การออกแบบและสร้างระบบไฮโดรโปนิกส์สำหรับแตงโมที่สังเคราะห์แสงเทียม

DESIGN AND CONSTRUCTION OF HYDROPONICS SYSTEM FOR ARTIFICIAL PHOTOSYNTHETIC WATERMELONS.

นิติพงษ์ สมไชยวงค์*, ธนวรรธน์ วงศ์ขัติย์ และ วัชราพร ยศมาน
Nitipong Somchaiwong*, Thanawat Wongkat and Wacharaporn Yotman

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Chiangrai

Received: 23 June 2023 Revised: 25 August 2023 Accepted: 30 August 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบควบคุมสารละลายอัตโนมัติ สำหรับแปลงปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ และเลือกใช้แตงโม (WATERMELON) ในการทดสอบ เนื่องจากการปลูกในระบบโรงเรือนได้ผลผลิตดี และได้รับความนิยมจากผู้บริโภค ตลาดให้ความสนใจและยังลดการใช้สารเคมี กำจัดแมลง โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1) การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช และสารละลายสำหรับปรับค่า pH 2) ออกแบบชุดควบคุมสารละลายอัตโนมัติ 3) ชุดควบคุมการให้แสงแก่ต้นแตงโม ในช่วงวันที่ 15–60 วันของระยะการปลูก โดยดำเนินการวัดและส่งค่า EC และ pH ในแปลงปลูกไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ต้องการควบคุม โดยได้แบ่งเป็น 3 ช่วง คือช่วงที่ 1 วันที่ 1–7 ทำการควบคุมค่า EC ให้อยู่ในช่วง 0.50–1.00 mS/cm ช่วงที่ 2 วันที่ 8–14 ทำการควบคุมค่า EC ให้อยู่ในช่วง 1.10–1.60 mS/cm และช่วงที่ 3 วันที่ 15–60 วัน ทำการควบคุมค่า EC ให้อยู่ในช่วง 1.70–2.40 mS/cm และ pH ของสารละลายที่อยู่ในระบบให้เหมาะสมอยู่ที่ 5.5–6.5 กับตลอดระยะเวลาการปลูก และได้เพิ่มการให้แสงขนาด 90 lux ในช่วงเวลา 22.00–01.00 น. ในช่วงวันที่

* Corresponding author: นิติพงษ์ สมไชยวงค์
E-mail: nitipongs@gmail.com

15–60 ผลจากการทดลองพบว่า ระบบวัดและควบคุมสารละลาย pH และ สารละลาย EC สามารถทำงานได้ตรงตามเงื่อนไขที่ได้ทำงานออกแบบไว้

คำสำคัญ: ระบบควบคุมอัตโนมัติ, การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์, แสงเทียม

Abstract

The purposes of this research were to study the automatic solutions control system used in hydroponics. And choose Watermelons to experiment. Watermelons produced by greenhouse systems performed well and they were well–liked by consumers. According to the market, using less chemical insecticide was experimented including 3 steps; 1) nutrient solutions and nitric acid were prepared, 2) the automatic solutions control system was designed, 3) lighting control system was launched during 15–60 days of planting. Electrical Conductivity (EC) and potential of Hydrogen ion (pH) were measured and sent to microcontroller in order to compare with the measurement that set during 3 stages of planting. The first stage was 1–7 days of planting and EC was set to be 0.50–1.00mS/cm. The second stage was 8–14 days of planting and EC was set to be 1.10–1.60mS/cm. The third stage was 15–60 days of planting and EC was set to be 1.70–2.40mS/cm. For pH, it was set to be in appropriate level which was 5.5–6.5 for the whole period. Moreover, the lighting was increased to be 90 lux from 10 pm to 1 am. It was found that the automatic solutions control system which was used to measure EC and pH was working efficiently as designed and expected during 15–60 days of planting. The result of the experiment showed that the lighting control system which controlled the light for watermelons was well operated as planned.

Keywords: Automatic Control Systems, Hydroponics, Photosynthetic

บทนำ

ปัจจุบันได้มีการส่งเสริมการปลูกพืชลงบนสารละลายให้รากพืชจะสัมผัสกับสารละลายธาตุอาหารโดยตรง ซึ่งเรียกว่า “การปลูกพืชด้วยไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics)” การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์เป็นวิธีการที่ใช้ระบบแตกต่างจากการใช้ดินในการปลูก โดยใช้น้ำและสารอาหารทั้งหมดเท่าที่พืชต้องการ ระบบสามารถหมุนเวียนสารอาหารกลับได้ (Re-circulating) จึงทำให้กระบวนการปลูกพืชดังกล่าวในระยะยาวช่วยลดต้นทุนสารเคมีต่างๆ ลงได้ ซึ่งเป็นข้อแตกต่างจากการใช้ดินในการปลูก (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2558) และยังมีการพัฒนารูปแบบการปลูกด้วยการนำแนวทางการปลูกในสภาวะควบคุมสภาพแวดล้อม (Controlled Environment Agriculture, CEA) ซึ่งหมายถึงวิธีการปลูกพืชเพื่อให้พืชได้รับสารอาหารจากสารละลายธาตุอาหารที่พืชต้องการจากทางรากพืช โดยพืชที่ปลูกจะต้องปลูกลงบนวัสดุปลูกหรือไม่ต้องมีวัสดุปลูกก็ได้ รวมไปถึงการควบคุม อุณหภูมิ ความชื้นและปริมาณความเข้มแสงที่เหมาะสมสำหรับพืชแต่ละชนิดที่ทำการปลูกด้วยการควบคุมสภาพแวดล้อม (จารุกิตติ์ สายสิงห์ และ โกวิทย์ แสนพงษ์, 2563) สารละลายสำหรับการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ นอกจากการควบคุม ค่าความนำไฟฟ้า (EC) แล้วยังการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายให้มีความเหมาะสม สำหรับการปลูกพืช รวมถึงการควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนให้มีความเหมาะสมตามความต้องการพืชที่ปลูกในสภาวะควบคุมสภาพแวดล้อม (นพพล เชาวนกุล และคณะ, 2561) อ้างอิงถึง สุวรรณ ภู่เชย และคณะ (2563) ทำการควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนสำหรับการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ โดยกำหนดปัจจัยที่เหมาะสมของแสงอยู่ระหว่าง 1,100 ถึง 1,200 ลักซ์ ภายในโรงเรือนที่ซึ่งแสงอาทิตย์อาจมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ด้วยการเพิ่มแหล่งกำเนิดแสงนอกเหนือจากแสงอาทิตย์ที่สามารถช่วยเพิ่มความเข้มแสงหรือความสว่างภายในโรงเรือนหรือพื้นที่เพาะปลูกได้

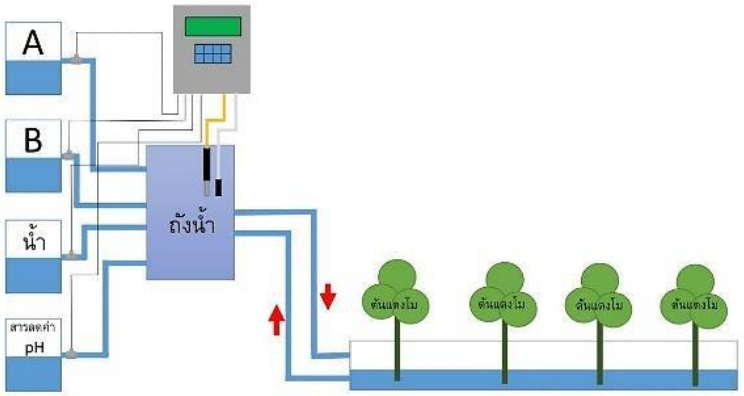
ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาแนวทางการปลูกแตงโมในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำวนที่สังเคราะห์แสงอาทิตย์เทียม โดยการศึกษาการควบคุม ค่าความนำไฟฟ้า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของสารละลาย และแสงเทียมให้มีความเหมาะสมตามความต้องการพืช เพื่อการพัฒนาระบบไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำวนที่สังเคราะห์แสงอาทิตย์เทียม ในเชิงพานิชย์ ช่วยลดต้นทุนการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ (เขมิกา เกลี้ยงไธสง และ กฤตติกา แสนโภชน์, 2564) สำหรับเกษตรกรสามารถทำผลผลิตนอกฤดู ลดปัญหาพื้นที่ที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ สภาพ

อากาศที่แปรปรวนอันก่อให้เกิดศัตรูพืช และก่อให้เกิดผลผลิตที่ด้อยคุณภาพ ไม่สม่ำเสมอ อันส่งผลโดยตรงต่อราคาของผลผลิตโดยตรง

วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีแนวคิดการดำเนินงานวิจัยของระบบไฮโดรโปนิกส์น้ำวนสำหรับแตงโม ที่สังเคราะห์แสงอาทิตย์เทียม ทำการปลูกในโรงเรือนขนาด 5 x 6 เมตร เปรียบเทียบแปลงที่ 1 รับแสงเทียมร่วมกับแสงธรรมชาติ และแปลงที่ 2 รับเพียงแสงธรรมชาติ โดยมีวิธีดำเนินงานโดยใช้ระบบควบคุมค่า EC และ pH ร่วมกันทั้ง 2 แปลงปลูกดังนี้

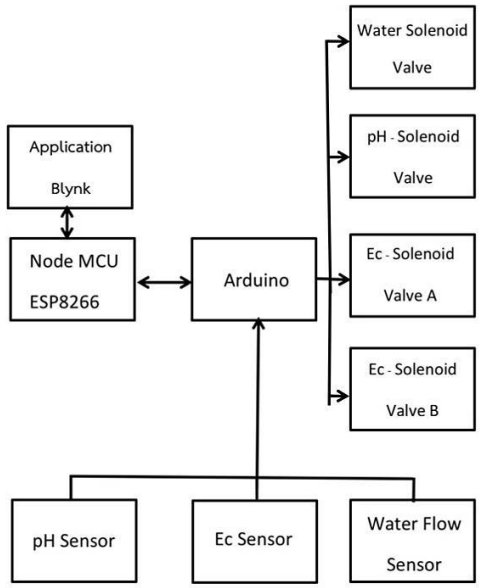
การปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำบาง (Nutrient Film Technique: NFT) เป็นการปลูกพืชโดยให้รากพืชแช่อยู่ในน้ำโดยตรง โดยจะมีปั๊มดูดสารละลายให้ไหลผ่านราง และรากพืช และเวียนกลับมายังถังเก็บสารละลาย ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำบาง

สารละลายที่ใช้จะประกอบไปด้วยแร่ธาตุอาหารต่างๆ ที่พืชต้องการ โดยทำการควบคุมความเข้มข้นของแร่ธาตุอาหาร และสภาพความเป็น กรด–ด่าง ให้เหมาะสมแก่การปลูกพืช (จารุกิตติ์ สายสิงห์ และ โกวิทย์ แสนพงษ์, 2563) ความเข้มข้นของสารละลายแร่ธาตุจะใช้ค่า EC เป็นเกณฑ์ในการวัดความเข้มข้นโดยค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 1.2-1.5 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร (mS/cm) และค่า pH จะใช้ค่าที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 5.5-6.5 (นพพล เชาวนกุล และคณะ, 2561)

การทำงานของระบบให้สารอาหารโดยแบ่งออกเป็น 2 ระบบย่อยคือ 1) ระบบตรวจสอบ และปรับค่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (EC) 2) ระบบตรวจสอบ และปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยมีกระบวนการปั๊มสารละลายผ่านอุปกรณ์สำหรับวัดค่า pH และค่า EC ตลอดระยะเวลาปลูก



รูปที่ 2 แสดงการออกแบบระบบควบคุมการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์

จากรูปที่ 2 แสดงการออกแบบระบบควบคุมการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ โดยสามารถเลือกกำหนดค่า pH ของสารละลายที่อยู่ในระบบให้เหมาะสมอยู่ที่ 5.5–6.5 ตลอดระยะเวลาการปลูก ค่า EC ของสารละลายอยู่ในช่วง 2.0–4.0 mS/cm ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สำหรับประเทศไทยจะใช้ค่า EC อยู่ในช่วง 1.5–2.5 mS/cm ซึ่งจะเหมาะสมกับพืชท้องถิ่นภายในประเทศ ในงานวิจัยนี้ทำการควบคุม EC ของสารอาหารให้แตกต่างตามช่วงการเจริญเติบโตของพืช ดังนี้

ช่วงที่ 1 วันที่ 1–7 วัน ควบคุมค่า EC 0.50–1.00 mS/cm
ช่วงที่ 2 วันที่ 8–14 วัน ควบคุมค่า EC 1.10–1.60 mS/cm
ช่วงที่ 3 วันที่ 15–60 วัน ควบคุมค่า EC 1.70–2.40 mS/cm

ตารางที่ 1 pH และ EC สำหรับการปลูกพืชแต่ละชนิด

ที่	ชนิดของพืช	ค่า pH	ค่า EC
1	แตงกวา	5.5 – 6.0	1.0 – 2.5
2	แตงโม	5.8 – 6.2	1.7 – 2.5
3	มะเขือเทศ	5.5 – 6.5	2.0 – 5.0
4	เมล่อน	5.5 – 6.0	2.0 – 2.5
5	สับปะรด	5.5 – 6.0	2.0 – 2.4

ที่มา: ดิเรก ทองอร่าม (2550)

จากตารางที่ 1 แสดงค่า pH และ EC สำหรับการปลูกพืชแต่ละชนิด ในการทดลองทำการลดค่า และการเพิ่มค่า EC และ pH ระบบปรับค่า EC โดยเริ่มจากการรับค่าที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจวัด (Sensor) อุปกรณ์ประมวลผลทำการหาค่าเฉลี่ย ถ้าค่าที่ได้มีค่ามากกว่า 1.2 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ระบบจะไม่ทำการคำนวณหาปริมาณปุ๋ยแต่จะออกไปตรวจสอบค่า pH ทันที แต่ถ้ามีค่าน้อยกว่า 1.2 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ระบบจะคำนวณหาปริมาณปุ๋ยที่ต้องใช้ (ดิเรก ทองอร่าม, 2550) โดยสมการเติมสารละลาย A และ B คือ

$$= \frac{\text{สารละลาย } \mathbf{A} \text{ และ } \mathbf{B} \text{ ที่เติม} \times \text{ค่า } \mathbf{Ec} \text{ ที่กำหนด}}{\text{ค่าเฉลี่ยของสารที่วัดได้}} \quad (1)$$

และจะได้สมการการเติมน้ำลดค่า EC คือ

$$= \frac{\text{น้ำลดความเป็นกรด-ด่าง} \times \text{ค่า } \mathbf{Ec} \text{ ที่กำหนด}}{\text{ค่าเฉลี่ยของสารที่วัดได้}} \quad (2)$$

เมื่อระบบทำการปรับปรุงค่า EC แล้วเสร็จ ระบบจะทำการตรวจสอบค่า pH ต่อไป โดยระบบจะปรับค่า pH ของสารละลายให้มีค่าอยู่ระหว่าง 5.5–6.0 โดยเริ่มจากการรับค่าที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจวัด อุปกรณ์ประมวลผลทำการหาค่าเฉลี่ย เริ่มจากการเก็บค่าที่ได้จากเซนเซอร์แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย เมื่อได้ ค่าเฉลี่ยแล้วจะนำค่าเฉลี่ยมาตรวจสอบว่ามีมากกว่า 6.50 หรือไม่ ถ้าค่าเฉลี่ยมีค่ามากกว่า 6.50 จะทำการปรับปรุงค่า pH โดยการปรับเพิ่มค่า pH จะใช้สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นตัวปรับค่าน้ำในถังสารละลายจากกรดจัดให้กลับมาอยู่เป็นสภาพกรดอ่อนๆ หรือกลาง ในส่วนการปรับลดค่า pH จะใช้สารละลายกรด

ไนตริกเจือจาง 6.8% เป็นตัวปรับค่าน้ำในถังสารละลายจากเบสจัดให้กลับมาอยู่เป็นสภาพเบสอ่อนๆ หรือกลาง จะได้สมการการเติมสารละลายเพิ่มค่า pH คือ

$$= \frac{\text{สารละลายเพิ่มค่า pH ที่เติม} \times \text{ค่า pH ที่กำหนด}}{\text{ค่าเฉลี่ยของสารที่วัดได้}} \quad (3)$$

และจะได้สมการการเติมสารลดค่า pH คือ

$$= \frac{\text{สารละลายลดค่า pH ที่เติม} \times \text{ค่า pH ที่กำหนด}}{\text{ค่าเฉลี่ยของสารที่วัดได้}} \quad (4)$$

ระบบจะทำการหาค่าปริมาณการส่องสว่างโดยการใช้เส้นโค้งการกระจายกำลังการส่องสว่างของดวงโคมไฟฟ้าในการทดลองใช้หลอดแอลอีดี ฟูลสเปคตรัม (Full Spectrum) 6 ดวง ขนาด 250 วัตต์ สามารถปรับความเข้มแสงได้ วางตามแนวยาวห่างกัน 2 เมตร สำหรับแปลงทดสอบที่ 1 และใช้อุปกรณ์ตรวจวัดแสงจำนวน 14 ตัว จากสูตรการคำนวณแบบจุดต่อจุด (ยิ่งสวัสดิ์ ไชยะกุล, 2563)

$$E = \frac{I_1}{H^2} \quad (5)$$

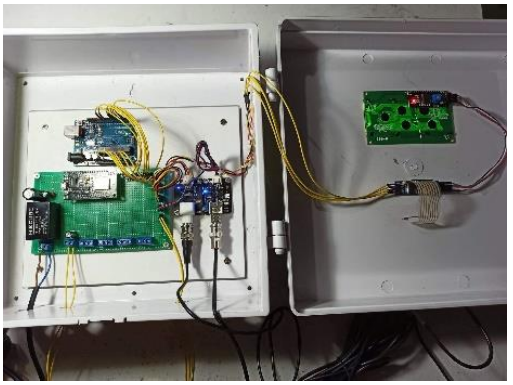
เมื่อ E คือ ความส่องสว่างในแนวตั้งฉากกับแสงจากดวงโคม (ลักซ์, ฟุตแคนเดล)
I_1 คือ ความเข้มแสงในแนวตั้งฉาก (แคนเดลา)
H คือ ความสูงดวงโคมในแนวดิ่งไปยังพื้นงาน (เมตร, ฟุต)

จากสมการการคำนวณหาค่าปริมาณการส่องสว่างแบบจุดต่อจุด ซึ่งใช้คำนวณหาปริมาณของแสงที่ให้แก่แตงโม โดยค่าที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดมีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าจากเครื่องวัดแสงหรือลักซ์มิเตอร์ที่ 180 ลักซ์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

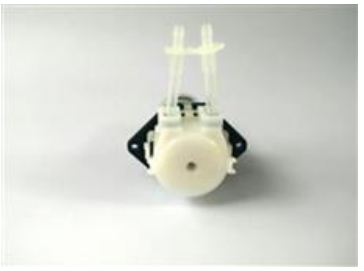
ระบบให้สารอาหารแก่พืชไฮโดรโปรนิกส์แบบน้ำวน ออกแบบให้แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ระบบย่อย คือระบบปรับค่า EC และระบบปรับค่า pH โดยระบบที่หนึ่งจะทำงานให้เสร็จก่อน ระบบที่สองจึงจะทำงานต่อเนื่อง เหตุที่ต้องทำระบบที่หนึ่งก่อนเพราะการปรับค่า EC จะมีผลทำให้ค่า pH ลดลงตามไปด้วยระบบปรับค่า EC มีส่วนควบคุมการทำงาน

ตามรูปที่ 3 รับค่าความเข้มข้นของสารอาหารและค่าความเป็น กรด-ด่าง ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัด รูปที่ 4(ก), (ค) ระบบจะทำการประมวลผลแล้วสั่งให้ปั๊มในรูปที่ 4(ข) จ่ายธาตุอาหารที่คำนวณได้เพื่อปรับค่า ความเข้มข้นของสารละลาย



รูปที่ 3 ชุดประมวลผลระบบไฮโดรโปนิกส์น้ำวนสำหรับแตงโมที่สังเคราะห์แสงอาทิตย์เทียม

(ก)



(ข)

(ค)

รูปที่ 4 (ก) เซนเซอร์วัดค่าความนำไฟฟ้า (ข) ปั๊มน้ำขนาดเล็ก
(ค) เซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

รูปที่ 5 ตัวอย่างการเก็บข้อมูล

จากรูปที่ 5 ระบบประมวลผลสามารถแสดงค่า EC, ค่า pH, ระยะเวลาการปลูก และค่าอัตราการไหลของสารละลายในแปลงปลูก

1. ผลการทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัด

1.1 การทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความเป็น กรด-ด่าง

ทำการทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดค่า pH ด้วยการทดลองเติมสารละลายลดและเพิ่มค่าความเป็น กรด-ด่าง ครั้งละ 100 ml ในถังขนาด 50 ลิตร สำหรับแปลงปลูกแตงโมระบบไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำวน ผลที่ได้ตามตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ผลการทดลองเติมสารละลาย ลดค่าความเป็น กรด-ด่าง

ที่	ปริมาณสารละลายลด pH	ค่า pH
1	100 ml	1.67
2	100 ml	1.6
3	100ml	1.65
4	100 ml	1.66
5	100 ml	1.62
	ค่าเฉลี่ย	1.64

จากตารางที่ 2 นำค่า pH ที่ได้จากการเติมสารละลายนำมาหาค่าเฉลี่ยแทนค่าในสมการที่ 4 จะได้

$$= \frac{\text{สารละลายลดค่า pH ที่เติม} \times \text{ค่า pH ที่กำหนด}}{\text{ค่าเฉลี่ยของสารที่วัดได้}}$$

แทนค่าในสมการ

$$= \frac{100 \times 1}{1.64}$$

$$= 60.97 \text{ ml}$$

ถ้าต้องการให้ค่า pH ลดลง 1.00 หน่วย ให้เติมสารลดค่า pH 60.97 ml

ตารางที่ 3 ผลการทดลองเติมสารละลาย ลดค่าความเป็น กรด-ด่าง

ที่	ปริมาณสารละลายเพิ่ม pH	ค่า pH
1	100 ml	0.19
2	100 ml	0.21
3	100ml	0.18
4	100 ml	0.19
5	100 ml	0.18
	ค่าเฉลี่ย	0.19

จากตารางที่ 3 นำค่าความเป็น กรด-ด่าง ที่ได้จากการเติมสารละลายนำมาหาค่าเฉลี่ยแทนค่าในสมการที่ 3 จะได้

$$= \frac{\text{สารละลายเพิ่มค่า pH ที่เติม} \times \text{ค่า pH ที่กำหนด}}{\text{ค่าเฉลี่ยของสารที่วัดได้}}$$

แทนค่าในสมการ

$$= \frac{100 \times 1}{0.19}$$

$$= 526.31 \text{ ml}$$

ถ้าต้องการให้ค่า pH เพิ่มขึ้น 1.00 หน่วย ให้เติมสารเพิ่มค่า pH 526.31 ml

1.2 การทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความเข้มข้นสารละลาย

ทำการทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความ EC ด้วยการ ทดลองเติมสารละลายลดและเพิ่มค่า EC ครั้งละ 100 ml ในถังขนาด 50 ลิตร ผลที่ได้ตามตารางที่ 4 และตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ผลการทดลองเติมสารละลาย เพิ่มค่าความเข้มข้นของสารละลาย

ที่	ปริมาณสาร A	ปริมาณสาร B	ค่า EC
1	60ml	40ml	0.36
2	60ml	40ml	0.38
3	60ml	40ml	0.35
4	60ml	40ml	0.32
5	60ml	40ml	0.39
	ค่าเฉลี่ย		0.36

จากตารางที่ 4 นำค่า EC ที่ได้จากการเติมสารละลายนำมาหาค่าเฉลี่ยแทนค่าในสมการที่ 1 จะได้

$$= \frac{\text{สารละลาย A และ B ที่เติม} \times \text{ค่า EC ที่กำหนด}}{\text{ค่าเฉลี่ยของสารที่วัดได้}}$$

แทนค่าในสมการ

$$= \frac{100 \times 1}{0.36}$$

$$= 277.77 \text{ ml}$$

ถ้าต้องการให้ค่า EC เพิ่มขึ้น 1.00 mS/cm ให้เติมสารละลาย A และ B เท่ากับ 277.77 ml

ตารางที่ 5 ผลการทดลองเติมสารละลาย ลดค่าความเข้มข้นของสารละลาย

ที่	ปริมาณสารละลายลดค่า EC	ค่า EC
1	100 ml	0.16
2	100 ml	0.16
3	100 ml	0.19
4	100 ml	0.13
5	100 ml	0.15
	ค่าเฉลี่ย	0.158

จากตารางที่ 5 นำค่า EC ที่ได้จากการเติมสารละลายนำมาหาค่าเฉลี่ยแทนค่าในสมการที่ 2 จะได้

$$= \frac{\text{สารละลายลด EC} \times \text{ค่า EC ที่กำหนด}}{\text{ค่าเฉลี่ยของสารที่วัดได้}}$$

แทนค่าในสมการจะได้ ดังนี้

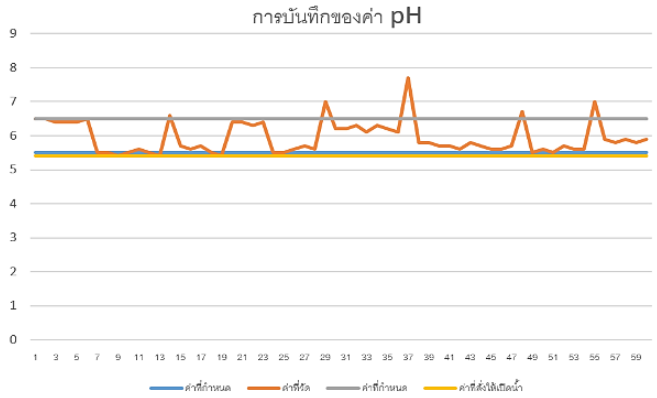
$$= \frac{100 \times 1}{0.158}$$

$$= 3{,}417.72 \text{ ml}$$

ถ้าต้องการให้ค่า EC ลดลง 1.00 mS/cm ให้เติมน้ำ 3,417.72 ml

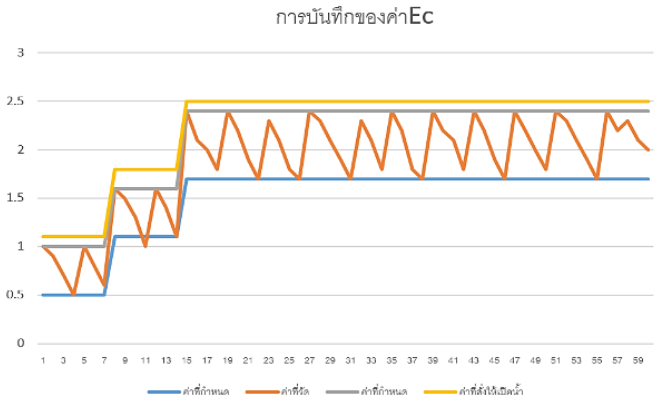
1.3 ผลการทดลองการเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์

ทำการบันทึกข้อมูลออกเป็น 3 ช่วง เมื่อต้นแตงโมมีอายุ 1–7 , 8-14, และ 15–60 วัน หลังเพาะเมล็ด ทำการบันทึกผลการทดลองระบบการควบคุมค่า EC และค่า pH



รูปที่ 6 ค่าความเป็น กรด-ด่าง ตลอดช่วงการปลูกแตงโม

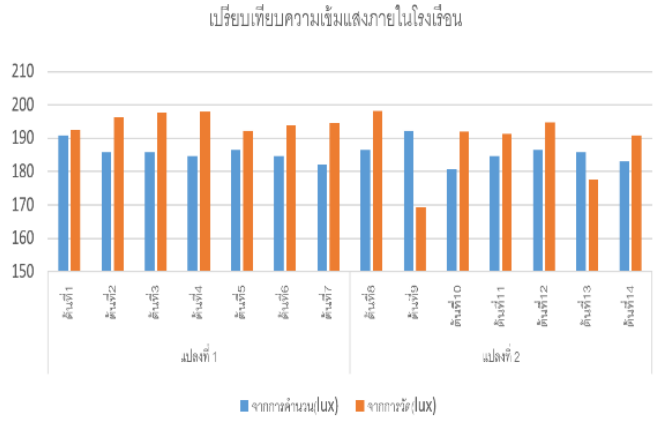
จากรูปที่ 6 แสดงค่า pH ที่ได้จากการวัดในระบบควบคุมค่า pH ตลอดช่วงการปลูกเป็นเวลา 60 วัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า pH อยู่ในจะอยู่ในช่วงที่กำหนด คือ ค่า pH จะอยู่ที่ 5.5–6.5 โดยพบความผิดพลาดที่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไข เนื่องจากระบบควบคุมทำงานผิดพลาด ต้องทำการรีเซ็ตระบบจึงสามารถทำให้เข้าสู่การควบคุมปกติได้



รูปที่ 7 ค่าความเข้มข้นของสารละลาย ตลอดช่วงการปลูกแตงโม

จากรูปที่ 7 จะแสดงค่า EC ที่ได้จากการวัดในระบบควบคุมค่า EC ตลอดช่วงการปลูกเป็นเวลา 60 วัน โดยแบ่งช่วงการควบคุมความเข้มข้นของสารละลาย 3 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 จะทำการให้ค่า EC ที่ 0.5–1.0 mS/cm ช่วงที่ 2 จะทำการให้ค่า EC ที่ 1.1–1.6 mS/cm ช่วงที่ 3 จะทำการให้ค่า EC ที่ 1.7–2.4 mS/cm พบว่าการควบคุมค่า EC สามารถควบคุมอยู่ในช่วงที่กำหนดได้

การควบคุมค่าความเข้มแสง โดยการออกแบบโดยใช้ดวงโคมจำนวน 6 ดวง ขนาด 250 วัตต์ สามารถปรับความเข้มแสงได้ และใช้อุปกรณ์ตรวจวัดแสงจำนวน 14 ตัว กำหนดตำแหน่งความสูงตามยอดต้นแตงโมที่ทำการทดลอง ผลที่ได้ตามรูปที่ 8



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบความเข้มแสงภายในโรงเรือน

จากรูปที่ 8 แสดงผลที่ได้จากการทดลอง โดยออกแบบให้มีค่าความเข้มแสงที่มากกว่า 180 ลักซ์ ที่ได้การคำนวณนำค่าเฉลี่ยจากการคำนวณแทนค่าในสมการที่ 5 หาค่าความสูงของตำแหน่งดวงโคม ทำการวัดค่าจากอุปกรณ์ตรวจวัด แสดงผลเป็นความเข้มแสงในแต่ละตำแหน่ง พบว่าค่าที่ได้มีค่าเฉลี่ยในแปลงปลูกแตงโม มีค่าเป็นไปตามที่ออกแบบไว้คือ ไม่ต่ำกว่า 1,800 ลักซ์ การเจริญเติบโตแปลงที่ 1 ที่ควบคุมปริมาณความเข้มแสงไม่ต่ำกว่า 1,800 ลักซ์ จะมีการเจริญเติบโตดีกว่าแปลงที่ 2 ได้รับแสงจากธรรมชาติ

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาระบบควบคุมการให้สารอาหารสำหรับปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำวน ทำการควบคุมค่า EC แบ่งเป็น 3 ช่วง ช่วงที่ 1 วันที่ 1–7 วัน ควบคุมค่า EC=0.50–1.00 mS/cm, ช่วงที่ 2 วันที่ 8–14 วัน ควบคุมค่า EC=1.10–1.60 mS/cm และช่วงที่ 3 วันที่ 15–60 วัน ควบคุมค่า EC=1.70–2.40 mS/cm ระบบควบคุมสารละลายสามารถทำงานได้ดีตามเงื่อนไขที่กำหนด ในส่วนของการควบคุมค่า pH ของสารละลาย ได้กำหนดให้ระบบควบคุมทำการควบคุมค่า pH จะอยู่ที่ 5.5–6.5 ระบบควบคุมสามารถทำงานได้ตามที่กำหนด ด้วยการควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนสำหรับการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ โดยกำหนดปัจจัยที่เหมาะสมของแสงอยู่ระหว่าง 1,100 ถึง 1,200 ลักซ์ ภายในโรงเรือนที่ซึ่งแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ด้วยการเพิ่มแหล่งกำเนิดแสงที่ช่วยเพิ่มความเข้มแสงหรือความสว่างภายในโรงเรือนหรือพื้นที่เพาะปลูก ในงานวิจัยได้กำหนดความเข้มแสงอยู่ระหว่าง 1,700–1,900 ลักซ์ เป็นไปตามความต้องการของแตงโมโดยความเข้มแสงเฉลี่ยช่วงเวลา 10.00 น.–16.00 น. ความเข้มแสงเฉลี่ยที่ 1600 ลักซ์ จึงทำการทดสอบการให้แสงเทียมโดยแปลงที่ 1 กำหนดค่าความความเข้มแสงอยู่ที่ 1,800 ลักซ์ แปลงที่ 2 ปล่อยให้รับแสงจากธรรมชาติ ซึ่งระบบควบคุมความเข้มแสงในแปลงที่ 1 สามารถทำงานได้ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยใช้แสงเทียมร่วมกับแสงธรรมชาติได้ค่าความเข้มแสงไม่น้อยกว่า 1,800 ลักซ์ ซึ่งต้นแตงโมเมื่อได้รับแสงที่เพิ่มขึ้นจะช่วยให้ต้นแตงโมมีการเจริญเติบโตได้ดี

เอกสารอ้างอิง

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

เขมิกา เกลี้ยงไธสง และ กฤตติกา แสนโภชน์. (2564). แนวทางการลดต้นทุนการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ปลอดภัย ในพื้นที่จังหวัดอุดรธานี. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี*, *9*(2), 86-96.

จารุกิตติ์ สายสิงห์ และ โกวิทย์ แสนพงษ์. (2563). การพัฒนากระเช้าปลูกผักสลัดอัจฉริยะ. *วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ*, *6*(1), 38-47.

ดิเรก ทองอร่าม. (2550). *การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน : หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

นพพล เชาวนกุล, ก้องภพ ลาลุน และ ชนาธิป บุตรบุญ. (2561). ระบบควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิของสารอาหารอัตโนมัติสำหรับการปลูกผักวิธีไฮโดรโปนิกส์ผ่านแอพพลิเคชั่นแอนดรอยด์. *วารสารโครงงานวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ*, *4*(1), 67-72.

ยิ่งสวัสดิ์ ไชยะกุล. (2563). วิธีคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมนอย่างง่ายสำหรับโคมกระจายแสง. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*, *18*(1), 83-98.

สุวรรณ ภู่เชย, ธนโชติ ทับชาวนา, กิตติพงษ์ มาตรักชาติ และ เดือนแรม แพ่งเกี่ยว. (2563). ตู้ควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ด้วยแสงเทียมและเทคโนโลยีนาโนบับเบิ้ล. *วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม, 3*(2), 1-10.