การศึกษาเพื่อตรวจสอบหาความยาวและจำนวนแถวที่เหมาะสมของรางปลูกในการจ่ายน้ำเย็นให้กับการปลูกพืชไฮโดรโปรนิกส์

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

ธวัชชัย จารุวงศ์วิทยา[1]*, ปรเมศวร์ สุทธิประภา[2], พลเทพ เวงสูงเนิน[2] และ ทยาวีร์ หนูบุญ[2]

[1] *สาขาวิชาวิศวกรรมการทำความเย็นและการปรับอากาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน*
744 ถนน สุรนารายณ์ ตำบล ในเมือง อำเภอ เมือง จังหวัด นครราชสีมา 30000
[2] *สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา*
744 ถนน สุรนารายณ์ ตำบล ในเมือง อำเภอ เมือง จังหวัด นครราชสีมา 30000
*ติดต่อ: acr2freezer@hotmail.com, 044-233000, 044-233074

บทคัดย่อ

จากปัญหาของสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยและประเทศที่อยู่ในเขตร้อนส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ คณะผู้วิจัยจึงนำระบบทำความเย็นแบบอัดไอมาประยุกต์เพื่อลดอุณหภูมิให้กับสารละลายที่เป็นสารอาหารของผักให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชภายใต้อุณหภูมิ 25 °C วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาถึงความยาวของรางปลูกและจำนวนของรางปลูกที่เหมาะสม โดยดำเนินการทดลองปรับเปลี่ยนความยาวของรางปลูก 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 อุณหภูมิของสารละลายในรางปลูกมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ภายใต้อัตราการไหลเดียวกัน โดยจำนวนรางที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารละลาย ความยาวและจำนวนของรางปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ที่เหมาะสมคือรางปลูกพืชที่มีความยาว 6 เมตร จำนวน 6 แถว ภายใต้อัตราการไหลระหว่าง 100 ถึง 200 ลิตรต่อชั่วโมง เนื่องจากภายใต้ความยาวนี้สามารถรักษาอุณหภูมิของสารละลายให้คงที่ และเมื่อพิจารณาถึงผลผลิตที่ได้จากการปลูกก็สามารถให้ผลผลิตมากที่สุดคือ 180 ต้น (จำนวน 5 ต้น ต่อความยาวของรางปลูก 1 เมตร)

คำหลัก: ไฮโดรโปนิกส์; เครื่องทำความเย็นแบบอัดไอ; น้ำเย็น

Abstract

The weather in Thailand and other countries in a tropical environment have influenced the growth of hydroponics planting. This research has used a vapor compression system to cool nutrient solutions at 25°C for the hydroponic plantings. The objective of this research is to study in the length and the numbers of gutter optimals for chilled water circulation. The length and the number of gutter were varying in 20 m (single line), 16 m (double lines), 12 m (3 lines), 8 m (4 lines) and 6 m (6 lines). 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 optimals for chilled water circulation for this research are 6 m and 6 lines under the flow rate range 100-200 LPH. Due to the solution temperature in this length and numbers of gutter is constant and the amount of product is 180 particles of plants (5 particles of plants for 1 m of gutter).

Keywords: Hydroponics; Vapor compression; Chilled water

1. บทนำ

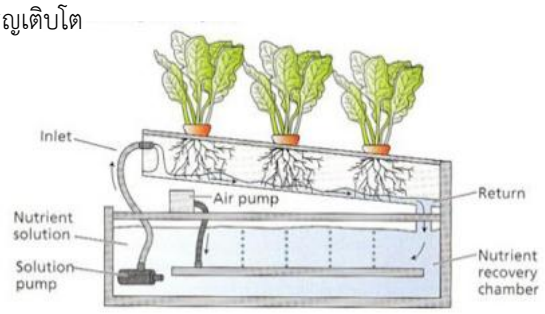
ปัจจุบันคนหันมาดูแลสุขภาพมากขึ้น การรับประทานผักถือเป็นอีกวิธีหนึ่งซึ่งคนนิยม เนื่องจากผักมีวิตามินและธาตุอาหารจำนวนมาก และยังรับประทานแล้วไม่อ้วนด้วย โดยเฉพาะผักตระกูลสลัด ดังนั้น ผักตระกูลสลัดจึงเป็นที่นิยมรับประทาน แต่เนื่องจากผักตระกูลสลัด เป็นพืชที่ปลูกในเขตหนาว เช่น ใน ยุโรป อเมริกา และ ออสเตรเลีย อุณหภูมิที่ผักสลัดต้องการอยู่ในช่วง 18-25°C [1] จึงปลูกกันที่ต่างประเทศ

เป็นส่วนใหญ่ ทำให้มีราคาค่อนข้างแพง อีกทั้งการเพาะปลูกในประเทศไทยมีปัญหาที่เกิดจากความแห้งแล้ง โรคพืชแมลงศัตรูพืชระบาด น้ำท่วม คุณภาพของผลิตผล และที่สำคัญที่สุดคือปัญหาการใช้สารพิษเพื่อกำจัดแมลง ส่งผลทำให้ดินและระบบนิเวศน์ได้รับผลกระทบอย่างมาก รวมทั้งอันตรายที่เกิดจากสารพิษต่อทั้งเกษตรกรผู้ปลูกเอง และประชาชนผู้บริโภค ปัญหาของเกษตรกรที่เกิดขึ้นนี้ยังได้รับการดูแลแก้ไขน้อยมาก เนื่องจากการที่เกษตรกรขาดความรู้ความเข้าใจและในทางด้านงบประมาณ และแรงจูงใจในการเพาะปลูกพืช แต่ปัจจุบันนี้ ประเทศไทยสามารถนำผักตระกูลสลัดเข้ามาปลูกได้ โดยปลูกในพื้นที่ที่มีอากาศเย็น หรือใช้การปลูกแบบไม่ใช้ดินหรือเรียกว่า การปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ (hydroponics) ซึ่งใช้น้ำเป็นแหล่งอาหารพืชแทนการใช้ดิน และการควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโต ซึ่งผักจะเจริญเติบโตได้ดีในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว ซึ่งสภาพอากาศค่อนข้างเย็น แต่ฤดูร้อนผักจะไม่ค่อยเจริญเติบโต เนื่องจากอากาศค่อนข้างร้อน แต่ สำหรับผู้ประกอบการที่มีทุนมาก จะใช้โรงเรือนแบบ Evaporative cooling ซึ่งจะช่วยในการทำให้ความร้อนของอากาศภายในโรงเรือนลดลง แต่จะมีค่าใช้จ่ายสูงมาก แต่อีกวิธีหนึ่งสำหรับการปลูกที่มีทุนไม่มากนักคือ การพ่นน้ำให้ละอองเป็นฝอยให้ทั่วบริเวณปลูกพืช ซึ่งจะสามารถลดอุณหภูมิขณะพ่นฝอยได้ถึง 3-5°C และลดอุณหภูมิสารละลายได้ 3-5°C และการพรางแสง ซึ่งช่วยได้ในระดับหนึ่ง การพ่นน้ำยังช่วยลดอุณหภูมิของสารละลายด้วย แต่อย่างไรก็ตามในช่วงที่อุณหภูมิอากาศสูงมากๆ เช่นมากกว่า 38°C การพ่นน้ำก็สามารถลดอุณหภูมิให้เหลือได้เพียงประมาณ 33°C และอุณหภูมิสารละลายอยู่ที่ประมาณ 32°C ซึ่งเป็นช่วงที่พืชจะเจริญเติบโตได้ไม่ดี โดยทั่วไปผลผลิตในหน้าร้อน อาจลดลงถึง 30-100 % ดังนั้น ผักสลัดในหน้าร้อนจะมีปริมาณน้อยมากซึ่งไม่พอกับความต้องการของตลาด[2]

จากปัญหาสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยและประเทศที่อยู่ในเขตร้อน ทำให้นักวิจัยนำระบบทำความเย็นแบบอัดไอมาประยุกต์ใช้งาน เพื่อลดอุณหภูมิให้กับสารละลายที่เป็นสารอาหารของผักให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของผักสลัด[3] อย่างไรก็ตามในการจัดวางรางปลูกของการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์นั้น ยังไม่ได้ศึกษาถึงความยาวของรางปลูกและจำนวนของรางปลูกที่เหมาะสม เนื่องจากรางปลูกที่ยาวเกินไปและจำนวนของรางปลูกที่มากเกินไปทำให้ผักสลัดในแต่ละช่องที่โตไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นผลมาจากอุณหภูมิของน้ำเย็นที่หมุนเวียนมีค่าแตกต่างกันในแต่ละช่องปลูก (ต้น) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาถึงความยาวของรางปลูกและจำนวนแถวของรางปลูกที่เหมาะสมกับการปลูกผักสลัดแบบไฮโดรโปนิกส์ เพื่อเพิ่มจำนวนผลผลิตให้กับเกษตรกรต่อไป

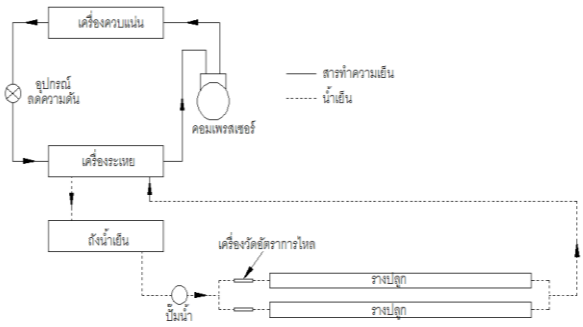
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การปลูกผักอนามัยในสารละลายธาตุอาหารเรียกว่า การปลูกผักโดยไม่ใช้ดิน เป็นการปลูกผักโดยให้รากอยู่ในวัสดุปลูกที่ไม่ใช่ดิน ได้แก่ การปลูกให้รากแช่อยู่ในน้ำ ปลูกให้รากอยู่ในอากาศ (airoponics) และปลูกให้รากอยู่ในวัสดุปลูกอื่น ๆ ได้แก่ วัสดุอินทรีย์ เช่น ขุยมะพร้าว ขี้เถ้าแกลบ ขี้เลื่อย วัสดุผสมต่าง ๆ และวัสดุอนินทรีย์ เช่น ทราย กรวด ฟองน้ำ ใยหิน (rock wool) เพอไลท์ (perlite) และเวอร์มิคูไลท์ (vermiculite) เป็นต้น ซึ่งการปลูกในวัสดุปลูกที่ไม่ใช่ดินเหล่านี้ ต้องให้สารละลายธาตุอาหารแก่พืชอย่างพอเหมาะและต่อเนื่อง จึงจะทำให้พืชเจริญเติบโต การปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารพืชแบบไหลเวียน (Nutrient Film Technique, NFT) เป็นการปลูกพืชโดยรากแช่อยู่ในสารละลายโดยตรง สารละลายธาตุอาหารจะไหลเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ (หนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร) ในรางปลูกพืชกว้างตั้งแต่ 5- 35 เซนติเมตร และสูงประมาณ 5 - 10 เซนติเมตร ความกว้างของรางขึ้นอยู่กับชนิดพืชที่ปลูก ความยาวของราง ตั้งแต่ 5 - 20 เมตร การไหลของสารละลายอาจเป็นแบบต่อเนื่องหรือแบบสลับก็ได้ โดยทั่วไปสารละลายจะไหลแบบต่อเนื่อง อัตราการไหลอยู่ในช่วง 1 - 2 ลิตร/นาที วัสดุทำรางอาจทำจากแผ่นพลาสติกสองหน้าขาวและดำหนา 80 - 200 ไมครอน หรือจาก PVC ขึ้นรูปเป็นรางสำเร็จรูป, ทำจากโลหะ เช่น สังกะสี หรือ อะลูมิเนียม และบุภายในด้วยพลาสติกเพื่อป้องกันการกัดกร่อนของสารละลาย โดยจะมีปั๊มดูดสารละลายให้ไหลผ่านรางและรากพืชและเวียนกลับมายังถังเก็บสารละลาย ดังแสดงในรูปที่ 1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักที่สำคัญคืออุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหาร โดย ในระบบปลูกพืชแบบ NFT นั้น ผักสลัดจะมีการเจริญเติบโตของรากสูงเมื่อสารละลายธาตุอาหารมีอุณหภูมิ 25°C [4] เนื่องจากออกซิเจนในน้ำมีการแตกตัวได้ช้า ทำให้ผักได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอในการเจริญเติบโต



รูปที่ 1 การปลูกพืชในระบบ NFT[5]

การศึกษาในครั้งนี้กำหนดให้สารละลายธาตุอาหารมีอุณหภูมิคงที่คือ 25 °C โดยใช้ระบบทำความเย็นแบบอัดไอเป็นระบบที่สร้างความเย็นให้กับสารละลาย (น้ำและสารอาหาร) และระบบหมุนเวียนสารละลาย เพื่อนำสารอาหารที่เป็นประโยชน์หมุนเวียนให้กับผักในรางปลูก ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ระบบทำความเย็นในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์

การทำงานของระบบทำความเย็นสำหรับปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ เริ่มต้นจากการผสมสารอาหารของผักลงในถังน้ำเย็น จากนั้นปั๊มน้ำจะสูบสารละลายไปยังรางปลูก ในขณะที่สารละลายไหลผ่านรางปลูก อุณหภูมิของสารละลายจะเพิ่มขึ้น สารละลายอุณหภูมิสูงจะถูกส่งเข้าไปยังเครื่องระเหยของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ โดย สารทำความเย็นในเครื่องระเหยทำหน้าที่ดูดรับความร้อนจากสารละลาย ทำให้อุณหภูมิของสารละลายลดลงและสารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ สารทำความเย็นจะถูกคอมเพรสเซอร์ ดูดจากเครื่องระเหยและอัดให้มีความดันสูงเพื่อส่งไปยังเครื่องควบแน่น และระบายความร้อนออกทำให้อุณหภูมิของสารทำความเย็นลดลงและเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวส่งไปยังอุปกรณ์ลดความดันเพื่อลดความดันของสารทำความเย็นเหลวให้มีความดันต่ำลงจนสามารถเดือดเป็นไอได้ในเครื่องระเหยเมื่อรับความร้อนจากสารละลายซึ่งหมุนเวียนเป็นวัฏจักรเช่นนี้ตลอดไป

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ทำการศึกษาถึงความเหมาะสมของความยาวและจำนวนแถวของรางปลูกเพื่อต้องการทราบถึงผลกระทบของความยาวและจำนวนแถวของรางปลูกต่ออุณหภูมิของสารละลาย ผลที่ได้จะถูกนำไปกำหนดแนวทางการตัดสินใจเลือกความยาวและจำนวนแถวของรางปลูกที่เหมาะสมในด้านของจำนวนผลผลิตและคุณภาพของพืชที่ได้จากการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ โดยสร้างความเย็นให้กับสารละลายและควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 25 °C และดำเนินการทดลองปรับเปลี่ยนความยาวและจำนวนแถวของรางปลูก ดังต่อไปนี้ (แสดงในรูปที่ 3)

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

(ก)

(ข)

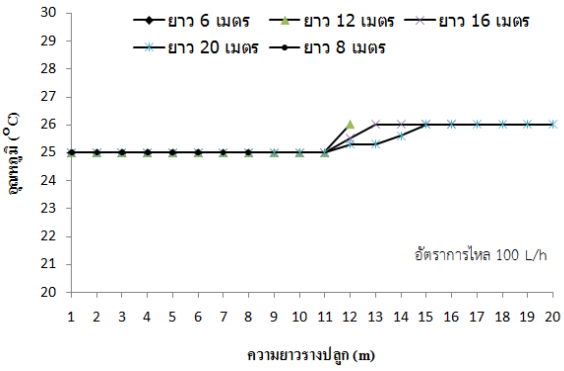
(ค)

รูปที่ 3 โต๊ะปลูกผักแบบไฮโดรโปนิกส์
(ก) ความยาว 20 เมตร จำนวน 1 แถว
(ข) ความยาว 8 เมตร จำนวน 4 แถว
(ค) ความยาว 6 เมตร จำนวน 6 แถว

การปรับเปลี่ยนความยาวและจำนวนแถวของรางปลูกนั้นกระทำเพื่อต้องการทราบถึงผลกระทบของความยาวและจำนวนแถวของรางปลูกต่ออุณหภูมิของสารละลาย ผลที่ได้จะถูกนำไปกำหนดแนวทางการตัดสินใจเลือกความยาวและจำนวนแถวของรางปลูกที่เหมาะสมในด้านของจำนวนผลผลิตและคุณภาพของพืชที่ได้จากการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์

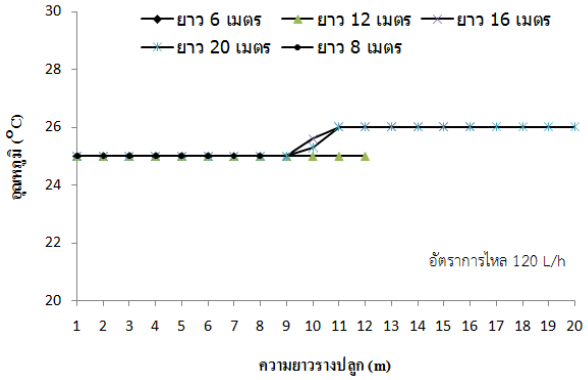
4. ผลการวิจัย

ผลการทดลองในการแปรเปลี่ยนความยาวและจำนวนแถวของรางปลูกทั้ง 5 กรณี มีผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารละลายในรางปลูกจากการแปรเปลี่ยนอัตราการไหลดังต่อไปนี้



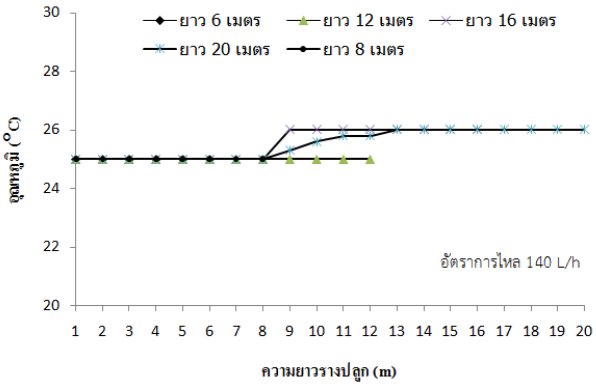
รูปที่ 4 แสดงอุณหภูมิของสารละลายในรางปลูก ที่มีอัตราการไหล 100 ลิตรต่อชั่วโมง

ผลจากการปรับอัตราการไหลของสารละลาย 100 ลิตรต่อชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิของสารละลายเพิ่มขึ้นเมื่อที่ความยาวของรางปลูกตั้งแต่ 11 เมตรขึ้นไปสำหรับรางปลูกยาว 20 เมตร จำนวน 1 แถว รางปลูกยาว 16 เมตร จำนวน 2 แถว และรางปลูกยาว 12 เมตร จำนวน 3 แถว ดังแสดงในรูปที่ 4



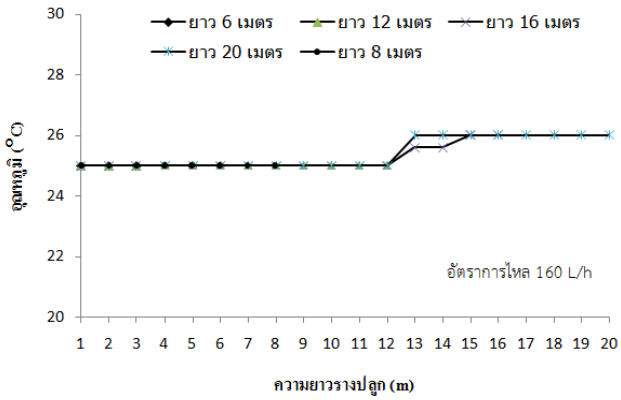
รูปที่ 5 แสดงอุณหภูมิของสารละลายในรางปลูก ที่มีอัตราการไหล 120 ลิตรต่อชั่วโมง

ผลจากการปรับอัตราการไหลของสารละลาย 120 ลิตรต่อชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิของสารละลายเพิ่มขึ้นเมื่อที่ความยาวของรางปลูกตั้งแต่ 9 เมตรขึ้นไปสำหรับรางปลูกยาว 20 เมตร จำนวน 1 แถว และรางปลูกยาว 16 เมตร จำนวน 2 แถว และผลจากการปรับอัตราการไหลของสารละลาย พบว่าสารละลายที่มีอัตราการไหล 140 ลิตรต่อชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิของสารละลายเพิ่มขึ้นเมื่อที่ความยาวของรางปลูกตั้งแต่ 8 เมตรขึ้นไปสำหรับรางปลูกยาว 20 เมตร จำนวน 1 แถว และรางปลูกเกิน 8 เมตรขึ้นไปสำหรับรางปลูกยาว 16 เมตร จำนวน 2 แถว ดังแสดงในรูปที่ 5-6

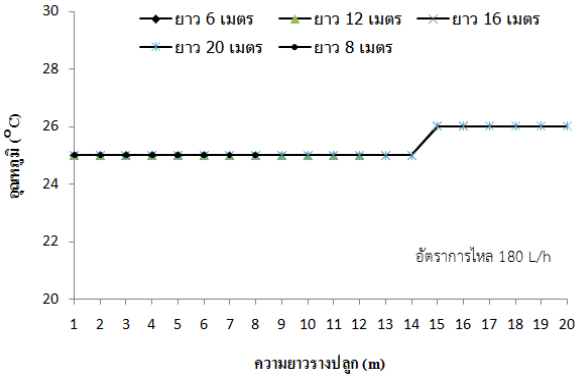


รูปที่ 6 แสดงอุณหภูมิของสารละลายในรางปลูก ที่มีอัตราการไหล 140 ลิตรต่อชั่วโมง

ผลจากการปรับอัตราการไหลของสารละลาย พบว่าสารละลายที่มีอัตราการไหล 160 ลิตรต่อชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิของสารละลายเพิ่มขึ้นเมื่อที่ความยาวของรางปลูกตั้งแต่ 12 เมตรขึ้นไปสำหรับรางปลูกยาว 20 เมตร จำนวน 1 แถว และรางปลูกเกิน 6 เมตรขึ้นไปสำหรับรางปลูกยาว 16 เมตร จำนวน 2 แถว และผลจากการปรับอัตราการไหลของสารละลาย พบว่าสารละลายที่มีอัตราการไหล 180 ลิตรต่อชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิของสารละลายเพิ่มขึ้นเมื่อที่ความยาวของรางปลูกตั้งแต่ 14 เมตรขึ้นไปสำหรับรางปลูกยาว 20 เมตร จำนวน 1 แถว และรางปลูกเกิน 11 เมตรขึ้นไปสำหรับรางปลูกยาว 16 เมตร จำนวน 2 แถว ดังแสดงในรูปที่ 7 - 8

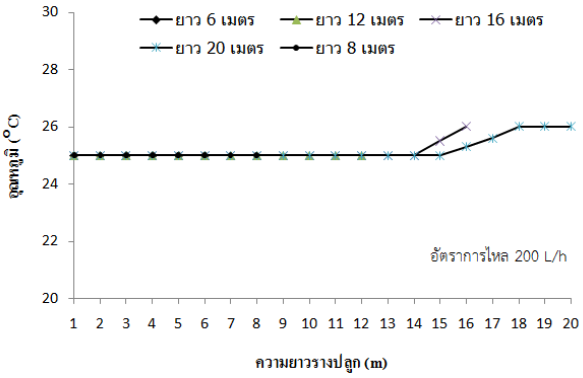


รูปที่ 7 แสดงอุณหภูมิของสารละลายในรางปลูก ที่มีอัตราการไหล 160 ลิตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 8 แสดงอุณหภูมิของสารละลายในรางปลูก ที่มีอัตราการไหล 180 ลิตรต่อชั่วโมง

ผลจากการปรับอัตราการไหลของสารละลาย พบว่า สารละลายที่มีอัตราการไหล 200 ลิตรต่อชั่วโมง พบว่า อุณหภูมิของสารละลายเพิ่มขึ้นเมื่อที่ความยาวของรางปลูก ตั้งแต่ 15 เมตรขึ้นไปสำหรับรางปลูกยาว 20 เมตร จำนวน 1 แถว และรางปลูกเกิน 13 เมตรขึ้นไปสำหรับรางปลูกยาว 16 เมตร จำนวน 2 แถว ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 แสดงอุณหภูมิของสารละลายในรางปลูก ที่มีอัตราการไหล 200 ลิตรต่อชั่วโมง

5. สรุปผลการทดลอง

จากการ ผลการ ทดลอง สามารถสรุปผลของการปรับเปลี่ยนความยาวและจำนวนของรางปลูกคือ 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 รวมไปถึงอัตราการไหลของสารละลายที่มีอัตราการไหล 100, 120, 140, 160, 180, และ 200 ลิตรต่อชั่วโมง ดังต่อไปนี้

1. กรณีที่รางปลูกมีความยาวเพิ่มขึ้น พบว่า อุณหภูมิของสารละลายในรางปลูกมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเมื่อสารละลายอยู่ภายใต้อัตราการไหลเดียวกัน โดยจำนวนรางที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารละลาย

2. กรณีที่อัตราการไหลของสารละลายเปลี่ยนแปลงพบว่ามีผลกระทบต่ออุณหภูมิของสารละลายในรางปลูกดังต่อไปนี้

- 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

3. จากผลการทดลองพบว่าความยาวและจำนวนของรางปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ที่เหมาะสมสำหรับการวิจัยนี้คือ รางปลูกพืชที่มีความยาว 6 เมตร จำนวน 6 แถว ภายใต้อัตราการไหลระหว่าง 100 ถึง 200 ลิตรต่อชั่วโมง เนื่องจากภายใต้ความยาวนี้สามารถรักษาอุณหภูมิของสารละลายให้คงที่ และเมื่อพิจารณาถึงผลผลิตที่ได้จากการปลูกก็สามารถให้ผลผลิตมากที่สุดคือ 180 ต้น (จำนวน 5 ต้น ต่อความยาวของรางปลูก 1 เมตร)

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการศึกษาเพื่อตรวจสอบหาความยาวและจำนวนแถวที่เหมาะสมของรางปลูกในการจ่ายน้ำเย็นให้กับการปลูกพืชไฮโดรโปรนิกส์ ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ปีงบประมาณ 2556

7. เอกสารอ้างอิง

[1] อิทธิสุนทร นันทกิจ (2550). การปลูกพืชในระบบ NFT (Nutrient flim technique), แหล่งที่มา http://www.kmitl.ac.th/hydro/NTFdoc.htm, เข้าดูเมื่อวันที่ 20/02/2557.
[2] อิทธิสุนทร นันทกิจ (2556). การออกแบบและจัดการระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ NFT, แหล่งที่มา http://www.kmitl.ac.th/hydro/NFTDesign.htm. เข้าดูเมื่อวันที่ 20/02/2557.
[3] ปรเมศวร์ สุทธิประภา (2554). การลดอุณหภูมิในระบบปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ด้วยท่อความร้อน,วิทยานิพนธ์

วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[4] Te-Chen Kao (1991). The Dynamic Root Floating Hydroponic Technique: Year-Round Production of Vegetables in Roc on Taiwan, Taichung District Agricultural Improvement Station Tatsuen Hsiang, Changhua, ROC on Taiwan.

[5] ปริยานุช จุลคะ (2555). เรื่องของการปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ Hydroponics, แหล่งที่มา http://hydroponicscool.blogspot.com/2012/05/hydroponics_330.html. เข้าดูเมื่อวันที่ 20/02/2557.