



การออกแบบและสร้างชุดปลูกผักระบบรากสัมผัสอากาศภายในอาคารด้วยแสงเทียม

Design and Fabrication of the Indoor Aeroponics Cultivation Systems with Artificial Light

สุเมธ ตรีศักดิ์ศรี^{1*}, ธนิสร์ แก้วน้อย²Sumet treesaksri^{1*}, Tanison Kaewnoy²^{1,2}ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520^{1,2}Department of Agricultural Education, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Zip code 10520*Corresponding author: Tel: +66-8-6568-0538, E-mail: sumet.tr@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

การออกแบบและสร้างชุดปลูกผักระบบรากสัมผัสอากาศภายในอาคารด้วยแสงเทียม มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้คนในเขตเมืองสามารถปลูกผักรับประทานในครัวเรือนที่มีพื้นที่จำกัด โดยพัฒนาชุดปลูกให้มีน้ำหนักเบา ราคาถูก มีประสิทธิภาพเพียงพอและสามารถควบคุมการเปิดและปิดอุปกรณ์ได้ด้วยสมาร์ตโฟน โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ คือ 1) ออกแบบและสร้างชุดปลูกผักระบบรากสัมผัสอากาศภายในอาคารด้วยแสงเทียม และ 2) ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของชุดปลูกผักที่สร้างขึ้นกับชุดปลูกผักระบบ DRFT ภายในอาคารด้วยแสงเทียมแบบการค้า โดยวางแผนการทดสอบแบบ T-test ทำการทดสอบโดยเพาะเมล็ดคะน้าใบหยิก(เคล) ในแผ่นฟองน้ำเพาะกล้าเป็นเวลา 7 วัน จากนั้นทำการย้ายไปปลูกในชุดปลูกผักระบบรากสัมผัสอากาศภายในอาคารด้วยแสงเทียม และชุดปลูกผักระบบ DRFT ภายในอาคารด้วยแสงเทียมแบบการค้าเป็นเวลา 42 วัน สังเกตการเจริญเติบโต และบันทึกน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และความยาวรากของคะน้าใบหยิก(เคล) ในขั้นตอนการออกแบบและสร้างชุดปลูกผักพบว่าชุดปลูกผักระบบรากสัมผัสอากาศภายในอาคารด้วยแสงเทียมที่สร้างขึ้นสามารถปลูกผักได้ 9 ต้น มีน้ำหนัก 6 กิโลกรัม สามารถควบคุมการเปิดและปิดอุปกรณ์ได้ด้วยสมาร์ตโฟน และมีต้นทุนการผลิตประมาณ 2,000 บาท สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของชุดปลูกผักที่สร้างขึ้นผลการทดสอบพบว่า คะน้าใบหยิกที่ปลูกในระบบปลูกรากสัมผัสอากาศภายในอาคารด้วยแสงเทียม มีน้ำหนักสด 269.67 ± 5.11 กรัม มีน้ำหนักแห้ง 13.48 ± 0.25 กรัม มีความยาวราก 55.88 ± 2.82 เซนติเมตร ในขณะที่คะน้าใบหยิกที่ปลูกในระบบปลูก DRFT ภายในอาคารด้วยแสงเทียมแบบการค้า มีน้ำหนักสด 276.30 ± 6.15 กรัม มีน้ำหนักแห้ง 13.83 ± 0.16 กรัม มีความยาวราก 38.81 ± 1.15 เซนติเมตร เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test พบว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของคะน้าใบหยิกที่ปลูกในระบบปลูกทั้ง 2 ระบบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ความยาวรากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยคะน้าใบหยิกที่ปลูกในชุดปลูกผักระบบรากสัมผัสอากาศภายในอาคารด้วยแสงเทียมมีรากที่ยาวกว่าคะน้าใบหยิกที่ปลูกในชุดปลูกผักระบบ DRFT ภายในอาคารด้วยแสงเทียมแบบการค้า

คำสำคัญ: ชุดปลูกผักในอาคาร , แอโรโพนิกส์, ชุดปลูกผักในอาคารด้วยแสงเทียม

Abstract

Design and fabrication of the indoor aeroponics cultivation systems with artificial light has an objective to respond to the needs of people who are living in urban areas which are limited space. It has been developed to be lightweight, inexpensive, efficacy enough and control the cultivation systems with a smartphone. The process has consisted of 1) design and fabrication of the indoor aeroponics cultivation systems with artificial light and, 2) the efficacy testing was done by comparing it with the commercial DRFT cultivation systems with artificial light. The efficacy testing was lying out in the T-test and done by sowing the seed of kale for 7 days and then transfers the seedling to both types of cultivation systems for 42 days. The growth of kale was observed and collected to determine the fresh weight, dry weight, and root length of each stem. For the design and fabrication process, the indoor aeroponics cultivation system with artificial light has nine planting channels with six kilograms overall weight,

Received: July 9, 2021

Revised: July 27, 2021

Accepted: December 19, 2021

Available online: February 1, 2022

can be controlled with a smartphone, and fabrication cost is about Baht 2,000. For the efficacy testing, it was found that the kale grown on the indoor aeroponics cultivation systems with artificial light had fresh weight, dry weight, and root length as 269.67 ± 5.11 gram, 13.48 ± 0.25 gram, and 55.88 ± 2.82 centimeter respectively. While, the kale that grown on the commercial DRFT cultivation systems with artificial light had fresh weight, dry weight, and root length as 276.30 ± 6.15 gram, 13.83 ± 0.16 gram, and 38.81 ± 1.15 centimeter respectively. The kale that grown on both cultivation systems has shown no significant difference in fresh weight and dry weight. However, there was a significant difference at a 99% confidence level in root length. The kale that grown on the indoor aeroponics cultivation systems with artificial light had longer roots than the kale that grown on the commercial DRFT cultivation systems with artificial light.

Keywords: Indoor cultivation systems, Aeroponics, Indoor cultivation systems with artificial light

1 บทนำ

ผักเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย สามารถปลูกได้ตลอดปี รูปแบบการผลิตพืชผักในประเทศไทยมีความหลากหลายทั้งในลักษณะพื้นที่การผลิต เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต และเป้าหมายของการผลิต เช่น การผลิตเพื่อบริโภคในครัวเรือน การผลิตเพื่อจำหน่ายในเขตชานเมืองแบบประณีต การผลิตผักหลังฤดู ทำนา และการผลิตผักอินทรีย์ โดยแหล่งผลผลิตพืชผักกระจายอยู่ทุกภูมิภาคของประเทศ (วิสกา, 2559) การปลูกผักโดยปกตินั้นมีการใช้สารเคมีในการปราบศัตรูพืชกันมาก จึงทำให้มีสารที่ปนเปื้อนในผักและส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้บริโภคโดยแทนที่จะได้รับสารอาหารจากผักที่บริโภคกลับกลายเป็นได้รับสารเคมีที่ตกค้างจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชแทน จึงทำให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ ในการผลิตผักที่สะอาดปลอดภัย มีคุณภาพ เหมาะสมต่อการบริโภค การปลูกพืชไร้ดิน (Soilless culture) ก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่แก้ปัญหาดังกล่าวได้โดยเป็นการปลูกพืชลงบนวัสดุอื่นๆ ที่ไม่ใช่ดินหรือปลูกลงบนสารละลายธาตุอาหารพืช (นพดล, 2546) ปัจจุบันการปลูกพืช ไร้ดินมีอยู่มากมายหลายระบบ เนื่องจากการพัฒนากันมาเป็นเวลานาน เพื่อให้เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมของประเทศต่างๆ อย่างไรก็ตามระบบต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมีพื้นฐานมาจากระบบหลักๆ ตามลักษณะการให้สารละลายธาตุอาหารแก่บริเวณรอบๆ รากพืช จำนวน 3 ระบบ ได้แก่ ระบบการปลูกแบบรากสัมผัสอากาศ (Aeroponics) ระบบการปลูกในวัสดุปลูก (Substrate culture) และระบบการปลูกในสารละลายธาตุอาหาร (Hydroponics) (ดิเรก, 2547) ระบบการปลูกแบบรากสัมผัสอากาศ (Aeroponics) เป็นระบบการปลูกที่ประหยัดพื้นที่และสารละลายธาตุอาหารได้ร้อยละ 95-98 นอกจากนี้ยังเพิ่มปริมาณผลผลิตถึงร้อยละ 45-75 (Johnstone et al, 2011) ซึ่งรากพืชที่ปลูกด้วยระบบการปลูกแบบรากสัมผัสอากาศจะไม่ถูกน้ำท่วมขัง (water logging) และไม่ขาดออกซิเจน (อุดมพงษ์, 2552) นอกจากนี้ระบบการปลูกนี้ยังช่วยให้พืชมีการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่บริเวณรากได้ดี อีกทั้งยังช่วยให้พืชมีอัตราการสังเคราะห์แสงที่เพิ่มขึ้นช่วยลดปริมาณการสะสมของไนเตรดในใบพืชซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง (Luo et al, 2009) มากไปกว่านั้น

ระบบการปลูกแบบรากสัมผัสอากาศยังเพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในผักคะน้าใบหยิกสีแดง (Red Kale) (Chandra et al, 2014) ช่วยกระตุ้นการสะสมของวิตามินซีในพืชสมุนไพรของเอเชีย 4 ชนิด คือ โหระพา โหระพาเวียตนาม กระเพรา และงาหม่อน (Bohme and Pinker, 2014) โดยในปัจจุบันคนไทยหันมาดูแลสุขภาพมากขึ้นโดยการหันมารับประทานผักปลอดสารพิษ ซึ่งการปลูกผักแบบรากสัมผัสอากาศเป็นการปลูกผักแบบปลอดสารพิษชนิดหนึ่ง (ธรรมศักดิ์, 2551) อีกทั้งยังลดค่าใช้จ่ายและช่วยลดความเสี่ยงในการบริโภคสารพิษที่ปนเปื้อนมากับพืชผัก ทำให้ได้ผักที่มีคุณภาพเหมาะสมต่อการบริโภค (วิสกา, 2559) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบและสร้างชุดปลูกระบบรากสัมผัสอากาศภายในอาคารด้วยแสงเทียม ที่มีน้ำหนักเบา สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ราคาถูก มีประสิทธิภาพเพียงพอและสามารถควบคุมการเปิดและปิดอุปกรณ์ได้ด้วยสมาร์ตโฟนเพื่อให้ผู้บริโภคสามารถสร้างเองได้ในครัวเรือน

2 อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างชุดปลูกผักแบบรากสัมผัสอากาศภายในอาคารด้วยแสงเทียม เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถสร้างเองได้ในครัวเรือน จึงได้ทำการออกแบบและสร้างชุดปลูกผัก ที่มีน้ำหนักเบา สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ราคาถูกและใช้วัสดุที่หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด โดยดำเนินการออกแบบชุดปลูกดังภาพที่ 1

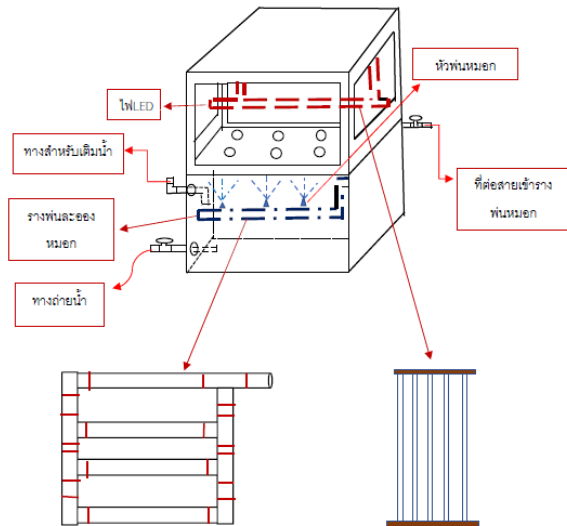


Figure 1 The indoor aeroponics cultivation systems model.

2.1 โครงสร้างชุดปลูก

นำกล่องพลาสติกขนาด 104 ลิตร จำนวน 2 ใบ โดยใบที่ 1 มาทำการตัดเปิดด้านข้างออกทั้งสี่ด้านเพื่อเป็นโครงสร้างสำหรับติดตั้งแสงเทียม และกล่องพลาสติกใบที่ 2 ใช้สำหรับเป็นถังสารละลาย โดยนำมาทำการเจาะรูที่ฝากล่องจำนวน 9 รูเพื่อเป็นหลุมปลูก จากนั้นนำกล่องทั้ง 2 ใบ ยึดติดเข้าด้วยกันด้วยน็อต จะได้โครงสร้างของชุดปลูกดังภาพที่ 2

2.2 ระบบพ่นฝอยสารละลาย

นำท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/2 นิ้ว มาตัดให้ได้ขนาด 70 เซนติเมตร จำนวน 3 ท่อน แต่ละท่อนเจาะรูเพื่อใส่หัวพ่นฝอย ท่อนละ 3 หัว และขนาด 20 เซนติเมตร จำนวน 4 ท่อน แล้วนำทั้งหมด มาประกอบเข้าด้วยกันด้วยข้อต่อ 90 องศาและข้อต่อ 3 ทาง ตามแบบที่ร่างไว้ จากนั้นทำการต่อกับปั้มน้ำไดอะแฟรม (รุ่น 2203-2 ยี่ห้อ EARTH ประเทศจีน) แรงดันไฟ 12 โวลต์ กระแสไฟ 3.0 แอมแปร์ อัตราการไหล 4.0 ลิตรต่อนาที ความดัน 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ดังภาพที่ 3



Figure 2 Indoor aeroponics cultivation systems structure assembled.



Figure 3 Water spray system structure assembled.

2.3 อุปกรณ์ทำระบบแสงเทียม

นำไฟ LED (รุ่น SMD A5630 ยี่ห้อ BOGDAN LED ประเทศไทย) แบบเส้นแข็ง แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ กำลังไฟฟ้า 12.5 วัตต์ ขนาดยาว 50 เซนติเมตร จำนวน 15 เส้น มาทำการต่อแบบขนาน นำไปประกอบกับโครงกล่องด้านบนโดยติดตั้งให้มีความสูง 30 เซนติเมตรจากแผ่นปลูก แล้วทำการวัดแสงให้ได้ความเข้มแสง 250 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที

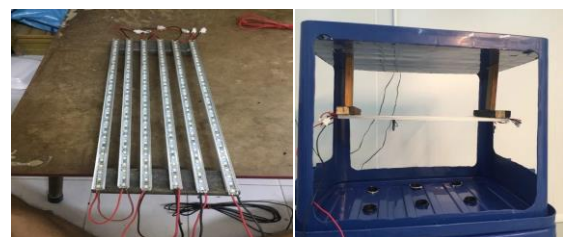


Figure 4 Artificial lighting system structure assembled.

2.4 อุปกรณ์ควบคุมการฉีดพ่นสารละลายและเปิด-ปิดแสงเทียม

ระบบควบคุมการฉีดพ่นสารละลายและเปิด-ปิดแสงเทียม ประกอบไปด้วย อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ Node MCU esp 8266 (รุ่น v3 ยี่ห้อ Lolin ประเทศจีน) บอร์ดขยายขา Node

MCU (รุ่น v1 ยี่ห้อ Lolin ประเทศจีน) รีเลย์แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ 2 ช่อง (รุ่น 2 relay module ยี่ห้อ TONGLING ประเทศจีน) หม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ (รุ่น GM 25 ยี่ห้อ GVE ประเทศจีน) ใช้สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ และหม้อแปลงไฟฟ้า 12 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 20 แอมแปร์ (รุ่น IWC 20 A ยี่ห้อ IWACHI ประเทศจีน) ใช้สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้ปั้มน้ำไดอะแฟรมและไฟ LED จากนั้นทำการประกอบและติดตั้งโปรแกรมควบคุมระบบปลูกด้วยโปรแกรมอาดูโนโอดีอี โดยทำการตั้งค่าการฉีดพ่นสารละลายธาตุอาหาร 1 นาที่ พัก 4 นาทีตลอด 24 ชั่วโมง และควบคุมไฟ LED โดยกำหนดช่วงเวลารับแสงไม่ได้รับแสง คือ 16:8 ชั่วโมงต่อวัน ระบบสามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตเพื่อควบคุมการเปิดและปิดได้ผ่านสมาร์ตโฟน มีบล็อกไดอะแกรมดังภาพที่ 5

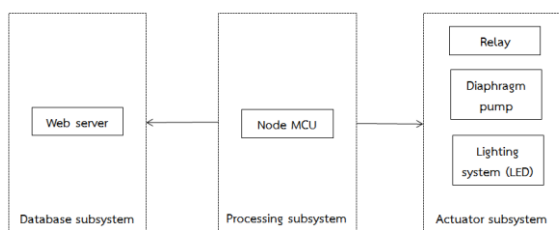


Figure 5 Block diagram.

2.5 การทดสอบประสิทธิภาพของชุดปลูก

การทดสอบประสิทธิภาพของชุดปลูก วางแผนการทดสอบโดยการเปรียบเทียบระบบการปลูก 2 ระบบและวิเคราะห์ผลการทดสอบแบบ T-test ประกอบด้วย กรรมวิธีที่ 1 ชุดปลูกผักระบบรากสัมผัสอากาศภายในอาคารด้วยแสงเทียมที่สร้างขึ้นซึ่งประกอบไปด้วย ไฟ LED (รุ่น SMD A5630 ยี่ห้อ BOGDAN LED ประเทศไทย) ให้ค่าความเข้มแสง 250 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาทีที่ระดับความสูง 30 เซนติเมตรจากแผ่นปลูก และกรรมวิธีที่ 2 ชุดปลูกผักระบบ DRFT ภายในอาคารด้วยแสงเทียมแบบการค้าของบริษัทศูนย์เกษตรกรรมบางไทรจำกัด ซึ่งประกอบไปด้วย ไฟ LED (รุ่น 24818HN1 ยี่ห้อ AGROWLAB ประเทศไทย) ให้ค่าความเข้มแสง 250 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาทีที่ระดับความสูง 45 เซนติเมตรจากแผ่นปลูก โดยทั้ง 2 กรรมวิธีกำหนดช่วงเวลารับแสง:ไม่ได้รับแสง คือ 16:8 ชั่วโมงต่อวัน ทำให้ต้นคะน้าใบหยิกได้รับค่าปริมาณแสงที่ได้รับต่อวัน (Daily light integral:DLI) เท่ากันคือ 14.4 โมลต่อตารางเมตรต่อวัน ดำเนินการทดสอบโดยเพาะเมล็ดคะน้าใบหยิกในฟองน้ำเป็นเวลา 7 วัน ในวันที่ 8 ทำการย้ายต้นกล้ามาปลูกในชุดปลูกผักทั้ง 2 ระบบปลูก เพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพและสังเกตการเจริญเติบโตของคะน้าใบหยิก โดยในระหว่างการทดสอบใช้สารละลายธาตุอาหารสูตรของบริษัท เอซีเค ไฮโดรฟาร์ม จำกัด วัดและปรับค่าการนำไฟฟ้า (EC) ระหว่าง 1.5 -2.0 มิลลิซีเมนตต่อเซนติเมตรและค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลาย

ระหว่าง 5.5-6.5 เป็นประจำทุกวัน ควบคุมอุณหภูมิของห้องปลูกที่ 25 ± 3 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 42 วัน จากนั้นทำการเก็บผักคะน้าใบหยิกมาทำการชั่งน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และวัดความยาวรากแล้วทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test

3 ผลและวิจารณ์

การทดสอบประสิทธิภาพของชุดปลูกผักระบบรากสัมผัสอากาศ ทำการทดสอบโดยเปรียบเทียบชุดปลูกที่สร้างขึ้นกับชุดปลูกระบบ DRFT ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการโรงงานผลิตพืชภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากการสังเกตระบบปลูกเป็นประจำทุกวัน ผลการทดลองพบว่า ปั้มน้ำจะเริ่มทำงานฉีดพ่นสารละลายธาตุอาหาร 1 นาที่ พัก 4 นาทีตลอด 24 ชั่วโมง โดยบันทึกผลการทดสอบ 3 ช่วงเวลา คือ 9.00 12.00 และ 18.00 นาฬิกาและนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยทุกๆ 7 วัน พบว่าปั้มน้ำมีการทำงานตามที่โปรแกรมกำหนด

Table 1 Diapharm pump testing.

Day	pump opened	pump closed
1	1.0133 $\pm$ 0.00882	4.0200 $\pm$ 0.00577
7	1.0167 $\pm$ 0.00333	4.0133 $\pm$ 0.00333
14	1.0167 $\pm$ 0.00333	4.0200 $\pm$ 0.00577
21	1.0167 $\pm$ 0.00333	4.0200 $\pm$ 0.00000
28	1.0133 $\pm$ 0.00333	4.0167 $\pm$ 0.01155
35	1.0133 $\pm$ 0.00333	4.0233 $\pm$ 0.001155
42	1.0200 $\pm$ 0.00577	4.0267 $\pm$ 0.00577

ในด้านลักษณะการเจริญเติบโตทางกายภาพของคะน้าใบหยิกเมื่อผักปลูกบนโต๊ะอนุบาลในวันที่ 7 ของการปลูกใบมีสีเขียวอ่อนๆ ขนาดทรงพุ่มไม่ใหญ่มากนัก รากงอกออกมาจากถ้วยปลูกมีความยาวเพียงเล็กน้อย ในวันที่ 8 ของการปลูก นำผักจากโต๊ะอนุบาลขึ้นปลูกบนระบบปลูกทั้งสองระบบ เมื่ออายุ 7 วัน หลังย้ายปลูก (14 วันนับจากวันเพาะเมล็ด) คะน้าใบหยิกที่ปลูกในระบบรากสัมผัสอากาศจะมีการเจริญเติบโตที่ช้ากว่าในระบบ DRFT เนื่องจากรากของแต่ละต้นยังมีจำนวนน้อย สีสันของใบยังคงสีเขียวอ่อน จากนั้น สีของใบเข้มขึ้นทรงพุ่มใหญ่ขึ้น รากมีจำนวนและความยาวเพิ่มมากขึ้น เมื่อทำการปลูกบนระบบปลูกที่สร้างขึ้นเป็นเวลา 42 วัน (49 วันนับจากวันเพาะเมล็ด) ทรงพุ่มกว้างเต็มที่ สีใบเข้ม จึงทำการเก็บผักคะน้าใบหยิกจากระบบปลูกทั้งสองระบบๆ ละ 9 ต้น มาทำการชั่งน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และวัดความยาวราก ผลการทดลองพบว่า ผักคะน้าใบหยิกที่ปลูกในระบบปลูกรากสัมผัสอากาศ มีน้ำหนักสด 269.67 ± 5.11 กรัม มีน้ำหนักแห้ง 13.48 ± 0.25 กรัม มีความยาวราก 55.88 ± 2.82 เซนติเมตร ในขณะที่ผักคะน้าใบหยิกที่ปลูกในระบบปลูก DRFT มีน้ำหนักสด 276.30 ± 6.15 กรัม มีน้ำหนักแห้ง 13.83 ± 0.16 กรัม

มีความยาวราก 38.81 ± 1.15 เซนติเมตร เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test พบว่า ค่ะน้ำใบหยิกที่ปลูกบนระบบปลูกทั้ง 2 ระบบ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Qiansheng et al.(2018) ที่ทำการทดลองปลูกผักสลัดในระบบการปลูกต่างๆ พบว่า ระบบการปลูกมีผลต่อน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งและความยาวของราก โดยผักสลัดที่ปลูกในระบบปลูกที่ใช้สารละลายธาตุอาหาร (Hydroponic) จะมีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งที่มากกว่าระบบปลูกรากสัมผัสอากาศ (Aeroponics) ในขณะที่งานทดลองของ Chandra et al.(2014) ทำการทดลองเปรียบเทียบการปลูก ค่ะน้ำใบหยิกสีแดงบนระบบรากสัมผัสอากาศกับระบบการปลูกบนดิน พบว่าการปลูกบนระบบรากสัมผัสอากาศให้ผลผลิต น้ำหนักสดที่มากกว่าการปลูกบนดิน ซึ่งแม้ในการทดลองนี้การปลูกในระบบรากสัมผัสอากาศจะให้ผลผลิตน้ำหนักสดที่น้อยกว่าการปลูกในระบบ DRFT แต่เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นชุดปลูกผักที่สร้างขึ้นในการวิจัยนี้จึงมีประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ส่วนในด้านความยาวรากพบว่า ค่ะน้ำใบหยิกที่ปลูกบนระบบปลูกทั้ง 2 ระบบ มีค่าเฉลี่ยความยาวรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดย ค่ะน้ำใบหยิกที่ปลูกในระบบรากสัมผัสอากาศจะมีรากที่ยาวกว่า ค่ะน้ำใบหยิกที่ปลูกในระบบ DRFT ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Anita (2006) ซึ่งได้ทำการทดลองเปรียบเทียบการปลูกพืชสมุนไพร (Medicinal herb) พืชที่มีเหง้า (Rhizome) และ พืชหัว (Root crops) โดยปลูกด้วยระบบปลูกแบบรากสัมผัสและระบบปลูกแบบสารละลายธาตุอาหาร ผลการทดลองพบว่าพืชสมุนไพรที่ปลูกด้วยระบบปลูกแบบรากสัมผัสอากาศมีผลผลิตรากที่ดีกว่าที่ปลูกด้วยระบบปลูกแบบสารละลายธาตุอาหาร และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Qiansheng et al.(2018) ที่ทำการทดลองปลูกผักสลัดในระบบการปลูกต่างๆ พบว่าระบบการปลูกมีผลต่อความยาวของราก โดยผักสลัดที่ปลูกในระบบปลูกแบบรากสัมผัสอากาศจะมีรากที่ยาวกว่าที่ปลูกในระบบปลูกแบบสารละลายธาตุอาหารถึง 3 เท่า นอกจากนี้ยังกล่าวว่า แม้ผักสลัดที่ปลูกระบบปลูกรากสัมผัสอากาศจะมีรากที่ยาวกว่า ก็ไม่ได้ทำให้น้ำหนักผลผลิตดีกว่าระบบปลูกแบบสารละลายธาตุอาหาร แต่เป็นการปลูกพืชสมัยใหม่ที่ใช้ น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพในการสร้างผลผลิตสูงสุด จากที่กล่าวมาข้างต้นพบว่าประสิทธิภาพของระบบปลูกแบบรากสัมผัสอากาศภายในอาคารด้วยแสงเทียมที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ทั้งในด้านน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งและความยาวราก

Table 2 Fresh weight, dry weight, and root length of Kale grown on two cultivation systems.

Treatment	Fresh Weight (g $\pm$ S.E.)	Dry Weight (g $\pm$ S.E.)	Root Length (cm $\pm$ S.E.)
Aeroponics	269.67 $\pm$ 5.11	13.48 $\pm$ 0.25	51.26 $\pm$ 2.38
DFRT	276.30 $\pm$ 6.15	13.83 $\pm$ 0.16	38.81 $\pm$ 1.15
	ns	ns	**
p-value	0.431	0.435	0.01

ns = not significant at $p < 0.05$

** = $p < 0.01$

4 สรุป

ชุดปลูกผักระบบรากสัมผัสอากาศภายในอาคารด้วยแสงเทียมที่สร้างขึ้นออกแบบเพื่อต้องการให้คนเมืองสามารถปลูกผักรับประทานในครัวเรือนที่มีพื้นที่จำกัดเป็นหลัก โดยพัฒนาชุดปลูกผักให้มีน้ำหนักเบา ราคาถูก และมีประสิทธิภาพเพียงพอที่ผู้บริโภคสามารถสร้างเองได้ในครัวเรือน โดยมีต้นทุนการผลิตประมาณ 2,000 บาท สามารถสั่งการเปิดปิดชุดปลูกผักผ่านสมาร์ตโฟน ซึ่งมีความเหมาะสมและสะดวกในการใช้งาน

จากการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของชุดปลูกผักที่สร้างขึ้นกับชุดปลูกผักระบบ DRFT ภายในอาคารด้วยแสงเทียมแบบการค้ำ พบว่าชุดปลูกผักระบบรากสัมผัสอากาศภายในอาคารด้วยแสงเทียมให้ผลผลิตด้านน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งที่น้อยกว่าเล็กน้อยแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับชุดปลูกผักระบบ DRFT ภายในอาคารด้วยแสงเทียมแบบการค้ำ ขณะที่ชุดปลูกผักระบบรากสัมผัสอากาศภายในอาคารด้วยแสงเทียมให้ผลผลิตด้านความยาวรากที่ยาวกว่า และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 กับชุดปลูกผักระบบ DRFT ภายในอาคารด้วยแสงเทียมแบบการค้ำ ดังนั้นชุดปลูกผักระบบรากสัมผัสอากาศภายในอาคารด้วยแสงเทียมที่สร้างขึ้นจึงเป็นการปลูกพืชสมัยใหม่ที่ใช้ น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพในการสร้างผลผลิตสูงสุด



Figure 6 The growth of Kale on two cultivation systems for 42 days (A) Aeroponics (B) DRFT.

5 เอกสารอ้างอิง

ดิเรก ทองอราม. 2547. การปลูกพืชไม่ใช้ดินหลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ธรรมรักษการพิมพ์

ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. 2551. เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, กรุงเทพฯ. : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นพดล เรียบเลิศหิรัญ. 2546. เอกสารประกอบการสอนวิชาการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. ภาควิชา พฤษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิสกา ดวงอ่อนนาม. 2559.ชุดปลูกผักไร้ดิน KUS-58 สำหรับสภาพพื้นที่จำกัดในเขตเมือง.วารสารวิชาการเกษตร 34(2),150-160.

อุดมพงษ์ ดวงประยงค์. 2552. การพัฒนาการปลูกผักกาดหอมโดยไม่ใช้ดินแบบแอโรโพนิกส์. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Anita L.H. 2006. Aeroponic and hydroponic systems for medicinal herb, rhizome, and root crops. Horticulture Science 41(3), 536-538.

Bohme, M., Pinker, I. 2014. Asian leafy vegetables and herbs cultivated in substrate culture and aeroponics in Greenhouse. Acta Horticulturae 1034, 155-162.

Chandra, S., Khan, S., Avula, B., Lata, H., Yang, M.H., Elsohly, M.A., Khan, I.A. 2014. Assessment of total phenolic and flavonoid content, antioxidant properties, and yield of aeroponically and conventionally grown leafy vegetables and fruit crops: a comparative study. Evidence Based Complementary and Alternative Medicine 253875, 1-9.

Johnstone, P.R., Nichols, M.A., Fisher, K.J., Reid, J. 2001. Nutritional studies with processing tomato grown in aeroponic. Acta Horticulturae 542, 143-150.

Li, Q., Li, X., Tang, B., Gu, M. 2018. Growth responses and root characteristics of lettuce grown in aeroponics, hydroponics, and substrate culture. Horticulturae 4(4), 1-9.

Luo H.Y., Lee S.K., He J. 2009. Integrated effects of root-zone temperatures and phosphorus levels on aeroponically-grown lettuce (*lactuca sativa* L.) in the tropics. The Open Horticulture Journal 2, 6-12.