การออกแบบและจัดสร้างระบบควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์จากค่าความชื้นในดินด้วยพีแอลซีสำหรับพืชกระท่อม (*Mitragyna speciosa* Korth.)

Design and construction of automatic solar irrigation system based on soil moisture using PLC for kratom (*Mitragyna speciosa* Korth.)

องอาจ ทับบุรี[1*] และ กันยารัตน์ เอกเอี่ยม[1]
Ong-art Tubburee[1*] and Kanyarat Ek-iam[1]

Received: 8 December 2023 ; **Revised**: 10 January 2024 ; **Accepted**: 19 January 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและจัดสร้างระบบควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติจากค่าความชื้นในดินด้วยพีแอลซีสำหรับพืชกระท่อมโดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการศึกษารูปแบบของการให้น้ำและค่าความชื้นในดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชกระท่อมมาเป็นข้อมูลสำคัญในการให้น้ำ สำหรับระบบที่นำเสนอจะใช้วิธีการคำนวณเพื่อกำหนดขนาดของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับจ่ายให้มอเตอร์ปั๊มน้ำและอุปกรณ์ควบคุมที่ใช้พีแอลซีบอร์ดเป็นตัวประมวลผลจากข้อมูลที่ส่งมาจากเซนเซอร์วัดแรงดันไฟฟ้าและเซนเซอร์วัดความชื้นในดินสำหรับเริ่มต้นการให้น้ำพืชกระท่อม และใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์วัดความดันน้ำในท่อส่งน้ำเพื่อควบคุมโซลินอยด์วาล์วจำนวน 2 ตัว ให้เปิด/ปิดการจ่ายน้ำให้ได้ความแรงและปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำแบบมินิสปริงเกอร์ที่เหมาะสมกับพืชกระท่อม ผลการทดสอบใช้งานจริงแสดงให้เห็นว่าระบบที่ออกแบบและจัดสร้างสามารถควบคุมการให้น้ำได้ดีมีรัศมีการกระจายน้ำจากหัวจ่ายน้ำอยู่ระหว่าง 28-60 เซนติเมตร ทั้งในภาวะที่มีแสงอาทิตย์น้อยและแสงอาทิตย์มาก และยังสามารถให้น้ำแก่พืชกระท่อมจนความชื้นในดินบริเวณโคนต้นมีค่าอยู่ระหว่าง 50-80% ตลอดฤดูกาล ทำให้ได้ใบของพืชกระท่อมที่สมบูรณ์ขึ้น คิดเป็นอัตราส่วนของจำนวนใบที่ลดลงต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัมที่ดีขึ้นกว่าวิธีการให้น้ำแบบเดิมอยู่ระหว่างร้อยละ 5.04-9.87

คำสำคัญ: พืชกระท่อม, ความชื้นในดิน, มินิสปริงเกอร์, เซลล์แสงอาทิตย์, พีแอลซี

Abstract

This research aims to design and develop an automatic solar irrigation control system based on soil moisture using PLC for *Mitragyna speciosa*. The various types of irrigation techniques and suitable soil moisture for *Mitragyna speciosa*, which are important parameters for watering, are discussed in this paper. The proposed system uses calculation methods for solar power generation to produce electricity for water pumps and control devices. A PLC board was used to process the information received from a voltage sensor and a soil moisture sensor to initiate irrigation for *Mitragyna speciosa*. Additionally, information received from pressure sensors installed on the water pipe was used to process and control two solenoid valves to turn ON/OFF the water supply to achieve a high-velocity and high-volume spray by mini-sprinklers suitable for *Mitragyna speciosa*. The experimental results showed that the water distribution radius from the water dispenser ranged from 28 to 60 cm, both in low and high sun intensity conditions. Furthermore, the proposed automatic irrigation system could maintain a soil moisture content of 50-80% for *Mitragyna speciosa* throughout all seasons, resulting in a better fecund of *Mitragyna speciosa* leaves. The ratio of leaves lost per 1 kilogram of weight was better than the traditional irrigation method by 5.04-9.87%.

Keywords: *Mitragyna speciosa*, soil moisture, mini sprinkler, solar cell, PLC

---

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 13180

[1] Assistant Professor, Department of Industrial Electrical Technology, Faculty of Industrial Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, Tambon Klong Neung, Pathumthani 13180 Thailand

[*] Corresponding author: E-mail: ongart.tub@vru.ac.th, tubburee.o@gmail.com

บทนำ

ในอดีตสำหรับประเทศไทยพืชกระท่อม (Kratom) ซึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil. จัดเป็นยาเสพติดให้โทษประเภทที่ 5 ตามความในพระราชบัญญัติยาเสพติดให้โทษ พ.ศ. 2522 มาตรา 7 เนื่องจากการรับประทานใบพืชกระท่อมมากเกินไปหรือติดต่อกันเป็นระยะเวลานานจะเกิดอาการนอนไม่หลับหรือมีภาวะหลับยาก (สาวิตรี อัษณางค์กรชัย และคณะ, 2563) และยังทำให้เสพติดและเกิดผลเสียต่อสุขภาพ อย่างไรก็ตามผลการศึกษาทางการแพทย์พบว่า สารไมทราไจนิน (Mitragynine) ในใบพืชกระท่อมมีสรรพคุณที่ช่วยบรรเทาอาการเจ็บปวดในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย มีผลต่อสมองและพฤติกรรม ทำให้อยากกินอาหารและน้ำลดลง เป็นยาต้านซึมเศร้าที่ออกฤทธิ์ในสมองทำให้ผู้ป่วยรู้สึกดีขึ้น (นิราณี บือราเฮง และคณะ, 2565) นอกจากนี้ยังนำไปใช้บรรเทาอาการปวดแทนมอร์ฟีนได้ โดยมีความแรงต่ำกว่าประมาณ 10 เท่า และมีข้อดีกว่าหลายประการ จากประโยชน์ดังกล่าวทำให้พืชกระท่อมถูกถอดออกจากบัญชียาเสพติดให้โทษประเภทที่ 5 ตามประกาศใช้พระราชบัญญัติยาเสพติดให้โทษ (ฉบับที่ 8) พ.ศ. 2564 และในวันที่ 26 สิงหาคม พ.ศ. 2565 ได้มีการประกาศในราชกิจจานุเบกษา โดยยกเลิกการกำหนดให้พืชกระท่อมเป็นบัญชียาเสพติดให้โทษประเภทที่ 5 ตามพระราชบัญญัติพืชกระท่อม พ.ศ. 2565

จากการศึกษาตลาดของใบพืชกระท่อมพบว่ามีตลาดใหญ่ที่สุดอยู่ในประเทศสหรัฐอเมริกา คิดเป็นมูลค่าไม่ต่ำกว่า 30,000 ล้านบาท/ปี โดยส่วนใหญ่นำไปใช้เพื่อช่วยรักษาโรคซึมเศร้า บำบัดยาเสพติด เพิ่มสมรรถภาพทางเพศ ตลอดจนนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อวางจำหน่ายในรูปแบบต่าง ๆ มากมาย (ชมรมภาคีเครือข่ายเพื่อพัฒนาชุมชน, 2564) สำหรับประเทศไทยพบการปลูกพืชกระท่อมได้โดยทั่วไป แต่แหล่งที่พบมากจะอยู่ในป่าธรรมชาติของภาคใต้ อาทิ สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช ตรัง สตูล พัทลุง สงขลา ยะลา ปัตตานี นราธิวาส และบางจังหวัดของภาคกลาง เช่น ปทุมธานี (นิราณี บือราเฮง และคณะ, 2565) ซึ่งมีลักษณะพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดเป็นที่ราบลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 89.65 ของพื้นที่ทั้งหมด ดินมีลักษณะเป็นดินเหนียวจัด และมีแหล่งน้ำธรรมชาติผิวดินจำนวนมาก (สำนักบริหารโครงการ กรมชลประทาน, 2562) จึงเหมาะต่อการปลูกพืชกระท่อม เนื่องจากเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีน้ำมากตลอดทั้งปี รวมถึงดินที่มีความชื้นหรือดินเหนียว (บ้านและสวน, 2565) ทำให้เกษตรกรในจังหวัดปทุมธานีหันมาปลูกพืชกระท่อมกันเป็นจำนวนมาก จนประสบปัญหาการบำรุงและดูแลไม่ทั่วถึง โดยเฉพาะเรื่องการให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ ด้วยวิธีการเดิมคือ การใช้กระบวยตักรดน้ำหรือเกษตรกรบางรายได้ประยุกต์ใช้เรือสูบน้ำที่ใช้เครื่องยนต์ ซึ่งต้องใช้แรงงานคนและใช้เวลาในการให้น้ำพืชกระท่อมค่อนข้างนานกว่าจะแล้วเสร็จ ทำให้เกษตรกรเกิดความเหนื่อยล้าจนไม่สามารถให้น้ำพืชกระท่อมได้เป็นประจำตามความต้องการของพืชกระท่อม ลักษณะดังกล่าวส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชกระท่อมให้เป็นไปอย่างล่าช้า และใบของพืชกระท่อมก็มีขนาดเล็กลงซึ่งส่งผลโดยตรงต่อราคาขาย

วิธีการให้น้ำพืชไร่และพืชสวนที่ใช้กันในปัจจุบันจำแนกได้ 4 วิธีการ ได้แก่ การปล่อยน้ำท่วมแปลง (Flood irrigation) การปล่อยน้ำไปตามร่องคู (Localized irrigation) การให้น้ำแบบหยด (Drip irrigation) และการให้น้ำแบบฝนเทียม (Sprinkler irrigation) (Uroromu, *et al*., 2019) โดยพบว่าการให้น้ำแบบหยดเป็นวิธีการที่ช่วยประหยัดน้ำได้มาก และยังใช้น้ำได้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยมีประสิทธิภาพการให้น้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 75-95 เพราะการติดตั้งหัวน้ำหยดบริเวณโคนต้นไม้จะทำให้น้ำเปียกชื้นเฉพาะบริเวณรากเท่านั้น อย่างไรก็ตามข้อด้อยที่ส่งผลให้การให้น้ำลักษณะนี้ไม่ได้รับความนิยมนำไปใช้กับการทำเกษตรแปลงใหญ่ คือการใช้ถังน้ำขนาดใหญ่เพื่อเก็บและจ่ายน้ำให้มีความดันคงที่ และการใช้ระบบกรองน้ำเพื่อกรองตะกอนที่อาจติดมากับน้ำออกก่อนที่จะส่งออกไปตามท่อต่าง ๆ โดยพบว่าเมื่อใช้งานไปแล้วมักเกิดปัญหาการอุดตันของหัวน้ำหยด สำหรับวิธีการให้น้ำแบบฝนเทียมหรือที่นิยมเรียกว่า แบบสปริงเกอร์ เป็นวิธีการให้น้ำเหนือดินโดยการฉีดน้ำเป็นฝอยคล้ายฝนให้ครอบคลุมเนื้อที่เป็นแห่ง ๆ ไป ถือเป็นวิธีการให้น้ำที่ได้รับความนิยมอย่างมากสำหรับการทำเกษตรแปลงใหญ่ในปัจจุบัน มีประสิทธิภาพการให้น้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 60-90 (Mane, *et al*., 2021)

จากความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและรวดเร็วในปัจจุบัน ส่งผลให้ระบบรดน้ำพืชอัตโนมัติได้รับการออกแบบและพัฒนาขึ้นใช้งานเป็นจำนวนมาก (Hassan, *et al*., 2019 ; Idama & Ekruyota, 2021) โดยสามารถควบคุมทั้งเวลาและปริมาณการให้น้ำพืชได้สอดคล้องตามความต้องการของพืช ส่งผลให้ได้ผลผลิตที่ดีมีคุณภาพ และสามารถใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังเป็นการอำนวยความสะดวกให้เกษตรกรที่ไม่มีเวลาให้น้ำแก่พืช โดยเฉพาะกรณีเกษตรกรที่ทำเกษตรแปลงใหญ่ ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบและสร้างระบบควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติจากค่าความชื้นในดินด้วยพีแอลซี (PLC, Programmable logic controller) สำหรับพืชกระท่อม ณ พื้นที่ไร่พืชกระท่อมของเกษตรกรในตำบลระแหง อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ดังแสดงภาพถ่ายพื้นที่จากดาวเทียมใน Figure 1(a) โดยใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานทดแทนทางธรรมชาติถือเป็นพลังงานสะอาดที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษหรือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และยังช่วยลดต้นทุนทางพลังงานให้เกษตรกรด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการให้น้ำและค่าความชื้นในดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชกระท่อมที่ปลูกในอำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี

2. เพื่อออกแบบและสร้างระบบควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติจากค่าความชื้นในดินด้วยพีแอลซีสำหรับพืชกระท่อม

3. เพื่อออกแบบและสร้างระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้ระบบการให้น้ำพืชกระท่อมแบบอัตโนมัติ

4. เพื่อประเมินสมรรถนะของระบบควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติจากค่าความชื้นในดินด้วยพีแอลซีสำหรับพืชกระท่อมโดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยด้วยการออกแบบและสร้างต้นแบบของระบบการควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติจากค่าความชื้นในดินด้วยพีแอลซีสำหรับกระท่อมจำนวน 80 ต้น ที่ถูกแบ่งออกเป็น 2 พื้นที่ๆ ละ 40 ต้น โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำหน้าที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าจ่ายให้อุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำและมอเตอร์ปั๊มน้ำ และเพื่อให้ความแรงและปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำมีความเหมาะสมและสม่ำเสมอกันทั้ง 80 ต้น ผู้วิจัยจึงออกแบบการวางท่อส่งน้ำโดยเลือกใช้ท่อพีวีซี (PVC) ขนาด 2 นิ้ว จำนวน 8 ท่อ ต่อรับน้ำที่ออกมาจากมอเตอร์ปั๊มน้ำเพื่อให้น้ำแก่พืชกระท่อมทั้ง 2 พื้นที่ และใช้ท่อพีอี (PE) ขนาด 20 มิลลิเมตร เป็นท่อจ่ายน้ำไปให้กับหัวจ่ายน้ำแบบมินิสปริงเกอร์ (Mini sprinkler) ที่ติดตั้งอยู่บริเวณโคนต้นพืชกระท่อมแต่ละต้น ดังแสดงใน Figure 1(b)

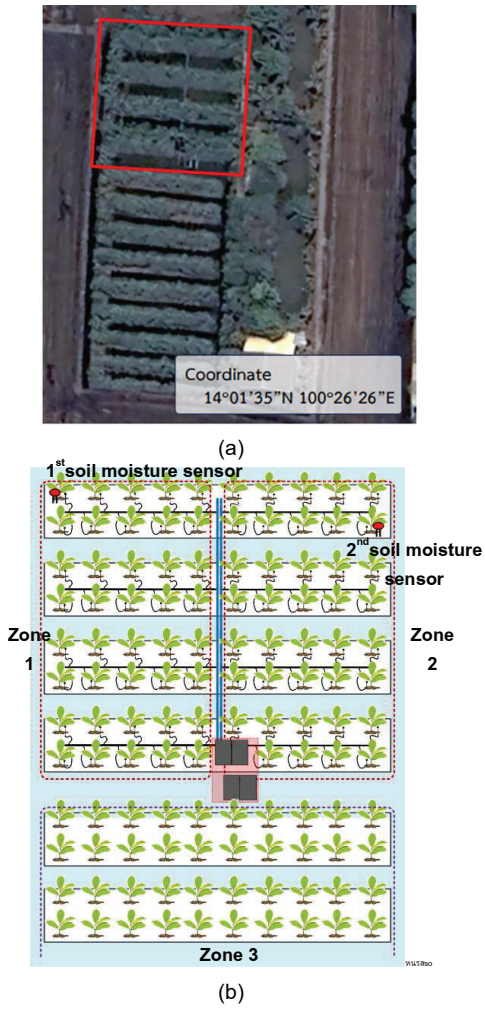


Figure 1 Design of automatic irrigation control system. (a) Satellite Imagery of the proposed *Mitragyna speciosa* field (b) Water distribution pipe plan

1. การศึกษาวิธีการให้น้ำและค่าความชื้นในดินที่เหมาะสมกับพืชกระท่อม

1.1 การศึกษาวิธีการให้น้ำที่เหมาะสม

จากการศึกษาวิธีการให้น้ำแก่พืชไร่และพืชสวนพบว่าการให้น้ำแบบหยดบริเวณโคนต้นพืชจะทำให้เกิดความชุ่มชื้นเฉพาะบริเวณรากพืชเท่านั้น เป็นวิธีการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด แต่ก็มีข้อด้อยของการใช้ถังน้ำขนาดใหญ่ และปัญหาการอุดตันของหัวน้ำหยด ขณะที่การให้น้ำแบบสปริงเกอร์เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมนำไปใช้กับการทำเกษตรแปลงใหญ่ แต่มีประสิทธิภาพการให้น้ำต่ำกว่าวิธีการให้น้ำแบบหยด เพราะการฉีดน้ำเป็นฝอยคล้ายฝนจะทำให้น้ำระเหยและกระจายไปตามลมได้ง่าย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2564) อีกทั้งการกระจายของน้ำอาจไกลเกินกว่าบริเวณรากพืช จากข้อโดดเด่นและข้อด้อยของการให้น้ำทั้ง 2 วิธีข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะใช้วิธีการให้น้ำแบบสปริงเกอร์ในไร่พืชกระท่อม โดยการใช้หัวจ่ายน้ำแบบมินิสปริงเกอร์เพื่อให้น้ำเฉพาะบริเวณโคนต้นพืชกระท่อมแต่ละต้น และถึงแม้จะเป็นการให้น้ำเฉพาะบริเวณโคนต้น แต่ระยะการกระจายของน้ำจากหัวสปริงเกอร์อาจไกลเกินกว่าที่รากพืชกระท่อมจะดูดซึมมาใช้ประโยชน์ได้ อีกทั้งยังทำให้วัชพืชเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้จากการศึกษารัศมีการกระจายน้ำเพื่อรักษาระดับความชื้นในดินบริเวณเขตรากพืชให้อยู่ในระดับที่รากพืชดูดซึมไปใช้ได้ง่าย และเป็นไปตามความต้องการของพืช พบว่าควรมีรัศมีอยู่ระหว่างร้อยละ 60-90 ของเขตรากพืช (บุญมา ป้านประดิษฐ์, 2546) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการวิจัยเชิงสำรวจจากไร่พืชกระท่อมของเกษตรกรในอำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี โดยการขุดและบันทึกความยาวรากฝอยของพืชกระท่อมที่มีอายุระหว่าง 2-3 ปี จำนวน 60 ต้น จากไร่พืชกระท่อม 8 แห่ง พบว่าความยาวรากฝอยที่วัดจากโคนต้นถึงปลายรากมีค่าอยู่ระหว่าง 45-67 เซนติเมตร จึงสรุปได้ว่ารัศมีการกระจายน้ำที่เหมาะสมกับความยาวรากฝอยที่น้อยที่สุดถึงมากที่สุดควรอยู่ระหว่าง 27.0-60.3 เซนติเมตร

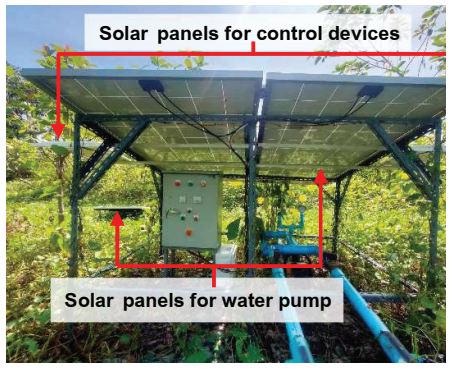
1.2 การศึกษาค่าความชื้นในดินที่เหมาะสม

การให้น้ำที่เหมาะสมแก่พืชควรเริ่มให้เมื่อความชื้นในดินมีค่าลดลงถึงจุดวิกฤต (Critical point) จนกระทั่งปริมาณน้ำมากพอที่จะเพิ่มความชื้นในดินให้ถึงความชื้นชลประทาน (Field capacity) โดยเรียกช่วงความชื้นดังกล่าวว่า ความชื้นในดินที่ยอมให้พืชดูดซึมไปใช้ได้ (Allowable depletion) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 50-75% (บุญมา ป้านประดิษฐ์, 2546) อย่างไรก็ตามการให้น้ำแก่พืชจนความชื้นในดินมีค่าสูงเกินไปอาจไม่เป็นผลดีกับพืช เพราะจะทำให้รากพืชขาดออกซิเจน อาจเกิดเกลือหรือด่างมาสะสมอยู่บริเวณรากพืชและผิวดิน ส่งผลให้โครงสร้างของดินสูญเสียแร่ธาตุ อีกทั้งยังเป็นการจำกัดระยะรากของพืช แต่สำหรับพืชกระท่อมนั้นจะเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีอินทรียสารสูงหรือดินเหนียวที่มีน้ำ และความชื้นในดินไม่ต่ำกว่า 80 % (นิราณี บือราเฮง และคณะ, 2565) ยิ่งไปกว่านั้นพบว่าการได้รับแสงอาทิตย์อย่างเพียงพอ (แดดจัด) ตลอดทั้งวัน จะช่วยให้พืชกระท่อมยืดข้อกิ่ง ผลิใบได้ดีมีคุณภาพ และมีขนาดของใบตรงตามความต้องการ (บ้านและสวน, 2565 ; ศุภวัฒน์ กล่อมวิเศษ, 2564) จากผลการศึกษาดังกล่าวสรุปได้ว่าความชื้นในดินที่เหมาะสมที่ยอมให้พืชกระท่อมดูดซึมไปใช้ได้จะมีค่าอยู่ระหว่าง 50-80 % และการให้น้ำเพื่อเพิ่มความชื้นให้กับดินในช่วงกลางวันสามารถทำได้และเหมาะสมกับพืชกระท่อม

2. การออกแบบและสร้างระบบควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติจากค่าความชื้นในดิน

2.1 ระบบควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติ

การออกแบบและสร้างระบบควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติจากค่าความชื้นในดิน แสดงดัง Figure 2 ผู้วิจัยเลือกใช้พีแอลซีบอร์ด (PLC board) รุ่น FX3U-24MR ซึ่งมีราคาต่ำกว่าพีแอลซีโดยทั่วไปที่นิยมใช้ในภาคอุตสาหกรรม แต่ก็ยังคงไว้ซึ่งความเที่ยงตรงสูงและทนทานต่อการทำงานในสภาพอากาศภายนอกได้ดี (อิทธิรงค์ ทองย้อย, 2565) ทำหน้าที่เป็นตัวประมวลผลและควบคุมการทำงานของรีเลย์ (Relay) รุ่น MY2 ที่ต่ออนุกรมอยู่กับมอเตอร์ปั๊มน้ำแบบหอยโข่ง โดยพีแอลซีบอร์ดจะรับค่าแรงดันไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ผ่านเซนเซอร์วัดแรงดันไฟฟ้า (Voltage sensor) รุ่น VADT เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเริ่มต้นให้น้ำแก่พืชกระท่อม สำหรับการตรวจวัดค่าความชื้นในดิน เลือกใช้เซนเซอร์วัดความชื้นในดินรุ่น THC-S ที่ใช้หลักการวัดค่าความชื้นในดินจากการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานระหว่างหัววัดที่ทำจากแท่งเหล็กสแตนเลส ซึ่งมีความแม่นยำอยู่ที่ร้อยละ



(a)

(b)

Figure 2 Hardware implementation for solar-powered automatic irrigation system (a) Overall proposed system (b) Control unit

97-98 ผ่านสายสัญญาณความยาวสูงสุด 1,200 เมตร และได้เลือกใช้เซนเซอร์วัดความดัน (Pressure sensor) แบบ Silicon pressure transmitter transducer ขนาด 0-10 บาร์ ซึ่งได้รับความนิยมนำไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมเพื่อวัดความดันลมและความดันน้ำ โดยการติดตั้งเซนเซอร์ดังกล่าวกับเข้ากับท่อส่งน้ำเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) รุ่น Brass screw 2/2 จำนวน 2 ตัว ให้เปิด/ปิดการจ่ายน้ำ เพื่อให้ได้ความแรงและปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำแบบมินิสปริงเกอร์ที่เหมาะสมและสม่ำเสมอกันทั้ง 80 ต้น

2.2 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติ

แผนผังการออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติจากค่าความชื้น

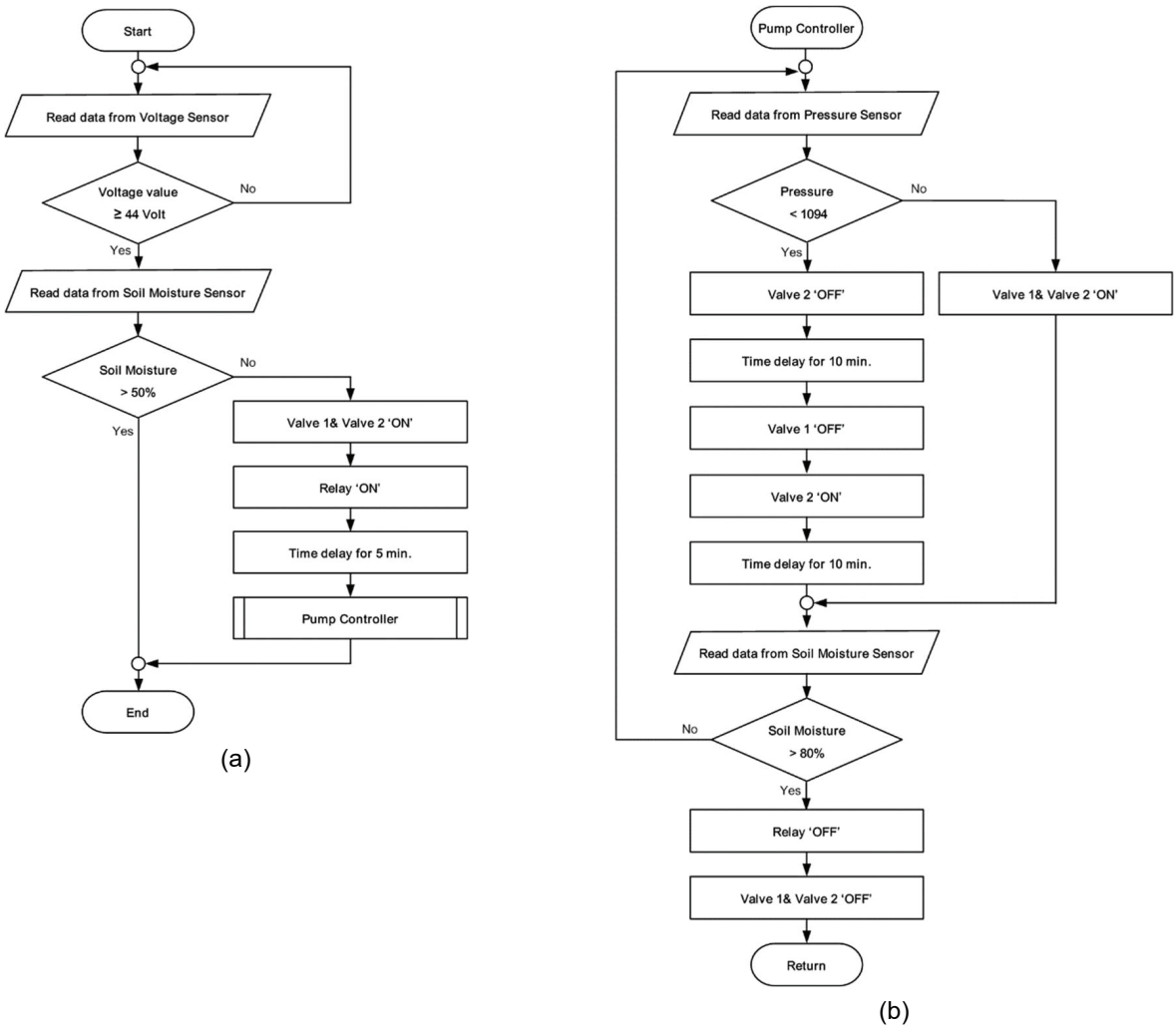


Figure 3 Programing flowchart of the proposed system. (a) Main program (b) Sub program

Table 1 Water distribution radius of the mini sprinkler were obtained by changing the DC voltage.

Voltage (V)	Measured power (W)	Water pressure (bar)	The lowest value of the measured water distribution radius. (cm)			
			1st Testing	2nd Testing	3rd Testing	Average
40	278	0.45	20*	21*	20*	20.33
42	349	0.68	24*	22*	22*	22.67
44	402	0.76	27*	27*	28*	27.33
46	539	0.80	29*	30*	30*	29.67
48	687	0.84	29	27	27	27.67
50	702	0.94	31	30	31	30.67
52	766	0.97	34	34	33	33.67
54	796	0.98	36	36	35	35.67
56	815	1.10	40	38	38	38.67
58	845	1.26	42	43	41	42.00
60	878	1.34	45	44	45	44.67

* Use the pattern of irrigation by alternating the water supply valves in each zone.

ในดิน แสดงดัง Figure 3 เริ่มต้นด้วยการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อตรวจสอบและแปลผลว่าปริมาณแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาดังกล่าวเพียงพอต่อการแปลงผันเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้มอเตอร์ปั๊มน้ำหรือไม่ โดยการทดลองใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบปรับค่าได้ ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ปั๊มน้ำแบบหอยโข่งขนาด 910 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 40-96 โวลต์ จากนั้นทำการปรับเพิ่มแรงดันไฟฟ้า (Voltage) จากค่าเริ่มต้นจนกระทั่งถึงค่าแรงดันที่ทำให้มอเตอร์ปั๊มน้ำสามารถจ่ายน้ำจนรัศมีการกระจายน้ำมีค่าไม่น้อยกว่าค่าต่ำสุดของระยะที่เหมาะสม พร้อมบันทึกผลที่ได้รับ ดังแสดงใน Table 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อแรงดันไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้นซึ่งหมายถึงปริมาณแสงอาทิตย์ที่ส่องลงมากระทบแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่ามากขึ้น ส่งผลให้มอเตอร์ปั๊มน้ำมีกำลังดูดและอัดน้ำ (Measured power) ไปให้พืชกระท่อมมากขึ้นจนทำให้รัศมีการกระจายน้ำมีค่าสูงขึ้นตาม อย่างไรก็ตามเพื่อให้สอดคล้องกับผลการศึกษาเรื่องรัศมีการกระจายน้ำที่เหมาะสม (บุญมา ป้านประดิษฐ์, 2546) สำหรับการให้น้ำเฉพาะจุดบริเวณโคนต้นพืชกระท่อม ทำให้ได้ข้อสรุปว่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่สูงกว่า 44 โวลต์ขึ้นไปจะทำให้ระบบสามารถให้น้ำบริเวณโคนต้นพืชกระท่อม โดยมีรัศมีการกระจายน้ำไม่ต่ำกว่า 27.0 เซนติเมตร

ภายหลังจากการตรวจสอบค่าแรงดันไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบควบคุมจะตรวจสอบค่าความชื้นในดินจากเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน โดยหากความชื้นในดินมีค่าอยู่ระหว่าง 50-80 % ระบบควบคุมจะยังไม่สั่งให้น้ำพืชกระท่อม แต่หากความชื้นในดินลดลงต่ำกว่า 50 % ระบบควบคุมจะจ่ายไฟเลี้ยงให้ขดลวดสนามแม่เหล็กของรีเลย์ มีผลให้หน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (Normally open) ของรีเลย์ที่ต่ออนุกรมอยู่กับมอเตอร์ปั๊มน้ำต่อวงจร มอเตอร์ปั๊มน้ำจะเริ่มทำงานพร้อมกับโซลินอยด์วาล์วทั้งสองตัวจะเปิดให้น้ำไหลผ่านท่อส่งน้ำ เพื่อให้น้ำพืชกระท่อมพร้อมกันทั้ง 2 พื้นที่เป็นเวลานาน 5 นาที จนน้ำที่ถูกสูบเข้าไปในท่อส่งน้ำและท่อจ่ายน้ำไหลเต็มทั้งระบบ จากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการให้น้ำด้วยโปรแกรมย่อย Pump Controller ดัง Figure 3(b) เริ่มต้นจากการตรวจสอบข้อมูลจากเซนเซอร์วัดความดันที่ติดตั้งอยู่กับท่อส่งน้ำ โดยจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 0.84 บาร์ ซึ่งเป็นค่าความดันที่ต่ำที่สุดที่จะทำให้น้ำที่ฉีดออกจากหัวสปริงเกอร์ทั้ง 2 พื้นที่มีรัศมีการกระจายน้ำไม่ต่ำกว่า 27.0 เซนติเมตร ตามข้อมูล Table 1 แต่เนื่องจากเซนเซอร์วัดความดันที่เลือกใช้สามารถวัดความดันได้ในย่าน 0 ถึง 10 บาร์ และให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นแบบอนาล็อกที่มีค่าอยู่ระหว่าง 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ ดังนั้นการเชื่อมต่อกับช่องสัญญาณอนาล็อกอินพุตของพีแอลซีบอร์ดที่มีความละเอียดขนาด 12 บิต จึงต้องคำนวณหาค่าความดันน้ำ (*Actual press.*) ซึ่งมีหน่วยเป็นบาร์ (bar) ที่สัมพันธ์กับตัวเลขทางดิจิทัล (*Digital press.*) ซึ่งเกิดจากแปลงมาจากสัญญาณอนาล็อก ดังนี้

$$Digital\ press. = 819 + \left[3277 \times \frac{Actual\ press.}{10} \right] \quad (1)$$

จากสมการ (1) แทนค่าความดันน้ำที่ต่ำที่สุดที่ทำให้น้ำที่ฉีดออกจากหัวสปริงเกอร์ทั้ง 2 พื้นที่มีรัศมีการกระจายไม่ต่ำกว่า 27.0 เซนติเมตร ได้เท่ากับ 1094 โดยใช้เป็นเงื่อนไขในการเลือกรูปแบบการให้น้ำพืชกระท่อมว่าควรให้น้ำพร้อมกันทั้ง 2 พื้นที่หรือให้น้ำสลับกับครั้งละพื้นที่ และจะดำเนินการให้น้ำไปจนกว่าความชื้นในดินจะสูงขึ้นเท่ากับ 80% แล้วจึงจะกลับไปทำงานในโปรแกรมหลักเพื่อตรวจสอบปริมาณแสงอาทิตย์และความชื้นในดินสำหรับการให้น้ำในครั้งถัดไป

3. การออกแบบและจัดสร้างระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

การดำเนินงานเพื่อออกแบบและสร้างระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อเป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ปั๊มน้ำและอุปกรณ์ในระบบควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติจากค่าความชื้นในดินด้วยพีแอลซี จะใช้วิธีการออกแบบและสมการในการคำนวณเพื่อกำหนดขนาดอุปกรณ์ต่างๆ ตามรายละเอียดของเอกสารการถ่ายทอดและการเผยแพร่การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ และคู่มือฝึกอบรมภาคปฏิบัติด้านพลังงานทดแทนของกระทรวงพลังงาน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2559 ; กองถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี, ม.ป.ป.) ดังนี้

3.1 ประเมินความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า

ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของโหลด (E_a) จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับผลคูณระหว่างกำลังไฟฟ้าของโหลด (P_{load}) มีหน่วยเป็นวัตต์ (W) และระยะเวลาที่เปิดใช้งาน (t_h) มีหน่วยเป็นชั่วโมง (h) ดังนี้

$$E_a = P_{load}\, x\, t_h \quad (2)$$

จากสมการ (2) ผู้วิจัยได้คำนวณหากำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในระบบควบคุมการให้น้ำ โดยการหาผลคูณระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า (Current) ของอุปกรณ์แต่ละตัวที่วัดได้จากดิจิทัลมัลติมิเตอร์ (Digital multimeter) ยี่ห้อ FLUKE รุ่น115 และทดลองให้น้ำพืชกระท่อมด้วยหัวฉีดแบบมินิสปริงเกอร์ เพื่อให้ทราบระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นในดิน จำนวน 12 ครั้ง ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2565 จนถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2566 ข้อมูลแสดงดัง

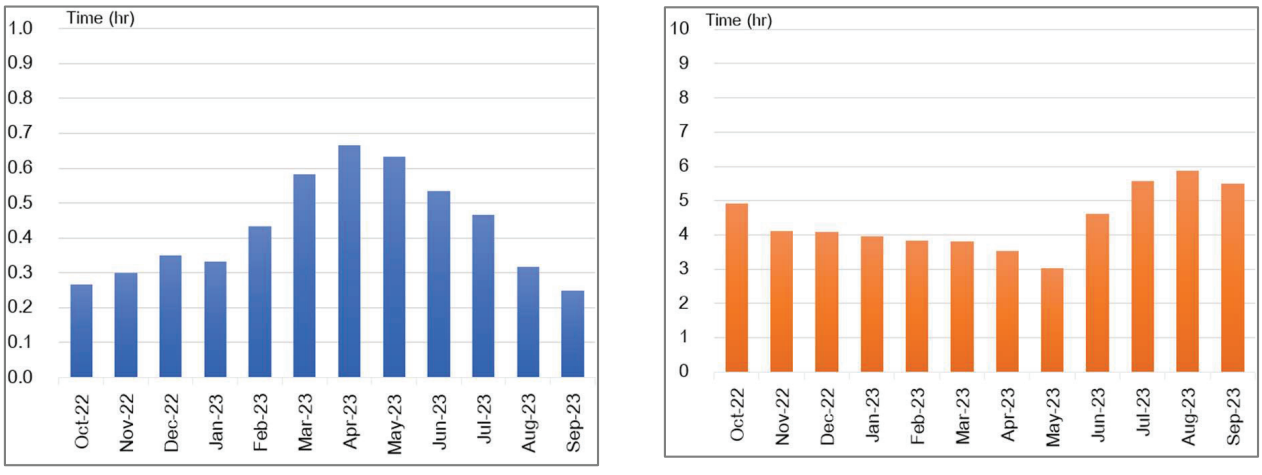


Figure 4 Soil moisture values of *Mitragyna speciosa* field versus time.
(a) Irrigation time for soil moisture increases to 80% (b) Time for soil moisture decreases to 50%.

Figure 4 พบว่า การให้น้ำจนความชื้นในดินเพิ่มขึ้นเท่ากับ 80% จะใช้เวลานานที่สุด 40 นาที ในเดือนเมษายน และภายหลังจากหยุดให้น้ำแล้ว พบว่าระยะเ วลาที่ความชื้นในดินลดลงเหลือ 50% เร็วที่สุดเท่ากับ 3.02 ชั่วโมง โดยเกิดขึ้นในเดือนพฤษภาคม ดังนั้นหากคิดเฉพาะ ช่วงกลางวันซึ่งมีแสงอาทิตย์จำนวน 8 ชั่วโมง อุปกรณ์ในระบบควบคุมที่เกี่ยวข้องกับการให้น้ำพืชกระท่อมจะต้องทำงานอย่างมาก 3 ครั้งต่อวัน โดยเป็นระยะเวลานานครั้งละ 40 นาที ซึ่งสามารถคำนวณหาความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Energy consumption for control devices for the irrigation time period.

No.	Detail for control devices	Quantity (Piece)	Measured power (W)	Operate time (h)	Energy consumption (Wh)
1	PLC board (Model FX3U-24MR)	1	22.08	8.00	176.64
2	Brass solenoid valve (Model Brass Screw 2/2)	2	29.04	2.00	58.08
3	Voltage sensor (Model VADT)	Consume energy from the PLC board.			
4	Soil moisture sensor (Model THC-S)	2	0.15	8.00	1.20
5	Pressure sensor 0-10 bar to 4-20 mA	1	0.48	4.00	1.92
6	Relay (Model MY2)	1	1.12	4.00	4.48
	Total				**242.32**

3.2 ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำ

อุปกรณ์ในระบบควบคุมการให้น้ำประกอบด้วย พีแอลซีบอร์ด เซนเซอร์วัดแรงดันไฟฟ้า เซนเซอร์วัดค่าความชื้นในดิน เซนเซอร์วัดความดัน โซลีนอยด์วาล์ว และรีเลย์ ซึ่งจะใช้พลังงานที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่สามารถหาได้จากสมการ (3) โดยจะต้องมีขนาด (C_{Wh}) เพียงพอและเหมาะสมต่อความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ารายวัน (E_a) ที่ระบุไว้ใน Table 2

$$C_{Wh} = \frac{E_a}{P_d} \quad (3)$$

เมื่อ P_d คือ ค่าความลึกของการคายประจุไฟฟ้า (Depth of discharge) ของแบตเตอรี่ ในกรณีนี้กำหนดไว้ร้อยละ 80 ของความจุเต็มพิกัด ซึ่งเป็นค่าแนะนำสำหรับแบตเตอรี่แบบจ่ายประจุสูง (Deep discharge) ทำให้ได้ขนาดแบตเตอรี่ 302.90 วัตต์-ชั่วโมง (Wh) แต่เนื่องจากผู้ผลิตกำหนดหน่วยของแบตเตอรี่ไว้เป็น แอมป์-ชั่วโมง (Ah) ซึ่งสามารถคำนวณหาได้ดังนี้

$$C_{Ah} = \frac{C_{Wh}}{V_{Batt}} \quad (4)$$

ในการวิจัยนี้เลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมที่ใช้งานกับแรงดันไฟฟ้า (V_{Batt}) 24 โวลต์ ซึ่งเมื่อแทนค่าดังกล่าวลงในสมการ (4) พบว่าจะต้องใช้แบตเตอรี่ขนาดไม่ต่ำกว่า 12.62 แอมป์-ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 20 แอมป์-ชั่วโมง 12 โวลต์ จำนวน 2 ลูกมาต่อแบบอนุกรมกัน เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์

การหาขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ ต้องทราบค่าความต้องการพลังงานแสงอาทิตย์รายวัน (E_d) ที่ได้จากความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ารายวัน (E_a) ต่อสมรรถนะการแปลงผันกำลังของเซลล์แสงอาทิตย์ ($n_{system.}$) ดังสมการ

$$E_d = \frac{E_a}{n_{system}} \quad (5)$$

ในภาวะการใช้งานจริงพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จะต่ำกว่าพิกัดที่กำหนดไว้ โดยมีสาเหตุจากปัจจัยต่างๆ อาทิ อุณหภูมิที่สูงขึ้น ฝุ่นละอองและคราบสกปรกบนแผง และค่าความต้านทานของสายไฟส่งผลให้สมรรถนะการแปลงผันกำลังของเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าไม่เกิน 65% ทำให้ได้ค่าความต้องการพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเท่ากับ 372.80 วัตต์-ชั่วโมง จากนั้นนำค่าความต้องการพลังงานแสงอาทิตย์รายวันหารด้วยจำนวนชั่วโมงที่มีแสงอาทิตย์สูงสุด (Peak sun hour, *PSH*) ที่สามารถชาร์จประจุให้กับแบตเตอรี่ได้จนเต็มในแต่ละวัน ซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 5 ชั่วโมง ตามสมการ

$$E_{PV} = \frac{E_d}{PSH} \quad (6)$$

ทำให้ได้ขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์เท่ากับ 74.56 วัตต์-ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline) ขนาด 40 วัตต์สูงสุด (Wp) 18.1 โวลต์ จำนวน 2 แผงต่ออนุกรมกัน ดัง Figure 5(a) เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าผ่านตัวควบคุมการชาร์จประจุ (Solar charger) ไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่

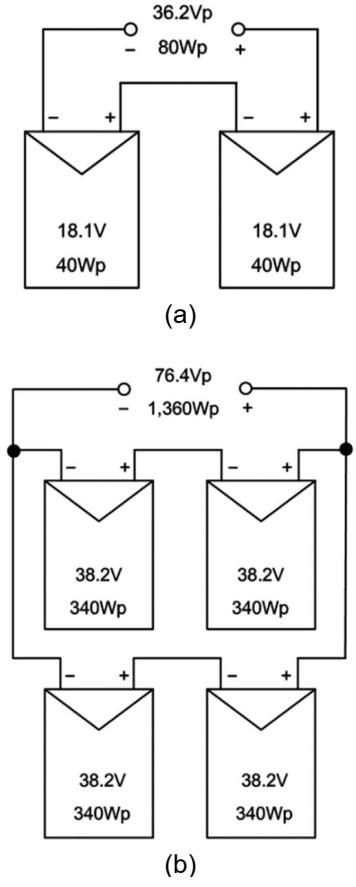


Figure 5 Schematic for solar panels (a) Feeding to control devices (b) Feeding to a water pump

3.3 ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับมอเตอร์ปั๊มน้ำ

การออกแบบและสร้างระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อเป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าโดยตรงให้กับมอเตอร์ปั๊มน้ำแบบหอยโข่ง ขนาด 910 วัตต์ ใช้กับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงระหว่าง 40 ถึง 96 โวลต์ เริ่มต้นจากการคำนวณหาความต้องการพลังงานแสงอาทิตย์รายวัน (E_d) โดยใช้สมการ (5) ซึ่งจากความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ปั๊มน้ำที่ต้องใช้รายวัน (E_a) เพื่อให้น้ำพืชกระท่อมวันละ 3 ครั้ง และเป็นระยะเวลานานครั้งละ 40 นาที (กรณีให้น้ำพร้อมกันทั้ง 2 พื้นที่) หรืออาจเป็นระยะเวลานาน 80 นาที (กรณีให้น้ำสลับกันทีละพื้นที่) ทำให้ได้ค่าความต้องการพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเท่ากับ 3,640 วัตต์-ชั่วโมง จากนั้นนำค่าความต้องการพลังงานแสงอาทิตย์รายวันที่ได้หารด้วยจำนวนชั่วโมงที่มีแสงอาทิตย์สูงสุดในแต่ละวันจำนวน 5 ชั่วโมง ตามสมการ (6) ทำให้ได้ขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ปั๊มน้ำขนาดไม่ต่ำกว่า 728 วัตต์-ชั่วโมง โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ ขนาด 340 วัตต์สูงสุด 38.2 โวลต์ จำนวน 4 แผง มาต่อร่วมกันดัง Figure 5(b)

ผลการทดสอบและอภิปรายผล

การยืนยันความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของระบบควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติจากค่าความชื้นในดินด้วยพีแอลซีสำหรับพืชกระท่อมโดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อทดสอบใช้งานจริงในพื้นที่ไร่พืชกระท่อมของเกษตรกรตำบลระแหง อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี จำนวน 80 ต้น มีรายละเอียดดังนี้

1. การทดสอบระบบควบคุมรัศมีการกระจายน้ำจากความดันในท่อส่งน้ำ

การทดสอบระบบควบคุมรัศมีการกระจายน้ำของหัวจ่ายน้ำแบบมินิสปริงเกอร์บนฐานการวัดแรงดันไฟฟ้าและความดันในท่อส่งน้ำ โดยการเก็บข้อมูลแรงดันไฟฟ้า (Voltage) จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ปั๊มน้ำ (Measured power) ด้วยเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Power meter) ยี่ห้อ Metrix รุ่น PX110 และความดันน้ำในท่อส่งน้ำที่ได้จากเซนเซอร์วัดความดันร่วมกับเกจวัดความดันที่ติดตั้งอยู่กับท่อส่งน้ำ พร้อมทั้งวัดระยะของรัศมีการกระจายน้ำบริเวณโคนต้นพืชกระท่อมทั้ง 80 ต้น จำนวน 6 วันครอบคลุมระยะเวลาตลอด 1 ปี เริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2565 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2566 ดังแสดงข้อมูลใน Table 3

จาก Table 3 แสดงให้เห็นว่า ระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติจากค่าความชื้นในดินที่ออกแบบและสร้างขึ้น สามารถควบคุมรูปแบบการให้น้ำพืชกระท่อมที่รัศมีการกระจายน้ำบริเวณโคนต้นอยู่ระหว่าง 28-60 เซนติเมตร สอดคล้องกับการออกแบบสร้างตามแนวทางการศึกษาระยะของการให้น้ำบริเวณเขตรากพืช (บุญมา ป้านประดิษฐ์, 2546) และระบบจะให้น้ำพืชกระท่อม วันละ 2-3 ครั้ง โดยจำนวนครั้งของการให้น้ำจะมากขึ้นในฤดูร้อน แต่จะลดลงในช่วงฤดูฝน ทั้งนี้จากข้อมูลจะพบว่า ระบบจะเริ่มทำงานเมื่อแรงดันไฟฟ้ามีค่าสูงกว่า 44 โวลต์ โดยแรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้นจะทำให้มอเตอร์ปั๊มน้ำ มีกำลังไฟฟ้าเพื่อการดูดและอัดน้ำมากขึ้น ทำให้ความดันน้ำในท่อส่งน้ำมีค่ามากขึ้น จนรัศมีการกระจายน้ำ

Table 3 The test results of the irrigation control system that affects the water distribution radius for 6 days.

Voltage (V)	Measured power (W)	Water Pressure (bar)	Operating of 2 solenoid valves		Water distribution radius (cm)	
			Alternate	Synchronous	Minimum	Maximum
12 November 2022						
47	466	0.82	✓		30	44
58	839	1.14		✓	39	51
69	894	1.46		✓	45	56
10 January 2023						
49	683	0.86		✓	29	48
71	901	1.58		✓	50	60
45	416	0.81	✓		28	45
24 March 2023						
50	704	0.93		✓	29	48
73	902.8	1.57		✓	51	60
66	851	1.40		✓	43	54
17 May 2023						
54	736	0.97		✓	33	50
70	896	1.49		✓	49	57
68	862	1.45		✓	45	56
8 July 2023						
71	901	1.53		✓	50	57
66	852	1.47		✓	42	58
14 September 2023						
47	458	0.81	✓		28	43
72	904	1.55		✓	51	58

มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 60 เซนติเมตร แต่อย่างไรก็ตามการให้น้ำในช่วงเช้าและช่วงเย็นของแต่ละวันซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีแสงอาทิตย์น้อย ระบบการให้น้ำก็ยังสามารถให้น้ำพืชกระท่อมได้โดยมีรัศมีการกระจายน้ำน้อยที่สุด 28 เซนติเมตร ด้วยการควบคุมการเปิด/ปิด โซลินอยด์วาล์วเพื่อให้น้ำแบบสลับกันทีละพื้นที่

2. การบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นในดิน

การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นในดินซึ่งเป็นผลมาจากระบบควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติที่นำเสนอ โดยการเก็บข้อมูลระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นในดินบริเวณโคนต้นพืชกระท่อมที่ได้รับการให้น้ำจากระบบที่นำเสนอ ด้วยการสุ่มเก็บข้อมูลจำนวน 6 วัน ในทุก ๆ 30 นาที เริ่มตั้งแต่เวลา 07.00 น. ถึง 17.59 น. ครอบคลุมทั้ง 3 ฤดูกาลตลอดปี ได้แก่ ฤดูหนาว ในวันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565 และวันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2566 ฤดูร้อนในวันที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2566 และวันที่ 17 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 และฤดูฝนในวันที่ 8 กรกฎาคม พ.ศ. 2566 และวันที่ 14 กันยายน พ.ศ. 2566 ดัง Figure 6

จาก Figure 6 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นในดินตั้งแต่เวลา 07.00-17.59 น. มีค่าอยู่ระหว่าง 50-80% ตามที่ได้ศึกษาและออกแบบไว้ (นิราณี บือราเฮง และคณะ, 2565 ; บุญมา ป้านประดิษฐ์, 2546) และจากระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นในดินแต่ละฤดูกาล พบว่า ค่าความชื้นในดินจะลดลงจาก 80% จนถึง 50% ด้วยเวลาเร็วที่สุดในฤดูร้อนซึ่งเก็บข้อมูลเมื่อวันที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2566 และวันที่ 17 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 โดยคิดเป็นเวลาเฉลี่ย 3.60 ชั่วโมง และค่าความชื้นในดินจะเปลี่ยนแปลงด้วยระยะเวลานานที่สุดในฤดูฝน ซึ่งเก็บข้อมูลเมื่อวันที่ 8 กรกฎาคม พ.ศ. 2566 และวันที่ 14 กันยายน พ.ศ. 2566

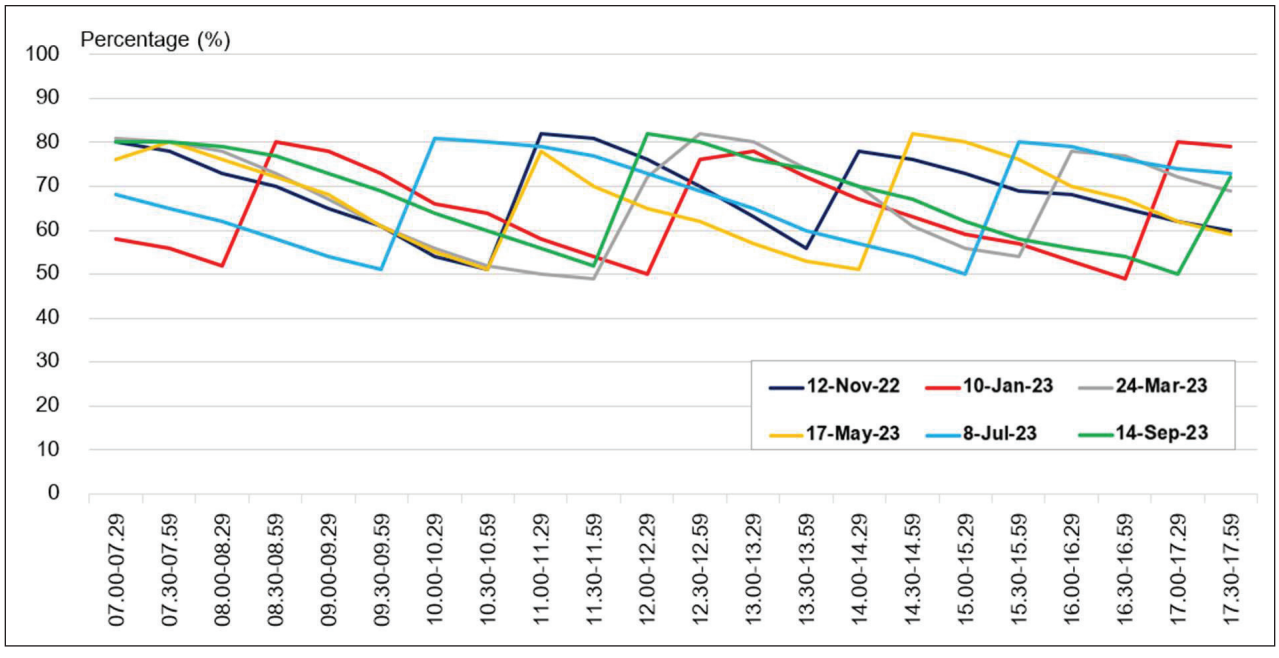


Figure 6 Results of soil moisture at the base of *Mitragyna speciosa* for 6 days obtained from the proposed automatic irrigation system.

Table 4 Results of *Mitragyna speciosa* leaves were harvested from the proposed area.

No.	Day/Month/Year for harvested	Number of leaves obtained by proposed system (leaves/kg)	Number of leaves obtained by traditional irrigation (leaves/kg)	Percentage of reduced leaves/kg (%)
1	21 January 2023	542	589	7.98
2	19 February 2023	544	592	8.11
3	12 March 2023	556	613	9.30
4	7 May 2023	548	608	9.87
5	15 July 2023	528	556	5.04
6	10 September 2023	519	548	5.29

คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.83 ชั่วโมง โดยมีสาเหตุมาจากดินที่ชุ่มชื้นด้วยน้ำฝนที่ตกตามฤดูกาลเป็นทุนเดิม สอดคล้องกับผลการศึกษาของประดิษฐ์ ตรีพัฒนาสุวรรณ ที่ได้ศึกษาความชื้นในดินในป่าธรรมชาติของศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพาน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ (ประดิษฐ์ ตรีพัฒนาสุวรรณ, 2540) ซึ่งพบว่า ปริมาณความชื้นในดินจะเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละเดือน โดยที่ความชื้นจะค่อยๆ ลดลงในฤดูแล้ง แต่จะเริ่มเพิ่มขึ้นเมื่อเข้าฤดูฝน

3. ผลผลิตจากการใช้ระบบควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติที่สำเสนอ

ผู้วิจัยได้นัดหมายกับเกษตรกรเจ้าของไร่พืชกระท่อมที่ได้ทดลองใช้ระบบควบคุมการให้น้ำที่นำเสนอ ในวันที่มีการเก็บใบของพืชกระท่อมเพื่อส่งจำหน่าย จำนวน 6 วัน ครอบคลุมทั้ง 3 ฤดูกาลในปี พ.ศ. 2566 โดยการแยกใบที่เก็บได้จากพืชกระท่อมซึ่งปลูกในพื้นที่ที่ให้น้ำด้วยระบบควบคุมที่นำเสนอ ได้แก่ พื้นที่ 1 และพื้นที่ 2 ของ Figure 1(b) กับใบของพืชกระท่อมที่ปลูกในพื้นที่ 3 ของภาพดังกล่าว ที่ใช้รูปแบบการให้น้ำด้วยวิธีการเดิม เพื่อนำมาเปรียบเทียบกันตามอัตราส่วนของจำนวนใบต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ดังข้อมูลใน Table 4 พบว่า ใบของพืชกระท่อมที่เก็บมาจากพืชกระท่อมที่ปลูกอยู่ในพื้นที่ที่ได้รับการให้น้ำด้วยระบบควบคุมที่นำเสนอทั้ง 6 วัน มีผลผลิตซึ่งคิดเป็นอัตราส่วนของจำนวนใบต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัมอยู่ระหว่าง 519-556 ใบ ซึ่งถือเป็นผลผลิตที่ดีและมีคุณภาพ ตามรายงานผลการศึกษาของศุภวัฒน์ กล่อมวิเศษ ซึ่งพบว่าการให้น้ำอย่างสม่ำเสมอจะส่งผลให้พืชกระท่อมยืดข้อกิ่ง ผลิใบได้ดีมีคุณภาพและขนาดใบตรงตามความต้องการ โดยมีอัตราส่วนของจำนวนใบต่อน้ำหนักอยู่ระหว่าง 500-600 ใบ/กิโลกรัม (ศุภวัฒน์ กล่อมวิเศษ, 2564) ทั้งนี้หากเปรียบเทียบใบของพืชกระท่อมที่เก็บได้จากพื้นที่ที่ได้รับการให้น้ำด้วยระบบควบคุมที่นำเสนอกับใบของพืชกระท่อมในพื้นที่ที่ให้น้ำด้วยวิธีการเดิมปรากฏว่ามีผลผลิตซึ่งคิดเป็นอัตราส่วนของจำนวนใบที่ลดลงต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัมดีขึ้นกว่าวิธีการให้น้ำแบบเดิม โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 5.04-9.87% และหากพิจารณาตามช่วงฤดูกาลจะพบว่าอัตราส่วนของจำนวนใบที่ลดลงต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัมที่ได้จากพื้นที่ที่ใช้ระบบให้น้ำที่นำเสนอจะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงฤดูร้อน ซึ่งอยู่ระหว่าง 9.30-9.87% และจะลดลงในช่วงฤดูฝน ซึ่งอยู่ระหว่าง 5.04-5.29% สาเหตุเนื่องจากฝนที่ตกลงมาให้ความชุ่มชื้นแก่ดิน ทำให้ดินบริเวณโคนต้นพืชกระท่อมทั่วทั้งไร่มีความชื้นสูงอย่างต่อเนื่องเกือบตลอดทั้งวัน

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างระบบควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติจากค่าความชื้นในดินด้วยพีแอลซีสำหรับพืชกระท่อม ณ ไร่พืชกระท่อมของเกษตรกรในตำบลระแหง อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี โดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1,360 วัตต์สูงสุด 76.4 โวลต์ เพื่อจ่ายให้มอเตอร์ปั๊มน้ำแบบหอยโข่ง ขนาด 910 วัตต์ แรงดัน 40-96 โวลต์ สูบน้ำส่งไปตามท่อพีวีซีและท่อพีอีจนถึงหัวจ่ายน้ำแบบมินิสปริงเกอร์ที่ติดตั้งอยู่บริเวณโคนต้นพืชกระท่อมจำนวน 80 ต้น และได้ออกแบบใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 40 วัตต์สูงสุด 18.1 โวลต์ จำนวน 2 แผง ต่ออนุกรมกัน เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าเก็บไว้ในแบตเตอรี่ขนาด 20 แอมป์-ชั่วโมง 24 โวลต์ จ่ายให้อุปกรณ์ในระบบควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติจากค่าความชื้นในดิน โดยมีพีแอลซีบอร์ดทำหน้าที่เป็นตัวประมวลผล จากการรับข้อมูลผ่านเซนเซอร์วัดแรงดันไฟฟ้าและเซนเซอร์วัดความชื้นในดินมาเป็นเงื่อนไขการเริ่มต้นการให้น้ำพืชกระท่อม และใช้ความดันน้ำจากเซนเซอร์วัดความดันเป็นข้อมูลในการควบคุมโซลินอยด์วาล์วจำนวน 2 ตัว ให้เปิด/ปิดการจ่ายน้ำให้ได้ความแรงและปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำที่เหมาะสมกับพืชกระท่อม

ผลการทดสอบใช้งานตลอดระยะเวลา 1 ปี แสดงให้เห็นว่า แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีขนาดเพียงพอสำหรับอุปกรณ์ในระบบควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติ และระบบที่นำเสนอสามารถควบคุมรูปแบบการให้น้ำด้วยรัศมีการกระจายน้ำระหว่าง 28-60 เซนติเมตร ทั้งในภาวะที่มีแสงอาทิตย์น้อยและแสงอาทิตย์มาก อีกทั้งยังสามารถให้น้ำพืชกระท่อมได้จนค่าความชื้นในดินบริเวณโคนต้นอยู่ระหว่าง 50-80% ทุกฤดูกาล ทำให้ได้ใบของพืชกระท่อมที่มีน้ำหนักดีขึ้น คิดเป็นอัตราส่วนของจำนวนใบที่ลดลงต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัมที่ดีขึ้นกว่าวิธีการให้น้ำแบบเดิมอยู่ระหว่าง 5.04-9.87%

ข้อเสนอแนะ

การนำผลการวิจัยนี้ไปปรับใช้หรือต่อยอดเชิงพาณิชย์จำเป็นต้องคำนึงถึงประเด็นต่างๆ ดังนี้

1. ความชื้นในดินที่เหมาะสมกับพืชชนิดต่างๆ จะมีค่าแตกต่างกันไป จึงควรศึกษาข้อมูลความต้องการของพืชชนิดนั้นๆ และดำเนินการปรับเปลี่ยนค่าความชื้นในดินเพื่อการเริ่มต้นให้น้ำกับพืชชนิดนั้นๆ ในโปรแกรมควบคุมการทำงานให้ถูกต้อง

2. การเลือกใช้วัสดุ-อุปกรณ์ในการส่ง/จ่ายน้ำไปให้แก่พืชที่มีขนาดและความยาวแตกต่างกันออกไป จะส่งผลต่อความดันน้ำในท่อส่งน้ำ ซึ่งจะทำให้รัศมีการกระจายน้ำจากหัวจ่ายน้ำมีความแตกต่างจากค่าอ้างอิงในงานวิจัยนี้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ใน

พระบรมราชูปถัมภ์ ที่สนับสนุนงบประมาณสำหรับวัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย ตลอดจนสนับสนุนเครื่องมือทดสอบที่ใช้ในการวิจัย และขอขอบคุณเกษตรกรผู้ปลูกพืชกระท่อมในพื้นที่ตำบลระแหง อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ที่อนุเคราะห์ให้ผู้วิจัยลงพื้นที่ศึกษาข้อมูลการปลูก การดูแล และการเก็บใบของพืชกระท่อม ตลอดจนการติดตั้งและทดลองใช้ระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติจากค่าความชื้นในดินในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2559). *คู่มือฝึกอบรมภาคปฏิบัติด้านพลังงานทดแทน พลังงานแสงอาทิตย์ (ส่วนทฤษฎี)*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน.

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2564). *ระบบการให้น้ำพืชแบบอัจฉริยะ*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี.

กองถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี. (ม.ป.ป.). *การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์: การถ่ายทอดและการเผยแพร่การใช้พลังงานแสงอาทิตย์*. กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน.

ชมรมภาคีเครือข่ายเพื่อพัฒนาชุมชน. (2564). *คู่มือการปลูกพืชกระท่อม*. https://xn--2c8b4afb 5dta0n mbe.com/manual/

นิราณี บือราเฮง, อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์, สมทบ เวทโอสถ และอับดุลรอฮิม เปาะอีแต. (2565). *รายงานการวิจัยเรื่องพัฒนาต้นแบบการปลูกกระท่อมภายใต้โรงเรือนอัจฉริยะที่เหมาะสมกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน*. ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

บ้านและสวน. (2565). *การเจาะลึกเรื่องราวของกระท่อม*. https://www.baanlaesuan.com/256350/plant-scoop/kratom

บุญมา ป้านประดิษฐ์. (2546). *หลักการชลประทาน*. นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

ประดิษฐ์ ตรีพัฒนาสุวรรณ. (2540). *รายงานผลการศึกษาเรื่องความชื้นในดินในป่าธรรมชาติของศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริบริเวณลุ่มน้ำห้วยไร่ อำเภอเมืองจังหวัดสกลนคร*. ส่วนวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.

สาวิตรี อัษณางค์กรชัย, อาภา ศิริวงศ์ ณ อยุธยา, ไพศาล ลิ้มสถิต, นิวัติ แก้วประดับ, สมสมร ชิตตระการ, จุไรทิพย์ หวังสินทวีกุล, เอกสิทธิ์ กุมารสิทธิ์, สมชาย ศรีวิริยะจันทร์, ดาร์เนีย เจ๊ะหะ, วัชรพงศ์ พุ่มชื่น และดาริกา ใสงาม. (2563). *บทสรุปของพืชกระท่อม*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). สงขลา: ศูนย์ศึกษาปัญหาการเสพติด หน่วยระบาดวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สำนักบริหารโครงการ กรมชลประทาน. (2562). *รายงานแผนแม่บทการพัฒนาลุ่มน้ำระดับจังหวัดปทุมธานี*. กรุงเทพฯ: สำนักบริหารโครงการ กรมชลประทาน.

ศุภวัฒน์ กล่อมวิเศษ. (2564). *ประสบการณ์เกี่ยวกับพืชกระท่อมในตำบลน้ำพุ อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราฎธานี*. สงขลา: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อิทธิรงค์ ทองย้อย. (2565). *การใช้ PLC FX3U Board + esp32 เปิด/ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า 10 อุปกรณ์ ตอนที่ 1*. https://eleceasy.com/t/plc-fx-3u-board-es p32-10-1/5101

Hassan, A., Shah, W.M., Harum N., Bahaman, N., & Mansourkiaie F. (2019). The development of an automated irrigation system using an open source microcontroller. *International Journal of Human and Technology Interaction*, *3*(1), 101-107.

Idama, O. & Ekruyota, O.G. (2021). Design and development of an automated irrigation system using internet services. *Saudi J Eng Technol*, *6*(5), 84-88.

Mane, S. S., Mane, M. S., & Kadam, U. S. (2021). Performance Evaluation of Automatic Irrigation System under Three Different Depths of Placement of Sensor. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *10*(7), 170-181.

Uroromu, I., Mohamed, C., Ejofodomi, O.A., & Godswill, O. (2019). Automation of irrigation systems and design of automated irrigation systems. *International Journal Water Resources Management and Irrigation Engineering Research*, *2*(1), 11-27.