ระบบควบคุมสารละลายอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชวิธีไฮโดรพอนิกส์

Automatic Solution Control System for Soilless Culture Hydroponics

ธัชกร อ่อนบุญเอื้อ[1]และ กุลวดี เถนว้อง[2]
[1] สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
[2] กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
200 ถ.รังสิต-นครนายก(คลอง 5)ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 โทร. 02-577-1028 ต่อ 324 E-mail tossapon@eau.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบควบคุมสารละลายอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชวิธีไฮโดรพอนิกส์ โดยพืชตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้ คือ กรีนโอ๊ค(green oak) จำนวน 45 ต้นต่อการทดสอบระบบ 1 ครั้ง แบ่งขั้นตอนการดำเนินงาน 4 ส่วน คือ 1) การออกแบบแปลงปลูกพืชวิธีไฮโดรพอนิกส์แบบ NFT 2) การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช และสารละลายใช้ปรับค่า pH ให้เหมาะสมกับพืชชนิดนั้น 3) ออกแบบชุดควบคุมสารละลายอัตโนมัติ 4) ชุดควบคุมการเปิด-ปิดเพื่อนำสารละลายเข้าระบบอัตโนมัติ

ผลการศึกษาพบว่าระบบจะทำงานอัตโนมัติโดยวัดและควบคุมค่า EC และ pH ของสารละลายที่อยู่ในระบบให้เหมาะสมกับพืชนั้นตลอดเวลา โดยทำการตรวจวัดค่า EC และ pH ส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเปรียบเทียบกับช่วงที่กำหนด หากค่าที่วัดได้ไม่ได้อยู่ในช่วงที่กำหนดไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุมการเปิด – ปิดวาล์วเพื่อนำสารละลายที่ทำการปรับค่า EC และ pH เข้าสู่ระบบตามเวลาที่ได้คำนวณอย่างอัตโนมัติ

คำสำคัญ: ระบบควบคุมอัตโนมัติ การปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรพอนิกส์

Abstract

The purposes of the research were solution automatic control system for soilless culture hydroponics the plant samples used test Green Oak 45 plants per system testing 1 step. The procedure were 4 step: 1) Design crop to nutrient film technique(NFT) hydroponic system, 2) Preparation of nutrient solution. Solution to adjust the pH to match the plant type, 3) design automation solution, 4) control the opening - the leading solution for automated login.

The results of the research were as follows: System runs automatically measure and control EC and pH of the solution in the system to suit the plants all the time. Measured by EC and pH data to microcontroller. To compare the defined range If the measured value was not in the specified range microcontrollers to control the on - off valve to adjust the solution EC pH and login time was calculated automatically.

Keywords: Automatic control system, Soilless Culture Hydroponics

1. บทนำ

จากการคาดการณ์ขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ(FAO) ระบุว่าในปี พ.ศ. 2593 ประชากรโลกจะเพิ่มขึ้นเป็น 9,100 ล้านคน ส่งผลถึงความต้องการอาหารที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 70 และบทวิเคราะห์"Food Security Risk Index"ของสหประชาชาติในปี 2554 ชี้ให้เห็นว่าประเทศไทยอยู่ในกลุ่มประเทศที่มีความเสี่ยงด้านความมั่นคงทางอาหารในระดับกลางนั่นคือ "ความไม่ยั่งยืนของการผลิตอาหารจากข้อจำกัดในด้านทรัพยากร" [1] ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะพื้นที่ทางการเกษตรส่วนใหญ่อยู่นอกเขตชลประทานทำให้ต้องอาศัยน้ำฝนเป็นหลักในการเพาะปลูกซึ่งมีปริมาณไม่เพียงพอ พร้อมกันนี้ด้วยสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยคาดว่าในปี 2643 โลกจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น 1.4-5.8 องศาเซลเซียส น้ำทะเลสูงขึ้นประมาณ 0.9 เมตร จะก่อให้เกิดปัญหาภาวะน้ำท่วม ฝนแล้งในบางพื้นที่ของโลก ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และภาวะโรคแมลงระบาด รวมทั้งในรอบ 10 ที่ผ่านมาประเทศไทยมีการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรดินอย่างไม่เหมาะสม อาทิการใช้ปุ๋ยเคมีมากขึ้นส่งผลให้ดินเสื่อมโทรม ดินขาดอินทรียวัตถุ จึงเป็นเหตุให้ต้องนำเข้าปุ๋ยเคมีจากต่างประเทศ ซึ่งมูลค่าการนำเข้าสินค้าส่งผลต่อต้นทุนในการผลิตภาคการเกษตรของไทย ที่ทำให้อาหารมีราคาแพงขึ้น ประชาชนจึงเข้าถึงแหล่งอาหารไม่เพียงพอ[2] มีผลทำให้ประเทศไทยนั้นมีโอกาสที่จะเผชิญกับความเสี่ยงด้านความมั่นคงทางอาหารมากยิ่งขึ้นในอนาคต

จากปัญหาดังกล่าวหากนำแนวทางการปลูกพืชเกษตรในสภาวะควบคุมสภาพแวดล้อม(Controlled Environment Agriculture, CEA) ได้แก่ การปลูกพืชไร้ดิน(soilless culture)[3] ซึ่งการปลูกพืชไร้ดินนี้ หมายถึงวิธีการปลูกพืชเพื่อให้พืชได้รับสารอาหาร หรือสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีน้ำผสมธาตุอาหารที่พืชต้องการจากทางรากพืช โดยพืชที่ปลูกจะต้องปลูกลงบนวัสดุปลูกหรือไม่ต้องมีวัสดุปลูกก็ได้[4] สำหรับการปลูกพืชลงบนสารละลายดังกล่าวนี้รากพืชจะสัมผัสกับสารละลายธาตุอาหารโดยตรง ซึ่งเรียกว่า "การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรพอนิกส์"

การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรพอนิกส์เป็นวิธีการที่ใช้ระบบแตกต่างจากการใช้ดินในการปลูก โดยใช้น้ำและสารอาหารทั้งหมดเท่าที่พืชต้องการระบบสามารถหมุนเวียนสารอาหารกลับได้(Re-circulating) จึงทำให้กระบวนการปลูกพืชดังกล่าวในระยะยาวช่วยลดต้นทุนสารเคมีต่างๆ ลงได้[5] ซึ่งเป็นข้อแตกต่างจากการใช้ดินในการปลูก รวมทั้งในภาวะปัจจุบันที่ผู้บริโภคห่วงใยสุขภาพต้องการรับประทานผักปลอดสารพิษมากขึ้น ดังนั้นการปลูกพืชด้วยวิธีดังกล่าวจึงเป็นที่สนใจกับประชาชนทั่วไปเป็นอย่างมาก ทำให้มีการนำไปทำเป็นงานอดิเรกเพื่อบริโภคในครัวเรือน และบางรายก็ขยายต่อเป็นรายได้เสริมให้กับครอบครัว

ทั้งนี้การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรพอนิกส์หากจะพัฒนาต่อไปในเชิงพาณิชย์ ยังต้องมีการควบคุมคุณภาพไม่ใช่เพียงแต่การลดการใช้สารเคมีเพื่อลดต้นทุนการผลิต แต่จำเป็นต้องควบคุมความสด สะอาด และรสชาติดี เพื่อให้ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อโดยง่าย ดังนั้นผู้ที่สนใจปลูกพืชด้วยวิธีดังกล่าวหากนำระบบอัตโนมัติมาช่วยควบคุมการให้สารอาหารกับพืชจะเป็นการช่วยให้ได้ผลผลิตตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ส่งผลให้ได้ราคาผลผลิตสูงขึ้น และต้นทุนในระยะยาวต่ำลง อีกทั้งวิธีการดังกล่าวยังช่วยลดปัญหาพื้นที่ที่ขาดความอุดมสมบูรณ์หรือพื้นที่จำกัดในแหล่งที่ที่ดินมีราคาแพง สภาพอากาศที่แปรปรวนอันก่อให้เกิดศัตรูพืช และก่อให้เกิดผลผลิตที่ด้อยคุณภาพ ไม่สม่ำเสมออันส่งผลโดยตรงต่อราคาของผลผลิตอีกด้วย

2. วัตถุประสงค์

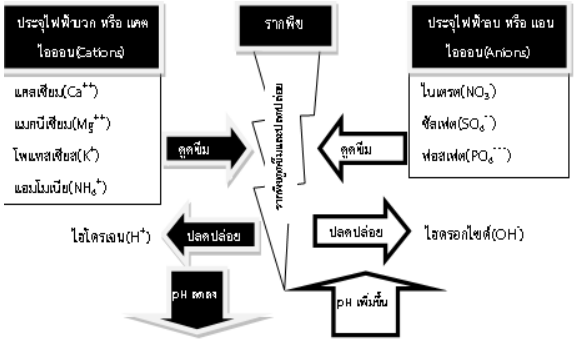
เพื่อศึกษาระบบควบคุมสารละลายอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชวิธีไฮโดรพอนิกส์

3. ทฤษฎี กรอบแนวคิดการวิจัยและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรพอนิกส์คือการปลูกพืชในน้ำที่มีธาตุอาหารพืชละลายอยู่ หรือการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารพืช ทดแทนการปลูกพืชผลการเกษตรทั่วไป ซึ่งจำเป็นต้องมีการควบคุมค่าความเข้มข้นEC และค่า pH ของสารละลายเพื่อให้พืชสามารถใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารได้อย่างครบถ้วนในทุกฤดูกาลและทุกช่วงวัยในการเจริญเติบโตของพืช สำหรับค่าความเข้มข้นและค่า pH มีความสำคัญดังต่อไปนี้

3.1 กระบวนการดูดธาตุอาหารของพืชที่ทำให้ pH เกิดการเปลี่ยนแปลง

สาเหตุที่ค่า pH เปลี่ยนแปลงเนื่องมาจากการที่รากพืชดูดธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหารแล้วปลดปล่อย ไฮโดรเจน (H^+) และไฮดรอกไซด์(OH^-) สู่สารละลายธาตุอาหาร ทำให้pH เปลี่ยนแปลง ซึ่งมี 2 กรณี คือกรณีที่ 1 ธาตุอาหารที่มีไอออนลบหรือแอนไอออน(Anions) เช่น ไนเตรต(NO_3^-)ซัลเฟต (SO_4^{2-}) ฟอสเฟต(PO_4^{3-}) แล้วปลดปล่อยไฮดรอกไซด์(OH^-) สู่สารละลายธาตุอาหาร จะทำให้สารละลายมี pH สูงขึ้น และกรณีที่ 2 ธาตุอาหารที่มีไอออนบวก หรือแคตไออ้อน(Cations) เช่น แคลเซียม(Ca^{2+}) แมกนีเซียม(Mg^{2+}) โพแทสเซียม(K^+) แอมโมเนียม(NH_4^+) แล้วปลดปล่อย(H^+) สู่สารละลายธาตุอาหาร จะทำให้สารละลายมี pH ลดลง[6] ดังภาพที่ 1



ที่มา : ดิเรก ทองอร่าม การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน(พ.ศ.2550)

ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของ pH เนื่องจากการดูดธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหารพืช

3.2 ค่า EC ที่เหมาะสมของสารละลายธาตุอาหารพืช

สารอาหารของพืชโดยทั่วไปจะคงค่า EC ระหว่าง 2.0 – 4.0 mS/cm ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สำหรับประเทศไทยนั้นจะใช้ค่า EC อยู่ระหว่าง 1.5 - 2.5 mS/cm ซึ่งจะเหมาะสมกับพืชท้องถิ่นภายในประเทศ และการควบคุม EC ของสารอาหารต้องกำหนดให้แตกต่างตามช่วงการเจริญเติบโตของพืช เช่น ขณะยังเป็นต้นกล้าจะควบคุมค่า EC ให้ต่ำกว่าเกณฑ์แล้วจึงเพิ่มขึ้นตามการเจริญเติบโตของพืช เช่น ณ ช่วงต้นกำหนดค่าที่1.0 mS/cm แต่เมื่อเจริญเติบโตไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงวันก่อนเก็บเกี่ยวก็จะเปลี่ยนเป็น 2.0 mS/cm รวมทั้งค่า EC จะแตกต่างกันไปตามระยะการเจริญเติบโตและความแข็งแรงของต้นพืช[6]

Carruthers(1988) และ Jones(1977) ได้แนะนำในการควบคุมค่า EC, pH และความเข้มข้นของสารอาหาร(ppm) สำหรับการปลูกพืชที่สำคัญ ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 pH EC และความเข้มข้นของสารอาหาร(ppm) สำหรับการปลูกพืช

ที่	พืช	pH	EC	ความเข้มข้น
			(mS/cm)	(ppm)
1	กะหล่ำปลี	6.5-7.0	2.5-3.0	1,750-2,100
2	ขึ้นฉ่าย	6.0-6.5	2.5-3.0	1,750-2,100
3	บล๊อกโคลี	6.0-6.5	1.8-2.4	1,260-1,680
4	คะน้า	6.0-6.4	1.5-3.5	1,050-2,400
5	ผักกาดหอม	6.0-6.5	0.8-1.2	560-840
6	ผักกาดหอมห่อ	6.0-6.5	0.9-1.6	630-1,400
7	ผักกาดหัว	7.0-7.2	1.8-5.0	1,260-3,540
8	ผักกาดฮ่องเต้	6.5-7.0	1.5-2.0	1,050-1,400
9	ผักโขม	5.0-7.0	1.4-1.8	980-1,260
10	ผักน้ำ	6.5-6.8	0.4-1.8	280-1,260

ที่มา : Carruthers, 1998 และ Jones, 1977

3.3 การควบคุมค่า pH ของสารละลายในระบบ

การควบคุมสารละลายในระบบให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เพื่อให้พืชสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ โดยค่า pH ของสารละลายทั่วไปควรอยู่ในช่วง 5.5-6.5 หรือควรจะอยู่ในช่วง 5.8-6.2 ซึ่งเป็นช่วงที่พืชสามารถดูดธาตุอาหารทุกตัวได้ดี สำหรับการปลูกพืชในระบบปิดต้องวัดค่า pH สม่ำเสมอโดยในการปรับค่า pH ของสารละลาย ให้อยู่ในเกณฑ์โดยใช้กรดไนตริก หรือกรดฟอสฟอริก เพราะเป็นสารเคมีที่อยู่กลุ่มธาตุอาหารหลักของพืช จึงไม่ก่อให้เกิดการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ที่ไม่สมดุลของสารละลาย[7]

4. วิธีดำเนินงาน

ระบบควบคุมสารละลายอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชวิธีไฮโดรพอนิกส์ พืชตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้ คือ กรีนโอ๊ค จำนวน 45 ต้นต่อการทดสอบระบบ 1 ครั้ง ทั้งนี้ทำการทดสอบจนกว่าระบบจะเสถียร โดยใช้ระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่เดือนเมษายน – ธันวาคม 2556

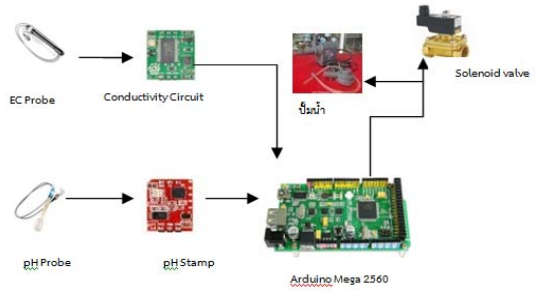
เครื่องมือที่ใช้ดำเนินการวิจัย

1. ชุดควบคุมสารละลายอัตโนมัติประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1.1 อินพุต ใช้เซนเซอร์ 2 ตัว คือ เซนเซอร์วัดค่าของ EC และ เซนเซอร์วัดค่าของ pH

1.2 การประมวลผล(ไมโครคอนโทรลเลอร์) ใช้ Arduino ET-MEGA2560 ADK

1.3 เอาท์พุต ใช้โซลินอยด์วาล์ว 1 ตัวและปั๊มน้ำขนาดเล็ก 4 ตัว



ภาพที่ 2 การเชื่อมต่อ EC และ pH เซนเซอร์กับตัวไมโครคอนโทรเลอร์ เพื่อควบคุมปั๊มน้ำและโซลินอยด์วาล์ว

2. แปลงทดสอบระบบควบคุมสารละลายอัตโนมัติ ในสภาวะการปลูกพืชจริงด้วยวิธีไฮโดรพอนิกส์

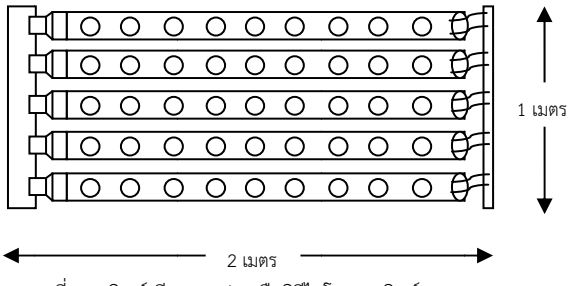
การเจริญเติบโต 7 วัน การเจริญเติบโต 14 วัน

การเจริญเติบโต 30 วัน การเจริญเติบโต 45 วัน

ภาพที่ 3 แปลงทดสอบการควบคุมสารละลายอัตโนมัติ

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยแบ่งเป็น 4 ส่วนงานดังนี้

1) การออกแบบแปลงปลูกพืชวิธีไฮโดรพอนิกส์แบบ NFT ใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าน 2.5 นิ้ว วางเรียงกันจะมีขนาดด้านกว้างเท่ากับ 1 เมตร และไม่ควรยาวเกิน 20 เมตร เพื่อป้องกันการสะสมความร้อนทำให้รากพืชขาดออกซิเจนดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 พิมพ์เขียวรางปลูกพืชวิธีไฮโดรพอนิกส์

2) การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช และสารละลายใช้ปรับค่า pH เพื่อเตรียมพร้อมในการปลูกผักไฮโดรพอนิกส์ ประกอบด้วย

- สารละลายธาตุสารอาหารที่มีความเข้มข้น 1:50
- สารละลายกรดไนตริก(NHO_3)ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์
- น้ำประปาจะมีค่า pH ประมาณ 7

3) การออกแบบชุดควบคุมสารละลายอัตโนมัติ ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

3.1 Electrical Conductivity Kit

3.2 pH Sensor Kit

3.3 ถังผสมสารละลายธาตุอาหารขนาด 80 ลิตร

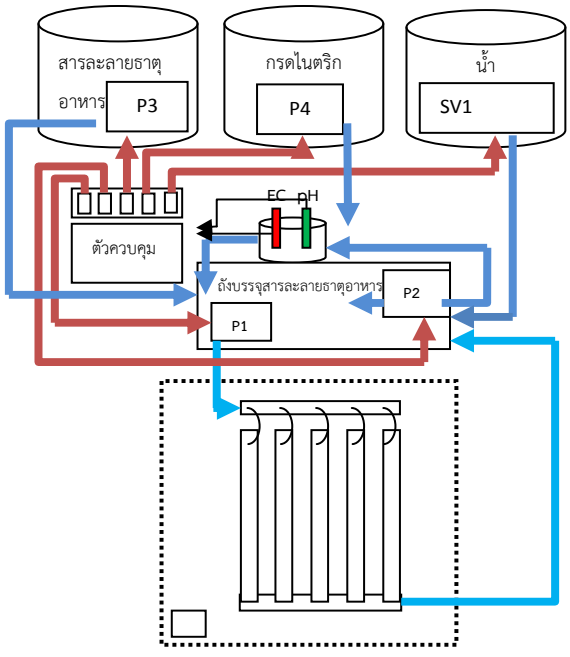
3.4 ถังบรรจุสารละลายธาตุอาหารเข้มข้น(50 เท่า) ขนาด 40 ลิตร

3.5 ถังบรรจุกรดไนตริก(NHO_3)ขนาด 20 ลิตร

3.6 ปั๊มสารละลาย P1 ปั๊มสำหรับส่งสารละลายธาตุอาหารให้ไหลหมุนเวียนในระบบ

3.7 ปั๊มสารละลาย P2 ปั๊มสำหรับส่งสารละลายธาตุอาหารให้ EC และ pH Sensor พร้อมกับคนหรือกวนสารละลายธาตุอาหารไม่ให้ตกตะกอน

3.8 ท่อ PVC ขนาด ¾ นิ้ว



ภาพที่ 5 กระบวนการควบคุมสารละลายธาตุอาหารพืช

4) ชุดควบคุมการเปิด-ปิดเพื่อนำสารละลายในข้อ 2) เข้าระบบอัตโนมัติ โดยมีเงื่อนไขการประมวลผลดังนี้

ตารางที่ 2 ตารางเงื่อนไขกำหนดให้ชุดควบคุมสารละลายทำงานอัตโนมัติ

อุปกรณ์ที่ควบคุม	เงื่อนไขในการทำงาน
ปั๊มน้ำ P3 ถังบรรจุสารละลายธาตุอาหาร	เปิด: IEC มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ปิด : IEC มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด
ปั๊มน้ำ P4 ถังบรรจุกรดไนตริก 5 %	เปิด : IPH มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 6.5 ปิด : IPH มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5.5
โซลินอยด์วาร์ว SV1 น้ำประปาหรือน้ำเปล่า	เปิด : IPH มีค่าน้อยกว่า 5.0 หรือ IEC มีค่ามากกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ปิด : IPH มีค่ามากกว่า 6.0 หรือ IEC มีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด
ปั๊มน้ำ P1	เปิด : เริ่มต้นการทำงานของระบบ หรือ P3 , P4 และ SV1 ไม่ทำงาน ปิด : P3 , P4 และ SV1 ทำงาน
ปั๊มน้ำ P2 -โหมดปกติเปิด 5 นาที ปิด 5 นาที -โหมดเติมสาร P3 , P4 และ SV1 ทำงาน	เปิด : ช่วงการทำงานปกติ(P3 , P4 และ SV1 ไม่ทำงาน) ตั้งเวลาเปิด 5 นาที : ช่วงการเติมสารละลาย(P3 , P4 หรือ SV1 ทำงาน) ตัดสัญญาณ IEC และ IPH 5 นาที และเปิดการทำงานตลอด ปิด : ช่วงการทำงานปกติ(P3 , P4 และ SV1 ไม่ทำงาน) ตั้งเวลาเปิด 5 นาที ถ้า P2 เปิดการทำงานเกิน 5 นาที และ (P3 , P4 และ SV1 ไม่ทำงาน) จะเข้าสู่โหมดปกติ

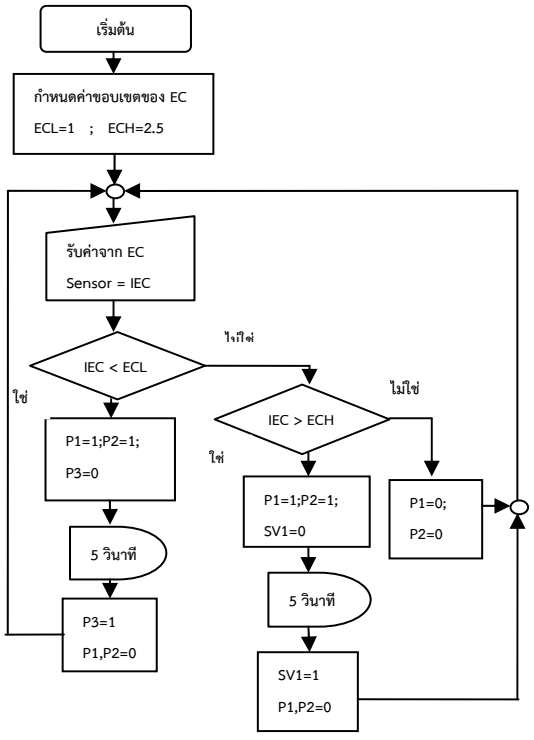
ภาพที่ 6 ต้นแบบแปลงปลูกพืชไฮโดรพอนิกส์แบบ NFT

กระบวนการรวบรวมข้อมูล

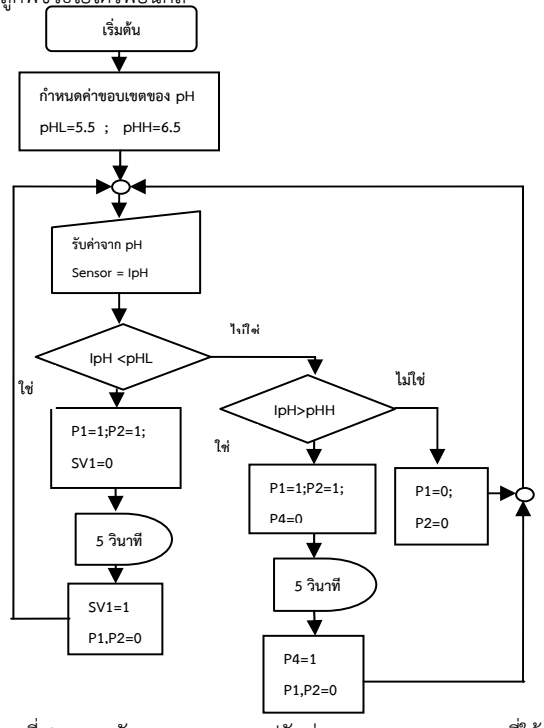
ระบบจะทำงานอัตโนมัติโดยวัดและควบคุมค่าความเข้มข้นของสารละลายตลอด 24 ชั่วโมงประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ตรวจวัดค่า ควบคุม ติดตามและแสดงผล โดยค่า EC และ pH ของสารละลายจากการตรวจวัดค่าจะข้อมูลส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเปรียบเทียบค่า EC และ pH จากการวัดกับค่า EC และ pH ที่เหมาะสมกับพืชชนิดนั้นๆ ระบบจะตรวจสอบ

ทุก ๆ 5 นาทีผ่านปั๊มน้ำตัวที่ 2 ซึ่งจะทำหน้าที่ดูดสารละลายมาเพื่อวัดค่าและกวนสารละลายเพื่อไม่ได้ตกตะกอน ถ้าค่าที่วัดได้ไม่ได้อยู่ในช่วงที่กำหนดไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุมการเปิด – ปิดวาล์วตามเวลาที่ได้คำนวณไว้

การวิเคราะห์ข้อมูล



ภาพที่ 7 แผนผังการควบคุมการปรับค่า EC ของสารละลายที่ใช้ปลูกพืชวิธีไฮโดรพอนิกส์



ภาพที่ 8 แผนผังการควบคุมการปรับค่า pH ของสารละลายที่ใช้ปลูกพืชวิธีไฮโดรพอนิกส์

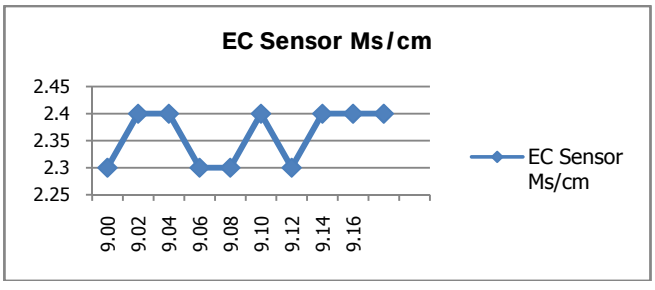
5. ผลการศึกษา/การทดลอง

ระบบควบคุมสารละลายอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชวิธีไฮโดรพอนิกส์

ตารางที่ 3 ตัวอย่างการแสดงผลการตรวจวัดค่า EC ของชุดควบคุมสารละลายอัตโนมัติ จำแนกตามระยะเวลาวัดผลทุกๆ 2 นาที

เวลา	Input	Out put			
	EC Sensor mS/cm	ปั๊มน้ำ 1	ปั๊มน้ำ 2	ปั๊มน้ำ 3	Solenoid valve
9.00	2.3	1	1	0	0
9.02	2.4	1	1	0	0
9.04	2.4	1	1	0	0
9.06	2.3	1	1	0	0
9.07	2.3	1	1	0	0
9.08	2.4	1	1	0	0
9.10	2.3	1	1	0	0
9.12	2.4	1	1	0	0
9.14	2.4	1	1	0	0
9.16	2.4	1	1	0	0

พบว่าค่าของความเข้มข้น(EC) ที่วัดได้มีค่าอยู่ระหว่าง 2.3 - 2.4 mS/cm ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในขอบเขตที่ผักต้องการจึงทำให้ปั๊มน้ำ 3 นั้นไม่มีการดูดสารละลายเข้มข้น



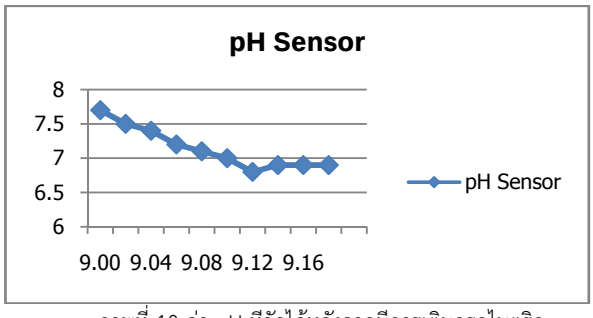
ภาพที่ 8 ค่าของความเข้มข้น(EC) ที่วัดได้มีแนวโน้มที่ไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 2.3 - 2.4 mS/cm ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในขอบเขตที่ระบุไว้

ตารางที่ 4 ตัวอย่างการแสดงผลการตรวจวัดค่า pH ของชุดควบคุมสารละลายอัตโนมัติ จำแนกตามระยะเวลาวัดผลทุกๆ 2 นาที

เวลา	Input	Out put			
	pH Sensor	ปั๊มน้ำ 1	ปั๊มน้ำ 2	ปั๊มน้ำ 4	Solenoid valve
9.00	7.7	1	1	1	0
9.02	7.5	1	1	1	0
9.04	7.4	1	1	1	0

เวลา	Input	Out put			
	pH Sensor	ปั๊มน้ำ 1	ปั๊มน้ำ 2	ปั๊มน้ำ 4	Solenoid valve
9.06	7.2	1	1	1	0
9.07	7.1	1	1	1	0
9.08	7.0	1	1	0	0
9.10	6.8	1	1	0	0
9.12	6.9	1	1	0	0
9.14	6.9	1	1	0	0
9.16	6.9	1	1	0	0

พบว่าค่า pH ที่วัดได้มีค่า 7.7 ซึ่งเป็นค่าที่เกินกว่าขอบเขตที่ผักต้องการปั๊ม 4 จึงเริ่มทำงาน(มีค่าเป็น 1) ค่า pH ได้ลดลงตามลำดับ จนถึงค่า 7.0 ปั๊มจึงหยุดการทำงาน(มีค่าเป็น 0)



ภาพที่ 10 ค่า pH ที่วัดได้หลังจากมีการเติมกรดไนตริก

มีแนวโน้มลดลงจนถึงค่าที่ได้ค่าที่ได้กำหนดไว้ ค่า pH ที่ได้ก็จะคงที่

6. สรุปและการอภิปรายผล

ระบบควบคุมความเข้มข้นของสารละลายการปลูกพืชไฮโดรพอนิกส์สามารถวัดค่าความเข้มข้นของสารละลายได้ในช่วง 11 – 92,00ไมโคซีเมนต์ และวัดค่าความเป็นกรด-ด่างได้ในช่วง .01 – 14 ซึ่งครอบคลุมตามเกณฑ์ที่กำหนดจากความต้องการสารอาหารของพืชสำหรับการสำหรับการเจริญเติบโต การควบคุมปั๊มน้ำเพื่อปรับสมดุลของระบบพบว่าปั๊มน้ำสามารถดูดสารละลายได้โดยเฉลี่ย 31.4 มิลลิลิตรต่อวินาที การทำงานของระบบจะทำการวัดค่าความเข้มข้นและค่าความเป็นกรด – ด่าง ที่แปลงปลูก ส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าทั้ง 2 สำหรับสำหรับพืชแต่ละชนิด หากค่าความเข้มข้นไม่สมดุล ไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุมปั๊มน้ำตัวที่ 3 ให้ดูดสารละลายธาตุอาหารพืช แต่หากความเป็นกรด-ด่างสูงเกิน ไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุมปั๊มน้ำตัวที่ 4 ให้ดูดกรดไนตริก เพื่อปรับสมดุลของระบบ

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะต่อการนำไปใช้ประโยชน์

- ชุดควบคุมสารละลายอัตโนมัติจะช่วยให้ค่า EC และ pH ของสารละลายอยู่ในช่วงที่พืชต้องการ ทำให้พืชนั้นมีลักษณะที่สมบูรณ์ และลักษณะของผลผลิตให้สม่ำเสมอทุกฤดูกาลอันส่งผลโดยตรงต่อราคาขายของผลผลิต

- ชุดควบคุมสารละลายอัตโนมัติจะช่วยให้ค่า EC และ pH ของสารละลายอยู่ในช่วงที่พืชต้องการ ทำให้ทราบปริมาณสารละลายที่พืชต้องการในแต่ละช่วง ช่วยให้ทราบต้นทุนในการปลูกพืช เพื่อการกำหนดราคาได้ล่วงหน้าในทุกฤดูกาล

7.2 สำหรับการวิจัยครั้งต่อไป สำหรับแปลงปลูกพืชวิธีไฮโดรพอนิกส์ขนาดใหญ่หรือมีพื้นที่กว้าง สามารถพัฒนาระบบการควบคุมสารละลายอัตโนมติผ่านสมาร์ทโฟน(Smart phone) หรือเทบเล็ท(tablet) เพื่อให้อำนวยความสะดวกต่อผู้ผลิตในการควบคุมการดูแลพืชและแจ้งเตือนระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

8. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำงานวิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชียในการสนับสนุนทุนในครั้งนี้ และรองศาสตรจารย์ดิเรก ทองอร่าม ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำวิธีการปลูกผักไฮโดรพอนิกส์

9. เอกสารอ้างอิง

[1] คณะอนุกรรมการจัดทำแผนเพื่อการบริหารความมั่นคงทางด้านอาหาร, "กรอบยุทธศาสตร์ความมั่นคงด้านอาหาร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์(พ.ศ.2556-2559)", กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2555.

[2] Food and Agriculture. Organization of the United Nations(FAO), "Global food security index 2012", Economist Intelligence Unit, p 10, 2012

[3] มัฆวาล หอสุวรรณ์ และคณะ, "คู่มือการปลูกพืชไร้ดิน"บ ศูนย์เกษตรกรรมบางไทร จำกัด, กรุงเทพฯ, 2548

[4] รศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ, "การปลูกพืชในวัสดุปลูก",สืบค้นเมื่อวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2557 จาก http://www.kmitl.ac.th/hydro/Substratdoc.htm

[5] แอนโทนิต เพี้ยตร และคณะ, "การปลูกผักเมืองหนาวโดยเทคนิคไฮโดรโพนิกส์" โครงการบัณฑิตศึกษา สาขาMBA คณะพานิชย์ศาสตร์และการบัญชีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2542.

[6] ดิเรก ทองอร่าม, "การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน : หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย",หน้า 384-396, ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน), กรุงเทพฯ, 2550.

[7] วัฒนา เสถียรสวัสดิ์ และเปรมจิตต์ สระวาสี, "สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่มที่ 27 ไฮโดรพอนิกส์", กรุงเทพฯ, 2548.