

ระบบควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิของสารอาหารอัตโนมัติ
สำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ผ่านแอปพลิเคชันแอนดรอยด์

The Automatic Control System of PH and Temperature for Hydroponic
Vegetables via Android

นพพล เชาวนกุล^{1*}, ก้องภพ ลาลูน² และ ชนาธิป บุตรบุญ³

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
noppol.ch@bru.ac.th^{1*}, Kongpob.la@bru.ac.th², chanatip.but@bru.ac.th³

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาระบบควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิของสารอาหารอัตโนมัติ สำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ผ่านแอปพลิเคชันแอนดรอยด์ ฮาร์ดแวร์ออกแบบโดยเลือกใช้บอร์ด Arduino ในการเขียนโปรแกรม ส่วนของการควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง จะใช้เซนเซอร์ตรวจวัดความเป็น กรด-ด่าง (Analog pH Meter Pro) ในการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำที่มีธาตุอาหารละลายอยู่ เมื่อเซนเซอร์ตรวจพบค่าสารละลายธาตุอาหารมีค่าเป็นกรด ระบบจะสั่งให้รีเลย์เปิดสวิตซ์ให้โซลินอยด์วาล์วเพิ่มค่าความเป็นด่างทำงาน เพื่อปรับค่าให้เป็นกลาง และเมื่อพบว่า สารละลายธาตุอาหารมีค่าเป็นด่าง ระบบจะสั่งให้รีเลย์เปิดสวิตซ์ให้โซลินอยด์วาล์วเพิ่มค่าความเป็นกรดทำงาน เพื่อปรับค่าให้เป็นกลาง ส่วนของการควบคุมอุณหภูมิจะใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (ไอซีดิจิตอลเบอร์ DS18B20) ในการตรวจวัดค่าอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิเกิน 30 องศา ระบบจะสั่งให้รีเลย์เปิดสวิตซ์ให้ปั้มน้ำพ่นหมอกทำงานเพื่อลดอุณหภูมิ เพื่อให้เหมาะสมกับความ ต้องการของผักไฮโดรโปนิกส์

ผลการวิจัยพบว่าระบบสามารถตรวจสอบค่าจากเซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ อีกทั้งยังสามารถ ควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์วและปั้มน้ำพ่นหมอกได้ ซึ่งจะช่วยในการอำนวยความสะดวกของผู้ปลูกได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: ไฮโดรโปนิกส์, แอนดรอยด์, กรด-ด่าง, อุณหภูมิ, สารอาหาร

Abstract

The purposes of the research were to develop The Automatic Control System of The PH and Temperature for Hydroponic Vegetables via Android. The hardware system is designed using the Arduino board for programming. and PH control Use Analog pH Meter Pro sensors to measure the pH of water with soluble elements. When the sensor detects the nutrient solution is Acidic the system instructs the relay to switch on the solenoid valve to increase the Alkalinity for adjusted to neutral. And when the sensor detects the nutrient solution is Alkalinity the system instructs the relay to switch on the solenoid valve to increase the Acidic for adjusted to neutral. And use a temperature sensor (Digital IC DS18B20) for temperature measurement When the temperature exceeds 30 degrees, the system switches on relay the mist spray pump to work for Lower temperature to balance the needs of hydroponics vegetables.

The research findings showed that the system can checking pH sensor and temperature and control the operation of solenoid valves and mist spray pumps to help facilities of the growers very well.

Keywords: Hydroponic, PH, Temperature, Android, Nutrition

บทนำ

การปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์ คือการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เป็นวิธีการใหม่ในการปลูกพืช โดยเฉพาะการปลูกผักและพืชที่ใช้เป็นอาหาร เนื่องจากประหยัดพื้นที่ ใช้เวลาในการปลูกน้อยกว่าพืชในดินและไม่ปนเปื้อนกับสารเคมีต่าง ๆ ในดินทำให้ได้พืชผักที่สะอาด สำหรับการปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์เป็นธุรกิจที่กำลังนิยมอย่างมาก โดยการปลูกจะต้องมีการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยมิเตอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่างเพื่อปรับค่าให้ตรงตามความต้องการของผัก และมีการพ่นหมอกลดอุณหภูมิเป็นเวลา ซึ่งจากปัญหาที่ผู้ปลูกพบจากการปลูกคือ ผู้ปลูกไม่มีเวลาและไม่มีการควบคุมดูแลพืชอย่างสม่ำเสมอจึงทำให้พืชเจริญเติบโตช้าหรือตาย ปัญหาการควบคุมสภาพอากาศในการปลูก ซึ่งถ้าพืชได้รับอุณหภูมิสูงมากเกินไปจะทำให้พืชเป็นโรครากเน่าได้ และปัญหาการควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง เพราะว่าพืชแต่ละชนิดมีความต้องการค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่างกัน ซึ่งโดยธรรมชาติน้ำที่มีความเป็นกรดอ่อนๆจะทำให้ธาตุอาหารพืชละลายตัวได้ดี แต่ถ้าหากน้ำที่ใช้ผสมธาตุอาหารพืชมีความเป็นด่างสูงจะทำให้ธาตุอาหารพืชตกตะกอนจนพืชไม่สามารถดูดซึมไปใช้งานได้

จากปัญหาข้างต้นทางผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดแก้ปัญหาโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เพื่อควบคุมเซ็นเซอร์การทำงานอุปกรณ์ต่าง ๆ แบบอัตโนมัติ ได้แก่ การควบคุมค่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อ เซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (Analog pH meter) ตรวจวัดค่าแล้วได้ค่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง สูงหรือต่ำกว่าที่กำหนดก็จะไปสั่งงานให้โซลินอยด์ วาล์วทำงานเพื่อปล่อยสารที่สามารถเพิ่มหรือลดค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้เป็นกลาง ส่วนการควบคุมอุณหภูมิ เมื่อเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิได้สูงกว่ากำหนด ก็จะไปสั่งงานให้ปั๊มน้ำพ่นหมอกทำงานเพื่อลดอุณหภูมิของสารอาหารและพืช นอกจากนี้ยังสามารถสั่งการทำงานของระบบผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) ได้

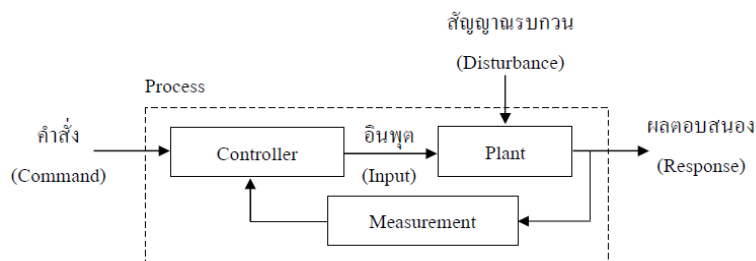
1. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิในสารอาหารอัตโนมัติผ่านแอปพลิเคชันแอนดรอยด์

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบควบคุมแบบวงปิด (Close loop control system)

ระบบควบคุมแบบวงปิดเป็นระบบควบคุมที่มีการป้อนกลับ (Feedback) โดยนำเอาเอาต์พุตมาเปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุต ความแตกต่างที่เกิดขึ้นจะถือเป็นความผิดพลาด เพื่อเอาสัญญาณนี้ป้อนเข้าระบบแล้วตัวควบคุมจะนำไปสร้างสัญญาณควบคุมใหม่ เพื่อลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับระบบ



ภาพที่ 1 ระบบควบคุมแบบวงปิด

ที่มา <http://fivedots.coe.psu.ac.th>

ลักษณะทั่วไปของระบบควบคุมแบบวงปิด ตัวควบคุม(Controller) จะทำการเปรียบเทียบสัญญาณอ้างอิงหรือคำสั่ง (Referent or Command) กับสัญญาณเอาต์พุตหรือผลตอบสนอง (Output or Response) ที่ป้อนกลับมาโดยตัวตรวจจับ (Measurement or Sensor) แล้วนำไปสร้างสัญญาณป้อนหรืออินพุต (Input) ให้กับสิ่งที่ต้องการควบคุม (System under controlled or Plant) เพื่อที่จะให้ผลผลิตเอาต์พุตหรือผลตอบสนองให้ไปทำตามสัญญาณอ้างอิงที่ต้องการ (Command or Reference)

ระบบควบคุมแบบวงปิดอาจจะเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control System) ระบบนี้เป็นระบบควบคุมที่พยายามรักษาเอาต์พุตให้ได้ตามต้องการ โดยการนำเอาสัญญาณเอาต์พุตมาเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิงที่ต้องการ แล้วนำค่าความแตกต่างไปใช้ในการควบคุมสัญญาณป้อนให้กับสิ่งที่ต้องการควบคุม

2.2 App Inventor

โปรแกรม App Inventor ช่วยให้สามารถพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับโทรศัพท์ระบบปฏิบัติการ Android ซึ่งทำผ่านการใช้เว็บเบราว์เซอร์และทดสอบบนโทรศัพท์ที่เชื่อมต่ออยู่กับคอมพิวเตอร์หรือทดสอบบนโทรศัพท์จำลองบนเครื่องคอมพิวเตอร์ โปรแกรมที่สร้างทั้งหมดจะถูกจัดเก็บไว้บนเซิร์ฟเวอร์ App Inventor ซึ่งช่วยให้สามารถพัฒนางานต่อที่เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องใดก็ได้ เพียงแค่ได้มีการเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตไว้เท่านั้น การสร้างแอปพลิเคชันจะแบ่งการทำงาน

ออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนออกแบบ (App Inventor Designer) ที่จะให้เราเลือกคอมโพเนนท์ ที่ต้องการสำหรับที่จะให้สร้าง แอปพลิเคชัน ส่วนที่สองเป็นส่วนการเขียนโค้ด (App Inventor Blocks Editor) ที่ให้เราเขียนโค้ดด้วยการต่อบล็อกเข้าด้วยกันเป็นคำสั่ง ซึ่งจะเป็นการกำหนดพฤติกรรมหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับคอมโพเนนท์ การเขียนโปรแกรมจะเสมือนการต่อชิ้นส่วนตัวต่อจิ๊กซอว์เข้าด้วยกัน ในแต่ละขั้นตอนการสร้างจะสามารถทำการทดสอบได้ทุกขณะ และเมื่อสร้างเสร็จสมบูรณ์แล้วจะสามารถแพ็คเกจแอปพลิเคชันเพื่อนำไปใช้งานบนโทรศัพท์ระบบปฏิบัติการ Android เครื่องใดก็ได้ หรือหากไม่มีโทรศัพท์ระบบปฏิบัติการ Android ก็สามารถที่จะทดสอบได้บนโทรศัพท์จำลองที่ทำงานอยู่บนคอมพิวเตอร์ซึ่งจะมีลักษณะการทำงานเหมือนโทรศัพท์จริงทุกประการ สภาพแวดล้อมในการพัฒนาด้วยโปรแกรม App Inventor นั้น สนับสนุนระบบปฏิบัติการที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นระบบปฏิบัติการ Mac OS X, GNU, Linux และระบบปฏิบัติการ Windows และแอปพลิเคชันที่สร้างขึ้นนั้นสามารถติดตั้งและทำงานได้บนโทรศัพท์ระบบปฏิบัติการ Android หลากหลายรุ่นที่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิของสารอาหารสำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์อัตโนมัติผ่านแอปพลิเคชันแอนดรอยด์ ได้พบว่า ถวัลย์ศักดิ์ เผ่าสังข์ และ บัญญัติ เศรษฐรัฐิติ [1] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการลดอุณหภูมิของสารละลายในผักไฮโดรโปนิคส์โดยได้การเปรียบเทียบระหว่างหอทำน้ำเย็นและระบบพ่นหมอก จากการศึกษาพบว่า ธัชกร อ่อนบุญเอื้อ และ กุลวดี เถนว่อง [2] ได้ทำการศึกษาการทำงานของระบบควบคุมสารละลายอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์ ผลการศึกษาพบว่าระบบควบคุมความเข้มข้นของสารละลายการปลูกพืช ไฮโดรโปนิคส์สามารถวัดค่าความเข้มข้นของสารละลายได้และวัดค่าความเป็นกรด-ด่างได้ ซึ่งครอบคลุมตามเกณฑ์ที่กำหนดจากความต้องการสารอาหารของพืชสำหรับการเจริญเติบโต ซึ่งได้มีความเกี่ยวข้องกับ วรากร สังข์กระแสนร์, ธรรมชาติ กลิ่นเกษร และ เสกสรรค์ มธุลาภรังสรรค์ [3] ที่ได้เพิ่มระบบควบคุมอุณหภูมิ แสง และความชื้นเข้ามา และ เมธี ปัญญาภรณ์ [4] ได้ทำการสร้างชุดควบคุมการเปิด-ปิดน้ำโดยสั่งการผ่านสมาร์ตโฟนที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์พบว่า อุปกรณ์รดน้ำต้นไม้ควบคุมด้วยสมาร์ตโฟนด้วยการสื่อสารผ่านแลนไร้สาย สามารถส่งคำสั่งเปิด-ปิดน้ำโดยการส่งคำสั่งผ่านอินเทอร์เน็ต สามารถส่งข้อมูลสถานะต่าง ๆ ของอุปกรณ์มาแสดงที่หน้าโปรแกรมประยุกต์ได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

ส่วนของแอปพลิเคชันที่ใช้ระบบแอนดรอยด์ควบคุมการทำงานของบอร์ด Arduino ป้อนน้ำพ่นหมอกและ โซลินอยด์ วาล์ว โดยโปรแกรมจะติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ผ่านทางเครือข่าย (Local Area Network) มีรายละเอียดดังนี้

1) ระบบควบคุมการทำงาน

- 1.1) สามารถเปิด-ปิดการทำงานแบบอัตโนมัติได้
- 1.2) สามารถเปิด-ปิด การทำงานของโซลินอยด์วาล์วได้
- 1.3) สามารถเปิด-ปิด การทำงานของปั้มน้ำได้

2) ระบบแสดงข้อมูล มีการแสดงข้อมูลอยู่ 2 รูปแบบ ดังนี้

- 2.1) แสดงข้อมูลตัวเลข
 - สามารถดูข้อมูลค่าความเป็นกรด-ด่าง ณ ปัจจุบันได้
 - สามารถดูข้อมูลอุณหภูมิ ณ ปัจจุบันได้
- 2.2) แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงแบบกราฟเส้น
 - สามารถดูค่าความเป็นกรด-ด่าง แบบกราฟเส้นได้
 - สามารถดูอุณหภูมิ แบบกราฟเส้นได้

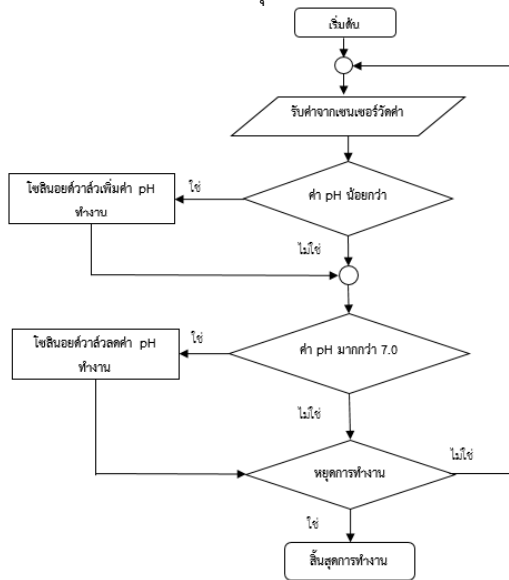
2. เครื่องมือการวิจัย

ระบบควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิของสารอาหารอัตโนมัติสำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ผ่านแอปพลิเคชันแอนดรอยด์

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาระบบ

ระบบควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิของสารอาหารอัตโนมัติสำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ผ่านแอปพลิเคชันแอนดรอยด์ เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นภายใต้แนวคิดที่ต้องการให้ผู้ใช้งานได้ใช้ระบบควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิของสารอาหารที่ใช้งานได้จริงและราคาไม่สูงมากนัก การทำงานส่วนของระบบควบคุมอุณหภูมิ การทำงานของส่วนนี้ เริ่มต้น Arduino จะรับค่าจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Ds18b20) เมื่อพบว่าค่าอุณหภูมิสูงกว่า 30 องศา หรือใช้ Arduino จะสั่งให้รีเลย์เปิดสวิตซ์ให้ปั้มน้ำพ่นหมอกทำงานเพื่อลดอุณหภูมิให้ได้ตามที่กำหนดไว้ แต่ถ้าไม่ใช่ จะไปส่วนของหยุดการทำงาน ในส่วนของหยุดการทำงานหากเป็นใช่ ระบบจะสิ้นสุดการทำงาน แต่ถ้าไม่ใช่จะวนไปเริ่มต้นทำงานใหม่อีกครั้ง



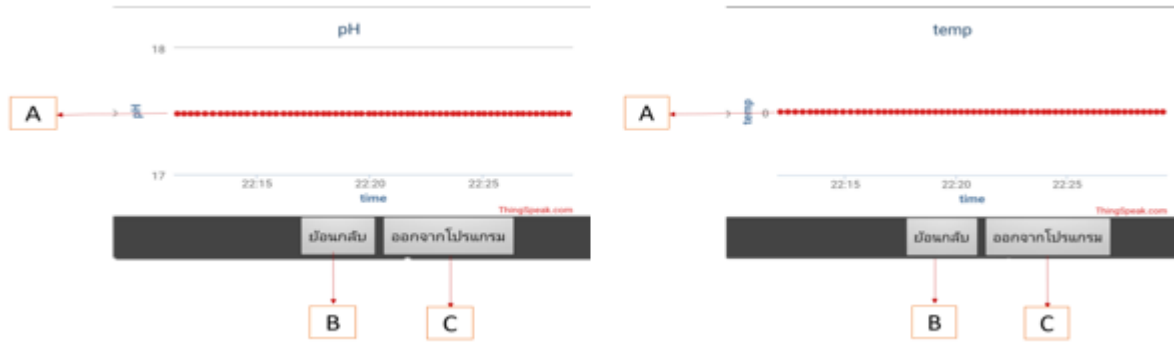
ภาพที่ 2 Flow Chart การทำงานส่วนของระบบควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

การทำงานของระบบควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง การทำงานของส่วนนี้ เริ่มต้นรับค่าจากเซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) แล้วตรวจสอบค่า เมื่อค่า pH น้อยกว่า 6.0 หรือเป็นใช่ Arduino จะสั่งให้รีเลย์เปิดสวิตซ์ให้โซลินอยด์วาล์วเพิ่มค่า pHทำงานเพื่อปรับค่าให้เป็นกลาง แต่ถ้าไม่ใช่จะไปตรวจสอบค่าต่อไป ต่อมาเมื่อค่า pH มากกว่า 0.7 หรือเป็นใช่ Arduino จะสั่งให้รีเลย์เปิดสวิตซ์ให้โซลินอยด์วาล์วลดค่า pH ทำงานเพื่อปรับค่าให้เป็นกลาง แต่ถ้าไม่ใช่จะไปยังส่วนหยุดการทำงานของระบบ ในส่วนหยุดการทำงานของระบบหากเป็นใช่ จะสิ้นสุดการทำงานทันทีหากเป็นไม่ใช่ ระบบก็จะวนไปเริ่มต้นใหม่ ส่วนควบคุมผ่านแอปพลิเคชันแบ่งการใช้งานออกเป็นหน้าต่างหลักและหน้าต่างย่อย แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 หน้าหลักของแอปพลิเคชัน

โปรแกรมมีการรายงานค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ แสดงผลในรูปแบบกราฟ ซึ่งในหน้าจอนี้จะประกอบไปด้วย กราฟเส้น ปุ่มย้อนกลับ และปุ่มออกจากโปรแกรม



(ก) หน้าจอแสดงกราฟของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

(ข) หน้าจอแสดงกราฟของอุณหภูมิ

ภาพที่ 4 หน้าจอแสดงผล

โดยตำแหน่ง A เป็นพื้นที่แสดงกราฟเส้น ตำแหน่ง B เป็นปุ่มย้อนกลับไปหน้าหลัก และตำแหน่ง C เป็นปุ่มปิดโปรแกรม

2. ผลการทดลองใช้ระบบ

ระบบควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในส่วนนี้จะเป็นการทดลองให้โซลินอยด์วาล์วทำงานตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้โดยแยกการทำงานแต่ละอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

2.1 โซลินอยด์วาล์วเพิ่มค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

การทดลองจะเติมสารลดค่าความเป็นกรด-ด่าง ลงในถังสารอาหารที่มีเซนเซอร์อยู่ให้ได้ค่าน้อยกว่า 6.0 ตามที่กำหนดไว้ จากนั้นโซลินอยด์วาล์วที่ใช้ในการเพิ่มค่าจะทำงานให้ค่าเป็นกลางตามเงื่อนไขที่กำหนด ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 โซลินอยด์วาล์วและท่อบรรจุสารปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

2.2 การลดอุณหภูมิ เมื่อเซนเซอร์อ่านค่ามากกว่า 30 องศาเซลเซียส ตามที่กำหนดไว้โซลินอยด์วาล์วจะทำงานให้ค่าเป็นกลางตามเงื่อนไขที่กำหนด

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาและการนำระบบควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิของสารอาหารอัตโนมัติสำหรับการปลูกผักไร้ไฮโดรโปนิคส์ผ่านแอปพลิเคชันแอนดรอยด์เข้าไปใช้ในการควบคุมในการดูแลผักไฮโดรโปนิคส์ ผลการทดลองพบว่าเมื่อเซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ตรวจสอบว่าสารละลายธาตุอาหารมีค่า pH น้อยกว่า 6.0 ระบบจะสั่งให้รีเลย์เปิดสวิตซ์ให้เพิ่มค่า pH และเมื่อตรวจค่า pH มากกว่า 7.0 ระบบจะสั่งให้รีเลย์เปิดสวิตซ์ให้โซลินอยด์วาล์วลดค่า pH ทำงานเพื่อปรับค่าให้เป็นกลางตามเงื่อนไขที่กำหนด สอดคล้องกับ เมธี ปัญญาวรรณ [4] ในส่วนของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เมื่อพบว่าค่าอุณหภูมิสูงกว่า 30 องศา ระบบจะสั่งให้รีเลย์เปิดสวิตซ์ให้ปั๊มน้ำพ่นหมอกทำงานเพื่อลดอุณหภูมิ สอดคล้องกับ วรากร สังข์กระเสร์ และคณะ [3] ในส่วนของซอฟต์แวร์ได้ทำการควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์วเพิ่มค่าความเป็นกรด-ด่างและปั๊มน้ำพ่นหมอก ในส่วนนี้ทำการทดลอง เปิด-ปิด อุปกรณ์ 10 ครั้งพบว่าอุปกรณ์สามารถทำงานได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะ

ชุดตรวจวัดค่า pH ควรเปลี่ยนไปใช้รุ่นที่สามารถทนน้ำได้ดี เพื่อเพิ่มอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น และควรเปลี่ยนจากน้ำปูนขาวไปใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์แทน เพื่อช่วยแก้ปัญหาการอุดตันของโซลินอยด์วาล์ว

เอกสารอ้างอิง

- [1] ถวัลย์ศักดิ์ เฝ้าสังข์ และ บุญญิตี เศรษฐฐิติ. (2556). การประยุกต์ใช้หอทำน้ำเย็นในระบบปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์เพื่อเพิ่มความสามารถในการผลิตพืช. วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [2] ธัชกร อ่อนบุญเอื้อ และ กุลวดี เถนว่อง. (2557). ระบบควบคุมสารละลายอัตโนมัติสำหรับปลูกพืชวิธีไฮโดรโปนิคส์. วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย, ปทุมธานี.
- [3] วรากร สังข์กระแสน์, ธรรมชาติ กลิ่นเกษร และ เสกสรรค์ มธุลาภรังสรรค์. (2558). ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการปลูกผักสลัดบนระบบไฮโดรโปนิคส์ แบบ NFT. วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [4] เมธี ปัญญาวรรณ. (2556). ชุดควบคุมการเปิดปิดน้ำผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.