ระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอชสำหรับการปลูกพืชวิธีไฮโดรโปนิกส์

วิทยานิพนธ์

ของ

เกริกฤทธิ์ ภูพานเพชร

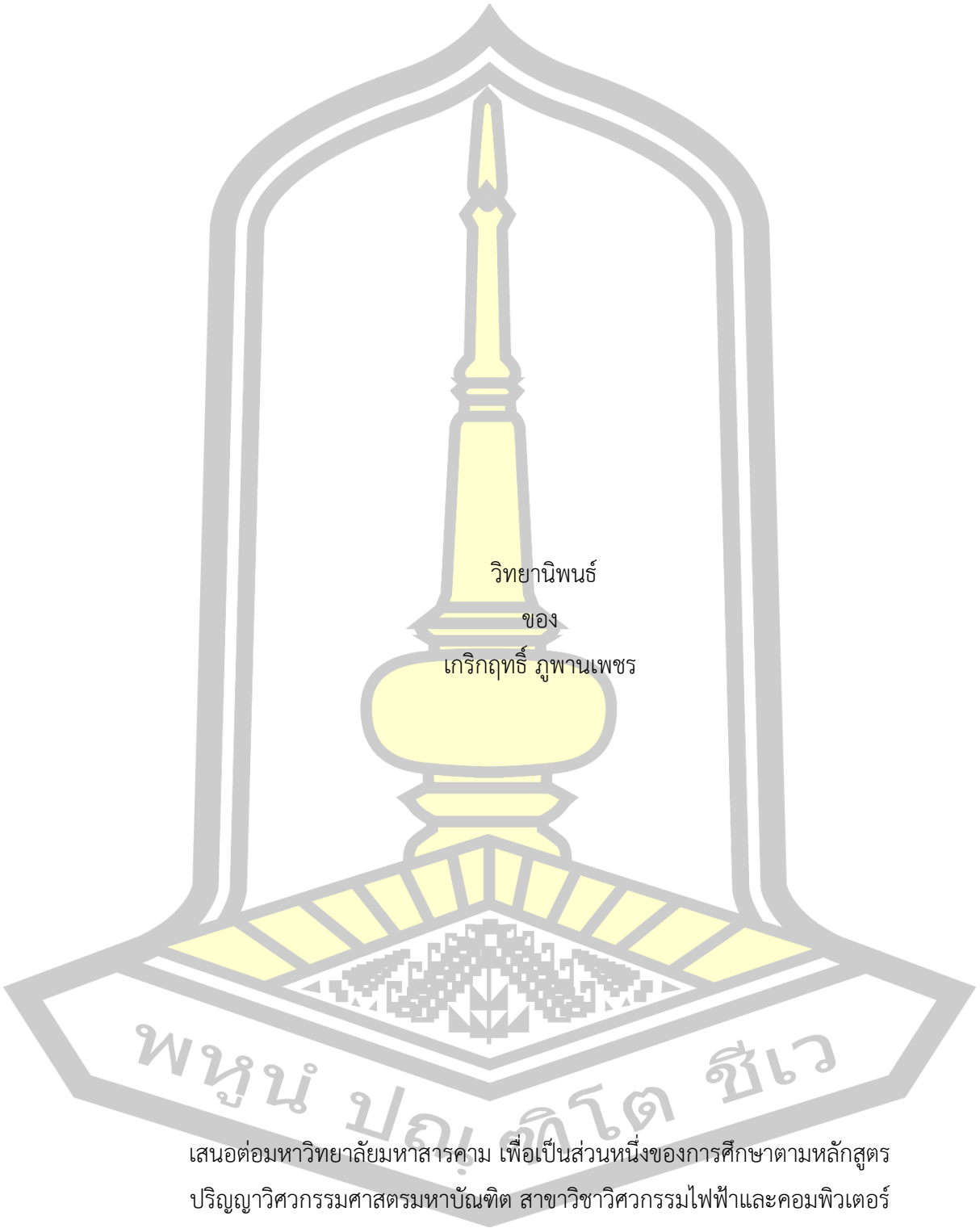
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

มีนาคม 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอชสำหรับการปลูกพืชวิธีไฮโดรโปนิกส์



วิทยานิพนธ์

ของ

เกริกฤทธิ์ ภูพานเพชร

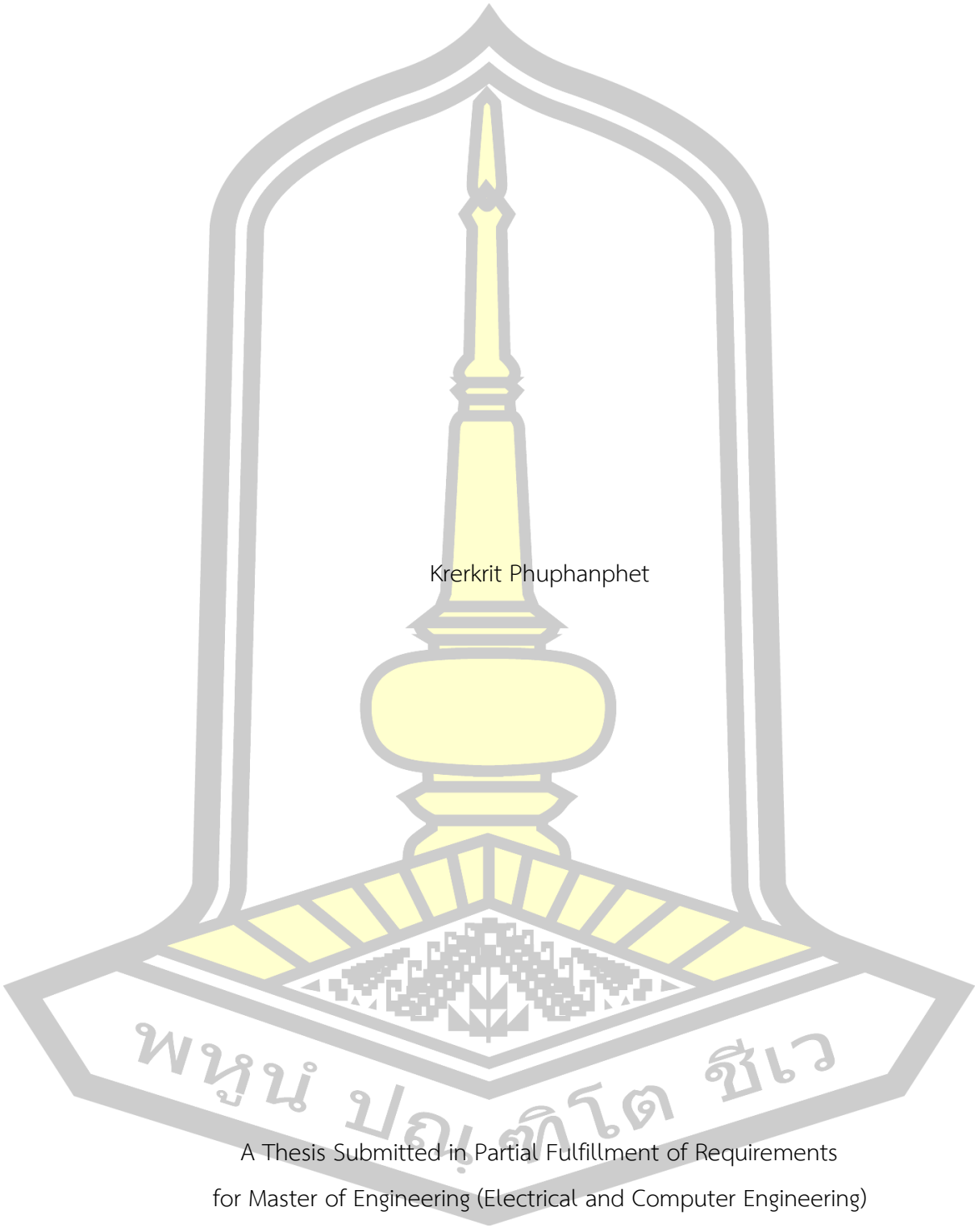
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

มีนาคม 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Fertility Control System and pH Value For Hydroponics Cultivation



Krerkrit Phuphanphet

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Engineering (Electrical and Computer Engineering)

March 2019

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายเกริกฤทธิ์ ภูพานเพชร แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. อดิเรก จันตะคุณ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รศ. ดร. วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. นิวัตร์ อังควิศิษฐพันธ์)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. ชลธี โพธิ์ทอง)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

.....
(ผศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

พหุน ปณฺฑิโต ชีวา

ชื่อเรื่อง ระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอชสำหรับการปลูกพืชวิธีไฮโดรโปนิกส์
ผู้วิจัย เกริกฤทธิ์ ภูพานเพชร
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2562

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ ศึกษาเซ็นเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช และทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่ได้สร้างขึ้น โดยนำเสนอระบบควบคุมสารอาหารอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ จะใช้เซนเซอร์วัดค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ได้และส่งมาประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

ผลการวิจัยปรากฏดังนี้

1. ผลของศึกษาเซนเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูร์ได้ค่าแรงดันไฟฟ้าอยู่ในช่วง 90-120 มิลลิโวลต์ เมื่อนำไปเทียบกับค่าที่ได้จากเครื่องมือค่าอีซีอยู่ในช่วง 67-138 ไมโครซีเมนต์ต่อตารางเซนติเมตรผลของระดับแรงดันเฉลี่ยของเซนเซอร์วัดค่าพีเอชได้ค่าแรงดันไฟฟ้าอยู่ในช่วง 43-60 มิลลิโวลต์ เมื่อนำไปเทียบกับค่าที่ได้จากเครื่องมือค่าพีเอชจะอยู่ในช่วง 6.52-7.22 โดยสองค่านี้จะแปรผกผันกันเมื่อค่าความเข้มข้นของสารละลายมากขึ้นเครื่องมือวัดค่าพีเอชก็จะมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย ส่วนค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเซนเซอร์วัดค่าพีเอชก็จะมีระดับแรงดันเฉลี่ยที่ลดลงไปตามค่าความเข้มข้นของสารละลาย

2. ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่ได้สร้างขึ้น ระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอชสำหรับการปลูกพืชวิธีไฮโดรโปนิกส์สามารถวัดค่าความอุดมสมบูรณ์ในช่วง 53-130 ไมโครซีเมนต์ต่อตารางเซนติเมตรและระบบสามารถทำการปรับค่าให้อยู่ในช่วงที่ได้ตั้งไว้ อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

คำสำคัญ : ระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์, ค่าพีเอช, การปลูกพืชวิธีไฮโดรโปนิกส์

TITLE Fertility Control System and pH Value For Hydroponics Cultivation

AUTHOR Krerkrit Phuphanphet

ADVISORS Associate Professor Worawat Sa-Ngiamvibool , Ph.D.

DEGREE Master of Engineering **MAJOR** Electrical and Computer Engineering

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2019

ABSTRACT

This research aims to study the average pressure level of the fertility sensor and the pH value. And test the performance of the generated system. By providing an automatic nutrient control system for the plantation by hydroponics. The sensor can measure the voltage signal and send it to the microcontroller.

The results are as follows :

1. The effect of the average voltage level of the borehole sensor is in the range of 90-120 millivolts when compared to the value of the instrument. The EC values range from 67 to 138 us/cm. The effect of the average voltage level of the pH sensor is in the range of 43-60 millivolts, when compared to the value of the tool, the pH value is in the range of 6.52-7.22 us/cm. These two values are inversely proportional to the mean density of the pressure. The average decrease in the concentration of the solution.

2. Results of the performance test of the built-in system. Fertilizer control and pH adjustment for hydroponics. The hydroponics method can measure fertilizer concentration in the range of 53-130 us/cm and the system can be adjusted in the set range,to the acceptable range.

Keyword : Fertility Control System, pH Value, Hydroponics Cultivation

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาและความช่วยเหลือให้ข้อเสนอแนะ คำปรึกษา แนะนำ ความคิดเห็น และกำลังใจแก่ผู้เขียน

ขอขอบพระคุณ รองศาตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้แนวคิดความรู้ทางวิชาการ ตรวจสอบวิทยานิพนธ์ทุกขั้นตอน ตลอดจนให้กำลังใจผู้เขียน ซึ่งเป็นผลให้ผู้เขียนมีความสามารถในการทำงานและพัฒนางาน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ เพื่อนนักศึกษาปริญญาโทที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์อย่างมาก

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ๆ ญาติ ผู้ให้โอกาสให้ความรู้ให้คำแนะนำกำลังทรัพย์และกำลังใจ ขอขอบพระคุณบูรพาจารย์ที่ประสิทธิประสาทวิชาอันเป็นประโยชน์ที่ยิ่งใหญ่แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคลที่ไม่ได้เอ่ยชื่อมา ณ ที่นี้ แต่ได้มีส่วนช่วยเหลือและเป็นกำลังใจสนับสนุนในภาคนิพนธ์เล่มนี้จนสำเร็จด้วยดี

เกริกฤทธิ์ ภูพานเพชร

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพประกอบ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและปัญหาของงานวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย 2

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.5 ประโยชน์ของการวิจัย 2

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 ความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ 3

2.2 ประโยชน์ของของการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ 5

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ 6

2.4 ระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ 8

2.5 ความอุดมสมบูรณ์ธาตุอาหาร 10

2.6 การควบคุมและการวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 14

2.7 การควบคุมค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) 17

2.8 สภาพนำไฟฟ้า (Conductivity) 17

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21
2.9.1 งานวิจัยในประเทศ 21
2.9.2 งานวิจัยต่างประเทศ 23
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 25
3.1 การออกแบบส่วนเซนเซอร์รับค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช 25
3.2 การออกแบบระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช 27
3.3 การออกแบบการทำงานของโปรแกรม 29
3.4 การทดสอบการทำงานของระบบ 31
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 32
4.1 ผลการศึกเซ็นเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช 32
4.2 ผลวิเคราะห์การทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่ได้สร้างขึ้น 41
4.3 ผลการทดสอบ 42
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 45
5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 45
5.2 สมมุติฐานของการวิจัย 45
5.3 สรุปผล 45
5.4 ข้อเสนอแนะ 46
บรรณานุกรม 47
ประวัติผู้เขียน 50

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ปริมาณของธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญและพัฒนาของพืช 12
ตารางที่ 2 ตัวอย่างชนิดธาตุอาหารรูปแบบของไอออนในสารละลาย ชนิดปุ๋ย และสูตรปุ๋ย 12
ตารางที่ 3 แสดงสภาพนำไฟฟ้าของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ 25 องศาเซลเซียส 1 19
ตารางที่ 4 แสดงสภาพนำไฟฟ้าของสารละลายเทียบกับปริมาณของแข็งทั้งหมด 20
ตารางที่ 5 แสดงสภาพนำไฟฟ้าของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 0.01 M ที่อุณหภูมิต่างๆ 21
ตารางที่ 6 ตารางเงื่อนไขกำหนดให้ชุดควบคุมของระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช 31
ตารางที่ 7 ค่าแรงดันเฉลี่ยจากการทดลองที่ 1 สัดส่วนสารละลาย A คงที่ แล้วเติม B 32
ตารางที่ 8 ค่าแรงดันเฉลี่ยจากการทดลองที่ 1 สัดส่วนสารละลาย A คงที่ แล้วเติม B (ต่อ) 33
ตารางที่ 9 ค่าแรงดันเฉลี่ยจากการทดลองที่ 2 สัดส่วนสารละลาย B คงที่ แล้วเติม A 33
ตารางที่ 10 การทดลองระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช แบบการตั้งค่า 42

สารบัญภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบที่ 1 การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ 4

ภาพประกอบที่ 2 การปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ระบบ Nutrient Film Technique (NFT) 8

ภาพประกอบที่ 3 การปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ระบบ ดีเอฟที (Deep Flow Technique – (DFT) 9

ภาพประกอบที่ 4 ไฮโดรโปนิกส์ระบบ ดีอาร์เอฟที Dynamic Root Floating Technique (DRFT) 10

ภาพประกอบที่ 5 แสดงหลักการที่ใช้วัดค่า pH 15

ภาพประกอบที่ 6 แสดงหลักการที่ใช้วัดค่า pH 16

ภาพประกอบที่ 7 แสดงหลักการที่ใช้วัดค่าความนำไฟฟ้า 18

ภาพประกอบที่ 8 เซนเซอร์ค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช 25

ภาพประกอบที่ 9 เซนเซอร์ค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช 26

ภาพประกอบที่ 10 การออกแบบระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช 27

ภาพประกอบที่ 11 การออกแบบโครงสร้างของชั้นวางอุปกรณ์ 28

ภาพประกอบที่ 12 การออกแบบการจัดวางของถังบรรจุสารต่างๆ และถังที่ใช้ผสม 28

ภาพประกอบที่ 13 การออกแบบการจัดวางโดยรวมทั้งระบบการทำงาน 29

ภาพประกอบที่ 14 แผนผังการทำงานของระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์ 29

ภาพประกอบที่ 15 การทำงานของโปรแกรมควบุมระบบค่าพีเอชในระบบ 30

ภาพประกอบที่ 16 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากสารละลาย A : B โดยสัดส่วนของสารละลาย A คงที่ 34

ภาพประกอบที่ 17 ค่าความนำไฟฟ้าที่วัดได้จากสารละลาย A : B โดยสัดส่วนของสารละลาย A คงที่ 34

ภาพประกอบที่ 18 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้าและค่าความนำไฟฟ้าที่วัดได้จากสารละลาย A : B โดยสัดส่วนของสารละลาย A คงที่ 35

ภาพประกอบที่ 19 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากสารละลาย A : B โดยสัดส่วนของสารละลาย B คงที่ 36

ภาพประกอบที่ 20 ค่าความนำไฟฟ้าที่วัดได้จากสารละลาย A : B โดยสัดส่วนของสารละลาย B คงที่ 36

ภาพประกอบที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้าและค่าความนำไฟฟ้าที่วัดได้จากสารละลาย A : B โดยสัดส่วนของสารละลาย B คงที่..... 37

ภาพประกอบที่ 22 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากสารละลาย A : B โดยสัดส่วนของสารละลาย A คงที่ 38

ภาพประกอบที่ 23 แสดงค่าพีเอชที่วัดได้จากสารละลาย A : B โดยสัดส่วนของสารละลาย A คงที่. 38

ภาพประกอบที่ 24 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้าและค่าพีเอชที่วัดได้จากสารละลาย A : B โดยสัดส่วนของสารละลาย A คงที่..... 39

ภาพประกอบที่ 25 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากสารละลาย A : B โดยสัดส่วนของสารละลาย B คงที่ 40

ภาพประกอบที่ 26 แสดงค่าพีเอชที่วัดได้จากสารละลาย A : B โดยสัดส่วนของสารละลาย B คงที่. 40

ภาพประกอบที่ 27 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้าและค่าพีเอชที่วัดได้จากสารละลาย A : B โดยสัดส่วนของสารละลาย B คงที่..... 41

ภาพประกอบที่ 28 แสดงค่าความอุดมสมบูรณ์จากค่าที่ตั้งไว้เปรียบเทียบกับค่าที่ระบบปรับได้..... 43

ภาพประกอบที่ 29 แสดงค่าพีเอชจากค่าที่ตั้งไว้เปรียบเทียบกับค่าที่ระบบปรับได้..... 43

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและปัญหาของงานวิจัย

การปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรโปนิกส์นั้นเริ่มมาจากการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ธาตุอาหารต่างๆ ในการปลูกพืช ซึ่งมีมาตั้งแต่หลายพันปีก่อนสมัยของอริสโตเติล จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์พบว่านักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้เขียนบันทึกต่างๆ (ดิเรก ทองอร่าม, 2547) ไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics) เป็นการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแต่ใช้น้ำที่มีธาตุอาหารพืชละลายอยู่ หรือ การปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารพืชทดแทน ซึ่งนับเป็นวิธีการใหม่ในการปลูกพืช โดยเฉพาะการปลูกผักและพืชที่ใช้เป็นอาหาร เนื่องจากประหยัดพื้นที่ และไม่ปนเปื้อนกับสารเคมีต่างๆ ในดิน ทำให้ได้พืชผักที่สะอาดเป็นอาหารซึ่งใน ปัจจุบันนี้มีเทคนิคการปลูกพืชแบบไร้ดินหลายแบบด้วยกัน (นพดล เรียบเลิสหิรัญ, 2550)

การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์มีข้อดีคือสามารถผลิตพืชที่ได้ผลผลิตมากโดยใช้พื้นที่น้อยหรือใช้พื้นที่ไม่เหมาะสมที่จะทำการเกษตร ดังนั้นจึงสามารถเลือกพื้นที่ปลูกใกล้แหล่งชุมชนได้ดี เนื่องจากสามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่องและสามารถเพิ่มรอบการผลิต ซึ่งการปลูกพืชบนดินจะทำได้ยาก โดยปกติแล้วอายุการเก็บเกี่ยวจะเร็วกว่าการปลูกบนดิน เพราะสามารถใช้ปัจจัยการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพและยังสามารถช่วยประหยัดน้ำและปุ๋ยได้เป็นอย่างดี ที่สำคัญคือสามารถตัดปัญหาเรื่องการปนเปื้อนของดินและลดการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช (พุทธิพงศ์ เหมะวานิช, 2550)

ในการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์นั้นมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชที่สามารถแบ่งได้ 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยในพืชเป็นปัจจัยทางด้านพันธุกรรม ซึ่งพันธุกรรมจะเป็นตัวกำหนดลักษณะต่างๆ ของพืช ที่เรียกว่า ยีน (Gene) เช่น การเจริญเติบโตของพืช สี ความสูง และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ แสง อุณหภูมิ องค์ประกอบของอากาศ คุณภาพน้ำ ปฏิกิริยา (pH) และธาตุอาหารพืช (อำพา คำวงษา, 2553)

การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์หรือการปลูกพืชด้วยการให้รากแช่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืช (Water Culture หรือ Hydroponics) สามารถแบ่งออกได้ 3 ระบบ ได้แก่ ระบบเอ็นเอฟทีเป็นการปลูกพืชโดย รากแช่อยู่ในสารละลายโดยตรง สารละลายธาตุอาหารจะไหลเป็นแผ่นฟิลม์บางๆ ระบบดีเอฟทีเป็นระบบที่ปลูกพืชโดยรากแช่อยู่ในสารละลายลึกประมาณ 15 – 20 เซนติเมตร กว้าง 50 – 80 เซนติเมตร และยาว 1–10 เมตร โดยมีการปลูกพืชบนแผ่นโฟมหรือวัสดุที่ลอยน้ำได้เพื่อยึดลำต้นแต่จะปล่อยให้รากเป็นอิสระในน้ำ และระบบดีอาร์เอฟทีเป็นระบบการปลูกพืชที่เน้นการ

ปลูกพืชให้รากพืชแช่อยู่ในน้ำส่วนหนึ่งและอีกส่วนหนึ่งสร้างรากอากาศเพื่อช่วยในการหายใจ (ดิเรก ทองอร่าม, 2547)

โดยการปลูกพืชวิธีไฮโดรโปนิกส์จะมีปัจจัยที่สำคัญในการปลูกคือ ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหาร หมายถึง ความสมบูรณ์ของสารละลายธาตุอาหาร ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนั้นพืชจะได้รับธาตุอาหารจากสารละลายธาตุอาหาร ดังนั้นในสารละลายธาตุอาหารจะประกอบด้วยธาตุอาหารที่พืชต้องการนำเอาไปใช้ซึ่งในปัจจุบันการวัดค่าความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารทำได้โดยการวัดค่าความเข้มข้นของสารละลายโดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดระดับปริมาณ ค่าความนำไฟฟ้าและค่าความเป็นกรดของสารละลายธาตุอาหาร (พุทธิพงศ์ เหมะวณิช, 2550)

จากที่กล่าวมาดังกล่าว วิทยานิพนธ์นี้จึงนำเสนอระบบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอชสำหรับการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ ด้วยการประยุกต์ใช้เครื่องวัดค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช มาสร้างระบบควบคุมการเติมสารละลายที่พืชต้องการ และปรับค่าพีเอชในสารละลายให้มีค่าพอเหมาะตามที่พืชต้อง เพื่อให้นำไปทดสอบใช้งานในการปลูกพืชจริงในแปลงทดสอบที่ได้สร้างขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาเซ็นเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช
2. ทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่ได้สร้างขึ้น

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

การใช้เซ็นเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์ ไม่แตกต่างจากอีซีเซนเซอร์

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. ระบบการควบคุมความอุดมสมบูรณ์ที่ได้สร้างขึ้นจะสามารถควบคุมค่าที่ตั้งไว้โดยจะมีค่าอยู่ในช่วง 53 ไมโครซีเมนต์ต่อตารางเซนติเมตร ถึง 130 ไมโครซีเมนต์ต่อตารางเซนติเมตร
2. สร้างเครื่องต้นแบบเพื่อนำมาใช้ในระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์โดยใช้สารละลายเอบีในการปลูกพืชวิธีไฮโดรโปนิกส์

1.5 ประโยชน์ของการวิจัย

1. ได้ทราบปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์
2. ได้ระบบควบคุมต้นแบบในการควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอชในสารละลาย
3. ได้ทราบถึงประสิทธิภาพของระบบต้นแบบที่สร้างขึ้น

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้อนี้อธิบายถึงทฤษฎีพื้นฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ ซึ่งกล่าวถึง ความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ ประโยชน์ของของการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ ระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ สารละลายธาตุอาหาร ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหาร การควบคุมและการวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH) การควบคุมค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) สภาพนำไฟฟ้า (Conductivity) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์

2.2 ประโยชน์ของของการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์

2.4 ระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์

2.5 ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหาร

2.6 การควบคุมและการวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

2.7 การควบคุมค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)

2.8 สภาพนำไฟฟ้า (Conductivity)

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์

2.1.1 ประวัติความเป็นมาของการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์

ไฮโดรโปนิกส์ (hydroponics) เป็นคำที่มาจากภาษากรีก 2 คำ คือคำว่า hydro ซึ่งแปลว่าน้ำ และคำว่า ponos แปลว่าทำงานหรือแรงงาน เมื่อรวมกันจึงมีความหมายว่าการทำงานที่เกี่ยวข้องกับน้ำ ประวัติความเป็นมาของการปลูกพืชโดยวิธีนี้นั้นเริ่มมาจากการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ธาตุอาหารต่างๆ ในการปลูกพืช ซึ่งมีมาตั้งแต่หลายพันปีก่อนสมัยของอริสโตเติล จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์พบว่านักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้เขียนบันทึกต่างๆ ทางพฤกษศาสตร์ขึ้นและปรากฏจนทุกวันนี้ แต่การปลูกพืชตามหลักการทางวิทยาศาสตร์นั้นเริ่มขึ้นประมาณ 300 ปีมาแล้ว คือประมาณ ค.ศ. 1699 John Woodward นักพฤกษศาสตร์ชาวอังกฤษได้พยายามทำการทดลอง เพื่อหาคำตอบว่าอนุภาคของของแข็งและของเหลวที่อยู่ในดินมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช

อย่างไร ต่อมาปี ค.ศ. 1860-1865 นักวิทยาศาสตร์ชื่อ Sachs และ Knop นับเป็นผู้ริเริ่มปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ โดยการปลูกพืชด้วยสารละลายเกลือ อนินทรีย์ต่างๆ เช่น โพแทสเซี่ยมฟอสเฟต โพแทสเซี่ยมไนเตรต ซึ่งให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซี่ยม แมกนีเซียม กำมะถัน แคลเซียม และเหล็ก ภายหลังมีการพัฒนาสูตรธาตุอาหารพืชเรื่อยมา จนถึงปี ค.ศ. 1920-1930 William F.Gericke แห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย ประสบความสำเร็จในการปลูกมะเขือเทศในสารละลายธาตุอาหาร โดยพืชมีการเจริญเติบโตสมบูรณ์และให้ผลผลิตเร็ว นับเป็นจุดเริ่มต้นของการนำเทคนิคการปลูกพืชโดยวิธีนี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อปลูกพืชเป็นการค้า (ดิเรก ทองอร่าม, 2547) ดังภาพประกอบที่ 1 และได้มีการพัฒนาเทคนิควิธีการและส่วนประกอบในสารละลายเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน

ภาพประกอบที่ 1 การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์

ที่มา: การปลูกพืชไร้ดิน (2547)

2.1.2 ความสำคัญของการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์

ไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics) เป็นการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแต่ใช้น้ำที่มีธาตุอาหารพืชละลายอยู่ หรือ การปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารพืชทดแทน ซึ่งนับเป็นวิธีการใหม่ในการปลูกพืชโดยเฉพาะการปลูกผักและพืชที่ใช้เป็นอาหาร เนื่องจากประหยัดพื้นที่ และไม่ปนเปื้อนกับสารเคมีต่างๆ ในดิน ให้ได้พืชผักที่สะอาดเป็นอาหาร ปัจจุบันนี้ในเทคนิคการปลูกพืชแบบไร้ดินหลายแบบด้วยกัน (นพดล เรียบเลิสหิรัญ, 2550)

ปัจจุบัน การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์มีเทคนิคที่คิดค้นใหม่ๆ หลากหลายรูปแบบ มิได้จำกัดอยู่เฉพาะการปลูกพืชในน้ำ (Water Culture) เท่านั้น บางกรณีมีการใช้วัสดุปลูก

(Substrate) ทดแทนดินทั้งหมดและรดด้วยสารละลายธาตุอาหารพืช ซึ่งเรามักเรียกว่า ซับส์เทรต คัลเจอร์ (Substrate Culture) หรือมีเดีย คัลเจอร์ (Media Culture) หรือแอกกรีเกตไฮโดรโปนิกส์ (Aggregate hydroponics) เทคนิคดังกล่าวนิยมเรียกว่า การปลูกโดยไม่ใช้ดิน หรือ การปลูกพืชไร้ดิน (Soilless Culture) ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าเทคนิคการปลูกพืชในน้ำก็ดี หรือการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์รูปแบบอื่นๆ ก็ดี บางครั้งก็อาจเรียกรวมๆ ว่า Soilless Culture แทนคำว่า Hydroponics ก็ได้

ไฮโดรโปนิกส์ มีประโยชน์หลักๆ 2 ประการด้วยกัน ประการแรกคือช่วยให้มีสิ่งแวดล้อมที่ควบคุมได้มากขึ้นสำหรับการเติบโตของพืช แทนที่จะเป็นการใช้ดินอย่างเดิม ทำให้กำจัดตัวแปรที่ไม่ทราบออกไปจากการทดลองได้จำนวนมาก ประการที่สองก็คือ พืชหลายชนิดจะให้ผลผลิตได้มากในเวลาที่น้อยกว่าเดิม และในบางครั้งก็มีคุณภาพที่ดีกว่าเดิมด้วย ซึ่งในสภาพแวดล้อมและสภาพการเศรษฐศาสตร์หนึ่งๆ การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์จะให้ผลกำไรแก่เกษตรกรมากขึ้น และด้วยการปลูกที่ไม่ใช้ดินจึงทำให้พืชไม่มีโรคที่เกิดในดิน ไม่มีวัชพืช ไม่ต้องจัดการดิน และยังสามารถปลูกพืชใกล้กันมากได้ ด้วยเหตุนี้พืชจึงให้ผลผลิตในปริมาณที่มากกว่าเดิมขณะที่ใช้พื้นที่จำกัด นอกจากนี้ยังมีการใช้น้ำน้อยมากเพราะมีการใช้ภาชนะ หรือระบบวนน้ำแบบปิด เพื่อหมุนเวียนน้ำ เมื่อเทียบกับการเกษตรแบบเดิมแล้วนับว่าใช้น้ำเพียงส่วนน้อยนิดเท่านั้น

ด้วยคุณภาพที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ไฮโดรโปนิกส์มีประโยชน์กับการปลูกพืชที่ไม่ใช่วิธีการแบบเดิมๆ นักเขียนนิยายวิทยาศาสตร์ได้เสนอมานานแล้วว่า ไฮโดรโปนิกส์นั้นจะทำให้สถานีอวกาศ หรือ ยานอวกาศ สามารถปลูกพืชไร้ดินได้เอง และคุณสมบัติดังกล่าวนี้ทำให้ไฮโดรโปนิกส์เหมาะอย่างยิ่งสำหรับผู้ที่ต้องการปลูกพืชโดยการการควบคุมปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้มากที่สุด และมีความหนาแน่นสูงสุด

2.2 ประโยชน์ของของการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์

การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์มีข้อดีคือสามารถผลิตพืชที่ได้ผลผลิตมากโดยใช้พื้นที่น้อยหรือใช้พื้นที่ไม่เหมาะสมที่จะทำการเกษตร ดังนั้นจึงสามารถเลือกพืนที่ปลูกใกล้แหล่งชุมชนได้ดีเนื่องจากสามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่องและสามารถเพิ่มรอบเวรการผลิต ซึ่งการปลูกพืชบนดินจะทำได้ยาก โดยปกติแล้วอายุการเก็บเกี่ยวจะเร็วกว่าการปลูกบนดิน สามารถใช้ปัจจัยการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพและยังสามารถช่วยประหยัดน้ำและปุ๋ยได้เป็นอย่างดี ที่สำคัญคือสามารถตัดปัญหาเรื่องการปนเปื้อนของดินและลดการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช ส่วนข้อเสียก็คือมีการลงทุนเริ่มจ้นค่อนข้างสูงต้องการการดูแลและจัดการมากกว่าการปลูกพืชบนดิน (พุทธิพงศ์ เหมะวานิช, 2550) ซึ่งมีข้อดี-ข้อเสียของการปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์มีดังต่อไปนี้

ข้อดีของการปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ มีดังนี้

1) ไม่ต้องใช้ดิน เพราะดินของโลกแต่ละที่จะมีความแตกต่างทั้งแร่ธาตุและความร่วนซุย

2) น้ำที่นำมาใช้ในระบบ สามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้ เป็นการประหยัดน้ำถ้าเทียบกับปลูกพืชธรรมดา ที่น้ำจะซึมลงดินชั้นล่างหมด

3) สามารถควบคุมปริมาณปุ๋ยหรือแร่ธาตุที่ให้พืชได้

4) ไม่มีแร่ธาตุ หรือสารพิษส่วนเกิน ที่มีผลกระทบให้ผลผลิตเปลี่ยนไป

5) สามารถควบคุมโรคและแมลงได้ดีกว่าการปลูกในดิน

ข้อเสียของการปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ มีดังนี้

1) คุ้มค่าในระยะยาว แต่ต้องใช้ต้นทุนสูงในระยะแรก

2) การให้ปุ๋ยน้ำต้องมีปริมาณที่แม่นยำ และการติดตั้ง ความยาวของท่อ ความลาดชัน ความเร็วของน้ำ ต้องมีความแม่นยำ

3) กรรมวิธีต้องมีความสะอาด เพราะควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อราได้ยากมาก

4) พืชแต่ละชนิดจะต้องการแร่ธาตุ และตัวยึดเกาะที่แตกต่างกัน

5) ต้องมีการควบคุมที่ดี ต้องระวังไม่ให้ปุ๋ยแร่ธาตุโดนแสงแดด เพราะแร่ธาตุบางชนิดจะตกตะกอน หรือเปลี่ยนคุณสมบัติเมื่อโดนแสง

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชสามารถแบ่งได้ 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยในพืชและปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 ปัจจัยในพืช เป็นปัจจัยทางด้านพันธุกรรม ซึ่งพันธุกรรมจะเป็นตัวกำหนดลักษณะต่างๆ ของพืช ที่เรียกว่า ยีน (Gene) เช่น การเจริญเติบโตของพืช สี ความสูง ความสามารถในการให้ผลผลิต การควบคุมของยีนอาจเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม ทั้งยีนและสภาพแวดล้อมจึงมีผลต่อพันธุกรรมของพืช ดังนั้นในการปรับปรุงพันธุ์พืชให้ได้ลักษณะตามต้องการจะต้องแยกความแตกต่างทางพันธุกรรมออกจากความแตกต่างทางสภาพแวดล้อมให้ได้ในประเทศที่การปลูกพืชโดยวิธีการไฮโดรโปนิกส์เป็นการค้าอย่างแพร่หลาย เช่น เบลเยียม ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ จะให้ความสำคัญกับการปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อปลูกด้วยวิธีนี้โดยเฉพาะ การปลูกพืชด้วยวิธีนี้จึงให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกพืชในดิน ต่างจากประเทศไทยซึ่งการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ยังมีน้อยส่วนใหญ่จึงใช้พืชพันธุ์เดียวกันกับที่ใช้ปลูกลงดิน (อำพา คำวงษา, 2553)

2.3.2 ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่

1) แสง ตามธรรมชาติพืชใช้แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในการสังเคราะห์ด้วยแสง แสงยังเป็นตัวกระตุ้น และควบคุมกระบวนการพื้นฐานของการเจริญเติบโตในระดับต่างๆ ทั้งนี้คุณภาพของแสง ความเข้มแสง ความยาวของช่วงแสง หรือระยะเวลาที่พืชได้รับแสงต่างก็มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืช (อำพา คำวงษา, 2553)

2) อุณหภูมิ มีผลโดยตรงกับการดูดน้ำ และธาตุอาหารและการสังเคราะห์ด้วยแสง การหายใจ การคายน้ำ และกิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ ดังนั้นอัตราการเจริญเติบโต และ การให้ผลผลิตจึงอยู่กับอุณหภูมิโดยตรง อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตโดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 15-4 องศาเซลเซียส (อำพา คำวงษา, 2553)

3) องค์ประกอบของอากาศ พืชใช้ออกซิเจนในการหายใจ การหายใจ ส่วนเหนือดินของพืชมักไม่มีปัญหา เพราะในบรรยากาศมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 20 การปลูกพืชบนดินมีการเติมอากาศให้กับรากพืช โดยการพรวนดินหรือการใช้วัสดุปลูกพืชที่มีลักษณะพรุนเพื่อให้อากาศแทรกตัวเข้าไป ส่วนการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารจึงต้องมีการเลือกหรือสร้างระบบปลูกเพื่อเติมอากาศให้กับสารละลาย (อำพา คำวงษา, 2553)

4) คุณภาพน้ำ มีความสำคัญมากในการปลูกพืชด้วยวิธีนี้ เนื่องจากพืชที่ปลูกได้รับธาตุอาหารจากสารละลายธาตุอาหาร ซึ้งต้องใช้น้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญ ถ้าน้ำมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคต่างๆ โรคจะแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็ว จำเป็นต้องมีการฆ่าเชื้อ ก่อนนำไปใช้ ซึ่งอาจใช้คลอรีนหรือโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ หรือแคลเซียมไฮโดรคลอไรด์ก็ได้ ถ้าน้ำขุ่นเนื่องจากมีสารแขวนลอยจะต้องกรองเอาตะกอนออกก่อน นอกจากนี้ถ้าน้ำที่ใช้มีองค์ประกอบทางเคมีที่ไม่เหมาะสม เช่น มีจุลธาตุบางตัวในปริมาณมากเกินไป ก็จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช น้ำที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ คือ น้ำฝนหรือน้ำจากคลองชลประทาน (อำพา คำวงษา, 2553)

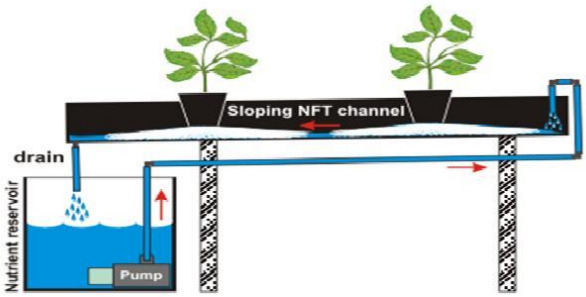
5) ปฏิกิริยา pH ของน้ำมีผลทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตของพืชซึ่งเกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร โดยทั่วไปการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ สารลาลายธาตุอาหารพืชควรมี pH อยู่ระหว่าง 5.5-6.5 หรือประมาณ 6 แต่ไม่ควรเกิน 7 (อำพา คำวงษา, 2553)

6) ธาตุอาหารพืช คือ สิ่งทีนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ธาตุอาหารของพืชนั้นจะมีหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดก็จะมีบทบาทที่แตกต่างกันออกไป โดยธาตุหลักที่พืชต้องการมาก คือ คาร์บอน (C) ออกซิเจน (O) ไฮโดรเจน (H) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) (อำพา คำวงษา, 2553)

2.4 ระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์

การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์หรือการปลูกพืชด้วยการให้รากแช่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืช (Water Culture หรือ Hydroponics) สามารถแบ่งออกได้ 3 ระบบ ได้แก่

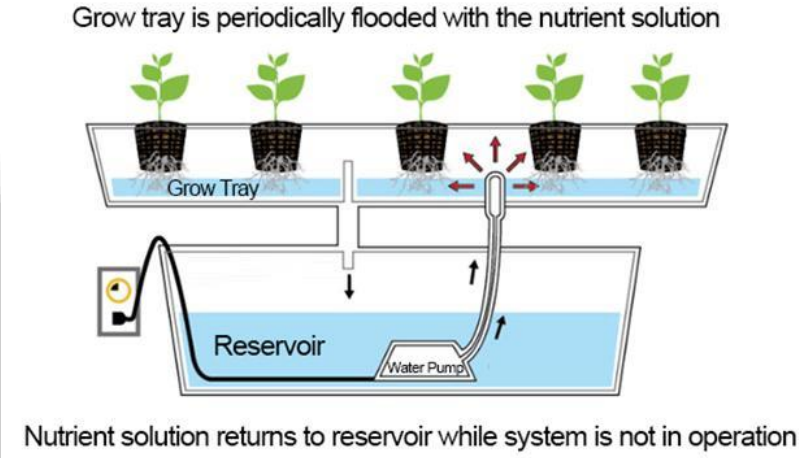
2.4.1 ระบบเอ็นเอฟที (Nutrient Film Technique) เป็นการปลูกพืชโดย รากแช่อยู่ในสารละลายโดยตรง สารละลายธาตุอาหารจะไหลเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ หนาประมาณ 2-3 มิลิเมตร ในรางปลูกพืชกว้าง ตั้งแต่ 5-35 ซม. สูงประมาณ 5–10 ซม. ความกว้างราง ขึ้นอยู่กับชนิดพืชที่ปลูก ความยาวของราง ตั้งแต่ 5 - 20 เมตร การไหลของสารละลายอาจเป็นแบบต่อเนื่อง หรือแบบสลับก็ได้โดยทั่วไปสารละลายจะไหลแบบต่อเนื่อง อัตราไหลอยู่ในช่วง 1-2 ลิตร/นาที/ราง รางอาจทำจากแผ่นพลาสติกสองหน้าขาวและดำ หนา 80 - 200 ไมครอน หรือจาก PVC ขึ้นรูป เป็นรางสำเร็จรูปทำจากโลหะ เช่น สังกะสี หรือ อะลูมิเนียม และบุภายในด้วยพลาสติกเพื่อป้องกัน การกัดกร่อนของสารละลาย โดยจะมีปั๊มดูดสารละลายให้ไหลผ่านรางและรากพืชและเวียนกลับมา ยังถังเก็บสารละลาย (ดิเรก ทองอร่าม, 2547) ดังภาพประกอบที่ 2



ภาพประกอบที่ 2 การปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ระบบ Nutrient Film Technique (NFT)
ที่มา: การปลูกพืชไร้ดิน (2547)

2.4.2 ระบบดีเอฟที (Deep Flow Technique) เป็นระบบที่ปลูกพืชโดยรากแช่อยู่ในสารละลายลึกประมาณ 15 – 20 เซนติเมตร กว้าง 50 – 80 เซนติเมตร และยาว 1–10 เมตร โดยมีการปลูกพืชบนแผ่นโฟมหรือวัสดุที่ลอยน้ำได้เพื่อยึดลำต้นแต่จะปล่อยให้รากเป็นอิสระในน้ำ ระบบนี้จะไม่มีความลาดเอียงเป็นระบบที่มีการหมุนเวียนสารละลายโดยการใช้ปั๊มดูด สารละลายจากถังพักขึ้นมาใช้ใหม่ในระบบ เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่ม ปริมาณออกซิเจนให้กับระบบน้ำที่ใช้ในการผลิตผัก ดังภาพประกอบที่ 3 ระบบนี้มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ระบบไฮโดรโปนิกส์ลอยน้ำ (Floating Hydroponics Systems) ซึ่งระบบดีเอฟทีสามารถแบ่งออกได้ 2 วิธีดังนี้

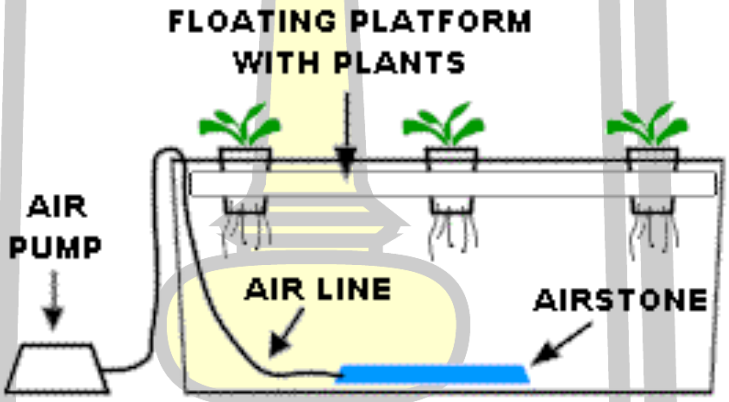
1) ระบบหมุนเวียนน้ำลึก (Deep Re-Circulating Water Culture) เป็นระบบที่ปลูกพืชในสาระละลายระดับความลึก 10 ซม. และใช้ระบบน้ำหมุนเวียนเพื่อเพิ่มออกซิเจน ให้กับน้ำเป็นระยะๆ ระบบการหมุนเวียนน้ำจะถูกควบคุมให้สูบน้ำเข้าสู่ระบบโดยตั้งเวลาให้ทำงานในช่วง 10-20 นาที ทุกๆ 1-2 ชั่วโมง โดยระยะเวลาหมุนเวียนจะน้อยลงในช่วงที่อุณหภูมิต่ำและจะเพิ่มเวลาหมุนเวียนในช่วงที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น 2) ระบบน้ำลึก (Deep Water Culture) เป็นระบบที่ถูกพัฒนาต่อมาโดย ดร.เกอริค (Prof. Dr. William F.Gericke) โดยมีหลักการสำคัญ คือ การปลูกพืชโดยให้ส่วนรากของพืชจุ่มอยู่ในสารละลายที่มีธาตุอาหารพืชละลายอยู่โดยน้ำในระบบมีการไหลเวียนตลอดเวลา ซึ่งต่อมา ดร.เกอริค ได้พัฒนาระบบโดยเพิ่มช่องเติมอากาศในระบบ เพื่อแก้ปัญหาการขาดอากาศในสารละลาย โดยเว้นชั้นปลูกที่โคนต้นกับปลายรากซึ่งจะมีช่องว่างอยู่ทำให้รากพืชบางส่วนจะอยู่ เหนือระบบน้ำนิ่งที่ลึก 15 ซม. ซึ่งช่องว่างนี้จะช่วยรากได้รับออกซิเจน และเป็นการลดอุณหภูมิของน้ำในฤดูร้อน (ดิเรก ทองอร่าม, 2547)



ภาพประกอบที่ 3 การปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ระบบ ดีเอฟที (Deep Flow Technique – (DFT)
ที่มา: การปลูกพืชไร้ดิน (2547)

2.4.3 ระบบดีอาร์เอฟที (Dynamic Root Floating Technique) เป็นระบบการปลูกพืชที่พัฒนามาจากระบบของ ดร.เกอริค ที่เน้นการปลูกพืชให้รากพืชแช่อยู่ในน้ำส่วนหนึ่งและอีกส่วนหนึ่งสร้างรากอากาศเพื่อช่วยในการหายใจ โดยจะทำให้พืชที่ปลูกในระบบนี้สามารถเจริญได้ในอุณหภูมิของสารละลายที่สูงมากกว่าระบบอื่นๆ ได้ดี ดร.เกา (Dr. Kao Te Chen) นักวิจัยและพัฒนาระบบไฮโดรโปนิกส์ ชาวไต้หวัน ได้พัฒนาระบบของ ดร.เกอริค โดยเพิ่มระบบท่อรับน้ำในกระบะที่ช่วยให้ระดับน้ำสูงขึ้นหรือลดลงได้ตามความต้องการของพืช โดย ดร.เกา ได้กำหนดให้ระดับน้ำควร

สูงเพียงพอที่จะทำให้ รากพืชแช่อยู่ในน้ำได้ ประมาณ 4 เซนติเมตร โดยรากส่วนนี้ จะเป็นรากที่ดูดอาหาร (Nutrient root) และรากส่วนเหนือจากนี้จะเป็นรากที่หายใจ และดูดออกซิเจนเข้าสู่ราก จึงเรียกรากส่วนนี้ว่า รากอากาศ (Aero root) ดังนั้นระบบดีอาร์เอฟก็คือระบบที่สามารถ ปรับความสูงต่ำของน้ำในกระบะปลูกได้ตามความต้องการ ของรากพืชแต่ละชนิดและเพื่อให้ราก พืชลอยอยู่ในน้ำในระดับเพียง 4 เซนติเมตร ระบบดีอาร์เอฟได้มีการพัฒนาหลายครั้ง และปัจจุบันได้จดสิทธิบัตรในไต้หวันโดยระบบดังกล่าวได้แบ่งเป็น 2 ระบบย่อยๆ ได้แก่ 1) ระบบปรับลดระดับสารละลายเป็นแบบที่ปล่อยให้รากจมอยู่ในน้ำลึก ในระยะแรก แล้วค่อยลดระดับน้ำลงจากระดับแรกที่สูงประมาณ 8 ซม. เหลือ 4 ซม. 2) ระบบเออาร์-ดีอาร์เอฟ เป็นการปลูกพืชโดยให้รากพืชคร่อมบนสันของถาดปลูกที่ออกแบบมาโดยเฉพาะแล้วปล่อยสารละลายไปตามแนวด้านข้างดังแสดงในภาพประกอบที่ 4 (ดิเรก ทองอร่าม, 2547)



ภาพประกอบที่ 4 ไฮโดรโปนิกส์ระบบ ดีอาร์เอฟที Dynamic Root Floating Technique (DRFT)
ที่มา: การปลูกพืชไร้ดิน (2547)

2.5 ความอุดมสมบูรณ์ธาตุอาหาร

ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหาร หมายถึง ความสมบูรณ์ของสารละลายธาตุอาหาร ในการปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรโปนิกส์นั้นพืชจะได้รับธาตุอาหารจากสารละลายธาตุอาหาร ดังนั้นในสารละลายธาตุอาหารจะประกอบด้วยธาตุอาหารที่พืชต้องการนำเอาไปใช้ ในการจำแนกธาตุอาหารของพืชนั้นสามารถจำแนกได้หลายวิธี โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงการจำแนกธาตุอาหารตามปริมาณที่พืชต้องการเพียงอย่างเดียว

2.5.1 การจำแนกธาตุอาหารตามปริมาณที่พืชต้องการ

นักวิทยาศาสตร์ค้นพบว่าธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญและพัฒนาของพืชประกอบด้วยธาตุต่างๆ คิดเป็นร้อยละโดยประมาณ ดังแสดงในตารางที่ 1 (ดิเรก ทองอร่าม, 2547) พบว่าส่วนใหญ่แล้วประกอบด้วยธาตุสำคัญ 3 ธาตุคือ ออกซิเจน คาร์บอน และไฮโดรเจนรวมกันถึงร้อยละ 95

ปริมาณร้อยละของธาตุอาหารในพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป แม้แต่พืชชนิดเดียวกัน ปลูกในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันก็จะสะสมธาตุอาหารในปริมาณที่ต่างกันด้วย ข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 1 เป็นเพียงค่าเฉลี่ยที่บ่งบอกถึงสัดส่วนเปรียบเทียบปริมาณของแต่ละธาตุเท่านั้น

จะเป็นว่า 3 ธาตุแรกคือ ออกซิเจน คาร์บอน และไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลักของโครงสร้างพืชเนื่องจากเป็นธาตุที่พืชต้องการใช้ในปริมาณมาก พืชจะได้รับธาตุออกซิเจนและคาร์บอนจากอากาศในรูปของก๊าซคือคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนจากน้ำ

ส่วนที่เหลืออีก 13 ธาตุ พืชได้รับมาจากดินหรือการจัดเตรียมที่เป็นสารละลายเพื่อให้พืชใช้สำหรับเติบโตหรือที่เรียกว่า “สารละลายธาตุอาหาร” ซึ่งจะแบ่งออกได้สองกลุ่มคือ มหาธาตุ (Macronutrien Elements) และ จุลธาตุ (Micronutrient element)

มหาธาตุ (Macronutrien Elements) หรือธาตุมหาภาค คือธาตุที่พืชต้องการในปริมาณมาก กล่าวคือ มีความเข้มขันของธาตุอาหารโดยน้ำหนักแห้งเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มไวสูงกว่า 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยธาตุอาหารประเภทนี้มี 6 ธาตุซึ่งจำแนกออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ

1) กลุ่มธาตุอาหารหลัก (Primary nutrient elements) คือธาตุอาหารที่พืชต้องการมากได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซี่ยม

2) กลุ่มธาตุอาหารรอง (Secondary nutrient elements) คือธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อยลง ได้แก่ แคลเซียม กำมะถัน และแมกนีเซียม

จุลธาตุ (Micronutrient element) หรือธาตุอาหารเสริม คือธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อย กล่าวคือมีความเข้มข้นมีความเข้มขันของธาตุอาหารโดยน้ำหนักแห้งเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มไวต่ำกว่า 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีอยู่ 8 ธาตุด้วยกันคือ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โบรอน โมลิบดินัม และคลอรีน

นอกจากนี้ยังมีจุลธาตุอื่นๆอีกที่พืชต้องการใช้ในปริมาณน้อย จึงจัดกลุ่ม “ธาตุอาหารพิเศษ” เช่น โคบอลต์ โซเดียม อลูมิเนียม ซิลิเนียม ซิลิกอน นิกเกิล และวาเนเดียม

ตารางที่ 1 ปริมาณของธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญและพัฒนาของพืช

ธาตุ	ปริมาณ %	ธาตุ	ปริมาณ %
ออกซิเจน (O)	45	แมกนีเซียม (Mg)	0.3
คาร์บอน (C)	44	โบรอน (B)	0.005
ไฮโดรเจน (H)	6	คลอรีน (Cl)	0.015
ไนโตรเจน (N)	2	ทองแดง (Cu)	0.001
ฟอสฟอรัส (P)	0.5	แมงกานีส (Mn)	0.05
โพแทสเซียม (K)	1.0	เหล็ก (Fe)	0.02
แคลเซียม (Ca)	0.6	สังกะสี (Zn)	0.01
กำมะถัน (S)	0.4	โมลิบดินัม (Mo)	0.0001

ที่มา: ธัชกร อ่อนบุญเอื้อ (2557)

2.5.2 รูปแบบของธาตุอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน พืชจะนำธาตุอาหารไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบตามตารางที่ 2 (ดิเรก ทองอร่าม, 2547) ดังนั้นในการจัดการธาตุอาหารจึงต้องคำนึงถึงรูปแบบของธาตุอาหารที่พืชจะนำไปใช้ได้โดยคำนวณหาปริมาณหรือค่าแปรค่าของธาตุต่างๆ ให้อยู่ในรูปแบบของธาตุต่างๆ ให้อยู่ในรูปแบบที่พืชสามารถนำไปใช้ได้เช่น ไนโตรเจนอยู่ในรูป NO_3^+ หรือ NH_4^+ ฟอสฟอรัสอยู่ในรูป H_2PO_4 หรือ $H_2PO_4^{2}$ โพแทสเซียม อยู่ในรูปของ K^+

ตารางที่ 2 ตัวอย่างชนิดธาตุอาหารรูปแบบของไอออนในสารละลาย ชนิดปุ๋ย และสูตรปุ๋ย

ชนิดธาตุอาหาร	รูปแบบของไอออนในสารละลาย	ชนิดของปุ๋ย	สูตรของปุ๋ย
มหาธาตุ (Macronutrien elements)			
ไนโตรเจน (N)	NO_3^-	Ammonium nitrate	NH_4NO_3
		Calcium nitrate	$Ca(NO_3)_2$
		Nitric acid	HNO_3
		Potassium	KNO_3

ตารางที่ 2 ตัวอย่างชนิดธาตุอาหารรูปแบบของไอออนในสารละลาย ชนิดปุ๋ย และสูตรปุ๋ย (ต่อ)

ชนิดธาตุอาหาร	รูปแบบของไอออนในสารละลาย	ชนิดของปุ๋ย	สูตรของปุ๋ย
	NO_3^+	Ammonium nitrate	NH_4NO_3
		Ammonium phosphate (mono)	$NH_4H_2PO_4$
		Ammonium phosphate (di)	$(NH_4)\ H_2PO_4$
		Ammonium sulphate	$(NH_4)_2SO_4$
ฟอสฟอรัส (P)	$H_2PO_4^-$	Ammonium phosphate (mono)	$NH_4H_2PO_4$
		Ammonium phosphate (di)	$(NH_4)\ H_2PO_4$
		Potassium phosphate (mono)	KH_2PO_4
		Potassium phosphate (di)	K_2HPO_4
		Phosphoric acid	H_3PO_4
โพแทสเซียม (K)	K^+	Potassium chloride	KCl
		Potassium nitrate	KNO_3
		Potassium phosphate (mono)	KH_2PO_4
		Potassium phosphate (di)	K_2HPO_4
		Potassium sulphate	K_2SO_4
แคลเซียม (Ca)	Ca^{2+}	Calcium chloride	$CaCl_2$
		Calcium nitrate	$Ca\ (NO_3)_2$
		Calcium sulphate	$CaSO_2$
แมกนีเซียม (Mg)	Mg^{2+}	Magnesium sulphate	$MgSO_4.7H_2O$
กำมะถัน (S)	SO_4^{2-}	Ammonium sulphate	$(NH_4)_2SO_4$
		Calcium sulphate	$CaSO_2$
		Magnesium sulphate	$MgSO_4.7H_2O$
		Potassium sulphate	K_2SO_4

ตารางที่ 2 ตัวอย่างชนิดธาตุอาหารรูปแบบของไอออนในสารละลาย ชนิดปุ๋ย และสูตรปุ๋ย (ต่อ)

ชนิดธาตุอาหาร	รูปแบบของไอออนในสารละลาย	ชนิดของปุ๋ย	สูตรของปุ๋ย
จุลธาตุ (Micronutrient element)			
โบรอน (B)	H_3BO_3, BO_3^{3-}	Boric acid	H_3BO_3, $B(OH)_3$
ทองแดง (Cu)	Cu^{2+}	Copper sulphate	$CuSO_4.5H_2O$
เหล็ก (Fe)	Fe^{3+}	Iron chelate	FeEDTA
แมงกานีส (Mn)	Mn^{2+}	Manganese sulphate	$MnSO.H_2O$
โมลิบดินัม (Mo)	MoO_4^{2-}	Amomonium molybdate	$(NH_4)_6Mo_7O_{24}H_2O$
สังกะสี (Zn)	Zn^{2+}	Zine sulphate	$ZnSO_4.7H_2O$

ที่มา: ธัชกร อ่อนบุญเอื้อ (2557)

2.6 การควบคุมและการวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

2.6.1 การรักษาหรือควบคุม pH

เนื่องจากค่าความเป็นกรดด่างในสารละลายจะเป็นค่าที่บอกให้ทราบถึงความสามารถของรากที่จะดูดธาตุอาหารต่างๆ ที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืชได้ปกติแล้วควรรักษาค่าความเป็นกรดด่างที่ 5.8-7.0 เพราะเป็นค่าหรือช่วงที่ธาตุอาหารพืชต่างๆ สามารถคงรูปในสารละลายที่พืชนำไปใช้ได้ดีค่าความเป็นกรดด่างในสารละลายธาตุอาหารพืชเปลี่ยนแปลงได้หลายสาเหตุ เช่น การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการที่รากพืชดูดธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหาร แล้วพืชปลดปล่อยไฮโดรเจน (H+) และไฮดรอกไซด์ (OH-) จากรากสู่สารละลายธาตุอาหารพืชทำให้ pH เปลี่ยนแปลงไป เช่น

ประจุไฟฟ้าลบ หรือแอนไอออน (anions) เช่น ไนเตรท ($N03^-$), ซัลเฟต ($S04^-$), ฟอสเฟต (P04) แล้วจะปลดปล่อยไฮดรอกไซด์ (OH-) สู่สารละลายธาตุอาหาร

ประจุไฟฟ้าบวก หรือแคตไอออน (cations) เช่น แคลเซียม (Ca++), แมกนีเซียม (Mg++), โปแตสเซียม (K+), แอมโมเนียม (NH4+) แล้วจะปลดปล่อยไฮโดรเจน (H+) สู่สารละลายธาตุอาหารปกติแล้วธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหารพืช มีประจุไฟฟ้าบวกหรือแคตไอออนมากกว่าค่าของประจุไฟฟ้าลบหรือแอนไอออนแล้วค่าความเป็นกรดด่างจะลดลง ในขณะที่การดูดกินแอนไอออนมากกว่าแคตไอออนจะเพิ่มความเป็นกรดด่างใน สารละลายธาตุอาหารพืชสำหรับการให้ธาตุอาหารบางชนิดที่พืชต้องการใช้ในปริมาณมาก คือ ธาตุไนโตรเจน (Nitrogen, N) ซึ่งมีการให้ทั้ง 2 รูปแบบ คือ ในรูปแบบของประจุลบในสารอาหารในรูปของไนเตรส (N03-) และใน รูปแบบของประจุ

บวกในสารอาหารในรูปของแอมโมเนียม ($NH4^{+}$) นั้น ต้องพิจารณาถึงอัตราส่วนของสารนี้ให้ดี เพราะจะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดด่างและการใช้ประโยชน์ชองพืชมากการปรับเพื่อลดหรือ เพิ่มค่าความเป็นกรดด่างนั้น สามารถทำได้โดยเติมสารลงไปในสารละลายธาตุอาหารพืช (Jensen, M. H. and P. L. Collins, 1985)

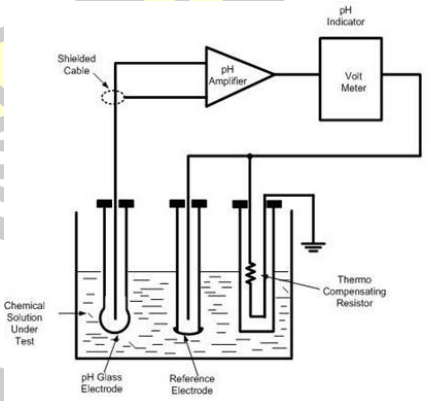
2.6.2 การปรับเพื่อลดค่าความเป็นกรดด่าง โดยการเติมสารใดสารหนึ่งต่อไปนี้ ลงไปในสารละลายธาตุ อาหารพืช เช่น Sulfuric acid (H2S04) หรือ Nitric acid (HN03) หรือ Hydrochloric acid (HCl) หรือ Acetic acid

2.6.3 การปรับเพื่อเพิ่มค่าความเป็นกรดด่าง ให้สูงขึ้น ทำโดยการเติมสารใดสารหนึ่งต่อไปนี้ ลงไปใน สารละลายธาตุอาหารพืช เช่น Potassium hydroxide (KOH) หรือ Sodium hydroxide (NaOH) หรือ Sodium bicarbonate หรือ Bicarbonate of soda (NaHC03)

2.6.4 การวัดค่าพีเอช (pH) หรือความเป็นกรดด่าง

ค่าความเป็นกรดหรือด่างใช้มาตรในการวัดในหน่วยพีเอช (pH) โดยมีค่าจาก 0 ถึง 14 ค่าในหน่วยพีเอชนี้จะวัดกันด้วยความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน โดยคิดเป็นค่าลบลอกาลิทึม โดยค่า pH 7 ถือว่าเป็นกลาง และถ้า pH ต่ำกว่า 7 ถือว่าเป็นกรด และ pH มากกว่า 7 ก็จะเป็นด่าง

ค่า pH มีบทบาทและเกี่ยวข้องกับของเหลวเกือบทุกชนิด สารละลายในร่างกายจะมีค่า pH ประมาณ 7.4 และจะเปลี่ยนแปลงได้เล็กน้อยในช่วงของ 7.3 ถึง 7.5 ถ้าร่างกายมีค่า pH มากกว่าหรือน้อยกว่าที่กล่าวถึงนี้ ชีวิตเราก็จะทนไม่ได้จะต้องตาย การวัดค่า pH จึงมีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมประเภทยา อาหาร เครื่องดื่มอุตสาหกรรมเคมี ฯลฯ โดยหลักการในการวัดค่า pH แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 5



ภาพประกอบที่ 5 แสดงหลักการที่ใช้วัดค่า pH

ที่มา: พุทธิพงษ์ เหมะวณิช (2550)

หลักการในการใช้วัดค่า pH อาศัยหลักการแบ่งสารละลายสองส่วนด้วยเยื่อบางๆ ที่เรียกว่า พอรัสเมม-เบรน (porous membrane) โดยสารละลายส่วนหนึ่ง เป็นสารละลายรู้ค่าความเข้มข้นของไอออน ส่วนสารละลายอีกข้างหนึ่งเป็นสารละลายที่เราต้องการวัดค่าความเข้มข้น เมื่อความเข้มข้นของง่ารละลาย สองด้านไม่เท่ากัน ครั้นเมื่อเราชุบอิเล็กโตรดลงไปในแต่ละด้านข้างละอัน ผลที่ประกฏก็คือสารละลาย ทั้งสองชนิดจะสร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้าเกิดความต่างศักดาขึ้นที่ขั้วอิเล็กโตรด แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างขั่วอิเล็กโตรด จะวัดได้ตามสมการ

E = K-58 (pH) (มิลลิโวลท์)

โดยที่ K เป็นค่าคงที่ขึ้นอยู่กับชนิดของอิเล็กโตรด

E จะแปรค่าเป็นเชิงเส้นกับ (pH)

วิศวกรให้ความสนใจในการวัดค่า pH แต่ปัญหาและรายละเอียดในการวัดเป็นเรื่องยุ้งยากมากทั้งนี้ เพราะในการวัดจะต้องใช้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเซลล์มีค่าต่ำมากๆ ทั้งนี้เพราะ ปัญหาเกี่ยวกับการโพลาไรซ์ในเซลล์โพรบทำให้เกิดศักดาแรงต่อต้านแรงเคลื่อนที่เกิดขึ้น ทำให้แรงเคลื่อนที่ปรากฏ จะหายไปทั้งสิ้น ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจึงต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีค่าความต้านทานอินพุทสูงมากเป็นพิเศษ เช่น พวก MOSFET หรือ หลอดสูญญากาศ รายละเอียดเกี่ยวกับปัญหาการวัดยังมีอีกมากมากยากที่จะกล่าวอย่างสรุปได้หมด

ภาพประกอบที่ 6 แสดงหลักการที่ใช้วัดค่า pH

ที่มา: พุทธิพงษ์ เหมะวณิช (2550)

2.7 การควบคุมค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)

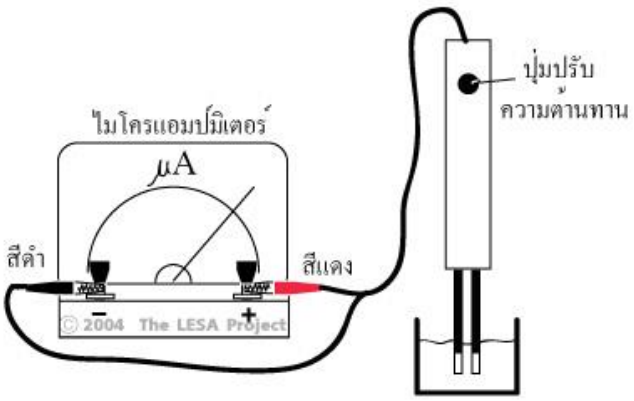
เนื่องจากปุ๋ยที่ละลายในน้ำที่ค่าของอิออน (ion) ที่สามารถให้กระแสไฟฟ้าที่มีหน่วยเป็นโมท์ (Mho) แต่ค่าของการนำกระแสไฟฟ้านี้ค่อนข้างน้อยมาก จึงมีการวัดเป็นค่าที่มีหน่วยเป็นมิลลิโมท์/เซนติเมตร (MilliMhos/cm) อันเป็นค่าที่ได้จากการวัดการนำกระแสไฟฟ้าจากพื้นที่หนึ่งคิวบิกเซนติเมตรของสารอาหาร การวัดค่าการนำไฟฟ้าจะทำให้เราทราบเพียงค่ารวมของการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารพืช (คือ น้ำกับปุ๋ยที่เป็นธาตุอาหารพืชทั้งหมดในถังที่ใส่สารอาหารทั้งหมด) เท่านั้น แต่ไม่ทราบค่าของสัดส่วนของธาตุอาหารใดธาตุอาหาร หนึ่งที่อยู่ในถัง ที่อาจเปลี่ยนไปตามเวลาเนื่องจากพืชนำไปใช้หรือตกตะกอนดังนั้นหลังจากมีการปรับค่าการนำไฟฟ้าไปได้ระยะหนึ่งแล้วจึงควรเปลี่ยนสารละลายในถังใหม่เป็นระยะๆ โดยเฉพาะประเทศที่มีอากาศร้อนอย่างประเทศไทยควรเปลี่ยนสารละลายใหม่เป็นระยะๆ เช่น ทุก 3 สัปดาห์ ซึ่งการเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารพืชแต่ละครั้งก็หมายถึงการเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นปกติแล้วควรรักษาค่าการนำไฟฟ้าของสารอาหารระหว่าง 2.0-4.0 มิลลิโมท์/เซนติเมตร (MilliMhos/cm)

การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย แม้ว่าปกติแล้วควรรักษาค่าการนำไฟฟ้าของสารอาหารระหว่าง 2.0-4.0 มิลลิโมท์/เซนติเมตร (milliMhos/cm=Mhos/cm) 1 (mMho/cm) = 1 Millisiemen/cm (mS/cm) 1 Millisiemen/cm (mS/cm) = 650 ppm ของความเข้มข้นของสารละลาย (salt) ปกติแล้วความเข้มข้นของสารอาหารควรอยู่ในช่วง 1,000-1,500 ppm เพื่อให้แรงดันออสโมติกของกระบวนการ ดูดซึมธาตุอาหารของรากพืชได้สะดวกค่าการน่าไฟฟ้าจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช ระยะการเติบโต และ ความเข้มของแสง (พิมล เกษสยม, 2534)

2.8 สภาพนำไฟฟ้า (Conductivity)

สามารถของน้ำในการนำกระแสไฟฟ้า สภาพนำไฟฟ้านี้จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ หลายชนิด ตัวอย่างเช่น ความเข้มข้นทั้งหมดของสารที่มีประจุที่ละลายอยู่ในน้ำ อุณหภูมิของน้ำขณะทำการตรวจวัด ชนิดของสารที่มีประจุและความเข้มข้นของสารมีประจุแต่ละชนิดซึ่งส่วนมากจะเกิดจากสารประกอบอนินทรีย์มากกว่าสารประกอบอินทรีย์ นอกจากนี้จำนวนประจุของสารที่มีประจุก็จะมีผลต่อความสามารถในการนำไฟฟ้าของน้ำนั้นด้วย

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบที่ 7 แสดงหลักการที่ใช้วัดค่าความนำไฟฟ้า

ที่มา: พุทธิพงษ์ เหมะวณิช (2550)

2.8.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสารที่ละลายได้กับสภาพนำไฟฟ้าในกรณีของสารละลายที่เจือจางสภาพนำไฟฟ้าจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งหรือสารที่ละลายน้ำได้โดยประมาณ ดังนี้

$$K = TSD/COND \text{ หรือ } TSD = K\,(COND)$$

เมื่อ

K = ค่าคงที่ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง COND และ TDS

COND = สภาพนำไฟฟ้ามีหน่วยเป็นไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร

TDS = ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total Dissolved Solid) มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

ตัวอย่างความสัมพันธ์ของสภาพนำไฟฟ้าและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่สามารถละลายในน้ำได้ของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ แสดงไว้ดังตารางที่ 3 จากการหาความสัมพันธ์ระหว่าง TDS และ COND ได้ความสัมพันธ์สำหรับสารละลายเจือจางโพแทสเซียมคลอไรด์ (กรณีความเข้มข้นน้อยกว่า 800 มิลลิกรัมต่อลิตร) ดังนี้

$$COND = (1.894)\,TSD + 4.477$$

(r-square = 0.9999)

COND = สภาพนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร)

TDS = ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)

ตารางที่ 3 แสดงสภาพนำไฟฟ้าของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ 25 องศาเซลเซียส 1

ความเข้มข้น (นอร์มัล)	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	สภาพนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร)
0.0001	7.455	14.94
0.0005	37.28	73.90
0.001	74.55	147.0
0.005	372.8	717.0
0.01	745.5	1,413
0.02	1,491	2,767
0.05	3,728	6,668
0.1	7,455	12,900
0.2	14,910	24,820
0.5	37, 280	58,640
1	74,550	111,900

ที่มา: ธัชกร อ่อนบุญเอื้อ (2557)

จากข้อมูลและสมการข้างต้น ในกรณีการหาความสัมพันธ์โดยประมาณ (K) ระหว่างสภาพนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร) ได้ดังนี้

$$TSD = K \times COND$$

จาก $COND \approx 1.894\ TDS$

ดังนั้น $K \approx 1/1.894$

$K \approx 0.53$

ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่วัดสภาพนำไฟฟ้าได้ เท่ากับ 500 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร เมื่อแทนค่าสภาพนำไฟฟ้านี้ลงในสมการ $COND = (1.894)\ TDS + 4.477$ จะได้ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ประมาณ 262 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังตัวอย่างในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงสภาพนำไฟฟ้าของสารละลายเทียบกับปริมาณของแข็งทั้งหมด

สภาพนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร)	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)
50	24.0
100	50.4
150	76.8
200	103.2
250	129.6
300	156.0
400	208.8
500	261.6
600	314.4
700	367.2
800	420.0
900	472.8
1,000	525.6

ที่มา: ธัชกร อ่อนบุญเอื้อ (2557)

อย่างไรก็ตาม การวัดสภาพนำไฟฟ้าก็จะต้องคำนึงถึงอุณหภูมิของสารละลายด้วย เนื่องจากสภาพนำไฟฟ้าจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ ตามที่แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงสภาพนำไฟฟ้าของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 0.01 M ที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณภูมิ (องศาเซลเซียส)	สภาพนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร)
21	1305
22	1332
23	1359
24	1386
25	1413
26	1441
27	1468
28	1496

ที่มา: ธัชกร อ่อนบุญเอื้อ (2557)

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.9.1 งานวิจัยในประเทศ

พุทธิพงศ์ เหมะวณิช (2550) ได้ศึกษาการออกแบบระบบที่ใช้ในการควบคุมสารละลายของธาตุอาหารและการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์และการจำลองการทำงานของระบบ ซึ่งระบบนี้ประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์หลักที่ใช้ในการควบคุมและบันทึก หน่วยอินพุตเอาท์พุทหลายหน่วยที่เชื่อมต่อกันแบบมัลติดร็อปกับคอมพิวเตอร์ตามมาตรฐานการสื่อสารแบบ RS-485 เซ็นเซอร์ที่ใช้วัดคุณสมบัติของสารละลายธาตุอาหารและใช้โซลินอยด์วาล์วที่ใช้ควบคุมการปิดเปิดสารละลายต่างๆ เพื่อปรับคุณสมบัติของสารละลายธาตุอาหาร กระบวนการควบคุมจะเริ่มต้นจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดระดับปริมาณ ค่าความนำไฟฟ้าและค่าความเป็นกรดของสารละลายธาตุอาหาร หลังจากนั้นสัญญาณจากเซ็นเซอร์ดังกล่าวจะถูกส่งไปยังหน่วยอนาล็อคอินพุทเพื่อเปลี่ยนให้สัญญาณข้อมูลแบบดิจิตอลในรูปแบบข้อมูลตามโปรโตคอลที่กำหนดไว้ สัญญาณข้อมูลจะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์หลักที่มีซอฟท์แวร์สำหรับระบบควบคุมทั้งหมด โดยหลังจากผ่านกระบวนการตัดสินใจของซอฟท์แวร์เพื่อปรับเปลี่ยนสถานะวาล์วต่างๆ ข้อมูลสัญญาณจะถูกส่งกลับไปยังหน่อยดิจิตอลเอาท์พุทเพื่อเปลี่ยนสัญญาณควบคุมการปิด-เปิดวาล์วเพื่อปริมาณ ค่าความนำไฟฟ้าและความเป็นกรดของสารละลายธาตุอาหารได้ตามที่กำหนด โดยซอฟท์แวร์ควบคุมนี้สามารถบันทึกค่าคุณสมบัติต่างๆ ของสารละลายและจำลองการทำงานของระบบเพื่อใช้ในการศึกษาและออกแบบพัฒนาระบบควบคุมให้เหมาะสมกับระบบปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์

พลเทพ เวงสูงเนิน (2557) ได้ศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ด้วยระบบทำความเย็นแบบอัดไอ โดยแบ่งเป็น 3 ส่วนได้แก่ การศึกษาการกระจายอุณหภูมิของสารละลายที่ใช้ในการปลูกพืชไฮโดรโปรนิกส์โดยพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ การศึกษาความยาวของรางปลูกและจำนวนของรางปลูกที่เหมาะสมโดยการทดสอบ และการการลดอุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหารพืชในการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ด้วยระบบทำความเย็นแบบอัดไอ และเพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าของการติดตั้งและไม่ได้ติดตั้งระบบทำความเย็นแบบอัดไอโดยใช้ผักสลัดกรีนโอ๊คในการทดลองปลูก ผลการศึกษาพบว่าเมื่อรางมีความยาวเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้อุณหภูมิของสารละลายเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ความยาวของรางปลูกที่เหมาะสมในการปลูกพืชคือ 6 เมตร ผลทดสอบการปลูกพืชด้วยระบบอัดไออุณหภูมิในถังเก็บสารละลายธาตุอาหารของโต๊ะที่ติดตั้งระบบทำความเย็นแบบอัดไอและโต๊ะที่ไม่ได้ติดตั้งระบบทำความเย็นแบบอัดไอ มีอุณหภูมิเฉลี่ย คือ 26.4 และ 30.1 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยระบบทำความเย็นสามารถลดอุณหภูมิของสารละลายได้ถึง 3.7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยที่หัวรางและท้ายรางปลูกของระบบที่ทำความเย็นและระบบที่ไม่ได้ทำความเย็นมีค่าเฉลี่ย 27.1 และ 30.1 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยของพืชไฮโดรโปนิกส์ในแต่ละแถวของระบบที่ทำความเย็นและไม่ได้ทำความเย็นมีค่า คือ 830.00 และ 647.50 กรัมต่อรางปลูก เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า มีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากการวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่า การลดอุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชไฮโดรโปนิกส์ แต่เมื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยพิจารณาวิเคราะห์หาอัตราส่วนรายได้ต่อการลงทุน (BCR) พบว่า โต๊ะปลูกที่ติดตั้งระบบทำความเย็น และโต๊ะที่ไม่ได้ติดตั้งระบบทำความเย็นมีค่า BCR คือ 0.16 และ 8.31 ตามลาดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้ว โต๊ะที่ไม่ได้ติดตั้งระบบทำความเย็นมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์กว่าโต๊ะที่ติดตั้งระบบทำความเย็น

อรรรถพล กัณหเวก (2550) ได้ศึกษาการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ เพื่อใชในการควบคุมคาความนำไฟฟาและคาความเปนกรด-ดาง ของสารละลายที่นำไปเลี้ยงพืช เพื่อควบคุมสภาวะให้เหมาะสมตามที่พืชต่องการ ในการทดลองนี้จะเก็บผลการเจริญเติบโตของพืชเปรียบเทียบระหวางการใชและไมใชระบบอัตโนมัติ ซึ่งพบวา การใชระบบอัตโนมัตินั้นทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่เร็วกวา อีกทั้งในสวนของการเก็บขอมูลการลงทุน นั้นยังให้ผลของระยะเวลาการคืนทุนที่สั้นกวาอีกดวย

นิติพงษ์ สมไชยวงค์ (2551) ได้พัฒนาเทคโนโลยีของชุดควบคุมการปลูกพืชในสารละลาย ไฮโดรโปนิกส์ ที่สามารถควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชให้เหมาะสม คือ สามารถควบคุมความเข็มข้นของธาตุอาหารให้เหมาะสม ควบคุมในส่วนของอุณหภูมิและปริมาณของสารละลายธาตุอาหารในแปลงปลูก ผลจากการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชดังกล่าวนั้นสามารถลดความยุ่งยากในการควบคุมความเข้มข้นของธาตุอาหาร การควบคุมอุณหภูมิ

สารละลายในแปลงปลูกและการควบคุมปริมาณสารละลายในแปลงปลูกเพื่อให้พืชได้รับออกซิเจนโดยตรงนั้นสามารถลดภาระการทำงานจากการปลูกพืชโดยปราศจากชุดควบคุมได้เป็นอย่างดี

ธัชกร อ่อนบุญเอื้อ (2557) ได้ทำการศึกษาระบบควบคุมสารละลายอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชวิธีไฮโดรพอนิกส์ 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-ปิดเพื่อนำสารละลายเข้าระบบ อัตโนมัติ ผลการศึกษาพบว่าระบบจะทำงานอัตโนมัติโดยวัด และควบคุมค่า EC และ pH ของสารละลายที่อยู่ในระบบให้เหมาะสม กับพืชนั้นตลอดเวลา โดยทำการตรวจวัดค่า EC และ pH ส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเปรียบเทียบกับช่วงที่กำหนด หากค่าที่วัดได้ไม่ได้อยู่ในช่วงที่กำหนดไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุม การเปิด – ปิดวาล์วเพื่อนำสารละลายที่ทำการปรับค่า EC และ pH เข้าสู่ระบบตามเวลาที่ได้คำนวณอย่างอัตโนมัติ

2.9.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Asumadu (1996) ได้นำเสนอการออกแบบเครื่องมือเพื่อควบคุมปริมาตรและค่าความเป็นกรด-ด่าง ของสารละลายธาตุอาหารในระบบการผลิตพืชที่ได้รับการพัฒนาขึ้น โดยใช้อัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นมาใช้ในงานและหาความเหมาะสมสำหรับการประมวลผลข้อมูลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และเก็บในฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม LabVIEW

Yang chenzhong (2004) ได้นำเสนอบทความนี้จะอธิบายถึงระบบการควบคุมสารอาหารของไฮโดรโปนิกส์และวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบกระบวนการควบคุมของ EC และ PH เป็นกระบวนการที่ไม่ใช่เชิงเส้นอย่างมากและมีส่วนร่วมกับการหน่วงเวลาที่บริสุทธิ์ เมื่อเทียบกับเครือข่ายประสาทเทียมและรูปแบบสี่เหลี่ยมคางหมูโดยเฉพาะอย่างยิ่งจะอธิบายถึงวิธีการควบคุมที่ดีที่สุดจากนั้นจึงใช้รูปแบบที่น้อยที่สุดกับเครือข่าย BP ประสาท วิธีการนี้ประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาความล่าช้าในการทำงานของระบบควบคุม บทความนี้นำเสนอข้อดีและแนะนำการใช้วิธีการการทดสอบการควบคุมแบบเรียลไทม์แสดงให้เห็นว่าวิธีการนี้มีความสามารถในการทำงานแบบไดนามิกและมีประสิทธิภาพดีกว่าการควบคุม PID

Saaid (2015) ได้ศึกษาระดับ pH ในสารละลายโดยควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบอัตโนมัติและวัดด้วยเซ็นเซอร์ เพื่อวัดค่าของ pH เริ่มเปลี่ยนไปและกำหนดผลของสารละลาย pH ลงในสารละลายน้ำ และศึกษาไปที่ความสามารถของระบบในการปรับค่าความเป็นกรด - ด่างในน้ำสำหรับ DWC วิธีการแก้ปัญหาน้ำจากภาชนะ DWC จะถูกถ่ายโอนไปยังถังหลักเพื่อวัดระดับ pH ด้วยเซ็นเซอร์และทำการปรับเปลี่ยนหากจำเป็นและจากนั้นย้ายกลับไปยังถังเก็บน้ำลึกเพื่อปลูกพืชต่อไป รายละเอียดของการศึกษาการระบุฮาร์ดแวร์การระบุซอฟต์แวร์การเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์

การวิเคราะห์และการแก้ไขปัญหาการรวบรวมข้อมูลและข้อมูล จากผลการทดลองพบว่าระบบสามารถลดค่า pH ได้ 0.58 pH และเพิ่ม pH ได้อีก 1.15 pH

Kaewwiset (2017) การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้ากับค่า pH ของระบบการผสมสารอาหาร hydroponic และหาสมการ EC และ pH โดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นเพื่อสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ ในการทดลองใช้ข้อมูลโอ๊กสีเขียวเพื่อกำหนดเป้าหมายของ EC และ pH ในสมการเพื่อปรับค่า จากนักวิจัยพบว่ากรดไนตริกที่ใช้ในกระบวนการปรับ pH มีผลต่อการเพิ่มจำนวนค่า EC จากนักวิจัยนี้จะออกแบบให้ปรับค่า EC ก่อนที่จะปรับ pH เพราะ EC เป็นตัวบ่งชี้ของสารอาหารที่พืชต้องการ ในถังผสมปรับสารละลายธาตุอาหารโดยการคำนวณจาก EC และสมการปรับค่า pH และเติมด้วยตนเองในมิลลิลิตรหน่วย ผลการศึกษาพบว่า EC และสมการปรับค่า pH สามารถประมาณปริมาณสารละลาย A และ B ในขั้นตอนการปรับตัว EC และปริมาณกรดไนตริกในกระบวนการปรับ pH ในช่วงความต้องการของต้นโอ๊กเขียว

Nishimura (2016) ได้พัฒนาโมดูลเซนเซอร์ความแม่นยำสูงสำหรับระบบการเลี้ยงแบบ hydroponic culture โมดูลวัดระดับน้ำอุณหภูมิและค่าความเข้มข้นของสารอาหารโดยใช้อุปกรณ์ชิ้นเดียวที่มีสายริบบิ้นและขั้วไฟฟ้าที่มีต้นทุนต่ำ โมดูลมีสอง oscillators และระดับน้ำและค่าความเข้มข้นจะถูกแปลงเป็นความถี่ของสัญญาณ oscillator หลังจากอธิบายถึงกลไกการแปลงและรูปแบบการปรับค่าแล้วจะแสดงให้เห็นถึงความแม่นยำสูงของโมดูลเซ็นเซอร์

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย ออกเป็นวิธีการและลำดับขั้นตอน ประกอบด้วย การออกแบบระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช การออกแบบโปรแกรมการทำงานของระบบควบคุม การทดสอบการทำงาน

3.1 การออกแบบส่วนเซนเซอร์รับค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช

3.2 การออกแบบระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช

3.3 การออกแบบโปรแกรมการทำงานของระบบควบคุม

3.4 การทดสอบการทำงาน

3.1 การออกแบบส่วนเซนเซอร์รับค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช

การออกแบบส่วนเซนเซอร์รับค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอชแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

3.1.1 ในส่วนของการรับค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอชได้ใช้เครื่องวัดค่าปุ๋ยและพีเอชในดิน มาทำการประยุกต์ใช้งานโดยใช้ทุ่นลอยไว้บนผิวน้ำในการวางตัวอุปกรณ์ซึ่งข้อดีของอุปกรณ์ตัวนี้คือจะทำงานได้โดยไม่ต้องจ่ายไฟฟ้าให้กับตัวเซ็นเซอร์ ดังภาพประกอบที่ 8

ภาพประกอบที่ 8 เซนเซอร์ค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช

3.1.2 การศึกเซ็นเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช

การศึกเซ็นเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอชตามภาพประกอบที่ 9 โดยออกแบบการทดสอบกับปุ๋ยน้ำไฮโดรโปนิกส์ AB เป็นปุ๋ยเคมีชนิดน้ำ สำหรับ ไฮโดรโปนิกส์ ความเข้มข้น 1:200 จากแบรนด์ EasyPlants ทำการทดสอบในน้ำเปล่าปริมาณ 1 ลิตร ผสมปุ๋ย A และปุ๋ย B ลงไปในน้ำตามสัดส่วนที่กำหนดแล้วทำการวัดค่า จำนวน 5 ครั้งแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยโดยค่าที่ได้จากเซนเซอร์ก็จะส่งออกมาในรูปของแรงดันไฟฟ้า จากนั้นจึงนำมาเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัด โดยมีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้

การทดลองครั้งที่ 1 วัดค่าแรงดันในสารละลาย AB โดยผสมสารละลายในสัดส่วนที่สารละลาย A คงที่ที่ 1 cc และเติมสารละลาย B เพิ่มขึ้นตั้งแต่ 1 cc ไปจนถึง 10 cc ในน้ำเปล่าปริมาณ 1 ลิตร

การทดลองครั้งที่ 2 วัดค่าแรงดันในสารละลาย AB โดยผสมสารละลายในสัดส่วนที่สารละลาย B คงที่ที่ 1 cc และเติมสารละลาย A เพิ่มขึ้นตั้งแต่ 1 cc ไปจนถึง 10 cc ในน้ำเปล่าปริมาณ 1 ลิตร

ภาพประกอบที่ 9 เซนเซอร์ค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช

3.2 การออกแบบระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช

ในการปลูกพืชวิธีไฮโดรโปนิกส์เป็นการปลูกพืชในสารละลายที่ใช้วิธีการหมุนเวียนน้ำจากถังพักสารละลายแล้วใช้ปั๊มน้ำดูดเอาน้ำขึ้นไปหมุนเวียนบนรางปลูก และปล่อยให้น้ำไหลกลับมาตกยังถังพักสารละลายเพื่อเป็นการเติมออกซิเจนให้กับน้ำในถังพักด้วย โดยการออกแบบระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอชแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

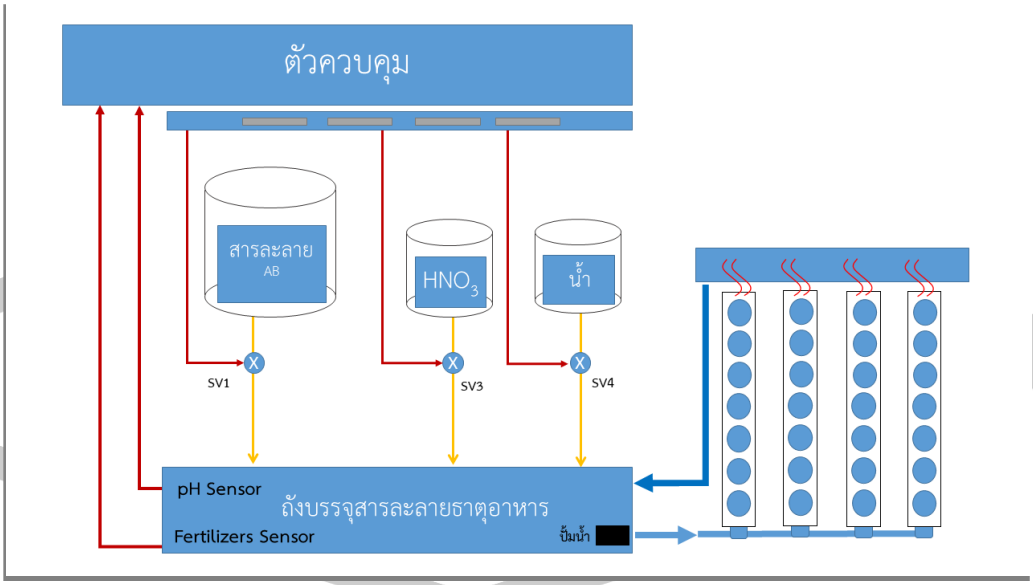
3.2.1 การออกแบบระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1) อินพุต ใช้เซนเซอร์ 2 ตัว คือ เซนเซอร์วัดค่า Fertilizer และ เซนเซอร์วัดค่า pH

2) การประมาลผล (ไมโครคอนโทรลเลอร์) ใช้ Arduino MEGA 2560

3) เอาท์พุต ใช้โซลินอยวาล์ว 3 ตัว

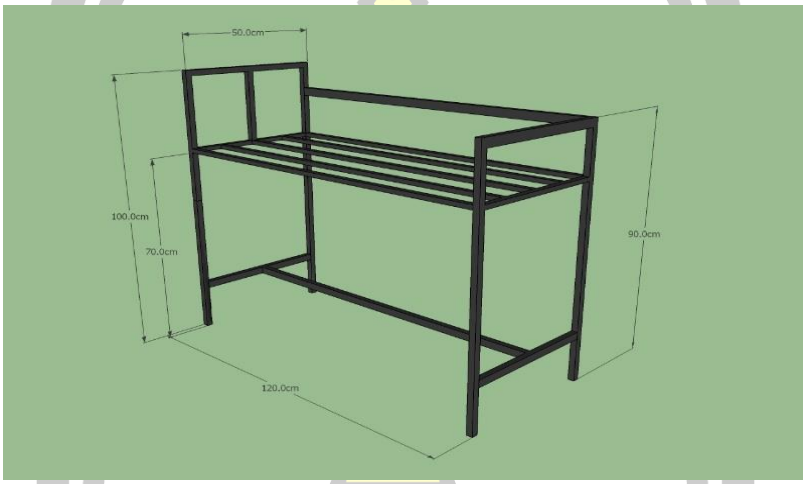
การออกแบบการทำงานของระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์จะรับค่าจากเซนเซอร์วัดความอุดมสมบูรณ์และพีเอชเซนเซอร์ โดยเชื่อมต่อกับระบบควบคุมการประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำงานตามเงื่อนไขที่ได้ตั้งค่าเอาไว้ แล้วไปสั่งให้โซลินอยวาล์วในแต่ละถังทำงานโดยแยกเป็นการควบคุมความอุดมสมบูรณ์ จำนวน 1 ถัง และอีกสองถังมีไว้เพื่อควบคุมคุณภาพของพีเอชในสารละลาย ดังแสดงการออกแบบระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอชในภาพประกอบที่ 10



ภาพประกอบที่ 10 การออกแบบระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช

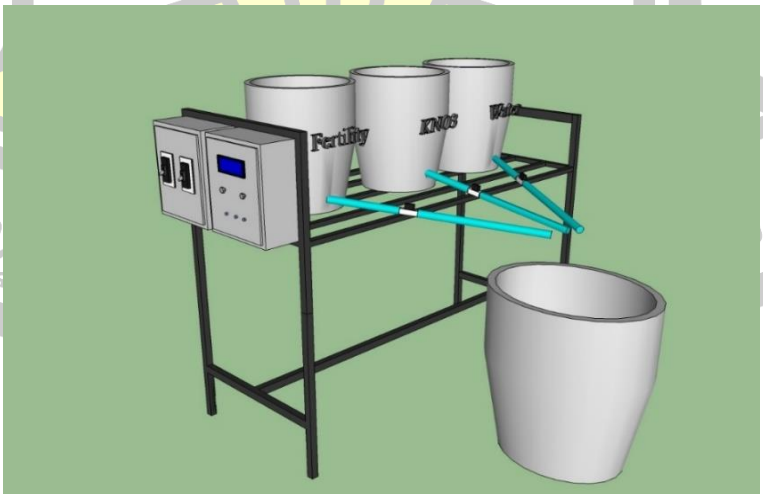
3.2.2 การออกแบบโครงสร้างของระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช

การออกแบบโครงสร้างของระบบประกอบไปด้วยตัวขาตั้งสำหรับวางตัวถังปล่อยสารต่างๆ และไว้ติดตั้งตู้ควบคุมพร้อมระบบไฟฟ้าที่ใช้ในงานนี้ โดยตัวโครงจะมีขนาดสูงสุดที่ 100 เซนติเมตร กว้าง 120 เซนติเมตร ชั้นที่เอาไว้สำหรับวางถังมีความสูงจากพื้น 70 เซนติเมตร ดังภาพประกอบที่ 11

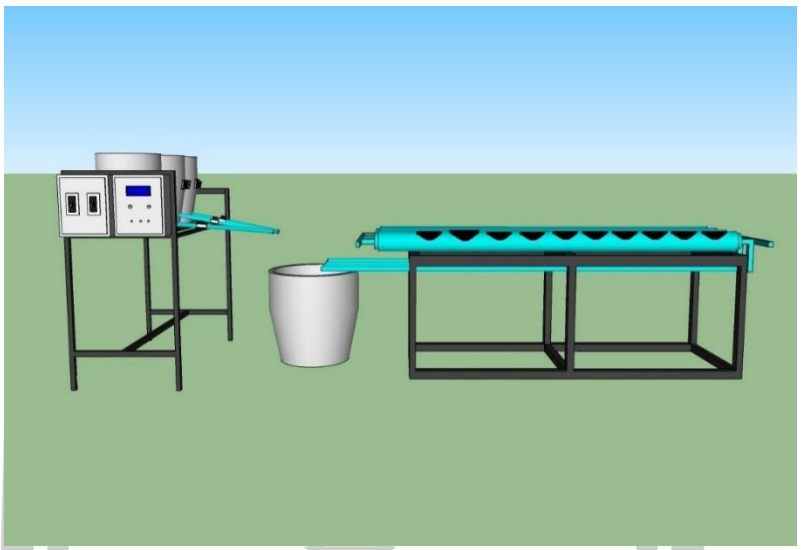


ภาพประกอบที่ 11 การออกแบบโครงสร้างของชั้นวางอุปกรณ์

การจัดวางถังและตู้ควบคุมการทำงาน และภาพรวมของระบบก็จะแสดงในภาพประกอบที่ และภาพประกอบที่ 12



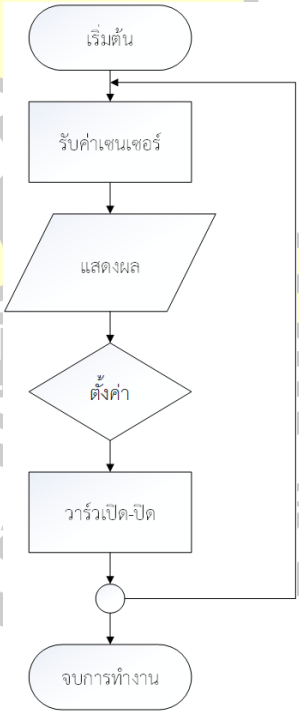
ภาพประกอบที่ 12 การออกแบบการจัดวางของถังบรรจุสารต่างๆ และถังที่ใช้ผสม



ภาพประกอบที่ 13 การออกแบบการจัดวางโดยรวมทั้งระบบการทำงาน

3.3 การออกแบบการทำงานของโปรแกรม

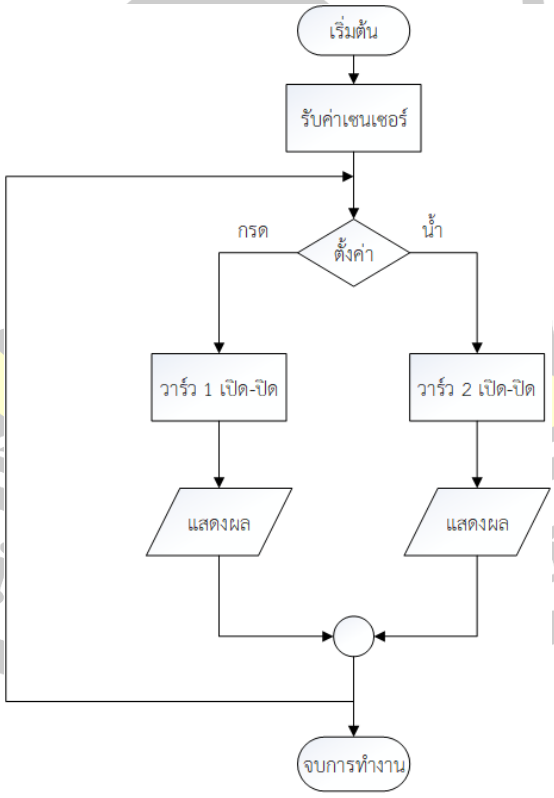
3.3.1 การออกแบบการทำงานในส่วนของโปรแกรมเพื่อใช้ในการออกแบบระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์



ภาพประกอบที่ 14 แผนผังการทำงานของระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์

3.3.2 การออกแบบการทำงานในส่วนของโปรแกรมเพื่อใช้ในการออกแบบระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์นั้นการทำงานของระบบจะเริ่มจากการรับค่าจากเซนเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ตั้งเอาไว้ เมื่อได้ผลลัพธ์แล้วจึงสั่งงานไปยังอุปกรณ์ที่ได้ติดตั้งไว้เพื่อปรับค่าความอุดมสมบูรณ์ในถังพักสารละลาย ในระบบนี้ก็จะมีค่าที่ได้มาเป็นค่าของธาตุอาหารซึ่งก็คือปุ๋ยน้ำ AB ที่ได้เตรียมไว้ในถัง ทำการเติมลงไปในถังพักสารละลายเพื่อปรับคุณภาพความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหาร ซึ่งได้แสดงแผนผังการทำงานของระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์ในภาพประกอบที่ 14

3.3.3 การออกแบบการทำงานในส่วนของโปรแกรมเพื่อใช้ในการออกแบบระบบควบคุมค่าพีเอชเริ่มจากการรับค่าจากเซนเซอร์ แล้วนำค่าที่ได้มาคำณวนเพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ เมื่อได้ผลลัพธ์แล้วจึงสั่งงานไปยังอุปกรณ์เพื่อทำการปรับค่าพีเอชในสารละลายแล้วกลับไปเริ่มทำงานใหม่ โดยระบบการควบคุมค่าพีเอชจะประกอบด้วยถังบรรจุกรด HNO_3 และถังบรรจุน้ำที่มีค่าพีเอชอยู่ที่ระดับ 7 ระบบจะทำงานโดยถ้าน้ำมีค่าความเป็นกรดน้อยกว่าที่ตั้งไว้ก็ปล่อยถังบรรจุกรด HNO_3 แต่ถ้ามีความเป็นกรดมากไปก็จะทำการเติมน้ำเปล่าลงมาแทน และเมื่อค่าอยู่ในช่วงที่ตั้งไว้แล้วก็จะไม่ปล่อยสารทั้งสองถังลงมา แสดงดังภาพประกอบที่ 15



ภาพประกอบที่ 15 การทำงานของโปรแกรมควบุมระบบค่าพีเอชในระบบ

3.4 การทดสอบการทำงานของระบบ

การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช ทำการทดสอบการทำงานของระบบโดยกำหนดเงื่อนไขในการทำงานดังตารางที่ 6 เพื่อทดสอบการทำงานว่าระบบสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้หรือไม่

ตารางที่ 6 ตารางเงื่อนไขกำหนดให้ชุดควบคุมของระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช

อุปกรณ์ที่ควบคุม	เงื่อนไขในการทำงาน
โซลินอยด์วาร์ว SV1 ถังบรรจุ ปุ๋ย AB เข้มข้น 5%	เปิด : AB มีค่าต่ำกว่า เกณฑ์ที่กำหนด ปิด : มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับเกณฑ์ที่กำหนด
โซลินอยด์วาร์ว SV2 ถังบรรจุกรดไนตริก 5%	เปิด : pH มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 6.5 ปิด : pH มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5.5
โซลินอยด์วาร์ว SV5 ถังบรรจุน้ำประปาหรือ น้ำเปล่าที่มีค่า pH ประมาณ 7	เปิด : pH มีค่าน้อยกว่า 5.0 ปิด : pH มีค่ามากกว่า 6.0

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การทำงานของระบบควบคุมค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช สามารถอธิบายเป็นหลักการทำงาน คือ จะต้องมีอุปกรณ์ตรวจสอบวัดค่าสัญญาณโดยแสดงค่าเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเข้าสู่กระบวนการประมวลผลและการควบคุมโดยอุปกรณ์ Arduino Mega 2560 ทำหน้าที่รับค่าสัญญาณทางไฟฟ้ามาประมวลผลและแสดงค่าตามหน่วยวัดที่ต้องการ ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการออกแบบและทำการทดลองโดยแบกออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน ประกอบไปด้วย

4.1 ผลการศึกษาเซ็นเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช

4.2 ผลวิเคราะห์การทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่ได้สร้างขึ้น

4.3 ผลการทดสอบ

4.1 ผลการศึกเซ็นเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช

ในการศึกษาเซนซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอชมีกระบวนการในการศึกษาดังนี้

1) การเตรียมสารละลาย AB กับน้ำ ในสัดส่วนต่างๆ ในน้ำ 1,000 cc (1 ลิตร)

2) ผสมสารละลาย AB ตามสัดส่วนที่กำหนด

3) นำเซ็นเซอร์วัดค่าแรงดันที่ได้จำนวน 5 ครั้ง ต่อการเติมสาร

4) วัดค่าความเข้มข้นของสารละลายด้วยเครื่องมือวัด

5) บันทึกผลและทำการเปรียบเทียบผลที่ได้

ตารางที่ 7 ค่าแรงดันเฉลี่ยจากการทดลองที่ 1 สัดส่วนสารละลาย A คงที่ แล้วเติม B

สัดส่วน ของปุ๋ย A : B	AVERRAGE Fertilizer (mV)	AVERRAGE EC (us/cm)	AVERRAGE pH (mV)	AVERRAGE pH
1 : 1	120	56	44	7.21
1 : 2	118	67	45	6.95
1 : 3	115	78	47	6.84
1 : 4	110	88	49	6.77
1 : 5	108	95	50	6.74
1 : 6	102	106	52	6.66

ตารางที่ 8 ค่าแรงดันเฉลี่ยจากการทดลองที่ 1 สัดส่วนสารละลาย A คงที่ แล้วเติม B (ต่อ)

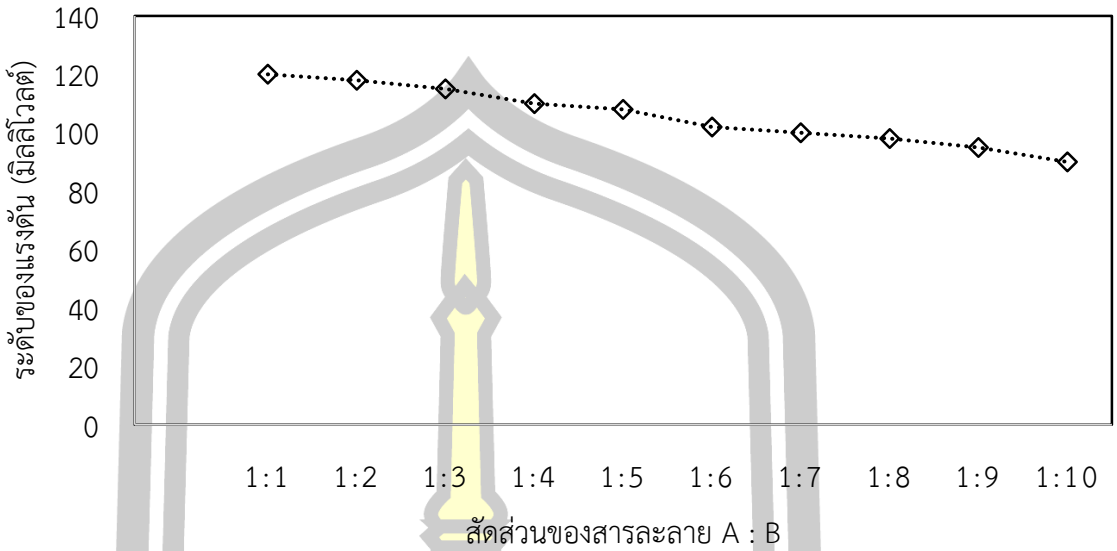
สัดส่วน ของปุ๋ย A : B	AVERRAGE Fertilizer (mV)	AVERRAGE EC (us/cm)	AVERRAGE pH (mV)	AVERRAGE pH
1 : 7	100	113	54	6.62
1 : 8	98	122	55	6.58
1 : 9	95	130	57	6.61
1 : 10	90	135	58	6.52

ตารางที่ 9 ค่าแรงดันเฉลี่ยจากการทดลองที่ 2 สัดส่วนสารละลาย B คงที่ แล้วเติม A

สัดส่วน ของปุ๋ย A : B	AVERRAGE Fertilizer (mV)	AVERRAGE EC (us/cm)	AVERRAGE pH (mV)	AVERRAGE pH
1 : 1	131	41	43	7.22
2 : 1	125	53	45	7.03
3 : 1	120	64	48	6.95
4 : 1	116	78	49	6.98
5 : 1	113	87	51	6.98
6 : 1	106	99	53	6.97
7 : 1	102	111	55	7.03
8 : 1	100	118	57	7.03
9 : 1	98	133	58	7.05
10 : 1	96	138	60	7.03

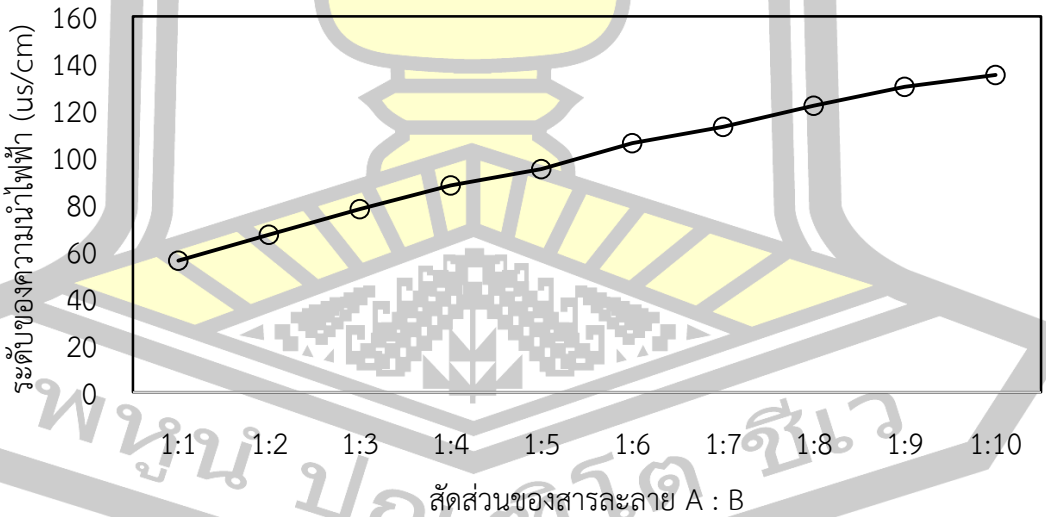
4.1.1 ผลการศึกษาเซ็นเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช โดยการทดลองวัดระดับแรงดันของค่าความอุดมสมบูรณ์ในสารละลาย AB ตามสัดส่วน สารละลาย A คงที่ และเติมสารละลาย B เพิ่มขึ้นตามที่กำหนด ได้ผลการทดลอง ดังนี้

1) จากการทดลองครั้งที่ 1 ค่าแรงดันของความอุดมสมบูณ์ที่วัดได้นั้นเป็นค่าแรงดันเฉลี่ยจากการวัดจำนวน 5 ครั้ง โดยค่าของแรงดันสูงสุดที่วัดได้เท่ากับ 120 มิลลิโวลต์ เมื่อเติมสารลาย B เพิ่มเข้าไปพบว่าค่าแรงดันลดลง ตามปริมาณของสารละลาย AB ที่เพิ่มขึ้น ตามลำดับ ดังที่แสดงในภาพประกอบที่ 16



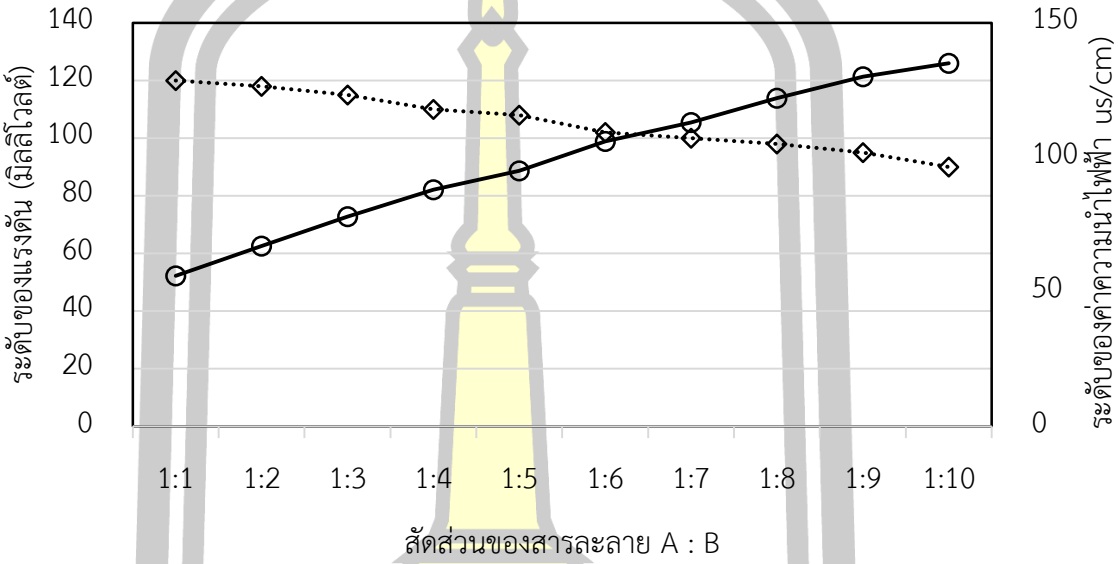
ภาพประกอบที่ 16 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากสารละลาย A : B โดยสัดส่วนของสารละลาย A คงที่

2) จากการทดลองครั้งที่ 1 ผลการศึกษาเซ็นเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช โดยการทดลองวัดระดับของค่าความนำไฟฟ้าในสารละลาย AB ตามสัดส่วน สารละลาย A คงที่ และเติม สารละลาย B เพิ่มขึ้นตามลำดับ ดังที่แสดงในภาพประกอบที่ 17



ภาพประกอบที่ 17 ค่าความนำไฟฟ้าที่วัดได้จากสารละลาย A : B โดยสัดส่วนของสารละลาย A คงที่

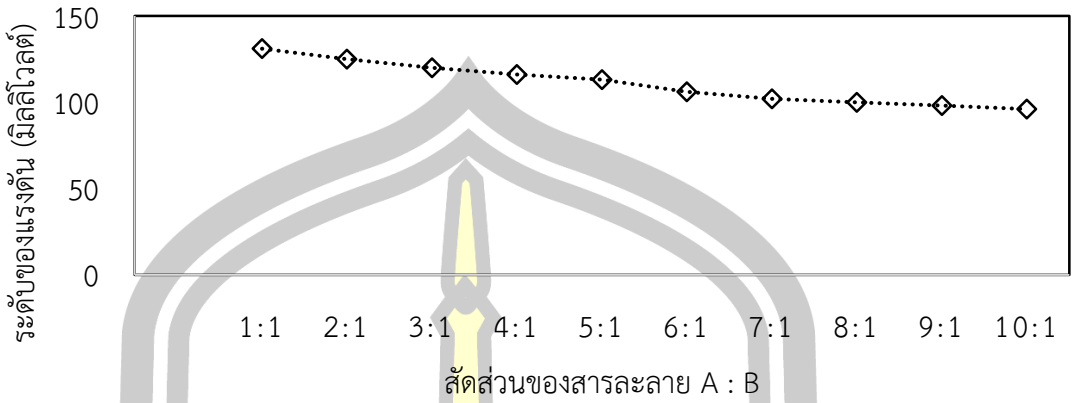
3) จากการทดลองครั้งที่ 1 ผลการศึกษาเซ็นเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช โดยการนำค่าระดับแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์มาเปรียบเทียบกับระดับของค่าความนำไฟฟ้าในสารละลาย AB ตามสัดส่วน สารละลาย A คงที่ และเติม สารละลาย B ดังที่แสดงในภาพประกอบที่ 18



ภาพประกอบที่ 18 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้าและค่าความนำไฟฟ้าที่วัดได้จากสารละลาย A : B โดยสัดส่วนของสารละลาย A คงที่

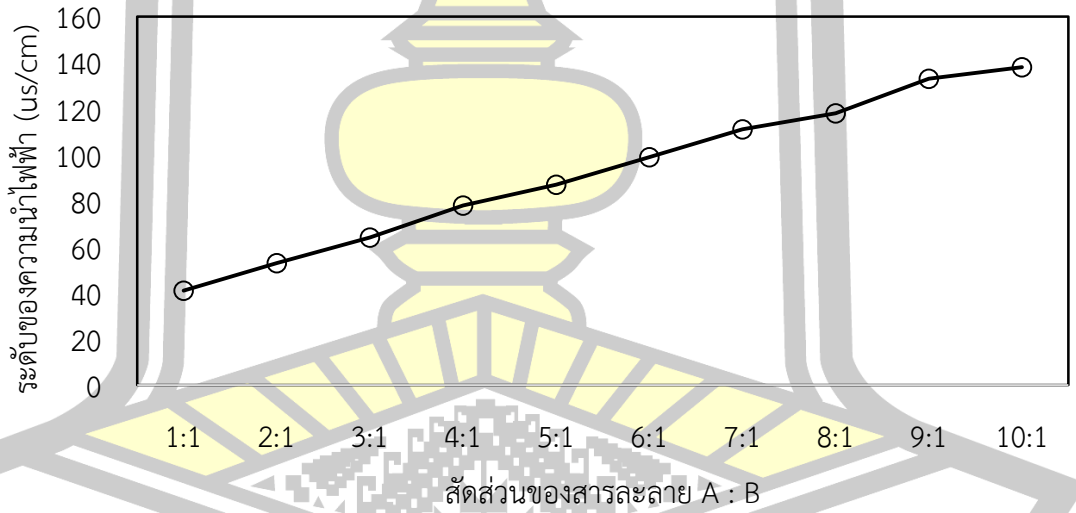
4.1.2 ผลการศึกษาเซ็นเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช โดยการทดลองวัดระดับแรงดันของค่าความอุดมสมบูรณ์ในสารละลาย AB ตามสัดส่วน สารละลาย B คงที่ และเติมสารละลาย A เพิ่มขึ้นตามที่กำหนด ได้ผลการทดลอง ดังนี้

1) จากการทดลองครั้งที่ 2 ค่าแรงดันของความอุดมสมบูณ์ที่วัดได้นั้นเป็นค่าแรงดันเฉลี่ยจากการวัดจำนวน 5 ครั้ง โดยค่าของแรงดันสูงสุดที่วัดได้เท่ากับ 131 มิลลิโวลต์ เมื่อเติมสารลายB เพิ่มเข้าไปพบว่าค่าแรงดันลดลง ตามปริมาณของสารละลาย AB ที่เพิ่มขึ้น ตามลำดับ ดังที่แสดงในภาพประกอบที่ 19



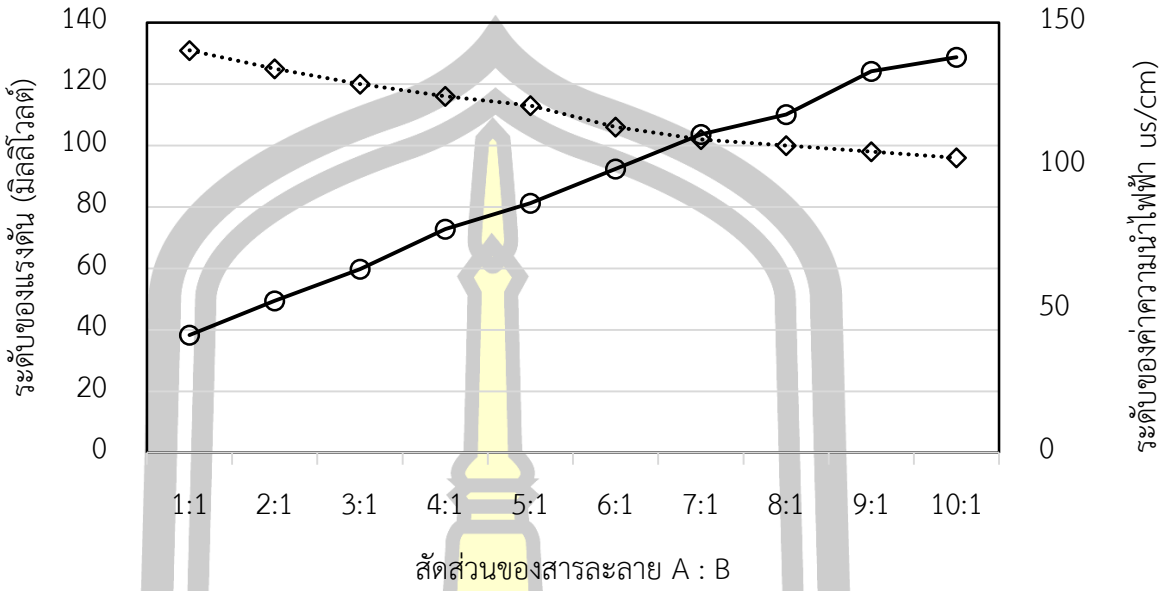
ภาพประกอบที่ 19 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากสารละลาย A : B โดยสัดส่วนของสารละลาย B คงที่

2) จากการทดลองครั้งที่ 2 ผลการศึกษาเซ็นเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช โดยการทดลองวัดระดับของค่าความนำไฟฟ้าในสารละลาย AB ตามสัดส่วน สารละลาย B คงที่ และเติม สารละลาย A เพิ่มขึ้นตามลำดับ ดังที่แสดงในภาพประกอบที่ 20



ภาพประกอบที่ 20 ค่าความนำไฟฟ้าที่วัดได้จากสารละลาย A : B โดยสัดส่วนของสารละลาย B คงที่

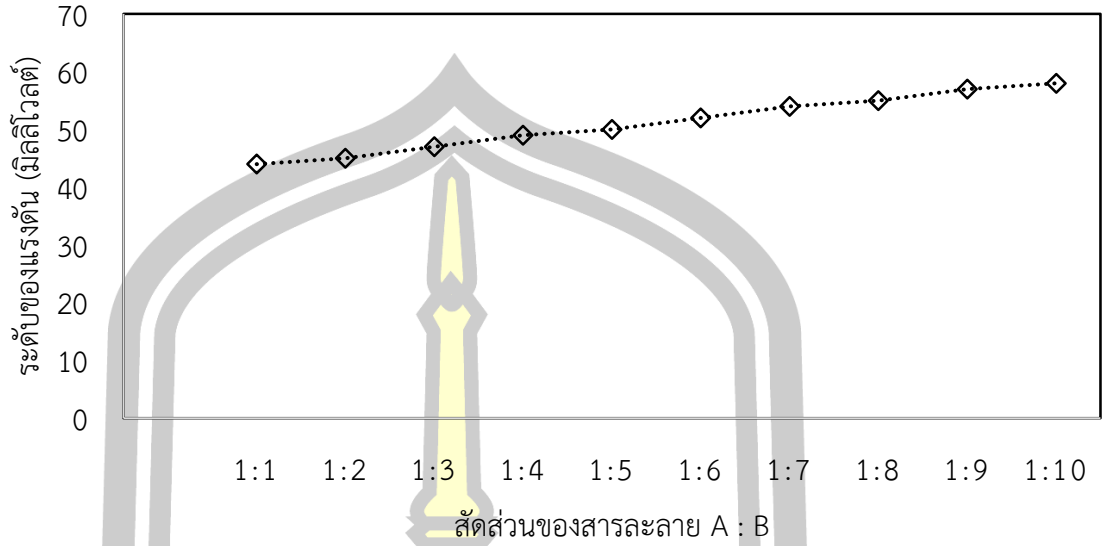
3) จากการทดลองครั้งที่ 1 ผลการศึกษาเซ็นเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช โดยการนำค่าระดับแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์มาเปรียบเทียบกับระดับของค่าความนำไฟฟ้าในสารละลาย AB ตามสัดส่วน สารละลาย A คงที่ และเติม สารละลาย B ดังที่แสดงในภาพประกอบที่ 21



ภาพประกอบที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้าและค่าความนำไฟฟ้าที่วัดได้จากสารละลาย A : B โดยสัดส่วนของสารละลาย B คงที่

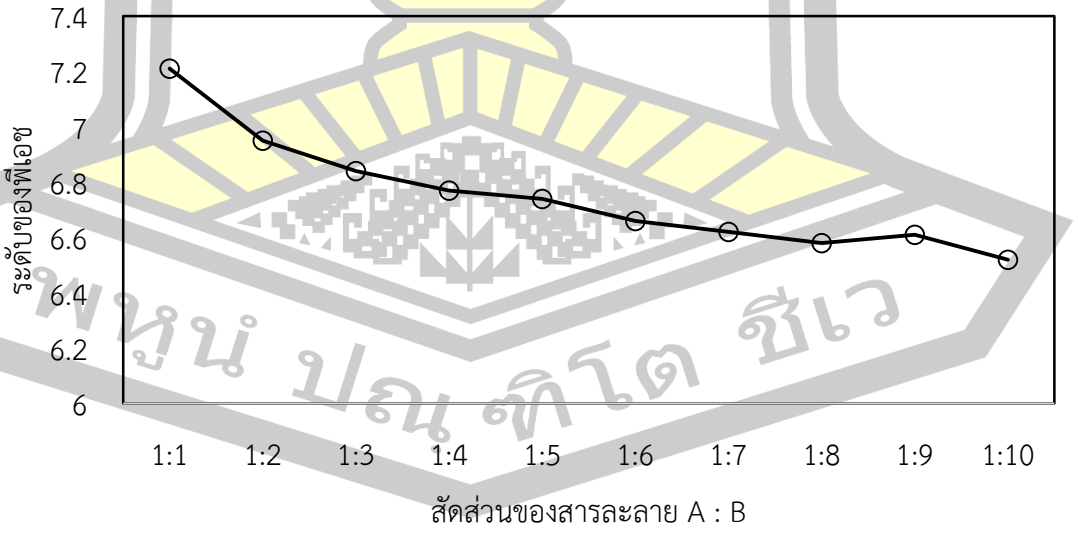
4.1.3 ผลการศึกษาเซ็นเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช โดยการทดลองวัดระดับแรงดันของค่าพีเอชในสารละลาย AB ตามสัดส่วน สารละลาย A คงที่ และเติม สารละลาย B เพิ่มขึ้นตามที่กำหนด ได้ผลการทดลอง ดังนี้

1) จากการทดลองครั้งที่ 1 ค่าแรงดันของค่าพีเอชได้นั้นเป็นค่าแรงดันเฉลี่ยจากการวัดจำนวน 5 ครั้ง โดยค่าของแรงดันวัดได้เท่ากับ 44 มิลลิโวลต์ เมื่อเติมสารลาย B เพิ่มเข้าไปพบว่าค่าแรงดันเพิ่มขึ้น ตามปริมาณของสารละลาย AB ที่เพิ่มขึ้น ตามลำดับ ดังที่แสดงในภาพประกอบที่ 22



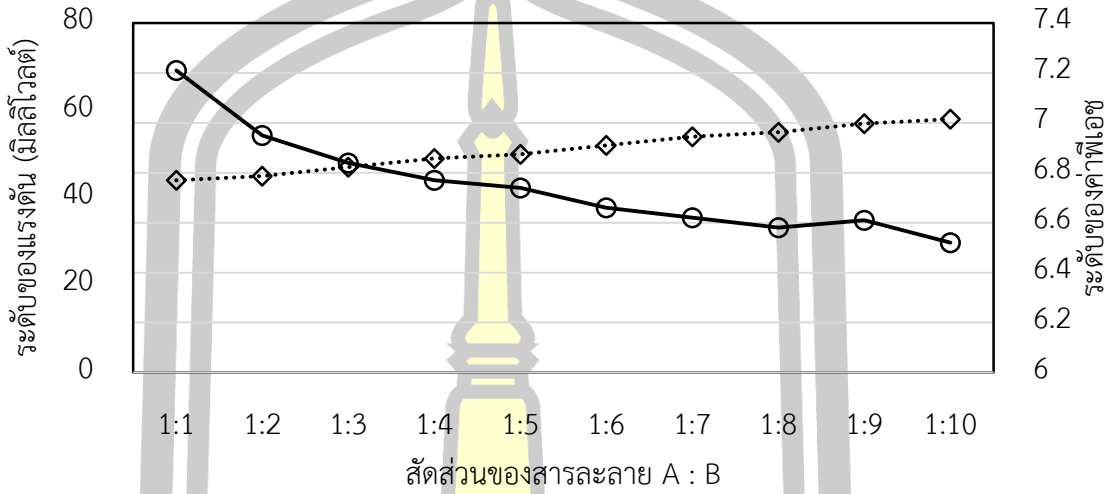
ภาพประกอบที่ 22 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากสารละลาย A : B โดยสัดส่วนของสารละลาย A คงที่

2) จากการทดลองครั้งที่ 1 ผลการศึกษาเซ็นเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช โดยการทดลองวัดระดับพีเอชในสารละลาย AB ตามสัดส่วน สารละลาย A คงที่ และเติมสารละลาย B เพิ่มขึ้นตามลำดับ ค่าพีเอชที่วัดได้อยู่ในช่วงระหว่าง 7.21- 6.52 ดังที่แสดงในภาพประกอบที่ 23



ภาพประกอบที่ 23 แสดงค่าพีเอชที่วัดได้จากสารละลาย A : B โดยสัดส่วนของสารละลาย A คงที่

3) จากการทดลองครั้งที่ 1 ผลการศึกษาเซ็นเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช โดยการนำค่าระดับแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์มาเปรียบเทียบกับระดับของค่าพีเอชในสารละลาย AB ตามสัดส่วน สารละลาย A คงที่ และเติม สารละลาย B ดังที่แสดงในภาพประกอบที่ 24

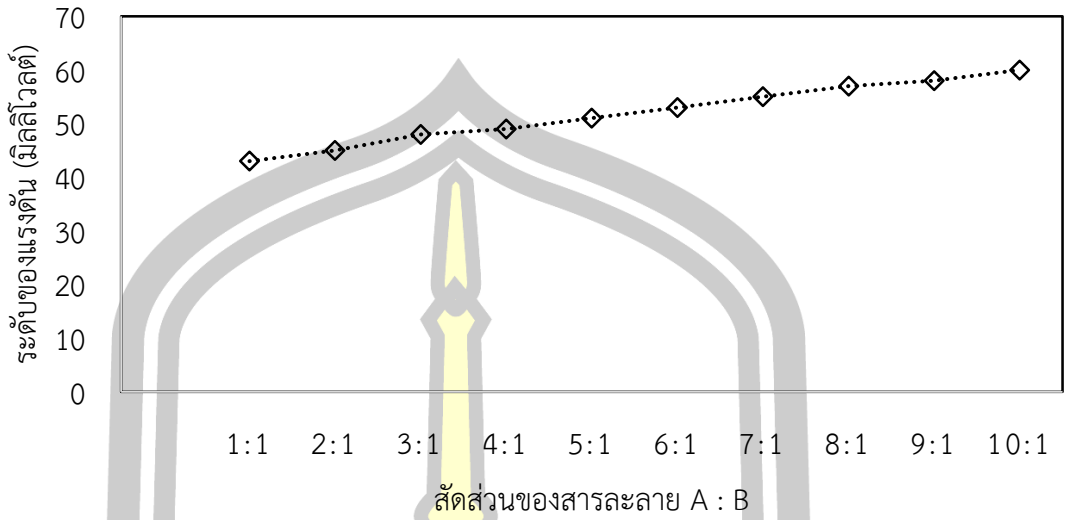


ภาพประกอบที่ 24 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้าและค่าพีเอชที่วัดได้จากสารละลาย A : B โดยสัดส่วนของสารละลาย A คงที่

4.1.4 ผลการศึกษาเซ็นเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช โดยการทดลองวัดระดับแรงดันของค่าพีเอชในสารละลาย AB ตามสัดส่วน สารละลาย B คงที่ และเติม สารละลาย A เพิ่มขึ้นตามที่กำหนด ได้ผลการทดลอง ดังนี้

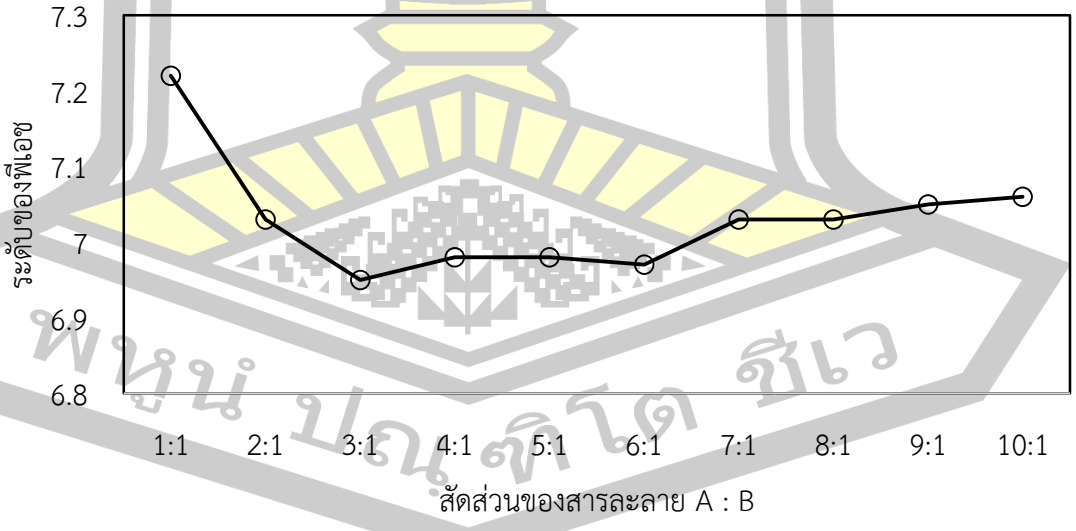
1) จากการทดลองครั้งที่ 2 ค่าแรงดันของค่าพีเอชได้นั้นเป็นค่าแรงดันเฉลี่ยจากการวัดจำนวน 5 ครั้ง โดยค่าของแรงดันวัดได้เท่ากับ 43 มิลลิโวลต์ เมื่อเติมสารลาย B เพิ่มเข้าไปพบว่าค่าแรงดันเพิ่มขึ้น ตามปริมาณของสารละลาย AB ที่เพิ่มขึ้น ตามลำดับ ดังที่แสดงในภาพประกอบที่ 25

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว



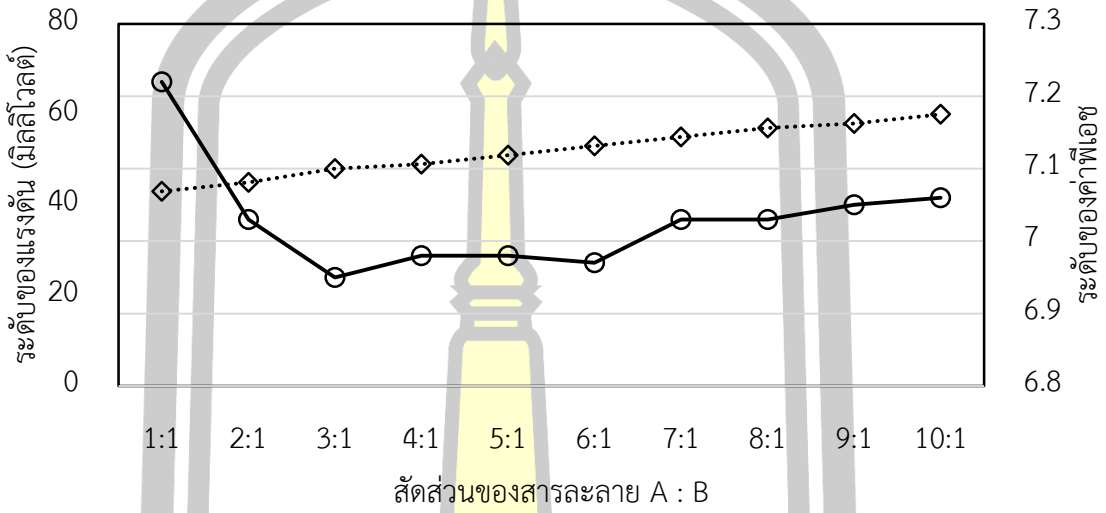
ภาพประกอบที่ 25 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากสารละลาย A : B โดยสัดส่วนของสารละลาย B คงที่

2) จากการทดลองครั้งที่ 2 ผลการศึกษาเซ็นเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช โดยการทดลองวัดระดับพีเอชในสารละลาย AB ตามสัดส่วน สารละลาย A คงที่ และเติมสารละลาย B เพิ่มขึ้นตามลำดับ ค่าพีเอชที่วัดได้อยู่ในช่วงระหว่าง 7.22-7.03 ดังที่แสดงในภาพประกอบที่ 26



ภาพประกอบที่ 26 แสดงค่าพีเอชที่วัดได้จากสารละลาย A : B โดยสัดส่วนของสารละลาย B คงที่

3) จากการทดลองครั้งที่ 2 ผลการศึกษาเซ็นเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช โดยการนำค่าระดับแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์มาเปรียบเทียบกับระดับของค่าพีเอชในสารละลาย AB ตามสัดส่วน สารละลาย A คงที่ และเติม สารละลาย B ดังที่แสดงในภาพประกอบที่ 27



ภาพประกอบที่ 27 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้าและค่าพีเอชที่วัดได้จากสารละลาย A : B โดยสัดส่วนของสารละลาย B คงที่

4.2 ผลวิเคราะห์การทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่ได้สร้างขึ้น

การทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่ได้สร้างขึ้น ผู้วิจัยได้แบ่งกระบวนการออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

4.2.1 ส่วนของการวัดค่าความอุดมสมบูรณ์

ระบบควบสามารถวัดค่าความอุดมสมบูรณ์ และแสดงผลผ่านจอ LCD ได้

4.2.2 ส่วนของการวัดเทียบค่าเซ็นเซอร์วัดค่าพีเอช

ทำการวัดค่าของเซนเซอร์ในสัดส่วนของส่วนผสมปุ๋ย AB เพื่อนำไปใช้ในการสร้างระบบควบคุม

4.2.3 ส่วนของการควบคุมค่า pH

ระบบควบสามารถวัดค่า pH และแสดงผลผ่านจอ LCD ได้

4.3 ผลการทดสอบ

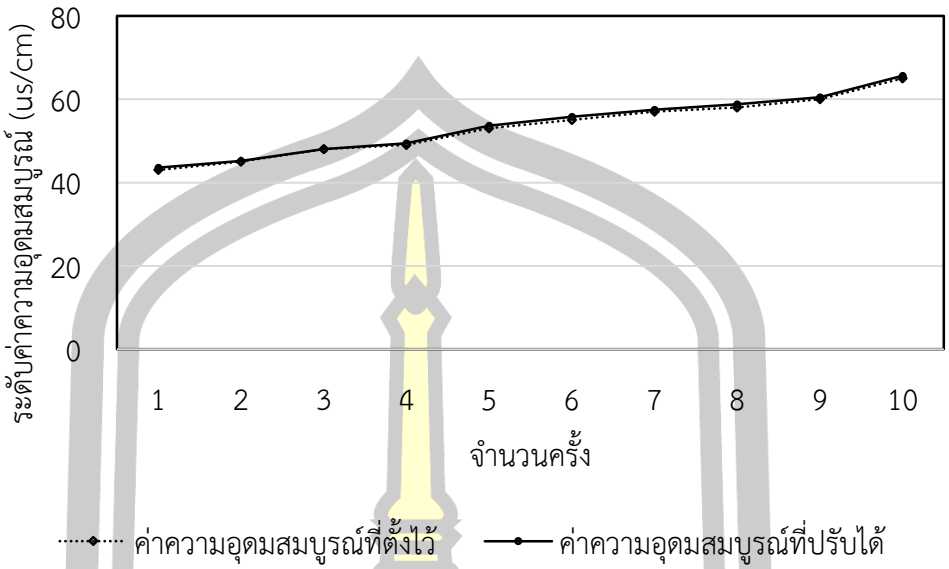
ทำการทดสอบด้วยการรันระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช

ตารางที่ 10 การทดลองระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช แบบการตั้งค่า

ครั้ง	ค่าความอุดมสมบูรณ์ที่ตั้งไว้	ค่าความอุดมสมบูรณ์ที่ปรับได้	ค่า pH ที่ตั้งไว้	ค่า pH ที่ปรับได้
1	43	43.06	7.00	7.29
2	45	45.19	6.00	6.10
3	48	48.01	7.50	7.14
4	49	49.41	7.00	6.86
5	53	53.63	7.0	6.85
6	55	55.81	6.00	6.29
7	57	57.48	6.0	6.19
8	58	58.81	6.50	6.25
9	60	60.48	7.0	7.16
10	65	65.63	6.0	5.87

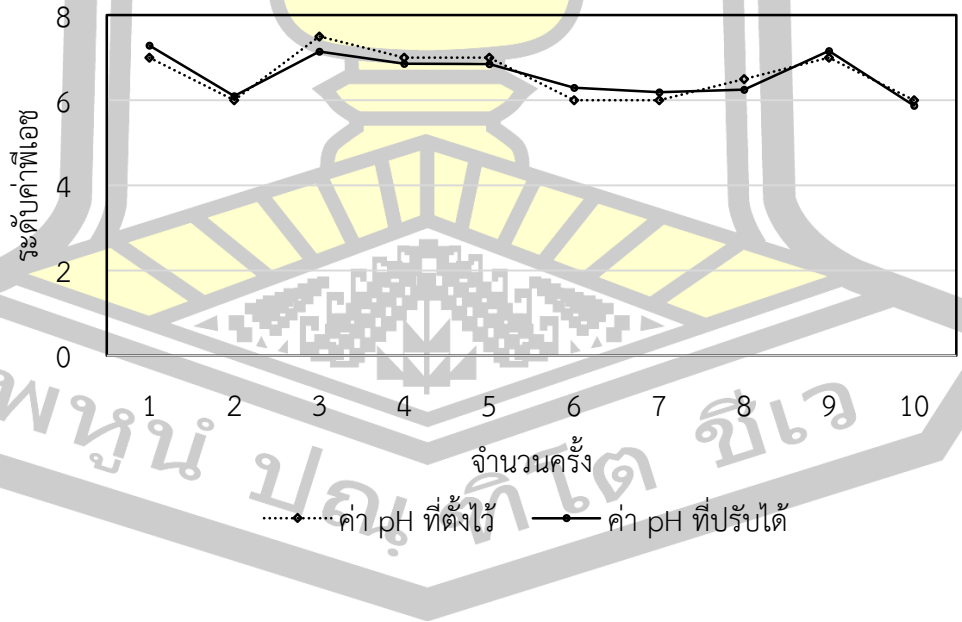
การทดสอบการทำงานของระบบได้ทำการทดสอบ 10 ครั้ง โดยการตั้งค่า จากเครื่องให้ระบบทำงานตามเงื่อนที่ได้ตั้งเอาไว้ ผลที่ได้บันทึกลงในตารางที่ 10 แล้วนำค่าที่ได้จากการตั้งค่า และค่าที่ระบบปรับได้ มาเปรียบเทียบกัน ได้ดังนี้

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว



ภาพประกอบที่ 28 แสดงค่าความอุดมสมบูรณ์จากค่าที่ตั้งไว้เปรียบเทียบกับค่าที่ระบบปรับได้

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานงานของระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์จากค่าที่ตั้งไว้เปรียบเทียบกับค่าที่ระบบปรับได้ มีค่าที่ยอมรับได้จากค่าที่ตั้งไว้



ภาพประกอบที่ 29 แสดงค่าพีเอชจากค่าที่ตั้งไว้เปรียบเทียบกับค่าที่ระบบปรับได้

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานงานของระบบในยการตั้งค่าพีเอชที่ตั้งไว้เปรียบเทียบกับค่าที่ระบบปรับได้ มีค่าที่ยอมรับได้จากค่าที่ตั้งไว้

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอชสำหรับการปลูกพืชวิธีไฮโดรโปนิกส์ ผู้วิจัยได้สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะตามลำดับดังนี้

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.2 สมมุติฐานของการวิจัย

5.3 สรุปผล

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.1.1 ศึกษาระดับแรงดันเฉลี่ยของเซ็นเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช

5.1.2 ทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่ได้สร้างขึ้น

5.2 สมมุติฐานของการวิจัย

ระดับของแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์วัดค่าอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอชในสารละลาย มีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณความเข้มข้นของสารละลาย

5.3 สรุปผล

5.3.1 ผลศึกษาระดับแรงดันเฉลี่ยของเซ็นเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอช

ผลของระดับแรงดันเฉลี่ยของเซนเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูร์ได้ค่าแรงดันไฟฟ้าอยู่ในช่วง 90-120 มิลลิโวลต์ เมื่อนำไปเทียบกับค่าที่ได้จากเครื่องมือค่าอีซีอยู่ในช่วง 67-138 ไมโครซีเมนต์โดยสองค่านี้จะแปรผกผันกันเมื่อค่าความเข้มข้นของสารละลายมากขึ้นเครื่องมือวัดค่าอีซีก็จะมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย ส่วนค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเซนเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์ก็จะมีระดับแรงดันเฉลี่ยที่ลดลงไปตามค่าความเข้มข้นของสารละลาย

ผลของระดับแรงดันเฉลี่ยของเซนเซอร์วัดค่าพีเอชได้ค่าแรงดันไฟฟ้าอยู่ในช่วง 43-60 มิลลิโวลต์ เมื่อนำไปเทียบกับค่าที่ได้จากเครื่องมือค่าพีเอชจะอยู่ในช่วง 6.52-7.22 โดยสองค่านี้จะแปรผกผันกันเมื่อค่าความเข้มข้นของสารละลายมากขึ้นเครื่องมือวัดค่าพีเอชก็จะมีค่ามากขึ้นตามไป

ด้วย ส่วนค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเซนเซอร์วัดค่าพีเอชก็จะมีระดับแรงดันเฉลี่ยที่ลดลงไปตามค่าความเข้มข้นของสารละลาย

5.3.2 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่ได้สร้างขึ้น

ระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอชสำหรับการปลูกพืชวิธีไฮโดรโปนิกส์สามารถวัดค่าความอุดมสมบูรณ์ในช่วง 53-130 ไมโครซีเมนต์ โดยทำการทดสอบเทียบวัดค่าของเซนเซอร์วัดค่าความอุดมสมบูรณ์กับเครื่องมือวัดที่มีขาย แล้วนำค่าที่ได้มาสร้างระบบในการควบคุมการเติมปุ๋ยเอบีเข้าไปได้ระบบโดยจะทำงานเทียบกับค่าที่ตั้งไว้คือถ้าค่าที่ได้ตั้งไว้เทียบกับเซนเซอร์ถ้ามีค่าน้อยกว่าค่าที่ตั้งไว้จะทำการเปิดวาล์วปุ๋ยเอบีที่ได้เตรียมเอาไว้เข้าไปในระบบแต่ถ้าวัดค่าได้มากกว่าที่ตั้งเอาไว้หรือมากว่าที่ตั้งค่าเอาไว้ก็จะไม่ทำงาน การควบคุมค่าพีเอชได้โดยไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถควบคุมการทำงานของวาล์วปล่อยสารละลายกรดและน้ำได้โดยมีเงื่อนไขของการทำงานเมื่อความเป็นกรดน้อยกว่าที่ตั้งไว้ก็จะปล่อยสารที่เป็นกรดลงมา และปล่อยน้ำเมื่อปุ๋ยมีความเป็นกรดมากเกินกว่าที่ตั้งไว้

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 ระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอชสำหรับการปลูกพืชวิธีไฮโดรโปนิกส์อยู่ในช่วงที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ ทำให้พืชมีลักษณะที่สมบูรณ์ และลักษณะของผลผลิตที่สม่ำเสมอทุกฤดูกาลอันส่งผลโดยตรงต่อราขายขายได้

5.4.2 ระบบควบคุมความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอชสำหรับการปลูกพืชวิธีไฮโดรโปนิกส์จะช่วยให้ค่าความอุดมสมบูรณ์และค่าพีเอชของสารละลายวัดค่าได้ถูกต้องตามที่เราต้องการ ทำให้ทราบปริมาณปุ๋ยที่พืชต้องการในแต่ละช่วง ช่วยให้ทราบต้นทุนในการปลูกพืช เพื่อกำหนดต้นทุนของการปลูกพืชได้

5.4.3 สำหรับการวิจัยครั้งต่อไป สำหรับการปลูกพืชวิธีไฮโดรโปนิกส์ขนาดใหญ่หรือมีพื้นที่กว้าง สามารถพัฒนาให้ระบบควบคุมผ่านสมาร์ทโฟนหรือแทบเล็ต เพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้ผลิตในการควบคุมดูแลพืชและแจ้งเตือนระยะไกลผ่อนเครือข่ายอิเตอร์เน็ตได้

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ดิเรก ทองอร่าม. (2547). *การปลูกพืชไม่ใช้ดิน.* ราชบุรี: ธรรมรักษ์การพิมพ์.

ธัชกร อ่อนบุญเอื้อ. (2557). *ระบบควบคุมสารละลายอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชวิธีไฮโดรพอนิกส์.* การประชุมวิชาการ การพัฒนาชนบทยั่งยืน ครั้งที่ 4 ประจำปี 2557.

นภดล เรียบเลิศหิรัญ. (2550). *การปลูกพืชไร้ดิน.* กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

นิติพงษ์ สมไชยวงค์. (2551). *การพัฒนาชุดควบคุมการปลูกพืชในการละลายไฮโดรโปนิกส์.* กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.).

พลเทพ เวงสูงเนิน. (2557). *การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการปลูกพืชไฮดดรโปนิกส์ด้วยระบบทำความเย็นแบบอัดไอ.* ขอนแก่น: คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

พุทธิพงษ์ เหมะวณิช. (2550). *ระบบควบคุมสารอาหารสำหรับปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.

อรรถพล กัณหเวก. (2550). *การออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์.* Proceeding TISD2008 ประเทศไทย ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 หน้า 153.

อำภา คำวงษา. (2553). *แนวทางการปลูกพืชและการลงทุนผักไฮโดรโปนิกส์.* กรุงเทพฯ: นาคา อินเตอร์มีเดีย จำกัด.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. (2538). *การปลูกพืชไม่ใช้ดิน.* กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.

Carruththers, S. (1998). *Hydroponics Gardening***.** Port Melbourne: Hyde Park Press.

Asumadu, Johnson A., et al. (1996). Microprocessor-based instrument for hydroponic growth chambers used in ecological life support systems. *Instrumentation and Measurement Technology Conference, 1996. IMTC-96. Conference Proceedings. Quality Measurements: The Indispensable Bridge between Theory and Reality., IEEE*. Vol. 1. IEEE.

Chenzhong, Yang, Huang Yinchun, and Zheng Weihong. (2014). *Research of hydroponics nutrient solution control technology. Intelligent Control and Automation, 2014. WCICA 2014. Fifth World Congress on*. Vol. 1. IEEE.

Chiu, Jyh-Shyan, et al. (2016). Application of Total Internal Reflection and Heterodyne Interferometry in Electrical Conductivity Measurements. *IEEE Sensors Journal*, 16(2), 336-342.

Fu, Yongfeng, et al. (2006). MIMO Soft-sensor Model for Nutrient Contents of Compound Fertilizer. *Intelligent Control and Automation, WCICA 2006. The Sixth World Congress on*. Vol. 1. IEEE.

Kaewwiset, Theeramet, and Thongchai Yooyativong. (2017). Estimation of electrical conductivity and pH in hydroponic nutrient mixing system using Linear Regression algorithm. *Digital Arts, Media and Technology (ICDAMT), International Conference on*. IEEE.

Liu, Chaotao, Zushu Li, and Xiaohui Zeng. (2008). Fuzzy control system for hydroponics cultivating. *Intelligent Control and Automation, 2008. WCICA 2008. 7th World Congress on*. IEEE.

Mapare, Sheetal Vilas, et al. (2013). A review of sensor technology for in-field phosphate monitoring. *Sensing Technology (ICST), 2013 Seventh International Conference on*. IEEE.

Nishimura, Tomohiro, Yuji Okuyama, and Akashi Satoh. (2016). High-accuracy and low-cost sensor module for hydroponic culture system. *Consumer Electronics, 2016 IEEE 5th Global Conference on*. IEEE.

Peuchpanngarm, Chanya, et al. (2016). DIY sensor-based automatic control mobile application for hydroponics. *Student Project Conference (ICT-ISPC), 2016 Fifth ICT International*. IEEE.

Saaid, M. F., et al. (2013). A development of an automatic microcontroller system for Deep Water Culture (DWC). *Signal Processing and its Applications (CSPA), 2013 IEEE 9th International Colloquium on*. IEEE.

Saaid, M. F., et al. (2015). Automated pH controller system for hydroponic cultivation. *Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE), 2015 IEEE Symposium on*. IEEE.

Yumang, Analyn N., et al. (2016). Microcontroller-based fertilizer dispenser for rice crop. *Control System, Computing and Engineering (ICCSCE), 2016 6th IEEE International Conference on*. IEEE.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายเกริกฤทธิ์ ภูพานเพชร

วันเกิด วันที่ 24 กรกฎาคม พ.ศ. 2532

สถานที่เกิด อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์

สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 202 หมู่ 9 บ้านดงบัง ตำบลหัวนาคำ อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ รหัสไปรษณีย์ 46120

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2548 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์

พ.ศ. 2545 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์

พ.ศ. 2551 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิยาลัยมหาสารคาม

พ.ศ. 2562 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิยาลัยมหาสารคาม

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว