



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

การศึกษาเพื่อตรวจสอบหาความยาวและจำนวนแถวที่เหมาะสมของรางปลูกในการจ่าย น้ำเย็นให้กับการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์

Investigation of the length and the number of gutter optimal for chilled water
circulation in hydroponics planting

ธวัชชัย จารุงศรีวิทยา^{1*}, อภิเดช บุญเจือ¹, นพรัตน์ อมัตติรัตน์¹,

ปรเมศวร์ สุทธิประภา², พลเทพ เวงสูงเนิน² และ ทยาวิรี หนูบุญ²

Tawatchai Jaruwongwittaya^{1*}, Apidach Boonjue¹, Nopparat Amattirat¹,

Paramet Suttiaprapa², Ponthep Vengsungne² and Thayawee Nuboon²

¹⁾ สาขาวิชาวิศวกรรมกรรมการทำความเย็นและการปรับอากาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 744 ถนน สุรนารายณ์ ตำบล ในเมือง อำเภอ เมือง จังหวัด นครราชสีมา 30000

²⁾ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

744 ถนน สุรนารายณ์ ตำบล ในเมือง อำเภอ เมือง จังหวัด นครราชสีมา 30000

Received: November 2015

Accepted: January 2016

บทคัดย่อ

จากปัญหาของสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยและประเทศที่อยู่ในเขตร้อนส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ คณะผู้วิจัยจึงนำระบบทำความเย็นแบบอัดไอมาประยุกต์เพื่อลดอุณหภูมิให้กับสารละลายที่เป็นสารอาหารของผักให้มีอุณหภูมิ 25°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช โดยวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาถึงความยาวของรางปลูกและจำนวนแถวของรางปลูกที่ไม่มีผลกระทบต่ออุณหภูมิของสารละลายในรางปลูกภายใต้อุณหภูมิดังกล่าว และอัตราการไหลระหว่าง 100 ถึง 200 ลิตรต่อชั่วโมง โดยดำเนินการทดลองปรับเปลี่ยนความยาวและจำนวนแถวของรางปลูกดังนี้ รางปลูกยาว 20 เมตร จำนวน 1 แถว, 16 เมตร จำนวน 2 แถว, 12 เมตร จำนวน 3 แถว, 8 เมตร จำนวน 4 แถว และ 6 เมตร จำนวน 6 แถว ผลการวิจัยพบว่าเมื่อรางปลูกมีความยาวเพิ่มขึ้น อุณหภูมิของสารละลายในรางปลูกมีการเปลี่ยนแปลง

เพิ่มขึ้น ภายใต้อัตราการไหลเดียวกัน โดยจำนวนรางที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารละลาย ความยาวและจำนวนของรางปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์ที่เหมาะสมคือรางปลูกพืชที่มีความยาว 6 เมตร จำนวน 6 แถว ในทุก ๆ อัตราการไหล เนื่องจากภายใต้ความยาวนี้สามารถรักษาอุณหภูมิของสารละลายให้คงที่ และเมื่อพิจารณาถึงผลผลิตที่ได้จากการปลูกก็สามารถให้ผลผลิตมากที่สุดคือ 180 ต้น

คำสำคัญ : ไฮโดรโปนิคส์ เครื่องทำความเย็นแบบอัดไอ น้ำเย็น รางปลูก

Abstract

The weather in Thailand and other countries in a tropical environment have influenced the growth of hydroponics planting. This research was used a vapor compression system to cool nutrient solutions at 25°C for the hydroponic plantings. The objective of this research is to study the length and the numbers of gutter planters optimal for chilled water circulation. The length and the number of gutter planters were varying in 20 m (single line), 16 m (double lines), 12 m (3 lines), 8 m (4 lines) and 6 m (6 lines) and the nutrient solutions flow rate were vary from 100 LPH to 200 LPH. The results found that a solution temperature increase when the length of gutter is increased at the same flow rate. The numbers of gutters dose not influence the solution temperature. The length and the numbers of gutter planters optimal for chilled water circulation for this research are 6 m and 6 lines. Due to the solution temperature in this length and numbers of gutter planters is constant and the amount of product is 180 particles of plants.

Keywords: Hydroponics Vapor compression Chilled water Gutter

*ติดต่อ: acr2freezer@hotmail.com, 044-233000, 044-233074

1. บทนำ

ปัจจุบันคนหันมาดูแลสุขภาพมากขึ้น การรับประทานผักถือเป็นอีกวิธีหนึ่งซึ่งคนนิยม เนื่องจากผักมีวิตามินและธาตุอาหารจำนวนมาก และยังรับประทานแล้วไม่อ้วนด้วย โดยเฉพาะผักตระกูลสลัด ดังนั้น ผักตระกูลสลัดจึงเป็นที่นิยมรับประทาน แต่เนื่องจากผักตระกูลสลัดเป็นพืชที่ปลูกในเขตหนาว เช่น ใน ยุโรป อเมริกา และ ออสเตรเลีย อุณหภูมิที่ผักสลัดต้องการอยู่ในช่วง 18-25°C [1] จึงปลูกกันที่ต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ ทำให้มีราคาค่อนข้างแพง อีกทั้งการเพาะปลูกในประเทศไทยมีปัญหาที่เกิดจาก

ความแห้งแล้ง โรคพืชแมลงศัตรูพืชระบาด น้ำท่วม คุณภาพของผลิตผล และที่สำคัญที่สุดคือปัญหาการใช้สารพิษเพื่อกำจัดแมลง ส่งผลทำให้ดินและระบบนิเวศน์ได้รับผลกระทบอย่างมาก รวมทั้งอันตรายที่เกิดจากสารพิษต่อทั้งเกษตรกรผู้ปลูกเอง และประชาชนผู้บริโภค ปัญหาของเกษตรกรที่เกิดขึ้นนี้ยังได้รับการดูแลแก้ไขน้อยมาก เนื่องจากการที่เกษตรกรขาดความรู้ความเข้าใจและในทางด้านงบประมาณและแรงจูงใจในการเพาะปลูกพืช แต่ปัจจุบันนี้ประเทศไทยสามารถนำผักตระกูลสลัดเข้ามาปลูกได้ โดยปลูกในพื้นที่ที่มีอากาศเย็น หรือใช้การปลูกแบบ

ไม่ใช้ดินหรือเรียกว่า การปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์ (hydroponics) ซึ่งใช้น้ำเป็นแหล่งอาหารพืชแทนการใช้ดิน และการควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโต ซึ่งผักจะเจริญเติบโตได้ดีในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว ซึ่งสภาพอากาศค่อนข้างเย็น แต่ฤดูร้อนผักจะไม่ค่อยเจริญเติบโต เนื่องจากอากาศค่อนข้างร้อน แต่สำหรับผู้ประกอบการที่มีทุนมาก จะใช้โรงเรือนแบบ Evaporative cooling ซึ่งจะช่วยในการทำให้ความชื้นของอากาศภายในโรงเรือนลดลง แต่จะมีค่าใช้จ่ายสูงมาก เมื่อเทียบกับวิธีการพ่นน้ำให้ละอองเป็นฝอยให้ทั่วบริเวณปลูกพืช ซึ่งจะสามารถลดอุณหภูมิขณะพ่นฝอยได้ถึง $3-5^{\circ}\text{C}$ และลดอุณหภูมิสารละลายได้ $3-5^{\circ}\text{C}$ และการพรางแสง ซึ่งช่วยได้ในระดับหนึ่ง การพ่นน้ำยังช่วยลดอุณหภูมิของสารละลายด้วย แต่อย่างไรก็ตามในช่วงที่อุณหภูมิอากาศสูงมากๆ เช่นมากกว่า 38°C การพ่นน้ำก็สามารถลดอุณหภูมิให้เหลือได้เพียงประมาณ 33°C และอุณหภูมิสารละลายอยู่ที่ประมาณ 32°C ซึ่งเป็นช่วงที่พืชเจริญเติบโตได้ไม่ดี โดยทั่วไปผลผลิตในหน้าร้อนอาจลดลง 30-100% ดังนั้นผักสลัดในหน้าร้อนจะมีน้อยมากซึ่งไม่พอกับความต้องการของตลาด[2]

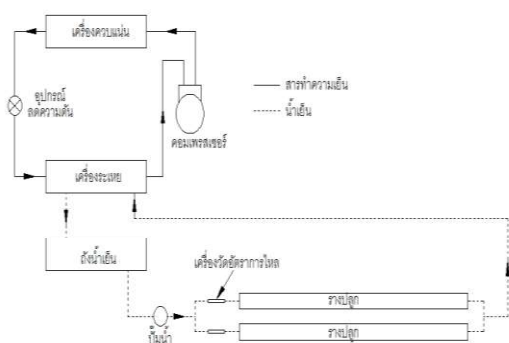
จากปัญหาสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยและประเทศที่อยู่ในเขตร้อน ทำให้นักวิจัยนำระบบทำความเย็นแบบอัดไอมาประยุกต์ใช้งาน เพื่อลดอุณหภูมิให้กับสารละลายที่เป็นสารอาหารของผักให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของผักสลัด[3] ร่วมกับการปลูกผักโดยไม่ใช้ดิน หรือการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารพืชแบบไหลเวียน (Nutrient Film Technique, NFT) เป็นการปลูกพืชโดยรากแช่อยู่ในสารละลายโดยตรง สารละลายธาตุอาหารจะ

ไหลเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ (หนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร) ในรางปลูกพืชกว้างตั้งแต่ 5 - 35 เซนติเมตร และสูงประมาณ 5 - 10 เซนติเมตร ความกว้างของรางขึ้นอยู่กับชนิดพืชที่ปลูก ความยาวของราง ตั้งแต่ 5 - 20 เมตร การไหลของสารละลายอาจเป็นแบบต่อเนื่องหรือแบบสลับก็ได้ โดยทั่วไปสารละลายจะไหลแบบต่อเนื่อง อัตราการไหลอยู่ในช่วง 1 - 2 ลิตรต่อนาที วัสดุทำรางอาจทำจากแผ่นพลาสติกสองหน้าขาวและดำ หนา 80 - 200 ไมครอน หรือจาก PVC ขึ้นรูปเป็นรางสำเร็จรูป, ทำจากโลหะ เช่น สังกะสี หรือ อะลูมิเนียม และบุภายในด้วยพลาสติกเพื่อป้องกันการกัดกร่อนของสารละลาย โดยจะมีปั๊มดูดสารละลายให้ไหลผ่านรางและรากพืชและเวียนกลับมายังถังเก็บสารละลาย ดังแสดงในรูปที่ 1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักที่สำคัญคือ อุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหาร โดยในระบบปลูกพืชแบบ NFT นั้น ผักสลัดจะมีการเจริญเติบโตของรากสูงเมื่อสารละลายธาตุอาหารมีอุณหภูมิ 25°C [4] เนื่องจากออกซิเจนในน้ำมีการแตกตัวได้ช้า ทำให้ผักได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอในการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตามในการจัดวางรางปลูกของการปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์นั้น ยังไม่ได้ศึกษาถึงความยาวของรางปลูกและจำนวนของรางปลูกที่เหมาะสม เนื่องจากรางปลูกที่ยาวเกินไปและจำนวนของรางปลูกที่มากเกินไป ทำให้ผักสลัดในแต่ละช่องที่โตไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นผลมาจากอุณหภูมิของน้ำเย็นที่หมุนเวียนมีค่าแตกต่างกันในแต่ละช่องปลูก (ต้น) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาถึงความยาวของรางปลูกและจำนวนแถวของรางปลูกที่เหมาะสมกับการปลูกผักสลัดแบบไฮโดรโปนิคส์ เพื่อเพิ่มจำนวนผลผลิตให้กับเกษตรกรต่อไป

2. วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้ทำการศึกษาถึงความเหมาะสมของความยาวและจำนวนแถวของรางปลูกเพื่อต้องการทราบถึง

ผลกระทบของความยาวและจำนวนแถวของรางปลูกต่ออุณหภูมิของสารละลาย (น้ำและสารอาหาร) ผลที่ได้จะถูกนำไปกำหนดแนวทางการตัดสินใจสำหรับการเลือกความยาวและจำนวนแถวของรางปลูกที่เหมาะสมในด้านของจำนวนผลผลิตและคุณภาพของพืชที่ได้จากการปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ โดยสร้างความเย็นให้กับสารละลายและควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 25°C จากระบบทำความเย็นแบบอัดไอเป็นระบบที่สร้างความเย็นให้กับสารละลาย และระบบหมุนเวียนสารละลาย เพื่อนำสารอาหารที่เป็นประโยชน์หมุนเวียนให้กับผักในรางปลูก ดังแสดงในรูปที่ 1 และดำเนินการทดลองปรับเปลี่ยนความยาวและจำนวนแถวของรางปลูก ดังต่อไปนี้ (แสดงในรูปที่ 2)



รูปที่ 1 ระบบทำความเย็นในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์

- 1) ความยาวของรางปลูก 20 เมตร จำนวน 1 แถว
- 2) ความยาวของรางปลูก 16 เมตร จำนวน 2 แถว
- 3) ความยาวของรางปลูก 12 เมตร จำนวน 3 แถว
- 4) ความยาวของรางปลูก 8 เมตร จำนวน 4 แถว
- 5) ความยาวของรางปลูก 6 เมตร จำนวน 6 แถว

โดยในแต่ละกรณีจะทำการวัดอุณหภูมิของสารละลายที่ไหลผ่านเป็นระยะ 1 เมตร จนสุดรางปลูก

และแปรเปลี่ยนอัตราการไหลของสารละลายตั้งแต่ 100 – 200 ลิตรต่อชั่วโมง ในทุก ๆ 20 ลิตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 2 โต๊ะปลูกผักแบบไฮโดรโปนิคส์

การทำงานของระบบทำความเย็นสำหรับปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์ เริ่มต้นจากการผสมสารอาหารของผักลงในถังน้ำเย็น จากนั้นปั๊มน้ำจะสูบสารละลายไปยังรางปลูก ในขณะที่สารละลายไหลผ่านรางปลูก อุณหภูมิของสารละลายจะเพิ่มขึ้น สารละลายอุณหภูมิสูงจะถูกส่งเข้าไปยังเครื่องระเหยของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ โดยสารทำความเย็นในเครื่องระเหยทำหน้าที่ดูดซับความร้อนจากสารละลาย ทำให้อุณหภูมิของสารละลายลดลงและสารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ สารทำความเย็นจะถูกคอมเพรสเซอร์ดูดจากเครื่องระเหยและอัดให้มีความดันสูงเพื่อส่งไปยังเครื่องควบแน่น และระบายความร้อนออกทำให้อุณหภูมิของสารทำความเย็นลดลงและเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวส่งไปยังอุปกรณ์ลดความดันเพื่อลดความดันของสารทำความเย็นเหลวให้มีความดันต่ำลงจนสามารถเดือดเป็นไอได้ในเครื่อง

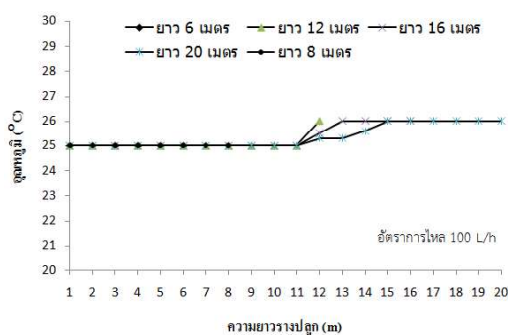
ระเหย เมื่อรับความร้อนจากสารละลายซึ่งหมุนเวียนเป็นวัฏจักร เช่นนี้ตลอดไป

การปรับเปลี่ยนความยาวและจำนวนแถวของรางปลูกนั้นกระทำได้ต้องการทราบถึงผลกระทบของความยาวและจำนวนแถวของรางปลูกต่ออุณหภูมิของสารละลาย ผลที่ได้จะถูกนำไปกำหนดแนวทางการตัดสินใจเลือกความยาวและจำนวนแถวของรางปลูกที่เหมาะสมในด้านของจำนวนผลผลิตและคุณภาพของพืชที่ได้จากการปลูกแบบไฮโดรโปนิิกส์

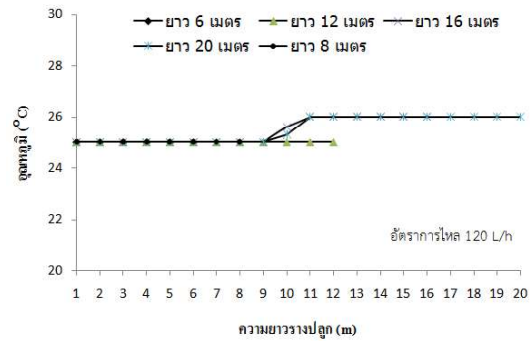
3. ผลการวิจัย

ผลการทดลองในการแปรเปลี่ยนความยาวและจำนวนแถวของรางปลูกทั้ง 5 กรณี มีผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารละลายในรางปลูกจากการแปรเปลี่ยนอัตราการไหลดังต่อไปนี้

ผลจากการปรับอัตราการไหลของสารละลาย 100 ลิตรต่อชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิของสารละลายเพิ่มขึ้นเมื่อที่ความยาวของรางปลูกตั้งแต่ 11 เมตรขึ้นไป สำหรับรางปลูกยาว 20 เมตร จำนวน 1 แถว รางปลูกยาว 16 เมตร จำนวน 2 แถว และรางปลูกยาว 12 เมตร จำนวน 3 แถว ดังแสดงในรูปที่ 3

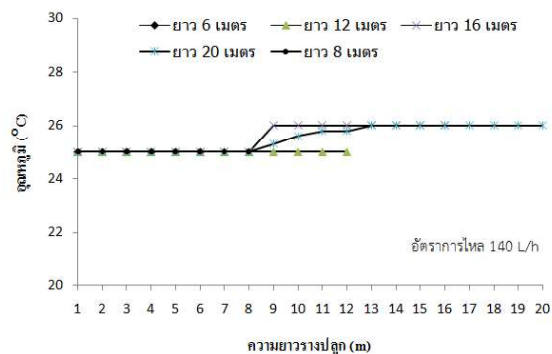


รูปที่ 3 แสดงอุณหภูมิของสารละลายในรางปลูกที่มีอัตราการไหล 100 ลิตรต่อชั่วโมง



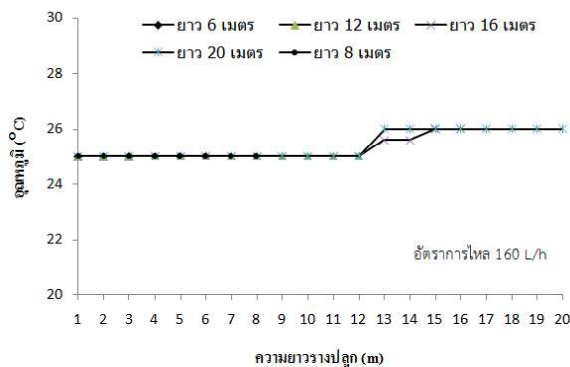
รูปที่ 4 แสดงอุณหภูมิของสารละลายในรางปลูกที่มีอัตราการไหล 120 ลิตรต่อชั่วโมง

ผลจากการปรับอัตราการไหลของสารละลาย 120 ลิตรต่อชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิของสารละลายเพิ่มขึ้นเมื่อที่ความยาวของรางปลูกตั้งแต่ 9 เมตรขึ้นไป สำหรับรางปลูกยาว 20 เมตร จำนวน 1 แถว และรางปลูกยาว 16 เมตร จำนวน 2 แถว และผลจากการปรับอัตราการไหลของสารละลาย พบว่าสารละลายที่มีอัตราการไหล 140 ลิตรต่อชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิของสารละลายเพิ่มขึ้นเมื่อที่ความยาวของรางปลูกตั้งแต่ 8 เมตรขึ้นไป สำหรับรางปลูกยาว 20 เมตร จำนวน 1 แถว และรางปลูกเกิน 8 เมตรขึ้นไป สำหรับรางปลูกยาว 16 เมตร จำนวน 2 แถว ดังแสดงในรูปที่ 4-5

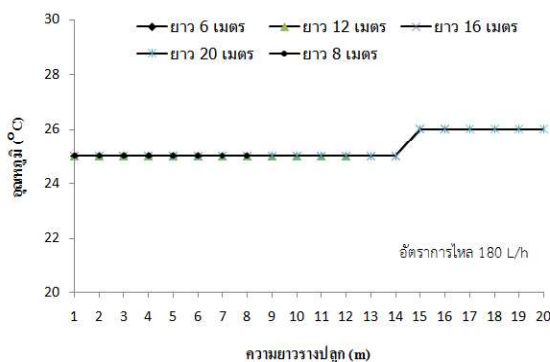


รูปที่ 5 แสดงอุณหภูมิของสารละลายในรางปลูกที่มีอัตราการไหล 140 ลิตรต่อชั่วโมง

ผลจากการปรับอัตราการไหลของสารละลาย พบว่าสารละลายที่มีอัตราการไหล 160 ลิตรต่อชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิของสารละลายเพิ่มขึ้นเมื่อที่ความยาวของรางปลูกตั้งแต่ 12 เมตรขึ้นไปสำหรับรางปลูกยาว 20 เมตร จำนวน 1 แถว และรางปลูกเกิน 6 เมตรขึ้นไปสำหรับรางปลูกยาว 16 เมตร จำนวน 2 แถว แถว ดังแสดงในรูปที่ 6



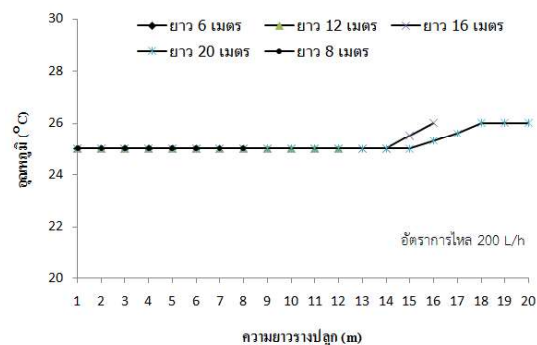
รูปที่ 6 แสดงอุณหภูมิของสารละลายในรางปลูกที่มีอัตราการไหล 160 ลิตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 7 แสดงอุณหภูมิของสารละลายในรางปลูกที่มีอัตราการไหล 180 ลิตรต่อชั่วโมง

ผลจากการปรับอัตราการไหลของสารละลาย พบว่าสารละลายที่มีอัตราการไหล 180 ลิตรต่อชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิของสารละลายเพิ่มขึ้นเมื่อที่ความยาวของรางปลูกตั้งแต่ 14 เมตรขึ้นไปสำหรับรางปลูกยาว 20 เมตร จำนวน 1 แถว และรางปลูกเกิน 11 เมตรขึ้นไปสำหรับรางปลูกยาว 16 เมตร จำนวน 2 แถว และ

ผลจากการปรับอัตราการไหลของสารละลาย พบว่า สารละลายที่มีอัตราการไหล 200 ลิตรต่อชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิของสารละลายเพิ่มขึ้นเมื่อที่ความยาวของรางปลูกตั้งแต่ 15 เมตรขึ้นไปสำหรับรางปลูกยาว 20 เมตร จำนวน 1 แถว และรางปลูกเกิน 13 เมตรขึ้นไปสำหรับรางปลูกยาว 16 เมตร จำนวน 2 แถว ดังแสดงในรูปที่ 7 และ 8



รูปที่ 8 แสดงอุณหภูมิของสารละลายในรางปลูกที่มีอัตราการไหล 200 ลิตรต่อชั่วโมง

4. สรุป

จากการผลการทดลองสามารถสรุปผลของการปรับเปลี่ยนความยาวและจำนวนของรางปลูกคือ 20 เมตร จำนวน 1 แถว, 16 เมตร จำนวน 2 แถว, 12 เมตร จำนวน 3 แถว, 8 เมตร จำนวน 4 แถว และ 6 เมตร จำนวน 6 แถว ตามลำดับ รวมไปถึงอัตราการ

ไหลของสารละลายที่มีอัตราการไหล 100, 120, 140, 160, 180, และ 200 ลิตรต่อชั่วโมง ดังต่อไปนี้

4.1 กรณีที่รางปลูกมีความยาวเพิ่มขึ้นพบว่าอุณหภูมิของสารละลายในรางปลูกมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น เมื่อสารละลายอยู่ภายใต้ อัตราการไหลเดียวกัน โดยจำนวนรางที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารละลาย

4.2 กรณีที่อัตราการไหลของสารละลายเปลี่ยนแปลงพบว่าผลกระทบต่ออุณหภูมิของสารละลายในรางปลูกดังต่อไปนี้

- อัตราการไหล 100, 120 และ 140 ลิตรต่อชั่วโมง มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของสารละลายในรางปลูกในตำแหน่งที่รางปลูกยาว 11, 9 และ 8 เมตร ขึ้นไป ตามลำดับ เนื่องจากอัตราการไหลที่มีค่าต่ำ มีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศและน้ำเกิดขึ้นได้ช้า ทำให้สารละลายรักษาอุณหภูมิให้คงที่ได้ระยะทางที่ยาวกว่า

- อัตราการไหล 160, 180 และ 200 ลิตรต่อชั่วโมง มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของสารละลายในรางปลูกในตำแหน่งที่รางปลูกยาว 12, 14 และ 15 เมตร ขึ้นไป ตามลำดับ เนื่องจากอัตราการไหลที่มีค่าสูงกว่า 140 ลิตรต่อชั่วโมงสำหรับงานวิจัยนี้ มีความเร็วของการเคลื่อนที่สูงทำให้การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศและน้ำเกิดขึ้นน้อยมาก จึงทำให้สารละลายรักษาอุณหภูมิให้คงที่ได้ระยะทางที่ยาวกว่า

จากผลการทดลองพบว่า ความยาวและจำนวนของรางปลูกพีชแบบไฮโดรโปนิคส์ที่เหมาะสมสำหรับการวิจัยนี้คือ รางปลูกพีชที่มีความยาว 6 เมตร จำนวน 6 แถว ภายใต้อัตราการไหลระหว่าง 100 ถึง 200 ลิตรต่อชั่วโมง เนื่องจากภายใต้ความยาวนี้สามารถรักษาอุณหภูมิของสารละลายให้คงที่ และเมื่อพิจารณาถึงผลผลิตที่ได้จากการปลูกก็สามารถให้ผลผลิตมากที่สุดคือ 180 ต้น (จำนวน 5 ต้น ต่อความยาวของรางปลูก 1 เมตร)

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการศึกษาเพื่อตรวจสอบหาความยาวและจำนวนแถวที่เหมาะสมของรางปลูกในการจ่ายน้ำเย็นให้กับการปลูกพีชไฮโดรโปนิคส์ ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ปีงบประมาณ 2556

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] อิทธิสุนทร นันทกิจ. การปลูกพีชในระบบ NFT (Nutrient film technique) [อินเทอร์เน็ต]. 2558. เข้าถึงได้จาก: <http://www.kmitl.ac.th/hydro/NTFdoc.htm>
- [2] อิทธิสุนทร นันทกิจ. การออกแบบและจัดการระบบปลูกพีชโดยไม่ใช้ดินแบบ NFT [อินเทอร์เน็ต]. 2558. เข้าถึงได้จาก: <http://www.kmitl.ac.th/hydro/NFTDesign.htm>

- [3] ประเมศวร์ สุทธิประภา. การลดอุณหภูมิในระบบปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์ด้วยท่อความร้อน [วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล]. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2554.
- [4] Kao TC. The Dynamic Root Floating Hydroponic Technique: Year-Round Production of Vegetables in ROC on Taiwan. Taiwan: Taichung District Agricultural Improvement Station Tatsuen Hsiang; 1991.