

การปลูกผักไร้สารพิษโดยใช้พลังงานทดแทนในพื้นที่จำกัด: การเปรียบเทียบผลการ ทดลองปลูกผักกรีนโอ๊คระหว่างแปลงที่ใช้และไม่ใช้แผงโซลาร์เซลล์

Growing Toxic-free Vegetables Using Alternative Energy in a Confined Space: Comparing the Test Results of Growing Green Oak Lettuce between the Hydroponic System Powered by Solar Cells and the System without the Use of Alternative Energy

รับบทความ	15/02/2021
แก้ไขบทความ	05/05/2021
ยอมรับบทความ	06/05/2021

ประกาย คำภูศิริ วรสันต์ บุรณากาญจน์

ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Prakai Khamphusiri, Vorasun Buranakarn

Department of Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University

prakaikhampumsiri@yahoo.com, vorasun1@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเทคโนโลยีและออกแบบพื้นที่สำหรับปลูกผักไร้สารพิษให้เหมาะสมกับพื้นที่ในอาคารพาณิชย์หรือทาวน์เฮาส์ และศึกษาผลที่ได้จากการปลูกผักไร้สารพิษทั้งจากแปลงที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์และส่องไฟสว่างตอนกลางคืนกับแปลงที่ไม่ใช้ ประชากรและตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้ คือ ต้นผักกรีนโอ๊ค จำนวน 60 ต้น การศึกษานี้พบว่า แปลงผักทั้งสองแปลงถูกออกแบบให้มีปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืชครบถ้วน 4 องค์ประกอบ ได้แก่ อากาศ น้ำ ธาตุอาหาร และที่ค้ำจุนลำต้น นอกจากนี้ แปลงผักทั้งสองยังถูกออกแบบให้เป็นการปลูกพืชในน้ำแบบน้ำไหล ซึ่งมีปั๊มน้ำเพื่อให้เกิดการไหลเวียนของน้ำ และยังถูกออกแบบให้มีความสวยงามเพื่อเป็นพื้นที่สีเขียวสำหรับนั่งพักผ่อนหย่อนใจได้อีกด้วย ผลที่ได้จากการปลูกผักพบว่า แปลงที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์และส่องไฟสว่างตอนกลางคืนใช้เวลาในการปลูกและพลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าแปลงที่ไม่ใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: พลังงานทดแทน โซลาร์เซลล์ การปลูกผักในพื้นที่จำกัด การปลูกผักไร้สารพิษ

ABSTRACT

The study aimed to investigate the use of renewable energy technology and design a space suitable for growing toxic-free vegetables in a confined space. It is also intended to examine the results of oak lettuce between the hydroponic system powered with & without the use of solar cells. The population and sample was the 60 green oak lettuce plants. It has been found that both of the systems in the study were designed to provide all of the 4 necessities for growing vegetables: air, water, nutrients and the stem supports. Moreover, both systems were designed to grow vegetables using a water circulation with a water pump inside to generate a water circulation. Additionally, both of the systems were beautifully designed to be a green area for resting and pleasure. The results of the produce showed that the first system with solar cell and night light took less time and energy than the second system with statistically significant difference.

Keyword: *Renewable Energy, Solar Cells, Vegetable Growing in a Confined Space, Toxic-free Gardening*

บทนำ

การปลูกผักทานเองที่บ้านเป็นการปฏิบัติที่สอดคล้องกับชีวิตวิถีใหม่ (new normal) ในช่วงยุคการแพร่ระบาดของโควิด-19 (COVID 19) ที่สนับสนุนให้คนไทยอยู่บ้าน ลดการสัมผัสและการเจอหน้า ซึ่งจะทำให้โรคโควิด-19 ลดการแพร่กระจายลงได้ แม้ว่าในอนาคตโรคโควิด-19 จะยุติลงหรือหมดไป แต่การปลูกผักทานเองยังเป็นเรื่องที่จำเป็นด้วยเหตุผล 5 ประการ ได้แก่ 1) รสชาติดี การกินผักสดจะได้สัมผัสน้ำที่ชุ่มฉ่ำในเนื้อเยื่อของผัก 2) อุดมด้วยสารอาหาร ผักที่เก็บมาไม่นานจะมีแร่ธาตุและวิตามินที่ครบถ้วนกว่า 3) ปลอดภัย ไม่มีสารเคมี และแบคทีเรีย เพราะเป็นผู้ปลูกเอง ทานเอง จึงมั่นใจได้ว่าปลอดภัย 4) เป็นกิจกรรมที่ทำให้ผู้ปลูกได้ออกแรงและสัมผัสแสงแดด และ 5) สร้างความมั่นคงด้านอาหารที่สร้างเองได้ และประหยัดค่าใช้จ่าย (รัตนศิริ กิตติก้องนภางค์, 2563) แต่การปลูกผักทานเองอย่างไรให้ดีหรือเกิดคุณค่าทั้งต่อตนเองและสังคมมากที่สุด เป็นสิ่งที่น่าคิดและควรศึกษาเป็นอย่างยิ่ง

ด้วยเหตุผล 5 ประการและวิกฤติพลังงานทำให้การพัฒนาเทคโนโลยีการปลูกผักปลอดสารพิษโดยใช้พลังงานทดแทนเป็นสิ่งสำคัญ งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การใช้พลังงานทดแทนจากแผงโซลาร์เซลล์ช่วยเพิ่มรายได้จากผลผลิตการเกษตร จากการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเกษตร (Ali, Dash & Pradhan, 2012; Hassanien, Li & Lin, 2016) ยิ่งใช้ระบบจ่ายน้ำฟัซซี (fuzzy) ทำให้ลดต้นทุนได้อีก (Singh, Jha, & Nandwana, 2012) บทความวิจัยนี้ นอกจากนี้นำแผงโซลาร์เซลล์และระบบฟัซซีมาใช้ในแปลงผักฯ แล้ว ผู้วิจัยยังออกแบบแปลงผักฯ ให้สามารถอยู่บนพื้นที่จำกัด ซึ่งผู้บริโภคสามารถปลูกทานเองได้ด้วยตนเองที่บ้านพักอาศัย ผู้วิจัยยังได้นำแนวทางดังกล่าวไปทดลองปลูกจริงในแปลงผักปลอดสารพิษ 2 แปลง ได้แก่ 1) แปลงผักที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์กับปั้มน้ำและหลอดไฟที่ส่องตอนกลางคืน และ 2) แปลงผักที่ไม่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ โดยปั้มน้ำใช้ไฟบ้านและไม่ใช้หลอดไฟส่องตอนกลางคืน โดยพิจารณาทั้งพลังงานและต้นทุนที่ใช้ในแปลงผักกับผลผลิตการเกษตร เพื่อประสิทธิภาพของทั้งสองแปลง งานวิจัยนี้จะนำเสนอผลการวิเคราะห์ดังกล่าวเพื่อเป็นแนวทางการปลูกผักปลอดสารพิษโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์บนพื้นที่จำกัดต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

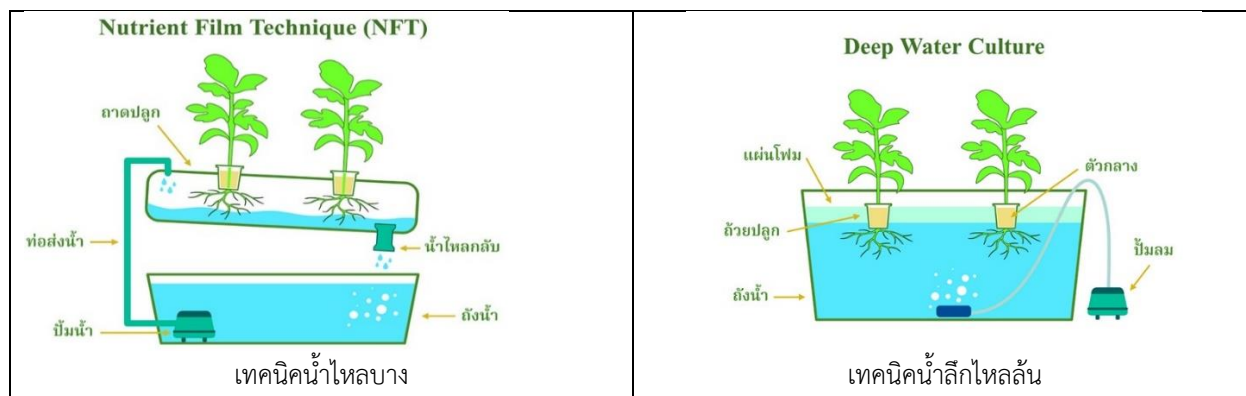
1. เพื่อศึกษาการออกแบบพื้นที่สำหรับปลูกผักไร้สารพิษให้เหมาะสมกับพื้นที่จำกัด
2. เพื่อศึกษาผลที่ได้จากแปลงที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์และส่องไฟสว่างตอนกลางคืนกับแปลงที่ไม่ใช้แผงโซลาร์เซลล์

การทบทวนวรรณกรรม

1. ระบบการปลูกผักไร้สารพิษ: การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน วิธีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบ่งเป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่ 1) การปลูกในวัสดุปลูก (substrate culture) เช่น ทราย กรวด ขี้เลื่อย ขุยมะพร้าว รื้อคูลล์ ฯลฯ 2) การปลูกในอากาศ (aeroponics) เป็นระบบที่ทำให้รากพืชอิมมersionอย่างต่อเนื่องด้วยการพ่นสารละลายที่มีธาตุอาหารพืชเป็นระยะคล้าย ๆ แปลงพ่นหมอก (ถิระวรรณ สืบชนะวงษ์ และ กรวิทย์ กระจำพันธ์, 2561) และ 3) การปลูกในน้ำ (water culture) หรือไฮโดรโปนิคส์ (hydroponics) หมายถึง ลักษณะของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินที่รากพืชจะต้องสัมผัสหรือแช่อยู่ในน้ำสารละลายธาตุอาหาร (nutrient solution) โดยตรงและตลอดเวลา พืชเจริญเติบโตเร็วมีระยะเวลาเก็บเกี่ยว 45 วัน (สภาเกษตรกรแห่งชาติ, 2561) นำกลายเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมที่สุดในบรรดาวัตถุดิบที่ใช้แทนดิน องค์ประกอบที่จำเป็นต่อการปลูกพืชสามารถอยู่ในน้ำได้ (ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, [ม.ป.ป.])

เทคนิคการปลูกพืชในน้ำมีอยู่หลายเทคนิค ได้แก่

ก) เทคนิคน้ำไหลบาง (Nutrient Film Technique: NFT) เป็นเทคนิคการปลูกพืชในน้ำ โดยปล่อยสารละลายธาตุอาหารเป็นแผ่นบาง หนาเพียง 2 - 3 มม. ไหลผ่านรากพืชที่ปลูกอยู่บนรางพลาสติก พืชที่ปลูกได้ดีและนิยมปลูก ได้แก่ ผักกินใบ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2558)



ภาพ 1 เทคนิคการปลูกพืชในน้ำ
ที่มา: สภาเกษตรกรแห่งชาติ (2561)

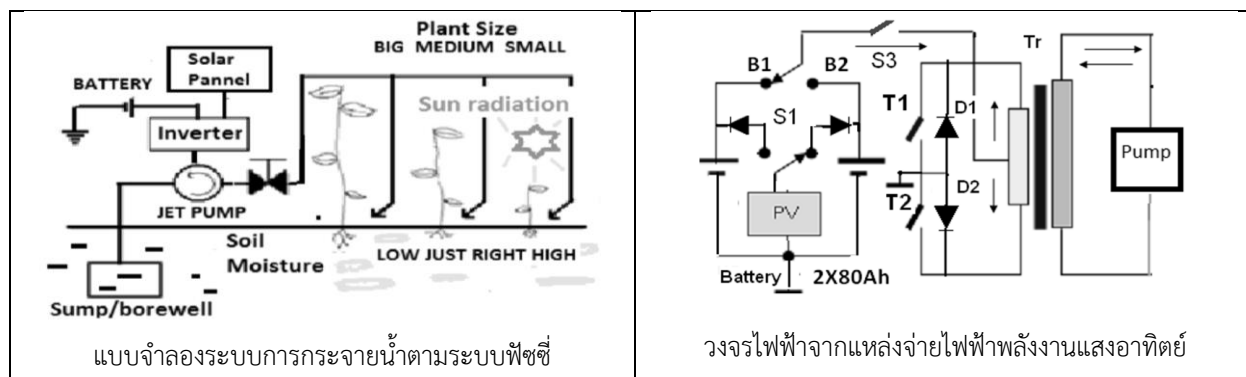
ข) เทคนิคการปลูกพืชในน้ำลึกไหลวน (Deep Flow Technique: DFT) เป็นการปลูกพืชลงในภาชนะที่มีความลึก 5 - 10 ซม. เช่น กะบะ ราง หรือรูปทรงอื่น ๆ โดยที่ด้านหนึ่งจะมีท่อน้ำไหลเข้าและที่ปลายอีกด้านหนึ่งมีท่อสำหรับน้ำไหลออก (ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, [ม.ป.ป.]) เทคนิคนี้สามารถปลูกได้ดีในพืชที่แตกจืด ผักที่ปลูกได้ดี ได้แก่ ผักไทย เช่น คะน้า ผักบุ้ง ผักโขม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2558)

ค) เทคนิคการปลูกพืชในน้ำลึก (Dynamic Root Floating Technique: DRFT) โดยให้สารละลายธาตุอาหารและอากาศไหลวนผ่านรากผักในระดับลึกอย่างต่อเนื่อง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2558)

ง) เทคนิคการปลูกพืชในน้ำนิ่งแบบต้องเติมอากาศ (Deep Water Technique: DWT) เป็นการปลูกพืชในภาชนะที่บรรจุน้ำที่มีความลึกตั้งแต่ 15 ซม. ขึ้นไปสำหรับผักกินใบ ขึ้นอยู่กับขนาดของต้นพืชและรากที่ปลูก รากพืชต้องแช่ตลอดเวลาอยู่ในน้ำสารละลายที่ไม่มีการหมุนเวียน วิธีการปลูกแบบนี้จึงต้องมีการเติมอากาศให้กับน้ำตลอดเวลาโดยใช้ปั๊มลม (ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, [ม.ป.ป.])

2. การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการเกษตรกรรม การใช้พลังงานทดแทนในการเกษตร เช่น แสงอาทิตย์ ลม และน้ำ เป็นต้น แสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่เหมาะสมที่สุด เพราะใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ สะอาด ปราศจากมลพิษ และมีศักยภาพสูง (Ali, Dash & Pradhan, 2012) ระบบที่นำพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ในการเกษตรกันอย่างแพร่หลาย คือระบบการจ่ายน้ำพืช (fuzzy) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะนำมาใช้ในการออกแบบแปลงผักทั้งสองแปลง ระบบพืชที่มีอุปกรณ์ในการทำงานหลัก 3 ส่วน ประกอบด้วย 1) แผงโซลาร์เซลล์ 2) อุปกรณ์เสริมมอเตอร์ไฟฟ้า และ 3) ปั๊มและระบบจำหน่ายรวมถึงท่อและที่เก็บ องค์ประกอบทั้งหมดเหล่านี้จะต้องได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสมเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดของระบบทั้งหมด การเก็บพลังงานไฟฟ้าด้วยแบตเตอรี่เป็นสิ่งสำคัญในการใช้งานเครื่องสูบน้ำ แม้ในเวลาเย็นที่ไม่มีแสงอาทิตย์แล้ว และตอนกลางวันในบางวันที่มีความผันผวนของรังสีดวงอาทิตย์ที่มีเมฆมากและน้อยต่างกัน ไดอะแกรมของระบบการจ่ายน้ำ ประกอบด้วย 1) แผงผลิตกระแสไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์

(Photovoltaics Module: PV) 2) อินเวอร์เตอร์กริด (grid inverter) 3) ปั๊มได้น้ำและชุดควบคุมการจ่ายน้ำ (ภาพ 2 ซ้าย) พลังงานที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่ที่ได้รับแสงโซล่าเซลล์สามารถป้อนไปยังปั๊มจุ่มน้ำผ่านปั๊มที่ดำเนินการด้วย DC หรือตัวแปลงเป็น AC เพื่อใช้งานปั๊ม AC ควรใช้ปั๊ม AC เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น (ภาพ 2 ขวา) เทคโนโลยี SPWM ที่ใช้ในระบบพร้อมการควบคุมอัจฉริยะส่งผลให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการพร้อมค่าที่เหมาะสม (Singh, Jha, & Nandwana, 2012)



ภาพ 2 ระบบการจ่ายน้ำฟัซซี่ (fuzzy) โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

ที่มา : Singh, Jha, & Nandwana (2012)

แนวทางการใช้เทคโนโลยีและระบบการปลูกผักไร้สารพิษที่ใช้พลังงานทดแทน

แนวทางการปลูกผักปลอดสารพิษโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งใช้แผงโซล่าเซลล์เป็นวิธีการที่เหมาะสมกับพื้นที่จำกัด ผู้ปลูกสามารถนำพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นไปใช้ตามความต้องการ เช่น ระบบสูบน้ำ ระบบน้ำหยด หรือเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ เป็นต้น รวมทั้งเป็นแหล่งกำเนิดแสงเทียมที่ให้กับพืชเพิ่มเติมจากแสงอาทิตย์ได้อีกด้วย พลังงานไฟฟ้าด้วยระบบการจ่ายน้ำฟัซซี่สามารถช่วยให้การปลูกผักโดยไม่ใช้ดินดำเนินไปได้ครบตามองค์ประกอบ 4 ปัจจัย ได้แก่ อากาศ น้ำ ธาตุอาหาร และที่ค้าจุลินทรีย์ ระบบนี้มีอุปกรณ์ในการทำงานหลัก 3 ส่วน ประกอบด้วย 1) แผงโซล่าเซลล์ 2) อุปกรณ์เสริมมอเตอร์ไฟฟ้า และ 3) ปั๊มและระบบจำหน่ายท่อ และที่เก็บพลังงานไฟฟ้าด้วยแบตเตอรี่ ผู้ปลูกสามารถเชื่อมต่อบริเวณ โดยเลือกเทคนิคการปลูกผักในน้ำเทคนิคใดเทคนิคหนึ่ง ดังนี้ 1) น้ำไหลบาง 2) น้ำลึกไหลสั้น 3) น้ำลึก และ 4) น้ำนิ่งแบบต้องเติมอากาศ ผู้ปลูกสามารถเลือกและทดลองใช้เทคนิคการปลูกผักในน้ำเหล่านี้ให้สอดคล้องกับชนิดของผักที่ปลูก

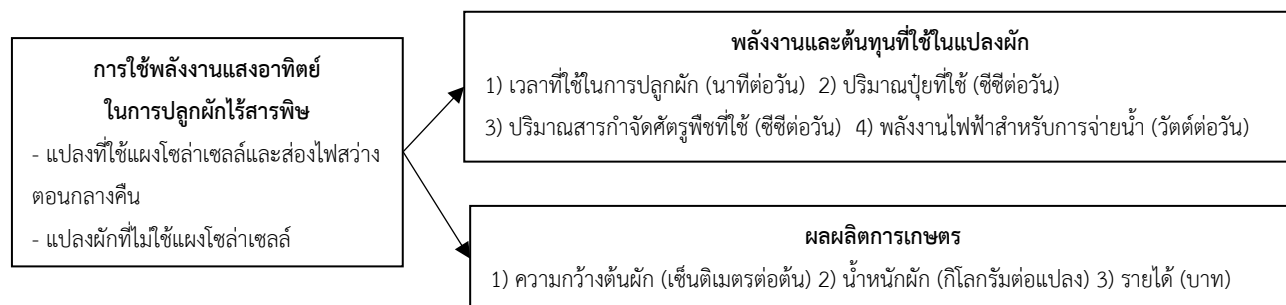
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและกรอบความคิดการวิจัย

การใช้พลังงานทดแทนสามารถเพิ่มแหล่งพลังงานที่ใช้ในการเกษตร และช่วยเพิ่มรายได้จากผลผลิต (Ali, Dash & Pradhan, 2012) พลังงานทดแทนที่ใช้ปลูกผักส่วนใหญ่สร้างขึ้นจากแผงโซล่าเซลล์และตัวสะสมพลังงานแสงอาทิตย์ (Hassanien, Li & Lin, 2016) การใช้แผงโซล่าเซลล์แทนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยังสามารถลดต้นทุนในการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ (Chel & Kaushik, 2011) ซึ่งในกรณีนี้จะเป็นประโยชน์มากสำหรับในพื้นที่สีเขียวที่คำนึงถึงมลพิษที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานเชื้อเพลิงที่เป็นน้ำมัน นอกจากนี้ พลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ยังสามารถแปลงเป็นแสงสว่างหรือแสงเทียม (artificial light) เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของพืชได้อีกด้วย งานวิจัยของ Etae, et al. (2020) พบว่า พืชกินใบอย่างเช่น ผักกาดฮ่องเต้สามารถใช้แสงเทียมโดยใช้หลอด LED มาใช้ในแปลงผักจะช่วยการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ของผักได้

ส่วนระบบที่ใช้ในแปลงผัก พบว่า การปลูกผักกาดฮ่องเต้ในน้ำแบบให้สารละลายธาตุอาหารพืชในระดับน้ำลึก ผักจะให้ผลผลิตสูงที่สุดเมื่อเทียบกับแบบอื่น (ดนิตา พัฒนวนิชชากร, 2551) ซึ่งหากใช้ตัวควบคุมเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้

ฟัซซี (fuzzy) จะสามารถประหยัดน้ำและต้นทุนการผลิตพลังงานได้ถึงร้อยละ 50 - 60 (Singh, Jha, & Nandwana, 2012)

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงนำเทคโนโลยีแผงโซลาร์เซลล์และระบบจ่ายน้ำฟัซซีมาใช้ในการแปลงผักกรีนโอ๊ค เพื่อแสดงประสิทธิภาพของการใช้พลังงานทดแทนที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ จึงเปรียบเทียบระหว่างแปลงผักที่ใช้และไม่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ และวัดพลังงาน ต้นทุน และผลผลิตการเกษตรที่เกิดขึ้นจากแปลงผักทั้ง 2 แปลงดังกล่าว



ภาพ 3 กรอบแนวคิดในการวิจัย

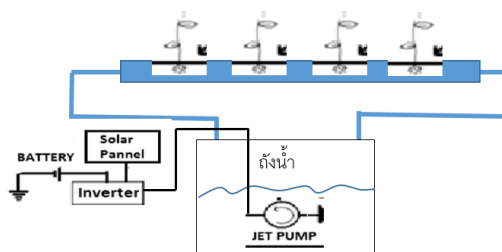
ระเบียบวิธีวิจัย

หน่วยการวิเคราะห์ของการวิจัยครั้งนี้ คือแปลงผักไร้สารพิษในพื้นที่จำกัดบนระเบียบอาคารพาณิชย์ 2 หลังที่ตั้งอยู่ ต.ศรีราชา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี ประชากร คือ ต้นผักกรีนโอ๊ค แปลงละจำนวน 30 ต้น รวมเป็น 60 ต้น สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไป โดยเก็บค่าต่าง ๆ ณ เวลา 8:00 น. ของทุกวันเป็นเวลา 45 วัน ในช่วงฤดูฝน (1 กรกฎาคม - 14 สิงหาคม พ.ศ.2563) แปลงผักทั้งสองมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมใกล้เคียงกับโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดิน เช่น กรีนโอ๊ค ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 30.45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 85.54 % (ธนาคาร น้ำหอมจันทร์ และ อติกร เสรีพัฒนานนท์, 2557) แต่แปลงผักทั้งสองมีสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแปลงผักที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์และส่องไฟสว่างตอนกลางคืนมีอุณหภูมิ ปริมาณแสงแดด และความเร็วลมสูงกว่าแปลงผักที่ไม่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ และแปลงผักที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์และส่องไฟสว่างตอนกลางคืนมีความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำกว่าแปลงผักที่ไม่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ (ตาราง 1) ผู้วิจัยจะนำค่าสภาพภูมิอากาศเป็นตัวแปรร่วม (covariate variable) ในการวิเคราะห์การแปรปรวนร่วม (MANCOVA) ต่อไป

ตาราง 1 การเปรียบเทียบสภาพภูมิอากาศบริเวณแปลงผัก

สภาพภูมิอากาศ	แปลงที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์		แปลงที่ไม่ใช้แผงโซลาร์เซลล์		t (P-value)
	X	S.D.	X	S.D.	
อุณหภูมิ (°C)	31.367	0.483	30.346	0.627	8.646 (0.000)
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	84.733	7.715	89.422	5.168	-3.387 (0.001)
ปริมาณแสงแดด (Lux)	36,642	321	30,819	2,615	14.825 (0.000)
ความเร็วลม (Knot)	31.304	2.103	27.293	0.341	12.629 (0.000)

ระบบของแปลงผักทั้งสองแปลงแสดงดังภาพ 4 โดยที่แปลงแรกใช้แผงโซลาร์เซลล์เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้า แต่แปลงที่สองใช้พลังงานไฟฟ้าจากบ้าน

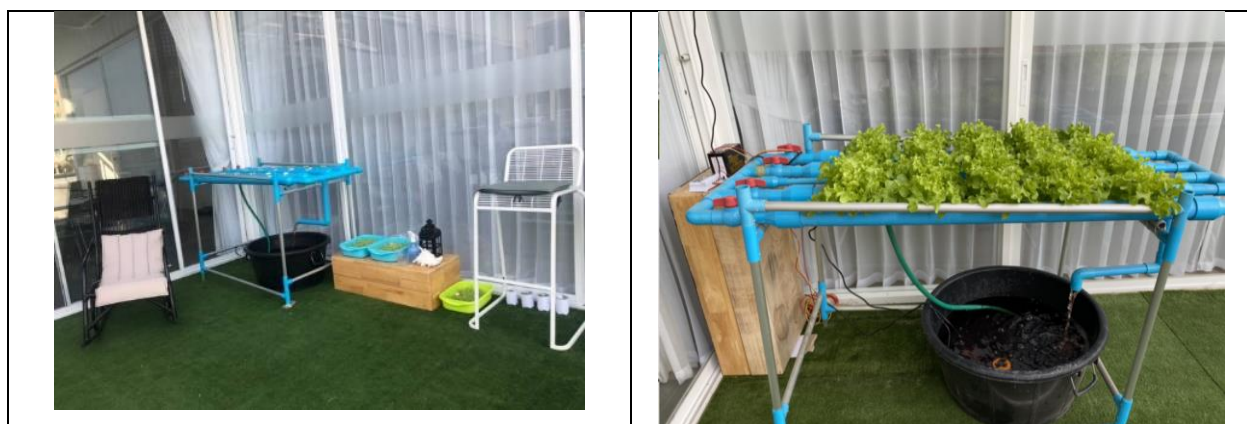


ภาพ 4 การนำระบบฟิชซีมาใช้ในการปลูกผักแบบน้ำไหลในแปลงผักไร้สารพิษ

เครื่องมือการวิจัยที่ใช้วัดค่าตัวแปรตามตามกรอบแนวคิด ประกอบด้วย นาฬิกา ตาชั่ง เครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้า ตลับเมตร และการนับ การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์เนื้อหาแผนภาพและการบรรยายความ และเปรียบเทียบค่าของตัวแปรตามระหว่างแปลงผักไร้สารพิษ 2 แปลง โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (MANCOVA)

ผลการวิจัย

1. การออกแบบพื้นที่สำหรับปลูกผักไร้สารพิษให้เหมาะสมกับพื้นที่จำกัด ผู้วิจัยเลือกปลูกผักกรีนโอ๊คเนื่องจากเป็นผักที่ปลูกง่าย แปลงผักแปลงที่ 1 และ 2 ถูกออกแบบให้สามารถตั้งอยู่บนพื้นที่จำกัด คือ บ้านพักอาศัยซึ่งเป็นทาวน์เฮ้าส์ และอาคารพาณิชย์ ทั้งสองแปลงถูกออกแบบให้มีปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืชครบถ้วน 4 องค์ประกอบ โดยใช้ท่อพลาสติกให้เป็นรางน้ำอยู่ด้านบน และมีถังพักน้ำ (สีดำ) ซึ่งมีปั๊มน้ำอยู่ด้านในเพื่อให้เกิดการไหลเวียนของน้ำตามระบบฟิชซี (ดังภาพ 4) กล่าวได้ว่าแปลงผักทั้งสองแปลงถูกออกแบบให้มีลักษณะเดียวกันแต่แตกต่างกันเพียงแปลงที่ 1 ได้เชื่อมต่อแผงโซลาร์เซลล์ซึ่งติดตั้งไว้บนหลังคาอาคารพาณิชย์และใช้หลอดไฟ LED ส่องในเวลากลางวันในวันที่ 15 - 45 ส่วนแปลงที่ 2 ปั๊มน้ำใช้พลังงานไฟฟ้าจากอาคารตามปกติ นอกจากนี้ แปลงผักทั้งสองยังถูกออกแบบให้มีความสวยงามเพื่อเป็นพื้นที่สีเขียวสำหรับนั่งพักผ่อนหย่อนใจได้อีกด้วย (ดังภาพ 5)



ภาพ 5 แปลงผักกรีนโอ๊คไร้สารพิษบนอาคารพาณิชย์และการเชื่อมต่อการจ่ายน้ำด้วยระบบฟิชซี

ภาพซ้ายไม่ใช่แผงโซลาร์เซลล์ ภาพขวาใช้แผงโซลาร์เซลล์และส่องไฟสว่างตอนกลางวัน

2. ผลที่ได้จากการปลูกผักไร้สารพิษทั้งสองแปลง

2.1 การเปรียบเทียบปัจจัยการผลิตในด้านพลังงานและต้นทุนที่ใช้ในแปลงผัก พบว่า แปลงผักทั้งสองแปลงใช้เวลาในการปลูกโดยเฉลี่ย 25.200 นาฬิกา/วัน โดยแปลงผักที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์และส่องไฟสว่างตอนกลางคืนใช้เวลาจัดการเชื้อราบนต้นผักน้อยกว่าแปลงผักที่ไม่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ โดยเฉลี่ยเท่ากับ 5.778 นาฬิกา/วัน แปลงผักทั้งสองใช้ปุ๋ยและสารกำจัดศัตรูพืชโดยเฉลี่ยเท่ากับ 389.267 และ 15.933 ซีซี/วัน ตามลำดับ โดยแปลงผักที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ดูดซึมน้ำน้อยกว่าแปลงผักที่ไม่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ โดยเฉลี่ยเท่ากับ 24.267 ซีซี/วัน ผู้วิจัยคอยเติมปุ๋ยในอัตราส่วนน้ำ 1 ลิตรกับปุ๋ยสูตร A และ B สูตรละ 5 มิลลิกรัม แปลงผักที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์มีเชื้อราและใช้สารกำจัดศัตรูพืชน้อยกว่าแปลงผักที่ไม่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ โดยเฉลี่ยเท่ากับ 3.555 ซีซี/วัน นอกจากนี้ แปลงผักที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเลย เพียงลงทุนซื้อแผงโซลาร์เซลล์ราคา 1,728 บาทในครั้งแรก ในขณะที่แปลงผักที่ไม่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ย 248.222 วัตต์/วัน (ดังตารางที่ 2) หรือการปลูกทั้ง 45 วันใช้พลังงานไฟฟ้าไปทั้งสิ้น 11.17 กิโลวัตต์/แปลง หรือคิดเป็นค่าไฟฟ้าโดยประมาณเท่ากับ 50.27 บาท/แปลง (คำนวณค่าไฟฟ้าจากกิโลวัตต์ละ 4.5 บาท) ระยะเวลาต้นทุนเท่ากับ 35 แปลงจึงคุ้มค่างบราคาแผงโซลาร์เซลล์ที่ลงทุนไปในครั้งแรก

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังงานและต้นทุนที่ใช้ในแปลงผัก

พลังงานและต้นทุนที่ใช้	แปลงใช้แผงโซลาร์เซลล์		แปลงไม่ใช้แผงโซลาร์เซลล์		รวม	
	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.
เวลาที่ใช้ (นาฬิกาต่อวัน)	22.311	1.550	28.089	2.695	25.200	3.636
ปริมาณปุ๋ย (ซีซีต่อวัน)	401.400	143.287	377.133	137.278	389.267	140.056
ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืช (ซีซีต่อวัน)	14.156	5.576	17.711	6.133	15.933	6.096
พลังงานไฟฟ้า (วัตต์ต่อวัน)	0.000	0.000	248.222	26.970	124.111	126.239

Bartlett's Test = 1,188.997, P = 0.000

เมื่อทดสอบความแตกต่างของพลังงานและต้นทุนที่ใช้ในแปลงผักหลังจากขจัดความแปรปรวนร่วมของตัวแปรสภาพภูมิอากาศทั่วไป โดย MANCOVA พบว่า เวลาที่ใช้และพลังงานไฟฟ้าของแปลงผักทั้งสองแปลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 31.366, 517.892; P < 0.05$) แต่ปริมาณปุ๋ยและสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ของแปลงทั้งสองแปลงกลับแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 0.089, 0.657; P > 0.05$) กล่าวโดยสรุป แปลงผักที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์เพื่อปั้มน้ำและใช้หลอดไฟในตอนกลางคืนในวันที่ 15 - 45 สามารถลดเวลาที่ใช้ในแปลงผักและพลังงานไฟฟ้าเมื่อเทียบกับแปลงผักที่ไม่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ โดยปั้มน้ำใช้ไฟปกติ ส่วนปริมาณปุ๋ยและสารกำจัดศัตรูพืชของทั้งสองแปลงจะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แปลงผักที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์และไฟส่องสว่างตอนกลางคืนมีการดูดซึมน้ำและมีค่าเฉลี่ยปริมาณปุ๋ยสูงกว่าแปลงที่ไม่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ และแปลงผักที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์มีเชื้อราและมีปริมาณการใช้สารกำจัดศัตรูพืชน้อยกว่าแปลงที่ไม่ใช้แผงโซลาร์เซลล์

2.2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์การผลิต พบว่า ต้นผักกรีนโด้จากแปลงที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์และไฟส่องสว่างตอนกลางคืนส่วนใหญ่มีการเจริญเติบโตทั้งความกว้างและความสูงของลำต้นที่มากกว่าต้นผักกรีนโด้จากแปลงที่ไม่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ โดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสังเกตเห็นได้ตั้งแต่การปลูกวันที่ 7 เป็นต้นไป ความแตกต่างดังกล่าวยังสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนและสามารถวัดค่าได้ด้วยตลับเมตรภายหลังการปลูกในวันที่ 20 และเมื่อการปลูกผักผ่านไป 45 วัน (ก่อนเก็บเกี่ยว) พบว่า ผักจากแปลงที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์และไฟส่องสว่างตอนกลางคืนมีความสูงและปริมาณใบที่มากกว่าผักจากแปลงที่ไม่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ (ดังภาพ 6)

วันที่ 20		วันที่ 45	
			
ใช้โซล่าเซลล์	ไม่ใช้โซล่าเซลล์	ใช้โซล่าเซลล์	ไม่ใช้โซล่าเซลล์

ภาพ 6 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คจากแปลงที่ใช้และไม่ใช้แผงโซล่าเซลล์

รายได้จากผลผลิตการเกษตร พบว่า ภายหลังจากปลูกผักไร้สารพิษ 2 แปลง ๆ ละ 30 ต้นเป็นเวลา 45 วัน แปลงผักที่ใช้แผงโซล่าเซลล์ให้ปริมาณผักที่มีน้ำหนักรวม 3.2 กิโลกรัม สร้างรายได้ 448 บาท ส่วนแปลงผักที่ไม่ใช้แผงโซล่าเซลล์ให้ปริมาณผักที่มีน้ำหนักรวม 2.7 กิโลกรัม สร้างรายได้ 378 บาท ราคาผักกรีนโอ๊ค ณ วันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2563 ราคา 140 บาทต่อกิโลกรัม (ตลาดไท, 2563)

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การใช้แผงโซล่าเซลล์และไฟส่องสว่างตอนกลางคืนในระบบการจ่ายน้ำแบบพีซีเป็นเทคโนโลยีปลูกผักที่มีประสิทธิภาพ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ด้วยแผงโซล่าเซลล์เป็นพลังงานที่สะอาดและมีศักยภาพสูงที่สุด (Ali, Dash & Pradhan, 2012) และระบบการจ่ายน้ำแบบพีซีเป็นแหล่งพลังงานในการหมุนเวียนน้ำในการปลูกพืชให้มีปัจจัยในการเจริญเติบโตครบถ้วน ทั้ง 1) แผงโซล่าเซลล์ 2) อุปกรณ์เสริมมอเตอร์ไฟฟ้า และ 3) ปัมและระบบจำหน่าย ท่อ และที่เก็บพลังงานไฟฟ้าด้วยแบตเตอรี่ (Singh, Jha, & Nandwana, 2012) นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพของการใช้ระบบดังกล่าว ผลจากการวิจัยนี้พบว่า รายได้ของแปลงผักที่ใช้แผงโซล่าเซลล์สร้างรายได้ที่สูงกว่าแปลงผักที่ไม่ใช้แผงโซล่าเซลล์ แม้ว่ารายได้ต่างกันเพียง 70 บาท แต่รายได้มีสัดส่วนประมาณ 4:5 หรือกล่าวได้ว่า ใช้แผงโซล่าเซลล์สร้างรายได้ได้มากกว่าประมาณ 20% ซึ่งหากปลูกแปลงขนาดใหญ่มากกว่า 30 ต้น ก็จะสามารถสร้างรายได้ที่มากกว่าได้ นอกจากนี้ แปลงผักที่ใช้แผงโซล่าเซลล์ยังมีต้นทุนทั้งในแง่เวลาที่ใช้ในการจัดการกับเชื้อราบนต้นผักและพลังงานไฟฟ้าที่น้อยกว่าอีกด้วย ดังนั้น ผู้ปลูกผักไร้สารพิษจึงควรพิจารณาใช้แผงโซล่าเซลล์และระบบการจ่ายน้ำพีซีในแปลงผัก รวมทั้งไฟส่องสว่างเวลากลางคืน โดยผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะทั้งต่อผู้ปลูกผักและผู้จำหน่ายอุปกรณ์ปลูกผัก ดังนี้

ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ปลูกผัก

1. ควรพิจารณาใช้แผงโซล่าเซลล์และระบบการจ่ายน้ำพีซีในแปลงผัก โดยเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในระบบให้ครบถ้วนตามองค์ประกอบของระบบพีซี 3 ส่วน ได้แก่ 1) แผงโซล่าเซลล์ 2) อุปกรณ์เสริมมอเตอร์ไฟฟ้า และ 3) ปัมและระบบจำหน่าย ท่อ และที่เก็บพลังงานไฟฟ้าด้วยแบตเตอรี่ ไฟส่องสว่างเวลากลางคืน นอกจากนี้ ผู้ปลูกยังต้องคำนึงถึงองค์ประกอบที่ทำให้พืชเติบโตได้ ได้แก่ อากาศ น้ำ ธาตุอาหาร และที่ค้ำจุนลำต้น

2. ผู้ปลูกผักไร้สารพิษที่จะนำแผงโซล่าเซลล์มาใช้ในการแปลงผักของตนเอง ควรคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ครั้งแรก ในกรณีนี้มีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 1,078 บาท ดังนั้น การใช้แผงโซล่าเซลล์ในแปลงผักจึงเหมาะกับผู้ที่ปลูกผักในระยะยาว เพราะการใช้แผงโซล่าเซลล์จะลดค่าใช้จ่ายได้ในระยะยาว และยังสามารถเก็บพลังงานไฟฟ้าไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นภายในบ้านได้

อีกด้วย แต่สำหรับผู้ทดลองปลูกผักไร้สารพิษในระยะแรกอาจจะใช้พลังงานไฟฟ้าเชื่อมต่อกับปั้มน้ำตามปกติก่อนการตัดสินใจใช้แผงโซลาร์เซลล์ได้

ข้อเสนอแนะสำหรับผู้จำหน่ายอุปกรณ์ปลูกผัก

ผู้จำหน่ายอุปกรณ์การปลูกผักควรแนะนำระบบปรับซื้อผักที่เหลือจากการบริโภคของผู้ปลูกด้วย ซึ่งจะทำให้ผู้สนใจปลูกผักไว้บริโภคเองตัดสินใจซื้ออุปกรณ์การปลูกผักได้ง่ายขึ้น เนื่องจากเมื่อครบเวลาปลูกผัก 30 - 45 วันแล้ว ภายหลังการเก็บเกี่ยวผัก ผู้ปลูกสามารถเก็บผักไว้บริโภคเองที่บ้านได้เพียงประมาณ 7 วันเท่านั้น ผักที่เหลือจากการบริโภคจึงเป็นภาระของผู้ปลูกที่จะต้องแจกจ่ายหรือจำหน่ายให้กับผู้อื่นด้วยตนเอง

ข้อจำกัดในการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้เก็บค่าสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณแสงแดด และความเร็วลม ซึ่งถือเป็นตัวแปรกวน (confounding variable) ในงานวิจัยครั้งนี้ เฉพาะเวลา 8:00 น. และเปรียบเทียบค่าต่าง ๆ ที่ได้ ณ ช่วงเวลาเดียวกัน คือ 8.00 น. แต่ในความเป็นจริงภายใน 1 วันสภาพภูมิอากาศมีความแตกต่างกัน เพื่อการควบคุมตัวแปรกวนในแปลงผักทดลองที่สมบูรณ์ ควรศึกษาเปรียบเทียบทั้ง 4 ตัวแปรอย่างน้อยทุก 2 ชั่วโมง

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2558). *การปลูกผักไฮโดรโปนิคส์*. สืบค้นจาก

<http://www.servicelink.doae.go.th/corner%20book/book%2005/Hydroponic.pdf>

ดนิตา พัฒนวิชชากร. (2551). *เปรียบเทียบเทคนิคการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินชนิดต่างๆ ต่อการผลิตผักกาดฮ่องเต้*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ).

ตลาดไท. (2563). *ข้อมูลตลาดผัก*. สืบค้นเมื่อ 15 สิงหาคม 2563, จาก <https://talaadthai.com/product/8-13-01-green-oak?date=2020-10-15>

ธีระวรรณ สืบธนวงษ์ และ กรวิทย์ กระจำพันธ์. (2561). ระบบควบคุมสำหรับการปลูกพืชแบบแอโรโพนิกส์. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 49(พิเศษ), 494-497.

ธนากร น้ำหอมจันทร์ และ อติกร เสรีพัฒนานนท์. (2557). ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดินแบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำแบบอัตโนมัติ โดยใช้ระบบควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 8(1), 98-111.

ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. [ม.ป.ป.]. *การปลูกพืชไม่ใช้ดิน*. สืบค้นจาก <http://eto.ku.ac.th/neweto/e-book/other/soliless%20plants.pdf>

รัตนศิริ กิตติก้อนางค์. (2563). *ปลูกผักกินเอง ปลูกความมั่นคงทางอาหารในรั้ว, Green place*. สืบค้นจาก <https://www.greenpeace.org/thailand/story/12223/food-agriculture-growing-veggie/>

สภาเกษตรกรแห่งชาติ. (2561). *การปลูกผักแบบไฮโดรโปนิคส์*. สืบค้นเมื่อ 20 เมษายน 2564, จาก <https://www.nfc.or.th/content/7487>

- Ali, S. M., Dash, N., & Pradhan, A. (2012). Role of renewable energy on agriculture. *International Journal of Engineering Sciences & Emerging Technologies*, 4(1), 51-57.
- Chel, A., & Kaushik, G. (2011). Renewable energy for sustainable agriculture. *Agronomy for Sustainable Development*, 31(1), 91-118.
- Etae, N., Wamae, Y., Khummueng, W., Utaipan, T., & Ruangrak, E. (2020). Effects of artificial light sources on growth and phytochemicals content in green oak lettuce. *Horticultura Brasileira*, 38(2), 204-210.
- Hassanien, R. H. E., Li, M., & Lin, W. D. (2016). Advanced applications of solar energy in agricultural greenhouses. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 989-1001.
- Singh, S. N., Jha, R., & Nandwana, M. K. (2012, March). Optimal design of solar powered fuzzy control irrigation system for cultivation of green vegetable plants in Rural India. In *2012 1st International Conference on Recent Advances in Information Technology (RAIT)* (pp. 877-882). New York: IEEE.