ระบบควบคุมอัตโนมัติควบคุมระยะไกลสาหรับการปลูกเมล่อนในโรงเรือน

ไพฑูรย์ ศรีนิล
สุมิตร คุณเจตน์
ธารารัตน์ พวงสุวรรณ

มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี

2563

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัย เงินรายได้ส่วนงาน เงินกองทุนวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยบูรพา ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัย เงินรายได้ส่วนงาน เงินกองทุนวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยบูรพา ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 เลขที่สัญญา 05/2562

Acknowledgment

This work was financially supported by Science and Arts faculty of Burapha university (Grant no. 05/2562).

ระบบควบคุมอัตโนมัติควบคุมระยะไกลสำหรับการปลูกเมล่อนในโรงเรือน

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาระบบอัตโนมัติสำหรับควบคุมการปลูกเมล่อนในโรงเรือนโดยใช้ตัวควบคุมฟัซซี่ โดยที่ตัวควบคุมฟัซซี่ออกแบบจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองปลูกเมล่อนในโรงเรือนด้วยผู้เชี่ยวชาญ ขั้นการพัฒนาระบบแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก คือ (1) การค้นหารูปแบบการให้น้ำและสภาพแวดล้อมในโรงเรือนที่เหมาะสม (2) การออกแบบตัวควบคุมฟัซซี่ (3) การพัฒนาแอพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนสำหรับควบคุมระยะไกล และ (4) การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ในขั้นตอนการค้นหารูปแบบการให้น้ำที่เหมาะสม งานวิจัยนี้ได้กำหนดช่วงอายุของต้นเมล่อนออกเป็น 2 ช่วงอายุ คือ ช่วงอายุ 15-40 วัน และช่วงอายุ 40-80 วัน ในแต่ละช่วงอายุกำหนดรูปแบบการให้น้ำ 2 กรรมวิธี และทำการทดสอบการเจริญเติบโตของต้นเมล่อนจากการให้น้ำในแต่ละกรรมวิธีโดยการสังเกตจากค่าเฉลี่ยของ ขนาดยอด ความกว้างใบ ความยาวใบ และปริมาณคลอโรฟิลด์ในใบ ผลการทดลอง พบว่า ในต้นเมล่อนช่วงอายุ 15-40 วัน ใน 2 กรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญบนการทดสอบทางสถิติ Z-test ที่ระดับนัยความสำคัญ 0.005 และเมื่อพิจารณาต้นเมล่อนในช่วงอายุ 40-80 วัน ใน 2 กรรมวิธีก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญบนการทดสอบทางสถิติ Z-test ที่ระดับนัยความสำคัญ 0.005 เช่นกัน จากผลการทดสอบกรรมวิธีการให้น้ำดังกล่าวทำให้ได้กรรมวิธีที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการออกแบบตัวควบคุมฟัซซี่และใช้เป็นตัวควบคุมในระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกเมล่อน และในขั้นตอนท้ายสุด คือ การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบด้วยการวัดค่าน้ำหนักและความหวานของผลผลิตเมล่อนที่ได้จากการปลูกด้วยระบบอัตโนมัติเปรียบเทียบกับผลผลิตที่ได้การปลูกด้วยผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์ จากผลการทดสอบ พบว่า ผลผลิตเมล่อนทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญบนการทดสอบทางสถิติ Z-test ที่ระดับนัยความสำคัญ 0.005 นั่นก็หมายความว่า ระบบอัตโนมัติสำหรับควบคุมการปลูกเมล่อนในโรงเรือนที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมานี้สามารถปลูกเมล่อนได้ไม่ต่างจากการปลูกด้วยผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์ หรืออาจจะกล่าวได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมานี้สามารถทำงานทดแทนแรงงานคนได้

คำสำคัญ : ระบบอัตโนมัติ การควบคุมระยะไกล, การปลูกเมล่อน, โรงเรือนปลูกพืช

Remote Autonomous Control System for Melon Planting in the Greenhouse

Abstract

This research presents the development of an automated system for controlling melon growing in greenhouse using a fuzzy controller. The fuzzy controller was designed based on the experimental data on melon growing in the greenhouse with the human expert. The system development process is divided into four main processes: finding suitable watering patterns and greenhouse climate, fuzzy controller design, developing the smartphone application, and the system performance testing. In the first process, finding the suitable watering pattern, the growing age range of melon was determined into two stages: 15-40 days, and 40-80 days. At each age range stage, two watering treatment patterns were set. Then, the growth of melon plants was tested for each pattern of watering treatment by observing the average size of the trunk, leaf width, leaf length and leaf chlorophyl. The results were found that in melon plants with age range of 15-40 days, the two watering treatment patterns were significantly different on the Z-test at a significance level of 0.005. And in melon plants with age range of 40-80 days, there was also a significant difference on the Z-test at a significance level of 0.005 as well. As a result of this testing, finding the suitable watering pattern, the suitable watering pattern was obtained for the design of fuzzy controller and used as a controller in automated system for controlling melon growing in greenhouse. Finally, in the system performance testing, the system was tested for melon planting efficiency by measuring the weight and sweetness of melon yield which obtained by the developed system compared to those obtained from cultivated by human experts. The results were shown that no significant difference between two groups of melon yield with the Z-test at a significance level of 0.005. This means that our developed system is able to calivate melons just like a human expert, or it could be said that this developed system can be used to work in place of human labor.

Keywords : Autonomous system, Remote control system, Melon planting, greenhouse.

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ .....ก
Acknowledgment .....ก
บทคัดย่อ .....ข
Abstract .....ค
สารบัญง
สารบัญตาราง .....ช
สารบัญภาพ .....ซ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัยโดยสรุปทฤษฎี และ/หรือ แนวทางความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย 2
1.5 การทบทวนวรรณกรรม 3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 7
2.1 เมล่อน (Melon) 7
2.1.1 สายพันธุ์ของเมลอน 7
2.1.2 การปลูกเมล่อน 8
2.1.2.1 การเพาะเมล็ดและการอนุบาลเกล้าพันธุ์เมล่อน 8
2.1.2.2 การย้ายปลูก 9
2.1.3 การทำค้างให้ต้นเมล่อน 9
2.1.4 การตัดกิ่งแขนง, การตัดยอด, การตัดใบ 10
2.1.5 การผสมเกสรและการไว้ผลเมล่อน 10
2.1.6 การเก็บเกี่ยว 11
2.1.7 โรคที่สำคัญของเมล่อน 11

2.1.7.1 โรคเหี่ยวจากเชื้อรา (Fusarium Wilt) 11
2.1.7.2 โรคต้นแตกหรือยางไหล (Gummy Stem Blight) 12
2.1.7.3 โรคราแป้ง (PowderyMildew) 13
2.1.7.4 โรคราน้ำค้าง (Downy Mildew) 13
2.1.8 แมลงที่สำคัญ 14
2.1.8.1 เพลี้ยไฟ (Thrips, Haplothrips floricola Priesner) 14
2.1.8.2 แมลงวันทอง (Melon Flies , Dacus spp) 14
2.1.8.3 เต่าแตง (Cucurbit Leaf Beetle, Yellow Squash Beetle) 14
2.1.8.4 แมลงหวี่ขาว 15
2.1.9 การเจริญเติบโตของพืช 15
2.1.10 วงจรการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช 16
2.2 ระบบโรงเรือนปลูกพืช 17
2.2.1 ชนิดและรูปแบบของโรงเรือน (Greenhouse) 18
2.2.2 การระบายอากาศการสร้างความชื้นและการลดอุณหภูมิของโรงเรือน 18
2.2.3 โครงสร้างของโรงเรือนที่เหมาะสำหรับภูมิประเทศแบบร้อนชื้น 19
2.3 ระบบการปลูกพืชในโรงเรือน 20
2.4 ระบบการให้น้ำภายในโรงเรือน 20
2.4.1 ระบบการให้น้ำสำหรับการปลูกพืชบนดินในโรงเรือน 20
2.4.2 ระบบการให้น้ำสำหรับการปลูกพืชไม่ใช้ดิน 21
2.4.2.1 การปลูกพืชในวัสดุปลูก 21
2.4.2.2 การปลูกพืชในน้ำยา 21
2.4.3 การให้ปุ๋ยร่วมกับระบบน้ำ (Fertigation) 21
2.5 ระบบควบคุมฟัซซี่ 22
2.5.1 ตรรกะฟัซซี่ 22
2.5.2 เซตแบบฉบับ 22
2.5.3 ฟัซซีเซต 23

2.5.4 การประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก 23
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย 25
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ 25
3.2 ข้อมูลและแหล่งข้อมูล 25
3.3 วิธีการและการดำเนินการวิจัย 25
3.3.1 การศึกษาสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนปลูกเมล่อนและรูปแบบการให้น้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของเมล่อน 26
3.3.2 การพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติระยะไกลสำหรับการปลูกเมล่อน 31
3.3.2.1 การทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning) 31
3.3.2.2 นำชุดข้อมูลสอนมาวิเคราะห์เพื่อใช้ในการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ 32
3.3.3 การทดสอบระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกเมล่อน 33
บทที่ 4 ผลการวิจัย 35
4.1 ผลการทดลองการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของเมล่อน 35
4.1.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นเมล่อน 37
4.2 ผลการทดลองพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติระยะไกลสำหรับการปลูกเมล่อน 44
4.3 ผลการทดสอบระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกเมล่อน 46
4.3.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการเปรียบเทียบผลผลิตเมล่อน 48
บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์ 52
ส่วนประกอบตอนท้าย 53
เอกสารอ้างอิง 55
ประวัตินักวิจัย 57

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 ข้อมูลตัวอย่างของค่าการเจริญเติบโตของต้นเมล่อนอายุ 15-40 วัน 38
ตารางที่ 2 ข้อมูลตัวอย่างของค่าการเจริญเติบโตของต้นเมล่อนอายุ 40-80 วัน 39
ตารางที่ 3 ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Z-test ในเมล่อนอายุ 15-40 วัน 43
ตารางที่ 4 ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Z-test ในเมล่อนอายุ 40-80 วัน 43
ตารางที่ 5 กฎของฟัซซี่สำหรับระบบควบคุมอัตโนมัติ 45
ตารางที่ 6 ข้อมูลผลผลิตของการปลูกเมล่อน 48
ตารางที่ 7 ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Z-test 51
ตารางที่ 8 รายงานสรุปการเงิน 54

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1 องค์ประกอบของระบบควบคุมโรงเรือนอัจฉริยะ 3
ภาพที่ 2 การทำค้างให้กับต้นเมล่อน 10
ภาพที่ 3 แผนภูมิการเจริญเติบโตของพืช 17
ภาพที่ 4 ตรรกะฟัซซี่ 22
ภาพที่ 5 การประมวลผลแบบฟัซซี 23
ภาพที่ 6 การจัดเตรียมโรงเรือนทดลองสำหรับปลูกเมล่อน 27
ภาพที่ 7 การจัดเตรียมต้นเมล่อนสำหรับปลูกในโรงเรือนทดลอง 27
ภาพที่ 8 การติดตั้งระบบน้ำสำหรับการปลูกเมล่อนในโรงเรือน 28
ภาพที่ 9 การติดตั้งระบบน้ำหยด 28
ภาพที่ 10 การเก็บข้อมูลคลอโรฟิลด์ของใบเมล่อน 29
ภาพที่ 11 การเก็บข้อมูลขนาดและพื้นที่ของใบเมล่อน 30
ภาพที่ 12 การเก็บข้อมูลความชื้นดิน ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ ภายในโรงเรือน 30
ภาพที่ 13 การตรวจสอบข้อมูลแปลกแยกโดยโปรแกรม RapidMiner9.5 31
ภาพที่ 14 การทำงานของระบบอัตโนมัติ 32
ภาพที่ 15 การพัฒนาแอพลิเคชันด้วย Node-Red 33
ภาพที่ 16 การพัฒนาโปรแกรมควบคุมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 33
ภาพที่ 17 ตัวอย่างข้อมูลด้านความชื้นดิน 36
ภาพที่ 18 ตัวอย่างข้อมูลด้านสภาพอากาศภายในโรงเรือน 36
ภาพที่ 19 ตัวอย่างการบันทึกการให้น้ำแก่ต้นเมล่อน 37
ภาพที่ 20 ฟังก์ชันทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับผลต่างระหว่างประชากรสองกลุ่ม 41
ภาพที่ 21 การเลือกกลุ่มประชากรและผลการทดสอบบนปัจจัยขนาดยอด 41
ภาพที่ 22 การเลือกกลุ่มประชากรและผลการทดสอบบนปัจจัยความกว้างใบ 42
ภาพที่ 23 การเลือกกลุ่มประชากรและผลการทดสอบบนปัจจัยความยาวใบ 42
ภาพที่ 24 การเลือกกลุ่มประชากรและผลการทดสอบบนปัจจัยปริมาณคลอโรฟิลด์ในใบ 43
ภาพที่ 25 กราฟ membership function ของ Input ตัวแปร Temperature 44
ภาพที่ 26 กราฟ membership function ของ Input ตัวแปร Soil Moisture 44
ภาพที่ 27 กราฟ membership function ของ output ตัวแปร Control Valve 45
ภาพที่ 28 แอพลิเคชันระบบควบคุมโรงเรือนอัตโนมัติ 46
ภาพที่ 29 ผลเมล่อนที่ได้จากการปลูกและควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ 47
ภาพที่ 30 การทดสอบน้ำหนักของผลเมล่อน 47

ภาพที่ 31 การทดสอบความหวานของผลเมล่อน 48
ภาพที่ 32 ฟังก์ชันทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับผลต่างระหว่างประชากรสองกลุ่ม 49
ภาพที่ 33 การเลือกกลุ่มประชากรและผลการทดสอบค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 50
ภาพที่ 34 การเลือกกลุ่มประชากรและผลการทดสอบค่าเฉลี่ยของค่าความหวาน 50

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เมล่อนเป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Cucurbitaceae มีถิ่นกำเนิดในแถบทวีปแอฟริกา ใช้รับประทานผลสุกมีกลิ่นหอม รสหวาน เจริญได้ดีในสภาพร้อนแห้ง แสงแดดจัด ปัจจุบันมีการผลิตออกมาหลายสายพันธุ์ที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพภูมิประเทศของประเทศ ดังนั้นเมล่อนจึงเป็นพืชที่เกษตรกรให้ความสนใจมากชนิดหนึ่ง เนื่องจากเป็นพืชที่มีราคาสูงและเป็นที่ต้องการของตลาด แต่การปลูกเมล่อนจำเป็นต้องมีการดูแลเอาใจใส่ในการเพาะปลูกและการจัดการแปลงผลผลิตเป็นอย่างดี เพราะเมล่อนไม่ใช่พืชที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศไทยจึงทำให้เกิดการระบาดของโรคพืชและการระบาดของแมลงศัตรูพืชได้ง่ายและนับวันจะยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น (นิรนาม, 2558)

การนำเมล่อนมาปลูกในโรงเรือนเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถลดปัญหาการระบาดของโรคพืชและการระบาดของแมลงศัตรูพืชได้ แต่จะต้องมีการควบคุมสภาพอากาศภายในโรงเรือนที่เหมาะสม โดยข้อมูลการควบคุมสภาพอากาศในโรงเรือนส่วนใหญ่เกษตรกรจะใช้ข้อมูลจากงานวิจัยจากต่างประเทศ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่สามารถรับรองได้ว่าสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับสภาพอากาศของประเทศไทย ดังนั้นปัจจุบันการปลูกเมล่อนในประเทศไทยจึงต้องใช้ความรู้ที่เกิดจากประสบการณ์สั่งสมจนเกิดความเชี่ยวชาญ อย่างไรก็ตามแม้จะมีความรู้ความเชี่ยวชาญก็มีโอกาสผิดพลาดได้ ซึ่งทำให้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลผลิตได้

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดที่จะสร้างระบบควบคุมการปลูกเมล่อนในโรงเรือนแบบอัตโนมัติ (Automatic Control) โดยนำข้อมูลจากการปลูกเมล่อนโดยผู้เชี่ยวชาญหลายๆรอบการผลิตในพื้นที่ปลูกมาใช้เป็นข้อมูลสำหรับใช้ในการออกแบบตัวควบคุมฟัซซี่ ซึ่งจะทำให้ระบบดังกล่าวมีประสิทธิภาพ ใช้งานได้จริงภายใต้สภาพแวดล้อมในประเทศไทย สามารถเพิ่มผลผลิต และลดต้นทุนในการปลูกเมล่อนในโรงเรือนได้

โครงสร้างของโครงงานที่นำเสนอนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ 1) การเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน รูปแบบการให้น้ำ การให้ปุ๋ยและยาที่เหมาะสม และ 2) การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล เพื่อสกัดข่าวสาร สร้างฐานข้อมูลกฎฟัซซี่ และพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติควบคุมระยะไกลสำหรับการปลูกเมล่อนในโรงเรือนที่ทำงานในรูปแบบแอพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อเก็บข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลผลิตเมล่อนในโรงเรือน

2. เพื่อพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติ และเฝ้าระวังติดตาม สำหรับปลูกเมล่อนในโรงเรือน เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. เก็บข้อมูล อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน ความชื้นในดิน การใช้น้ำ การให้ปุ๋ยยา การเจริญเติบโตของต้นเมล่อน และการให้ผลผลิตของเมล่อน โดยบันทึกลงฐานข้อมูลบนเครื่องเซิร์ฟเวอร์

2. เปรียบเทียบ หาสภาพแวดล้อม การใช้น้ำที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของเมล่อน

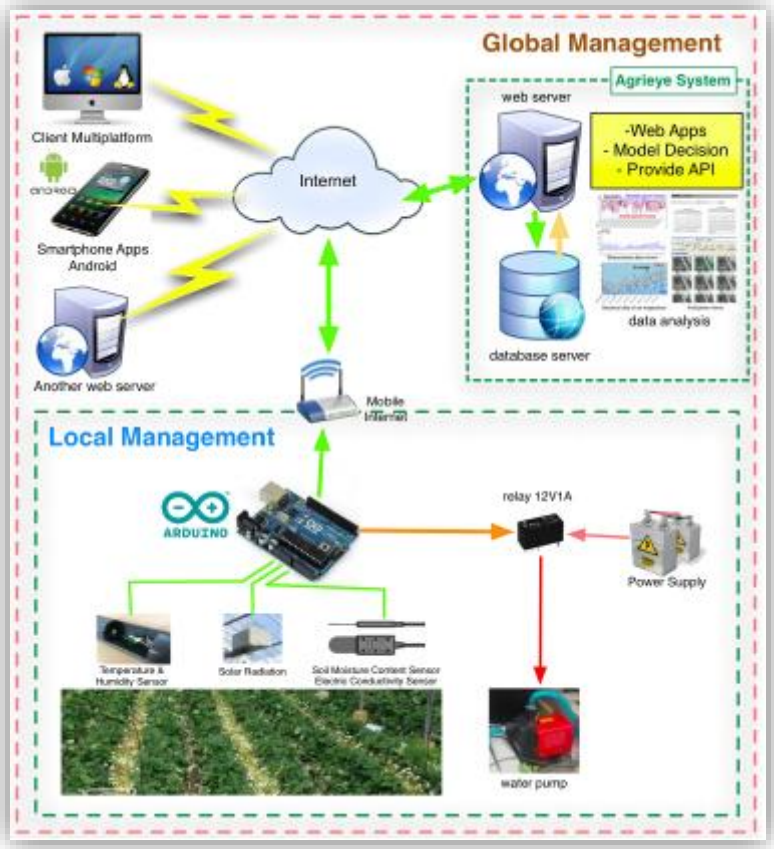
3. พัฒนาระบบควบคุมการให้น้ำภายในโรงเรือนปลูกเมล่อน โดยสั่งงานผ่านอินเทอร์เน็ต

1.4 วิธีดำเนินการวิจัยโดยสรุปทฤษฎี และ/หรือ แนวทางความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย

แนวคิดของการวิจัยนี้ตั้งอยู่บนสมมุติฐาน คือ อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ได้แก่ สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลผลิตของพืช ในกรณีที่เป็นพืชเศรษฐกิจ โดยเฉพาะเมล่อนเกษตรกรอาจจะต้องใช้ต้นทุนเพิ่มขึ้นในการดูแลบำรุงรักษาภายใต้สภาพภูมิอากาศที่ควบคุมไม่ได้ ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามาประยุกต์ในการสร้างระบบโรงเรือนอัจฉริยะที่สามารถควบคุมสภาพอากาศให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเมล่อนและสามารถควบคุม/เฝ้าติดตามจากระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วยแอพพลิเคชั่นบนอุปกรณ์พกพา นอกจากนั้นระบบโรงเรือนที่นำเสนอนี้ยังสามารถเก็บข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของเมล่อนภายใต้สภาพอากาศควบคุมในโรงเรือนเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความเจริญเติบโตของพืชได้อีกด้วย

ระบบที่นำเสนอแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อย คือ Global Management ทำหน้าที่แสดงผลและส่งการควบคุมระยะไกลผ่านอินเทอร์เน็ต และ Local Management ทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในโรงเรือน ดังแสดงในภาพที่ 1 หัวใจหลักของระบบควบคุมโรงเรือนคือไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ทำหน้าที่รับอินพุทจากตัวตรวจจับซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อกแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล

ประมวลผล และส่งการควบคุมผ่านทางพอร์ทไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ปั๊มน้ำ พัดลม เป็นต้น นอกจากนั้น ESP8266 ยังสามารถสื่อสารกับอุปกรณ์อื่น ๆผ่านทางเครือข่ายไร้สายได้อีกด้วย



ภาพที่ 1 องค์ประกอบของระบบควบคุมโรงเรือนอัจฉริยะ

1.5 การทบทวนวรรณกรรม

วิวัฒน์ ชวนะนิกุล และคณะ (2551) ได้ศึกษารูปแบบการจัดการฟาร์มอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยี RFID พบว่าการที่จะพัฒนาการเลี้ยงสัตว์เพื่อเพิ่มผลผลิตและสร้างผลผลิตที่มีคุณภาพดีและมีความปลอดภัยสูงต่อผู้บริโภค จำเป็นจะต้องให้ความสำคัญกับห่วงโซ่การผลิตทั้งระบบ ตั้งแต่การเลี้ยงในฟาร์ม ซึ่งได้แก่การคัดเลือกพันธุ์สัตว์ การดูแลสุขภาพสัตว์ การจัดการเรื่องการเลี้ยงดูและการให้อาหาร ขั้นตอนการฆ่าสัตว์และการแปรรูปผลิตภัณฑ์ จนถึงตลาดของผู้บริโภคเทคโนโลยี RFID (Radio Frequency Identification) หรือการระบุตัวสัตว์และสิ่งของด้วยคลื่นความถี่วิทยุ เป็นเทคโนโลยีที่มีบทบาทสำคัญในเรื่องนี้ สำหรับในฟาร์มเลี้ยงสัตว์นั้น โดยใช้กับสัตว์5 ชนิด คือ โคนม กระบือ สุกร แกะและกระต่าย เพื่อเป็นการบุกเบิกและพัฒนาประสิทธิภาพของระบบจัดการฟาร์มปศุสัตว์ในประเทศไทย สามารถนำมาใช้ในการจัดการฟาร์มให้มีประสิทธิภาพได้ โดยระบุตัวสัตว์ได้เป็นรายตัวและทำการบันทึกข้อมูลได้อย่างอัตโนมัติ สามารถตรวจสอบข้อมูลเฉพาะตัวของสัตว์ได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง เช่น ประวัติสายพันธุ์ การให้อาหาร การเจริญเติบโต การให้ผลผลิต ประวัติการ

ฉีดวัคซีนและการควบคุมโรค รวมถึงการตรวจย้อนกลับแหล่งที่มาของน้ำนมและผลิตภัณฑ์เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค เป็นการพัฒนาการจัดการฟาร์มให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยเน้นรูปแบบการเลี้ยงในฟาร์มโคนม ฟาร์มสุกรพ่อแม่พันธุ์และสุกรขุน ฟาร์มเลี้ยงแกะ และฟาร์มเลี้ยงกระต่าย รวมทั้งได้เพิ่มรูปแบบที่สามารถจะนำไปใช้ในสัตว์น้ำและสัตว์ป่าด้วย

เบญจพล เรืองศักดิ์ และคณะ (2559) ได้ศึกษาโรงเพาะเห็ดฟางควบคุมความชื้นและอุณหภูมิด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ พบว่า การทดลองชุดควบคุมความชื้นและอุณหภูมิของโรงเพาะเห็ดฟาง โดยวัดที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส จนถึงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่าปั๊มน้ำ พัดลมระบายอากาศและหลอดไฟสำหรับให้ความร้อนไม่ทำงาน เนื่องจากอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ เมื่อวัด ที่อุณหภูมิน้อยกว่า 28 องศาเซลเซียส พบว่าหลอดไฟสำหรับให้ความร้อนทำงานแต่ปั๊มน้ำและพัดลมระบายอากาศไม่ทำงาน และเมื่อวัดที่อุณหภูมิมากกว่า 30 องศาเซลเซียส พบว่าปั๊มน้ำและพัดลมระบายอากาศทำงาน แต่หลอดไฟสำหรับให้ความร้อนไม่ทำงาน เนื่องจากอุณหภูมิมากกว่าในช่วงที่กำหนดไว้ เมื่อทำการวัดความชื้นที่ 80% จนถึงความชื้นที่ 85% พบว่าปั๊มน้ำ พัดลมระบายอากาศและหลอดไฟสำหรับให้ความร้อนไม่ทำงานเนื่องจากความชื้นอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ และเมื่อวัดที่ความชื้นน้อยกว่า 80% พบว่าปั๊มน้ำและพัดลมระบายอากาศทำงานเนื่องจากความชื้นน้อยกว่าในช่วงที่กำหนดไว้ และเมื่อวัดที่ความชื้นมากกว่า 85% พบว่าปั๊มน้ำและพัดลมระบายอากาศไม่ทำงาน แต่หลอดไฟสำหรับให้ความร้อนทำงาน เนื่องจากความชื้นมากกว่าในช่วงที่กำหนดไว้

ธนากร น้ำหอมจันทร์ และอติกร เสรีพัฒนานนท์ (2557) ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดินแบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำแบบอัตโนมัติ โดยใช้ระบบควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้ บทความนี้นำเสนอการออกแบบสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดิน แบบการทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำ แบบอัตโนมัติ ซึ่งใช้ PLC เป็นอุปกรณ์ควบคุม โดยรับสัญญาณอนาล็อกจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ผ่านอุปกรณ์รับสัญญาณอนาล็อกเพื่อให้ PLC ประมวลผล และใช้ดิจิทัลโวลต์มิเตอร์แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนที่หน้าตู้ควบคุม ระบบควบคุมที่ออกแบบสร้างสามารถทำงานได้ทั้งแบบการควบคุมด้วยมือ และแบบอัตโนมัติ ผลการทดสอบพบว่า ระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถเริ่มและหยุดการทำงานได้ตามเวลาที่กำหนดไว้ และสามารถสั่งให้ระบบการทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำและระบบสเปรย์ละอองน้ำทำงานตามเงื่อนไข อุณหภูมิและเวลาที่กำหนดไว้ เพื่อรักษาให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่แนะนำสำหรับการปลูกพืชไร้ดินในโรงเรือน โดยอุณหภูมิภายในโรงเรือนเฉลี่ย 30.45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเฉลี่ย 80.54 เปอร์เซ็นต์ ระบบสเปรย์ละอองน้ำ ทำงานเฉลี่ย 10 นาทีต่อวันระบบการทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำทำงานเฉลี่ย 6.37 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งจำนวนชั่วโมงการทำงานของระบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำขึ้นอยู่กับสภาพอากาศภายนอก เป็นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

น้ำ และคนงานได้ สามารถนำไปใช้ควบคุมการทำงานของโรงเรือนเพาะปลูกสำหรับบ้านพักอาศัยได้เป็นอย่างดี

มานพ แย้มแฟง (2547) การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเลี้ยงไหม เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเลี้ยงไหม โดย การใช้ระบบการทำความเย็นแบบระเหยร่วมกับระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ โดยทำการทดลองในโรงเรือนที่มี ขนาดกว้าง10 เมตร ยาว 21 เมตร สูง 3 เมตร สำหรับระบบการทำความเย็นแบบระเหยจะทำการติดตั้งแผ่นระเหยน้ำขนาดกว้าง 1.5 เมตร สูง 1.8 เมตร หนา 0.15 เมตร จำนวน 6 ชุด บนผนังด้านทิศใต้ของโรงเรือนและมีพัดลม ดูดอากาศขนาด 30 นิ้ว จำนวน 6 ตัว ติดตั้งที่ผนังด้านทิศเหนือของโรงเรือน ส่วนระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ นั้นจะใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 30,000 Btu/hr จำนวน 2 เครื่อง ผลการทดลองที่ได้จะนำไปเปรียบเทียบกับ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น พบว่า ผลการทดลองจากโรงเรือนที่ใช้ระบบการทำความเย็นแบบระเหยสำหรับเลี้ยงไหมวัย 1 วัย 2 และวัย 3 พบว่ามีค่าความแตกต่างเฉลี่ยจากอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงไหมวัยดังกล่าวคือ 0.40 C, 1.00 C และ 1.90 C ตามลำดับ สำหรับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโรงเรือน มีค่าความแตกต่างเฉลี่ย 6.09%, 0.61% และ 3.29% ตามลำดับ ส่วนระบบการทำความเย็นแบบอัดไอที่ใช้เลี้ยงไหมวัย 4 และวัย 5 นั้นพบว่าค่าความแตกต่าง เฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเหมาะสม สำหรับการเลี้ยงไหมวัย 4 คือ 2.20C, 0.33% และ 3.10C , 4.86% สำหรับไหมวัย 5 และผลการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลอง พบว่ามีความคลาดเคลื่อน เพียงเล็กน้อย ทำให้สามารถนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้ไปใช้ทำนายอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนได้ และจากการศึกษายังพบอีกว่าตัวแปรสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือนเพิ่มขึ้นและความชื้นสัมพัทธ์ลดลงคือ ความเข้มรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศแวดล้อม สาเหตุที่อุณหภูมิอากาศในโรงเรือนลดลงได้น้อยเนื่องมาจาก อากาศแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงรั่วเข้ามาภายในโรงเรือน ส่งผลให้ระบบการทำความเย็นนั้นมีประสิทธิภาพลดลง

M.S. Bin Bahrudin and R. Abu Kassim (2013) นำเสนอระบบ Fire Alarm System ที่ทำงานแบบ Real Time ในการตรวจจับควันไฟคู่กับการบันทึกภาพผ่านกล้องภายในห้องเมื่อเกิดไฟไหม้ขึ้น ระบบ Fire Alarm System นี้ พัฒนาบน Raspberry Pi และ Arduino Uno โดยระบบนี้ มีความสามารถหลักคือการแจ้งเตือนเมื่อเกิดไฟไหม้ การทำงานเมื่อระบบตรวจสอบพบไฟไหม้ระบบจะแสดงภาพห้องที่หน้าเว็บไซต์ ระบบต้องการการยืนยันเพื่อเปิดระบบดับเพลิง โดยจะทำการส่ง ShortMessage Service (SMS) ข้อดีของระบบนี้คือมันเป็นสิ่งที่จะช่วยลดความเป็นไปได้ของการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดไปรายงานยังนักผจญเพลิง อย่างไรก็ตามระบบยังต้องใช้หน่วยความจำและพลังงานไฟฟ้า

P. Szakacs, S.A. Moraru and L. Perniu (2013) นำเสนอระบบการสื่อสารระหว่างสมาร์ทโฟน และอุปกรณ์วัดการเต้นของหัวใจ จุดประสงค์ของการทำงานวิจัยนี้คือ ต้องการที่จะติดตามผู้ป่วยที่อยู่ภายนอกอาคารหรือนอกบ้านโดยการทำงานจะทำงานแบบ Real Time อาศัยสมาร์ทโฟนในการ

เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตและส่งข้อมูลกลับมายังผู้ดูแล การทำงานของระบบอาศัยการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์วัดการเต้นของหัวใจ ระดับออกซิเจนในเลือด อุณหภูมิของร่างกาย และตำแหน่ง และส่งข้อมูลผ่าน Bluetooth มายังสมาร์ทโฟน เมื่อออกมาจากบ้านข้อมูลจะถูกส่งมายังเครื่องแม่ข่ายผ่านระบบอินเตอร์เน็ต มีการแจ้งเตือนเมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้น ทำให้สามารถติดตามผู้ป่วยได้ตลอดเวลา ปัญหาของระบบนี้คือไม่สามารถติดตามผู้ป่วยที่อาศัยอยู่ในอาคาร และไม่สามารถบอกได้ว่าผู้ป่วยอยู่ชั้นใดของตึก

Anuj Kumar and Gerhard P. Hancke (2015) ได้เสนอระบบ Animal health monitoring system(AHMS) สำหรับการติดตามค่าทางสรีรวิทยาของสัตว์ เช่น อุณหภูมิร่างกาย การเต้นของหัวใจอุณหภูมิรอบตัว ความชื้นในอากาศ การพัฒนาระบบนี้ทำให้สามารถวิเคราะห์สิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อระดับความเครียดของสัตว์ได้ งานวิจัยนี้ได้นำเอาอุปกรณ์ zigbee และ PIC18F4550 microcontroller มาประยุกต์เข้ากับ sensor ต่าง ๆ และนำ LabView version 9.0 มาใช้ในการทำแสดงผล ทำให้ได้ระบบที่สามารถติดตามค่าทางสรีรวิทยาของสัตว์ได้ตลอดเวลาและแสดงผลทางคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์นี้มีประโยชน์อย่างมากในการดูแลสุขภาพของสัตว์และมีราคาไม่แพง ตัวอย่างนี้เป็นโมเดลต้นแบบได้รับการพัฒนาและผ่านการทดสอบโดยมีความแม่นยำสูง ซึ่งอุตสาหกรรมปศุสัตว์ต้องเผชิญกับปัญหาเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทำให้เกิดผลกระทบต่อสัตว์นำไปสู่โรคติดต่อ เช่น โรคปากเท้าเปื่อย อหิวาต์สุกร โรควัวบ้า เป็นต้น องค์การอนามัยโรคระบุว่าโรคทางเดินหายใจเฉียบพลันโคโรนาไวรัส เป็นไวรัสสัตว์ที่แพร่กระจายได้อย่างง่ายดายเพื่อและมีผลกระทบต่อมนุษย์ หลักฐานสำคัญคือการติดเชื้อโรคซาร์สในประเทสจีนในปี 2002 ตั้งแต่นั้นมามี 26 ประเทศทั่วโลกที่มีรายงานการติดเชื้อนี้ สิ่งเหล่านี้ทำให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ ด้วยเหตุผลนี้ทำให้จำเป็นต้องมีระบบตรวจสอบสุขภาพสัตว์ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการระบาด เทคโนโลยีเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้ลดการระบาดของโรคในสัตว์ได้ งานวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ด้านวิชาการ

1. ได้ระบบควบคุมและเฝ้าติดตามการปลูกพืชในโรงเรือนแบบไร้สายที่สามารถใช้งานได้บนอุปกรณ์พกพา

2. ได้ฐานข้อมูลการเจริญเติบโตของเมล่อนกับสภาพอากาศภายใต้การควบคุมในโรงเรือน

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เมล่อน (Melon)

เมลอน มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกา เป็นพืชที่ชอบ อากาศอบอุ่นถึงร้อน อุณหภูมิที่เหมาะสำหรับการปลูกเมลอนคือ 25 - 30 องศา เซลเซียส (ในเวลากลางวัน) และ 18 - 20 องศาเซลเซียส (ในเวลากลางคืน) โดยอุณหภูมิที่ต่างกันของเวลากลางวันกับกลางคืนนี้จะมีผลต่อความหวาน และคุณภาพของเมลอนเป็นอย่างมาก ถ้าความแตกต่างของอุณหภูมิยิ่งมีมากจะทำให้ความหวาน และคุณภาพของเมล่อนยิ่งสูงขึ้น แต่สภาพอากาศ หรือพื้นที่ที่มีอากาศหนาวเย็นมาก ๆ โดยอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียสจะทำให้ผลเมล่อนไม่โต และหยุดชะงักการเจริญเติบโต แต่อุณหภูมิที่สูงเกินไปก็มีผลไม่ดีต่อเมล่อนเหมือนกัน คือถ้าอุณหภูมิสูงมากเกิน 35 องศาเซลเซียสจะทำเมล่อนสร้างดอกตัวเมียน้อยลง เมลอนเป็นพืชที่ชอบแสงแดด ตลอดวัน ฉะนั้นในการเลือกพื้นที่ ปลูกควรเป็นพื้นที่โล่งแจ้ง และต้องเป็นพื้นที่ที่ไม่ไม่เคยปลูกพืชตระกูลแตงมาก่อน เนื่องจากจะเป็นแหล่งสะสมของโรคทางดินได้ควรเป็นดินร่วน ปนทรายระบายน้ำ ได้ดี มีความเป็น กรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 6.0 - 6.8 ชนิดของเมลอนจะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ตามลักษณะผล คือ

1. ร็อคเมล่อน คือ เมล่อนที่มีลักษณะของเปลือกภายนอกแข็ง มีลายขรุขระเล็กน้อย
2. เน็ตเมล่อน คือ เมล่อนที่มีลักษณะของเปลือกภายมีลายร่างแหแผ่คลุมเปลือกด้านนอกไว้
3. เมล่อนผิวเรียบ หรือที่นิยมเรียกกันว่า แคนตาลูป

2.1.1 สายพันธุ์ของเมลอน

สายพันธุ์ของเมลอนแบ่งตามผิวเปลือกได้ดังนี้

1. Reticulata ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cucumis melo* L. var. reticulata เรียกทั่วไปว่า เน็ตท์เมลอน (netted melon) มัสต์เมลอน (musk melon) หรือเปอร์เซียนเมลอน (persian melon) เปลือกมีผิวขรุขระ แข็ง เป็นร่างแห เนื้อมีสีเขียวปนเหลือง หรือ สีส้ม

2. Cantaloupensis ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cucumis melo* L. var. cantaloupensis เรียกทั่วไปว่า ร็อคเมลอน (rock melon) เปลือกมีผิวขรุขระ แข็ง ไม่เป็นร่างแห แต่มีร่องลึกเป็นทางยาวจากขั้วผลจรดท้ายผล

3. Inodorous ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cucumis melo* L. var. inodorous L เปลือกมีผิวเรียบ ไม่เป็นร่างแห พันธุ์ที่นิยมได้แก่ พันธุ์ฮันนี่ดิว (honeydew)

4. Flexuosus ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cucumis melo* L. var. Flexuosus เรียกทั่วไปว่า สเน็คเมลอน (snake melon) ผลมีขนาดเล็ก เปลือกเรียบสีขาว ขนาดผลเส้นผ่าศูนย์กลาง 1-2 นิ้ว ผลอาจตรงหรือโค้ง นิยมนำมาทำเป็นผลไม้ดอง

5. Conomon ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cucumis melo L.* var. Conomon เรียกทั่วไปว่า ปิกลิงเมลอน (pickling melon) ผลมีขนาดเล็ก เรียวยาว เปลือกผิวเรียบ มีหลายสี เนื้อมีสีขาวหรือสีน้ำตาลปนขาว

6. Chito ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cucumis melo* L. var. Chito เรียกทั่วไปว่า แมงโกเมลอน (mengo melon) ผลมีขนาดเล็ก เปลือกผิวเรียบ มีหลายสี เนื้อมีรสเปรี้ยว นิยมนำทำเป็นผลไม้ดอง

7. Dudaim ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cucumis melo* L. var. Dudaim เรียกทั่วไปว่า โปมกรฎเน็ต เมลอน (pomegranate melon) ผลมีขนาดเล็กเท่าผลส้ม รูปร่างกลมหรือรูปไข่ เปลือกผิวเรียบ มีกลิ่นคล้ายโคลนความจำเป็นของการปลูกเมล่อนในโรงเรือนโดยระบบไฮโดรโพนิกส์

2.1.2 การปลูกเมล่อน

2.1.2.1 การเพาะเมล็ดและการอนุบาลเกล้าพันธุ์เมล่อน

1.1 ให้นำเมล็ดเมล็ดพันธุ์บรรจุลงในถุงพลาสติก หรือถุงซิบที่เจาะรูพรุน หรือถุงตาข่าย ลงแช่ในน้ำอุ่นนานประมาณ 4 - 6 ชม.

1.2 นำเมล็ดออกมาสลัดน้ำทิ้งใช้ผ้าขนหนูที่เปียกพอหมาดๆ ห่อ และนำไปบ่มในอุณหภูมิ 28 - 34 องศาเซลเซียส บ่มนานประมาณ 24 - 30 ชม. เมล็ดแคนตาลูปจะเริ่มงอกรากยาวประมาณ 0.5 ชม. ก็สามารถย้ายลงวัสดุปลูกได้

1.3 นำเมล็ดมาฝังลงในวัสดุเพาะเกล้า โดยให้ปลายเมล็ดด้านแหลมทิ่มลงไปในวัสดุเพาะ สำหรับวัสดุเพาะที่นิยมและได้ผลดีที่สุดคือการเพาะเมล่อนคือ พีทมอสเนื่องจากคุณสมบัติที่ดูดซับความชื้นได้ดี มีความร่วนซุย ระบายน้ำได้ดี และยังมีธาตุอาหารพืชอยู่ด้วยทำให้เมล่อนที่เพาะด้วยวัสดุปลูกนี้มีความแข็งแรง และเจริญเติบโตได้ดี ในกรณีที่ไม่สามารถหาพีทมอสได้อาจจะใช้ขุยมะพร้าวที่ใช้ตะแกรงร่อนเอาเศษใยมะพร้าวออกก่อน มาใช้เป็นวัสดุเพาะได้เช่นกัน

1.4 รดน้ำเช้า - เย็นให้พอชุมวัสดุเพาะ ประมาณ3 - 5 วัน เมล็ดจะดันตัวออกมาจากวัสดุเพาะให้เราอนุบาลเกล้าไปประมาณ 14 - 20 วัน ต้นเกล้าจะมีใบจริงประมาณ 2 - 3 ใบ ก็สามารถย้ายลงปลูกได้

2.1.2.2 การย้ายปลูก

2.1 เตรียมถุงปลูกขนาด 10 - 12 นิ้ว นำวัสดุปลูก ขุยมะพร้าว จำนวน 2 ส่วน, ทรายหยาบ 1 ส่วน, แกลบดิบ 1 ส่วน ผสมกันแล้วใส่วัสดุปลูกลงถุงปลูก

2.2 รดน้ำให้วัสดุปลูกชุ่ม และแช่น้ำค้างลงในจานรองกระถางไว้ประมาณ 1 - 2 วันก่อนปลูก

2.3 ก่อนปลูกให้ใช้น้ำรดวัสดุปลูกอีกครั้งเพื่อล้าง สารแทนนินในขุยมะพร้าวออก (เนื่องจากสารแทนนินในเปลือกมะพร้าวถ้ามีมากไปจะมีผลต่อรากพืช)

2.4 นำต้นเกล้าเมล่อนที่อนุบาลมาได้ประมาณ 14 - 20 วัน ย้ายลงปลูกในกระถาง โดยระหว่าง 1 สัปดาห์แรกของการย้ายปลูกให้เมล่อนได้รับแสงในช่วงเช้าหรือเย็นประมาณ 5 - 6 ชั่วโมงต่อวัน (หลีกเลี่ยงแสงแดดที่แรงเกินไปในช่วงกลางวันหรือบ่าย)

2.5 รดน้ำวันละ 2 ครั้ง คือ เช้า-เย็น และเพิ่มการให้น้ำเป็น 4 ครั้งต่อวันเมื่อแตงติดลูกแล้ว

2.6 ปริมาณการให้ปุ๋ยจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ (1) ช่วงเจริญเติบโตให้ ปุ๋ย A, B ที่มีปริมาณ N = 150 - 200 mg./L. และP = 30 -50 mg./L. และ P = 150 - 200 mg./L. และ (2) ช่วงพัฒนาผล จะลดปริมาณไนโตรเจนลงเล็กน้อย ประมาณ และเพิ่ม K ขึ้น โดยปรับ K เพิ่มเป็น 250 - 300 mg./L. ในระหว่างนี้ให้เสริม C เป็นระยะเพื่อป้องกันผลแตกและภาวะการขาดแคลเซียม อัตราส่วนการใช้ C อยู่ที่ประมาณ 200 - 300 mg./L.

2.7 ประมาณ 1 สัปดาห์ก่อนเก็บเกี่ยวลดการให้น้ำลงเพื่อป้องกันผลแตงแตก และเป็นการเพิ่มความหวานให้กับแตงมากขึ้น

2.1.3 การทำค้างให้ต้นเมล่อน

1. ใช้เชือกผูกกับคานสูงประมาณ 1.8 ม. - 2 ม. ขึงเชือกเป็นแนวดิ่งลงพื้น ให้ตรงกับกระถางปลูกเพื่อใช้พยุงลำต้นเมล่อน

2. ใช้เชือกผูกหลวมๆ ใต้ข้อใบเมล่อนเพื่อพยุงให้ต้นเมล่อนไม่ล้ม (ผูกข้อเว้นข้อ ขึ้นไปตามแนวเชือก)

ภาพที่ 2 การทำค้างให้กับต้นเมล่อน

2.1.4 การตัดกิ่งแขนง, การตัดยอด, การตัดใบ

1. เมื่อเมล่อนอายุได้ประมาณ 30 วัน จะมีกิ่งแขนงงอกออกมาจากข้อใบแต่ละข้อ ให้เราเด็ดกิ่งแขนง ที่งอกออกมาระหว่างใบทิ้งให้หมด โดยนับจากข้อใบที่ 1 ถึงข้อใบที่ 7 (แนะนำให้เด็ดในช่วงเช้า) เนื่องจากกิ่งแขนงจะอิ่มน้ำ จะเด็ดง่ายและไม่ทำให้เมล่อนบอบช้ำมาก

2. ให้ไว้กิ่งแขนงที่งอกออกมาจากข้อใบที่ 8 - 12 ไว้เพื่อให้เมล่อน สร้างดอกตัวเมียและติดผลในกิ่งแขนงดังกล่าว

3. เมื่อเมล่อนมีข้อใบได้ประมาณ 25 ข้อ ให้เราตัดยอดเมล่อนทิ้งเพื่อให้ สารอาหารมาเลี้ยงเฉพาะผล และลำต้นที่เหลือ

4. ให้เด็ดใบล่างของเมล่อน ที่ไม่ได้รับแสงออกไปประมาณ 3 - 4 ใบ เพื่อป้องกันเชื้อรา และแมลงที่อาจมารบกวนได้

5. ให้ตัดปลายกิ่งแขนงที่ทำการผสมดอกและเมล่อนติดผลแล้วในกิ่งนั้นออก โดยให้เหลือใบเลี้ยงที่กิ่งแขนงประมาณ 2 - 3 ใบ

2.1.5 การผสมเกสรและการไว้ผลเมล่อน

1. เมื่อเมล่อนสร้างดอกตัวเมียที่กิ่งแขนง ลักษณะของดอกตัวเมียจะดูได้จากฐานรองดอกจะมีลักษณะกลมรี เป็นกระเปราะเห็นชัดเจน เมื่อวันที่ดอกตัวเมียบานให้เราช่วยต้นเมล่อนในการผสมเกสรดอก โดยให้เด็ดดอกตัวผู้ (ดอกตัวผู้มักเกิดที่ข้อใบแต่ละข้อ) ออกมาแล้วดึงกลีบดอกออกให้หมด แล้วนำช่อเกสรดอกตัวผู้ที่อยู่ด้านใน มาเขี่ยกับเกสรของดอกตัวเมีย

2. การผสมเกสรแนะนำให้ทำในช่วงเช้าที่ดอกบาน ประมาณ 6.00 - 10.00 น. ซึ่งเวลาดังกล่าวดอกตัวเมียจะพร้อมที่สุดต่อการผสมเกสร หากเกินเวลาดังกล่าวกลีบดอกตัวเมียจะหุบและเฉาไป

3. การผสมดอกตัวเมีย 1 ดอกจะใช้ดอกตัวผู้ประมาณ 3 ดอก ในการผสม

4. เมื่อผสมเกสรดอกแล้วให้เราจดวันที่ผสมเกสรไว้แล้วแขวนป้ายวันที่ผสมไว้ที่ดอกนั้นด้วย เพื่อช่วยในการนับอายุผลของเมล่อนเพื่อการเก็บเกี่ยวต่อไป

5. เมล่อนเป็นพืชที่ต้องการน้ำมาก ยิ่งในช่วงที่มีการพัฒนาผล ให้เรารดน้ำ3 เวลา คือเช้า-กลางวัน-เย็น

6. เมล่อนเมื่อผสมเกสรไปแล้วประมาณ 1 สัปดาห์ผลจะเริ่มมีขนาดใหญ่ขึ้น เราต้องมีการผูกเชือกเพื่อทำการแขวนผล โดยให้เราใช้เชือกทำเป็นบ่วงคล้องที่ขั้วผล เพื่อรับน้ำหนักผลเมล่อนที่จะเพิ่มมากขึ้นหากปลูกนอกโรงเรือนแนะนำให้ห่อผลด้วยถุงกันแมลง เพื่อป้องกันแมลงศัตรูพืชมาเจาะทำลายผล

7. การให้ปุ๋ยนั้นในช่วงการพัฒนาผลนั้น ให้เราใช้ปุ๋ย A,B ในอัตราส่วน 2.5 ซีซี / น้ำ 1 ลิตร และใช้ปุ๋ย K เสริมเพื่อให้ผลเมล่อนมีการสะสมแป้ง เพื่อพัฒนาให้เกิดความหวานมากขึ้น อัตราส่วนการใช้ K คือ 150 ถึง 200 มิลลิกรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร (2 ซีซี / น้ำ 1 ลิตร) ฉีดพ่นทางใบ หรือเติมในระบบปลูกทุก ๆ5 - 7 วัน

2.1.6 การเก็บเกี่ยว

1. การเก็บเกี่ยวเมล่อนส่วนใหญ่เราจะนับอายุของผลเป็นหลัก ขึ้นอยู่กับชนิดและสายพันธุ์ของเมล่อนที่ปลูก โดยเฉลี่ยจะอยู่ที่ประมาณ 35 - 60 วัน หลังวันดอกบาน หรือวันที่ผสมเกสร

2. เมล่อนบางชนิดจะมีลักษณะพิเศษเห็นชัดเจนเมื่อผลสุกพร้อมเก็บ คือ มีรอยแตกที่ขั้วผลประมาณ 40 - 50% บางชนิดจะมีกลิ่นหอมออกมาจากผล

3. เมล่อนที่มีคุณภาพ จะต้องมีความหวานอย่างน้อย 14 องศาบริกซ์ขึ้นไป หรือไม่ควรต่ำกว่า 12 องศาบริกซ์ ก่อนการเก็บเกี่ยวเมล่อนประมาณ 1 สัปดาห์ ให้เราเริ่มลดปริมาณการให้น้ำต้นเมล่อนลง โดยสังเกตที่ใบเมล่อนจะเริ่มเหี่ยวลงในช่วงกลางวัน การทำเช่นนี้เพื่อเร่งให้เมล่อนเร่งกระบวนการเปลี่ยนแป้งที่สะสมในผลให้เป็นน้ำตาล เพื่อเป็นการเพิ่มความหวานของผลให้มากขึ้น

2.1.7 โรคที่สำคัญของเมล่อน

2.1.7.1 โรคเหี่ยวจากเชื้อรา (Fusarium Wilt)

โรคเหี่ยวจากเชื้อรา เป็นโรคที่เกิดกับพืชตระกูลแตงอย่างกว้างขวาง มีหลายเชื้อ
เชื้อสาเหตุ : *Fusarium oxysporum* f.sp. melonis : เป็นเชื้อสาเหตุ ของโรคเหี่ยวที่พบในเมล่อน

ลักษณะอาการ : เชื้อสาเหตุเข้าสู่ต้นพืชทางราก ในระยะต้นอ่อนใบเลี้ยงจะเหี่ยว เปลี่ยนเป็นสีเหลืองร่วง พืชแสดงอาการเหี่ยวเฉาจากส่วนยอดลงมา ส่วนของเถาของต้นที่โตแล้วจะแสดงอาการใบล่างเหลืองโดยอาการเริ่มต้นแสดงหลายอย่างเช่น ต้นแตก เกิดอาการเน่าที่โคนและซอกใบ ถ้าเกิดอาการเน่า และพบเชื้อราสีขาวบริเวณรอยแตก หลังจากนั้นพืชจะแสดงอาการเหี่ยวและตาย

การป้องกันกำจัด:

- ปรับสภาพความเป็นกรด – ด่าง ของดินปลูกให้เหมาะสมคืออยู่ที่ pH 6.5
- ใส่ปุ๋ยไนเตรท และไนโตรเจน จะสามารถลดความรุนแรงของโรค
- ใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน
- ถอนต้นที่เป็นโรค (เผา) ทิ้ง และป้องกันโรคโดยการใช้สารจุลินทรีย์ เช่น ไตรโคเดอร์มา
- ใช้ เบนเลทผสม แคปแทน หรือ เทอร์ลาคลอร์ ราดโคนก่อนปลูกและหลังปลูก 15 วัน

2.1.7.2 โรคต้นแตกหรือยางไหล (Gummy Stem Blight)

เชื้อสาเหตุ : *Mycosphaerella melonis* (Didymella bryoniae)

เป็นโรคที่มีการระบาดอย่างกว้างขวางในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน เป็นโรคที่ติดสามารถติดมากับเมล็ดพันธุ์ โรคนี้จะเข้าทำลายพืชทางแผลที่ใบและลำต้น โรคต้นแตกยางไหลจะระบาดรุนแรงในสภาพแปลงปลูกที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง หรือสภาพของแปลงที่มีอุณหภูมิกลางคืนต่ำ และมีความชื้นสูง

ลักษณะอาการ : อาการที่แสดงในใบแก่ แผลจะมีลักษณะกลม สีน้ำตาลอมแดง หรือมีสีดำ ขนาดประมาณ 5 มิลลิเมตร รอบแผลจะมีสีเหลือง หลังจากนั้นแผลจะฉีกขาดหรือร่วง อาการเริ่มแรกจะปรากฏที่ขอบใบและขยายเข้าไปที่ส่วนกลางของใบ การเข้าทำลายส่วนของลำต้น อาการที่ปรากฏคือ จะมีแผล เชื้อสาเหตุจะสร้างเมือกเหนียวสีน้ำตาล หรือน้ำตาลอมแดง

การป้องกันกำจัด: การป้องกันและกำจัดสามารถทำได้ดังต่อไปนี้คือ

- การปลูกพืชหมุนเวียน
- ใช้พันธุ์ต้านทานโรค
- ใช้สารเคมีฉีดพ่นเช่น อ็อกเทพ โนมิลดิว ไดแทน เอ็ม - 45, บราโว, เทอร์รานิล หรือ เอคโค

2.1.7.3 โรคราแป้ง (PowderyMildew)

เชื้อสาเหตุ : *Erysiphe cichoracearum De candolle*

Sphaerotheca fuliginea : เป็นเชื้อสาเหตุของราแป้งในเมล่อน

การแพร่กระจาย : โดยทั่วไปจะมีการแพร่กระจายโดยลม จะระบาดอย่างกว้างขวางในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง ความชื้นสัมพัทธ์ 50 – 90 % ความเข้มของแสงต่ำ มีน้ำค้างและมีการปลูกพืชในอัตราที่จำนวนต้นสูงจนเกินไป อย่างไรก็ตามโรคราแป้งสามารถที่จะระบาดได้ดีภายใต้สภาพการปลูกที่ไม่มีน้ำค้างได้เช่นเดียวกัน

ลักษณะอาการ : เชื้อสาเหตุเข้าทำลายพืชตระกูลแตงทุกชนิด ลักษณะอาการขั้นต้น จะปรากฏเป็นจุดเหลืองอ่อนที่ ลำต้น ยอดอ่อน ทั้งด้านบนและด้านล่างของใบ เมื่อแผลมีการขยายใหญ่ขึ้น จะมี สปอร์ของเชื้อราสีขาวคล้ายแป้งปกคลุม หลังจากนั้นใบจะเปลี่ยน เป็นสีเหลืองอมน้ำตาลและแห้งกรอบ

การป้องกันและการกำจัด:

- การใช้สายพันธุ์ต้านทานโรค
- บาวีซาน อัตรา 10 – 20 กรัม ต่อ น้ำ 20 ลิตรฉีดพ่น
- ฉีดพ่นด้วย กำมะถัน ชนิดละลายน้ำอัตรา 30- 40 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดในสภาพอุณหภูมิต่ำ ในกรณีที่อุณหภูมิสูงจะมีผลให้ใบของเมล่อนไหม้
- ใช้ ทอปซิน, เบเลตันฉีดพ่นตามอัตราที่กำหนด

2.1.7.4 โรคราน้ำค้าง (Downy Mildew)

เชื้อสาเหตุ : *Pseudoperonospora cubensis* (Berkeley & Curtis) Roslowzew

เป็นโรคที่ สำคัญของพืชตระกูลแตงในเขตร้อนและกึ่งร้อน แพร่กระจายโดยลม ฝน และเครื่องมือการเกษตร

ลักษณะอาการ : อาการเริ่มแรกจะพบที่ใบล่าง โดยเกิดเป็นจุดสีเหลืองหรือสีน้ำตาลขนาดเล็ก แล้วขยายขนาดใหญ่ขึ้นเป็นรูปเหลี่ยมอยู่ระหว่างเส้นใบ นอกจากนี้สามารถตรวจสอบบริเวณใต้ใบโดยเฉพาะอย่างยิ่งในตอนเช้ามืด จะปรากฏเส้นใยเชื้อราสีขาว หรือสีเทา ใบพืชจะแห้งตายแต่ก้านใบจะชูขึ้น ขอบใบม้วน ใบจะร่วง

การป้องกันกำจัด :

- ใช้สารเคมีฉีดพ่น โดยใช้ แทนเอ็ม 15 กรัม + โนมิลดิว 25 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร พ่นใต้ใบทุกๆ 7 วัน หากมีการระบาดรุนแรง ใช้ ลอนมิเนต 1- 2 ช้อนชาผสมน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่น ให้ทั่วทุก 7 วัน ประมาณ 2- 3 ครั้ง

• ฉีดพ่นด้วย ริดโดมิล โกล เอ็ม แซด , บราโว 82 W, เทอรานิล หรือ เอคโค เมื่อโรคเข้าทำลาย 3- 7 วัน

• ใช้พันธุ์ต้านทาน

2.1.8 แมลงที่สำคัญ

2.1.8.1 เพลี้ยไฟ (Thrips, Haplothrips floricola Priesner)

เพลี้ยไฟเป็นแมลงที่เข้าทำลายพืชตระกูลแตงหลายชนิด เช่น แตงโม เมล่อน โดยการดูดน้ำเลี้ยง และใช้ปากเขี่ยเซลให้เป็นแผลเพื่อดูดน้ำเลี้ยง การทำลายของเพลี้ยไฟต่อส่วนการเจริญเติบโตจะทำให้ยอดอ่อนแคระแกร็น เติบโตช้า พืชอ่อนแอ และทำให้ใบ ลำต้น แห้งตายได้ เพลี้ยไฟจะมีการแพร่กระจายโดยลม ทำให้การระบาดเป็นไปอย่างกว้างขวาง และรวดเร็ว

<u>การป้องกันกำจัด</u>

• ให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ ควบคู่ไปกับการใช้สารเคมี โดยการใช้ ซอสแมค 30 ซีซี + สารน้ำมัน ดีซีตรอนพลัส 50 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตร หรืออาจใช้สารเคมี อื่นๆ ควบคู่กันไปเช่น ทามารอน แอมมิรอน นูวาครอน อะโซดริน แลนเนท เมซูโรล

2.1.8.2 แมลงวันทอง (Melon Flies , Dacus spp)

แมลงวันทองจะทำลายโดยการเจาะและวางไข่ที่ผล ตัวอ่อนถ้ามีการระบาดรุนแรงจะทำให้ผลร่วงเน่า หรือแก่ก่อนเวลา ทำให้ได้ผลมีคุณภาพต่ำ

<u>การป้องกันกำจัด</u>

• ใช้เมททิล ยูจินอล เป็นเหยื่อล่อ โดยทำการผสมกับ มาลาไทออน อัตรา 100:200 ฉีดเป็นจุดๆ ห่างกันประมาณ 1-2 เมตร

• ฉีดพ่น เมซูโรล, ฟอริดอน 50 % EC อัตรา 0.2 % ดิปเทอเร็ก 80 % WP อัตรา 0.3 % Lebaycid 50 % EC อัตรา 0.26 % ใช้กระดาษห่อผลหลังจากผสมดอกแล้ว

2.1.8.3 เต่าแตง (Cucurbit Leaf Beetle, Yellow Squash Beetle)

โดยปกติทั่วไปเต่าแตงจะมีสีของลำตัว 2 สี คือ ชนิดสีดำ (*Aulacopphola frontalis Baly*) และเต่าแตงชนิดสีแดง (*Aulacopphola semilis Oliver.*) เต่าแตงเป็นแมลงปีกแข็งขนาดลำตัวยาวประมาณ 0.8 เซนติเมตร มีทั้งสีแดง สีน้ำตาลเกือบดำ แต่สีแดงจะพบเห็นมากกว่า อย่างไรก็ตามใน

ต่างประเทศลักษณะของเต่าแตงจะมีสี และ ลักษณะต่างกันออกไปเช่นตัวอ่อนอาศัยอยู่ในดิน การเข้าทำลายจะเข้าแทะกัดกินใบและยอดอ่อน นอกจากนี้เต่าแตงยังสามารถเป็นพาหะของเชื้อไวรัสได้อีกด้วย

<u>การป้องกันกำจัด</u>

• ป้องกันโดยการใช้ น๊อคทริน 25 % อัตรา10 - 20 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่น

• การใช้สารเคมีชนิดอื่นๆเช่น เซฟวิน ธีโอดาน ทามารอน ฉีดพ่นทุก 7 – 10 วัน

2.1.8.4 แมลงหวี่ขาว

แมลงหวี่ขาวเข้าทำลายพืชตระกูลแตงค่อนข้างกว้างขวาง มีหลายชนิด เช่น Greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) Silverleaf whitefly (*Bemesia argentifolii*) โดยทั่วไปแมลงหวี่ขาวจะอยู่บริเวณใต้ใบอ่อน แมลงชนิดนี้จะเป็นพาหะของโรค ไวรัส ในพืชตระกูลแตงหลายชนิด

<u>การป้องกันกำจัด</u>

• ใช้สารเคมีในการกำจัดเช่น เมธามิโดฟอส อัตรา 20 – 30 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร

• สารเคมีชนิดอื่นๆ เช่น ไบเฟนทริน เพอร์มีทรีน เอนโดซัลแฟน (ไทโอดาน) ออกซามิล (ไวเดท แอล) อิมิดาโครพริด

<u>หมายเหตุ :</u> การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลง ให้พิจารณาจากปัจจัยต่างๆที่ก่อให้เกิดปัญหา เช่น ความหนาแน่นของแมลง สภาพอากาศ อุณหภูมิ และผลเสียที่ได้รับจากโรคและแมลง สารเคมีควรใช้ในอัตรา กลาง – ต่ำ และควรฉีดพ่นในช่วงที่มีอากาศเย็น และงดการใช้สารเคมีทุกชนิดก่อนเก็บเกี่ยวอย่างน้อย 7 – 10 วัน

2.1.9 การเจริญเติบโตของพืช

การเจริญเติบโตของพืชเป็นการเพิ่มทางปริมาณของขนาดมวลและปริมาตรที่ไม่อาจย้อนกลับได้ (Irreversible quantitative increase) การเจริญเติบโตของพืชเป็นผลโดยตรงจากการแบ่งเซลล์(Cell division) และการขยายขนาดของเซลล์ (Cell enlargement) การเจริญเติบโตของพืชมี 3 กระบวนการต่าง ๆ เกิดขึ้นคือ

1. การแบ่งเซลล์ ทำให้มีจำนวนเซลล์เพิ่มมากขึ้น เซลล์ที่เกิดขึ้นใหม่จะมีลักษณะเหมือนเดิมแต่มีขนาดเล็กกว่า

2. การเพิ่มขนาดของเซลล์ เป็นการสร้างสะสมสาร ทำให้เซลล์มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยทั่วไปแล้วเมื่อมีการแบ่งเซลล์แล้วก็จะเพิ่มขนาดของเซลล์ด้วยเสมอ

3. การเปลี่ยนรูปร่างของเซลล์เพื่อให้เหมาะสมกับหน้าที่เฉพาะอย่าง

ลักษณะที่แสดงว่าพืชมีการเจริญเติบโตมีดังนี้

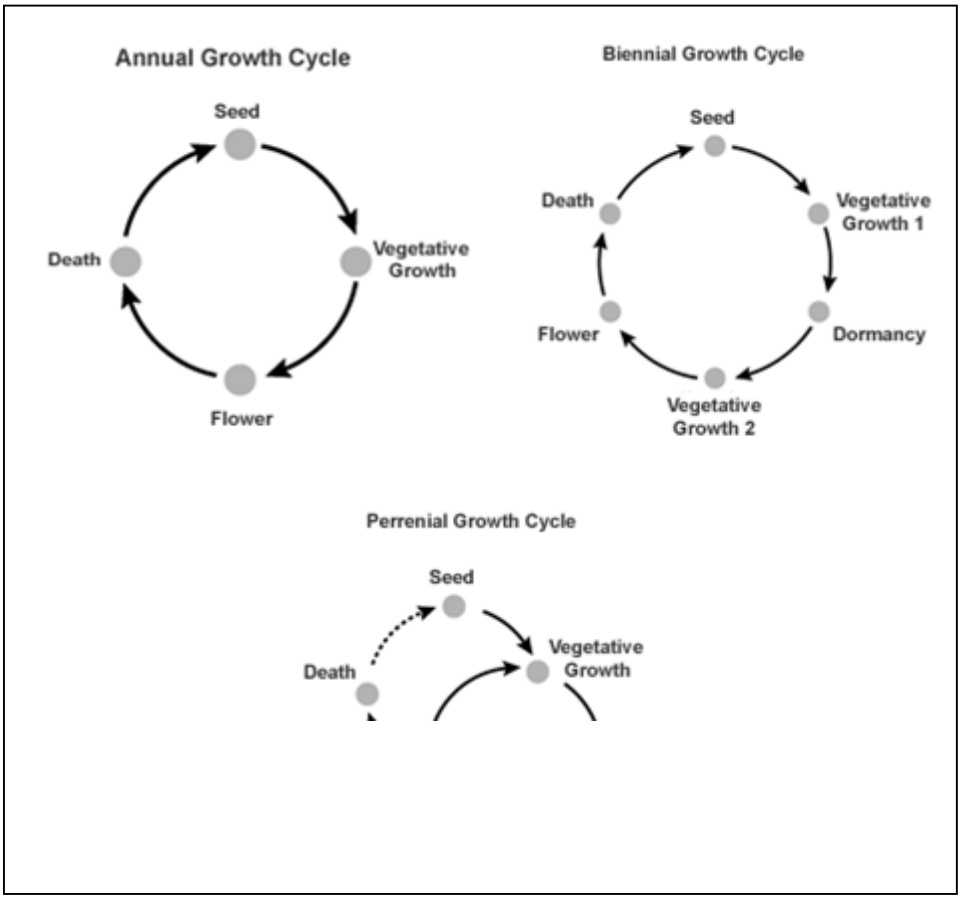
1. รากจะยาวและใหญ่ขึ้น มีรากงอกเพิ่มขึ้น มีการแตกแขนงของรากมากขึ้น
2. ลำต้นจะสูงและใหญ่ขึ้น มีการผลิตทั้งตากิ่ง ตาใบ และตาดอก
3. ใบจะมีขนาดใหญ่ขึ้น จำนวนใบเพิ่มขึ้น
4. ดอกจะใหญ่ขึ้นหรือดอกเปลี่ยนแปลงเป็นผล
5. เมล็ดจะมีการงอกต้นอ่อน

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่

1. อากาศ พืชใช้ก๊าซออกซิเจนในการหายใจ และใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการสร้างอาหาร
2. น้ำใช้ในกระบวนการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุใช้ในการสร้างอาหารช่วยลดอุณหภูมิภายในลำต้น
3. แสง ใช้สร้างอาหารและคลอโรฟิลล์
4. แร่ธาตุ ใช้ช่วยในกระบวนการต่างๆ ในการดำรงชีวิตของพืช ช่วยสร้างคลอโรฟิลล์
5. อุณหภูมิ อุณหภูมิที่พอเหมาะจำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การงอกของเมล็ดและการทำงานของเอนไซม์

2.1.10 วงจรการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช

ในการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชตลอดชีพจักร (Life cycle) นั้นพืชจะต้องผ่านขั้นตอนต่างๆนับตั้งแต่พืชงอกจากเมล็ด (Seed germination) ไปเป็นต้นกล้า (Seedling) เมื่อต้นกล้ามีอายุมากขึ้นก็จะกลายเป็นต้นพืช (Plant) ต้นพืชจะมีการเจริญเติบโตและพัฒนาการต่อไปเรื่อย ๆซึ่งการเจริญและพัฒนาการในช่วงแรกๆนี้จะเป็นไปในทางการเพิ่มขนาดและน้ำหนักของต้นพืชเมื่อพืชมีอายุที่เหมาะสมหรือพัฒนาการมาจนถึงที่สุดโดยได้รับการกระตุ้นหรือชักนำจากสภาพภายนอกก็จะออกดอกติดผลและสร้างเมล็ดขึ้นมาจากนั้นเมล็ดก็จะพัฒนาการเป็นต้นพืชต่อไปส่วนพืชต้นเดิมนั้นบางชนิดอาจตายไป (Annual plant และ Biennial plant) แต่บางชนิดอาจมีการเจริญเติบโตและพัฒนาการต่อไปในลักษณะเดียวกับช่วงที่ต้นพืชยังไม่ออกดอก (Perennial plant) ดังแสดงในภาพที่3 (สังคม, มปป.)



ภาพที่ 3 แผนภูมิการเจริญเติบโตของพืช

ที่มา: http://osu.orst.edu/class/botany/index.html

2.2 ระบบโรงเรือนปลูกพืช

นับตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันมนุษย์พยายามที่จะเรียนรู้และศึกษาธรรมชาติโดยการปรับตัวเข้ากับธรรมชาติเพื่อความอยู่รอด จึงมีการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ เข้ามาใช้ เพื่อพัฒนาระบบการปลูกพืชให้ก้าวหน้ามากขึ้น โดยเฉพาะเรื่องระบบน้ำและโรงเรือนเพื่อการปลูกพืช เนื่องจากในปัจจุบันสภาพภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงไปมาก บางปีอากาศร้อน บางปีอากาศหนาว บางปีเกิดความแห้งแล้ง บางปีเกิดน้ำท่วมขัง ทำให้พืช โรค และแมลง ก็มีการปรับตัวเพื่อความอยู่รอดเช่นเดียวกัน จึงทำให้การปลูกพืชไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ดังนั้นการปลูกพืชในโรงเรือนจึงเป็นการลดความเสี่ยงจากการแปรปรวนของสภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อการผลิตพืช ลดปัญหาจากโรคและแมลง ทำให้ได้ผลผลิตสูงทั้งปริมาณและคุณภาพ

2.2.1 ชนิดและรูปแบบของโรงเรือน (Greenhouse)

การเลือกใช้โรงเรือนจะต้องเลือกโรงเรือนให้เหมาะกับชนิดของพืชผักที่ทำการปลูกอีกทั้งยังต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆอีกเช่นสภาพภูมิอากาศต้นทุนการก่อสร้างเป็นต้น

1. โรงเรือนหลังคาปิดถาวรคือโรงเรือนที่มีอัตราการระบายความร้อนภายในสูงใช้พลาสติกพีอีเป็นหลังคาเหมาะสำหรับภูมิประเทศเขตกึ่งร้อนกึ่งหนาว

2. โรงเรือนแบบฟันเลื่อย(Saw Tooth)เป็นโรงเรือนหลังคาพลาสติกพีอีออกแบบมาเพื่อใช้กับภูมิประเทศเขตร้อนชื้นอากาศร้อนเกือบทั้งปีหรืออุณหภูมิอากาศสูงเป็นโรงเรือนที่มีอัตราการระบายความร้อนสูงเน้นการใช้การระบายอากาศจากธรรมชาติเพื่อหมุนเวียนอากาศภายในโรงเรือนกันร้อนกันฝนเหมาะสำหรับประเทศไทยมากที่สุด

3. โรงเรือนลูกผสม(Hybrid)เป็นโรงเรือนพลาสติกพีอีหรือโพลีคาร์บอเนตซึ่งง่ายต่อการปรับให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศจากร้อนจัดถึงขนาดหนาวจัดซึ่งสามารถติดตั้งหน้าต่างสำหรับปิดบนหลังคา

4. โรงเรือนหน้ากว้าง (Wide Span)เหมาะสำหรับสภาพภูมิอากาศที่มีความหลากหลายหลังคาคลุมด้วยพลาสติกพีอีสามารถระบายความร้อนได้มากใช้ได้ทั้งสภาพอากาศร้อนหรือสภาพอากาศหนาวหรือที่ที่มีหิมะ

5. โรงเรือนตาข่าย (Net House) เป็นโรงเรือนที่นิยมใช้มากในปัจจุบันหลังคาอาจใช้พลาสติกตัวโรงเรือนจะบุด้วยตาข่ายหรือบุด้วยตาข่ายทั้งโรงเรือนโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันแมลงศัตรูพืชเป็นหลักและใช้เพื่อพรางแสงแดดมีทั้งตาข่ายสีดำสีขาวหรือสีอื่นๆมีขนาดความถี่ของตาข่ายเพื่อเลือกใช้ให้เหมาะกับพืชปลูก

6. โรงเรือนแบบอุโมงค์(Walking Tunnels)เป็นโรงเรือนอย่างง่ายสร้างขึ้นโดยการดัดท่อเหล็กให้โค้งแล้วคลุมพลาสติกพีอีเหมาะสำหรับพืชผักต่างๆและไม้ตัดดอกระบบนี้อาจใช้ระบบเชือกให้พืชขึ้นค้างเตี้ยๆก็ได้ด้านข้างโรงเรือนแบบนี้ยังสามารถระบายความร้อนหรือปรับความชื้นได้บ้าง

2.2.2 การระบายอากาศการสร้างความชื้นและการลดอุณหภูมิของโรงเรือน

ในทางเทคนิคแล้วมี 3 วิธีที่จะสร้างความเย็นเทียมหรือลดอุณหภูมิในโรงเรือน คือ

1. การแลกเปลี่ยนอากาศระหว่างภายในและภายนอกผ่านเข้าออกทางหลังคาหรือด้านข้างหรือใช้ระบบระบายความร้อนเพื่อเพิ่มอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศในโรงเรือน
ช่องระบายอากาศบนหลังคาโรงเรือน

2. Adiabatic Coolingเป็นการเพิ่มความชื้นสัมพันธ์ขณะที่อุณหภูมิภายในยังต่ำอยู่โดยหัวพ่นหมอกคูลเน็ตหรืออีแวบ (EVAP)

3. หัวพ่นหมอกคูลเน็ตเป็นหัวพ่นหมอกที่ทำงานได้ด้วยแรงดันของระบบน้ำผ่านวาล์วกันน้ำหยดหัวพ่นหมอกนี้จะสร้างละอองน้ำขนาด80 ไมครอนที่แรงดัน4 บาร์จึงเป็นการประหยัดพลังงาน

และต้นทุนเพราะสามารถใช้ปั๊มตัวเล็กได้นอกจากการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนแล้วยังสมารถใช้ในการเพาะกล้าของเมล็ดพันธุ์พืชสำหรับการสร้างความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนจะช่วยลดอุณหภูมิได้ประมาณ5-10 องศาโดยปราศจากการเปียกชื้นของใบพืช (ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศความชื้นสัมพัทธ์ของแต่ละท้องที่และอุณหภูมิของภูมิประเทศนั้น ๆ)หัวพ่นหมอกที่ใช้ในการลดอุณหภูมิในโรงเรือนได้5-10 องศา

4. ระบบทำความเย็นแบบระเหยเป็นระบบทำความเย็นให้โรงเรือนโดยใช้การระเหยน้ำจากแผ่นcooling pad ซึ่งจะมีนำไหลผ่านช่องว่างในแผ่นการระเหยน้ำจะทำให้อุณหภูมิของโรงเรือนลดลงและการลดปริมาณแสงแดงที่ส่องผ่านโดยใช้ตาข่ายที่เคลื่อนย้ายได้ก็จะช่วยลดอุณหภูมิลงได้เนื่องจากแสงแดงในโรงเรือนสามารถสร้างปรากฏการณ์เรือนกระจกหรือการที่พื้นที่ว่างๆเริ่มมีความร้อนสูงขึ้นในการลดความเข้มแสงจะสอดคล้องกับการลดความร้อนในโรงเรือนดังนั้นการพรางแสงอาจมีผลต่อขบวนการสังเคราะห์ของพืชจุดนี้จึงควรพิจารณาใช้ตาข่ายที่สามารถปิด-เปิดได้เพื่อการจัดการเรื่องแสงอย่างมีประสิทธิภาพตาข่ายพรางแสงที่นิยมคือสีดำอย่างไรก็ตามในความเป็นจริงแล้วสีของตาข่ายพรางแสงจะสามารถเปลี่ยนสีของแสงที่ผ่านเข้ามาดังนั้นการพรางแสงโดยใช้ตาข่ายสีต่าง ๆจะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิดทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์พืชนั้น ๆด้วย

2.2.3 โครงสร้างของโรงเรือนที่เหมาะสำหรับภูมิประเทศแบบร้อนชื้น

ปัจจุบันหลายประเทศได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีโรงเรือนก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็วเพื่อให้เหมาะกับสภาพพื้นที่การใช้งาน โดยการพัฒนาโรงเรือนให้เหมาะสมกับแต่ละสภาพอากาศ รวมทั้งการเลือกชนิดของพืชที่ปลูก สำหรับประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น สามารถแบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ

1. เขตร้อนชื้นที่มีอากาศเย็นในธรรมชาติ ได้แก่ภาคเหนือและภาคตะวันออกแยงเหนือ สภาพอากาศแบบนี้เหมาะสมสำหรับการปลูกพริกหวาน มะเขือเทศ สตรอเบอรี่ และพืชผักเมืองหนาว

2. เขตร้อนชื้นที่มีอุณหภูมิสูงเกือบตลอดทั้งปี ได้แก่ ภาคกลางลงมา เหมาะสำหรับการปลูกพืชตระกูลแตง เมล่อน แตงโม พริก และผลไม้

ดังนั้นรูปแบบโรงเรือนจึงควรมีการระบายอากาศได้ดี โครงสร้างโรงเรือนที่เหมาะสมที่สุด คือ โรงเรือนแบบหลังคาพลาสติกฟันเลื่อย ซึ่งเหมาะสมกับสภาพอากาศแบบร้อนเกือบทั้งปี โรงเรือนรูปแบบดังกล่าวมีการระบายอากาศได้ดี โดยเน้นการไหลเวียนอากาศจากธรรมชาติ และสามารถปรับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศได้ และมีการติดตั้งหน้าจั่วเสริมเพื่อเพิ่มพื้นที่การระบายอากาศ และโรงเรือนระบบอีแวป (evaporation) ก็เหมาะสมเช่นเดียวกัน

2.3 ระบบการปลูกพืชในโรงเรือน

การปลูกพืชในโรงเรือนแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือ (1) การปลูกพืชบนดิน(Growing in soil)เป็นการปลูกพืชแบบทั่วไปในโรงเรือนอาจปลูกแบบยกร่องหรือปลูกในกระถางโดยใช้ดินเป็นวัสดุปลูก และ (2) การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Soilless Cultures)เป็นการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสามารถแบ่งออกได้เป็น 2กลุ่มคือการปลูกพืชในสารละลาย (hydroponic system) และการปลูกพืชในวัสดุปลูก (substrate culture system)

2.4 ระบบการให้น้ำภายในโรงเรือน

การตัดสินใจเลือกใช้ระบบน้ำคือพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการผลิตพืชในโรงเรือนซึ่งการเลือกระบบการให้น้ำในโรงเรือนนั้นจะขึ้นกับเทคนิคการปลูกพืชในโรงเรือนเป็นสำคัญ

2.4.1 ระบบการให้น้ำสำหรับการปลูกพืชบนดินในโรงเรือน

การให้น้ำในโรงเรือนขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศโดยรอบและชนิดของดินในโรงเรือนในกรณีโดยทั่วไปส่วนใหญ่ในการให้น้ำในโรงเรือนจึงต้องเอาใจใส่อย่างมากในดินทรายและดินร่วนปนทรายการให้น้ำจึงต้องให้บ่อยและให้หลายๆครั้งใน1 วันสำหรับโรงเรือนที่ใช้กับดินร่วนถึงดินเหนียวรอบของการให้น้ำอาจจะมีความสำคัญมากนักการให้น้ำในโรงเรือนนิยมให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดและระบบสปริงเกลอร์ขนาดเล็กเป็นหลัก

1. ระบบน้ำแบบหยดระบบการให้น้ำแบบน้ำหยดนี้เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงในการให้น้ำกับพืชระบบน้ำหยดแบ่งออกเป็น 2 แบบคือระบบน้ำหยดที่ใช้ท่อน้ำหยดมักใช้กับระบบการปลูกแบบยกร่องโดยจะวางท่อน้ำหยดตามแนวแถวปลูกพืชและการให้น้ำผ่านหัวน้ำหยดมักใช้กับการปลูกพืชในกระถางเป็นหลักระบบน้ำหยดเป็นที่ยอมรับในการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพกับความแม่นยำสูงสุดซึ่งระบบน้ำหยดในปัจจุบันหัวน้ำหยดสามารถแบบปรับแรงดันได้มีคุณสมบัติการป้องกันการดูดกลับซึ่งจะทำให้เกิดสุญญากาศขึ้นเมื่อหยุดการให้น้ำซึ่งสามารถดูดทรายหรืออนุภาคอื่นๆเข้าไปในท่อน้ำหยดทำให้ประสิทธิภาพของหัวน้ำหยดลดลงและหัวน้ำหยดยังมีช่องทางผ่านของน้ำกว้างเป็นพิเศษรวมทั้งมีช่องกรองน้ำที่มีประสิทธิภาพทำให้มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น

2. ระบบสปริงเกลอร์ขนาดเล็กการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ยังเป็นวิธีการที่นิยมใช้กันอยู่เนื่องจากสะดวกและง่ายๆสำหรับพืชหลายๆชนิดโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับใช้เพื่อการงอกของเมล็ดการกระตุ้นการงอกของรากและการปลูกการติดตั้งสปริงเกลอร์อาจวางบนดินหรือแขวนไว้เหนือหัวก็ได้แต่จะต้องให้องศาการฉีดพ่นทับซ้อนกันทั้งหมดและไมโครสปริงเกลอร์ควรจะมีการกระจายที่สม่ำเสมอและทนกรด

2.4.2 ระบบการให้น้ำสำหรับการปลูกพืชไม่ใช้ดิน

2.4.2.1 การปลูกพืชในวัสดุปลูก

โดยทั่วไปแล้วการปลูกพืชในวัสดุปลูกภายใต้สภาพโรงเรือนนั้นจะต้องให้น้ำพืชบ่อย ๆเพื่อรักษาระดับความสมดุลระหว่างอากาศและน้ำและเนื่องจากปริมาตรของวัสดุปลูกนั้นมีขนาดเล็กระบบการให้น้ำน้อย ๆและบ่อยครั้งอาจช่วยลดปริมาณน้ำสำหรับพืชลงได้ดังนั้นการให้น้ำแก่พืชต้องมั่นใจว่าการไหลของน้ำผ่านวัสดุปลูกจะไม่เกิดขึ้นรวดเร็วเกินไปและพืชยังสามารถได้รับน้ำอย่างพอเหมาะตามความจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชซึ่งในปัจจุบันนี้เทคโนโลยีระบบการให้น้ำแบบหัวน้ำหยดแบบปรับแรงดันที่ติดบนท่อน้ำเป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจากหัวน้ำหยดมีระบบป้องกันการไหลออกของน้ำจากหัวน้ำหยดเพื่อป้องกันไม่เกิดช่องว่างในท่อน้ำและยังเป็นการเติมน้ำให้เต็มท่อในระหว่างการให้น้ำพืชอีกประการหนึ่งขาปักหัวน้ำหยดยังช่วยมั่นใจว่าการให้ระบบน้ำหยดแก่พืชนั้นหยดในตำแหน่งรากพืชและพอเหมาะกับวัสดุปลูกท่อน้ำหยดที่ใช้ในการปลูกพริกในวัสดุปลูกแบบรางปลูกและหัวน้ำหยดที่ใช้กับการปลูกพริกในวัสดุปลูกในระบบถุงปลูก

2.4.2.2 การปลูกพืชในน้ำยา

ระบบการปลูกพืชในน้ำยานั้นจะเป็นการให้น้ำและปุ๋ยไปพร้อมๆกันหรือที่เรียกว่าFertigation การปลูกผักการหอมในระบบhydroponics ซึ่งจะมีการให้สารละลายธาตุอาหารในระบบรางปลูก

2.4.3 การให้ปุ๋ยร่วมกับระบบน้ำ (Fertigation)

การให้ปุ๋ยร่วมกับระบบน้ำจะต้องมีขั้นตอนการคำนวณการใช้ปุ๋ยการให้ปุ๋ยร่วมกับระบบน้ำ (Fertigation Principle) จำแนกได้ 2 วิธีดังนี้

1. การคำนวณการใช้ปุ๋ยแบบเชิงปริมาณการให้ปุ๋ยพร้อมน้ำเชิงปริมาณเป็นการให้ปุ๋ยพร้อมน้ำโดยคำนึงถึงปริมาณธาตุอาหารที่ต้องการให้แก่พืชเป็นหลักโดยจะคำนวณออกมาเป็นน้ำหนักของปุ๋ยต่อต้นต่อวัน (หรือต่อครั้ง) โดยไม่ได้พิจารณาว่าปริมาณการใช้น้ำของพืชต่อต้นวันจะแปรผันไปเท่าใดสำหรับสูตรปุ๋ยและอัตราที่ใช้จะปรับตามระยะการเจริญเติบโตเหมาะกับการให้ปุ๋ยพร้อมน้ำในไม้ผลขนาดใหญ่พืชที่ใช้น้ำในปริมาณมาก

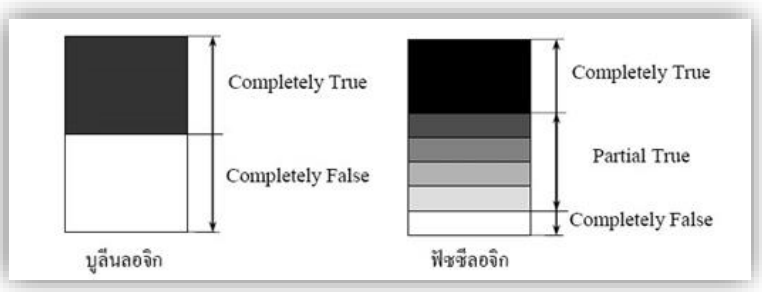
2. การคำนวณการใช้ปุ๋ยแบบเชิงความเข้มข้นการให้ปุ๋ยพร้อมน้ำเชิงความเข้มข้นเป็นการให้ปุ๋ยพร้อมน้ำโดยคำนึงถึงปริมาณธาตุอาหารพืชที่ต้องการสัมพันธ์กับการใช้น้ำของพืชโดยจะคำนวณธาตุอาหารที่จะให้เป็นความเข้มข้นเช่นมิลลิกรัม/ลิตรหรือเปอร์เซ็นต์ของเนื้อปุ๋ยที่ละลายในน้ำที่ให้แก่พืชโดยปริมาณปุ๋ยที่ใช้จะแปรผันตามปริมาณน้ำที่พืชต้องใช้แต่ความเข้มข้นของปุ๋ยมีปริมาณคงที่การให้ปุ๋ยแบบนี้จะเหมาะสำหรับการให้ปุ๋ยพร้อมน้ำในการผลิตพืชผักไม้ดอกพืชล้มลุกพืชอายุสั้นและไม้

ผลบางชนิดหรือสำหรับไม้ผลที่มีราคาสูงเช่นองุ่นส้มมะคาเดเมียและสตรอเบอร์รี่เป็นต้น (ชูชาติ, 2554)

2.5 ระบบควบคุมฟัซซี่

2.5.1 ตรรกะฟัซซี่

ตรรกะฟัซซี่(fuzzy logic)เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจภายในใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูลโดยยอมให้มีความยืดหยุ่นได้ใช้หลักเหตุผลที่คล้ายการเลียนแบบวิธีความคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ฟัซซีลอจิกมีลักษณะที่พิเศษกว่าตรรกะแบบจริงเท็จ (Boolean logic) เป็นแนวคิดที่มีการต่อขยายในส่วนของความจริง(partial true)โดยค่าความจริงจะอยู่ในช่วงระหว่างจริง (completely true) กับเท็จ (completely false) ส่วนตรรกศาสตร์เดิมจะมีค่าเป็นจริงกับเท็จเท่านั้นแสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ตรรกะฟัซซี่

ความเป็นฟัซซี (fuzziness) มีชื่อเรียกว่ามัลติวาลานซ์ (multivalance) ซึ่งมีค่าที่ความเป็นสมาชิกมากกว่า 2 ค่าและแตกต่างกับไบวาลานซ์(bivalance) ที่มีความเป็นสมาชิกเพียง 2 ค่าฟัซซีเซต (Fuzzy set) เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่สื่อถึง“ความไม่แน่นอน (uncertainty)”ฟัซซีจะสร้างวิธีทางคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงความคลุมเครือความไม่แน่นอนของระบบที่เกี่ยวข้องกับความคิดความรู้สึกของมนุษย์เมื่อพิจารณาส่วนประกอบต่างๆในความไม่แน่นอนเพื่อกำหนดเงื่อนไขในการตัดสินใจ (Decision making) โดยอาศัยเซตของความไม่เป็นสมาชิก (Set membership)

2.5.2 เซตแบบฉบับ

เซตแบบฉบับ (classical set) หรือเซตทวินัย (crisp set) เป็นเซตที่มีค่าความเป็นสมาชิกเป็น 0 หรือ 1 {0, 1} เท่านั้นเซตในทฤษฎีเซตแบบฉบับจะมีขอบเขตแบบแข็ง (sharp boundary) ซึ่งเป็นขอบเขตที่ตัดขาดจากกันแบบทันทีทันใดเซตแบบฉบับมีการกำหนดค่าความเป็นสมาชิกตามแนวคิด

เลขฐานสองโดยที่ตัวแปรหนึ่งๆจะมีค่าความเป็นสมาชิกเพียงสองค่าคือ 0 ไม่เป็นสมาชิกและ 1 เป็นสมาชิก

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases} \quad (1)$$

เมื่อ*A* เป็นเซตแบบฉบับหรือเซตแบบทวินัย*x* เป็นสมาชิกในเซตμ_Aเป็นค่าความเป็นสมาชิกในเซตและ $\mu_A(x)$ เป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในเซต*A*

2.5.3 ฟัซซีเซต

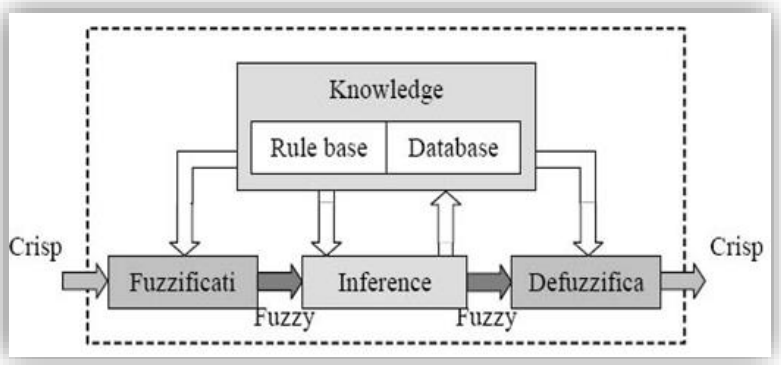
ฟัซซีเซต (Fuzzy Set) เป็นเซตที่มีขอบเขตที่ราบเรียบทฤษฎีฟัซซีเซตจะครอบคลุมทฤษฎีเซตแบบฉบับโดยฟัซซีเซตยอมให้มีค่าความเป็นสมาชิกของเซตมีจำนวนระดับความเป็นสมาชิกเป็นอนันต์ คือค่าต่อเนื่องในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 1 ซึ่งครอบคลุมการกำหนดสมาชิกแบบฉบับและเซตแบบฉบับหรือเซตทวินัย (crisp set)

$$\mu_{\underline{A}}(x) : X \rightarrow [0,1] \quad (2)$$

เมื่อ $\mu_{\underline{A}}$ เป็นค่าของความเป็นสมาชิกภาพของตัวประกอบ *x* ในฟัซซีเซต $\underline{A}$

2.5.4 การประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

โครงสร้างพื้นฐานการประมวลผลแบบฟัซซี่ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 4 ส่วนดังนี้ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การประมวลผลแบบฟัซซี

ส่วนที่แปลงการอินพุตทั่วไปเปลี่ยนเป็นการอินพุตแบบตัวแปรฟัซซี (Fuzzification) หรือในรูปแบบเซตฟัซซีหรือเรียกว่าเป็นตัวแปรภาษา (Linguistic Variable)

ฐานความรู้ (Knowledge base) เป็นส่วนที่จัดเก็บรวบรวมข้อมูลในการควบคุมประกอบ 2 ส่วนคือฐานกฎ (Rule base) และฐานข้อมูล (Database)

ฐานกฎ (Rule base) ส่วนของการกำหนดวิธีการควบคุมซึ่งได้จากผู้เชี่ยวชาญในรูปแบบของชุดข้อมูลแบบกฎของภาษา (Linguistic rule)

ฐานข้อมูล (Database) เป็นการจัดเตรียมส่วนที่จำเป็นเพื่อที่จะใช้ในการกำหนดกฎการควบคุมและการจัดการข้อมูลของตรรกศาสตร์ฟัซซี

เครื่องอนุมานหรือการตีความ (Inference Engine) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจสอบข้อเท็จจริงและกฎเพื่อใช้ในการตีความหาเหตุผลเหมือนกลไกสำหรับควบคุมการใช้ความรู้ในการแก้ไขปัญหา รวมทั้งการกำหนดวิธีการของการตีความเพื่อหาคำตอบ

ส่วนที่แปลงการเอาต์พุตให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (Defuzzification) เป็นการทำการแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบฟัซซีให้เป็นค่าที่สรุปผลหรือค่าการควบคุมระบบ

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นเพื่อพัฒนาระบบอัติโนมัตสำหรับการปลูกพืชในโรงเรือน ระบบจะถูกออกแบบการทำงานโดยอ้างอิงจากข้อมูลที่เก็บได้ในแปลงทดลองปลูกเมลอนที่ปลูกโดยผู้เชี่ยวชาญ เช่น ข้อมูลการให้น้ำ ให้ปุ๋ย ให้ยา ข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน ในแต่ละช่วงเวลาการเติบโตของเมลอน เมื่อได้ข้อมูลดังกล่าวเพียงพอก็นำมาสกัดโดยใช้เทคนิคทางด้านวิทยาการข้อมูล หรือ Data Sciences เพื่อให้ได้ชุดข้อมูลสำหรับนำมาใช้ในการออกแบบตัวควบคุมฟัซซี่ โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้เครื่องทำงานได้แบบเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

1. โปรแกรม Arduino IDE 1.8.13
2. โปรแกรม Nod-Red
3. โปรแกรม RapidMinner
4. อุปกรณ์เซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ความชื้นดิน
5. เครื่องวัดคลอโรล์ฟิลด์ของใบพืช
6. เครื่องวัดความหวาน Refractometer
6. คลาวด์เซิร์ฟเวอร์ Heroku
7. โปรแกรม Microsoft Excel 2020
8. ระบบฐานข้อมูล MySQL15.1

3.2 ข้อมูลและแหล่งข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้จากการเก็บข้อมูลในโรงเรือนทดลองปลูกเมล่อน โดยทำการทดลองปลูกเมล่อนจำนวน 2 รอบการผลิต รอบการผลิตละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น แล้วทำการเก็บข้อมูลการให้น้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิภายในโรงเรือน ความชื้นดิน ความยาวใบเมล่อน ความยาวใบเมล่อน คลอโรลฟิลด์ของใบเมล่อนในแต่ละช่วงของการเติบโต และเก็บข้อมูลผลผลิต ได้แก่ น้ำหนัก และค่าความหวานของผลผลิตเมล่อน

3.3 วิธีการและการดำเนินการวิจัย

การทดลองแบ่งออกเป็น 3 การทดลอง ประกอบด้วย 1) การเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของเมล่อนในแปลงทดลองปลูกเมล่อน ได้แก่ ข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายใน

โรงเรือน ความชื้นในดิน การให้น้ำ การให้ปุ๋ย โดยข้อมูลดังกล่าวได้มาจากการทดลองปลูกจริงโดยผู้เชี่ยวชาญ 2) การสกัดข่าวสารจากข้อมูลที่เก็บได้จากแปลงทดลอง โดยใช้เทคนิคทางด้านวิทยาการข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะใช้ในการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติแบบฟัซซี่ และ 3) การทดสอบการปลูกเมล่อนโดยใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.3.1 การศึกษาสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนปลูกเมล่อนและรูปแบบการให้น้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของเมล่อน

ในการทดลองนี้เป็นการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนและรูปแบบการให้น้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเมล่อน โดยควบคุมการให้ปุ๋ย และสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนแต่ละโรงเรือนให้มีค่าเหมือนกันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มแสง

การวางแผนการทดลอง

1. การทดลองให้น้ำเมล่อนในระยะอายุก่อนออกดอก (อายุ 15-40 วัน) จำนวน 2 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำละจำนวน 5 ต้น จำนวน 2 รอบการผลิต

กรรมวิธีที่ 1 ให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด 1 ครั้ง ตอนเช้า ปริมาณ 2 ลิตร/ต้น

กรรมวิธีที่ 2 ให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด 2 ครั้ง ตอนเช้า 1 ลิตร/ต้น และตอนเย็น 1 ลิตร/ต้น

2. การทดลองการให้น้ำเมล่อนในระยะอายุติดผล (อายุ 41-80 วัน) จำนวน 2 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำละจำนวน 5 ต้น จำนวน 2 รอบการผลิต

กรรมวิธีที่ 1 ให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด 2 ครั้ง ตอนเช้า 3 ลิตร/ต้น และเย็น 3 ลิตร/ต้น

กรรมวิธีที่ 2 ให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด 3 ครั้ง ตอนเช้า 2 ลิตร/ต้น เที่ยง 2 ลิตร/ต้น และเย็น 2 ลิตร/ต้น

3. บันทึกข้อมูลสภาพอากาศภายในโรงเรือน ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ความเข้มแสง

วิธีการดำเนินการทดลอง

1. จัดเตรียมโรงเรือนสำหรับการทดลองขนาด 4x6 เมตร จำนวน 2 โรงเรือน

ภาพที่ 6 การจัดเตรียมโรงเรือนทดลองสำหรับปลูกเมล่อน

2. เตรียมต้นเมล่อนที่มีความสมบูรณ์ย้ายมาปลูกในโรงเรือน โดยใช้ถุงหรือกระถางขนาด 12 นิ้ว วางกระถางแบบคู่ ระยะห่างระหว่างกระถางในแถว 50 ซม. และระยะห่างภายในแถวคู่ 80 ซม. และระยะห่างระหว่างแถวคู่เท่ากับ 150 ซม.

ภาพที่ 7 การจัดเตรียมต้นเมล่อนสำหรับปลูกในโรงเรือนทดลอง

3. ติดตั้งระบบน้ำหยดและระบบพ่นหมอก ติดตั้งระบบควบคุมการ เปิด-ปิด น้ำ ติดตั้งมาตรวัดปริมาณน้ำ และเครื่องวัดอุณหภูมิ-ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง ที่สามารถเฝ้าติดตามและควบคุมการทำงานแบบออนไลน์ผ่านอินเทอร์เน็ต

ภาพที่ 8 การติดตั้งระบบน้ำสำหรับการปลูกเมล่อนในโรงเรือน

4. เมื่อเมล่อนมีอายุได้ 15 วันให้ย้ายต้นกล้ามาปลูกในโรงเรือนที่เตรียมไว้ โดยแบ่งต้นเมล่อนออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ต้น

4.1 กลุ่มที่ 1 ให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด 1 ครั้ง ตอนเช้า ปริมาณ 2 ลิตร/ต้น

4.2 กลุ่มที่ 2 ให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด 2 ครั้ง ตอนเช้า 1 ลิตร/ต้น และตอนเย็น 1 ลิตร/ต้น

ภาพที่ 9 การติดตั้งระบบน้ำหยด

5. บันทึกวันเวลา อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง ความชื้นในดิน ปริมาณการให้น้ำ การให้ปุ๋ย การเจริญเติบโตของต้นเมล่อน

6. เมื่อเมล่อนมีอายุ 46-80 วัน ให้แบ่งต้นเมล่อนออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ต้น

6.1 กลุ่มที่ 1 ให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด 2 ครั้ง ตอนเช้า 3 ลิตร/ต้น และเย็น 3 ลิตร/ต้น

6.2 กลุ่มที่ 2 ให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด 3 ครั้ง ตอนเช้า 2 ลิตร/ต้น เที่ยง 2 ลิตร/ต้น และเย็น 2 ลิตร/ต้น

7. บันทึกวันเวลา อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง ความชื้นในดิน ปริมาณการให้น้ำ การให้ปุ๋ย

การเจริญเติบโตของต้นเมล่อน และผลผลิตของเมล่อน

8. บันทึกข้อมูลที่ได้ทั้งหมดลงฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์

ภาพที่ 10 การเก็บข้อมูลคลอโรลฟิลด์ของใบเมล่อน

ภาพที่ 11 การเก็บข้อมูลขนาดและพื้นที่ของใบเมล่อน

ภาพที่ 12 การเก็บข้อมูลความชื้นดิน ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ ภายในโรงเรือน

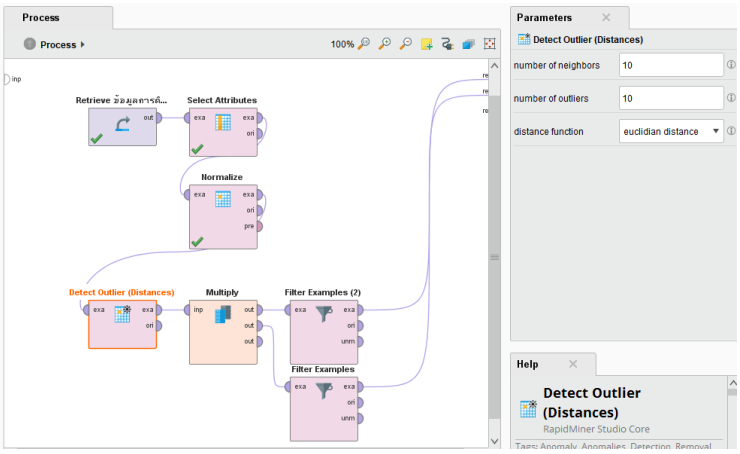
3.3.2 การพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติระยะไกลสำหรับการปลูกเมล่อน

ในการทดลองนี้เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่ 1 มาวิเคราะห์เพื่อหาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของต้นเมล่อน และผลผลิตของเมล่อน จากนั้นนำข้อมูลที่มาใช้เป็นชุดข้อมูลสำหรับออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติแบบฟัซซี่ โดยทำงานร่วมกับอุปกรณ์ IoT (Internet of Things) และอุปกรณ์เซนเซอร์ (Sensors)

3.3.2.1 การทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning)

ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองจำเป็นต้องนำมาผ่านกระบวนการทำความสะอาดเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์และมีความถูกต้องก่อนที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์และใช้ออกแบบการทำงานของระบบอัตโนมัติ ในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Rapidminer เวอร์ชัน 9.5 สำหรับการทำความสะอาดข้อมูล เนื่องจากขนาดของชุดข้อมูลมีขนาดไม่ใหญ่มากจึงสามารถตรวจสอบ ข้อมูลสูญหาย ได้ด้วยตา ดังนั้นจึงทำความสะอาดเพียงแค่การค้นหา ข้อมูลแปลกแยก (Outlier) เท่านั้น

ข้อมูลแปลกแยก คือ ข้อมูลที่มีค่าแปลกไปจากกลุ่มในชุดข้อมูลเดียวกัน ข้อมูลแปลกแยกนี้จะทำให้การวิเคราะห์อาจจะเกิดความผิดเพี้ยนได้ ซึ่งจะส่งผลต่อการสร้างแบบจำลองการพยาการณ์ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องตรวจหาและกำจัดข้อมูลแปลกแยกออกไปก่อนที่จะนำชุดข้อมูลดังกล่าวมาสร้างตัวแบบจำลองการพยากรณ์

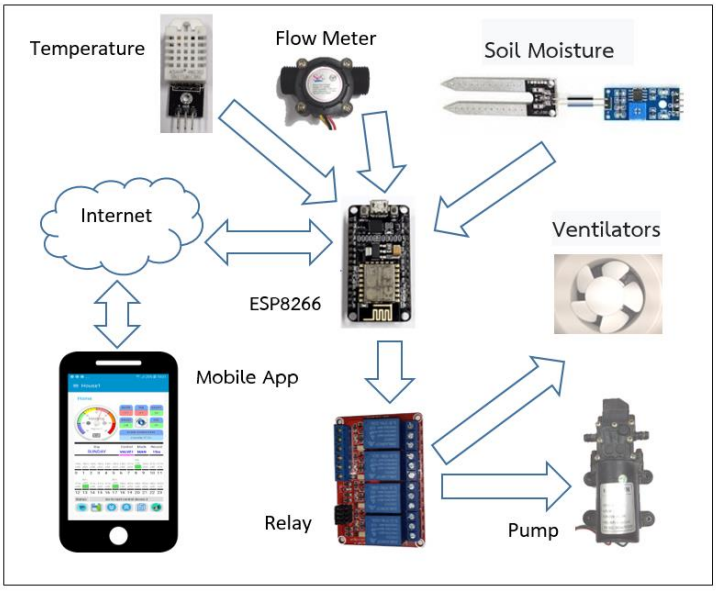


ภาพที่ 13 การตรวจสอบข้อมูลแปลกแยกโดยโปรแกรม RapidMiner9.5

จากการตรวจหาข้อมูลแปลกแยกในชุดข้อมูลการเจริญเติบโตของเมล่อน ไม่พบตัวอย่างข้อมูลที่เป็นข้อมูลแปลกแยก

3.3.2.2 นำชุดข้อมูลสอนมาวิเคราะห์เพื่อใช้ในการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ

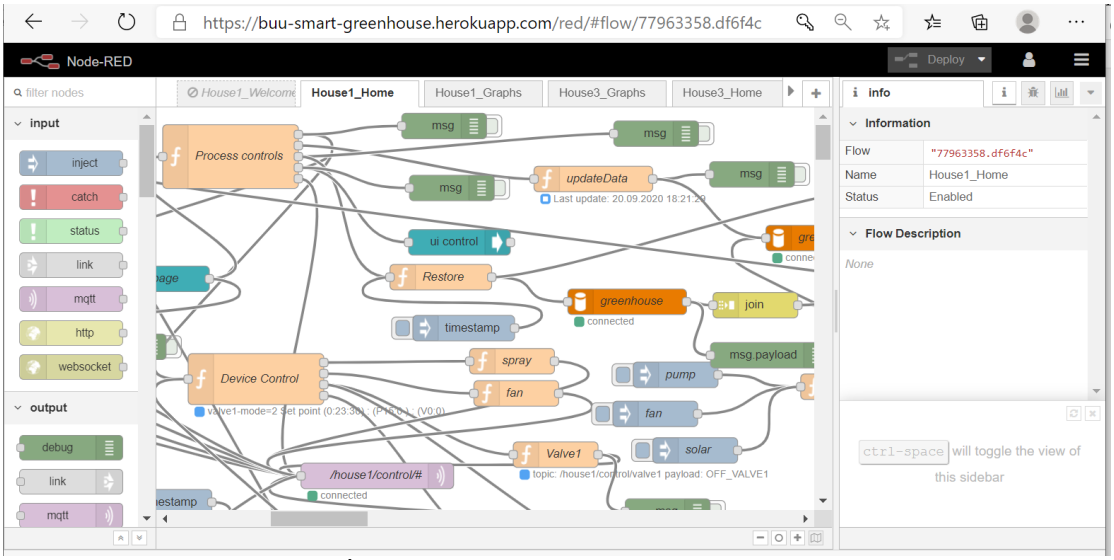
จากข้อมูลที่ได้จากการปลูกเมล่อนในโรงเรือนทดลอง นำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการออกแบบระบบอัตโนมัติที่สามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆภายในโรงเรือน และสามารถแสดงค่าจากอุปกรณ์เซนเซอร์สภาพแวดล้อมต่าง ๆภายในโรงเรือน รูปแบบของระบบเป็นแอพลิเคชันที่ทำงานบนสมาร์ทโฟน ดังแสดงในภาพที่ 14



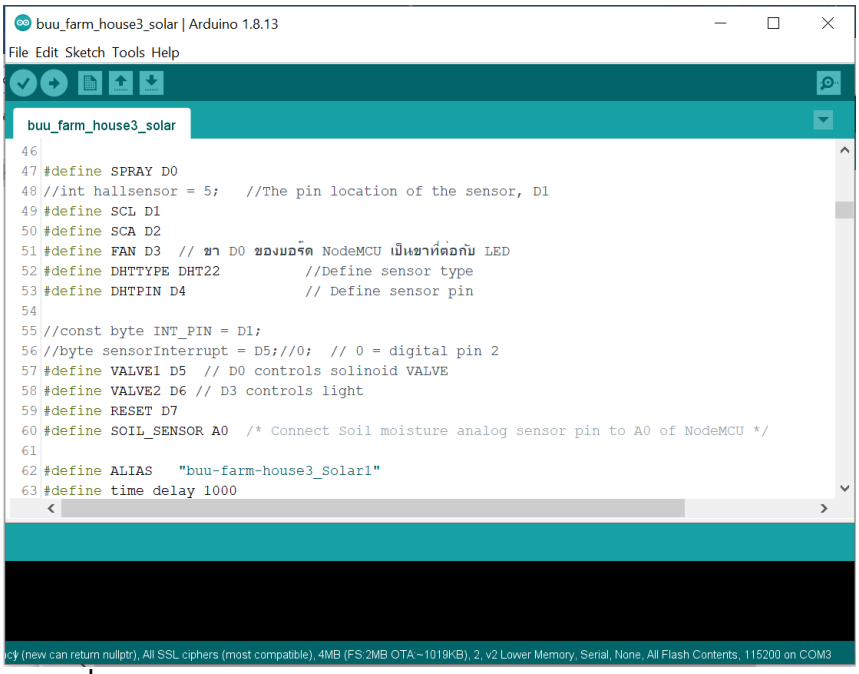
ภาพที่ 14 การทำงานของระบบอัตโนมัติ

แอพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนจะติดต่อสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ที่ติดตั้งอยู่ภายในโรงเรือนเพื่อนำข้อมูลมาแสดงบนหน้าจอ โดยที่ ESP8266 จะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เซนเซอร์อุณหภูมิ ความชื้นดิน และอุปกรณ์ควบคุม ได้แก่ ปั๊มน้ำ พัดลมระบายอากาศ

การพัฒนาแอพลิเคชันใช้โปรแกรม Node-Red ซึ่งทำงานบนคลาวด์ Heroku ดังแสดงในภาพที่ 15 และการควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 จะพัฒนาโดยใช้ภาษาซีบนโปรแกรม Arduino IDE ดังแสดงในภาพที่ 16



ภาพที่ 15 การพัฒนาแอพลิเคชันด้วย Node-Red



ภาพที่ 16 การพัฒนาโปรแกรมควบคุมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266

3.3.3 การทดสอบระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกเมล่อน

ในการทดลองนี้เป็นการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติ โดยนำระบบไปใช้ในการควบคุมการปลูกเมล่อน และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการปลูกด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติกับการปลูกโดยผู้เชี่ยวชาญ

การวางแผนการทดลอง

3.1 การทดลองปลูกเมล่อนและดูแลโดยคน ซึ่งจะทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละจำนวน 5 ต้น

3.2 การทดลองปลูกเมล่อนและดูแลด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งจะทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละจำนวน 3 ต้น

วิธีการดำเนินการทดลอง

1. จัดเตรียมโรงเรือนสำหรับการทดลองขนาด 4x6 เมตร จำนวน 2

2. เตรียมต้นเมล่อนที่มีความสมบูรณ์ย้ายมาปลูกในโรงเรือน โดยใช้ถุงหรือกระถางขนาด 12 นิ้ว วางกระถางแบบคู่ ระยะห่างระหว่างกระถางในแถว 50 ซม. และระยะห่างภายในแถวคู่ 80 ซม. และระยะห่างระหว่างแถวคู่เท่ากับ 150 ซม.

3. ติดตั้งระบบควบคุมการให้น้ำด้วยระบบอัตโนมัติในโรงเรือนที่ 2

4. เมื่อต้นกล้าเมล่อนอายุได้ 15 วันให้ย้ายมาปลูกในโรงเรือนที่ 1 และ 2 โดยโรงเรือนที่ 1 ใช้การควบคุมดูและโดยคน และโรงเรือนที่ 2 ควบคุมดูแลด้วยระบบอัตโนมัติ ตลอดระยะเวลาจากเริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต

4. บันทึกวันเวลา อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง ความชื้นในดิน ปริมาณการให้น้ำ การให้ปุ๋ย การเจริญเติบโตของต้นเมล่อน ตลอดระยะเวลาจากเริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต

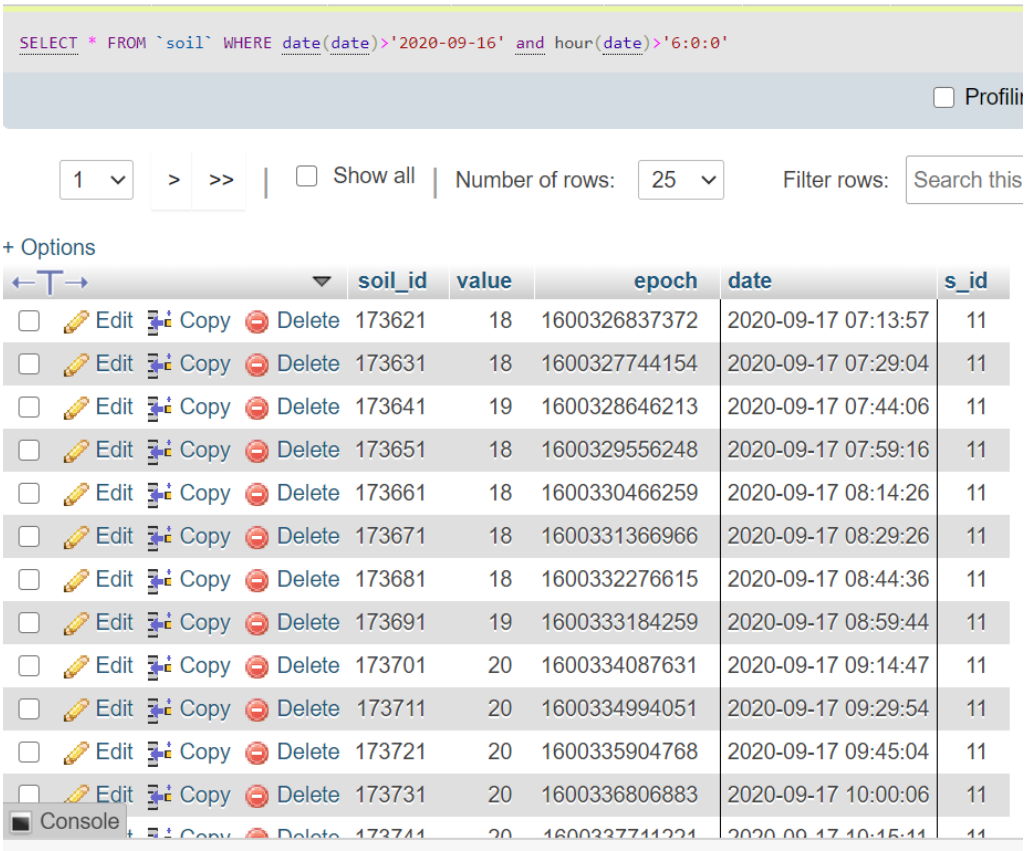
5. เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างโรงเรือนที่ 1 และโรงเรือนที่ 2 โดยเปรียบอัตราการเจริญเติบโตของต้นเมล่อนในแต่ละช่วงอายุ อัตราการเจริญเติบโตของผลเมล่อน น้ำหนักของลูกเมล่อนในระยะเก็บเกี่ยว และปริมาณการใช้น้ำจากเริ่มปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยว

บทที่ 4 ผลการวิจัย

จุดมุ่งหมายของงานวิจัยนี้ต้องการพัฒนาระบบอัติโนมัตสำหรับการปลูกเมล่อนในโรงเรือนที่มีความสามารถเทียบเท่าหรือทดแทนแรงงานคน โดยใช้การรับรู้ข้อมูลจากอุปกรณ์เซนเซอร์ต่าง ๆ ผลการศึกษาและพัฒนาดังแสดงต่อไปนี้

4.1 ผลการทดลองการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของเมล่อน

จากภาพที่ 14 แสดงให้เห็นโครงสร้างการทำงานของระบบ อุปกรณ์เซนเซอร์ต่าง ๆจะส่งข้อมูลให้กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 จากนั้น ESP8266 จะส่งผ่านข้อมูลดังกล่าวไปยังแอพลิเคชัน เมื่อแอพลิเคชันได้รับข้อมูลดังกล่าวก็จะนำมาแสดงผลที่หน้าจอ และในขณะเดียวกันมันก็นำข้อมูลไปเก็บในฐานข้อมูล MySQL ที่ติดตั้งบนคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ Heroku ตัวอย่างข้อมูลดังแสดงในภาพที่ 17-19



```
SELECT * FROM `soil` WHERE date(date)>'2020-09-16' and hour(date)>'6:0:0'
```

Profili

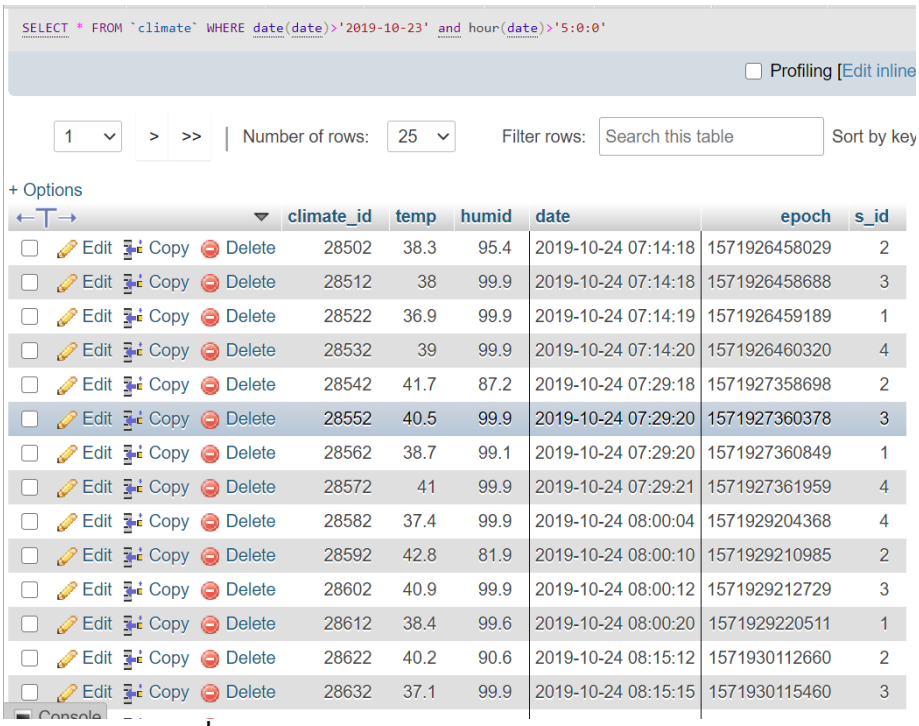
1 > >> | Show all | Number of rows: 25 Filter rows: Search this

+ Options

	soil_id	value	epoch	date	s_id
Edit Copy Delete	173621	18	1600326837372	2020-09-17 07:13:57	11
Edit Copy Delete	173631	18	1600327744154	2020-09-17 07:29:04	11
Edit Copy Delete	173641	19	1600328646213	2020-09-17 07:44:06	11
Edit Copy Delete	173651	18	1600329556248	2020-09-17 07:59:16	11
Edit Copy Delete	173661	18	1600330466259	2020-09-17 08:14:26	11
Edit Copy Delete	173671	18	1600331366966	2020-09-17 08:29:26	11
Edit Copy Delete	173681	18	1600332276615	2020-09-17 08:44:36	11
Edit Copy Delete	173691	19	1600333184259	2020-09-17 08:59:44	11
Edit Copy Delete	173701	20	1600334087631	2020-09-17 09:14:47	11
Edit Copy Delete	173711	20	1600334994051	2020-09-17 09:29:54	11
Edit Copy Delete	173721	20	1600335904768	2020-09-17 09:45:04	11
Edit Copy Delete	173731	20	1600336806883	2020-09-17 10:00:06	11

Console

ภาพที่ 17 ตัวอย่างข้อมูลด้านความชื้นดิน



```
SELECT * FROM `climate` WHERE date(date)>'2019-10-23' and hour(date)>'5:0:0'
```

Profiling [Edit inline

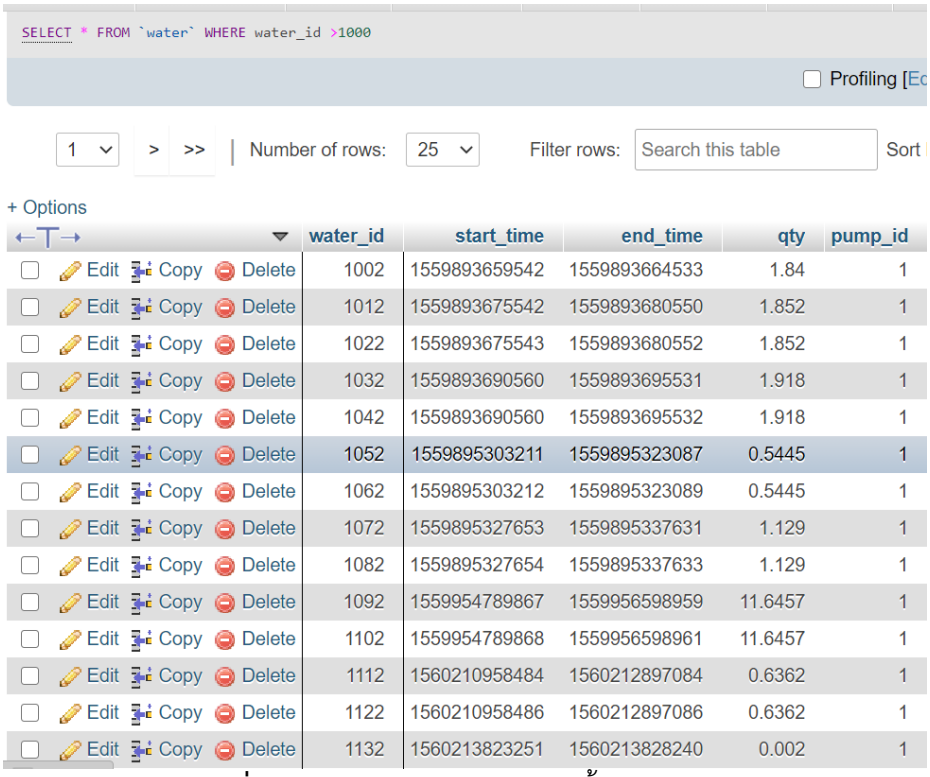
1 > >> | Number of rows: 25 Filter rows: Search this table Sort by key

+ Options

	climate_id	temp	humid	date	epoch	s_id
Edit Copy Delete	28502	38.3	95.4	2019-10-24 07:14:18	1571926458029	2
Edit Copy Delete	28512	38	99.9	2019-10-24 07:14:18	1571926458688	3
Edit Copy Delete	28522	36.9	99.9	2019-10-24 07:14:19	1571926459189	1
Edit Copy Delete	28532	39	99.9	2019-10-24 07:14:20	1571926460320	4
Edit Copy Delete	28542	41.7	87.2	2019-10-24 07:29:18	1571927358698	2
Edit Copy Delete	28552	40.5	99.9	2019-10-24 07:29:20	1571927360378	3
Edit Copy Delete	28562	38.7	99.1	2019-10-24 07:29:20	1571927360849	1
Edit Copy Delete	28572	41	99.9	2019-10-24 07:29:21	1571927361959	4
Edit Copy Delete	28582	37.4	99.9	2019-10-24 08:00:04	1571929204368	4
Edit Copy Delete	28592	42.8	81.9	2019-10-24 08:00:10	1571929210985	2
Edit Copy Delete	28602	40.9	99.9	2019-10-24 08:00:12	1571929212729	3
Edit Copy Delete	28612	38.4	99.6	2019-10-24 08:00:20	1571929220511	1
Edit Copy Delete	28622	40.2	90.6	2019-10-24 08:15:12	1571930112660	2
Edit Copy Delete	28632	37.1	99.9	2019-10-24 08:15:15	1571930115460	3

Console

ภาพที่ 18 ตัวอย่างข้อมูลด้านสภาพอากาศภายในโรงเรือน



```
SELECT * FROM `water` WHERE water_id >1000
```

Profiling [Ed

1 > >> | Number of rows: 25 Filter rows: Search this table Sort

+ Options

	water_id	start_time	end_time	qty	pump_id
Edit Copy Delete	1002	1559893659542	1559893664533	1.84	1
Edit Copy Delete	1012	1559893675542	1559893680550	1.852	1
Edit Copy Delete	1022	1559893675543	1559893680552	1.852	1
Edit Copy Delete	1032	1559893690560	1559893695531	1.918	1
Edit Copy Delete	1042	1559893690560	1559893695532	1.918	1
Edit Copy Delete	1052	1559895303211	1559895323087	0.5445	1
Edit Copy Delete	1062	1559895303212	1559895323089	0.5445	1
Edit Copy Delete	1072	1559895327653	1559895337631	1.129	1
Edit Copy Delete	1082	1559895327654	1559895337633	1.129	1
Edit Copy Delete	1092	1559954789867	1559956598959	11.6457	1
Edit Copy Delete	1102	1559954789868	1559956598961	11.6457	1
Edit Copy Delete	1112	1560210958484	1560212897084	0.6362	1
Edit Copy Delete	1122	1560210958486	1560212897086	0.6362	1
Edit Copy Delete	1132	1560213823251	1560213828240	0.002	1

ภาพที่ 19 ตัวอย่างการบันทึกการให้น้ำแก่ต้นเมล่อน

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นเมล่อน

ขั้นตอนการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของการเจริญเติบโตของต้นเมล่อน และผลผลิตเมล่อน ของการปลูกเมล่อนด้วยระบบอัตโนมัติและการปลูกเมล่อนด้วยผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้สมการทางสถิติการทดสอบ z-test ดังแสดงในสมการที่ (3)

$$Z = \frac{\overline{x_1}+\overline{x_2}}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1}+\frac{s_2^2}{n_2}}} \qquad (3)$$

เมื่อ

$\overline{x_a}$ คือ ค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่ม a

s_a^2 คือ ค่ายกกำลังสองของความแปรปรวนของประชาการกลุ่ม a

n_2 คือ จำนวนประชากรตัวอย่าง

ทดสอบสมมุติฐานว่าค่าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของการเจริญเติบโตของเมล่อนของการปลูกเมล่อนด้วยระบบอัตโนมัติกับการปลูกเมล่อนด้วยผู้เชี่ยวชาญมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ที่ระดับนัยความสำคัญ 0.05 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

H_0: ค่าเฉลี่ยการเติบโตของการปลูกทรีตเมนต์ 1 = ค่าเฉลี่ยการเติบโตของการปลูกทรีตเมนต์ 2
H_1: ค่าเฉลี่ยการเติบโตของการปลูกทรีตเมนต์ 1 ≠ ค่าเฉลี่ยการเติบโตของการปลูกทรีตเมนต์ 2

การทดสอบสมมุติฐานด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ได้ผลการทดสอบดังนี้

1. สุ่มข้อมูลของทั้ง 2 กลุ่มประชากรจำนวน 40 ตัวอย่าง

ตารางที่ 1 ข้อมูลตัวอย่างของค่าการเจริญเติบโตของต้นเมล่อนอายุ 15-40 วัน

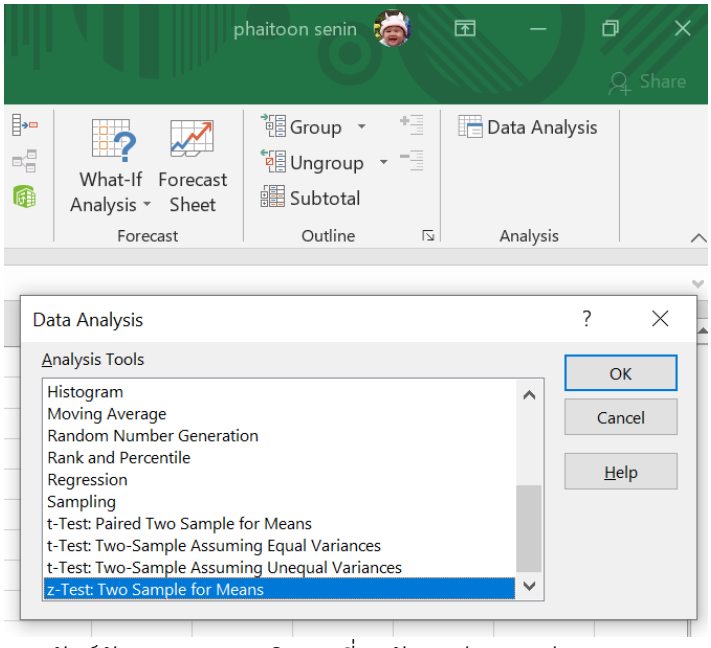
Treatment #1						Treatment #2				
ข้อมูลการเจริญเติบโตของเมล่อนอายุ 15-40 วัน						ข้อมูลการเจริญเติบโตของเมล่อนอายุ 15-40 วัน				
ต้นที่	ขนาดยอด (cm)	ความกว้างใบ	ความยาวใบ	คลอโรฟิลล์		ต้นที่	ขนาดยอด (cm)	ความกว้างใบ	ความยาวใบ	คลอโรฟิลล์
1	0.3	16.7	13.3	39.1		1	0.2	15.3	13.2	32.4
2	0.3	17.3	13.6	38.0		2	0.2	16.5	12.6	30.9
3	0.3	17.4	14.0	33.6		3	0.2	14.6	11.4	31.1
4	0.3	16.2	12.6	33.0		4	0.2	17.2	13.6	37.5
5	0.2	16.0	12.6	33.9		5	0.1	14.7	11.3	33.0
6	0.2	15.2	12.5	34.9		6	0.2	15.9	12.3	32.1
7	0.2	16.2	12.9	35.5		7	0.2	15.2	12.2	36.0
8	0.2	15.7	13.0	34.5		8	0.1	13.9	11.3	30.2
9	0.2	16.6	13.1	37.4		9	0.2	14.9	11.7	31.7
10	0.3	17.3	13.9	36.3		10	0.2	16.6	13.0	33.0
11	0.2	17.6	13.8	34.9		11	0.2	16.9	13.2	32.5
12	0.3	15.9	13.3	34.7		12	0.2	15.6	12.7	31.1
13	0.3	16.4	12.8	35.3		13	0.2	14.2	13.0	31.2
14	0.2	15.5	13.1	33.2		14	0.2	16.9	11.9	33.6
15	0.3	15.4	12.9	34.9		15	0.1	16.8	12.0	32.4
16	0.2	17.0	13.0	35.3		16	0.2	15.3	11.8	32.4
17	0.3	17.1	14.2	35.9		17	0.2	15.6	12.3	31.9
18	0.2	16.8	12.8	35.4		18	0.2	13.4	12.3	32.2
19	0.3	17.3	12.5	35.0		19	0.2	16.7	11.8	31.8
20	0.2	16.0	12.1	35.8		20	0.2	14.1	12.0	30.6
21	0.2	16.2	13.0	35.8		21	0.2	16.2	10.9	31.5
22	0.2	16.2	13.1	35.2		22	0.2	15.8	13.3	29.3
23	0.2	15.6	12.7	35.5		23	0.1	14.7	11.6	31.1
24	0.2	17.0	13.2	34.8		24	0.2	16.3	12.2	32.0
25	0.2	18.5	12.3	33.0		25	0.2	16.3	11.8	28.7
26	0.2	14.8	13.0	33.1		26	0.2	15.3	12.2	31.0
27	0.2	17.8	12.6	38.3		27	0.2	15.8	10.7	33.5
28	0.2	16.4	12.8	34.6		28	0.1	14.2	12.8	30.0
29	0.2	15.5	12.9	33.2		29	0.3	14.1	13.9	30.3
30	0.2	16.2	12.7	36.3		30	0.2	16.3	11.8	33.0
var	0.00061	0.73390	0.24135	2.40075		var	0.00113	1.10381	0.60823	3.12925
avg	0.2	16.5	13.0	35.2		avg	0.2	15.5	12.2	31.9
std	0.0479	0.8540	0.4950	1.5456		std	0.0434	1.0479	0.7821	1.7680

ตารางที่ 2 ข้อมูลตัวอย่างของค่าการเจริญเติบโตของต้นเมล่อนอายุ 40-80 วัน

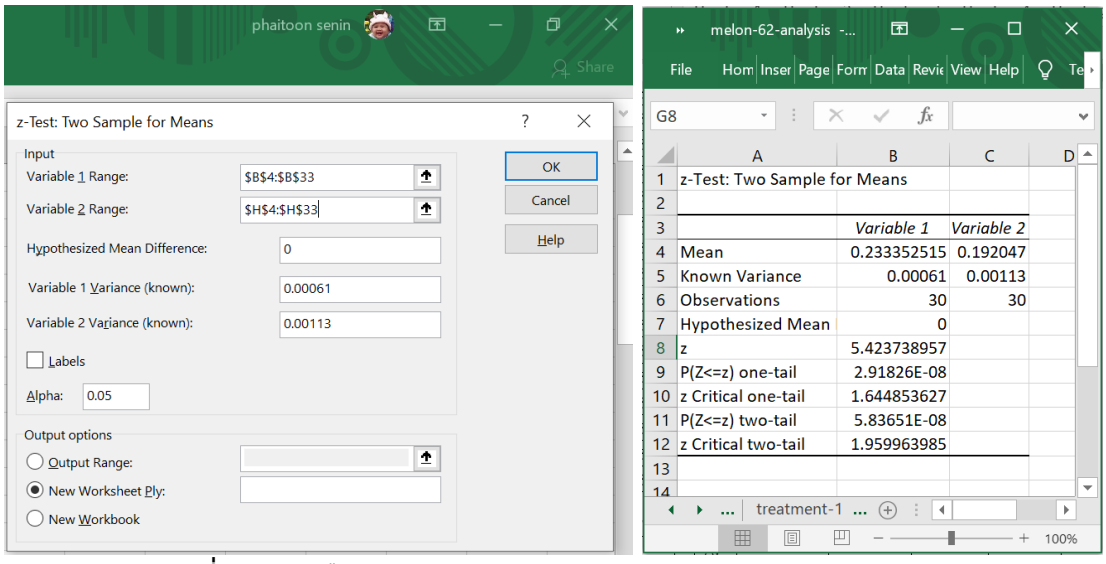
Treatment #1				
ข้อมูลการเจริญเติบโตของเมล่อนอายุ 40-80 วัน				
ต้นที่	ขนาดยอด (cm)	ความกว้างใบ (cm)	ความยาวใบ (cm)	คลอโรฟิลล์
1	0.2	19.3	15.7	40.3
2	0.3	19.3	15.3	41.1
3	0.2	18.8	15.2	31.3
4	0.3	18.4	14.9	38.4
5	0.2	17.9	14.7	35.0
6	0.2	17.2	14.7	38.8
7	0.3	17.4	14.4	37.9
8	0.3	18.0	14.6	36.8
9	0.3	18.4	15.1	38.9
10	0.3	17.5	14.4	36.9
11	0.2	18.4	14.9	35.4
12	0.3	17.9	15.5	39.4
13	0.3	18.6	15.1	34.2
14	0.3	17.5	14.7	35.4
15	0.2	18.8	15.9	35.3
16	0.2	17.8	15.6	40.0
17	0.3	19.0	14.3	35.4
18	0.3	17.8	14.8	38.5
19	0.3	18.2	15.2	35.3
20	0.2	18.2	14.6	35.7
21	0.3	17.6	14.5	36.7
22	0.3	18.6	14.4	30.5
23	0.3	18.7	14.7	33.5
24	0.3	19.0	14.5	39.2
25	0.3	17.6	14.4	39.3
26	0.3	17.1	15.0	38.4
27	0.3	16.8	15.5	34.9
28	0.2	16.7	14.5	35.2
29	0.3	17.9	15.1	31.5
30	0.3	18.3	15.0	35.0
var	0.0007	0.4841	0.1922	7.3810
avg	0.2609	18.0905	14.9039	36.4661
std	0.0269	0.6958	0.4384	2.7168

Treatment #2				
ข้อมูลการเจริญเติบโตของเมล่อนอายุ 40-80 วัน				
ต้นที่	ขนาดยอด (cm)	ความกว้างใบ (cm)	ความยาวใบ (cm)	คลอโรฟิลล์
1	0.3	20.5	16.9	38.7
2	0.4	20.3	16.0	36.5
3	0.3	20.3	15.7	35.3
4	0.3	19.3	15.7	39.7
5	0.3	19.4	15.8	36.2
6	0.3	19.3	16.0	37.6
7	0.3	19.1	15.3	35.2
8	0.3	19.7	15.7	37.0
9	0.3	18.8	15.1	36.2
10	0.4	18.6	15.2	37.0
11	0.3	18.8	14.8	34.6
12	0.4	19.8	14.8	34.1
13	0.3	20.1	15.0	36.0
14	0.3	19.0	15.4	35.7
15	0.4	19.5	15.8	40.3
16	0.3	19.5	15.5	35.8
17	0.3	19.1	15.5	35.8
18	0.2	19.4	16.6	36.6
19	0.3	20.1	15.8	35.7
20	0.3	20.1	15.5	35.6
21	0.4	19.5	15.8	36.1
22	0.3	19.0	15.2	36.7
23	0.4	19.0	15.4	38.7
24	0.3	17.2	16.2	37.5
25	0.3	19.5	17.2	36.9
26	0.3	20.2	16.1	35.2
27	0.3	19.0	14.6	38.3
28	0.3	18.9	15.7	36.1
29	0.3	20.8	14.5	37.4
30	0.3	18.6	15.1	34.5
var	0.0016	0.5221	0.3826	2.1624
avg	0.3199	19.4008	15.5883	36.5636
std	0.0404	0.7225	0.6186	1.4705

2. วิเคราะห์ความแตกต่างค่าการเจริญเติบโตของต้นเมล่อนระหว่างการปลูกแบบทรีตเมนต์ 1 และการปลูกแบบทรีตเมนต์ 2 ให้เลือกเมนู Data >> Data Analysis >> Z-test: Two Sample for Means >> กด OK

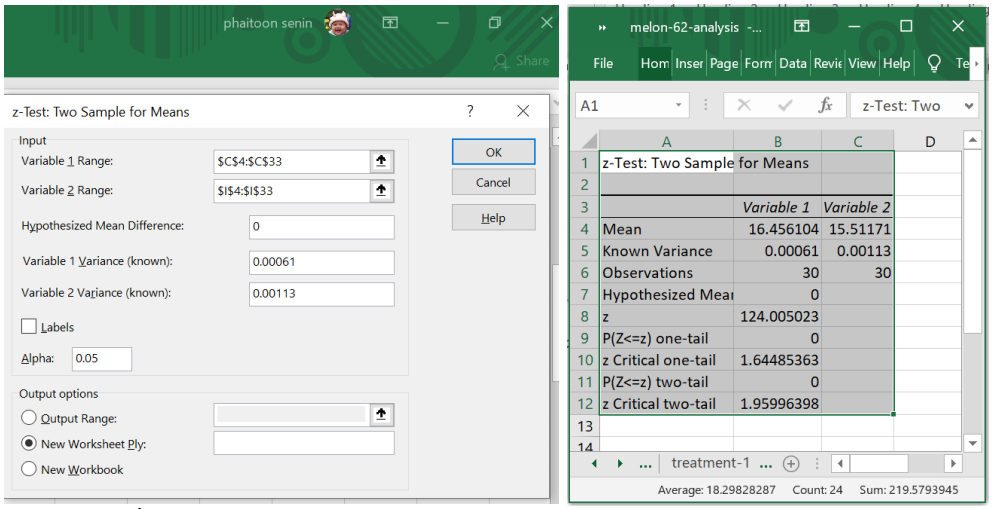


ภาพที่ 20 ฟังก์ชันทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับผลต่างระหว่างประชากรสองกลุ่ม



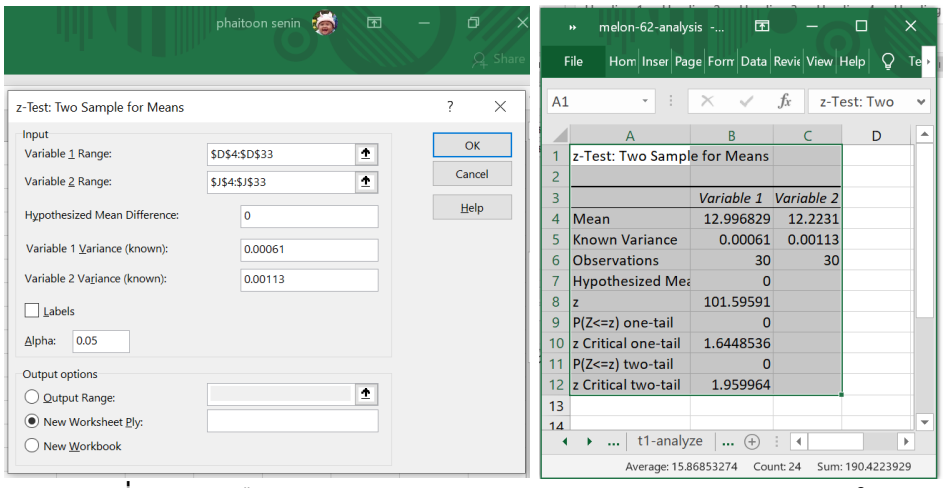
ภาพที่ 21 การเลือกกลุ่มประชากรและผลการทดสอบบนปัจจัยขนาดยอด

ภาพที่ 21 แสดงผลการทดสอบสมมุติฐาน ค่า P(Z<=t) two-tail มีค่าเป็น 5.83652E-8 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าค่า alpha (0.05) แสดงว่าปฏิเสธ (Reject) สมมุติฐาน H_0 (null hypothesis) นั่นคือ การเจริญเติบโตของต้นเมล่อนระหว่างการปลูกค่าเฉลี่ยการเติบโตของการปลูกทรีตเมนต์ 1 และการปลูกแบบทรีตเมนต์ 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความสำคัญ 0.05 (ใช้ชุดข้อมูลในตารางที่ 1)



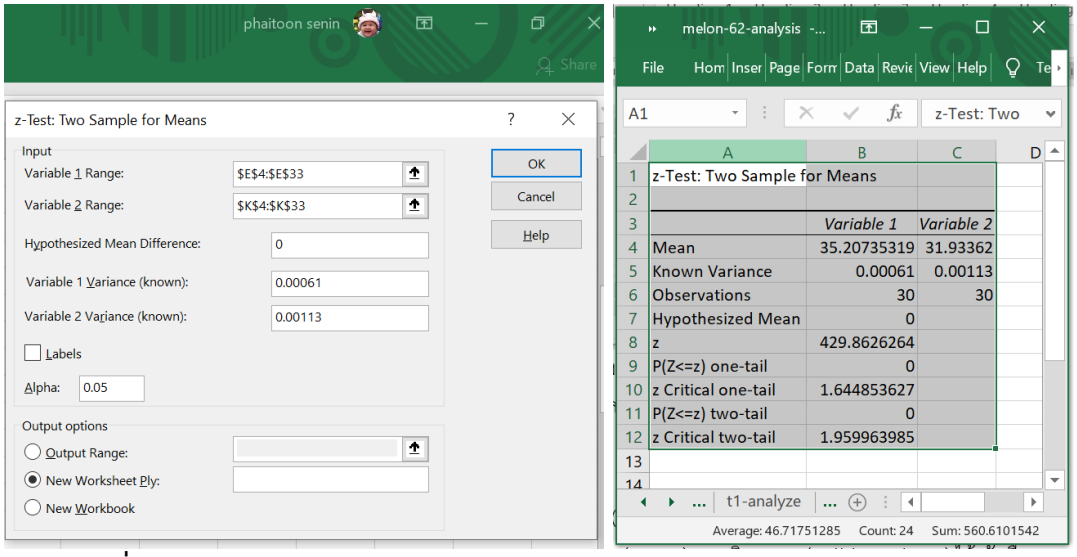
ภาพที่ 22 การเลือกกลุ่มประชากรและผลการทดสอบบนปัจจัยความกว้างใบ

ภาพที่ 22 แสดงผลการทดสอบสมมุติฐาน ค่า P(Z<=t) two-tail มีค่าเป็น 0 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าค่า alpha (0.05) แสดงว่าปฏิเสธ (Reject) สมมุติฐาน H_0 (null hypothesis) นั่นคือ การเจริญเติบโตของต้นเมล่อนระหว่างการปลูกค่าเฉลี่ยการเติบโตของการปลูกทรีตเมนต์ 1 และการปลูกแบบทรีตเมนต์ 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความสำคัญ 0.05 (ใช้ชุดข้อมูลในตารางที่ 1)



ภาพที่ 23 การเลือกกลุ่มประชากรและผลการทดสอบบนปัจจัยความยาวใบ

ภาพที่ 23 แสดงผลการทดสอบสมมุติฐาน ค่า P(Z<=t) two-tail มีค่าเป็น 0 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าค่า alpha (0.05) แสดงว่า ปฏิเสธ (Reject) สมมุติฐาน H_0 (null hypothesis) นั่นคือ การเจริญเติบโตของต้นเมล่อนระหว่างการปลูกค่าเฉลี่ยการเติบโตของการปลูกทรีตเมนต์ 1 และการปลูกแบบทรีตเมนต์ 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความสำคัญ 0.05 (ใช้ชุดข้อมูลในตารางที่ 1)



ภาพที่ 24 การเลือกกลุ่มประชากรและผลการทดสอบบนปัจจัยปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ

ภาพที่ 24 แสดงผลการทดสอบสมมุติฐาน ค่า P(Z<=t) two-tail มีค่าเป็น 0 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าค่า alpha (0.05) แสดงว่า ปฏิเสธ (Reject) สมมุติฐาน H_0 (null hypothesis) นั่นคือ การเจริญเติบโตของต้นเมล่อนระหว่างการปลูกค่าเฉลี่ยการเติบโตของการปลูกทรีตเมนต์ 1 และการปลูกแบบทรีตเมนต์ 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความสำคัญ 0.05 (ใช้ชุดข้อมูลในตารางที่ 1)

ตารางที่ 3 ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Z-test ในเมล่อนอายุ 15-40 วัน

T2 / T1	ขนาดยอด (cm)	ความกว้างใบ (cm)	ความยาวใบ (cm)	คลอโรฟิลล์
ขนาดยอด(cm)	ปฏิเสธ			
ความกว้างใบ(cm)		ปฏิเสธ		
ความยาวใบ(cm)			ปฏิเสธ	
คลอโรฟิลล์				ปฏิเสธ

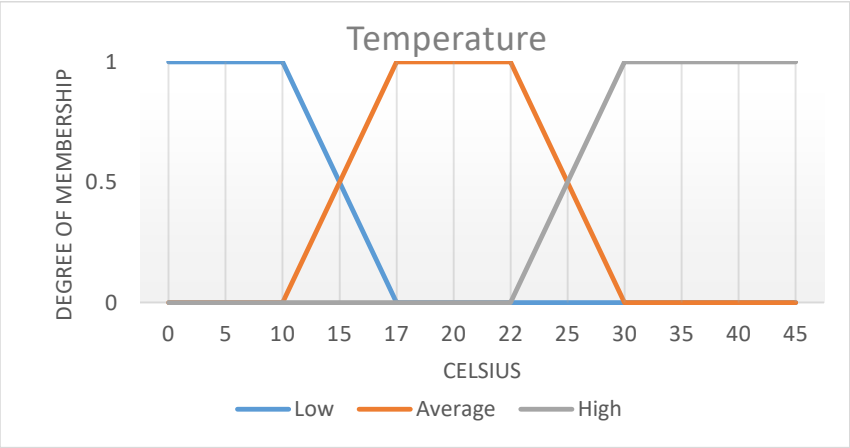
ตารางที่ 4 ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Z-test ในเมล่อนอายุ 40-80 วัน

T2 / T1	ขนาดยอด (cm)	ความกว้างใบ (cm)	ความยาวใบ (cm)	คลอโรฟิลล์
ขนาดยอด(cm)	ปฏิเสธ			
ความกว้างใบ(cm)		ปฏิเสธ		
ความยาวใบ(cm)			ปฏิเสธ	
คลอโรฟิลล์				ยอมรับ

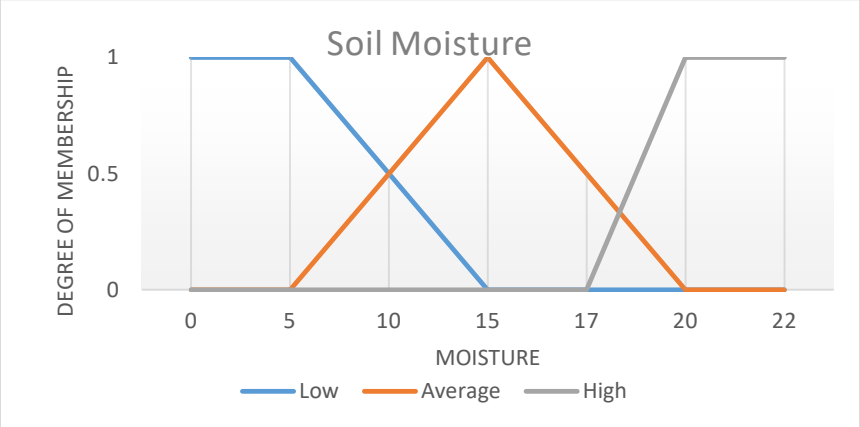
ตารางที่ 3 และ ตารางที่ 4 แสดงผลลัพธ์รวมจากการวิเคราะห์ทางสถิติทดสอบสมมุติฐานค่าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของการเจริญเติบโตของการปลูกเมล่อน การปลูกทรีตเมนต์ 1 และการปลูกแบบทรีตเมนต์ 2 ในแต่ละปัจจัยของเมล่อนอายุ 15-40 และ 40-80 วันตามลำดับ เมื่อ T1 คือ ทรีตเมนต์ที่ 1 และ T2 คือ ทรีตเมนต์ที่ 2

4.2 ผลการทดลองพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติระยะไกลสำหรับการปลูกเมล่อน

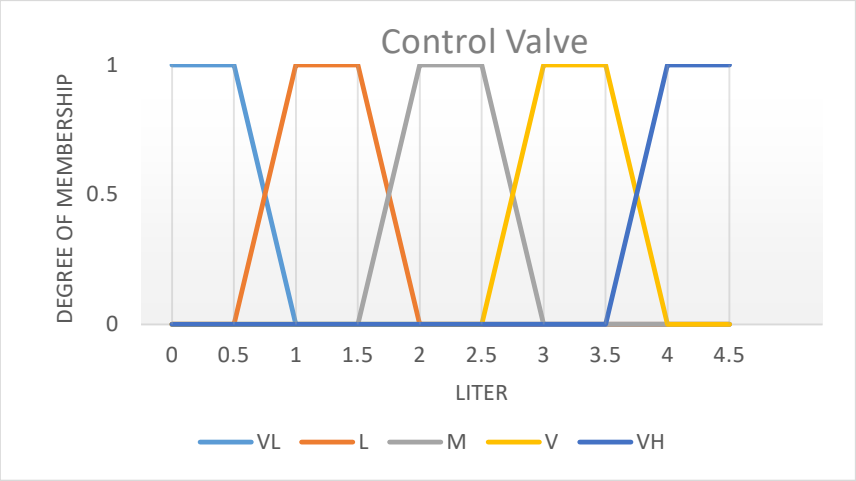
ในขั้นตอนการพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติในงานวิจัยนี้ได้ใช้ตัวควบคุมแบบฟัซซี่ โดยรูปแบบของ membership function ได้มาจากข้อมูลการเจริญเติบโตของเมล่อนที่ได้จากการทดลองปลูกในขั้นตอนก่อนหน้านี้ รูปร่างของ membership function ของ Input ดังแสดงในภาพที่ 25-26



ภาพที่ 25 กราฟ membership function ของ Input ตัวแปร Temperature



ภาพที่ 26 กราฟ membership function ของ Input ตัวแปร Soil Moisture



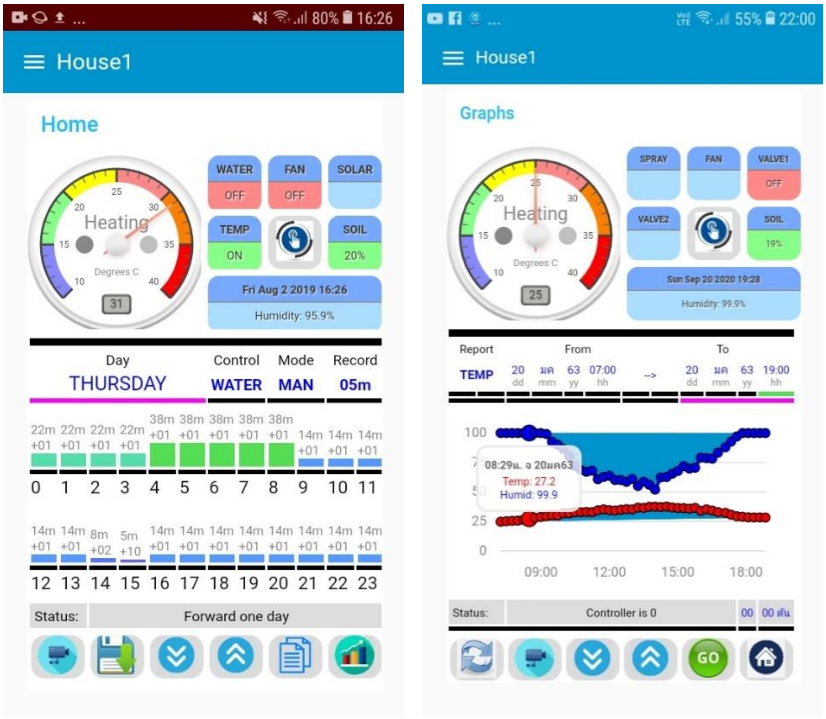
ภาพที่ 27 กราฟ membership function ของ output ตัวแปร Control Valve

ภาพที่ 27 แสดง membership function ทางด้าน output ของตัวควบคุมฟัซซี่ ได้แก่ VL (Very Low) L (Low) M (Midium) H (High) และ VH (Very High) กฎของฟัซซี่แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 5 กฎของฟัซซี่สำหรับระบบควบคุมอัตโนมัติ

Fuzzy Input		Fuzzy Output
Temperature	Soil Moisture	
Low	Low	M
Low	Average	L
Low	High	VL
Average	Low	H
Agerage	Average	M
Average	Hign	L
High	Low	VH
High	Average	H
High	High	L

โปรแกรมควบคุมฟัซซี่ที่ทำงานดังกำหนดตามกฎฟัซซี่ดังแสดงในตารางที่ 3 จะถูกนำไปติดตั้งในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 และมันจะคอยทำหน้าที่รับคำสั่งในการทำงานจากแอพลิเคชันดังแสดงในภาพที่ 28



(ก) (ข)

หน้าจอควบคุมการทำงาน หน้าจอแสดงผลการทำงาน

ภาพที่ 28 แอพลิเคชันระบบควบคุมโรงเรือนอัตโนมัติ

4.3 ผลการทดสอบระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกเมล่อน

หลังจากพัฒนาระบบเสร็จแล้ว นำระบบมาติดตั้งในโรงเรือนทดลองเพื่อดำเนินการปลูกเมล่อนด้วยระบบอัตโนมัติ และนำผลผลิตที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลผลิตเมล่อนที่ได้จากการปลูกด้วยคนที่เป็นผู้เชี่ยวชาญ

ภาพที่ 29 ผลเมล่อนที่ได้จากการปลูกและควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ

ภาพที่ 30 การทดสอบน้ำหนักของผลเมล่อน

ภาพที่ 31 การทดสอบความหวานของผลเมล่อน

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการเปรียบเทียบผลผลิตเมล่อน

ทดสอบสมมุติฐานว่าค่าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักและค่าความหวานของผลผลิตของเมล่อนของการปลูกเมล่อนด้วยระบบอัตโนมัติกับการปลูกเมล่อนด้วยผู้เชี่ยวชาญมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ที่ระดับนัยความสำคัญ 0.05 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

H_0: ค่าเฉลี่ยของการปลูกด้วยระบบอัตโนมัติ = ค่าเฉลี่ยของการปลูกด้วยผู้เชี่ยวชาญ
H_1: ค่าเฉลี่ยของการปลูกด้วยระบบอัตโนมัติ ≠ ค่าเฉลี่ยของการปลูกด้วยผู้เชี่ยวชาญ

การทดสอบสมมุติฐานด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ได้ผลการทดสอบดังนี้

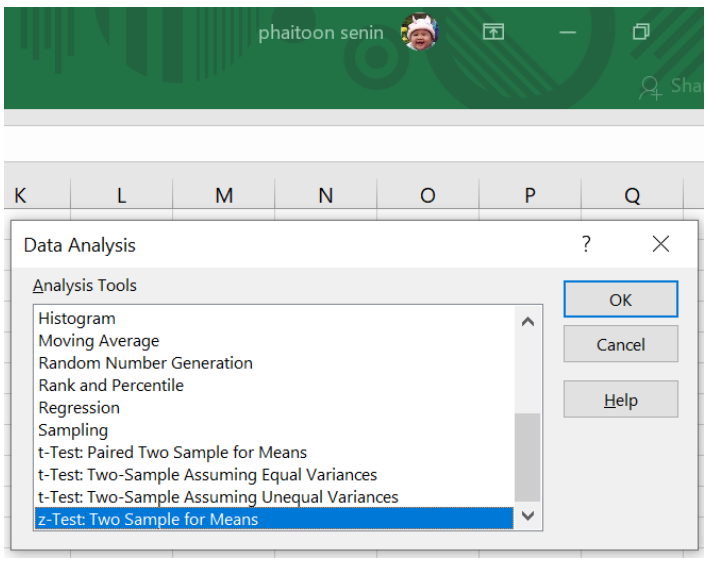
1. สุ่มข้อมูลของทั้ง 2 กลุ่มประชากรจำนวน 30 ตัวอย่าง

ตารางที่ 6 ข้อมูลผลผลิตของการปลูกเมล่อน

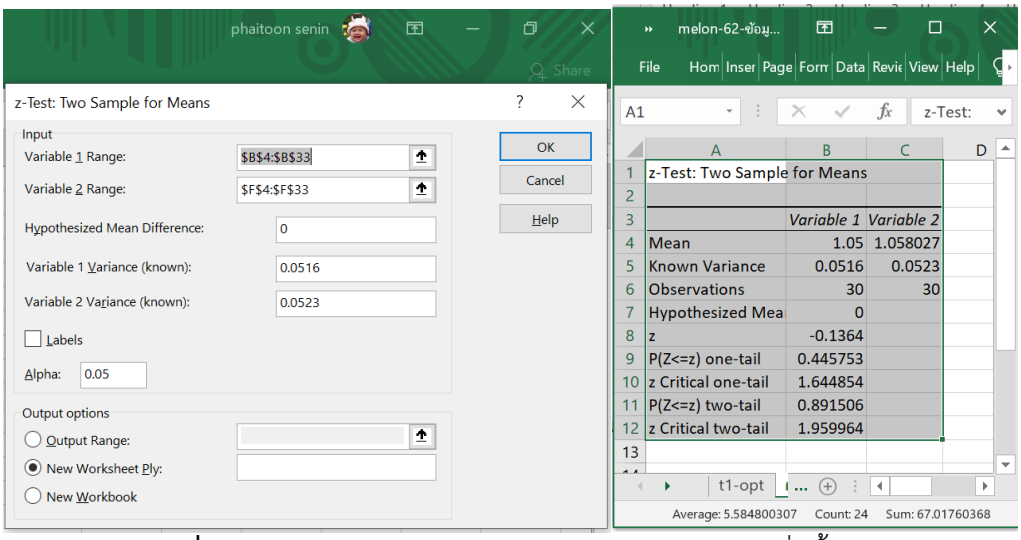
ข้อมูลผลผลิตของการปลูกด้วยระบบอัตโนมัติ			ข้อมูลผลผลิตของการปลูกด้วยผู้เชี่ยวชาญ		
ลำดับ	น้ำหนัก (กก)	ค่าความหวาน (brix)	ลำดับ	น้ำหนัก (กก)	ค่าความหวาน (brix)
1	0.9	13	1	1.1	15
2	1.2	14	2	1.2	15
3	0.8	13	3	1.0	13
4	1.3	15	4	1.2	14
5	1.0	14	5	1.5	14
6	0.9	14	6	1.5	15
7	0.9	14	7	1.1	14
8	1.2	15	8	0.8	13
9	0.8	14	9	0.8	14
10	0.7	13	10	1.1	14
11	1.0	14	11	1.2	15

12	0.8	14	12	1.0	14
13	1.1	15	13	0.7	13
14	1.2	15	14	1.3	15
15	1.1	14	15	1.3	15
16	0.7	13	16	0.7	13
17	1.3	15	17	0.8	13
18	1.0	14	18	1.3	15
19	0.9	14	19	1.1	13
20	0.8	14	20	0.9	13
21	0.9	14	21	1.0	15
22	1.4	15	22	1.1	14
23	1.3	15	23	1.2	14
24	1.0	14	24	0.7	13
25	1.5	15	25	1.5	15
26	1.1	15	26	1.0	13
27	0.9	14	27	0.8	14
28	1.3	15	28	1.0	15
29	1.5	15	29	1.0	13
30	1.0	14	30	0.8	13
var	0.0516	0.4609	var	0.0523	0.6957
avg	1.1	14.2	avg	1.1	13.9
std	0.2271	0.6789	std	0.2288	0.8341

2. วิเคราะห์ความแตกต่างค่าการเจริญเติบโตของต้นเมล่อนระหว่างการปลูกด้วยระบบอัตโนมัติกับการปลูกด้วยผู้เชี่ยวชาญ เลือกเมนู Data >> Data Analysis >> Z-test: Two Sample for Means >> กด OK

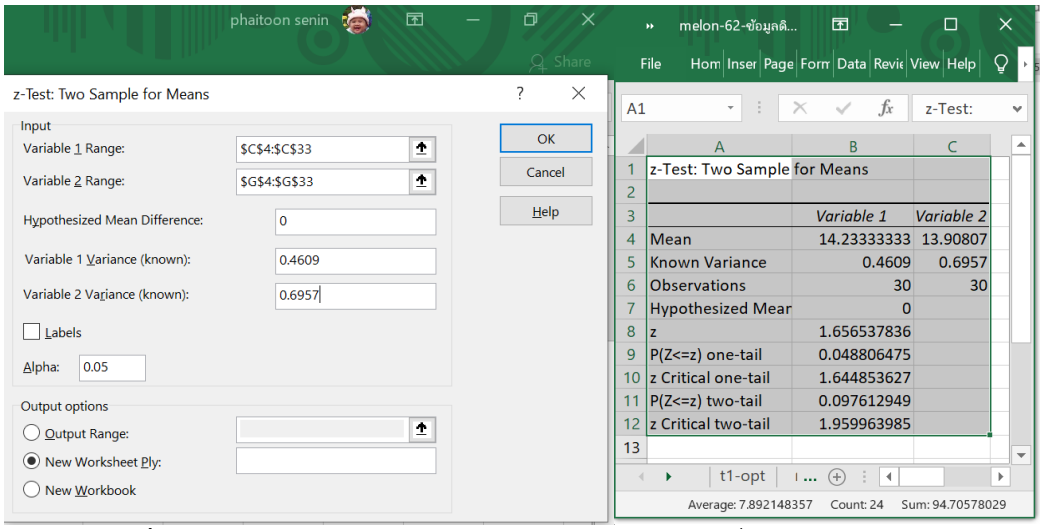


ภาพที่ 32 ฟังก์ชันทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับผลต่างระหว่างประชากรสองกลุ่ม



ภาพที่ 33 การเลือกกลุ่มประชากรและผลการทดสอบค่าเฉลี่ยน้ำหนัก

จากผลการทดสอบสมมุติฐาน ค่า P(Z<=t) two-tail มีค่าเป็น 0.891506 ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าค่า alpha (0.05) แสดงว่าไม่สามารถปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 (null hypothesis) นั่นคือ การค่าเฉลี่ยน้ำหนักของการปลูกด้วยระบบอัตโนมัติและการปลูกด้วยผู้เชี่ยวชาญ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความสำคัญ 0.05ลานหิน



ภาพที่ 34 การเลือกกลุ่มประชากรและผลการทดสอบค่าเฉลี่ยของค่าความหวาน

จากผลการทดสอบสมมุติฐาน ค่า P(Z<=t) two-tail มีค่าเป็น 0.0976 ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าค่า alpha (0.05) แสดงว่าไม่สามารถปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 (null hypothesis) นั่นคือ การค่าเฉลี่ย

น้ำหนักของการปลูกด้วยระบบอัตโนมัติและการปลูกด้วยผู้เชี่ยวชาญ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความสำคัญ 0.05

ตารางที่ 7 ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Z-test

Ta / Tm	**น้ำหนัก(กก)**	**ค่าความหวาน(brix)**
น้ำหนัก(กก)	ยอมรับ	
ค่าความหวาน(brix)		ยอมรับ

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ทางสถิติทดสอบสมมุติฐานค่าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเกี่ยวกับผลผลิตของการปลูกเมล่อนด้วยระบบอัตโนมัติกับการปลูกเมล่อนด้วยผู้เชี่ยวชาญในแต่ละปัจจัย ดังแสดงในตารางที่ 5 เมื่อ Ta คือ การปลูกด้วยระบบอัตโนมัติ และ Tm คือ การปลูกด้วยผู้เชี่ยวชาญ

เฉลี่ย

บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาการพัฒนาระบบอัตโนมัติสำหรับควบคุมการปลูกเมล่อนในโรงเรือน โดยผู้พัฒนาได้พยายามถอดองค์ความรู้จากผู้เชี่ยวชาญในการปลูกเมล่อน แล้วนำมาใส่ในตัวควบคุมฟัซซี่ เพื่อต้องการให้ระบบควบคุมฟัซซี่ทำงานแทนผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์และสามารถตัดสินใจในการทำงานได้ในรูปแบบอัตโนมัติ การพัฒนาระบบแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก คือ (1) การค้นหารูปแบบการให้น้ำและสภาพแวดล้อมในโรงเรือนที่เหมาะสม และ (2) การออกแบบตัวควบคุมฟัซซี่ (3) การพัฒนาแอพลิเคชันควบคุมระยะไกล และ (4) การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

การค้นหารูปแบบการให้น้ำที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้ได้กำหนดช่วงอายุของเมล่อนออกเป็น 2 ช่วงอายุ คือ ช่วงอายุ 15-40 วัน และช่วงอายุ 40-80 วัน ในแต่ละช่วงอายุกำหนดรูปแบบการให้น้ำ 2 กรรมวิธี ทำการทดสอบโดยวัดการเจริญเติบโตของต้นเมล่อนจากการให้น้ำในแต่ละกรรมวิธี จากผลการทดลองในต้นเมล่อนช่วงอายุ 15-40 วันพบว่า ทั้ง 2 กรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญบนการทดสอบทางสถิติ Z-test ที่ระดับนัยความสำคัญ 0.005 และเมื่อพิจารณาข้อมูลในตารางที่ 1 จะพบว่ากรรมวิธีที่ 1 ให้ผลการเจริญเติบโตที่ดีกว่ากรรมวิธี 2 สังเกตได้จากค่าเฉลี่ยของ ขนาดยอด ความกว้างใบ ความยาวใบ และคลอโรฟิลด์ในใบ ของกรรมวิธีที่ 1 มีค่าเป็น 0.2(±0.0479) 16.5(±0.8540) 13.0(±0.4950) และ 35.2(±1.5456) ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีที่ 2 มีค่าเป็น 0.2(±0.0434) 15.5(±1.0479) 12.2(±0.7821) และ 31.9(±1.7680) ตามลำดับ ในขณะที่ต้นเมล่อนช่วงอายุ 40-80 วันก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญบนการทดสอบทางสถิติ Z-test ที่ระดับนัยความสำคัญ 0.005 เช่นกัน โดยเมื่อพิจารณาข้อมูลจากตารางที่ 2 พบว่ากรรมวิธีที่ 2 ให้ผลการเจริญเติบโตดีกว่ากรรมวิธีที่ 1 สังเกตได้จากค่าเฉลี่ยของ ขนาดยอด ความกว้างใบ ความยาวใบ และคลอโรฟิลด์ในใบ ของกรรมวิธีที่ 1 มีค่าเป็น 0.2609 (±0.0269) 18.0905 (±0.6958) 14.9039 (±0.4384) และ 36.4661 (±2.7168) ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีที่ 2 มีค่าเป็น 0.3199 (±0.0404) 19.4008 (±0.7225) 15.5883 (±0.6186) และ 36.5636 (±1.4705) ตามลำดับ

ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ผลการทดสอบการเปรียบเทียบน้ำหนักและความหวานของผลผลิตเมล่อนที่ปลูกด้วยระบบอัตโนมัติกับผลผลิตที่ได้จากการปลูกด้วยผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์ พบว่า ค่าน้ำหนักและค่าความหวานของผลเมล่อนของทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญบนการทดสอบทางสถิติ Z-test ที่ระดับนัยความสำคัญ 0.005 นั่นก็หมายความว่า ระบบอัตโนมัติสามารถดูแลการปลูกเมล่อนได้เทียบเท่ากับการดูแลการปลูกด้วยผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์ หรืออาจจะกล่าวได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมานี้สามารถทำงานทดแทนแรงงานคนได้

ส่วนประกอบตอนท้าย

รายงานการเงิน (ตามแบบฟอร์ม) โดยลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

รายงานสรุปการเงิน

สัญญาเลขที่ โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัย เงินรายได้ส่วนงาน เงินกองทุนวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยบูรพา ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 เลขที่สัญญา 05/2562

ชื่อโครงการ ระบบควบคุมอัตโนมัติควบคุมระยะไกลสำหรับการปลูกเมล่อนในโรงเรือน

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน นายไพฑูรย์ ศรีนิล

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 14 มิถุนายน 2562 ถึงวันที่ 13 มิถุนายน 2563

รายรับ

จำนวนเงินที่ได้รับ

งวดที่ 1 (50%) 20,000บาท (สองหมื่นบาทถ้วน) เมื่อ วันที่ 14 มิถุนายน พ.ศ. 2562

งวดที่ 2 (40%) .....0..... บาท เมื่อวัน เดือน ปี.....

งวดที่ 3 (10%) .....0..... บาท เมื่อวัน เดือน ปี.....

รวม 20,000 (สองหมื่นบาทถ้วน)

ตารางที่ 8 รายงานสรุปการเงิน

รายการ	**งบประมาณที่ตั้งไว้**	**งบประมาณที่ใช้จริง**	**จำนวนเงินคงเหลือ/เกิน**
1. งบบุคคลากร	0	0	0.00
2. งบดำเนินงาน			
2.1 ค่าตอบแทน	0	0	0
2.2 ค่าใช้สอย	9,600	9,600	0
2.3 ค่าวัสดุ	30,400	30,400	0
2.4 ค่าสาธารณูปโภค	0	0	0
2.5 ค่าธรรมเนียมการอุดหนุนสถาบัน			
3. งบลงทุน / ครุภัณฑ์(ถ้ามี)	-	-	-
รวมงบประมาณ	40,000	40,000	0

(....นายไพฑูรย์ ศรีนิล....)

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

เอกสารอ้างอิง

ชูชาติ สันธทรัพย์. (2554).*เทคโนโลยีการผลิตพืชในโรงเรือน*. ห้องปฏิบัติการกลางคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.

นิรนาม. (มปป). เมล่อน, 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562. http://zen-hydroponics.blogspot.com/2014/06/ melon.html

นิรนาม. (2558). แนวทางใหม่ปลูกเมล่อนไฮโดรโพนิกส์ในโรงเรือน. *เคหการเกษตร*. 39 (5) : 72-77.

เบญจพล เรืองศักดิ์ และ ณัฐวุฒิ ขันมัง. (2559). ระบบควบคุมอุณหภูมิความชื้นในโรงเพาะเห็ดด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต: คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธนากร น้ำหอมจันทร์ และอติกร เสรีพัฒนานนท์. (2557). ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดินแบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำแบบอัตโนมัติ โดยใช้ระบบควบคุมเชิง

มานพ แย้มแฟง. (2547). การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเลี้ยงไหม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร มหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สังคม เตชะวงค์เสถียร. (มปป). สรีรวิทยาของพืช. ภาควิชาพืชสวนคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น: ขอนแก่น.

วรรณา เสนาดี. (2548). เทคโนโลยีระบบโรงเรือนปลูกพืชสำหรับเขตร้อนชื้น. *เคหการเกษตร*. 29(2) 73-81.

วิวัฒน์ ชวนะนิกุล , อรรณพ สุริยสมบูรณ์ , มนกานต์ อินทรกำแหง , วุฒิชัย กลมเกลียว. (2551). รูปแบบการจัดการฟาร์มอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยี RFID. ปทุมธานี: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

A. Kumar and G.P. Hancke. (2015). A Zigbee-Based Animal Health Monitoring System. Sensors Journal IEEE, Vol15 (1), pp. 610-617.

G. Gerla. (2005). Fuzzy Logic Programming and fuzzy control, *Studia Logica*, 79, 231-254

L. Zadeh. (1996). *Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Fuzzy Systems*. World Scientific Publishing: River Edge, NJ, USA.

L. Zadeh. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning–I, *Inform. Sci.*, 8, 199–249.

M. P. Kevin, and Y. Stephen. (1998).*Fuzzy Control*, Addison Wesley Longman, Menlo Park, CA.

M. S. Bin Bahrudin and R. Abu Kassim. (2013). Development of Fire Alarm System using Raspberry Pi and Arduino Uno, In Proceedings of 2013 International Conference on Electronics and System Engineering (ICEESE), pp. 43-48, Kuala Lumpur, Malaysia, 4-5 December 2013.

P. Szakacs-Simon, S.A. Moraru and L. Perniu. (2013). Android Application Developed to Extend Health Monitoring Device Range and Real-time Patient Tracking, In Proceedings of 2013 9th International Conference on Computational cybernetics.

T. Takagi, and M. Sugeno. (1985). Fuzzy identification of systems and its applications tomodeling and control. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, 15(1), 116-132.