วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.08.006

บทความวิจัย

ระบบเกษตรอัจฉริยะเพื่อการจัดการนาข้าวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

วนัสพรรัศม์ สวัสดี[1*] เสาวลักษณ์ เฮ้าสกุล[2] และ นิพนธ์ พิสุทธิ์ไพศาล[2,3]

[1] สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม, วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการ,
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์
[2] ศูนย์เทคโนโลยีไบโอเซ็นเซอร์และไบโออิเล็กทรอนิกส์, สำนักวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[3] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหารและสิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์,
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[*] ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: vanatpornratt@vru.ac.th

วันที่รับบทความ: 24 เมษายน 2565; วันที่ทบทวนบทความ: 7 มิถุนายน 2565; วันที่ตอบรับบทความ: 10 มิถุนายน 2565
วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 16 สิงหาคม 2565

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตั้งระบบเกษตรอัจฉริยะในนาข้าว เพื่อตรวจติดตามธาตุอาหารไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) และค่าความเป็นกรดด่าง (pH) แบบเรียลไทม์ จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณเพื่อวางแผนปริมาณการใช้ปุ๋ยในนาข้าว และคำนวณการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ผลการศึกษาพบว่า จากเก็บข้อมูลผ่านระบบเกษตรอัจฉริยะเป็นระยะเวลา 1 เดือน ไนโตรเจนมีค่า 180-200 mg L^{-1} ฟอสฟอรัส มีค่า 200-300 mg L^{-1} โพแทสเซียม มีค่า 500-800 mg L^{-1} และค่าความเป็นกรดด่าง มีค่า 7.08-7.28 จากนั้นมีการวางแผนปริมาณการใช้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 และ 16-20-0 เพื่อควบคุมปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าว ซึ่งผลจากใช้ระบบเกษตรอัจฉริยะเพื่อการจัดการนาข้าว พบว่า ช่วยลดค่าใช้จ่ายจากการใช้ปุ๋ยได้ถึงร้อยละ 50 สามารถปรับปริมาณการใช้ปุ๋ยได้ลดลงร้อยละ 50 โดยที่ผลผลิตไม่ลดลง และช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ 58 kg CO_2 eq นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยในปริมาณที่เหมาะสมยังสามารถลดการสะสมของสารเคมีในดิน ที่จะส่งผลเสียต่อจุลินทรีย์ในดิน และทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์อีกด้วย

คำสำคัญ: ระบบเกษตรอัจฉริยะ; นาข้าว; การใช้ปุ๋ยอย่างถูกวิธีในพื้นที่เกษตร; ก๊าซเรือนกระจก

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.08.006

บทความวิจัย

Smart Agriculture System for Paddy Field Environmentally Friendly Management

Vanatpornratt Sawasdee[1*], Saowaluck Haosagul[2] and Nipon Pisutpaisal[2, 3]

[1] Program in Innovation of Environmental Management, College of Innovative Management, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

[2] Biosensor and Bioelectronics Technology Centre, Science and Technology Research Institute, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

[3] Department of Agro-Industrial, Food and Environmental, College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

[*] Corresponding author, E-mail: vanatpornratt@vru.ac.th

Received: 24 April 2022; Revised: 7 June 2022; Accepted: 10 June 2022
Online Published: 16 August 2022

Abstract: The research aims to install a smart agriculture system in paddy field management for real-time monitoring of nitrogen (N), phosphorus (P) potassium (K), and pH. After that, use the information to calculate the amount of fertilizer utilization and reduction of greenhouse gas emissions from the project's implementation. The results showed that data were collected through smart online monitoring for 1 month, it was found that nitrogen was 180-200 mg L^{-1}, phosphorus was 200-300 mg L^{-1}, potassium was 500-800 mg L^{-1} and pH was 7.08-7.28. After that, planning for the amount of fertilizer utilization formulas 46-0-0 and 16-20-0 to control the ratio of N: P: K to be optimal for rice growth. As a result of the smart agriculture system for paddy field management, it was found that help to save costs by 50%, reduce fertilizer use by 50% without declining yields, and reduce greenhouse gas emissions from this project by 58 kg CO_2 eq. Moreover, the proper use of fertilizers can also reduce the accumulation of chemicals in the soil that will negatively affect soil microorganisms and cause soil depletion.

Keywords: Smart agriculture system; Paddy field; Good fertilization Practice in Agricultural Land; Greenhouse gas

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.08.006

1. บทนำ

ข้าวเป็นสินค้าเกษตรหลักของประเทศไทยที่ครอบคลุมพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุด คิดเป็น ร้อยละ 46.1 ของพื้นที่เกษตรทั้งหมดของประเทศ และยังเป็นสินค้าเกษตรที่มีการส่งออกอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปี พ.ศ. 2565-2567 ผลผลิตของข้าวไทยมีทิศทางเพิ่มขึ้น เนื่องจากปัจจัยจากสภาพอากาศ ปริมาณน้ำฝน รวมถึงการสนับสนุนจากภาครัฐ [1] อย่างไรก็ตามการปลูกข้าวยังคงมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่อง และจากสัดส่วนของพื้นที่เพาะปลูกที่มากถึงร้อยละ 46.1 ของพื้นที่เกษตรทั้งหมดของประเทศ ทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าวเป็นจำนวนมาก ซึ่งจากข้อมูลรายงานการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในนาข้าวของประเทศไทย โดยใช้ฐานข้อมูลกิจกรรม ปี พ.ศ. 2543-2547 พบว่า นาข้าวมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดร้อยละ 57.5 ของปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากภาคเกษตร [2] โดยการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากพื้นที่นาข้าวเกิดขึ้นจากหลายปัจจัย เช่น การทำนาแบบน้ำขัง การใส่ปุ๋ยที่มากเกินความต้องการของข้าว รวมถึงการใช้รถไถนา เป็นต้น ในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรนั้น มีก๊าซเรือนกระจกหลัก คือ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และ ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) โดยกิจกรรมการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดจากการย่อยสลายอินทรียวัตถุ และการเผาในพื้นที่เกษตร กิจกรรมที่มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทน เกิดจากการย่อยสลายอินทรียวัตถุในสภาวะไร้ออกซิเจน รวมถึงจากการย่อยอาหารของสัตว์ การหมักมูลสัตว์ เศษซากพืช และจากนาข้าว และกิจกรรมที่มีการปลดปล่อยไนตรัสออกไซด์ เกิดจากการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดินและมูลสัตว์ โดยถ้ามีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินความจำเป็นจึงส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์มากขึ้นอีกด้วย ดังนั้นในการบริหารจัดการ นาข้าวให้มีประสิทธิภาพ เช่น ลดการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยยูเรีย ใช้ปุ๋ยให้เหมาะสมกับความต้องการของพืช [3] ลดการสะสมของสารเคมีในดิน ที่จะส่งผลเสียต่อจุลินทรีย์ในดิน และทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ รวมถึงการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ จะทำให้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก จึงนำไปสู่การแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ตามอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) [4] โดยการบริหารจัดการนาข้าวให้ใช้ปุ๋ยอย่างเหมาะสมกับความต้องการของข้าวนั้น มีเครื่องมือที่น่าสนใจและได้รับความนิยมในปัจจุบัน คือ การนำระบบ Internet of Things (IoT) มาประยุกต์ใช้ในการตรวจติดตามข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการปลูกข้าว เช่น ค่าความเป็นกรดด่าง ค่าธาตุอาหารหลัก อุณหภูมิ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้การติดตามข้อมูลที่เกี่ยวข้องมีประสิทธิภาพมากขึ้น [5] ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญในการจัดการนาข้าวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยการนำระบบเกษตรอัจฉริยะมาประยุกต์ใช้ในนาข้าว ซึ่งเป็นการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการทำการเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพ วางแผนการใช้ปุ๋ยอย่างถูกวิธี ทำให้ลดสารเคมีตกค้างในดิน อันนำไปสู่การเสื่อมสภาพของดิน และปริมาณจุลินทรีย์ในดินที่ลดลง และยังสามารถนำไปสู่การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก อีกทั้งลดรายจ่ายของเกษตรกรได้อีกด้วย

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.08.006

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

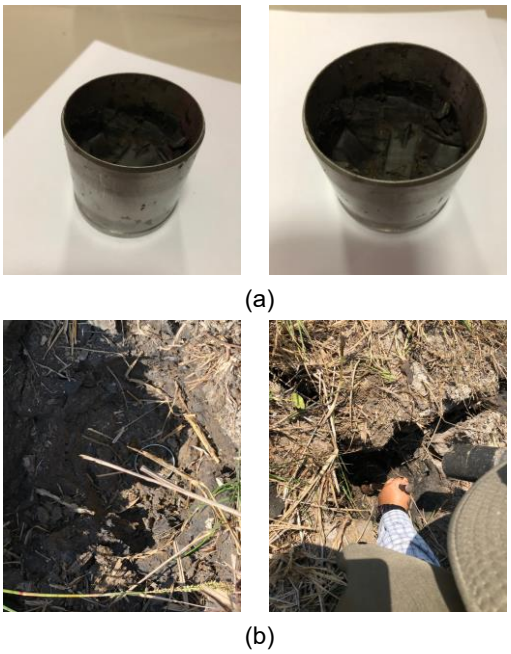
2.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของดินในพื้นที่ศึกษา

การวิเคราะห์องค์ประกอบดิน ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ (รูปที่ 1) โดยใช้ Soil Core โดยเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร โดยเก็บทั้งหมด 4 จุด ในพื้นที่นาข้าว จุดเก็บตัวอย่างทั้ง 4 จุด แสดงดังรูปที่ 2

วิเคราะห์พารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับการเพาะปลูก คือ ค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณโพแทสเซียม ตามลำดับ โดยวิธีมาตรฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบดิน ASTM [6] (ตารางที่ 1) ซึ่งพารามิเตอร์เหล่านี้ส่งผลโดยตรงต่อการเพาะปลูกข้าวทั้งทางตรงและทางอ้อม การวิเคราะห์องค์ประกอบดินในห้องปฏิบัติการและการวิเคราะห์แบบเรียลไทม์จึงเป็นสิ่งสำคัญในการวางแผนการปลูกข้าวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 1 วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบของดิน

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
pH	pH meter
Total N	Kjeldahl
Total P	Molybdenum Blue
Total K	Hydrofluoric Acid Digestion



(a)

(b)

รูปที่ 1 (a) Soil Core และ (b) การเก็บตัวอย่างดิน

รูปที่ 2 จุดเก็บตัวอย่างดิน

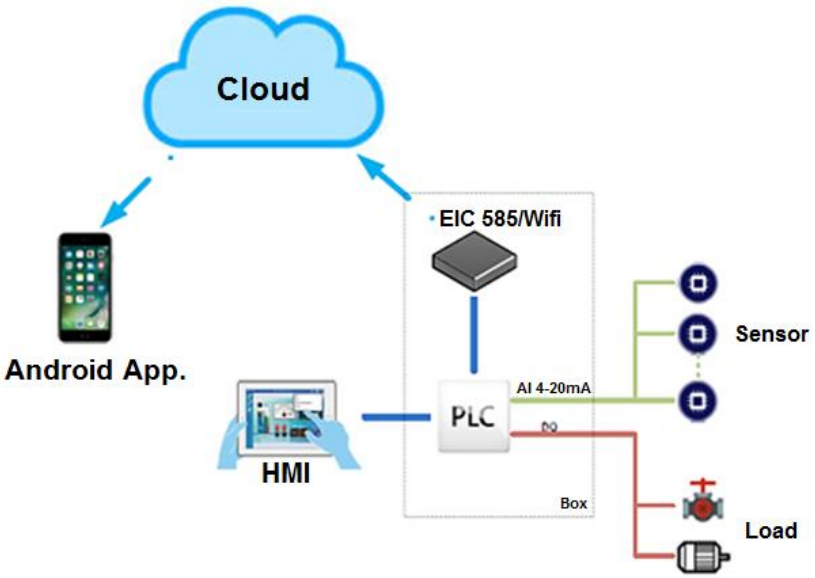
วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.08.006

2.2 การติดตามข้อมูลพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องแบบเรียลไทม์

การติดตามข้อมูลพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง โดยอ้างอิงจากข้อมูลพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อการทำนา เช่น ธาตุอาหารไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) และค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ในดิน ตามลำดับ โดยทำการเก็บข้อมูลพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องโดยใช้อุปกรณ์ติดตาม Online monitoring system (IoT) ที่ถูกติดตั้งในพื้นที่นาข้าว เพื่อให้สามารถเข้าถึงข้อมูลแบบเรียลไทม์ [7] โดยรูปแบบการรับส่งข้อมูลเพื่อแสดงผลแบบเรียลไทม์แสดงดังรูปที่ 3 โดยระบบเกษตรอัจฉริยะมีเซนเซอร์ Soil NPK (ยี่ห้อ PONPE) ที่ติดตั้งในพื้นที่วัดค่า และส่งสัญญาณไปยัง PLC และส่งต่อไปยัง EIC (เทคโนโลยีของ PKW Company Limited) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ทั้งรับและจ่ายคำสั่ง และข้อมูลจะถูกส่งไปเก็บที่ระบบคลาวด์ต่อไป เมื่อต้องการนำข้อมูลมาใช้ จะดึงข้อมูลมาจากระบบคลาวด์และสามารถนำมาแสดงผลในคอมพิวเตอร์ หรือโทรศัพท์มือถือได้ เมื่อได้ข้อมูลที่มีการแสดงผลแบบเรียลไทม์ ซึ่งเก็บข้อมูลทุกๆ 1 นาที จึงนำไปสู่การวางแผนการเพาะปลูก การวางแผนการใช้ปุ๋ยในแปลงนา รวมถึงการแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการเพาะปลูก ณ ช่วงเวลานั้นๆ

ในการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อตรวจติดตามพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องนั้น ก่อนการตรวจวัด จะทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด โดยใช้สารละลายมาตรฐาน เพื่อให้อุปกรณ์มีความแม่นยำและได้ข้อมูลจากการตรวจวัด ที่ถูกต้อง

โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์ติดตามผล (รูปที่ 4) ในพื้นที่เกษตรแปลงใหญ่ (นาข้าว) (รูปที่ 5) อำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี พิกัด 13.872097779330842 100.33049712289416



รูปที่ 3 ตัวอย่างการรับส่งข้อมูลเพื่อแสดงผลแบบเรียลไทม์

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.08.006

รูปที่ 4 อุปกรณ์สำหรับการติดตามผลแบบเรียลไทม์ในพื้นที่นาข้าว

2.3 การคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยอย่างถูกวิธี

การคำนวณก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่นาข้าวจะพิจารณาถึงข้อมูลการใช้ปุ๋ยอย่างถูกวิธีในพื้นที่เกษตร โดยใช้วิธีการคำนวณจากองค์การจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) ซึ่งก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าว มีดังนี้ N_2O (มีค่าศักยภาพทำให้เกิดภาวะโลกร้อน 265 เท่า) CO_2 (มีค่าศักยภาพทำให้เกิดภาวะโลกร้อน 1 เท่า) CH_4 (มีค่าศักยภาพทำให้เกิดภาวะโลกร้อน 28 เท่า) [8] แต่ในการคำนวณสำหรับงานวิจัยนี้ จะคำนวณ N_2O และ CO_2 เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์การใช้ปุ๋ยอย่างถูกวิธี ซึ่งสามารถคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จาก การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐานเปรียบเทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีการดำเนินโครงการ [8] ดังสมการที่ (1) ซึ่งข้อมูล Baseline GHG และ Project GHG นั้นสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2) และ (3)

$$\text{GHG } (kgCO_2eq) = \text{Baseline GHG } (kgCO_2eq) - \text{Project GHG } (kgCO_2eq) \quad (1)$$

โดยที่ GHG คือ ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
Baseline GHG คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน
Project GHG คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ

Baseline GHG ($kgCO_2eq$) = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากการใส่ปุ๋ย + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้อมจากการใส่ปุ๋ยเคมี + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใส่ปุ๋ยยูเรีย/ปูนขาว/โดโลไมต์ (2)

Project GHG ($kgCO_2eq$) = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากการใส่ปุ๋ย + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้อมจากการใส่ปุ๋ยเคมี + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใส่ปุ๋ยยูเรีย/ปูนขาว/โดโลไมต์ (3)

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.08.006

รูปที่ 5 นาข้าวหลังการติดตั้งระบบเกษตรอัจฉริยะ

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบองค์ประกอบดิน

จุดเก็บตัวอย่าง	พารามิเตอร์			
	pH	Total N ($g\ kg^{-1}$)	Total P ($g\ kg^{-1}$)	Total K ($g\ kg^{-1}$)
1	6.58± 0.030	1.34± 0.030	0.19± 0.0006	13.07± 0.090
2	6.41± 0.075	1.42± 0.030	0.20± 0.010	12.57± 0.045
3	5.83± 0.035	1.69± 0.025	0.17± 0.020	13.16± 0.025
4	5.23± 0.035	2.28± 2.28	0.22± 0.020	12.36± 0.015

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของดินก่อนการติดตั้งระบบเกษตรอัจฉริยะ

ค่าความเป็นกรดด่างในดินเป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช อีกทั้งยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารต่างๆ ในดิน ทั้งธาตุอาหารที่จำเป็นและไม่จำเป็นต่อพืช นอกจากนี้ค่าความเป็นกรดด่างยังส่งผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน และความสามารถของการออกฤทธิ์ของสารกำจัดศัตรูพืชบางชนิดอีกด้วย [9] จากการเก็บตัวอย่างดินทั้ง 4 จุด ในพื้นที่ศึกษาพบว่าจุดที่ 1 และจุดที่ 2 มีความเป็นกรดเล็กน้อย (Slightly acid) จุดที่ 3 และ จุดที่ 4 มีความเป็นกรดปานกลาง (Moderately acid) และกรดจัด (Strongly acid) (ตารางที่ 2) ตามลำดับ โดยจุดที่ 1 และจุดที่ 2 มีค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากเป็นค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมต่อการดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน ส่วนในจุดที่ 3 และจุดที่ 4เป็นจุดที่มีความเป็นกรดปานกลางและกรดจัด ซึ่งสามารถส่งผลให้ธาตุอะลูมิเนียม เหล็ก แมงกานีส และสังกะสีละลายออกมา และอาจส่งผลเสียต่อพืช [9] ดังนั้นการติดตามตรวจสอบค่าความเป็นกรดด่างในดินนั้น ถือว่ามีความสำคัญในการเพาะปลูก อีกทั้งพืชแต่ละชนิดยังเหมาะสมกับค่าความเป็นกรดด่างที่แตกต่างกันอีกด้วย หลังจากการเก็บตัวอย่างดินไปทดสอบพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องเพื่อทราบข้อมูลเบื้องต้นของดินบริเวณนั้นๆ จะมีการติดตามข้อมูลแบบเรียลไทม์เพื่อได้ข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไป ณ เวลานั้นๆ ต่อไป

ปริมาณธาตุอาหารสำหรับการปลูกพืชประกอบด้วย ไนโตรเจนรวม (Total N) ฟอสฟอรัสรวม (Total P) และโพแทสเซียมรวม (Total K) ในดินซึ่งแสดงดังตารางที่ 2 จากการวิเคราะห์พบว่าโพแทสเซียมรวมมีปริมาณสูงสุดเมื่อเทียบกับ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.08.006

ไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวม ซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้สำคัญต่อการเจริญเติบโตของข้าว โดยที่ไนโตรเจนเป็นแหล่งของโปรตีน ทำหน้าที่สร้างการเจริญเติบโต ให้ผลผลิต รวมถึงคุณภาพของผลผลิต ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่ช่วยในการเจริญเติบโต การหายใจของพืช และการสังเคราะห์แสง และโพแทสเซียมช่วยในการควบคุมการเปิดปิดของปากใบ [10] และยังกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช และค่าความเป็นกรดด่างของดินมีค่าอยู่ในช่วง 5.5-6.5 ซึ่งพบว่ามีความเหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกข้าว [10]

3.2 ผลการติดตามข้อมูลแบบเรียลไทม์

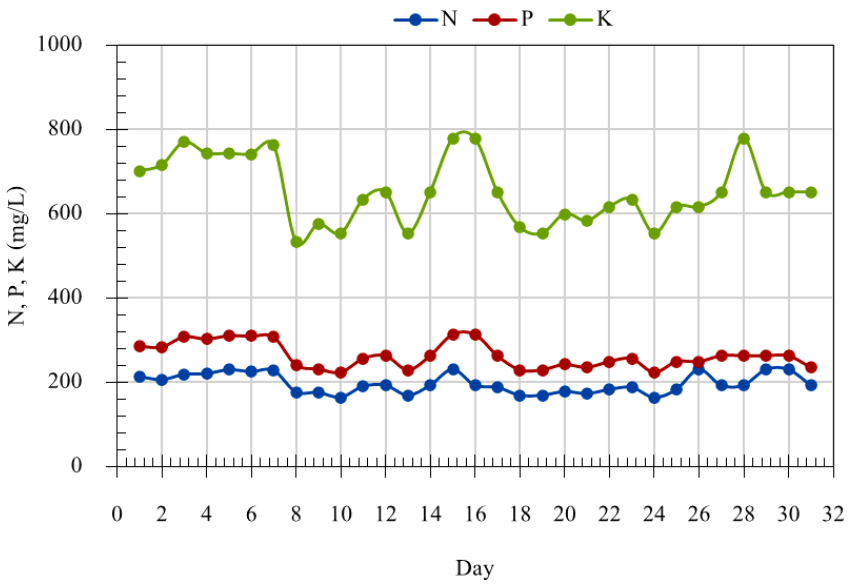
การติดตามพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องแบบเรียลไทม์ในแปลงนาข้าว เช่น ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และค่าความเป็นกรดด่างในแปลงข้าว แสดงดังรูปที่ 6

จากการเก็บข้อมูลปริมาณไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ในแปลงข้าวแบบเรียลไทม์เป็นระยะเวลา 1 เดือน (รูปที่ 7) โดยจะสามารถแสดงผลทั้งในคอมพิวเตอร์ และในแอปพลิเคชั่นโทรศัพท์เคลื่อนที่ เมื่อธาตุอาหารน้อยลง ณ ช่วงเวลานั้นๆ จะทำให้เกษตรกรทราบและใส่ปุ๋ยเพิ่มเติม ทั้งยังเป็นการวางแผนสำหรับระยะเวลาการใส่ปุ๋ยในรอบการปลูกถัดไปได้อีกด้วย โดยจากการติดตามข้อมูลแบบเรียลไทม์ พบว่าดินในแปลงข้าวบางช่วงมีปริมาณ N และ P ต่ำ สลับกับมีปริมาณ K สูงมากเกินความต้องการของต้นข้าว ซึ่งการมีปริมาณ K สูงเกินความต้องการของพืช จะทำให้พืชสะสม K ไว้มาก ส่งผลทางลบต่อการดูดซึม Ca และ Mg ของพืช [11] ซึ่งค่าดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาตั้งแต่ระยะข้าวงอกจนถึงระยะเก็บเกี่ยว จึงนำไปสู่การปรับปริมาณการใช้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 และ 16-20-0 ให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น โดยใช้ระบบเกษตรอัจฉริยะเป็นเครื่องมือในการจัดการ โดยหลังจากการติดตามข้อมูลแบบเรียลไทม์ทำให้ปริมาณของปุ๋ยทั้งสองสูตรลดลง ซึ่งการควบคุมปริมาณการใช้ปุ๋ยให้เหมาะสมต่อความต้องการของต้นข้าวนั้น นำไปสู่การควบคุมปริมาณ N P K ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น รวมถึงลดการตกค้างของ N P K ในนาข้าวอีกด้วย [12]

การเก็บข้อมูลค่าความเป็นกรดด่างในดิน (รูปที่ 8) แบบเรียลไทม์ พบว่า มีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วง 7.0 ถึง 7.3 ซึ่งเป็นช่วงของค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมในการละลายของธาตุอาหาร N P K ในดิน [13] ซึ่งบ่งชี้ถึงสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์และความสามารถในการกำจัดสารมลพิษในดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ [14] จากข้อมูลการติดตามพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการปลูกข้าว ทำให้สามารถวางแผนการใช้ปุ๋ยได้อย่างถูกวิธี และเป็นการควบคุมการใส่ปุ๋ยไม่ให้มีปริมาณที่มากเกินความจำเป็นต่อการเจริญของต้นข้าว หรือจนทำให้สมดุลธาตุอาหารและความเป็นกรดด่างในดินไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในดิน

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.08.006

รูปที่ 6 ตัวอย่างหน้าจอระบบออนไลน์



รูปที่ 7 การเก็บข้อมูล ค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) รายวัน จากระบบออนไลน์ในแปลงนาข้าว

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.08.006

รูปที่ 8 การเก็บข้อมูล ค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรดด่าง (pH) รายวันจากระบบออนไลน์ในแปลงนาข้าว

ถึงแม้ว่าการให้ปุ๋ยของเกษตรกรแบบเดิมจะทำการตรวจวัดดินก่อนการให้ปุ๋ย แต่เกษตรกรจะไม่สามารถทราบได้ในระหว่างการเจริญเติบโตของข้าว ซึ่งมีทั้งหมด 7 ระยะ ดังนี้ (1) ระยะข้าวงอก (2) ระยะกล้า (3) ระยะแตกกอ (4) ระยะข้าวสร้างรวงอ่อน (5) ระยะข้าวตั้งท้อง (6) ระยะข่าวออกดอก และ (7) ระยะเก็บเกี่ยว [15] ซึ่งในแต่ละระยะนั้นจะมีความต้องการปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน และเกษตรกรจะดำเนินการให้ปุ๋ยในแต่ละระยะ โดยไม่สามารถคาดการณ์ถึงปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของข้าว ในการติดตามข้อมูลแบบเรียลไทม์จึงทำให้เกษตรกรสามารถวางแผนการดำเนินการให้ปุ๋ยได้อย่างแม่นยำและเพียงพอต่อความต้องการของการให้ปุ๋ยทั้งในระยะกล้า ระยะแตกกอ และระยะข้าวตั้งท้องตามลำดับ อีกทั้งยังเป็นการลดการตกค้างของสารเคมีในดิน ที่จะส่งผลเสียต่อรากพืช ดิน และจุลินทรีย์บางชนิดในดิน เนื่องจากปุ๋ยเคมีนั้นไปเร่งการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินทำให้จุลินทรีย์ในดินลดจำนวนลงอีกด้วย ดังนั้นการประยุกต์ใช้ระบบเกษตรอัจฉริยะเพื่อการจัดการสำหรับพื้นที่นาข้าว สามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ย NPK ได้ร้อยละ 50 ทำให้ลดการตกค้างของสารเคมี และยังสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ร้อยละ 50 อีกด้วย แสดงดังตารางที่ 3 และ ตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ข้อมูลก่อนการใช้ระบบเกษตรอัจฉริยะเพื่อการจัดการพื้นที่นาข้าว

ก่อนการติดตั้งระบบเกษตรอัจฉริยะ			
ประเภทของปุ๋ย/สารปรับปรุงดินสำหรับนาข้าว	**สูตรปุ๋ย**	**เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (%N)**	**ปริมาณที่ใช้ (kg)**
ปุ๋ยยูเรีย	46-0-0	46	50
ปุ๋ยเคมี	16-20-0	16	50

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.08.006

ตารางที่ 4 ข้อมูลหลังการใช้ระบบเกษตรอัจฉริยะเพื่อการจัดการพื้นที่นาข้าว

หลังการติดตั้งระบบเกษตรอัจฉริยะ			
ประเภทของปุ๋ย/สารปรับปรุงดินสำหรับนาข้าว	**สูตรปุ๋ย**	**เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (%N)**	**ปริมาณที่ใช้ (kg)**
ปุ๋ยยูเรีย	46-0-0	46	25
ปุ๋ยเคมี	16-20-0	16	25

3.3 ผลการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ปุ๋ยอย่างถูกวิธี

ผลจากการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน (ตารางที่ 5) โดยใช้ข้อมูลก่อนการติดตั้งระบบเกษตรอัจฉริยะสำหรับนาข้าวที่มีน้ำขังเป็นข้อมูลกรณีฐาน และหลังการติดตั้งระบบเกษตรอัจฉริยะสำหรับนาข้าวที่มีน้ำขังเป็นข้อมูลกรณีการดำเนินโครงการ (ตารางที่ 6) โดยการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้น อ้างอิงสัดส่วนของไนโตรเจนที่อยู่ในปุ๋ยเคมี และปุ๋ยยูเรีย เนื่องจากไนโตรเจนไดออกไซด์ (N_2O) เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากการใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยยูเรีย จากตารางที่ 5 และ 6 แสดงให้เห็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงและทางอ้อม โดยจากการคำนวณพบว่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานสูงถึง 117.35 kg CO_2 eq ในขณะที่ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการการติดตั้งระบบเกษตรอัจฉริยะมีค่าเท่ากับ 58.67 kg CO_2 eq ซึ่งจากผลการดำเนินการติดตั้งระบบเกษตรอัจฉริยะ สามารถเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการบริหารจัดการนาข้าว เพื่อนำไปสู่การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 58 kg CO_2 eq

ตารางที่ 5 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน

ประเภทของปุ๋ย/สารปรับปรุงดินสำหรับนาข้าว	**หน่วย**	**ปริมาณ**	**การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากการใส่ปุ๋ย (kg CO_2 eq)**	**การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้อมจากการใส่ปุ๋ย (kg CO_2 eq)**	**การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใส่ปุ๋ยยูเรีย (kg CO_2 eq)**	**รวม**
ปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี	kg N	8.00	9.99	10.83		20.82
ปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ยยูเรีย	kg N	23.00	28.73	31.13		59.86
ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ก่อนการติดตั้งระบบฯ	kg	50.00			36.67	36.67
			รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2 eq)			117.35

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.08.006

ตารางที่ 6 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ

ประเภทของปุ๋ย/ สารปรับปรุงดิน สำหรับ นาข้าว	หน่วย	ปริมาณ	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากการใส่ปุ๋ย (kg CO_2 eq)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้อมจากการใส่ปุ๋ย (kg CO_2 eq)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใส่ปุ๋ยยูเรีย (kg CO_2 eq)	รวม
ปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี	kg N	4.00	5.00	5.41		10.41
ปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ยยูเรีย	kg N	11.50	14.37	15.56		29.93
ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ก่อนการติดตั้งระบบฯ	kg	25.00			18.33	18.33
			รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2 eq)			58.67

4. บทสรุป

การประยุกต์ใช้ระบบเกษตรอัจฉริยะที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมนั้น เป็นการนำระบบเกษตรอัจฉริยะที่เป็นเทคโนโลยีตรวจติดตามพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการปลูกข้าวแบบออนไลน์ เพื่อให้ทราบถึงพารามิเตอร์ที่สำคัญ เพื่อการวางแผนการใช้ปุ๋ยที่เกษตรกรใช้ในการปลูกข้าว คือ ปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยเคมี โดยหลังจากการติดตั้งระบบเกษตรอัจฉริยะ และนำข้อมูลที่ได้มาสู่การวางแผนการใช้ปุ๋ยอย่างถูกวิธี ทำให้สามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยไปได้ถึงร้อยละ 50 โดยที่ผลผลิตไม่ลดลง จากนั้นเมื่อนำมาสู่การคำนวณปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ พบว่าสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 58 kg CO_2 eq อีกทั้งยังลดการสะสมของสารเคมีในดิน ที่จะส่งผลเสียต่อจุลินทรีย์ในดิน และทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์อีกด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัย จากสำนักงานเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดนนทบุรี ประจำปีงบประมาณ 2564

6. เอกสารอ้างอิง

[1] C. Sowcharoensuk, Trend of business/ industry 2022-2024 rice industry, Krungsri Research, 2022, 1-21. (in Thai)

[2] C. Buddhaboon and N. Chareonsilp, Methane emission from rice paddy field, Thai Rice Research Journal, 2015, 6(1), 42-55. (in Thai)

[3] http://conference.tgo.or.th/download/TGO_InfoCenter/Section9/Book/TVER_ForestryArgiculture.pdf (Accessed on 16 August 2022)

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.08.006

[4] D. Blobel and N. Meyer-Ohlendorf, United Nations Framework Convention on Climate Change: Handbook, Intergovernmental and Legal Affairs, Climate Change Secretariat, Bonn, Germany, 2006.

[5] M. Srbinovska, C. Gavrovski, V. Dimcev, A. Krkoleva and V. Borozan, Environmental parameters monitoring in precision agriculture using wireless sensor networks, Journal of Cleaner Production, 2015, 88, 297-307.

[6] P. Teerajindakajon, Handbook of soil chemical analysis, 1st Ed., KKU PRINTING, Thailand, 2011. (in Thai)

[7] U. Bophimai, N. Lonkunthos, A. Wannakayont and T. Sittichantasen, Development of organic intelligent technology system, Journal of MCU Nakhondhat, 2020, 7(11), 63-78. (in Thai)

[8] P. Lohsomboon and P. Rotkittikhun, Low Emission Support Scheme: LESS, 2nd Ed., Thailand Greenhouse Gas Management Organization, Bangkok, Thailand, 2019. (in Thai)

[9] K. Jackson and T.T. Meetei, Influence of soil pH on nutrient availability: A review, Journal of Emerging Technologies and Innovative Research, 2018, 5(12), 707-713.

[10] S. Kathong and C. Ruangviriyachai, Determination of nitrogen, phosphorus and potassium in liquid organic fertilizer, KKU Research Journal (Graduate Studies), 2014, 14(4), 57-68. (in Thai)

[11] www3.rdi.ku.ac.th/exhibition/51/Plant/Plant_07/Index.htm. (Accessed on 25 May 2022)

[12] www.rdpb.go.th/th/Download. (Accessed on 11 April 2022)

[13] http://oss101.ldd.go.th/web_soils_for_youth/s_prop_ph2.htm. (Accessed on 11 April 2022)

[14] www.mcc.cmu.ac.th/agsust/lowland_ SA/soilfertsoille_lowland.htm. (Accessed on 11 April 2022)

[15] www.chiataigroup.com/en/article-detail/fertilizerforrice. (Accessed on 11 April 2022)