ระบบการจัดการน้ำอัตโนมัติโดยใช้โซล่าร์เซลล์ ในนาข้าวนอกเขตชลประทาน จังหวัดอุบลราชธานี

Automatic Watering Management System Using Solar Cell for Rice Fields in Non-Irrigated Areas, Ubon Ratchathani Province

รุ่งเรือง งาหอม*, วินัย งาหอม และ ศิรินาถ บุญส่ง

Rungruang Ngahom*, Winai Ngahom and Sirinat Boonsong

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

Faculty of Science, Buriram Rajabhat University

Received : 11 July 2018

Accepted : 24 October 2018

Published online : 25 October 2018

บทคัดย่อ

การศึกษาระบบการจัดการน้ำอัตโนมัติด้วยโซล่าร์เซลล์ในนาข้าวนอกเขตชลประทาน จังหวัดอุบลราชธานี มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพระบบการจัดการน้ำอัตโนมัติโดยใช้โซล่าร์เซลล์ และเพื่อศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนจากการใช้โซล่าร์เซลล์ในนาข้าวนอกเขตชลปะทาน ดำเนินการศึกษาระหว่าง พ.ศ. 2558-2559 โดยพัฒนาสระน้ำขนาด 20x37x4 ลูกบาศก์เมตร และคลองขนาด 120x1.5x1.5 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งแหล่งน้ำสามารถกักเก็บน้ำได้สูงสุดเท่ากับ 2,888 ลูกบาศก์เมตร ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 และปริมาณการกักเก็บต่ำสุด 913 ลูกบาศก์เมตร ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2559 ระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยโซล่าร์เซลล์เลือกใช้ชนิด Poly-crystalline 24 Volt 300 watt JINSHI จำนวน 2 แผง และแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 100 แอมแปร์ต่อชั่วโมง จำนวน 2 ลูก การบริหารพลังงานในระบบการจัดการน้ำอัตโนมัติถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ พบว่า กำลังไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดเท่ากับ 2,452 วัตต์ต่อวัน และปริมาณน้ำที่ใช้ในการเกษตรเท่ากับ 12,680 ลิตรต่อวัน เมื่อพิจารณาต้นทุนและผลตอบแทนจากการพัฒนาการใช้ประโยชน์ที่ดินและการบริหารจัดการน้ำอัตโนมัติด้วยโซล่าร์เซลล์ในปีแรก พบว่า ต้นทุนทั้งหมดเท่ากับ 286,833 บาทต่อปี และผลตอบแทนจากการพัฒนาการใช้ประโยชน์ที่ดินเท่ากับ 159,122 บาทต่อปี ดังนั้นการวิจัยสรุปได้ว่า การนำระบบการจัดการจัดการน้ำอัตโนมัติด้วยโซล่าร์เซลล์มาใช้ในด้านการเกษตรจึงมีความเหมาะสมที่จะพัฒนาให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

คำสำคัญ : ระบบการจัดการน้ำอัตโนมัติ, โซล่าร์เซลล์, พื้นที่นอกเขตชลประทาน, จังหวัดอุบลราชธานี

*Corresponding author. E-mail : rungbenvironment@gmail.com

Abstract

The study of automatic watering management system using solar cell for rice fields in non-irrigated areas, Ubon Ratchathani province aimed to investigate the efficiency of automatic water management system using solar cells and to study the costs and profits of using solar cells in non-irrigated areas. The period of times in doing this research started from 2015 to 2016 in developing water sources which consisted of reservoir in size of 20x37x4 cubic meters and canal in size of 120x15 x15 cubic meters. The maximum water volume is 2,888 cubic meters in September 2015 and the minimum water volume is 913 cubic meters in May 2016. The solar cell electricity system with Poly-crystalline 24V 300W JINSHI was selected for two panels and two batteries with 12V 100A. The management of energy and water with automatic microcontroller was found that the electricity power used for pumping water was 2,452 W/day and the amount of water used for agriculture was 12,680 liters/day. According to the analysis of costs and profits of the automatic water management system using solar cells in first year, it was found that all costs were 286,833 baht/year whereas the profits of the development of land utilization were 159,122 baht/year. This study concluded that the automatic water management system using solar cells was appropriate to develop and will be able to make it more efficient in the future.

Keywords : automatic watering management system, solar cell, non-irrigated areas, Ubon Ratchathani province

บทนำ

ประเทศไทยมีพื้น 320.7 ล้านไร่ เป็นพื้นที่การเกษตรประมาณ 151.92 ล้านไร่ แต่สภาพปัจจุบันโครงการชลประทานสามารถสนับสนุนภาคการเกษตรได้เพียง 29.34 ล้านไร่ ส่วนพื้นที่การเกษตรที่เหลืออีก 122.58 ล้านไร่ เป็นพื้นที่นอกเขตชลประทานซึ่งต้องอาศัยน้ำฝนและน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติเป็นหลัก (Land Development Department, 2012) การแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในเขตพื้นที่นอกเขตชลประทานจำเป็นต้องพัฒนาแหล่งกักเก็บน้ำให้มีน้ำใช้อย่างเพียงพอสำหรับการใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตร ดังนั้น Land Development Department (2016) จึงดำเนินโครงการขุดแหล่งน้ำขนาดความจุ 1,260 ลูกบาศก์เมตร ระหว่างปี 2548 - 2559 จำนวนทั้งหมด 374,839 บ่อ ซึ่งเกษตรกรจะมีส่วนร่วมในการออกค่าใช้จ่าย 2,500 บาทต่อบ่อ ซึ่งการติดตามการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ พบว่า ร้อยละ 98 สามารถเก็บกักน้ำในช่วงฤดูฝนและนำมาใช้ประโยชน์ในการปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้นเพื่อรักษาความชุ่มชื้น ปลูกพืชผักประจำฤดูกาล และสามารถนำน้ำมาใช้ในช่วงที่ฝนทิ้งช่วง ทำให้ผลผลิตพืชโดยรวมมีการเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีและเกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นจากเดิม 11,683 บาทต่อครัวเรือนต่อปี

ปัจจุบันการน้ำเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการสูบน้ำในพื้นที่การเกษตรขนาดใหญ่ทำให้ช่วยให้เกษตรกรสามารถลดการใช้พลังงานจากน้ำมัน แต่เพิ่มผลผลิตและสามารถพึ่งพาตนเองได้ ดังนั้น Provincial energy office of energy Phra Nakhon Si Ayutthaya (2018) จึงได้ติดตั้งเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อสูบน้ำ ขนาดกำลังผลิตไฟฟ้า 4,500 วัตต์ต่อชุด เป็นพลังงานให้กับเครื่องสูบน้ำแบบพญานาคขนาดกำลังไฟฟ้า 3,700 วัตต์ต่อชุด จำนวน 10 ชุด สามารถจัดสรรน้ำเพื่อใช้ในการเกษตรครอบคลุมพื้นที่ประมาณ1,800 ไร่ ขณะที่ Provincial energy office of Nongbualamphu (2018) ได้ติดตั้ง

ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้สำหรับการเกษตรและอุปโภค โดยใช้แผงโซล่าร์เซลล์ขนาด 250 วัตต์ จำนวน 8 แผง อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ชุดควบคุม (Control unit) และเครื่องสูบน้ำแบบบ่อลึก ขนาด 1,500 วัตต์ เพื่อสนับสนุนให้เกษตรกรใช้น้ำในการปลูกผักปลอดสารพิษในพื้นที่ 2.5 ไร่ นอกจากนั้น Provincial energy office of Nan (2018) ดำเนินการติดตั้งระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้แผงโซล่าร์เซลล์ 4,200 วัตต์ จำนวนมี 2 ชุด กำลังการผลิตไฟฟ้ารวม 8,400 วัตต์ เพื่อสูบน้ำจากผิวดินแล้วนำมาเก็บไว้ภายในถังพักน้ำคอนกรีตแล้วนำน้ำไปใช้รดน้ำสวนมะม่วง 456 ไร่ และแปลงหม่อนพื้นที่ 120 ไร่

การพัฒนาแหล่งน้ำและระบบการกระจายน้ำในพื้นที่การเกษตรนอกเขตชลประทานให้มีปริมาณน้ำที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช การประมงและใช้เลี้ยงสัตว์ได้ตลอดทั้งปี จำเป็นต้องนำเทคโนโลยีระบบการบริหารจัดการน้ำอัตโนมัติมาใช้ในการบริหารจัดการน้ำที่มีอย่างจำกัดให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นการพัฒนาต้นแบบการจัดการน้ำอัตโนมัติโดยใช้โซล่าร์เซลล์ที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นระบบที่สามารถบริหารจัดการน้ำและพลังงานให้เกิดประโยชน์และมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยการเพิ่มความแม่นยำจากการให้น้ำที่ตรงจุดด้วยระบบการให้น้ำที่เหมาะสมกับการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ และการตั้งเวลาเพื่อกำหนดปริมาณน้ำที่ให้ตามความต้องการของพืชและสัตว์แต่ละชนิด ทำให้สามารถกำหนดปริมาณการใช้น้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดให้สามารถปลูกพืช เลี้ยงสัตว์และทำกิจกรรมต่างๆ ได้ตลอดทั้งปี ซึ่งนำไปสู่การเป็นต้นแบบการนำเทคโนโลยีการบริหารจัดการน้ำอัตโนมัติโดยใช้โซล่าเซลล์มาใช้ปรับเปลี่ยนวิธีผลิตและวิถีชีวิตไปสู่เกษตรผสมผสานตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. **พื้นที่ศึกษา**

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่หมู่ที่ 7 ตำบลโนนสวาง อำเภอกุดข้าวปุ้น จังหวัดอุบลราชธานี มีพื้นที่ทั้งหมด 15 ไร่ ลักษณะดินเป็นดินเหนียวปนทราย การใช้ประโยชน์ของที่ดินมีเพียงการทำนาปีละครั้งและใช้ประโยชน์เป็นพื้นที่เลี้ยงวัวหลังการทำนา ส่วนแหล่งน้ำมี 2 แบบคือ สระน้ำใช้ประโยชน์เพื่อกักเก็บน้ำฝน และน้ำบาดาลใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภคในชีวิตประจำวัน

2. **การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน**

การวางแผนการใช้ที่ดินโดยยึดตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งต้องมีแหล่งน้ำ พื้นที่ปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์หลากหลายชนิด เพื่อให้สามารถพึ่งพาตนเองได้มากที่สุด นักวิจัยและเกษตรกรจึงร่วมกันวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์เพื่อพัฒนาพื้นที่นาให้สามารถใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด จึงเกิดข้อสรุปร่วมกันโดยแบ่งพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน 15 ไร่ เป็น 5 ส่วน ได้แก่ ที่อยู่อาศัย แหล่งน้ำ นาข้าว การเลี้ยงสัตว์และปลูกพืช

3. **การพัฒนาแหล่งน้ำ**

สระน้ำก่อนการขุดลอกมีขนาดความกว้าง 12 เมตร ยาว 20 เมตร ลึก 4 เมตร ความจุน้ำ 1,000 ลูกบาศก์เมตร และสระน้ำหลังการขุดลอกมีขนาดกว้าง 20 เมตร ยาว 37 เมตร และลึก 4 เมตร สามารถจุน้ำได้ 3,000 ลูกบาศก์เมตร สำหรับคลองที่ขุดใหม่มีความความยาว 120 เมตร กว้าง 1.5 เมตร ลึก 1-3 เมตร ความจุน้ำสูงสุดเท่ากับ 300 ลูกบาศก์เมตร

4. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำของน้ำในสระน้ำและคลอง ประกอบด้วยความเป็นกรดด่าง ของแข็งทั้งหมด คลอไรด์ ความกระด้าง ความเค็ม ไนเตรตไนโตรเจน ซัลเฟต เหล็ก ตะกั่ว แมงกานีส สังกะสี แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียฟีคัลโคลิฟอร์ม (ตารางที่ 1) ณ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์และทดสอบ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
ความเป็นกรดด่าง	pH meter
ของแข็งทั้งหมด (mg/l)	Total Solid Dried at 103-105^{o}C
คลอไรด์ (mg/l)	Iodometric Method
ความกระด้าง (mg/l)	EDTA Titrimetric Method
ความเค็ม (mg/l)	Electrical Conductivity Method
ไนเตรตไนโตรเจน (mg/l)	Nitrate electrode Method
ซัลเฟต (mg/l)	Turbidimetric Method
เหล็ก ตะกั่ว แมงกานีส สังกะสี (mg/l)	Atomic Absorption Spectrophotometry
แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด (MPN/100 ml)	Multiple Tube Fermentation Technique
แบคทีเรียฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 ml)	Multiple Tube Fermentation Technique

ที่มา : AWWA/APHA, 2012.

5. การออกแบบระบบการจัดการน้ำอัตโนมัติ

การออกแบบระบบการจัดการน้ำอัตโนมัติโดยใช้แหล่งพลังงานจากโซล่าร์เซลล์ แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ระบบจ่ายพลังโดยใช้โซล่าร์เซลล์ ระบบควบคุมการทำงานและระบบการส่งน้ำ (ภาพที่ 1) ซึ่งมีหลักการออกแบบดังนี้

ภาพที่ 1 โซล่าเซลล์และกล่องควบคุมการทำงานของระบบ

5.1 ระบบจ่ายพลังงานโดยใช้โซล่าร์เซลล์

การออกแบบและกำหนดความสามารถของระบบการจ่ายพลังงาน โดยเลือกติดตั้งแผงโซล่าร์เซลล์ชนิด Poly-crystalline 24V 300W JINSHI ต่อขนานกันจำนวน 2 แผง เลือกใช้แบตเตอรี่ชนิด deep cycle ขนาด 12 โวลต์ 100 แอมป์ต่อชั่วโมง จำนวน 2 ลูกต่ออนุกรมกัน เพื่อให้ได้รับดับแรงดัน 24 โวลต์ ซึ่งเหมาะสมกับการนำไปใช้งานกับอุปกรณ์ที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไป เนื่องจากปั๊มแรงดันขนาด 24 โวลต์ สามารถใช้งานได้ดีกับสายส่งที่มีระยะทางไกลได้ดีกว่า 12 โวลต์ และวงจรควบคุมการชาร์จ ทำหน้าที่ควบคุมการชาร์จพลังงานของแบตเตอรี่จากโซล่าร์เซลล์ ตัววงจรมีความสามารถในการชาร์จได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งหากแบตเตอรี่เต็มจะไม่ชาร์จถึงแม้จะมีแสงแดด และยังสามารถยืดอายุการใช้งานได้

5.2 ระบบควบคุมการทำงาน

ระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติ ออกแบบให้สามารถควบคุมปั๊มน้ำทั้งหมด 4 ตัว โซลินอยด์วาล์วเพื่อควบคุมทิศทางของน้ำทั้งหมด 16ช่อง จอแสดงผลแบบ LCD 16*4 ตัวอักษรและมี key pad สำหรับป้อนข้อมูล และเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ ซึ่งระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติประกอบด้วยวงจรควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรวัดกระแส วงจรแสดงผล วงจรบันทึกข้อมูล วงจรรับสวิตซ์ภายนอก วงจรวัดระดับน้ำ วงจรควบคุมโซลินอยด์วาล์ว และวงจรรีเลย์ควบคุมปั๊มน้ำ สำหรับกล่องควบคุมการทำงานประกอบด้วยบอร์ดควบคุมส่วนประมวลผลกลาง บอร์ดควบคุมรีเลย์ปั๊มน้ำ บอร์ดขับโซลินอยด์วาล์ว และ SD CARD

5.3 ระบบการส่งน้ำ

ระบบการส่งน้ำแบ่งเป็น 2 แบบคือ ปั๊มน้ำที่ให้แรงดันน้ำสูงเพื่อใช้กับอุปกรณ์ที่ต้องการแรงดันสูง และปั๊มน้ำที่ให้แรงดันน้ำต่ำแต่สามารถส่งน้ำไปได้ไกล

5.3.1 ระบบส่งน้ำด้วยปั๊มชักและโซลินอยด์วาล์ว

ปั๊มชักมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ ปั๊มน้ำได้ 2,500 ลิตรต่อชั่วโมง ท่อดูดส่งขนาด 1 นิ้ว ลูกสูบขนาด 53 มิลลิเมตร ปลอกสูบเป็นสแตนเลส ลิ้นวาล์วทองเหลืองและมอเตอร์ DC 24V 450W การต่อปั๊มชักกับโซลินอยด์วาล์วขนาด 24 โวลต์ จำนวน 5 ตัว เพื่อควบคุมทิศทางการไหลน้ำได้ 5 ช่อง

5.3.2 ระบบส่งน้ำด้วยปั๊มแรงดันและโซลินอยด์วาล์ว

ปั๊มแรงดันดีซี 24V (Pump DC 24V) รุ่น SEAFLO-51 มีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ แรงดันไฟฟ้า 24 VDC สามารถใช้งานกับแผงโซล่าร์เซลล์หรือไฟฟ้า 12 โวลต์ กระแสไฟสูงสุด 5-10 A (120 - 240 วัตต์) อัตราการไหลสูงสุด 1,200 ลิตรต่อชั่วโมง ท่อน้ำเข้า-ออก ½ นิ้ว แรงดัน 4.1 บาร์ (60 PSI) มีระบบป้องกันความเสียหายอัตโนมัติจากน้ำแห้งหรือความร้อน ปั๊มแรงดัน 2 ตัว ต่อแบบขนานเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำเป็น 2,400 ลิตรต่อชั่วโมง และติดตั้งเช็ควาล์วเพื่อป้องกันน้ำไหลย้อนกลับ จากนั้นจึงต่อปั๊มกับกับโซลินอยด์วาล์ว จำนวน 6 ตัวเพื่อควบคุมทิศทางการไหลน้ำได้ 6 ช่อง

6. ระบบน้ำสำหรับพืชและสัตว์

การให้น้ำพืชและสัตว์ด้วยระบบอัตโนมัติแบ่งเป็น 4 ระบบ ได้แก่ มินิสปริงเกอร์ สปริงเกอร์ น้ำหยดและลูกลอย

6.1 ระบบมินิสปริงเกอร์

ระบบมินิสปริงเกอร์ มีคุณสมบัติคือ ต้องการแรงดันที่หัวมินิสปริงเกอร์ประมาณ 1 บาร์ หัวมินิสปริงเกอร์ที่สามารถจ่ายน้ำ 40 ลิตรต่อชั่วโมง ดำเนินการติดตั้งระบบมินิสปริงเกอร์ในพื้นที่ปลูกไม้ผล 3 พื้นที่ ได้แก่ บริเวณริมสระน้ำปลูกมะนาว 60 ต้น ริมคลองฝั่งขวาปลูกมะนาวและฝรั่ง 60 ต้น และริมคลองฝั่งซ้ายปลูกไม้ผล 30 ต้น

6.2 ระบบสปริงเกอร์

สปริงเกอร์ มีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ ต้องการแรงดัน 1-3 บาร์ รัศมี 4-5 เมตร และสามารถจ่ายน้ำ 400 ลิตรต่อชั่วโมง ดำเนินการติดตั้งสปริงเกอร์จำนวน 12 ตัว ในแปลงหญ้าเนเปียร์ และสปริงเกอร์ 6 ตัว ในเรือนเพาะชำพืช

6.3 ระบบน้ำหยด

ระบบน้ำหยด ประกอบด้วยถังพักน้ำใช้ถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร ที่ยกถังพักให้สูงขึ้นประมาณ 1 เมตรจากพื้นดิน เครื่องกรองเกษตรต่อจากถังพักน้ำเพื่อป้องกันการอุดตันของรูน้ำหยด และสายน้ำหยดระยะ 30 เซนติเมตร ซึ่งสามารถให้น้ำ 2 ลิตรต่อชั่วโมงต่อจุดหยด ดำเนินการติดตั้งระบบน้ำหยดในแปลงปลูกพืชระยะสั้นหลังการเก็บเกี่ยวข้าว 3 แปลง ได้แก่ แปลงพริกและมะเขือพื้นที่ประมาณ 818 ตารางเมตร แปลงแตงโม 1,153 ตารางเมตร และแปลงข้าวโพด 423 ตารางเมตร

6.4 ระบบลูกลอย

ระบบลูกลอย ประกอบด้วยถังน้ำพลาสติกขนาด ขนาด 100 ที่เพิ่มแรงดันน้ำโดยยกถังพักให้สูง 1 เมตรจากพื้นดิน และเชื่อมต่อสายพีอีขนาด 25 มิลลิเมตรบริเวณก้นถังพัก เป็น 2 ทิศทางเพื่อปล่อยน้ำไปยังโรงเรือนเลี้ยงเป็ดจำนวน 100 ตัว และโรงเรือนเลี้ยงไก่จำนวน 100 ตัว ติดตั้งระบบลูกลอยแนวนอน ขนาดของรูน้ำออก ½ นิ้ว อัตราการไหลของน้ำประมาณ 1,200 ลิตรต่อชั่วโมง แต่ระบบน้ำแบบลูกลอยน้ำจะค่อยๆ ไหลจากถังพักให้เต็มตลอดเวลาที่มีการใช้น้ำ

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. การใช้ประโยชน์ที่ดิน

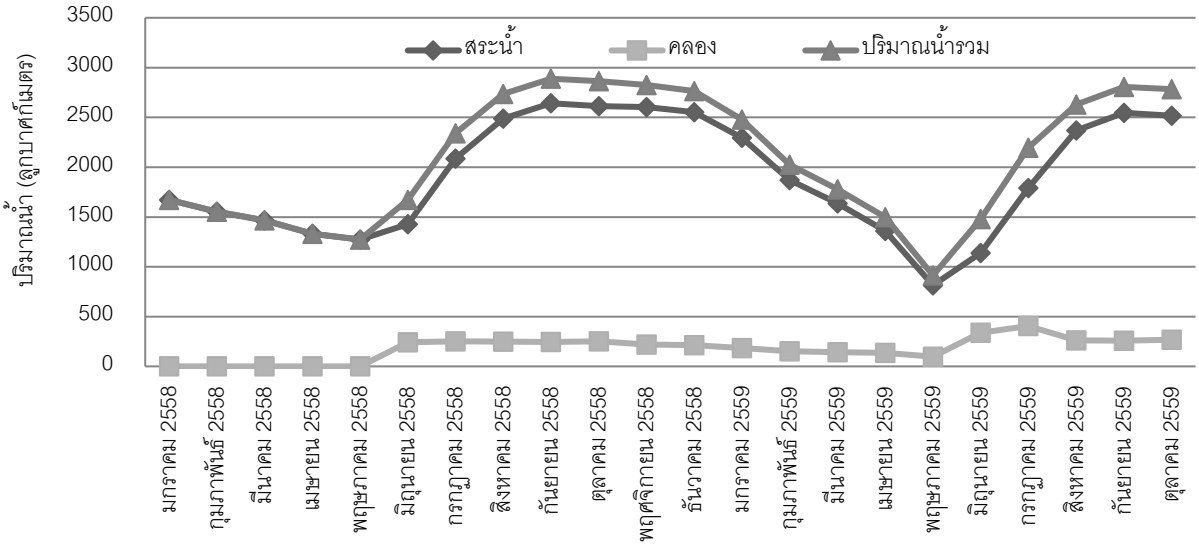
การพัฒนาการใช้ประโยชน์ที่ดินจากนาข้าวเป็นการเกษตรแบบผสมผสานในพื้นที่นอกเขตชลประทาน 15 ไร่ ในฤดูฝนพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นนาข้าว (20,045 ตารางเมตร) แหล่งน้ำ (920 ตารางเมตร) เพาะปลูกพืช (3,849 ตารางเมตร) ประมงและเลี้ยงสัตว์ (1197 ตารางเมตร) และที่อยู่อาศัย (383 ตารางเมตร) สำหรับฤดูแล้งพื้นที่ใช้ประโยชน์เพื่อปลูกพืชเศรษฐกิจระยะสั้นเพียง 2,394 ตารางเมตร ขณะที่พื้นที่ว่างเปล่าที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์มีทั้งหมด 18,712 ตารางเมตร (ภาพที่ 2) ทั้งนี้เนื่องจาก

การพัฒนาแหล่งน้ำในปี 2558 ประกอบด้วยการขุดลอกสระน้ำสามารถกักเก็บได้สูงสุดในเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 เท่ากับ 2,641.8 ลูกบาศก์เมตร ขณะที่คลองขุดใหม่ยังไม่มีน้ำกักเก็บระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2558 แต่ช่วงฤดูฝนในเดือนมิถุนายน พ.ศ.2558 ปริมาณน้ำในคลองเพิ่มขึ้นเป็น 243 ลูกบาศก์เมตร

ภาพที่ 2 รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในฤดูฝน (ซ้าย) และฤดูแล้ง (ขวา)

1.แหล่งน้ำ

การพัฒนาแหล่งน้ำในพื้นที่นาข้าวนอกเขตชลประทาน ซึ่งอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียวคงไม่เพียงพอสำหรับการเพาะปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ตลอดทั้งปี ดังนั้น การจัดหาแหล่งน้ำในสภาพดินเหนียวปนทรายจะทำให้สามารถกักเก็บน้ำและบริหารจัดการน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการเกษตรผสมผสานในที่ดินขนาดเล็กได้ตลอดทั้งปี แหล่งน้ำที่พัฒนาขึ้นในพื้นที่นาข้าวในปี พ.ศ. 2558 ประกอบด้วยสระน้ำและคลอง ที่กักเก็บน้ำได้สูงสุด 2,888 ลูกบาศก์เมตร ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 และมีปริมาณน้ำต่ำสุดเท่ากับ 913 ลูกบาศก์เมตร ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2559 (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ปริมาณน้ำในสระและคลอง

2.1 *สระน้ำ*

การขุดลอกสระเก็บน้ำจากขนาด 12 x 20 x 4 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งสามารถกักเก็บน้ำได้ประมาณ 1,000 ลูกบาศก์เมตร เป็นสระขนาด 20 x 37 x 4 ลูกบาศก์เมตร สามารถกักเก็บน้ำได้ประมาณ 3,000 ลูกบาศก์เมตร จากข้อมูลปริมาณน้ำในสระระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 พบว่า ปริมาณน้ำการกักเก็บน้ำในสระสูงสุดเท่ากับ 2,641 ลูกบาศก์เมตร ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 และมีค่าต่ำสุดประมาณ 814 ลูกบาศก์เมตร ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2559

2.2 *คลอง*

การขุดคลองความยาวประมาณ 120 เมตร ความกว้าง 1.5 เมตร และความลึก 1-3 เมตร ความจุน้ำได้เต็มที่ 270 ลูกบาศก์เมตร จากข้อมูลบันทึกปริมาณน้ำในคลองระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 พบว่าระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2558 คลองยังไม่มีน้ำกักเก็บเนื่องจากเป็นคลองขุดใหม่และอยู่ในช่วงฤดูแล้ง แต่ในช่วงฤดูฝนในเดือนมิถุนายน พ.ศ.2558 ปริมาณน้ำในคลองเพิ่มขึ้นเท่ากับ 243 ลูกบาศก์เมตร และปริมาณน้ำสูงสุดเท่ากับ 405 ลูกบาศก์เมตร ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559

1.คุณภาพน้ำ

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 พบว่าสระน้ำปนเปื้อนไนเตรตไนโตรเจน (48.57 มิลลิกรัมต่อลิตร) และแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด (9200 MPN/100 มิลลิลิตร) ส่วนคลองน้ำปนเปื้อนไนเตรตไนโตรเจน (19.34 มิลลิกรัมต่อลิตร) แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด (>16,000 MPN/100 มิลลิลิตร) และฟีคัลโคลิฟอร์ม (>16,000 MPN/100 มิลลิลิตร) มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดินที่กำหนดค่าไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร 5,000 และ 1,000 MPN/100 มิลลิลิตร ตามลำดับ สำหรับคุณภาพน้ำที่ไม่กำหนดค่ามาตรฐานแต่มีการปนเปื้อนสูงในแหล่งน้ำ ได้แก่ ของแข็งทั้งหมด คลอไรด์ ซัลเฟตและเหล็ก มีค่าเท่ากับ 1569.50-2170.50, 11.08-11.88, 47.85-110.78 และ 17.93-30.90 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำของสระและคลอง

พารามิเตอร์	คุณภาพน้ำ		มาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 3
	สระ	คลอง	
ความเป็นกรดด่าง	5.95	6.68	5.0-9.0
ความเค็ม (mg/l)	0	0	-
คลอไรด์ (mg/l)	11.08	11.88	-
ความกระด้าง (mg/l)	1.63	3.27	-
ของแข็งทั้งหมด (mg/l)	2,170.50	1,569.50	-
ซัลเฟต (mg/l)	110.78	47.85	-
ไนเตรตไนโตรเจน (mg/l)	48.57	19.34	5.0
เหล็ก (mg/l)	30.90	17.93	-
ตะกั่ว (mg/l)	0.0135	Nd	0.05
แมงกานีส (mg/l)	0.0290	0.0375	1.0
สังกะสี (mg/l)	Nd	Nd	1.0
แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด (MPN/100 ml)	9,200	>16,000	5,000
แบคทีเรียฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 ml)	68	>16,000	1,000

1.การบริหารจัดการพลังงานและน้ำ

พลังงานไฟฟ้าจากโซล่าร์เซลล์ชนิด Poly-crystalline 24V 300W JINSHI จำนวน 2 แผง และแบตเตอรี่ขนาด 12V 100A จำนวน 2 ลูกต่ออนุกรมกัน สามารถให้กำลังไฟฟ้าได้สูงสุด 2,400 วัตต์ การบริหารการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบการจัดการน้ำอัตโนมัติที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด โดยออกแบบและควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีความแม่นยำ มีประสิทธิภาพสูงและสามารถปรับเปลี่ยนโปรแกรมไปกิจกรรมได้ง่าย จากข้อมูลการดำเนินการศึกษา พบว่า กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบการจัดการน้ำทั้งหมดเท่ากับ 2,452 วัตต์ต่อวัน จำแนกเป็นกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสูบน้ำไปใช้ในการเพาะปลูกพืช 2,420 วัตต์ต่อวัน และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสูบน้ำไปโรงเรือนเลี้ยงเป็ดและไก่ 32 วัตต์

ต่อวัน เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำและกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการเกษตร พบว่า โรงเรือนเลี้ยงเป็ดและไก่ใช้กำลังไฟฟ้าวันละ 32 วัตต์ เพื่อสูบน้ำ 180 ลิตรต่อวัน ไปเก็บที่ถังพักน้ำวันละ 2 ครั้งๆ 2 นาที ซึ่งปริมาณน้ำในโรงเรือนเลี้ยงเป็ดและโรงเรือนเลี้ยงไก่ถูกควบคุมปริมาณด้วยระบบลูกลอย สำหรับการเพาะปลูกพืช พบว่า การปลูกแตงโมพื้นที่ 1,123 ตารางเมตร ที่ให้น้ำวันละ 2 ครั้งๆ 30 นาที กำลังไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด 912 วัตต์ต่อวัน เพื่อสูบน้ำ 930 ลิตรต่อวัน ไปยังถังพักน้ำของระบบน้ำหยด ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าและปริมาณน้ำที่สูงที่สุดของระบบ รองลงมา ได้แก่ แปลงพริกมะเขือ และแปลงปลูกข้าวโพดที่ให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดใช้กำลังไฟฟ้าทั้งหมด 450 วัตต์ และปริมาณน้ำเท่ากับ 2,500 ลิตรต่อวัน สำหรับมะนาว ฝรั่ง และไม้ผลให้น้ำด้วยระบบมินิสปริงเกอร์ ให้น้ำวันละ 2 ครั้ง ๆ ละ 5 นาที ปริมาณน้ำที่ใช้ในเท่ากับ 200 ลิตรต่อครั้ง และใช้กำลังไฟฟ้า 40 วัตต์ต่อครั้ง และระบบสปริงเกอร์สำหรับให้น้ำหญ้าเนเปียร์ 800 ลิตรต่อวัน และเรือนเพาะชำให้น้ำ 600 ลิตรต่อวัน (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 กำลังไฟฟ้าและปริมาณน้ำที่ใช้สำหรับกิจกรรมต่างๆ

กิจกรรม	ชนิดปั๊ม	ระบบน้ำ	เวลา	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ปริมาณน้ำ (ลิตร)
มะนาว	ปั๊มแรงดัน	มินิสปริงเกอร์	08.00-08.05 น.	40	200
			18.20-18.25 น.	40	200
มะนาวและฝรั่ง	ปั๊มแรงดัน	มินิสปริงเกอร์	08.10-08.15 น.	40	200
			18.30-18.35 น.	40	200
ไม้ผล	ปั๊มชัก	มินิสปริงเกอร์	06.45-06.55 น.	75	200
			15.45-15.55 น.	75	200
เรือนเพาะชำ	ปั๊มแรงดัน	สปริงเกอร์	04.50-04.55 น.	40	200
			12.50-12.55 น.	40	200
			15.35-15.40 น.	40	200
หญ้าเนเปียร์	ปั๊มแรงดัน	สปริงเกอร์	09.30-09.40 น.	80	400
			09.50-10.00 น.	80	400
พริกและมะเขือ	ปั๊มชัก	น้ำหยด	05.00-05.30 น.	225	1,250
			17.10-17.40 น.	225	1,250
แตงโม	ปั๊มชักและแรงดัน	น้ำหยด	06.10-06.40 น.	465	2,450
			16.35-17.05 น.	465	2,450
ข้าวโพด	ปั๊มชัก	น้ำหยด	07.20-07.50 น.	225	1,250
			17.45-18.15 น.	225	1,250
เป็ดและไก่	ปั๊มแรงดัน	ลูกลอย	08.20-08.22 น.	16	90
			15.25-15.27 น.	16	90
		รวม		2,452	12,680

1. ต้นทุนและผลตอบแทน

การพัฒนาพื้นที่นาข้าว 15 ไร่ เป็นการเกษตรแบบผสมผสานโดยใช้ระบบการจัดการน้ำอัตโนมัติด้วยโซล่าร์เซลล์ มีต้นทุนดำเนินการทั้งหมด 286,833 บาท จำแนกเป็นต้นทุนการพัฒนาแหล่งน้ำ 33,000 บาท (ร้อยละ 11.50) แหล่งพลังงาน 65,400 บาท (ร้อยละ 22.80) ระบบจ่ายน้ำ 28,125 บาท (ร้อยละ 9.81) ทำนา 24,900 บาท (ร้อยละ 8.68) เลี้ยงสัตว์ 104,267 บาท (ร้อยละ 36.35) และปลูกพืช 31,141 บาท (ร้อยละ 10.86) จากผลการดำเนินการในระยะเวลา 1 ปี เกษตรกรมีผลตอบแทนเพิ่มขึ้น 159,122 บาท ในปี 2558 ขณะที่การทำนาเพียงอย่างเดียวในปี 2557 เกษตรกรได้รับผลตอบแทนเพียง 46,181 บาทต่อปี กิจกรรมที่ให้ผลตอบแทนสูงที่สุด ได้แก่ การปลูกข้าวเหนียวดำและข้าวหอมมะลิ กข. 105 ให้ผลตอบแทนมากที่สุดเท่ากับ 43,420 บาทต่อปี รองลงมาได้แก่ ปลา หญ้าเนเปียร์ กล้วย มะนาวและฝรั่ง แตงโม กล้าไม้ ไข่เป็ด พริกและมะเขือ ข้าวโพด และไก่ไข่ ตามลำดับ นอกจากนั้น เกษตรกรยังมีรายได้จากการหมักปุ๋ยมูลเป็ดและมูลไก่ซึ่งได้รับผลตอบแทน 23,550 บาทต่อปี (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ต้นทุนและผลตอบแทนจากการเกษตรผสมผสาน

รายละเอียด	ต้นทุน (บาท)	ผลตอบแทน (บาท)
แหล่งน้ำ	33,000	-
พลังงาน	65,400	-
ระบบจ่ายน้ำ	28,125	-
ข้าว	24,900	43,420
เป็ดไข่	65,758	2,882
ไก่	16,660	1,870
ปลา	21,399	37,401
มะนาวและฝรั่ง	10,600	5,950
ไม้ผล	2,640	-
หญ้าเนเปียร์	2,736	22,864
เรือนเพาะชำ	1,768	3,832
พริกและมะเขือ	4,631	2,869
ข้าวโพด	4,145	2,355
แตงโม	3,621	5,879
ปุ๋ยหมักมูลเป็ดและมูลไก่	450	23,550
กล้วย	1,000	6,250
รวม	286,833	159,122

อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาแหล่งน้ำในพื้นที่นาข้าวนอกเขตชลประทาน ประกอบด้วยสระน้ำขนาด 20x37x4 ลูกบาศก์เมตร และคลองขนาด 120x1.5x1.5 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งแหล่งน้ำสามารถกักเก็บน้ำได้สูงสุดเท่ากับ 2,888 ลูกบาศก์เมตร ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 และปริมาณการกักเก็บต่ำสุด 913 ลูกบาศก์เมตร ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2559 เนื่องจากน้ำในสระสูบไปยังคลองเพื่อนำไปใช้ในแปลงปลูกพืชและโรงเรือนเลี้ยงสัตว์วันละ 12,680 ลิตรต่อวัน นอกจากนั้น การพัฒนาแหล่งน้ำในพื้นที่นาข้าวซึ่งสภาพดินในพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวจึงทำให้น้ำมีความขุ่นมาก ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 พบว่า ของแข็งทั้งหมดในแหล่งน้ำมีค่าระหว่าง 1569-2170 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนั้นคุณภาพน้ำเมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 3 พบว่า แหล่งน้ำปนเปื้อนไนเตรตไนโตรเจน (19.34-48.57 มิลลิกรัมต่อลิตร) แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด (9,200 - >16,000 MPN/100 มิลลิลิตร) และแบคทีเรียฟีคัลโคลิฟอร์ม (68 - >16,000 MPN/100 มิลลิลิตร) สูงเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดินที่กำหนดค่าไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร 5,000 และ 1,000 MPN/100 มิลลิลิตร ตามลำดับ สำหรับคุณภาพน้ำที่ไม่กำหนดค่ามาตรฐานแต่มีระดับการปนเปื้อนสูงทั้งในสระและคลอง ได้แก่ ความกระด้าง ซัลเฟตและเหล็ก มีค่าเท่ากับ 1.63-3.27, 47.85-110 และ 17.93-30 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากสร้างโรงเรือนเลี้ยงไก่ไข่บนคลอง จึงทำให้มูลไก่บางส่วนตกลงไปในคลองซึ่งส่งผลให้คุณภาพน้ำปนเปื้อนไนเตรตไนโตรเจนและแบคทีเรียโคลิฟอร์มสูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน

การบริหารจัดการน้ำและพลังงานที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดนั้น จำเป็นต้องมีระบบการจัดการน้ำแบบอัตโนมัติที่ถูกออกแบบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งมีความแม่นยำ มีประสิทธิภาพสูงและสามารถปรับเปลี่ยนโปรแกรมไปกิจกรรมได้ง่าย การออกแบบระบบการจัดการน้ำอัตโนมัติโดยใช้โซล่าร์เซลล์ แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยโซล่าร์เซลล์และแบตเตอรี่ขนาด 100 แอมป์ต่อชั่วโมง ซึ่งสามารถจ่ายไฟได้ 24 โวลต์ ขนาด 100 แอมแปร์ต่อชั่วโมง หรือ สามารถให้กำลังไฟฟ้าได้สูงสุด 2,400 วัตต์ แต่เพื่อประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของแบตเตอรี่จึงคิดการใช้งานที่ร้อยละ 60 นั่นคือ 1,440 วัตต์ต่อชั่วโมง ส่วนที่สองคือ ระบบควบคุมการทำงานที่สามารถควบคุมปั๊มน้ำทั้งหมด 4 ตัว ควบคุมโซลินอยด์วาล์วเพื่อควบคุมทิศทางของน้ำทั้งหมด 16 ช่อง และส่วนสุดท้ายคือ ระบบการส่งน้ำ 2 แบบคือ ปั๊มชักซึ่งสามารถส่งน้ำไปได้ไกลแต่ไม่ต้องการแรงดันน้ำสูง และปั๊มแรงดันเหมาะสำหรับการจ่ายน้ำที่ต้องการแรงดันสูง สำหรับทิศทางของน้ำเพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ จะถูกควบคุมโดยโซลินอยด์วาล์วที่ถูกกำหนดโดยผู้ใช้งานผ่านกล่องควบคุม การบริหารจัดการพลังงานและน้ำอัตโนมัติ พบว่า กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสูบน้ำไปโรงเรือนเลี้ยงสัตว์เท่ากับ 32 วัตต์ และปริมาณน้ำที่ใช้ต่อวันเท่ากับ 180 ลิตร ลักษณะการให้น้ำเป็นแบบตั้งเวลาเพื่อสูบน้ำไปยังถังพักน้ำและควบคุมปริมาณน้ำด้วยลูกลอย แต่เนื่องจากพฤติกรรมการกินน้ำของเป็ดส่งผลให้น้ำขุ่นอย่างรวดเร็ว จึงทำให้เกษตรกรทำความสะอาดกาละมังบรรจุน้ำบ่อยเกินไป ตรงข้ามกับไก่ซึ่งมีพฤติกรรมการกินน้ำที่ไม่ลงไปแช่ในถังน้ำจึงไม่ทำให้น้ำขุ่น สำหรับการปลูกพืชใช้กำลังไฟฟ้าที่ใช้สูบน้ำทั้งหมด 2,420 วัตต์ต่อวัน และปริมาณน้ำที่ใช้ในปลูกพืชทั้งหมด 12,500 ลิตรต่อวัน จำแนกเป็นการปลูกพืชด้วยระบบมินิสปริงเกอร์ใช้น้ำ 1,200 ลิตรต่อวัน การปลูกพืชด้วยระบบแบบสปริงเกอร์ใช้น้ำ 1,400 ลิตรต่อวัน การปลูกพืชด้วยระบบน้ำหยดใช้น้ำ 9,900 ลิตรต่อวัน อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าระบบการจ่ายน้ำจะสามารถทำงานได้ตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ แต่เมื่อพิจารณาการทำงานของระบบการให้น้ำแต่ละแบบ พบว่า ระบบมินิสปริงเกอร์และระบบสปริงเกอร์ต้องใช้ปั๊มน้ำที่สามารถขับแรงดันได้ไม่ควรต่ำกว่า 1 บาร์ และระยะทางการส่งน้ำที่มากขึ้นทำให้เกิดการสูญเสียแรงดันน้ำตามข้อต่อต่างๆ ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่า แปลงปลูกหญ้าเนเปียร์ซึ่งเป็นพื้นที่กว้างและมีระยะการส่งน้ำไกล ทำให้ปั๊มน้ำสามารถขับสปริงเกอร์ได้ครั้งละ 4 ตัว ซึ่งน้อยกว่าจำนวน

สปริงเกอร์ที่คำนวณไว้ทั้งหมด 6 ตัว ดังนั้นการใช้ระบบสปริงเกอร์จึงเหมาะกับการปลูกพืชสวนครัวและการปลูกพืชในเรือนเพาะชำที่ต้องการน้ำปริมาณมากแต่พื้นที่ปลูกน้อย การใช้ระบบมินิสปริงเกอร์เหมาะสมกับพืชยืนต้นที่ต้องการน้ำเป็นจุดแต่ละจุดห่างกัน 1-2 เมตร การออกแบบสำหรับให้น้ำพืชจำนวน 60 ต้นต่อต่อการขับปั๊มน้ำ 1 ครั้ง แต่ประสิทธิภาพการใช้งานจริงได้เพียง 56 ต้น เนื่องจากลักษณะการวางท่อ ความยาวของท่อและพื้นที่มีความราบเรียบไม่สม่ำเสมอกัน ทำให้พืชที่อยู่จุดไกลประมาณ 4 ต้น ไม่ได้รับน้ำจากระบบมินิสปริงเกอร์

ระบบการให้น้ำแบบน้ำหยด ประเภทการให้น้ำทางผิวดิน เป็นระบบที่ท่อแขนงอยู่บนดิน ข้อดีของระบบคือติดตั้งหัวปล่อยน้ำได้ง่าย สังเกตเห็นเวลาอุดตันและเปลี่ยนแปลงแก้ไขหรือทำความความสะอาดได้ง่าย นอกจากนั้นยังเป็นการให้น้ำแก่พืชในปริมาณน้อยๆ อย่างช้าๆ แต่ให้น้ำบ่อยครั้ง ตามความต้องการของพืชและให้น้ำเฉพาะบริเวณเขตรากพืชเท่านั้น จากผลการศึกษาระบบการให้น้ำแบบน้ำหยด พบว่า ปัญหาหลักที่สำคัญของระบบน้ำหยดได้แก่ ปัญหาการอุดตันบริเวณรูน้ำหยด ถึงแม้จะมีตัวกรองการเกษตรก็ตาม นอกจากนั้นสภาพดินที่ปลูกซึ่งเป็นดินเหนียวปนทรายจึงทำให้ดินเหนียวบริเวณที่น้ำหยดเกาะติดบริเวณรูน้ำหยด ดังนั้นเกษตรกรจึงใช้น้ำบาดาลเพื่อฉีดล้างเครื่องกรองเกษตรและล้างระบบน้ำหยดอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้พืชได้รับน้ำอย่างเพียงพอต่อการเจริญเติบโต นอกจากนั้นยังมีปัญหาการปรับสภาพดินก่อนปลูกที่ไม่ดี ทำให้สายน้ำหยดที่พาดตามแปลงไม่เป็นเส้นตรง ส่งผลให้จุดหยดน้ำถัดไปมีการไหลไม่ดี ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอแนะของ Kupawanichpong (2012) กล่าวว่า ระบบน้ำหยดเป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาจากประเทศในเขตแห้งแล้ง ใช้สำหรับการปลูกพืชเกือบทุกชนิด สิ่งที่ต้องคำนึงในการเลือกใช้สำหรับพื้นที่ในเขตมรสุมแบบประเทศไทย ซึ่งมีฝนมากและต่อเนื่องทำให้ระบบรากแผ่กระจายมาก พืชมีความเคยชินกับน้ำมาก ถ้าติดตั้งจำนวนหัวน้ำหยดไม่เพียงพอ ทำให้กระจายน้ำได้ไม่ทั่วถึง จะทำให้พืชขาดน้ำในช่วงแล้ง อีกประการหนึ่ง สายน้ำหยดมีรูจ่ายน้ำเล็กมากและซับซ้อน ต้องการระบบกรองน้ำที่ละเอียด นอกจากนั้นจะต้องมีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของน้ำเพื่อป้องกันการอุดตันของหัวน้ำหยด ซึ่งจะนำไปสู่การล้มเหลวของระบบในที่สุด สำหรับพืชที่จะใช้งานระบบน้ำหยดได้ดีน่าจะเป็นพืชที่ให้ผลตอบแทนสูงคุ้มค่ากับการลงทุนเนื่องจากเป็นพืชระยะสั้น ใช้งานได้หลายรอบปลูกก่อนที่ระบบน้ำหยดจะใช้งานไม่ได้ นอกจากนั้น Praseuthkoun (2003) ยังกล่าวว่า ข้อเสียของระบบน้ำหยดจะมีการเสียหายง่ายจากการกัดแทะของสัตว์และเกิดการอุดตันง่าย ดังนั้นการป้องกันและบำรุงรักษาปัญหาการอุดตันของหัวฉีดจะมีอินทรียสารหรืออนุภาคแร่ธาตุต่างๆ ที่จะทำให้อัตราการไหลของน้ำลดลง และเป็นเหตุให้การไหลของน้ำเป็นแบบขรุขระไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้การไหลของน้ำในท่อประธานย่อยและท่อประธานจะไหลแบบแปรปรวนไม่ปกติ ซึ่งระดับความเร็วในการอุดตันจะขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำที่ใช้อาจจะมีอนุภาคแร่ธาตุต่างๆ ปะปนอยู่ ถ้าน้ำมีอนุภาคตะกอนมากก็จะเกิดการอุดตันของระบบเร็วขึ้น ดังนั้น การให้น้ำแบบระบบน้ำหยดน้ำที่ใช้ต้องมีคุณภาพดีผ่านการกรองที่ดี เพราะว่าระบบการให้น้ำแบบน้ำหยดจะเกิดการอุดตันที่หัวปล่อยน้ำได้ง่าย ขนาดรูฉีดค่อนข้างเล็กและก็มีแรงดันต่ำ ระบบน้ำการให้น้ำแบบน้ำหยดนิยมใช้เครื่องกรองตะแกรงขนาด 120-155 mesh

การพัฒนาการใช้ประโยชน์ที่ดินนาข้าวนอกเขตชลประทานเป็นผสมผสานในพื้นที่ 15 ไร่ โดยนำเทคโนโลยีการบริหารจัดการน้ำอัตโนมัติโดยใช้โซล่าร์เซลล์ ต้นทุนการดำเนินการทั้งหมดเท่ากับ 286,833 บาท ซึ่งประกอบด้วยการพัฒนาแหล่งน้ำ แหล่งพลังงานจากโซล่าร์เซลล์ ระบบจ่ายน้ำ การทำนาอินทรีย์ ไม้ผล พืชเศรษฐกิจระยะสั้น การเลี้ยงเป็ด ไก่ และปลา ในปีแรกเกษตรกรมีผลตอบแทนเพิ่มขึ้นเป็น 159,122 บาท ในปี 2558 ขณะที่การทำนาเพียงอย่างเดียวในปี 2557 เกษตรกรได้รับผลตอบแทนเท่ากับ 46,181 บาทต่อปี กิจกรรมที่ให้ผลตอบแทนมากที่สุด ได้แก่ ข้าวเหนียวดำและข้าวหอมมะลิ กข. 105 เนื่องจากข้าวเหนียวดำสามารถขายได้ในราคากิโลกรัมละ 30 บาท ขณะที่ข้าวหอมมะลิขายได้เพียงกิโลกรัมละ 14 บาท

รองลงมาได้แก่ ปลา หญ้าเนเปียร์ กล้วย มะนาวและฝรั่ง แตงโม กล้าไม้ ไข่เป็ด พริกและมะเขือ ข้าวโพด และไก่ไข่ ตามลำดับ นอกจากนั้น เกษตรกรยังมีรายได้จากการหมักปุ๋ยมูลเป็ดและมูลไก่ซึ่งได้รับผลตอบแทน 23,550 บาทต่อปี สำหรับการดำเนินงานในปีถัดไป เกษตรกรจะลดรายจ่ายจากการลงทุนเพื่อแหล่งน้ำ แหล่งพลังงานจากโซล่าร์เซลล์ ระบบจ่ายน้ำและโรงเรือน แต่หากเกษตรกรสามารถบริหารจัดการที่ดีจะทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้นจากไม้ผลชนิดต่างๆ ที่ยังไม่ให้ผลผลิต ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Setabtara *et al*. (1990) พบว่า ปกติเกษตรกรบ้านหนองน้อย ตำบลหนองน้อย อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท จะปลูกข้าวเป็นรายได้หลักเพียงอย่างเดียว ทำให้รายได้ไม่แน่นอน ภายหลังได้มีการนำเอากิจกรรมเลี้ยงสัตว์ เลี้ยงปลา ปลูกผลไม้และพืชผักสวนครัว ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นและมั่นคง ทั้งนี้โดยเริ่มโครงการในปีแรกมีรายได้ระหว่าง 23,800-85,275 บาทต่อครัวเรือนต่อปี ภายหลังที่ทำเกษตรผสมผสานมีรายได้เพิ่มเป็น 80,022-174,880 บาทต่อครัวเรือนต่อปี ทั้งนี้โดยมีที่ดินทำกินบาทต่อครัวเรือนต่อปีระหว่าง 29-81 ไร่ต่อครอบครัว

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาการใช้ประโยชน์ที่ดินนาข้าวเป็นการเกษตรผสมผสานในพื้นที่นอกเขตชลประทานจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 15 ไร่ ระหว่าง พ.ศ. 2558-2559 โดยการพัฒนาแหล่งน้ำซึ่งประกอบด้วยสระน้ำและคลองซึ่งสามารถกักเก็บน้ำได้สูงสุด 2,888 ลูกบาศก์เมตร บริหารจัดการน้ำด้วยระบบอัตโนมัติที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าจากโซล่าร์เซลล์ชนิด Poly-crystalline 24V 300W JINSHI จำนวน 2 แผง และแบตเตอรี่ขนาด 12V 100A จำนวน 2 ลูก กำลังไฟฟ้าสูบน้ำไปโรงเรือนเลี้ยงสัตว์เท่ากับ 32 วัตต์ต่อวัน และปริมาณน้ำที่ใช้เท่ากับ 180 ลิตรต่อวัน สำหรับการปลูกพืชใช้กำลังไฟฟ้าทั้งหมด 2,420 วัตต์ต่อวัน และปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมด 12,500 ลิตรต่อวัน นอกจากนั้นแหล่งน้ำที่พัฒนาขึ้นทั้งจากสระและคลองถึงแม้จะเพียงพอต่อการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ แต่คุณภาพน้ำมีปริมาณของแข็งในน้ำสูง ซึ่งส่งผลต่อการให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดเกิดปัญหาการอุดตัน และยังพบปัญหาการปนเปื้อนไนเตรตไนโตรเจน และแบคทีเรียโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 3 สำหรับต้นทุนดำเนินการทั้งหมด 286,833 บาท จำแนกเป็นต้นทุนการพัฒนาแหล่งน้ำ 33,000 บาท (ร้อยละ 11.50) แหล่งพลังงาน 65,400 บาท (ร้อยละ 22.80) ระบบจ่ายน้ำ 28,125 บาท (ร้อยละ 9.81) ทำนา 24,900 บาท (ร้อยละ 8.68) เลี้ยงสัตว์ 104,267 บาท (ร้อยละ 36.35) และปลูกพืช 31,141 บาท (ร้อยละ 10.86) ผลการดำเนินการในปีแรกทำให้เกษตรกรมีผลตอบแทนเพิ่มขึ้น 159,122 บาท ในปี พ.ศ. 2558 ขณะที่การทำนาเพียงอย่างเดียวในปี พ.ศ. 2557 เกษตรกรได้รับผลตอบแทนเพียง 46,181 บาทต่อปี สำหรับการดำเนินงานในปีที่ 2 เกษตรกรจะลดค่าใช้ในด้านการพัฒนาแหล่งน้ำ แหล่งพลังงานจากโซล่าร์เซลล์ ระบบจ่ายน้ำและโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ หากเกษตรกรสามารถบริหารจัดการที่ดีจะมีรายได้เพิ่มขึ้นจากไม้ผลชนิดต่างๆ นอกจากนั้น การนำเทคโนโลยีการจัดการน้ำอัตโนมัติโดยใช้โซล่าร์เซลล์มาใช้ในพื้นที่การเกษตรนอกเขตชลประทาน ยังสามารถนำไปสู่การวางแผนการจัดการทรัพยากรน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเพียงพอตลอดทั้งปี ซึ่งทำให้ลดปัญหาการขาดแคลนแรงงานภาคการเกษตรที่สำคัญยังทำให้เกษตรกรลดภาระการให้น้ำพืชและสัตว์ ซึ่งจะทำให้มีเวลาว่างเพื่อทำการเกษตรอย่างอื่น รวมทั้งการหาช่องทางการตลาดเพื่อจำหน่ายผลผลิตทางการเกษตรให้มากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประเภททุนมุ่งเป้า ประจำปี พ.ศ. 2558 และขอขอบพระคุณคุณนายจงรัก บุญส่ง ที่อนุเคราะห์พื้นที่สำหรับการศึกษาต้นแบบระบบการจัดการน้ำอัตโนมัติด้วยโซล่าร์เซลล์

เอกสารอ้างอิง

APHA/AWWA. (2012). Standard method for the examination of water and wastewater. Washington : American Public Health Association.

Kupawanichpong, W. (2012). KM Agricultural Engineering Research Institute. Retrieved December 5, 2017, from http://www.doa.go.th/aeri/index. (in Thai)

Land Development Department. (2012). Database for farm ponds outside the irrigation zone. Retrieved December 20, 2017, from http://www.eis.ldd.go.th/borjiew/php/workspace.php. (in Thai)

Land Development Department. (2016). Small reservoirs database system. Retrieved December 20, 2017, from http://sql.ldd.go.th/rsv/rsv/water.html. (in Thai)

National Statistical Office. (2013). Preliminary Report 2013 Agricultural Census. Bangkok : Ministry of Information and Communication Technology. (in Thai)

Office of Agricultural Economics. (2008). Water source project in paddy fields outside irrigation areas. Bangkok : Ministry of Agriculture and Cooperatives.

Praseuthkoun, B. (2003). Design and operation of very low-head drip irrigation system for small vegetable area in LAO PDR. M Sc. Thesis. Kasetsart University. (in Thai)

Provincial energy office of Nan. (2018). Block grant. Retrieved May 20, 2018, from http://ppp.energy.go.th. (in Thai)

Provincial energy office of Nongbualamphu. (2018). Block grant. Retrieved May 6, 2018, from http://ppp.energy.go.th. (in Thai)

Provincial energy office of Phra Nakhon Si Ayutthaya. (2018). Block grant. Retrieved August 10, 2018, from http://ppp.energy.go.th. (in Thai)

Setabtara, C., Ratanawaraha, P., Opanurukthum, L and Puampkacha, K. (1990). Case study for integrated farming system in irrigated area, Chainat province. Bangkok : Department of Agriculture. (in Thai)