



วารสารแก่นเกษตร
THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj>



การพัฒนาโรงเรือนควบคุมสภาพแวดล้อมเพื่อเพิ่มผลผลิตผักอินทรีย์

Development of controlled environment greenhouse increases organic vegetable yield

จิตรา จันโสต^{1*}, วานิต รอดเนียม¹, วันเพ็ญ บัวคง¹ และ ศักดิ์อนันต์ แซ่ลิ้ม^{2*}

Jittra Jansote^{1*}, Wanit Rodniam¹, Wanphen Buakong¹ and Sak-a-nan Sae-lim^{2*}

¹ สถาบันปฏิบัติการชุมชนและการเรียนรู้ตลอดชีวิต มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตสงขลา 90000

¹ Institute of Community Operation and Lifelong Learning, Thaksin University, Songkhla Campus. 90000

² คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง 93210

² Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung Campus. 93210

บทคัดย่อ: การศึกษาโรงเรือนที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักอินทรีย์เพื่อเพิ่มผลผลิตผักอินทรีย์ให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน สถานที่ทดลอง วิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์บ้านทุ่งยาวพัฒนา ตำบลโคกม่วง อำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง การทดลองออกแบบโรงเรือนปลูกผักอินทรีย์หลังคาโค้งทรงสูงขนาด กว้าง 4 เมตร ยาว 9 เมตร สูง 3.7 เมตร ใช้พลาสติกใสติดตั้งหลังคาและใช้มุ้งตาข่ายความละเอียด 32 ตาต่อตารางนิ้ว ติดตั้งรอบโรงเรือน และใช้ระบบอินเทอร์เนตของสรรพสิ่งควบคุมการให้น้ำโดยใช้นิสปริงเกอร์ให้น้ำเหนือทรงพุ่มผัก ความชื้นในโรงเรือน ใช้วิธีพ่นละอองน้ำผ่านหัวพ่นที่ติดตั้งเหนือกระบะปลูกผัก เปรียบเทียบกับการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักอินทรีย์ที่ปลูกในโรงเรือนหลังคาต่ำ ไม่มีระบบให้น้ำและควบคุมความชื้นในอากาศ ผลการศึกษา พบว่า เมื่อครบอายุหลังเก็บเกี่ยวผักอินทรีย์ 3 ชนิด (ผักสลัดกรีนโอ๊ค ผักคะน้าเห็ดหอม และผักกาดขาว) ที่ปลูกภายใต้โรงเรือนควบคุมสภาพแวดล้อม มีความสูงต้นเฉลี่ยเท่ากับ 20.18 38.02 และ 35.18 ซม. ตามลำดับ ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยเท่ากับ 30.31 39.54 และ 40.10 ซม. ตามลำดับ จำนวนใบเฉลี่ยเท่ากับ 18.09 7.06 และ 14.69 ใบ ตามลำดับ และน้ำหนักสดต่อต้นเฉลี่ยเท่ากับ 121.08 128.51 และ 198.07 กรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าการปลูกในโรงเรือนแบบดั้งเดิมที่ไม่มีระบบควบคุมสภาพแวดล้อม และพบว่าน้ำหนักสดต่อต้นเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การติดตามข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและในดิน รวมทั้งการปรับตั้งค่าไร้สายผ่านเครือข่าย อินเทอร์เน็ตซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญช่วยลดระยะเวลาการทำงานให้แก่เกษตรกร รวมทั้งการใช้ระบบพ่นละอองน้ำและการให้น้ำแก่ผักในโรงเรือนเหนือทรงพุ่มในเวลากลางวันเป็นปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักอินทรีย์ทั้งสามชนิด

คำสำคัญ: ผักอินทรีย์; โรงเรือน; อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง; วิสาหกิจชุมชน

ABSTRACT: A study of suitable greenhouses for growing organic vegetables to increase organic vegetable yields for community enterprises. The experimental site located at Ban Thung Yao Pattana Organic Agriculture Community Enterprise, Khok Muang Sub-district, Khao Chaison District, Phatthalung Province. An experimental design of a high-arch type greenhouse dimension was 4 m width, 9 m length and a height of 3.7 m and used the Internet of Things system to control water supply and air humidity. Irrigation using mini sprinklers was applied over the vegetable canopy. Increasing humidity and reducing air temperature inside the greenhouse using mist spraying installed above the vegetable tray. The results of organic vegetables (green oak lettuce, kale shiitake and Chinese cabbage) grown under the control greenhouse found that the average plant height was 20.18, 38.02, and 35.18 cm, respectively. The average canopy width was 30.31, 39.54, and 40.10 cm, respectively. The average number of leaves was 18.09, 7.06,

* Corresponding author: jittraj28@gmail.com, sak-a-nan.s@tsu.ac.th

Received: date; June 27, 2023 Revised: date; January 10, 2024

Accepted: date; January 12, 2024 Published: date;

and 14.69 leaves, respectively, and the average fresh weight per plant was 121.08, 128.51, and 198.07 g, respectively, which were higher than those grown in traditional greenhouses without environmental control systems. The average fresh weight per plant was significantly different ($P < 0.05$). Relative humidity and soil moisture which monitor and control with mobile application were important factors in reducing time consumption for the farmer. The use of mist spraying systems and irrigation during the daytime were factors that promoted plant growth of the three organic vegetables.

Keywords: organic vegetable; greenhouse; IoT; community enterprise

บทนำ

การปลูกพืชในโรงเรือนเป็นการผลิตพืชที่เหมาะสมกับพืชอาหาร พืชทางยาหรือพืชที่มีมูลค่าทางการตลาด และการปลูกพืชระบบอินทรีย์ เนื่องจากการใช้โรงเรือนลดปัญหาผลกระทบจากปัจจัยทางธรรมชาติที่เป็นปัญหาต่อการผลิตพืชในสภาพธรรมชาติ เช่น โรคจากเชื้อรา แบคทีเรีย แมลงศัตรูพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาออกแบบโรงเรือนที่เหมาะสมกับการปลูกพืชในโรงเรือนปัญหาเรื่องความร้อนสะสมมีผลกระทบต่อ การปลูกพืชจึงมีการคิดค้นและปรับปรุงรูปแบบโรงเรือนแบบหลังคาทรงกอก่อประยุกต์โดยใช้หลักการระบายอากาศตามธรรมชาติ ซึ่งมีข้อดีที่เกษตรกรไม่ต้องใช้เงินลงทุนสูงแต่ก็ยังต้องมีข้อจำกัดบางประการด้านความสม่ำเสมอของการควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนแต่ละฤดูกาล (จิรศักดิ์ และ อาภิรักษ์, 2562)

รูปแบบโรงเรือนปลูกผักอินทรีย์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์บ้านทุ่งยาวพัฒนา ตำบลโคกม่วง อำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง เกิดจากการสร้างความร่วมมือระหว่างสถาบันปฏิบัติการชุมชนเพื่อการศึกษาแบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยทักษิณ กับชุมชนบ้านทุ่งยาว ในการพัฒนางานวิจัย โดยใช้วิธีการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research : PAR) มาขับเคลื่อนการพัฒนาการผลิตผักอินทรีย์ในระบบโรงเรือนของเกษตรกรบ้านทุ่งยาว สามารถเข้าถึงผักที่ปลอดภัยต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม มีรายได้เพิ่ม และเกิดความรักสามัคคีในชุมชน ผู้วิจัยได้เข้าไปขับเคลื่อนชุมชนในกระบวนการพัฒนารูปแบบโรงเรือนปลูกพืชอย่างง่าย จนเกิดเป็นนวัตกรรมโรงเรือนอย่างง่ายต้นทุนต่ำ ที่สอดคล้องกับต้นทุนศักยภาพของแต่ละครัวเรือน (วันพิชญ์ และคณะ, 2562) อย่างไรก็ตาม ทางกลุ่มเกษตรกรมีความต้องการที่จะส่งผลผลิตผักอินทรีย์จำหน่ายไปยังตลาดภายนอกในวงกว้าง เช่น ห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่ และตลาดสุขภาพในโรงพยาบาลต่าง ๆ แต่พบว่าการผลิตผักอินทรีย์ภาพรวมในโรงเรือนของกลุ่มยังไม่สามารถควบคุมการผลิตทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของผลผลิตตามข้อตกลงสัญญาซื้อขายของตลาดดังกล่าวได้ ด้วยข้อจำกัดด้านแรงงานในครัวเรือน ปัญหาเรื่องโรคและแมลงที่ระบาดในช่วงสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน เช่น โรครากเน่าโคนเน่า โรคใบจุดจากเชื้อรา หนอนกระทู้ผัก เพลี้ย เป็นต้น ซึ่งเป็นผลกระทบหลักที่ยังไม่สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตและควบคุมการผลิตที่ดีได้ในทุกฤดูเพาะปลูกได้

การผลิตพืชในโรงเรือนปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึง คือ การออกแบบโครงสร้างและวัสดุที่นำมาใช้ประกอบโครงสร้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องคำนึงถึงการระบายอากาศภายในโรงเรือน ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อน อุณหภูมิอากาศร้อนสะสมในโรงเรือนช่วงกลางวันสูงกว่าสภาพอากาศภายนอก (Bailey, 2006) การลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตที่จะได้รับ อีกทั้งในปัจจุบัน การออกแบบรูปทรงของโรงเรือนโดยใช้หลักอากาศพลศาสตร์จำลองการไหลเวียนอากาศภายในและภายนอกโรงเรือน (Impron et al., 2018) ลักษณะของหลังคาโรงเรือนหลังคาทรงจั่ว หลังคาแบบ 2 ชั้น (Campen, 2005) หลังคาโรงเรือนทรงพินเลื้อย (เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการไหลเวียนของอากาศภายในและภายนอกโรงเรือน (Ghani et al., 2019) การใช้โรงเรือนที่มีความสูงมากกว่า 3 เมตร เพื่อลดผลกระทบจากความร้อนสะสมในช่วงเวลากลางวันส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผักที่ปลูกในโรงเรือน และการเลือกใช้มุ้งตาข่ายขนาด 32 ตาช่วยลดการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชได้ดีกว่ามุ้งตาข่ายขนาด 15 ตา แต่อัตราการไหลผ่านของอากาศภายในและภายนอกโรงเรือนปานกลาง และหากเลือกใช้มุ้งความถี่ 40 ตา ส่งผลต่อการไหลผ่านของอากาศภายในและภายนอกโรงเรือนเกิดไม่ดี ส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศในช่วงกลางวันภายในโรงเรือนเพิ่มขึ้น การนำเทคโนโลยี IoT มาทดลองปลูกพืชต่าง ๆ เช่น การรายงานของ Jones (2005) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการปลูกผักสลัดอยู่ระหว่าง 17-28 องศาเซลเซียส และจากรายงานการศึกษาโดย ปิยวัตร และคณะ (2564) ศึกษาเทคโนโลยีการควบคุมระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืช โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ สั่งการควบคุมและวัดระดับความชื้นในดิน ระบบให้น้ำพืชแบบอัตโนมัติกับโรงเรือนขนาดเล็ก (ขนาด 40x75x109 เซนติเมตร) ใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติประกอบด้วย อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้น แผงเซลล์แสงอาทิตย์ หลอดไฟ LED ให้แสงในช่วงกลางวัน และอุปกรณ์ตั้งเวลา

ทดสอบศึกษาการเจริญเติบโตของผักเคลโดยบันทึกข้อมูล จำนวนใบ และความเข้มของสีใบ ด้วยการควบคุมผ่านระบบการให้น้ำและให้แสงในเวลากลางคืนแบบอัตโนมัติ ผลการทดลองพบว่า พืชสามารถเจริญเติบโตได้ตามมาตรฐานเทียบกับการปลูกใน แปลงปลูกในดินแบบปกติ จำนวนใบและความเข้มของสีใบมีค่าใกล้เคียงกับรูปแบบการปลูกในดินแบบปกติ การปลูกโดยใช้เทคโนโลยีเข้ามามีความแตกต่างเพียงเล็กน้อย จึงสามารถสรุปได้ว่าการปลูกในโรงเรือนขนาดเล็กสามารถผลิตพืชได้ ใกล้เคียงกับการปลูกในดินแบบปกติ

การใช้เทคโนโลยีควบคุมเพื่อการผลิตพืชโรงเรือนมีส่วนสำคัญในการเพิ่มปริมาณ และคุณภาพผลผลิต (Sharif et al, 2006) แก้ไขปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ลดความผิดพลาดจากการแรงงาน ปัญหาในการปลูกพืชพืชในโรงเรือนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ร้อนชื้น ได้แก่ อุณหภูมิอากาศสะสมในช่วงกลางวันสูง การหมุนเวียนและระบายอากาศในโรงเรือนกับสภาพอากาศภายนอกโรงเรือนมีประสิทธิภาพต่ำ (Katsoulas et al., 2006) ดังนั้นการปลูกพืชในโรงเรือน โดยเฉพาะพืชผักรับประทานใบและพืชผักรับประทานผล ต้องคำนึงถึงการจัดการเรื่องสภาพอากาศในโรงเรือนให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช จึงจะเกิดความคุ้มค่าในการลงทุนใช้โรงเรือนผลิตพืช เทคโนโลยีใช้ในการควบคุมสภาพอากาศในโรงเรือนที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย เช่น การฟั่นละอองน้ำเหนือพืชปลูกในโรงเรือน (Abdel-Ghany and Kozai, 2006) พัฒนาระบายอากาศใต้หลังคาโรงเรือน ตลอดจนการใช้การโรงเรือนแบบปิดที่มีระบบลดความร้อนในอากาศโดยระบบทำความเย็นแบบระเหยน้ำ (เฉลิมชาติ และคณะ, 2560; Franco et al., 2014) ซึ่งมีส่วนช่วยให้การควบคุมสภาพอากาศในโรงเรือนเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายในปัจจุบันที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย การใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่งหรือ Internet of Thing ; IoT มีการนำมาปรับใช้กับระบบควบคุมสภาพอากาศเพื่อการผลิตพืชในโรงเรือน (Maraveas and Bartzanas, 2021) โดยมีระบบตรวจวัดและติดตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศโดยใช้เซนเซอร์ตรวจวัด อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความชื้นในดิน ความเข้มแสง ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ (Ullah et al., 2021) และสั่งการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมการสภาพอากาศในโรงเรือนให้ทำงานตามเงื่อนไขของสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น การเปิดพัฒนาระบายอากาศ บ่มพ่นหมอก หรือรดน้ำแก่พืช เป็นต้น (Madushanki et al., 2019)

การออกแบบและพัฒนาโรงเรือนโดยใช้เทคโนโลยี IoT ในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์การดำเนินการเพื่อตรวจวัดข้อมูลสภาพแวดล้อมควบคุมสภาพอากาศและระบบการให้น้ำที่มีผลต่อการผลิตพืช แล้วนำข้อมูลที่ได้มาปรับใช้กับระบบโรงเรือนอย่างง่ายให้สอดคล้องกับบริบทการปลูกผักอินทรีย์ในโรงเรือนของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์บ้านทุ่งยาวพัฒนา อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดพัทลุง ซึ่งอาจใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิต ลดความเสียหายของผลผลิตจากโรคแมลงรบกวน การขาดแคลนแรงงาน และได้ข้อมูลเพื่อส่งเสริมและถ่ายทอดการปลูกผักอินทรีย์ในโรงเรือนที่ใช้ระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งควบคุมแก่เกษตรกรที่สนใจต่อไป

วิธีการศึกษา

พัฒนาโรงเรือนควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับทดสอบการผลิตผักอินทรีย์

พัฒนาโรงเรือน 2 โรงเรือนจากโรงเรือนแบบดั้งเดิมของนายทวี จันทร์ขาว หมู่ที่ 11 ตำบลโคกม่วง อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดพัทลุง (Figure 1a) โดยเปลี่ยนตำแหน่งติดตั้งโรงเรือนในทิศตะวันออก-ตะวันตก ดัง Figure 1b คือ รูปแบบโรงเรือนแบบดั้งเดิม (ชุดควบคุม) มีขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 9 เมตร สูง 2.7 เมตร ใช้มุ้งตาข่ายขนาด 16 ตา ระบบการให้น้ำด้วยการรดน้ำด้วยสายยาง ติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อม (ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิอากาศ และความชื้นในดิน) และรูปแบบโรงเรือนควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติ (ชุดทดลอง) มีขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 9 เมตร ความสูง 3.7 เมตร และใช้มุ้งตาข่ายขนาด 32 ตา เซนเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อม (ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิอากาศ และความชื้นในดิน) พัฒนาระบายอากาศ ระบบฟั่นละอองน้ำ และระบบให้น้ำแบบมินิสปริงเกอร์ และเชื่อมต่อการทำงานด้วยระบบ IoT ทั้งนี้ความสูงของโรงเรือนมีความเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิอากาศสะสมในโรงเรือนในช่วงกลางวัน ลักษณะของโรงเรือนหลังคาเตี้ยมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนอากาศในช่วงเวลากลางวันต่ำ ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศสะสมเหนือทรงพุ่มผักสูงกว่าโรงเรือนหลังคาสูง โดยการเพิ่มความสูงให้กับโรงเรือนควบคุมจึงเป็นการช่วยลดอุณหภูมิสะสมภายในโรงเรือนได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามการทดลองปลูกผักทั้ง 3 ชนิดในโรงเรือนระบบ IoT มีระบบการให้แบบพ่นสเปรย์โดยใช้หัวมินิสปริงเกอร์ และการใช้หัวพ่นหมอกเพื่อเพิ่มความชื้นในอากาศและลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนร่วมด้วย



Figure 1 Photograph of the conventional greenhouse (a) and high-tunnel equipped with IoT greenhouse (b)

การออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือน IoT

การควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนใช้หลักการการระบายอากาศร้อนที่ลอยตัวขึ้นและใช้พัดลมระบายอากาศที่ติดตั้งใต้หลังคาโรงเรือนเพื่อระบายอากาศร้อนออกภายนอก เช่น เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิอากาศหากอุณหภูมิสูงมากกว่า 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 นาที ระบบสั่งงานให้พัดลมระบายอากาศทำงานเป็นระยะเวลา 30 นาที หากเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิก่อนน้อยกว่า 27 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที ระบบสั่งงานพัดลมทำงานที่รอบความเร็วปานกลาง เป็นระยะเวลา 30 นาทีและหยุดทำงานเมื่อเซ็นเซอร์อ่านค่าอุณหภูมิได้ระหว่าง 27-30 องศาเซลเซียส (Figure 2)

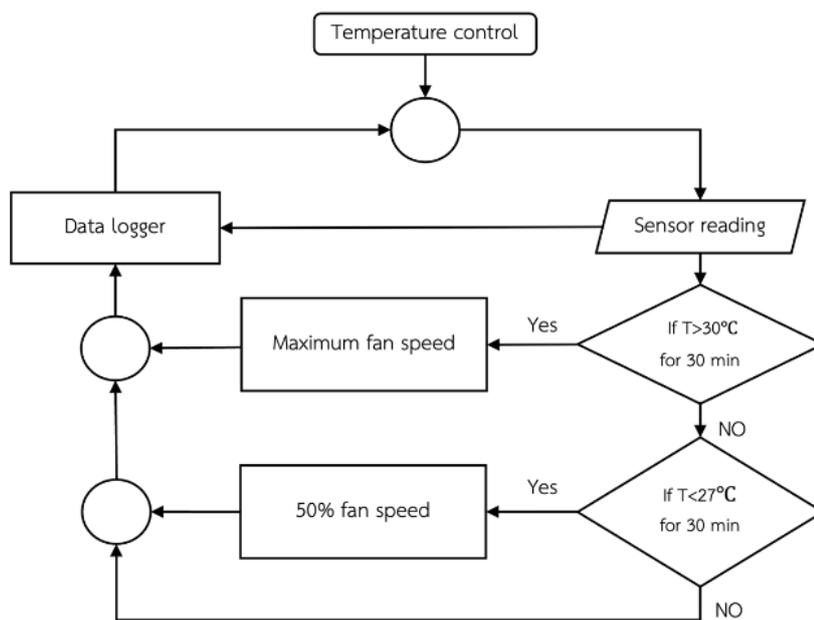


Figure 2 Flowchart of Temperature control in IoT greenhouse

การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในโรงเรือนใช้ระบบสเปร์ยละอองน้ำช่วยระบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำลดอุณหภูมิ และเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือน โดยสามารถสั่งให้ ทำงานเป็นช่วงเวลาตามที่กำหนด และทำงานอัตโนมัติ แนวคิดการออกแบบระบบการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมความชื้นภายในโรงเรือน เริ่มจากการอ่านค่าจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดระดับความชื้นหากการอ่านค่าจากเซ็นเซอร์พบว่าระดับความชื้นในอากาศน้อยกว่า 60 % เป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 15 นาที ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งการให้ปั้มน้ำทำงานส่งน้ำผ่านไปยังหัวพ่นละอองน้ำที่ติดตั้งเหนือทรงพุ่มกระบะปลูกพ่นละอองน้ำเป็นเวลา 10 นาที ถ้าไม่ใช่ เซ็นเซอร์ตรวจวัดว่าความชื้นสัมพัทธ์

ในอากาศต่ำกว่า 70% ระบบปั๊มทำงานส่งน้ำไปยังหัวพ่นละอองน้ำทำงานเป็นระยะเวลา 5 นาที หากเซนเซอร์ตรวจวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์เกินกว่า 71 % ขึ้นไปปั๊มน้ำหยุดทำงาน (Figure 3)

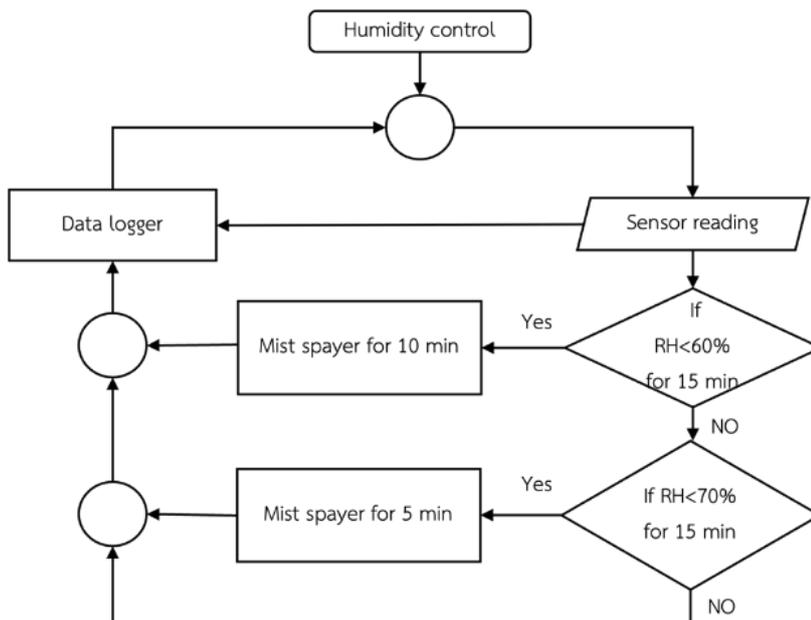


Figure 3 Flowchart of air humidity control in IoT greenhouse

ขั้นตอนการปลูกผักอินทรีย์ในระบบโรงเรือน

ทำการปลูกผักอินทรีย์ในระบบโรงเรือนทั้ง 2 แบบ ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2565 โดยปลูกผักในกระบะปลูกผักที่มีขนาดกว้าง 60 ซม. ยาว 200 ซม. ลึก 30 ซม. จำนวน 14 กระบะในแต่ละโรงเรือนปลูกผัก จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ 1) ผักกาดหอมหรือผักสลัด (พันธุ์กรีนโอ๊ค) 2) ผักคะน้า (พันธุ์เห็ดหอม) และ 3) ผักกาดขาว (พันธุ์ขาวใหญ่เบา) โดยมีขั้นตอนการปลูก ตั้งแต่การเตรียมดินปลูกในกระบะปลูก ซึ่งมีส่วนผสมของดินปลูกในรอบแรก เตรียมดินปลูกผักสลัด โดยใช้ดินผสมกับปุ๋ยอินทรีย์ ICOFIS (จิตรา และคณะ, 2562) อัตราส่วน 1 : 1 โดยทำการหมักดินไว้เป็นเวลา 1 เดือนก่อนปลูกผักสลัด รอบสอง เตรียมดินปลูกผักคะน้าเห็ดหอม โดยใช้ดินเดิมจากการปลูกผักสลัดทำการเพิ่ม ปุ๋ยอินทรีย์ ICOFIS จำนวน 15 กิโลกรัมต่อกระบะปลูก รอบสาม เตรียมดินปลูกผักกาดขาว โดยใช้ดินเดิมจากการปลูกผักคะน้าเห็ดหอมทำการเพิ่ม ปุ๋ยอินทรีย์ ICOFIS จำนวน 15 กิโลกรัมต่อกระบะปลูก

ต้นกล้าที่เพาะในถาดหลุม เมื่อต้นกล้าผักมีอายุ 21 วันหลังเพาะเมล็ด ย้ายปลูกลงดินที่เตรียมไว้ โดยใช้ระยะปลูก 20 x 20 ซม. (ประมาณ 32 ต้นต่อกระบะปลูก) การให้น้ำของผักอินทรีย์ที่ปลูกในระบบโรงเรือนแต่ละแบบ โดยโรงเรือนทั่วไป (ชุดควบคุม) ระบบการให้น้ำด้วยการรดน้ำด้วยสายยางโดยแรงงานเกษตรกร วันละ 2 ครั้ง โรงเรือนควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติ (ชุดทดลอง) ติดตั้งระบบให้น้ำแบบมินิสปริงเกอร์ การป้องกันกำจัดโรคและแมลงของผักอินทรีย์ที่ปลูกในระบบโรงเรือนทั้งสองแบบตามอาการที่พบในพืชผักที่ปลูกด้วยการใช้สารชีวภัณฑ์ ได้แก่ เชื้อราไตรโคเดอร์มา และเชื้อแบคทีเรียบาซิลลัสเพื่อควบคุมโรคพืช

การบันทึกข้อมูล

- เก็บข้อมูลจากเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติเพื่อใช้ในแปลงผลสำหรับการจัดการแปลงผัก ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นในดิน
- ประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิตผักอินทรีย์ที่ปลูกภายใต้ระบบโรงเรือนควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติและโรงเรือนแบบดั้งเดิม ทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักอินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด เมื่อผักมีอายุครบ 21, 28, 35, และ 42 วัน หลังเพาะเมล็ด โดยสุ่มเก็บตัวอย่างผักจำนวน 15 ต้นต่อกระบะปลูก จำนวน 14 กระบะต่อโรงเรือน ทำการเก็บข้อมูลทั้งหมด 210 ต้นต่อโรงเรือน โดยแต่ละต้นวัดข้อมูล ดังนี้

- ความสูงต้น โดยรวบใบแล้ววัดจากโคนต้นจนถึงปลายยอด
- ความกว้างทรงพุ่ม โดยวัดจากปลายใบด้านหนึ่งไปยังอีกใบด้านหนึ่งที่ยาวที่สุด
- จำนวนใบ นับเฉพาะใบที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ แผ่ขยายเต็มที่และมีสีสม่ำเสมอ
- เก็บเกี่ยวผลผลิต (42 วันหลังเพาะเมล็ด) บันทึกน้ำหนักสด

นำข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักอินทรีย์แต่ละชนิดที่ปลูกในระบบโรงเรือนทั้ง 2 แบบ วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติด้วย วิธี independent sample T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS

3. บันทึกภาพอุณหภูมิในโรงเรือนโดยกล้องถ่ายภาพความร้อน Thermal Image camera (Testo 883, Testo SE & Co. KGaA)

4. ประเมินความคุ้มค่าและผลตอบแทนจากการใช้โรงเรือนที่มีระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติเปรียบเทียบกับโรงเรือนทั่วไป โดยการบันทึกข้อมูลต้นทุนการผลิตผักและรายได้จากการจำหน่ายผักอินทรีย์ เพื่อมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าและผลตอบแทน ข้อมูลที่บันทึกประกอบด้วย ต้นทุนผันแปร ต้นทุนคงที่ และรายได้สุทธิ เพื่อใช้ในการประเมินความคุ้มค่าและผลตอบแทนจากการใช้โรงเรือนที่มีระบบควบคุมอัตโนมัติเปรียบเทียบกับโรงเรือนทั่วไป ตามสูตร ต่าง ๆ ดังนี้

$$4.1 \text{ ต้นทุนทั้งหมด (Total Cost) = ต้นทุนผันแปร + ต้นทุนคงที่}$$

ต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าแรงงานในกระบวนการผลิตผักในโรงเรือนแต่ละแบบ ค่าวัสดุในการปลูกผัก (ต้นกล้าผัก ค่าปุ๋ย ดินปลูก สารชีวภัณฑ์) และค่าอื่น ๆ เช่น ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า ค่าอินเทอร์เน็ต

ต้นทุนคงที่ ได้แก่ ต้นทุนโรงเรือนทั่วไป และต้นทุนค่าโรงเรือนควบคุมสภาพแวดล้อม

$$4.2 \text{ รายได้สุทธิ (รายได้จากการจำหน่ายผลผลิตทั้งหมด) = ปริมาณผลผลิตผัก} \times \text{ราคาผลผลิต}$$

$$4.3 \text{ ค่าวนควมคุ้มค่าผลตอบแทน (กำไรสุทธิ) = รายได้สุทธิ - ต้นทุนทั้งหมด}$$

ผลการศึกษา

การออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมและการให้น้ำแก่ผักอินทรีย์ในโรงเรือน IoT

การติดตามข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือน IoT ผ่านการตรวจวัดด้วยเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความชื้นดิน กำหนดให้สามารถแสดงค่าผ่านการเชื่อมต่อ cloud server ส่งข้อมูลแสดงบนบนสมาร์ตโฟนด้วยแอปพลิเคชัน blynk และหากมีปัญหาการเชื่อมต่อสัญญาณอินเทอร์เน็ตสามารถติดตามข้อมูลผ่านหน้าจอ HMI ที่ติดตั้งบนตู้ควบคุมได้ (Figure 4) การบันทึกภาพการทำงานของระบบฟั่นละองน้ำและระบบรดน้ำเหนือทรงพุ่มด้วยมินิสปริงเกอร์เปรียบเทียบกับภาพถ่ายจริงและภาพถ่ายอินฟราเรดที่แสดงระดับอุณหภูมิในโรงเรือน โดยที่ตำแหน่ง M3 M4 และ M5 มีระดับอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 32-34 องศาเซลเซียส ขณะที่อุณหภูมิใต้หลังคาโรงเรือนมีอุณหภูมิอากาศสูงมากกว่า 35 องศาเซลเซียส (Figure 5a) รูปแบบการลดอุณหภูมิในโรงเรือนที่บันทึกกล้องถ่ายภาพอินฟราเรด แสดงระดับอุณหภูมิอากาศจากการเปิดหัวฟั่นละองน้ำและมินิสปริงเกอร์เหนือทรงพุ่มพร้อมกัน (Figure 5b)

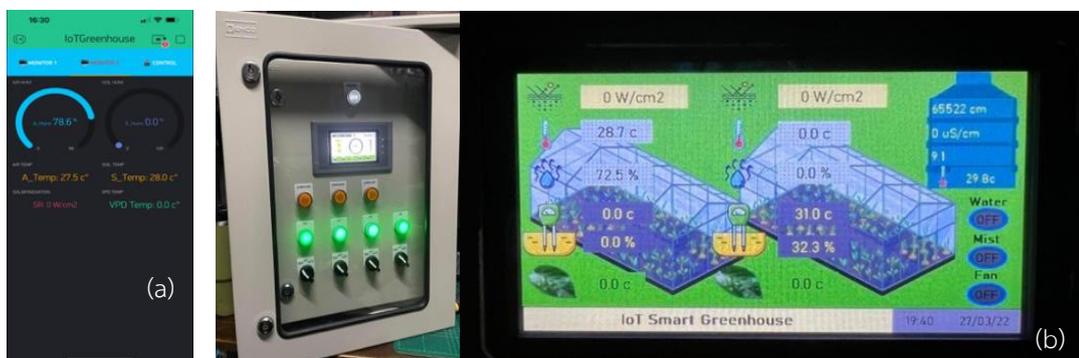


Figure 4 Monitoring IoT environmental sensors monitor using Blynk application (a) IoT sensors status show on HMI displayed(b)

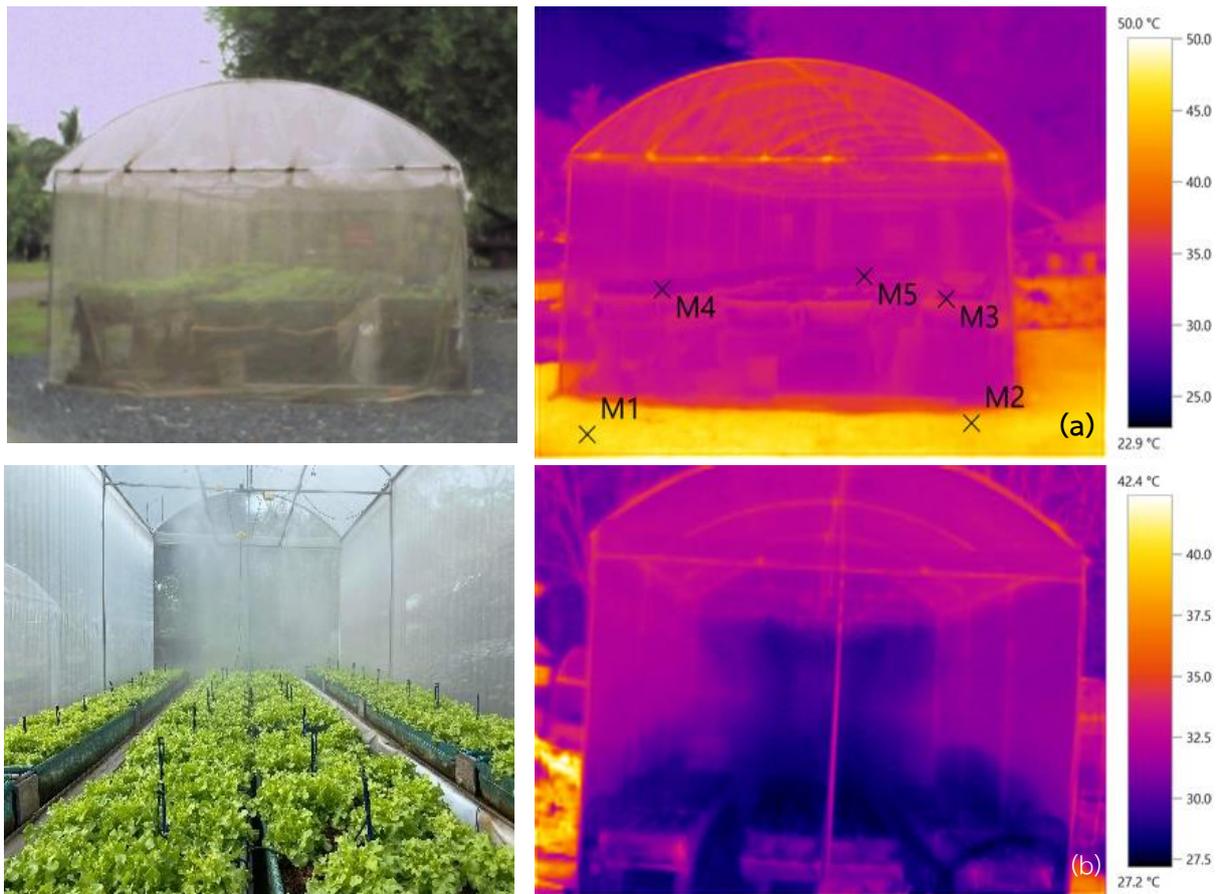


Figure 5 Infrared images of the conventional greenhouse (a) and the greenhouse with a mist sprayer and mini sprinkler irrigation system (b)

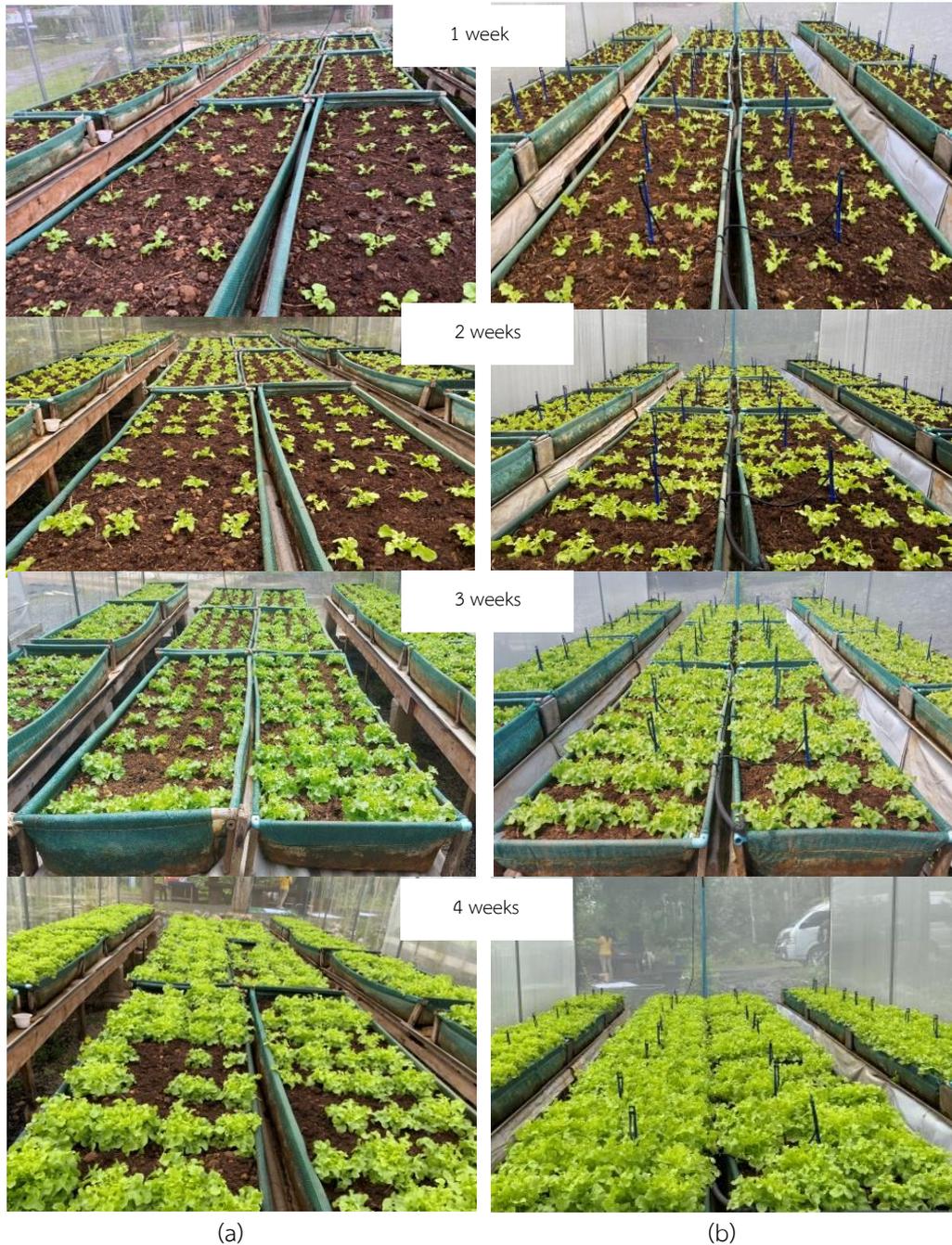


Figure 6 Growth development of Green Oak Lettuce in a conventional greenhouse (a) and IoT greenhouse (b) harvested 4 weeks after transplanting

การเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊ค คะน้าเห็ดหอม และผักกาดขาวที่ปลูกภายใต้ระบบโรงเรือนทั้ง 2 แบบ

จากการวิเคราะห์ผลการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊ค คะน้าเห็ดหอม และผักกาดขาวที่ปลูกภายใต้ระบบโรงเรือนทั้ง 2 แบบ พบว่า ผักสลัดปลูกในระบบโรงเรือน IoT มีค่าเฉลี่ยความสูง ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบต่อต้น น้ำหนักต่อต้น และผลผลิต สูงกว่า ผักสลัดที่ปลูกในโรงเรือนแบบดั้งเดิม (Figure 6) โดยผักสลัดที่ปลูกในโรงเรือน IoT มีค่าเฉลี่ยความกว้างทรงพุ่มต่อต้น และน้ำหนักต่อต้นสูงกว่าผักสลัด พันธุ์กรีนโอ๊ค ที่ปลูกในโรงเรือนแบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 30.31 และ 121.08 เซนติเมตร ตามลำดับ การเจริญเติบโตของผักคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในโรงเรือน IoT มีค่าเฉลี่ยความสูง ความกว้างทรงพุ่มต่อต้น น้ำหนักต่อต้น และ

ผลผลิต สูงกว่าที่ปลูกในโรงเรือนทั่วไปมีค่าเฉลี่ยความกว้างต่อต้น และน้ำหนักต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 39.54 เซนติเมตร และ 128.51 กรัม ตามลำดับ เช่นเดียวผลผลิตของผักกาดขาวพันธุ์ขาวใหญ่เบาที่ปลูกในโรงเรือน IoT มีค่าเฉลี่ยความสูง ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบต่อต้น น้ำหนักต่อต้น และผลผลิต สูงกว่าที่ปลูกในโรงเรือนแบบดั้งเดิม โดยน้ำหนักต่อต้นมีค่าเฉลี่ยสูงกว่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 198.07 กรัม (Table 1)

Table 1 Growth of Green Oak Lettuce, Chinese Kale and Chinese cabbage at harvesting period in both conventional and IoT greenhouses

Green Oak Lettuce				
Greenhouse	plant height (cm)	canopy width (cm)	number of leaves	fresh weight (g)
conventional	16.76±1.85	25.36±3.15	15.42±8.59	69.20±21.91
IoT	20.18±2.02	30.31±3.18	18.09±3.60	121.08±29.29
T-test	ns	*	ns	*
Chinese Kale				
Greenhouse	plant height (cm)	canopy width (cm)	number of leaves	fresh weight (g)
conventional	35.80±5.56	35.38±6.62	7.28±1.14	111.25±42.22
IoT	38.02±5.91	39.54±8.59	7.06±1.20	128.51±62.44
T-test	ns	*	ns	*
Chinese cabbage				
Greenhouse	plant height (cm)	canopy width (cm)	number of leaves	fresh weight (g)
conventional	26.56±5.13	34.11±6.19	13.68±2.82	133.64±55.34
IoT	35.18±5.07	40.10±6.05	14.69±2.47	198.07±74.32
T-test	ns	ns	ns	*

ns, not significantly different ($P>0.05$), * significant different ($P<0.05$)

จากการทดลองปลูกผักทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ผักสลัด ผักคะน้า และผักกาด ในระยะเวลา 3 เดือน พบว่าการปลูกผักในโรงเรือน IoT สามารถสร้างรายได้เท่ากับ 17,018 บาท (68,072 บาทต่อรอบปี) ซึ่งมากกว่ารายได้จากการปลูกผักในโรงเรือนทั่วไป เท่ากับ 12,677.5 บาท (50,708 บาทต่อปี) (Table 2) จากการคำนวณค่าผลตอบแทน (กำไรสุทธิ) ต่อรอบปีการผลิตผัก พบว่า การปลูกผักในโรงเรือนทั่วไป มีกำไรสุทธิ เท่ากับ 18,927 บาท และไม่พบกำไรสุทธิของการปลูกผักในโรงเรือน IoT ในรอบปีแรก โดยมีค่าเท่ากับ -38,928 บาท (Table 3)

Table 2 Yield, income and vegetable price from conventional and IoT greenhouse

Vegetable	Conventional greenhouse		IoT greenhouse		Total		Price Baht/Kg
	Fresh weight (kg m ²)	Income (Baht)	Fresh weight (kg m ²)	Income (Baht)	Fresh weight (kg)	Income (Baht)	
	Green Oak	33.85	5,077.5	51.12	7,668	84.97	12,745.5
Lettuce							
Chinese Kale	46.00	4,600	53.00	5,300	99.00	9,900	100
Chinese cabbage	60.00	3,000	81.00	4,050	141.00	7,050	50
Total	139.85	12,677.5	185.12	17,018	324.97	29,695.5	

* Fresh weight yield calculate from planting area (16.8 m²)

จากการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของการปลูกผักในโรงเรือน ทั้ง 2 แบบ พบว่า การปลูกผักในโรงเรือนทั่วไป จะใช้ระยะเวลาคืนทุน 0.63 ปี และการปลูกผักในโรงเรือน IoT จะใช้ระยะเวลาคืนทุน 1.79 ปี ซึ่งจาก **Table 3** จะพบว่า เมื่อปลูกผักในโรงเรือน IoT ของปีที่ 2 จะมีรายได้สุทธิ เท่ากับ 53,116 บาท ซึ่งมากกว่าโรงเรือนทั่วไป เท่ากับ 34,927 บาท

Table 3 Cost-benefit analysis of vegetable production using conventional and IoT greenhouse

List	Cost-benefit analysis	
	Conventional greenhouse (Baht)	IoT Greenhouse (Baht)
(1) Fixed cost	16,000	107,000
(2) Variable cost	15,781	14,956
(3) Total cost = (1) + (2)	31,781	121,956
(4) Income from 3 vegetable/crop*	12,677	17,018
(5) Annual income (Yearly) = (4) x 4	50,708	68,072
(6) Net income at 1 st year = (5) – (3)	18,927	-38,928
(7) Net income at 2 nd year = (5) – (2)	34,927	53,116
(8) Net income at 3 rd year = (5) – (2)	34,927	53,116
(9) Net income at 4 = (5) – (2)	34,927	53,116
(10) Net income at 5 = (5) – (2)	34,927	53,116
(11) Total income at 5 year = (6)+(7)+(8)+(9)+(10)	158,635	173,536
(12) Payback period = (3)/(5)	0.63 Year (7.52 Month)	1.79 Year (21.50 Month)

*Crop production calculate at 3 month/crop

วิจารณ์

การศึกษาวิจัยโรงเรือนปลูกผักอินทรีย์ที่ใช้ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติมีประสิทธิภาพช่วยให้คุณภาพของผักอินทรีย์ที่ปลูกทดสอบทั้งสามชนิด คือ ผักสลัดกรีนโอ๊ค ผักคะน้าเห็ดหอม และผักกาดขาว มีขนาดและน้ำหนักของผัก สูงกว่าการปลูกผักในโรงเรือนแบบดั้งเดิมที่ไม่ได้ใช้ระบบควบคุมสภาพแวดล้อม โดยผักสลัดกรีนโอ๊คที่ปลูกในโรงเรือนที่ใช้ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติ มีน้ำหนักเฉลี่ย 121 กรัมต่อต้น ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ เมื่อมีอายุได้ 45 วัน มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 150-200 กรัมต่อต้น ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและพันธุ์ที่ปลูก (บริษัท ฟอรัฟาร์ม จำกัด, 2562) จากผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาทั้งในและต่างประเทศที่รายงานประสิทธิภาพของการใช้ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติ (ธนากร และ อติกร, 2557; ปิยวัตร และ คณะ, 2564; พรรณวิภา และคณะ, 2558; เอกรัฐ และเดือนแรม, 2562 และ Popovic et al., 2017) การทดลองนำเทคโนโลยี IoT ใช้ในการปลูกผักสลัดในโรงเรือนโดยการติดตั้งระบบการให้น้ำและพรางแสงแบบอัตโนมัติ พบว่าสามารถเพิ่มผลผลิตของผักสลัดอีกทั้งยังใช้งานง่ายและสะดวกในการจัดการควบคุมการผลิต (พรรณวิภา และคณะ, 2558) การติดตั้งระบบพ่นสปริงละอองน้ำเพิ่มในโรงเรือนในช่วงเวลากลางวันพบว่ามีประสิทธิภาพช่วยเพิ่มการควบคุมอุณหภูมิและ ความชื้นสัมพัทธ์การปลูกพืชผักในโรงเรือนได้ดียิ่งขึ้นโดยเฉพาะการจัดการเรื่องอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์อากาศในช่วงเวลากลางวัน (Arbel et al., 2003) การปลูกผักสลัด (Green Romaine) ในสภาพโรงเรือนที่ใช้ระบบลดอุณหภูมิอากาศเปรียบเทียบ 4 วิธี (1. ควบคุม 2.ระบบพ่นละอองน้ำและพัดลมระบายอากาศ 3. ระบบพ่นละอองน้ำและการพรางแสง 4. ระบบพ่นละอองน้ำ พัดลมระบายอากาศและการพรางแสง พบว่า การลดอุณหภูมิในช่วงกลางวันโดยใช้วิธีการพ่นละอองน้ำและพัดลมระบายอากาศช่วยเพิ่มผลผลิตผักสลัดที่ปลูกในโรงเรือนสูงกว่าวิธีการอื่นๆ (Kumsong et al., 2023) ข้อมูลอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในช่วงกลางวันของโรงเรือน IoT มีค่าระหว่าง 28-32 องศาเซลเซียส มีค่าสูงกว่ารายงานการศึกษาโดย Jones (2005) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการปลูกผักสลัดอยู่ระหว่าง 17-28 องศาเซลเซียส ซึ่งแม้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในโรงเรือน IoT สูงกว่ารายงานการศึกษาของ Jones (2005) ไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของผักที่ปลูกในโรงเรือน IoT ทั้งสามชนิด

ทั้งนี้ภาคใต้ตอนล่างของประเทศไทยมีสภาพอากาศร้อนชื้น โดยในฤดูร้อนที่อุณหภูมิกลางวันสูง พืชและดินสูญเสียน้ำไปสู่อากาศได้อย่างรวดเร็วจากการคายระเหยน้ำ การรักษาระดับของความชื้นในอากาศ และควบคุมอุณหภูมิอากาศให้มีความแปรปรวนน้อยที่สุดจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการผลิตผักอินทรีย์คุณภาพในโรงเรือน

การย้ายกล้าผักอินทรีย์หลังจากการเพาะเมล็ดเป็นระยะเวลาประมาณ 21 วัน ย้ายปลูกในโรงเรือนเป็นระยะที่สำคัญต่อผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับการปลูก การรักษาระดับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศให้มีความชื้นระหว่าง 80-90% ในช่วงเวลากลางวัน และมีค่าระหว่าง 65-95% ในช่วงเวลากลางคืน จึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการปลูกผักในโรงเรือน อย่างไรก็ตามในการควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อมข้างต้นนั้นหากต้องการให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จำเป็นต้องใช้โรงเรือนในรูปแบบปิด 100% ซึ่งสามารถควบคุมสภาพอากาศได้อย่างแม่นยำมากขึ้น (Arbel et al., 2003) แต่ต้องใช้งบลงทุนสูง ดังนั้นการนำโรงเรือนแบบกึ่งปิดที่ให้เกษตรกรนำไปปรับใช้จึงเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมแม้ว่าการควบคุมอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต้องปรับตามรอบการผลิต อีกทั้งในช่วงการทดลอง ปี พ.ศ. 2565 มีผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย ส่งผลให้มีปริมาณฝนตกมากกว่าปกติ การแนะนำให้เกษตรกรควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศโดยใช้พัดลมระบายอากาศเพื่อรักษาความชื้นให้มีความชื้นระหว่าง 60-80 % ในช่วงกลางคืน (Amani et al., 2020) โดยสลับเวลากการเปิดปิด ควบคู่กับการเปิดระบบพ่นละอองน้ำและการให้ด้วยด้วยมินิสปริงเกลอในช่วงเวลากลางวันเพื่อรักษาระดับความชื้นในดิน และในอากาศ เป็นการใช้งานระบบควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตผักอินทรีย์ได้ และช่วยเพิ่มความสะดวกแก่เกษตรกร ลดเวลาในการดูแลผักที่ปลูกในโรงเรือน รวมถึงช่วยเพิ่มผลผลิตผักอินทรีย์ได้

การพ่นละอองน้ำเหนือพืชปลูกและการให้น้ำด้วยมินิสปริงเกลอในช่วงกลางวันช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักอินทรีย์ที่ปลูกในโรงเรือนควบคุมสภาพแวดล้อมทั้งสามชนิด สูงกว่าที่ปลูกในโรงเรือนควบคุม เนื่องจากการพ่นละอองน้ำ และการให้น้ำด้วยหัวมินิสปริงเกลอเหนือทรงพุ่มผักมีส่วนช่วยให้สภาพอากาศในทรงพุ่ม (microclimate) และค่าแรงดึงระเหยน้ำของอากาศ (Vapour pressure deficit; VPD) ในช่วงกลางวันต่ำกว่าผักที่ปลูกในโรงเรือนควบคุม (Kumsong et al., 2023)

สรุป

การปลูกผักอินทรีย์ทั้งผักสลัดกรีนโอ๊ค คื่นช่ายเห็ดหอม และผักกาดขาวภายใต้โรงเรือนควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติ (IoT) ให้ผลผลิตที่สูงกว่าการปลูกผักในโรงเรือนแบบดั้งเดิมที่ไม่มีระบบควบคุมสภาพแวดล้อม การใช้งานโรงเรือนปลูกผักอินทรีย์ที่มีระบบควบคุมผ่านการควบคุมด้วยมือถือช่วยอำนวยความสะดวกแก่เกษตรกรที่ปลูกผักโดยการควบคุมระบบจากระยะไกล การติดตามข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นทั้งในอากาศและในดิน รวมทั้งการปรับตั้งค่าไร้สายผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญช่วยลดระยะเวลาการทำงานให้แก่เกษตรกร รวมทั้งการใช้ระบบฟ่นละอองน้ำและการให้น้ำแก่ผักในโรงเรือนเหนือทรงพุ่มในเวลากลางวันที่อุณหภูมิอากาศสูง เป็นปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมให้ผลผลิตของผักอินทรีย์ทั้งสามชนิด (ผักสลัดกรีนโอ๊ค คื่นช่ายเห็ดหอม และผักกาดขาว) มีน้ำหนักและคุณภาพผลผลิตที่ดีกว่าการปลูกในโรงเรือนที่ไม่มีระบบควบคุมสภาพแวดล้อม ทั้งนี้การพิจารณานำไปปรับใช้ในระดับชุมชนอาจเลือกชนิดพืชผักที่มีมูลค่าสูงเพื่อให้คุ้มค่าต่อการลงทุน และการปรับใช้ระบบ IoT เฉพาะระบบการให้น้ำและการฟ่นละอองน้ำเพื่อให้ต้นทุนของระบบลดลงช่วยให้การคืนทุนภายในระยะเวลาอันสั้น

คำขอขอบคุณ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณการวิจัย โดยโครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย โครงการวิจัยเงินรายได้มหาวิทยาลัยทักษิณ กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ประเภททุนต่อยอดนวัตกรรมสู่ชุมชนสังคม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 ขอขอบคุณ รศ.ดร. ระวี เจียรวิภา ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือเพื่อการเก็บข้อมูลวิจัย และขอขอบคุณกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรอินทรีย์บ้านทุ่งยาวพัฒนา ตำบลโคกม่วง อำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง ที่สนับสนุนสถานที่ในการศึกษาวิจัย และให้ความช่วยเหลือการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- จิตรา จันโสด, วานิด รอดเนียม, เป็ลื่อง สุวรรณมณี, วิรัตน์ ช่วยชุมชนชาติ และศักดิ์ เพชรสุข. 2560. ผลของระยะปลูกและคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไรซ์เบอร์รี่ อ.ตะโหมด จ.พัทลุง. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. 103-108.
- จิรศักดิ์ น้อยสะปุ่น และอาภิรักษ์ หกพันนา. 2562. โรงเรือนความร้อนต่ำเพื่อการเกษตรอินทรีย์. น. 669-677. ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 33, 2-5 กรกฎาคม 2562. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, อุบลราชธานี.
- เฉลิมชาติ เสาวรัง, กระจวี ตรีอำรรค และเทวรัตน์ ตรีอำรรค. 2560. การวิเคราะห์เชิงตัวเลขของระบบควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนเพาะปลูกแบบฟ่นหมอก. การประชุมวิชาการวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติระดับชาติ ครั้งที่ 4 24-25 พฤศจิกายน 2560. โรงแรมวีวิช อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น. 151-157.
- ธนากร น้ำหอมจันทร์ และอดิกร เสรีพัฒนานนท์. 2557. ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร่นาแบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำแบบอัตโนมัติ โดยใช้ระบบควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 8(1) 99-111.
- บริษัท ฟอ์ฟาร์ม จำกัด. 2562. กรีนโอ๊ค (Green Oak Lettuce). แหล่งข้อมูล: <https://forfarm.co/green-oak-lettuce/>. ค้นเมื่อ 25 พฤษภาคม 2566.
- ปิยวัตร มากศรี, วรพงศ์ อินทร์พรหม, ศักดิ์โสภณ บุญแก้ว, พีรพงศ์ หนูช่วย, นรานันท์ ขามณี, ญัฐปภัสร บุญดา และชินโรส ละอองวรรณ. 2564. เทคโนโลยีการควบคุมระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืช. น. 175-182. ใน การประชุมวิชาการเสนอ

ผลงานวิจัยระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ครั้งที่ 4 22 พฤษภาคม 2564. คณะ
วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, กรุงเทพฯ.

พรรณวิภา อรุณจิตต์, นาวิ โกรธกล้า และปิจิราวุธ เวียงจันทา. 2558. โรงเรือนปลูกพืชควบคุมและมอนิเตอร์อัตโนมัติผ่านระบบ
เครือข่าย. ใน การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 16 ประจำปี 2558 และระดับ
นานาชาติ ครั้งที่ 8. 17-19 มีนาคม 2558. สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

วันเพ็ญ บัวคง, วานิด รอดเนียม, จิตรา จันโสด, เป็ลื่อง สุวรรณมณี, ศิลป์ชัย สุวรรณมณี และสมมิตร ปานเพชร. 2562. การพัฒนากลุ่ม
ปลูกผักอินทรีย์ในระบบโรงเรือน โดยใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม กรณีศึกษาชุมชนบ้านทุ่งยาว ตำบลโคกม่วง
อำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง. น. 78-82. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติ เรื่อง “สานพลังการก้าวข้ามขีดจำกัด เพื่อภาคใต้
แห่งความสุข” สถาบันการจัดการระบบสุขภาพ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 4th PSU HSMI Conference. 5-7 สิงหาคม
2562. สถาบันการจัดการระบบสุขภาพ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สุราษฎร์ธานี.

เอกรัฐ ชะอุ่มเอียด และเดือนแรม พ่างเกี้ยว. 2562. การควบคุมความชื้นในดินสำหรับโรงเรือนเมล่อน. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. 11(2): 269-278.

Abdel-Ghany, A. M., and T. Kozai. 2006. Cooling efficiency of fogging systems for greenhouses. *Biosystems Engineering*. 94(1): 97-109.

Agrawal, N., and R. Katna. 2019. *Applications of Computing, Automation and Wireless Systems in Electrical Engineering*; Springer: Singapore; Volume 553.

Amani, M., S.M.M. Foroushani, M. Sultan, and M. Bahrami. 2020. Comprehensive review on dehumidification strategies for agricultural greenhouse applications. *Applied Thermal Engineering*. 181.

Arbel, A., M. Barak, and A. Shklyar. 2003. Combination of forced ventilation and fogging systems for cooling Greenhouses. *Biosystems Engineering*. 84(1): 45-55.

Bailey, B. 2006. Natural and mechanical greenhouse climate control. *Acta Horticulturae*. 710: 43-54.

Campen, J. 2005. Greenhouse design applying CFD for Indonesian condition. *Acta Horticulturae*. 691: 419-424.

Ghani, S., F. Bakochristou, E.M.A.E. ElBialy, S.M.A. Gamaledin, M.M. Rashwan, A.M. Abdelhalim, and S.M. Ismail. 2019. Design challenges of agricultural greenhouses in hot and arid environments - A review. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*. 12: 48-70.

Impron, I., S. Hemming, and G.P.A. Bot. 2008. Effect of cover properties ventilation rate and crop leaf area on tropical greenhouse climate. *Biosystems Engineering*. 99: 553-564.

Jones, J.B. 2005 *Hydroponics: A practical guide for the soilless grower*, 2nd ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA; pp. 76-83.

Katsoulas, N., T. Bartzanas, T. Boulard, B. Mermier, and C. Kittas. 2006. Effect of vent openings and insect screens on greenhouse ventilation. *Biosystems Engineering*. 93(4): 427-436.

Kumsong, N., O. Thepsilvisut, P. Imorachorn, P. Chutimanukul, N. Pimpha, T. Toojinda, O. Trithaveesak, E. Ratanaudomphisut, A. Poyai, C. Hruanun, S. Yanuwong, W. Pakhamin, C. Kayoontammarong, M. Janpeng, and H. Ehara. 2023. Comparison of different temperature control systems in Tropical-Adapted Greenhouses for green romaine lettuce production. *Horticulturae*. 9: 1255.

- Madushanki, A.A.R., M.N. Halgamuge, W.A.H.S. Wirasagoda, and A. Syed. 2019. Adoption of the Internet of Things (IoT) in agriculture and smart farming towards urban greening: A review. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 10: 11-28.
- Popovic, T., N. Latinovic, A. Pesic, Z. Zecevic, B. Krstajic, and S. Djukanovic. 2017. Architecting an IoT-enabled platform for precision agriculture and ecological monitoring: A case study. *Computers and Electronics in Agriculture*. 140: 255–265.
- Shamshiri, R.R., F. Kalantari, K.C. Ting, K.R. Thorp, I.A. Hameed, C. Weltzien, D. Ahmad, and Z.Z.M. Shad. 2018. Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban agriculture. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 11(1): 22.
- Sharif, I. M., C.H. Mohammad, and S. Abd Kahar. 2006. SMART environmental control system for the production of strawberry in lowland tropics. *Acta Horticulturae*. 710: 457-464.
- Ullah, I., M. Fayaz, M. Aman, and D.H. Kim. 2021. An optimization scheme for IoT based smart greenhouse climate control with efficient energy consumption. *Computing*. 104: 433-457.