

การออกแบบและพัฒนาเครื่องควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ สำหรับการเพาะต้นอ่อนพืช

Design and Development of Temperature and Relative Humidity Controller for Sprout Culti

คงเดช พะสีนาม^{1*}, ธันวมาส กาศสนุก¹, และ ณรกมล เล่าห์รอดพันธ์¹
Khongdet Phasinam^{1*}, Thanwamas Kassanuk¹, and Norakamol Laorodphan¹

บทคัดย่อ

ปัจจุบันต้นอ่อนพืชเพื่อการบริโภคถือว่าเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีประโยชน์และให้คุณค่าทางอาหารสูง สามารถนำมาประกอบอาหารได้ง่ายและหลากหลาย จึงทำให้เกิดความต้องการจากผู้บริโภคเพิ่มมากขึ้น แต่เนื่องจากการเพาะต้นอ่อนพืชแบบเดิมบนพื้นที่เปิดมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก ต้องคอยดูแลรักษาอย่างใกล้ชิด ต้นทุนในการผลิตสูง และไม่สามารถควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนได้ เช่น สภาพแวดล้อม ปริมาณน้ำ ความชื้น อุณหภูมิ แสงศัตรูพืช และสภาพภูมิอากาศ จึงส่งผลกระทบต่อกรเพาะต้นอ่อนพืช ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบเครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับการเพาะต้นอ่อนพืชให้สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในเครื่องได้แบบอัตโนมัติ โดยเครื่องเพาะต้นอ่อนพืชแบบอัตโนมัติประกอบไปด้วย 7 ส่วน ดังนี้ 1) ระบบควบคุม 2) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 3) หัวสร้างหมอกแบบอัลตราโซนิค 4) ถังกรองบรรจุน้ำ 5) พัดลมป้อนความชื้น 6) พัดลมดูดความชื้นออก และ 7) ชั้นเพาะต้นอ่อนพืช จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 26-30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 83-87% RH ซึ่งเครื่องเพาะต้นอ่อนแบบอัตโนมัติสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ตามที่ต้นอ่อนพืชต้องการ

คำสำคัญ: ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ, ต้นอ่อน, อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

Abstract

A seedling for consumption is popular food at the present because it contains high advantages and nutritive value. It can easily be cooked with various methods, so the consumer's demand is increased. However, there are difficult procedures for seedling culture. For example, it needs closely control, cost of production is high, and factors on seedling growth cannot be controlled such as environment, water amount, humidity, temperature, insect pest, and weather. These factors affect seedling culture. Hence, this research aimed to design temperature and relative humidity controller for seedling culture

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 65000

¹Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok 65000, Thailand

*Corresponding author: phasinam@psru.ac.th

to be able to control temperature and humidity by controller automatically. The seedling culture controller consist of these seven components: 1) control system 2) temperature and relative humidity sensor 3) ultrasonic humidifier 4) water storage 5) humidifier fan 6) dehumidifier fan 7) seedling tray. According to the experiment result, it suggests that the proper temperature is 26- 30 degree Celsius, with 83-87% of relative humidity. This automatic seedling culture controller can control temperature and humidity as the seedling needed.

Keywords: Automatic control system, Sprout, Temperature and relative humidity

บทนำ

พืชปลอดสารพิษ พืชออร์แกนิก หรือต้นอ่อนพืช เช่น ไมโครกรีน ต้นอ่อนทานตะวัน ต้นอ่อนผักบุ้ง และต้นอ่อนถั่วลันเตาหรือถั่วเหมียว เป็นต้น เป็นพืชที่ใช้ระยะเวลาการผลิตสั้น และสามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี โดยเป็นการผลิตเพื่อบริโภคในครอบครัวหรือการผลิตในเชิงธุรกิจ ซึ่งเป็นแนวทางการสร้างอาชีพเสริมทางหนึ่ง สร้างความมั่นคงทางด้านอาหาร ลดการอดอยาก และการขาดอาหารในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา เนื่องจากกรรมวิธีการผลิตสะดวก รวดเร็ว ง่าย ราคาถูก และมีคุณค่าทางอาหารสูง (กมล, 2555) การผลิตพืชปลอดสารพิษ พืชออร์แกนิก หรือต้นอ่อนให้มีคุณภาพและความปลอดภัยสูงสำหรับผู้บริโภค ไม่ควรใช้สารเคมีหรือฮอร์โมนมาช่วยในการงอกหรือการเจริญเติบโต (จิตรภรณ์, 2560) ปัจจุบันการปลูกพืชปลอดสารพิษและต้นอ่อนมีวิธีการปลูกที่หลากหลายและมีขั้นตอนที่สลับซับซ้อน อีกทั้งยังใช้ระยะเวลาในการดูแลรักษามาก บางครั้งมีการใส่สารเพื่อให้พืชสดและอยู่ได้หลายวัน ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค จึงได้มีผู้คิดค้นและพัฒนาวิธีการปลูกเพิ่มมากขึ้น เพื่อช่วยในการให้น้ำแก่พืช ซึ่งการพัฒนาส่วนใหญ่เป็นเครื่องขนาดเล็กเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการปลูก เช่น การใช้ตัวควบคุมเวลาในการให้น้ำหรือใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการให้น้ำ ทั้งระบบปล่อยน้ำทิ้งและระบบน้ำวน เป็นต้น (วันวิสา และปรีชา, 2556; ศุภฤดี และคณะ, 2557; อีรวัดน์ และคณะ, 2560) โดยการพัฒนาเครื่องปลูกแบบปล่อยน้ำทิ้งทำให้สิ้นเปลืองน้ำเป็นจำนวนมาก ส่วนระบบน้ำวนอาจจะส่งผลทำให้พืชเน่าเสียได้ง่าย เนื่องจากปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อน อีกทั้งต้นอ่อนควรปราศจากการปนเปื้อนของโรคและปรสิตจากวัสดุปลูกด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับการเพาะต้นอ่อนพืชให้สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นตามความเหมาะสมของต้นอ่อนพืชได้ ซึ่งจะสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องได้ทุกขนาดและพัฒนาต่อยอดสู่เชิงพาณิชย์ได้อีกด้วย

วิธีการดำเนินงาน

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาทำให้ทราบว่าปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมมีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อน รวมไปถึงต้นอ่อนควรปราศจากการปนเปื้อนของโรคและปรสิตจากวัสดุปลูกด้วย ดังนั้นในการออกแบบและพัฒนาเครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับการเพาะต้นอ่อนพืชเพื่อควบคุมปัจจัยการงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนพืชเพื่อการบริโภค มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1) การออกแบบโครงสร้างเครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับการเพาะต้นอ่อนพืช

การออกแบบโครงสร้างของเครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับการเพาะต้นอ่อนพืชต้นแบบมีขนาดความกว้าง 40 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร และสูง 80 เซนติเมตร มีชั้นสำหรับการเพาะต้นอ่อนวางห่างกันชั้นละ 10 เซนติเมตร จำนวน 3 ชั้น มีช่องบรรจุน้ำทางด้านล่างของตัวเครื่อง และมีประตูเปิด-ปิดแบบสไลด์ออกด้านข้าง วัสดุทำจากอะคริลิก โดยการสร้างเน้นให้มีรูปลักษณ์สวยงาม สามารถตกแต่งเป็นเฟอร์นิเจอร์ภายในบ้านได้ เพื่อตอบสนองให้กับกลุ่มคนรุ่นใหม่ ตัวเครื่องมีน้ำหนักเบา สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย และเป็นภาชนะปิดที่มีการหุ้มฉนวนเพื่อการควบคุมความชื้นและอุณหภูมิให้คงที่ เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อน ขจัดปัญหาสภาพอากาศที่เป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโต การเน่าเสียของพืช และปราศจากการปนเปื้อนของโรคและปรสิตจากวัสดุปลูก ดังแสดงใน Figure 1

เก็บข้อมูลทุก ๆ 3 ชั่วโมง เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องหรือเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้

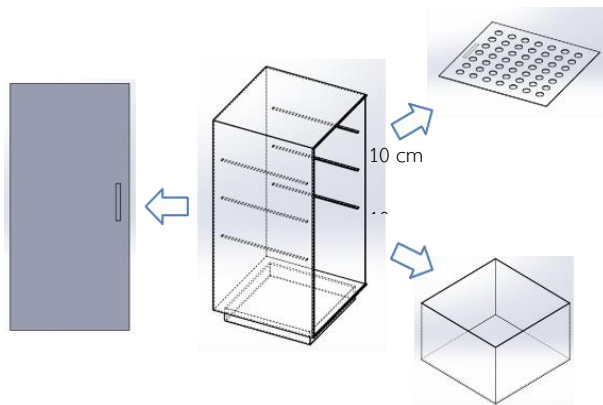


Figure 1 The seedling culture controller machine designed.

2) การออกแบบการทำงานของระบบ

ระบบควบคุมปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อน รวมไปถึงต้นอ่อนที่ปราศจากการปนเปื้อนของโรคและปรสิตจากวัสดุปลูก ใช้การประมวลผลการทำงานผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino MEGA 2560 โดยการติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ผ่านระบบการประมวลผล เพื่อสั่งการระบบควบคุมหมอกให้ป้อนความชื้นที่เหมาะสมหรือดึงความชื้นส่วนเกินออกตามช่วงที่ต้นอ่อนต้องการในภาชนะปิดที่มีการหุ้มฉนวน โดยมีขั้นตอนการทำงานดัง Figure 2

3) การทดสอบการทำงานของเครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับการเพาะต้นอ่อนพืช

เครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับการเพาะต้นอ่อนพืชจะถูกทดสอบระบบเพื่อตรวจสอบการทำงานของเครื่อง โดยการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จากเครื่องเพาะต้นอ่อนพืชเปรียบเทียบกับการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จากไฮโกรมิเตอร์แบบกระดาษเปียก-กระดาษแห้ง

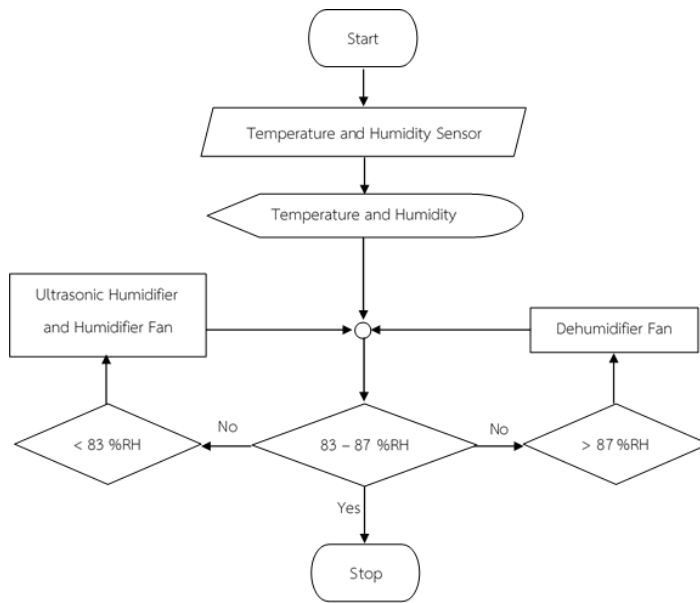


Figure 2 The control system diagram of the seedling culture controller machine.

ผลและวิจารณ์

จากผลการศึกษาและทดสอบ พบว่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมของต้นอ่อนพืชที่นิยมนำมาเป็นอาหารอยู่ในช่วง 26-32 องศาเซลเซียส และ 83-87% RH ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับสหพงศ์ และ มิตรชัย (2562) ที่ได้พัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับการเพาะผักไมโครกรีนเพื่อควบคุม 6 ปัจจัยหลักคือ การควบคุมแสง การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ การควบคุมความชื้นในดิน และระบบควบคุมคุณภาพน้ำและอุณหภูมิของน้ำ พบว่า พืชไมโครกรีนมีความยาวเฉลี่ยมากกว่าการปลูกแบบทั่วไปประมาณ 3.2 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยมากกว่าการปลูกแบบทั่วไปร้อยละ 70.51 และลดระยะเวลาการเก็บเกี่ยวได้ 2-3 วัน โดยมีอุณหภูมิภายในระบบเพาะอยู่ในช่วงต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงร้อยละ 65-90 ในทำนองเดียวกันกับ ประกอบ และคณะ (2561) ได้ออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของเครื่องปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัตโนมัติ พบว่าอุณหภูมิภายในระบบเพาะของพืชไมโครกรีนที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 26-30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 83-87% RH ดังนั้นจึงได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์สำหรับการเพาะต้นอ่อนพืชให้มีรูปลักษณะสวยงาม ตัวเครื่องมีราคาไม่สูงและน้ำหนักเบา และเป็นภาชนะปิดที่มีการหมุนวนเพื่อการควบคุมความชื้นและอุณหภูมิให้คงที่ โดยสามารถแบ่งส่วนประกอบของเครื่องเพาะต้นอ่อนพืชออกเป็น 7 ส่วน ดังนี้ 1) ระบบควบคุม 2) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น 3) หัวสร้างหมอกแบบอัลตราโซนิค 4) ถังบรรจุน้ำ 5) พัดลมป้อนความชื้น 6) พัดลมดูดความชื้นออก และ 7) ชั้นปลูกพืช ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 3

ระบบควบคุมมีส่วนประกอบหลัก 5 ส่วน ดังนี้ 1) หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 220 โวลต์ เป็น 24 โวลต์ 2) บอร์ดควบคุม ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด Arduino MEGA 2560 ที่พัฒนาจาก ATmega 2560 มีหน่วยความจำแฟลช 256 กิโลไบต์ แรม 8 กิโลไบต์ ใช้ไฟเลี้ยง 7-12 โวลต์ แรงดันของระบบอยู่ที่

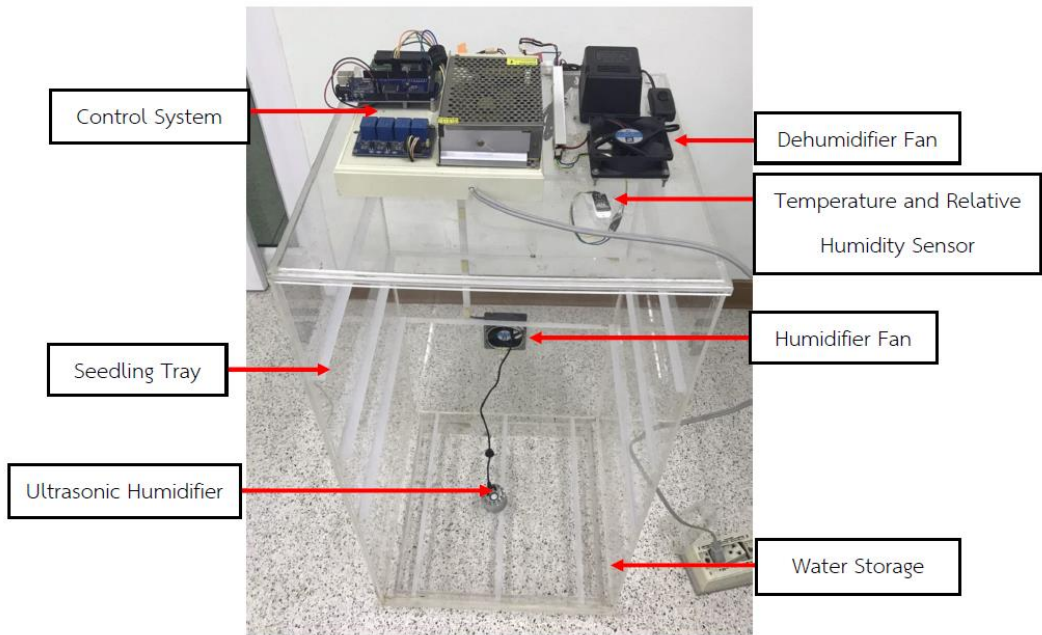


Figure 3 The components of the seedling culture controller machine.

5 โวลต์ มี 54 Digital input/output โดยมี 14 ขา สามารถใช้เป็น Output แบบ PWM ได้ มี Analog inputs 16 ขา มี UARTs (Hardware serial ports) 4 ขา ทำงานที่ความถี่ 16 เมกะเฮิรตซ์ สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยสายเคเบิล USB หรือใช้ Adaptor AC to DC เพื่อเริ่มต้นใช้งาน และมีปุ่ม Reset สามารถต่อเข้ากับ Shields ที่ออกแบบเพื่อใช้งานกับ Arduino Duemilanove หรือ Diecimila ได้ 3) Relay สวิตช์ ขนาด 220 โวลต์ 10 แอมแปร์ 4) จอแสดงผลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ แบบ LCD 16x2 และ 5) สวิตช์เปิด-ปิดระบบ ดังแสดงใน Figure 4

เครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับการเพาะต้นอ่อนพืชเป็นระบบปิดถูกออกแบบให้อยู่ภายในชุดเดียวกัน และสามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ โดยภายในเครื่องมีเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ DHT22 ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์ที่มีความแม่นยำสูงในการวัด สามารถวัดได้ในย่านอุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส ถึง 125 องศาเซลเซียส ความแม่นยำ ± 0.5 องศาเซลเซียส และวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ในย่าน 0-100% RH ความแม่นยำ $\pm 2-5\%$ RH ใช้แหล่งจ่ายแรงดัน 3-5 โวลต์ ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องและมีพัดลมดูดอากาศขนาด 24 โวลต์ ทำหน้าที่ดูดความชื้นภายในเครื่องออกเมื่อความชื้นสัมพัทธ์เกินค่าที่กำหนดไว้และหยุดทำงานเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ถึงค่าที่กำหนดไว้ หัวสร้างหมอกแบบอัลตราโซนิค (Ultrasonic humidifier) ขนาด 24 โวลต์ ทำหน้าที่สร้างหมอกเมื่อภายในเครื่องมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้และพัดลมป้อนอากาศขนาด 24 โวลต์ ทำหน้าที่ป้อนความชื้นที่เกิดจากหัวสร้างหมอกแบบอัลตราโซนิคให้ไหลผ่านชั้นเพาะแต่ละชั้นจนความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องถึงค่าที่กำหนดไว้ตามที่ต้นอ่อนพืชต้องการ ทั้งหัวสร้างหมอกแบบอัลตราโซนิคและพัดลมป้อนอากาศจะหยุดทำงานโดยอัตโนมัติ ระบบควบคุมจะรับข้อมูลจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในเครื่อง เมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ ระบบควบคุมจะส่งสัญญาณสั่งให้

หัวสร้างหมอกแบบอัลตราโซนิกและพัดลมป้อนอากาศทำงาน และป้อนความชื้นผ่านชั้นเพาะแต่ละชั้น เมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์ในเครื่องถึงค่าที่กำหนดไว้ ระบบควบคุมจะส่งสัญญาณสั่งให้หัวสร้างหมอกแบบอัลตราโซนิกและพัดลมป้อนอากาศหยุดทำงานทันที แต่ถ้าค่าความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าค่าที่กำหนดไว้ ระบบควบคุมจะส่งสัญญาณสั่งให้พัดลมดูดอากาศทำงาน โดยการดูความชื้นออก เพื่อรักษาอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ตามค่าที่กำหนดไว้ตามความเหมาะสมของต้นอ่อนพืช ดังแสดงใน Figure 5

จากการทดสอบวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จากเครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับการเพาะต้นอ่อนพืชเปรียบเทียบกับการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยใช้ไฮโกรมิเตอร์แบบกระดาษเปียก-กระดาษแห้ง พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 26-30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 83-87% RH โดยเครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับการเพาะต้นอ่อนพืชมีค่าความผิดพลาดเมื่อเปรียบเทียบกับไฮโกรมิเตอร์แบบกระดาษเปียก-กระดาษแห้ง มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 5.00 เปอร์เซ็นต์ และ 2.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 6 และ Figure 7 ซึ่งอยู่ในช่วงที่สามารถยอมรับได้

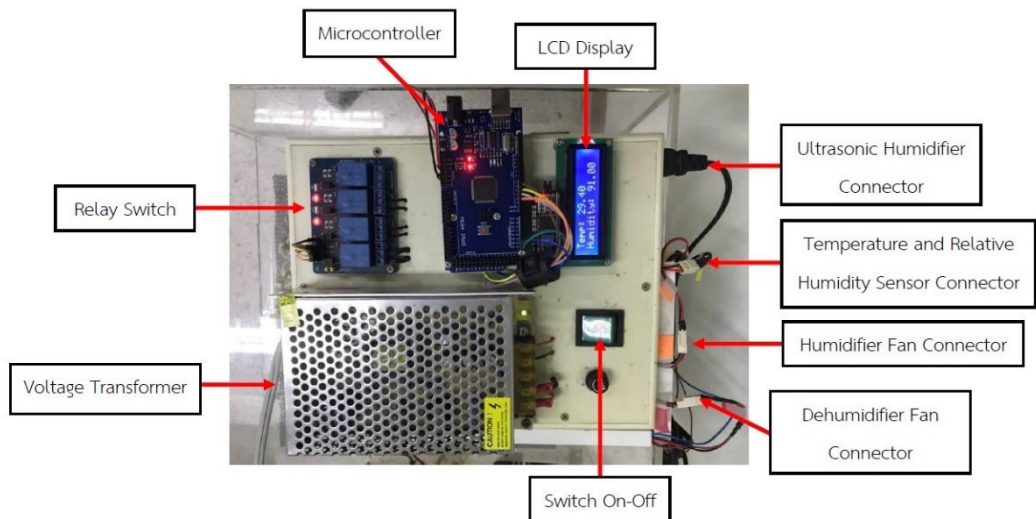


Figure 4 The control system of the seedling culture controller machine.

สรุป

เครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับการเพาะต้นอ่อนพืชนี้สามารถทำงานโดยการควบคุมความชื้นและอุณหภูมิตามที่พืชต้องการได้อย่างอัตโนมัติ ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 26-30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 83-87% RH โดยเครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับการเพาะต้นอ่อนพืชมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 5.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในช่วงที่สามารถยอมรับได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย

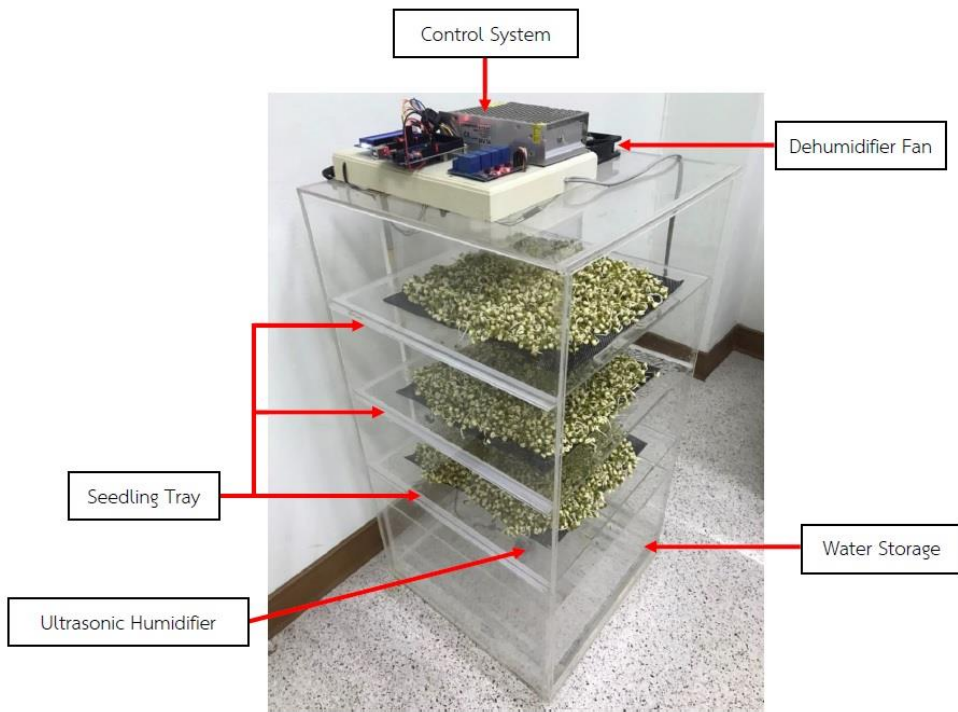


Figure 5 The seedling culture controller machine.

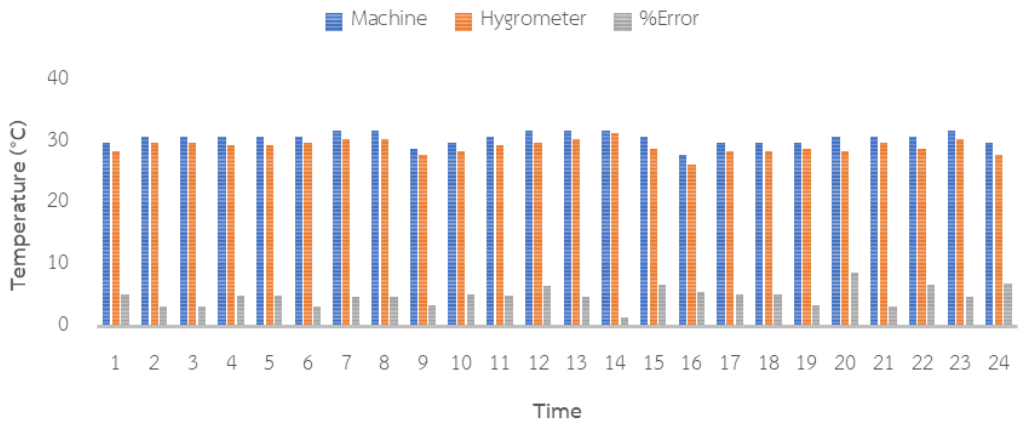


Figure 6 Temperature of the seedling culture controller machine and hygrometer.

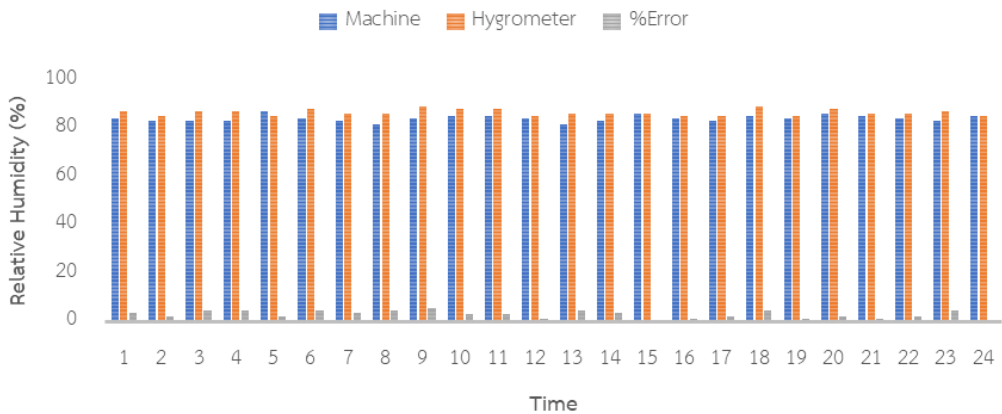


Figure 7 Relative humidity of the seedling culture controller machine and hygrometer.

เอกสารอ้างอิง

- กมล เลิศรัตน์. (2555). เทคโนโลยีการผลิตพืชแห่งศตวรรษที่ 21. *แก่นเกษตร*, 40(4 ฉบับพิเศษ), 1-8.
- จิตรภรณ์ เทวะนา. (2560). การเพาะต้นกล้าพืชออแกนิก. *โครงการศูนย์ความรู้กินได้ สำนักงานบริหารและพัฒนาองค์ความรู้*. กรุงเทพฯ.
- ธีรวัฒน์ แต่มทอง, และวสุ พันไพศาล. (2560). ระบบควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และการกลับไขของตู้ฟักไข่ไก่แบบอัตโนมัติ. *ในการประชุมวิชาการระดับชาติพิบูลสงครามวิจัย ครั้งที่ 3* (หน้า 37-43). ศูนย์วัฒนธรรมภาคเหนือตอนล่าง พิชณุโลก: มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.
- ประกอบ เมืองเกิด, สิปปกร โพธิ์ประเสริฐ, ธีรวัสส กาศสนุก, และ คงเดช พะสีนาม. (2561). การออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของเครื่องปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัตโนมัติ. *ในการประชุมวิชาการระดับชาติ เรื่องคุณภาพของการบริหารจัดการและนวัตกรรม ครั้งที่ 3* (หน้า 995-1000). ห้องประชุมพองจันทร์ อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยการจัดการและเทคโนโลยีอีสเทิร์น.
- วันวิสา เนตรซัง, และปรีชา ศรีจันทร์. (2556). ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับใช้ในโรงเรือนเพาะเห็ด. *ในการประชุมวิชาการการพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน 2556 ครั้งที่ 3* (หน้า 641-645). โรงแรมเซ็นทารา โฮเทล แอนด์ คอนเวนชั่น เซ็นเตอร์ ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ศุภวุฒิ ผากา, สันติ วงศ์ใหญ่, และอดิสร ถมยา. (2557). การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดในโรงเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลปลงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง. *วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, 7(1), 58-69.
- สหพงศ์ สมวงศ์, และ มิตรชัย จงเขียวชำนาญ. (2562). การพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับการเพาะผักไมโครกรีน. *วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ*, 5(2), 15-25.