



การพัฒนาการส่งข้อมูลไร้สายสำหรับต้นแบบระบบปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์ แบบอัตโนมัติควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัว สำหรับการผลิตผักกวางตุ้งที่มีประสิทธิภาพสูง

Development WiFi Data Transmission for an Automatic Hydroponics System Based on an embedded System for High-Throughput Choy Sum Production

คมธัช วัฒนศิลป์^{1*}, ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์¹

Komthach Wattanasil^{1*}, Siwalak Pathaveerat¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 73140

¹Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Nakhon Pathom, 73140, Thailand

*Corresponding author: Tel: +66-8-5704-6572, Fax: +66-0-3435-1896, E-mail: komthach.w@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาการส่งข้อมูลไร้สายสำหรับต้นแบบระบบปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์ แบบอัตโนมัติควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัว สำหรับการผลิตผักกวางตุ้งที่มีประสิทธิภาพสูง โดยกำหนดเงื่อนไขการทดลอง ด้วยการใช้เทคโนโลยีโมบายแอปพลิเคชันเทเลแกรม (Telegram) สำหรับส่งข้อมูลภาพและการตรวจวัดค่าต่างๆ จากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัวในการวิเคราะห์ พร้อมปรับค่าความนำไฟฟ้า(EC) และค่ากรด-เบส(pH) ระดับอุณหภูมิกับวัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) แบบอัตโนมัติตลอดการปลูกผักกวางตุ้ง โดยทำการทดลองปลูกผักกวางตุ้งให้รากพืชสัมผัสสารละลายธาตุอาหารโดยตรง ทำการทดลอง 3 ซ้ำๆละ 30 ต้น จากการทดลองพบว่าโมบายแอปพลิเคชันเทเลแกรม (Telegram) สามารถส่งข้อมูลภาพและการตรวจวัดค่าต่างๆ ที่ผ่านการคำนวณปรับค่าที่เหมาะสมจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัวมายังโทรศัพท์มือถือได้อย่างสมบูรณ์ และระบบสามารถควบคุมค่าความนำไฟฟ้า (EC) ให้อยู่ที่ 1200-1500 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร ควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ที่ 5.50-6.50 ควบคุมค่าระดับอุณหภูมิในน้ำให้ละลายให้อยู่ที่ 20-25°C และวัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) (ppm) ระบบนี้แสดงถึงความสามารถในการส่งข้อมูลที่เหมาะสมแก่การผลิตผักกวางตุ้งที่มีประสิทธิภาพสูง

คำสำคัญ: ไฮโดรโปนิคส์, ระบบสมองกลฝังตัว, อัตโนมัติ

Abstract

This Research is to Develop WiFi Data transmission for an Automatic Hydroponics System Based on an embedded System for High-Throughput Choy Sum Production. The experimental conditions involved the use of technology Mobile phone application, Telegram, for data transmission and measurement by electronic devices controlled by embedded systems for analysis with adjustable conductivity (EC) and acid-base (pH) temperature and automatic monitoring of oxygen (DO) content in water throughout the cultivation of Cantonese vegetables. The experiments were carried out in Choy Sum, where the roots were directly exposed to nutrient solution. The experimental system consists of 3 replications using 30 plants. The experiment results showed that Mobile phone application Telegram could send image data and processed measurements from embedded electronics to mobile phone successfully. The controlling system could control production factors such as conductivity (EC) in range 1200-1500 mS/cm, pH value 5.50 - 6.50, the temperature in the water solution to 20-25 °C and monitor the oxygen (DO) content in water at ppm level. This system proved to be able to transmit suitable data for High-Throughput Choy Sum Production.

Keywords: Hydroponics, Embedded Systems, Automation

1 บทนำ

ภาคเกษตรของประเทศไทยมีความสำคัญอย่างมากในด้านทั้งเศรษฐกิจและสังคมเนื่องจากประชากรส่วนใหญ่ของประเทศพึ่ง

อยู่ในภาคเกษตร โดยแผนพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) ได้อธิบายสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภัยคุกคามทางธรรมชาติที่ทวี

ความรุนแรงมากขึ้น อาทิ ปัญหาภัยแล้ง น้ำท่วม โรคพืชต่างๆ แพร่ระบาด และความแปรปรวนของฤดูกาล จึงทำให้ผลผลิตทางการเกษตรมีปริมาณลดลงในช่วงที่ตลาดมีความต้องการมาก และผลผลิตมากเกินไปในบางฤดูกาลและมีความเสี่ยงมากขึ้นต่อความสูญเสียมูลค่าทางการตลาดโดยจะส่งผลกระทบต่อเกษตรกร การพัฒนาภาคเกษตรนอกจากนี้ปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรจากการใช้ปุ๋ยเคมีมากขึ้นส่งผลให้ดินเสื่อมโทรม ดินขาดอินทรีย์วัตถุยังเป็นอีกหนึ่งภัยคุกคามต่อการพัฒนาการเกษตรอีกด้วย ดิเรก (2547) กล่าวว่า ความหมายของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จากคำว่า ไฮโดรโปนิกส์ หรือ ไฮโดรโพนิกส์ มาจากภาษาอังกฤษคือ Hydroponics เป็นการปลูกพืชที่ไม่ใช้วัสดุปลูก (No-substrate หรือ Water culture) กล่าวคือจะทำการปลูกพืชลงบนสารละลายธาตุอาหารพืชโดยให้รากพืชสัมผัสกับสารละลายธาตุอาหารโดยตรง

จากปัญหาดังกล่าวจึงเป็นที่มาของการนำแนวทางการปลูกพืชเกษตรในสภาวะควบคุมสภาพแวดล้อม (Controlled Environment Agriculture, CEA) ได้แก่ การปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics) ทำให้พืชที่ปลูกเจริญเติบโตได้รวดเร็ว มีคุณภาพ และปลอดภัยสามารถปลูกพืชได้ทุกที่ และตลอดทั้งปี และสามารถทำในครัวเรือนได้ ซึ่งเรียกว่า “การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics)” เป็นทางเลือกหนึ่งของเกษตรกรไทยในด้านการปลูกพืชปลอดภัยแบบไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics) และยังสามารถปลูกพืชได้หลายชนิดและยังสามารถปรับใช้ในการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics) เพื่อการค้า ในปัจจุบันการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics) ที่เป็นที่นิยมนั้น อย่างกว้างขวาง มีการปลูกในระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่และทำรายได้ให้แก่ผู้ประกอบการเป็นอย่างดี ทั้งนี้เนื่องมาจากว่าผู้บริโภคในปัจจุบันได้หันมาให้ความสนใจเกี่ยวกับสุขภาพกันมากขึ้น จึงเลือกที่จะบริโภคผักที่ปลูกในระบบ Hydroponics ซึ่งมีการปลูกในโรงเรือนที่ควบคุมแมลงศัตรูพืชได้ ทำให้มีการใช้ สารเคมีน้อยลง ผักที่ได้จึงเป็นผักอนามัย มีการปนเปื้อนสารพิษน้อยมากและเป็นทางเลือกหนึ่งที่ผู้บริโภคหันมาให้ความสนใจมากขึ้น อีกทั้งการปลูกและการจัดการต่างๆ ไม่ยุ่งยากอย่างมาก ทุกคนสามารถปลูกเองได้ทุกครัวเรือน เพื่อบริโภคภายในครอบครัว ทำให้ได้บริโภคผักที่สด สะอาดปลอดภัย และช่วยเสริมสร้าง สุขภาพร่างกายให้แข็งแรงและยังเป็นการทำกิจกรรมร่วมกันภายในครอบครัว สร้างความผูกพันและความอบอุ่นให้เกิดขึ้นกับครอบครัว อีกทางหนึ่งด้วยจากแนวความคิดดังกล่าวผู้วิจัยจึงนำเสนอระบบการส่งข้อมูลไร้สายสำหรับต้นแบบระบบปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ แบบอัตโนมัติควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัว สำหรับการผลิตผักกวางตุ้งที่มีประสิทธิภาพสูงที่จะช่วยสนับสนุนการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ ให้สะดวกมากยิ่งขึ้น โดยระบบจะสามารถส่งข้อมูลภาพและการตรวจวัดค่าต่างๆ จากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัวในการวิเคราะห์ พร้อมปรับค่าความนำไฟฟ้า (EC) และค่ากรด-เบส (pH) ระดับอุณหภูมิกับวัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO)

แบบอัตโนมัติตลอดการปลูกผักกวางตุ้ง ก็จะช่วยลดความผิดพลาดที่เกิดจากการทำงนด้วยคน อีกทั้งก็จะช่วยลดเวลาการทำงานของคน หรือเกษตรกรซึ่งสามารถมีเวลาไปทำกิจกรรมด้านอื่นเพิ่มขึ้น และทำให้ช่วยลดปริมาณจำนวนคนทีน้อยลง ใช้ปริมาณน้ำและพลังงานอย่างคุ้มค่าเพื่อก่อเกิดประโยชน์สูงสุด

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 ระบบกึ่งน้ำลึกท่อน้ำด้านข้าง NEW DRFT (Dynamic Root Floating Technique)

เป็นระบบที่มีการทำงานเช่นเดียวกับระบบ NFT คือให้น้ำผสมธาตุอาหารไหลผ่านรากพืชในรางปลูก แต่ระดับน้ำที่ไหลผ่านรากพืชนั้นจะมีความลึกมากกว่าระบบ NFT โดยระดับน้ำที่ไหลผ่านรากนั้นจะมีความลึกอยู่ที่ประมาณ 1 - 10 ซม. ระบบนี้ได้แก้ไขข้อจำกัดของระบบ NFT ตรงที่เมื่อไฟฟ้าขัดข้องจนไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ปั้มน้ำได้จะยังคงมีน้ำที่ใช้ปลูกพืชเหลือค้างบางส่วนในรางปลูกทำให้พืชรากพืชไม่ขาดน้ำในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ระบบ NEW DRFT เป็นการปลูกพืชโดยให้รากแช่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารโดยตรง และให้น้ำไหลวนพร้อมขับพ่นอากาศของด้านข้างถาดเพื่อเติมอากาศและน้ำไหลวนให้กับรากพืชอย่างต่อเนื่องที่ระดับความลึกประมาณ 10 เซนติเมตร กว้าง 50 เซนติเมตร โดยที่สารละลายธาตุอาหารจะไหลลงสู่ถังบรรจุ จากนั้นจึงไหลเวียนขึ้นไปที่ถาดปลูกด้วยปั้มน้ำ ขณะที่สารละลายไหลเวียนขึ้นไปที่ถาดปลูกจะไหลผ่านรากพืชตามถาดปลูกมาที่ถาดปลูกโดยที่สารละลายธาตุอาหารจะไหลลงสู่ถังบรรจุและไหลวนให้กับพืช

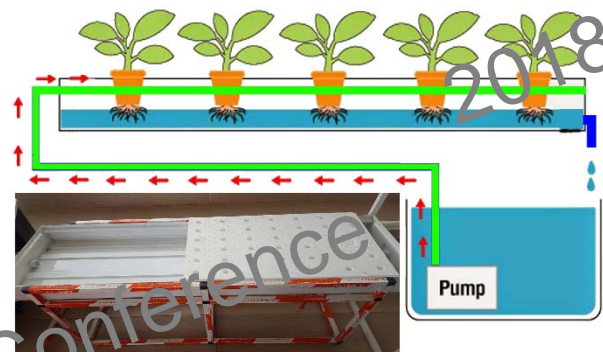


Figure 1 NEW DRFT (Dynamic Root Floating Technique)

2.2 ขั้นตอนการพัฒนาาระบบ

ผู้วิจัยได้ศึกษาและทดลองใช้เครื่องมือที่สามารถนำมาพัฒนาระบบเพื่อให้ทำการทดลองสำเร็จคล่องตามเป้าหมายในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้ทำการพัฒนาและทดสอบบนสมาร์ตโฟนที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์พร้อมลงแอปพลิเคชันเทลแกรม (Telegram) เนื่องจากระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์สามารถติดตั้งลงในอุปกรณ์ได้หลากหลายจึงมีผู้ใช้งานเป็นจำนวนมาก การพัฒนาสามารถทำได้ง่ายมีเครื่องมือที่

ช่วยอำนวยความสะดวกมากมาย เครื่องมือในการพัฒนา ผู้วิจัยเลือกใช้ Arduino IDE Software และเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาเป็นเครื่องมือที่สนับสนุนการพัฒนาแอปพลิเคชันได้อย่างมาก ระบบการส่งข้อมูลไร้สายสำหรับต้นแบบระบบปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ แบบอัตโนมัติควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัว สำหรับการผลึกแก้วตุงที่มีประสิทธิภาพสูง ถูกออกแบบใหม่แบ่งการทำงานออกเป็นสี่ระบบย่อย คือ 1)ระบบปรับค่าความเข้มข้นของสารอาหาร 2)ระบบปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยระบบที่หนึ่งจะทำงานให้เสร็จก่อนแล้วระบบที่สองจะทำงานต่อ เหตุที่ต้องทำระบบที่หนึ่งก่อนเพราะการปรับค่าความเข้มข้นของสารอาหารจะมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงตามไปด้วย และการทำงานของเซ็นเซอร์ทั้งสองตัวไม่สามารถทำงานภายใต้แหล่งน้ำเดียวกันได้ เนื่องจากเซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่างจะอ่านค่าที่ผิดแปลกไป ทางผู้จัดทำจึงได้ทำช่องสำหรับวัดค่าความเป็นกรด-ด่างโดยเฉพาะ 3)ระบบควบคุมค่าระดับอุณหภูมิในน้ำสารละลายให้อยู่ที่ 20-25°C และวัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ(DO) (ppm) 4) โมบายแอปพลิเคชัน เช่น โปรแกรม (Telegram) สำหรับส่งข้อมูลภาพและการตรวจวัดค่าต่างๆ จากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัวในการวิเคราะห์ผู้วิจัยได้ออกแบบการทำงานของอุปกรณ์และระบบแก่พืชไฮโดรโปนิกส์ดังนี้

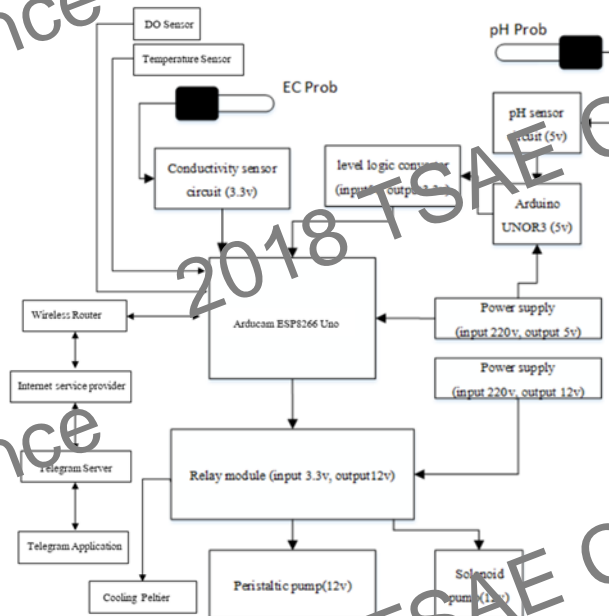


Figure 2 Diagram Automatic Hydroponics System

จาก Figure 2 หน่วยประมวลผลของระบบคือ Arducam ESP8266 Uno ที่ถูกเขียนโปรแกรมภาษาซีด้วย Arduino IDE โดยมีเซ็นเซอร์ตรวจสอบอุณหภูมิ เซ็นเซอร์วัดค่าความนำไฟฟ้า (EC) เซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และเซ็นเซอร์วัดค่าออกซิเจน (DO) ในน้ำสารละลายอาหารพืช เป็นส่วนของอินเทอร์เน็ตตัวบอร์ดคอมพิวเตอร์สมองกลฝังตัว (Arducam ESP8266 Uno) ยังทำหน้าที่เชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตผ่านไร้ไฟ เพื่อรับคำสั่งการควบคุมจากสมาร์ทโฟนด้วย แอปพลิเคชัน โปรแกรม

(Telegram)เป็นการแสดงภาพข้อมูลที่ทำการวัดค่าได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดค่าต่างๆ ส่วนอินเทอร์เน็ตจะใช้เลยควบคุมการทำงานของปั๊มรีติค (Peristaltic Pump) ใช้สำหรับการควบคุมปริมาณการกระจายอาหารให้กับพืช และชุดทำความเย็นจากแผ่นเพเวเทีย (Cooling Peltier)เป็นการควบคุมอุณหภูมิของน้ำสารละลายที่อยู่ในระบบปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์

2.2.1 Arducam ESP8266 Uno

เป็นบอร์ดคอมพิวเตอร์สมองกลฝังตัวที่มีขนาดเล็กใช้พลังงานน้อยอีกทั้งยังมีราคาที่ไม่สูงมากนัก มาใช้ในระบบการควบคุมอุปกรณ์ Hardware และ Software หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อกับส่วน Input/output ของบอร์ด Arducam ESP8266 Uno ร่วมกับ Arduino IDE Software และยังสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ได้หลายชนิด เช่น โมดูลกล้องและเซ็นเซอร์แบบต่าง ๆ จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงการทางด้านการควบคุมระบบ โครงการด้านอิเล็กทรอนิกส์ สามารถสื่อสารกับอุปกรณ์สมาร์ทโฟนได้ผ่านทางระบบเครือข่ายแบบไร้สายเพื่อให้สมาร์ทโฟนอินเทอร์เน็ตอุปกรณ์ใดโดยจะมีภาษาที่ใช้ในการพัฒนาเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงการอิเล็กทรอนิกส์และการเขียนโปรแกรม เช่น ภาษา C, C++ โดยจะเขียนโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ ผ่านทางโปรแกรม Arduino IDE

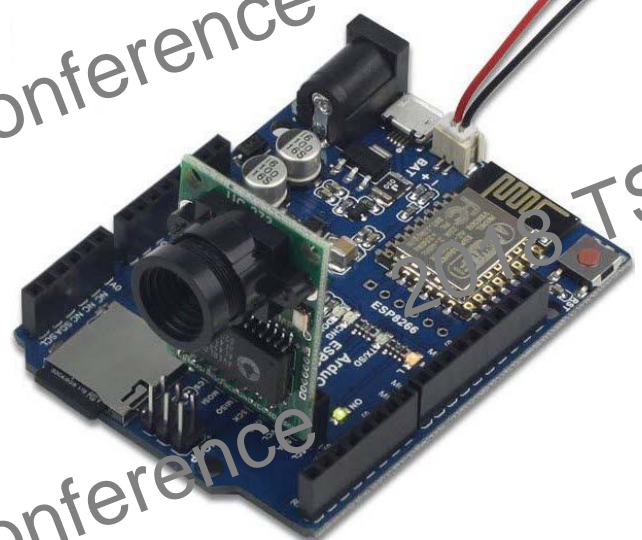


Figure 3 Arducam ESP8266 Uno

2.2.2 Temperature Sensor

หรือเรียกว่า เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ คือ ตัวรับรู้หรือตรวจจับระดับอุณหภูมิ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิเป็นเซ็นเซอร์อีกชนิดที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในเกษตรกรรมและสามารถวัดอุณหภูมิของสสารได้หลายรูปแบบ เช่น การวัดอุณหภูมิของอากาศโดยการตั้งเซ็นเซอร์ให้ลอยไว้ในอากาศเฉยๆ หรือวัดอุณหภูมิของน้ำ โดยสามารถนำเซ็นเซอร์ลงไปใต้น้ำตัวเซ็นเซอร์ประเภทนี้จะถูกติดตั้งในอุปกรณ์ปิดสนิทกับน้ำ ได้นอกจากนี้ ยังมีเซ็นเซอร์ที่วัดอุณหภูมิของวัตถุโดยใช้วิธีแนบสัมผัสตัวเซ็นเซอร์ไปกับวัตถุด้วย ซึ่งแต่ละชนิดนั้นมีช่วงวัดและความแม่นยำที่แตกต่างกัน

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 26-27 เมษายน 2561

2.2.3 เซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรด – ด่าง

ทำหน้าที่วัดสภาพความเป็นกรด – ด่างของสารละลาย โดยใช้หลักการไฟฟ้าเคมี วัดความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นระหว่างอิเล็กโทรดอ้างอิงกับอิเล็กโทรดตรวจวัด ความต่างศักย์ที่ได้เกิดจากจำนวนของไฮโดรเจนไอออน(H⁺) ความต่างศักย์ที่เกิดจากไอออนจะถูกเปลี่ยนให้เป็นความต่างศักย์ทางไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จะถูกส่งไปที่อุปกรณ์แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล และส่งข้อมูลชุดนี้ แบบ Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART) ไปให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2.4 เซ็นเซอร์วัดค่าการนำไฟฟ้า

ทำหน้าที่วัดค่าไอออนประจุบวก และ ไอออนประจุลบของสารละลายที่ละลายอยู่ในน้ำโดยการใส่แรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าสองขั้วในหัววัดซึ่งจุ่มลงไปในน้ำ และ รับค่าแรงดันไฟฟ้าที่หัววัดรับได้ไปคำนวณหาค่าการนำไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จะถูกส่งไปที่อุปกรณ์แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล และส่งข้อมูลชุดนี้แบบ Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART) ไปให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2.5 เซ็นเซอร์วัดค่าออกซิเจนในน้ำ

ทำหน้าที่วัดค่าเซ็นเซอร์วัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำโดยการใส่แรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าสองขั้วในหัววัดซึ่งจุ่มลงไป ในน้ำ และ รับค่าแรงดันไฟฟ้าที่หัววัดรับได้ไปคำนวณหาค่าการนำไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จะถูกส่งไปที่อุปกรณ์แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล และ ส่งข้อมูลชุดนี้แบบ Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART) ไปให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2.6 ปัมป์รีดท่อ(Peristaltic Pump)

ปัมป์รีดท่อหรือปัมป์รีดสายยาง เป็นปัมป์ที่ถูกนำไปใช้กับงานได้หลากหลายรูปแบบ เนื่องจากเป็นปัมป์ที่ไม่มีส่วนใดของปัมป์ที่จะสัมผัสกับของเหลวในสายยางเลยสามารถตั้งค่าปริมาตรที่ต้องการได้อย่างเที่ยงตรงปัมป์จะทำการหมุนตัวลูกรีดไปกดที่สายยาง แล้วกดเอาของเหลวให้เคลื่อนที่ไปตามลูกรีดโดยสายยางจะอยู่ที่เดิม ดังนั้นเมื่อ หมุนลูกรีดไปเรื่อยๆ ของเหลวจะสามารถย้ายจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้โดยไม่ต้องสัมผัสกับสิ่งใดเลย

2.2.7 ชุดทำความเย็นจากแผ่นเพเวเทีย (Cooling Peltier)

เพเวเทีย คูลเลอร์ (Peltier Cooler) เป็นระบบการระบายความร้อนโดยใช้ Peltier Element เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงเข้าตัวมัน จะทำให้มันเกิดการถ่ายเทพลังงานความร้อนขึ้นทำให้ด้านหนึ่งร้อนและอีกด้านหนึ่งจะเย็นซึ่งด้านร้อนจะร้อนถึง 90 องศาส่วนด้านเย็น จะเย็นจนติดลบเลยทีเดียว(ลบ 5 ถึงลบ 10) ขึ้นอยู่ที่ขนาดและกำลังของแผ่น เนื่องจากการทำความเย็นที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนไม่ต้องใช้น้ำยาทำความเย็น

2.2.8 การใช้งาน Telegram Messaging App

เมื่อติดตั้งโปรแกรม Telegram เรียบร้อยแล้ว ให้ค้นหาเพื่อนที่ชื่อว่า “BotFather” แสดงดังรูป ซึ่งก็คือ BOT ตัวหนึ่งเช่นเดียวกัน ทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยให้กับเราเพื่อสร้าง BOT ของเราเอง โดยจะช่วยกำหนดค่าต่างๆ ที่จำเป็นของแอปพลิเคชัน

(Chat)ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสั่งควบคุมระบบและมอนิเตอร์ค่าต่างๆ การปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ ที่มีความปลอดภัยสูง เพื่อการสื่อสารพูดคุย ที่รองรับทุกรูปแบบการทำงานได้หลากหลายแพลตฟอร์ม และสามารถใช้งานได้ฟรี ลักษณะการทำงานเหมือนกับการคุยผ่าน LINE หรือ WhatsApp เพราะ Telegram ซึ่งสามารถใช้งานได้เหมือนกันทุกประการ



Figure 4 Setup Telegram

แต่ Telegram มีจุดเด่นด้านความเร็ว (Speed) และด้านความปลอดภัย (Security) กำลังเป็นที่นิยมสูงมาก พร้อมก็สามารถนำมาประยุกต์ใช้การมอนิเตอร์ข้อมูลต่างๆ โดยเป็นการตอบแชทแบบอัตโนมัติได้เปรียบเสมือนเกษตรกรผู้ปลูกผักที่คุยกับระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์

3 ผลและวิจารณ์

3.1 ผลการพัฒนา ระบบ

3.1.1 ระบบรับค่าความเข้มข้นสารอาหาร

ระบบรับค่าความเข้มข้นของสารอาหารจะปรับค่าความเข้มข้นให้มีความแม่นยำ 1500 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร โดยใช้ปุ๋ยสูตร 1:200 การทำงานของระบบจะเริ่มจากการรับค่าที่ได้จาก

เซ็นเซอร์แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปตรวจสอบกับค่าที่ได้มีค่ามากกว่า 1200 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ระบบจะไม่ทำ การคำนวณหาปริมาณปุ๋ยจะทำการตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่างทันที แต่ถ้ามีค่าน้อยกว่า 1200 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ระบบจะทำการคำนวณหาค่าปริมาณปุ๋ย ที่ต้องใช้โดยมีสมการการคำนวณที่ใช้คือ ปริมาณสารอาหารที่ต้องเติม

$$= \left[\frac{(1500 - \text{ค่าECที่วัดได้}) \times 5}{1500} \right] \times \text{ปริมาณน้ำ}$$

จากนั้นจะสั่งให้ปั๊มของปุ๋ย A ทำงานเมื่อทำงานเสร็จจะรอสามสิบวินาทีแล้วสั่งให้ปั๊มของปุ๋ย B ทำงานเมื่อปั๊มของปุ๋ย B ทำงานเสร็จแล้วระบบจะทำการตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่างต่อไป

3.1.2 ระบบจะปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง

ระบบจะปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายให้มีค่าอยู่ระหว่าง 6.00 โดยกรดไนตริกเข้มข้น 10% ขั้นตอนการปรับค่าจะเริ่มจากการเก็บค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย เมื่อได้ค่าเฉลี่ยแล้วจะนำค่าเฉลี่ยมาตรวจสอบว่ามีมากกว่า 6.50 หรือไม่ถ้าค่าเฉลี่ยมีค่ามากกว่า 6.50 จะทำการตรวจสอบค่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารแทน แต่ถ้ามากกว่า 6.50 ระบบจะทำการคำนวณหาปริมาณปุ๋ย โดยสมการที่ใช้คือ ปริมาณสารอาหารที่ต้องการเติม = $\left[\frac{10^{-6} - 10^{-\text{ค่าpHที่วัดได้}}}{2.5 \times 10^{-6}} \right] \times \text{ปริมาณน้ำ}$ แล้วสั่งงานให้ปั๊มทำงาน แต่ถ้าปริมาตรกรดไนตริกที่ใช้มีค่าน้อยกว่า 1 มิลลิลิตรปั๊มจะไม่ทำงานเนื่องจากประสิทธิภาพของปั๊มที่ใช้ไม่สามารถทำงานได้ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบระบบรวมเพื่อทดสอบว่าระบบมีความสามารถควบคุมสภาพน้ำให้เหมาะสมกับผักกางต้งหรือไม่ โดยทดสอบกับน้ำในระบบปริมาณ 20 ลิตรให้ระบบทำงานอัตโนมัติทั้งหมดสามครั้ง โดยครั้งแรกจะปรับค่าความเข้มข้นสารอาหารจากน้ำปะปาก่อน ครั้งต่อไปจะปรับค่าจากสารละลายที่เจือจางแล้ว โดยเจือจางจากสารตั้งต้นจำนวน 0%, 30%, 50% เช่นเจือจาง 30% คือเอาสารละลายออก 30% ของน้ำสารละลายทั้งหมดแล้วเติมน้ำเปล่าลงไปให้ปริมาณน้ำเท่าเดิม ซึ่งผลที่ได้จากวิธีการทดสอบโดยได้ค่าตามตารางที่แสดงผลด้านล่างดังนี้

Table 1 Test results of the integrated system

Test order	Dilution of substrate (%)	EC value before adjustment	Nutrient solution adjusted by calculation (ml)	Dispensed solution by the system (ml)		EC value after adjustment (µS/cm)	Expected concentration of the solution (µS/cm)
				Fertilizer A	Fertilizer B		

Test order	Dilution (%)	EC value before adjustment (µS/cm)	Dispensed solution by the system (ml)		EC value after adjustment (µS/cm)	Expected pH value	Time taken for adjustment (min)
			Fertilizer A	Fertilizer B			
1	0%	0.00	30.00	29.85	30.00	1415.50	1500
2	30%	928.5	11.45	11.42	11.40	1464.50	1500
3	50%	640.0	17.30	17.15	17.00	1490.50	1500

Table 2 Test results of the integrated system (continued)

Test order	pH value before adjustment	Nitric acid content used for adjustment in calculation	Dispensable solution by the system (ml)	pH value after adjustment	Expected pH value	Time taken for adjustment (min)
1	6.54	1.70	1.66	6.05	6.00	00:31:55
2	6.25	0.00	0.00	6.15	-	00:22:55
3	6.30	1.65	1.65	6.10	6.00	00:22:55

จากผลการทดสอบจะสังเกตเห็นว่าการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างจะทำงานเพียงสองครั้งเพราะการปรับค่าความเข้มข้นของสารอาหารจะมีผลกับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยทำให้การทดสอบครั้งที่ 2 ไม่ได้ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง

Table 3 Test results of the integrated system (continued)

Test order	Solution temperature before adjustment (°C)	Solution temperature after adjustment (°C)	Expected temperature of solution (°C)	Oxygen content measured by the system	Oxygen content measured by meter
1	25	24	20-25	7.291	7.550
2	24.5	23	20-25	7.230	7.250
3	24	23	20-25	7.230	7.251

ผลการทดสอบ จะเห็นว่าระบบสามารถควบคุมความเข้มข้นของสารละลายให้มีค่าอยู่ที่ 1200-1500 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตรและค่าความเป็นกรด-ด่างให้มีค่า 5.50-6.50 ได้ถูกต้องตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยภาพรวมระบบสามารถปรับค่าการนำไฟฟ้าให้อยู่ในช่วง 1200-1500 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และสามารถควบคุมให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายสามารถอยู่ในช่วง 5.50-6.50 ได้ทุกครั้งของการทดสอบระบบที่พัฒนาขึ้นมานี้ยังมีจุดด้อยของระบบอยู่บ้างคือเซ็นเซอร์ที่เลือกใช้ไม่สามารถทำงานในแหล่งน้ำเดียวกันได้ ทางผู้วิจัย จึงได้ใช้ระบบปั๊มน้ำ จากสารละลายธาตุอาหารออกมาเพื่ออ่านค่าทำให้จุดด้อยนี้ไม่มีผลกับระบบมากนัก หากการพัฒนาต่อไปทำให้

เซนเซอร์ทั้งสองตัวทำงานร่วมกันได้จะสามารถประหยัดเวลาในการทำงานของระบบลงได้

3.1.3 ผลการทำงานของแอปพลิเคชัน Telegram

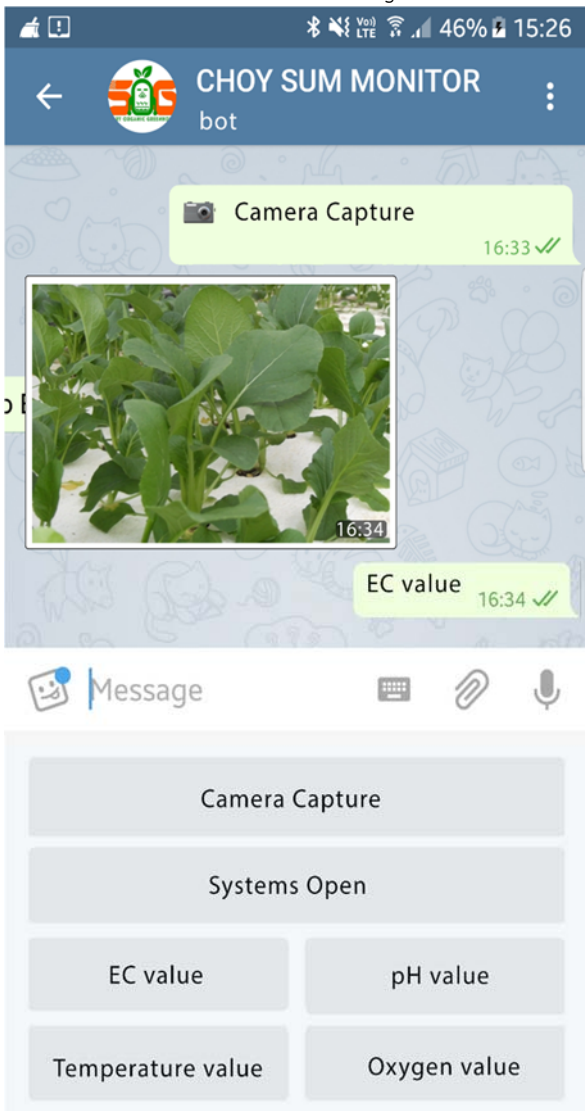


Figure 5 Application Telegram

จากการทดลองพบว่าโมบายแอปพลิเคชันเทเลแกรม (Telegram) สามารถส่งข้อมูลภาพและการตรวจวัดค่าต่างๆ ที่ผ่านการคำนวณปรับค่าที่เหมาะสมจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัวมายังโทรศัพท์มือถือได้อย่างสมบูรณ์ และระบบสามารถควบคุมค่าความนำไฟฟ้า (EC) ให้อยู่ที่ 1200-1500 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ที่ 5.50-6.50 ควบคุมค่าระดับอุณหภูมิในน้ำสารละลายให้อยู่ที่ 20-25°C และวัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) (ppm) ระบบนี้แสดงถึงความสามารถในการส่งข้อมูลที่เหมาะสมแก่การผลิตผักกางต้งที่มีประสิทธิภาพสูง

3.1.4 ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ

โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบ จำนวน 3 ท่าน และ 2) ผู้ใช้งานทั่วไป จำนวน 20 คน

สามารถสรุปความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.50$, $SD = 0.24$) ค่าความพึงพอใจสูงสุดอันดับแรก ได้แก่ ประเภทข้อมูลมีความหลากหลาย ($X = 5.00$, $SD = 0.00$) และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานทั่วไปสามารถสรุปได้ 2 ส่วน ได้แก่ 1) ข้อมูลพื้นฐานของผู้ใช้งานจำนวนผู้ใช้งานทั้งหมด 20 คน เป็นชาย 10 คนและเป็นหญิง 10 คน อายุระหว่าง 25-45 ปี ทั้งหมดเป็นเกษตรกร 2) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน สรุปความพึงพอใจของผู้ใช้งานภาพรวมอยู่ในระดับดี ($X = 4.29$, $SD = 0.10$) ค่าความพึงพอใจสูงสุด 2 อันดับแรก ได้แก่ การทำงานของโปรแกรมมีความถูกต้อง และการออกแบบง่ายต่อการใช้ ($X = 4.53$, 4.53 ตามลำดับ)

4 สรุป

จากการพัฒนาระบบควบคุมการให้สารอาหารสำหรับปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำบางพบว่า การปรับค่าความเข้มข้นของสารอาหารมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยซึ่งมีผลมาจากความเที่ยงตรงของปั๊มแม้จะไม่แม่นยำ 100% และระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยภาพรวมระบบจากการทดลองพบว่าโมบายแอปพลิเคชันเทเลแกรม (Telegram) สามารถส่งข้อมูลภาพและการตรวจวัดค่าต่างๆ ที่ผ่านการคำนวณปรับค่าที่เหมาะสมจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัวมายังโทรศัพท์มือถือได้อย่างสมบูรณ์ และระบบสามารถควบคุมปรับค่าความนำไฟฟ้า (EC) ให้อยู่ที่ 1200-1500 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ควบคุมปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ที่ 5.50-6.50 ควบคุมค่าระดับอุณหภูมิในน้ำสารละลายให้อยู่ที่ 20-25°C และวัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) (ppm) ระบบนี้แสดงถึงความสามารถในการส่งข้อมูลที่เหมาะสมแก่การผลิตผักกางต้งที่มีประสิทธิภาพสูง ระบบนี้ยังมีจุดด้อยของระบบอยู่บ้างคือเซนเซอร์ที่เลือกใช้ไม่สามารถทำงานในแหล่งน้ำเดียวกันได้ ทางผู้วิจัยจึงได้ใช้ระบบปั๊มน้ำจากสารละลายธาตุอาหารออกมาเพื่ออ่านค่าทำให้จุดด้อยนี้ไม่มีผลกับระบบมากนัก หากการพัฒนาต่อไปทำให้เซนเซอร์ทั้งสองตัวทำงานร่วมกันได้จะสามารถประหยัดเวลาในการทำงานของระบบลงได้

5 กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เพราะได้รับความร่วมมืออย่างดีจากบริษัท ศูนย์เกษตรกรรมบางไทร จำกัด และบริษัท ไวลด์มายด์ จำกัด ที่ได้สนับสนุนอุปกรณ์การทดลองที่ใช้งานของระบบในงานวิจัย พร้อมทั้งได้ให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

6 เอกสารอ้างอิง

- ชนิษฐา พงษ์ปรีชา. 2544. การปลูกพืชผักระบบไฮโดรโปนิกส์. สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคตะวันตก. จ.ราชบุรี.
 ดิเรก ทองอร่าม. 2547. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. สำนักพิมพ์ธรรมรักษ์การพิมพ์, ราชบุรี.
 อภิรัฐ ปิ่นทอง. 2553. เอกสารอบรมการปลูกพืชไร้ดิน, ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.

- ธรรมศักดิ์ ทองเกต. 2547. เอกสารประกอบการอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระหว่างวันที่ 20-22 ตุลาคม 2547, ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตรกำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- นภดล เรียบเลิศหิรัญ. 2550. การปลูกพืชไร้ดิน. สุวีริยาสาส์น, กรุงเทพฯ
- บริษัท ZEN Hydroponics “ค่า pH และค่า EC ที่เหมาะสมสำหรับผักไฮโดรโปนิกส์” แหล่งข้อมูล: <http://zen-hydroponics.blogspot.com/2014/06/phec.html>
- Benloch-Gonzalez, M., J. M. Quintero, M. P. Suarez, R. Sanchez-Lucas, R. Fernandez-Escobar et al., 2016 Effect of moderate high temperature on the vegetative growth and potassium allocation in olive plants. *J Plant Physiol* 207: 22-29.
- Cortella, G., O. Saro, A. De Angelis, L. Ceccotti, N. Tomasi et al., 2014 Temperature control of nutrient solution in floating system cultivation. *Applied Thermal Engineering* 73: 1055-1065.
- del Sagrado, J., J. A. Sánchez, F. Rodríguez and M. Berenguel, 2016 Bayesian networks for greenhouse temperature control. *Journal of Applied Logic* 17: 25-35.
- Domingues, D. S., H. W. Takahashi, C. A. P. Camara and S. L. Nixdorf, 2012 Automated system developed to control pH and concentration of nutrient solution evaluated in hydroponic lettuce production. *Computers and Electronics in Agriculture* 84: 53-61.
- Lee, S., and J. Lee, 2015 Beneficial bacteria and fungi in hydroponic systems: Types and characteristics of hydroponic food production methods. *Scientia Horticulturae* 195: 206-215.
- Nilton N Cometti, D. M. B., 2013 <Cooling and concentration of nutrient solution in hydroponic lettuce.pdf>.
- Ntinis, G. K., A. Koukounaras and T. Kotsopoulos, 2015 Effect of energy saving solar sleeves on characteristics of hydroponic tomatoes grown in a greenhouse. *Scientia Horticulturae* 194: 126-133.
- Rius-Ruiz, F. X., F. J. Andrade, J. Riu and F. X. Rius, 2014 Computer-operated analytical platform for the determination of nutrients in hydroponic systems. *Food Chem* 147: 92-97.
- Suyantohadi, A., T. Kyoren, M. Hariadi, M. H. Purnomo and T. Morimoto, 2010 Effect of high concentrated dissolved oxygen on the plant growth in a deep hydroponic culture under a low temperature. *IFAC Proceedings Volumes* 43: 251-255.