

ระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยสำหรับการปลูกพืชในโรงเรือน

Irrigation and Fertilization System for Growing Plants in the Greenhouse

สัญญา วรรคิต^{1*} และ ก้องภพ ชาอามาตย์²

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม^{1*}

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร²

Sanya Kuankid^{1*} and Kongphope Chaarmart²

Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University^{1*}

Faculty of Industrial Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University²

E-mail : sanya@webmail.npru.ac.th^{1*}, kongphope@snru.ac.th²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยสำหรับการปลูกพืชในโรงเรือน โดยใช้เทคโนโลยีอุปกรณ์ประมวลผลขนาดเล็ก ออกแบบการควบคุมให้สามารถใช้งานง่าย การพัฒนาซอฟต์แวร์ระบบควบคุมใช้โปรแกรมภาษาซีสำหรับบอร์ดประมวลผลอาduino โดยมีรูปแบบการทำงาน 2 รูปแบบได้แก่ 1) รูปแบบการทำงานอัตโนมัติ ใช้เซนเซอร์วัดความชื้นในดินมาประมวลผลเพื่อควบคุมการให้น้ำ โดยสามารถกำหนดวันเวลาในการให้ปุ๋ยตามตารางการเจริญเติบโตของพืชได้แบบอัตโนมัติ 2) รูปแบบการควบคุมด้วยตนเอง ผู้ใช้สามารถกำหนดวันเวลา จำนวนครั้ง และระยะเวลาการให้น้ำและปุ๋ยได้ด้วยตนเอง จากการทดลองระบบทั้งสองรูปแบบพบว่าการควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยของระบบที่เสนอสามารถทำงานได้อย่างแม่นยำโดยไม่มีผิดพลาดด้านเวลา ผลการทดลองโดยนำระบบไปทดสอบปลูกมะเขือเทศในโรงเรือน พบว่ามะเขือเทศมีการเจริญเติบโตดี พัฒนาการทางด้านลำต้นและใบมีความแข็งแรง ระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิตประมาณ 115-120 วัน

คำสำคัญ : ระบบการจ่ายน้ำ ปุ๋ย การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ โรงเรือนเพาะปลูกพืช

Abstract

This research proposes water and fertilizer control systems for growing plants in the greenhouse. Using the small-sized processing technology, the design is easy to use. Software development for control systems using C programming language for Arduino. There are two types of operation: 1) Auto mode, use a soil moisture sensor to control the water. It is possible to set the date of fertilizer application according to the growing schedule of plants. 2) Manual mode, users can set the date, time, watering times, and duration of watering and fertilizer manually. Based on both experimental systems. It was found that the control of irrigation and fertilization of the proposed system could work precisely without time error. The experiment was carried out by using tomato planting system in the greenhouse. The plants are growing well. The development of the stem and leaves are strong. Harvest time is about 115-120 days.

Keywords : Irrigation system, Fertilizer , Fertigation system, Greenhouse

1. บทนำ

ภาคการเกษตรมีความสำคัญกับคนไทยมาอย่างยาวนาน มีบทบาทสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ จากข้อมูลกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ พบว่าการส่งออกสินค้าผักและผลไม้สด แช่เย็น แช่แข็งของไทยปี 2560 มีมูลค่าถึง 2,529.74 ล้านดอลลาร์สหรัฐ และมีเป้าหมายเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ในปี 2561 แต่หากย้อนกลับมาดูต้นทุนทางการผลิตพบว่า เกษตรกรยังคงประสบกับปัญหาหลายด้าน เช่น โรคและแมลงศัตรูพืช การระบาดของโรคพืชและแมลงศัตรูพืช การเผชิญความเสี่ยงด้านภัยพิบัติทางธรรมชาติ ทั้งภัยแล้ง อุทกภัย ฯลฯ ปัญหาต่างๆ เหล่านี้ส่งผลให้เกษตรกรไม่สามารถควบคุมการผลิตพืชให้ได้ผลผลิตที่ดี ซึ่งในกระบวนการปลูกพืชนั้น พืชจะเจริญเติบโตได้ต้องอาศัยปัจจัยที่เหมาะสมคือ แสง น้ำ ธาตุอาหาร ความชื้นในดิน อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง ออกซิเจน ฯลฯ ค่าเหล่านี้ถือเป็นปัจจัยหลักต่อการเจริญเติบโตของพืช และส่งผลต่อผลผลิตทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยจะเห็นว่าการปลูกพืชของเกษตรกรนั้น ส่วนใหญ่ประสบปัญหาเรื่องการใช้น้ำในปริมาณที่ไม่เหมาะสมกับความต้องการของพืช การให้น้ำมากเกินไปนอกจากสูญเสียทรัพยากรน้ำแล้ว รากพืชยังขาดอากาศ ส่งผลให้พืชไม่สามารถลำเลียงน้ำและธาตุอาหารไปสู่ส่วนต่างๆ ของต้นพืช ทำให้ผลผลิตไม่ดี ส่วนการให้น้ำน้อยเกินไปก็ทำให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้สมบูรณ์ [1] อีกทั้งการให้น้ำที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชในระยะต่างๆ ถือว่ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะนอกจากพืชสามารถเจริญเติบโตได้ดีแล้ว ยังเป็นการลดปริมาณการใช้น้ำโดยไม่จำเป็นและมีการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยปัจจุบันการให้น้ำโดยวิธีแบบจุลภาคกำลังเป็นวิธีที่ได้รับความนิยม เพราะสามารถประหยัดน้ำได้มากที่สุด เนื่องจากการให้น้ำแก่พืชที่จุดใดจุดหนึ่งหรือหลายๆ จุดบนผิวดิน เฉพาะในเขตรากพืช ด้วยระบบท่อ โดยมีการควบคุมปริมาณน้ำที่ส่งให้แก่พืชครั้งละน้อยๆ อย่างสม่ำเสมอ การให้น้ำวิธีนี้ยังสามารถให้ปุ๋ยได้สะดวกและประหยัดโดยการละลายไปพร้อมกับการให้น้ำ ถือว่าเป็นวิธีการให้น้ำแก่พืชที่มีประสิทธิภาพสูงมาก [2]

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าเนื่องจากข้อจำกัดในการขยายพื้นที่ของระบบชลประทานในหลายประเทศทั่วโลก ทำให้การผลิตอาหารในอนาคตมีความต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการให้น้ำและปุ๋ยเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งการให้ปุ๋ยโดยการละลายไปพร้อมกับการให้น้ำ ได้ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้น้ำและปุ๋ย เพิ่มผลผลิต ปกป้องสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดการเกษตรแบบยั่งยืน รูปแบบการให้น้ำพร้อมกับปุ๋ยมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการพัฒนาการให้น้ำและการจัดการน้ำ การให้น้ำแบบน้ำหยดและการให้น้ำในพื้นที่ขนาดเล็กเฉพาะจุดใดจุดหนึ่งถือเป็นการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพสูงมาก และเป็นแนวคิดที่เหมาะสมสำหรับการให้น้ำพร้อมกับปุ๋ยในการปลูกพืช การให้ธาตุอาหารตามที่พืชต้องการในบริเวณรากโดยละลายไปพร้อมการให้น้ำจะช่วยลดการใช้น้ำและปุ๋ย [3] ระบบการให้น้ำและปุ๋ยแบบน้ำหยดโดยการให้ธาตุอาหาร N, P และ K ลงในพื้นที่ตามความต้องการของพืช ทำให้ได้ผลผลิตพืชต่อหน่วยที่สูงขึ้นกว่าเดิมและคุณภาพดีขึ้น [4]

มีงานวิจัยที่นำระบบการให้น้ำและปุ๋ยไปปลูกพืชในโรงเรือน เนื่องจากสามารถปลูกพืชได้ 4-5 รอบภายใน 1 ปี โดยนำระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติ ใช้ปัจจัยการผลิตและการควบคุมด้านสิ่งแวดล้อมที่แม่นยำ นำคอมพิวเตอร์และปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในการปลูกพืชที่มีมูลค่าสูงในโรงเรือน จะเห็นว่าการจัดการการให้น้ำและปุ๋ยสำหรับการปลูกพืชมีความสำคัญมาก เนื่องจากการให้น้ำที่มากเกินไปหรือให้น้ำไม่เพียงพอ เป็นสาเหตุให้พืชเกิดความเครียด ส่งผลให้ผลผลิตลดลง การให้น้ำในโรงเรือนที่เหมาะสมที่สุดคือการหาน้ำที่เพียงพอตามความต้องการของพืชในบริเวณรากและหลีกเลี่ยงการชะล้างธาตุอาหารในชั้นดินที่ลึกขึ้น [5]

นอกจากนี้ยังได้มีงานวิจัยที่นำเทคโนโลยีไร้สายมาประยุกต์ใช้งานระบบควบคุมการให้น้ำแก่พืชในรูปแบบการควบคุมอัตโนมัติดังนี้ Nesa Sudha และคณะ [6] ได้นำเสนอระบบควบคุมการให้น้ำแก่พืชแบบอัตโนมัติผ่าน

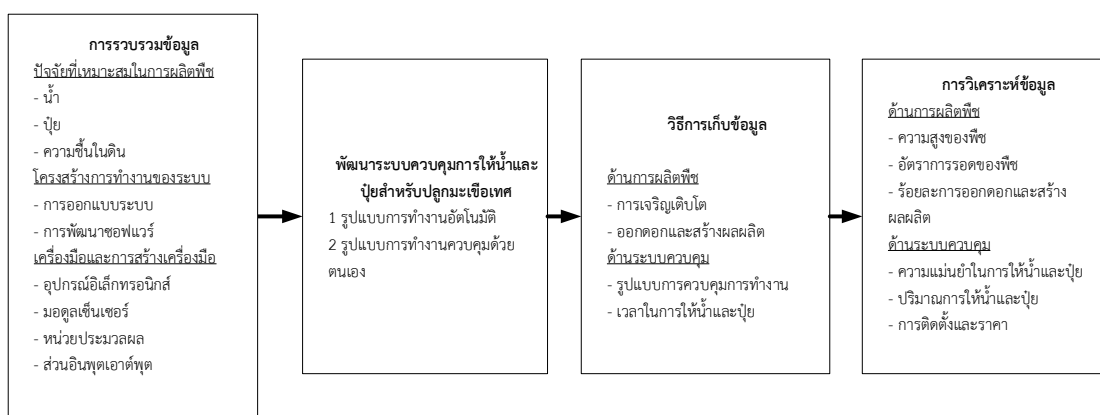
เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย โดยการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยของ Christos Goumopoulos และคณะ [7] ได้เสนอระบบควบคุมการให้น้ำสำหรับพื้นที่เฉพาะแบบอัตโนมัติโดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์แบบไร้สาย (WSAN) และมีการตัดสินใจแบบปรับค่าได้ทำงานเป็นระบบปิด โดยมีระบบการเฝ้าดูและควบคุมการปลูกพืชแบบเรียลไทม์ ซึ่งระบบประกอบด้วยเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบกระจายเพื่อควบคุมกิจกรรมการปลูกพืชอย่างแม่นยำภายใต้สภาพแวดล้อมที่กำหนด โดยสามารถวัดค่าพารามิเตอร์และประเมินค่าสถานะต่างๆ ผ่านแอปพลิเคชันระบบควบคุมการให้น้ำสำหรับพื้นที่เฉพาะ

จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่า ระบบการให้น้ำและปุ๋ยแบบน้ำหยดเป็นวิธีการที่สะดวก ประหยัดน้ำ และมีประสิทธิภาพสูง อย่างไรก็ตามระบบการให้น้ำและปุ๋ยส่วนใหญ่จะถูกออกแบบมาสำหรับงานที่ใช้ในระบบเกษตรแปลงใหญ่ ทำให้มีราคาค่าบำรุงรักษาค่อนข้างสูงมาก ซึ่งเป็นปัญหาของเกษตรกรที่ไม่สามารถนำระบบนี้มาประยุกต์ใช้งานได้ จากข้อจำกัดดังกล่าวโครงการวิจัยนี้ จึงได้พัฒนาระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยโดยการใช้เทคโนโลยีอุปกรณ์ประมวลผลขนาดเล็ก มีรูปแบบการทำงานที่เหมาะสมกับการปลูกพืชชนิดต่างๆ ออกแบบการควบคุมให้เกษตรกรสามารถใช้งานได้ง่าย สะดวกในการติดตั้งและราคาไม่แพง

2. วิธีกรวิจัย

2.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูล

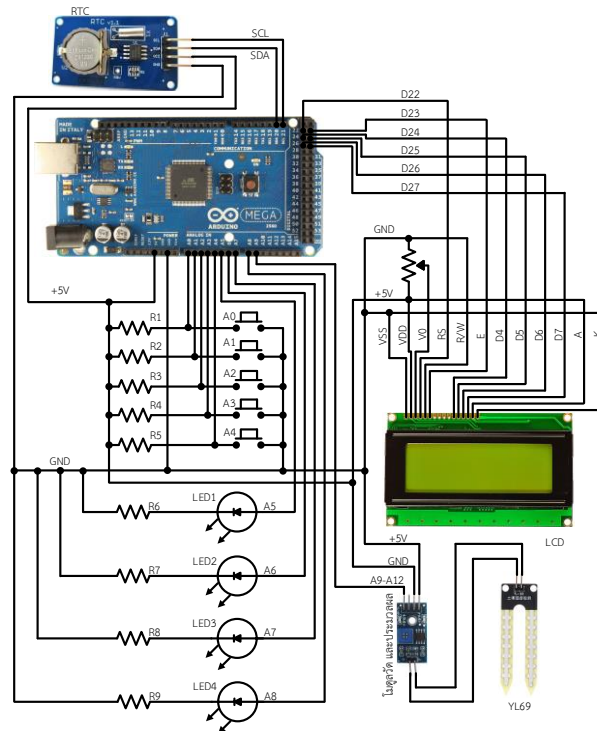
จากการศึกษาสภาพแวดล้อมในการพัฒนาระบบการให้น้ำและปุ๋ยเพื่อควบคุมการปลูกพืช มีกรอบแนวคิดในการพัฒนางานวิจัยดังแสดงในรูปที่ 1 โดยรวบรวมปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตพืช ได้แก่ ความต้องการน้ำของพืช ปุ๋ย และค่าความชื้นในดิน มาเป็นปัจจัยหลักในการออกแบบระบบควบคุม จากนั้นทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลด้านการผลิตพืชและด้านการพัฒนาระบบควบคุม



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

2.2 โครงสร้างการทำงานของระบบ

การทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยแสดงในรูปที่ 2 การควบคุมการให้น้ำแก่พืชเริ่มจากเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินทำหน้าที่ส่งสัญญาณทางไฟฟ้าไปเปรียบเทียบกับค่าสัญญาณไฟฟ้าอ้างอิงของตัวมอดูลเปรียบเทียบสัญญาณ จากนั้นสัญญาณที่ได้จะถูกนำไปประมวลผลโดยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมปั้มน้ำให้จ่ายน้ำให้กับพืชที่ปลูกต่อไป ส่วนระบบการให้ปุ๋ย ใช้วิธีการให้ปุ๋ยตามตารางความต้องการธาตุอาหารสำหรับพืชชนิดนั้นๆ

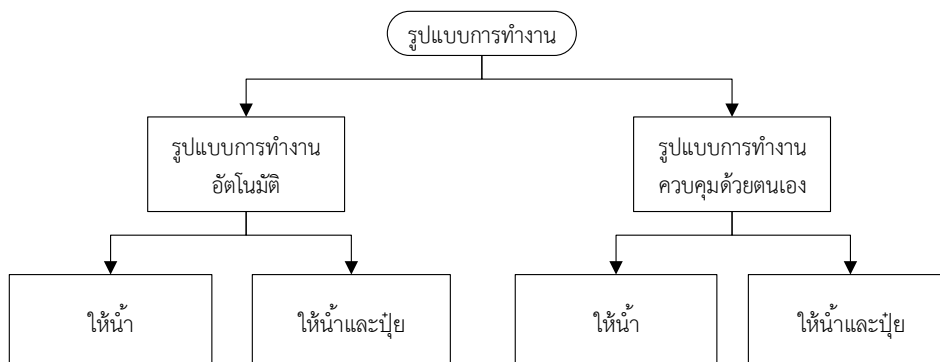


รูปที่ 3 วงจรการทำงานระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ย

2.3 การพัฒนาโปรแกรมระบบ

การพัฒนาซอฟต์แวร์ระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ย ใช้โปรแกรมภาษาซีสำหรับบอร์ดประมวลผล Arduino Mega 2560 กำหนดรูปแบบการทำงานดังแสดงในรูปที่ 4 มีรายละเอียดการทำงาน ดังนี้

1. รูปแบบการทำงานอัตโนมัติ ทำหน้าที่ควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยแบบอัตโนมัติ ใช้เซนเซอร์วัดความชื้นในดินแล้วนำมาประมวลผลเพื่อควบคุมการให้น้ำ ส่วนการควบคุมการให้ปุ๋ย สามารถกำหนดวันเวลา ระยะเวลาในการให้ปุ๋ยได้ตามความต้องการของพืช เมื่อถึงเวลาที่กำหนดระบบก็จะทำการให้ปุ๋ยแบบอัตโนมัติ
2. รูปแบบการควบคุมด้วยตนเอง ทำหน้าที่ควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยตามเวลาที่กำหนด โดยสามารถกำหนดวันเวลา จำนวนครั้งและระยะเวลาการให้น้ำและปุ๋ยแต่ละวัน โดยผู้ใช้สามารถกำหนดการให้น้ำและปุ๋ยได้ด้วยตนเอง



รูปที่ 4 รูปแบบการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ย

3. ผลการวิจัย

3.1 ความแม่นยำในการควบคุมการให้น้ำและปุ๋ย

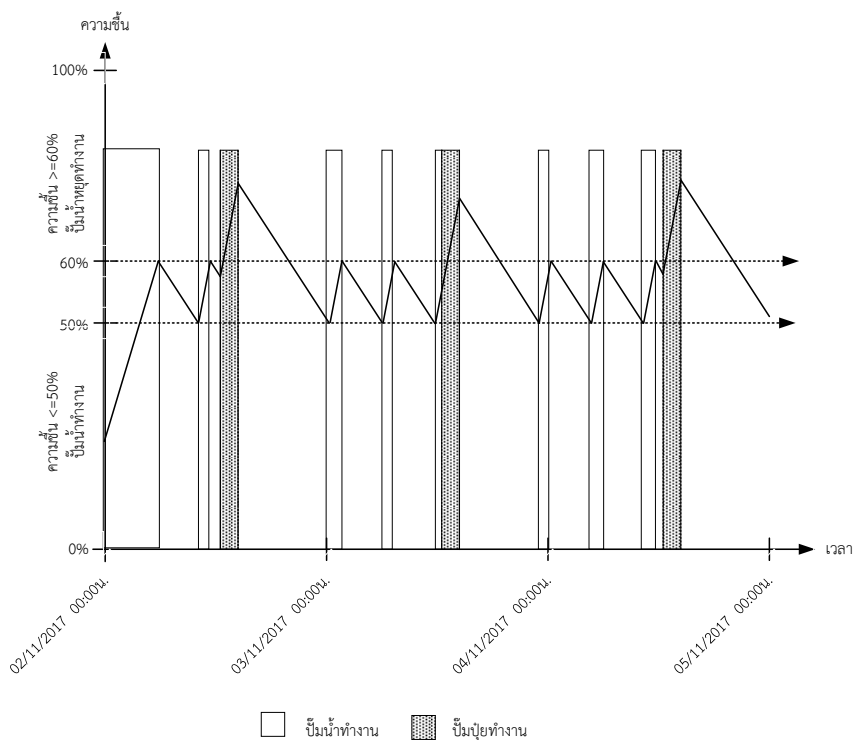
ทำการทดสอบความแม่นยำระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ย 2 รูปแบบ ดังนี้

3.1.1 รูปแบบการทำงานอัตโนมัติ

ทดลองการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ย ระหว่างวันที่ 2-5 พ.ย. 2560 โดยทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการทดลองดังตารางที่ 1 ผลการทดลองพบว่าระบบสามารถควบคุมการให้น้ำได้แบบอัตโนมัติโดยปั้มน้ำเริ่มทำงานที่ระดับความชื้น 50% และหยุดทำงานที่ระดับความชื้น 60% การควบคุมการให้ปุ๋ยในแต่ละวันเริ่มทำงานที่เวลา 16.00-16.05 น. พบว่าปั้มน้ำสามารถทำงานได้ตรงเวลา ผลลัพธ์การทำงานแต่ละช่วงเวลาแสดงได้ดังกราฟรูปที่ 5

ตารางที่ 1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการทดลองรูปแบบการทำงานอัตโนมัติ

การกำหนดค่าพารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด
ระดับความชื้นที่ปั้มน้ำหยุดทำงาน	60%
ระดับความชื้นที่ปั้มน้ำเริ่มทำงาน	50%
วันเวลาที่เริ่มการทดลอง	02/11/2017 (วัน/เดือน/ปี)
เวลาที่ปั้มน้ำเริ่มทำงาน	16:00 (ชั่วโมง:นาที)
ระยะเวลาที่ปั้มน้ำทำงาน	00:05:00 (ชั่วโมง:นาที:วินาที)
รอบการให้ปุ๋ย	1 วัน



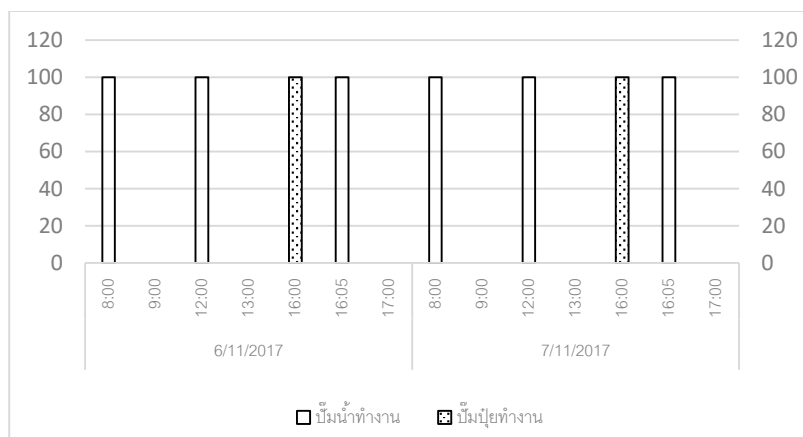
รูปที่ 5 ผลการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยแบบอัตโนมัติ

3.1.2 รูปแบบการทำงานควบคุมด้วยตนเอง

ทดลองการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ย ระหว่างวันที่ 6-7 พ.ย. 2560 โดยทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการทดลองดังตารางที่ 2 ผลการทดลองพบว่าระบบสามารถควบคุมการให้น้ำได้ตรงตามเวลาที่กำหนด การควบคุมการให้ปุ๋ยในแต่ละวันเริ่มทำงานที่เวลา 16.00-16.05 น. พบว่าปั๊มปุ๋ยสามารถทำงานได้ตรงเวลา ผลลัพธ์การทำงานแต่ละช่วงเวลาแสดงได้ดังกราฟรูปที่ 6

ตารางที่ 2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการทดลองรูปแบบการทำงานด้วยตนเอง

การกำหนดค่าพารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด
เวลาที่ปั๊มน้ำเริ่มทำงาน	08:00:00 (ชั่วโมง:นาที:วินาที)
เวลาที่ปั๊มน้ำหยุดทำงาน	17:00:00 (ชั่วโมง:นาที:วินาที)
ความถี่ในการรดน้ำแต่ละวัน	3
ระยะเวลาที่ปั๊มน้ำทำงาน	01:00:00 (ชั่วโมง:นาที:วินาที)
วันเวลาที่เริ่มการทดลอง	06/11/2017 (วัน/เดือน/ปี)
เวลาที่ปั๊มปุ๋ยเริ่มทำงาน	16:00 (ชั่วโมง:นาที)
ระยะเวลาที่ปั๊มปุ๋ยทำงาน	00:05:00 (ชั่วโมง:นาที:วินาที)
รอบการให้ปุ๋ย	1 วัน



รูปที่ 6 ผลการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยแบบทำงานด้วยตนเอง

3.2 การทดลองปลูกมะเขือเทศในโรงเรือน

ทดลองปลูกมะเขือเทศในโรงเรือน ระหว่างวันที่ 17 พ.ย. 2560 ถึง 27 มี.ค. 2561 โดยทำการเพาะกล้ามะเขือเทศในถาดเพาะต้นกล้า จากนั้นเมื่อต้นกล้าสมบูรณ์และแข็งแรง จึงทำการย้ายต้นกล้าไปปลูกในโรงเรือนเพาะปลูกพืชขนาด 6 x 20 ม. จำนวน 376 ต้น โดยการทดลองใช้รูปแบบการควบคุมด้วยตนเอง กำหนดค่าเวลาที่ปั๊มน้ำเริ่มทำงานและหยุดทำงานในแต่ละวันที่เวลา 8.00 น. และ 17.00 น. ตามลำดับ ความถี่ในการรดน้ำวันละ 2 ครั้ง กำหนดรอบการให้ปุ๋ยทุกๆ 7 วัน ระยะเวลาที่ปั๊มปุ๋ยทำงานครั้งละ 10 นาที

การทดลองใช้ระยะเวลาในการเพาะกล้า 37 วัน ระยะเวลาเจริญเติบโต ออกดอกและสร้างผลผลิต รวมถึงการเก็บเกี่ยวใช้เวลาประมาณ 78-83 วัน ผลการทดลองพบว่ามะเขือเทศมีการเจริญเติบโตดี พัฒนาการทางด้านลำต้นและใบมีความแข็งแรง ระยะเวลาการผลิตรอบประมาณ 115-120 วัน

4. การอภิปรายผลหรือการวิจารณ์และสรุป

ในบทความนี้เสนอระบบการควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยสำหรับการปลูกพืชในโรงเรือน โดยมีรูปแบบการทำงานสองรูปแบบได้แก่ รูปแบบควบคุมการทำงานของระบบด้วยตนเอง โดยสามารถตั้งเวลาควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยได้ตามความต้องการ และรูปแบบควบคุมการทำงานของระบบแบบอัตโนมัติ โดยได้นำเซนเซอร์วัดความชื้นมาเป็นตัวควบคุมการทำงาน จากการทดลองระบบทั้งสองรูปแบบพบว่า ระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ลดการสูญเสียของน้ำและปุ๋ย ระบบที่ได้ทำการออกแบบและพัฒนา มีขนาดเล็กใช้งานง่ายไม่ซับซ้อนและราคาประหยัดเมื่อเปรียบเทียบกับท้องตลาด การเก็บข้อมูลของระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยที่ได้ทำการออกแบบทดลองใช้กับการปลูกมะเขือเทศในโรงเรือนพบว่า ระบบที่ได้ทำการออกแบบและพัฒนาขึ้นมาสามารถทำงานได้อย่างแม่นยำ มะเขือเทศมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีและมีระยะเวลาการผลิตรอบอยู่ที่ 120-150 วันต่อรอบการผลิต

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ.ดร. อภินันท์ อรุโสมถนอม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม สำหรับข้อเสนอแนะและให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือสำหรับการทดสอบความแม่นยำในการควบคุมการให้น้ำและปุ๋ย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] วันชัย คุปวานิชพงษ์. เอกสารประกอบคำบรรยายเรื่องการออกแบบระบบให้น้ำผ่านท่อในงานวิจัยเกษตรวิศวกรรม. สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม; 2555
- [2] มนตรี คำชู. เทคโนโลยีการให้น้ำแก่พืชแบบของครวม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2553
- [3] Clark G, Stanley C, Maynard D, Hochmuth G, Hanlon E, Haman D. Water and fertilizer management of microirrigated fresh market tomatoes. Transactions of the ASAE. 1991; 34(2): 429-0435.
- [4] Papadopoulos I, Ristimäki LM, editors. Nitrogen and phosphorus fertigation of tomato and eggplant. XXV International Horticultural Congress, Part 1: Culture Techniques with Special Emphasis on Environmental Implications- 511; 1998.
- [5] Voogt W, editor Fertigation in greenhouse production. Proc Int Symp Fertigation, Beijing, China; 2005.
- [6] Sudha MN, Valarmathi M, Babu AS. Energy efficient data transmission in automatic irrigation system using wireless sensor networks. Computers and Electronics in Agriculture. 2011; 78(2): 215-21.
- [7] Goumopoulos C, O'Flynn B, Kameas A. Automated zone-specific irrigation with wireless sensor/actuator network and adaptable decision support. Computers and electronics in agriculture. 2014; 105:20-33.