี้ 1) ค้นคว้าเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2) สร้างแบบประเมินให้ครอบคลุมต่อการประเมินประสิทธิภาพและการประเมินความพึงพอใจการใช้งานเครื่องวัดสภาพดิน 3) นำแบบประเมินที่ผ่านการสร้างและออกแบบแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณาความถูกต้องจำนวน 3 ท่าน ตามกระบวนการของ **(IOC : Index of item-objective congruence)** 4) ปรับแก้แบบประเมินตามคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ 5) จัดพิมพ์แบบประเมิน เพื่อใช้สำหรับการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยต่อไป

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

คณะผู้วิจัยได้นำเครื่องวัดสภาพดินด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ไปทดสอบการใช้งานกับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน จากนั้นใช้แบบสอบถามการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องวัดสภาพดิน เพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องวัด สำหรับการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องวัดสภาพดิน คณะผู้วิจัยได้นำเครื่องวัดสภาพดินจำนวน 50 เครื่อง ไปให้กับกลุ่มผู้ปลูกกระเทียมอินทรีย์ในพื้นที่ ต.เฝ้าไร่ อ.เฝ้าไร่ และ ต.สร้างนางขาว อ.โพนพิสัย จ.หนองคาย จำนวน 50 ราย เพื่อทดสอบการใช้งานเป็นเวลา 3 เดือน หลังจากนั้นใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือสำหรับกาประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องวัดสภาพดิน

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลหลังจากได้เก็บรวบรวมข้อมูลเป็นที่เรียบร้อยแล้ว คณะผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามแบบประเมินออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย 1) การประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องวัดสภาพดิน และ 2) การประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องวัดสภาพดิน โดยนำข้อมูลจากแบบสอบถามไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ค่าเฉลี่ย (**Mean**) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (**Standard Deviation**)

กรอบแนวคิดในการวิจัย

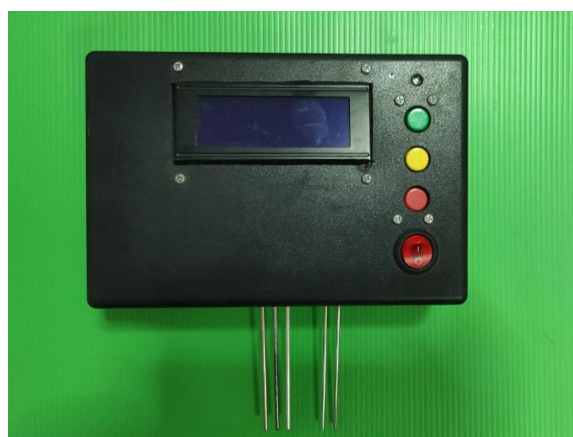


แผนภาพที่ 5 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผลการวิจัย

1. ผลจากการออกแบบและสร้างเครื่องวัดสภาพดิน

ผลจากการออกแบบและสร้างเครื่องวัดสภาพดินได้เครื่องต้นแบบเป็นดังแผนภาพที่ 7 ในการทดสอบความสมบูรณ์ของดินทำโดยใช้ตัวอย่างดิน 3 ประเภท ได้แก่ ดินร่วนปนทรายแทนดินประเภทธาตุอาหารน้อย ดินผสมปุ๋ยแทนดินที่มีธาตุอาหารเหมาะสม และดินผสมปุ๋ยปริมาณมากแทนดินที่มีธาตุอาหารมากเกินไป ผลการทดสอบพบว่าเครื่องสามารถบอกสภาพดินทั้ง 3 ประเภทได้อย่างถูกต้อง



แผนภาพที่ 6 เครื่องวัดความสมบูรณ์ของดิน

สำหรับการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบค่าการวัด pH และความชื้นในดิน ด้วยเครื่อง Soil Tester รุ่น DM-15 ยี่ห้อ TAKEMURA (ดูภาพประกอบ แผนภาพที่ 8) ผลที่ได้ ค่า pH และความชื้นในดินที่วัดได้มีความใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าเครื่องสามารถใช้วัดค่าได้จริงตามที่ได้ออกแบบไว้



แผนภาพที่ 7 การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบค่าการวัดสภาพดิน

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพการทำงาน

จากการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องวัดสภาพดินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ด้วยแบบประเมินที่มีเกณฑ์การให้คะแนนการประเมินแบบมาตราส่วน 5 ระดับ และแบบตอบคำถามปลายเปิดเป็นเครื่องมือ จากนั้นนำผลการเรียนรู้มาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผล แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการประเมินประสิทธิภาพการทำงาน

รายการ	ระดับความคิดเห็น		แปลผล
	$\bar{x}$	S.D.	
1.ส่วนวัดและแสดงค่าธาตุอาหารหลักในดิน	3.60	0.57	มาก
2.ส่วนวัดและแสดงค่าความชื้นในดิน	3.80	0.44	มาก
3.ส่วนวัดระดับพลังงานของเครื่อง	3.60	0.54	มาก
4.ระยะเวลาในการใช้งานต่อครั้ง	4.00	0.00	มาก
5.ประสิทธิภาพการทำงาน	3.80	0.44	มาก
6.ความง่ายในการใช้งาน	5.00	0.00	มากที่สุด

7.ความมีประโยชน์ของเครื่อง	5.00	0.00	มากที่สุด
8.การวางตำแหน่งอุปกรณ์เซ็นเซอร์มีความเหมาะสม	3.60	0.54	มาก
9.สวยงามความทนทาน	3.20	0.44	ปานกลาง
10.ความปลอดภัยในการใช้งาน	4.40	0.54	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.00	0.35	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่าการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องวัด ด้านความง่ายในการใช้งานและความมีประโยชน์ของเครื่อง มีประสิทธิภาพสูงสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาคือความปลอดภัยในการใช้งานมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 ลำดับถัดมาคือประสิทธิภาพด้านระยะเวลาในการใช้งานต่อครั้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 อยู่ในระดับมาก สำหรับด้านประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องวัด และ ส่วนวัดและแสดงค่าความชื้นในดิน มีระดับประสิทธิภาพมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 ลำดับรองสุดท้ายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.60 ประกอบด้วย ส่วนวัดและแสดงค่าธาตุอาหารหลักในดิน ส่วนวัดระดับพลังงานของเครื่อง และ การวางตำแหน่งอุปกรณ์เซ็นเซอร์มีความเหมาะสม อยู่ในระดับมาก ลำดับสุดท้ายคือด้านสวยงามความทนทาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.20 อยู่ในระดับปานกลาง ผลการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องวัดในภาพรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 อยู่ในระดับมาก

3. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสร้างนวัตกรรมสนับสนุนการเกษตร เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ ได้มีการนำเครื่องวัดสภาพดินนี้ไปทดลองใช้กับกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกกระเทียมอินทรีย์ จังหวัดหนองคายจำนวน 50 คน ในส่วนของการใช้งานเครื่อง จากการสอบถามและการสังเกตขณะใช้งาน (รูปภาพประกอบ แผนภาพที่ 9) พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่สามารถเรียนรู้การใช้งานได้อย่างรวดเร็ว ในการทดสอบการทำงาน พบว่าเครื่องวัดสภาพดินสามารถช่วยให้เกษตรกรทราบถึงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในแปลงปลูกของตนเอง ทำให้สามารถวางแผนในการบำรุงดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะนำไปสู่การได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ



แผนภาพที่ 8 การทดสอบการทำงานของเครื่องวัดสภาพดิน

ผู้วิจัยใช้แบบประเมินความพึงพอใจแบบมาตราส่วน 5 ระดับ เป็นเครื่องมือ ซึ่งได้ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแบบประเมินตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน สำหรับการเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีแบบเจาะจง (purposive sampling) จำนวน 50 คน โดยได้นำเครื่องวัดสภาพดินไปทดลองงานกับประชากรกลุ่มตัวอย่างเป็นเวลา 1 เดือน ซึ่งผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องวัดสภาพดิน แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

รายการ	ระดับความคิดเห็น		แปลผล
	$\bar{x}$	S.D.	
1.ความเหมาะสมสวยงามของตัวเครื่อง	3.25	0.97	ปานกลาง
2.ความแข็งแรงทนทาน	4.13	0.53	มาก
3.ความสะดวกและความง่ายในการใช้งาน	4.82	0.40	มากที่สุด
4.ความพึงพอใจในประสิทธิภาพการทำงาน	4.26	0.36	มาก
5.ความปลอดภัยในการใช้งาน	4.87	0.38	มากที่สุด
6.ความมีประโยชน์ของเครื่อง	4.98	0.16	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.36	0.46	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่าการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อเครื่องวัดด้านความมีประสิทธิภาพของเครื่องมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 4.98 อยู่ในระดับดีมาก รองลงมาคือด้านความปลอดภัยในการใช้งาน มีความพึงพอใจระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.87 ความพึงพอใจในลำดับถัดไปคือด้านความสะดวกและความง่ายในการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.82 อยู่ในระดับมากที่สุด สำหรับความพึงพอใจที่มีระดับมาก ประกอบด้วย ด้านความพึงพอใจในประสิทธิภาพการทำงาน และความแข็งแรงทนทาน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.26 และ 4.12 ตามลำดับ สำหรับด้านความเหมาะสมสวยงามของตัวเครื่อง มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจน้อยที่สุดเท่ากับ 3.25 อยู่ในระดับปานกลาง

อภิปรายผลการวิจัย

1. การออกแบบและพัฒนาเครื่องวัดสภาพดินด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการปลูกกระเทียมอินทรีย์ ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 พบว่า เครื่องวัดสภาพดินด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถวัดความสมบูรณ์ของดินทั้ง 3 ประเภทได้อย่างถูกต้อง ประกอบด้วย เมื่อนำไปวัดกับดินร่วนปนทรายเครื่องวัดสามารถแสดงค่าดินที่มีธาตุอาหารน้อย เมื่อวัดกับดินผสมปุ๋ยสามารถแสดงค่าดินที่มีธาตุอาหารเหมาะสม และเมื่อวัดกับดินผสมปุ๋ยปริมาณมากสามารถแสดงค่าดินที่มีธาตุอาหารมากเกินไป นอกจากนี้ เครื่องวัดสภาพดินยังสามารถวัดค่าความเป็นกรด/ด่าง(pH) และค่าความชื้นในดินได้ใกล้เคียงกับเครื่องวัดมาตรฐาน ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดเอาไว้ ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ สิทธิโชค พรหมพิทักษ์ และคณะ (2564 : 60-72) ในการศึกษา ระบบแจ้งเตือนสถานะแวดล้อมทางการเกษตรด้วยเทคโนโลยี **Internet of Things** ในสวนมะม่วง ซึ่งพบว่าการใช้เซนเซอร์เพื่อวัดสภาพแวดล้อมทางการเกษตรเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง สามารถส่งข้อมูลต่างๆผ่านระบบได้อย่างถูกต้อง และแจ้งเตือนไปยังอุปกรณ์เคลื่อนที่ได้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. การประเมินประสิทธิภาพเครื่องวัดสภาพดินด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการปลูกกระเทียมอินทรีย์ ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 พบว่าเครื่องวัดสภาพดินสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี โดยสามารถวัดค่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยในระดับมากที่สุดจำนวน 2 ข้อ คือ ด้านความง่ายในการใช้งาน และด้านความมีประสิทธิภาพ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5 คะแนน สำหรับด้านที่มีคะแนนน้อยที่สุดคือ ด้านความสวยงามทนทาน 3.20 คะแนน อยู่ในระดับปานกลาง และมีข้อคิดเห็นเพิ่มเติมในส่วนของรูปร่างของตัวเครื่องที่ยังดูไม่สวยงาม และขนาดของตัวเครื่องควรมีขนาดเล็กกระทัดรัด โดยสรุปมีคะแนนเฉลี่ยด้านประสิทธิภาพการทำงานเท่ากับ 4.00 คะแนน อยู่ในระดับมาก

3. การประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องวัดสภาพดินด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการปลูกกระเทียมอินทรีย์ ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 พบว่า ด้านความมีประสิทธิภาพของเครื่องมีระดับค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.98 อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด รองลงมาคือด้านความปลอดภัยในการใช้งานอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย

เท่ากับ 4.87 คะแนน ลำดับถัดมาคือ ด้านความสะดวกและความง่ายในการใช้งาน ได้ 4.82 คะแนน อยู่ในระดับมากที่สุด สำหรับความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีคะแนนความพึงพอใจน้อยที่สุดคือ ด้านความเหมาะสมสวยงามของตัวเครื่อง ได้ 3.25 คะแนน อยู่ในระดับปานกลาง อย่างไรก็ตามภาพรวมของคะแนนความพึงพอใจโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 4.36 คะแนน

จากผลการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้พบว่า การและพัฒนาระบบวัดสภาพดินด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับการปลูกกระเทียมอินทรีย์ ส่งผลให้ผู้ปลูกกระเทียมอินทรีย์มีความรู้ความเข้าใจและสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการเพาะปลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ พงศพิงศ์ เพ็งศิริ และคณะ (2564 : 185-198) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์ม มาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างทักษะอาชีพเกษตรกรสวนครัวของผู้รับผลกระทบจากโรคโควิด-19 ซึ่งผลการวิจัยพบว่า การนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมสมาร์ทฟาร์มมาประยุกต์ใช้ในการเกษตร ทำให้เกษตรกรสามารถสร้างรายได้ในอาชีพเกษตรกรรมในรูปแบบเกษตรครัวเรือน ได้ฝึกสวนครัวปลอดภัย เสริมสร้างสังคมที่สามารถพึ่งตนเองได้ นอกจากนี้เกษตรกรยังสามารถต่อยอดการทำเกษตรแบบผสมผสาน เข้าใจในการปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ที่ไม่ปกติได้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการวิจัยของ อินทร์ อินอุ้นโชติ และคณะ (2563 : 13-22) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาศักยภาพฝีมือแรงงานท้องถิ่นสู่การเป็นผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมที่ยั่งยืน ด้วยสมาร์ทฟาร์มเมอร์ ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรมีความเห็นต่อการพัฒนาศักยภาพฝีมือแรงงานท้องถิ่นสู่การเป็นผู้ประกอบการด้านการใช้เทคโนโลยีสู่การเป็นผู้ประกอบการ อยู่ในระดับมาก นั้นหมายถึงเกษตรกรยอมรับต่อการนำเอาเทคโนโลยีเพื่อมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาการเกษตรมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จากการประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของเครื่องวัดสภาพดิน ผู้ประเมินมีข้อเสนอแนะ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการวิจัยในครั้งนี้ ควรจัดทำอุปกรณ์วัดสภาพดินให้มีความแข็งแรง ทนทาน สามารถใช้งานได้ในทุกสภาพแวดล้อม เช่น ฝนตก ฝน และทนต่อการเคลื่อนย้าย และมีความสวยงาม
2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ควรพัฒนาตัวเครื่องให้สามารถทำงานร่วมกับแอปพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือ และส่งข้อมูลเพื่อบันทึกลงในระบบฐานข้อมูล สามารถบริหารจัดการแปลงปลูกได้ และเพิ่มคำแนะนำในการบำรุงดินสำหรับพืชแต่ละชนิด รวมไปถึงการแจ้งเตือนเมื่อถึงเวลาต้องตรวจวัดค่าต่างๆ ของแปลงปลูกผ่านทางแอปพลิเคชัน ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับเกษตรกรหรือผู้ที่นำเครื่องไปใช้งานต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- นิติคม อริยพิมพ์ และ อนุชา ดีผาง. (2564). อุปกรณ์ควบคุมการทำงานมิเตอร์ไฟฟ้าผ่านแอปพลิเคชัน. *วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา*. 5 (1), 128-136.
- พฤตพงศ์ เพ็งศิริ พลปชา มณรัตน์ชัย และทักษิณา คงสมลาภ. (2564). การพัฒนาทักษะอาชีพเกษตรสวนครัวของผู้ได้รับผลกระทบจากโรคโควิด-19 ด้วยนวัตกรรมและเทคโนโลยีสมาร์ตฟาร์ม. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยการจัดการและเทคโนโลยีอีสเทิร์น*. 18 (2), 185-198.
- รัฐศิลป์ รานอกภาณุวัชร. (2561). ระบบให้บริการผ่านกลุ่มแชตสำหรับการตรวจวัดและการให้น้ำพืชอัตโนมัติตามค่าความชื้นในดิน. *วารสารวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ*. 8 (2), 65-73
- วีระพล แก้วก่า และ อภิชาติ ศรีชาติ. (2561). การพัฒนาเครื่องปลูกเปลือกกล้วยกระเทียมด้วยแรงดันลมแบบหมุนเวียน. *วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ*, 4(1), 1-9.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2562). สศก. เผยผลศึกษาความต้องการกระเทียมไทย-จีน ผ่านมุมมองผู้ประกอบการภาคเหนือ. *ออนไลน์*. สืบค้นเมื่อ 20 เมษายน 2565. แหล่งที่มา: <https://www.oae.go.th/view/1/รายละเอียดข่าว/ข่าว สศก./31675/TH-TH>
- สิทธิโชค พรรคพิทักษ์ อรรครุช แก้วสีขาว และธนาพล ตรีสกุล. (2564). การพัฒนาระบบแจ้งเตือนสถานะแวดล้อมทางการเกษตรโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งกรณีศึกษาสวนมะม่วง. *วารสารวิชาการ “การจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม”*. 8 (1), 60-72.
- ยุภาพร แผลเลิศระกูล. (2561). การศึกษาปัจจัยเบื้องต้นในการสร้างเครื่องปลูกเปลือกกระเทียมอย่างง่าย. *วารสารการอาชีวศึกษาภาคกลาง*. 2 (1), 26-33
- อินทร์ อินอุ้นโชติ อัจฉราภรณ์ จุฑาผาด เกรียงไกร กันแก้ว เกษศิริรินทร์ ภิญญาคง พรรณภา สังฆะมณี อุณดาพร มูลเพ็ญ และสุธาสินี วังคะฮาด. (2563). การพัฒนาศักยภาพฝีมือแรงงาน ท้องถิ่นสมาร์ตฟาร์มเมอร์ (Smart Farmers) ด้านกระบวนการไทยแลนด์ 4.0 (Thailand 4.0)สู่การเป็นผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ที่ยั่งยืน ในเขตจังหวัดร้อยแก่นสารสินธุ์. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด*. 14 (3), 13-22.
- อุมาพร บ่อพิมาย นิคม ลนขุนทด อัสภา วรณกายนต์ และเที่ยงธรรม สิทธิจันทเสน.(2563).ระบบเทคโนโลยีอัจฉริยะเกษตรอินทรีย์. *วารสารมหาจุฬานาครพรรณ์*. 7 (11), 63-78.
- h2otester.com. (2018). การใช้งานเครื่องวัดค่าปุ๋ยและพีเอชดิน 2in1. *ออนไลน์*. สืบค้นเมื่อ 20 เมษายน 2565. แหล่งที่มา : <http://www.h2otester.com/article/12/การใช้งานเครื่องวัดค่าปุ๋ยและพีเอชดิน 2in1>.

- Posttoday.com. (2019). คาดผลผลิตกระเทียม ปี63 รวมกว่า 8.5 หมื่นตัน เตรียมทยอยออกสู่ตลาดปลายปีนี้. ออนไลน์. สืบค้นเมื่อ 20 เมษายน 2565. แหล่งที่มา: <https://www.posttoday.com/economy/news/605836>.
- Salvi Saurabh., et al, (2021). *Soil Monitoring and Recommendation System*. Proceedings of the 4th International Conference on Advances in Science & Technology (ICAST2021). May 7, 2021. India: K J Somaiya Institute of Engineering and Information Technology
- S. N. Shylaja and M. B. Veena. (2017). Real-time monitoring of soil nutrient analysis using WSN. *Online*. Retrieved April 20, 2022. from : <https://ieeexplore.ieee.org/document/8390018>