ระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหารแบบอัตโนมัติสำหรับปลูกผักไฮโดรโพนิกส์ด้วย Internet of Things (IoT)

Automatic Nutrient Solution Control System for Planting Hydroponics Vegetables with Internet of Things (IoT)

พรคิด อั้นขาว*

Pornkid Unkaw*

Received: 25 May 2018, Revised: 5 July 2018, Accepted: 6 August 2018

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเทคโนโลยีมาลดภาระการทำงาน ลดต้นทุนการผลิตการปลูกผักสลัด และสามารถใช้งานได้ง่ายอย่างเหมาะสมสำหรับเกษตรกร โดยการสร้างเว็บแอพพลิเคชันร่วมกับอุปกรณ์ Arduino UNO R3 สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิ วัดระดับน้ำ วัดค่า Potential of Hydrogen ion (pH) และวัดค่า Electrical Conductivity (EC) โดยนำค่าจากการวัดไปจัดเก็บในระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ผ่านเว็บเซอร์เวอร์ ด้วยเทคโนโลยีระบบ Internet of Things (IoT) ระบบจะทำการปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับผักไฮโดรโพนิกส์แต่ละชนิดโดยอัตโนมัติ จากการพัฒนาระบบ พบว่าระบบควบคุมสารละลายสามารถปรับค่าสารละลายแบบอัตโนมัติได้ถูกต้องตามเกณฑ์ที่กำหนด เกษตรกรสามารถใช้เครื่องโทรศัพท์มือถือเข้าถึงระบบควบคุมการปลูกผักผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ตลอดเวลาทุกสถานที่ เกษตรกรสามารถเข้าไปตรวจสอบ และแก้ปัญหาได้ทันเวลา ผลการทดลองการปลูกผักสลัด 3 ชนิด คือ เรดโอ๊ค กรีนโอ๊ค และกรีนบัตเตอร์เฮด โดยศึกษาความสูงต้น จำนวนใบ ความกว้างทรงพุ่ม และน้ำหนักสดในวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิต ที่ปลูกในระบบปลูกโดยระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหารอัตโนมัติด้วย IoT พบว่ามีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับผักสลัดที่ปลูกในระบบปลูกโดยเกษตรกร ($p > 0.05$)

คำสำคัญ: ไฮโดรโพนิกส์, อินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสิ่ง, เว็บแอพพลิเคชัน

สาขาวิชาระบบสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เขตดุสิต จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10300

Department of Information System, Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Dusit, Bangkok 10300, Thailand.

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): pornkid.u@rmutp.ac.th

ABSTRACT

The purpose of this study was aimed to reduce workload and production costs on vegetable production. It can be easily used for farmers by creating a web application with the Arduino UNO R3 device for measuring temperature, water level, Potential of Hydrogen ion (pH), and Electrical Conductivity (EC). The measured value is recorded in a relational database system through a web server with internet technology as Internet of Things (IoT). The system automatically adjusts the environment suitable for hydroponics vegetables. The solution control system was able to adjust the automatic solution correctly according to the criteria. Farmers can use the mobile phone to access the control system through the internet at any time. They can check and solve the problem in real time. This system was implemented for planting three types of salad vegetables including, Red Oak, Green Oak and Green Butter. Growth data on height, number of leaves, canopy width and fresh weight at harvesting were recorded. From the experiment, the result revealed that the mean height, number of leaves, canopy width, and fresh weight at harvesting of three salad plants grown in the system controlled by IoT was not different in comparison with those grown in the system by farmer ($p > 0.05$).

Key words: hydroponics, internet of things, web application

บทนำ

การปลูกผักสลัดแบบระบบไฮโดรโพนิกส์โดยใช้วิธี Dynamic Root Floating Technique System (DRFT) ซึ่งอาศัยน้ำที่มีสารละลายธาตุอาหารคอยหมุนเวียนภายในราง หรือท่อพีวีซี ได้รับความนิยมมากขึ้น และมีการใช้ปลูกผักอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เพราะสามารถควบคุมสารละลายธาตุอาหารได้ง่าย สามารถเพิ่มคุณภาพ และปริมาณของผลผลิตได้ ระบบดังกล่าวเป็นการปลูกผักที่ใช้โรงเรือนแบบระบบปิด เพราะสามารถควบคุมอุณหภูมิ และแสงได้ นอกจากนั้นยังสามารถป้องกันแมลงที่เป็นศัตรูพืช หรือควบคุมสภาพแวดล้อมต่างๆ ภายในโรงเรือนได้ (มนูญ, 2559) ทำให้สามารถปลูกผักได้ต่อเนื่องทุกฤดูกาลตลอดทั้งปี ในทุกสภาพพื้นที่ ใช้พื้นที่น้อย อีกทั้งยังสามารถลดปัญหาของโรคต่างๆ ที่พบจากการปลูกผักในดิน เช่น โรคโคนเน่า โรครากเน่า และโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อราต่างๆ (จิระเดช และ วรรณวิไล, 2545) อย่างไรก็ตามวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันต้องมีการตรวจสอบ หรือควบคุมการเติมสารละลายธาตุอาหารให้เหมาะสมกับการปลูกผักแต่ละชนิดซึ่งมีความสำคัญมาก เนื่องจากผักแต่ละชนิดมีความต้องการสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน จึงต้องมีการควบคุมปริมาณสารละลายธาตุอาหาร โดยการวัดค่า EC ซึ่งเป็นค่าการนำไฟฟ้า และควบคุมการวัดค่า pH ซึ่งเป็นค่าความเป็นกรด-ด่าง เกษตรกรจึงต้องนำเครื่องมือมาตรวจวัดค่า EC และ pH ตลอดทุกวันจนถึงวันที่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตไปขายหรือนำไปรับประทาน จึงทำให้สิ้นเปลืองเวลา และอาจจะมีความไม่ต่อเนื่องในการวัดสารละลาย จึงอาจก่อให้เกิดความผิดพลาดในการปลูกผัก ทำให้ผักได้รับความเสียหายได้

ในปัจจุบันการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตมาประยุกต์กับระบบปลูกผักไฮโดรโพนิกส์ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก โดยการพัฒนาเทคโนโลยี IoT

(Internet of Things) ทำงานร่วมกับอุปกรณ์เซ็นเซอร์ต่างๆ เพื่อความสะดวกในการควบคุมปัจจัยต่างๆ มีการออกแบบอุปกรณ์เซ็นเซอร์เพื่อตรวจวัดปัจจัยต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช (Pitakphongmetha *et al*., 2016; Wu *et al*., 2016; Sihombing *et al*., 2018 ; Palandea, *et al*., 2018; Tembe *et al*., 2018; ธนากร และ อติกร, 2557) แต่ระบบดังกล่าวมีราคาแพง เกษตรกรทั่วไปมีงบประมาณไม่เพียงพอต่อการปรับเปลี่ยนเป็นระบบใหม่ เพื่อลดต้นทุนของระบบควบคุม คมกฤษณ์ (2560) จึงได้ออกแบบระบบการวัดการละลายของปุ๋ยในน้ำสำหรับใช้กับการปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์ที่มีราคาถูก สามารถวัดความเข้มข้นของปุ๋ยในน้ำที่เวลาปัจจุบันโดยใช้หลักการวัดค่าการนำไฟฟ้า แล้วส่งข้อมูลไปแสดงบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และเว็บเพจผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวยังไม่สามารถควบคุมการเติมสารละลายธาตุอาหารและน้ำได้ มีนักวิจัยได้ออกแบบโดยใช้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับระบบเซ็นเซอร์ต่างๆ เช่น หัววัดความเข้มแสงในการปลูกพืช (Siregar *et al*., 2017) และอุณหภูมิของน้ำในการปลูกมะเขือเทศแบบไฮโดรโพนิกส์ (Yumeina *et al*., 2016) เป็นต้น การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมแบบอัตโนมัติสำหรับปลูกผักไฮโดรโพนิกส์ ด้วยเทคโนโลยี IoT ซึ่งสามารถควบคุมระบบได้ทั้งแบบกึ่งอัตโนมัติ และแบบอัตโนมัติ เพื่อให้ได้ผักที่มีคุณภาพ ปลอดจากสารพิษตกค้าง ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคโดยใช้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับระบบเซ็นเซอร์ต่างๆ เช่น อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ อุปกรณ์ตรวจวัดและเติมน้ำ อุปกรณ์ควบคุมสารละลายธาตุอาหาร อุปกรณ์ตรวจวัดค่า EC และ pH สามารถควบคุมผ่านระบบ IoT ด้วยซอฟต์แวร์แบบ Web Application ที่สามารถใช้งานได้ง่าย สามารถควบคุมดูแลการปลูกผักผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตบนอุปกรณ์ Mobile Phone, Tablet, Notebook หรือ PC มีระบบฐานข้อมูลจัดเก็บข้อมูลการปลูกผักในแต่ละรอบการปลูก ระบบการแจ้งเตือนปริมาณน้ำหรือสารละลายธาตุอาหาร รวมทั้งได้ทดลองนำระบบที่พัฒนาขึ้นมาทดลองใช้ในการปลูกผักสลัด แบบไฮโดรโพนิกส์ 3 ชนิด คือ เรดโอ๊ค กรีนโอ๊ค และกรีนบัตเตอร์เฮด ระบบดังกล่าวเกษตรกรสามารถนำข้อมูลต่างๆ จากระบบฐานข้อมูลมาวางแผนวิเคราะห์การปลูกผัก แล้วนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปประยุกต์ใช้ในการปลูกผักครั้งต่อไป ทำให้เกษตรกรมีการพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ๆ พัฒนาเป็น Smart Farmer Thailand 4.0 ได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมพืชทดสอบ

ผักสลัดที่ใช้ในการทดลองมี 3 ชนิด คือ เรดโอ๊ค กรีนโอ๊ค และกรีนบัตเตอร์เฮด ซึ่งเป็นกลุ่มผักสลัดที่นิยมรับประทาน และสามารถปลูกร่วมกันได้ การปลูกจะใช้ค่า EC ระหว่าง 1.8 - 2.2 mS/cm และค่า pH ระหว่าง 5.5 - 6.5 (สมพงษ์, 2558) การเตรียมต้นกล้าผักสลัด เริ่มจากการเพาะเมล็ดผักสลัดโดยเตรียมถาดพลาสติก และฟองน้ำสำหรับเพาะเมล็ด แล้วนำฟองน้ำสำหรับเพาะเมล็ดวางไว้ในถาดที่เตรียมไว้ ราดน้ำให้ชุ่มกดให้ฟองน้ำอุ้มน้ำให้เต็มที่และเติมน้ำในถาดให้สูงประมาณครึ่งหนึ่งของความสูงของฟองน้ำ และทำการหยอดเมล็ดผักสลัดแต่ละชนิดลงในฟองน้ำสำหรับเพาะเมล็ดที่เตรียมไว้ (ดิเรก, 2550) นำผ้าขาวบางชุบน้ำคลุมไว้เป็นเวลาประมาณ 2-3 วันหลังเพาะเมล็ด เพื่อรักษาความชื้นให้กับเมล็ดที่กำลังเพาะ แล้วนำไปวางไว้ในที่ร่ม และเย็น เพื่อให้เมล็ดชื้นและงอกออกมาจนครบทุกเมล็ด หลังจากเพาะเมล็ด 3 วัน นำถาดเพาะเมล็ดออกมาตากแดดในช่วงเช้า (6:00 น. - 9:00 น.) เพื่อช่วยกระตุ้นให้เมล็ดงอกเร็วขึ้น นอกจากนี้ควรฉีดพ่นน้ำลงใน

ฟองน้ำเบาๆ ทุกวัน เมื่อครบ 7 วันหลังเพาะเมล็ด ต้นกล้าจะมีใบเลี้ยงออกมา 2 ใบ ให้นำถาดเพาะเมล็ดออกไปรับแสงแดดรำไร ฉีดพ่นน้ำลงบนเมล็ดที่เริ่มงอกแล้วในตอนเช้า และเย็นทุกๆ วัน เมื่อครบ 14 วันหลังเพาะเมล็ด จะได้ต้นกล้าที่พร้อมย้ายปลูกบนโต๊ะปลูก

2. การเตรียมสารละลายธาตุอาหาร

สารละลายธาตุอาหารเป็นสิ่งสำคัญของการปลูกผักสลัดแบบระบบไฮโดรโพนิกส์ด้วยระบบ DRFT เพราะผักสลัดจะได้รับธาตุอาหารต่างๆ จากสารละลายธาตุอาหารที่นำมาละลายในน้ำ จึงสามารถกำหนดปริมาณสารละลายธาตุอาหารให้เป็นไปตามที่ผักสลัดต้องการได้ การเตรียมสารละลายธาตุอาหารใช้แบบสำเร็จรูป ของบริษัทศูนย์เกษตรกรรมบางไทร จำกัด จำนวน 2 ชนิดคือ 1) สารละลายธาตุอาหาร A มีส่วนประกอบคือ แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) โปแตสเซียมไนเตรท (KNO_3) โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต (MAP) โมโนโปแตสเซียมฟอสเฟต (MKP) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) แมกนีเซียม (Mg) และจุลธาตุรวม 2) สารละลายธาตุอาหาร B มีส่วนประกอบคือ แคลเซียมไนเตรท ($Ca(No_3)_2$) ธาตุเหล็ก (Fe) จุลธาตุรวม แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) และแมกนีเซียม (Mg)

ใช้สารละลายธาตุอาหาร A และ B ในอัตราส่วน 1:1 เพื่อเตรียมสารละลายธาตุอาหารสำหรับปลูกผักสลัดปริมาณ 100 ลิตร โดยจะใช้น้ำ 100 ลิตร และสารละลายธาตุอาหาร A, B อย่างละ 1 ลิตร จะทำการผสมสารละลายธาตุอาหาร A กับน้ำก่อน และทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง จึงจะนำสารละลายธาตุอาหาร B มาผสม เพื่อป้องกันการตกตะกอน (มัฆวาล และคณะ, 2551) ก่อนนำสารละลายธาตุอาหารไปใช้ปลูกผักสลัดจะทำการวัดค่า EC ระหว่าง 1.8 - 2.2 mS/cm และ ค่า pH ระหว่าง 5.5 - 6.5

3. ระบบและการดำเนินการทดลอง

เมื่อผักสลัดอายุครบ 14 วันหลังเพาะเมล็ด จะได้ต้นกล้าที่พร้อมย้ายลงในถ้วยปลูก โดยเลือกย้ายต้นกล้าที่แข็งแรง มีความสมบูรณ์ จากนั้นทำการตัดฟองน้ำให้แยกออกจากกัน ตามขนาด 1 × 1 นิ้ว แล้วนำฟองน้ำที่มีต้นกล้าไปใส่ไว้ในถ้วยปลูก นำถ้วยปลูกที่จัดเตรียมเสร็จไปปลูกที่โต๊ะปลูกผักที่จัดเตรียมไว้

โต๊ะปลูกทำจากท่อพีวีซี ขนาด 2.5 นิ้ว มีความยาว 1 เมตร จำนวน 8 อัน แต่ละอันเจาะช่องด้านบนของท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร จำนวน 7 ช่อง/ท่อพีวีซี สำหรับใส่ถ้วยปลูกผักไฮโดรโพนิกส์ นำท่อพีวีซีมาติดตั้งเป็นชั้น จำนวน 4 ชั้น แต่ละชั้นจะวางท่อพีวีซีจำนวน 2 อัน นอกจากนั้นมีถังพลาสติกบรรจุสารละลายธาตุอาหาร ขนาด 50 ลิตร ปั๊มน้ำ ขนาด 35 วัตต์ จำนวน 1 ตัว ใช้สำหรับสูบสารละลายธาตุอาหาร ให้ไหลลงสู่ท่อพีวีซี ภายในท่อพีวีซีจะมีท่อน้ำล้น เพื่อให้น้ำที่มีสารละลายธาตุอาหาร ไหลลงสู่ถังพลาสติก ระบบการปลูกผักสลัดจะต้องมีสารละลายธาตุอาหารไหลวนตลอดระยะเวลาในการปลูก แสดงดังภาพที่ 1

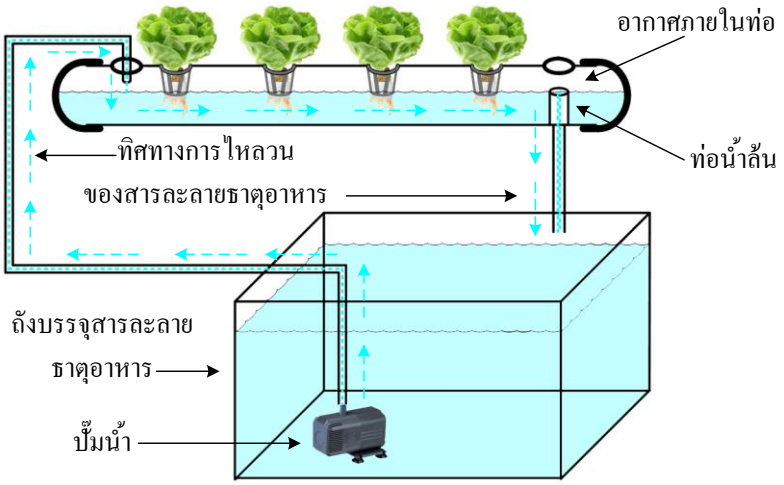
การปลูกผักไฮโดรโพนิกส์โดยให้รากแช่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารโดยตรง และให้อากาศไหลวนผ่านรากพืชอย่างต่อเนื่องที่ระดับความลึกประมาณ 4 เซนติเมตร โดยที่ปั๊มน้ำจะส่งสารละลายธาตุอาหารไหลเวียนขึ้นไปในท่อหรือรางปลูก ผ่านรากพืชมาสู่ด้านท้ายของท่อหรือรางปลูก ผ่านสะดือปรับระดับน้ำไหลกลับสู่ถังบรรจุ ซึ่งสะดือปรับระดับน้ำหรือท่อน้ำล้นทำหน้าที่ปรับระดับความสูงต่ำของสารละลายธาตุอาหารที่อยู่ภายในท่อหรือรางปลูก จึงทำให้มีสารละลายธาตุอาหารขังอยู่ตลอดเวลาภายในท่อหรือรางปลูก จึงสามารถแก้ปัญหาเกี่ยวกับอุณภูมิที่สูงขึ้นในช่วงเวลาตอนกลางวัน หรือปัญหาจากไฟฟ้าดับพืชก็ยังสามารถรับสารละลายธาตุอาหารได้

ตลอดเวลา (มนตรี, 2558) ทำให้ผักไฮโดรโพนิกส์เจริญเติบโตได้ดี แสดงดังภาพที่ 2

3.1 การปลูกโดยเกษตรกร

หลังจากที่ย้ายต้นกล้าลงบนโต๊ะปลูกผักสลัด เกษตรกรต้องตรวจวัด แล้วเติมปริมาณน้ำและสารละลายธาตุอาหาร A, B วัดอุณหภูมิ ค่า EC และ pH ทุกๆ วัน (อานัฐ, 2558) เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักสลัด ที่มีระยะเก็บเกี่ยวประมาณ 42 วัน และก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 7 วัน จะงดเติมสารละลายธาตุอาหาร เพื่อลดความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่อยู่ในโต๊ะปลูก โดยการเติมน้ำลงในถังบรรจุสารละลายธาตุอาหาร ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดการตกค้างของสารละลายธาตุอาหาร เมื่อผักครบระยะเวลาสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้

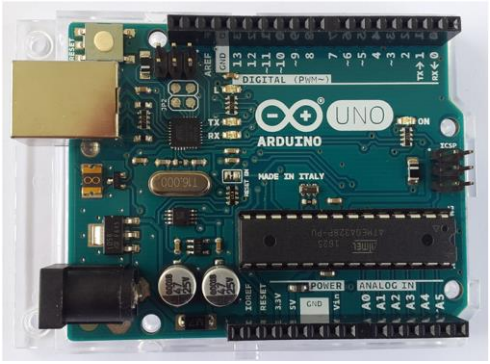
ภาพที่ 1 โต๊ะปลูกทำจากท่อพีวีซีสำหรับการปลูกผักสลัดแบบระบบไฮโดรโพนิกส์ ระบบ DRFT



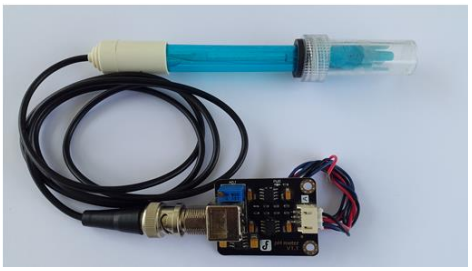
ภาพที่ 2 ระบบการปลูกผักไฮโดรโพนิกส์ แบบ DRFT

3.2 การปลูกโดยระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหารอัตโนมัติด้วย IoT

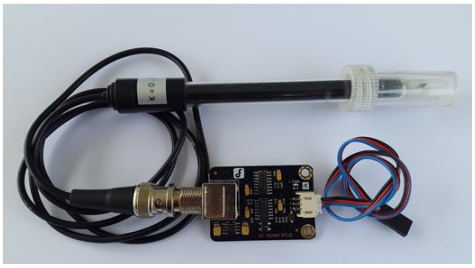
ระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหารอัตโนมัติด้วย IoT เป็นระบบที่ทำหน้าที่ตรวจวัด แล้วเติมปริมาณน้ำ และสารละลายธาตุอาหาร A, B วัดอุณหภูมิ ค่า EC และ pH ทุกช่วงเวลาที่กำหนดไว้แทนเกษตรกร เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักสลัด ซึ่งจะใช้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino UNO R3 (ทรงพล และคณะ, 2560) ดังแสดงในภาพที่ 3 เชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตในระบบ IoT ที่ทำงานร่วมกับอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH Sensor) และอุปกรณ์ตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC Sensor) สำหรับการปลูกผักไฮโดรโพนิกส์ ดังแสดงในภาพที่ 4 ก. และ ข.



ภาพที่ 3 อุปกรณ์ไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino UNO R3



ก. อุปกรณ์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH Sensor)



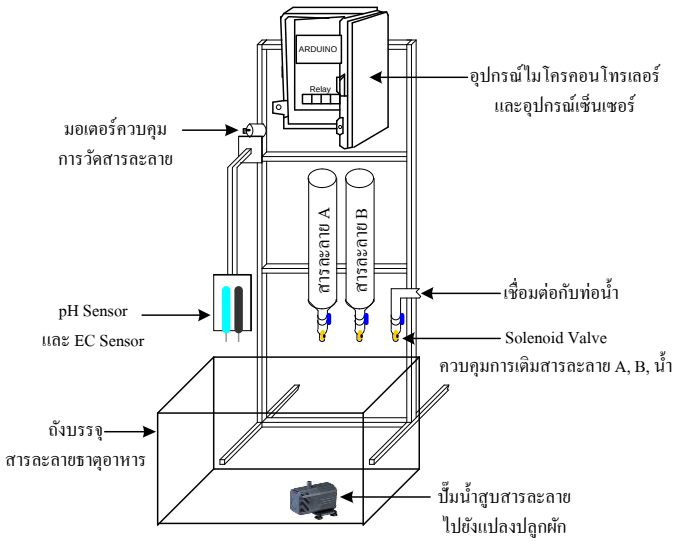
ข. อุปกรณ์วัดค่าการนำไฟฟ้า (EC Sensor)

ภาพที่ 4 อุปกรณ์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH Sensor) และวัดค่านำไฟฟ้า (EC Sensor)

นำอุปกรณ์ไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino UNO R3 มาติดตั้งร่วมกับอุปกรณ์เซ็นเซอร์ต่างๆ เช่น อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ อุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำด้วย Ultrasonic Sensor Module อุปกรณ์เติมสารละลายธาตุอาหาร A, B อุปกรณ์ pH Sensor Module อุปกรณ์ EC Sensor Module และ Solenoid Valve (ธัชกร และ กุลวดี, 2557) โดยติดตั้งบนโครงสร้างอลูมิเนียม ประกอบเป็นชุดอุปกรณ์วัดค่าสารละลายธาตุอาหารสำหรับปลูกผักไฮโดรโพนิกส์ ดังแสดงในภาพที่ 5 ระบบสามารถปรับตำแหน่งการวางอุปกรณ์วัดค่า หรือเคลื่อนย้ายนำไปติดตั้งตามสถานที่ต่างๆ ตามแต่ละสภาพพื้นที่ โดยนำชุดระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหารไปติดตั้งร่วมกับถังบรรจุน้ำ และสารละลายธาตุอาหารสำหรับการปลูกผักไฮโดรโพนิกส์บนแบบ DRFT โดยระบบสามารถทำงานแบบอัตโนมัติ หรือควบคุมผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สามารถควบคุมผ่านซอฟต์แวร์แบบ Web Application ที่สามารถตรวจวัดปริมาณน้ำ การเติมน้ำ เติมสารละลายธาตุอาหาร A, B วัดอุณหภูมิ วัดค่า EC และ pH ได้ทุกสถานที่ตลอดเวลา บนอุปกรณ์ Mobile Phone, Tablet, Notebook หรือ PC โดยแอพพลิเคชันสามารถแจ้งเตือนเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ น้ำหยุดไหล และแจ้งเตือนวันเก็บเกี่ยวผักสลัดผ่านโปรแกรม LINE และสามารถดูข้อมูลการปลูกผักสลัดย้อนหลังตามที่ระบบบันทึกไว้ในฐานข้อมูลได้

4. การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 4 ต้น แบ่งการบันทึกข้อมูลออกเป็น 5 ช่วงระยะเวลา แต่ละช่วงมีระยะเวลา 7 วัน เมื่อผักสลัดมีอายุ 14, 21, 28, 35 และ 42 วัน หลังเพาะเมล็ด จะทำการบันทึกผลการทดลอง ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนใบ ความกว้างทรงพุ่ม และน้ำหนักสดของผักสลัดในวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิต ของผักสลัดทั้ง 3 ชนิด ทั้งในการปลูกโดยเกษตรกร และการปลูกโดยระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหารอัตโนมัติด้วย IoT นำค่าความสูงต้น จำนวนใบ ความกว้างทรงพุ่ม และน้ำหนักสดของผักสลัด โดยเกษตรกร และโดยระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหารอัตโนมัติด้วย IoT มาทดสอบค่าเฉลี่ยโดยใช้สถิติ T-test บนโปรแกรม SPSS Version 16.0



ภาพที่ 5 ชุดอุปกรณ์วัดค่าสารละลายธาตุอาหารสำหรับปลูกผักไฮโดรโพนิกส์

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

การบันทึกผลการทดลองปลูกผักสลัดทั้ง 3 ชนิดในระบบไฮโดรโพนิกส์ คือ เรดโอ๊ค กรีนโอ๊ค และกรีนบัตเตอร์เฮด โดยผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ ความสูงต้น จำนวนใบ ความกว้างทรงพุ่ม และน้ำหนักสดของผักสลัดในวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่าการปลูกโดยเกษตรกรกับการปลูกโดยระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหารอัตโนมัติด้วย IoT มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 1-3 และภาพที่ 6

ตารางที่ 1 แสดงผลการวัดความสูงต้น (เซนติเมตร) ที่อายุ 42 วันหลังเพาะเมล็ด ของผักสลัดทั้ง 3 ชนิด ที่ปลูกโดยเกษตรกรและควบคุมการปลูกแบบอัตโนมัติด้วย IoT

ระยะเวลา	เรดโอ๊ค		กรีนโอ๊ค		กรีนบัตเตอร์เฮด	
(วัน)	A	B	A	B	A	B
14	3.40 ± 0.08	3.30 ± 0.08	3.20 ± 0.08	3.30 ± 0.08	2.50 ± 0.08	2.40 ± 0.12
21	7.50 ± 0.08	7.60 ± 0.08	7.30 ± 0.12	7.00 ± 0.14	5.40 ± 0.12	5.50 ± 0.08
28	11.80 ± 0.08	11.80 ± 0.14	11.40 ± 0.08	11.20 ± 0.14	9.60 ± 0.08	9.40 ± 0.14
35	15.40 ± 0.08	15.20 ± 0.14	14.50 ± 0.14	14.40 ± 0.12	12.20 ± 0.08	12.50 ± 0.14
42	17.20 ± 0.14	17.00 ± 0.12	16.60 ± 0.12	16.80 ± 0.08	14.30 ± 0.08	14.60 ± 0.08*

A ปลูกโดยเกษตรกร

B ปลูกโดยระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหารอัตโนมัติด้วย IoT

* $p < 0.05$

ตารางที่ 2 แสดงผลการนับจำนวนใบ (ใบ) ที่อายุ 42 วันหลังเพาะเมล็ด ของผักสลัดทั้ง 3 ชนิด ที่ปลูกโดยเกษตรกรและควบคุมการปลูกแบบอัตโนมัติด้วย IoT

ระยะเวลา	เรดโอ๊ค		กรีนโอ๊ค		กรีนบัตเตอร์เฮด	
(วัน)	A	B	A	B	A	B
14	4.25 ± 0.50	4.00 ± 0.00	4.00 ± 0.00	4.25 ± 0.50	4.25 ± 0.50	4.25 ± 0.50
21	7.50 ± 0.58	7.25 ± 0.50	7.25 ± 0.50	7.25 ± 0.50	9.00 ± 0.82	10.00 ± 0.82
28	12.00 ± 0.82	12.25 ± 0.96	11.25 ± 0.50	11.25 ± 0.50	17.50 ± 0.58	17.50 ± 0.58
35	17.25 ± 0.50	17.00 ± 0.82	17.25 ± 0.50	17.00 ± 0.82	21.50 ± 0.58	22.00 ± 0.82
42	24.50 ± 0.58	24.25 ± 0.50	23.25 ± 0.96	23.00 ± 0.82	28.25 ± 0.96	28.00 ± 0.82

A ปลูกโดยเกษตรกร

B ปลูกโดยระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหารอัตโนมัติด้วย IoT

* $p < 0.05$

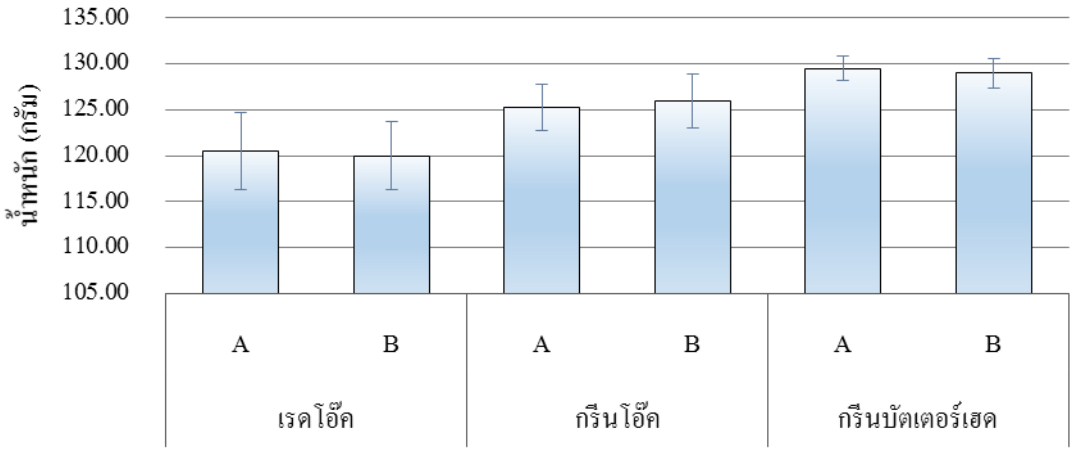
ตารางที่ 3 แสดงผลการวัดความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ที่อายุ 42 วันหลังเพาะเมล็ด ของผักสลัดทั้ง 3 ชนิด ที่ปลูกโดยเกษตรกรและควบคุมการปลูกแบบอัตโนมัติด้วย IoT

ระยะเวลา	เรดโอ๊ค		กรีนโอ๊ค		กรีนบัตเตอร์เฮด	
(วัน)	A	B	A	B	A	B
14	3.50 ± 0.08	3.50 ± 0.58	4.00 ± 1.15	4.00 ± 0.82	3.25 ± 0.50	3.25 ± 0.50
21	7.25 ± 0.96	7.00 ± 0.82	7.00 ± 0.82	7.25 ± 0.50	7.50 ± 0.58	7.00 ± 0.82
28	11.25 ± 0.50	11.00 ± 0.82	11.25 ± 0.50	11.50 ± 0.58	12.00 ± 0.82	11.00 ± 0.82
35	17.25 ± 0.50	17.00 ± 0.00	18.00 ± 0.82	17.50 ± 0.58	17.25 ± 0.50	17.00 ± 0.82
42	22.50 ± 0.58	23.00 ± 0.82	23.00 ± 1.41	23.50 ± 0.58	22.00 ± 0.82	21.25 ± 0.50

A ปลูกโดยเกษตรกร

B ปลูกโดยระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหารอัตโนมัติด้วย IoT

* $p < 0.05$



A ปลูกโดยเกษตรกร

B ปลูกโดยระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหารอัตโนมัติด้วย IoT

ภาพที่ 6 กราฟแสดงน้ำหนักสดของผักสลัดหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตของผักสลัดที่อายุ 42 วันหลังเพาะเมล็ด

ระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหารอัตโนมัติด้วย IoT ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นสามารถปลูกผักสลัดได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างจากระบบที่ปลูกโดยเกษตรกร เนื่องจากระบบการควบคุมการเติมสารละลายธาตุอาหารในการปลูกพืชในระบบไฮโดรโพนิกส์ มีความแม่นยำเมื่อถูกออกแบบให้ควบคุมโดยระบบไมโครโปรเซสเซอร์ (Velazquez *et al*., 2013) รวมถึงมีการการตรวจสอบค่า EC, pH (ธัชกร และ กุลวดี, 2557) และการควบคุมปริมาณของน้ำ (Devika *et al*., 2014; Siregar *et al*., 2016) สามารถควบคุมและติดตามได้ทันทีผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต บนอุปกรณ์ Mobile Phone, Tablet, Notebook หรือ PC ซึ่งได้ผลเช่นเดียวกับระบบควบคุมการปลูกพืชในระบบไฮโดรโพนิกส์ที่พัฒนาโดย Shafahi and Woolston, (2014) และ Mishra and Jain (2015) ดังนั้นระบบที่

พัฒนาขึ้นจึงสามารถทดแทนการปลูกที่ต้องดูแลการปลูกโดยเกษตรกร และสามารถนำไปเพิ่มพื้นที่การผลิตในการปลูกผักสลัดในเชิงพาณิชย์ได้โดยไม่ต้องเพิ่มแรงงานของเกษตรกร

สรุป

ระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหารอัตโนมัติด้วย IoT ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำมาใช้ควบคุมการปลูกผักสลัดไฮโดรโพนิกส์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งทดแทนการปลูกที่ต้องดูแลโดยเกษตรกร

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่อนุญาตให้ใช้พื้นที่ในการทำวิจัย และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบ และแก้ไขปรับปรุงบทความฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

คมกฤษณ์ ชูเรือง. 2560. การวัดการละลายของปุ๋ยในน้ำของการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์แบบเวลาจริงโดยใช้หลักค่าความนำไฟฟ้าและ MQTT, น. 28-32. *ใน* **การประชุมวิชาการวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติระดับชาติ ครั้งที่ 4.** มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

จิระเดช แจ่มสว่าง และ วรรณวิไล อินทนู. 2545. การผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสดด้วยเทคนิคอย่างง่ายเพื่อใช้ควบคุมโรคเน่าระดับดินของถั่วฝักยาวที่เกิดจากเชื้อรา *Sclerotium rolfsii*, น. 236-242. *ใน* **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ดิเรก ทองอร่าม. 2550. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน : หลักการจัดการ การผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย.** ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ.

ทรงพล นามคุณ, วรรณพร สารภักดิ์ และ ปิยศักดิ์ ถีอาสนา. 2560. ระบบควบคุมและดูแลสำหรับการปลูกพืชไร้ดินแบบกึ่งอัตโนมัติ, น. 156-162. *ใน* **การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 3.** มหาสารคาม.

ธนากร น้ำหอมจันทร์ และ อติกร เสรีพัฒนานนท์. 2557. ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดิน แบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำแบบอัตโนมัติ โดยใช้ระบบควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** 8(1): 98-111.

ธัชกร อ่อนบุญเอื้อ และ กุลวดี เถนว้อง. 2557. ระบบควบคุมสารละลายอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชวิธีไฮโดรพอนิกส์, น. 383-388. *ใน* **การประชุมวิชาการ การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน ครั้งที่ 4.** มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

มนตรี แสนสุข. 2558. **ผักเพื่อสุขภาพระบบไฮโดรโปนิกส์ ปลูกบริโภคเองหรือทำเป็นธุรกิจก็ดี.** พิมพ์ครั้งที่ 1. นานา, กรุงเทพฯ.

มนูญ ศิรินุพงศ์. 2559. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในประเทศไทย.** มิตรเกษตรการตลาดและโฆษณา, นนทบุรี.

มัฆวาล หอสุวรรณ์, กฤดา หอสุวรรณ์, สดศรี ชุมพล, อวัสดา สงครามยศ, เฉลิมพล เกิดมณี, สุริยันตร์ ฉะอุ่ม, ดิเรก ทองอร่าม, สมศักดิ์ แท่นมณี, สันทัด ศักดิ์สาคร และ จิระศักดิ์ สุกใส. 2551.

คู่มือการปลูกพืชไร้ดิน (Soilless Culture). พี เอ็น เค แอนด์ สกายพริ้นติงส์, กรุงเทพฯ.

สมพงษ์ บัวแย้ม. 2558. **เทคนิคปลูกพืชไร้ดิน.** ทานตะวัน, กรุงเทพฯ.

อานัฐ ตันโช. 2558. **คู่มือการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (ไฮโดรโพนิกส์).** พิมพ์ครั้งที่ 6. ทรีโอ แอดเวอร์ไทซิ่ง แอนด์ มีเดีย, เชียงใหม่.

Devika, S.V., Khamuruddeen, S., Khamurunnisa, S., Thota, J. and Shaik, K. 2014. Arduino based automatic plant watering system. **International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering** 4(10): 449-456.

Mishra, R.L. and Jain, P. 2015. Design and implementation of automatic hydroponics system using ARM processor. **International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering** 4(8): 6935-6940.

Palandea, V., Zaheera, A. and Georgea, K. 2018. Fully automated hydroponic system for indoor plant growth. **Procedia Computer Science** 129: 482-488.

Pitakphongmetha, J., Boonnam, N., Wongkoon, S., Horanont, T., Somkiadcharoen, D. and Prapakornpilai, J. 2016. Internet of things for planting in smart farm hydroponics style. *In* **The 20th International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC).** Maejo University, Thailand.

Shafahi, M. and Woolston, D. 2014. Aquaponics: A sustainable food production system, pp. 1-4. *In* **Proceeding of the ASME 2014 International Mechanical Engineering Congress and Exposition (IMECE).** ASME, Quebec, Canada.

Sihombing, P., Karina, N.A., Tarigan, J.T. and Syarif, M.I. 2018. Automated hydroponics nutrition plants systems using arduino uno microcontroller based on android. **Journal of Physics: Conference Series** 978(1): 1-6.

Siregar, B., Nasution, A.B.A. and Fahmi, F. 2016. Integrated pollution monitoring system for smart city, pp. 49-52. *In* **2016 International Conference on ICT for Smart Society (ICISS). International Conferenceon.** IEEE, Indonesia.

Siregar, B., Fadli, F., Andayani, U., Harahap, L.A. and Fahmi, F. 2017. Monitoring of Solar Radiation Intensity using Wireless Sensor Network for Plant Growing. **Journal of Physics: Conference Series** 801: 1-8.

Tembe, S., Khan, S. and Acharekar, R. 2018. IoT based Automated Hydroponics System. **International Journal of Scientific and Engineering Research** 9(2): 67-71.

Velazquez, L.A., Hernandez, M.A., Leon, M., Dominguez, R.B. and Gutierrez, J.M. 2013. First advances on the development of a hydroponic system for cherry tomato culture. *In* **Proceeding of IEEE 10th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Automatic Control (CCE).** IEEE, Mexico.

Wu, T.H., Chang, C.H., Lin, Y.W., Van, L.D. and Lin, Y.B. 2016. Intelligent plant care hydroponic box using IoT talk, pp. 398-401. *In* **IEEE International Conference on Internet of Things**

(iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData). IEEE, China.

Yumeina, D., Aji, G.K. and Morimoto, T. 2016. Dynamic Optimization of Water Temperature for Maximizing Leaf Water Content of Tomatoes in Hydroponics Using an Intelligent Control Technique. **International Journal of Computer Engineering And Applications** X(III): 63-78.