AF-01

# การพัฒนาเทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงรากอัจฉริยะสำหรับโรงเรือนปลูกพืช

# Development of Intelligent Root Water Level Control Technology for Greenhouses

พิมล ทัดศรี [1] ขวัญตรี แสงประชาธนารักษ์[2] และเจษฎา โพธิ์สม[3]

Pimol Tudse[1], Khwantri Saengprachatanarug[2], and Jesada Phosom

[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[2]รองศาสตราจารย์ ดร. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[3]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อีเมล: pimol.t@kkumail.com

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงรากอัจฉริยะสำหรับโรงเรือนปลูกพืช โดยทำการทดสอบปลูกมะเขือเทศเชอรี่สายพันธุ์ kingfish ในโรงเรือนขนาด 4X6 ที่มีการควบคุมสภาวะแวดล้อมที่มีการทำงานจริงในภาคสนาม พื้นที่จังหวัดชลบุรี ช่วงเดือนกันยายน – กุมภาพันธ์ 2564-2565 โดย 1)พัฒนาระบบเทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงรากอัจฉริยะสำหรับโรงเรือนปลูกพืช 2)เปรียบเทียบการเพาะปลูกในดิน กับเทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงรากอัจฉริยะสำหรับโรงเรือนปลูกพืช ซึ่งแบ่งการศึกษาทดสอบเปรียบเทียบเป็น 4 หัวข้อคือ 2.1)การทดสอบระบบควบคุมสภาวะแวดล้อม 2.2)ทดสอบเปรียบเทียบการเจริญเติบโต 2.3)ทดสอบเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์ (Brix) 2.4)ทดสอบเปรียบเทียบปริมาณผลผลิต ซึ่งจากการศึกษาเปรียบเทียบพบว่า สามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเพาะปลูกได้ ระบบควบคุมอุณหภูมิ ระบบควบความชื้นสัมพัทธ์สัมพัทธ์ โดยค่าที่เหมาะสมคือ ควบคุมอุณหภูมิ 30 - 41 ℃ ± 2 ℃ ควบคุมความชื้น 50 ± 5% - 90 ± 5% เปรียบเทียบการเจริญเติบโตอัตราการเติบโตความสูงต้น เทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงรากอัจฉริยะสำหรับโรงเรือนปลูกพืชอัตราการเจริญเติบโต 3.9 cm/dayค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ± SD = 3.9 ±0.5 ในขณะที่ การปลูกในระบบดิน อัตราการเติบโต 1.8 cm/dayค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ± SD = 1.8 ±0.3 จึงเห็นได้ว่า อัตราการเติบโตเทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงรากอัจฉริยะสำหรับโรงเรือนปลูกพืช เจริญเติบโตเร็วกว่าเป็นสองเท่าของการปลูกในระบบดิน การทดสอบเปรียบเทียบค่าความหวานเปอร์เซ็นต์บริกซ์ (Brix) เทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงรากอัจฉริยะค่าความหวาน อัตราการเปอร์เซ็นต์บริกซ์ 13.8 บริกซ์( Brix) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ± SD = 13.8 ±0.8 ในขณะที่การปลูกในระบบดินอัตราการเปอร์เซ็นต์บริกซ์ 8 บริกซ์ ส่วนเบี่ยงเบน-มาตรฐาน ± SD = 8 ±0.8 อัตราการเปอร์เซ็นต์บริกซ์เทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงรากอัจฉริยะ ค่าความหวานจะมีค่าที่สูงกว่าการปลูกในระบบดิน จำนวนผลต่อต้นเทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงรากอัจฉริยะ ได้ดีกว่า 61.5 ผลต่อต้นค่าส่วนเบี่ยงเบน-มาตรฐาน ± SD = 61.5 ±8.1 ในขณะที่ การปลูกในระบบดินอัตราจำนวนผลต่อต้น 9.5 ผลต่อต้น ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ± SD = 9.5 ±3.7 เทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงรากอัจฉริยะ จำนวนผลผลิตที่มากกว่าระบบการเพาะปลูกในดิน

**คำหลัก**: โรง(เรือนเพาะปลูก, การควบคุมการการให้น้ำ, มะเขือเทศ, บริกซ์, เกษตรอัจฉริยะ

**Abstract**

The objective of this research is to develop intelligent root irrigation control technology for greenhouse cultivation. The experiment involves testing the cultivation of Kingfish variety cherry tomatoes in a 4X6 greenhouse under actual working conditions in the field area of Chonburi Province, from September to February B.E. 2564-2565. The research includes 1) developing intelligent root irrigation control technology for greenhouse cultivation, and 2) comparing soil cultivation with intelligent root irrigation control technology for greenhouse cultivation. The study is divided into four testing and comparative topics, which are 2.1 testing environmental control systems, 2.2 testing and comparing growth rates, 2.3 testing and comparing Brix percentage values, and 2.4 testing and comparing yield quantities. The study found that the environmental conditions can be controlled to suit cultivation. The appropriate temperature range is 30-41°C with a deviation of 2°C, and the humidity range is 50±5% to 90±5%. The growth rate of plants in the intelligent root irrigation control technology for greenhouse cultivation was 3.9 cm/day with a standard deviation of ±0.5, while the growth rate in soil cultivation was 1.8 cm/day with a standard deviation of ±0.3. Therefore, it can be seen that the growth rate of plants in the intelligent root irrigation control technology for greenhouse cultivation was faster than that of soil cultivation.

**Keywords:** greenhouse, irrigation control, tomato, brix, smart agriculture

**บทนำ**

วิกฤตอาหารโลก (Global Food Crisis) ธนาคารโลกเตือนวิกฤต จะมีระยะเวลายาวนาน 2566 ปัจจุบันมีหลายประเทศ มีการกักตุนอาหาร โดยออกนโยบายห้ามส่งออกอาหาร องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้ออกมาเปิดเผยข้อมูล ระบุว่าดัชนีราคาอาหาร (Food Price Index)[1] ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดการเปลี่ยนแปลงรายเดือนของสินค้าอาหารและโภคภัณฑ์ปี 2565 FAO เผยว่าดัชนีราคาอาหารในเดือนมีนาคม 2565 เพิ่มขึ้นเกือบ 13% จากเดือนกุมภาพันธ์ในปีเดียวกัน และราคาอาหารพุ่งขึ้นเกือบ 30% เมื่อเทียบเป็นรายปีในเดือนเมษายน 2565 ตามดัชนีราคาอาหารของ FAO จากข้อมูลของธนาคารโลกระบุว่า ผู้คน 10 ล้านคนถูกผลักให้เข้าสู่ความยากจนขั้นรุนแรงทั่วโลก และมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง สาเหตุของวิกฤตอาหารโลก ผลพวงจากสงครามของประเทศเป็นผู้ผลิตและผู้ส่งออกวัตถุดิบทางการเกษตร เกิดปัญหาการขาดแคลนปุ๋ยทั่วโลก และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรตกต่ำลง เนื่องจากภาวะโลกร้อนทำให้สภาพอากาศในหลายประเทศแปรปรวนอย่างหนัก การแก้ปัญหาความมั่นคงทางด้านการอาหารจึงเป็นวาระที่จำเป็นที่จะต้องดำเนินการและสนับสนุนการเพาะปลูกที่เป็นระบบ ทำให้เกษตรกรสามารถเพิ่มอัตราผลผลิตและการเพาะปลูกที่มีปริมาณมากขึ้น อย่างไรก็ตามการผลิตผลให้ปริมาณมาก ยังมีผลกระทบจากการขาดแคลนแหล่งน้ำ ที่ดินทำกินไม่เพียงพอที่จะเพาะปลูก ส่งผลให้เกษตรกรใช้วิธีการปลูกรูปแบบต่าง ๆ ที่สามารถประหยัดน้ำ และใช้พื้นที่น้อยในการเพาะปลูก แต่ให้ผลผลิตสูง มีคุณภาพเป็นที่ต้องการของตลาด สามารถเพาะปลูกได้ในเมือง ลดการขนส่ง หนึ่งในนั้นซึ่งเป็นที่นิยมคือการปลูกพืชในน้ำ โดยไม่ต้องใช้ดินได้รับการพิสูจน์แล้ว

ว่าพืชไม่จำเป็นที่จะต้องปลูกในดิน จึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงรากอัจฉริยะสำหรับโรงเรือนปลูกพืช เป็นวิธีการปลูกพืชในน้ำ

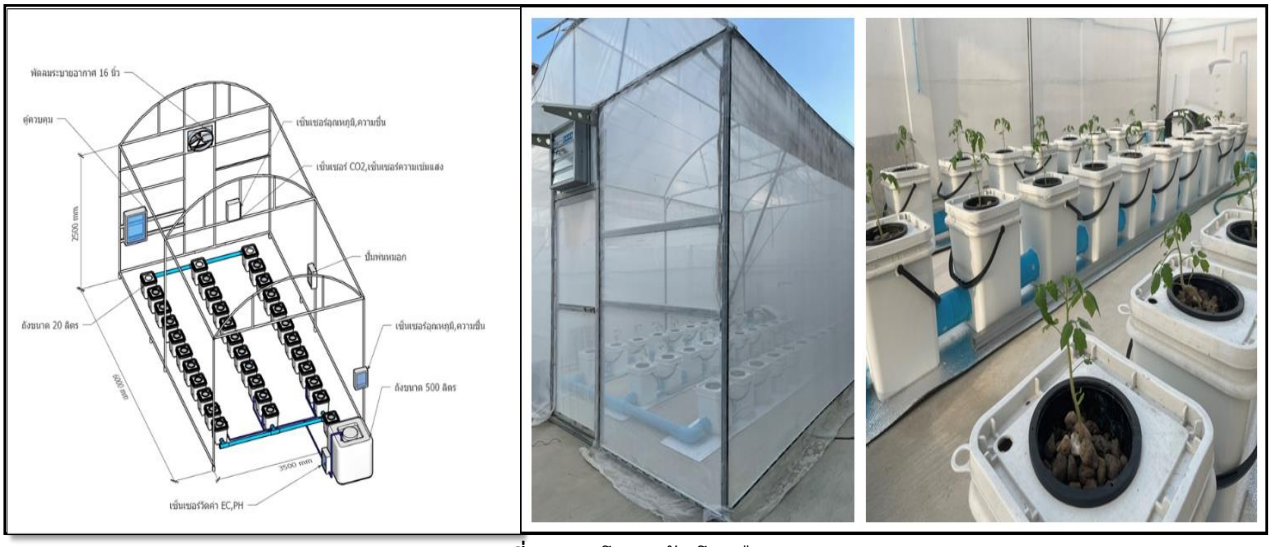
**วัตถุประสงค์**

1. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงรากอัจฉริยะสำหรับโรงเรือนปลูกพืช
2. เพื่อทดสอบ เปรียบเทียบ พัฒนาเทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงรากอัจฉริยะสำหรับโรงเรือนปลูกพืช กับการปลูกระบบการปลูกในดิน การทดสอบระบบควบคุมสภาวะแวดล้อม ทดสอบเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ทดสอบเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์ (Brix) ทดสอบเปรียบเทียบปริมาณผลผลิต

**วิธีดำเนินการวิจัย**

**1.การออกแบบสร้าง โรงเรือน**

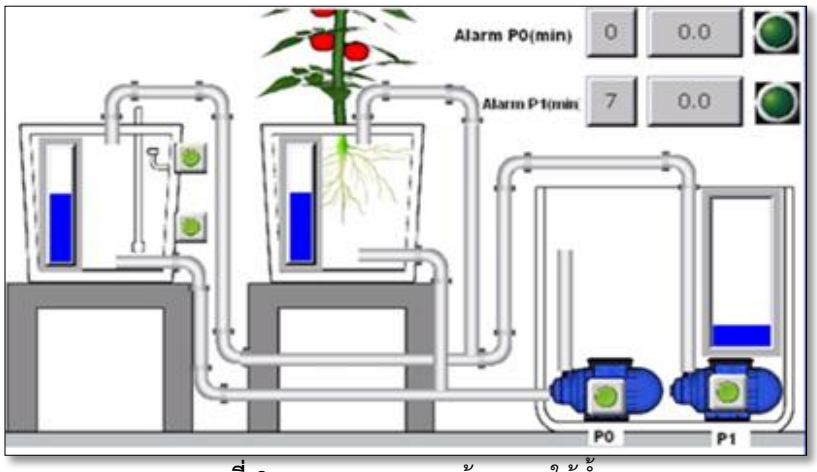
การออกแบบสร้าง โรงเรือนเพาะปลูกเป็นการออกแบบโครงสร้าง ขนาดโรงเรือน ความกว้าง 3.5 เมตร ความสูง ความยาว 6 เมตร ความสูง 3 เมตร โดยใช้พลาสติกใสคลุมหลังคา และใช้ตาข่ายหรือมุ้งขาวปิดด้านข้างเพื่อป้องกันแมลง โดยมีแปลงปลูก 2 แถว สำหรับวิจัยนี้ มีสองกลุ่ม คือ กลุ่ม (B) ปลูกมะเขือด้วยเทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำฯ จำนวน 21 ต้น และกลุ่ม (A) ปลูกมะเขือ ด้วยระบบ น้ำนิ่ง 11 ต้น กำหนดให้อยู่ในสภาวะแวดล้อมเดียวกัน ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ 1 ตัวด้านหน้า ขนาด 16 นิ้ว ภายในโรงเรือนติดหัวพ่นหมอกจำนวน 16 หัว ติดตั้งเซ็นเซอร์ควบคุมอุณหภูมิจำนวน 2 จุด ตำแหน่งติดตั้งเซ็นเซอร์อุณหภูมิภายใน ติดตั้งด้านบน จำนวน 1 จุด และติดตั้งเซ็นเซอร์อุณหภูมิภายนอกโรงเรือน 1 จุด ติดตั้งเซ็นเซอร์อุณหภูมิภายในถังน้ำ 1 จุด ติดตั้งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิความชื้นภายในโรงเรือนด้านบน 1 จุด ติดตั้งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิความชื้นภายนอกโรงเรือน 1 จุด ติดตั้งเซ็นเซอร์วัดค่า EC ในท่อน้ำออก 1 จุด ติดตั้งเซ็นเซอร์วัดค่า pH ในท่อขาออก 1 จุด ติดตั้งเซ็นเซอร์วัดค่าแสงภายในโรงเรือน 1 จุดด้านบน ติดตั้งเซ็นเซอร์วัดค่า $Co_2$ ภายในโรงเรือนด้านบน 1 จุด




**ภาพที่ 1** แบบโครงสร้างโรงเรือน

**2. การออกแบบและสร้างระบบให้น้ำ**

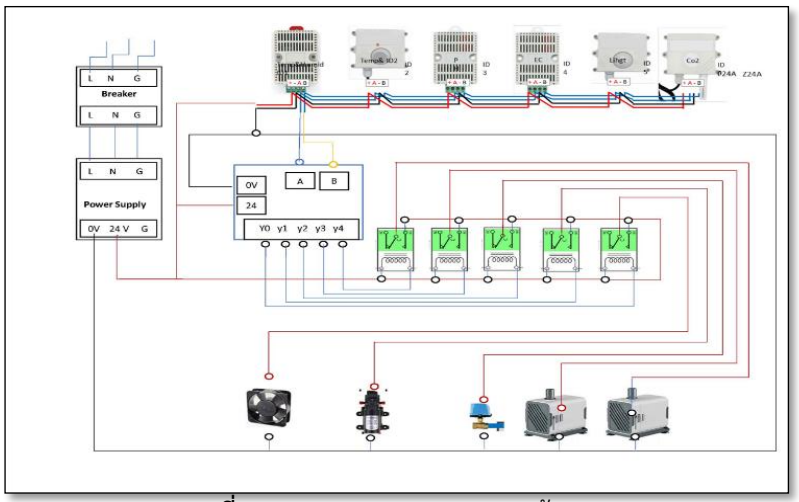
ส่วนประกอบชุดอุปกรณ์ถังปลูกพืชไร้ดิน และถังเพาะปลูก ขนาด 20 ลิตร ระบบรากลอย ชุดควบคุมจ่ายน้ำเข้าระบบปลูกเพื่อเติมปุ๋ยในราก และควบคุมช่วงเวลาเพื่อให้รากได้สัมผัสปุ๋ยในช่วงเวลาที่มีการกำหนดไว้ล่วงหน้า การควบคุมการให้น้ำด้วยระบบลูกลอยที่อยู่ในถังปลูก ระบบมีการตรวจจับระดับน้ำตำแหน่งที่ถูกกำหนดไว้สูงสุดและตำแหน่งที่ถูกกำหนดไว้ต่ำสุด เมื่อระดับน้ำสูงสุดจะมีการหน่วงเวลาก่อนที่จะสูบน้ำออกจากถังปลูกตามเวลาที่กำหนด และเมื่อปริมาณน้ำต่ำสุดจะมีการหน่วงเวลา จ่ายน้ำเข้าถังปลูก ทำซ้ำ ๆ เป็นวนลูป




**ภาพที่ 2** การออกแบบและสร้างระบบให้น้ำ

**3. ระบบการควบคุมสภาพแวดล้อม**

ชุดควบคุมการควบคุมสภาพแวดล้อม ทำหน้าที่ควบคุม ความชื้นสัมพัทธ์สัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 50 ± 5%-90 ± 5% [1] อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการปลูกมะเขือเทศสูงสุด 41 ℃ และอุณหภูมิต่ำสุด 18 ℃ [2] pH ของต้นมะเขือเทศอยู่ในช่วง 6-6.5 [3] ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำ(EC) ของต้นมะเขือเทศอยู่ในช่วง 2.2-3.5 dS /m-1 [4] CO2=800 ppm จะทำให้มะเขือเทศสามารถดูดซึมสารอาหาร ได้ดีที่สุด[5]




**ภาพที่ 3** ระบบการควบคุมสภาพแวดล้อม

**4. การออกแบบติดตั้งปั๊มน้ำ**

การออกแบบติดตั้งปั๊มน้ำ มีระบบปั๊มน้ำ 2 ตัว ปั๊มตัวที่ 1 ทำหน้าที่ดูดน้ำเข้าถังพักโดย Controller เป็นตัวสั่งการในการทำงาน ปั๊มตัวที่ 2 ทำหน้าที่จ่ายน้ำเข้าถังเลี้ยงราก โดยมีชุด Controller เป็นตัวสั่งการหยุดการทำงานหรือสั่งทำงาน คำนวณการสูญเสียหลักในท่อ

4.1 การสูญเสียหลักในท่อ

$$h_f = 1.342\ x10^9 \frac{LQ^{1.852}}{C^{1.852}D^{4.871}}$$

Hf การสูญเสียหัวความดันเนื่องจากความหนืดในระบบท่อ(m)

L ความยาวเทียบเท่าของท่อ 1000 (m)

Q อัตราการไหลของน้ำ 3500 (l/ hr) = 3.5 (m3/ hr)

D ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ 26 (mm)

C ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของผิวภายในท่อ PVC โดยทั่วไปนิยมใช้ค่า C = 150 ในการออกแบบ

$$h_f = \quad 1.342\ x10^9 \frac{(100)(3.5)^{1.852}}{150^{1.852}26^{4.871}} \quad = \quad 13.8\ (m)$$

4.2 การสูญเสียรอง (Minor Loss)

เป็นการสูญเสียเฮดในจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาด หรือทิศทางของความเร็วของการไหลโดยฉับพลัน เกิดขึ้นบริเวณที่ของไหลผ่านอุปกรณ์ประกอบท่อต่างๆ วาล์ว ข้อต่อ ข้อลด

พื้นที่หน้าตัด $A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi(26 \times 10^{-3})^2}{4}$ = 0.530 x 10 -3m2

อัตราการไหล 3500 ลิตรต่อชั่วโมง = 0.000972 m3/s

$$V = \frac{Q}{A} = \quad (0.000972)/(0.530X10\text{-}3) \ = 1.831\ m/s$$

$$h_m = f\frac{V^2}{2g} = h_m = 0.4\frac{(1.831)^2}{2(9.81)} = 0.068 \ \text{m/ชิ้น}$$

hm การสูญเสียรอง (minor loss)

f ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความดัน 0.4

V ความเร็วเฉลี่ยของน้ำ 1.831 (m/s)

g ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกมีค่าเท่ากับ 9.81 เมตรต่อวินาที

4.2 กำหนดขนาดปั๊มอัตราการไหลที่ต้องการ 28.5 ลิตร

อัตราการไหลที่ต้องการ 28.5 ลิตรต่อนาที หรือ 17412.3 (ลิตรต่อชั่วโมง)จากไดอะแกรมจึงเลือกใช้ปั๊มน้ำ SOBO WP-5200 กำลังของปั๊ม 0.075 (kW)

ปั๊มน้ำ SOBO WP-5200 กำลังของปั๊ม 0.075 (kW) ทดสอบการจ่ายน้ำและจับเวลา จาก Aไปจุดที่ B วัดอัตราการไหลได้1714 .2 ลิตรต่อชั่วโมง

$\eta_n = P_w/Q_n = 0.075/1714.2 = 0.0437 \times 10^{-3}$ (kW/ลิตรต่อชั่วโมง)

ปั๊มน้ำ SOBO WP-5200 กำลังของปั๊ม 0.075 (kW มาตรฐานจากผู้ผลิต อัตราการไหล3500 ลิตรต่อชั่วโมง

$\eta_n = P_w/Q_n = 0.075/3500 = 0.0214 \times 10^{-3}$ (kW/ลิตรต่อชั่วโมง)

ประสิทธิภาพที่หายไป $= 0.0437 \times 10^{-3} - 0.0214 \times 10^{-3} = 0.022 \times 10^{-3}$ (kW/ลิตรต่อชั่วโมง)

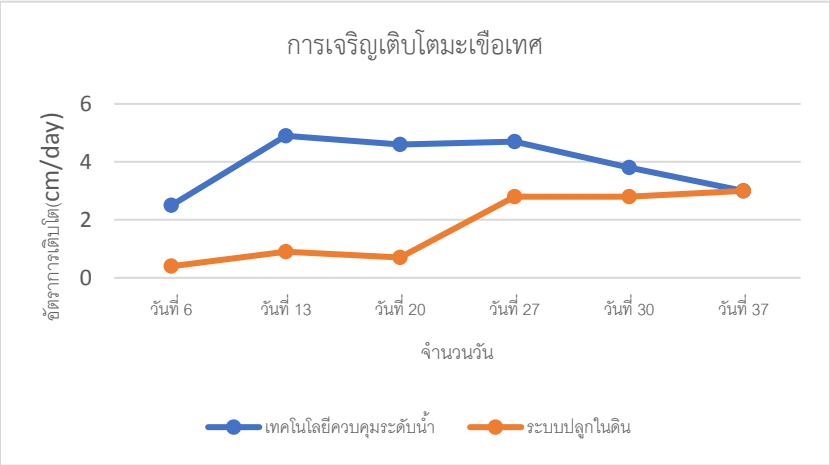
**ผลการวิจัย**

**1.การเจริญเติบโตมะเขือเทศ**

ผลการทดสอบ เปรียบเทียบ พัฒนาเทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงรากอัจฉริยะสำหรับโรงเรือนปลูกพืช

**ตารางที่ 1** อัตราการเติบโต(cm/day)

| มะเขือเทศวันที่ปลูก | เทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำ | ระบบปลูกในดิน |
|---|---|---|
| วันที่ 6 | 2.5 | 0.4 |
| วันที่ 13 | 4.9 | 0.9 |
| วันที่ 20 | 4.6 | 0.7 |
| วันที่ 27 | 4.7 | 2.8 |
| วันที่ 30 | 3.8 | 2.8 |
| วันที่ 37 | 3 | 3 |
| ค่าเฉลี่ยรวม | 3.9 | 1.8 |
| SD +- | 0.5 | 0.3 |




**ภาพที่ 4** แผนภูมิเปรียบเทียบการเจริญเติบโต

จากภาพแผนภูมิเปรียบเทียบการเจริญเติบโต จะพบว่าอัตราการเจริญเติบโตของการปลูกด้วยระบบเทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำ จะมีอัตราการเจริญเติบโตที่เร็วกว่าในช่วงเริ่มต้น และมีผลผลิตออกลูกและดอกเร็วกว่า โดยเฉลี่ยอัตราการออกดอกและผลระยะเวลาในช่วง 10 ถึง 20 วัน ในขณะที่ระบบความเพาะปลูกด้วยดินจะมีระยะเวลาการออกลูก 30 ถึง 40 วัน เมื่อมะเขือเทศออกลูกอัตราการเจริญเติบโตจะมีแนวโน้มที่ลดลงทั้งระบบการเพาะปลูกด้วยเทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำ และการเพาะปลูกในดิน เทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงรากอัจฉริยะสำหรับโรงเรือนปลูกพืช ได้ดีกว่า 3.9 cm/day ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ± SD = 3.9 ±0.5 ในขณะที่ การปลูกในระบบดิน อัตราการเติบโต 1.8 cm/dayค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ± SD = 1.8 ±0.3

**ภาพที่ 5** เทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำ

**ภาพที่ 6** ระบบปลูกในดิน

จากภาพที่ 5 เทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำ การปลูกด้วยระบบเทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำ อัตราการเจริญเติบโตจะลดลง แต่ปริมาณดอกและผลจะเพิ่มขึ้นสารอาหารและปุ๋ยต่างๆจะไปบำรุงผลและแขนงของกิ่งเป็นส่วนใหญ่ ความสูงของลำต้น 5-6 เมตร ในระยะเวลา 30 วันขนาดลำต้นและใบมีขนาดใหญ่และมีความสมบูรณ์ จะมีผลสุกและพร้อมกับการเก็บเกี่ยวในผลแรกผล และมีขนาดโตและมีความสมบูรณ์ เปรียบเทียบกับ จากภาพที่ 6 ระบบปลูกในดิน จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าผลผลิตในการเพาะปลูกระบบดินยังไม่มีผลออกหรือปริมาณการออกดอกมีน้อยและช้ากว่าระบบการเพาะปลูกด้วยเทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำ

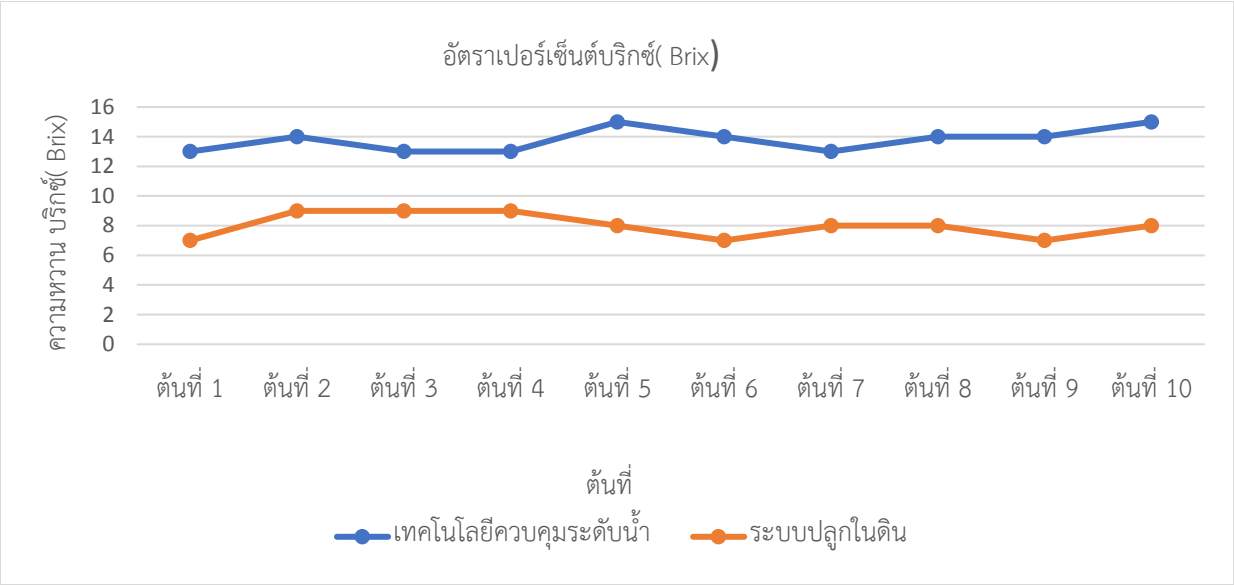
**2.ความหวาน เปอร์เซ็นต์บริกซ์ (Brix)**

การทดลองปลูกมะเขือเทศหวานโดยการเก็บอัตราการเปอร์เซ็นต์บริกซ์ เทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงรากอัจฉริยะเปรียบเทียบกัน ระบบการปลูกในดิน

**ตารางที่ 2** อัตราเปอร์เซ็นต์บริกซ์( Brix)

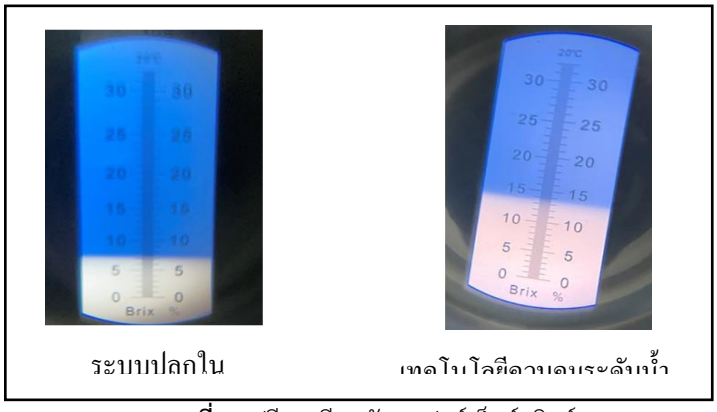
| มะเขือเทศ | เทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำ | ระบบปลูกในดิน |
|---|---|---|
| ต้นที่ 1 | 13 | 7 |
| ต้นที่ 2 | 14 | 9 |
| ต้นที่ 3 | 13 | 9 |
| ต้นที่ 4 | 13 | 9 |
| ต้นที่ 5 | 15 | 8 |
| ต้นที่ 6 | 14 | 7 |
| ต้นที่ 7 | 13 | 8 |
| ต้นที่ 8 | 14 | 8 |
| ต้นที่ 9 | 14 | 7 |
| ต้นที่ 10 | 15 | 8 |
| ค่าเฉลี่ยรวม | 13.8 | 8 |
| SD +- | 0.8 | 0.8 |

จากตารางที่ 2 ความหวาน เปอร์เซ็นต์บริกซ์( Brix))การทดสอบเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์( Brix) อัตราการเปอร์เซ็นต์บริกซ์ เทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงรากอัจฉริยะ ได้ดีกว่ามีอัตราการเปอร์เซ็นต์บริกซ์ 13.8 บริกซ์ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ± SD = 13.8 ±0.8 ในขณะที่การปลูกในระบบดิน อัตราการเปอร์เซ็นต์บริกซ์ 8 บริกซ์ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ± SD = 8 ±0.8




**ภาพที่ 7** แผนภูมิอัตราเปอร์เซ็นต์บริกซ์ (Brix)

จากภาพแผนภูมิอัตราเปอร์เซ็นต์บริกซ์ (Brix) มีค่าตัวเลขที่สูง ปริมาณความหวานก็จะสูงตาม จะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำจะมีอัตราความหวานที่สูงกว่าระบบการเพาะปลูกในระบบดิน อัตราความหวานการเพาะปลูกในดินเป็นอัตราความหวานของมะเขือเทศทั่วไปที่สามารถหาซื้อได้ในท้องตลาด ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมรับประทานมะเขือเทศที่มีรสหวานมากกว่ามะเขือเทศที่มีรสเปรี้ยวและมีกลิ่นมะเขือเทศ การเพาะปลูกด้วยระบบการควบคุมระดับน้ำ ทำให้มะเขือเทศมีรสหวานเป็นที่ต้องการของตลาดและลดกลิ่นฉุนของมะเขือเทศ จึงทำให้ผู้บริโภคที่ไม่นิยมมะเขือเทศหันกลับมาบริโภคมะเขือเทศซึ่งสามารถบริโภคได้ทั้งเด็กและผู้ใหญ่ ความหวานส่งผลต่อราคาของมะเขือเทศ เนื่องจากความหวานเป็นที่ต้องการของตลาด เกษตรกรส่วนใหญ่จึงมุ่งเน้นที่จะปลูกมะเขือเทศให้มีความหวาน เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด ปริมาณความหวานที่สูงทำให้เกษตรกรสามารถขายมะเขือเทศได้ในราคาที่สูงขึ้น โดยในปัจจุบันราคาขายอยู่ที่กิโลละ 200-300 บาท ซึ่งแตกต่างจากมะเขือเทศทั่วไปที่ขายได้กิโลกรัมละ 100 - 200 บาท




**ภาพที่ 8** เปรียบเทียบอัตราเปอร์เซ็นต์บริกซ์ (Brix)

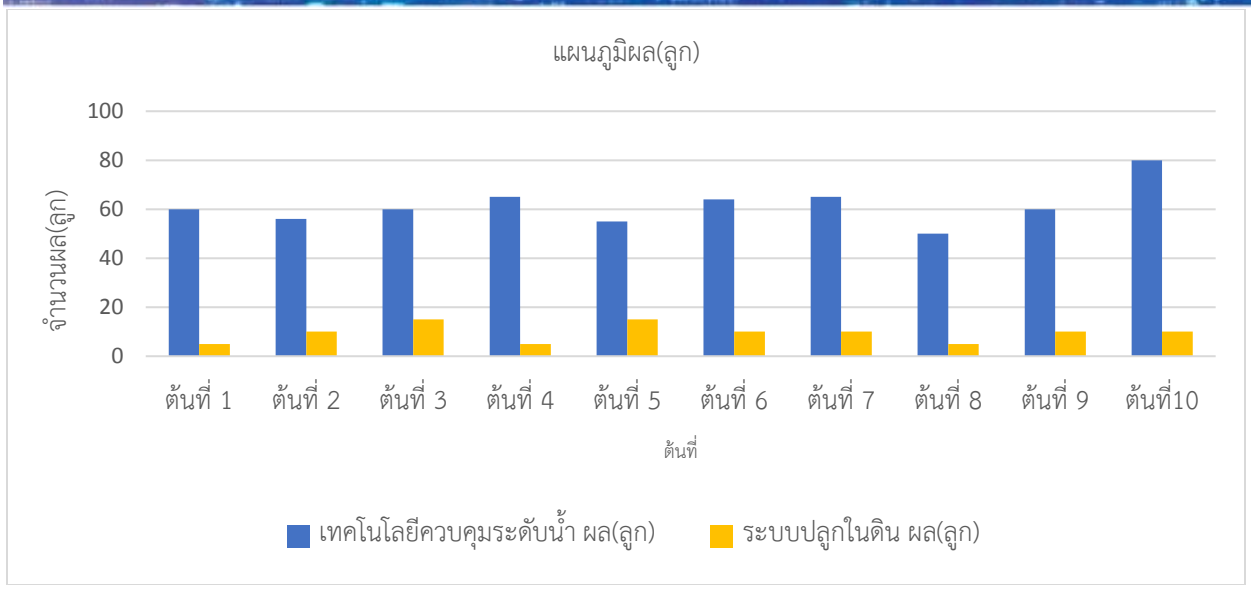
**3.ปริมาณผลผลิต**

ผลผลิตในช่วงแรกจะมีปริมาณไม่มากนักการเก็บผลผลิตเก็บผลผลิตที่มีสีแดงสดเราจะเก็บเฉลี่ยประมาณ 1 เดือนต่อการเจ็บเพียงหนึ่งครั้งแล้วทำการส่งมา 5 ผล

**ตารางที่ 3** ปริมาณผลผลิต

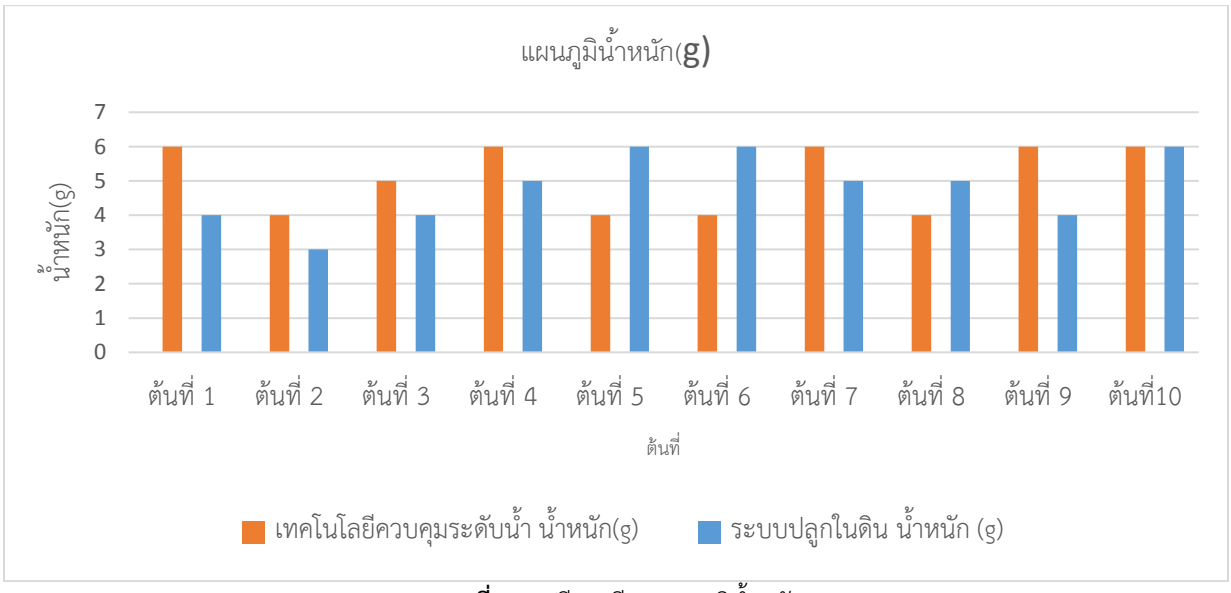
| มะเขือเทศ | เทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำ | | ระบบปลูกในดิน | |
|---|---|---|---|---|
| | ผล(ลูก) | น้ำหนัก(g) | ผ(ลูก) | น้ำหนัก (g) |
| ต้นที่ 1 | 60 | 6 | 5 | 4 |
| ต้นที่ 2 | 56 | 4 | 10 | 3 |
| ต้นที่ 3 | 60 | 5 | 15 | 4 |
| ต้นที่ 4 | 65 | 6 | 5 | 5 |
| ต้นที่ 5 | 55 | 4 | 15 | 6 |
| ต้นที่ 6 | 64 | 4 | 10 | 6 |
| ต้นที่ 7 | 65 | 6 | 10 | 5 |
| ต้นที่ 8 | 50 | 4 | 5 | 5 |
| ต้นที่ 9 | 60 | 6 | 10 | 4 |
| ต้นที่10 | 80 | 6 | 10 | 6 |
| ค่าเฉลี่ย | 61.5 | 5.1 | 9.5 | 4.8 |
| SD +- | 8.1 | 1 | 3.7 | 1 |

จำนวนผลต่อต้นเทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงรากอัจฉริยะ ปริมาณผลผลิตค่าเฉลี่ย 61.5 ผลต่อต้นค่าส่วนเบี่ยงเบน-มาตรฐาน ± SD = 61.5 ±8.1 ในขณะที่ การปลูกในระบบดินอัตราจำนวนผลต่อต้น 9.5 ผลต่อต้น ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ± SD = 9.5 ±3.7 เทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงรากอัจฉริยะ จะมีจำนวนผลผลิตที่มากกว่าระบบการเพาะปลูกในดิน




**ภาพที่ 9** เปรียบเทียบแผนภูมิผล(ลูก)

จากภาพที่ 9 เปรียบเทียบแผนภูมิผลผลิต เทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำจะมีผลผลิตที่มีปริมาณมากกว่าการเพาะปลูกในระบบดิน จะเห็นได้ว่าการเพาะปลูกด้วยระบบควบคุมระดับน้ำจะมีลำต้นและปริมาณดอกที่มากกว่า มีความสมบูรณ์มากกว่าจึงทำให้จำนวนผลผลิตและเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงของดอกน้อยกว่าจึงมีผลผลิตในปริมาณที่มากกว่า การเพาะปลูกในระบบดิน




**ภาพที่ 10** เปรียบเทียบแผนภูมิน้ำหนัก

**ภาพที่ 11** ผลของน้ำหนักผลมะเขือเทศ

จากภาพที่10-11 จะเห็นได้ว่าขนาดผลผลิตและน้ำหนักจะมีความใกล้เคียงกันระหว่างการเพาะปลูกในดินและการเพาะปลูกในระบบควบคุมระดับน้ำ จำนวนผลผลิตช่อที่มีขนาดใหญ่มีจำนวนผลมากแต่ขนาดผลจะเล็กและช่อที่มีจำนวนผลน้อยแต่มีผลขนาดใหญ่ ถ้าเกษตรกรต้องการผลจำนวนมากและมีขนาดเล็กก็ไม่มีความจำเป็นในการตัดแต่งกิ่งผล แต่ถ้าเกษตรกรต้องการผลขนาดผลใหญ่ก็สามารถตัดแต่งกิ่งโดยกำหนด หนึ่งกิ่ง อาจจะมีไม่เกิน 10 ผล

**สรุปและอภิปรายผลการวิจัย**

**1.การเจริญเติบโตของ เทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงราก**

จากภาพเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ เทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงรากกับการเพาะปลูกในระบบดิน เทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงรากเทศเทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงราก การเจริญเติบโตของมะเขือ ลำต้นมีความสมบูรณ์และมีขนาดใหญ่กว่า โดยส่วนของรากนั้นลอยอยู่ในอากาศ รากของพืชนั้นจะได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอตลอดเวลา ด้วยวิธีนี้นั้นมีการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ จึงสูงกว่าระบบการเพาะปลูกในระบบดิน

**2.ค่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์ (Brix)**

จากภาพเปรียบเทียบ เปอร์เซ็นต์บริกซ์( Brix)เทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงรากจะมีค่าสูงกว่าระบบการเพาะปลูกในระบบดิน ซึ่งเป็นค่าความหวานของมะเขือเทศและเป็นที่ต้องการของตลาดมีรสชาติที่ดี การแกล้งพืชให้เกิดการขาดน้ำ โดยการดูดน้ำออกจากระบบ และมีการหน่วงการให้น้ำ พืชดึงความหวานไว้ที่ผลทำให้ผลผลิตเพิ่มความหวานเพิ่มขึ้น

**3.ปริมาณผลผลิต**

จากภาพเปรียบเทียบ ปริมาณผลผลิตเทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงรากกับการเพาะปลูกในระบบดินกับการเพาะปลูกในระบบดิน เทคโนโลยีควบคุมระดับน้ำเลี้ยงราก ลำต้นมีความสมบูรณ์และมีขนาดใหญ่ การออกดอกที่สูง ปริมาณผลผลิตจะสูงกว่าเพาะปลูกในระบบดิน

**ข้อเสนอแนะ**

1.การทำวิจัยดังกล่าวเปรียบเทียบการเพาะปลูกในระบบดินเป็นระยะเวลาเพียงสั้นๆการทำวิจัยดังกล่าวเก็บข้อมูลการเพาะปลูกในระบบดินเป็นระยะเวลาเพียงสั้นๆ อาจมีความผิดพลาด หรือข้อมูลไม่เพียงพอ อาจจะต้องมีรายการทดลองทำซ้ำ ๆ เป็นระยะเวลาหลายๆปีเพื่อได้ผลทดลองที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้น

2.อาจจะต้องมีการทดลองกับพืชชนิดอื่นที่มีผลผลิตที่ให้รสหวาน เช่น บลูเบอร์รี่ แตงโม เมล่อน

**กิตติกรรมประกาศ**

ขอกราบขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมหาลัยขอนแก่นที่ได้ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำงานการศึกษาในครั้งนี้ซึ่งทำให้งานวิจัยลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณ บริษัท เทคอินเทลลิเจนซ์ จำกัด และโครงการการอุดมศึกษาเพื่ออุตสาหกรรม (Higher Education for Industry: Hi-FI) ที่ให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านตลอดมา

**เอกสารอ้างอิง**

Adil Khan, (2019) Muhammad Kamran, Muhammad Imran, Ahmed Al-Harrasi, Ahmed Al-Rawahi, Issa Al-Amri, In-Jung Lee & Abdul Latif Khan 9, Article number:
จาก https://www.nature.com/articles/s41598-019-55651-4

Effects (2022,) of supplemental lighting duration and matrix moisture on net photosynthetic rate of tomato plants under solar greenhouse in winter Computers and Electronics in Agriculture Volume 198, July
จาก https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169922004197

Manav Mehra, (2018) IoT based hydroponics system using Deep Neural Networks, Computers and Electronics in Agriculture จาก https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.10.015

Yanjiao Zheng, (2020), Chao Xu, Lin Wang, Haijing Huang, Shiqiong Yang HortScience
จาก https://pubag.nal.usda.gov/catalog/7144639

Zheng, Y., (2022)Yang, Z., Xu, C., Wang, L., Huang, H., & Yang, S. (2020). The Interactive Effects of Daytime High Temperature and Humidity on Growth and Endogenous Hormone Concentration of To mato Seedlings, HortScience horts,
จาก https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/55/10/article-p1575.xml