

การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยระบบเกษตรอัจฉริยะ Rice Seed Production with Smart Farm

ชลาวล วรรณทอง¹, วนิดา สำราญรัมย์², อุทิศ ทาหอม³, วริษฐ์ กิตต์ธนาารุจน์¹, เอกลักษณ์ สลักคำ^{1,*}
Chalawan Wantong¹, Wanida Sumranram¹, Utis Tahom³,
Varit Kitthanarut¹, Ekkaluk Salukkhram^{1,*}

¹ สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ บุรีรัมย์ 31000 ประเทศไทย

² สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ บุรีรัมย์ 31000 ประเทศไทย

³ สาขาวิชาการพัฒนาสังคม คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ บุรีรัมย์ 31000 ประเทศไทย

¹ Department of Geoinformation, Faculty of Science, Buriram Rajabhat University, Buriram 31000, Thailand

² Department of Agricultural Science, Faculty of Agricultural Technology, Buriram Rajabhat University, Buriram 31000, Thailand

³ Department of Social Development, Faculty of Humanities and Social Science, Buriram Rajabhat University, Buriram 31000, Thailand

* Corresponding Author: Ekkaluk Salukkhram, aekkarak.sk@bru.ac.th

Received:

19 January 2024

Revised:

21 April 2024

Accepted:

2 May 2024

คำสำคัญ:

เกษตรอัจฉริยะ, อินเทอร์เน็ต
แห่งสรรพสิ่ง, แผนที่ออนไลน์

Keywords:

Smart Farm, Internet of
Things, Online Map

บทคัดย่อ: กระบวนการผลิตข้าวเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าว แต่ราคาของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ค่อนข้างสูงเป็นอุปสรรคต่อเกษตรกรในหลายพื้นที่ กลุ่มเกษตรกรบ้านหนองสรวงจึงได้รวมกลุ่มกันผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อจำหน่าย อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการผลิตข้าวยังคงประสบปัญหาในการควบคุมระดับน้ำในแปลงข้าว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบเกษตรอัจฉริยะสำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่งร่วมกับเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ เพื่อการตรวจวัด ติดตาม และควบคุมระดับน้ำในแปลงข้าวอย่างเหมาะสม ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถแสดงผลข้อมูลผ่านแอปพลิเคชันในรูปแบบแผนที่ออนไลน์ อีกทั้งยังมีการประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรผ่านแบบสอบถามแบบปลายปิดและมาตรวัดแบบลิเคิร์ต ตลอดจนวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของระบบโดยเปรียบเทียบต้นทุนกับกำไรจากผลผลิต ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถดำเนินการตรวจวัดและควบคุมระดับน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ เกษตรกรมีระดับความพึงพอใจโดยรวมในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.88) โดยเฉพาะในด้านการลดเวลาในการดูแลแปลงข้าว ซึ่งส่งผลให้เกษตรกรมีเวลาว่างเพิ่มขึ้น และสามารถประกอบอาชีพเสริมเพื่อเพิ่มรายได้ ในด้านต้นทุนพบว่า ค่าระบบเกษตรอัจฉริยะเฉลี่ยอยู่ที่ 1,433 บาทสำหรับอุปกรณ์ และ 1,500 บาทต่อไร่สำหรับค่าติดตั้ง หากเกษตรกรมีระบบพื้นฐาน เช่น บ่อบาดาล ปิมน้ำแบบขับเคลื่อน และแผงโซลาร์เซลล์ จะสามารถคืนทุนได้จากกำไรเฉลี่ย 3,033.33

บาทต่อไร่จากการผลิตเพียง 1 ไร่ ในทางกลับกัน หากมีเพียงบางส่วนหรือไม่มีระบบพื้นฐานเลย จะต้องมียพื้นที่เพาะปลูกอย่างน้อย 14 ไร่ และ 23 ไร่ ตามลำดับจึงจะสามารถคืนทุนได้

Abstract: The rice production process plays a important role in determining the quality of rice seeds. However, the relatively high cost of certified seeds remains a major constraint for farmers in many areas. Consequently, a group of farmers in Ban Nong Suang formed a cooperative to produce and distribute rice seeds locally. Despite these efforts, challenges continue to exist,, particularly in managing water levels in paddy fields, which directly impact productivity. This study aims to develop a smart farming system for rice seed production by integrating Internet of Things (IoT) technology with Geographic Information Systems (GIS) to enable real-time monitoring, tracking, and control of water levels in rice fields. A mobile application with an integrated online map is used to visualize field data in real time. Farmer satisfaction with the system was assessed using a close-ended questionnaire and a Likert scale, while cost-effectiveness was analyzed by comparing implementation costs against the profits generated from rice production. The results demonstrate that the system efficiently monitors and regulates water levels. Farmers expressed a very high level of satisfaction (mean score of 4.88), particularly in relation to time savings on field management tasks. This improvement enabled farmers to allocate more time to alternative income-generating activities. Regarding cost, the average expense for smart farming equipment was 1,433 baht, with an installation cost of 1,500 baht per rai. Farmers with access to existing infrastructure, such as artesian wells, submersible pumps, and solar panels, were able to recover the investment with a profit of 3,033.33 baht per rai from cultivating just one rai of land. In contrast, farmers with only partial or no infrastructure would require a minimum of 14 rai and 23 rai, respectively, to achieve a break-even point.

1. บทนำ (Introduction)

เกษตรกรรมเป็นอาชีพหลักของสังคมไทยมาตั้งแต่อดีต เนื่องจากสภาพภูมิศาสตร์ของประเทศไทยมีความเหมาะสมและเอื้อต่อการเพาะปลูก อย่างไรก็ตาม การเกษตรของไทยได้เปลี่ยนแปลงไปตามยุคสมัยและกระแสการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของโลกมาตามลำดับ (Thongmeethip, 2021; Maeroh & Tongsri, 2023) ความต้องการด้านอาหารที่เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรโลกแต่ขณะเดียวกัน พื้นที่เกษตรกรรมกลับมีขนาดพื้นที่ลดลงเนื่องจากถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ประเภท

อื่น ก่อให้เกิดคำถามถึงขีดความสามารถของระบบเกษตรกรรมแบบดั้งเดิมว่าจะยังคงสามารถผลิตอาหารที่มีคุณภาพได้เพียงพอต่อความต้องการของประชากรที่เพิ่มขึ้นได้หรือไม่ (Lioutas & Charatsari, 2020) ช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา การเกษตรได้ก้าวเข้าสู่ยุคเกษตรกรรม 4.0 (Mohamed *et al.*, 2021) หรือเกษตรกรรมดิจิทัล (Digital Agriculture) หรือเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farming) ซึ่งเป็นการปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์ (Paradigm Shift) สำหรับการเกษตรเพื่อให้การบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมเป็นไปอย่างเหมาะสม และช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของการทำเกษตรกรรม (Lioutas & Charatsari, 2020) โดย

การบูรณาการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information and Communication Technology: ICT) และปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) เข้ากับการทำเกษตรแบบดั้งเดิม (Moysiadis *et al.*, 2021) การปรับเปลี่ยนรูปแบบการเกษตรแบบดั้งเดิมซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพดินฟ้าอากาศไปเป็นการเกษตรสมัยใหม่ที่เน้นการบริหารจัดการด้วยเทคโนโลยี (Thana-dechophol, Teamsuwan, & Chamnankaew, 2018) นอกจากจะทำให้เกิดความสะดวกและง่ายต่อการบริหารจัดการกระบวนการการผลิตแล้ว เกษตรอัจฉริยะยังช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิต และช่วยลดต้นทุนการผลิต ตลอดจนช่วยเพิ่มคุณภาพมาตรฐานการผลิต มาตรฐานสินค้า และความปลอดภัยทั้งต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม (Shashwathi, Borkotoky, & Suhas, 2012) เกษตรอัจฉริยะเป็นรูปแบบการเกษตรสมัยใหม่ที่ถูกนำมาใช้ในการบริหารจัดการเกี่ยวกับการทำเกษตรที่กำลังได้รับความนิยมในปัจจุบัน (Phasinam, Kassanuk, & Shabaz, 2022) โดยการนำเทคโนโลยีต่างๆ มาประยุกต์ใช้ในการทำการเกษตร อาทิ การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing), ระบบดาวเทียมนำทางโลก (Global Navigation Satellite System: GNSS), ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS), อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicles: UAVs), เทคโนโลยีการให้ปุ๋ย น้ำ และยาฆ่าแมลง (Variable Rate Technology: VRT), การวิเคราะห์ข้อมูลมหัต (Big Data Analytic: BDA), การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) และเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) (Boursianis, *et al.*, 2022) เกษตรอัจฉริยะจึงแตกต่างจากเกษตรแม่นยำ (Precision Agriculture) (Lioutas & Charatsari, 2020) เนื่องจากแนวคิดหลักของเกษตรแม่นยำคือเน้นการปรับปรุงการจัดการเชิงพื้นที่เพื่อเพิ่มผลผลิตด้านการเกษตรและเพื่อลดการใช้ปุ๋ยและสารเคมี โดยการใช้สารเคมีและปุ๋ยเฉพาะที่ (Specific Areas) อย่างแม่นยำ ขณะที่เกษตรอัจฉริยะช่วยปรับปรุง

วิธีการทำการเกษตรมากกว่านั้น (Amato *et al.*, 2015) ซึ่งนอกจากจะช่วยส่งเสริมการทำเกษตรแม่นยำด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัยแล้ว เกษตรอัจฉริยะยังช่วยให้เกษตรกรสามารถติดตามผลผลิตได้จากระยะไกล และช่วยปรับปรุงพัฒนากระบวนการการทำเกษตรตั้งแต่การเพาะปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยวโดยอาศัยเซนเซอร์แบบอัตโนมัติและเครื่องจักร ซึ่งช่วยให้เกษตรกรทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (Dhanaraju *et al.*, 2022) เกษตรอัจฉริยะจึงถือเป็นการทำเกษตรที่พัฒนามาต่อยอดมาจากเกษตรแม่นยำ (Kamilaris *et al.*, 2016) ซึ่ง Mohamed *et al.* (2021) ได้กล่าวสรุปถึงข้อดีของเกษตรอัจฉริยะไว้ดังนี้ 1) เกษตรอัจฉริยะช่วยเพิ่มข้อมูลแบบเรียลไทม์ (Real Time) ของผลผลิต 2) เกษตรกรสามารถติดตามและควบคุมผลผลิตได้จากระยะไกล 3) สามารถควบคุมน้ำและทรัพยากรธรรมชาติอื่นๆ ได้ 4) ช่วยปรับปรุงการจัดการด้านปศุสัตว์ 5) สามารถประเมินคุณภาพดินและผลผลิตอย่างแม่นยำ และ 6) ช่วยปรับปรุงการผลผลิตด้านการเกษตร

เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่งเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายที่ทันสมัย (Atzori, Iera, & Morabito, 2010) ช่วยให้อุปกรณ์ต่างๆ สามารถเชื่อมต่อกันจากระยะไกลเพื่อการทำเกษตรอัจฉริยะ (Patil & Kale, 2016) ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาการจัดการด้านเกษตรกรรม (Mohamed *et al.*, 2021) การนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่งมาประยุกต์ใช้ด้านการเกษตร อาทิ การตรวจวัดและติดตามค่าความเป็นกรดด่าง ค่าธาตุอาหารหลัก อุณหภูมิ ความชื้น เป็นต้น จะทำให้การติดตามข้อมูลที่เกี่ยวข้องมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Srbínovska *et al.*, 2015) ผลการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า นักวิจัยหลายท่านได้นำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่งไปประยุกต์ใช้ในการทำเกษตรอัจฉริยะได้อย่างมีประสิทธิภาพ และได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในช่วงที่ผ่านมา อาทิ Jeepet, Sudharatna, & Ueasangkomsate

(2017) ทำการพัฒนาเครื่องมือและทดสอบความสามารถการทำงานของระบบอัตโนมัติที่มีเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่ง ผลการวิจัยพบว่า ระบบสามารถดำเนินการตามคำสั่งและทำงานได้โดยไม่ต้องใช้คนควบคุม และสามารถแสดงให้เห็นถึงต้นทุนปัจจัยและการคาดคะเนต้นทุนในอนาคต ส่วน Fongngen, Petchhan, & Yajor, (2018) ได้ออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับโรงเรือนเพาะเห็ด ซึ่งระบบดังกล่าวนอกจากจะทำงานได้ตามเงื่อนไขที่ออกแบบไว้แล้ว ยังสามารถควบคุมการบ่มเชื้อเห็ดเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดได้ เห็ดที่เก็บจากโรงเรือนที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นจึงมีปริมาณมากกว่าเห็ดที่เก็บได้จากโรงเรือนทั่วไป ขณะที่ Foughali, Fathallah, & Frihida (2018) ทำการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System: DSS) สำหรับป้องกันโรคใบไหม้ในมันฝรั่งโดยอาศัยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่ง คณะผู้วิจัยได้นำเอาเซนเซอร์ตรวจวัดพารามิเตอร์เกี่ยวกับสภาพอากาศแบบต่างๆ ไปติดตั้งบริเวณแปลงเพาะปลูก และข้อมูลสภาพอากาศที่ถูกตรวจวัดจะถูกส่งไปเก็บรวบรวมผ่านการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต หรือระบบ Cloud IoT ซึ่งผลการพัฒนาต้นแบบดังกล่าวช่วยให้เกษตรกรสามารถควบคุมและดูแลผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ Pothong, Mekarun, & Choosumrong (2019) ได้พัฒนาระบบเกษตรอัจฉริยะด้วยซอฟต์แวร์รหัสเปิด และเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่ง โดยใช้เซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นดิน และเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นอากาศแบบอัตโนมัติ ผลการวิจัยพบว่า ข้อมูลที่ตรวจวัดได้สามารถแสดงผลบนสมาร์ตโฟนแบบเรียลไทม์ และสามารถส่งเปิด-ปิดอุปกรณ์ควบคุมได้จากระยะไกล นอกจากนี้ ข้อมูลที่ตรวจวัดยังสามารถบันทึกลงฐานข้อมูล ส่งผลให้เกษตรกรสามารถนำเอาข้อมูลไปใช้ในการวางแผนการเพาะปลูก ตลอดจนการปรับปรุงขั้นตอนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิต และการทำนายอนาคตของผลผลิต

ขณะที่ Srisongmuang *et al.* (2020) ได้พัฒนาระบบเกษตรอัจฉริยะในโรงเรือนปลูกพืช และศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบควบคุมเกษตรอัจฉริยะ ผลการวิจัยพบว่า คุณภาพของระบบควบคุมเกษตรอัจฉริยะในโรงเรือนปลูกพืชถูกประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.64 และ 0.18 ตามลำดับ) และกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบดังกล่าวอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นกัน (ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.60 และ 0.04 ตามลำดับ) ส่วน Kanya *et al.* (2022) ได้นำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่งไปพัฒนาระบบเกษตรอัจฉริยะซึ่งประกอบด้วยระบบควบคุมอุณหภูมิ ระบบควบคุมความชื้นดิน ระบบควบคุมแสง ระบบควบคุมปริมาณน้ำ และแอปพลิเคชันซึ่งสามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดต่างๆ ผ่านสมาร์ตโฟนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการประเมินคุณภาพของระบบเกษตรอัจฉริยะในภาพรวมพบว่า ระบบดังกล่าวมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด

เมล็ดพันธุ์ข้าวไม่เพียงเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการผลิตข้าว หากยังเป็นปัจจัยที่ช่วยลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มคุณภาพให้กับผลผลิตอีกด้วย Jantachai, Yooprasert, & Saranrom (2019) กล่าวว่า เกษตรกรมีความต้องการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวประมาณ 1 ล้านตันต่อปี ขณะที่ภาครัฐสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อตอบสนองความต้องการของเกษตรกรได้เพียงประมาณปีละ 100,000 ตันต่อปี ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาการขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพดี อย่างไรก็ตาม ที่ผ่านมาการผลิตข้าวของไทยยังคงดำเนินอยู่ได้เนื่องจากในท้องตลาดมีเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผลิตโดยเกษตรกร กลุ่มเกษตรกร หรือผู้ประกอบการป้อนเข้าสู่ตลาดเพื่อกระจายเมล็ดพันธุ์ไปยังเกษตรกร เมล็ดพันธุ์ข้าวที่เกษตรกรส่วนใหญ่นำมาใช้เป็นชั้นเมล็ดพันธุ์จำหน่าย (Certified Seed) (Sirithunya, 2020) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเป็นการปลูกข้าวเพื่อให้ได้ปริมาณ

ของเมล็ดพันธุ์ข้าวมากขึ้นโดยรักษาความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ไว้ให้ตรงตามพันธุ์และมีคุณภาพมาตรฐาน การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมคุณภาพทุกขั้นตอน ตั้งแต่การคัดเลือกพื้นที่ซึ่งควรเลือกพื้นที่ในเขตชลประทานหรือมีน้ำเพียงพอ การคมนาคมสะดวก ไม่เป็นพื้นที่ระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช (Chantanut, 2022) ขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่นำไปปลูกต้องมีความบริสุทธิ์ของสายพันธุ์มากกว่าร้อยละ 90 และมีอัตราการงอกมากกว่าร้อยละ 80 และมีความชื้นต่ำ (Khamla, 2015) การปลูกข้าวแต่ละระยะจำเป็นต้องควบคุมระดับน้ำให้มีความเหมาะสม โดยระยะข้าวเป็นต้นกล้าควรมีระดับน้ำประมาณ 5 เซนติเมตร เมื่อข้าวถึงระยะแตกกอ ถ้าระดับน้ำสูงต้นข้าวจะเหี่ยว น้ำระดับน้ำที่เหมาะสมจึงไม่ควรเกิน 10 เซนติเมตร ขณะที่ระยะสร้างรวงอ่อน ระดับน้ำที่เหมาะสมจะอยู่ระหว่าง 10-15 เซนติเมตร และเมื่อถึงระยะหลังข้าวออกดอก ควรรักษาระดับน้ำไว้จนถึงหลังข้าวออกดอก 15 วัน จึงปล่อยให้ระดับน้ำในนาแห้ง (Khamla, 2015; Chantanut, 2022) และเมื่อทำการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ข้าว เกษตรกรควรระบายน้ำก่อนเก็บเกี่ยวอย่างน้อย 7-10 วัน และเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ระยะสุกแก่พอดีประมาณ 30 วันหลังข้าวออกดอกร้อยละ 80 (Rice Department, 2016)

นอกจากนี้ การนำเทคนิคการปลูกข้าวแบบเปียกสลับแห้ง (Alternate Wetting and Drying: AWD) หรือการแกล้งข้าว มาใช้ในการจัดการน้ำเพื่อการเกษตร โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีข้อจำกัดเรื่องน้ำจะช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตข้าว (Bumrungbood *et al.*, 2020) เทคนิคดังกล่าวเป็นการควบคุมระดับน้ำในนาข้าว โดยมีการปล่อยให้ระดับน้ำในแปลงนาแห้งช่วงเวลาหนึ่ง แต่ต้องไม่ให้ความชื้นของดินต่ำกว่าที่กำหนด จากนั้นจึงให้น้ำใหม่จนถึงระดับที่ต้องการ (Punyawansiri, Chinapongthitiwa, & Kwanyuen, 2020) การนำเทคนิคดังกล่าวไปใช้จะเริ่มจากการขังน้ำในแปลงนาให้มีระดับน้ำอยู่ที่

5 เซนติเมตร ในช่วงหลังปักดำจนกระทั่งข้าวอยู่ในช่วงตั้งท้องออกดอก จึงเพิ่มระดับน้ำในแปลงให้อยู่ระหว่าง 7-10 เซนติเมตร จากนั้นจะปล่อยให้ข้าวขาดน้ำครั้งที่ 1 ในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น หรือข้าวมีอายุประมาณ 35-45 วัน เป็นเวลา 14 วัน หรือจนกว่าระดับน้ำในแปลงลดลงต่ำกว่าผิวแปลง 10-15 เซนติเมตร หรือดินในแปลงนาแตกระแหง จากนั้นจึงปล่อยน้ำเข้านา จนกระทั่งข้าวแตกกอสูงสุด หรือข้าวมีอายุประมาณ 60-65 วัน ก็จะปล่อยให้ข้าวขาดน้ำครั้งที่ 2 เป็นระยะเวลาอีก 14 วัน (Sanmany, 2017)

ชุมชนเกษตรกรรมบ้านหนองสรวง ตำบลบัวทอง อำเภอมะนัง จังหวัดบุรีรัมย์ เป็นชุมชนหนึ่งที่มีการรวมกลุ่มของเกษตรกรเพื่อจัดตั้งกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ภายในชุมชนต่างประสบปัญหาเรื่องงบประมาณในการจัดหาเมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อนำไปใช้ในการเพาะปลูก เกษตรกรบางรายจึงรวมกลุ่มกันเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวสำหรับนำไปจำหน่ายภายในชุมชนในราคาที่ถูกลงกว่าราคาของท้องตลาด อย่างไรก็ตาม เนื่องจากกระบวนการเพาะปลูก การดูแลรักษา และการเก็บเกี่ยวข้าวเพื่อนำไปผลิตเป็นเมล็ดพันธุ์ข้าวมีความซับซ้อนกว่าการปลูกข้าวทั่วไป ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผลิตได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกรภายในชุมชน (Kakhunrum, 2022) โดยปัญหาหลักที่พบก็คือการควบคุมระดับน้ำภายในแปลงนา เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ยังคงอาศัยน้ำฝนและปล่อยผลผลิตตามสภาพอากาศ (Wantong *et al.*, 2023)

คณะผู้วิจัยจึงนำเอาประเด็นปัญหาดังกล่าวไปพัฒนาเป็นโจทย์วิจัย โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ

1) เพื่อการพัฒนาระบบเกษตรอัจฉริยะเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยระบบดังกล่าวจะมุ่งเน้นที่การตรวจวัด ติดตาม และควบคุมระดับน้ำภายในแปลงนาผ่านระบบออนไลน์ (แอปพลิเคชัน) ซึ่งมีการแสดงผลในรูปแบบของแผนที่ออนไลน์

2) เพื่อประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อระบบเกษตรอัจฉริยะภายหลังจากได้ทดลองใช้งาน และ

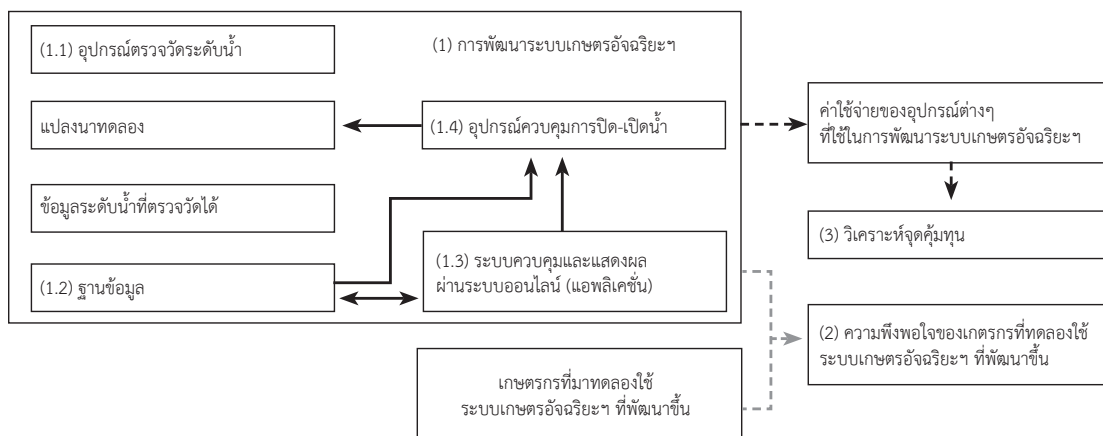
3) เพื่อวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของระบบเกษตรอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้น สำหรับการพัฒนาาระบบเกษตรอัจฉริยะครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้นำกลุ่มเกษตรกรเข้ามามีส่วนร่วมในการวางแผน การพัฒนาระบบ และการแก้ไขปัญหาต่างๆ ซึ่งเป็นการยกระดับองค์ความรู้ด้านการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวแบบดั้งเดิม ผสมผสานกับองค์ความรู้สมัยใหม่ เพื่อให้เกิดกลไกในการพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากที่เข้มแข็งต่อไป

2. วิธีการดำเนินการวิจัย (Methodology)

การวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) การพัฒนาระบบเกษตรอัจฉริยะเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว, 2) การประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรต่อระบบเกษตรอัจฉริยะ และ 3) การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน ดังภาพประกอบ 1

ภาพประกอบ 1 การวิจัยครั้งประกอบด้วยขั้นตอนการวิจัยซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ 1) เพื่อพัฒนาระบบเกษตรอัจฉริยะสำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีความ

สามารถในการตรวจวัด ติดตาม และควบคุมระดับน้ำในแปลงนาผ่านระบบออนไลน์ (แอปพลิเคชัน) ที่มีการแสดงผลในรูปแบบของแผนที่ออนไลน์ ระบบเกษตรอัจฉริยะประกอบด้วยโครงสร้างการทำงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ อุปกรณ์สำหรับติดตั้งในแปลงนา (ประกอบด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำและอุปกรณ์ควบคุมการปิด-เปิดน้ำ) และระบบควบคุมและแสดงผลผ่านระบบออนไลน์ (ประกอบด้วยฐานข้อมูล และแอปพลิเคชัน) โดยการทำงานของระบบเกษตรอัจฉริยะเริ่มจากอุปกรณ์วัดระดับน้ำในแปลงนาทำการตรวจวัดระดับน้ำแล้วส่งข้อมูลไปยังฐานข้อมูล ส่วนอุปกรณ์ควบคุมการปิด-เปิดน้ำจะประมวลผลระดับน้ำในฐานข้อมูลกับระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าว แล้วจึงปล่อยน้ำเข้าสู่แปลงนาขณะที่ระบบควบคุมและแสดงผลผ่านระบบออนไลน์ทำหน้าที่แสดงข้อมูลรายละเอียด สถานะการทำงานต่างๆ ในแปลงนาในรูปแบบของแผนที่ออนไลน์ ซึ่งอาศัยแผนที่พื้นฐานของ Google Map Platform โดยเกษตรกรสามารถควบคุมการปล่อยน้ำในแปลงนาได้ด้วยตนเองผ่านสมาร์ตโฟน (Smart Phone), 2) เพื่อประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อระบบเกษตรอัจฉริยะ เกษตรกรที่ได้ทดลองใช้งานระบบดังกล่าวในแปลงนาทดลองจะถูกประเมินความพึงพอใจด้วยแบบสอบถามปลายปิด และประเมิน



ภาพประกอบ 1 ขั้นตอนการวิจัย

ความพึงพอใจด้วยมาตรวัดแบบลิเคิร์ต (Likert Rating Scale) และ 3) เพื่อวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของระบบเกษตรอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้น โดยการเปรียบเทียบต้นทุนของระบบเกษตรอัจฉริยะ (ค่าอุปกรณ์และค่าติดตั้ง) กับกำไรที่ได้จากการขายผลผลิต เพื่อเป็นรายละเอียดประกอบการตัดสินใจแก่เกษตรกรรายอื่น และผู้สนใจ สำหรับรายละเอียดของขั้นตอนต่างๆ มีดังนี้

2.1 การพัฒนาระบบเกษตรอัจฉริยะเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว

ระบบเกษตรอัจฉริยะเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวถูกพัฒนาขึ้นตามแนวคิดของวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) โดยเริ่มต้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูลและองค์ความรู้เกี่ยวกับการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวของเกษตรกรบ้านหนองสรวง จำนวนทั้งสิ้น 24 คน ด้วยวิธีการสัมภาษณ์เชิงลึกและการจัดเวทีแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ จากนั้นทำการวิเคราะห์ประเด็นปัญหาเกี่ยวกับการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว ซึ่งพบว่า เกษตรกรกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวบ้านหนองสรวงต่างประสบปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมระดับน้ำในแปลงนา เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ยังคงอาศัยน้ำฝนและปล่อยผลผลิตตามสภาพอากาศ ประเด็นปัญหาดังกล่าวจึงถูกนำไปพัฒนาเป็นโจทย์วิจัยร่วมกับกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อออกแบบและพัฒนาระบบเกษตรอัจฉริยะ ซึ่งมุ่งเน้นที่ระบบตรวจวัด ติดตาม และควบคุมระดับน้ำในแปลงนา

ระบบเกษตรอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ที่ทำงานร่วมกัน ได้แก่ อุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำ, อุปกรณ์ควบคุมการปิด-เปิดน้ำ, ฐานข้อมูลของระดับน้ำที่ตรวจวัดได้, และระบบควบคุมและแสดงผลผ่านระบบออนไลน์ (แอปพลิเคชัน) อย่างไรก็ตามเนื่องจากข้อจำกัดด้านงบประมาณและระยะเวลาในการวิจัย คณะผู้วิจัยจึงได้คัดเลือกเกษตรกรต้นแบบจำนวน 1 ราย ที่มีระบบพื้นฐานที่จำเป็นต่อการติดตั้ง

ระบบเกษตรอัจฉริยะอยู่แล้ว ได้แก่ บ่อบาดาล และเซ็นเซอร์พร้อมโซล่าเซลล์ และใช้แปลงนาของเกษตรกรต้นแบบดังกล่าวเป็นแปลงนาทดลอง โดยมีเกษตรกรที่สนใจและมีความพร้อมในการลงทุนระบบเกษตรอัจฉริยะอีกจำนวน 9 คน มาร่วมพัฒนาและทดลองใช้งานระบบดังกล่าวในพื้นที่ดังกล่าว

2.2 การประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรต่อระบบเกษตรอัจฉริยะ

แบบสอบถามแบบปลายปิด และมาตรวัดแบบลิเคิร์ต ถูกนำมาใช้ในการประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรต่อระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยผู้ตอบแบบสอบถามจะเลือกระดับความพึงพอใจ ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับ (ระดับที่ 1-5) โดยระดับที่ 5, 4, 3, 2 และ 1 หมายถึง เห็นด้วยที่สุด (พึงพอใจที่สุด), เห็นด้วย (พอใจ), เฉยๆ (ปานกลาง), ไม่เห็นด้วย (ไม่พึงพอใจ) และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (ไม่พึงพอใจอย่างยิ่ง) ตามลำดับ ค่าคะแนนที่ได้ถูกนำไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยเพื่อแปลผลระดับความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถาม (Piroj, 2018) สำหรับการประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรต่อระบบเกษตรอัจฉริยะครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมแบบสอบถามเฉพาะเกษตรกรที่ได้มาทดลองใช้งานระบบเกษตรอัจฉริยะ ซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 10 คน (เกษตรกรต้นแบบ 1 คน และเกษตรกรในกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวบ้านหนองสรวงอีก 9 คน)

2.3 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

Sangsuriyarit (2021) กล่าวว่า จุดคุ้มทุน (Break-even Point) คือจุดที่รายได้รวมมีค่าเท่ากับค่าใช้จ่าย หรือต้นทุนรวม (จุดที่กำไรเป็นศูนย์) สำหรับการวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนของระบบเกษตรอัจฉริยะครั้งนี้จะพิจารณาจากต้นทุนการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว กำไรจากการขายผลผลิต และต้นทุนของระบบเกษตรอัจฉริยะ (ค่าอุปกรณ์และค่าติดตั้ง) เพื่อวิเคราะห์ว่าเกษตรกรต้องขายผลผลิตปริมาณเท่าไรจึงจะได้ต้นทุน

สำหรับระบบเกษตรอัจฉริยะกลับคืนมา สำหรับ การพิจารณาจุดคุ้มทุนจะแบ่งออกเป็น 3 กรณี คือ กรณีที่เกษตรมีระบบพื้นฐานเช่นเดียวกับเกษตร ต้นแบบ (บ่อบาดาล และปั๊มเมอร์สพร้อมโซล่าเซลล์), กรณีที่เกษตรมีเพียงบ่อบาดาล, และกรณีที่เกษตรไม่มี ระบบพื้นฐานใดเลย

3. ผลการวิจัย (Experimental Result)

3.1 ระบบเกษตรอัจฉริยะเพื่อผลิต เมล็ดพันธุ์ข้าว

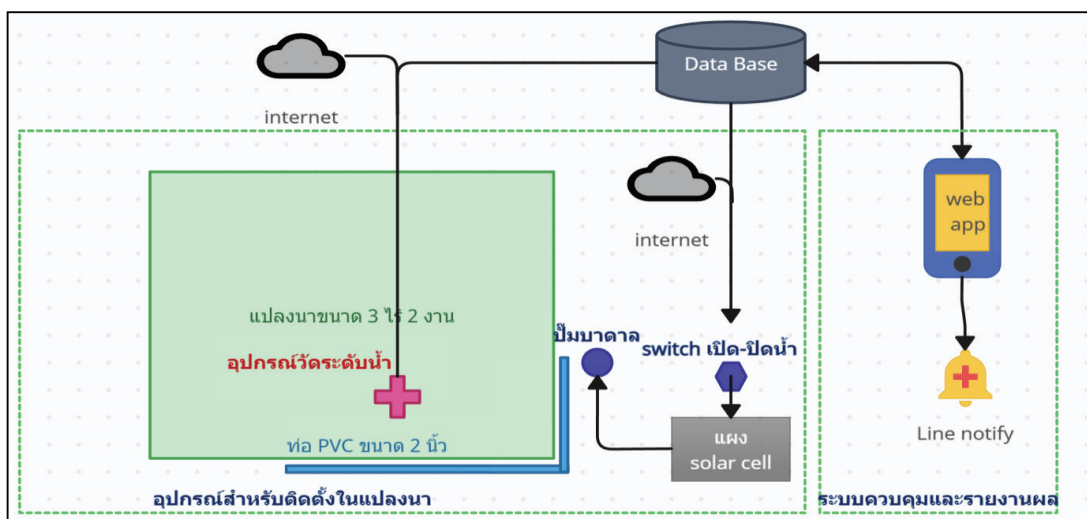
ระบบเกษตรอัจฉริยะเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว ที่ถูกพัฒนาขึ้นครั้งนี้มีโครงสร้างการทำงานแบ่งออก เป็น 2 ส่วน ได้แก่ อุปกรณ์สำหรับติดตั้งในแปลงนา และระบบควบคุมและแสดงผลผ่านระบบออนไลน์ ดังภาพประกอบ 2

ภาพประกอบ 2 อุปกรณ์สำหรับติดตั้งใน แปลงนาประกอบด้วยอุปกรณ์วัดระดับน้ำ และอุปกรณ์ ควบคุมการปิด-เปิดน้ำ ส่วนระบบควบคุมและแสดง ผลผ่านระบบออนไลน์ประกอบด้วยฐานข้อมูล และ ระบบควบคุมและแสดงผลผ่านระบบออนไลน์ ซึ่งอยู่ใน รูปแบบของแอปพลิเคชัน การทำงานของระบบเกษตร

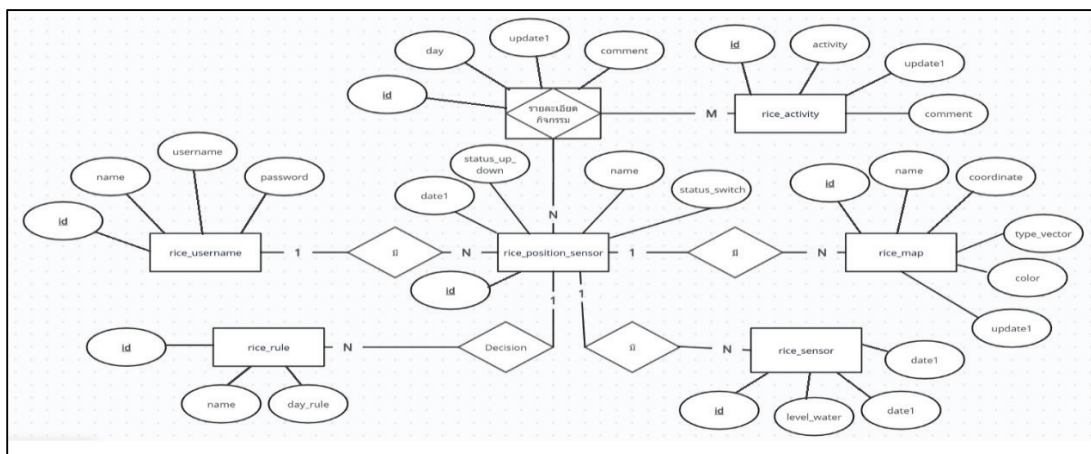
อัจฉริยะจะเริ่มจากอุปกรณ์วัดระดับน้ำในแปลงนา จะตรวจวัดระดับน้ำแล้วส่งข้อมูลไปยังฐานข้อมูล จากนั้นระบบจะแจ้งเตือนการทำงานต่างๆ ผ่าน โปรแกรมไลน์ (Line) และอุปกรณ์ควบคุมการปิด-เปิด น้ำจะประมวลผลระดับน้ำในฐานข้อมูลกับระยะเวลา การเจริญเติบโตของข้าว แล้วจึงปล่อยน้ำเข้าสู่แปลงนา ขณะที่ระบบควบคุมและแสดงผลผ่านระบบออนไลน์ ทำหน้าที่แสดงข้อมูลรายละเอียด สถานะการทำงาน ต่างๆ ในแปลงนาในรูปแบบของแผนที่ออนไลน์ ซึ่งอาศัยแผนที่พื้นฐานของ Google Map Platform โดยเกษตรกรสามารถควบคุมการปล่อยน้ำในแปลง นาได้ด้วยตนเองผ่านสมาร์ทโฟน สำหรับรายละเอียด ของอุปกรณ์และส่วนประกอบต่างๆ ของระบบเกษตร อัจฉริยะมีดังนี้

3.1.1 ฐานข้อมูล

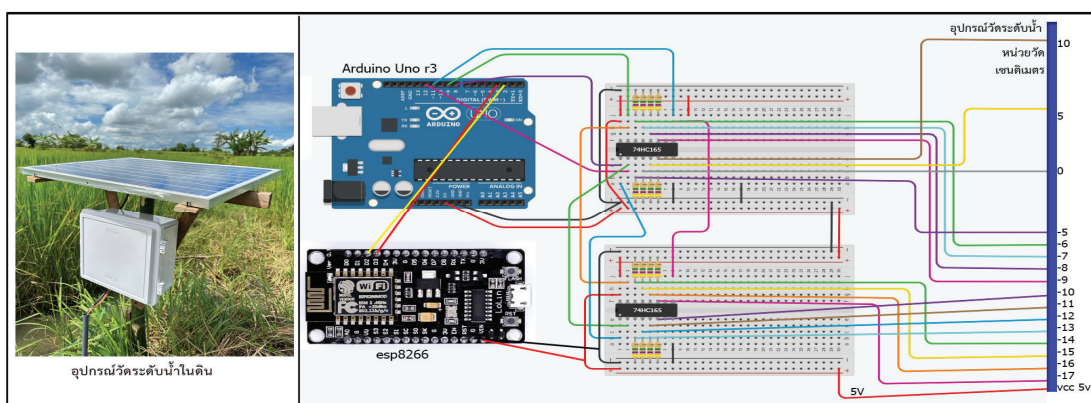
คณะผู้วิจัยออกแบบฐานข้อมูลจากการ รวบรวมองค์ความรู้ของเกษตรกร ผู้เชี่ยวชาญ และ ให้สอดคล้องกับอุปกรณ์ในแปลงนา เพื่อให้อุปกรณ์ ต่างๆ สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถออกแบบฐานข้อมูลได้ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 2 การทำงานของระบบเกษตรอัจฉริยะสำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว



ภาพประกอบ 3 การออกแบบฐานข้อมูลด้วยแผนภาพของระบบควบคุมและแสดงผลผ่านระบบออนไลน์



ภาพประกอบ 4 วงจรของอุปกรณ์วัดระดับน้ำ

ภาพประกอบ 3 ฐานข้อมูลประกอบด้วย ตารางจำนวน 7 ตาราง โดยแต่ละตารางมีความสัมพันธ์กันและทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ ได้แก่ rice_position_sensor, rice_username, rice_activity, rice_map, rice_sensor, rice_rule และรายละเอียดกิจกรรม (rice_activity_sub)

3.1.2 อุปกรณ์วัดระดับน้ำ

อุปกรณ์วัดระดับน้ำ ประกอบด้วย 1) ท่อวัดระดับน้ำ ซึ่งทำขึ้นจากการนำเอาท่อพีวีซีไปเจาะรูให้มีระยะห่างตามที่กำหนด โดยเทียบระยะห่างของแต่ละรูเจาะด้วยไม้บรรทัดมาตรฐาน ท่อวัดระดับน้ำดังกล่าวจะถูกนำไปติดตั้งไว้ที่แปลงนา โดยให้ระดับ

น้ำที่พื้นผิวแปลงมีค่าเท่ากับ 0 เซนติเมตร ส่วนระดับน้ำเหนือพื้นผิวแปลงจะสามารถตรวจวัดได้ที่ระดับ 5-10 เซนติเมตร ซึ่งสอดคล้องกับระดับน้ำที่ใช้ในการปลูกข้าว (Khamla, 2015; Chantanut, 2022) ตรงกันข้าม ระดับน้ำในดินจะสามารถตรวจวัดได้ตั้งแต่ระดับ 5-17 เซนติเมตร (แสดงค่าเป็น -5 ถึง -17 เซนติเมตร) ซึ่งเป็นระดับน้ำที่ใช้ในการกลังข้าว โดยช่วงที่กลังข้าวจะปล่อยให้ระดับน้ำในแปลงลดลงต่ำกว่าผิวแปลงประมาณ 10-15 เซนติเมตร (Sanmany, 2017) ในส่วนของรูเจาะวัดระดับน้ำในดินจะมีความละเอียดมากกว่ารูเจาะวัดระดับน้ำบนดิน เนื่องจากเป็นการป้องกันไม่ให้เกษตรกรลดระดับน้ำในแปลงนาต่ำจนเกินไปจนทำให้ข้าวตาย และ 2) วงจรของอุปกรณ์

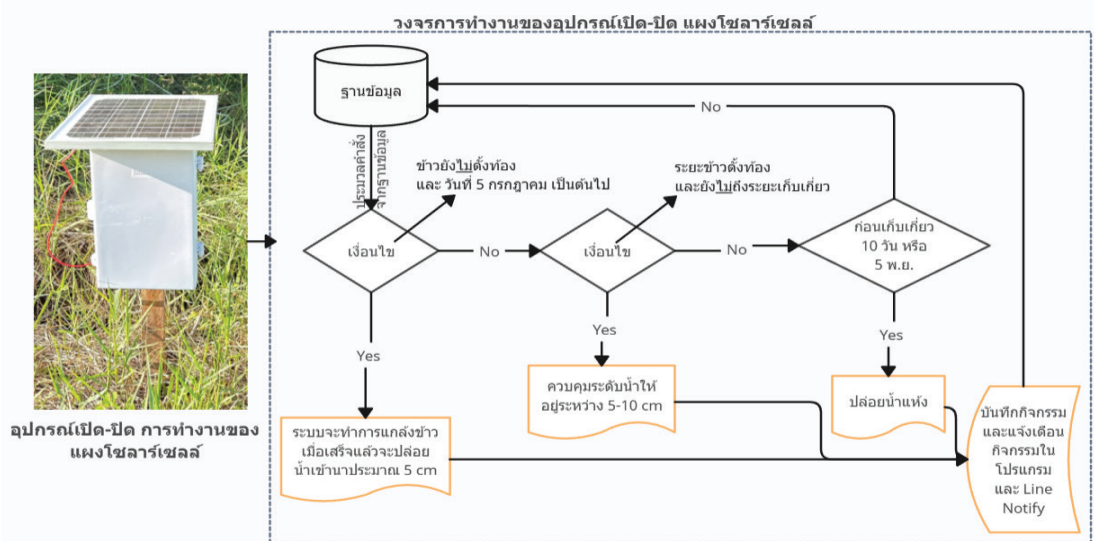
วัดระดับน้ำถูกติดตั้งอยู่ในกล่องควบคุม (กล่องสีขาว) ซึ่งกล่องดังกล่าวจะถูกนำไปติดตั้งไว้ที่แปลงนาทดลอง ดังภาพประกอบ 4

ภาพประกอบ 4 ท่อวัดระดับน้ำจะถูกติดตั้งลงไปในแปลงนา โดยให้ระดับพื้นผิวแปลงมีค่าเท่ากับ 0 เซนติเมตร เมื่อมีน้ำเอ่อขึ้นในแปลงนา หรือระดับน้ำลดต่ำกว่าพื้นผิวแปลง ระดับน้ำดังกล่าวจะถูกตรวจวัดด้วยเซนเซอร์ที่ติดตั้งไว้ที่ท่อวัดระดับน้ำ ซึ่งสัญญาณที่ตรวจวัดได้จะถูกส่งไปวงจรของอุปกรณ์วัดระดับน้ำซึ่งติดตั้งไว้ในกล่องควบคุม (กล่องสีขาว) สำหรับวงจรของอุปกรณ์วัดระดับน้ำนั้น คณะผู้วิจัยได้ใช้วงจรรวม (Integrated Circuit: IC) รุ่น 74HC165 จำนวน 2 ตัว เพื่อให้สามารถรับค่าได้ทั้งสิ้น 16 ค่า (เท่ากับจำนวนรูวัดระดับน้ำ) สัญญาณที่ตรวจวัดได้จากวงจรรวมจะถูกส่งต่อไปยังบอร์ด Arduino Uno R3 เพื่อประมวลผลระดับน้ำที่ตรวจวัดได้ จากนั้นข้อมูลที่ประมวลผลแล้วจะถูกส่งไปยังบอร์ด ESP8266 เพื่อบันทึกข้อมูลดังกล่าวลงในฐานข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ระดับน้ำที่ตรวจวัดได้จึงเป็นระดับน้ำจริงในแปลงนา ซึ่งมีความแม่นยำในระดับเซนติเมตร

3.1.3 อุปกรณ์ควบคุมการปิด-เปิดน้ำ

เกษตรกรสามารถปิด-เปิดน้ำได้ด้วยตนเองผ่านสมาร์ตโฟน หรือที่ตู้ควบคุมซึ่งติดตั้งที่แปลงนา นอกจากนี้ ระบบยังถูกออกแบบให้สามารถปิด-เปิดน้ำได้แบบอัตโนมัติโดยพิจารณาจากการประมวลผลข้อมูลในระบบฐานข้อมูล ดังภาพประกอบ 5

ภาพประกอบ 5 อุปกรณ์ควบคุมการปิด-เปิดน้ำจะรับค่าจากฐานข้อมูลและประมวลผลคำสั่ง “ถ้าข้าวยังไม่ตั้งท้อง และวันที่ 15 กรกฎาคม เป็นต้นไป” เงื่อนไขการทำงานจะเป็นจริง ดังนั้นระบบจะทำการเกลี่ยข้าวโดยการปล่อยให้น้ำแห้งจนถึงระดับต่ำกว่า -15 เซนติเมตร เมื่อเสร็จแล้วจะปล่อยน้ำเข้าในระดับน้ำ 5 เซนติเมตร ถ้าเงื่อนไขเป็นเท็จ ระบบจะทำการประมวลผลคำสั่งถัดไป คือ “ถ้าข้าวกำลังตั้งท้อง และยังไม่ถึงระยะเก็บเกี่ยว” เงื่อนไขการทำงานจะเป็นจริง ดังนั้นระบบจะทำการควบคุมระดับน้ำให้อยู่ระหว่าง 5-10 เซนติเมตร ถ้าเงื่อนไขเป็นเท็จ ระบบจะทำการประมวลผลคำสั่งถัดไป คือ “ถ้าวันนั้นเป็นวันที่ 5 พฤศจิกายน หรือก่อนเก็บเกี่ยวข้าว 10 วัน” เงื่อนไขการทำงานจะ



ภาพประกอบ 5 อุปกรณ์อัจฉริยะเปิด-ปิดการทำงานของแสงโซลาร์เซลล์

เป็นจริง ดังนั้น ระบบจะทำการปล่อยน้ำแห้ง และบันทึกกิจกรรมต่างๆ โดยอัตโนมัติ พร้อมทั้งแจ้งเตือนผ่านโปรแกรมไลน์

3.1.4 ระบบควบคุมและแสดงผลผ่านระบบออนไลน์

เป็นระบบที่สามารถควบคุมการปิด-เปิดน้ำ โดยเกษตรกรสามารถควบคุมการปิด-เปิดน้ำได้ด้วยตนเอง หรือควบคุมการปิด-เปิดน้ำแบบอัตโนมัติ สำหรับส่วนของการแสดงผลจะแสดงค่าสถิติของระดับน้ำในแต่ละช่วงเวลา ตั้งแต่เริ่มปลูกข้าวจนถึง

ช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต, ประวัติกิจกรรม, รูปร่างของแปลงนา (Shape), ตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆ โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกแสดงผลในรูปแบบของแผนที่ออนไลน์ ซึ่งอาศัยแผนที่พื้นฐานของ Google Map Platform นอกจากนี้ ยังรวมถึงการตั้งค่าต่างๆ ที่จำเป็นต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว อาทิ วันที่เริ่มทำนา, วันที่ข้าวตั้งท้อง และการวาดรูปแปลงนา เป็นต้น และมีระบบป้องกันความปลอดภัยของข้อมูลเกษตรกร ซึ่งสามารถใช้งานผ่านสมาร์ตโฟน และคอมพิวเตอร์ ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 ภาพรวมโปรแกรมควบคุมและแสดงผลผ่านระบบออนไลน์

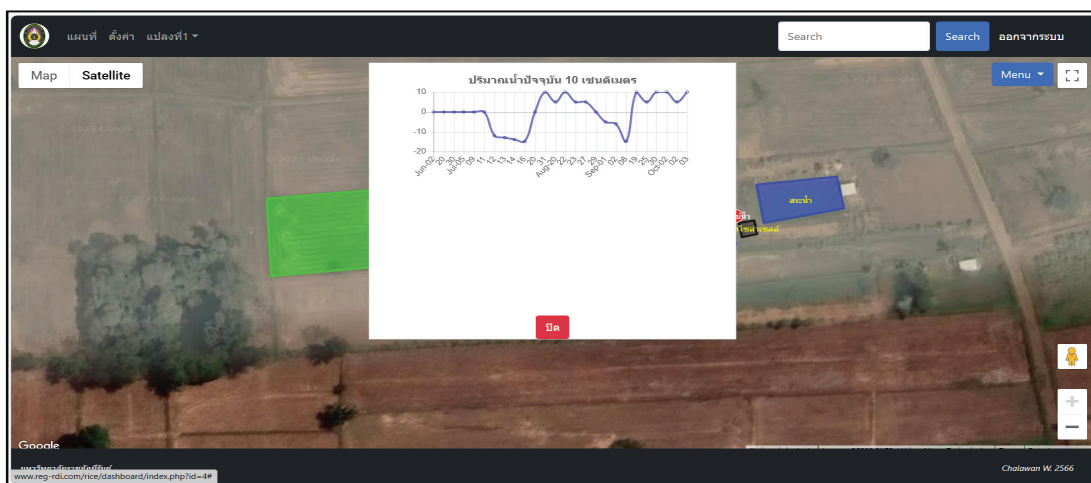


ภาพประกอบ 7 แผนที่ออนไลน์แสดงรายละเอียดแปลงนาและอุปกรณ์ต่างๆ ของเกษตรกร

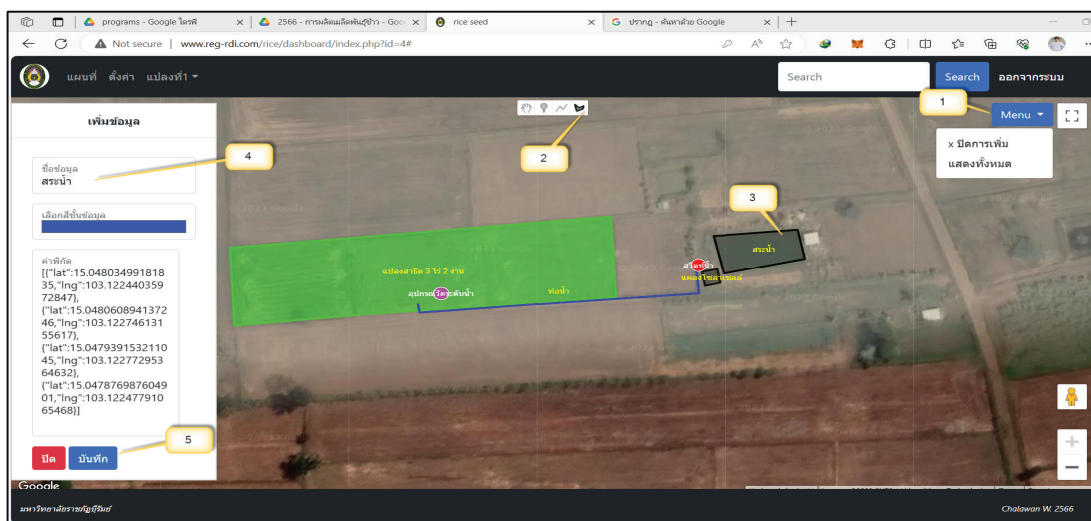
ภาพประกอบ 6 แสดงภาพรวมของระบบควบคุมและแสดงผลผ่านระบบออนไลน์ โดยผู้ใช้งานสามารถเข้าสู่ระบบผ่านลิงค์ <http://www.reg-rdi.com/rice/dashboard> อย่างไรก็ตาม เนื่องจากแอปพลิเคชันถูกออกแบบมาให้มีระบบป้องกันความปลอดภัยของข้อมูลเกษตรกร ดังนั้น ผู้ใช้งานจึงจำเป็นต้องมีชื่อผู้ใช้ (Username) และรหัสผ่าน (Password) จึงจะสามารถเข้าไปใช้งานได้ กรณีบุคคลทั่วไปจะเข้าถึงระบบได้แค่หน้า Log-in ภายในระบบจะประกอบด้วยเมนูการเข้าสู่ระบบ แผนที่กิจกรรมในการทำนา สถิติระดับน้ำในแปลงนา การจ่ายน้ำ และการตั้งค่าการ

ทำงานต่างๆ ของระบบ ซึ่งการทำงานทั้งหมดจะแสดงรายละเอียดต่างๆ ในหน้าแผนที่ ดังภาพประกอบ 7

ภาพประกอบ 7 เมื่อเข้าสู่ระบบควบคุมและแสดงผลผ่านระบบออนไลน์แล้ว หน้าแรกจะแสดงข้อมูลต่างๆ ในรูปแบบของแผนที่ออนไลน์ อาทิ แปลงนาของเกษตรกร ตำแหน่งอุปกรณ์วัดระดับน้ำ อุปกรณ์ปิด-เปิดการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ (สวิทช์น้ำ) เป็นต้น ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถดูรายละเอียดได้โดยการเลือกข้อมูลที่ต้องการ และแสดงข้อมูลของอุปกรณ์ดังภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 แสดงข้อมูลของอุปกรณ์วัดระดับน้ำ



ภาพประกอบ 9 แสดงการเพิ่มข้อมูลในแผนที่ออนไลน์

ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างการแสดงผลระดับน้ำที่ถูกตรวจวัด และแสดงระดับน้ำในปัจจุบันจากกราฟระดับน้ำที่ 0 เซนติเมตร คือระดับน้ำที่พื้นผิวแปลง หากระดับน้ำมีค่าเป็นค่าบวกจะหมายถึงระดับน้ำเหนือผิวดิน ตรงกันข้าม หากระดับน้ำมีค่าเป็นลบจะหมายถึงระดับน้ำในดิน จากกราฟตัวอย่างจะสังเกตเห็นว่ามีบางช่วงที่ระดับน้ำติดลบ ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่มีการแกล้งข้าว ระดับน้ำจึงลดลงต่ำกว่าระดับผิวแปลง นอกจากนี้ เกษตรกรยังสามารถเพิ่มข้อมูลแปลงนา, ตำแหน่งอุปกรณ์วัดระดับน้ำ, และตำแหน่งอื่นๆ ตามที่ต้องการได้ด้วยตนเอง โดยการเลือกเมนูในแผนที่ ซึ่งจะแสดงแถบเครื่องมือสำหรับวาดรูป (Digitize) และทำการวาดรูปข้อมูลที่ต้องการลงในแผนที่แสดงดังภาพประกอบ 9

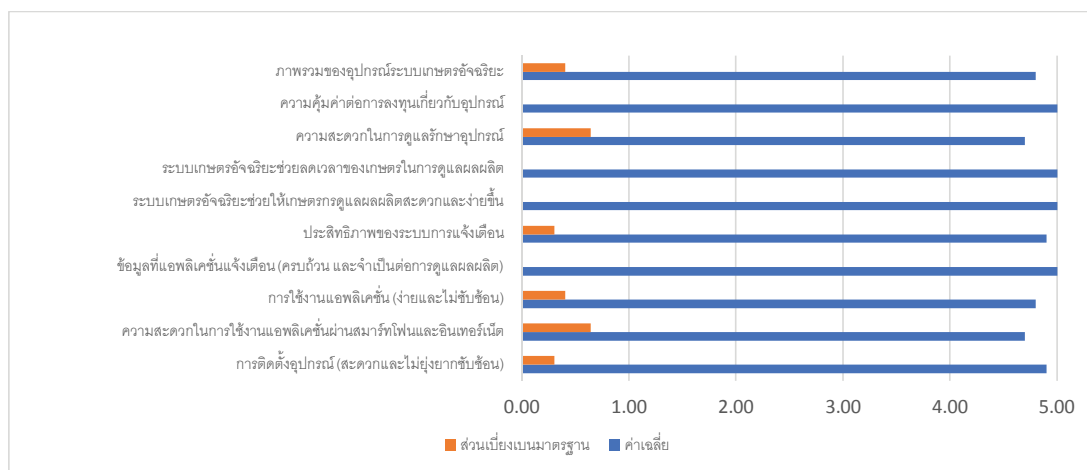
ภาพประกอบ 9 การเพิ่มข้อมูลลงในแผนที่โดยเลือก (1) Menu >> (2) เลือกเครื่องมือวาดรูป >> (3) วาดรูป (Digitize) >> (4) ตั้งชื่อและเลือกสีของข้อมูล >> (5) บันทึกข้อมูล

3.2 ความพึงพอใจของเกษตรกรต่อระบบเกษตรอัจฉริยะเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว

เมื่อเกษตรกรได้ทดลองใช้งานระบบเกษตรอัจฉริยะแล้ว คณะผู้วิจัยได้ประเมินความพึงพอใจของ

เกษตรกรที่มีต่อระบบดังกล่าวด้วยแบบสอบถามพึงพอใจ ซึ่งผ่านการทดสอบความเที่ยงของแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นอาจารย์ประจำในสาขาวิชาการพัฒนาสังคม, เทคโนโลยีสารสนเทศ, และสถิติ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ โดยผลการวิเคราะห์ค่าดัชนี IOC (Index of Item Objective Congruence) พบว่า ประเด็นต่างๆ ในแบบสอบถามมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของแบบประเมิน โดยทุกประเด็นมีค่าความสอดคล้อง IOC มากกว่า 0.50 ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์ที่สามารถนำแบบสอบถามไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลได้ (Suttiyotin, 2016) แบบสอบถามที่ผ่านการทดสอบข้างต้นจะถูกส่งให้เกษตรกรกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวบ้านหนองสรวงทั้งหมดที่ได้มาทดลองใช้งานระบบเกษตรอัจฉริยะทั้งหมด ซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 10 คน (เกษตรกรต้นแบบ 1 คน และเกษตรกรภายในกลุ่มที่สนใจอีก 9 คน) และมีผลการประเมินความพึงพอใจของเกษตรกร ดังภาพประกอบ 10

ผลการประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรต่อระบบเกษตรอัจฉริยะ (ภาพประกอบ 10) พบว่าเกษตรกรมีความพึงพอใจเฉลี่ยต่อภาพรวมของอุปกรณ์ระบบเกษตรอัจฉริยะอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.88$) โดยประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (5.00) ได้แก่ ข้อมูลที่แอปพลิเคชันแจ้งเตือน (ครบถ้วน และจำเป็นต่อการดูแลผลผลิต) การใช้งานแอปพลิเคชัน (ง่ายและไม่ซับซ้อน) และความสะดวกในการทำงานแอปพลิเคชันผ่านสมาร์ตโฟนและอินเทอร์เน็ต การติดตั้งอุปกรณ์ (สะดวกและไม่ยุ่งยากซับซ้อน)



ภาพประกอบ 10 ผลการประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรต่อระบบเกษตรอัจฉริยะ

ผลผลิต, ระบบเกษตรอัจฉริยะช่วยให้เกษตรกรดูแลผลผลิตสะดวกและง่ายขึ้น, ระบบเกษตรอัจฉริยะช่วยลดเวลาของเกษตรกรในการดูแลผลผลิต, และระบบดังกล่าวมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน รองลงมาคือ ประเด็นเรื่องการติดตั้งอุปกรณ์ที่มีความสะดวกและไม่ยุ่งยากซับซ้อน และประสิทธิภาพของระบบการแจ้งเตือน โดยมีความคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.90 คะแนน ส่วนการใช้งานแอปพลิเคชัน และภาพรวมของอุปกรณ์ระบบเกษตรอัจฉริยะ มีความคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 คะแนน ขณะที่ประเด็นเรื่องความสะดวกในการใช้งานแอปพลิเคชันผ่านสมาร์ตโฟนและอินเทอร์เน็ต และความสะดวกในการดูแลรักษาอุปกรณ์ มีความคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 4.70 คะแนน และเมื่อนำผลการประเมินดังกล่าวไปวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบสอบถามด้วยค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอน บาค (Cronbach's Alpha Coefficient) พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาคมีค่าเท่ากับ 0.75 บ่งชี้ว่าแบบสอบถามดังกล่าวมีความเชื่อมั่นค่อนข้างสูง (Suttiyotin, 2016)

3.3 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้นำเอาต้นทุนการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว ต้นทุนของระบบเกษตรอัจฉริยะ (ค่าอุปกรณ์และค่าติดตั้งระบบ) และกำไรจากการขายผลผลิตมาเปรียบเทียบกับ สำหรับรายละเอียดของต้นทุนการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว และค่าอุปกรณ์ระบบเกษตรอัจฉริยะ ดังตาราง 1 และ 2 ตามลำดับ

เกษตรกรต้นแบบมีพื้นที่เพาะปลูกจำนวน 3 ไร่ โดยมีค่าใช้จ่ายต่างๆ ซึ่งเป็นต้นทุนของการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว (ดังตาราง 1) คิดเป็นต้นทุน 11,900 บาท หรือเฉลี่ย 3,966.67 บาทต่อไร่ ขณะที่เมล็ดพันธุ์ข้าวมีราคาขายอยู่ที่ 20 บาทต่อกิโลกรัม และเกษตรกรต้นแบบได้ผลผลิตอยู่ที่ 350 กิโลกรัมต่อไร่ (Kakhunrum, 2022) ดังนั้น ราคาผลผลิตต่อไร่จะมีค่าเท่ากับ $20 \times 350 = 7,000$ บาทต่อไร่ เมื่อพิจารณาราคาผลผลิตทั้งหมดที่เกษตรกรต้นแบบได้จากการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวในพื้นที่ของตนเอง (3 ไร่) เกษตรกรต้นแบบจะขายเมล็ดพันธุ์ข้าวได้ทั้งสิ้น 21,000 บาท และเมื่อหักต้นทุนการผลิต (11,900 บาท) เกษตรกรต้นแบบจะมีกำไรทั้งสิ้น 9,100 บาท หรือคิดเป็นกำไรเฉลี่ย 3,033.33 บาทต่อไร่

ตาราง 1 ต้นทุนการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว

รายการ	ราคา (บาท)	
	ต่อ 3 ไร่	เฉลี่ย 1 ไร่
ค่าเมล็ดพันธุ์ข้าว	2,250.00	750.00
ค่าไถเปิดหน้าดิน (รอบแรก)	840.00	280.00
ค่าไถดัดคราดพรวนดิน, หว่านเมล็ดพันธุ์	990.00	330.00
ค่าน้ำมันตัดข้าว	200.00	66.67
ค่าปุ๋ยเคมี	4,020.00	1,340.00
ค่าเกี่ยว	1,950.00	650.00
ค่าปุ๋ยฉีดทางใบ	1,200.00	400.00
ค่าจ้างคนงาน	450.00	150.00
รวม	11,900	3,966.67

ตาราง 2 ค่าอุปกรณ์ระบบเกษตรอัจฉริยะ (สำหรับการวิจัยครั้งนี้)

รายการอุปกรณ์ระบบเกษตรอัจฉริยะ		ราคา (บาท)
ประเภท	รายการ	
เซนเซอร์	บอร์ดวงจร ESP8266	78.00
	บอร์ด Arduino R3	210.00
	IC เบอร์ 74165	12.00
	ตัวต้านทาน	16.00
	สายไฟ	20.00
	ท่อเซนเซอร์	10.00
	กล่อง	197.00
	แผงโซลาร์เซลล์ 5 วัตต์	179.00
	ถ่านลิเทียมฟอสเฟต 2 ก้อน	140.00
	ซีเนอร์ไดโอด 5 โวลต์	20.00
	ท่อ PVC แก่งซี่ (ยาว 30 เซนติเมตร)	35.00
	รวม	917.00
สวิตช์	แผงโซลาร์เซลล์ 5 วัตต์	179.00
	ถ่านลิเทียมฟอสเฟต 2 ก้อน	140.00
	ซีเนอร์ไดโอด 5 โวลต์	20.00
	ดีเลย์	50.00
	กล่อง	127.00
	รวม	516.00
ค่าอุปกรณ์ทั้งหมด	(เซนเซอร์ + สวิตช์)	1,433.00
ค่าวางระบบ	ท่อพีวีซี (ขนาด 2 นิ้ว ยาว 4 เมตร) ราคาท่อละ	150.00
	* พื้นที่ 1 ไร่จะใช้ท่อทั้งหมด 10 ท่อ	
รวม (ต่อพื้นที่ 1 ไร่)		1,500.00

ระบบเกษตรอัจฉริยะมีรายการอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายต่างๆ ดังตาราง 2 โดยแบ่งเป็นค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับเซนเซอร์และสวิตช์ เท่ากับ 917 และ 516 บาท ตามลำดับ คิดเป็นค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นเท่ากับ $917 + 516 = 1,433$ บาท อย่างไรก็ตาม นอกจากค่าอุปกรณ์ข้างต้นแล้ว ยังมีค่าติดตั้งระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยเป็นค่าท่อพีวีซี (ท่อขนาด 2 นิ้ว ยาว 4 เมตร)

สำหรับการวางระบบ ซึ่งท่อพีวีซี 1 ท่อ มีราคาประมาณ 150 บาท การวางระบบท่อในพื้นที่ขนาด 1 ไร่ ต้องใช้ท่อสำหรับการวางระบบทั้งสิ้น 10 ท่อ รวมเป็นค่าใช้จ่ายเท่ากับ $150 \times 10 = 1,500$ บาทต่อไร่

สำหรับการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน คณะผู้วิจัยได้แบ่งผลการวิเคราะห์ออกเป็น 3 กรณี คือ กรณีที่

ตาราง 3 สรุปค่าอุปกรณ์ระบบเกษตรอัจฉริยะของแต่ละกรณี

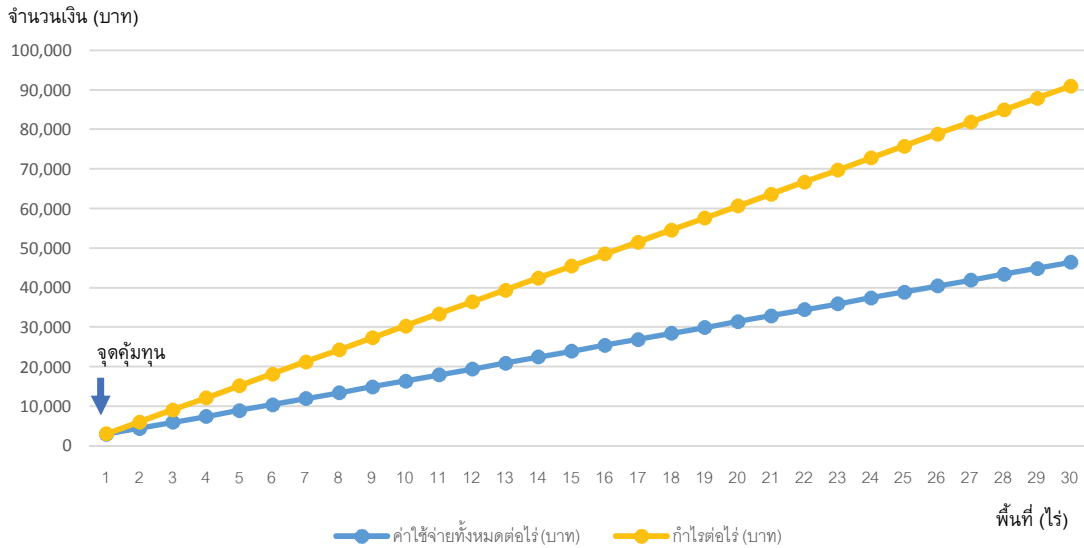
กรณีที่	ระบบพื้นฐานที่มี	รายการอุปกรณ์ที่ต้องลงทุน	ค่าลงทุน (บาท)
1	เกษตรกรต้นแบบ (บ่อบาดาล, ซับเมอร์ส, โซลาร์เซลล์)	ค่าอุปกรณ์ดังตาราง 2	1,433
	รวมค่าลงทุนอุปกรณ์ทั้งหมด		1,433
2	เกษตรกรมีบ่อบาดาลอยู่แล้ว	ค่าอุปกรณ์ดังตาราง 2	1,433
		ซับเมอร์ส	8,500
		โซลาร์เซลล์	10,200
	รวมค่าลงทุนอุปกรณ์ทั้งหมด		20,133
3	เกษตรกรไม่มีระบบพื้นฐาน	ค่าอุปกรณ์ดังตาราง 2	1,433
		ซับเมอร์ส	8,500
		โซลาร์เซลล์	10,200
		ค่าชุดบ่อบาดาล (เริ่มต้น)	15,000
	รวมค่าลงทุนอุปกรณ์ทั้งหมด		35,133

เกษตรกรมีระบบพื้นฐานทั้งหมดเช่นเดียวกับเกษตรกรต้นแบบ, กรณีที่เกษตรกรมีเพียงบ่อบาดาล แต่ยังไม่มีซับเมอร์ส และโซลาร์เซลล์, และกรณีที่เกษตรกรไม่มีระบบพื้นฐานใดเลย โดยค่าใช้จ่ายสำหรับระบบเกษตรอัจฉริยะแต่ละกรณี ดังตาราง 3

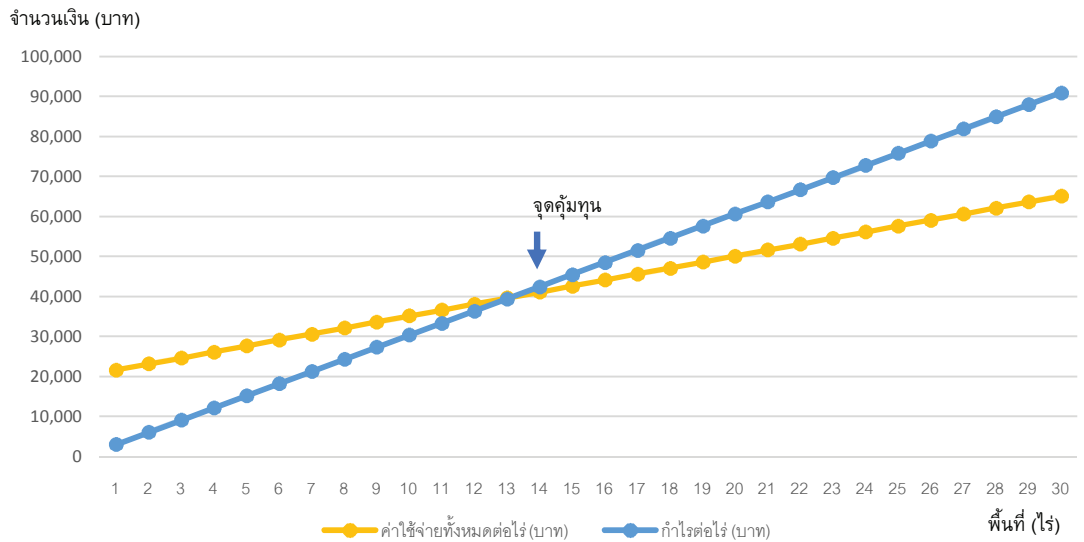
ตาราง 3 กรณีที่เกษตรกรมีระบบพื้นฐานเช่นเดียวกันเกษตรกรต้นแบบ คือ เกษตรกรมีบ่อบาดาล, ซับเมอร์ส และโซลาร์เซลล์ เกษตรกรจะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเท่ากับ 1,433 บาท สำหรับกรณีที่เกษตรกรที่มีเพียงบ่อบาดาล จำเป็นต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายของซับเมอร์ส (8,500 บาท) และโซลาร์เซลล์ (10,200 บาท) รวมกับค่าอุปกรณ์ต่างๆ โดยคิดเป็นค่าลงทุนทั้งสิ้นเท่ากับ 20,133 บาท ส่วนกรณีที่เกษตรกรไม่มีระบบพื้นฐานเลย เกษตรกรต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายของซับเมอร์ส (8,500 บาท) โซลาร์เซลล์ (10,200 บาท) และค่าชุดบ่อบาดาล (15,000 บาท) รวมกันค่าอุปกรณ์ต่างๆ โดยคิดเป็นค่าลงทุนทั้งสิ้นเท่ากับ 35,133 บาท

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนจะพิจารณาจากกำไรจากการขายผลผลิตต่อไร่ ซึ่งในที่นี้คือ 3,033.33 บาทต่อไร่ และค่าลงทุนเกี่ยวกับระบบเกษตรอัจฉริยะซึ่งเป็นต้นทุนของอุปกรณ์แต่ละกรณี (ตาราง 3) และค่าวางระบบซึ่งแตกต่างกันตามขนาดพื้นที่ แต่มีค่าเฉลี่ยของการวางระบบอยู่ที่ 1,500 บาทต่อไร่ สำหรับผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนกรณีที่เกษตรกรมีระบบพื้นฐานเช่นเดียวกับเกษตรกรต้นแบบ, กรณีที่เกษตรกรมีเพียงบ่อบาดาล แต่ยังไม่มีซับเมอร์ส และโซลาร์เซลล์, และกรณีที่เกษตรกรไม่มีระบบพื้นฐานใดเลย ดังภาพประกอบ 11, 12 และ 13 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนกรณีที่เกษตรกรมีระบบพื้นฐานเช่นเดียวกับเกษตรกรต้นแบบ (ภาพประกอบ 11) พบว่า จุดคุ้มทุนระหว่างค่าใช้จ่ายทั้งหมดและกำไรจากการขายผลผลิต อยู่ที่ตำแหน่งพื้นที่ขนาด 1 ไร่ กล่าวคือ หากเกษตรกรขายผลผลิตได้ 1 ไร่ ก็เพียงพอต่อค่าลงทุนระบบเกษตรอัจฉริยะแล้ว เนื่องจากค่าลงทุนของระบบเกษตรอัจฉริยะในกรณีนี้มีค่าเท่ากับ 1,433 บาท ส่วนค่าวางระบบ



ภาพประกอบ 11 ผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนกรณีที่เกษตรกรมีระบบพื้นฐานเช่นเดียวกับเกษตรกรต้นแบบ

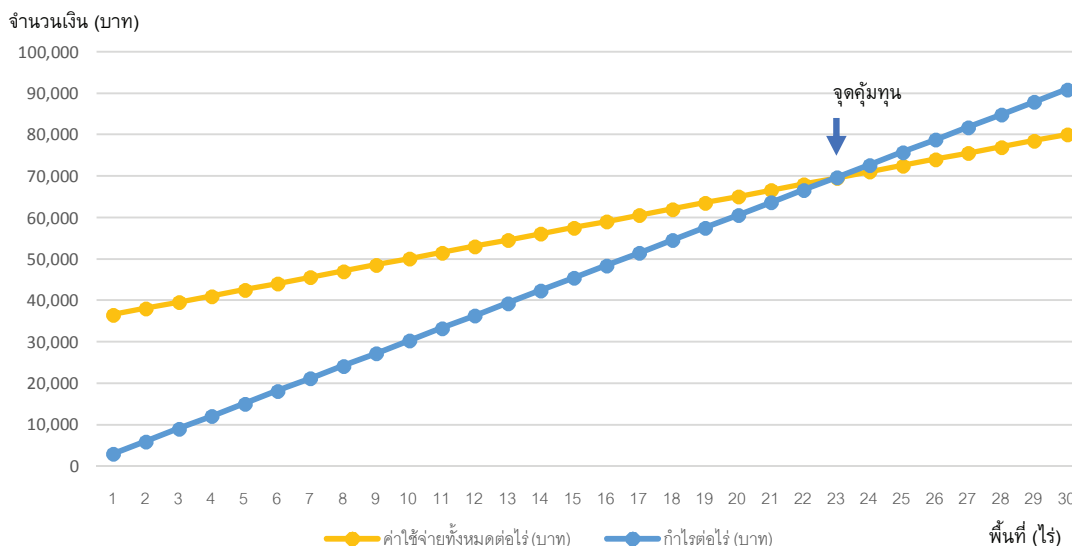


ภาพประกอบ 12 ผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนกรณีที่เกษตรกรมีเพียงบ่อบาดาล

ในพื้นที่ ขนาด 1 ไร่ มีค่าเท่ากับ 1,500 บาท รวมเป็น
ค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น $1,433 + 1,500 = 2,933$ บาท ขณะที่
เกษตรกรได้กำไรจากการขายผลผลิต 1 ไร่ เท่ากับ
3,033.33 บาท จะเห็นได้ว่ากำไรจากการขายผลผลิต
มีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายในการลงทุนระบบเกษตรอัจฉริยะ

ผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนกรณีที่เกษตรกรมี
เพียงบ่อบาดาล (ภาพประกอบ 12) พบว่า จุดคุ้มทุน

ระหว่างค่าใช้จ่ายทั้งหมด และกำไรจากการขาย
ผลผลิต อยู่ที่ตำแหน่งพื้นที่ขนาด 14 ไร่ หรือกล่าว
ได้ว่า เกษตรกรต้องขายผลผลิตให้ได้อย่างน้อย 14 ไร่
จึงจะไม่ขาดทุน เนื่องจากค่าลงทุนของระบบเกษตร
อัจฉริยะในกรณีนี้ประกอบด้วยค่าอุปกรณ์ (1,433
บาท) ค่าซีบเมอริส (8,500 บาท) ค่าโซล่าเซลล์
(10,200 บาท) และค่าวางระบบในพื้นที่ขนาด 14 ไร่



ภาพประกอบ 13 ผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนกรณีที่เกษตรกรไม่มีระบบพื้นฐานใดเลย

มีค่าเท่ากับ $1,500 \times 14 = 21,000$ บาท รวมเป็นค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นเท่ากับ $1,433 + 8,500 + 10,200 + 21,000 = 41,133$ บาท ขณะที่เกษตรกรได้กำไรจากการขายผลผลิต 14 ไร่ เท่ากับ $3,033.33 \times 14 = 42,466.62$ บาท ซึ่งกำไรจากการขายผลผลิตมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายในการลงทุนระบบเกษตรอัจฉริยะ

ผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนกรณีที่เกษตรกรไม่มีระบบพื้นฐานใดเลย (ภาพประกอบ 13) พบว่าจุดคุ้มทุนระหว่างค่าใช้จ่ายทั้งหมด และกำไรจากการขายผลผลิต อยู่ที่ตำแหน่งพื้นที่ขนาด 23 ไร่ หรือกล่าวได้ว่า เกษตรกรต้องขายผลผลิตให้ได้อย่างน้อย 23 ไร่จึงจะไม่ขาดทุน เนื่องจากค่าลงทุนของระบบเกษตรอัจฉริยะในกรณีนี้ประกอบด้วยค่าอุปกรณ์ (1,433 บาท) ค่าซีพียู (8,500 บาท) ค่าโซล่าเซลล์ (10,200 บาท) ค่าชุดบ่อบาดาล (15,000 บาท) และค่าวางระบบในพื้นที่ขนาด 23 ไร่ มีค่าเท่ากับ $1,500 \times 23 = 34,500$ บาท รวมเป็นค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นเท่ากับ $1,433 + 8,500 + 10,200 + 15,000 + 34,500 = 69,633$ บาท ขณะที่เกษตรกรได้กำไรจากการขายผลผลิต 23 ไร่ เท่ากับ $3,033.33 \times 23 = 69,766.59$ บาท ซึ่งกำไรจากการขายผลผลิตมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายในการลงทุนระบบเกษตรอัจฉริยะ

4. อภิปรายผล (Discussion)

ระบบเกษตรอัจฉริยะที่ถูกพัฒนาขึ้นช่วยให้เกษตรกรสามารถควบคุมและดูแลผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jeepet, Sudharatna, & Ueasangkomsate (2017), Fongngen, Petchhan, & Yajor (2018), Foughali, Fathallah, & Frihida (2018), Pothong, Mekarun, & Choosumrong (2019), Srisongmuang *et al.* (2020) และ Kanya *et al* (2022) ซึ่งได้นำเอาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่งเข้าไปควบคุมระบบต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านการบริหารจัดการฟาร์ม ดังจะเห็นได้จากผลสำรวจความพึงพอใจของเกษตรกรต่อระบบดังกล่าว คือ ระบบเกษตรอัจฉริยะช่วยให้เกษตรกรดูแลผลผลิตสะดวกและง่ายขึ้น, ระบบเกษตรอัจฉริยะช่วยลดเวลาของเกษตรกรในการดูแลผลผลิต, และระบบดังกล่าวมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน ซึ่งเป็นประเด็นที่เกษตรกรมีความพึงพอใจมากที่สุด ซึ่งผลจากการที่เกษตรกรใช้เวลาในการดูแลผลผลิตน้อยลง อีกทั้งสามารถดูแลผลผลิตได้สะดวกยิ่งขึ้น ส่งผลให้เกษตรกรสามารถไปทำอาชีพเสริมได้ โดย Kakhunrum (2022) ซึ่งเป็นเกษตรกรต้นแบบ กล่าวว่า ตนเองได้ไปทำอาชีพเสริมอื่นๆ

ได้แก่ การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ รับจ้างไถพรวนดิน และรับจ้างเกี่ยวกับงานด้านไฟฟ้า ส่งผลให้มีรายได้เฉลี่ยจากอาชีพเสริมอยู่ที่ 15,000 บาทต่อเดือน

5. สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

ระบบเกษตรอัจฉริยะเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว ถูกพัฒนาขึ้นจากประเด็นปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมระดับน้ำในแปลงนาของเกษตรกรกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวบ้านหนองสรวง ระบบเกษตรอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นประกอบไปด้วยอุปกรณ์สำหรับติดตั้งในแปลงนา และระบบควบคุมและแสดงผลผ่านระบบออนไลน์ โดยอุปกรณ์ที่ติดตั้งในแปลงนาจะตรวจวัดระดับน้ำภายในแปลงนาแบบอัตโนมัติ แล้วส่งข้อมูลไปยังระบบควบคุมและแสดงผลผ่านระบบออนไลน์ ซึ่งจะรับข้อมูลที่ตรวจวัดจากแปลงนาเพื่อนำไปวิเคราะห์สภาพแวดล้อมของแปลงนา ณ ช่วงเวลานั้นๆ และวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสมต่อสภาพการเพาะปลูก ณ ช่วงเวลาดังกล่าว ข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลเรียบร้อยแล้วจะถูกส่งกลับไปยังระบบของส่วนแปลงนาอีกครั้งเพื่อให้อุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้ที่แปลงนาควบคุมการปิด-เปิดน้ำอัตโนมัติ อย่างไรก็ตาม คณะผู้วิจัยได้ออกแบบระบบให้เกษตรกรสามารถควบคุมการทำงานระบบเกษตรอัจฉริยะผ่านระบบออนไลน์ได้ด้วยตนเอง และสามารถติดตามสถานะของแปลงนาได้จากการแจ้งเตือนสถานะต่างๆ ผ่านระบบที่พัฒนาขึ้น

ผลการประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวบ้านหนองสรวงที่มีต่อระบบเกษตรอัจฉริยะ พบว่า เกษตรกรมีความพึงพอใจต่อภาพรวมของอุปกรณ์ระบบเกษตรอัจฉริยะในระดับมากที่สุด โดยประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (5.00 คะแนน) ได้แก่ ข้อมูลที่แอปพลิเคชันแจ้งเตือนมีความครบถ้วน และจำเป็นต่อการดูแลผลผลิต, ระบบเกษตรอัจฉริยะช่วย

ให้เกษตรกรดูแลผลผลิตสะดวกและง่ายขึ้น, ระบบเกษตรอัจฉริยะช่วยลดเวลาของเกษตรกรในการดูแลผลผลิต, และระบบดังกล่าวมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน อย่างไรก็ตาม ประเด็นเรื่องความสะดวกในการใช้งานแอปพลิเคชันผ่านสมาร์ตโฟนและอินเทอร์เน็ต และความสะดวกในการดูแลรักษาอุปกรณ์ มีค่าคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 4.70 คะแนน

ขณะที่ผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน พบว่าระบบดังกล่าวมีต้นทุนค่าอุปกรณ์อยู่ที่ประมาณ 1,433 บาท และมีค่าวางระบบเฉลี่ย 1,500 บาทต่อไร่ หากเกษตรกรมีระบบพื้นฐาน (บ่อบาดาล และปั๊มเมอร์สพร้อมโซล่าเซลล์) และได้กำไรจากการขายผลผลิตเฉลี่ย 3,033.33 บาทต่อไร่เช่นเดียวกับเกษตรกรต้นแบบ กำไรจากการขายผลผลิตเพียง 1 ไร่ก็เพียงพอต่อค่าลงทุนระบบเกษตรอัจฉริยะ อย่างไรก็ตาม กรณีที่เกษตรกรมีเพียงบ่อบาดาล หรือกรณีที่เกษตรกรไม่มีระบบพื้นฐานใดเลย เกษตรกรต้องขายผลผลิตให้ได้อย่างน้อย 14 และ 23 ไร่ ตามลำดับ จึงจะมีกำไรเพียงพอต่อการลงทุนติดตั้งระบบเกษตรอัจฉริยะ

สำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยควรพัฒนาอุปกรณ์ให้มีความสามารถในการส่งข้อมูลด้วยสัญญาณวิทยุ ซึ่งจะทำให้สามารถส่งข้อมูลครอบคลุมพื้นที่แปลงนาได้มากขึ้น อาทิ เครือข่ายสื่อสารที่ส่งข้อมูลกำลังต่ำแบบไร้สาย (Long Range Wide Area Network: LoRaWan)

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgments)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (สกสว.)

เอกสารอ้างอิง (References)

- Amato, F., Havel, J., Gad, A.-A., & El-Zeiny, A. (2015). Remotely sensed soil data analysis using artificial neural networks: A case study of El-Fayoum depression, Egypt. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(2), 677–696. <https://doi.org/10.3390/ijgi4020677>
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
- Bumrungbood, J., Hanpattanakit, P., Chidthaisong, A., Saeng-Ngam, S., & Vanitchung, S. (2020). Efficiency of water management by alternate wetting and drying on rice growth and production. *Srinakharinwirot University (Journal of Sciences and Technology)*, 12(24), 10-22. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/swujournal/article/view/243091> [In Thai]
- Boursianis, A. D., Papadopoulou, M. S., Diamantoulakis, P., Liopa-Tsakalidi, A., Barouchas, P., Salahas, G., Karagiannidis, G., Wan, S., & Goudos, S. K. (2022). Internet of things (IoT) and agricultural unmanned aerial vehicles (UAVs) in smart farming: A comprehensive review. *Internet of Things*, 18, 100187. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100187>
- Chantanut, S. (2022). *Technology transferring for high quality rice seed production for using of Banbak, Bong Nuea, Sawang Dan Din, Sakon Nakhon, Thailand* (Master's thesis, Maejo University, Chiang Mai, Thailand). [In Thai]
- Dhanaraju, M., Chenniappan, P., Ramalingam, K., Pazhanivelan, S., & Kaliaperumal, R. (2022). Smart farming: Internet of things (IoT)-based sustainable agriculture. *Agriculture*, 12(10), 1745. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101745>
- Fongngen, W., Petchhan, S., & Yajor, R. (2018). Application with the internet of things technology control in smart farms mushroom. *Journal of Technology Management Rajabhat Maha Sarakham University*, 5(1), 172–182. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/itm-journal/article/view/140258> [In Thai]
- Foughali, K., Fathallah, K., & Frihida, A. (2018). Using cloud IOT for disease prevention in precision agriculture. *Procedia Computer Science*, 130, 575–582. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.106>
- Jantachai, T., Yooprasert, B., & Saranrom, P. (2019). Extension needs for rice seed production of farmers in Ubon Ratchathani rice seed center. *Proceedings of the 9th STOU National Research Conference*, 940–951 [In Thai]

- Jeepet, S., Sudharatna, Y., & Ueasangkomsate, P. (2017). Industrial 4.0 technology adoption applying to small agriculture farm. *Proceedings of 55th Kasetsart University Annual Conference: Education, Economics and Business Administration, Humanities and Social Sciences*, 392–399. [In Thai]
- Kamilaris, A., Gao, F., Prenafeta-Boldu, F. X., & Ali, M. I. (2016). Agri-IoT: A semantic framework for Internet of Things-enabled smart farming applications. *2016 IEEE 3rd World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, 442–447. <https://doi.org/10.1109/wf-iot.2016.7845467>
- Kanya, P., Seesman, T., Jeamkoh, K., Seekhamsaen, P., Chaisongkhram, P., Klaimanee, P., & Bophimai, U. (2022). Smart agriculture system development. *Journal of Industrial Technology Surin Rajabhat University*, 7(1), 33-45. <https://doi.org/10.14456/journalindus.2022.4> [In Thai]
- Lioutas, E. D., & Charatsari, C. (2020). Smart farming and short food supply chains: Are they compatible?. *Land Use Policy*, 94, 104541. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104541>
- Maeroh, A., & Tongsri, P. (2023). The development of agriculture in Thai Society and the guideline of farmer-household economic management toward social development. *Journal of Legal Entity Management and Local Innovation*, 9(4), 377-388. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/jsa-journal/article/view/260426> [In Thai]
- Said Mohamed, E., Belal, AA., Kotb Abd-Elmabod, S., El-Shirbeny, M. A., Gad, A., & Zahran, M. B. (2021). Smart farming for improving agricultural management. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 24(3), 971–981. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2021.08.007>
- Moysiadis, V., Sarigiannidis, P., Vitsas, V., & Khelifi, A. (2021). Smart farming in Europe. *Computer Science Review*, 39, 100345. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2020.100345>
- Patil, K.A., & Kale, N.R. (2016). A model for smart agriculture using IoT. *2016 International Conference on Global Trends in Signal Processing, Information Computing and Communication (ICGTSPICC)*, 543-545.
- Phasinam, K., Kassaruk, T., & Shabaz, M. (2022). Applicability of internet of things in smart farming. *Journal of Food Quality*, 2022, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2022/7692922>

- Piroj, K. (2018). *Likert Scale คืออะไร? (มาตรวัดของลิเคิร์ต) [What is a Likert scale? (Likert rating scale)]*. Retrieved 26 January 2023, from <https://greedisgoods.com/likert-scale/> [In Thai]
- Pothong, T., Mekarun, P., & Choosumrong, S. (2019). Development of smart farming service system for smart farmer using FOSS4G and IoT. *Naresuan Agriculture Journal*, 16(2), 10-17. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/aginujournal/article/view/247974> [In Thai]
- Punyawansiri, S., Chinapongthitiwa, V., & Kwanyuen, B. (2020). Grain yield and water use efficiency of riceberry rice in response to water-saving irrigation techniques. *Thai Agriculture Research Journal*, 38(2), 128-138. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/thaiagriculturalresearch/article/view/214953> [In Thai]
- Rice Department. (2016). *เมล็ดพันธุ์ และการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว [Seeds and rice seed production]*. Retrieved 9 January 2024, from <http://webold.ricethailand.go.th/rkb3/index.php-file=content.php&id=13.htm> [In Thai]
- Sanmany, K. (2017). *Effects of water management on growth and yield of rice* (Master's thesis, Maejo University, Chiang Mai, Thailand). http://mdc.library.mju.ac.th/thesis/2564/keooudone_sanmany/fulltext.pdf [In Thai]
- Shashwathi, N., Borkotoky, P., & Suhas, K. (2012). Smart farming: A step towards techno-savvy agriculture. *International Journal of Computer Applications*, 57(18), 45-48. <https://www.ijcaonline.org/archives/volume57/number18/9218-3773/>
- Sirithunya, K. (2020). *เสริมแกร่งชาวนา ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพดี [Empowering farmers to produce high-quality rice seeds]*. Retrieved 9 January 2024, from <https://www.nstda.or.th/agritec/rice-seed/> [In Thai]
- Srisongmuang, P., Srisongmuang, C., Busabok, S., Homsub, C., & Kongsomsawang, S. (2020). *Development of smart farm management system model in plant house by embedded computer* (Research report). Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi. <https://research.rmutsb.ac.th/fullpaper/2563/research.rmutsb-2563-20200805134658195.pdf> [In Thai]
- Srbinovska, M., Gavrovski, C., Dimcev, V., Krkoleva, A., & Borozan, V. (2015). Environmental parameters monitoring in precision agriculture using wireless sensor networks. *Journal of Cleaner Production*, 88, 297-307. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.04.036>

- Suttiyotin, N. (2016). *การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย* [Assessment of Research Instrument Quality]. Retrieved 26 January 2023, from https://nattawatt.blogspot.com/2016/09/blog-post_99.html [In Thai]
- Thana-dechophol, T., Teamsuwan, V., & Chamnankaew, U. (2018). Agricultural reform in Thailand. *11th THAICID National symposium*, 292-303. https://www.rid.go.th/thaicid/_5_article/11symposium/article-23.pdf [In Thai]
- Thongmeethip, K. (2021). Agricultural development in Thailand in terms of community development and quality of life. *PSDS Journal of Development Studies Thammasat University*, 4(1), 132-162. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/gvc-tu/article/view/252520> [In Thai]
- Khamla, P. (2015). *Factors affecting success in rice seed production of farmers, members of Lampang rice seed center* (master's thesis, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand). <https://cmudc.library.cmu.ac.th/frontend/Info/item/dc:123391> [In Thai]
- Kakhunrum, S. (2022, December 16). *Personal communication*. [Unpublished interview, in Thai]
- Sangsuriyarit, V. (2021). *การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนโครงการเดียว [ตอนที่ 1] [Break-Even Analysis of a Single Project [Part 1]]*. Retrieved 9 January 2024, from <http://ae.engineer.rmutt.ac.th/wp-content/uploads/2021/09/การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนตอนที่-1.pdf> [In Thai]
- Wantong, C., Sumranram, W., Tahom, U., & Kitthanarut, V. (2023). *Rice seed production with smart farm (Research Report)*. Buriram Rajabhat University. [In Thai]