การศึกษาเบื้องต้นของการปลูกผักขึ้นฉ่าย (*Apium graveolens* L.) ในระบบแอโรโพนิกส์แบบอัตโนมัติ

จุฑามาศ สรณะพิบูลย์[1], บุญธง วสุริย์[1*] และ ชูเกียรติ โชติกเสถียร[1]

[1]สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, นครปฐม
*ผู้รับผิดชอบบทความ: email wasuribt@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกผักขึ้นฉ่ายในระบบควบคุมการปลูกแบบแอโรโพนิกส์แบบอัตโนมัติ ระบบควบคุมดังกล่าวถูกควบคุมด้วยบอร์ด Arduino uno R3 อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในตู้จะถูกควบคุมตลอดการปลูก 49 วัน ต้นขึ้นฉ่ายถูกปลูกทั้งภายในและภายนอกตู้ควบคุมแบบแอโรโพนิกส์ ค่าความสูงและปริมาณใบต่อต้นขึ้นฉ่ายจะถูกเก็บทุกๆ 7 วัน ผลลัพธ์ที่ได้จากการปลูกทั้ง 2 แบบ จะถูกวิเคราะห์ทางสถิติด้วย *t*-test (paired sample test) ข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยความสูงและปริมาณใบต่อต้นขึ้นฉ่ายที่ถูกปลูกในระบบควบคุมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการปลูกในตู้ปลูกแอโรโพนิกส์ให้ค่าที่สูงกว่าการปลูกนอกตู้อย่างเห็นได้ชัด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสามารถสรุปได้ว่าการปลูกผักขึ้นฉ่ายมีความเป็นไปได้ที่จะปลูกภายใต้ระบบควบคุมการปลูกแบบแอโรโพนิกส์ อย่างไรก็ตามการศึกษาหาสภาพอากาศที่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง และสารละลายปุ๋ย ปัจจัยเหล่านี้จำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติม เพื่อเพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตผักขึ้นฉ่ายที่เพิ่มมากขึ้น ภายใต้การปลูกแบบแอโรโพนิกส์ด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ

คำสำคัญ: แอโรโพนิกส์ ผักขึ้นฉ่าย ความชื้น อุณหภูมิ ความเข้มแสง

A preliminary study of celery (*Apium graveolens* L.) growing in an automated aeroponics system

Juthamas Soranapiboon[1], Boontong Wasuri[1*], and Chukiat Chotikasatian[1]

[1]Industrial Arts, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakon Pathom

*corresponding author: email wasuribt@gmail.com

Abstract

The objective of this research was to study the feasibility of celery (*Apium graveolens* L.) growing in an automated aeroponics system. The control system was microcontroller Arduino uno R3. Temperature and relative humidity in the automated aeroponics cabinet was controlled for forty-nine days. Celery was cultivated inside and outside of the cabinet. The length and amount of leave were recorded every seven days. The average of length and amount of leave were analyzed with paired sample *t*-test. The averages of length and amount of leave between inside and outside of the cabinet were statistically significant. Therefore, this research could be concluded that celery could feasibly grow in automated aeroponics system. However, the suitability of growing such as temperature, relative humidity, light intensity, and fertilizer need to be studied to increase the quantity of celery.

Keywords: Aeroponics, Celery, Relative humidity, Temperature, Light intensity

1. บทนำ

ในช่วงเดือนเมษายน 2563 ถึงเดือนมีนาคม 2564 พบว่าราคาเฉลี่ยของผักขึ้นฉ่ายอยู่ในช่วง 15-240 บาท (Kasetprice, 2564) จากการสอบถามข้อมูลเกษตรกร 2 ราย ในพื้นที่จังหวัดนครปฐมพบว่าสาเหตุที่ราคาผักขึ้นฉ่ายมีราคาไม่คงที่ เนื่องจากผักขึ้นฉ่ายมีการตอบสนองต่อสภาพอากาศอย่างมาก ทำให้ผลิตผลที่ได้มีคุณภาพด้านน้ำหนักน้อยลง ข้อมูลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (climate change) เช่น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความชื้นและปริมาณน้ำฝนทำให้ผลผลิตข้าวโพดลดลง (ยุทธศาสตร์, 2560) นอกจากนี้ ผู้บริโภคอาหารมีความใส่ใจการเลือกรับประทานผักและผลไม้ โดยยึดหลักในการเลือกสรรค์ตั้งแต่กระบวนการจัดการในแปลง การปลูก การเก็บรักษา และรูปลักษณ์ของบรรจุภัณฑ์ สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2556) ได้ออกมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับผลิตพืชอาหาร เพื่อเป็นแนวทางให้แก่เกษตรกรใช้เป็นแนวทางในการจัดการกับระบบการปลูกของตนเอง การปลูกในระบบที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมและมีการจัดการที่มีคุณภาพจึงเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมในการได้รับผลิตผลที่มีคุณภาพ

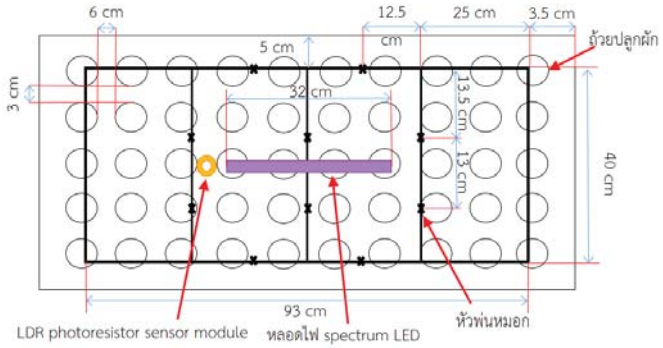
วิธีการปลูกหนึ่งที่ได้รับความนิยมจากหลากหลายวิธีการ คือการปลูกระบบไฮโดรโปนิส์ (Hydroponics) หรือการปลูกให้รากแช่อยู่ในน้ำแทนการปลูกลงบนพื้นดิน และให้ธาตุอาหารแก่พืชในรูปของสารละลาย (จันทร์จรัส, 2560) การปลูกลักษณะดังกล่าวเป็นวิธีการที่ลดปัญหาการปนเปื้อนของสารพิษหรือเชื้อโรคที่อาจปนเปื้อนมากับดินและยังช่วยให้เกษตรกรสามารถดำเนินการจัดการกับผลผลิตได้อย่างเหมาะสม ภาคย์ (2562) ได้ทดลองปลูกผักสลัดกรีนโอ๊คโดยใช้ระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ ในงานวิจัยดังกล่าว พบว่าการควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊ค ได้แก่ ความเข้มแสงแดด อุณหภูมิ และธาตุอาหาร สามารถเพิ่มน้ำหนักของผักหนึ่งต้นได้ประมาณ 26.56 กรัม เมื่อเทียบกับการผลิตแบบปกติ อย่างไรก็ตาม มีข้อจำกัดอยู่บางประการของการปลูกผักด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ เช่น การเติมอากาศลงในน้ำเพื่อเพิ่มออกซิเจนอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากรากพืชมีการแช่อยู่ในน้ำและต้องการออกซิเจน ดังนั้น อีกวิธีการปลูกหนึ่งที่นิยมใช้กันคือการปลูกแบบแอโรโพนิกส์ (Aeroponics) โดยวิธีการนี้ใช้หลักการการปลูกโดยให้รากต้นพืชลอยสัมผัสกับอากาศตลอดเวลา และมีการให้น้ำและการให้สารละลายในรูปแบบของการพ่นเป็นละอองน้ำไปที่รากของต้นพืชโดยตรง (ถิระวรรธน์ และ กรวิทย์, 2561) ระยะเวลาการให้น้ำหรือสารละลายยังเป็นรูปแบบการให้ตามรอบเวลาเป็นช่วง โดยอาศัยความเชี่ยวชาญจากเกษตรกรที่ปลูกด้วยระบบดังกล่าว Lakhiar et al. (2018) กล่าวว่าข้อจำกัดของการปลูกด้วยวิธีนี้คือหากอุปกรณ์ในการให้น้ำหรือสารละลาย (i.e., ปั๊มน้ำ, หัวพ่นหมอก) ชำรุดเสียหายจะเกิดผลกระทบต่อต้นพืช ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกผักขึ้นฉ่าย โดยใช้ระบบควบคุมการปลูกแบบแอโรโพนิกส์แบบอัตโนมัติ

2. อุปกรณ์และวิธีการ

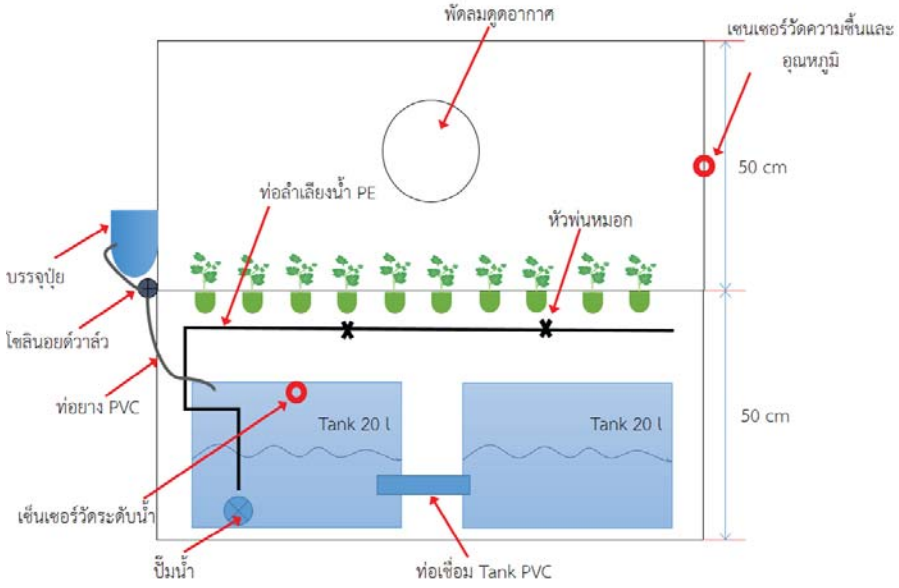
2.1 ตู้ปลูกและอุปกรณ์การให้น้ำ

ภาพที่ 1 แสดงองค์ประกอบภายในตู้ปลูกที่ติดตั้งระบบการปลูกแบบแอโรโพนิกส์ด้วยระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ และตำแหน่งของการติดตั้งอุปกรณ์ ตู้ปลูกดังกล่าวมีขนาดความกว้าง 100.0 cm ความยาว 50.0 cm และความสูง 100.0 cm ผนังตู้ปลูกแต่ละด้านถูกปิดด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตใสที่มีความหนา 0.6 cm ผนังด้านหนึ่งถูกเจาะรูเพื่อใส่พัดลมดูดอากาศ (GH12038HA2SL, Guoheng Electric Machine Co., Ltd., Heze, Shandong, China) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัด 12 cm หลอดไฟ spectrum LED (light emitting diode) (Manufacturer unknown) ถูกติดภายในตู้ปลูกที่ตำแหน่งตรงกลางของผนังด้านบน และเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง (light dependent resistor (LDR) photoresistor sensor module) (Manufacturer unknow) ถูกติดตั้งด้านนอกตู้ปลูกที่ตำแหน่งกึ่งกลางของผนังด้านบน เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น (DHT11, Manufacturer unknow) ถูกติดตั้งอยู่ภายในบริเวณด้านข้าง เมล็ดขึ้นฉ่ายในงานวิจัยนี้ถูกปลูกในถ้วยปลูกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.7 cm ความลึก 5.0 cm และที่ก้นถ้วยมีช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 1.0 × 5.0 cm ถ้วยปลูกแต่ละใบจะถูกวางลงบนแผ่นโฟมที่มีขนาดความกว้าง 49.0 cm ความยาว 99.0 cm และ ความหนา 5.1 cm โดยแผ่นโฟมจะถูกเจาะรูให้สามารถสอดใส่ถ้วยปลูกลงไปได้ ในการวิจัยนี้ได้ทดลองปลูกผักขึ้นฉ่ายจำนวน 50 ต้น ดังนั้น แผ่นโฟมนี้จึงถูกกำหนดให้มีจำนวนรูตามแนวยาวและตามแนวลึกของตู้ปลูกเป็น 10 และ 5 แถว ตามลำดับ แผ่นโฟมถูกติดตั้งที่ตำแหน่งกึ่งกลางของความสูงตู้ปลูกที่ระยะ 50 cm หัวพ่นหมอกขนาด 2 หุน จำนวน 10 หัว ถูกติดตั้งเข้ากับท่อ PE (polyethylene) ขนาด 1.6 cm ที่ตำแหน่งดังแสดงในภาพที่ 1 ระยะห่างระหว่างหัวพ่นหมอกับก้นของถ้วยปลูกมีระยะ 10.0 cm ท่อ PE ดังกล่าวถูกต่อเข้ากับปั๊มน้ำ (อัตราการไหลสูงสุดที่ 800 l hr^{-1} และกำลังไฟฟ้า 19 Watt) (AW500s, (Manufacturer unknow) เพื่อทำหน้าส่งน้ำไปยังหัวพ่นหมอก ปั๊มน้ำดังกล่าวถูกวางไว้ในถังบรรจุน้ำ 20 l ใบหนึ่ง จากจำนวนทั้งหมด 2 ถัง ถังแต่ละใบถูกเชื่อมต่อท่อ PVC (polyvinyl chloride) ขนาด 1.3 cm เข้าไว้ด้วยกัน เพื่อรักษาระดับน้ำในถังทั้ง 2 ให้มีระดับที่เท่ากัน ภายในถังน้ำมีการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ (ultrasonic)

(Manufacturer unknow) สำหรับใช้เป็นอุปกรณ์ส่งข้อมูลเพื่อแจ้งเตือนผ่านตัวส่งเสียงสัญญาณ (buzzer) (Manufacturer unknow) ภาชนะบรรจุสารละลายซึ่งใช้เป็นธาตุอาหารของพืชมีขนาด 1.8 l และถูกติดตั้งบริเวณผนังด้านข้างที่ตำแหน่ง 50.0 cm ของความสูงตู้ปลูก ท่อยาง PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.64 cm จะถูกต่อเข้ากับภาชนะบรรจุสารละลายที่ก้นขวด เพื่อส่งต่อสารละลายผ่านการควบคุมของโซลินอยด์วาล์ว (solenoid valve) (Manufacturer unknown) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.64 cm ไปผสมกับน้ำในถังขนาด 20 l



(a)



(b)

ภาพที่ 1 (a) มุมมองด้านบนและ (b) มุมมองด้านหน้าของตู้ปลูกแบบแอโรโพนิกส์ซึ่งถูกติดตั้งระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ

2.2 ระบบควบคุมและเงื่อนไขในการควบคุม

ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติในงานวิจัยนี้ถูกควบคุมโดยบอร์ด Arduino uno R3 (Manufacturer unknown) พาวเวอร์ซัพพลาย (power supply) 5VDC 2.1A จะถูกใช้เป็นแหล่งพลังงานให้บอร์ด Arduino uno R3 เพื่อทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของรีเรย์ (relay) จำนวน 5 ช่อง ที่มีขนาด 5VDC 10A รีเรย์แต่ละช่องจะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ (switch) เพื่อควบคุมการจ่ายไฟไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบ ได้แก่ ปั๊มน้ำ ซึ่งรองรับไฟฟ้ากระแสตรง 12VDC, พัดลมดูดอากาศ ซึ่งรองรับไฟฟ้ากระแสสลับ

220VAC, ตัวส่งสัญญาณเสียง ซึ่งรองรับไฟฟ้ากระแสตรง 3.5-5VDC, โซลินอยด์วาล์ว ซึ่งรองรับไฟกระแสตรง 12VDC และหลอดไฟ Spectrum LED ซึ่งรองรับไฟฟ้ากระแสสลับ 220VAC ผู้วิจัยได้เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานรีเรย์แต่ละช่องลงบนบอร์ด Arduino uno R3 โดยรีเลย์ที่ควบคุมปั๊มน้ำจะทำงานเมื่อความชื้นสัมพัทธ์อากาศในตู้มีค่าต่ำกว่า 60%RH และจะหยุดการทำงานเมื่อความชื้นสัมพัทธ์อากาศในตู้มีค่ามากกว่า 60%RH การทำงานของพัดลมดูดอากาศถูกกำหนดให้ทำงานเมื่ออุณหภูมิภายในตู้มีค่าสูงกว่า 25°C และจะหยุดการทำงานเมื่ออุณหภูมิลดลงและมีค่าต่ำกว่า 25°C การทำงานของหลอดไฟ spectrum LED ถูกกำหนดให้ทำงานเมื่อค่าความเข้มแสงที่วัดจากภายนอกมีค่าต่ำกว่า 100 lux นอกจากนี้ เมื่อระดับน้ำใน tank ขนาด 20 l มีระดับน้ำที่ลดลงต่ำกว่า 20 cm จากเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ บอร์ด Arduino uno R3 จะจ่ายไฟยังตัวส่งเสียงสัญญาณเสียง เพื่อแจ้งเตือน ในงานวิจัย ผู้วิจัยกำหนดให้ระบบมีการจ่ายสารละลายทุกๆ 15 วัน โดยระบบจะบังคับให้โซลินอยด์วาล์วเปิดวาล์วเป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงปิดวาล์ว

2.3 แผนการทดลอง

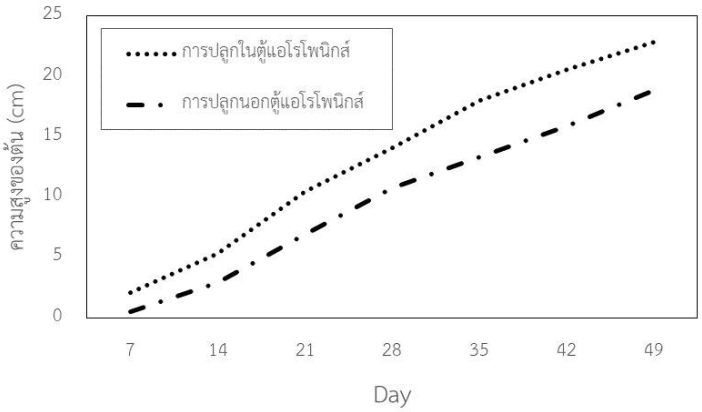
ในการทดลองนี้ ผู้วิจัยได้ทดลองปลูกต้นขึ้นฉ่ายทั้งในตู้ปลูกและนอกตู้ปลูกอย่างละ 50 ต้น เพื่อเปรียบเทียบค่าความสูงและจำนวนใบของต้นทุกๆ 7 วัน ต้นขึ้นฉ่ายที่อยู่ภายในตู้ปลูกจะถูกปลูกภายใต้สภาวะเงื่อนไขที่ถูกออบแบบตามเงื่อนไขข้างต้น ในขณะที่ ต้นขึ้นฉ่ายที่อยู่ภายนอกตู้จะถูกปลูกภายใต้สภาพแวดล้อมที่ไม่ได้มีการควบคุม แต่มีการกำหนดเวลาในการให้น้ำและสารละลายในแต่ละวัน เวลาการให้น้ำในแต่ละวันคือเวลา 9.00 น. และ 17.00 น. โดยมีการให้น้ำแบบพ่นลงบนหน้าดินจนเปียกชุ่ม และการให้ปุ๋ยถูกกำหนดให้ทุกๆ 15 วัน ผสมกับการให้น้ำ ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ 7 วัน จนกระทั่งครบ 49 วัน โดยข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้คือ ค่าความสูงและจำนวนใบของต้นขึ้นฉ่าย ข้อมูลทั้งสองที่ได้ในทุก ๆ 7 วัน จะถูกนำมาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยของแต่ละสัปดาห์ ค่าเฉลี่ยดังกล่าวในแต่ละสัปดาห์จะถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วย *t*-test (Paired sample test) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการการปลูกในตู้กับข้อมูลค่าเฉลี่ยของการปลูกนอกตู้ของแต่ละสัปดาห์

3. ผลและวิจารณ์

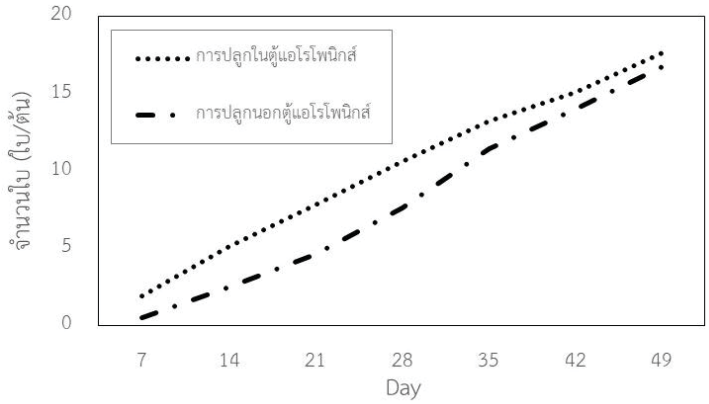
ภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายของความสูงและจำนวนใบของต้นขึ้นฉ่ายที่มีอายุ 21 วัน โดยพบว่าความสูงของต้นที่ปลูกในตู้ปลูกแอโรโพนิกส์มีความสูงมากกว่า ในงานวิจัยของ ชลิตา และ เสาวลักษณ์ (2561) แสดงให้เห็นถึงค่าความสูงของตนขึ้นฉ่ายซึ่งถูกปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ในกะละมังและมีส่วนผสมของธาตุอาหาร A และ B โดยใช้อัตราส่วน 124 ml ต่อปริมาณน้ำ 20 l พบว่าความสูงของต้นขึ้นฉ่ายที่อายุ 14, 21 และ 28 วัน มีค่าเป็น 13.29, 20.30 และ 24.62 cm ตามลำดับ ในขณะที่ความสูงของต้นขึ้นฉ่ายในตู้ปลูกแอโรโพนิกส์ภายใต้งานวิจัยนี้ที่อายุ 14, 21 และ 28 วัน มีค่าเป็น 5.32 10.42 และ 14.10 cm ตามลำดับ แม้ว่าตัวเลขของค่าความสูงของต้นขึ้นฉ่ายในงานวิจัยนี้มีค่าน้อยกว่า แต่ในงานวิจัยของ ชลิตา และ เสาวลักษณ์ (2561) ยังแสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำหมักหรือแร่ธาตุอาหารที่แตกต่างกันสำหรับการปลูกภายใต้ระบบเดียวกัน จะส่งผลต่อค่าความสูงและการเจริญเติบ ยกตัวอย่างเช่น การใช้สารชีวภาพจากดีปลี 1 ml ต่อปริมาณน้ำ 1.5 l จะทำให้ได้ค่าความสูงของต้นขึ้นฉ่ายที่อายุ 14, 21 และ 28 วัน มีค่าเป็น 6.82, 15.59 และ 19.45 cm ตามลำดับ ภาพที่ 3 และ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสูงและจำนวนใบต่อต้นระหว่างการปลูกในตู้และนอกตู้แอโรโพนิกส์ ผู้วิจัยพบว่าในแต่ละสัปดาห์ (i.e., ทุกๆ 7 วัน) ทั้งค่าเฉลี่ยความสูงและจำนวนใบต่อต้นที่ได้จากปลูกภายใต้สภาวะควบคุมมีจำนวนผลผลิตสูงกว่าการปลูกนอกตู้แอโรโพนิกส์อย่างเห็นได้ชัด โดยการปลูกภายในตู้ควบคุมมีค่าเฉลี่ยความสูงและจำนวนใบต่อต้นสูงกว่าประมาณ 1.5 เท่า ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าทั้งค่าเฉลี่ยความสูงและจำนวนใบต่อต้นที่ได้จากปลูกภายใต้สภาวะควบคุมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ กับผลที่ได้จากการปลูกนอกตู้แอโรโพนิกส์ ยกเว้นค่าเฉลี่ยจำนวนใบต่อต้นที่วันที่ 49 วัน พบว่าไม่มี

ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P>0.05 แม้ว่าผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นถึงความแตกต่าง แต่ค่าเฉลี่ยจำนวนใบต่อต้นในการปลูกในตู้แอโรโพนิกส์ยังมีปริมาณมากกว่าการปลูกนอกตู้ ดังนั้น ผลการทดลองที่ได้จากการวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่ามีความเป็นไปได้ในการปลูกผักขึ้นฉ่ายภายใต้ระบบควบคุมการปลูกแบบแอโรโพนิกส์แบบอัตโนมัติ อย่างไรก็ตาม การศึกษาหาสภาพอากาศที่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง และสารละลายปุ๋ย ปัจจัยเหล่านี้จำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตผักขึ้นฉ่ายที่เพิ่มมากขึ้น ภายใต้การปลูกแบบแอโรโพนิกส์ด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ

ภาพที่ 2 ตัวอย่างภาพถ่ายของต้นขึ้นฉ่ายอายุ 21 วัน ที่ปลูกในตู้ (ซ้าย) และ (ขวา) นอกตู้แอโรโพนิกส์



ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสูงของต้นระหว่างการปลูกในตู้และนอกตู้แอโรโพนิกส์



ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนใบต่อต้นระหว่างการปลูกในตู้และนอกตู้โรโพนิกส์

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย *t*-test (Paired sample test) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการการปลูกในตู้กับข้อมูลค่าเฉลี่ยของการปลูกนอกตู้ของแต่ละสัปดาห์

	จำนวนวัน	ในตู้ปลูกแอโรโพนิกส์	นอกตู้ปลูกแอโรโพนิกส์	t-test	Sig.
ค่าเฉลี่ยความสูงของต้น (cm)	7	2.08 ±0.87	0.48 ±0.50	16.17	.00[a]
	14	5.32 ±0.91	2.94 ±0.89	11.56	.00[a]
	21	10.42 ±1.89	6.89 ±0.78	11.72	.00[a]
	28	14.10 ±1.40	10.78 ±1.23	16.70	.00[a]
	35	17.96 ±1.23	13.34 ±0.89	23.13	.00[a]
	42	20.58 ±1.03	15.86 ±0.70	35.19	.00[a]
	49	22.84 ±1.02	18.84 ±0.77	25.56	.00[a]
ค่าเฉลี่ยจำนวนใบ (ใบ/ต้น)	7	1.90 ±0.58	0.48 ±0.50	12.02	.00[a]
	14	5.08 ±0.75	2.46 ±0.68	21.10	.00[a]
	21	7.80 ±1.05	4.58 ±0.64	19.83	.00[a]
	28	10.60 ±0.78	7.58 ±1.37	16.41	.00[a]
	35	13.22 ±0.82	11.46 ±2.50	4.80	.00[a]
	42	15.10 ±0.93	14.00 ±2.55	3.11	.00[a]
	49	17.66 ±0.82	16.78 ±2.83	1.96	.06

[a]ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.05.

4. สรุป

ในงานวิจัยนี้มีความพยายามศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกผักขึ้นฉ่าย โดยใช้ระบบควบคุมการปลูกแบบแอโรโพนิกส์แบบอัตโนมัติ โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลลัพธ์ของค่าเฉลี่ยความสูงและจำนวนใบต่อต้นสูงกว่าอย่างเห็นได้ชัด

2. ผลของการวิเคราะห์ทางสถิติที่แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยความสูงและจำนวนใบต่อต้นที่ได้จากการปลูกภายใต้ระบบแอโรโพนิกส์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.05 กับเทียบกับผลที่ได้จากการปลูกนอกตู้แอโรโพนิกส์

3. ผู้วิจัยจึงกล่าวได้ว่ามีความเป็นไปได้ที่จะใช้ระบบแอโรโพนิกส์แบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกผักขึ้นฉ่าย

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม สำหรับความอนุเคราะห์สถานที่ สาธารณูปโภค อุปกรณ์การทดลอง และความอนุเคราะห์อื่นๆ

ขอขอบคุณนางสาวสุนิสา ทองแดง สำหรับการจัดหาเครื่องมือ และนายกฤษฎา เอี่ยมวัฒนะ สำหรับความช่วยเหลือในการเชื่อมเหล็กและติดตั้งงานโครงสร้าง

6. เอกสารอ้างอิง

จันทร์จรัส กันทา. (2560). **รายงานการค้นคว้าอิสระกลยุทธ์การตลาดธุรกิจผักไฮโดรโปนิกส์ในจังหวัดเชียงใหม่**. ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาวิชาบริหารธุรกิจ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ชลิตา เวารัมย์ และ เสาวลักษณ์ ครุฑประโคน. (2561). **การพัฒนาสูตรน้ำหมักจากดีปลี สาบเสือและน้อยหน่าที่เหมาะสมในการปลูกขึ้นฉ่ายในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบกะละมัง**. ปัญหาพิเศษหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

ถิระวรรธน์ สืบธนะวงษ์ และ กรวิทย์ กระจ่างพันธ์. (2561). ระบบควบคุมสำหรับการปลูกพืชแบบแอโรโพนิกส์. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**, ปีที่พิมพ์ 49 (ฉบับพิเศษ), 494-497.

ภาคย์ สธนเสาวภาคย์. (2562). **รายงานการวิจัยเรื่อง การวิจัยและพัมนาระบบปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ**. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ยุทธศาสตร์ อนุรักติพันธุ์. (2560). การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อผลผลิตข้าวและข้าวโพดบริเวณลุ่มแม่น้ำโขงตอนล่าง. **วารสารเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศมหาวิทยาลัยบูรพา**, ปีที่พิมพ์ 2 (3), 70-85.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2556). **มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 9001-2556 การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร**.

Kasetprice. (2564). **ตลาดนัดเกษตรไพรซ์.** ค้นเมื่อ 29 มีนาคม 2564 จาก https://www.kasetprice.com/%E0%B8%95%E0%B8%A5%E0%B8%B2%E0%B8%94

Lakhiar, I. A., Jianmin, G., Syed, T. N., Chandio, F. A., Buttar, N. A., & Qureshi, W. A. (2018). Monitoring and control systems in agricultural using intelligent sensor techniques: A review of the aeroponic system. **Journal of Sensors**. 2018. 1-18.