ST-14

การพัฒนาระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุน

The Development of Automatic Systems for Rotary Plantation Plots

รุ่งโรจน์ มีแก้ว[1], ภูเบศร์ พิพิธหิรัญการ[2] และ ปิยวดี ยาบุษดี[3]

Rungrot Meekaew[1], Phubet Phiphithirankarn[2] and Piyawadee Yabosdee[3]

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

[3] สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

อีเมล: rung_rot_@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบ สร้างแปลงปลูกพืชแบบหมุน และหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุน มีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้ การออกแบบระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุนซึ่งประกอบด้วย แปลงรางปลูกพืช วงล้อสำหรับหมุน และส่วนฐาน การประกอบโครงสร้างตามที่ออกแบบ ทำการติดตั้งอุปกรณ์และวงจรควบคุมการทำงาน จากนั้นเขียนโปรแกรมคำสั่งควบคุมการทำงาน และทดสอบการทำงานและหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุน ผลการวิจัยพบว่า การเคลื่อนที่ตามตำแหน่งมีค่าความคาดเคลื่อนเฉลี่ยไม่เกิน ±0.5 มีคาบการเคลื่อนของการหมุนเฉลี่ยมากที่สุดคือ 274.22 วินาที การควบคุมปริมาณน้ำของระบบตามเวลาที่กำหนด 60 วินาที ได้ปริมาณน้ำเฉลี่ยคือ 1995.20 มิลิลิตร การทดสอบการวัดค่า EC และ pH ของปุ๋ย A และ ปุ๋ย B ในอัตราส่วน 1 : 1 ผสมกับน้ำในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ค่า EC จะน้อยลง และค่า pH จะเพิ่มขึ้น

คำหลัก: ปลูกพืชแบบหมุน, ระบบอัตโนมัติ, เกษตรอัจฉริยะ

Abstract

This research purposed to design and build a rotary plantation plot and to evaluate the effectiveness of the automatic systems for rotary plantation plot. The research methods were as follows: designing an automatic system for the rotary plantation plot, assembling the structure as designed to create the automatic systems for the rotary plantation plot, installing the equipment and control circuits, programming operation control commands, and testing the operation and performance of automatic systems for the rotary plantation plots. The results of the research showed that the effect of the positional motion implied the tolerance of not more than ±0.5, and the highest average period of movement in one cycle was 274.22 seconds (ml) at the specified time. It indicated that the average amount of water to 1995.20 ml could be controlled within 60

seconds. The test results for measuring the EC and pH values of Fertilizer A and Fertilizer B in a 1:1 ratio mixed with an increasing amount of water to make the Fertilizer over-diluted were measured. It implied that when more fertilizer was mixed with water, the EC value decreased and the pH value increased.

Keywords: Rotary Garden, Automatic Systems, Smart Farming

บทนำ

การเกษตรในเมือง เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่เติบโตเร็วที่สุดในหลายประเทศ ขณะที่ประชากรโลกยังคงเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ผลผลิตทางการเกษตรเพื่อบริโภคจึงต้องเพิ่มตามด้วย (กรวิทย์ กระจ่างพันธ์, ถิระวรรธน์ สืบธนะวงษ์ และ สุขสันติ์ หวังสถิตวงษ์, 2561) การใช้ชีวิตของคนที่ต้องทำงานต่างจังหวัด ต่างพื้นที่ และจะต้องพักอาศัยตามหอพัก บ้านเช่า ห้องแถว หรือคอนโดมิเนียม ซึ่งมีพื้นที่จำกัดตามราคาและความแออัดของประชากรในพื้นที่นั้นๆ จึงไม่มีพื้นที่เพียงพอสำหรับเพาะปลูก ลักษณะของการเพราะปลูกสำหรับบุคคลหรือครอบครัวที่มีพื้นที่จำกัด ส่วนใหญ่จะเป็นการปลูกลงในกระถางหรือภาชนะอื่นๆ ที่สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกและสามารถวางในพื้นที่ขนาดเล็กได้ เช่น ระเบียง มุมพักผ่อนในห้อง ห้องนอน ห้องครัวในคอนโดมิเนียม เป็นต้น (จูนลิฎา โยธาทิพย์, พาสินี สุนากร และ พัชรียา บุญกอแก้ว, 2553) ด้วยเหตุนี้การเกษตรแบบในอาคารจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้เพียงพอต่อความต้องการ เนื่องจากให้ผลผลิตที่สูงกว่า เร็วกว่า โดยใช้ทรัพยากรที่น้อยกว่า เพราะสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เทคโนโลยีควบคุมเพื่อเพิ่มผลผลิตได้อีกด้วย (กรวิทย์ กระจ่างพันธ์, ถิระวรรธน์ สืบธนะวงษ์ และ สุขสันติ์ หวังสถิตวงษ์, 2561)

การปลูกผักในดินมักประสบปัญหาความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง ส่งผลให้ความสามารถในการให้ผลผลิตลดลงและไม่ได้คุณภาพ ยังมีปัญหาการขาดทุนเนื่องจากปุ๋ยเคมีและสารเคมีมีราคาแพงมากขึ้น (อภิสิทธิ์ ชิตวณิช, ปราโมทย์ พรสุริยา และ ธนาวัฒน์ เยมอ, 2563) การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์เป็นการปลูกผักที่สามารถควบคุมกระบวนการผลิตได้ สามารถลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร ส่งผลให้ได้ผลผลิตผักที่มีคุณภาพและยังเป็นการผลิตผักที่สามารถทำได้ในสภาพพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมสำหรับการทำการเกษตร (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2558) เป็นวิธีการปลูกพืชโดยใช้อาหารแทนดิน โภชนาการคือสารละลายธาตุอาหารพืชที่ส่งตรงไปยังระบบราก ในสภาวะที่เหมาะสมที่สุดช่วยให้มั่นใจได้ว่าจะได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพสูงในเวลาอันสั้น (Sadov et all, 2012)

ในปัจจุบันเราเริ่มเห็นเกษตรกรรุ่นใหม่เริ่มใช้เทคโนโลยีเป็นตัวขับเคลื่อนการผลิต การจัดการ และการบริหารการทำงานภายในฟาร์มหรือในไร่มากยิ่งขึ้น ซึ่งเทคโนโลยีการเกษตรเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยยกระดับประสิทธิภาพการเพาะปลูก รวมทั้งทำให้การใช้ทรัพยากรต่าง ๆ เช่น น้ำ ปุ๋ย พื้นที่เพาะปลูก และแรงงานให้มีคุณภาพมากกว่าการทำการเกษตรแบบดั้งเดิมที่เน้นการใช้แรงคนเป็นหลัก เช่น การใช้หุ่นยนต์ตรวจหาและจำแนกขนาดผลผลิต เครื่องจักรกลเพื่อเก็บข้อมูลการปลูกพืช การใช้ข้อมูลจากเทคโนโลยีในการสำรวจพื้นที่ กำจัดศัตรูพืช เก็บเกี่ยวผลผลิต และเทคโนโลยีที่ทันสมัยนี้เอง ล้วนเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเพาะปลูก และลดต้นทุนในการดูแลและจัดการลงได้อย่างเห็นได้ชัด (Grotech, 2021)

จากปัญหาพื้นที่ในการเพาะปลูกของคนที่อาศัยตามหอพัก บ้านเช่า ห้องแถว หรือคอนโดมิเนียม ซึ่งมีพื้นที่ค่อนข้างจำกัด ผนวกกับเทคโนโลยีการเพาะปลูกในปัจจุบัน เช่น การปลูกผักแบบไฮโดรโปนิกส์ การปลูกพืชในตั้ง ระบบควบคุมการรดน้ำต้นไม้ การปลูกพืชโดยใช้แสงไฟจากแอลอีดี เป็นต้น ด้วยเทคโนโลยีและรูปแบบการปลูกพืชที่หลากหลาย จึงนำมาสู่แนวทางการพัฒนา

ระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุน ซึ่งเป็นการปลูกพืชแบบใหม่ โดยเป็นการปลูกพืชในวงล้อที่มีการควบคุมการหมุน และควบคุมปริมาณแสงที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญของพืชให้เร็วขึ้น

วัตถุประสงค์

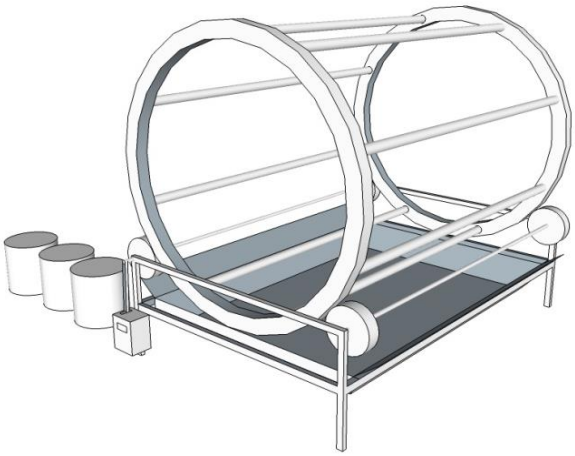
1. เพื่อออกแบบและสร้างแปลงปลูกพืชแบบหมุน
2. เพื่อพัฒนาระบบอัตโนมัติและหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุน

วิธีดำเนินการวิจัย

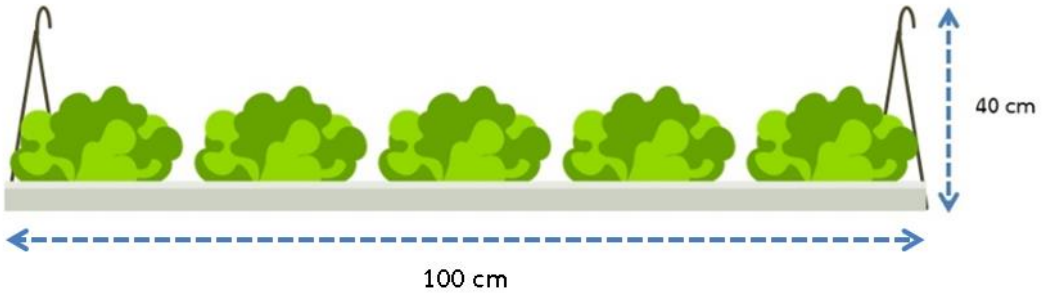
การดำเนินการวิจัยการพัฒนาระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุน ออกแบบและสร้างโครงสร้างและระบบการทำงาน ติดตั้งระบบควบคุมการหมุนและโปรแกรมคำสั่งควบคุมการทำงาน และทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุน มีรายละเอียดดังนี้

1. การออกแบบระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุน

1.1 ออกแบบโครงสร้างของเครื่องมือ ด้วยโปรแกรมการออกแบบโครงสร้าง 3 มิติ ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) รางปลูกพืช ขนาดความกว้าง 0.10 เมตร ความสูง 0.05 เมตร ความยาว 1 เมตร มีรูทั้งหมด 5 รู มีระยะห่าง 0.20 เมตร แขวนด้วยเชือก ยาว 40 เซนติเมตร 2) ส่วนที่เป็นวงล้อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร 2 วง เชื่อมต่อกันด้วยคานท่อกลม ยาว 110 เซนติเมตร จำนวน 8 คาน ทำหน้าที่ห้อยรางปลูกพืชและเคลื่อนที่เป็นวงกลมเพื่อหมุนเวียนลงไปรับน้ำและปุ๋ย และ 3) ส่วนฐาน ขนาดกว้าง 110 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร ทำหน้าที่เป็นฐานรองรับวงล้อและเป็นถาดใส่น้ำและปุ๋ยดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2

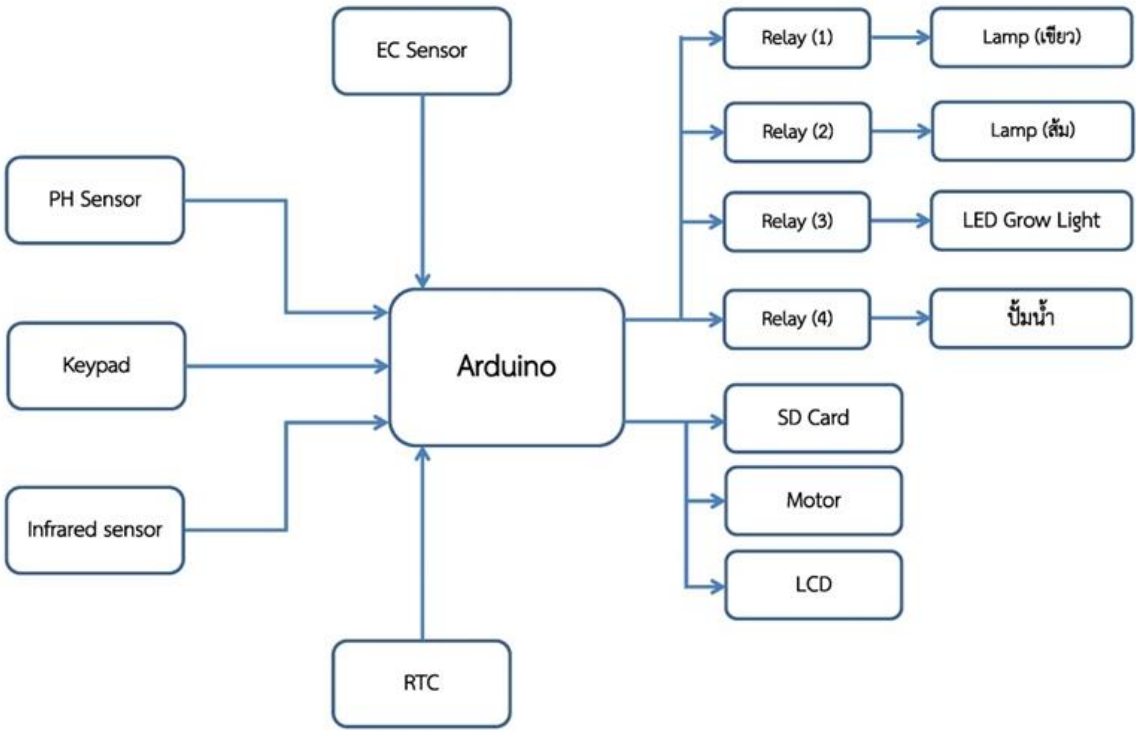


ภาพที่ 1 การออกแบบระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุน



ภาพที่ 2 การออกแบบรางปลูกพืช

1.2 ออกแบบระบบควบคุม ระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุนที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino Mega 2560) ที่รับค่าข้อมูล EC Sensor, pH Sensor, Keypad, Infrared Sensor และ RTC มาประมวลผลแล้วสั่งการไปยังอุปกรณ์ต่างๆ โดยการกด Keypad สั่งการให้ motor ทำงานด้วยความเร็วที่ตั้งไว้ 4 ระดับ RTC มีหน้าที่ควบคุมเวลาการเปิด-ปิด LED Grow Light ขณะเดียวกัน Arduino จะรับค่าจาก EC Sensor มาประมวลผลและสังการเปิด-ปิดปั๊มน้ำเพื่อเติมสารละลายธาตุอาหารพืช และแสดงสถานการณ์ทำงานผ่านจอ LCD และบันทึกข้อมูลไว้ใน SD Card ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภาพการทำงานระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุน

2. การประกอบโครงสร้างตามที่ออกแบบเพื่อสร้างระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุน

โครงสร้างระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุนส่วนวงล้อ ทำจากเหล็กกล่องขนาด กว้าว 2.5 เซนติเมตร ยาว 2.5 เซนติเมตร ดัดโค้งเป็นวงกลม 2 วง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร เชื่อมต่อกันด้วยคานเหล็กขนาด 1.6 เซนติเมตร ยาว 110 เซนติเมตร จำนวน 8 คาน (ภาพที่ 4 ก) ส่วนฐานใช้เหล็กกล่อง เชื่อมต่อกันเป็นเป็นฐานขนาด กว้าง 110 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร สูง 60 เซนติเมตร (ภาพที่ 4 ข) นำรางปลูกพืชต่อกับคานโดยคานจะผูกกับเชือก นำรางมาแขวน (ดังภาพที่ 4 ค) ส่วนฐานยึดติดมอเตอร์และล้อด้านบน จำนวน 2 ล้อ นำโซ่มาคล้อง (ดังภาพที่ 4 ง) เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนในการหมุน และนำส่วนล้อติดตั้งรางปลูกพืช มาวางบนส่วนฐาน ดังภาพที่ 5

ก. ส่วนวงล้อ

ข. ส่วนฐาน

ค. ส่วนล้อติดตั้งรางปลูกพืช

ง. ส่วนฐานติดตั้ง มอเตอร์และโซ่ในการขับเคลื่อน

ภาพที่ 4 การทำโครงสร้างระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุน

ภาพที่ 5 การติดตั้งโครงสร้างระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุน

3. การติดตั้งอุปกรณ์ และวงจรควบคุมการทำงานนำส่วนโครงสร้าง ดังภาพที่ 4 ต่อเข้ากับหลอดไฟสำหรับปลูกพืช และระบบน้ำซึ่งประกอบด้วยแทงน้ำและปั้มน้ำ ดังภาพที่ 6 และติดตั้งอุปกรณ์ ตู้ควบคุมและวงจรการควบคุม ดังภาพที่ 7

ภาพที่ 6 การสร้างระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุน

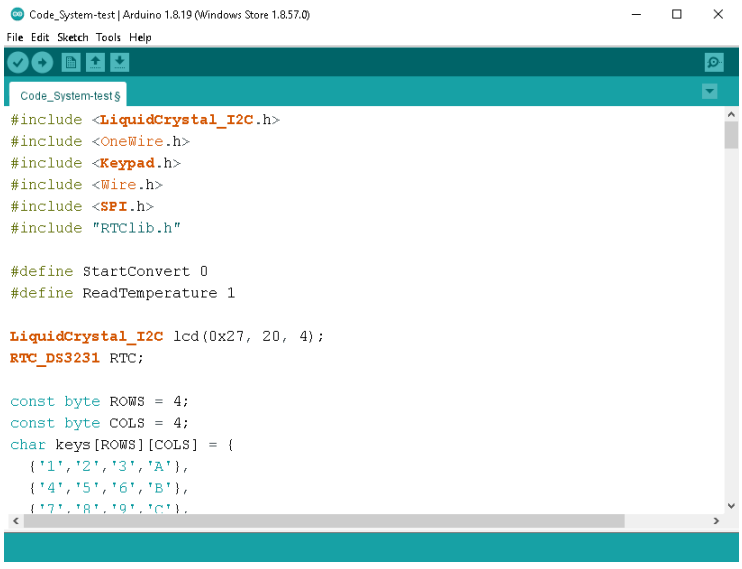
ตู้ควบคุมการทำงาน ด้านหน้าประกอบด้วยหน้าจอแสดงผลการทำงาน ไฟแสดงสถานการณ์ทำงาน คีย์แพด และสวิทช์ปิด-เปิด ภายในตู้ควบคุมประกอบด้วยด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino Mega 2560) ทำงานร่วมกับเซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-เบส (pH sensor) เซ็นเซอร์วัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (EC sensor) และสั่งการหมุนด้วยสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ดังภาพที่ 7

ก ตู้ควบคุม ข วงจรควบคุม

ภาพที่ 7 ระบบควบคุมการทำงาน

4. การเขียนโปรแกรมคำสั่งควบคุมการทำงาน

เขียนโปรแกรมคำสั่งควบคุมการทำงาน ด้วยโปรแกรม Arduino IDE v.1.8.19 (Integrated Development Environment) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมบนแพลตฟอร์ม Arduino และอัพโหลดโปรแกรมที่พัฒนาสำเร็จแล้วลงบนตัวบอร์ด ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 โปรแกรมคำสั่งควบคุมการทำงาน Arduino IDE v.1.8.19

5. การทดสอบและการเก็บข้อมูลการทำงานระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุน

ในการทดสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 การทดสอบการเคลื่อนที่ตามตำแหน่ง โดยด้วยการกำหนดค่า Pulse จากมอเตอร์ ตามจำนวนรอบตั้งแต่จำนวน 2 ถึง 10 รอบ โดยได้กำหนดจะอ้างอิงเริ่มต้น เพื่อหาระยะที่เคลื่อนที่ว่ากลับมาที่ตำแหน่งอ้างอิง และหาค่าความคาดเคลื่อนในการเคลื่อนที่ ดังตารางที่ 1

5.2 การทดสอบคาบการเคลื่อนที่ในหนึ่งรอบ โดยการกำหนดค่าดีเลย์ จากคีย์แพด 4 ระดับ จับเวลาที่เคลื่อนที่ครบ 1 รอบ ค่าที่ได้นำมาคำนวณอัตราเร็วเชิงเส้น และอัตราเร็วเชิงมุม ดังตารางที่ 2

5.3 การทดสอบการควบคุมปริมาณน้ำ (มิลลิลิตร) ตามเวลาที่กำหนด โดยการเปิด-ปิด ปั๊มน้ำตามเวลาที่กำหนด โดยกำหนดจากระบบวงจรควบคุม ดังตารางที่ 3

5.4 การทดสอบการวัดค่า EC และ pH ของปุ๋ย A และ ปุ๋ย B โดยผสมปุ๋ย A และ ปุ๋ย B ในอัตราส่วน 1 : 1 จากนั้นเพิ่มปริมาณน้ำครั้งล่ะ 5000 ml ทำการวัดค่า EC และ ค่า pH จากเซนเตอร์ ดังตารางที่ 4

5.5 การทดสอบการวัดค่า EC และ PH ของปุ๋ย A และ ปุ๋ย B ในอัตราส่วนต่างๆ ทดสอบโดย ให้ปริมาณปุ๋ย A และปริมาณน้ำที่คงที่ และ ให้ปริมาณปุ๋ย B และปริมาณน้ำที่คงที่ ดังตารางที่ 5

ผลการวิจัย

จากผลการทดสอบและเก็บรวมรวมข้อมูลการทำงานของระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุน ดังผลต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ผลการควบคุมของตำแหน่งการหมุน

จำนวนรอบ (รอบ)	Pulse Motor	ความคลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)					เฉลี่ย
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
2	68175	-0.4	-0.3	-0.6	-0.2	-0.4	-0.38
4	136350	0.1	0.3	-0.3	0.1	0.1	0.06
6	204526	0.3	0.4	0.7	-0.1	-0.2	0.22
8	272701	0.1	0.6	0.7	0.4	0.6	0.48
10	340876	-0.8	0.1	-0.1	-0.3	-0.9	-0.40

หมายเหตุ: ค่า pulse มาจากการหาค่า pulse เฉลี่ยในหนึ่งรอบซึ่งมีค่าเท่ากับ 34087.6

ค่าลบหมายถึงระยะที่เคลื่อนที่ยังไม่ถึงรอบที่กำหนด

ค่าบวกหมายถึงระยะที่เคลื่อนที่เกินรอบที่กำหนด

จากตารางที่ 1 ผลการเคลื่อนที่ตามตำแหน่ง ด้วยการกำหนดจำนวน Pulse ของมอเตอร์ จำนวน 2 ถึง 10 รอบ ทำการทดลองจำนวน 5 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย พบว่าจำนวนรอบที่มีค่าลบคือ จำนวน 2 รอบ และ 10 รอบ มีค่าความคาดเคลื่อนเฉลี่ย -0.38 และ – 0.04 ส่วนจำนวนรอบที่มีค่าบวกคือ จำนวน 4, 6, และ 8 มีค่าความคาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.06, 0.22 และ 0.48 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่าความคาดเคลื่อนมากที่สุด 0.15% จำนวน 8 รอบ ที่ 272701 pulse

ตารางที่ 2 ผลของคาบการเคลื่อนที่ในหนึ่งรอบ

ระดับความเร็ว	ดีเลย์ (มิลลิวินาที)	คาบการเคลื่อนที่ (วินาที)					เฉลี่ย	อัตราเร็วเชิงมุม (เรเดียน/วินาที)	อัตราเร็วเชิงเส้น (เมตร/วินาที)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5			
1	4,000	274.36	274.10	274.32	274.32	273.98	274.22	0.023	0.012
2	3,000	205.97	205.77	205.73	205.91	205.68	205.81	0.031	0.016
3	2,000	137.41	137.45	137.26	137.51	137.37	137.40	0.046	0.024
4	1,000	69.04	68.98	68.95	69.03	68.97	68.99	0.091	0.048

จากตารางที่ 2 ผลของคาบการเคลื่อนที่ในหนึ่งรอบ พบว่า ระดับความเร็วที่ 1 ดีเลย์ 4000 มิลลิวินาที มีคาบการเคลื่อนที่เฉลี่ยมากที่สุดคือ 274.22 วินาที โดยมีอัตราเร็วเชิงมุมเท่ากับ 0.023 เรเดียน/วินาที และระดับความเร็วที่ 4 มีคาบการเคลื่อนที่เฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 68.99 วินาที โดยมีอัตราเร็วเชิงมุมเท่ากับ 0.091 เรเดียน/วินาที

ตารางที่ 3 ผลการควบคุมปริมาณน้ำ (มิลลิลิตร) ตามเวลาที่กำหนด

เวลา (วินาที)	ปริมาณ (มิลลิลิตร)					เฉลี่ย (มิลลิลิตร)
	1	2	3	4	5	
10	305	311	304	309	305	306.80
20	601	601	606	603	606	603.40
30	905	907	911	911	915	909.80
40	1155	1164	1170	1181	1178	1169.60
50	1463	1463	1464	1471	1466	1465.40
60	1958	2029	2037	1977	1975	1995.20

จากตารางที่ 3 ผลการควบคุมปริมาณน้ำ (มิลลิลิตร) ตามเวลาที่กำหนด โดยการทดสอบเปิดปิดน้ำทุก 10 วินาที แล้วหาค่าเฉลี่ย พบว่า 60 วินาที สามารถควบคุมปริมาณน้ำเฉลี่ย 1995.20 มิลลิลิตร หรือมีอัตราการไหลเท่ากับ 0.033 ลิตร/วินาที

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบการวัดค่า EC และ pH ของปุ๋ย A และ ปุ๋ย B ในอัตราส่วน 1 : 1

อัตราส่วน (มิลลิลิตร)			ค่า EC (มิลลิซีเมนต์/เซนติเมตร)	ค่า pH
น้ำ	ปุ๋ย A	ปุ๋ย B		
1000	5	5	1.62	8.19
1500	5	5	1.30	8.55
2000	5	5	1.09	8.74
2500	5	5	No solution	8.82

จากตารางที่ 4 ผลการทดสอบการวัดค่า EC และ pH ของปุ๋ย A และ ปุ๋ย B ในอัตราส่วน 1 : 1 ผสมกับน้ำในปริมาณที่เพิ่มขึ้นเพื่อให้ปุ๋ยเกินการเจือจาง แล้ววัดค่า EC และ pH พบว่า เมื่อปุ๋ยผสมกับน้ำมากขึ้น ค่า EC จะน้อยลง และค่า pH จะเพิ่มขึ้น ซึ่งการลดลงของค่า EC แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยหรือสารอาหารในสารละลายธาตุอาหารพืชลดลง ระบบสั่งเปิดปั๊มเพื่อเติมสารละลายธาตุอาหารพืช

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบการวัดค่า EC และ PH ของปุ๋ย A และ ปุ๋ย B ในอัตราส่วนต่าง ๆ

อัตราส่วน (มิลลิลิตร)			ค่า EC (มิลลิซีเมนต์/เซนติเมตร)	ค่า pH
น้ำ	ปุ๋ย A	ปุ๋ย B		
1000	5	5	1.62	8.19
1000	5	10	2.15	8.04
1000	5	15	2.76	7.92
1000	5	20	3.46	7.65
1000	5	25	3.97	7.67
1000	10	5	2.17	8.21
1000	15	5	2.81	8.17
1000	20	5	3.39	8.07
1000	25	5	3.91	8.01

จากตารางที่ 5 ผลการทดสอบการวัดค่า EC และ pH ของปุ๋ย A และ ปุ๋ย B ในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า ปริมาณน้ำ 1000 มิลลิลิตร กับอัตราส่วนของปุ๋ย A และปุ๋ย B ที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่า EC เพิ่มขึ้น และค่า pH จะลดลง

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุน มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ สร้างแปลงปลูกพืชแบบหมุนและหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุน ซึ่งได้มีการพัฒนาโปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุน ควบคุมความเร็วและคาบการเคลื่อนที่ วัดค่า EC และค่า pH ของสารละลายธาตุอาหารพืช แล้วนำผลการเปลี่ยนแปลงของสารละลายธาตุอาหารพืชมาวิเคราะห์เพื่อเพิ่มปริมาณสารละลายธาตุอาหารพืช

ผลการวิจัย พบว่า 1) ผลการออกแบบระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุน ประกอบด้วย การออกแบบโครงสร้างระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุน และออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุน 2) ผลการสร้างระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุน ประกอบด้วย รางปลูกพืชที่ห้อยอยู่กับส่วนที่เป็นวงล้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร ยาว 110 เซนติเมตร ที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมเพื่อหมุนวนลงไปรับน้ำและปุ๋ย ส่วนฐาน ขนาดกว้าง 110 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร ทำหน้าที่เป็นฐานรองรับวงล้อและเป็นถาดใส่น้ำและปุ๋ย ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 ที่เขียนคำสั่งด้วยโปรแกรม Arduino IDE 3) ผลการเคลื่อนที่ตามตำแหน่งด้วยการกำหนดจำนวน Pulse ของมอเตอร์ ซึ่งมีค่าความคาดเคลื่อนไม่เกิน ±0.5 เซนติเมตร โดยค่าที่เป็นลบหมายถึงระยะที่เคลื่อนที่ยังไม่ถึงรอบที่กำหนด และค่าบวกหมายถึงระยะที่เคลื่อนที่เกินรอบที่กำหนด 4) ผลของคาบการเคลื่อนที่ในหนึ่งรอบ พบว่า ระดับความเร็วที่ 1 ที่ดีเลย์ 4000 มิลลิวินาที มีคาบการเคลื่อนที่เฉลี่ยมากที่สุดคือ 274.22 วินาที และระดับความเร็วที่ 4 มีคาบการเคลื่อนที่เฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 68.99 วินาที 5) ผลการควบคุมปริมาณน้ำ (มิลลิลิตร) ตามเวลาที่กำหนด พบว่า 60 วินาที สามารถควบคุมปริมาณน้ำเฉลี่ย 1995.20 มิลลิลิตร 6) ผลการทดสอบการวัดค่า EC และ pH ของปุ๋ย A และ ปุ๋ย B ในอัตราส่วน 1 : 1 ผสมกับน้ำในปริมาณที่เพิ่มขึ้นเพื่อให้ปุ๋ยเกินการเจือจาง แล้ววัดค่า EC และ pH พบว่า เมื่อปุ๋ยผสมกับน้ำมากขึ้น ค่า EC จะน้อยลง และค่า pH จะเพิ่มขึ้น และ 7) ผลการทดสอบการวัดค่า EC และ pH ของปุ๋ย A และ ปุ๋ย B ในอัตราส่วนต่างๆ พบว่า ปริมาณน้ำ 1000 มิลลิลิตร กับอัตราส่วนของ A และ ปุ๋ย B ที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่า EC เพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. สามารถพัฒนาต่อยอดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานโดยการเพิ่มระบบควบคุมอุณหภูมิอากาศและสารละลายธาตุอาหารพืช

2. สามารถพัฒนาต่อยอดงานวิจัยระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบหมุน ให้สามารถดูข้อมูลหรือแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน เช่นข้อมูลการเจริญเติบโตของพืช หรือแจ้งเตือนเมื่อระบบขัดข้อง

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2558). *การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์*. ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด

กรวิทย์ กระจ่างพันธ์, ถิระวรรธน์ สืบธนะวงษ์ และ สุขสันติ์ หวังสถิตวงษ์. (2561). การออกแบบแสงด้วยหลอดแอลอีดีส่องสว่างสำหรับปลูกพืชในอาคารโดยอ้างอิงปริมาณแสงรวมต่อวัน. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 49(1พิเศษ), 498-501.

จูนลิฎา โยธาทิพย์, พาสินี สุนากร และ พัชรียา บุญกอแก้ว. (2553, 7-8 ธันวาคม). *การศึกษาการปลูกพืชภายในอาคารโดยใช้แสงประดิษฐ์* [เอกสารนำเสนอ]. การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7: ก้าวย่างตามพ่อ สานต่อการศึกษา พัฒนาชาติไทย, นครปฐม, ประเทศไทย

อภิสิทธิ์ ชิตวณิช, ปราโมทย์ พรสุริยา และ ธนาวัฒน์ เยมอ. (2563). วัสดุปลูกสำหรับการปลูกผักสลัด Red oak. *แก่นเกษตร, 48*(ฉบับพิเศษ 1), 1093-1100.

Noppatsorn. k. (2564, 9 มีนาคม). *เทคโนโลยีการเกษตร เทรนด์ใหม่ ช่วยเกษตรกรทำงานง่าย ได้ผลผลิตดี!*. grotech. https://shop.grotech.co/blog/agritech-can-increase-product-quality/.

Sadov, A. A., Ustyugov, A. D., Chukin, I. L., Potetnya, K. M., & Kholmanskikh, M. V. (2021). Justification and calculation of design features of drum-type hydroponics. *E3S Web of Conferences*, 282, 1-11. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128207014.