การปรับใช้เทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี

วรนันท์ ตุงคโสภา

GRAD VRU

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยี
บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี
พ.ศ. 2563

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

60B55100104_2249950134

ADAPTATION OF REMOTE CONTROL TECHNOLOGY FOR MULBERRY GARDEN

WORANANT TUNGKASOPA

GRAD VRU

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCES

IN TECHNOLOGY MANAGEMENT

GRADUATE SCHOOL

VALAYA ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY

UNDER THE ROYAL PATRONAGE PATHUM THANI

2020

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	การปรับใช้เทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี
ชื่อนักศึกษา	วรนันท์ ตุงคโสภา
รหัสประจำตัว	60B55100104
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	การจัดการเทคโนโลยี

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.เบญจลักษณ์ เมืองมีศรี)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เดชฤทธิ์ มณีธรรม)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.กรินทร์ กาญฑนานนท์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุมพล ปุทุมมาเกษร)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เดชฤทธิ์ มณีธรรม)

..... กรรมการและเลขานุการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เบญจลักษณ์ เมืองมีศรี)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิ
(ศาสตราจารย์ ดร.สิน พันธุ์พินิจ)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.กันต์ฤทัย คลังพหล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 21 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2563

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	การปรับใช้เทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี
ชื่อนักศึกษา	วรนันท์ ตุงคโสภา
รหัสประจำตัว	60B55100104
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	การจัดการเทคโนโลยี
ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร.เบญจลักษณ์ เมืองมีศรี
กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร.เดชฤทธิ์ มณีธรรม

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี และ 2) เพื่อทดสอบระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี ทำการทดลองในสวนมัลเบอร์รี ตำบลคลองไก่เถื่อน อำเภอคลองหาด จังหวัดสระแก้ว ใช้วัสดุอุปกรณ์ในการออกแบบระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกล ได้แก่ ชุดคำสั่งในซอฟต์แวร์ของจอทัชสกรีน อุปกรณ์ประมวลผล เซ็นเซอร์วัดค่าต่าง ๆ จอมอนิเตอร์ที่สามารถรับส่งคำสั่งการทำงานผ่านอินเทอร์เน็ตและมีแอพพลิเคชัน ใช้แบบบันทึกการทดลองและแบบบันทึกการสังเกตในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งสิ้นจำนวน 60 วัน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ ได้แก่ ความถี่ และร้อยละ

ผลการวิจัยพบว่า

1. การออกแบบระบบควบคุมให้สามารถทำงานระยะไกลได้โดยการเขียนโปรแกรมคำสั่งให้พีแอลซีด้วยภาษาแลดเดอร์ เขียนโปรแกรมชุดคำสั่งให้จอทัชสกรีนแสดงผลให้สอดคล้องกับโปรแกรมที่ได้เขียนให้กับพีแอลซี สั่งการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ เขียนคำสั่งสวิตช์ให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถสั่งงานเปิดและปิดได้ การบันทึกข้อมูลค่าต่าง ๆ ตามช่วงเวลาที่ต้องการให้บันทึกตามเวลาวันละ 2 ครั้งได้ตามแผนการทดลอง

2. การทดสอบระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลสวนมัลเบอร์รีในรูปแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุมระยะไกล สามารถสั่งการได้ผลร้อยละ 100 คือ การให้น้ำตามเงื่อนไขทุกวันที่มีการเก็บข้อมูล กล่าวคือ การสั่งให้ระบบให้น้ำและระบบให้ปุ๋ยทำงานหากความชื้นในดินต่ำกว่าร้อยละ 80 แต่ทั้งนี้หากมีอุณหภูมิในอากาศสูงเกิน 40 องศาเซลเซียส ระบบให้น้ำและระบบให้ปุ๋ยจะต้องไม่ทำงานตามเงื่อนไขด้วย เพื่อไม่ให้ต้นมัลเบอร์รีเกิดภาวะถูกน้ำร้อนเกินไป ระบบทำงานได้อย่างแม่นยำตามชุดคำสั่งเวลาการเริ่มทำงานและหยุดทำงานที่ได้กำหนดทั้งสิ้นจำนวน 60 วัน คิดเป็นร้อยละ 100 เป็นไปตามแผนการทดลองที่กำหนดตลอดระยะเวลาการทดสอบและเก็บข้อมูล และจากการสังเกตผ่านกล้องวงจรปิดไม่พบว่ามีฝนตกในตลอดระยะเวลาที่ทำการทดสอบ

คำสำคัญ : สวนมัลเบอร์รี, การควบคุมระยะไกล, พีแอลซี

Thesis Title	Adaptation of Remote Control Technology for Mulberry Garden
Student	Woranant Tungkasopa
Student ID	60B55100104
Degree	Master of Sciences
Field of study	Technology Management
Thesis Advisor	Associate Professor Dr.Benchalak Muangmeesri
Thesis Co-Advisor	Associate Professor Dr.Dechrit Maneetham

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ABSTRACT

The research objective; are 1) to design a remote control technology system to control a Mulberry garden, and 2) to test the remote control technology system in a Mulberry garden. The experiment was conducted in a Mulberry garden located at Tubtim Siam 05 village, Klongkaituean sub-district, Klonghad district, Sakeaw province. The tool used to design the remote control technology system included a touchscreen software, processing equipment, various sensors, and a monitor that can send and receive commands though the Internet. There was also an application used to record experiments, observations, and data for 60 days. The data were analyzed in terms of frequency and percentage.

The results were as follows :

1) The control system was designed successfully by the programmable logic controller (PLC) using the Ladder Diagram language. The touchscreen could display what had been pre-programmed by the PLC using semi-automatic operators. Commands were also written to switch on and off devices. Different types of data were also recorded successfully two times a day as programmed.

2) The remote control technology system in a mulberry garden could be controlled with 100% rate. That is, it could water the garden as planned every day. Furthermore, the watering and fertilizing system was activated when the humidity in soil was below 80%. However, when the temperature was abeve 40 °C, it was programmed that the watering system should not work as the trees might be overheated. The system worked precisely as instructed in the whole period of 60 days. Moreover, it was observed from a CCTV camera that there was no rain during the whole period of the experiment.

keywords : Mulberry Garden, Remote Control, PLC

GRAD VRU

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์หัวข้อการปรับใช้เทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น ผู้วิจัยได้รับความกรุณาและการสนับสนุนจากบุคคลหลาย ๆ ท่าน ในโอกาสนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.เบญจลักษณ์ เมืองมีศรี ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.เดชฤทธิ์ มณีธรรม กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และคณาจารย์ทุกท่านในสาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีที่ให้ความกรุณาสละเวลาเพื่อคอยให้คำปรึกษาแนะนำการปรับปรุงแก้ไขงานมาโดยตลอด ตลอดจนขอกราบขอบพระคุณ คุณสุเทพ แจ่มหอม กำนันตำบลคลองไก่เถื่อน อำเภอคลองหาด จังหวัดสระแก้ว ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอำนวยความสะดวกในการวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัว เพื่อน ๆ พี่น้องในสาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยี และพนักงานบริษัท เงินเทอร์โบ จำกัด ทุกท่าน ที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนมาโดยตลอดจนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจสืบต่อไป

วรนันท์ ตุงคโสภา

GRAD VRU

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.3 ประโยชน์ของการวิจัย 3

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.5 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย 3

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 มัลเบอร์รี 5

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช 8

2.3 การทำการเกษตรในจังหวัดสระแก้ว 18

2.4 การปรับใช้เทคโนโลยีสำหรับเกษตรกร 19

2.5 อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง 22

2.6 วัสดุอุปกรณ์สำหรับการสั่งและการควบคุม 24

2.7 การวัดความชื้นในดิน 29

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

GRAD VRU

2.8 การวัดอุณหภูมิ 33
2.9 การวิเคราะห์ต้นทุน 34
2.10 แบบจำลองกรอบแนวคิด.....37
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....38
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....38
3.2 การออกแบบระบบควบคุมระยะไกล 44
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย.....61
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....61
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ 64
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....65
4.1 ผลการวิเคราะห์การออกแบบระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี.....65
4.2 ผลการวิเคราะห์การทดสอบระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี 67
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 112
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 112
5.2 อภิปรายผล..... 115
5.3 ข้อเสนอแนะ..... 116
ภาคผนวก 118
ภาคผนวก ก ภาพการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมระยะไกล สวนกำนันเทพ ต.คลองไก่เถื่อน อ. คลองหาด จ.สระแก้ว..... 119
ภาคผนวก ข ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ระดับนานาชาติ International Journal of Latest Engineering Research and Application (IJLERA) (ISSN: 2455-7137)..... 122
บรรณานุกรม 128
ประวัติผู้วิจัย 130

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

GRAD VRU

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ความหมายของค่าที่อ่านได้จากเกจสุญญากาศของเครื่องวัดแรงดึงความชื้น.....31

ตารางที่ 2 บันทึกการทำงานของเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 สำหรับการให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติ.....92

ตารางที่ 3 ตารางบันทึกการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 สำหรับการให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติ 94

ตารางที่ 4 ตารางบันทึกการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 สำหรับการให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติ 95

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบการให้น้ำจากการสังเกตด้วยกล้องวงจรปิด เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2562...98

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบการให้น้ำรอบที่ 1 จากการสังเกตด้วยกล้องวงจรปิด เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562 100

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบการให้น้ำรอบที่ 2 จากการสังเกตด้วยกล้องวงจรปิด เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562 101

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบการให้ปุ๋ย จากการสังเกตด้วยกล้องวงจรปิด 102

ตารางที่ 9 ผลผลิตผลสดจากสวนกำนันเทพ ในรูปแบบดั้งเดิม 107

ตารางที่ 10 ผลผลิตผลสดจากสวนกำนันเทพ โดยการใช้เทคโนโลยีควบคุมระยะไกล..... 107

ตารางที่ 11 ต้นทุนค่าใช้จ่ายคงที่ต่อวันของการให้น้ำในรูปแบบเดิม..... 110

ตารางที่ 12 ต้นทุนค่าใช้จ่ายคงที่ต่อวันของการให้น้ำด้วยระบบควบคุมระยะไกล..... 110

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบผลกำไรจากยอดขายต่อวัน 110

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ต้นมัลเบอร์รี 5

ภาพที่ 2 ผลมัลเบอร์รี 6

ภาพที่ 3 สภาพแวดล้อมสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช 9

ภาพที่ 4 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อกิจกรรมของเอ็นไซม์ 12

ภาพที่ 5 ขั้นตอนการปรับแต่งและการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร 21

ภาพที่ 6 การจำแนกความรับผิดชอบของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรและนักวิจัยในการปรับแต่งเทคโนโลยี 22

ภาพที่ 7 พีแอลซี 25

ภาพที่ 8 โครงสร้างของพีแอลซี 26

ภาพที่ 9 จอทัชสกรีน 28

ภาพที่ 10 อุปกรณ์ปล่อยสัญญาณอินเตอร์เน็ตแบบใส่ซิม 29

ภาพที่ 11 ตัวอย่างการแสดงจุดคุ้มทุน 35

ภาพที่ 12 พีแอลซีที่ใช้ในการทดลอง 38

ภาพที่ 13 จอทัชสกรีนที่ใช้ในการทดลอง 39

ภาพที่ 14 อุปกรณ์แปลงสัญญาณอนาล็อคเป็นสัญญาณดิจิตอล 40

ภาพที่ 15 อุปกรณ์ปล่อยสัญญาณอินเตอร์เน็ตแบบใส่ซิม 40

ภาพที่ 16 เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน 41

ภาพที่ 17 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิในอากาศ 41

ภาพที่ 18 โซลินอยด์วาล์ว 42

ภาพที่ 19 สวิตช์ลูกลอย (Floating switch) 42

ภาพที่ 20 เครื่องสูบน้ำ 43

ภาพที่ 21 กล้องวงจรปิด 43

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

GRAD VRU

ภาพที่ 22 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบควบคุมระยะไกล 44
ภาพที่ 23 หน้าต่างโปรแกรมกำหนดเงื่อนไขให้พีแอลซี 45
ภาพที่ 24 หน้าต่างให้ดาวน์โหลดโปรแกรมลงพีแอลซี.....45
ภาพที่ 25 กำหนดหน้าจอแสดงผลสถานะการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ.....46
ภาพที่ 26 กำหนดสวิตช์คำสั่งเปิดปิดอุปกรณ์ต่าง ๆ 46
ภาพที่ 27 การเขียนหน้าจอคำสั่งสำหรับตั้งค่าการให้น้ำอัตโนมัติ.....47
ภาพที่ 28 การเขียนหน้าจอคำสั่งสำหรับตั้งค่าการให้ปุ๋ยทางอัตโนมัติ.....47
ภาพที่ 29 การเขียนโปรแกรมให้จอทัชสกรีนบันทึกข้อมูล 48
ภาพที่ 30 การเชื่อมต่อสัญญาณไวไฟให้กับจอทัชสกรีน.....48
ภาพที่ 31 หน้าต่างเว็ปไซค์สำหรับลงทะเบียนบัญชีผู้ใช้.....49
ภาพที่ 32 หน้าต่างแสดงผลเพื่อการควบคุมผ่านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และคอมพิวเตอร์พกพา 49
ภาพที่ 33 หน้าจอแสดงผลเพื่อการควบคุมผ่านทางโทรศัพท์มือถือ 50
ภาพที่ 34 หน้าจอควบคุมการทำงานการให้น้ำแบบอัตโนมัติ.....51
ภาพที่ 35 แผนผังแสดงเงื่อนไขการทำงานการให้น้ำและปุ๋ยแบบอัตโนมัติ 52
ภาพที่ 36 หน้าจอควบคุมการทำงานการให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติ 53
ภาพที่ 37 หน้าจอควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ.....54
ภาพที่ 38 แบบจำลองอุปกรณ์ชุดให้น้ำและให้ปุ๋ยทางน้ำ 55
ภาพที่ 39 กล้องบันทึกการสังเกตในพื้นที่ที่ 1 63
ภาพที่ 40 กล้องบันทึกการสังเกตในพื้นที่ที่ 2 63
ภาพที่ 41 ชุดอุปกรณ์ระบบควบคุมระยะไกล 66
ภาพที่ 42 ชุดอุปกรณ์ระบบให้น้ำและให้ปุ๋ยทางน้ำ.....66
ภาพที่ 43 ผลการบันทึกการทำงานของเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2562.....68
ภาพที่ 44 แผนภูมิเส้นบันทึกการทำงานของเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2562.....70
ภาพที่ 45 ผลการบันทึกการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 70

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ภาพที่ 46 แผนภูมิเส้นบันทึกการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2562 72

ภาพที่ 47 ผลการบันทึกการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2562.....73

ภาพที่ 48 แผนภูมิเส้นบันทึกการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2562.....75

ภาพที่ 49 ผลการบันทึกค่าอุณหภูมิในอากาศและค่าความชื้นในดินช่วงเวลาเริ่มและหยุดการให้น้ำ และให้ปุ๋ย เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 75

ภาพที่ 50 แผนภูมิเส้นบันทึกค่าอุณหภูมิในอากาศในเวลาเริ่มและหยุดการให้น้ำและให้ปุ๋ย เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2562.....77

ภาพที่ 51 แผนภูมิเส้นบันทึกค่าความชื้นในดินในเวลาเริ่มและหยุดการให้น้ำและให้ปุ๋ย เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 78

ภาพที่ 52 ผลการบันทึกการทำงานของเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562.....79

ภาพที่ 53 แผนภูมิเส้นบันทึกการทำงานของเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562.....82

ภาพที่ 54 ผลการบันทึกการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562.....83

ภาพที่ 55 แผนภูมิเส้นบันทึกการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562.....85

ภาพที่ 56 ผลการบันทึกการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562 86

ภาพที่ 57 แผนภูมิเส้นบันทึกการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562.....88

ภาพที่ 58 ผลการบันทึกค่าอุณหภูมิในอากาศและค่าความชื้นในดินช่วงเวลาเริ่มและหยุดการให้น้ำและ ให้ปุ๋ย เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562 89

ภาพที่ 59 แผนภูมิเส้นบันทึกค่าอุณหภูมิในอากาศในเวลาเริ่มและหยุดการให้น้ำและให้ปุ๋ย เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562 91

ภาพที่ 60 แผนภูมิเส้นบันทึกค่าความชื้นในดินในเวลาเริ่มและหยุดการให้น้ำและให้ปุ๋ย เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562.....91

ภาพที่ 61 แผนภูมิเส้นบันทึกการทำงานของเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 สำหรับการให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติ 93

ภาพที่ 62 แผนภูมิเส้นบันทึกการทำงานของโซลินอยด์ตัวที่ 3 สำหรับการให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติ 94

ภาพที่ 63 แผนภูมิเส้นบันทึกการทำงานของโซลินอยด์ตัวที่ 4 สำหรับการให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติ 95

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

GRAD VRU

ภาพที่ 64 กล้องวงจรปิดแสดงการให้น้ำในพื้นที่ที่ 1 96
ภาพที่ 65 กล้องวงจรปิดแสดงการให้น้ำในพื้นที่ที่ 2 97
ภาพที่ 66 กล้องวงจรปิดแสดงหน้าจอสถานะการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ 97
ภาพที่ 67 พื้นที่ที่ 1 ก่อนการทดลองระบบควบคุมระยะไกล 104
ภาพที่ 68 พื้นที่ที่ 1 หลังการทดลองระบบควบคุมระยะไกล 105
ภาพที่ 69 พื้นที่ที่ 2 ก่อนการทดลองระบบควบคุมระยะไกล 105
ภาพที่ 70 พื้นที่ที่ 2 หลังการทดลองระบบควบคุมระยะไกล 105
ภาพที่ 71 ต้นมัลเบอร์รีด้านหน้าสวนกำนันเทพ 106
ภาพที่ 72 ต้นมัลเบอร์รีด้านท้ายสวนกำนันเทพ 106
ภาพที่ 73 แผนภูมิเส้นแสดงระยะเวลาคืนทุน 111

GRAD VRU

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในอดีตที่ผ่านมาจนกระทั่งปัจจุบันนี้ประเทศไทยได้ใช้ภูมิปัญญามาเป็นรากฐานของการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนโดยอาศัยการพึ่งพาภาคเกษตรกรรม มาแปรรูปให้เป็นอุตสาหกรรม และกำลังจะก้าวสู่ภาคเศรษฐกิจใหม่ การดำเนินชีวิตของคนในสังคมไทยเริ่มเปลี่ยนแปลงไป มนุษย์เราพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ ทั้งเครื่องปรับอากาศ ทีวี ตู้เย็น กล้องวงจรปิดเพื่อความสะดวกสบายและปลอดภัย มีการคิดค้นโทรศัพท์มือถือเพื่อให้สามารถคุยกันได้ไม่ว่าจะอยู่ไกลกันแค่ไหน มีการพัฒนาทางด้านการแพทย์เพื่อให้อายุยืนขึ้น เทคโนโลยีที่ช่วยส่งเสริมสุขภาพและอำนวยความสะดวกต่อการใช้ชีวิตต่าง ๆเหล่านี้ ยังถูกพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องจนมาถึงในยุคปัจจุบัน มีการพัฒนาเทคโนโลยีที่เรียกว่าอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง หรือ ภาษาอังกฤษ เรียกว่า Internet of Things (IoT) ให้เข้ามามีบทบาทต่อการใช้ชีวิตประจำวันของผู้คนมากขึ้น ซึ่งเทคโนโลยีนี้กำลังได้รับความสนใจและเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากไอ โอ ที (IoT) เป็นการเชื่อมโยงอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าสู่อินเทอร์เน็ตทำให้สามารถควบคุมหรือสั่งการการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ นั้นได้อย่างสะดวกและง่าย เช่น ในระบบบ้านอัจฉริยะ (smart home) ที่มีการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ในครัวเรือน การเปิด-ปิดหลอดไฟ การเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ การเปิด-ปิดประตูรั้วบ้าน รวมไปถึงการตั้งเวลาเปิดและปิดไฟส่องสว่างตามจุดต่าง ๆ ภายในบ้านแบบอัตโนมัติก็ยังสามารถทำได้อีกด้วย ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะถูกควบคุมผ่านอินเทอร์เน็ตที่มีการควบคุมจากผู้ใช้งานโดยผ่านทางคอมพิวเตอร์พกพา (tablet) หรือ สมาร์ทโฟน (smart phone) เป็นต้น จะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีเกี่ยวกับการใช้อินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เริ่มเข้ามามีบทบาทต่อชีวิตประจำวันในหลาย ๆ ด้าน

ในภาคการเกษตรก็มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ด้วยเช่นกัน นั้นก็คือ เกษตรอัจฉริยะ (Smart farm) เป็นการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาช่วยในการทำการเกษตรไม่ว่าจะเป็น การสั่งการเปิดปิดการให้น้ำ ให้ปุ๋ยกับต้นไม้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจากระยะไกล หรือให้น้ำและให้ปุ๋ยให้กับต้นไม้แบบอัตโนมัติตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้กำหนด การวัดและจัดเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้น การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน การวัดค่าแสงสว่าง เป็นต้น เห็นได้ชัดเจนว่าการทำการเกษตรในยุคปัจจุบันมีความเปลี่ยนแปลงไปจากอดีตอย่างมาก การทำเกษตรในรูปแบบของ เกษตรอัจฉริยะทำให้เกษตรกรเกิดความสะดวกสบายมากขึ้นในการทำการเกษตร ลดความเมื่อยล้าจากการทำงานเกษตรหนัก ๆ ในแบบดั่งเดิม ช่วยลดภาระต้นทุนและลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นลงได้เป็นจำนวนมาก ประหยัดเวลา ผลผลิตต่อหน่อยมีความคุ้มค่ามากขึ้น ด้วยเหตุผลต่าง ๆ เหล่านี้จึงทำให้มีเกษตรกรหน้าใหม่ที่สนใจในการทำอาชีพเกษตรกรเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก โดยระหว่างปี 2557-2560 มีจำนวนเกษตรกรอัจฉริยะเกษตรกรรุ่นใหม่ทั้งสินจำนวน 981,649 ราย (กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2556)

นอกจากนี้ตามยุทธศาสตร์ใหม่ของมหาวิทยาลัยราชภัฏระยะ 20 ปี (พ.ศ.2560 – 2579) ประกอบด้วย 4 ประเด็นยุทธศาสตร์ ได้แก่ การพัฒนาท้องถิ่น การผลิตและพัฒนาครู การยกระดับคุณภาพการศึกษา และการพัฒนาระบบบริหารจัดการ ซึ่งประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 1 การพัฒนาท้องถิ่น

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ประกอบด้วย 3 ด้านด้วยกัน ได้แก่ ด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม และด้านสิ่งแวดล้อม ประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 2 การผลิตและพัฒนาครู ประกอบด้วย 3 ด้านด้วยกัน การผลิตครูระบบปิด เปิด การพัฒนาศักยภาพครู และสร้างนวัตกรรม เพื่อพัฒนาคุณภาพ การจัดการเรียนรู้ ยุทธศาสตร์ที่ 3 การยกระดับคุณภาพการศึกษา ประกอบด้วย 3 ด้านด้วยกัน การยกระดับความ เป็นเลิศของมหาวิทยาลัยราชภัฏ การพัฒนาศักยภาพอาจารย์ ด้านการจัดการเรียนรู้ และ ความเชี่ยวชาญในสาขา และ คุณภาพบัณฑิต ยุทธศาสตร์ที่ 4 ประกอบด้วย 5 ด้านด้วยกัน ได้แก่ การแบ่งพื้นที่ความ รับผิดชอบในการพัฒนา ท้องถิ่น ระบบฐานข้อมูล การใช้ทรัพยากรร่วมกัน พัฒนาเครือข่าย จัดระบบงานสู่ความเป็นเลิศ และเสริมสร้างธรรมภิบาล จากยุทธศาสตร์ใหม่ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนี้ได้เกิดการนำองค์ความรู้ด้านการจัดการเทคโนโลยีมาจัดการโดยเฉพาะเทคโนโลยีทางการเกษตร เพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ทันสมัยสอดคล้องกับยุคไทยแลนด์ 4.0 การพัฒนาท้องถิ่นเป็นภารกิจหนึ่งของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ 3 ด้านด้วยกัน ได้แก่ ด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม และด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งจังหวัดที่มหาวิทยาลัยรับผิดชอบตามยุทธศาสตร์นั้นประกอบด้วย 2 ด้วยกัน คือ จังหวัดปทุมธานี และจังหวัดสระแก้ว

จังหวัดสระแก้วมีพื้นที่ทำการเกษตรและอุตสาหกรรมหลายพื้นที่ ตำบลคลองไก่เถื่อน อำเภอคลองหาด จังหวัดสระแก้ว ถือเป็นพื้นที่ยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ มีพื้นที่ทางการเกษตรที่เป็นพื้นที่สวนผลไม้ และสวนพืชผักมาก พื้นที่สวนผลไม้ได้แก่ ลำไย กล้วยไข่ และต้นหม่อน การทำการเกษตรของชุมชนในหมู่บ้านทับทิมสยาม ตำบลคลองไก่เถื่อน อำเภอคลองหาด มีความแตกต่างจากพื้นที่ทำการเกษตรของชุมชนอื่นหรือหมู่บ้านอื่น ๆ ตรงที่พื้นที่ทำการเกษตรแบ่งแยกออกจากพื้นที่อยู่อาศัย และมีการแบ่งพื้นที่อย่างชัดเจนโดย 1 บ้านจะได้สิทธิ์ 1 พื้นที่การเกษตรซึ่งเป็นพื้นที่ที่แยกออกไปห่างสายตาของเจ้าของ ดังนั้นการนำแนวคิดการนำเทคโนโลยีที่มีอยู่มาทำการปรับใช้จึงเป็นแนวคิดสำหรับการวิจัยและพัฒนาพื้นที่ทางการเกษตร ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาการทำสวนมัลเบอร์รีซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของชุมชนนี้และเป็นตัวเลือกหนึ่งที่น่าสนใจมากในกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่เป็นอย่างมาก

เนื่องจาก มัลเบอร์รี หรือ หม่อน เป็นผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ชนิดหนึ่ง จากเดิมผลของมัลเบอร์รีขายอยู่ที่ราคา กิโลกรัมละ 80 บาท แต่ในปัจจุบันราคาพุ่งสูงขึ้นถึงกิโลกรัมละ 200 ถึง 300 บาท ตามแต่ละพื้นที่ ซึ่งถ้าหากปลูกมัลเบอร์รีเพื่อขายผลสดจะมีรายได้สูงกว่า 100,000 บาทต่อไร่ใน 1 ปี อีกทั้งการแปรรูปจากผลมัลเบอร์รีสดให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น น้ำมัลเบอร์รี 100 เปอร์เซ็นต์ เครื่องดื่มมัลเบอร์รีผสมกับโยเกิร์ต แยม และผลิตภัณฑ์แปรรูปอื่น ๆ ยังสามารถสร้างผลกำไรได้สูงอีกด้วย ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มัลเบอร์รีกลายเป็นพืชอีกหนึ่งชนิดที่ได้รับความสนใจมากขึ้นจากเกษตรกร (กรมหม่อนไหม, 2559)

ด้วยเหตุต่าง ๆ เหล่านี้จึงมีการนำแนวคิดในพัฒนา โดยการนำองค์ความรู้ด้านการจัดการเทคโนโลยีในรูปแบบของการปรับใช้เทคโนโลยี ซึ่งเป็นการนำเอาเทคโนโลยีที่มีอยู่แล้วในท้องถิ่นหนึ่งนำมาศึกษาและปรับใช้ในอีกท้องถิ่นหนึ่งอย่างได้ผล การดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการจัดการเทคโนโลยีเพื่อปรับใช้ในทางการเกษตร โดยนำระบบการควบคุมทางไกลอัตโนมัติที่มีใช้กับการควบคุมในระบบอุตสาหกรรมการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ แต่การศึกษาครั้งนี้ใช้เป็นแนวทาง

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ในการแก้ไขปัญหาให้กับเกษตรที่ต้องการให้น้ำและให้ปุ๋ยสวนมัลเบอร์รีของตนเองโดยอาศัยเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ในการบูรณาการกับชุมชนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อออกแบบระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี

1.2.2 เพื่อทดสอบระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี

1.3 ประโยชน์ของการวิจัย

1.3.1 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบเกษตรกรรมในยุคใหม่

1.3.2 เพื่อนำผลการทดลองการใช้ระบบควบคุมทางไกลไปเผยแพร่สู่ชุมชนและผู้ต้องใช้ประโยชน์

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่างไว้ดังนี้

1.4.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมุ่งศึกษาตามขอบเขตดังต่อไปนี้

1) การออกแบบและสร้างระบบควบคุมทางไกลสำหรับให้น้ำและให้ปุ๋ยทางน้ำกับต้นมัลเบอร์รี ผู้วิจัยทำการศึกษาเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

(1) ฮาร์ดแวร์ หรือ อุปกรณ์โครงการ ประกอบด้วย ถังพักน้ำ ท่อน้ำ เครื่องสูบน้ำ โซลินอยด์วาล์ว เซ็นเซอร์วัดค่าต่าง ๆ เป็นต้น

(2) ซอฟต์แวร์ หรือ อุปกรณ์ในการเขียนโปรแกรมการสั่งการ ได้แก่ สมาร์ทโฟน อุปกรณ์ปล่อยสัญญาณอินเตอร์ชนิดใส่ซิม พีแอลซี (คอมพิวเตอร์) จอสัมผัส เป็นต้น

2) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องมือในการเก็บผลการทดลอง 2 รูปแบบ ประกอบด้วย 1) การเก็บข้อมูลด้วยแบบบันทึก 2) การบันทึกการสังเกต

1.4.2 ขอบเขตด้านระยะเวลา ผู้วิจัยใช้เวลาศึกษาและพัฒนา ระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 - มิถุนายน พ.ศ. 2563

1.4.3 ขอบเขตด้านสถานที่ทดลอง ผู้วิจัยเลือกใช้สวนกำนันเทพ ตั้งอยู่ที่ ต.คลองไก่เถื่อน อ.คลองหาด จ.สระแก้ว ซึ่งเป็นสวนมัลเบอร์รีของกำนันสุเทพ แจ่มหอม

1.5 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น หมายถึง การปรับใช้เทคโนโลยีควบคุมระยะไกล

ตัวแปรตาม หมายถึง ประสิทธิภาพของระบบการควบคุมระยะไกล ประกอบด้วย ความแม่นยำ และความคุ้มค่าในการลงทุน

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 เกษตรกร หมายถึง ผู้ประกอบอาชีพด้านการเพาะปลูกมัลเบอร์ในสวนกำนันเทพ ตั้งอยู่ที่ ต.คลองไก่เถื่อน อ.คลองหาด จ.สระแก้ว

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

1.6.2 การควบคุมระยะไกล หมายถึง การสั่งการจากซอฟต์แวร์ไปยังระบบฮาร์ดแวร์ซึ่งในงานวิจัยหมายถึงการสั่งการให้ระบบสูบน้ำทำงานและสั่งงานตามเงื่อนไขของโปรแกรม

1.6.3 ความแม่นยำ หมายถึง ประสิทธิภาพการทำงานตามคำสั่งของช่วงค่าต่าง ๆ ประกอบด้วย 1) ทำงานในช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งกำหนดไว้ 2 ช่วงเวลา คือ 07.30 น. ถึง 07.44 น. และ 17.30 น. ถึง 17.44 น. 2) ทำงานในอุณหภูมิอากาศที่ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส และ 3) ทำงานในความชื้นในดินที่ไม่เกินร้อยละ 80

1.6.4 การปรับใช้เทคโนโลยี หมายถึง การนำระบบการสั่งการทางไกลในระบบอุตสาหกรรมไปใช้กับงานพืชสวน

GRAD VRU

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลขจากแหล่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องจากเอกสาร ตำราและงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะเป็นประโยชน์และทำให้การวิจัยในครั้งนี้สามารถบรรลุได้ตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ดังต่อไปนี้

2249950134
VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

2.1 มัลเบอร์รี

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของมัลเบอร์รี

มัลเบอร์รี (Mulberry) หรือ หม่อน หรือมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า โมรัส อัลบา ลินน์ (Morus alba linn) เป็นผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ชนิดหนึ่ง มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน มีอายุนานได้มากกว่า 100 ปี หากไม่มีปัจจัยด้านโรคมารบกวน สำหรับประเทศไทยพบมีการปลูกมากในพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีการปลูกหม่อนเลี้ยงไหมเพื่อการผลิตเส้นใยไหม และผ้าไหม มีชื่อเรียกแตกต่างกันตามแต่ละท้องถิ่น เช่น ภาคอีสานเรียก มอน ภาษาจีนเรียก ซังเยี่ย เป็นต้น ลักษณะเด่นของมัลเบอร์รีเป็นไม้ทรงพุ่มขนาดกลางหรือเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก สูงได้ประมาณ 2.5 เมตร ลำต้นและใบสามารถตัดตกแต่งให้เป็นรูปทรงพุ่มเล็ก ๆ หรือเป็นซุ้มอุโมงได้ เปลือกของลำต้นมีสีน้ำตาล ลักษณะของใบเป็นใบเลี้ยงเดี่ยวหนาออกสลับ สีเขียวเข้ม รูปร่างเป็นลักษณะคล้ายรูปหัวใจขอบจัก ฟันเลื่อย ใบเป็นใบเดี่ยวรูปไข่กว้าง 8-15 ซม. ยาว 10-15 ซม. ด้านขอบใบมีรอยหยักใบมีลักษณะสาก ส่วนดอกมีสีขาวหม่นหรือแกมเขียว ออกดอกเป็นช่อ ผลของมัลเบอร์รีจะเป็นผลที่มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก และติดผลดก ผลเป็นผลรวมอยู่ในกระจุกเดียวกัน โดยจะออกตามซอกใบ แต่ละผลจะยาวประมาณ 1-2.5 เซนติเมตร ผลจะมีสีเขียวและเมื่อแก่จะมีสีแดง และสุดท้ายเมื่อผลสุกจะมีลักษณะเป็นสีม่วงแดงถึงสีดำ รสชาติโดยทั่วไปจะมีรสหวานอมเปรี้ยวและจะหวานมากเมื่อผลสุกเต็มที่ (กรมหม่อนไหม, 2559)

GRAD VRU

ภาพที่ 1 ต้นมัลเบอร์รี

ภาพที่ 2 ผลมัลเบอร์รี
ที่มา : https://today.line.me/th

2.1.2 คุณค่าโภชนาการทางอาหาร

ในปัจจุบันการดูแลรักษาสุขภาพกำลังเป็นที่นิยมมากและขยายเป็นวงกว้างในขณะนี้ การรับประทานอาหารที่มีคุณประโยชน์ต่อร่างกายก็ได้รับความนิยมมากพอ ๆ กับการออกกำลังกาย มัลเบอร์รีถือเป็นผลไม้ที่มีแคลอรีต่ำ และมีคุณค่าทางอาหารหลากหลายประการ ซึ่งในปริมาณมัลเบอร์รี 100 กรัม จะประกอบไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ (ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ กาญจนบุรี, 2562) ดังนี้

พลังงาน 43 กิโลแคลอรี่ คาร์โบไฮเดรต 9.8 กรัม น้ำตาล 8.1 กรัม ใยอาหาร 1.7 กรัม ไขมัน 0.39 กรัม โปรตีน 1.44 กรัม เถ้า 0.69 กรัม วิตามินเอ 25 หน่วยสากล เบต้าแคโรทีน 9 ไมโครกรัม ลูทีน และ ซีแซนทีน 136 ไมโครกรัม วิตามินบี1 0.029 มิลลิกรัม วิตามินบี2 0.101 มิลลิกรัม วิตามินบี3 0.62 มิลลิกรัม วิตามินบี6 0.05 มิลลิกรัม วิตามินบี9 6 ไมโครกรัม วิตามินซี 36.4 มิลลิกรัม วิตามินอี 0.87 มิลลิกรัม วิตามินเค 7.8 ไมโครกรัม โคลีน 12.3 มิลลิกรัม แคลเซียม 39 มิลลิกรัม ธาตุเหล็ก 1.85 มิลลิกรัม แมกนีเซียม 18 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 38 มิลลิกรัม โพแทสเซียม 194 มิลลิกรัม โซเดียม 10 มิลลิกรัม สังกะสี 0.12 มิลลิกรัม ทองแดง 0.06 มิลลิกรัม ซีลีเนียม 0.6 ไมโครกรัม

2.1.3 ประโยชน์ของมัลเบอร์รี

1) ป้องกันโรคมะเร็ง มัลเบอร์รีมีสาร Anthocyanins ในปริมาณมาก ทั้งยังมีสาร Quercetin และสาร Kaempferol ซึ่งสารเหล่านี้ช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย และมีประโยชน์หลายอย่าง เช่น ช่วยชะลอความแก่ ช่วยลดความเสี่ยงการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน ต่อต้านอาการขาดเลือดในสมอง ช่วยป้องกันโรคมะเร็ง ยับยั้งการเกิดสารก่อมะเร็งเม็ดเลือด มะเร็งเต้านม มะเร็งลำไส้ใหญ่ ช่วยให้เม็ดเลือดขาวแข็งแรง และลดอาการแพ้ต่าง ๆ ฯลฯ

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

2) ลดความเสี่ยงโรคหัวใจ สาร Quercetin และสาร Kaempferol ดังกล่าวยังสามารถช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ โรคความดันโลหิต ช่วยทำให้หลอดเลือดแข็งแรง เลือดหมุนเวียนดี ป้องกันการเกิดลิ่มเลือดในหลอดเลือด ป้องกันการดูดซึมของน้ำตาลในลำไส้เล็ก

3) ลดไขมันในเลือด มัลเบอร์รีมีสาร Deoxynojirimycin ที่เป็นตัวช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ มีสารอาหารกาบา (GABA) ที่เป็นตัวช่วยลดความดันโลหิต แถมยังมีสาร Phytosterol ที่สามารถช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้อีกด้วย

4) แก้ร้อนใน ประโยชน์ของ "ผลไม้ไทย" อย่าง มัลเบอร์รีอีกข้อหนึ่ง คือ มีรสอร่อย เปรี้ยวหวานเย็น มีสรรพคุณช่วยดับร้อน คลายความร้อนรุ่ม ช่วยขับลมร้อน ช่วยบรรเทาอาการกระหายน้ำ ทำให้ชุ่มคอ และทำให้ร่างกายชุ่มชื่น มีฤทธิ์เป็นยาเย็น ออกฤทธิ์ต่อตับและไต มีสรรพคุณช่วยบำรุงตับและไต

5) ต้านการอักเสบ ผลไม้ต้านโรคอย่าง "มัลเบอร์รี" มีสารประกอบฟีนอล สามารถช่วยต้านอนุมูลอิสระ ต้านอาการอักเสบ อาการเส้นเลือดโป่งพอง และยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและเชื้อไวรัสได้

6) ต้านโรคหวัด มัลเบอร์รีมีวิตามินซีสูง ที่เป็นตัวช่วยป้องกันหวัด ภูมิแพ้ วัณโรค โรคปอด เชื้อไวรัส และช่วยเสริมสร้างภูมิต้านทานให้แก่ร่างกาย

7) แก้ปวดประจำเดือน มัลเบอร์รี มีวิตามินบี 6 ช่วยในด้านการบำรุงเลือด ตับ และไต ช่วยลดอาการปวดประจำเดือน ช่วยผ่อนคลายความเครียด และลดการเกิดสิว แถมยังมีวิตามินเอที่ช่วยในด้านการบำรุงสายตา ป้องกันการเกิดต้อกระจก ช่วยบำรุงเหงือกและฟัน บำรุงผิวพรรณ และลดสิวอักเสบ

8) มีโฟลิกสูง บำรุงเลือด มัลเบอร์รีมีกรดโฟลิกสูง ซึ่งกรดโฟลิกนั้นสามารถช่วยทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงเจริญได้เต็มที่ ทำให้เซลล์ประสาทไขสันหลังและเซลล์สมองเจริญเป็นปกติ และช่วยป้องกันโรคโลหิตจาง ช่วยบำรุงเลือดในช่วงที่ผู้หญิงมีประจำเดือน

9) ป้องกันโรคสมองเสื่อม มีงานวิจัยพบว่าสารสกัดจากมัลเบอร์รี มีฤทธิ์ปกป้องระบบประสาท โดยมีกลไกยับยั้งการสะสมของโปรตีนแอลฟา-ไซนิวคลีอิน (α-synuclein) ที่มีผลต่อการทำหน้าที่ของเซลล์ประสาท และเป็นสาเหตุของอาการสมองเสื่อม ดังนั้นหากกินมัลเบอร์รีอย่างสม่ำเสมอ น่าจะมีส่วนช่วยป้องกันสมองเสื่อมได้

2.1.4 วิธีการปลูกมัลเบอร์รี

ในเรื่องของการปลูกมัลเบอร์รี จะปลูกเป็นแถว ความห่างระหว่างต้น 4 เมตร x 4 เมตร ซึ่งจะทำให้หม่อนเจริญเติบโตได้ดี และง่ายต่อการดูแลบำรุงรักษารวมถึงง่ายต่อการเก็บผลผลิตอีกด้วย ในการเตรียมดินก่อนจะปลูกนั้น ควรมีการเตรียมดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ ร่วนโปร่งก่อนการปลูก โดยใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 15-15-15 อัตรา 30 - 50 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตันต่อไร่ มีการให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ แต่ไม่ควรมากจนถึงขั้นดินชุ่ม เนื่องจากหม่อนเป็นพืชทนแล้ง และควรมีการกำจัดวัชพืชอย่างต่อเนื่อง เมื่อปลูกครบ 7 - 8 เดือนจะออกผลผลิตให้เก็บเกี่ยวได้ เมื่อต้นมัลเบอร์รีมีอายุครบ 2 ปี ต้นจะมีลักษณะค่อนข้างสมบูรณ์แล้ว แต่ละต้นจะสามารถให้ผลผลิตประมาณ 1.5 - 3.5 กิโลกรัมหรือประมาณ 750 - 1850 ผลต่อครั้งต่อต้น (กรมหม่อนไหม, 2559)

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

2.1.5 มูลค่าทางการตลาดของมัลเบอร์รี

การรับประทานผลมันเบอร์รี่สามารถรับประทานได้หลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นการรับประทานผลสด การคั้นเป็นน้ำและดื่มเป็นเครื่องดื่ม หรือการแปรรูปเพื่อรับประทานในลักษณะอื่น ๆ จากเดิมผลของมัลเบอร์รีขายอยู่ที่ราคา กิโลกรัมละ 80 บาท แต่ในปัจจุบันราคาพุ่งสูงขึ้นถึงกิโลกรัมละ 200 ถึง 300 บาทตามแต่ละพื้นที่ ซึ่งถ้าหากปลูกมัลเบอร์รีเพื่อขายผลสดจะมีรายได้สูงกว่า 100,000 บาทต่อไร่ใน 1 ปี นอกจากจะขายผลสดแล้ว ก็ยังมีการนำมาแปรรูปเพื่อรับประทาน และในปัจจุบันการแปรรูปเพื่อสร้างเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับการค้าเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับมัลเบอร์รี มีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ออกมามากมาย เช่น แยมมัลเบอร์รี ไวท์มัลเบอร์รี น้ำมัลเบอร์รี น้ำมัลเบอร์รีเข้มข้น เค้กมัลเบอร์รี แพนเค้กมัลเบอร์รี มัลเบอร์รีแช่อิ่ม คุกกี้มัลเบอร์รี ชาใบหม่อน เยลลี่มัลเบอร์รี ไอศกรีมมัลเบอร์รี ลูกอมมัลเบอร์รี ครีมลูกมัลเบอร์รี กระดาษจากกิ่งมัลเบอร์รีและใบมัลเบอร์รี น้ำนมมัลเบอร์รี มันเบอร์รี่กวน พายมัลเบอร์รี เป็นต้น

จอมภัค คลังระหัด วิสวัส ทองธีรภาพ ธันวารัตน์ แสงโสดา และปวีณา อ่อนเฉลียว (2560) ผลการศึกษาปัจจัยความสำเร็จในการทำธุรกิจมัลเบอร์รีและการแปรรูปผลผลิตจากมัลเบอร์รี บ้านสวนแม่อุ้ย อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ได้สรุปว่า ที่บ้านสวนแม่อุ้ยประสบความสำเร็จในการทำธุรกิจและการแปรรูปมัลเบอร์รี เกิดจากการคิดริเริ่มลงมือทำ แม้เริ่มแรกยังไม่มีความรู้เกี่ยวกับการทำธุรกิจมัลเบอร์รี แต่มีการหาความรู้ ศึกษาวิธีการปลูกและการดูแลรักษามัลเบอร์รีตามสื่อต่าง ๆ การลองปลูกจากน้อยไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งประสบความสำเร็จ คิดและพัฒนาในการสร้างมูลค่าให้กับมัลเบอร์รี เพื่อสร้างรายได้ให้แก่ครอบครัวของตนเอง ถึงแม้การทำธุรกิจจะประสบความสำเร็จ แต่เรื่องเงินลงทุนที่จะพัฒนาเรื่องของบรรจุภัณฑ์นั้นยังมีจำนวนไม่มากพอที่จะปรับปรุงตัวของบรรจุภัณฑ์ไปพร้อม ๆ กันหลาย ๆ ตัว

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

การเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช นับตั้งแต่เริ่มมีชีวิตขึ้นมา ผ่านขบวนการขั้นตอนและระยะการเจริญต่าง ๆ เรื่อยไปจนกระทั่งพืชนั้นตายไป ได้พบกับเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการทั้งสิ้น ปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ปัจจัยหลัก ๆ (สังคม เตชะวงค์เสถียร, ม.ป.ป.) คือ

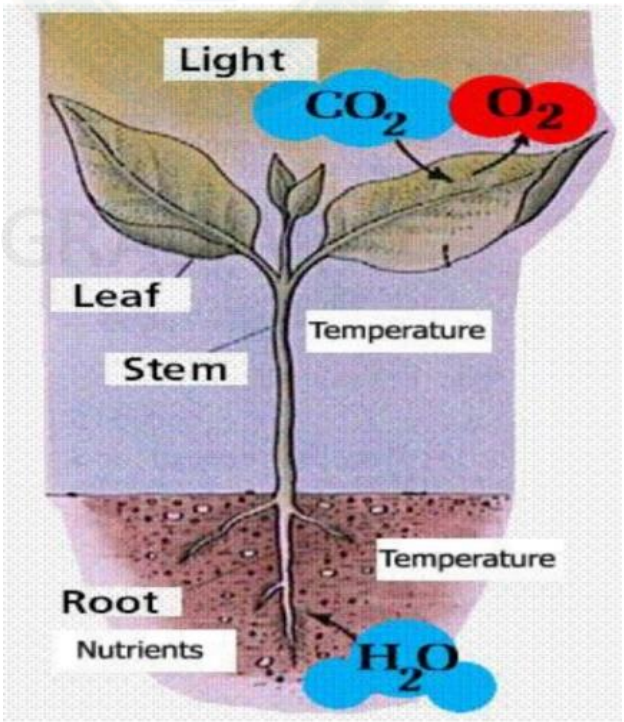
2.2.1 ปัจจัยภายในหรือปัจจัยด้านพันธุกรรม (Internal or Genetic factor) พันธุกรรมเป็นปัจจัยพื้นฐานในการกำหนดการแสดงออกของสิ่งมีชีวิต และเป็นตัวกำหนดว่าสิ่งมีชีวิตที่เจริญขึ้นมาจะต้องเป็นชนิดเดียวกับพ่อแม่ของมัน ลักษณะที่แสดงออกของสิ่งมีชีวิตถูกควบคุมด้วยหน่วยพันธุกรรม ที่เรียกว่ายีนส์ (genes) ซึ่งประกอบด้วย DNA และ RNA ยีนส์ เป็นตัวการสำคัญในการกำหนดให้สิ่งมีชีวิตมีการเจริญเติบโตและพัฒนาการโดยการกระตุ้นให้มีการสร้างสารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตหรือเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและพัฒนาการลักษณะทางพันธุกรรมเป็นลักษณะที่สามารถถ่ายทอดจากพ่อแม่ไปสู่ลูกหลานได้ และปัจจัยทางพันธุกรรมนี้ จะแสดงออกได้มากน้อยเพียงใด จะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมของปัจจัยภายนอก หรือปัจจัยสภาพแวดล้อมประกอบไปด้วย ปัจจัยพันธุกรรมในการเพาะปลูกพืช คือ พันธุ์พืช

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ปัจจัยทางด้านพันธุกรรม ควบคุมการเจริญเติบโตและพัฒนาการโดยการกำหนดให้พืชแต่ละพันธุ์ มีอัตราการเจริญเติบโตและพัฒนาการที่แตกต่างกัน โดยพืชแต่ละพันธ์จุะมีความสามารถในการดำเนินขบวนการทางสรีรวิทยาในอัตราที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การสร้างสารที่ควบคุมการเจริญเติบโต

ในการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช นอกจากจะต้องอาศัย ผลได้จากขบวนการทางสรีรวิทยาต่าง ๆ เช่น การสร้างคาร์โบไฮเดรท จากการสังเคราะห์แสง และการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรทโดยการหายใจเป็นน้ำตาล หรือขบวนการสร้างสารประกอบอื่น ๆ เช่น โปรตีน ไขมัน แล้วการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชตลอดจนสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ยังต้องอาศัยสารประกอบอินทรีย์อีกมากมายหลายชนิด ซึ่งสารประกอบอินทรีย์เหล่านี้จะมีผลและอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการเป็นอย่างมาก

2.2.2 ปัจจัยภายนอก หรือ ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม (External or Environmental factors) เป็นปัจจัยที่ค่อนข้างมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะพืชเป็นอย่างมาก สิ่งแวดล้อมอาจส่งเสริมหรือขัดขวางการแสดงออกทางด้านพันธุกรรมของพืช ลักษณะของพืชที่ปรากฏ จะมีการเจริญเติบโตและพัฒนาการดีหรือเลว จะขึ้นกับการผสมผสานกันของยีนส์และสภาพแวดล้อม โดยยีนส์จะมีผลโดยตรงต่อกิจกรรมของฮอร์โมนภายในพืช หากยีนส์และสภาพแวดล้อมผสมผสานกันดี ต้นพืชจะเจริญงอกงามได้ดี หากสภาพแวดล้อมขัดขวางหรือขัดแย้งกับยีนส์แล้ว ต้นพืชจะมีการเจริญเติบโตไม่งอกงามหรือมีพัฒนาการไม่ดีเพียงพอเป็นผลให้ผลผลิตต่ำ



ภาพที่ 3 สภาพแวดล้อมสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ปัจจัยสภาพแวดล้อม หรือปัจจัยภายนอก อาจแบ่งตามบทบาทที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช ออกได้เป็น 2 พวก คือ

1) ปัจจัยที่จำเป็นต้องมี (Positive factors) เป็นปัจจัยที่ขาดไม่ได้ ได้แก่

(1) แสง (Light) นอกจากแสงจะมีผลโดยตรงต่อขบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งเป็นขบวนการรากฐานเพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงาน และเป็นแหล่งของสารประกอบขั้นต้น เพื่อนำมาสังเคราะห์เป็นสารประกอบอินทรีย์ในพืช อันเป็นปัจจัยโดยตรงในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืชแล้ว แสงยังควบคุมขบวนการรากฐานของการเจริญเติบโตในระดับต่าง ๆ จนได้ผลรวมออกมาในรูปการเจริญและเปลี่ยนแปลงทางด้านโครงสร้าง นอกจากนี้ แสงยังมีอิทธิพลต่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในการเจริญเติบโตของพืชด้วย เช่น การงอกของเมล็ด การพักตัวของเมล็ด การออกดอก เป็นต้น การตอบสนองของพืชต่อแสงนั้น พืชจะตอบสนอง ในแง่ต่าง ๆ ดังนี้

ก. ความเข้มของแสง (Light Intensity) ความเข้มของแสง คือปริมาณแสงทั้งหมดที่พืชได้รับ ซึ่งความเข้มของแสงจะแตกต่างกันตามพื้นที่เวลา ฤดูกาล และระยะห่างจากเส้นศูนย์สูตรของโลก ในพื้นที่เดียวกัน ความเข้มของแสงจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตั้งแต่ดวงอาทิตย์ขึ้น จนถึงเที่ยงวัน หรือในช่วงบ่าย จากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงไปจนกระทั่งดวงอาทิตย์ตก

ข. คุณภาพของแสง (Light quality) หรือความยาวของคลื่นแสง (Wavelength) แสงมีคุณสมบัติเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีความยาวคลื่นหลายระดับ โดยที่แสงอาทิตย์ ประกอบด้วยแสงที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 225 - 2,500 นาโนเมตร (nanometer, nm, 1 nm = 10^{-7} cm) แต่แสงอาทิตย์ที่ตกลงมายังพื้นโลก จะมีความยาวคลื่นระหว่าง 310 - 2,300 nm ทั้งนี้เนื่องจากคลื่นสั้นหรือแสงเหนือม่วง (Ultra Violet, UV) ซึ่งเป็นแสงที่มีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต โดยส่วนใหญ่จะถูกดูดซับไว้โดยชั้นของโอโซน (ozone) ในบรรยากาศ ส่วนแสงที่มีความยาวคลื่นมากกว่าแสงสีแดง (Infra-red) ความยาวคลื่นมากกว่า 2,300 nm จะถูกดูดซับไว้โดยไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์

ค. ช่วงแสง (Light Duration or Photoperiod) หมายถึงระยะเวลายาวนานของแสงในแต่ละช่วงวัน ซึ่งจะแตกต่างกันตามฤดูกาลความยาวของช่วงแสงจะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชบางชนิดเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอิทธิพลในการเปลี่ยนพืชจากระยะการเจริญเติบโต ทางกิ่งใบ (Vegetative growth) ไปเป็นการเจริญเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์ (Reproductive growth) นั่นคือช่วงแสงมีอิทธิพลต่อการออกดอกและการลงหัวของพืชบางชนิด

(2) ดิน (Soil) ในการเพาะปลูกพืช ดินนับได้ว่าเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอยู่ไม่น้อย เพราะเว้นแต่การปลูกพืชที่เจริญเติบโตในน้ำ เช่น ผักกระเฉด แล้ว การเพาะปลูกโดยส่วนใหญ่จะทำกันบนดินทั้งสิ้น แม้ว่าการเพาะปลูกโดยใช้วัสดุอย่างอื่น อาจกระทำได้ เช่น การเพาะปลูกพืชในน้ำยา (Hydroponic culture) การปลูกพืชในทราย (Sand culture) หรือวัสดุอื่น ๆ แต่วิธีการเหล่านั้นต้องใช้การลงทุนและวิทยาการค่อนข้างสูงมากกว่าการปลูกพืชบนดิน หน้าที่และความสำคัญของดินต่อการเจริญเติบโตของพืช มีดังนี้

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ก. ดินทำหน้าที่เป็นวัสดุค้ำยัน หรือเป็นที่ยึดเกาะของรากพืช
ข. ดินเป็นแหล่งความชื้น หรือแหล่งน้ำของพืช
ค. ดินให้อากาศเพื่อการหายใจของรากพืช
ง. ดินให้แร่ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและกรเจริญเติบโตของพืช

ดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชนั้น จำเป็นต้องมีการถ่ายเทอากาศที่ดี เพื่อไม่ให้มีการสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับบรรยากาศ ในอัตราที่สูงเพียงพอที่จะทำให้ดินมีก๊าซออกซิเจนพอเพียงสำหรับกิจกรรมของรากพืชและจุลินทรีย์ในดิน ดินที่มีการถ่ายเทอากาศไม่ดีนั้น จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนี้

1. การหายใจของพืชและจุลินทรีย์ในดินจะถูกจำกัดขอบเขต ทำให้ได้พลังงานจากการหายใจในปริมาณจำกัด

2. ดินที่มีก๊าซออกซิเจนไม่เพียงพอจะทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินในด้านการสลายอินทรีย์วัตถุมีแนวโน้มจะเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic decomposed) ซึ่งทำให้เกิดสารที่ไม่เป็นประโยชน์และอาจเป็นพิษต่อพืช เช่น ก๊าซไข่เน่า (hydrogen sulfide, H2S), methane (CH4), phosphine (PH3) เป็นต้น

3. ดินที่มีก๊าซออกซิเจนไม่เพียงพอสารอนินทรีย์บางชนิด เช่น เหล็ก จะเกิดการสะสมจนเป็นพิษต่อพืช ซึ่งโดยปกติ พืชจะใช้ประโยชน์จากเหล็กในรูป ferrous ion (Fe++) แต่ถ้าดินขาดก๊าซออกซิเจนแล้ว การสะสม Fe+2 จะทำให้เป็นพิษต่อพืช นอกจากนี้ ธาตุอลูมิเนียม (Al) ก็จะอยู่ในรูปที่เป็นพิษด้วยเช่นกัน

4. ดินที่มีก๊าซออกซิเจนไม่เพียงพอจะทำให้ธาตุอาหารในดิน มีการสูญเสียมากขึ้น เช่น ธาตุกำมะถัน จะเปลี่ยนรูปจาก ซัลเฟต (sulfate ion) ซึ่งพืชใช้ประโยชน์ได้ดี ไปเป็น ซัลไฟด์ (sulfide) และก๊าซไข่เน่า (S-2, H2S) ซึ่งพืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ ธาตุไนโตรเจนจะเปลี่ยนจากรูป ไนเตรต (nitrate) ไปเป็นก๊าซไนโตรเจน ซึ่งพืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ เป็นต้น

(3) อุณหภูมิ อุณหภูมิเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช ตั้งแต่พืชเริ่มงอกจนกระทั่งออกดอกติดผล อุณหภูมิเกี่ยวข้องกับขบวนการงอกของเมล็ด การสังเคราะห์แสง การหายใจ การพักตัว เป็นต้น พืชแต่ละชนิดมีความต้องการอุณหภูมิที่ใช้ในการเจริญเติบโตแตกต่างกัน อุณหภูมิที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชมีทั้งอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิในดิน อุณหภูมิกลางวัน และอุณหภูมิกลางคืน

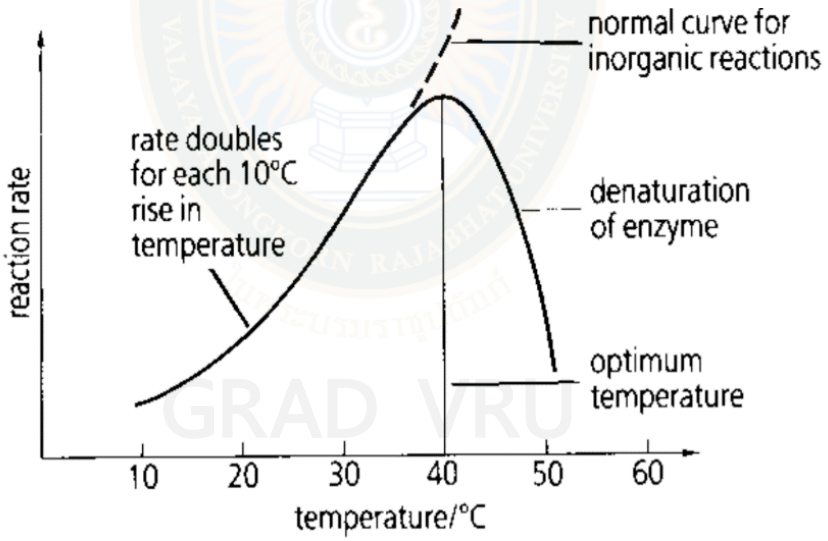
โดยทั่วไปแล้ว อุณหภูมิอากาศจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของลำต้น โดยมีผลต่อการสังเคราะห์แสงและการหายใจ ขบวนการทั้ง 2 จะค่อย ๆ เพิ่มอัตราขึ้น ตามการเพิ่มของอุณหภูมิจนถึงระดับหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสม ที่ประมาณ 30-35 องศาเซลเซียส ซึ่งการเพิ่มอุณหภูมิจะไม่เพิ่มอัตราการเกิดกิจกรรมของขบวนการทั้ง 2 นี้ ส่วนอุณหภูมิของดิน มีผลต่อการเจริญเติบโตของรากและมีผลต่อการดูดน้ำและแร่ธาตุอาหาร ถ้าอุณหภูมิในดินต่ำ การดูดน้ำจะลดลง ต้นพืชจะเหี่ยว นอกจากนี้ กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินในสภาพอุณหภูมิของดินต่ำก็จะลดลงด้วย ทำให้ได้อินทรีย์สารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยตามไปด้วย ถ้าอุณหภูมิในดินสูงกว่าปกติเพียงเล็กน้อยจะกระตุ้นให้รากมีการเจริญเติบโตยืดยาวมาก แต่หากอุณหภูมิของรากสูงกว่าลำต้น การเจริญเติบโตจะกลับชะงัก

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในรอบวัน เป็นอุณหภูมิกลางวันและอุณหภูมิกลางคืน มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชเช่นกัน โดยส่วนใหญ่แล้ว อุณหภูมิกลางคืนจะมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชมากกว่าอุณหภูมิกลางวัน ถ้าอุณหภูมิกลางคืนสูงกว่าอุณหภูมิกลางวัน การเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชจะลดลง การที่อุณหภูมิกลางคืนต่ำกว่าอุณหภูมิกลางวัน จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตและพัฒนาการดีกว่าการที่อุณหภูมิกลางคืนเท่ากับอุณหภูมิกลางวัน โดยทั่วไป อุณหภูมิกลางคืนที่เหมาะสมมักต่ำกว่าอุณหภูมิกลางวันที่เหมาะสมประมาณ 10 องศาเซลเซียส มีบทบาทต่อแทบทุกขบวนการในพืชเนื่องจากขบวนการต่าง ๆ ทางชีวเคมีเกิดขึ้นได้ โดยกิจกรรมของน้ำย่อย ซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่ง และกิจกรรมของน้ำย่อยจะขึ้นกับระดับของอุณหภูมิเป็นอย่างมาก ผลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชได้แก่

ก. อุณหภูมิต่ำ มีผลต่อการลำเลียงอาหาร ในสภาพอุณหภูมิต่ำ พืชจะลำเลียงอาหารได้ดีกว่า

ข. อุณหภูมิต่ำ ลดการหายใจเนื่องจากการเจริญเติบโต เป็นผลสุทธิของขบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ ในสภาพอุณหภูมิต่ำ พืชจะมีการหายใจน้อยลง การเผาผลาญอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงจะลดลง



ภาพที่ 4 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อกิจกรรมของเอ็นไซม์

ในพืชหลายชนิด อุณหภูมิต่ำจะเป็นตัวชักนำให้พืชเกิดการออกดอก ซึ่งพืชพวกนี้จะต้องได้รับอุณหภูมิต่ำช่วงหนึ่งจึงจะออกดอกได้ นอกจากนี้อุณหภูมิต่ำยังเป็นตัวกระตุ้นให้พืชบางชนิดที่มีถิ่นกำเนิดในเขตอบอุ่น (Temperate zone) สิ้นสุดการพักตัวและสามารถแตกตาดอกตาใบเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตในฤดูใบไม้ผลิได้ ซึ่งพืชพวกนี้ จะต้องการอุณหภูมิต่ำในระยะเวลานานพอสมควรจึงจะสิ้นสุดการพักตัวแม้ว่าพืชจะตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำได้ดี แต่อุณหภูมิที่ต่ำมากจะมีผลเสียต่อพืชเช่นกันความเสียหายของอุณหภูมิต่ำมากต่อพืช ได้แก่ ที่อุณหภูมิเหนือจุดเยือกแข็งต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส พืชที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อน (Tropical zone) จะไม่เจริญเติบโต และที่ช่วง

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

อุณหภูมิ 0 - 5 องศาเซลเซียส อาจทำให้พืชพวกนี้ตายได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง จะทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งภายในเนื้อเยื่อและอวัยวะของพืช และทำให้พืชสูญเสียน้ำ ทำให้พืชได้รับความเสียหาย ส่วนที่อุณหภูมิสูงมาก ก็ก่อความเสียหายให้พืชเช่นกัน เช่น การสูญเสียประสิทธิภาพของคลอโรฟิลล์ ใบไหม้ เป็นต้น

(4) อากาศ ในการเจริญเติบโต และพัฒนาการของพืช พืชต้องการพลังงานที่มีจากการหายใจ จึงต้องมีอากาศที่เพียงพอเพื่อให้พืชเกิดการหายใจเกิดได้อย่างเต็มที่นอกจากนี้พืชจะยังต้องการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสงอีกด้วย

ในบรรยากาศส่วนใหญ่จะประกอบด้วยก๊าซไนโตรเจน (ร้อยละ 78) ก๊าซออกซิเจน (ร้อยละ 20.96) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ร้อยละ 0.03) ไอน้ำและก๊าซเฉื่อย ก๊าซไนโตรเจนในอากาศพืชชั้นสูงไม่สามารถนำไปใช้ได้โดยตรง ยกเว้นพืชตระกูลถั่ว ซึ่งจะมีจุลินทรีย์ที่ปมของรากเป็นตัวใช้ไนโตรเจน ก๊าซออกซิเจนในอากาศจำเป็นต่อการหายใจของพืช ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศพืชใช้เป็นวัตถุดิบร่วมกับน้ำในกระบวนการสังเคราะห์แสง อากาศในบรรยากาศจะมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ค่อนข้างคงตัว และมากเพียงพอต่อความต้องการของพืช ดังนั้นปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศจึงไม่ใช่ปัจจัยที่ควบคุมผลผลิตของพืชไม่ว่าจะปลูกบริเวณใดในโลก

การถ่ายเทอากาศในดิน หมายถึง การถ่ายเทก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศในดินไปสู่บรรยากาศและทดแทนก๊าซออกซิเจนของอากาศในดินด้วยออกซิเจนจากอากาศในบรรยากาศอากาศในดินมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ก๊าซไนโตรเจนในดินเป็นแหล่งไนโตรเจนของพืชชั้นต่ำบางชนิดและพืชตระกูลถั่ว ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในดินไม่เป็นประโยชน์ต่อการสังเคราะห์แสง แต่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช คือจะช่วยละลายธาตุอาหารพืชในดินออกมาให้เป็นประโยชน์ต่อพืชก๊าซออกซิเจนในดินจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิตในดิน รวมทั้งรากพืชซึ่งจะต้องหายใจเอาออกซิเจนจากอากาศในดิน ก๊าซออกซิเจนในดินมีจะผลต่อการเติบโตของพืช ซึ่งจะช่วยในการเจริญเติบโต และการแพร่กระจายของรากในดินซึ่งจะทำให้พืชมีพื้นที่ผิวในการดูดน้ำและอาหารมากขึ้น นอกจากนี้พืชยังใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจ เพื่อที่จะได้พลังงานมาใช้ในการดูดธาตุสารอาหารจากดิน ถ้าหากดินมีออกซิเจนน้อยพืชก็จะมีพลังงานในการดูดน้ำและธาตุอาหารน้อย นอกจากนี้ก๊าซออกซิเจนยังช่วยป้องกันไม่ให้เกิดสารพิษบางอย่างขึ้นกับพืช คือก๊าซมีเทนเกิดจากการเน่าเปื่อยผุพังของอินทรียวัตถุในดินในสภาพที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอส่วน Fe+2 และ Mn+2 ที่เกิดขึ้นในสภาพที่ขาดออกซิเจนและสามารถละลายได้ง่ายอาจเป็นพิษต่อพืชได้หากพืชดูดเข้าไปเป็นปริมาณมาก

(5) น้ำ (Water) น้ำเป็นส่วนประกอบสำคัญของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะพืชมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 75 - 90 น้ำมีบทบาทต่อการมีชีวิตตลอดจนการเจริญเติบโตของพืช นับตั้งแต่เมล็ดเริ่มงอกจนกระทั่งออกดอกออกผล ถ้าพืชขาดน้ำอย่างมากเป็นเวลานาน ๆ จะทำให้พืชถึงตายได้ ความสำคัญของน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ

ก. น้ำมีผลต่อกระบวนการรากฐานของการเจริญเติบโตการเพิ่มขนาดของเซลล์จะต้องการน้ำเพื่อใช้ในขบวนการขยายตัวของเซลล์ เมื่อพืชขาดน้ำ เซลล์จะขยายตัวเพิ่มขนาดไม่ได้ เป็นผลให้อวัยวะพืชเล็กและแคระแกร็น

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ข. น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญในการลำเลียงอาหารและแร่ธาตุอาหาร น้ำเป็นตัวทำละลายอาหารและแร่ธาตุอาหาร น้ำเป็นตัวกลางในการลำเลียงธาตุอาหารในดิน เป็นตัวลำเลียงพาแร่ธาตุอาหารเข้ามายังบริเวณรากพืช เมื่อรากดูดแร่ธาตุอาหารเข้ามาในต้นพืช น้ำจะเป็นตัวลำเลียงพาแร่ธาตุอาหารไปยังใบ เพื่อทำการสังเคราะห์เป็นอาหาร น้ำจะลำเลียงอาหารที่ได้ออกจากแหล่งสังเคราะห์ไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช

ค. น้ำเป็นตัวรักษารูปร่างของเซลล์และต้นพืช เซลล์ที่มีชีวิตของพืช จะต้องเป็นเซลล์เต่งที่มีน้ำบรรจุอยู่เต็ม ถ้ามีน้ำไม่เต็ม เซลล์จะเหี่ยว หากเซลล์พืชเหี่ยวมากจะทำให้ต้นพืชตายไปในที่สุด

ง. น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในขบวนการทางสรีรวิทยาและขบวนการทางชีวเคมี ขบวนการต่าง ๆ ในพืชหรือสิ่งมีชีวิต เช่น การสังเคราะห์แสง การหายใจ การดูดแร่ธาตุอาหาร การสังเคราะห์สารที่ใช้ในการเจริญเติบโต ฯลฯ แทบทุกขบวนการจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบด้วยเสมอ การสังเคราะห์แสง สร้างอาหารเป็นแป้งและน้ำตาลสะสมในพืช จะมาจากการรวมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้ากับน้ำ ขบวนการเผาผลาญอาหารหรือการหายใจก็จะมีการใช้น้ำ และมีการสร้างน้ำขึ้น นอกจากนี้ น้ำยังเกี่ยวข้องกับการควบคุมปรากฏการณ์การเจริญเติบโตอื่น ๆ อีก เช่น การงอกของเมล็ด การพักตัวของพืช การชักนำการออกดอก เป็นต้น

การจัดการน้ำให้เพียงพอต่อความต้องการของพืช (Water management) การที่น้ำมีความสำคัญและมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชเป็นอย่างมากนั้น การจัดการน้ำให้เหมาะสมกับพืชจึงมีความจำเป็นมาก การที่พืชได้รับน้ำในระดับที่แตกต่างกัน จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนี้

1. พืชที่ได้รับน้ำในระดับที่พอเหมาะ อัตราการดูดน้ำของราก จะเท่ากับอัตราการคายน้ำของใบ ในสภาวะเช่นนี้ เซลล์คุม (Guard cell) และเซลล์ที่อยู่รอบ ๆ เซลล์คุม (Companion cells) บนใบจะเต่ง ทำให้ปากใบหรือรูใบ (Stomata) เปิดออก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศจะซึมแพร่เข้าสู่ภายในใบอย่างรวดเร็ว อัตราการสังเคราะห์แสงในเวลากลางวันที่มีแสงจะสูง และอัตราการหายใจเป็นปกติ ทำให้มีอาหารสะสมเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตเป็นจำนวนมาก

2. พืชที่ได้รับน้ำมากเกินไป ทำให้มีอัตราการคายน้ำค่อนข้างต่ำ เนื่องจากน้ำในดินที่มีมากจะเป็นผลให้ความชื้นในอากาศรอบ ๆ ต้นพืชสูงขึ้น การคายน้ำของพืชจะลดต่ำลง ในขณะเดียวกับที่รากพืชดูดน้ำมากหรือเป็นปกติ เมื่อการดูดน้ำของรากและการคายน้ำของใบเกิดขึ้นในอัตราที่ไม่สมดุลกัน จะเกิดแรงดันในบริเวณเซลล์ meristem ซึ่งเป็นเซลล์ที่ยืดตัว ทำให้เซลล์เต่งและยืดตัวมาก ทำให้เกิดผลเสียคือต้นกล้าจะมีลักษณะยืดยาวและมีรอยแตก เพราะเซลล์อาจขยายตัวไม่ทัน นอกจากนี้ น้ำที่มีอยู่ในดินมากเกินไป จะทำให้ช่องว่างในดินที่เป็นอากาศถูกแทนที่ด้วยน้ำรากพืชจะขาดอากาศในการหายใจ กรณีที่น้ำท่วมรากนาน ๆ จะทำให้ต้นพืชตายได้ การแก้ไขในกรณีนี้ทำได้โดยการระบายน้ำออกจากบริเวณรากพืชโดยเร็ว หรือปรับสภาพดินให้มีการระบายน้ำที่ดีขึ้น

3. พืชที่ขาดน้ำ การคายน้ำจะเกิดในอัตราที่สูงกว่าการดูดน้ำมาก เซลล์คุมจะสูญเสียความเต่งและเหี่ยวแฟบลง ปากใบจะแคบลงหรือปิด การแพร่ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เข้าไปในใบจะต่ำ ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงต่ำ สร้างอาหารได้น้อยลง สารประกอบอื่น ๆ ที่ต้องการคาร์โบไฮเดรตจากการสังเคราะห์แสงเป็นวัตถุดิบจะสร้างได้น้อยลง ทำให้การเจริญเติบโตเป็นไปอย่างช้า ๆ

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

จนถึงกับไม่เจริญเติบโตเลย เซลล์บริเวณที่มีการยืดตัวจะมีขนาดเล็ก ทำให้ต้นพืชมีลักษณะแคระแกร็น อวัยวะส่วนต่าง ๆ จะมีขนาดเล็ก

4. ถ้าพืชขาดน้ำอย่างรุนแรงเป็นเวลานานพืชจะแสดงอาการเหี่ยว เซลล์คุมแฟบลงและปากใบปิด ทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่สามารถแพร่เข้าในใบได้ การสังเคราะห์แสงจะหยุดลง ในขณะที่การหายใจยังคงดำเนินอยู่ต่อไป ทำให้อาหารที่สะสมอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ถูกใช้ไปและไม่มีการสร้างขึ้นใหม่ เมื่อถึงระดับหนึ่ง พืชที่ขาดน้ำนั้นจะตายไปสภาพการขาดน้ำจะเกี่ยวข้องกับขบวนการทางชีวเคมีและขบวนการต่าง ๆ ในพืตลอดเวลา ในระยะสร้างดอก และระยะผสมเกสร จะเป็นระยะที่ไวต่อการขาดน้ำมากที่สุด ในระยะเหล่านี้ ถ้าพืชขาดน้ำ จะทำให้ดอกร่วง ผลร่วงได้

(6) แร่ธาตุอาหาร (Nutrients) แร่ธาตุอาหารเป็นสิ่งจำเป็นสำคัญการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชเนื่องจากแร่ธาตุอาหารเป็นส่วนประกอบของอาหาร เป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์ในขบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ และเป็นส่วนประกอบของน้ำอยู่ในกิจกรรมการสังเคราะห์แสงและการหายใจ หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาว่าแร่ธาตุใดจัดเป็นแร่ธาตุอาหารของพืช คือ

ก. ธาตุนั้นต้องมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการและการสืบพันธุ์ ของพืช ถ้าขาดธาตุหนึ่งธาตุใด จะทำให้การเจริญเติบโตและพัฒนาการและการสืบพันธุ์ไม่สมบูรณ์

ข. ความต้องการธาตุแต่ละธาตุต้องมีขอบเขตจำกัด และไม่สามารถทดแทนกันได้

ค. ธาตุเหล่านั้นต้องมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการและไม่เป็นสาเหตุที่ไม่ทำให้ธาตุชนิดอื่น เกิดความเหมาะสม หรือเป็นอันตรายต่อพืช

แร่ธาตุอาหารของพืชมีอยู่ด้วยกัน 16 ชนิด ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจนไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส เหล็ก ทองแดง กำมะถัน โมลิบดีนัม สังกะสี คลอรีน โบรอน แคลเซียม นอกจากนี้วิทยาการสมัยใหม่ ยังค้นพบว่ายังมีอีกหลายธาตุที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชเช่นกัน แต่ไม่ถูกจัดไว้ในบัญชีรายชื่อแร่ธาตุอาหาร เช่น นิเกิล เป็นต้นกลุ่มของรายชื่อแร่ธาตุอาหารที่ระบุข้างต้นนี้อาจแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. ธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก หรือธาตุอาหารหลัก มี 10 ธาตุ เรียกว่า Macronutrients ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แคลเซียม กำมะถัน

2. ธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อย หรือธาตุอาหารรอง มี 6 ธาตุ เรียกว่า Micronutrients ได้แก่ แมงกานีส ทองแดง โมลิบดีนัม สังกะสี คลอรีน โบรอน

อย่างไรก็ตาม การพิจารณาว่าธาตุอาหารพืชใด จัดอยู่ในกลุ่มธาตุอาหารหลักหรือธาตุอาหารรอง จะต้องพิจารณาจากพืชแต่ละชนิดเป็นสำคัญเนื่องจากวิทยาการสมัยใหม่ กลับพบว่าธาตุอาหารพืชบางชนิด อาจเป็นธาตุอาหารรองในพืชชนิดหนึ่ง แต่อาจเป็นธาตุอาหารหลักในพืชอีกชนิดหนึ่งก็ได้

คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน (Carbon, C ; Hydrogen, H ; Oxygen ; O) ธาตุอาหารหลักทั้ง 3 นี้ เป็นองค์ประกอบของทุกสารประกอบ โดยประกอบกันเป็นสารประกอบ

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

hydrocarbon และทุกเซลล์ของพืช โดยเป็นส่วนต่าง ๆ ในระดับเซลล์ ธาตุทั้ง 3 พืชมักไม่ขาดแคลน เพราะสามารถแสวงหาได้เอง จากอากาศ

ไนโตรเจน (Nitrogen, N) เป็นองค์ประกอบของสารประกอบอินทรีย์ ได้แก่ อะมิโนโปรตีน กรดนิวคลีอิค น้ำย่อย และคลอโรฟิลล์ ถ้าขาดธาตุไนโตรเจนพืชจะไม่เจริญเติบโตไนโตรเจนจะสูญเสียจากดินได้ง่ายมากในรูปของก๊าซไนโตรเจน พืชที่ขาดธาตุไนโตรเจน จะแสดงอาการที่เรียกว่า chlorosis โดยใบแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และหลุดร่วงไปส่วนใบอ่อนยังคงมีสีเขียว เพราะธาตุนี้เคลื่อนย้ายจากใบแก่ไปยังใบอ่อน ในบางครั้งพืชที่ขาดธาตุไนโตรเจนส่วนของลำต้น ก้านใบ ใบล่าง ๆ จะมีสีชมพูถึงม่วง เพราะสะสมสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ไว้เป็นจำนวนมาก แต่ถ้าพืชได้รับไนโตรเจนมากเกินไป พืชจะมีการเจริญเติบโตทางกิ่งใบมาก ใบพืชจะเป็นสีเขียวแก่ ลำต้นอวบอ้วน ระบบรากไม่เจริญเติบโต และเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตทางการสืบพันธ์ช้าลง

โปแตสเซียม (Potassium, K) คล้ายไนโตรเจนและฟอสฟอรัส สามารถเคลื่อนย้ายจากใบแก่ไปยังใบอ่อนได้ง่ายแต่โปแตสเซียมไม่เป็นองค์ประกอบของสารประกอบอินทรีย์ โปแตสเซียมทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ (coenzyme) หรือตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด ในพืชใบเลี้ยงคู่จะแสดงอาการขาดธาตุโปแตสเซียมที่ใบแก่ที่อยู่ด้านล่าง โดยจะเกิดอาการใบเหลือง (chlorosis) กระจายทั่วไป ส่วนพวกพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เซลล์ที่ปลายใบและขอบใบจะตายก่อน แล้วแผ่ไปยังเซลล์ส่วนอื่นที่อยู่ต่ำลงไป

กำมะถัน หรือ ซัลเฟอร์ (Sulphur, S) เป็นองค์ประกอบของโปรตีนบางชนิดที่สำคัญ คือ coenzyme A ซึ่งใช้ในขบวนการหายใจ นอกจากนี้ ซัลเฟอร์ยังพบใน วิตามิน thiamine และ biotin เป็นต้น การขาดธาตุซัลเฟอร์จะแสดงอาการใบเหลือง (chlorosis) ที่ใบอ่อน เพราะซัลเฟอร์ไม่เคลื่อนย้ายออกจากใบแก่

แมกนีเซียม (Magnesium, Mg) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของคลอโรฟิลล์ ในอวัยวะที่ไม่มีคลอโรฟิลล์ เช่น ในรากแมกนีเซียมจะไปกระตุ้น เอนไซม์ให้ดึงเอาพลังงานออกจาก ATP นอกจากนี้ แมกนีเซียมยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ ribosome ในการสร้างโปรตีน พืชที่ขาดธาตุแมกนีเซียม จะแสดงอาการ chlorosis ที่บริเวณเส้นใบของใบแก่

แคลเซียม (Calcium, Ca) จะไปรวมตัวกับ pectate ในส่วน middle lamella ของผนังเซลล์ ทำให้ผนังเซลล์ระหว่างเซลล์เชื่อมต่อกัน นอกจากนี้ยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์อะไมเลส (amylase) ในการย่อยแป้งที่สะสมอยู่ การขาดธาตุนี้ ทำให้ตาไม่เจริญ และทำให้ปลายรากตายได้

เหล็ก (Iron, Fe) กระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ในการสร้างคลอโรฟิลล์ และมีส่วนในการพาอิเล็คตรอน (electron carrier) ในขบวนการหายใจและสังเคราะห์แสง โดยเป็นส่วนหนึ่งในโมเลกุลของไซโตโครม (cytochrome) และเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์เฟอรีดอกซิน (ferredoxin) ที่ทำหน้าที่เป็น electron carrier และเอนไซม์ nitrate reductase ในการเปลี่ยนรูปไนเตรตเป็นแอมโมเนีย การขาดธาตุเหล็กจะทำให้เกิดอาการใบเหลืองที่เส้นใบของใบอ่อนเนื่องจากธาตุนี้มีการเคลื่อนย้ายได้ยาก

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

คลอรีน (Chlorine, Cl) ทำหน้าที่ในการกระตุ้นการสังเคราะห์แสง โดยเป็นตัวกระตุ้นให้น้ำเกิดการแตกตัวปลดปล่อยออกซิเจน พืชที่ขาดธาตุนี้จะแสดงอาการใบเหี่ยว เกิดอาการ chlorosis และใบเปลี่ยนเป็นสีขาวตะกั่ว รากจะสั้น แต่อ้วน บริเวณปลายรากจะบวมพองออก

แมงกานีส (Manganese) กระตุ้นเอนไซม์หลายชนิดเพื่อสังเคราะห์กให้ไขมัน (fatty acid) DNA RNA และเอนไซม์ที่ใช้ในวัฏจักร เครปส์ (Kreb's cycle) ในขบวนการหายใจ และเกี่ยวข้องโดยตรงกับการสังเคราะห์แสงโดยเป็นตัวพาอิเล็คตรอนจากการแตกตัวของน้ำ นอกจากนี้ยังมีบทบาทในการสร้างคลอโรฟิลล์ พืชที่ขาดธาตุนี้จะเกิด chlorosis ทั้งในใบแก่และใบอ่อน และเกิดตุ่มแผลสีน้ำตาล (necrotic lesions) ในใบ

โบรอน (Boron, B) ช่วยในการขนย้ายอาหารสะสมพืชที่ขาดธาตุนี้จะแสดงอาการในส่วนเนื้อเยื่อเจริญ (meristem) ของลำต้นและราก โดยเนื้อเยื่อจะแยกจากกัน พืชแต่ละชนิดจะแสดงอาการขาดธาตุนี้แตกต่างกัน เช่น ไส้เน่า (heart rot) ในพวกผักกาดหัว บีท ลำต้นแตก (stem crack) ในขึ้นฉ่าย แกนหัวฉ่ำน้ำ (water core) ใน turnip แห้งเป็นจุด ๆ (drought spot) ในแอปเปิล เป็นต้น

สังกะสี (Zinc, Zn) จำเป็นต่อการสร้างฮอร์โมน เช่น IAA และเป็นส่วนสำคัญของเอนไซม์หลายชนิดพืชที่ขาดธาตุนี้จะแสดงอาการใบเล็กลงและใบเกิดรวมเป็นกระจุก (rosette) เพราะปล้อง (internode) ไม่ยืดตัว ขอบใบย่น (distored) และม้วนเข้าหากัน (puckered) พืชบางชนิดอาจเกิดอาการใบเหลืองบริเวณเส้นใบ และลำต้นเจริญเติบโตช้าทองแดง (Copper, Cu) ทำหน้าที่ในการพาอิเล็คตรอน และเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์บางชนิด นอกจากนี้ยังเป็นส่วนสำคัญของเอนไซม์ nitrate reductase ในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ (nitrogen fixation) พืชที่ขาดธาตุนี้ใบอ่อนจะมีสีเขียวแก่และบิดเบี้ยว หรือรูปร่างใบผิดปกติ ทำให้เกิดแผลสีน้ำตาลเป็นจุด ๆ ทำให้ใบอ่อนของส้มแห้งตายจากยอดลงมา (die back)

โมลิบดีนัม (Molybdenum, Mo) ทำหน้าที่นการพาอิเล็คตรอน และมีบทบาทในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ พืชที่ขาดธาตุนี้แสดงอาการหลายอย่าง เช่น การที่ช่อดอกไม้เป็นกระจุก และแทงดอกย่อย ออกเป็นเส้น ๆ (whip tail) ของกระหล่ำดอก และบรอคโคลี ลักษณะใบเป็นจุดสีเหลืองของส้ม (yellow spot) การเกิด chlorosis บริเวณเส้นใบของใบแก่ และใบที่อยู่กลางลำต้น และลุกลามไปถึงใบอ่อน เป็นต้น

2) ปัจจัยที่ไม่จำเป็น (Negative factors) เป็นปัจจัยที่ไม่ควรมี ได้แก่
   (1) โรค (Diseases)
   (2) แมลงศัตรูพืช (Insects pest)
   (3) วัชพืช (Weeds)
   (4) สารที่เป็นพิษ (Toxic substances)

ปัจจัยทั้ง 2 พวกนี้ อาจจัดเป็นกลุ่มได้ดังนี้

1. ปัจจัยทางกายภาพ (Physical factors) ได้แก่ แสงสว่าง อุณหภูมิ ดิน แร่ธาตุอาหาร น้ำหรือความชื้น อากาศ และสารที่เป็นพิษ

2. ปัจจัยทางชีวภาพ (Biological factors) ได้แก่ โรค แมลง วัชพืช

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

2.3 การทำการเกษตรในจังหวัดสระแก้ว

จังหวัดสระแก้ว ตั้งอยู่ภาคตะวันออกของประเทศไทย อยู่ห่างจากกรุงเทพฯ 256 กิโลเมตร มีเนื้อที่ประมาณ 7,195,436 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 4,496,962 ไร่ มีพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด จำนวน 2,340,093 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 52 ของพื้นที่ทั้งจังหวัด ซึ่งพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดสระแก้ว มีทั้งข้าว พืชไร่ ไม้ผลไม้ยืนต้น ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ เนื่องจากมีทั้งพื้นที่ดอน พื้นที่ราบเชิงเขา และพื้นที่ราบกลุ่ม พืชเศรษฐกิจที่สำคัญได้แก่ (สำนักงานพาณิชย์จังหวัดสระแก้ว, 2562)

2.3.1 ข้าว มีพื้นที่ปลูก 678,000 ไร่ ผลผลิตรวม 265,332 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 391 กิโลกรัมต่อไร่ มักจะปลูกมากในเขตพื้นที่อำเภอวัฒนานคร อรัญประเทศ เมือง ตาพระยา กิ่งโคกสูง เขาฉกรรจ์ โดยปลูกเดือนพฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม และเก็บเกี่ยวเดือนพฤศจิกายน ธันวาคม พันธุ์ที่นิยมปลูกส่วนใหญ่จะปลูกพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 ขาวตาแห้ง เหลืองประทิว ปทุมธานี คลองหลวง กข 15, กข 6ราคาที่เกษตรกรขายได้เฉลี่ย 4.90 บาทต่อกิโลกรัม

2.3.2 ข้าวโพด มีพื้นที่ปลูก 97,595 ไร่ เนื้อที่เก็บเกี่ยว 95,504 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 670 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกมากในเขตพื้นที่อำเภอเขาฉกรรจ์ คลองหาด วังสมบูรณ์ วังน้ำเย็น และเมืองสระแก้ว เพาะปลูก ในเดือนมีนาคม เมษายน พฤษภาคม และเก็บเกี่ยว เดือนกรกฎาคม สิงหาคม กันยายน พันธุ์ที่ปลูก ส่วนใหญ่ปลูกพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว ราคาที่เกษตรกรขายฝักสดได้เฉลี่ย 2.20 - 2.60 บาทต่อกิโลกรัม

2.3.3 มันสำปะหลัง มีพื้นที่ปลูก 377,358 ไร่ ผลผลิตรวม 1,396,602 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 3,701 กิโลกรัมต่อไร่ จะปลูกมากในเขตพื้นที่อำเภอเมือง กิ่งวังสมบูรณ์ วัฒนานคร คลองหาด เขาฉกรรจ์ อรัญประเทศ ตาพระยา โดยจะปลูกเดือนตุลาคม - พฤศจิกายน และมีนาคม – เมษายน และเก็บเกี่ยวเดือน กันยายน - ตุลาคม และมกราคม - กุมภาพันธ์ พันธุ์ที่ปลูก ส่วนใหญ่ปลูกพันธุ์ระยอง 5, ระยอง 90, เกษตรศาสตร์ 50 ส่วนราคาที่เกษตรกรขายได้ เฉลี่ย 1.02 บาทต่อกิโลกรัม

2.3.4 อ้อย มีพื้นที่ปลูก 209,241 ไร่ ผลผลิตรวม 2,268,631 ตัน มักจะปลูกมากในเขตพื้นที่ กิ่งอำเภอวังสมบูรณ์ อ.คลองหาด อ.ตาพระยา อ.วัฒนานคร อ.อรัญประเทศ อ.เขาฉกรรจ์ โดยปลูกเดือนพฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม และเก็บเกี่ยวเดือนธันวาคม มกราคม กุมภาพันธ์ พันธุ์ที่ปลูก ส่วนใหญ่ปลูกพันธุ์ K84 - 200, อู่ทอง 3, มากอส โดยราคาที่เกษตรกรขายได้ เฉลี่ย 600 บาทต่อตัน

2.3.5 ถั่วเหลือง มีพื้นที่ปลูก 63,470 ไร่ ผลผลิตรวม 23,167 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 365 กิโลกรัมต่อไร่ปลูกมากในเขตพื้นที่กิ่งอำเภอวังสมบูรณ์ อำเภอเขาฉกรรจ์ คลองหาด วัฒนานคร วังน้ำเย็น โดยปลูกเดือน มิถุนายน กรกฎาคม และเก็บเกี่ยวเดือน ตุลาคม พฤศจิกายน พันธุ์ที่นิยมปลูกส่วนใหญ่ปลูกพันธุ์ เชียงใหม่ 60 และราคาที่เกษตรกรขายได้ เฉลี่ย 9 - 10 บาทต่อกิโลกรัม

2.3.6 มะม่วง มีพื้นที่ปลูก 40,659 ไร่ พื้นที่ให้ผลแล้ว 33,785 ไร่ ผลผลิตรวม 50,205 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 1,486 กิโลกรัมต่อไร่ จะปลูกมากในอำเภอเขาฉกรรจ์ วังน้ำเย็น วัฒนานคร อรัญประเทศ กิ่งวังสมบูรณ์ และอำเภอเมือง ฤดูเก็บเกี่ยวเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคม พันธุ์ที่นิยมปลูก ได้แก่ พันธุ์ แก้ว พิมเสน อกร่อง น้ำดอกไม้ เขียวเสวย โชคอนันต์ ฟ้าลั่น ราคาที่เกษตรกรขายได้ เฉลี่ย 2 - 3 บาทต่อกิโลกรัม

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

2.3.7 ขนุน มีพื้นที่ปลูก 10,101 ไร่ พื้นที่ให้ผล 8,203 ไร่ ผลผลิตรวม 32,517 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 3,964 กิโลกรัมต่อไร่ โดยปลูกมากในอำเภอวัฒนานคร คลองหาด วังน้ำเย็น อรัญประเทศ เขาฉกรรจ์ฤดูเก็บเกี่ยวเดือน พฤษภาคม มิถุนายน นิยมปลูกพันธุ์ ทองสุดใจ เหรียญทอง เหลืองบางเตย ราคาที่เกษตรกรขายได้ เฉลี่ย 1 บาทต่อกิโลกรัม

2.3.8 ส้มโอ มีพื้นที่ปลูก 4,980 ไร่ พื้นที่ให้ผล 2,522 ไร่ ผลผลิตรวม 1,960 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 777 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกมากในอำเภออรัญประเทศ วัฒนานคร เขาฉกรรจ์ คลองหาด เมือง จะเก็บเกี่ยวเดือน พฤษภาคม มิถุนายน พันธุ์ที่นิยมปลูก ทองดี ทองน้ำผึ้ง ส่วนราคาที่เกษตรกรขายได้ 20-30 บาทต่อกิโลกรัม

2.3.9 กระท้อน พื้นที่ปลูก 2,929 ไร่ พื้นที่ให้ผล 2,450 ไร่ ผลผลิตรวม 2,154 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 879 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกมากในอำเภอเมือง วัฒนานคร คลองหาด วังน้ำเย็น อรัญประเทศ จะเก็บเกี่ยวในเดือนพฤษภาคม - มิถุนายน พันธุ์ที่นิยมปลูก อีล่า (ปุยฝ้าย) ทับทิม ราคาที่เกษตรกรขายได้ 20-30 บาทต่อกิโลกรัม

2.3.10 ไผ่ตง มีพื้นที่ปลูก 3,970 ไร่ พื้นที่ให้ผล 2,379 ไร่ ผลผลิตรวม 3,554 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 1,494 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกมากในอำเภอเมือง วังน้ำเย็น วัฒนานคร เขาฉกรรจ์ และเก็บเกี่ยวเดือนสิงหาคม - กันยายน โดยพันธุ์ที่นิยมปลูก ไผ่ตงเขียว พันธุ์เบา ราคาที่เกษตรกรขายได้ 3-5 บาทต่อกิโลกรัม

2.3.11 ลำไย มีพื้นที่ปลูก 21,069 ไร่ ปริมาณผลผลิต 13,845 ตันต่อปี ผลผลิตเฉลี่ย 1,521 กิโลกรัมต่อไร่ มักจะปลูกมากใน อ.วังน้ำเย็น วังสมบูรณ์ คลองหาด เก็บเกี่ยวเดือนธันวาคมถึงมกราคม พันธุ์ที่ปลูก พันธ์อีดอ ราคาที่เกษตรกรขายได้ 35 - 40 บาทต่อกิโลกรัม

2.4 การปรับใช้เทคโนโลยีสำหรับเกษตรกร

เทคโนโลยีที่จะทำให้เกษตรยอมรับนั้นต้องเป็นเทคโนโลยีมีคุณค่า มีความสอดคล้องกับชุมชน ไม่มีความซับซ้อน สามารถทดลองปฏิบัติได้และมีผลเชิงประจักษ์ แต่ในสภาพจริงนั้น เทคโนโลยีที่นำไปถ่ายทอดแก่เกษตรกรบางอย่างยังไม่มีคุณลักษณะต่าง ๆ ดังกล่าว ที่ไม่มีการกลไกที่ดีสำหรับการทดสอบ และการปรับแต่งให้เหมาะสมก่อนที่จะนำไปส่งเสริม จึงเป็นปัญหาการยอมรับของเกษตรกร ฉะนั้น เมื่อมีการพัฒนาเทคโนโลยีแล้วจะต้องมีการปรับแต่ง(adaptation) และการประเมินเพื่อยืนยันการนำไปถ่ายถอดจะช่วยลดปัญหาต่าง ๆ ลงได้ โดยทั่วไปจะปรับแต่เทคโนโลยีใหม่ตามแนวทางดังต่อไปนี้ (สิน พันธุ์พินิจ, 2544)

ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์สภาวการณ์ของเกษตรกรในพื้นที่เป้าหมาย เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรจะต้องศึกษาข้อมูลพื้นฐานด้านกายภาพของท้องถิ่น เช่น สภาพพื้นที่ประเภทของดิน อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน โอกาสทำงานนอกภาคเกษตรของเกษตรกร ตลาดน้ำชลประทาน ลักษณะเครือญาติหรือเผ่าพันธุ์ของเกษตรกร

ขั้นที่ 2 การวางแผนและออกแบบการปรับแต่งเทคโนโลยี นำข้อมูลด้านกายภาพและด้านอื่น ๆ ที่เจ้าหน้าที่ส่งเสริมวิเคราะห์ในขั้นที่ 1 แล้ว มาวางแผนและออกแบบการปรับแต่งเทคโนโลยีโดยนักวิจัยหรือนักวิชาการทำการทดลองในสถานีทดลองหรืออาจทำการทดลองในไร่นาของเกษตรกรโดยตรง ขั้นตอนนี้เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรจะต้องกำหนดกลุ่มเกษตรกรเป้าหมายตามแผน

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

กิจกรรมการดำเนินงานในไร่นา โดยพิจารณาเลือกกิจกรรมและวิธีการที่เหมาะสม และจัดทำแผนทดลองในไร่นาของเกษตรกร

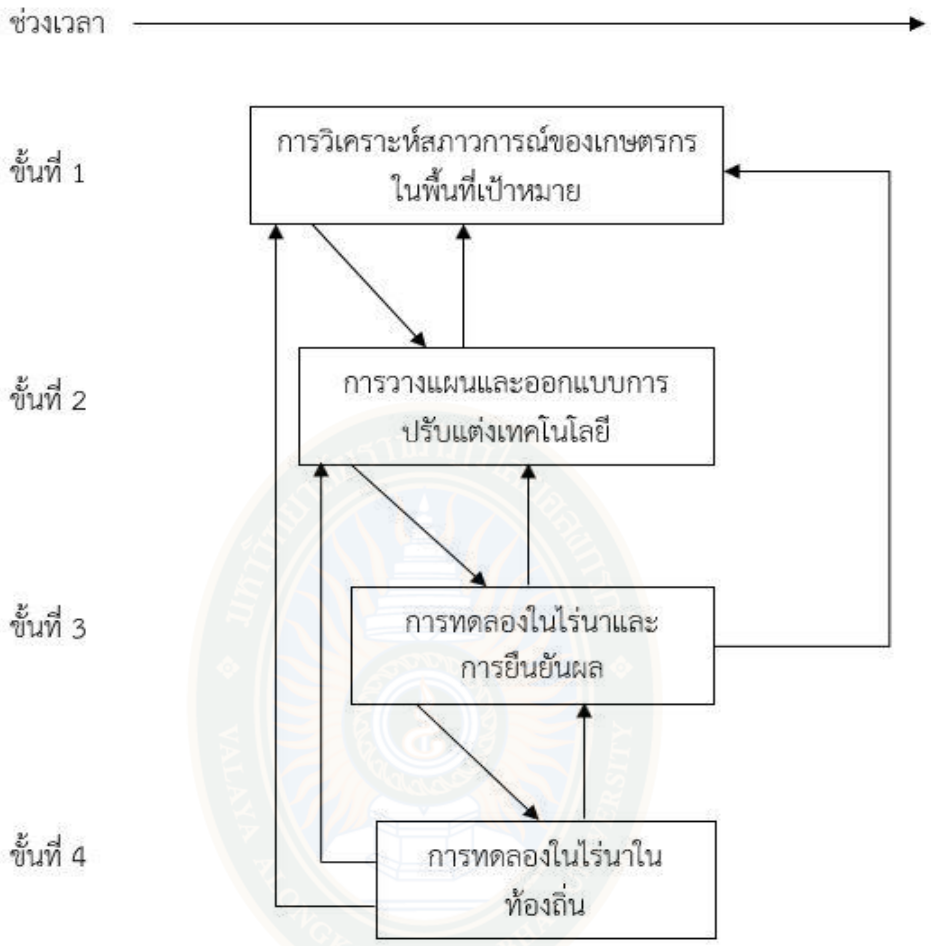
ขั้นที่ 3 การทดลองในไร่นาและการยืนยันผล เป็นขั้นตอนลงมือทำการทดสอบและยืนยันผลการทดลองตามแผนในขั้นที่ 2 โดยทั่วไปแล้วเราจะวางแผนทดลองในไร่นาของเกษตรกร เลือกวิธีการวิจัยที่เหมาะสม นักวิจัยต้องจัดการทดลองเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกรแต่ละกลุ่ม เจ้าหน้าที่ส่งเสริมจะมีบทบาทสำคัญที่จะต้องจำแนกและยืนยันเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกร และเกษตรกรเองก็ต้องปฏิบัติและทดสอบเทคโนโลยีใหม่ในไร่นาด้วย

ขั้นที่ 4 การทดลองในไร่นาและการถ่ายทอด หลังจากได้ทดสอบในไร่นาเฉพาะแห่งและตรวจสอบเพื่อยืนยันผลการทดลองแล้ว ก็จะทราบปริมาณผลผลิตจากการทดลอง ซึ่งเกษตรกรเองก็สามารถนำการทดลองในทำนองเดียวกันนี้ไปปฏิบัติในพื้นที่เป้าหมายอื่น ๆ ในท้องถิ่นเพิ่มขึ้นเพื่อการทดสอบผลอีก ซึ่งเจ้าหน้าที่ส่งเสริมก็สามารถดำเนินการเองได้ และนำผลการทดลองในแต่ละพื้นที่ตามความเหมาะสมของเทคโนโลยี แล้วลงมือทำการทดลองและประเมินผลเทคโนโลยีตามข้อมูลผลผลิต

จะเห็นว่าช่วงเวลาการดำเนินการคาบเกี่ยวกัน ซึ่งหมายความว่า ถ้าเราได้ข้อมูลจากขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งแล้ว เราก็สามารถดำเนินการในขั้นตอนต่อไปได้โดยไม่ต้องรอให้ขั้นตอนที่ดำเนินการมาก่อนสมบูรณ์ แต่เมื่อพบว่าขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งไม่ถูกต้อง ก็ต้องกลับไปทำใหม่หรือ ถ้าหากการทดลองในไร่นาอาจไม่ได้ผลเป็นที่น่าพอใจเราควรจะวิเคราะห์สภาวการณ์ของเกษตรกรในพื้นที่เป้าหมาย วางแผนและออกแบบปรับแต่เทคโนโลยีใหม่ ตามภาพที่ 5

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

GRAD VRU

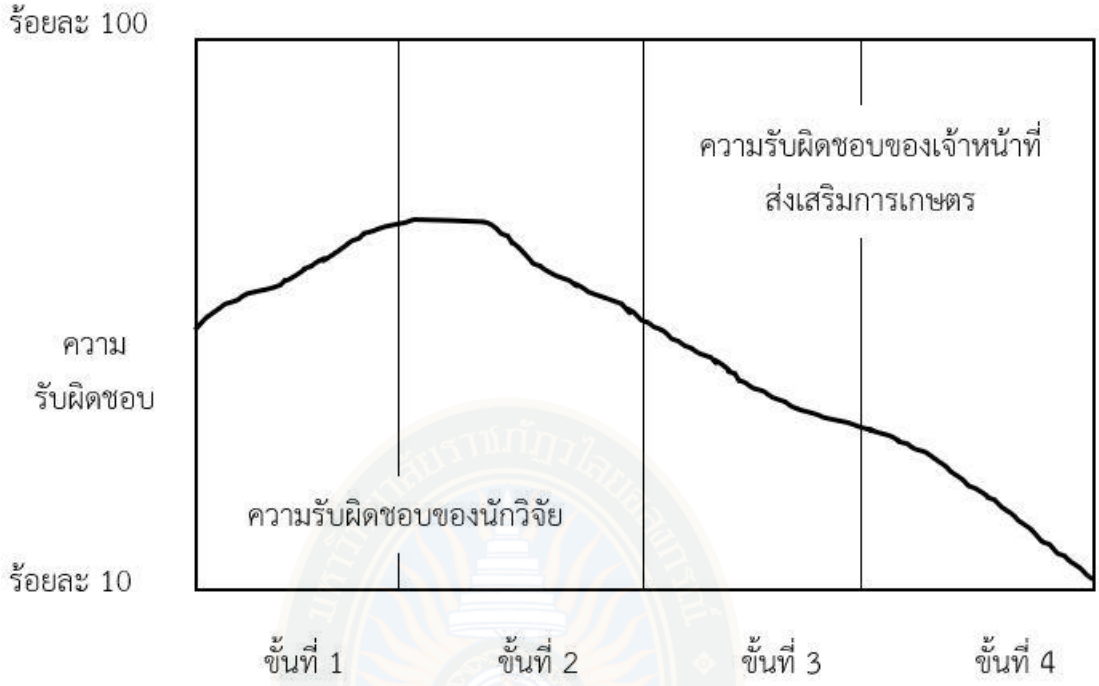


ภาพที่ 5 ขั้นตอนการปรับแต่งและการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร
ที่มา : สิน พันธุ์พินิจ (2544)

จากแนวทางการปรับแต่งและถ่ายทอดเทคโนโลยีใหม่แก่เกษตรกรดังกล่าวแล้ว เจ้าหน้าที่ส่งเสริมมการเกษตรจะเป็นสื่อกลางเชื่อมโยงระหว่างนักวิจัยกับเกษตรกรจากนั้นขั้นตอนหนึ่งจะไปสู่ขั้นตอนหนึ่ง ตามภาพที่ 5 นักวิจัยจะรับผิดชอบมากในขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 ส่วนเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรจะรับผิดชอบมากในขั้นที่ 3 และลดน้อยลงในขั้นที่ 4

GRAD VRU

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45



ภาพที่ 6 การจำแนกความรับผิดชอบของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรและนักวิจัยในการปรับแต่งเทคโนโลยี
ที่มา : สิน พันธุ์พินิจ (2544)

2.5 อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง

อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง หรือที่เรียกกันว่าอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ Internet of Things (IoT) คือ เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตที่เชื่อมอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ รถยนต์ ตู้เย็น โทรทัศน์ และอื่น ๆ เข้าไว้ด้วยกัน โดยเครื่องมือต่าง ๆ จะสามารถเชื่อมโยงและสื่อสารกันได้โดยผ่านระบบอินเตอร์เน็ต จากการคาดการณ์ ในปี พ.ศ. 2563 สิ่งต่าง ๆ กว่าแสนล้านชิ้นจะสามารถเชื่อมต่อกันได้ด้วยระบบ IoT ผู้บริโภคทั่วไปจะเริ่มคุ้นเคยกับเทคโนโลยีที่ทำให้พวกเขา สามารถควบคุมสิ่งของต่าง ๆ ทั้งจากในบ้าน และสำนักงานหรือจากที่ไหนก็ได้ เช่น การควบคุมอุณหภูมิภายในบ้าน การเปิดปิดไฟ ไปจนถึงการสั่งให้เครื่องทำกาแฟ เริ่มต้มกาแฟ แต่อย่างไรก็ตามยังมีเทคโนโลยีอื่น ๆ ที่จำเป็นจะต้องถูกพัฒนาก่อนที่ IoT จะเป็นความจริงขึ้นมา เช่น ระบบตรวจจับต่าง ๆ (censors) รูปแบบการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ และระบบที่ฝังตัวอยู่ในคอมพิวเตอร์ แต่ขณะนี้บริษัทใหญ่ๆ อย่าง Microsoft และ Cisco ก็หันมาให้ความสนใจกับเทคโนโลยีนี้ และในปี 2556 เทคโนโลยี IoT ถูกพูดถึงกันมากขึ้น และมีการทำวิจัยและพัฒนาเพื่อทำให้ IoT สามารถนำมาใช้ได้จริงมากขึ้น (ศสิมาภรณ์ มงคลพิทักษ์, 2559)

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

2.5.1 ความเป็นมาและนิยามของอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง

Kevin Ashton ผู้ก่อตั้งศูนย์ Auto-ID ณ มหาวิทยาลัย Massachusetts Institute of Technology เป็นผู้บัญญัติศัพท์ Internet of Things (IoT) ในปี ค.ศ.1999 ในบริบทของการนำมาใช้ในการบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทานและให้ความหมายของ IoT คือการที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สามารถเชื่อมต่อและสื่อสารกันได้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยอาศัยเซ็นเซอร์ในการสื่อสาร

Internet of Things หมายถึง เทคโนโลยีที่ก่อให้เกิดการเชื่อมโยงกันของสิ่งของ ผู้คน ข้อมูล และการบริการเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ปัจจัยสำคัญในการทำให้เกิด IoT (Internet of Things) ได้คือ การบรรจุอุปกรณ์สมองกลฝังตัวหรือ embedded system device เข้าไปในสิ่งของเครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ มีตัวตรวจจับหรือเซ็นเซอร์เพื่อตรวจวัดค่าที่สนใจ เพื่อส่งต่อมายังส่วนประมวลผลกลางและฐานข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต หรือเรียกว่า คลาวด์เซิร์ฟเวอร์ (cloud server) ด้วยการนำอุปกรณ์สมองกลฝังตัวบรรจุลงในสิ่งของต่าง ๆ จึงทำให้สิ่งของเหล่านั้นทำงานในแบบอัจฉริยะได้ อุปกรณ์เครื่องใช้ต่าง ๆ ในบ้าน ในโรงงาน ในที่ทำงาน ในยานพาหนะ ล้วนแล้วแต่ใช้ระบบสมองกลฝังตัวมากขึ้น ทำให้มันทำงานได้ด้วยตัวเอง และรวมเข้าเป็นส่วนหนึ่งของระบบใหญ่เกิดการเชื่อมโยงการทำงานเป็นระบบได้ การทำให้สิ่งของ ทำงานร่วมกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จึงทำให้เกิดนิยามของเทคโนโลยีนี้ขึ้น Internet of Things หรือ IoT เป็นการขยายขอบเขตการทำงานของอินเทอร์เน็ตให้กว้างและลึกลงไปถึงการเชื่อมต่อเพื่อสื่อสารข้อมูลกับสิ่งของ ทำให้เกิดการรับส่งข้อมูลและตอบสนองในแบบทุกที่ ทุกเวลา และทุกสิ่งของได้ในที่สุด

ในปัจจุบันมีบริษัทชั้นนำของโลกได้ทำการสร้างนวัตกรรมทางด้านการติดต่อสื่อสาร เช่น Google ได้ทำการพัฒนาแว่นตา Google Glasses ที่สามารถแจ้งเตือนนัดหมาย แนะนำเส้นทางและข้อมูลการเดินทางที่เหมาะสมได้เพียงแค่ผู้ใช้สวมใส่แว่นตาและออกคำสั่งกับอุปกรณ์ชิ้นนั้น แล้วผลลัพธ์จะแสดงผ่านเลนส์ของแว่นตานั่นเอง บริษัท Apple ทำการพัฒนานาฬิกาข้อมือ Apple watch ที่สามารถตรวจสอบจานวนก้าวในการเดิน วิ่ง ระยะทาง ตลอดจนวิเคราะห์สุขภาพจากโปรแกรมด้านสุขภาพและเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับการแนะนำวิธีการออกกาลังกายที่เหมาะสมให้แก่ผู้สวมใส่ได้

2.5.2 องค์ประกอบของอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง

1) Sensor สำหรับเป็นหน่วยรับข้อมูล ซึ่งอาจจะติดตั้งเพิ่มเติมในผลิตภัณฑ์ที่เคยมีอยู่แล้วหรือเป็นผลิตภัณฑ์ชิ้นใหม่ที่เพิ่งเกิดมาในโลกยุค Internet of Things เลยก็ได้

2) การเชื่อมต่อเครือข่าย เพื่อให้ Sensor สามารถส่งข้อมูลไปยังระบบประมวลผลได้อาจจะเป็นเครือข่ายภายใน หรือใช้เครือข่ายสาธารณะก็ได้เช่นกัน

3) ระบบประมวลผล สำหรับรับข้อมูลจาก Sensor ชนิดเดียวกันหลาย ๆ ตัว หรือหลาย ๆ ชนิดหลาย ๆ ตัวก็ได้ เพื่อนำมาประมวลผล และส่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลให้กับผู้ใช้งาน หรือส่งคำสั่งไปยังอุปกรณ์ใด ๆ ก็ตาม Big Data Analytics และ Cloud ก็เป็นอีกเทคโนโลยีที่เข้ามามีบทบาทในส่วนนี้เป็นอย่างมาก

4) ระบบบริหารจัดการ สำหรับการเพิ่มอุปกรณ์ Sensor และระบบประมวลผลเข้ามาภายในระบบ Internet of Things และการติดตามการทำงาน การดูแลรักษา และการกำหนด

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ค่าต่าง ๆ ของทุก ๆ ส่วน ซึ่งบางครั้งระบบบริหารจัดการนี้ก็จะถูกรวมอยู่เข้ากับระบบประมวลผลเลยก็ได้เช่นกัน

5) อุปกรณ์อื่น ๆ เช่น อุปกรณ์ที่ไม่ได้ทำหน้าที่เป็น Sensor แต่ทำการรับคำสั่งจากระบบประมวลผล เป็นต้น (ต่วนนูรีซันน์ สุริยะ, 2559)

ศิริวรรณ เอี่ยมบัณฑิต (2557) ได้ศึกษาระบบบ้านอัจฉริยะควบคุมด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สาย เซ็นเซอร์ และแอนดรอยด์แอพพลิเคชันภายใต้แนวคิดอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสิ่ง ซึ่งเป็นการนำตัวตรวจจับอินฟราเรด (Infrared Sensor) และ ตัวส่งสัญญาณเครือข่ายไร้สาย มาช่วยในการสั่งให้อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในห้องพักอาศัยตามที่ได้กำหนดไว้ พร้อมทั้งมีการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านแอพพลิเคชัน (Application) บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android OS) และแสดงผลค่าพลังงานไฟฟ้าและ ค่าไฟของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานไปบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android OS) ซึ่งการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ไฟฟ้ากับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android OS) จะทำการสื่อสารผ่านทางตัวส่งสัญญาณเครือข่ายไร้สาย พบว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถเปิด ปิด การทำงานได้เองตามที่ได้กำหนดไว้ตามแนวความคิดอินเตอร์เน็ตเพื่อทุกสิ่ง

ต่วนนูรีซันน์ สุริยะ (2559) ได้ศึกษาอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์กับการบริหารจัดการห้องเรียนอัจฉริยะ Internet of Things กับการบริหารจัดการห้องเรียนอัจฉริยะ เป็นแนวคิดในการพัฒนาระบบบริหารจัดการร่วมกับอุปกรณ์ต่างเพื่อเชื่อมต่อสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มศักยภาพด้านการติดต่อสื่อสาร แลกเปลี่ยนข้อมูลได้อย่างอัตโนมัติ รวมไปถึงการบริหารจัดการข้อมูล การจัดเก็บข้อมูลซึ่งอาจนำระบบ Cloud มาใช้ร่วมกับการพัฒนาระบบร่วมกันกับเทคโนโลยี IoT ต่อไป

ธีระชัย หลำเนียม (2559) ได้ศึกษาการออกแบบและประยุกต์สวนอัจฉริยะบนระบบไอโอที การออกแบบและนำเทคโนโลยี IoT หรือ Internet of Thing เข้ามาเพื่อช่วยแก้ปัญหาทางการเกษตร โดยการนำเอาอุปกรณ์ที่บันทึกข้อมูลผ่านสัญญาณระบบ GPRS เข้าสู่เครือข่ายอินเตอร์เน็ต มาประยุกต์ใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ อาทิ เครื่องวัดความเค็มของน้ำ และเครื่องวัดค่าอุณภูมิน้ำ และอุปกรณ์ตรวจวัดอื่น ๆ ในการตรวจวัดและแสดงผลเพื่อนำค่าจากการตรวจวัดไปควบคุมการจ่ายน้ำให้มีประสิทธิภาพ สามารถเฝ้ามองและควบคุมระบบได้อย่างอัตโนมัติพร้อมกันและแสดงผลด้วยอุปกรณ์สมาร์ทโฟน อาทิเช่น ค่าอุณหภูมิ ความดันของระบบการจ่ายน้ำ

2.6 วัสดุอุปกรณ์สำหรับการสั่งและการควบคุม

2.6.1 พีแอลซี

พีแอลซี หรือเครื่องควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้ หรือโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (Programmable logic Control : PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่าง ๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็นมันสมองสั่งการที่สำคัญ พีแอลซีจะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที ตัวตรวจวัดหรือสวิตช์ต่าง ๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย เราสามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปในพีแอลซี นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นเช่นเครื่องอ่านบาร์โค้ด (Barcode

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

Reader) เครื่องพิมพ์ (Printer) ซึ่งในปัจจุบันนอกจากเครื่องพีแอลซี จะใช้งานแบบเดี่ยว (Stand alone)
แล้วยังสามารถต่อพีแอลซีหลาย ๆ ตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วย จะเห็นได้ว่าการใช้งาน พีแอลซีมีความยืดหยุ่นมากดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ จึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย

พีแอลซีเป็นอุปกรณ์ชนิดโซลิดสเตต (Solid State) ที่ทำงานแบบลอจิก (Logic Functions) การออกแบบการทำงานของพีแอลซีจะคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ จากหลักการพื้นฐานแล้ว พีแอลซีจะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Solid-State Digital Logic Elements เพื่อให้ทำงานและตัดสินใจแบบลอจิก พีแอลซีใช้สำหรับควบคุมกระบวนการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรม

การใช้พีแอลซีสำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า Hard- Wired ฉะนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือลำดับการทำงานใหม่ ก็ต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ ซึ่งเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้พีแอลซีแล้ว การเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่นั้นทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น นอกจากนี้แล้วพีแอลซียังใช้ระบบโซลิดสเตต (Solid State) ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่าและสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

ในการทดลองงานวิจัยในครั้งนี้ได้เลือกใช้พีแอซี เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบการให้น้ำต้นไม้ โดยสามารถโปรแกรมให้เครื่องทำงานตามเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ผู้ใช้จะสร้างให้กับระบบ เช่น การสั่งการให้น้ำต้นไม้แบบอัตโนมัติตามเงื่อนไขของเวลา หรือการให้น้ำต้นไม้อัตโนมัติเมื่อมีความชื้นในดินต่ำกว่าค่าที่กำหนด

ภาพที่ 7 พีแอลซี
ที่มา : www.999mitsubishi.com

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

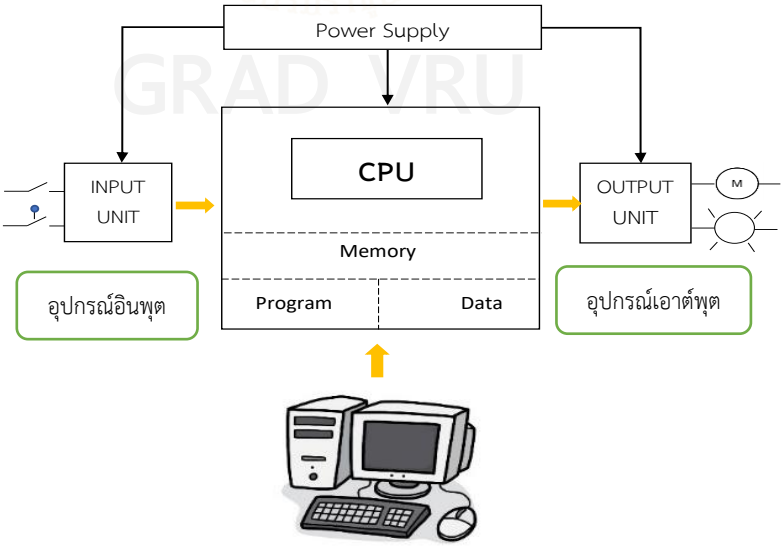
1) โครงสร้างของพีแอลซี (PLC) พีแอลซีเป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรม พีแอลซีประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ หน่วยรับข้อมูล หน่วยส่งข้อมูล และหน่วยป้อนโปรแกรม พีแอลซี ขนาดเล็กส่วนประกอบทั้งหมดของพีแอลซีจะรวมกันเป็นเครื่องเดียว แต่ถ้าเป็นขนาดใหญ่สามารถแยกออกเป็นส่วนประกอบย่อย ๆ ได้

หน่วยความจำของพีแอลซีประกอบด้วย หน่วยความจำชนิด RAM และ ROM หน่วยความจำชนิด RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของพีแอลซี ส่วน ROM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของพีแอลซีตามโปรแกรมของผู้ใช้ ROM ย่อมาจาก Read Only Memory สามารถโปรแกรมได้แต่ลบไม่ได้ ถ้าชำรุดแล้วซ่อมไม่ได้

(1) RAM (Random Access Memory) หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็ก ๆ ต่อไว้ เพื่อใช้เลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและเขียนโปรแกรมลงใน RAM ทำได้ง่ายมาก จึงเหมาะกับการใช้งานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมบ่อย ๆ

(2) EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความจำชนิด EPROM นี้จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนโปรแกรม การลบโปรแกรมทำได้โดยใช้แสงอัลตราไวโอเลตหรือตากแดดร้อน ๆ นาน ๆ มีข้อดีตรงที่โปรแกรมจะไม่สูญหายแม้ไฟดับ จึงเหมาะกับการใช้งานที่ไม่ต้องเปลี่ยนโปรแกรม

(3) EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความจำชนิดนี้ ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม โดยใช้วิธีการทางไฟฟ้าเหมือนกับ RAM นอกจากนั้นก็ไม่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่สำรองไฟเมื่อไฟดับ ราคาจะแพงกว่า แต่จะรวมคุณสมบัติที่ดีของทั้ง RAM และ EPROM เอาไว้ด้วยกัน (ฉัตรชัย ริบรวมทรัพย์, 2560)



ภาพที่ 8 โครงสร้างของพีแอลซี

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ศสิมาภรณ์ มงคลพิทักษ์ (2559) ศึกษาเกี่ยวกับระบบควบคุมอัตโนมัติที่สามารถตรวจสอบการทำงาน และติดตามสภาพแวดล้อมเพื่อการเกษตรผ่านอินเทอร์เน็ต (Internet) โดยมีตัวควบคุมแบบตรรกะที่โปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller) ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมซึ่งจะรับข้อมูลจากตัวเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและเซนเซอร์วัดความชื้น และยังทำหน้าที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัวสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานระยะไกล แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีผู้ปฏิบัติงานอยู่บริเวณพื้นที่เพาะปลูก และผู้ปฏิบัติงานยังสามารถใช้สมาร์ทดีไวซ์ผ่านไอพีคาเมร่า (IP Camera) เพื่อตรวจสอบความผิดปกติและการเจริญเติบโตของพืชได้อีกด้วย

สมคิด ลีลาชนะชัยพงษ์ พิพักษ์ สถิตวรรธนะ และสลักจิตร นิลบวร (2554) ศึกษาเกี่ยวกับระบบควบคุมแบบลำดับที่โปรแกรมได้ขนาดเล็กโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เป็นหน่วยประมวลผล มีภาคสัญญาณด้านเข้า 4 ช่องและภาคสัญญาณด้านออก 5 ช่อง เขียนคำสั่งควบคุมโดยใช้คำสั่งแบบขั้นบันไดที่ได้พัฒนาขึ้น จากการผลการทดลองใช้งานพบว่าสามารถทำงานได้ดี ซึ่งสามารถนำระบบดังกล่าวไปใช้ในงานควบคุมขนาดเล็ก เช่น อุตสาหกรรมในครัวเรือน

2.6.2 เอชเอ็มไอ (HMI)

HMI ย่อมาจาก (Human Machine Interface) คือแบบจำลองกระบวนการทำงานต่าง ๆ เป็นระบบที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นสื่อกลางในการรับ ส่งข้อมูลระหว่างผู้ใช้กับระบบอัตโนมัติ เพื่อแสดงผลในกระบวนการนั้น ๆ ให้ผู้ใช้เข้าใจและเห็นการทำงานของกระบวนการในขณะนั้นได้โดยดูแบบจำลองอุปกรณ์ต่าง ๆ ในหน้าจอของโปรแกรม ที่สร้างขึ้นคล้ายกับอุปกรณ์ของจริงตามกระบวนการให้มากที่สุด เพื่อให้สามารถเข้าใจ และใช้งานได้ง่าย เช่น การสร้างภาพเสมือนจริงเกี่ยวกับกระบวนการในการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งจะมีโปรแกรมในการเขียนหลากหลาย เช่น Wonderware, Touch Scree, Lab View, Easy Builder 8000 (วชิรวิทย์ สาเลิศ และวรพล กันทะษา, 2557)

1) เอชเอ็มไอ โปรแกรมมิง (HMI Programming) คือ การใช้งานร่วมกันระหว่าง PLC Programming กับเครื่องคอมพิวเตอร์ จึงเรียกว่า (HMI : Human Machine Interface) โดยนำคอมพิวเตอร์มาเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดต่อระหว่างเครื่องใช้งานกับเครื่องจักรเพื่อควบคุมและเป็นจอแสดงผล HMI รวมไปถึง SCADA เกิดจากความต้องการของผู้ใช้งานที่ต้องการเข้าไปควบคุมระบบที่พีแอลซี (PLC) เป็นตัวควบคุมอยู่โดย HMI นั้นจะเป็นการนำข้อมูลจากพีแอลซี (PLC) ส่งผ่านโครงข่ายของการสื่อสารแบบต่าง ๆ และทำการรวบรวมข้อมูล ในรูปแบบต่าง ๆ เข้าด้วยกันและสามารถสงการได้โดยผู้เชี่ยวชาญงานอุตสาหกรรมในปัจจุบันเกือบทุกประเภทจะมีระบบควบคุมอัตโนมัติที่ใช้พีแอลซี (PLC) เป็นตัวควบคุมและจะต้องใช้งานร่วมกันกับ HMI โดยใช้ HMI เป็นตัวสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานกับระบบ Module พีแอลซี (PLC) หรือ จอแสดงผลต่าง ๆ โดยให้พีแอลซี (PLC) สั่งงานไปเครื่องจักรอีกที่เพื่อนำไปใช้งานกับเครื่องจักรต่าง ๆ ในไลน์ผลิตโดยที่ทาง Energy Scope เลือกใช้ HMI ที่เชื่อมต่อกับพีแอลซี (PLC) ต่าง ๆ ทุกยี่ห้อผ่านทาง Digital Communication Ports(RS485, RS232, MODBUS, PROFIBUS, ETHERNET) และสามารถเชื่อมต่อกับพอร์ต USB ได้โดยตรง ทำให้สะดวกในการใช้งานมากขึ้น

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

2) คุณสมบัติของ HMI ในส่วนของฮาร์ดแวร์

(1) การสื่อสาร (Communicate) สามารถสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์อื่น ๆ ในลักษณะแบบดิจิตอล โดยมีรูปแบบของสัญญาณให้เลือกหลายแบบและสามารถสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ทุกยี่ห้อได้อย่างมีประสิทธิภาพสามารถต่อได้ทั้งอุปกรณ์พีแอลซี (PLC) , Meter, Controller และอีกมากมายตามการใช้งานประเภทต่าง ๆ โดยอุปกรณ์ HMI เพียงตัวเดียวก็สามารถควบคุม หรืออ่านค่าตัวอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์อื่น ๆ ที่ต่อเชื่อมอยู่ได้อย่างง่ายดาย ผ่านการเชื่อมต่อทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต, LAN หรือ Wireless

(2) การเก็บค่า (Collect) สามารถเก็บข้อมูลกระบวนการผลิตต่าง ๆ ในรูปแบบไฟล์ Excel รวมไปถึงการเข้าถึงข้อมูล(Data logger) ผ่านทางเว็บบราวเซอร์ได้อย่างง่ายดาย ทำให้สะดวกในการทราบข้อมูล แม้ไม่ได้อยู่ในหน้างานไลน์ผลิต

(3) การเชื่อมต่อ (Connect) สามารถอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานในการดูค่าหรือควบคุมกระบวนการผลิตจากระยะไกล โดยการเชื่อมต่อผ่านมือถือหรือแท็บเล็ต ใช้เว็บบราวเซอร์มาตรฐานตัวใดก็ได้ในการดูค่าหรือควบคุม โดยหน้าจอแสดงผลโชว์ หน้าตาเสมือนว่าอยู่ตรงหน้าสามารถส่งข้อความ SMS หรืออีเมลแจ้งเตือนให้กับบุคคลที่เกี่ยวข้อง สามรถดูค่าที่หน้าจอ, ค่าที่บันทึกไว้ใน Memory Card หรือควบคุมแก้ไขเปลี่ยนค่าได้แม้ไม่ได้อยู่ที่หน้างาน

ในการทดลองจะใช้จอทัชสกีนเป็นตัวแสดงผลและสามารถป้อนคำสั่ง Input เพื่อสั่งการเปิดและปิดอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยจอที่เลือกใช้เป็นทัชสกรีนสำหรับงานอุตสาหกรรม สามารถต่อพ่วงเข้ากับ PLC ได้โดยตรงหลายยี่ห้อ และอื่น ๆ อีกมากมาย โดยมีพอร์ต DB9 แบบ Multi Function สามารถต่อได้แบบ RS232,RS422,RS485 พร้อมโปรแกรมการออกแบบหน้าจอที่ใช้งานง่าย มี Libray ให้ใช้งานสามารถออกแบบได้โดยง่าย รวดเร็ว และสวยงาม พร้อมฟังก์ชัน ใช้งาน HMI ครบครัน สามารถ Download หน้าจอที่ออกแบบไว้ผ่าน USB สะดวก รวดเร็ว รองรับภาษาไทย

ภาพที่ 9 จอทัชสกรีน
ที่มา : www.samkoon.com.cn

สำหรับจอทัชสกรีนที่เลือกใช้ สามารถดาวน์โหลด (Download) หน้าจอได้ทางไวไฟ (Wi-Fi) ซึ่งสามารถจะมอนิเตอร์ หรือสั่งการผ่านหน้าจอที่เชื่อต่อกับ โทรศัพท์มือถือ แท็ปเล็ต คอมพิวเตอร์ หรือคอมพิวเตอร์พกพาได้ ซึ่งจะสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายมากขึ้น

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

วชิรวิทย์ สาเลิศ และวรพล กันทะษา (2557) ได้ศึกษาระบบควบคุมอัตโนมัติแบบ HMI โดยจะทำการศึกษาออกแบบและติดตั้งระบบจำลองนี้ขึ้นมา อีกทั้งเพื่อให้สอดคล้องกับงานทดลองในส่วนของ พีแอลซี (PLC) ในวิชาปฏิบัติการระบบควบคุม จึงได้ทำการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติแบบ HMI มา 3 ระบบคือการออกแบบการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส การออกแบบการสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส แบบ สตาร์ ต่อเดลต้า, การออกแบบการควบคุมระบบสายพานลำเลียง โดยใช้โปรแกรม CX-ONE ในการเขียน Ladder Diagram และใช้โปรแกรม Easy Builder 8000 เป็นสื่อกลางในการสื่อสารและเชื่อมต่อ พีแอลซี (PLC) OMRON เข้ากับหน้าจอทัชสกรีนรุ่น MT6050iP โดยการควบคุมระบบ รวมถึงการสั่งการต่าง ๆ ในระบบควบคุมอัตโนมัติแบบ HMI นั้น ตัวผู้ควบคุมจะสั่งการและควบคุมการทำงานของระบบอัตโนมัตินี้ผ่านทางหน้าจอทัชสกรีนโดยตรง ทั้งนี้ตัวผู้ควบคุมจะเกิดความสะดวกสบาย และง่ายในการควบคุมระบบหรือจะสั่งการการทำงานต่าง ๆ ของอินพุตต่อเอาต์พุตในระบบควบคุมอัตโนมัติแบบ HMI อีกด้วย

2.6.3 อุปกรณ์กระจายสัญญาณอินเตอร์เน็ตแบบใส่ซิม

มีหน้าที่ปล่อยสัญญาณ Wi-Fi ให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยเฉพาะ จุดเด่นคือสามารถใช้งานเป็น 4G LTE Modem-Router รองรับซิมการ์ดได้ทุกเครือข่าย เพียงแค่ใส่ซิมเปิดเครื่อง ก็พร้อมใช้งานใช้งานได้เลย ไม่ต้องตั้งค่าใด ๆ รองรับการเชื่อมต่อสัญญาณ Wi-Fi ได้หลากหลายอุปกรณ์ไม่ว่าจะเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ โน๊ตบุ๊ค โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต รวมไปถึงอุปกรณ์อื่น ๆ อีกมากมาย อุปกรณ์ปล่อยสัญญาณอินเตอร์เน็ตแบบใส่ซิมจึงเหมาะสำหรับนักเรียนหรือนักศึกษา ซื้อมาติดที่หอพักเพื่อใช้เน็ต 4G LTE แบบส่วนตัว และยังเหมาะสำหรับคนที่ชอบทำงานข้างนอก จะพกไปช่วยปล่อยสัญญาณเน็ตแทนสมาร์ทโฟนหรือ Pocket Wi-Fi ก็ได้เช่นกัน

ภาพที่ 10 อุปกรณ์ปล่อยสัญญาณอินเตอร์เน็ตแบบใส่ซิม

2.7 การวัดความชื้นในดิน

ความชื้นของดินประกอบด้วย 2 สถานะ คือ สถานะที่เป็นของเหลว เรียกว่า น้ำในดิน และสถานะที่เป็นก๊าซ เรียกว่า ไอน้ำในดิน ในประเทศที่มีอากาศหนาวจัดความชื้นของดินอาจจะอยู่ในรูปน้ำแข็ง ส่วนประเทศในเขตร้อนส่วนใหญ่น้ำในดินจะอยู่ในรูปของของเหลว ดังนั้นความชื้นของดินกับน้ำในดิน จึงมีความหมายเดียวกัน คือส่วนที่อยู่ในสถานะที่เป็นของเหลว ถ้าในส่วนของช่องว่างในดินมี

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

น้ำอยู่เต็มไม่มีก๊าซอยู่เลยเรียกว่า ดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated soil) แต่ถ้าในช่องว่างของดินมีทั้งน้ำและก๊าซอยู่ด้วยเรียกว่า ดินที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated soil) ดังนั้นดินที่ใช้ในการทำการเกษตรส่วนใหญ่คือดินที่ไม่อิ่มตัว ความชื้นในดินมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับสิ่งมีชีวิตในดินเนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของพืชและสัตว์ เพื่อใช้ในขบวนการเมทาบอลิซึม (metabolism) ต่าง ๆ พืชสามารถที่จะนำเอาธาตุอาหารไปใช้ได้ ธาตุอาหารเหล่านั้นจะต้องอยู่ในรูปของสารละลายน้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีและมีปริมาณมาก หาได้ง่ายและสะดวก นอกจากนี้น้ำยังมีความร้อนจำเพาะและความร้อนแฝงที่สูง ทำให้เปลี่ยนอุณหภูมิได้ยากทำให้น้ำในดินมีอุณหภูมิไม่สูงหรือต่ำจนเกินไป ดินจึงมีสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน ความชื้นของดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชไว้ 3 ประเภท คือความชื้นที่เป็นประโยชน์ (available moisture) คือความชื้นส่วนที่อยู่ภายใต้อำนาจดูดยึดของดินที่พืชดูดไปจากดิน ในอัตราส่วนที่ทัดเทียมกับอัตราการระเหยน้ำของพืช ความชื้นที่ไม่เป็นประโยชน์ (unavailable moisture) คือความชื้นส่วนที่ดินดูดยึดไว้ด้วยพลังงานที่มากกว่าที่จะให้พืชดูดไปใช้ในอัตราที่ทัดเทียมกับอัตราการระเหยน้ำของพืชได้และความชื้นเกินจำเป็น (superfluous moisture) คือความชื้นส่วนที่เกินอำนาจดูดยึดตามปกติของดิน ซึ่งโดยปกติขังอยู่ในที่ว่างขนาดใหญ่ที่เป็นที่อยู่ของอากาศ และเมื่อมีโอกาสจะเคลื่อนพ้นบริเวณที่รากพืชลึกลงไปในหน้าตัดดิน โดยอิทธิพลแรงดึงดูดของโลก (วกร สีสัมฤทธิ์ นพดล ไชยประเสริฐ และธีรพงษ์ จันตะเสน, 2551)

2.7.1 แบบวัดแรงดึงความชื้นของดินโดยใช้ Tensiometer เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดแรงดึงความชื้นของดินที่อยู่ในสภาวะสมดุลกับน้ำในกระเปาะพรุน เมื่อรู้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นของดินและจำนวนความชื้นในดินตรงบริเวณจุดที่ตั้งเครื่องมือก็จะทราบจำนวนความชื้นในดิน ณ จุดนั้น เครื่องมือชนิดนี้ประกอบด้วยหลอดแก้วหรือท่อพลาสติกใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร และมีความยาวประมาณ 15 ถึง 180 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับความลึกของดินที่ต้องการวัดความชื้น ปลายท่อนล่างจะมีกระเปาะพรุนซึ่งมีขนาดเดียวกับหลอดแก้วยาวประมาณ 6.5 เซนติเมตร สวมอยู่ส่วนปลายท่อด้านบนจะมีฝาเกลียวซึ่งเปิดได้ บริเวณใกล้ ๆ ฝาเกลียวจะมีเกจสุญญากาศหรือหลอดแก้วรูปตัวยูบรรจุปรอท ซึ่งเรียกว่า มาโนมิเตอร์เพื่อใช้วัดค่าสุญญากาศในหลอดแก้วหลักการทำงานของ Tensiometer เมื่อเติมน้ำลงใน Tensiometer จนเต็ม และนำไปฝังลงในดินตรงจุดที่ต้องการวัดแล้ว ความชื้นในวัสดุพรุนจะปรับตัวให้อยู่ในสภาวะสมดุลกับดินที่อยู่รอบ ๆ ถ้าดินที่อยู่รอบกระเปาะพรุนแห้งกว่า คือมีแรงดึงความชื้นสูงกว่าแรงดึงความชื้นของกระเปาะพรุน น้ำจะเคลื่อนที่จากกระเปาะพรุนสู่ดินที่แห้งอยู่รอบ ๆ ทำให้เกิดสุญญากาศขึ้นภายในหลอดแก้ว ซึ่งจะอ่านค่าได้จากเกจสุญญากาศหรือมาโนมิเตอร์ ยิ่งถ้าดินแห้งมากน้ำในหลอดแก้วจะถูกดูดออกไปมาก ทำให้เกิดสุญญากาศมากขึ้น แต่ถ้าหากดินมีความชื้นสูง คือแรงดึงความชื้นของดินน้อยกว่าแรงดึงความชื้นในกระเปาะพรุน น้ำจะถูกดูดกลับเข้าไปในกระเปาะพรุนทำให้สุญญากาศในหลอดแก้วลดลง อ่านค่าในช่วง 0 ถึง 80 กิโลพาสคาล ซึ่งเป็นช่วงกำหนดความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ตารางที่ 1 ความหมายของค่าที่อ่านได้จากเกจสุญญากาศของเครื่องวัดแรงดึงความชื้น

0 - 25	หมายถึง ดินมีความชื้นประมาณที่Field Capacity ความชื้นกำลังพอเหมาะสำหรับพืชที่ต้องการความชื้นสูง
มากกว่า 25	หมายถึง พืชที่มีความรู้สึกไวต่อการขาดน้ำพืชรากตื้นพืชที่ปลูกในกระถางจะเริ่มแสดงอาการขาดน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นดินเนื้อหยาบ
40 - 50	หมายถึง พืชทั่ว ๆ ไปที่มีความลึก 50 เซนติเมตร หรือมากกว่าจะเริ่มแสดงอาการขาดน้ำถ้าเป็นดินเนื้อหยาบ
70	หมายถึง พืชที่มีรากลึก 75 เซนติเมตร หรือมากกว่าในดินเนื้อปานกลาง จะเริ่มแสดงอาการขาดน้ำ แต่ถ้าเป็นดินละเอียดหรือค่อนข้างละเอียดจะคอยต่อไปได้อีก 3-4 วันแล้วจึงให้น้ำ
80	หมายถึง ควรจะให้น้ำได้แล้วถึงแม้ว่าพืชยังไม่แสดงอาการขาดน้ำเลยก็ตาม

2.7.2 แบบวัดความต้านทาน หรือการนำไฟฟ้า เป็นวิธีการวัดคุณสมบัติการต้านทาน หรือการนำไฟฟ้าของน้ำในดิน ซึ่งน้ำที่มีอยู่ในดินจะมีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีหรือเลว โดยปริมาณของน้ำจะผันแปรโดยตรงกับค่าการนำไฟฟ้าและจะผกผันกับความต้านทานไฟฟ้า ดังนั้นเมื่อทราบค่าการนำไฟฟ้าหรือความต้านทานจากเครื่องมือวัดแล้วจะสามารถทราบปริมาณน้ำที่มีอยู่ในดินได้จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ของเครื่องมือชนิดนั้น ที่นิยมคือแท่งวัดความชื้น (moisture block) หรือแท่งยิบซั่ม (gypsum block) เครื่องมือชนิดนี้ประกอบด้วยแท่งวัตถุพรุนสำหรับให้น้ำซึมเข้าออกได้ ทำด้วยไฟเบอร์กล๊าส (fiberglass) หรือยิบซัม (gypsum) แท่งวัตถุมีขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว และมีสายไฟฟ้าต่อออกจากขั้วทั้งสองเพื่อเข้าต่อเข้ากับเครื่องวัดการใช้เครื่องมือโดยนำเอาแท่งยิบซั่มไปฝังไว้ในดินในระดับความลึกที่ต้องการและต้องฝังให้แนบสนิทกับเนื้อดิน เมื่อดินมีน้ำอยู่จะซึมเข้าไปในแท่งยิบซั่ม ถ้าดินมีความชื้นมากค่าการนำไฟฟ้าจะมาก หรือมีค่าการต้านทานน้อย การวัดสามารถวัดได้โดยการเสียบขั้วไฟฟ้าเข้ากับเครื่องอ่าน แล้วนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟเปรียบเทียบจะทำให้ทราบปริมาณของน้ำในดิน ซึ่งเป็นวิธีการวัดปริมาณน้ำที่สะดวกรวดเร็ว และนิยมใช้กันแพร่หลาย โดยเฉพาะการทดลองปลูกพืชในกระถางหรือในเรือนกระจกและในแปลงปลูก ข้อเสียของเครื่องมือชนิดนี้คือหากฝังไว้เป็นเวลานานแท่งความชื้นที่ทำจากยิบซั่มจะละลายและอาจจะเสียหายได้

2.7.3 แบบวัดการกระจายตัวของนิวตรอน คือ การที่สารกัมมันตรังสีส่งออกไปแล้วสะท้อนกลับมา นิวัตรอนที่ส่งออกไปนี้เมื่อกระทบเข้ากับไฮโดรเจน อะตอมของน้ำซึ่งอยู่ในรูปของความชื้นในดิน จะทำให้ความเร็วของนิวัตรอนที่สะท้อนกลับมานี้เปลี่ยนไปสามารถวัดและเทียบเป็นความชื้นในดินได้ เครื่องมือนี้เรียกว่าเครื่องมือวัดความชื้นด้วยนิวตรอน เครื่องมือนี้ทำเป็นกล่องหรือตู้ที่มีหัวนิวัตรอนที่สามารถต่อสายหรือหย่อนลงไปในดินทางท่ออลูมิเนียมที่ฝังไว้ในดิน หัววัดจะทำหน้าที่คือผลิตรังสีนิวตรอนที่มีพลังงาน หรือความเร็วสูงเมื่อไปชนกับโมเลกุลของน้ำแล้วจะเปลี่ยนเป็นนิวตรอนแล้วขยายสัญญาณส่งต่อไปยังเครื่องนับจำนวนบนกล่อง การชนกันของไฮโดรเจนของน้ำกับนิวตรอนเป็นการชนกันแบบ 1 : 1 จำนวนนิวตรอนที่ถูกลดพลังงานจะมีความสัมพันธ์กับโมเลกุลของน้ำในดิน

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ซึ่งปริมาณตัวเลขที่วัดได้ต้องนำไปเทียบแล้วหาปริมาณน้ำในดินจากเส้นเปรียบเทียบดินที่เตรียมไว้ล่วงหน้า (วกร สีสัมฤทธิ์ นพดล ไชยประเสริฐ และธีรพงษ์ จันตะเสน, 2551)

2.7.4 แบบนำความร้อน เซนเซอร์แบบนี้เป็นชนิดเดี่ยวที่วัดค่าความชื้นสมบูรณ์ โดยอาศัยการคำนวณความแตกต่างระหว่างค่าการนำความร้อนของอากาศแห้ง (Thermal Conductivity) กับการนำความร้อนของอากาศที่มีไอน้ำอยู่ โดยเมื่ออากาศหรือก๊าซแห้ง มันจะมีความสามารถที่จะรับความจุความร้อนสูงกว่า ยกตัวอย่างเช่น สภาวะอากาศในทะเลทราย ซึ่งจะร้อนจัดในเวลากลางวันแต่พอตกกลางคืนอากาศจะลดลงอย่างรวดเร็วซึ่งเกิดจากสภาวะบรรยากาศแห้ง เมื่อเปรียบเทียบอากาศที่มีความชื้นจะไม่เย็นลงอย่างรวดเร็วในตอนกลางคืนเพราะความร้อนยังแฝงอยู่ในไอน้ำของชั้นบรรยากาศเซนเซอร์ แบบการนำความร้อน Thermal Conductivity หรือเราอาจจะเรียกเซนเซอร์ความชื้นสมบูรณ์ (Absolute Humidity Sensor) ประกอบด้วยเทอร์มิสเตอร์ 2 ตัว ต่ออยู่ในวงจรบริดจ์โดยเทอร์มิสเตอร์ตัวหนึ่งบรรจุอยู่ในแคปซูลที่มีก๊าซไนโตรเจน และเทอร์มิสเตอร์อีกตัวหนึ่งถูกวางอยู่ในบรรยากาศ เซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity มีความทนทานสูงและทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงถึง 300 องศาเซลเซียส และยังทนต่อไอระเหยสารเคมีเป็นอย่างดีจากคุณสมบัติที่ดีของวัสดุโครงสร้างเครื่องที่ไม่มีปฏิกิริยาทางสารเคมี เช่น แก้ว สารกึ่งตัวนำที่ใช้สร้างเทอร์มิสเตอร์พลาสติกทนอุณหภูมิสูงหรืออะลูมิเนียม

2.7.5 แบบคาปาซิตีฟ เซนเซอร์แบบนี้มีโครงสร้างที่ประกอบไปด้วยชั้นฐานแผ่นฟิล์มบางที่ทำมาจากโพลีเมอร์หรือเมทัลออกไซด์ (Metal Oxide) ถูกวางอยู่ระหว่างอิเล็กโตให้ทั้งสอง โดยพื้นผิวของฟิล์มบางดังกล่าวถูกเคลือบด้วยอิเล็กโตให้โลหะแบบมีรูพรุนเพื่อป้องกันฝุ่นละอองและปัญหาจากแสงแดดเซนเซอร์แบบคาปาซิตีฟสามารถตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ในสภาพแวดล้อมได้เกือบจะเป็นเชิงเส้นหรือมีการตอบสนองได้อย่างเป็นสัดส่วน โดยเมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนไปร้อยละ 1ทำให้ค่าความจุไฟฟ้า (Capacitive) เปลี่ยนไป 0.2 ถึง 0.5 pFเซนเซอร์แบบคาปาซิตีฟถูกกำหนดให้มีคุณลักษณะเฉพาะคือค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิต่ำจึงทำให้ทำงานได้ดี แม้อุณหภูมิสูงถึง 200 องศาเซลเซียส การกลับสู่สภาวะเดิมจากสภาวะการควบแน่น และยังทนต่อไอระเหยของสารเคมีอีกด้วย ในขณะที่ช่วงเวลาการตอบสนองของเซนเซอร์ คือ 30 ถึง 60 วินาทีสำหรับการเปลี่ยนแปลงความชื้นในช่วงร้อยละ 63

2.7.6 แบบรีซีสตีฟ เซนเซอร์ความชื้นแบบความต้านทานนี้จะวัดการเปลี่ยนแปลงอิมพีแดนซ์ไฟฟ้าของตัวกลางดูดความชื้น (Hygroscopic Medium) อย่างเช่น โพลิเมอร์ เกลือหรือสารสังเคราะห์ ทั้งนี้อิมพีแดนซ์ที่เปลี่ยนจะแปรผันกับค่าความชื้นในลักษณะของกราฟเอกซ์โพเนนเชียล กลับด้านโครงสร้างของเซนเซอร์ รีซีสตีฟ (Resistive) ประกอบด้วยอิเล็กโตให้โลหะ 2 ส่วนวางอยู่บนฐานด้วยเทคนิคการวางแบบโฟโตรีซีส (Photo resist) อิเล็กโตให้อาจมีขดลวดพันรอบ Wire-wound Electrodes ใช้แกนเป็นพลาสติก หรือแท่งแก้วทรงกระบอกในส่วนของฐานนั้นถูกเคลือบด้วยเกลือ (Salt) หรือโพลีเมอร์ไฟฟ้า (Conductive Polymer) การทำงานของเซนเซอร์ก็คือดูดซับไอน้ำและไอออนที่แตกตัว เป็นผลให้ค่าความนำไฟฟ้าของตัวกลางเพิ่มขึ้นโดยช่วงเวลาการตอบสนองของเซนเซอร์อยู่ในช่วง 10 ถึง 30 วินาทีสำหรับการเปลี่ยนแปลงในช่วงร้อยละ 63 โดยอิมพีแดนซ์ที่เปลี่ยนแปลงของเซนเซอร์แปรเปลี่ยนเป็น 1 kW ถึง 100 mW เซนเซอร์แบบ Resistive จะใช้วงจรวัดแบบสมมาตร (Symmetrical) ซึ่งใช้แปลงกำเนิดกระแสสลับกระตุ้นอย่างเช่นวงจรบริดจ์ (Bridge) และสาเหตุที่ให้

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ใช้กระแสตรงก็เพื่อป้องกันการเกิดขั้วศักย์ไฟฟ้าขึ้นนั่นเอง ซึ่งเมื่อความต้านทานเปลี่ยนตามการเปลี่ยนแปลงของความชื้นจะเป็นผลให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร และกระแสไฟฟ้านี้จะถูกแปลงเป็นสัญญาณแรงดันกระแสตรงเพื่อการส่งผ่านไปยังวงจรขยายย่านวัด วงจรขยายแรงดัน วงจรปรับเชิงเส้น และวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลต่อไป เมื่อผ่านกระบวนการต่าง ๆ แล้วจะทำให้เซนเซอร์แบบรีซีสตีฟมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิได้ดีมาก ข้อดีของเซนเซอร์แบบรีซีสตีฟก็คือการสับเปลี่ยนได้ (Interchangeability) หมายถึงหากตัวใดเสียก็สามารถนำอีกตัวหนึ่งมาแทนได้โดยผ่านการสอบเทียบด้วยการปรับค่าความต้านทานซึ่งก็ทำให้ค่าความชื้นเปลี่ยนแปลงไปไม่เกินร้อยละ ± 2 ของ RH อย่างไรก็ตามหากต้องการสอบเทียบเซนเซอร์รีซีสตีฟ ได้อย่างแม่นยำก็สามารถทำได้โดยใช้ RH Calibration Chamber หรือสอบเทียบด้วยระบบ DA ซึ่งจะใช้คอมพิวเตอร์รวมด้วย ข้อควรจำอย่างหนึ่งของการใช้เซนเซอร์แบบรีซีสตีฟ Resistive คืออ่านอุณหภูมิใช้งานอยู่ในช่วง - 40 ถึง 100 องศาเซลเซียส (วกร สีสัมฤทธิ์ นพดล ไชยประเสริฐ และธีรพงษ์ จันตะเสน, 2551)

2.8 การวัดอุณหภูมิ

การดำรงชีพของพืชแต่ละชนิดต้องการสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมโดยเฉพาะ สภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืช อาจจำแนกได้ 4 ประการ คือ สภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิศาสตร์ ปัจจัยดิน และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชปัจจัยทั้ง 4 นี้มีความสัมพันธ์ต่อกันทั้งทางตรงและทางอ้อม และมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วย สำหรับการเกษตรแบบใหม่ในปัจจุบันนี้ได้นำความรู้และเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาประยุกต์ใช้ในการเกษตรมากขึ้น โดยเฉพาะวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการปรับสภาพภูมิอากาศให้เหมาะสมกับพืช เพื่อต้องการผลผลิตตอบแทนจากพืชปลูกให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ หลักการวัดอุณหภูมิแบ่งตามการเปลี่ยนแปลงสมบัติได้เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ (จำเริญ ยืนยงสวสดิ์, 2559)

2.8.1 หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางไฟฟ้า ค่าสมบัติทางไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิเทอร์โมคัปเปิล (thermocouple) ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า ส่วนอาร์ทีดี (RTD) และเทอร์มิสเตอร์ (thermister) ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน เป็นต้น

2.8.2 หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางแสงและการแผ่รังสี การวัดอุณหภูมิที่สูงมาก ๆ ไม่สามารถใช้เครื่องมือวัดที่กล่าวข้างต้นได้เนื่องจากอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องงมือวัด จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดชนิดพิเศษที่สามารถวัดอุณหภูมิได้โดยไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุที่ต้องการวัด แต่จะอาศัยการวัดการแผ่รังสีความร้อนของวัตถุเพื่อบ่งบอกอุณหภูมิ โดยทั่วไปวัตถุในช่วงประมาณ 800 - 1,800 องศาเซลเซียส แผ่รังสีออกมาในรูปของแสงในย่านที่ตามองเห็น ส่วนวัตถุในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 800 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิห้อง วัตถุจะแผ่รังสีออกมาในย่านของรังสีอินฟราเรดให้ (infrared radiation) ซึ่งอุณหภูมิแตกต่างกันความยาวคลื่น หรือความถี่ของรังสีที่แผ่ออกมาจากวัตถุจะแตกต่างกันด้วย เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่อาศัยหลักการแผ่รังสีและสมบัติเชิงแสงเรียกว่า ไพโรมิเตอร์ (pyrometer) สามารถแบ่งประเภทตามหลักการทำงานได้ 3 ประเภท คือ ไพโรมิเตอร์ชนิดเทียบความสว่างของไส้หลอด (optical pyrometer) ไพโรมิเตอร์ชนิดวัดการแผ่รังสี (radiation pyrometer) และไพโรมิเตอร์ชนิดอินฟราเรดให้ (infrared pyrometer)

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

2.8.3 หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกล หลักการวัดอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับชนิดของเทอร์โมมิเตอร์ เช่น เทอร์โมมิเตอร์แบบของเหลวบรรจุในหลอดแก้วปิด (liquid filled in glass thermometer) โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงการขยายตัวของของเหลวที่บรรจุอยู่ภายในหลอดแก้ว เทอร์โมมิเตอร์แบบเปลี่ยนการขยายตัวเป็นความดัน (pressure thermometer) และเทอร์โมมิเตอร์แบบแถบโลหะคู่ (bi-metal thermometer) โดยเทอร์โมมิเตอร์ประเภทนี้มีช่วงของการวดอุณหภูมิ (range) ค่อนข้างแคบขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้และชนิดของเทอร์โมมิเตอร์

2.8.4 หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี เครื่องมือวัดอุณหภูมิประเภทนี้ทำงานโดยอาศัยอุณหภูมิเฉพาะที่สารเคมีละลายหรือเปลี่ยนสีเป็นจุดสังเกต เช่น อุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบดินสอ (crayon temperature indicator) อุปกรณ์วัดแบบแล็กเกอร์ (lacquer temperature indicator) อุปกรณ์วัดแบบเม็ดยา (pellet temperature indicator) และอุปกรณ์วัดแบบแผ่นฉลาก (label temperature indicator) เป็นต้น

2.9 การวิเคราะห์ต้นทุน

2.9.1 ต้นทุน ราชบัณฑิตยสถานให้คำแปลของ ต้นทุน (cost) หมายถึง จำนวนเงินที่จ่ายเป็นเงินสดีหรือสินทรัพย์ โดยการบริการผลิต หรือก่อหนี้ เพื่อให้ได้มาซึ่งสินค้าหรือบริการ

ต้นทุนทางบัญชี (financial cost) จะนับเฉพาะรายการที่เป็นตัวเงินซึ่งได้จ่ายไปจริงและมองเห็นเท่านั้น (monetary cost and explicit cost) ส่วนต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ (economic cost) หมายถึง คุณค่าหรือมูลค่าทั้งหมดของทรัพยากรที่ใช้ในการผลิต หรือการจัดบริการไม่ว่าจะปรากฏในรูปของตัวเงิน หรือไม่ก็ตาม (monetary cost and non-monetary cost) รวมทั้งผลพวงด้านลบ (negative consequence) ซึ่งไม่ได้เป็นค่าใช้จ่ายและมองไม่เห็น (implicit cost) หรืออีกนัยหนึ่งนาแนวคิดเรื่องค่าเสียโอกาสเข้ามาพิจารณาในการวิเคราะห์ต้นทุนด้วย ดังนั้นต้นทุนในทางเศรษฐศาสตร์มักจะสูงกว่าต้นทุนในทางบัญชี (อนุวัฒน์ ศุภชุติกุล, 2540)

2.9.2 การวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วย (unit cost analysis) คือการเปรียบเทียบปริมาณทรัพยากรที่ใช้กับผลลัพธ์หรือปริมาณงานที่เกิดขึ้น เป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพของการใช้ทรัพยากร การวางแผนงบประมาณ การกำหนดอัตราค่าบริการ การพิจารณาว่าจะคงไว้หรือยกเลิกงานบางอย่าง โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

ต้นทุนต่อหน่วย (unit cost; UC) = ต้นทุนรวม (full cost; FC) / ผลผลิต (output)

2.9.3 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (break even point) จุดคุ้มทุนมีความสำคัญในการตัดสินใจกำหนดราคาขาย และปริมาณสินค้าที่จะขาย โดยการคำนวณจะต้องคำนวณทีละหนึ่งผลิตภัณฑ์ หากมีผลิตภัณฑ์หลายตัวก็คำนวณหลายครั้งโดยอย่าลืมที่จะจัดสรรค่าใช้จ่ายของผลิตภัณฑ์แต่ละตัวด้วยเพื่อไม่ให้มีค่าใช้จ่ายคงที่สูงเกินไป จุดคุ้มทุนเป็นจุดที่รายได้รวมของธุรกิจเท่ากับต้นทุนรวม ผู้ประกอบสามารถใช้ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนสำหรับวิเคราะห์หาหน่วยขายของสินค้าที่ทำให้กำไรของ

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ธุรกิจเป็นศูนย์พอดี ผู้ประกอบการจะต้องวางแผนการดำเนินงานเพื่อให้ยอดขายของธุรกิจสูงกว่ายอดขายที่จุดคุ้มทุนให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ เพื่อให้การดำเนินธุรกิจมีกำไรการคำนวณต้องใช้ปัจจัยเหล่านี้คือ

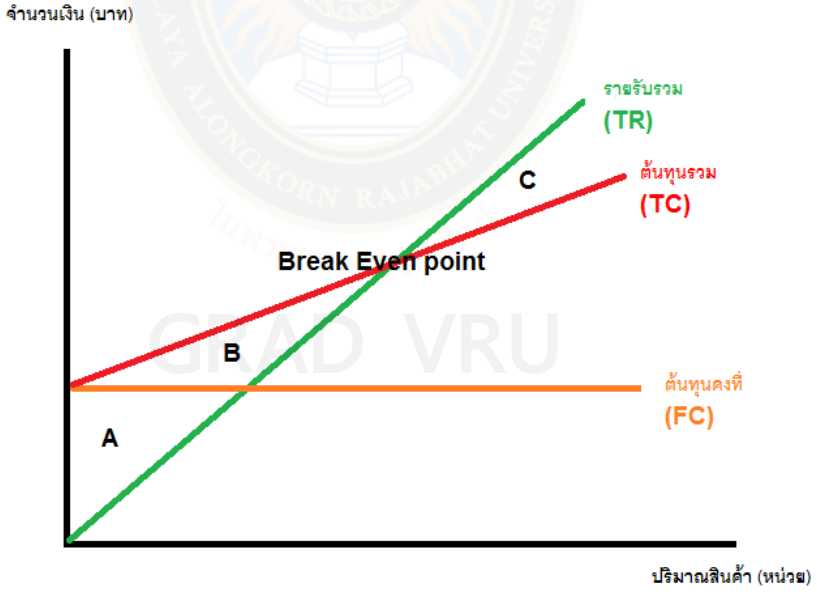
1) ราคาขายต่อหน่วย (P) คือ ราคาขายของผลิตภัณฑ์ที่ขายได้ ไม่ใช่ราคาตั้งที่ยังต้องลดราคาอีก

2) ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย (VC) คือ ต้นทุนที่ผันแปรตามการผลิตคือ วัตถุดิบ บรรจุภัณฑ์ ค่าแรงงานและค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า ค่าแก๊ส ที่เกี่ยวกับการผลิตโดยตรง

3) ต้นทุนคงที่รวม (FC) คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ที่จำเป็นต้องจ่ายไม่ว่าจะมีการขายเกิดขึ้นหรือไม่ เช่น ค่าแรงพนักงานขาย ค่าเช่าหน้าร้าน ค่าเดินทาง เป็นต้น

โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ต้นทุนคงที่}}{\text{ราคาขายต่อหน่วย} - \text{ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย}}$$



ภาพที่ 11 ตัวอย่างการแสดงจุดคุ้มทุน

2.9.4 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) หมายถึง ระยะเวลาของการลงทุนที่กระแสเงินสดรับสุทธิจากโครงการเท่ากับกระแสเงินสดจ่ายสุทธิพอดี หรือกล่าวได้ว่าการลงทุนไม่มีกำไรและไม่ขาดทุนนั่นเอง ระยะเวลาคืนทุนเป็นเครื่องมือในการประเมินความเป็นไปได้ของการลงทุนอย่างง่ายและไม่ซับซ้อน เป็นการประเมินคร่าว ๆ และรวดเร็วเหมาะกับเม็ดเงินลงทุนจำนวนไม่มาก ระยะเวลา

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ที่ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับค่าลงทุนของโครงการ โดยอาจพิจารณาเป็นจำนวนรายปี รายเดือน หรือรายวันที่จะได้รับผลตอบแทนคุ้มกับเงินลงทุน ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 กรณี (ประสิทธิ์ ตงยิ่งศิริ, 2545) ดังนี้

1) กรณีกระแสเงินสดเข้าสุทธิเท่ากันทุกปี สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินสดจ่ายลงทุนสุทธิเริ่มโครงการ}}{\text{เงินสดรับสุทธิรายปี}}$$

2) กรณีกระแสเงินสดเข้าสุทธิรายปี แตกต่างกัน สามารถคำนวณได้ดังนี้

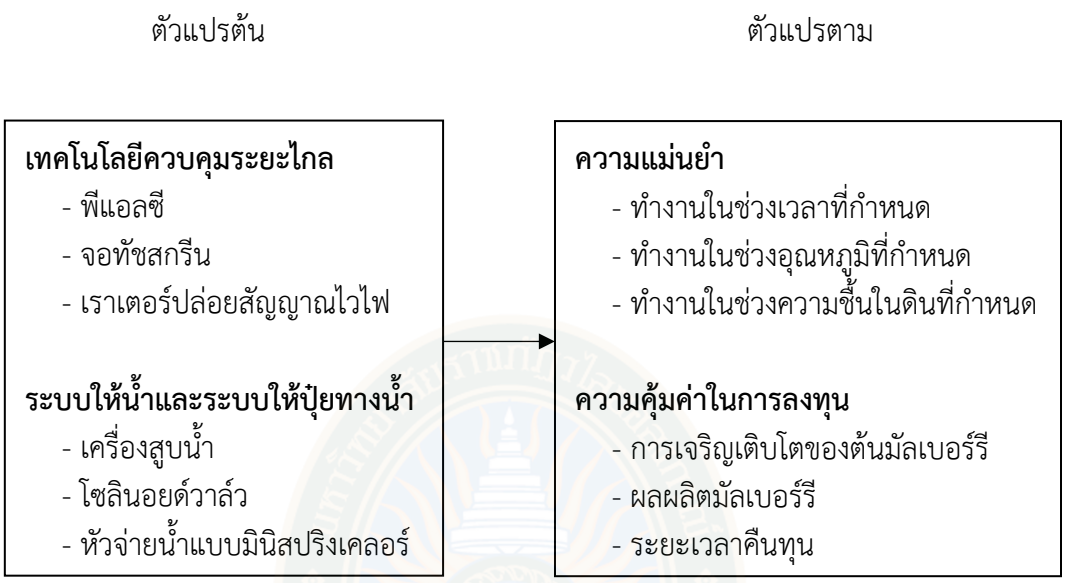
$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \text{จำนวนปีก่อนคืนทุน} + \frac{\text{ส่วนที่เหลือ}}{\text{กระแสเงินสดทั้งรายปี}}$$

การลงทุนใด ๆ ที่ได้รับผลตอบแทนคุ้มกับจำนวนเงินที่ลงทุนอย่างรวดเร็ว ย่อมเป็นการดีเพราะโอกาสเสี่ยงต่อการขาดทุนในอนาคตมีน้อยลง และผู้ลงทุนสามารถนำเงินผลตอบแทนส่วนเกินจากเงินที่ลงทุนมาหาผลประโยชน์อย่างอื่นต่อไปได้อีก

ไพโรจน์ นะเที่ยง (2014) ได้ศึกษาถึงต้นทุนในการใช้งานรวมถึงวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุน เพื่อให้ได้ข้อมูลในเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมสำหรับนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจสำหรับเกษตรกร โดยการนำเทคโนโลยีเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวสำหรับนาน้ำตมไปใช้กับแปลงนาสาธิตในฤดูการทำนาปี 2555 สามารถทำให้เกษตรกรชาวนาประหยัดเมล็ดพันธุ์ข้าวได้เป็นอย่างมาก มีผลทำให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ไร่ละ 1,200 - 1,400 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกข้าวแบบนาดำ และเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกข้าวแบบนาหว่านสามารถลดต้นทุนได้ไร่ละ 800 - 1,000 บาท เมื่อมีการนำเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวสำหรับการปลูกข้าวแบบนาน้ำตมไปใช้งานจริง ผลจากการศึกษาด้วยการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์โดยการใช้หลักการคิดค่าเสื่อมราคาเป็นแบบเส้นตรงเพื่อคำนวณต้นทุนการใช้งานพบว่าจุดคุ้มทุนของการใช้งานเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวสำหรับนาน้ำตมมีค่าเท่ากับ 745.47 ไร่/ปี เมื่อเปรียบเทียบกับการหว่านด้วยแรงงานคน ซึ่งเมื่อเกษตรกรที่นำเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวสำหรับนาน้ำตมจะมีระยะเวลาการคืนทุนเท่ากับ 2.08 เดือน จะสามารถถึงจุดคุ้มทุนเมื่อเทียบกับราคาเครื่องหยอดข้าวที่มีราคาเท่ากับ 120,000 บาท

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

2.10 แบบจำลองกรอบแนวคิด



GRAD VRU

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการปรับใช้เทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี เป็นการใช้ระเบียบการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ผู้วิจัยมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2 การออกแบบระบบควบคุมระยะไกล

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย

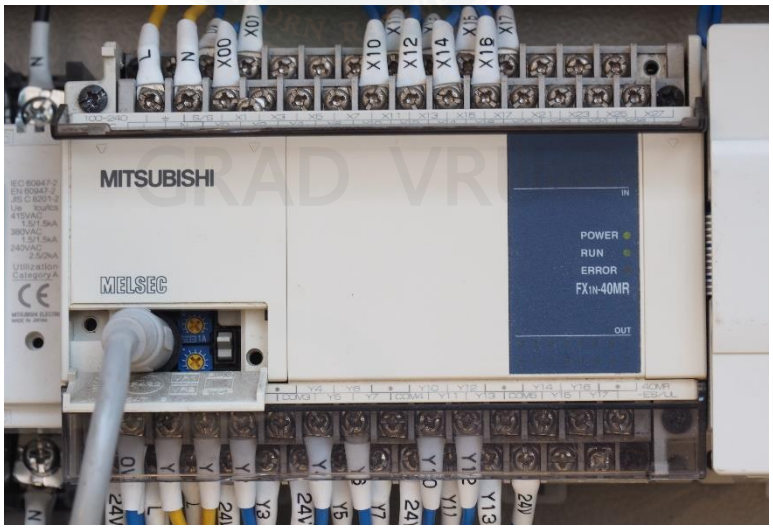
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ผู้วิจัยเลือกวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้เป็นตัวแทนในการทดลองครั้งนี้ ประกอบด้วย

3.1.1 พีแอลซี (PLC) ในการทดลองงานวิจัยในครั้งนี้ได้เลือกใช้พีแอลซี เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของระบบการให้น้ำต้นมัลเบอร์รี โดยสามารถเขียนคำสั่งให้เครื่องทำงานได้ตามเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ผู้ใช้จะสร้างให้กับระบบ เช่น การสั่งการให้น้ำต้นมัลเบอร์รีแบบอัตโนมัติตามเงื่อนไข หรือการให้น้ำต้นมัลเบอร์รีแบบกึ่งอัตโนมัติเมื่อมีความต้องการให้น้ำต้นมัลเบอร์รีด้วยตนเอง



ภาพที่ 12 พีแอลซีที่ใช้ในการทดลอง

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

3.1.2 จอทัชสกรีน ในการทดลองจะใช้จอทัชสกีนเป็นตัวแสดงผลและสามารถป้อนคำสั่งอินพุต (Input) เพื่อสั่งการเปิดและปิดอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยจอทัชสกรีนที่เลือกใช้เป็นจอทัชสกรีนที่มีความสามารถในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตทำให้สามารถรับส่งข้อมูลผ่านทางอินเทอร์เน็ตได้ จึงสามารถสั่งการควบคุมได้จากระยะไกล

ภาพที่ 13 จอทัชสกรีนที่ใช้ในการทดลอง

หน้าจอทัชสกรีนที่เลือกใช้เป็นจอทัชสกรีนสำหรับงานอุตสาหกรรม สามารถต่อพ่วงเข้ากับพีแอลซี ได้โดยตรงหลายยี่ห้อ โดยมีพอร์ต DB9 แบบมัลติฟังก์ชัน (Multi Function) สามารถต่อได้แบบ RS232, RS422, RS485 พร้อมโปรแกรมการออกแบบหน้าจอที่ใช้งานง่าย รวดเร็ว และสวยงาม พร้อมฟังก์ชัน ใช้งาน HMI ครบครัน สามารถดาวน์โหลดหน้าจอที่ออกแบบไว้ผ่าน USB สะดวก รวดเร็ว รองรับภาษาไทย สามารถดาวน์โหลดหน้าจอได้ทางไวไฟ (Wi-Fi) ซึ่งสามารถจะมอนิเตอร์หรือสั่งหน้าจอผ่านทางคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์พกพา แท็ปเล็ต โทรศัพท์มือถือได้ง่าย และสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายมากขึ้น

3.1.3 อุปกรณ์แปลงสัญญาณอนาล็อคเป็นสัญญาณดิจิตอล ในงานวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและวัดความชื่นในดินที่ส่งสัญญาณเอาต์พุต เป็นสัญญาณแบบอนาล็อค จึงจำเป็นต้องมีการใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณ เพื่อแปลงสัญญาณอินพุตก่อนเข้าพีแอลซีให้เป็นสัญญาณดิจิตอล

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ภาพที่ 14 อุปกรณ์แปลงสัญญาณอนาล็อคเป็นสัญญาณดิจิตอล

3.1.4 อุปกรณ์ปล่อยสัญญาณอินเตอร์เน็ตแบบใส่ซิม อุปกรณ์ปล่อยสัญญาณอินเตอร์เน็ตแบบใส่ซิมทำหน้าที่เป็นตัวกระจายสัญญาณอินเตอร์เน็ตให้กับจอทัชสกรีนและกล้องวงจรปิด

ภาพที่ 15 อุปกรณ์ปล่อยสัญญาณอินเตอร์เน็ตแบบใส่ซิม

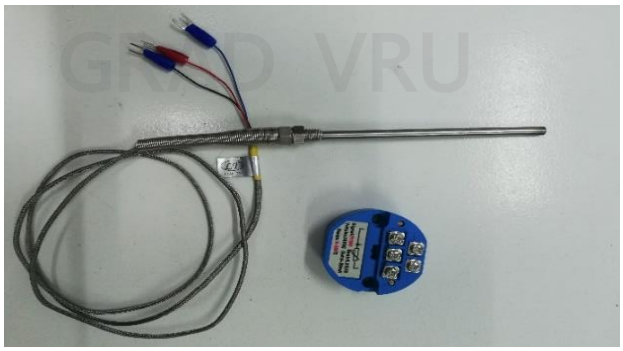
3.1.5 เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน ความชื้นในดินถือว่ามีความสำคัญ เนื่องจากดินมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ ดังนั้นหากดินมีความชื้นที่ไม่เหมาะสม ซึ่งอาจจะมีความชื้นสูงหรือต่ำเกินกว่าที่ต้นไม้ต้องการ จะส่งผลให้ต้นไม้มีการเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ จึงต้องมีการควบคุมความชื้นของดินให้กับต้นไม้ให้อยู่ในช่วงความชื้นที่เหมาะสม ในการทดลองนี้เลือกใช้เซนเซอร์วัดความชื้นในดินที่มี

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

การส่งสัญญาณเอาต์พุต เป็นแบบอนาล็อคเข้ามายังอุปกรณ์แปลงสัญญาณเพื่อแปลงสัญญาณเป็นดิจิตอลเข้าสู่พีแอลซี

ภาพที่ 16 เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน

3.1.6 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิในอากาศ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิในอากาศ RTD (Resistance Temperature Detector) เป็นเซนเซอร์วัดอุณหภูมิในอากาศที่อาศัยหลักการของความต้านทาน คือ เมื่ออุณหภูมิที่ 0 องศาเซลเซียส ค่าความต้านทานจะมีค่าเท่ากับ 100 โอห์ม ถ้ามีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่าความต้านทานก็จะเพิ่มขึ้นด้วย เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ มีอยู่ 3 รูปแบบด้วยกัน คือ แบบ 2 สาย แบบ 3 สาย และแบบ 4 สาย โดยทางผู้วิจัยเลือกใช้แบบ 3 สาย เนื่องจากให้ความละเอียดและแม่นยำสูง ความยาวของสายมีผลต่อความผิดเพี้ยนน้อยมาก



ภาพที่ 17 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิในอากาศ

3.1.7 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) คือ ระบบวาล์วที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการควบคุมการเปิด-ปิดวาล์ว โดยการส่งพลังงานไฟฟ้าเข้าไปที่ขดลวด เพื่อบังคับควบคุมแท่งเหล็กที่ทำหน้าที่เป็นลิ้นวาล์วในการเปิดหรือปิดเพื่อให้น้ำไหลผ่าน โซลินอยวาล์วระบบไฟฟ้าจะทำงานโดยใช้พลังงานไฟฟ้า

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ดึงหรือดันแท่งเหล็ก เพื่อทำการเปิดน้ำ เพราะฉะนั้นหากไม่มีพลังงานไฟฟ้าแท่งเหล็กก็จะถูกสปริงผลักกลับไปปิดทำให้น้ำไม่ไหล

ภาพที่ 18 โซลินอยด์วาล์ว

3.1.8 สวิตช์ลูกลอย (Floating switch) คือ เซนเซอร์ที่ใช้วัดระดับของน้ำในภาชนะ โดยแบบสายเคเบิ้ล (Cable type float switch) จะเป็นสวิตช์ลูกลอยแบบสายเคเบิ้ล ออกแบบมาใช้สำหรับหย่อน หรือ จุ่มลงในบ่อหรือถังน้ำ หรือของเหลวอื่น ๆ เพื่อใช้ในการเตือน หรือ ควบคุมระดับของเหลวนั้น ๆ โดยจะส่งสัญญาณที่เป็นลักษณะสวิตช์ไปเข้าสู่ระบบพีแอลซี เพื่อควบคุมการทำงานเปิดหรือปิดเครื่องสูบน้ำ

ภาพที่ 19 สวิตช์ลูกลอย (Floating switch)

3.1.9 เครื่องสูบน้ำ ถือเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่จะทำให้มีการให้น้ำหรือให้สารอาหารแก่พืช เนื่องจากเครื่องสูบน้ำ เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยส่งผ่านพลังงานจากแหล่งต้นกำเนิดไปยังของเหลว เพื่อทำให้ของเหลวเคลื่อนที่จาก ตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งที่อยู่สูงกว่า หรือในระยะทางที่

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ไกลออกไป เครื่องสูบน้ำทำงานโดยการจ่ายหรือตัดกระแสไฟเพื่อให้เกิดการสูบน้ำหรือหยุดการสูบน้ำ ดังนั้นในการทดลองจึงมีการเขียนโปรแกรมคำสั่งการเปิดหรือปิดให้กับเครื่องสูบตามเงื่อนไขต่าง ๆ

ภาพที่ 20 เครื่องสูบน้ำ

3.1.10 กล้องวงจรปิด ใช้เป็นอุปกรณ์ทดสอบการทำงานระบบโดยการสังเกต และเป็นการเฝ้าติดตามการเจริญเติบโต รวมถึงผลกระทบต่าง ๆ ที่เกิดกับพื้นที่ทดลองเพาะปลูก จึงได้มีการนำเอากล้องวงจรปิดเข้ามาติดตั้งในสามจุดที่ต้องการสังเกต จุดติดตั้งที่ 1 ติดตั้งเพื่อสังเกตต้นมัลเบอร์รีพื้นที่ที่ 1 จุดติดตั้งที่ 2 สังเกตต้นมัลเบอร์รีพื้นที่ที่ 2 และจุดติดตั้งที่ 3 สังเกตหน้าจอมอนิเตอร์ ซึ่งกล้องวงจรปิดที่เลือกใช้ถูกสร้างมาเพื่อการติดตั้งภายนอกตัวอาคาร สามารถเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตแบบไร้สายได้ โดยที่ผู้ใช้งานสามารถรับชมภาพและเสียงสดผ่านทางโทรศัพท์มือถือหรือคอมพิวเตอร์ได้จากทุกที่ มีคุณสมบัติกันน้ำกันฝุ่นด้วยมาตรฐาน IP66 ให้ความคมชัดที่ 1080P (Full HD) 2 ล้านพิกเซล มีระบบอินฟราให้ที่ช่วยให้การบันทึกภาพตอนกลางคืนชัดเจน

จุดติดตั้งที่ 1

จุดติดตั้งที่ 2

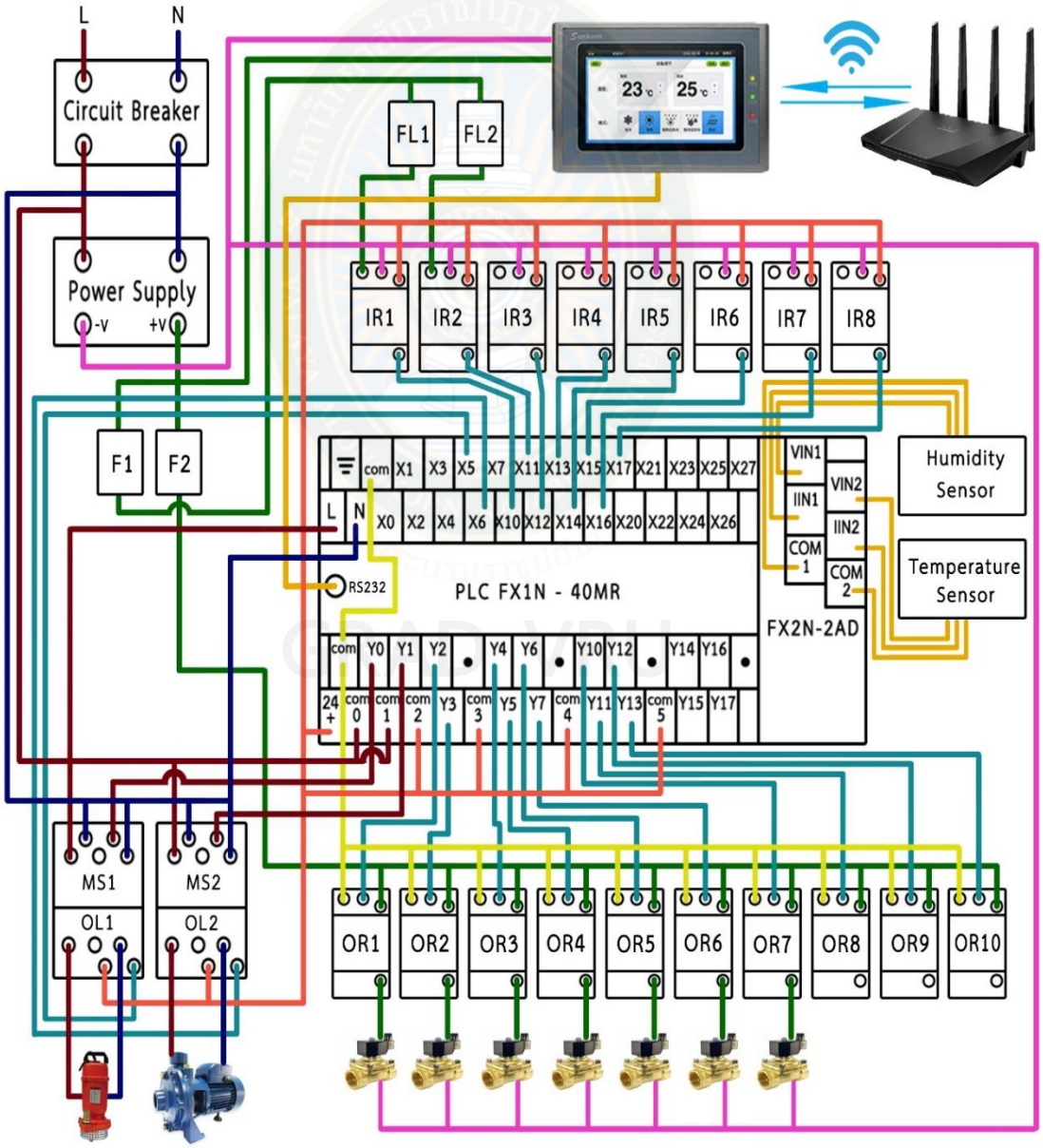
จุดติดตั้งที่ 3

ภาพที่ 21 กล้องวงจรปิด

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

3.2 การออกแบบระบบควบคุมระยะไกล

3.2.1 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุมระยะไกล ได้ใช้ พีแอลซี (PLC : Programmable Logic Controller) เป็นหน่วยประมวลผลหลัก ซึ่งพีแอลซีสามารถออกแบบโปรแกรมคำสั่งให้สามารถควบคุมการทำงานให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ทั้งในรูปแบบอัตโนมัติหรือในรูปแบบการทำงานกึ่งอัตโนมัติ โดยจะออกแบบการต่อวงจรซึ่งกำหนดให้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิในอากาศ เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน สวิตช์คำสั่งต่าง ๆ จากจอทัชสกรีน สวิตช์ลูกลอยไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ที่ต่อสัญญาณเข้า (Input) และให้สัญญาณออก (Output) ไปสั่งการเปิดปิดเครื่องสูบน้ำและโซลินอยด์วาล์ว ดังขั้นตอนตามภาพที่ 22

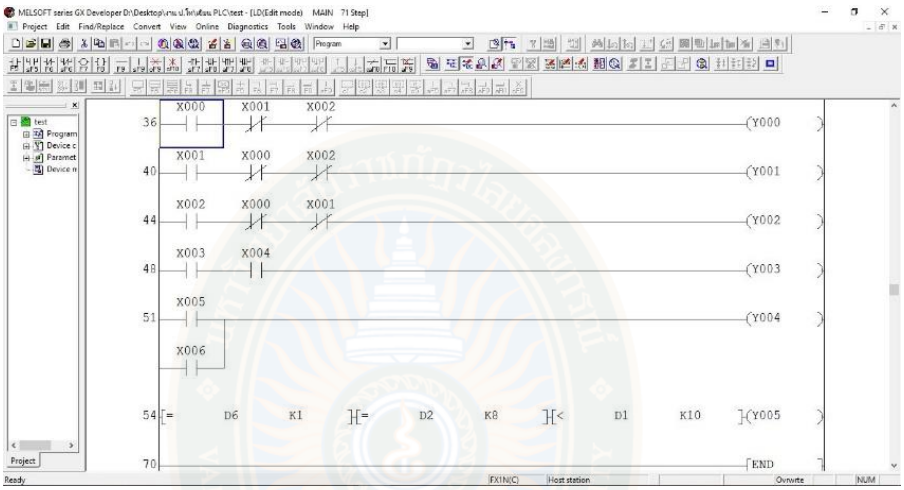


ภาพที่ 22 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบควบคุมระยะไกล

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

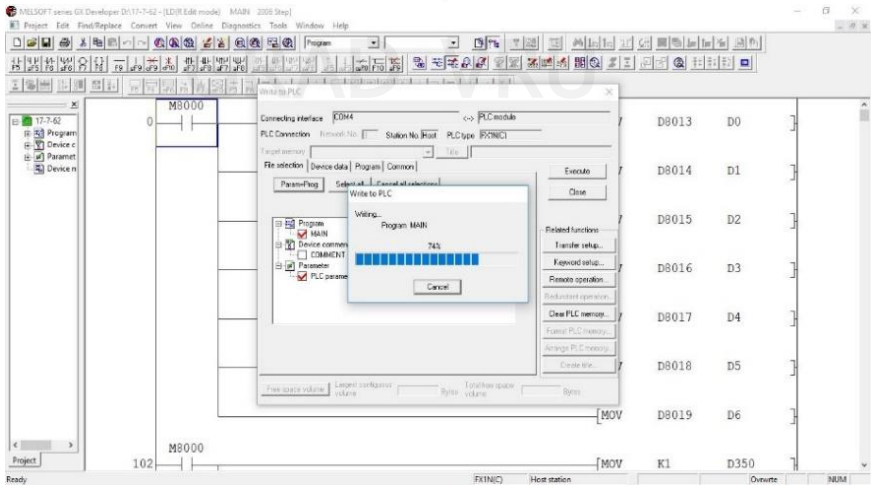
3.2.2 การเขียนโปรแกรมพีแอลซี

ในการเขียนโปรแกรมให้กับพีแอลซี จะสามารถเลือกใช้ได้ 3 ภาษา ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ภาษาแลดเดอร์ในการทำงาน เพื่อกำหนดเงื่อนไขต่าง ๆ ตามต้องการ เช่น การกำหนดอินพุตเป็นสวิตช์เพื่อเปิดปิดอุปกรณ์เอาต์พุตซึ่งเป็นเครื่องสูบน้ำและโซลินอยด์วาล์ว รวมถึงการเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างเงื่อนไขการทำงานในรูปแบบอัตโนมัติ



ภาพที่ 23 หน้าต่างโปรแกรมกำหนดเงื่อนไขให้พีแอลซี

เมื่อเขียนโปรแกรมชุดคำสั่งให้กับพีแอลซีเรียบร้อยแล้ว ให้ต่อสายเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และพีแอลซี เพื่อดาวน์โหลดโปรแกรมคำสั่งลงในพีแอลซี

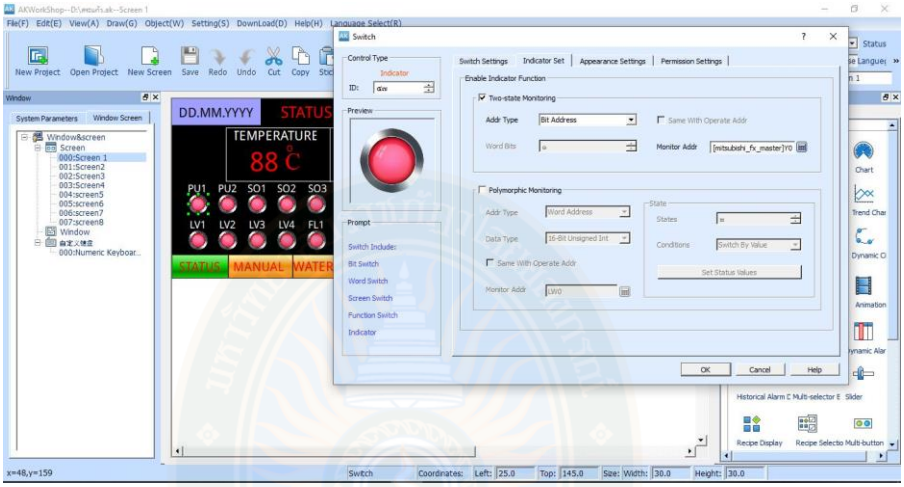


ภาพที่ 24 หน้าต่างให้ดาวน์โหลดโปรแกรมลงพีแอลซี

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

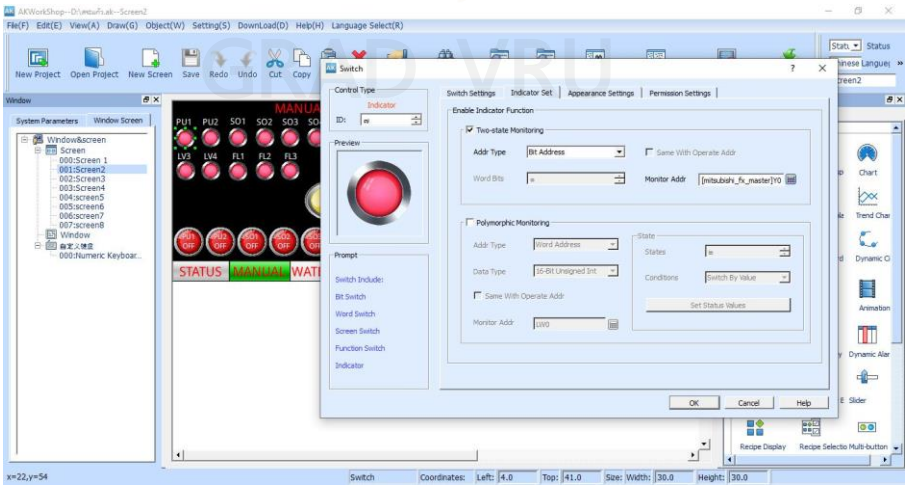
3.2.3 เขียนโปรแกรมชุดคำสั่งให้จอทัชสกรีน

การเขียนชุดคำสั่งให้จอทัชสกรีนจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปจากทางผู้ผลิต ซึ่งเป็นโปรแกรมที่รองรับสำหรับจอทัชสกรีนที่เลือกใช้ โดยเริ่มจากตั้งค่าแล้วเขียนหน้าจอแสดงผลและหน้าจอคำสั่งต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับโปรแกรมที่ได้เขียนให้กับพีแอลซี



ภาพที่ 25 กำหนดหน้าจอแสดงผลสถานะการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ

การเขียนคำสั่งการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ เป็นการเขียนคำสั่งสวิตช์ให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบทุก ๆ อุปกรณ์ เพื่อให้สามารถสั่งงานเปิดและปิดได้เองตามความสะดวกของผู้ใช้ ซึ่งจะต้องเขียนให้สอดคล้องกับชุดคำสั่งในพีแอลซี



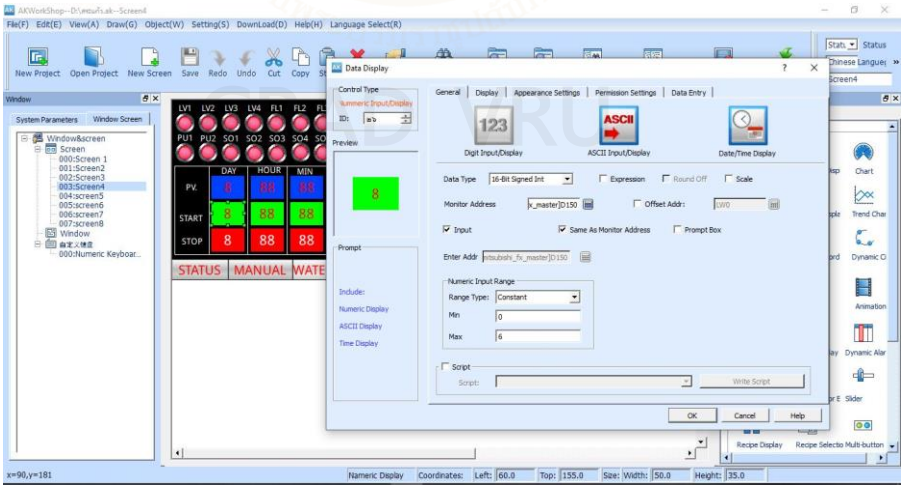
ภาพที่ 26 กำหนดสวิตช์คำสั่งเปิดปิดอุปกรณ์ต่าง ๆ

22499501341 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

การเขียนหน้าจอทัชสกรีนสำหรับตั้งค่าการทำงานการให้น้ำอัตโนมัติ โดยในหน้านี้จะเป็นการเขียนชุดคำสั่งให้สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ตามความต้องการของผู้ใช้ เช่น การเขียนช่องป้อนคำสั่งเวลาเริ่มและหยุดการให้น้ำ ช่องป้อนคำสั่งระยะเวลาการให้น้ำแต่ละพื้นที่ เป็นต้น

ภาพที่ 27 การเขียนหน้าจอคำสั่งสำหรับตั้งค่าการให้น้ำอัตโนมัติ

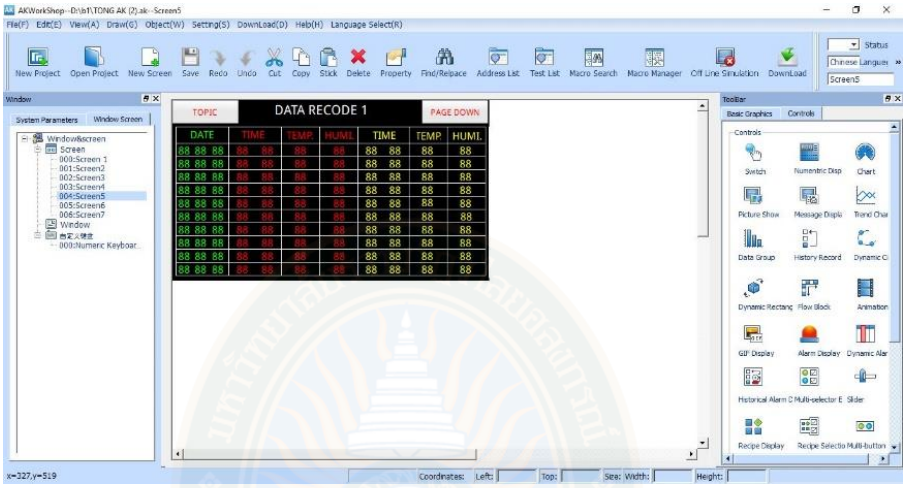
การเขียนหน้าจอทัชสกรีนสำหรับตั้งค่าการทำงานการให้ปุ๋ยทางน้ำอัตโนมัติ โดยในหน้านี้จะเป็นการเขียนชุดคำสั่งให้สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ตามความต้องการของผู้ใช้ เช่น การเขียนช่องสำหรับป้อนคำสั่งเวลาการให้ปุ๋ยทางน้ำ ช่องป้อนคำสั่งจะให้ปุ๋ยทางน้ำวันอะไร เป็นต้น



ภาพที่ 28 การเขียนหน้าจอคำสั่งสำหรับตั้งค่าการให้ปุ๋ยทางอัตโนมัติ

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

การเขียนโปรแกรมให้จอทัชสกรีนบันทึกข้อมูลค่าต่าง ๆ ณ ช่วงเวลาที่ต้องการให้บันทึก เช่น บันทึกอุณหภูมิในอากาศ และความชื้นในดิน ณ เวลา 07.30 น. ในช่วงเช้า และเวลา 17.30 น. ในช่วงเย็น หรือ ให้บันทึกเวลาการจ่ายไฟและตัดไฟให้เครื่องสูบน้ำตัวที่ 2



ภาพที่ 29 การเขียนโปรแกรมให้จอทัชสกรีนบันทึกข้อมูล

3.2.4 การเชื่อมต่อเข้าถึงเพื่อควบคุมผ่านอินเทอร์เน็ตด้วยสมาร์ทดีไวซ์

1) เชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตให้กับจอทัชสกรีน ให้ไปที่เมนูคำว่า “Wi-Fi” ของจอทัชสกรีน จากนั้นเลือกสัญญาณที่ต้องการเชื่อมต่อ แล้วใส่รหัสผ่าน เมื่อจอทัชสกรีนขึ้นโชว์สถานะคำว่า “Connected” แสดงว่าสถานการณ์เชื่อมต่อเสร็จสมบูรณ์แล้ว

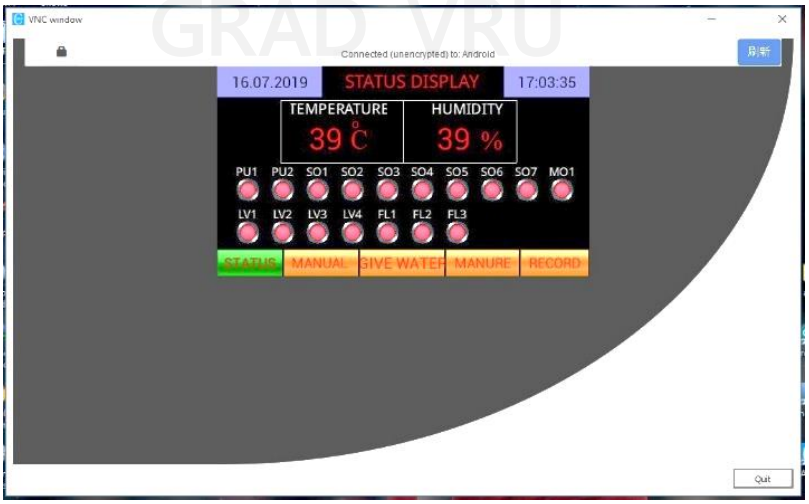
ภาพที่ 30 การเชื่อมต่อสัญญาณไวไฟให้กับจอทัชสกรีน

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

2) การลงทะเบียนสมาชิกผู้ใช้ ผู้ใช้จะต้องทำการลงทะเบียนผู้ใช้ผ่านทางเว็ปไซค์ http://www.samkoonyun.com/register.jsp เมื่อลงทะเบียนเรียบร้อยให้ใส่ User และ Password เพื่อลงทะเบียนด้วยเลขซีเรียลนัมเบอร์ของอุปกรณ์จอทัชสกรีนตัวนั้น ๆ อีกครั้ง

ภาพที่ 31 หน้าต่างเว็ปไซค์สำหรับลงทะเบียนบัญชีผู้ใช้

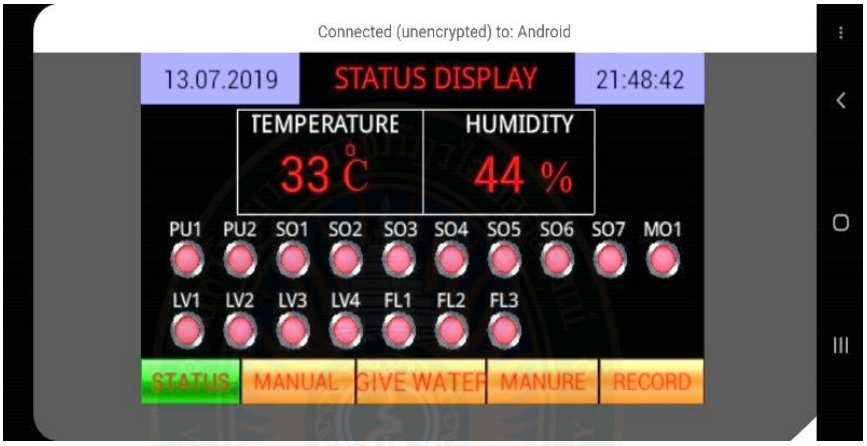
3) ติดตั้งแอปพลิเคชันลงในอุปกรณ์ หากต้องการควบคุมและติดตามผ่านทางคอมพิวเตอร์ ให้ติดตั้งโปรแกรมของจออทัชสกรีนที่รองรับการทำงานบนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ หรือคอมพิวเตอร์พกพา เมื่อติดตั้งเสร็จแล้วให้ต่ออินเตอร์เน็ตให้กับคอมพิวเตอร์ จากนั้นเปิดโปรแกรมแล้วเข้าระบบด้วยบัญชีผู้ใช้ที่ได้ลงทะเบียนไว้ เมื่อเข้าได้แล้วให้เลือกไปที่เมนูคำว่า “Enter VNC” แล้วใส่รหัสผ่านอีกครั้งจึงจะสามารถควบคุมได้ในทันที



ภาพที่ 32 หน้าต่างแสดงผลเพื่อการควบคุมผ่านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และคอมพิวเตอร์พกพา

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

และถ้าหากต้องการควบคุมผ่านทางโทรศัพท์มือถือหรือแท็ปเล็ตจะต้องติดตั้งแอพพลิเคชันที่สามารถทำงานได้บนระบบปฏิบัติการที่รองรับ เช่น ระบบปฏิบัติการไอโอเอส (IOS) หรือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) เมื่อติดตั้งเสร็จสิ้นให้เชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตแล้วเปิดแอปพลิเคชันจากนั้นเข้าสู่ระบบด้วยบัญชีผู้ใช้ที่ได้ลงทะเบียนไว้ ให้เลือกไปที่ เลขซีเรียลนัมเบอร์ของอุปกรณ์ที่ต้องการ แล้วเลือกที่เมนูคำว่า “VNC” จากนั้นใส่รหัสผ่านอีกหนึ่งรอบจึงจะสามารถควบคุมได้



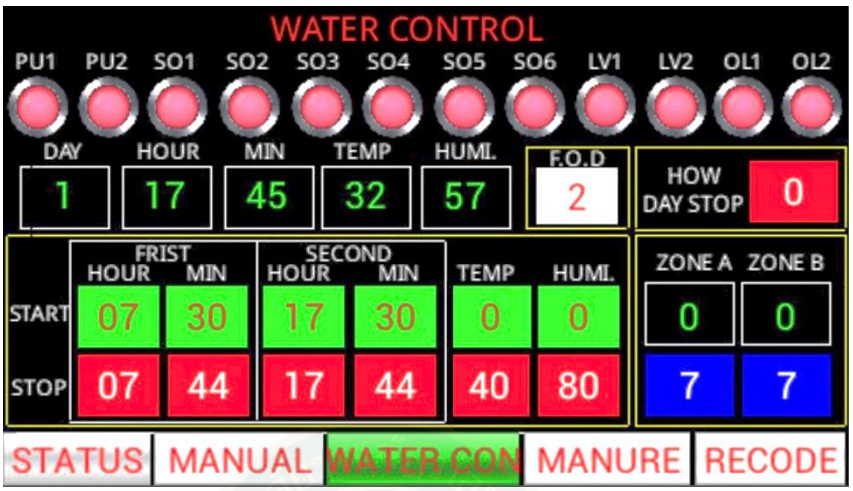
ภาพที่ 33 หน้าจอแสดงผลเพื่อการควบคุมผ่านทางโทรศัพท์มือถือ

3.2.5 รูปแบบการควบคุมระยะไกล

การปรับใช้เทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี ผู้วิจัยได้ออกแบบระบบให้สามารถควบคุม ปรับเปลี่ยนการตั้งค่าคำสั่งต่าง ๆ หรือทำการเปิดปิดอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบได้จากระยะไกล ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตบนโทรศัพท์มือถือ แท็ปเล็ต คอมพิวเตอร์และคอมพิวเตอร์พกพา โดยผู้วิจัยได้ออกแบบระบบการควบคุมระยะไกลไว้ 3 รูปแบบดังนี้

1) การให้น้ำแบบอัตโนมัติ เป็นการออกแบบหน้าจอให้ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าต่าง ๆ ที่ต้องการใช้เป็นเงื่อนไขการทำงาน โดยผู้ใช้สามารถสร้างเงื่อนไขต่าง ๆ ให้กับการทำงานได้เองจากระยะไกลได้ตลอดเวลา การให้น้ำในรูปแบบอัตโนมัติจะสามารถกำหนดให้มีการให้น้ำได้สูงสุดวันละ 2 รอบ และแบ่งการทำงานออกเป็น 2 บริเวณพื้นที่ คือ พื้นที่ที่ 1 และพื้นที่ที่ 2 ซึ่งระบบจะสั่งให้น้ำในพื้นที่ที่ 1 ก่อนเสมอและจะให้น้ำตามเวลาที่ผู้ใช้กำหนด เมื่อระบบให้น้ำในพื้นที่ที่ 1 ครบตามเวลาที่กำหนดแล้ว ระบบจะสลับมาให้น้ำในพื้นที่ที่ 2 ต่อตามเวลาที่กำหนดทันที

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45



ภาพที่ 34 หน้าจอควบคุมการทำงานการให้น้ำแบบอัตโนมัติ

การทำงานในรูปแบบการให้น้ำอัตโนมัติจะต้องมีการกำหนดค่าเงื่อนไขในการทำงาน 3 เงื่อนไข ซึ่งหากมีค่าใดค่าหนึ่งไม่เป็นไปตามเงื่อนไข ระบบไม่มีการเริ่มทำงานหรือหากมีการทำงานอยู่ระบบจะตัดการทำงานในทันที โดยเงื่อนไขทั้ง 3 เงื่อนไขมีดังนี้

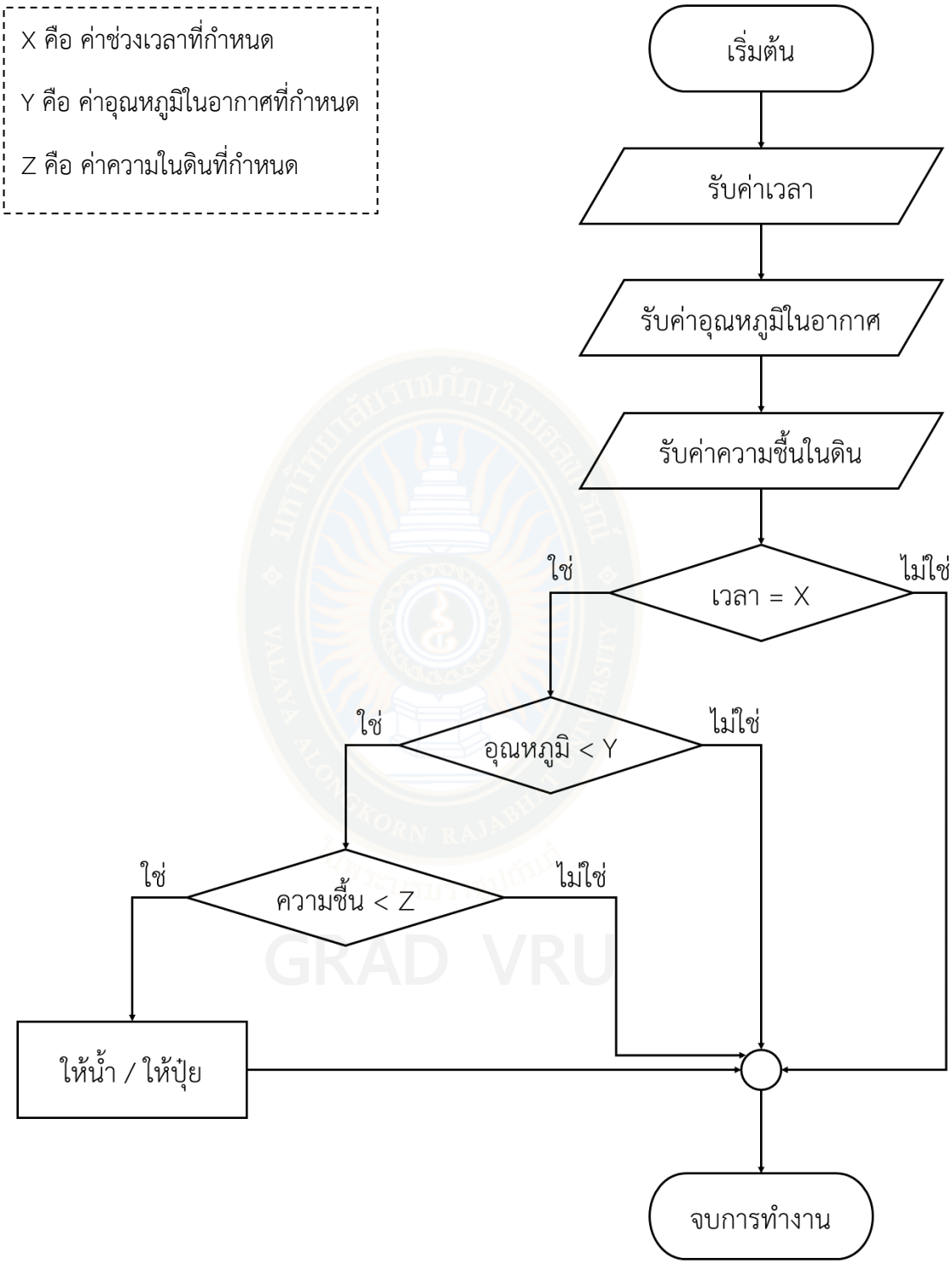
เงื่อนไขที่ 1 คือ ช่วงเวลาที่ต้องการให้ระบบทำงาน เป็นการตั้งเวลาให้ระบบเริ่มทำงาน และตั้งเวลาให้ระบบหยุดทำงาน เช่น ให้ระบบเริ่มให้น้ำเวลา 07.30 น. และหยุดให้น้ำเวลา 07.44 น.

เงื่อนไขที่ 2 คือ อุณหภูมิในอากาศ เป็นการกำหนดค่าอุณหภูมิในอากาศ เพื่อไม่ให้ระบบทำงานหรือตัดการทำงานเมื่อมีค่าอุณหภูมิในอากาศเท่ากับหรือมากกว่าค่าที่ได้กำหนดไว้ เช่น กำหนดค่าอุณหภูมิในอากาศไว้ที่ 40 องศาเซลเซียส หากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิในอากาศได้เท่ากับหรือมากกว่าค่าที่กำหนด ระบบจะไม่ทำงานหรือหากมีการทำงานอยู่ระบบจะตัดการทำงานในทันที

เงื่อนไขที่ 3 คือ ความชื้นในดิน เป็นการกำหนดค่าความชื้นในดิน เพื่อไม่ให้ระบบทำงานหรือตัดการทำงานเมื่อมีค่าความชื้นในดินเท่ากับหรือมากกว่าค่าที่ได้กำหนดไว้ เช่น กำหนดค่าความชื้นในดินไว้ที่ร้อยละ 80 หากเซนเซอร์วัดความชื้นในดินได้เท่ากับหรือมากกว่าค่าที่กำหนด ระบบจะไม่ทำงานหรือหากมีการทำงานอยู่ระบบจะตัดการทำงานในทันที

ซึ่งการทำงานในรูปแบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติสามารถอธิบายเงื่อนไขการทำงานได้ดังภาพที่ 35 ต่อไปนี้

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45



ภาพที่ 35 แผนผังแสดงเงื่อนไขการทำงานการให้น้ำและปุ๋ยแบบอัตโนมัติ

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

2) การให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติ เป็นการออกแบบหน้าจอการให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติ ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าต่าง ๆ ที่ต้องการใช้เป็นเงื่อนไขการทำงาน โดยผู้ใช้สามารถสร้างเงื่อนไขต่าง ๆ ให้กับการทำงานได้เองจากระยะไกลได้ตลอดเวลา การให้ปุ๋ยทางน้ำอัตโนมัติจะสามารถกำหนดให้มีการให้ปุ๋ยได้ในความถี่สูงสุดที่สัปดาห์ละ 1 วัน และเว้นระยะห่างมากที่สุดที่ 4 สัปดาห์ต่อ 1 วัน โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 2 บริเวณพื้นที่ คือ พื้นที่ที่ 1 และพื้นที่ที่ 2 เช่นเดียวกับระบบให้น้ำอัตโนมัติ ซึ่งระบบจะสั่งให้น้ำในพื้นที่ที่ 1 ก่อนเสมอและจะให้น้ำตามเวลาที่ผู้ใช้กำหนด เมื่อระบบให้น้ำในพื้นที่ที่ 1 ครบตามเวลาที่กำหนดแล้วระบบจะสลับมาให้น้ำในพื้นที่ที่ 2 ต่อตามเวลาที่กำหนดทันทีเช่นเดียวกับการให้น้ำแบบอัตโนมัติ

ภาพที่ 36 หน้าจอควบคุมการทำงานการให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติ

การให้ปุ๋ยทางน้ำผู้ใช้จะต้องสร้างเงื่อนไขการทำงาน 3 เงื่อนไข ซึ่งหากมีค่าใดค่าหนึ่งไม่เป็นไปตามเงื่อนไข ระบบจะไม่มีการเริ่มทำงานหรือหากมีการทำงานอยู่ระบบจะตัดการทำงานในทันที โดยทั้ง 3 เงื่อนไขจะเป็นเงื่อนไขเช่นเดียวกับการให้น้ำแบบอัตโนมัติตามภาพที่ 35 ซึ่งมีดังนี้

เงื่อนไขที่ 1 คือ ช่วงเวลาที่ต้องการให้ระบบเริ่มให้ปุ๋ยทางน้ำ เป็นการตั้งเวลาให้ระบบเริ่มทำงาน และตั้งเวลาให้ระบบหยุดทำงาน เช่น ให้ระบบเริ่มให้น้ำเวลา 07.40 น. และหยุดให้น้ำเวลา 07.50 น.

เงื่อนไขที่ 2 คือ อุณหภูมิในอากาศ เป็นการกำหนดค่าอุณหภูมิในอากาศ เพื่อไม่ให้ระบบทำงานหรือตัดการทำงานเมื่อมีค่าอุณหภูมิในอากาศเท่ากับหรือมากกว่าค่าที่ได้กำหนดไว้ เช่น กำหนดค่าอุณหภูมิในอากาศไว้ที่ 40 องศาเซลเซียส หากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิในอากาศได้เท่ากับหรือมากกว่าค่าที่กำหนด ระบบจะไม่ทำงานหรือหากมีการทำงานอยู่ระบบจะตัดการทำงานในทันที

เงื่อนไขที่ 3 คือ ความชื้นในดิน เป็นการกำหนดค่าความชื้นในดิน เพื่อไม่ให้ระบบทำงานหรือตัดการทำงานเมื่อมีค่าความชื้นในดินเท่ากับหรือมากกว่าค่าที่ได้กำหนดไว้ เช่น กำหนดค่าความชื้นใน

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ดินไว้ที่ร้อยละ 80 หากเซนเซอร์วัดความชื้นในดินได้เท่ากับหรือมากกว่าค่าที่กำหนด ระบบจะไม่ทำงานหรือหากมีการทำงานอยู่ระบบจะตัดการทำงานในทันที

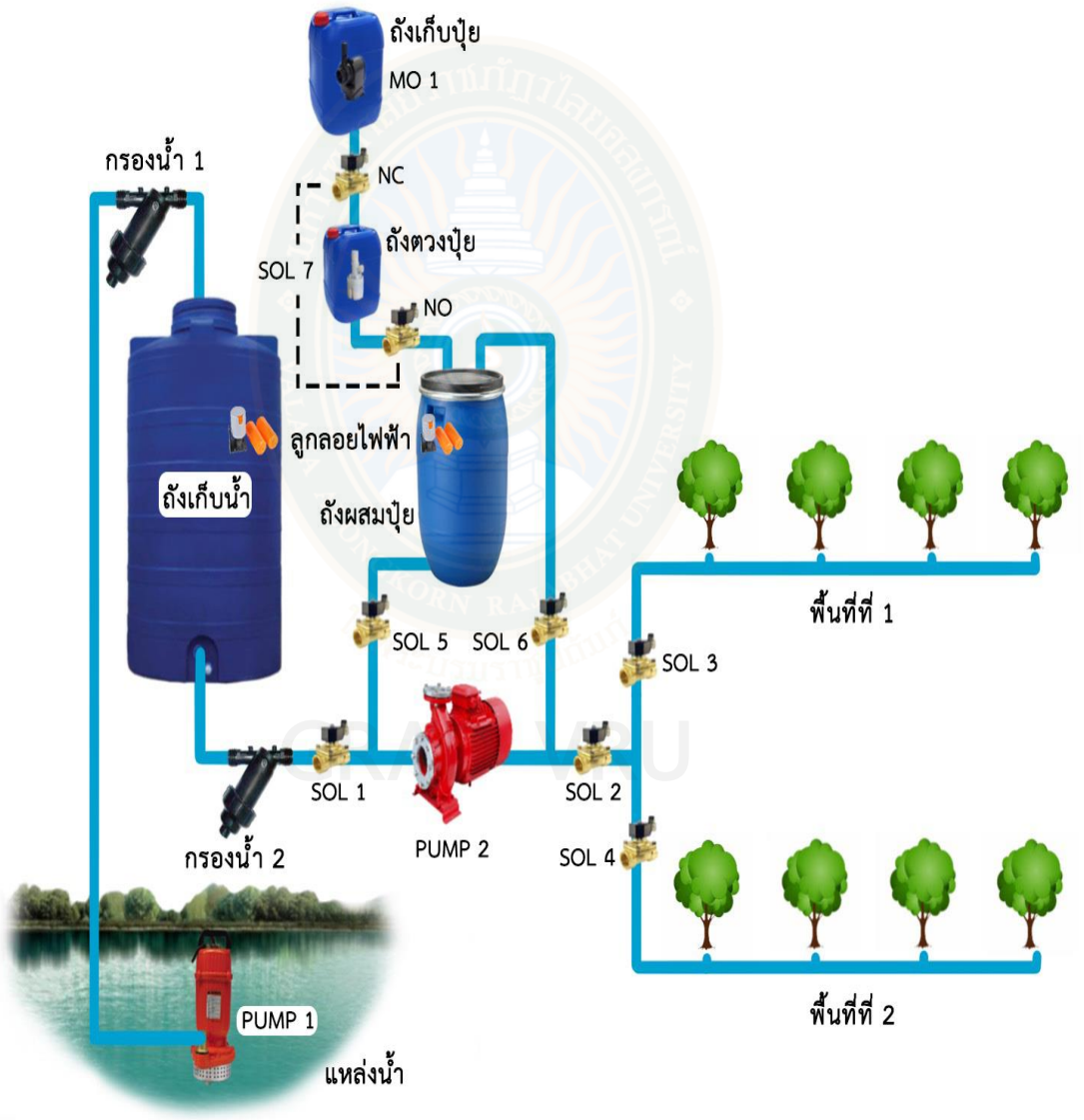
3) การควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ เป็นการออกแบบหน้าจอแสดงผลและสวิตช์คำสั่งเปิดปิดอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นในการควบคุมจากระยะไกลได้ตามความต้องการของผู้ใช้มากขึ้น เช่น ต้องการให้น้ำในพื้นที่ที่ 1 เป็นเวลานาน ผู้ใช้สามารถสั่งเปิดอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จะทำการส่งน้ำไปให้กับต้นมัลเบอร์รีในพื้นที่ที่ 1 ได้ โดยการทำงานในรูปแบบการควบคุมกึ่งอัตโนมัติ จะตัดเงื่อนไขต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบให้น้ำและให้ปุ๋ยแบบอัตโนมัติออก ซึ่งผู้ใช้จะสามารถควบคุมเองได้ตลอดเวลา และไม่ว่าจะอุณหภูมิในอากาศเท่าใดหรือความชื้นในดินร้อยละเท่าใด แต่จะคงไว้ซึ่งระบบป้องกันอันตรายต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นกับระบบ เช่น หากผู้ใช้ต้องการสูบน้ำจากแหล่งน้ำเข้าถังพักน้ำแต่น้ำในถังพักมีปริมาณมากพอแล้ว สวิตช์ลูกลอยจะตัดการทำงานไม่ใช้สามารถสั่งเปิดเครื่องสูบน้ำได้เพื่อป้องกันน้ำล้นถังพัก หรือหากผู้ใช้ต้องการให้น้ำต้นมัลเบอร์รีเป็นเวลานานแต่น้ำในถังพักเหลือน้อย สวิตช์ลูกลอยจะตัดการทำงานเพื่อไม่ให้เครื่องสูบน้ำทำงานในขณะที่ไม่มีน้ำหรือน้ำเหลือน้อย เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดกับมอเตอร์เครื่องสูบน้ำและระบบต่าง ๆ

ภาพที่ 37 หน้าจอควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

3.2.6 ระบบการให้น้ำและการให้ปุ๋ยทางน้ำ

ในการทดลองได้ออกแบบชุดอุปกรณ์การให้น้ำและให้ปุ๋ยทางน้ำ ที่รับคำสั่งการทำงานจากระบบควบคุมให้ทำงานในแบบอัตโนมัติ และแบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อวัตถุประสงค์ในการส่งน้ำจากถังพักน้ำไปยังสปริงเกอร์ที่ติดตั้งอยู่บริเวณโคลนต้นมัลเบอร์รี ให้ต้นมัลเบอร์รีได้รับน้ำและปุ๋ยตามคำสั่งของผู้ใช้ระบบ ซึ่งอุปกรณ์ชุดการให้น้ำและให้ปุ๋ยทางน้ำประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีหน้าที่การทำงานเพื่อวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน ดังนี้



ภาพที่ 38 แบบจำลองอุปกรณ์ชุดให้น้ำและให้ปุ๋ยทางน้ำ

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

จากภาพที่ 38 เป็นแบบจำลองชุดการให้น้ำและให้ปุ๋ยทางน้ำที่ทำงานด้วยการรับคำสั่งจากชุดควบคุม โดยมีอุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบในระบบและมีหน้าที่การทำงาน ดังนี้

1) PUMP 1 หมายถึง เครื่องสูบน้ำ ตัวที่ 1 ทำหน้าที่สูบน้ำจากแหล่งน้ำไปพักไว้ในถังพักน้ำ เพื่อทิ้งระยะเวลาให้น้ำนิ่งและตกตะกอน ซึ่งจะช่วยในการลดปัญหาตะกอนอุดตันตามจุดต่าง ๆ ในระบบให้น้ำและระบบให้ปุ๋ยทางน้ำได้ โดยเครื่องสูบน้ำ ตัวที่ 1 จะทำงานก็ต่อเมื่อได้รับการจ่ายไฟมาจากชุดอุปกรณ์ระบบควบคุม

2) PUMP 2 หมายถึง เครื่องสูบน้ำ ตัวที่ 2 ทำหน้าที่สูบน้ำจากถังพักน้ำเพื่อส่งไปยังต้นมัลเบอร์รีในพื้นที่ที่ 1 หรือต้นมัลเบอร์รีในพื้นที่ที่ 2 หรือถังผสมปุ๋ย โดยเครื่องสูบน้ำ ตัวที่ 1 จะทำงานก็ต่อเมื่อได้รับการจ่ายไฟมาจากชุดอุปกรณ์ระบบควบคุม

3) กรองน้ำ 1 หมายถึง กรองน้ำเกษตร ตัวที่ 1 เป็นอุปกรณ์ที่มีความจำเป็นในระบบมินิสปริงเกอร์ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ป้องกันการอุดตันของหัวจ่ายน้ำ โดยสิ่งสกปรกหรือเศษผงจะถูกกักไว้ไม่ให้เข้าระบบ ซึ่งกรองน้ำเกษตรที่เลือกใช้เป็นกรองน้ำเกษตรชนิดตะแกรง ติดตั้งระหว่างท่อของทางผ่านน้ำ โดยกรองน้ำเกษตร ตัวที่ 1 ทำหน้าที่ดักจับสิ่งสกปรกและเศษตะกอนต่าง ๆ ที่ถูกสูบขึ้นมากับน้ำจากแหล่งน้ำ เพื่อลดสิ่งสกปรกและเศษตะกอนต่าง ๆ ก่อนที่จะเข้าสู่ถังพักน้ำ

4) กรองน้ำ 2 หมายถึง กรองน้ำเกษตร ตัวที่ 2 ทำหน้าที่ดักจับสิ่งสกปรกและเศษตะกอนต่าง ๆ ที่ที่อาจมีอยู่ในถังพักน้ำ เพื่อกรองสิ่งสกปรกและเศษตะกอนต่าง ๆ อีกครั้งก่อนที่น้ำจะถูกส่งเข้าสู่ระบบ เพื่อลดปัญหาการอุดตันที่อาจจะเกิดขึ้นกับหัวจ่ายน้ำ

5) ถังพักน้ำ หมายถึง ถังเก็บน้ำขนาดใหญ่ที่ทำหน้าที่กักเก็บน้ำและพักน้ำที่สูบขึ้นมาเก็บไว้จากแหล่งน้ำ เพื่อให้เศษผงและสิ่งสกปรกต่าง ๆ ได้ตกตะกอน ก่อนที่จะถูกสูบออกไปใช้ในระบบการให้น้ำและระบบการให้ปุ๋ยทางน้ำ

6) ลูกลอยไฟฟ้า หมายถึง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมระดับน้ำในถังพักน้ำและถังผสมปุ๋ย ทำงานในลักษณะสวิตช์เปิดปิดเครื่องสูบน้ำ ซึ่งลูกลอยไฟฟ้าจะประกอบไปลูกลอย 2 ลูก ที่ผูกไว้ด้วยสายเคเบิ้ลกับสวิตช์แล้วหย่อนลูกลอยทั้ง 2 ลูกลงในถัง หากลูกลอยไม่ลอยน้ำทั้ง 2 ลูก นั้นหมายถึงน้ำในถังมีปริมาณน้อย จึงทำให้สายเคเบิ้ลตึงและทำให้ลูกลอยทั้ง 2 ลูกมีน้ำหนักมากพอในการดึงสวิตช์ให้ระบบจ่ายไฟมาที่เครื่องสูบน้ำเพื่อให้เครื่องสูบทำงานและสูบน้ำเข้าถัง เมื่อน้ำถูกสูบเข้ามาในถังจนถึงระดับที่ลูกลอยทั้ง 2 ลูกลอยน้ำ สวิตช์ก็จะตัดการจ่ายไฟมาที่เครื่องสูบน้ำเพื่อให้เครื่องสูบน้ำหยุดการสูบน้ำเข้าถัง

7) ถังเก็บปุ๋ย หมายถึง ถังสำหรับบรรจุปุ๋ยชนิดน้ำ ทำหน้าที่เก็บปุ๋ยเพื่อรอการตวงปริมาณก่อนการนำไปใช้ในแต่ละครั้ง

8) MO 1 หมายถึง มอเตอร์ที่สามารถติดตั้งในน้ำได้ โดยจะติดตั้งให้แช่น้ำอยู่ในถังเก็บปุ๋ย เพื่อทำหน้าที่คนปุ๋ยให้เข้ากันเนื่องจากปุ๋ยที่ถูกเก็บอยู่ในถังเก็บปุ๋ยอาจตกตะกอนอยู่ เพื่อให้ปุ๋ยพร้อมสำหรับการนำไปใช้ ซึ่งสามารถกำหนดระยะเวลาการทำงานได้

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

9) ถังตวงปุ๋ย หมายถึง ถังที่ติดตั้งลูกลอยตัดน้ำอัตโนมัติไว้ภายในถัง เพื่อควบคุมระบบปุ๋ยที่จะถูกส่งลงมาจากถังเก็บปุ๋ยเพื่อตวงให้ได้ปุ๋ยปริมาณ 1.5 ลิตร เพื่อผสมปุ๋ยในอัตราส่วน 1 ต่อ 100 จากนั้นปุ๋ยจึงจะถูกส่งลงไปในถังผสมปุ๋ยต่อไป

10) ถังผสมปุ๋ย หมายถึง ถังที่มีไว้สำหรับผสมน้ำและปุ๋ยชนิดน้ำให้เข้ากัน โดยจะเดินท่อน้ำลงไปก้นถังเพื่อที่เวลาปล่อยน้ำเข้าสู่ถังผสมปุ๋ยน้ำจะหมุนทำให้น้ำและปุ๋ยชนิดน้ำถูกคนจนเข้ากัน และได้ติดตั้งสวิตช์ลูกลอยไฟฟ้าเพื่อควบคุมระดับน้ำไว้ที่ 150 ลิตร

11) SOL 1 หมายถึง วาล์วไฟฟ้า ตัวที่ 1 หรือ โซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 1 ซึ่งเป็นโซลินอยด์วาล์วแบบปกติปิด (NC : Normally Closed) จะทำงานก็ต่อเมื่อได้รับการจ่ายไฟมาจากระบบควบคุมเพื่อให้วาล์วเปิด โซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 1 ทำหน้าที่เปิดทางเดินน้ำที่จะออกจากถังพักน้ำเพื่อจะให้เครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 สูบน้ำไปให้กับต้นมัลเบอร์รีในพื้นที่ที่ 1 ต้นมัลเบอร์รีในพื้นที่ที่ 2 หรือสูบน้ำเข้าถังผสมปุ๋ย

12) SOL 2 หมายถึง วาล์วไฟฟ้า ตัวที่ 2 หรือ โซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 2 ซึ่งเป็นโซลินอยด์วาล์วแบบปกติปิด (NC : Normally Closed) จะทำงานก็ต่อเมื่อได้รับการจ่ายไฟมาจากระบบควบคุมเพื่อให้วาล์วเปิด โซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 2 ทำหน้าที่เปิดทางเดินน้ำที่ออกจากเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 เพื่อส่งน้ำหรือปุ๋ยชนิดน้ำไปให้กับต้นมัลเบอร์รีในพื้นที่ที่ 1 และหรือต้นมัลเบอร์รีในพื้นที่ที่ 2

13) SOL 3 หมายถึง วาล์วไฟฟ้า ตัวที่ 3 หรือ โซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 3 ซึ่งเป็นโซลินอยด์วาล์วแบบปกติปิด (NC : Normally Closed) จะทำงานก็ต่อเมื่อได้รับการจ่ายไฟมาจากระบบควบคุมเพื่อให้วาล์วเปิด โซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 3 ทำหน้าที่เปิดทางเดินน้ำที่ออกจากเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 ผ่านโซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 2 เพื่อส่งน้ำหรือปุ๋ยชนิดน้ำไปให้กับต้นมัลเบอร์รีในพื้นที่ที่ 1

14) SOL 4 หมายถึง วาล์วไฟฟ้า ตัวที่ 4 หรือ โซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 4 ซึ่งเป็นโซลินอยด์วาล์วแบบปกติปิด (NC : Normally Closed) จะทำงานก็ต่อเมื่อได้รับการจ่ายไฟมาจากระบบควบคุมเพื่อให้วาล์วเปิด โซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 4 ทำหน้าที่เปิดทางเดินน้ำที่ออกจากเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 ผ่านโซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 2 เพื่อส่งน้ำหรือปุ๋ยชนิดน้ำไปให้กับต้นมัลเบอร์รีในพื้นที่ที่ 2

15) SOL 5 หมายถึง วาล์วไฟฟ้า ตัวที่ 5 หรือ โซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 5 ซึ่งเป็นโซลินอยด์วาล์วแบบปกติปิด (NC : Normally Closed) จะทำงานก็ต่อเมื่อได้รับการจ่ายไฟมาจากระบบควบคุมเพื่อให้วาล์วเปิด โซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 5 ทำหน้าที่เปิดทางเดินน้ำที่จะออกจากถังผสมปุ๋ยเพื่อจะให้เครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 สูบปุ๋ยชนิดน้ำที่ได้รับการผสมน้ำแล้วส่งไปให้กับต้นมัลเบอร์รีในพื้นที่ที่ 1 และหรือต้นมัลเบอร์รีในพื้นที่ที่ 2

16) SOL 6 หมายถึง วาล์วไฟฟ้า ตัวที่ 6 หรือ โซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 6 ซึ่งเป็นโซลินอยด์วาล์วแบบปกติปิด (NC : Normally Closed) จะทำงานก็ต่อเมื่อได้รับการจ่ายไฟมาจากระบบควบคุมเพื่อให้วาล์วเปิด โซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 6 ทำหน้าที่เปิดทางเดินน้ำที่ออกจากเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 เพื่อส่งน้ำไปเข้าถังผสมปุ๋ย

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

17) SOL 7 หมายถึง วาล์วไฟฟ้า ชุดที่ 7 หรือ โซลินอยด์วาล์ว ชุดที่ 7 เนื่องจากโซลินอยด์วาล์ว ชุดที่ 7 จะประกอบไปด้วยโซลินอยด์วาล์ว 2 ตัว ที่ได้เขียนสวิตช์คำสั่งจ่ายไฟให้ทำงานพร้อมกันเท่านั้น คือ

(1) โซลินอยด์วาล์วแบบปกติเปิด (NO : Normally Open) จะทำงานก็ต่อเมื่อได้รับการจ่ายไฟมาจากระบบควบคุมเพื่อให้วาล์วปิด ทำหน้าที่เปิดปิดทางเดินปุ๋ยชนิดน้ำที่อยู่ในถังเก็บปุ๋ยเพื่อส่งไปยังถังตวงปุ๋ย

(2) โซลินอยด์วาล์วแบบปกติปิด (NC : Normally Closed) จะทำงานก็ต่อเมื่อได้รับการจ่ายไฟมาจากระบบควบคุมเพื่อให้วาล์วเปิด ทำหน้าที่เปิดปิดทางเดินปุ๋ยชนิดน้ำที่อยู่ในถังตวงปุ๋ยเพื่อส่งไปยังถังผสมปุ๋ย

18) พื้นที่ที่ 1 หมายถึง ต้นมัลเบอร์รี จำนวน 4 ต้น ที่อยู่ในแถวที่ 1 ของการทดลองในครั้งนี้ โดยต้นมัลเบอร์รีทั้ง 4 ต้น จะถูกติดตั้งหัวจ่ายน้ำแบบมินิสปริงเกอร์ไว้ที่โคลนต้นทุกต้น

19) พื้นที่ที่ 2 หมายถึง ต้นมัลเบอร์รี จำนวน 4 ต้น ที่อยู่ในแถวที่ 2 ของการทดลองในครั้งนี้ โดยต้นมัลเบอร์รีทั้ง 4 ต้น จะถูกติดตั้งหัวจ่ายน้ำแบบมินิสปริงเกอร์ไว้ที่โคลนต้นทุกต้น

3.2.7 ขั้นตอนการทำงานของระบบให้น้ำอัตโนมัติและระบบให้ปุ๋ยทางน้ำอัตโนมัติ

1) ขั้นตอนการทำงานของระบบให้น้ำอัตโนมัติ ในการทำงานของระบบให้น้ำอัตโนมัติ ระบบจะทำงานโดยพิจารณาเงื่อนไขต่าง ๆ ทั้งหมดสามเงื่อนไขเพื่อสั่งให้ระบบทำงาน ซึ่งประกอบไปด้วย เงื่อนไขด้านระยะเวลา ด้านอุณหภูมิในอากาศ และด้านความชื้นในดิน เช่น ผู้ใช้ต้องการให้ระบบทำงานให้น้ำต้นมัลเบอร์รีเริ่มตั้งแต่เวลา 07.30 น. ถึง 07.44 น. เป็นระยะเวลา 14 นาที แบ่งเป็น 2 พื้นที่ พื้นที่ละ 7 นาที และให้ระบบทำงานด้วยค่าอุณหภูมิในอากาศไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส และความชื้นในดินไม่เกินร้อยละ 80 เมื่อระบบทำงานจนครบตามกำหนดเวลาหรือในขณะที่ทำงานมีค่าอุณหภูมิในอากาศหรือความชื้นในดินเท่ากับหรือเกินกว่าค่าที่กำหนด หมายถึงค่าที่ตรวจวัดได้ไม่เข้าเงื่อนไขการทำงานตามค่าต่าง ๆ ที่กำหนด ระบบจะตัดการจ่ายไฟให้กับทุกอุปกรณ์ในระบบทันที ซึ่งจะส่งผลให้ระบบให้น้ำอัตโนมัติหยุดการให้น้ำ โดยขั้นตอนการทำงานของระบบการให้น้ำอัตโนมัติ มีดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ระบบควบคุมจะตรวจสอบค่าของเงื่อนไขการทำงานต่าง ๆ ที่ได้กำหนด ซึ่งประกอบไปด้วย ค่าของช่วงเวลาที่กำหนด ค่าอุณหภูมิในอากาศที่จะต้องไม่เท่ากับและไม่เกินค่าที่กำหนด และค่าความชื้นในดินที่จะต้องไม่เท่ากับและไม่เกินค่าที่กำหนด หากเข้าเงื่อนไขทั้งสามเงื่อนไขดังกล่าวระบบก็จะสั่งจ่ายไฟฟ้ามาที่อุปกรณ์ต่าง ๆ โดยเริ่มจาก

ขั้นตอนที่ 2 ระบบจ่ายไฟให้โซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 1 เครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 โซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 2 และโซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 3 ในเวลาเดียวกันทั้งหมดเพื่อเปิดวาล์วทางเดินน้ำให้น้ำถูกสูบออกจากถังพักน้ำส่งไปยังหัวจ่ายน้ำแบบมินิสปริงเกอร์ที่ติดตั้งอยู่บริเวณโคลนต้นมัลเบอร์รีทั้ง 4 ต้นในบริเวณพื้นที่ที่ 1 จากนั้นโซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 3 จะทำงานจนครบตามกำหนดเวลาที่ได้กำหนดไว้ คือ 7 นาที ตามตัวอย่าง เมื่อครบกำหนดเวลาระบบจะเข้าสู่การทำงานในขั้นตอนต่อไป

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ขั้นตอนที่ 6 ระบบจ่ายไฟให้กับโซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 4 และหยุดจ่ายไฟให้กับโซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 3 ในเวลาเดียวกัน จะเป็นการสลับการเปิดวาล์วทางเดินน้ำเพื่อให้ระบบหยุดส่งน้ำไปในพื้นที่ที่ 1 และเปิดวาล์วให้ส่งน้ำมาในพื้นที่ที่ 2 แทน จากนั้นโซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 4 จะทำงานจนครบตามกำหนดเวลาที่ได้กำหนดไว้ คือ 7 นาทีตามตัวอย่าง เมื่อครบกำหนดเวลาระบบจะเข้าสู่การทำงานในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 7 เมื่อโซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 4 ทำงานครบตามกำหนดเวลา จะเป็นเวลาเดียวกับเงื่อนไขของระยะเวลาการทำงานของระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติสิ้นสุดพอดี จึงทำให้ค่าที่ตรวจวัดได้ไม่เข้าเงื่อนไขการทำงานด้านระยะเวลา ระบบจะตัดการจ่ายไฟให้กับทุกอุปกรณ์ในระบบให้น้ำทันทีทำให้ระบบให้น้ำอัตโนมัติสิ้นสุดการทำงาน

2) ขั้นตอนการทำงานของระบบการให้ปุ๋ยทางน้ำอัตโนมัติ ในการทำงานของระบบการให้ปุ๋ยทางน้ำอัตโนมัติ ผู้ใช้จะต้องกำหนดว่าต้องการให้ระบบสั่งการให้ปุ๋ยในวันใดของสัปดาห์และให้ปุ๋ย 1 ครั้งต่อกี่สัปดาห์ จากนั้นระบบจะทำงานโดยพิจารณาเงื่อนไขต่าง ๆ ทั้งหมดสามเงื่อนไขเพื่อสั่งให้ระบบทำงานเช่นเดียวกับการให้น้ำอัตโนมัติ คือ เงื่อนไขด้านระยะเวลา ด้านอุณหภูมิในอากาศ และด้านความชื้นในดิน เช่น ผู้ใช้ต้องการให้ระบบทำงานให้ปุ๋ยทางน้ำแก่ต้นมัลเบอร์รีเริ่มตั้งแต่เวลา 07.40 น. ถึง 07.50 น. เป็นระยะเวลา 10 นาที แบ่งเป็น 2 พื้นที่พื้นที่ละ 5 นาที และให้ระบบทำงานด้วยค่าอุณหภูมิในอากาศไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส และความชื้นในดินไม่เกินร้อยละ 80 เมื่อทำการกำหนดค่าของเงื่อนไขการทำงานทั้ง 3 เงื่อนไข ระบบควบคุมจะตรวจสอบค่าของเงื่อนไขการทำงานต่าง ๆ ในเวลา 10 นาทีก่อนที่จะถึงกำหนดเวลาที่ระบบจะเริ่มมีการให้ปุ๋ยทางน้ำกับต้นมัลเบอร์รีเพื่อให้ระบบได้ทำการผสมปุ๋ยกับน้ำก่อน จากนั้นเมื่อถึงเวลาที่กำหนด ระบบควบคุมจะตรวจสอบค่าของเงื่อนไขการทำงานต่าง ๆ ทั้ง 3 เงื่อนไขอีกครั้งว่าค่าของช่วงเวลาที่กำหนด ค่าอุณหภูมิในอากาศที่จะต้องไม่เท่ากับและไม่เกินค่าที่กำหนด และค่าความชื้นในดินที่จะต้องไม่เท่ากับและไม่เกินค่าที่กำหนด หากเข้าเงื่อนไขทั้ง 3 เงื่อนไขดังกล่าวระบบจะสั่งจ่ายไฟฟ้ามาที่อุปกรณ์ต่าง ๆ เมื่อระบบทำงานจนครบตามกำหนดเวลาหรือในขณะที่ทำงานมีค่าอุณหภูมิในอากาศหรือความชื้นในดินเท่ากับหรือเกินกว่าค่าที่กำหนด หมายถึงค่าที่ตรวจวัดได้ไม่เข้าเงื่อนไขการทำงานตามค่าต่าง ๆ ที่กำหนด ระบบจะตัดการจ่ายไฟให้กับทุกอุปกรณ์ในระบบทันที ซึ่งจะส่งผลให้ระบบการให้ปุ๋ยทางน้ำอัตโนมัติหยุดการให้น้ำ โดยขั้นตอนการทำงานของระบบการให้ปุ๋ยทางน้ำอัตโนมัติ มีดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เมื่อผู้ใช้ทำการตั้งค่าเงื่อนไขการทำงานแล้ว ระบบควบคุมจะตรวจสอบเงื่อนไขค่าอุณหภูมิในอากาศและความชื้นในดินก่อนเวลาที่ให้ระบบจะเริ่มมีการให้ปุ๋ยทางน้ำก่อน 10 นาที เช่น หากตั้งค่าให้ระบบเริ่มให้ปุ๋ยทางน้ำกับต้นมัลเบอร์รี 07.40 น. ระบบจะตรวจสอบเงื่อนไขอุณหภูมิในอากาศและความชื้นในดินเวลา 07.30 น. หากเข้าเงื่อนไขทั้ง 2 อย่าง ระบบจะเริ่มผสมปุ๋ย แต่หากมีค่าใดค่าหนึ่งเกินค่าที่กำหนด ระบบจะไม่มีการผสมปุ๋ยและจบการทำงานในทันที

ขั้นตอนที่ 2 ระบบควบคุมจ่ายไฟให้ MO1 ซึ่งเป็นมอเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ในถังเก็บเพื่อคนปุ๋ยที่อาจตกตะกอนอยู่ให้เข้ากัน โดยระบบควบคุมจะจ่ายไฟให้ 1 นาที

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ขั้นตอนที่ 3 ระบบควบคุมจ่ายไฟให้กับ SOL 7 ซึ่งเป็นโซลินอยด์วาล์ว 2 ตัว ประกอบไปด้วย 1) โซลินอยด์วาล์วแบบปกติปิด (NC) ติดตั้งระหว่างถังเก็บปุ๋ยและถังตวงปุ๋ย เมื่อจ่ายไฟโซลินอยด์วาล์วจะเปิดวาล์วทางเดินน้ำ และ 2) โซลินอยด์วาล์วแบบปกติเปิด (NO) ติดตั้งระหว่างถังตวงปุ๋ยและถังผสมปุ๋ย เมื่อจ่ายไฟให้วาล์วจะปิดทางเดินน้ำ ระบบควบคุมจะจ่ายไฟให้พร้อมกันเสมอเป็นเวลา 1 นาที เพื่อให้ปุ๋ยที่คนเรียบร้อยแล้วจากขั้นตอนที่ 1 ไหลจากถังเก็บปุ๋ยลงมาอยู่ในถังตวงปุ๋ย แต่จะถูกปิดทางเดินน้ำเพื่อไม่ให้ปุ๋ยไหลต่อเนื่องไปลงถังผสมปุ๋ย เมื่อปุ๋ยถูกตวงที่ 1.5 ลิตร ลูกลอยตัดน้ำอัตโนมัติที่ติดตั้งอยู่ในถังตวงปุ๋ยจะปิดวาล์วเพื่อไม่ให้ปุ๋ยไหลลงมาได้อีก จากนั้นเมื่อครบ 1 นาทีระบบควบคุมจะตัดการจ่ายไฟให้ SOL 7 โซลินอยด์วาล์วแบบปกติเปิดจะเปิดวาล์วทางเดินน้ำให้ให้ปุ๋ยสามารถไหลสู่ถังผสมปุ๋ยได้

ขั้นตอนที่ 4 ระบบควบคุมจ่ายไฟให้โซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 1 เพื่อเปิดวาล์วทางเดินน้ำให้เครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 สามารถสูบน้ำออกจากถังพักน้ำได้

ขั้นตอนที่ 5 ระบบควบคุมจ่ายไฟให้เครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 เพื่อสูบน้ำออกจากถังพักน้ำ

ขั้นตอนที่ 6 ระบบควบคุมจ่ายไฟให้โซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 6 เพื่อเปิดวาล์วทางเดินน้ำให้เครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 สามารถสูบน้ำออกจากถังพักน้ำแล้วส่งน้ำเข้าถังผสมปุ๋ยได้ และเมื่อสูบน้ำเข้าถังผสมปุ๋ยได้ 150 ลิตร สวิตช์ลูกลอยไฟฟ้าจะตัดการจ่ายไฟให้ทั้งระบบทันที

ขั้นตอนที่ 7 เมื่อปุ๋ยถูกผสมเรียบร้อยแล้วจะถูกพักไว้และรอให้ถึงเวลาที่กำหนดในการให้ปุ๋ยทางน้ำ และเมื่อถึงเวลาที่กำหนด 07.40 น. ตามตัวอย่างแล้ว ระบบควบคุมจะตรวจสอบค่าของเงื่อนไขการทำงานต่าง ๆ ที่ได้กำหนด ซึ่งประกอบไปด้วย ค่าของช่วงเวลาที่กำหนด ค่าอุณหภูมิในอากาศที่จะต้องไม่เท่ากับและไม่เกินค่าที่กำหนด และค่าความชื้นในดินที่จะต้องไม่เท่ากับและไม่เกินค่าที่กำหนด หากเข้าเงื่อนไขทั้ง 3 เงื่อนไขดังกล่าวระบบจะเริ่มสั่งจ่ายไฟฟ้ามาที่อุปกรณ์ต่าง ๆ

ขั้นตอนที่ 8 ระบบจ่ายไฟให้โซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 5 เครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 โซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 2 และโซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 3 ในเวลาเดียวกันทั้งหมดเพื่อเปิดวาล์วทางเดินน้ำให้ปุ๋ยที่ถูกผสมเรียบร้อยแล้วถูกสูบออกจากถังผสมปุ๋ยส่งไปยังหัวจ่ายน้ำแบบมินิสปริงเกอร์ที่ติดตั้งอยู่บริเวณโคลนต้นมัลเบอร์รีทั้ง 4 ต้นในบริเวณพื้นที่ที่ 1 จากนั้นโซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 3 จะทำงานจนครบตามกำหนดเวลาที่ได้กำหนดไว้ คือ 5 นาทีตามตัวอย่าง เมื่อครบกำหนดเวลาระบบจะเข้าสู่การทำงานในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 9 ระบบจ่ายไฟให้กับโซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 4 และหยุดจ่ายไฟให้กับโซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 3 ในเวลาเดียวกัน จะเป็นการสลับการเปิดวาล์วทางเดินน้ำเพื่อให้ระบบหยุดส่งน้ำไปในพื้นที่ที่ 1 และเปิดวาล์วให้ส่งน้ำมาในพื้นที่ที่ 2 แทน จากนั้นโซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 4 จะทำงานจนครบตามกำหนดเวลาที่ได้กำหนดไว้ คือ 7 นาทีตามตัวอย่าง เมื่อครบกำหนดเวลาระบบจะเข้าสู่การทำงานในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 10 เมื่อโซลินอยด์วาล์ว ตัวที่ 4 ทำงานครบตามกำหนดเวลา จะเป็นเวลาเดียวกับเงื่อนไขของระยะเวลาการทำงานของระบบการให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติสิ้นสุดพอดี จึงทำให้ค่าที่ตรวจวัดได้ไม่เข้าเงื่อนไขการทำงานด้านระยะเวลา ระบบจะตัดการจ่ายไฟให้กับทุกอุปกรณ์ในระบบให้ปุ๋ยทางน้ำทันทีทำให้ระบบให้ปุ๋ยทางน้ำอัตโนมัติสิ้นสุดการทำงาน

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการจัดกระทำข้อมูลของการวิจัยโดยใช้เครื่องมือ 2 ชนิด ดังนี้

3.3.1 แบบบันทึกการทดลอง (Experimental Form) เพื่อทำการบันทึกการทำงานของระบบในการสั่งจ่ายไฟและตัดไฟให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยใช้ซอฟต์แวร์จากจอทัชสกรีนในการจดบันทึก

3.3.2 แบบบันทึกการสังเกต (Observation Form) เพื่อทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผลการทำงานของระบบการให้น้ำและการให้ปุ๋ยทางน้ำ รวมถึงสังเกตุการเจริญเติบโตของต้นมัลเบอร์รีและสภาพทั่วไปของสวนมัลเบอร์รีที่ใช้ในการทดลองตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงจบการทดลอง โดยทำการบันทึกจากการสังเกตจากกล้องวงจรปิด

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ แบ่งวิธีเก็บรวบรวมข้อมูลออกเป็นขั้นตอนดังนี้

3.5.1 การเก็บข้อมูลด้วยแบบบันทึกการทดลอง ผู้วิจัยเก็บข้อมูลด้วยซอฟต์แวร์ของจอทัศสกรีน โดยได้เขียนชุดคำสั่งให้ซอฟต์แวร์ของจอทัชสกรีนบันทึกข้อมูลค่าอุณหภูมิในอากาศและค่าความชื้นในดิน ณ เวลาที่สั่งให้ระบบเริ่มทำงานและเวลาที่สั่งให้ระบบหยุดทำงาน เพื่อต้องการเห็นความแตกต่างระหว่างก่อนการทำงานและหลังจากการทำงานเสร็จแล้ว และยังเขียนชุดคำสั่งซอฟต์แวร์ของจอทัชสกรีนให้บันทึกเวลาที่มีการจ่ายไฟและตัดไฟของอุปกรณ์ต่าง ๆ 3 อุปกรณ์ คือ 1) เครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 ซึ่งเป็นเครื่องสูบน้ำที่ทำหน้าที่สูบน้ำจากถังพักน้ำเพื่อไปให้ต้นมัลเบอร์รี 2) โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 ทำหน้าที่ เป็นวาล์วเปิดปิดการไหลผ่านของน้ำที่จะถูกส่งไปให้ต้นมัลเบอร์รีในพื้นที่ที่ 1 และ 3) โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 ทำหน้าที่เป็นวาล์วเปิดปิดการไหลผ่านของน้ำที่จะถูกส่งไปให้ต้นมัลเบอร์รีในพื้นที่ที่ 2 เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลการทดลองในขั้นตอนต่อไป โดยจะทำการเก็บข้อมูลทั้งหมด 60 วัน นับตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ถึงวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2562 ซึ่งในการเก็บข้อมูลจะเก็บข้อมูลการทำงานทั้งหมด 3 รูปแบบ ดังนี้

1) เก็บข้อมูลการทำงานสำหรับการให้น้ำวันละ 1 รอบ คือ ช่วงเวลา 07.30 น. ถึง 07.44 น. เป็นเวลานาน 14 นาที ระยะเวลาเก็บข้อมูล 30 วัน เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ถึงวันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 โดยเป็นการให้น้ำในวันเสาร์ถึงพฤหัสบดีทั้งหมด 25 วัน และเป็นการให้ปุ๋ยทางน้ำในทุกวันศุกร์ช่วงเวลา 07.40 น. ถึง 07.50 น. เป็นเวลา 10 นาที อีก 5 วัน ซึ่งแบ่งการให้น้ำกับต้นมัลเบอร์รีออกเป็น 2 บริเวณพื้นที่ พื้นที่ละ 7 นาที และแบ่งการให้ปุ๋ยทางน้ำกับต้นมัลเบอร์รีออกเป็น 2 บริเวณพื้นที่เช่นกันแต่จะพื้นที่ละ 5 นาที โดยมีการกำหนดเงื่อนไขให้ระบบทำงานอยู่ในช่วงความชื้นในดินที่น้อยกว่าร้อยละ 80 และทำงานอยู่ในช่วงอุณหภูมิความร้อนในอากาศที่น้อยกว่า 40 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการให้น้ำในขณะที่อากาศมีอุณหภูมิสูงและป้องกันการให้น้ำในขณะที่มีฝนตกหรือดินมีความชุ่มชื้นที่เพียงพอแล้ว

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

2) เก็บข้อมูลการทำงานสำหรับการให้น้ำวันละ 2 รอบ คือ ช่วงเวลา 07.30 น. ถึง 07.44 น. และช่วงเวลา 17.30 น. ถึง 17.44 น. เป็นเวลานานรอบละ 14 นาที ระยะเวลาเก็บข้อมูล 30 วัน เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 ธันวาคม พ.ศ. 2562 ถึงวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2562 โดยเป็นการให้น้ำในวันเสาร์ถึงวันพฤหัสบดีทั้งหมด 26 วัน และเป็นการให้ปุ๋ยทางน้ำในทุกวันศุกร์ช่วงเวลา 07.40 น. ถึง 07.50 น. เป็นเวลา 10 นาที อีก 4 ซึ่งแบ่งการให้น้ำออกเป็น 2 บริเวณพื้นที่ พื้นที่ละ 7 นาที ทั้ง 2 รอบ และแบ่งการให้ปุ๋ยทางน้ำออกเป็น 2 บริเวณพื้นที่ พื้นที่ละ 5 นาที โดยวันที่มีคำสั่งให้ปุ๋ยทางน้ำ ระบบจะทำงานในรอบที่ 1 เพียงรอบเดียวและจะไม่มีการทำงานในรอบที่ 2 โดยมีการกำหนดเงื่อนไขให้ระบบทำงานอยู่ในช่วงความชื้นในดินที่น้อยกว่าร้อยละ 80 และทำงานอยู่ในช่วงอุณหภูมิความร้อนในอากาศที่น้อยกว่า 40 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการให้น้ำในขณะที่อากาศมีอุณหภูมิสูงและป้องกันการให้น้ำในขณะที่มีฝนตกหรือดินมีความชุ่มชื้นที่เพียงพอแล้ว

3) เก็บข้อมูลการให้ปุ๋ยทางน้ำ ซึ่งจะให้ปุ๋ยทางน้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้งคือในทุก ๆ วันศุกร์ และให้ปุ๋ยเพียงวันละ 1 รอบ คือ ช่วงเวลา 07.40 น. ถึง 07.50 น. เป็นเวลานาน 10 นาที โดยเริ่มทดสอบและเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน 2562 ถึง วันที่ 30 ธันวาคม 2562 รวมทั้งสิ้น 9 วัน ซึ่งแบ่งการให้ปุ๋ยทางน้ำออกเป็น 2 บริเวณพื้นที่ พื้นที่ละ 5 นาที โดยมีการกำหนดเงื่อนไขไม่ให้ระบบทำงานเมื่อมีอุณหภูมิอากาศเกิน 40 องศาเซลเซียส และเมื่อมีความชื้นในดินเกินร้อยละ 80 เพื่อป้องกันการให้น้ำในขณะที่อากาศมีอุณหภูมิสูงและป้องกันการให้น้ำในขณะที่ฝนตกหรือดินมีความชุ่มชื้นที่เพียงพอแล้ว

4) การเก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิอากาศและความชื้นในดิน จะเก็บข้อมูล ณ เวลาที่สั่งให้ระบบเริ่มทำงานและเวลาที่สั่งให้ระบบหยุดทำงาน โดยแบ่งเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

(1) การเก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิอากาศและความชื้นในดิน สำหรับการทดลองให้น้ำวันละ 1 รอบ ซึ่งจะเก็บข้อมูลวันเสาร์ถึงวันพฤหัสบดี ทั้งหมด 2 ครั้งใน 1 วัน โดยครั้งที่ 1 เวลา 07.30 น. และครั้งที่ 2 เวลา 07.44 น. และในทุก ๆ วันศุกร์สำหรับการให้ปุ๋ยทางน้ำจะเก็บข้อมูลทั้งหมด 2 ครั้งเช่นกัน คือ ครั้งที่ 1 เวลา 07.40 น. และครั้งที่ 2 และ 07.50 น.

(2) การเก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิในอากาศและค่าความชื้นในดิน สำหรับการทดลองให้น้ำวันละ 2 รอบ ซึ่งจะเก็บข้อมูลวันเสาร์ถึงวันพฤหัสบดี ทั้งหมด 4 ครั้งใน 1 วัน โดยครั้งที่ 1 เวลา 07.30 น. ครั้งที่ 2 เวลา 07.44 น. ครั้งที่ 3 เวลา 17.30 และในครั้งที่ 4 เวลา 17.44 น. และในทุก ๆ วันศุกร์ที่เป็นคำสั่งการให้ปุ๋ยทางน้ำ จะเก็บข้อมูลทั้งหมด 4 ครั้งเช่นกัน ในครั้งที่ 1 เวลา 07.40 น. ครั้งที่ 2 เวลา 07.50 น. แต่สำหรับการให้ปุ๋ยในวันศุกร์ ระบบจะไม่มีการทำงานรอบที่ 2 ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เขียนโปรให้ระบบบันทึกค่าอุณหภูมิอากาศและความชื้นในดิน ในครั้งที่ 3 เวลา 17.30 น. และครั้งที่ 4 ในเวลา 17.44 น. เพิ่มเติมในทุกวันที่มีการสั่งให้ปุ๋ยทางน้ำ

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

3.5.2 การเก็บข้อมูลด้วยการบันทึกการสังเกต ผู้วิจัยบันทึกการสังเกตสภาพแวดล้อมของพื้นที่ทดลองในสวนมัลเบอร์รี พบว่าลำต้นของต้นมัลเบอร์รีเล็ก แห้งและไม่มีใบ เนื่องจากอยู่ในช่วงที่เกษตรกรทำการริใบเพื่อให้ต้นมัลเบอร์รีผลัดใบและออกดอกออกผล ผู้วิจัยใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการเดินสำรวจและพูดคุยกับเกษตรกร และได้ใช้กล้องวงจรปิดในการบันทึกภาพรวมของพื้นที่ทดลองก่อนการเริ่มทดลอง

ภาพที่ 39 กล้องบันทึกการสังเกตในพื้นที่ที่ 1

ภาพที่ 40 กล้องบันทึกการสังเกตในพื้นที่ที่ 2

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มีการใช้วิธีการเก็บข้อมูลการทำงานด้วยการสังเกตอีกครั้ง เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าระบบควบคุมระยะไกลนั้นมีการทำงานจริงตามคำสั่งหรือไม่ และเป็นการ

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

เฝ้าดูการเจริญเติบโตของต้นมัลเบอร์รีพร้อมสิ่งผิดปกติต่าง ๆ ผู้วิจัยจะเก็บบันทึกข้อมูลการทำงานโดยการสังเกตด้วยกล้องวงจรปิดที่มีการเชื่อมต่อสัญญาณอินเทอร์เน็ตไว้ ทำให้สามารถดูความเคลื่อนไหว ณ สถานที่ทดลองได้ผ่านทางโทรศัพท์มือถือหรือคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะติดตั้งอยู่ 3 จุด ได้แก่ ต้นมัลเบอร์รีพื้นที่ที่ 1 ต้นมัลเบอร์รีพื้นที่ที่ 2 และหน้าจอแสดงสถานะของจอควบคุม จากนั้นจึงจะบันทึกการทำงานลงในตารางแบบบันทึกการสังเกตุ ซึ่งหากต้นมัลเบอร์รีได้รับน้ำจะแสดงเครื่องหมาย ✓ และหากไม่ได้รับน้ำจะแสดงเครื่องหมาย ✘ ในตารางแบบบันทึกการสังเกต โดยการเก็บข้อมูลจะเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 60 วัน นับตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ถึงวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2562 ใน 2 รูปแบบ คือการให้น้ำวันละ 1 รอบ และการให้น้ำวันละ 2 รอบ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการนำระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลมาปรับใช้ในสวนมัลเบอร์รีของเกษตรกร โดยได้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 หัวข้อ ดังนี้

3.5.1 การวิเคราะห์ความแม่นยำในการทำงานตามคำสั่งของระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลที่ได้ใช้เครื่องมือในการวิจัยประกอบด้วย แบบบันทึกการทดลอง และแบบบันทึกการสังเกต และนำข้อมูล ค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ที่ได้มาวิเคราะห์การทำงานของระบบควบคุมระยะไกลแล้วนำมาเขียนเป็นความเรียงเพื่อนำเสนอผลการวิเคราะห์ความแม่นยำ

3.5.2 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน การใช้จำนวนเงินในการลงทุนเพื่อออกแบบและสร้างระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลถือเป็นต้นทุนในการจัดการการเกษตรที่เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มุ่งศึกษาความคุ้มค่าในด้านการลงทุนจากการนำระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลเข้ามาปรับใช้ ซึ่งจะวิเคราะห์ดังหัวข้อต่อไปนี้และสรุปผลเป็นความเรียง 1) การเจริญเติบโตของต้นมัลเบอร์รี 2) ผลผลิตผลมัลเบอร์รีสด และ 3) ระยะเวลาคืนทุน

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี และเพื่อทดสอบระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลสำหรับสวนมัลเบอร์รี โดยผู้วิจัยได้ใช้พื้นที่ในการทดลองเป็นสถานที่จริงในสวนมัลเบอร์รี ที่มีพื้นที่เพาะปลูกจำนวน 50 ตารางเมตร ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลโดยเบื้องต้นของพื้นที่ทำการเกษตรที่เป็นพืชสวนนี้ โดยการสังเกตและการพูดคุยกับชาวสวนและผู้นำชุมชน ได้แก่ คุณสุเทพ แจ่มหอม กำนันตำบลคลองไก่เถื่อน อำเภอคลองหาด จังหวัดสระแก้ว และ นายมโน เนยสูงเนิน ผู้ใหญ่บ้าน ชุมชนทับทิมสยาม 05 หมู่ 10 ตำบลคลองไก่เถื่อน อำเภอคลองหาด จังหวัดสระแก้ว ทำให้ทราบว่า ในตำบลนี้มีพื้นที่สำหรับทำการเกษตร โดยส่วนใหญ่คือการปลูกกล้วยไข่สำหรับการส่งออกจำหน่ายไปยังประเทศจีน นอกจากนี้ยังปลูกพืชผักสวนครัว ผลไม้ เช่น แตงกวา มะเขือ พริก ลำไย กล้วยไข่ อ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง หน่อไม้ฝรั่ง และเป็นที่มีชื่อเสียงของชุมชนคือการปลูกพืชสมุนไพร มุ่งเน้นการปลูกสมุนไพรที่ใช้เวลาการเก็บผลผลิตน้อย เช่น จากไพล (2 ปี) เป็นเสริมการปลูก ขมิ้น ฟ้าทะลายโจร รางจืด ซึ่งใช้ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวไม่กี่เดือน ทำการตากแห้ง และส่งผลผลิตไปยังโรงพยาบาลวังน้ำเย็น และโรงพยาบาลอภัยภูเบศร

นอกจากนี้ยังมีอาชีพเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ ไก่ไข่ เก็บไข่ที่ได้ไว้รับประทานเอง หรือค้าขายไข่ หรือแจกจ่ายเครือญาติ เป็นทางหนึ่งของการใช้ชีวิตวิถีพอเพียง นอกจากนี้เลี้ยงโคนม โดยมีกลุ่มสหกรณ์โคนมทับทิมสยาม 05 มีจำนวนสมาชิก 132 คน

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ผลข้อมูลตามขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานของการวิจัย 2 ขั้นตอน และเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ตอนที่ 1 ขั้นตอนออกแบบระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี

ตอนที่ 2 ขั้นตอนการทดสอบระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี

4.1 ผลการวิเคราะห์การออกแบบระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี

ในขั้นตอนการออกแบบระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี พบว่า การเลือกใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ มาประกอบกันเป็นระบบควบคุมระยะไกล อุปกรณ์ต่าง ๆ นั้นสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีการรับส่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น คำสั่ง ค่าอุณหภูมิในอากาศ ค่าความชื้นในดิน และแสดงผลออกมาได้อย่างถูกต้อง ส่งผลให้ระบบทำงานได้แม่นยำตามคำสั่งต่าง ๆ

ในการควบคุมระยะไกล พบว่า หากควบคุมผ่านเว็ปไซค์หรือโปรแกรมที่ติดตั้งบนคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์พกพา หรือหากควบคุมผ่านแอพพลิเคชัน บนโทรศัพท์มือถือหรือแท็ปเล็ตที่เป็นระบบปฏิบัติการไอโอเอส (IOS) จะสามารถเชื่อมต่อเข้าควบคุมระบบได้ตามปกติ แต่พบว่าข้อจำกัดในการควบคุมระยะไกลด้วยแอพพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือหรือแท็ปเล็ตที่เป็นระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android OS) เวอร์ชันสูง ๆ จะไม่สามารถควบคุมได้ เนื่องจากทางผู้ผลิตอุปกรณ์จอทัชสกรีน ยังไม่มีการอัพเดทแอพพลิเคชันของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ให้สามารถใช้งานได้ในแอนดรอยด์เวอร์ชันที่สูงได้

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ภาพที่ 41 ชุดอุปกรณ์ระบบควบคุมระยะไกล

ภาพที่ 42 ชุดอุปกรณ์ระบบให้น้ำและให้ปุ๋ยทางน้ำ

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

4.2 ผลการวิเคราะห์การทดสอบระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี

การทดสอบระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนของการวิจัยเพื่อตอบวัตถุประสงค์การทดสอบประสิทธิภาพระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกล ซึ่งประกอบไปด้วยความแม่นยำในการทำงานของระบบควบคุมระยะไกล และความคุ้มค่าในการลงทุน ขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็น 2 ขั้นตอน โดยสรุปเป็นความเรียงดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพความแม่นยำในการทำงานของระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี

ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยออกแบบระบบควบคุมระยะไกลให้สามารถทำงานในรูปแบบการให้น้ำอัตโนมัติวันละ 1 - 2 รอบตามความต้องการของเกษตรกร และให้ปุ๋ยซึ่งเป็นการผสมปุ๋ยชนิดน้ำเข้ากับน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 100 และให้กับต้นมัลเบอร์ 1 วันภายใน 1 สัปดาห์ โดยการให้ปุ๋ยทางน้ำจะสามารถให้ได้วันละ 1 ครั้ง

ในการเก็บข้อมูลบันทึกการทดสอบประสิทธิภาพความแม่นยำในการทำงานของระบบควบคุมระยะไกล ผู้วิจัยได้มีการจัดทำวิธีการเก็บข้อมูล 2 รูปแบบ คือ

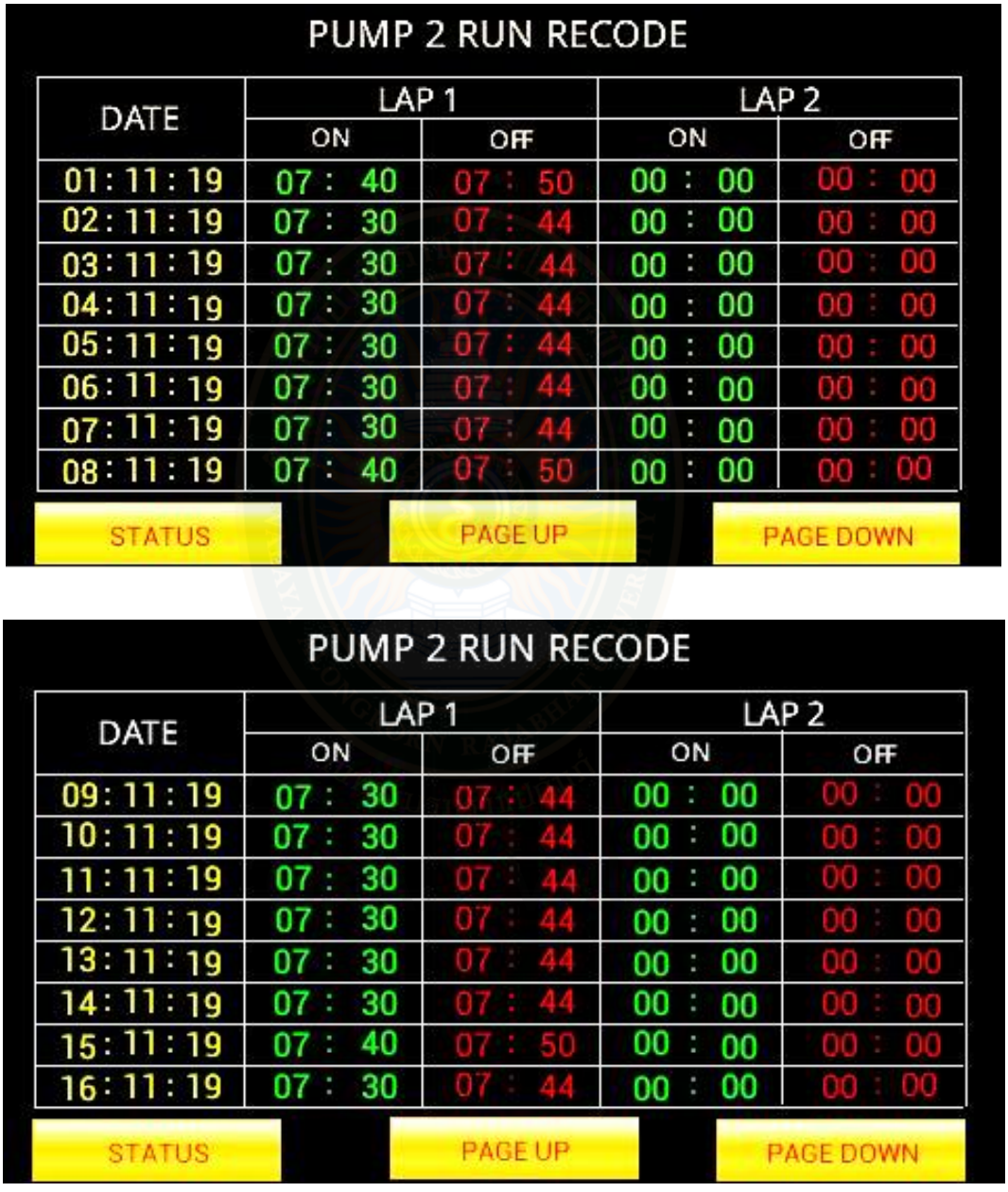
4.2.1 การเก็บข้อมูลด้วยแบบบันทึกการทดลอง

ผู้วิจัยได้เขียนชุดคำสั่งให้ซอฟต์แวร์ของจอทัชสกรีน บันทึกช่วงเวลาการจ่ายไฟให้กับเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 และโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 เพื่อทดสอบความแม่นยำในการทำงานของระบบ ซึ่งบันทึกตามเงื่อนไขการทำงานตามคำสั่งต่าง ๆ โดยจะเก็บข้อมูลบันทึกการทำงานเป็นรายเดือนทั้งหมด 2 เดือน ได้แก่ เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2562 และเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 โดยเก็บข้อมูลการทำงานของอุปกรณ์ดังที่ได้กล่าวควบคู่กันระหว่างการทำงานรูปแบบการให้น้ำ และการให้ปุ๋ยในทุก ๆ วันศุกร์ พร้อมทั้งได้มีการเก็บบันทึกข้อมูลอุณหภูมิในอากาศและความชื้นดิน ในเวลาที่สั่งให้ระบบเริ่มและหยุดการทำงานไปพร้อมกันด้วย ซึ่งจะแบ่งผลการวิเคราะห์ออกเป็น 3 รูปแบบ ดังต่อไปนี้

1) การให้น้ำแบบอัตโนมัติวันละ 1 รอบ คือ ช่วงเวลา 07.30 น. ถึง 07.44 น. เป็นเวลานาน 14 นาที ระยะเวลาเก็บข้อมูล 30 วัน เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ถึงวันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 โดยเป็นการให้น้ำในวันเสาร์ถึงพฤหัสบดีทั้งหมด 25 วัน ซึ่งแบ่งการให้น้ำกับต้นมัลเบอร์รีออกเป็น 2 บริเวณพื้นที่ พื้นที่ละ 7 นาที และเป็นการให้ปุ๋ยทางน้ำในทุกวันศุกร์ ช่วงเวลา 07.40 น. ถึง 07.50 น. เป็นเวลา 10 นาที อีก 5 วัน และแบ่งการให้ปุ๋ยทางน้ำกับต้นมัลเบอร์รีออกเป็น 2 บริเวณพื้นที่เช่นกันแต่จะพื้นที่ละ 5 นาที โดยมีการกำหนดเงื่อนไขให้ระบบทำงานอยู่ในช่วงความชื้นในดินที่น้อยกว่าร้อยละ 80 และทำงานอยู่ในช่วงอุณหภูมิความร้อนในอากาศที่น้อยกว่า 40 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการให้น้ำในขณะที่อากาศมีอุณหภูมิสูงและป้องกันการให้น้ำในขณะที่มีฝนตกหรือดินมีความชุ่มชื้นที่เพียงพอแล้ว ในการเก็บผลการทดสอบจะเก็บผลการทำงานของ 3 อุปกรณ์ ได้แก่ เครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 และโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 และได้เก็บผลการบันทึกค่าอุณหภูมิในอากาศและค่าความชื้นในดินในเวลาที่ระบบเริ่มทำงานและหลังจากทำงานเสร็จสิ้นตามเงื่อนไข ซึ่งได้ผลการเก็บข้อมูลดังนี้

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

(1) ผลการเก็บข้อมูลการทำงานของสูบน้ำตัวที่ 2 ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2562 สำหรับคำสั่งให้น้ำวันละ 1 รอบแบบอัตโนมัติ และให้ปุ๋ยในทุกวันศุกร์ ซึ่งได้ข้อมูลการทำงาน ดังภาพต่อไปนี้



PUMP 2 RUN RECODE

DATE	LAP 1		LAP 2	
	ON	OFF	ON	OFF
01:11:19	07 : 40	07 : 50	00 : 00	00 : 00
02:11:19	07 : 30	07 : 44	00 : 00	00 : 00
03:11:19	07 : 30	07 : 44	00 : 00	00 : 00
04:11:19	07 : 30	07 : 44	00 : 00	00 : 00
05:11:19	07 : 30	07 : 44	00 : 00	00 : 00
06:11:19	07 : 30	07 : 44	00 : 00	00 : 00
07:11:19	07 : 30	07 : 44	00 : 00	00 : 00
08:11:19	07 : 40	07 : 50	00 : 00	00 : 00

STATUS PAGE UP PAGE DOWN

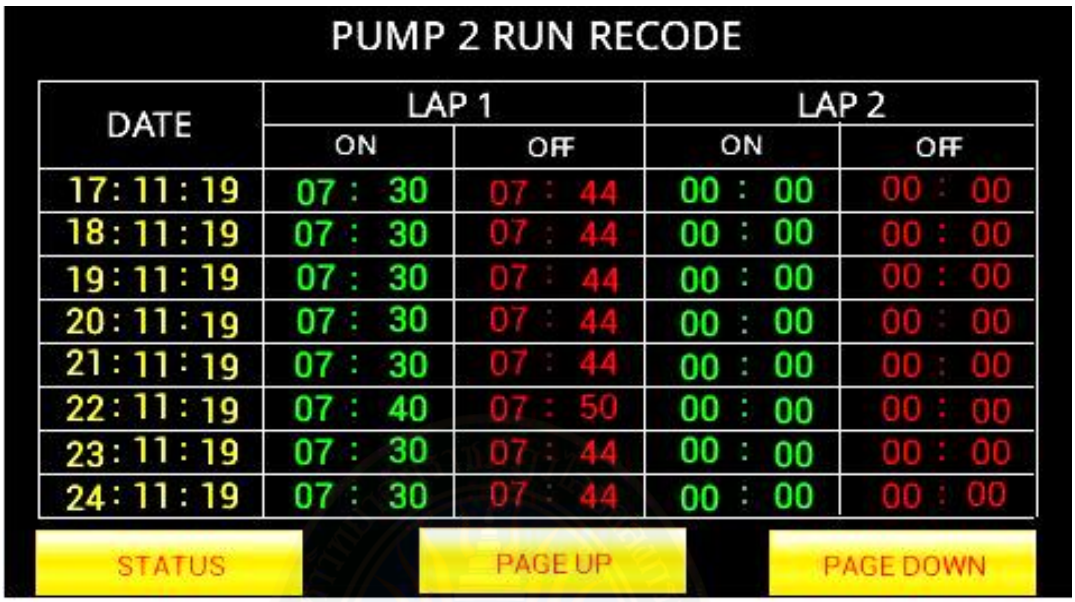
PUMP 2 RUN RECODE

DATE	LAP 1		LAP 2	
	ON	OFF	ON	OFF
09:11:19	07 : 30	07 : 44	00 : 00	00 : 00
10:11:19	07 : 30	07 : 44	00 : 00	00 : 00
11:11:19	07 : 30	07 : 44	00 : 00	00 : 00
12:11:19	07 : 30	07 : 44	00 : 00	00 : 00
13:11:19	07 : 30	07 : 44	00 : 00	00 : 00
14:11:19	07 : 30	07 : 44	00 : 00	00 : 00
15:11:19	07 : 40	07 : 50	00 : 00	00 : 00
16:11:19	07 : 30	07 : 44	00 : 00	00 : 00

STATUS PAGE UP PAGE DOWN

ภาพที่ 43 ผลการบันทึกการทำงานของเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2562

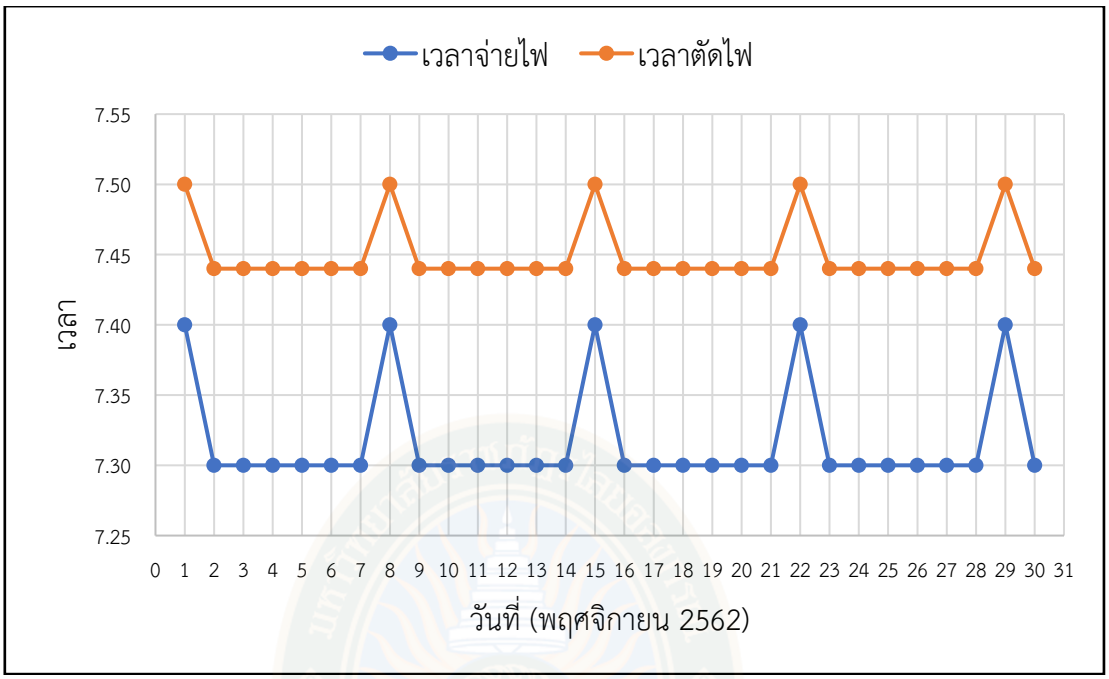
2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45



ภาพที่ 43 (ต่อ)

จากภาพที่ 43 สามารถอธิบายผลและวิเคราะห์การทดลองการทำงานของเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 ในรูปแบบการทำงาน การให้น้ำวันละ 1 รอบ พบว่า เครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 ทำงานได้อย่างแม่นยำตามคำสั่ง จากการสั่งให้ทำงานในเวลา 07.30 น. หยุดทำงานในเวลา 07.44 น. สำหรับการทำงานในวันเสาร์ถึงพฤหัสบดี และทำงานในเวลา 07.40 น. หยุดทำงานในเวลา 07.50 น. สำหรับการทำงานในวันทุกวันศุกร์ และเมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาเขียนให้อยู่ในรูปแบบแผนภูมิเส้น จะสามารถแสดงได้ดังภาพต่อไปนี้

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45



ภาพที่ 44 แผนภูมิเส้นบันทึกการทำงานของเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2562

(2) ผลการเก็บข้อมูลการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2562 สำหรับคำสั่งให้น้ำวันละ 1 รอบแบบอัตโนมัติ และให้ปุ๋ยในทุกวันศุกร์ ซึ่งได้ข้อมูลการทำงานดังภาพต่อไปนี้

ภาพที่ 45 ผลการบันทึกการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2562

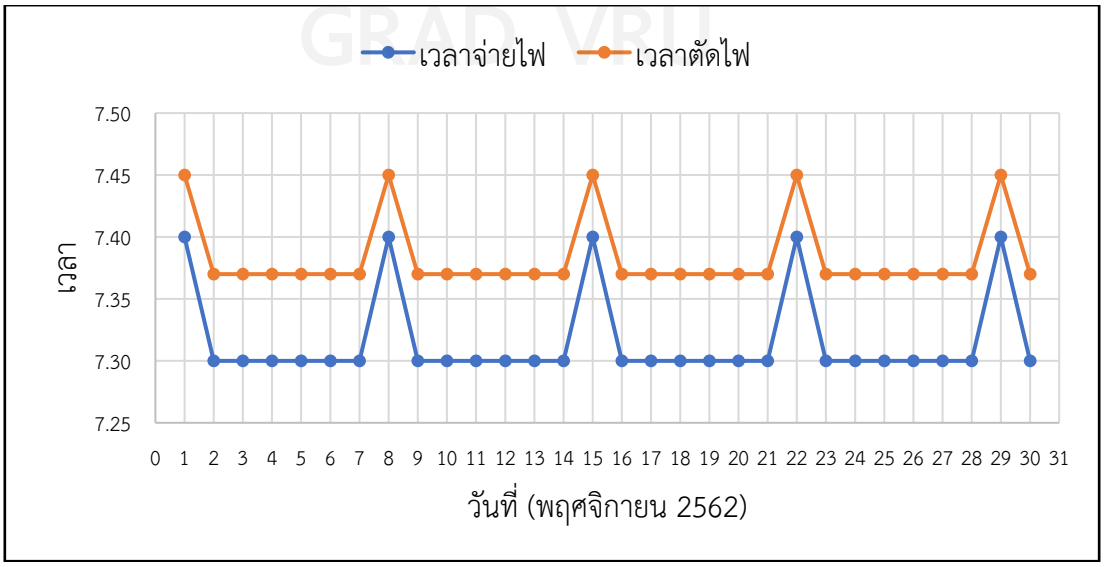
2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ภาพที่ 45 (ต่อ)

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ภาพที่ 45 (ต่อ)

จากภาพที่ 45 สามารถอธิบายผลการวิเคราะห์การทดลองการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 ในรูปแบบการทำงาน การให้น้ำวันละ 1 รอบ พบว่า โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 ทำงานได้อย่างแม่นยำตามคำสั่ง จากการสั่งให้ทำงานในเวลา 07.30 น. หยุดทำงานในเวลา 07.37 น. สำหรับการทำงานในวันเสาร์ถึงพฤหัสบดี และทำงานในเวลา 07.40 น. หยุดทำงานในเวลา 07.45 น. สำหรับการทำงานในทุก ๆ วันศุกร์ และเมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาเขียนให้อยู่ในรูปแบบแผนภูมิเส้นจะสามารถแสดงได้ดังนี้



ภาพที่ 46 แผนภูมิเส้นบันทึกการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2562

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

(3) ผลการเก็บข้อมูลการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2562 สำหรับคำสั่งให้น้ำวันละ 1 รอบแบบอัตโนมัติ และให้ปุ๋ยในทุกวันศุกร์ ซึ่งได้ข้อมูลการทำงานดังภาพต่อไปนี้

SOL 4 RUN RECODE

DATE	LAP 1		LAP 2	
	ON	OFF	ON	OFF
01:11:19	07 : 45	07 : 50	00 : 00	00 : 00
02:11:19	07 : 37	07 : 44	00 : 00	00 : 00
03:11:19	07 : 37	07 : 44	00 : 00	00 : 00
04:11:19	07 : 37	07 : 44	00 : 00	00 : 00
05:11:19	07 : 37	07 : 44	00 : 00	00 : 00
06:11:19	07 : 37	07 : 44	00 : 00	00 : 00
07:11:19	07 : 37	07 : 44	00 : 00	00 : 00
08:11:19	07 : 45	07 : 50	00 : 00	00 : 00

STATUS PAGE UP PAGE DOWN

SOL 4 RUN RECODE

DATE	LAP 1		LAP 2	
	ON	OFF	ON	OFF
09:11:19	07 : 37	07 : 44	00 : 00	00 : 00
10:11:19	07 : 37	07 : 44	00 : 00	00 : 00
11:11:19	07 : 37	07 : 44	00 : 00	00 : 00
12:11:19	07 : 37	07 : 44	00 : 00	00 : 00
13:11:19	07 : 37	07 : 44	00 : 00	00 : 00
14:11:19	07 : 37	07 : 44	00 : 00	00 : 00
15:11:19	07 : 45	07 : 50	00 : 00	00 : 00
16:11:19	07 : 37	07 : 44	00 : 00	00 : 00

STATUS PAGE UP PAGE DOWN

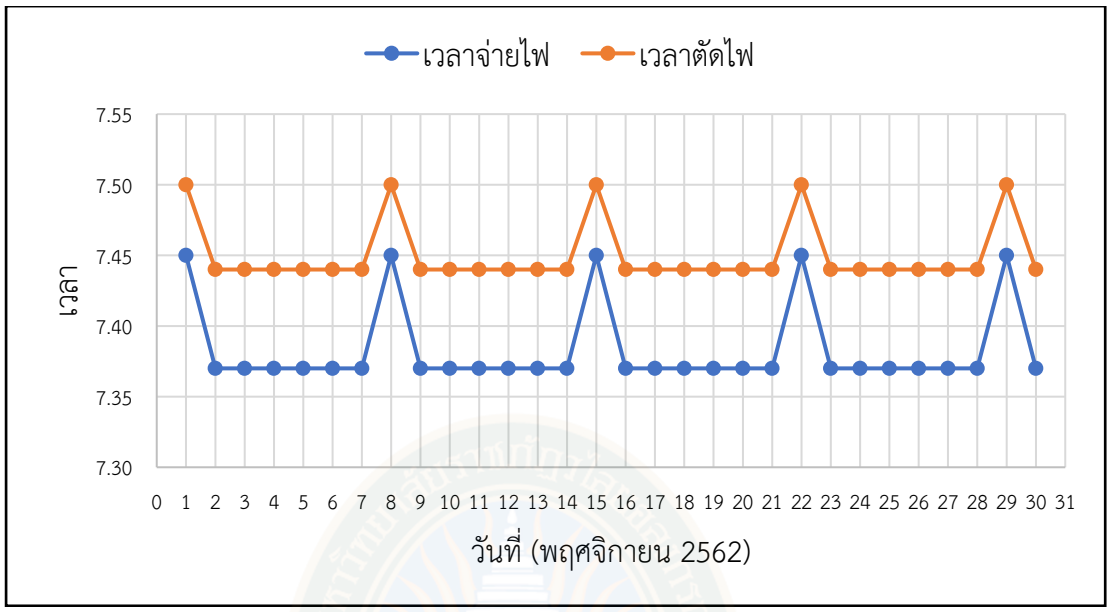
ภาพที่ 47 ผลการบันทึกการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2562

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ภาพที่ 47 (ต่อ)

จากภาพที่ 47 สามารถอธิบายผลการวิเคราะห์การทดลองการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 ในรูปแบบการทำงาน การให้น้ำวันละ 1 รอบ พบว่า โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 ทำงานได้อย่างแม่นยำตามคำสั่ง จากการสั่งให้ทำงานในเวลา 07.37 หยุดทำงานในเวลา 07.44 สำหรับการทำงานในวันเสาร์ถึงพฤหัสบดี และทำงานในเวลา 07.45 หยุดทำงานในเวลา 07.50 สำหรับการทำงานในทุก ๆ วันศุกร์ และเมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาเขียนให้อยู่ในรูปแบบแผนภูมิเส้น จะสามารถแสดงได้ดังนี้

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45



ภาพที่ 48 แผนภูมิเส้นบันทึกการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2562

(4) ผลการเก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิในอากาศและความชื้นในดิน สำหรับการทดลองการทำงานแบบให้น้ำวันละ 1 รอบ ซึ่งจะเก็บข้อมูลวันเสาร์ - พฤหัสบดี ทั้งหมด 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 เวลา 07.30 น. และครั้งที่ 2 เวลา 07.44 น. และในทุก ๆ วันศุกร์สำหรับการให้ปุ๋ยจะเก็บข้อมูลทั้งหมด 2 ครั้งเช่นกัน โดยครั้งที่ 1 เวลา 07.40 น. และครั้งที่ 2 และ 07.50 น. ซึ่งได้ข้อมูลดังภาพต่อไปนี้

ภาพที่ 49 ผลการบันทึกค่าอุณหภูมิในอากาศและค่าความชื้นในดินช่วงเวลาเริ่มและหยุดการให้น้ำและให้ปุ๋ย เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2562

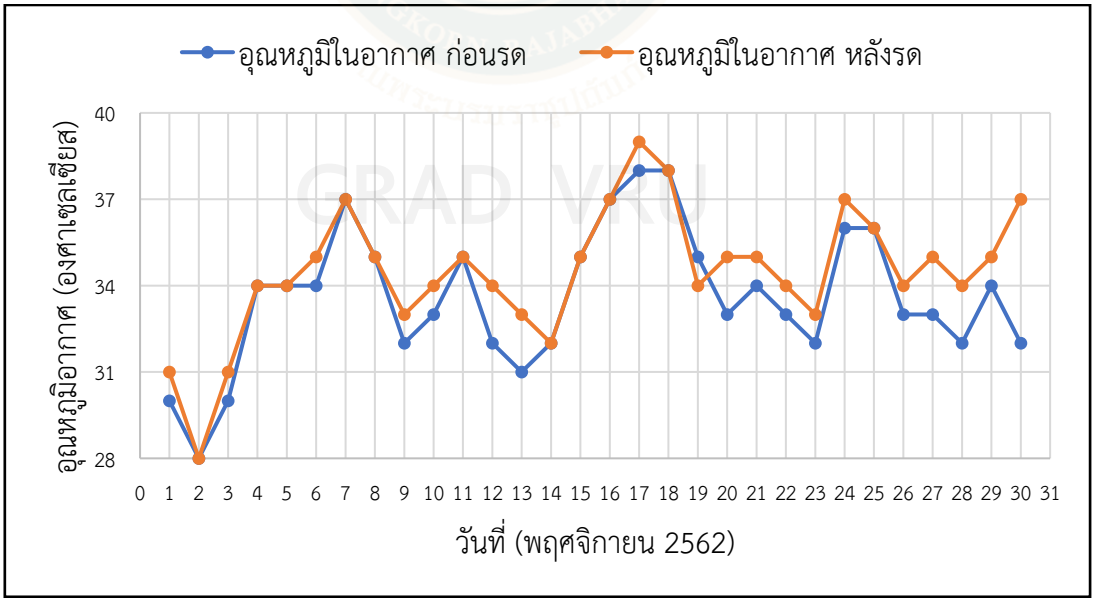
2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ภาพที่ 49 (ต่อ)

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

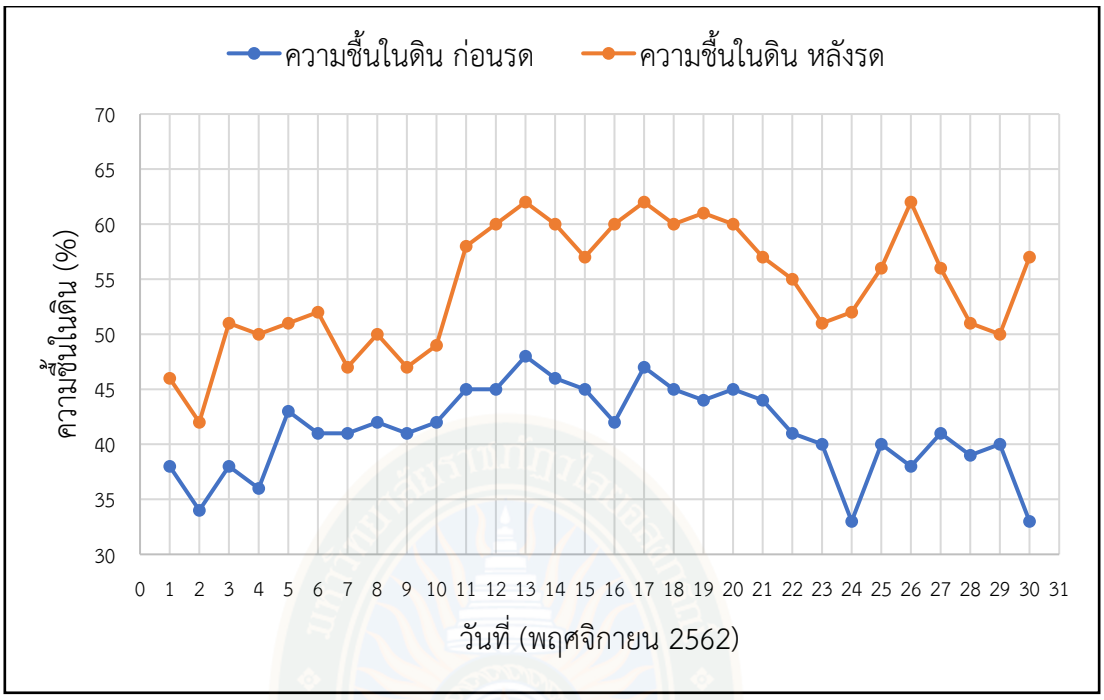
ภาพที่ 49 (ต่อ)

จากภาพที่ 49 แสดงค่าอุณหภูมิในอากาศและความชื้นในดิน ในเวลาเริ่มและหยุดการให้น้ำและให้ปุ๋ย เพื่อเป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างหลังจากระบบทำงานเสร็จสิ้น ซึ่งเมื่อนำผลการบันทึกที่ได้มาเขียนให้อยู่ในรูปแบบของแผนภูมิเส้นจะสามารถแสดงได้ดังนี้



ภาพที่ 50 แผนภูมิเส้นบันทึกค่าอุณหภูมิในอากาศในเวลาเริ่มและหยุดการให้น้ำและให้ปุ๋ย เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2562

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45



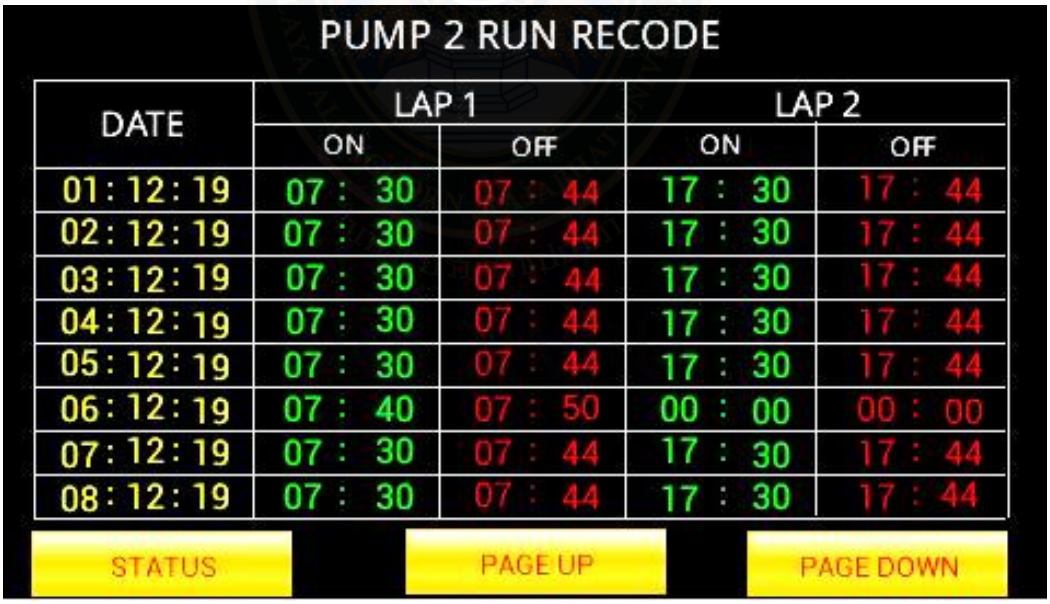
ภาพที่ 51 แผนภูมิเส้นบันทึกค่าความชื้นในดินในเวลาเริ่มและหยุดการให้น้ำและให้ปุ๋ย เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2562

จากการเก็บผลการทดลองด้วยแบบบันทึกการทดลอง การทดลองในรูปแบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติวันละ 1 รอบ ผู้วิจัยได้กำหนดให้ระบบให้น้ำทำงานทุกวันเสาร์ถึงวันพฤหัสบดีในเดือนพฤศจิกายน 2562 ด้วยความถี่ทั้งสิ้น 25 รอบใน 25 วัน แต่ละรอบทำงานรอบละ 14 นาที เริ่มทำงานเวลา 07.30 น. ถึง 07.44 น. แบ่งเป็น 2 บริเวณพื้นที่ พื้นที่ละ 7 นาที ตลอดระยะเวลาของการทดลองให้น้ำวันละ 1 รอบ พบว่าเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 และโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 เริ่มทำงานและหยุดทำงานตรงตามเวลาที่กำหนด และพบว่าไม่มีวันใดที่มีค่าอุณหภูมิในอากาศเท่ากับหรือมากกว่า 40 องศาเซลเซียส และไม่มีวันใดที่มีค่าความชื้นในดินเท่ากับหรือมากกว่าร้อยละ 80 เมื่อพิจารณาข้อมูลผลการบันทึกการการทำงานของอุปกรณ์ทั้ง 3 ประกอบกับค่าอุณหภูมิในอากาศและค่าความชื่นในดินตลอดระยะเวลาการทดลองแล้ว พบว่าระบบทำงานครบตามความถี่ 25 รอบ คิดเป็นระบบทำงานร้อยละ 100 ของการทำงานตามคำสั่งการให้น้ำแบบอัตโนมัติวันละ 1 รอบ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าระบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติวันละ 1 รอบทำงานได้อย่างแม่นยำตามคำสั่ง ไม่มีการตัดการทำงานจากสาเหตุใด ๆ และจะเห็นได้ชัดเจนว่า เมื่อระบบทำงานเสร็จสิ้น เซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดินสามารถวัดค่าความชื้นในดินได้สูงกว่าค่าความชื้นในดินก่อนการให้น้ำ แสดงให้เห็นว่าต้นมัลเบอร์รีได้รับน้ำจากระบบการให้น้ำจริง

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

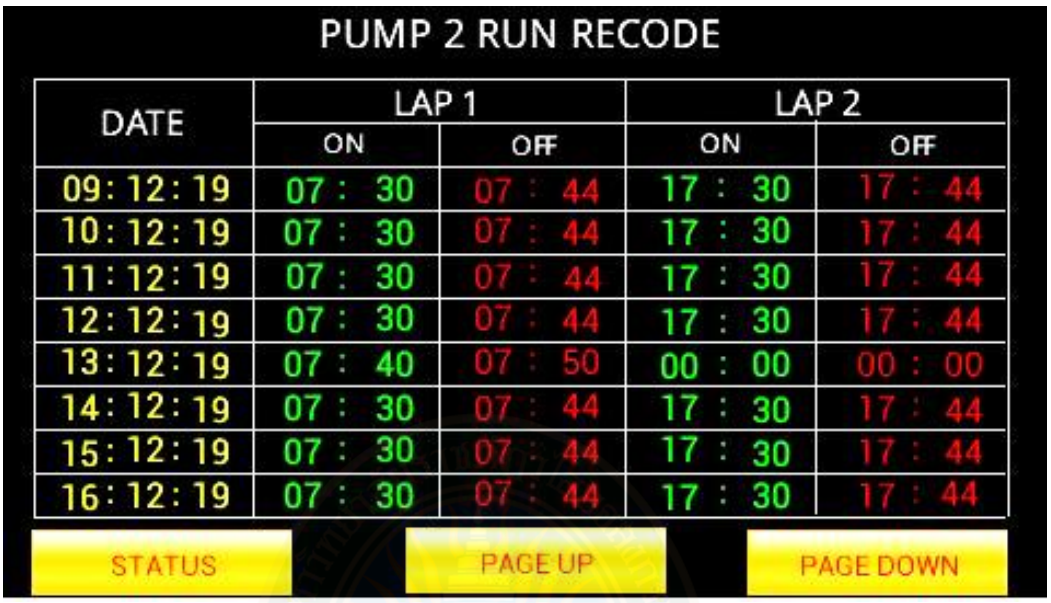
2) การให้น้ำแบบอัตโนมัติวันละ 2 รอบ คือ ช่วงเวลา 07.30 น. ถึง 07.44 น. และช่วงเวลา 17.30 น. ถึง 17.44 น. เป็นเวลานานรอบละ 14 นาที ระยะเวลาเก็บข้อมูล 30 วัน เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 ธันวาคม พ.ศ. 2562 ถึงวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2562 โดยเป็นการให้น้ำวันเสาร์ถึงวันพฤหัสบดีทั้งหมด 26 วัน ซึ่งแบ่งการให้น้ำออกเป็น 2 บริเวณพื้นที่ พื้นที่ละ 7 นาที ทั้ง 2 รอบ และเป็นการให้ปุ๋ยทางน้ำในทุกวันศุกร์ช่วงเวลา 07.40 น. ถึง 07.50 น. เป็นเวลา 10 นาที อีก 4 วัน และแบ่งการให้ปุ๋ยทางน้ำกับต้นมัลเบอร์รีออกเป็น 2 บริเวณพื้นที่เช่นกันแต่จะพื้นที่ละ 5 นาที โดยวันที่มีคำสั่งให้ปุ๋ยทางน้ำ ระบบจะทำงานในรอบที่ 1 เพียง 1 รอบเท่านั้นโดยจะไม่มีการทำงานในรอบที่ 2 และมีการกำหนดเงื่อนไขให้ระบบทำงานอยู่ในช่วงความชื้นในดินที่น้อยกว่าร้อยละ 80 และทำงานอยู่ในช่วงอุณหภูมิความร้อนในอากาศที่น้อยกว่า 40 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการให้น้ำในขณะที่อากาศมีอุณหภูมิสูงและป้องกันการให้น้ำในขณะที่มีฝนตกหรือดินมีความชุ่มชื้นที่เพียงพอแล้ว ในการเก็บผลการทดสอบจะเก็บผลการทำงานของ 3 อุปกรณ์ ได้แก่ เครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 และโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 และได้เก็บผลการบันทึกค่าอุณหภูมิในอากาศและค่าความชื้นในดินในเวลาที่ระบบเริ่มทำงานและหลังจากทำงานเสร็จสิ้นตามเงื่อนไข ซึ่งได้ผลการเก็บข้อมูลดังนี้

(1) ผลการเก็บข้อมูลการทำงานของสูบน้ำตัวที่ 2 ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 สำหรับคำสั่งให้น้ำวันละ 2 รอบแบบอัตโนมัติ และให้ปุ๋ยในทุกวันศุกร์ ซึ่งได้ข้อมูลการทำงานดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 52 ผลการบันทึกการทำงานของเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45



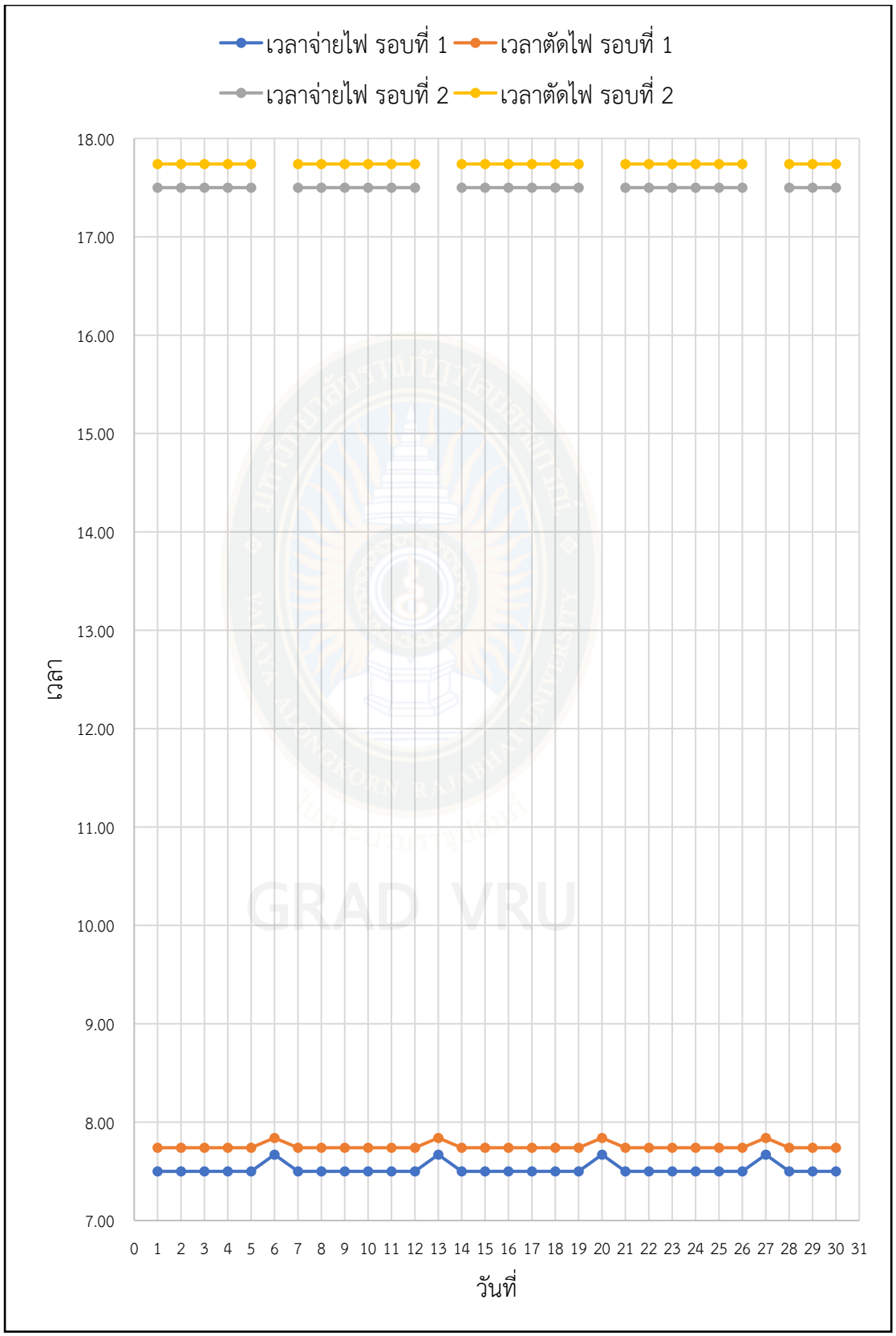
ภาพที่ 52 (ต่อ)

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ภาพที่ 52 (ต่อ)

จากภาพที่ 52 สามารถอธิบายผลการวิเคราะห์การทดลองการทำงานของเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 ในรูปแบบการทำงาน การให้น้ำวันละ 2 รอบ พบว่า เครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 ทำงานได้อย่างแม่นยำตามคำสั่ง จากการสั่งให้ทำงานในวันเสาร์ถึงพฤหัสบดี รอบที่ 1 เวลา 07.30 น. หยุดทำงานในเวลา 07.44 น. และทำงานในวันศุกร์ เวลา 07.40 น. หยุดทำงานในเวลา 07.50 น. และจากการสั่งให้ทำงานรอบที่ 2 ในวันเสาร์ถึงพฤหัสบดี เวลา 17.30 น. หยุดทำงานในเวลา 17.44 น. แต่จะไม่มีการทำงานของเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 ในรอบที่ 2 ของวันศุกร์ โดยเมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาเขียนให้อยู่ในรูปแบบแผนภูมิเส้น จะสามารถแสดงได้ดังนี้

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45



ภาพที่ 53 แผนภูมิเส้นบันทึกการทำงานของเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

(2) ผลการเก็บข้อมูลการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 สำหรับคำสั่งให้น้ำวันละ 2 รอบแบบอัตโนมัติ และให้ปุ๋ยในทุกวันศุกร์ ซึ่งได้ข้อมูลการทำงานดังภาพต่อไปนี้

SOL 3 RUN RECODE

DATE	LAP 1		LAP 2	
	ON	OFF	ON	OFF
01:12:19	07 : 30	07 : 37	17 : 30	17 : 37
02:12:19	07 : 30	07 : 37	17 : 30	17 : 37
03:12:19	07 : 30	07 : 37	17 : 30	17 : 37
04:12:19	07 : 30	07 : 37	17 : 30	17 : 37
05:12:19	07 : 30	07 : 37	17 : 30	17 : 37
06:12:19	07 : 40	07 : 45	00 : 00	00 : 00
07:12:19	07 : 30	07 : 37	17 : 30	17 : 37
08:12:19	07 : 30	07 : 37	17 : 30	17 : 37

STATUS PAGE UP PAGE DOWN

SOL 3 RUN RECODE

DATE	LAP 1		LAP 2	
	ON	OFF	ON	OFF
09:12:19	07 : 30	07 : 37	17 : 30	17 : 37
10:12:19	07 : 30	07 : 37	17 : 30	17 : 37
11:12:19	07 : 30	07 : 37	17 : 30	17 : 37
12:12:19	07 : 30	07 : 37	17 : 30	17 : 37
13:12:19	07 : 40	07 : 45	00 : 00	00 : 00
14:12:19	07 : 37	07 : 37	17 : 30	17 : 37
15:12:19	07 : 30	07 : 37	17 : 30	17 : 37
16:12:19	07 : 30	07 : 37	17 : 30	17 : 37

STATUS PAGE UP PAGE DOWN

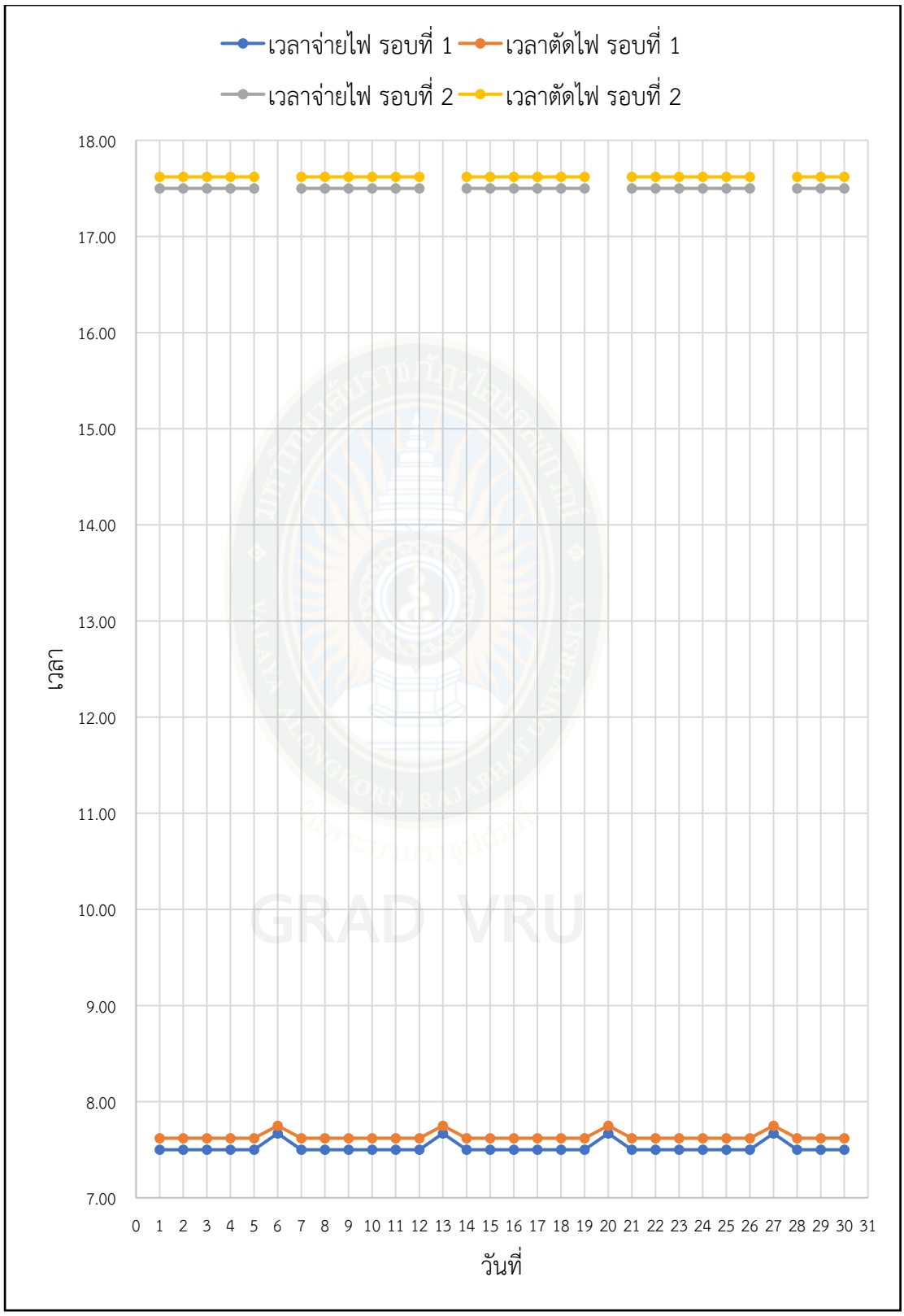
ภาพที่ 54 ผลการบันทึกการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ภาพที่ 54 (ต่อ)

จากภาพที่ 54 สามารถอธิบายผลการวิเคราะห์การทดลองการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 ในรูปแบบการทำงาน การให้น้ำวันละ 2 รอบ พบว่า โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 ทำงานได้อย่างแม่นยำตามคำสั่ง จากการสั่งให้ทำงานรอบที่ 1 ในวันเสาร์ถึงพฤหัสบดี เวลา 07.30 น. หยุดทำงานในเวลา 07.37 น. และทำงานในวันศุกร์ เวลา 07.40 น. หยุดทำงานในเวลา 07.45 น. และจากการสั่งให้ทำงานรอบที่ 2 ในวันเสาร์ถึงพฤหัสบดี เวลา 17.30 น. หยุดทำงานในเวลา 17.37 น. แต่จะไม่มีการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 ในรอบที่ 2 ของวันศุกร์ โดยเมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาเขียนให้อยู่ในรูปแบบแผนภูมิเส้น จะสามารถแสดงได้ดังนี้

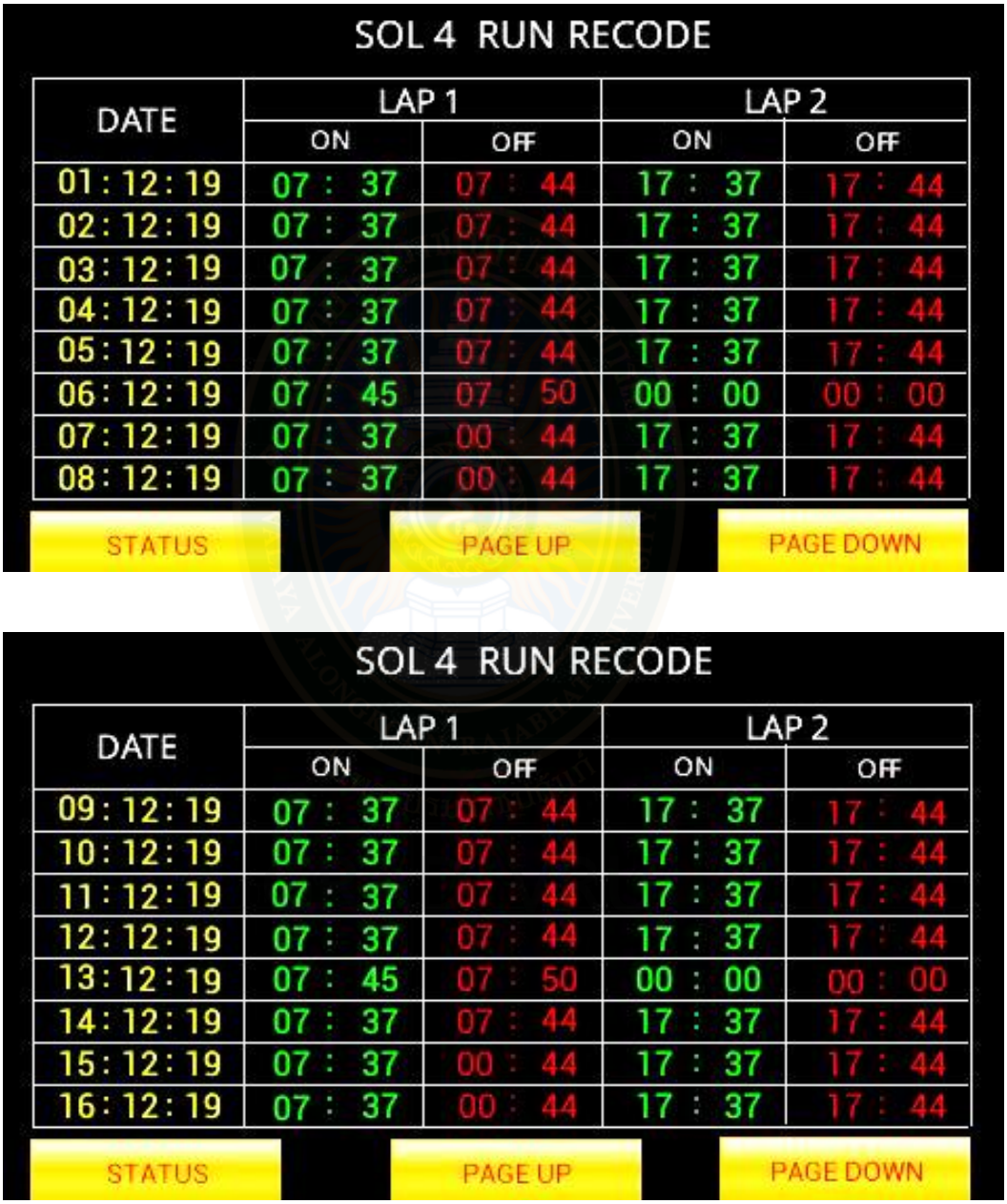
2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45



ภาพที่ 55 แผนภูมิเส้นบันทึกการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

(3) ผลการเก็บข้อมูลการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 สำหรับคำสั่งให้น้ำวันละ 2 รอบแบบอัตโนมัติ และให้ปุ๋ยในทุกวันศุกร์ ซึ่งได้ข้อมูลการทำงานดังภาพต่อไปนี้



SOL 4 RUN RECODE

DATE	LAP 1		LAP 2	
	ON	OFF	ON	OFF
01:12:19	07 : 37	07 : 44	17 : 37	17 : 44
02:12:19	07 : 37	07 : 44	17 : 37	17 : 44
03:12:19	07 : 37	07 : 44	17 : 37	17 : 44
04:12:19	07 : 37	07 : 44	17 : 37	17 : 44
05:12:19	07 : 37	07 : 44	17 : 37	17 : 44
06:12:19	07 : 45	07 : 50	00 : 00	00 : 00
07:12:19	07 : 37	00 : 44	17 : 37	17 : 44
08:12:19	07 : 37	00 : 44	17 : 37	17 : 44

STATUS PAGE UP PAGE DOWN

SOL 4 RUN RECODE

DATE	LAP 1		LAP 2	
	ON	OFF	ON	OFF
09:12:19	07 : 37	07 : 44	17 : 37	17 : 44
10:12:19	07 : 37	07 : 44	17 : 37	17 : 44
11:12:19	07 : 37	07 : 44	17 : 37	17 : 44
12:12:19	07 : 37	07 : 44	17 : 37	17 : 44
13:12:19	07 : 45	07 : 50	00 : 00	00 : 00
14:12:19	07 : 37	07 : 44	17 : 37	17 : 44
15:12:19	07 : 37	00 : 44	17 : 37	17 : 44
16:12:19	07 : 37	00 : 44	17 : 37	17 : 44

STATUS PAGE UP PAGE DOWN

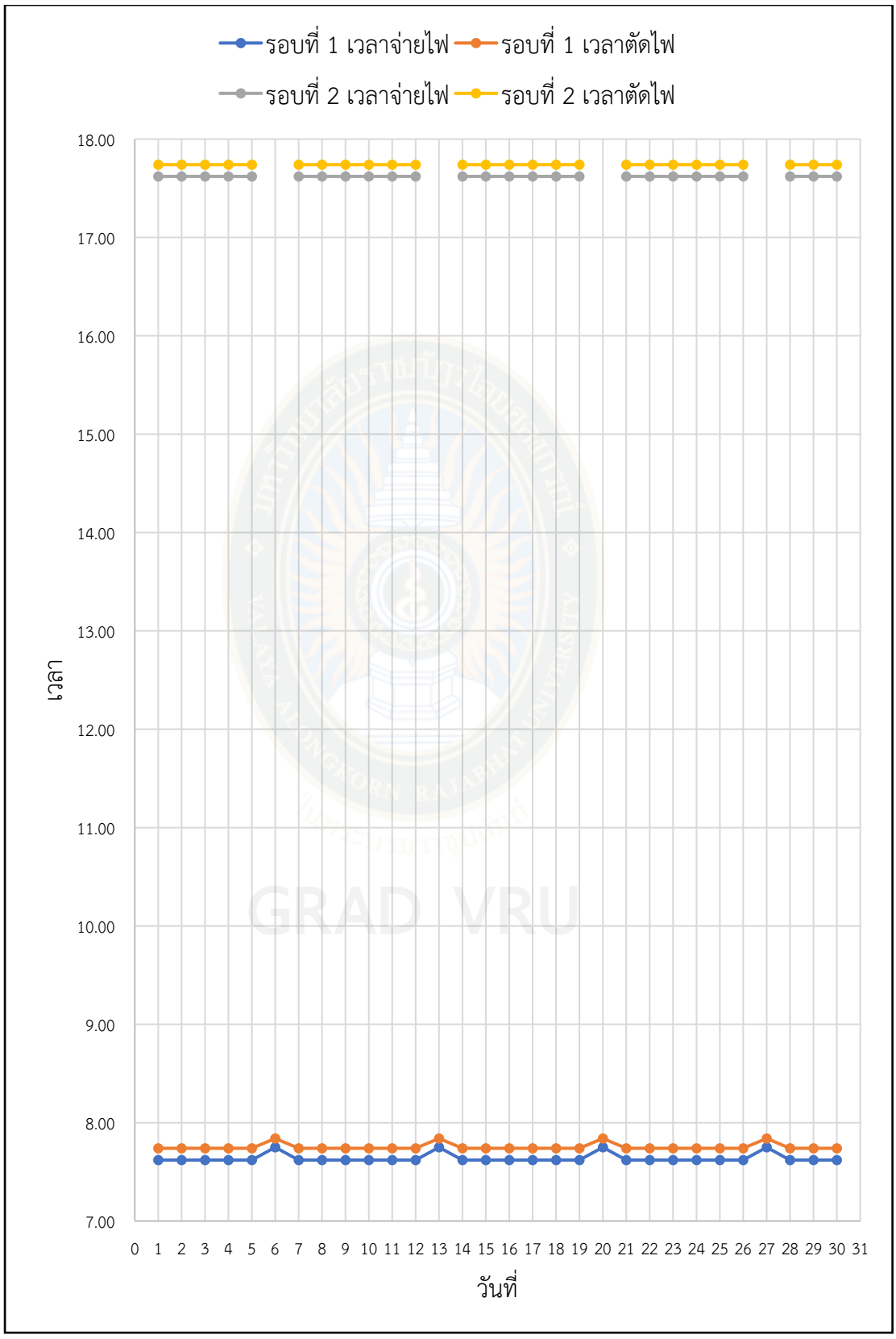
ภาพที่ 56 ผลการบันทึกการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ภาพที่ 56 (ต่อ)

จากภาพที่ 56 สามารถอธิบายผลการวิเคราะห์การทดลองการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 ในรูปแบบการทำงาน การให้น้ำวันละ 2 รอบ พบว่า โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 ทำงานได้อย่างแม่นยำตามคำสั่ง จากการสั่งให้ทำงานในวันเสาร์ถึงพฤหัสบดี รอบที่ 1 เวลา 07.37 น. หยุดทำงานในเวลา 07.44 น. และทำงานในวันศุกร์ เวลา 07.45 น. หยุดทำงานในเวลา 07.50 น. และจากการสั่งให้ทำงานรอบที่ 2 ในวันเสาร์ถึงพฤหัสบดี เวลา 17.37 น. หยุดทำงานในเวลา 17.44 น. แต่จะไม่มีการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 ในรอบที่ 2 ของวันศุกร์ โดยเมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาเขียนให้อยู่ในรูปแบบแผนภูมิเส้น จะสามารถแสดงได้ดังนี้

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45



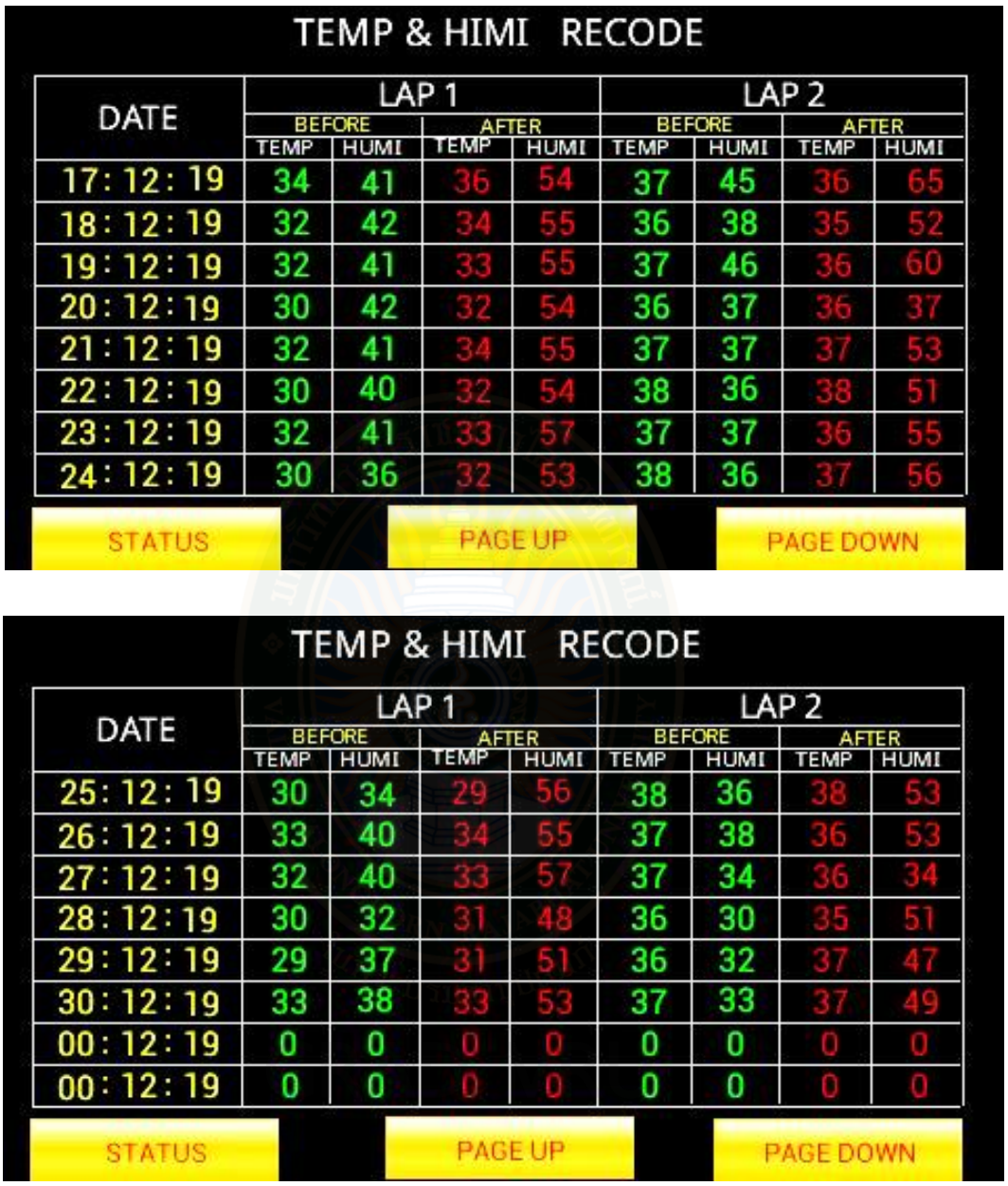
ภาพที่ 57 แผนภูมิเส้นบันทึกการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

(4) ผลการเก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิในอากาศและความชื้นในดิน สำหรับการทดลองให้น้ำวันละ 2 รอบ ซึ่งจะเก็บข้อมูลวันเสาร์ - พฤหัสบดี ทั้งหมด 4 ครั้ง ในครั้งที่ 1 เวลา 07.30 น. ครั้งที่ 2 เวลา 07.44 น. ครั้งที่ 3 เวลา 17.30 และในครั้งที่ 4 เวลา 17.44 น. และในทุก ๆ วันศุกร์สำหรับการให้ปุ๋ยจะเก็บข้อมูลทั้งหมด 2 ครั้ง ในครั้งที่ 1 เวลา 07.40 น. ครั้งที่ 2 เวลา 07.50 น. ซึ่งได้ข้อมูลดังภาพต่อไปนี้

ภาพที่ 58 ผลการบันทึกค่าอุณหภูมิในอากาศและค่าความชื้นในดินช่วงเวลาเริ่มและหยุดการให้น้ำและให้ปุ๋ย เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45



TEMP & HIMI RECODE

DATE	LAP 1				LAP 2			
	BEFORE		AFTER		BEFORE		AFTER	
	TEMP	HUMI	TEMP	HUMI	TEMP	HUMI	TEMP	HUMI
17:12:19	34	41	36	54	37	45	36	65
18:12:19	32	42	34	55	36	38	35	52
19:12:19	32	41	33	55	37	46	36	60
20:12:19	30	42	32	54	36	37	36	37
21:12:19	32	41	34	55	37	37	37	53
22:12:19	30	40	32	54	38	36	38	51
23:12:19	32	41	33	57	37	37	36	55
24:12:19	30	36	32	53	38	36	37	56

STATUS PAGE UP PAGE DOWN

TEMP & HIMI RECODE

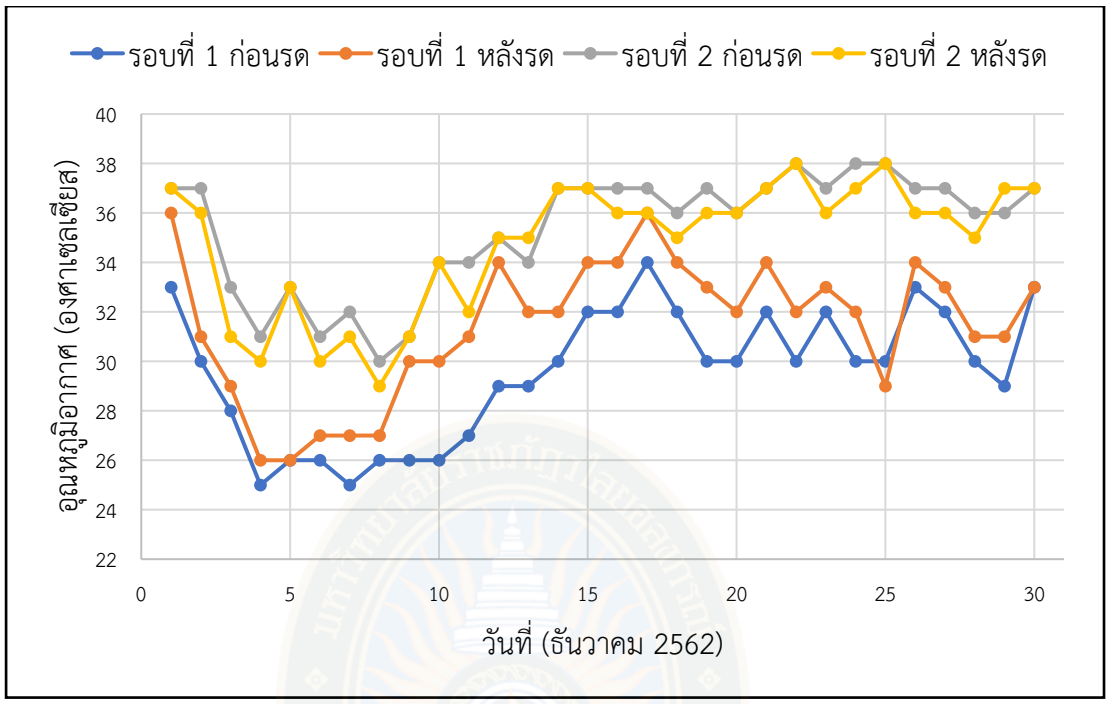
DATE	LAP 1				LAP 2			
	BEFORE		AFTER		BEFORE		AFTER	
	TEMP	HUMI	TEMP	HUMI	TEMP	HUMI	TEMP	HUMI
25:12:19	30	34	29	56	38	36	38	53
26:12:19	33	40	34	55	37	38	36	53
27:12:19	32	40	33	57	37	34	36	34
28:12:19	30	32	31	48	36	30	35	51
29:12:19	29	37	31	51	36	32	37	47
30:12:19	33	38	33	53	37	33	37	49
00:12:19	0	0	0	0	0	0	0	0
00:12:19	0	0	0	0	0	0	0	0

STATUS PAGE UP PAGE DOWN

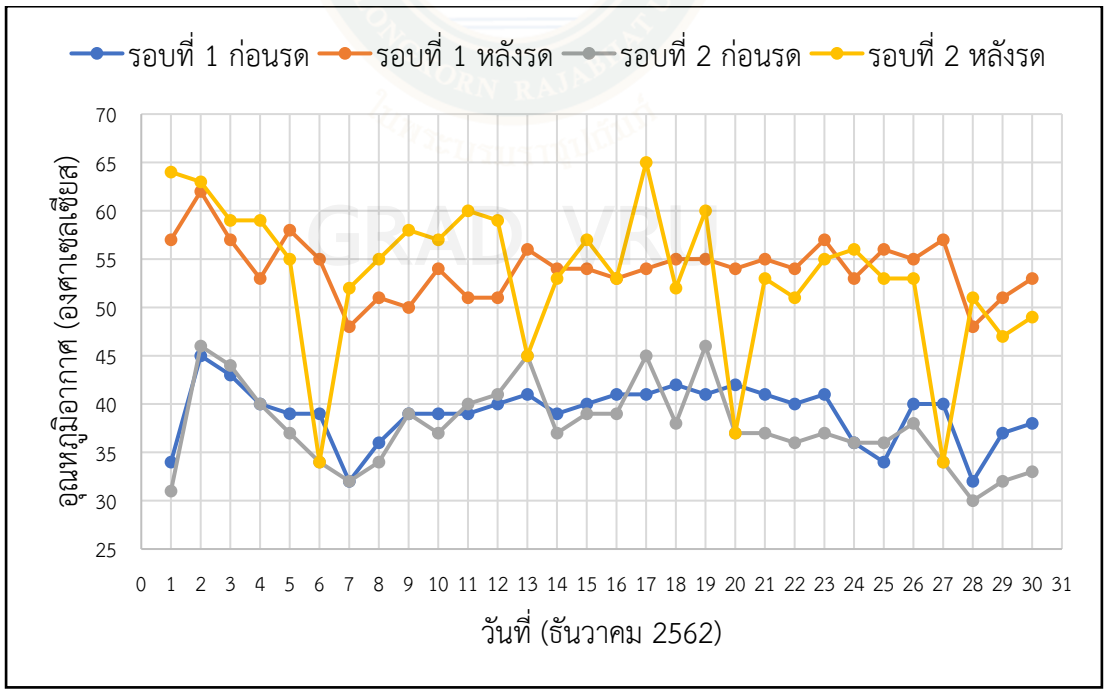
ภาพที่ 58 (ต่อ)

จากภาพที่ 58 จะแสดงค่าอุณหภูมิในอากาศและความชื้นในดิน ในเวลาเริ่มและหยุดการให้น้ำและให้ปุ๋ยทั้ง 2 รอบการทำงาน เพื่อเป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างหลังจากระบบทำงานเสร็จสิ้น ซึ่งเมื่อนำผลการบันทึกที่ได้มาเขียนให้อยู่ในรูปแบบของแผนภูมิเส้นจะสามารถแสดงได้ดังนี้

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45



ภาพที่ 59 แผนภูมิเส้นบันทึกค่าอุณหภูมิในอากาศในเวลาเริ่มและหยุดการให้น้ำและให้ปุ๋ย เดือนธันวาคม พ.ศ. 2562



ภาพที่ 60 แผนภูมิเส้นบันทึกค่าความชื้นในดินในเวลาเริ่มและหยุดการให้น้ำและให้ปุ๋ย เดือนธันวาคม พ.ศ. 2562

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

จากการเก็บผลการทดลองด้วยแบบบันทึกการทดลอง การทดลองในรูปแบบการให้น้ำอัตโนมัติวันละ 2 รอบ ผู้วิจัยได้กำหนดให้ระบบให้น้ำทำงานทุกวันเสาร์ถึงวันพฤหัสบดีในเดือนธันวาคม 2562 ด้วยความถี่ทั้งสิ้น 52 รอบใน 26 วัน แต่ละรอบทำงานรอบละ 14 นาที เริ่มทำงานเวลา 07.30 น. และหยุด 07.44 น. สำหรับรอบที่ 1 ส่วนรอบที่ 2 เริ่มทำงานเวลา เวลา 17.30 น. และหยุด 17.44 น. โดยทั้ง 2 รอบแบ่งการทำงานออกเป็น 2 บริเวณพื้นที่ พื้นที่ละ 7 นาที ตลอดระยะเวลาของการทดลองให้น้ำวันละ 2 รอบ พบว่า เครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 และโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 เริ่มทำงานและหยุดทำงานตรงตามเวลาที่กำหนด และพบว่าไม่มีวันใดที่มีค่าอุณหภูมิในอากาศเท่ากับหรือมากกว่า 40 องศาเซลเซียส และไม่มีวันใดที่มีค่าความชื้นในดินเท่ากับหรือมากกว่าร้อยละ 80 ทั้ง 2 รอบ เมื่อพิจารณาข้อมูลผลการบันทึกการการทำงานของอุปกรณ์ทั้ง 3 ประกอบกับค่าอุณหภูมิในอากาศ และค่าความชื่นในดินตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่าระบบทำงานตรงตามเวลาที่กำหนดและครบตามความถี่ 52 รอบ คิดเป็นร้อยละ 100 ของการทำงานตามคำสั่งการให้น้ำอัตโนมัติวันละ 2 รอบ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าระบบการให้น้ำอัตโนมัติวันละ 2 รอบ ระบบควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รีทำงานได้อย่างแม่นยำตามคำสั่ง ไม่มีการตัดการทำงานจากสาเหตุใด ๆ และจะเห็นได้ชัดเจนว่า เมื่อระบบทำงานเสร็จสิ้น เซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดินสามารถวัดค่าความชื้นในดินได้สูงกว่าค่าความชื้นในดินก่อนการให้น้ำ แสดงให้เห็นว่าต้นมัลเบอร์รีได้รับน้ำจากระบบการให้น้ำจริง

3) การให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติ จะให้สัปดาห์ละ 1 ครั้งในทุก ๆ วันศุกร์ และการให้ปุ๋ยทางน้ำจะให้วันละ 1 รอบ คือ ช่วงเวลา 07.40 น. ถึง 07.50 น. โดยเริ่มทดสอบและเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ 2562 ถึง วันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2562 รวมทั้งสิ้น 9 วัน ซึ่งแบ่งการให้ปุ๋ยต้นมัลเบอร์รีออกเป็น 2 บริเวณพื้นที่ พื้นที่ละ 5 นาที แบ่งเป็นพื้นที่ละ 4 ต้น โดยมีการกำหนดเงื่อนไขให้ระบบทำงานอยู่ในช่วงความชื้นในดินที่น้อยกว่าร้อยละ 80 และทำงานอยู่ในช่วงอุณหภูมิความร้อน ในอากาศที่น้อยกว่า 40 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการให้น้ำในขณะที่อากาศมีอุณหภูมิสูงและป้องกันการให้น้ำในขณะที่มีฝนตกหรือดินมีความชุ่มชื้นที่เพียงพอแล้ว ในการเก็บผลการทดสอบจะเก็บผลการทำงานของ 3 อุปกรณ์ ได้แก่ เครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 และโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 และได้เก็บผลการบันทึกค่าอุณหภูมิในอากาศและค่าความชื้นในดินในเวลาที่ระบบเริ่มทำงานและเวลาเสร็จสิ้นการทำงานตามเงื่อนไขตาม ซึ่งเมื่อนำผลการทดสอบการให้ปุ๋ยมาแยกเป็นตารางเพื่อวิเคราะห์ผลการทดลองจะได้ดังนี้

ตารางที่ 2 บันทึกการทำงานของเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 สำหรับการให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติ

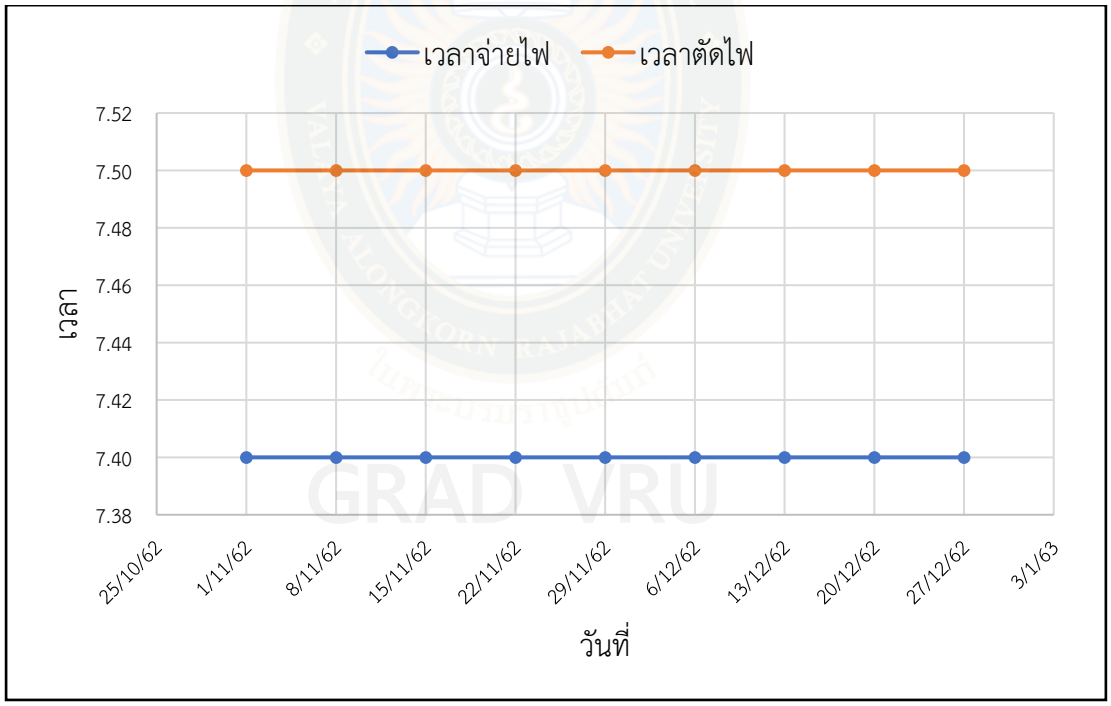
ตารางบันทึกการทำงานของเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 สำหรับการให้ปุ๋ยแบบอัตโนมัติ			
วันที่	เวลาจ่ายไฟ	เวลาตัดไฟ	หมายเหตุ
01-11-2562	07.40	07.50	
08-11-2562	07.40	07.50	
15-11-2562	07.40	07.50	
22-11-2562	07.40	07.50	

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ตารางที่ 2 (ต่อ)

29-11-2562	07.40	07.50	
06-12-2562	07.40	07.50	
13-12-2562	07.40	07.50	
20-12-2562	07.40	07.50	
27-12-2562	07.40	07.50	

จากตารางที่ 2 สามารถอธิบายผลการวิเคราะห์การทดลองการทำงานของเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 ในรูปแบบการทำงาน การให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติ พบว่า เครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 ทำงานได้อย่างแม่นยำตามคำสั่ง จากการสั่งให้ทำงานในทุกวันศุกร์ เวลา 07.40 น. หยุดทำงานในเวลา 07.50 น. โดยเมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาเขียนให้อยู่ในรูปแบบแผนภูมิเส้น จะสามารถแสดงได้ดังนี้



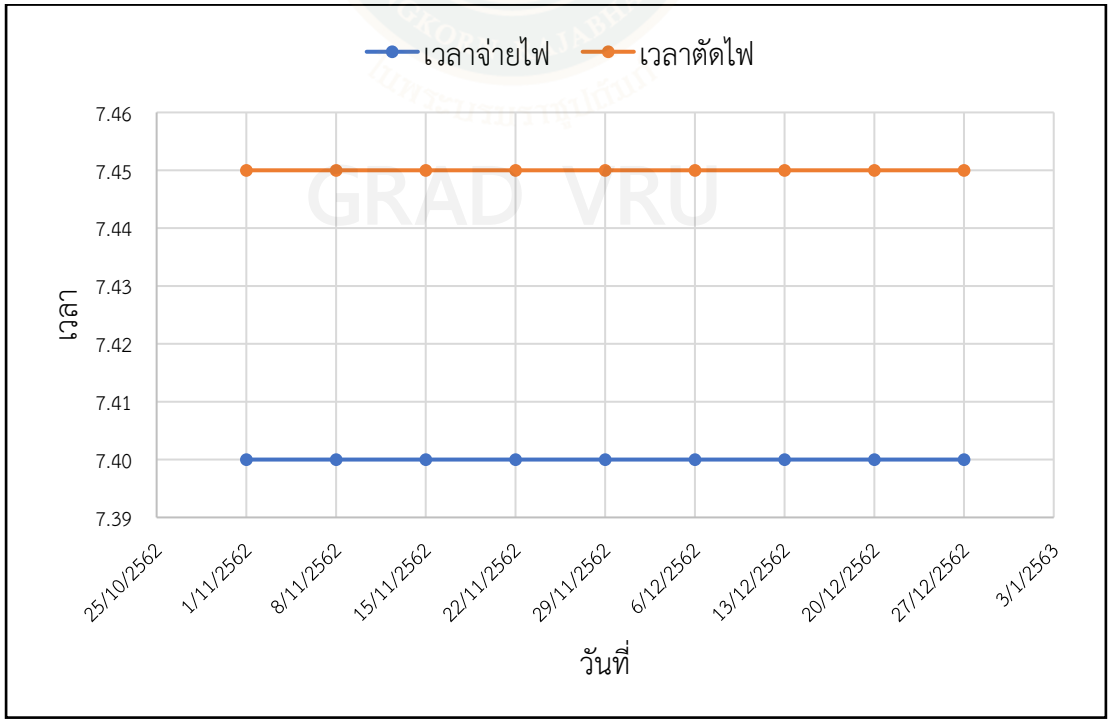
ภาพที่ 61 แผนภูมิเส้นบันทึกการทำงานของเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 สำหรับการให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติ

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ตารางที่ 3 ตารางบันทึกการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 สำหรับการให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติ

ตารางบันทึกการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 สำหรับการให้ปุ๋ยแบบอัตโนมัติ			
วันที่	เวลาจ่ายไฟ	เวลาตัดไฟ	หมายเหตุ
01-11-2562	07.40	07.45	
08-11-2562	07.40	07.45	
15-11-2562	07.40	07.45	
22-11-2562	07.40	07.45	
29-11-2562	07.40	07.45	
06-12-2562	07.40	07.45	
13-12-2562	07.40	07.45	
20-12-2562	07.40	07.45	
27-12-2562	07.40	07.45	

จากตารางที่ 3 สามารถอธิบายผลการวิเคราะห์การทดลองการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 ในรูปแบบการทำงานการให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติ พบว่า โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 ทำงานได้อย่างแม่นยำตามคำสั่ง จากการสั่งให้ทำงานในทุกวันศุกร์ เวลา 07.40 น. หยุดทำงานในเวลา 07.45 น. โดยเมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาเขียนให้อยู่ในรูปแบบแผนภูมิเส้น จะสามารถแสดงได้ดังนี้



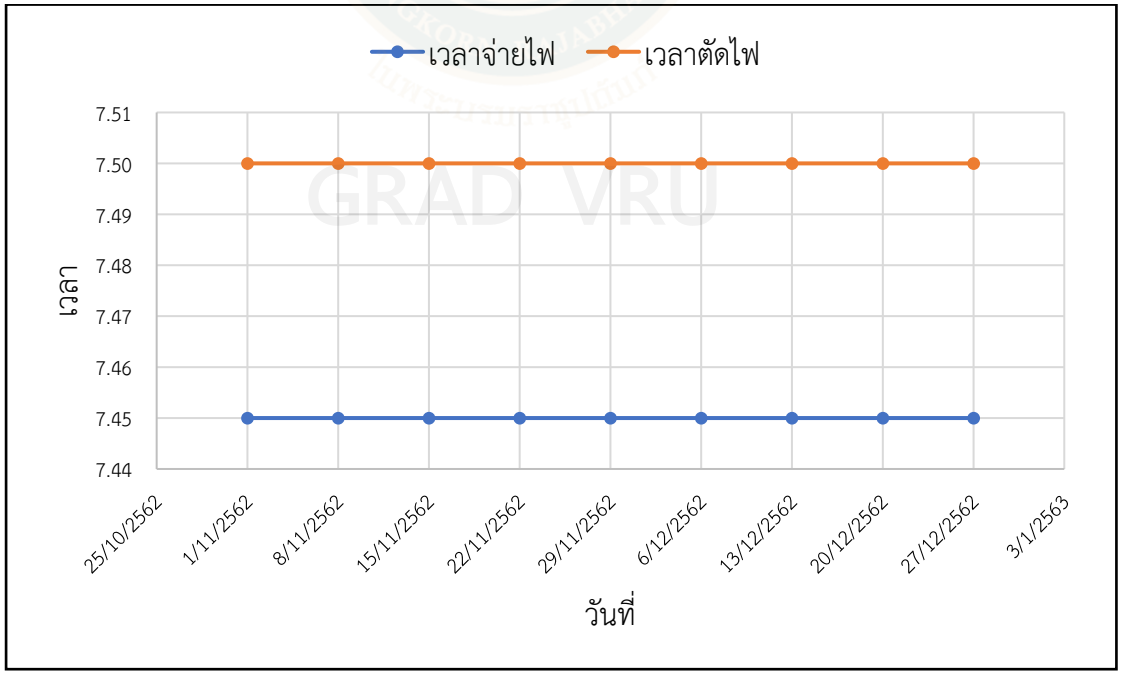
ภาพที่ 62 แผนภูมิเส้นบันทึกการทำงานของโซลินอยด์ตัวที่ 3 สำหรับการให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติ

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ตารางที่ 4 ตารางบันทึกการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 สำหรับการให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติ

ตารางบันทึกการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 สำหรับการให้ปุ๋ยแบบอัตโนมัติ			
วันที่	เวลาจ่ายไฟ	เวลาตัดไฟ	หมายเหตุ
01-11-2562	07.45	07.50	
08-11-2562	07.45	07.50	
15-11-2562	07.45	07.50	
22-11-2562	07.45	07.50	
29-11-2562	07.45	07.50	
06-12-2562	07.45	07.50	
13-12-2562	07.45	07.50	
20-12-2562	07.45	07.50	
27-12-2562	07.45	07.50	

จากตารางที่ 4 สามารถอธิบายผลการวิเคราะห์การทดลองการทำงานของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 ในรูปแบบการทำงานการให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติ พบว่า โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 ทำงานได้อย่างแม่นยำตามคำสั่ง จากการสั่งให้ทำงานในทุกวันศุกร์ เวลา 07.45 น. หยุดทำงานในเวลา 07.50 น. โดยเมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาเขียนให้อยู่ในรูปแบบแผนภูมิเส้น จะสามารถแสดงได้ดังนี้



ภาพที่ 63 แผนภูมิเส้นบันทึกการทำงานของโซลินอยด์ตัวที่ 4 สำหรับการให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติ

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

จากการเก็บผลการทดลองด้วยแบบบันทึกการทดลอง การทดลองในรูปแบบการให้ปุ๋ยทางน้ำอัตโนมัติ ผู้วิจัยได้กำหนดให้ระบบให้ปุ๋ยทางน้ำทำงานทุกวันศุกร์ในเดือนพฤศจิกายนและเดือนธันวาคม 2562 เริ่มทำงานเวลา 07.40 น. ถึง 07.50 น. ระยะเวลาการทำงาน 10 นาที โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 2 บริเวณพื้นที่ พื้นที่ละ 5 นาที ด้วยความถี่ทั้งสิ้น 9 รอบตลอดระยะเวลา 60 วัน พบว่าเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 โซลินอยค์วาล์วตัวที่ 3 และ โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 เริ่มทำงานและหยุดทำงานตรงตามเวลาที่กำหนด และพบว่าไม่มีวันใดที่มีค่าอุณหภูมิในอากาศเท่ากับหรือมากกว่า 40 องศาเซลเซียส และไม่มีวันใดที่มีค่าความชื้นในดินเท่ากับหรือมากกว่าร้อยละ 80 เมื่อพิจารณาข้อมูลผลการบันทึกการการทำงานของอุปกรณ์ทั้ง 3 ประกอบกับค่าอุณหภูมิในอากาศ และค่าความชื่นในดินตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่าระบบทำงานตรงตามเวลาที่กำหนดและครบตามความถี่ 9 รอบ คิดเป็นร้อยละ 100 ของการทำงานตามคำสั่งการให้ปุ๋ยทางน้ำอัตโนมัติ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าระบบการให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติสามารถทำงานได้อย่างแม่นยำตามคำสั่ง ไม่มีการตัดการทำงานจากสาเหตุใด ๆ และจะเห็นได้ชัดเจนว่า เมื่อระบบทำงานเสร็จสิ้น เซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดินสามารถวัดค่าความชื้นในดินได้สูงกว่าค่าความชื้นในดินก่อนการให้ปุ๋ยน้ำ แสดงให้เห็นว่าต้นมัลเบอร์รีได้รับปุ๋ยทางน้ำจากระบบการให้ปุ๋ยทางน้ำจริง

4.2.2 การบันทึกการสังเกต

เมื่อใช้รูปแบบของการเก็บข้อมูลด้วยแบบบันทึกโดยใช้ซอฟต์แวร์จากจอทัชสกรีนแล้ว เพื่อเป็นการทดสอบความแม่นยำอีกครั้งว่า ต้นมัลเบอร์รีได้รับน้ำจริงหรือไม่หลังจากที่ระบบมีการสั่งให้น้ำไปแล้ว และยังเป็นการสังเกตสิ่งผิดปกติต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับระบบการให้น้ำและระบบให้ปุ๋ยทางน้ำ พร้อมทั้งเป็นการเฝ้าดูผลการเจริญเติบโตของต้นมัลเบอร์รีที่เกิดจากการได้รับน้ำและปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอ ผู้วิจัยจึงมีการเก็บบันทึกข้อมูลการทำงานโดยการบันทึกการสังเกตอีกครั้ง โดยการนำกล้องวงจรปิดที่สามารถเชื่อมต่อสัญญาณอินเทอร์เน็ตได้มาติดตั้ง เพื่อให้สามารถดูความเคลื่อนไหว ณ สถานที่ทดลองได้ผ่านทางโทรศัพท์มือถือ แท็ปเล็ต คอมพิวเตอร์ หรือคอมพิวเตอร์พกพาได้จากสถานที่ต่าง ๆ โดยจะติดตั้งอยู่ 3 จุด ได้แก่ ต้นมัลเบอร์รีพื้นที่ที่ 1 ต้นมัลเบอร์รีพื้นที่ที่ 2 และหน้าจอแสดงสถานะของจอควบคุม ดังนี้

ภาพที่ 64 กล้องวงจรปิดแสดงการให้น้ำในพื้นที่ที่ 1

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ภาพที่ 65 กล้องวงจรปิดแสดงการให้น้ำในพื้นที่ที่ 2

ภาพที่ 66 กล้องวงจรปิดแสดงหน้าจอสถานะการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ

เมื่อติดตั้งและทดสอบการมองเห็นเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจะสังเกตการทำงานและบันทึกผลการทำงานของระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลลงในตารางที่ออกแบบมาสำหรับการเก็บข้อมูลในครั้งนี้ เพื่อตรวจสอบว่าเมื่อมีการจ่ายไฟให้ระบบทำงานไปแล้วต้นมัลเบอร์รีได้รับน้ำทุกต้นหรือไม่ ซึ่งหากต้นมัลเบอร์รีได้รับน้ำจะแสดงเครื่องหมาย ✓ และหากไม่ได้รับน้ำจะแสดงเครื่องหมาย ✖ ลงในแบบบันทึกการสังเกต โดยจะบันทึกการทดลอง 3 รูปแบบ คือ การให้น้ำแบบอัตโนมัติวันละ 1 รอบ การให้น้ำแบบอัตโนมัติวันละ 2 รอบ และการให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติ ซึ่งรายละเอียดจากการเก็บข้อมูลที่ได้ มีดังนี้

1) การให้น้ำแบบอัตโนมัติวันละ 1 รอบ คือ ช่วงเวลา 07.30 น. ถึง 07.44 น. เป็นเวลานาน 14 นาที ระยะเวลาเก็บข้อมูล 30 วัน เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ถึงวันที่

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 โดยเป็นการให้น้ำในวันเสาร์ถึงพฤหัสบดีทั้งหมด 25 วัน และเป็นการให้ปุ๋ยทางน้ำในทุกวันศุกร์ช่วงเวลา 07.40 น. ถึง 07.50 น. เป็นเวลา 10 นาที อีก 5 วัน ซึ่งแบ่งการให้น้ำกับต้นมัลเบอร์รีออกเป็น 2 บริเวณพื้นที่ พื้นที่ละ 7 นาที และแบ่งการให้ปุ๋ยทางน้ำกับต้นมัลเบอร์รีออกเป็น 2 บริเวณพื้นที่เช่นกัน แต่จะพื้นที่ละ 5 นาที โดยมีการกำหนดเงื่อนไขให้ระบบทำงานอยู่ในช่วงความชื้นในดินที่น้อยกว่าร้อยละ 80 และทำงานอยู่ในช่วงอุณหภูมิความร้อนในอากาศที่น้อยกว่า 40 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการให้น้ำในขณะที่อากาศมีอุณหภูมิสูงและป้องกันการให้น้ำในขณะที่มีฝนตกหรือดินมีความชุ่มชื้นที่เพียงพอแล้ว ซึ่งได้ผลข้อมูลการสังเกต ดังนี้

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบการให้น้ำจากการสังเกตด้วยกล้องวงจรปิด เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2562

ผลการทดสอบการให้น้ำจากการสังเกตด้วยกล้องวงจรปิด เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2562								
วันที่	พื้นที่ที่ 1				พื้นที่ที่ 2			
	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3	ต้นที่ 4	ต้นที่ 5	ต้นที่ 6	ต้นที่ 7	ต้นที่ 8
02-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
03-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
04-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
05-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
06-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
07-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
09-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
13-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
14-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
16-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
17-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
18-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
19-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
20-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
21-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
23-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
24-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ตารางที่ 5 (ต่อ)

25-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
26-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
27-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
28-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
30-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

จากตารางที่ 5 สามารถวิเคราะห์การทดลองการทำงานของระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลได้ว่า การให้น้ำในรูปแบบการให้น้ำแบบอัตโนมัติวันละ 1 รอบ ในพื้นที่ที่ 1 ทุกวันเสาร์ถึงพฤหัสบดีระบบได้สั่งการให้ให้น้ำช่วงเวลา 07.30 น. ถึง 07.37 น. และในพื้นที่ที่ 2 ทุกวันเสาร์ถึงพฤหัสบดีระบบได้สั่งการให้ให้น้ำช่วงเวลา 07.37 น. ถึง 07.44 น. พบว่า เมื่อระบบควบคุมจ่ายไฟให้กับระบบจ่ายน้ำ ระบบจ่ายน้ำได้ทำงานเต็มเวลาตามคำสั่ง ต้นมัลเบอร์รีได้รับน้ำครบทั้ง 8 ต้น ในทุกวันตลอดทั้ง 30 วัน ไม่มีการอุดดันจากหัวจ่ายน้ำแบบมินิสปริงเกอร์ จึงสามารถสรุปได้ว่าระบบสามารถทำงานตามคำสั่งได้อย่างแม่นยำเป็นไปตามที่กำหนด ต้นมัลเบอร์รีได้รับน้ำจริง

2) การให้น้ำแบบอัตโนมัติวันละ 2 รอบ คือ ช่วงเวลา 07.30 น. ถึง 07.44 น. และช่วงเวลา 17.30 น. ถึง 17.44 น. เป็นเวลานานรอบละ 14 นาที ระยะเวลาเก็บข้อมูล 30 วัน เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 ธันวาคม พ.ศ. 2562 ถึงวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2562 โดยเป็นการให้น้ำวันเสาร์ถึงวันพฤหัสบดีทั้งหมด 26 วัน ซึ่งแบ่งการให้น้ำออกเป็น 2 บริเวณพื้นที่ พื้นที่ละ 7 นาที ทั้ง 2 รอบ และเป็นการให้ปุ๋ยทางน้ำในทุกวันศุกร์ช่วงเวลา 07.40 น. ถึง 07.50 น. เป็นเวลา 10 นาที อีก 4 วัน โดยแบ่งการให้ปุ๋ยทางน้ำกับต้นมัลเบอร์รีออกเป็น 2 บริเวณพื้นที่เช่นกัน แต่จะพื้นที่ละ 5 นาที วันที่มีคำสั่งให้ปุ๋ยทางน้ำ ระบบจะทำงานในรอบที่ 1 เพียง 1 รอบเท่านั้น จะไม่มีการทำงานในรอบที่ 2 โดยมีการกำหนดเงื่อนไขให้ระบบทำงานอยู่ในช่วงความชื้นในดินที่น้อยกว่าร้อยละ 80 และทำงานอยู่ในช่วงอุณหภูมิความร้อนในอากาศที่น้อยกว่า 40 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการให้น้ำในขณะที่อากาศมีอุณหภูมิสูงและป้องกันการให้น้ำในขณะที่มีฝนตกหรือดินมีความชุ่มชื้นที่เพียงพอแล้ว ซึ่งได้ผลข้อมูลการสังเกต ดังนี้

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบการให้น้ำรอบที่ 1 จากการสังเกตด้วยกล้องวงจรปิด เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562

ผลการทดสอบการให้น้ำรอบที่ 1 จากการสังเกตด้วยกล้องวงจรปิด เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562								
วันที่	พื้นที่ที่ 1 รอบที่ 1				พื้นที่ที่ 2 รอบที่ 1			
	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3	ต้นที่ 4	ต้นที่ 5	ต้นที่ 6	ต้นที่ 7	ต้นที่ 8
01-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
02-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
03-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
04-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
05-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
07-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
08-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
09-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
14-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
15-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
16-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
17-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
18-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
19-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
21-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
22-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
23-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
24-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
25-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
26-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
28-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
29-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
30-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

จากตารางที่ 6 สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองการทำงานของระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลได้ว่า การให้น้ำแบบอัตโนมัติวันละ 2 รอบ โดยรอบที่ 1 ในพื้นที่ที่ 1 ทุกวันเสาร์ถึงพฤหัสบดี

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ระบบได้สั่งการให้ให้น้ำช่วงเวลา 07.30 น. ถึง 07.37 น. และในพื้นที่ที่ 2 ทุกวันเสาร์ถึงพฤหัสบดี ระบบได้สั่งการให้ให้น้ำช่วงเวลา 07.37 น. ถึง 07.44 น. พบว่า เมื่อระบบควบคุมจ่ายไฟให้กับระบบจ่ายน้ำ ระบบจ่ายน้ำได้ทำงานเต็มเวลาตามคำสั่ง ต้นมัลเบอร์รีได้รับน้ำครบทั้ง 8 ต้นในรอบที่ 1 ของทุกวันตลอดทั้ง 30 วัน ไม่มีการอุดดันจากหัวจ่ายน้ำแบบมินิสปริงเกอร์ จึงสามารถสรุปได้ว่าระบบสามารถทำงานตามคำสั่งได้อย่างแม่นยำเป็นไปตามที่กำหนด ต้นมัลเบอร์รีได้รับน้ำจริง

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบการให้น้ำรอบที่ 2 จากการสังเกตด้วยกล้องวงจรปิด เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562

ผลการทดสอบการให้น้ำรอบที่ 2 จากการสังเกตด้วยกล้องวงจรปิด เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562								
วันที่	พื้นที่ที่ 1 รอบที่ 2				พื้นที่ที่ 2 รอบที่ 2			
	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3	ต้นที่ 4	ต้นที่ 5	ต้นที่ 6	ต้นที่ 7	ต้นที่ 8
01-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
02-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
03-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
04-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
05-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
07-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
08-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
09-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
14-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
15-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
16-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
17-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
18-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
19-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
21-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
22-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
23-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
24-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
25-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
26-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ตารางที่ 7 (ต่อ)

28-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
29-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
30-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

จากตารางที่ 7 สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองการทำงานของระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลได้ว่า การให้น้ำแบบอัตโนมัติวันละ 2 รอบ โดยรอบที่ 2 ในพื้นที่ที่ 1 ทุกวันเสาร์ถึงพฤหัสบดี ระบบได้สั่งการให้ให้น้ำช่วงเวลา 17.30 น. ถึง 17.37 น. และในพื้นที่ที่ 2 ทุกวันเสาร์ถึงพฤหัสบดี ระบบได้สั่งการให้ให้น้ำช่วงเวลา 17.37 น. ถึง 17.44 น. พบว่า เมื่อระบบควบคุมจ่ายไฟให้กับระบบจ่ายน้ำ ระบบจ่ายน้ำได้ทำงานเต็มเวลาตามคำสั่ง ต้นมัลเบอร์รีได้รับน้ำครบทั้ง 8 ต้น ในรอบที่ 2 ของทุกวันตลอดทั้ง 30 วัน ไม่มีการอุดดันจากหัวจ่ายน้ำแบบมินิสปริงเกอร์ จึงสามารถสรุปได้ว่าระบบสามารถทำงานตามคำสั่งได้อย่างแม่นยำเป็นไปตามที่กำหนด ต้นมัลเบอร์รีได้รับน้ำจริง

3) การให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติ จะให้สัปดาห์ละ 1 ครั้งในทุก ๆ วันศุกร์ และการให้ปุ๋ยทางน้ำจะให้วันละ 1 รอบ คือ ช่วงเวลา 07.40 น. ถึง 07.50 น. โดยเริ่มทดสอบและเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ 2562 ถึง วันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2562 รวมทั้งสิ้น 9 วัน ซึ่งแบ่งการให้ปุ๋ยต้นมัลเบอร์รีออกเป็น 2 บริเวณพื้นที่ พื้นที่ละ 5 นาที แบ่งเป็นพื้นที่ละ 4 ต้น โดยมีการกำหนดเงื่อนไขให้ระบบทำงานอยู่ในช่วงความชื้นในดินที่น้อยกว่าร้อยละ 80 และทำงานอยู่ในช่วงอุณหภูมิความร้อน ในอากาศที่น้อยกว่า 40 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการให้น้ำในขณะที่อากาศมีอุณหภูมิสูงและป้องกันการให้น้ำในขณะที่มีฝนตกหรือดินมีความชุ่มชื้นที่เพียงพอแล้ว ในการเก็บผลการทดสอบ ซึ่งได้ผลข้อมูลการสังเกต ดังนี้

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบการให้ปุ๋ย จากการสังเกตด้วยกล้องวงจรปิด

ตารางบันทึกผลการทดสอบการให้ปุ๋ย จากการสังเกตด้วยกล้องวงจรปิด								
วันที่	พื้นที่ที่ 1				พื้นที่ที่ 2			
	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3	ต้นที่ 4	ต้นที่ 5	ต้นที่ 6	ต้นที่ 7	ต้นที่ 8
01-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
08-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
15-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
22-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
29-11-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
06-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
13-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
20-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
27-12-2562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

จากตารางที่ 8 สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองการทำงานของระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลได้ว่า การให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติในทุกวันศุกร์ ตลอดระยะเวลา 60 วันนับตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ถึง วันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2562 มีคำสั่งการให้ปุ๋ยทั้งสิ้น 9 วัน โดยในแต่ละวันในพื้นที่ที่ 1 ระบบได้สั่งการให้ปุ๋ยทางน้ำช่วงเวลา 07.45 น. ถึง 07.45 น. และในพื้นที่ที่ 2 ระบบได้สั่งการให้ปุ๋ยทางน้ำช่วงเวลา 07.45 น. ถึง 07.50 น. พบว่า เมื่อระบบควบคุมจ่ายไฟให้กับระบบให้ปุ๋ยทางน้ำ ระบบให้ปุ๋ยทางน้ำได้ทำงานเต็มเวลาตามคำสั่ง ต้นมัลเบอร์รีได้รับปุ๋ยทางน้ำครบทั้ง 8 ต้น และครบทั้ง 9 รอบใน 9 วันของคำสั่งการให้ปุ๋ยทางน้ำ ไม่มีการอุดตันจากหัวจ่ายน้ำแบบมินิสปริงเกอร์ จึงสามารถสรุปได้ว่าระบบสามารถทำงานตามคำสั่งได้อย่างแม่นยำเป็นไปตามที่กำหนดต้นมัลเบอร์รีได้รับปุ๋ยจริง

จากการเก็บข้อมูลผลการทดลองการทำงานของระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รีทั้ง 2 รูปแบบ คือ การเก็บข้อมูลด้วยแบบบันทึกการทดลอง และการเก็บข้อมูลด้วยแบบบันทึกการสังเกต เพื่อนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ประสิทธิภาพความแม่นยำในการทำงานตามคำสั่งของระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกล ซึ่งได้ใช้เครื่องมือการเก็บข้อมูล 2 เครื่องมือเก็บข้อมูลการทำงานตามคำสั่งของระบบควบคุมระยะไกลทั้ง 3 ระบบ คือ ระบบให้น้ำแบบอัตโนมัติวันละ 1 รอบ ระบบให้น้ำแบบอัตโนมัติวันละ 2 รอบ และระบบให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติ ตลอดระยะเวลาการทดลองทั้ง 60 วัน ระบบควบคุมจะสั่งให้น้ำอัตโนมัติด้วยความถี่ทั้งหมด 77 รอบ และมีการสั่งให้ปุ๋ยทางน้ำอัตโนมัติด้วยความถี่รวมอีก 9 รอบ โดยเมื่อพิจารณาข้อมูลการทำงานของเครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 และโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 ประกอบกับผลการเก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิในอากาศและความชื้นในดิน ณ เวลาที่กำหนดให้ระบบเริ่มและหยุดทำงานในแต่ละวัน ที่แสดงให้เห็นว่าไม่มีค่าอุณหภูมิในอากาศเท่ากับหรือเกินกว่า 40 องศาเซลเซียส และไม่มีค่าความชื้นในดินเท่ากับหรือเกินกว่าร้อยละ 80 ในวันใด ๆ ซึ่งจากพิจารณาผลการบันทึกข้อมูลการทำงานทั้ง 3 อุปกรณ์ในแบบบันทึกการทดลองประกอบกับผลการบันทึกข้อมูลในแบบบันทึกการสังเกต พบว่า ระบบให้น้ำอัตโนมัติได้มีการให้น้ำ และต้นมัลเบอร์รีได้รับน้ำเป็นระยะเวลาตามที่กำหนดต้นละ 7 นาที ครบทั้ง 77 รอบ โดยเริ่มและหยุดตรงตามเวลาที่กำหนดทั้ง 8 ต้น และระบบให้ปุ๋ยทางน้ำอัตโนมัติได้มีการให้ปุ๋ยทางน้ำและต้นมัลเบอร์รีได้รับปุ๋ยทางน้ำเป็นระยะเวลาตามที่กำหนดต้นละ 5 นาที ครบทั้ง 9 รอบ โดยเริ่มและหยุดตรงตามเวลาที่กำหนดทั้ง 8 ต้น จึงสามารถสรุปได้ว่าการทำงานของระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รีมีความแม่นยำในการทำงานตามคำสั่งคิดเป็นร้อยละ 100

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนของการนำระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลเข้ามาปรับใช้ในสวนมัลเบอร์รี

ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน ผู้วิจัยได้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 รูปแบบ ประกอบด้วย การเจริญเติบโตของต้นมัลเบอร์รี ผลผลิตผลมัลเบอร์รีสด การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

4.2.3 การวิเคราะห์ผลการเจริญเติบโตของต้นมัลเบอร์รี

ในการวิเคราะห์ผลการเจริญเติบโตของต้นมัลเบอร์รีที่มีผลมาจากการนำเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลเข้ามาปรับใช้ในการให้น้ำและให้ปุ๋ยทางน้ำกับต้นมัลเบอร์รีในสวนกำนันเทพ ผู้วิจัยได้ใช้กล้องวงจรปิดเป็นเครื่องมือในการสังเกตความเปลี่ยนแปลงในการเจริญเติบโตของต้นมัลเบอร์รี

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ตลอดระยะเวลา 60 วันของการทดลอง พบว่า เมื่อวันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ก่อนการให้น้ำในรอบแรกได้สังเกตพบว่า ต้นมัลเบอร์รีทั้ง 2 พื้นที่การทดลอง ลำต้นมีขนาดค่อนข้างเล็ก แห้ง ไม่มีดอกและไม่มีผล กิ่งและใบแห้งเหี่ยวเกษตรกรจึงจำเป็นต้องทำการริใบออกจนหมดเพื่อรอรับน้ำสำหรับการแตกใบและแตกดอก พื้นดินบริเวณโดยรอบเป็นดินร่วนค่อนข้างแห้งและแข็งมาก จากนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองการให้น้ำและให้ปุ๋ยทางน้ำแบบอัตโนมัติอย่างสม่ำเสมอเป็นระยะเวลา 60 วัน และเฝ้าสังเกตความเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของต้นมัลเบอร์รี จนถึงวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2562 ได้สังเกตพบว่า การเจริญเติบโตมีความเปลี่ยนแปลงไป ลำต้นมีขนาดใหญ่และสมบูรณ์มากขึ้น ความสูงเพิ่มขึ้น แตกกิ่งใหม่และแตกใบใหม่ออกเต็มต้น พื้นดินบริเวณโดยรอบมีความชุ่มชื้นมากขึ้นและเริ่มมีการออกดอกบ้างบางจุด แต่ยังไม่มีผล ซึ่งสามารถสรุปได้โดยรวมว่า การนำระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลมาปรับใช้ในการให้น้ำและให้ปุ๋ยทางน้ำกับต้นมัลเบอร์รี พบว่าตลอดระยะเวลา 60 วัน ต้นมัลเบอร์รีได้รับน้ำและปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอ จึงส่งผลให้ต้นมัลเบอร์รีและบริเวณพื้นที่โดยรอบมีความเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ดีขึ้น มีการเจริญเติมโตอย่างชัดเจน สมบูรณ์มากขึ้นและพร้อมต่อการให้ผลผลิตในอนาคต พื้นที่โดยรอบมีความชุ่มชื้นสูงขึ้น โดยสามารถอธิบายความเปลี่ยนแปลงได้ตามภาพประกอบดังต่อไปนี้

ภาพที่ 67 พื้นที่ที่ 1 ก่อนการทดลองระบบควบคุมระยะไกล

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ภาพที่ 68 พื้นที่ที่ 1 หลังการทดลองระบบควบคุมระยะไกล

ภาพที่ 69 พื้นที่ที่ 2 ก่อนการทดลองระบบควบคุมระยะไกล

ภาพที่ 70 พื้นที่ที่ 2 หลังการทดลองระบบควบคุมระยะไกล

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

4.2.4 ผลผลิตผลมัลเบอร์รีสด

จากการทดลองให้น้ำและให้ปุ๋ยทางน้ำตลอดระยะเวลา 60 วัน ได้วิเคราะห์ผลผลิตผลสดที่เกษตรกรจะสามารถเก็บได้จากต้นมัลเบอร์รีเมื่อนำระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลมาปรับใช้ ซึ่งสวนกำนันเทพปลูกต้นมัลเบอร์รีจำนวนโดยประมาณ 1,000 ต้น บนเนื้อที่ 5 ไร่ ปลูกเป็นแถวลึกทั้งหมด 10 แถว โดยจะให้น้ำครั้งละ 5 แถวเป็นเวลารวม 1 ชั่วโมง

ภาพที่ 71 ต้นมัลเบอร์รีด้านหน้าสวนกำนันเทพ

ภาพที่ 72 ต้นมัลเบอร์รีด้านท้ายสวนกำนันเทพ

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

GRAD VRU

ในแต่ละวันสวนกำนันเทพจะต้องจ้างคนงานจำนวน 3 คนในทุกวัน ค่าจ้างวันละ 300 บาท ต่อวันและมีอาหารกลางวันให้คนงาน ซึ่งมีค่าใช้จ่ายประมาณ 30 บาทต่อคน โดยคนงาน 1 คนจะเก็บผลสดมัลเบอร์รีได้ประมาณ 20 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน หากคิดเป็นรายชั่วโมงคนงาน 1 คน จะเก็บผลผลิตมัลเบอร์รีได้ 2.5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งในทุกวันที่สวนกำนันเทพจะมีคนงาน 2 คน ที่สามารถเก็บผลผลิตได้คน 20 กิโลกรัม แต่จะมี 1 คนที่เก็บผลผลิตได้เพียง 17.5 กิโลกรัมต่อวัน เนื่องจากต้องมาทำหน้าที่ในการเดินเพื่อเปิดปิดเครื่องสูบน้ำและวาล์วน้ำ เพื่อสลับพื้นที่การให้น้ำจนครบทั้ง 10 แถวกินเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง แต่เมื่อมีการนำเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลเข้ามาปรับใช้ จึงสามารถตัดปัญหาการเดินเพื่อคอยเปิดปิดเครื่องสูบน้ำและวาล์วน้ำได้อย่างถาวร ทำให้คนงานสามารถมีเวลาไปเก็บผลผลิตผลมัลเบอร์รีสดได้เพิ่มมากขึ้นและเท่ากับคนงานคนอื่น เมื่อนำผลผลิตมาขายหน้าสวนกิโลกรัมละ 100 บาท จะส่งผลให้สวนกำนันเทพมียอดขายต่อวันเพิ่มขึ้นวันละ 250 บาท โดยสามารถอธิบายได้ตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 9 ผลผลิตผลสดจากสวนกำนันเทพ ในรูปแบบดั้งเดิม

ผลผลิตผลสดจากสวนกำนันเทพ ในรูปแบบดั้งเดิม		
คนงาน	ผลผลิต / วัน (กก.)	ยอดขาย / วัน (กิโลกรัมละ 100 บาท)
คนงานคนที่ 1	20.0	2,000
คนงานคนที่ 2	20.0	2,000
คนงานคนที่ 3	17.5	1,750
รวม	57.5	5,750

ตารางที่ 10 ผลผลิตผลสดจากสวนกำนันเทพ โดยการใช้เทคโนโลยีควบคุมระยะไกล

ผลผลิตผลสดจากสวนกำนันเทพ โดยการใช้เทคโนโลยีควบคุมระยะไกล		
คนงาน	ผลผลิต / วัน (กก.)	ยอดขาย /วัน กิโลกรัมละ 100 บาท
คนงานคนที่ 1	20.0	2,000
คนงานคนที่ 2	20.0	2,000
คนงานคนที่ 3	20.0	2000
รวม	60.0	6,000

เมื่อทำการเปรียบเทียบผลผลิตผลสดที่ได้จากการนำเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลเข้ามาปรับใช้ จะเห็นได้ว่าคนงานสามารถมีเวลาเก็บผลสดมัลเบอร์รีเพิ่มได้วันละ 2.5 กิโลกรัม เมื่อนำผลผลิตที่ได้มาขายจะทำให้สวนกำนันเทพมียอดขายเพิ่มขึ้น 250 บาทต่อวัน

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

4.2.5 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน

เดิมทีสวนกำนันเทพให้น้ำด้วยเครื่องสูบน้ำที่มีมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า กำลังไฟฟ้า 1500 วัตต์ หรือ 1.5 กิโลวัตต์ (1.5 kw) ที่สามารถให้น้ำได้ทั้งสวนแต่จะต้องสลับการให้น้ำ ครั้งละ 5 แถวจาก 10 แถว โดยจะเป็นเครื่องสูบน้ำที่เปิดปิดด้วยการใช้แรงงานมนุษย์ เวลาการทำงานทั้งหมด 1 ชั่วโมงต่อวัน โดยสามารถคำนวณต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อวัน ได้ดังนี้

จำนวนหน่วยต่อวัน (Unit) = kwh

= กิโลวัตต์ x จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานต่อวัน

$= \frac{\mathbf{1,500}}{\mathbf{1,000}} \times 1$

= 1.5 x 1

= 1.5 หน่วยต่อวัน

เมื่อคำนวณได้อัตราหน่วยการใช้ไฟในแต่ละวันแล้วให้นำมาคูณกับค่าไฟฟ้าต่อหน่อย ซึ่งอยู่ที่ 4.22 บาทต่อหน่วย (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2560) สามารถคำนวณได้ดังนี้

ค่าไฟฟ้าต่อวัน = ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย x จำนวนหน่อยการใช้ต่อวัน

= 4.22 x 1.5

= 6.33 บาท

เมื่อมีการนำระบบควบคุมระยะไกลเข้ามาปรับใช้ในการให้น้ำและให้ปุ๋ยทางน้ำ จะมีค่าไฟเพิ่มขึ้นเนื่องจากไฟในการเลี้ยงระบบและอุปกรณ์ต่าง ๆ ประกอบด้วย พีแอลซีมีกำลังไฟ 32 วัตต์ จอทัชสกรีนมีกำลังไฟ 6 วัตต์ โดยสามารถคำนวณค่าไฟเลี้ยงระบบตลอดทั้งวันได้ดังต่อไปนี้

จำนวนหน่วยต่อวัน (Unit) = kwh

= กิโลวัตต์ x จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานต่อวัน

$= \frac{\mathbf{32+6}}{\mathbf{1,000}} \times 24$

= 0.038 x 24

= 0.91 หน่วยต่อวัน

เมื่อคำนวณได้อัตราหน่วยการใช้ไฟในแต่ละวันแล้วให้นำมาคูณกับค่าไฟฟ้าต่อหน่อย โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 4.22 บาทต่อหน่วย สามารถคำนวณได้ดังนี้

ค่าไฟฟ้าเลี้ยงระบบควบคุมต่อวัน = ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย x จำนวนหน่อยการใช้ต่อวัน

= 4.22 x 0.91

= 3.84 บาท

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

เนื่องจากในระบบให้น้ำและให้ปุ๋ยทางน้ำมีการใช้โซลินอยด์วาล์วที่ควบคุมการทำงานด้วยไฟ มีกำลังไฟ 10 วัตต์ต่อตัว โดยระบบการให้น้ำและให้ปุ๋ยทางน้ำทั้งสวนจะทำงาน 1 ชั่วโมง ประกอบด้วย เครื่องสูบน้ำทำงาน 1 ชั่วโมง โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ทำงาน 1 ชั่วโมง และโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 และตัวที่ 4 ทำงานตัวละ 30 นาที โดยสามารถคำนวณค่าไฟได้ดังนี้

จำนวนหน่วยต่อวัน (Unit) = kwh

= กิโลวัตต์ x จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานต่อวัน

$$= \left(\frac{1{,}500+10+10}{1{,}000} \text{ x } 1\right) + \left(\frac{10+10}{1{,}000} \text{ x } 0.5\right)$$

= (1.52 x 1) + (0.02 x 0.5)

= 1.53 หน่วยต่อวัน

เมื่อคำนวณได้อัตราหน่วยการใช้ไฟในแต่ละวันแล้วให้นำมาคูณกับค่าไฟฟ้าต่อหน่อย โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 4.22 บาทต่อหน่วย สามารถคำนวณได้ดังนี้

ค่าไฟฟ้าอุปกรณ์ให้น้ำต่อวัน = ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย x จำนวนหน่อยการใช้ต่อวัน

= 4.22 x 1.53

= 6.46 บาท

ดังนั้น สวนกำนันเทพจึงมีค่าใช้จ่ายซึ่งเป็นต้นทุนเกี่ยวกับการใช้ไฟฟ้าในการให้น้ำกับตันมัลเบอร์รีต่อวันดังนี้

ต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อวัน = ค่าไฟฟ้าเลี้ยงระบบควบคุมต่อวัน + ค่าไฟฟ้าอุปกรณ์ให้น้ำต่อวัน

= 3.84 + 6.46

= 10.30 บาท

จึงสามารถสรุปได้ว่า เมื่อมีการนำระบบควบคุมระยะไกลเข้ามาปรับใช้ในสวนมัลเบอร์รีจะมีต้นทุนค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากการให้น้ำในรูปแบบเดิมอยู่ 10.30 – 6.33 = 3.97 บาทต่อวัน หรือเพิ่มขึ้นเดือนละ 119.10 บาท โดยประมาณ

การนำระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลมาปรับใช้ในสวนมัลเบอร์รี ส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น แต่จะทำให้เกษตรกรสามารถประหยัดเวลาในการเดินเปิดปิดเครื่องสูบน้ำและวาล์วน้ำด้วยตนเองได้ 1 ชั่วโมง ทำให้เกษตรกรสามารถเก็บผลิตได้เพิ่มมากขึ้นได้อีกประมาณ 2.5 กิโลกรัม ทำให้มียอดขายต่อวันเพิ่มมากขึ้น 250 บาทโดยประมาณ เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการติดตั้งระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลอยู่ที่ 25,000 บาทโดยประมาณ และค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับค่าไฟฟ้าที่มีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น จะสามารถวิเคราะห์หาระยะเวลาคืนทุนได้ดังนี้

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

GRAD VRU

ตารางที่ 11 ต้นทุนค่าใช้จ่ายคงที่ต่อวันของการให้น้ำในรูปแบบเดิม

ต้นทุนค่าใช้จ่ายคงที่ต่อวันของการให้น้ำในรูปแบบเดิม			
	หน่อย	ราคาต่อหน่วย	รายจ่าย / วัน
ค่าจ้างคนงาน	3	330	990
ค่าไฟ	1.5	4.22	6.33
รวม (ประมาณ)			996.33

ตารางที่ 12 ต้นทุนค่าใช้จ่ายคงที่ต่อวันของการให้น้ำด้วยระบบควบคุมระยะไกล

ต้นทุนค่าใช้จ่ายคงที่ต่อวันของการให้น้ำด้วยระบบควบคุมระยะไกล			
	หน่อย	ราคาต่อหน่วย	รายจ่าย / วัน
ค่าจ้างคนงาน	3	330	990
ค่าไฟ	2.44	4.22	10.30
รวม (ประมาณ)			1,000.30

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบผลกำไรจากยอดขายต่อวัน

ตารางเปรียบเทียบผลกำไรจากยอดขายต่อวัน			
รูปแบบการให้น้ำ	ยอดขายผลผลิตต่อวัน	ต้นทุนค่าใช้จ่ายคงที่ต่อวัน	กำไร ต่อวัน
การให้น้ำแบบเดิม	5,750	996.33	4,753.67
ระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกล	6,000	1,000.30	4,999.70
ส่วนต่างผลกำไรต่อวัน			246.03

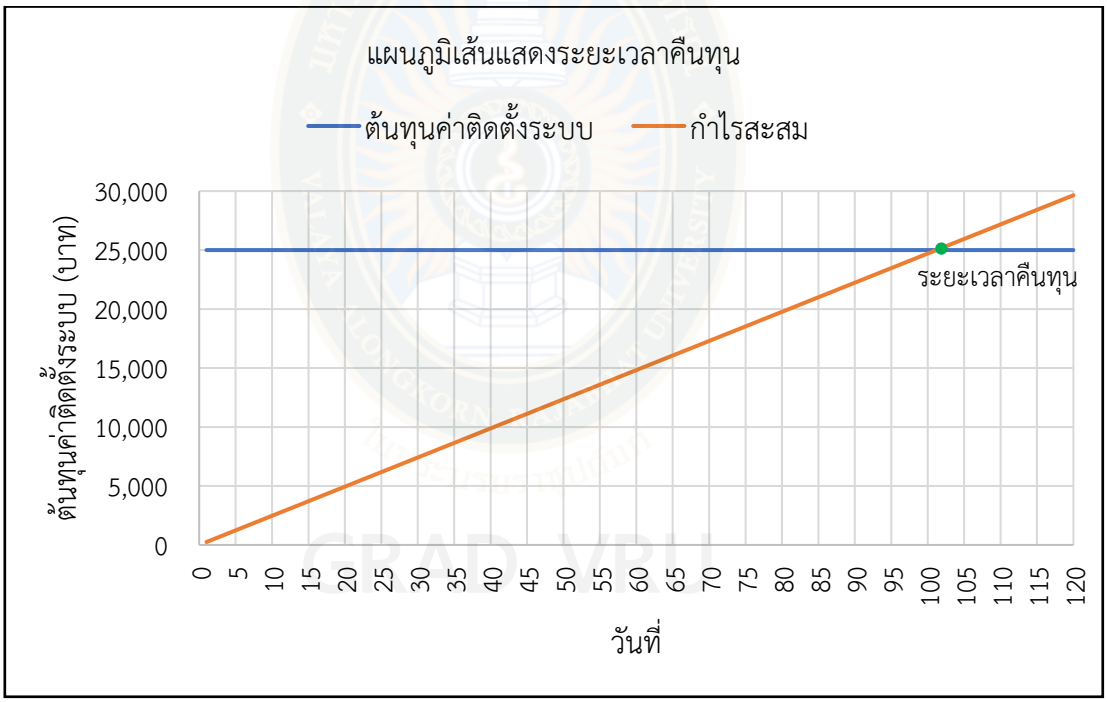
2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

เมื่อได้ผลกำไรที่เพิ่มขึ้นจะสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์จุดคุ้มทุนในการลงทุนติดตั้งระบบควบคุมระยะไกลเพื่อหาระยะเวลาคืนทุนได้ดังนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินสดจ่ายลงทุนสุทธิเริ่มโครงการ}}{\text{เงินสดรับสุทธิรายวัน}}$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{25{,}000}{246.03}$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = 101.61 \text{ วัน}$$



ภาพที่ 73 แผนภูมิเส้นแสดงระยะเวลาคืนทุน

จากการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนสามารถสรุปได้ว่า การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมระยะไกลด้วยต้นทุนทั้งหมด 25,000 บาท ส่งผลให้เกษตรกรมีผลผลิตเพิ่มมากขึ้นทำให้มีกำไรเพิ่มขึ้น วันละ 246.03 บาท เมื่อมาคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนจะได้อยู่ที่ 101.61 วัน หรือ 102 วัน หรือภายใน 3 เดือนและอีก 12 วัน จากนั้นเมื่อครบ 1 ปี หลังจากติดตั้งระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกล สวนกำนันเทพจะมีกำไรเพิ่มขึ้นโดยประมาณ 64,706 บาท

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การปรับใช้เทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี เป็นการนำเทคโนโลยีที่มีอยู่ในอุตสาหกรรมการผลิตมาปรับใช้เพื่อให้เกษตรกรเกิดความสะดวกสะบายมากขึ้น ประหยัดเวลา ช่วยลดความเมื่อยล้าของเกษตรกร และยังเป็นแนวทางในการพัฒนาชุมชนตามยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏระยะ 20 ปี (พ.ศ.2560 – 2579) การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกสวนกำนันเทพเป็นพื้นที่ทดลอง ซึ่งเป็นสวนมัลเบอร์รีของเกษตรกร ตั้งอยู่ที่ ตำบลคลองไก่เถื่อน อำเภอคลองหาด จังหวัดสระแก้ว โดยได้ทำการทดลองทั้งสิ้น 60 วัน เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัย ประกอบด้วย 1) เพื่อออกแบบระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี และ 2) เพื่อทดสอบระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี

การดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่จะนำมาประกอบกันเป็นระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลโดยคำนึงถึงคุณสมบัติด้านการใช้งานและราคาที่ต่ำเป็นหลัก เมื่อออกแบบและติดตั้งระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบการทดลองเพื่อการทดสอบการทำงานของระบบ โดยแบ่งเป็น 3 รูปแบบ คือ การให้น้ำอัตโนมัติวันละ 1 รอบ การให้น้ำอัตโนมัติวันละ 2 รอบ และการให้ปุ๋ยผสมในน้ำ

ผู้วิจัยมีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลการทำงานของระบบด้วยแบบบันทึกข้อมูล และแบบบันทึกการสังเกต โดยใช้สถิติอย่างง่ายได้แก่ ค่าความถี่ และค่าร้อยละ เพื่อใช้วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบบันทึกข้อมูลและแบบบันทึกการสังเกตเพื่อทำการสรุปให้เป็นความเรียง

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการปรับใช้เทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี มีการดำเนินการศึกษา 2 ขั้นตอน ซึ่งสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

5.2.1 การออกแบบระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลสำหรับสวนมัลเบอร์รี จากการศึกษาสภาพทั่วไปของพื้นที่ในสวนกำนันเทพ ซึ่งเป็นสวนมัลเบอร์รีที่จะใช้ในการทดลอง ตั้งอยู่บนพื้นที่ตำบลคลองไก่เถื่อน อำเภอคลองหาด จังหวัดสระแก้ว ได้สำรวจลักษณะสภาพทั่วไปของพื้นที่ทดลองและได้พูดคุยกับผู้นำชุมชน พบว่า ในพื้นที่การทดลองมีความพร้อมที่จะติดตั้งอุปกรณ์การให้น้ำและชุดอุปกรณ์การควบคุม มีบ่อน้ำขนาดใหญ่ที่เกษตรกรขุดไว้พักน้ำที่สูบมาจากคลองสาธารณะ แต่พบว่า มีเศษตะกอนมากพอสมควร และมีชายคาเพื่อบังแสงแดดและฝนเหมาะสำหรับติดตั้งชุดอุปกรณ์ควบคุมระบบ มีสัญญาณอินเทอร์เน็ต พร้อมทั้งใกล้แหล่งจ่ายไฟหลักของสวน ทำให้ผู้วิจัยมีข้อมูลในการออกแบบระบบที่ง่ายมากขึ้น

เมื่อได้ข้อมูลสภาพทั่วไปของสวนกำนันเทพแล้ว ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในระบบควบคุมและอุปกรณ์ที่จะใช้ในการให้น้ำที่เหมาะสมที่สุด โดยคำนึงถึงวัตถุประสงค์การควบคุมจากระยะไกลและต้นทุนที่ไม่สูงจนเกินไป ผู้วิจัยจึงเลือกใช้เป็น PLC (พีแอลซี) ที่เหมาะสมรุ่นหนึ่งทำหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลสร้างเงื่อนไขควบคุมการทำงานของระบบต่าง ๆ และใช้จอทัชสกรีนขนาดเล็กเป็นจอมอนิเตอร์ ที่สามารถสร้างสวิตช์อินพุตสำหรับสั่งงานและใช้กำหนดเงื่อนไข

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

การทำงานต่าง ๆ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับส่งสัญญาณอินเทอร์เน็ตเพื่อที่จะสามารถควบคุมได้จากระยะไกล รวมถึงเลือกใช้เซ็นเซอร์วัดค่าอุณหภูมิในอากาศและเซ็นเซอร์วัดค่าความชื้นในดิน และได้ใช้โซลินอยด์วาล์วที่ควบคุมการทำงานเปิดปิดด้วยไฟฟ้าขนาด 1/2 นิ้ว เลือกใช้ถังพักน้ำขนาด 500 ลิตร เพื่อพักน้ำที่มีตะกอนอีกครั้ง และยังเสริมด้วยอุปกรณ์กรองเศษตะกอนทั้งก่อนเข้าถังพักและก่อนออกจากถังพักอีกครั้ง เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เศษตะกอนไปอุดตันหัวจ่ายน้ำแบบมินิสปริงเกอร์ให้ได้มากที่สุด และเพื่อเป็นการตรวจสอบการทำงาน ความเคลื่อนไหว การเจริญเติบโต และตรวจสอบสิ่งผิดปกติต่าง ๆ จึงได้เลือกใช้กล้องวงจรปิดที่มีคุณสมบัติในการกันน้ำ ติดตั้งเพิ่มเติม หากเกิดปัญหาจะได้สามารถแก้ไขได้อย่างทันทวงที และยังใช้ในการเก็บข้อมูลการทำงานเพื่อทดสอบประสิทธิภาพอีกครั้งด้วย

5.2.2 การทดสอบระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี ในการทดสอบระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี ได้ใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล 2 รูปแบบซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

1) การเก็บข้อมูลด้วยแบบบันทึก ผู้วิจัยได้เขียนชุดคำสั่งในซอฟต์แวร์ของจอทัชสกรีน ให้บันทึกช่วงเวลาการจ่ายไฟให้กับ เครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 ซึ่งทำหน้าสูบน้ำออกจากถังพักน้ำ โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 ทำหน้าที่เปิดปิดวาล์วในพื้นที่ที่ 1 และโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 ทำหน้าที่เปิดปิดวาล์วพื้นที่ที่ 2 โดยอุปกรณ์เหล่านี้ทำงานตามเวลาที่ได้สั่งการไว้ คือ ให้น้ำพื้นที่ส่วนที่ 1 เป็นเวลา 7 นาที จากนั้นให้สลับไปให้น้ำพื้นที่ส่วนที่ 2 เป็นเวลาอีก 7 นาที เครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 ทำงานทั้งหมด 14 นาที และโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 และตัวที่ 4 ทำงานตัวละ 7 นาที โดยซอฟต์แวร์บันทึกตามเงื่อนไขการทำงานตามคำสั่งต่าง ๆ ซึ่งเก็บข้อมูลบันทึกการทำงานแยกกันเป็นรายเดือน คือ เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2562 และเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 เป็นระยะเวลา 60 วัน จะเก็บข้อมูลควบคู่กันระหว่างการทำงานรูปแบบการให้น้ำอัตโนมัติ และการให้ปุ๋ยทางน้ำในทุก ๆ วันศุกร์ พร้อมทั้งได้มีการเก็บบันทึกข้อมูลอุณหภูมิในอากาศและความชื้นดินไปพร้อมกันด้วย เพื่อเป็นผลประกอบการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ซึ่งในการทดลองครั้งนี้จะแบ่งการทดลองออกเป็น 3 รูปแบบ และได้ผลการดังต่อไปนี้

(1) การให้น้ำอัตโนมัติวันละ 1 รอบ คือ ช่วงเวลา 07.30 น. ถึง 07.44 น. เป็นระยะเวลา 14 นาที เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ถึงวันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 โดยเป็นการให้น้ำ 25 วัน คิดเป็นความถี่ 25 รอบ และการให้ปุ๋ยทางน้ำทุกวันศุกร์อีก 5 วัน ซึ่งแบ่งการให้น้ำต้นมัลเบอร์รีออกเป็น 2 บริเวณพื้นที่ พื้นที่ละ 7 นาที แบ่งเป็นพื้นที่ละ 4 ต้น ผลที่ได้ในทุก ๆ วันเสาร์ถึงวันพฤหัสบดีสำหรับการให้น้ำวันละ 1 รอบในรอบเช้า ซึ่งได้ผลการทำงานมีตามลำดับ ดังนี้ 1) เครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 เริ่มทำงานในเวลา 07.30 น. หยุดทำงานในเวลา 07.44 น. 2) โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 เริ่มทำงานในเวลา 07.30 น. หยุดทำงานในเวลา 07.37 น. และ 3) โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 เริ่มทำงานในเวลา 07.37 น. หยุดทำงานในเวลา 07.44 น.

การให้น้ำอัตโนมัติวันละ 1 รอบ พบว่า ในทุก ๆ วัน ระบบทำงานครบตามความถี่ 25 รอบ คิดเป็นระบบทำงานตามคำสั่งร้อยละ 100 ของการทำงานตามคำสั่งการให้น้ำอัตโนมัติวันละ 1 รอบ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าระบบการให้น้ำอัตโนมัติวันละ 1 รอบทำงานได้อย่างแม่นยำตามคำสั่ง ไม่มีการตัดการทำงานเนื่องจากตลอดระยะเวลาการทดลองเพราะพื้นที่สวนทดลองไม่มีฝนตกหรือน้ำขัง

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

จนทำให้ค่าความชื้นในดินเกินร้อยละ 80 และไม่มีค่าอุณหภูมิในอากาศเกิน 40 องศาเซลเซียส และจะเห็นได้ชัดเจนว่า เมื่อระบบทำงานเสร็จสิ้น เซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดินสามารถวัดค่าความชื้นในดินได้สูงกว่าค่าความชื้นในดินก่อนการให้น้ำ แสดงให้เห็นว่าต้นมัลเบอร์รีได้รับน้ำจากระบบการให้น้ำจริง ระบบทำงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

(2) การให้น้ำอัตโนมัติวันละ 2 รอบ คือ ช่วงเวลา 07.30 น. ถึง 07.44 น. และช่วงเวลา 17.30 น. ถึง 17.44 น. เป็นระยะเวลา 1 เดือน เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 ธันวาคม พ.ศ. 2562 ถึงวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2562 โดยเป็นการให้น้ำ 26 วัน คิดเป็นความถี่ทั้งหมด 52 รอบ และให้ปุ๋ยทางน้ำทุกวันศุกร์ด้วยความถี่ 4 วัน ซึ่งแบ่งการให้น้ำต้นมัลเบอร์รีออกเป็น 2 บริเวณพื้นที่ พื้นที่ละ 7 นาที แบ่งเป็นพื้นที่ละ 4 ต้น ผลที่ได้ในทุก ๆ วันเสาร์ถึงวันพฤหัสบดีสำหรับการให้น้ำวันละ 2 รอบ รอบเช้าและรอบเย็น ซึ่งได้ผลการทำงาน ดังนี้ 1) เครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 เริ่มทำงานรอบที่ 1 เวลา 07.30 น. หยุดทำงานในเวลา 07.44 น. และทำงานรอบที่ 2 เวลา 17.30 น. หยุดทำงานเวลา 17.44 น. 2) โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 เริ่มทำงานรอบที่ 1 เวลา 07.30 น. หยุดทำงานในเวลา 07.37 น. และทำงานรอบที่ 2 เวลา 17.30 น. หยุดทำงานเวลา 17.37 น. และ 3) โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 เริ่มทำงานรอบที่ 1 เวลา 07.37 น. หยุดทำงานในเวลา 07.44 น. และทำงานรอบที่ 2 เวลา 17.37 น. หยุดทำงานเวลา 17.44 น.

การให้น้ำอัตโนมัติวันละ 2 รอบ พบว่า ในทุก ๆ วัน ระบบทำงานครบตามความถี่ 52 รอบ คิดเป็นระบบทำงานตามคำสั่งร้อยละ 100 ของการทำงานตามคำสั่งการให้น้ำอัตโนมัติวันละ 2 รอบ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าระบบการให้น้ำอัตโนมัติวันละ 2 รอบทำงานได้อย่างแม่นยำตามคำสั่ง ไม่มีการตัดการทำงานเนื่องจากตลอดระยะเวลาการทดลอง เพราะพื้นที่สวนทดลองไม่มีฝนตกหรือน้ำขังจนทำให้ค่าความชื้นในดินเกินร้อยละ 80 และไม่มีค่าอุณหภูมิในอากาศเกิน 40 องศาเซลเซียส และจะเห็นได้ชัดเจนว่า เมื่อระบบทำงานเสร็จสิ้น เซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดินสามารถวัดค่าความชื้นในดินได้สูงกว่าค่าความชื้นในดินก่อนการให้น้ำ แสดงให้เห็นว่าต้นมัลเบอร์รีได้รับน้ำจากระบบการให้น้ำจริง ระบบทำงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

(3) การให้ปุ๋ยทางน้ำ จะให้สัปดาห์ละ 1 ครั้งในทุก ๆ วันศุกร์ และให้ปุ๋ยวันละ 1 รอบ คือ ช่วงเวลา 07.40 น. ถึง 07.50 น. โดยเริ่มทดสอบและเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ถึง วันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2562 รวมทั้งสิ้น 9 วัน คิดเป็นความถี่ทั้งหมด 9 รอบ ซึ่งแบ่งการให้ปุ๋ยต้นมัลเบอร์รีออกเป็น 2 บริเวณพื้นที่ พื้นที่ละ 5 นาที แบ่งเป็นพื้นที่ละ 4 ต้น ผลที่ได้ในทุก ๆ วันศุกร์สำหรับการให้ปุ๋ยทางน้ำซึ่งได้ผลการทำงาน ดังนี้ 1) เครื่องสูบน้ำตัวที่ 2 เริ่มทำงานในเวลา 07.40 น. หยุดทำงานในเวลา 07.50 น. 2) โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 เริ่มทำงานในเวลา 07.40 น. หยุดทำงานในเวลา 07.45 น. และ 3) โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 4 เริ่มทำงานในเวลา 07.45 น. หยุดทำงานในเวลา 07.50 น.

การให้ปุ๋ยทางน้ำอัตโนมัติ พบว่า ในทุก ๆ วันศุกร์ ระบบทำงานครบตามความถี่ 9 รอบ คิดเป็นระบบทำงานตามคำสั่งร้อยละ 100 ของการทำงานตามคำสั่งการให้ปุ๋ยทางน้ำอัตโนมัติ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าระบบการให้น้ำอัตโนมัติวันละ 2 รอบทำงานได้อย่างแม่นยำตามคำสั่ง ไม่มีการตัดการทำงานเนื่องจากตลอดระยะเวลาการทดลอง ไม่มีฝนตกหรือน้ำขังจนทำให้ค่าความชื้นในดินเกินร้อยละ 80 และไม่มีค่าอุณหภูมิในอากาศเกิน 40 องศาเซลเซียส และจะเห็นได้ชัดเจนว่า

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

เมื่อระบบทำงานเสร็จสิ้น เซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดินสามารถวัดค่าความชื้นในดินได้สูงกว่าค่าความชื้นในดินก่อนการให้น้ำ แสดงให้เห็นว่าต้นมัลเบอร์รีได้รับน้ำจากระบบการให้น้ำจริง ระบบทำงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

จากการเก็บข้อมูลผลการทดสอบในรูปแบบของการเก็บข้อมูลด้วยแบบบันทึกข้อมูลจากจอทัชสกรีน ในการบันทึกข้อมูลในทั้ง 3 หัวข้อ มีการให้น้ำด้วยความถี่ทั้งสิ้น 77 รอบ และการให้ปุ๋ยทางน้ำด้วยความถี่ทั้งสิ้น 9 รอบ พบว่า ผลการทดสอบระบบทำงานครบตามชุดคำสั่งได้ถูกต้องและแม่นยำเป็นไปตามที่ผู้วิจัยกำหนด คิดเป็นระบบทำงานตามคำสั่งร้อยละ 100 ตลอดระยะเวลาการทดสอบและเก็บข้อมูลและพบว่าไม่มีค่าอุณหภูมิในอากาศเกิดกำหนดที่ 40 องศาเซลเซียส และความชื้นในดินไม่เกินร้อยละ 80 จึงทำให้ระบบทำงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ โดยไม่มีการตัดการทำงานของระบบ

2) การเก็บข้อมูลด้วยแบบบันทึกการสังเกต

ผู้วิจัยได้ใช้กล้องวงจรปิดเพื่อสังเกตการทำงานในขณะที่ระบบให้น้ำและให้ปุ๋ยทางน้ำเพื่อเป็นการตรวจสอบว่า เมื่อมีคำสั่งการทำงาน ต้นมัลเบอร์รีได้รับน้ำจริงครบทุกต้นหรือไม่ เมื่อได้ข้อมูลจะบันทึกลงในตารางบันทึกข้อมูลที่ออกแบบขึ้น โดยตลอดระยะเวลาการทดลองทั้ง 60 วัน พบว่าระบบให้น้ำอัตโนมัติได้มีการให้น้ำและต้นมัลเบอร์รีได้รับน้ำเป็นระยะเวลาตามที่กำหนดต้นละ 7 นาที ครบทั้ง 77 รอบ โดยเริ่มและหยุดตรงตามเวลาที่กำหนดทั้ง 8 ต้น และระบบให้ปุ๋ยทางน้ำอัตโนมัติได้มีการให้ปุ๋ยทางน้ำและต้นมัลเบอร์รีได้รับปุ๋ยทางน้ำเป็นระยะเวลาตามที่กำหนดต้นละ 5 นาที ครบทั้ง 9 รอบ โดยเริ่มและหยุดตรงตามเวลาที่กำหนดทั้ง 8 ต้น จึงสามารถสรุปได้ว่าการทำงานของระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รีมีความแม่นยำในการทำงานตามคำสั่งคิดเป็นร้อยละ 100

จากผลการทำงานของระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี ที่ระบบทำงานได้ตรงตามคำสั่งคิดเป็นร้อยละ 100 ทำให้ต้นมัลเบอร์รีได้รับน้ำและปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอจึงส่งผลให้การเจริญเติบโตมีความเปลี่ยนแปลงไป ลำต้นมีขนาดใหญ่และสมบูรณ์มากขึ้น ความสูงเพิ่มขึ้น แตกกิ่งใหม่และแตกใบใหม่ออกเต็มต้น และเริ่มมีการออกดอกบ้างบางจุด แต่ยังไม่มีผล บริเวณพื้นที่โดยรอบมีความเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ดีขึ้น มีความชุ่มชื้นมากขึ้น

5.2 อภิปรายผล

จากการที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาปัญหาที่เกี่ยวข้องการเกษตรในปัจจุบันที่ต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบของการจัดการ การควบคุม โดยเฉพาะสวนที่มีขนาดใหญ่พื้นที่กว้าง และการนำแนวคิดการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการเกษตร ดั่งเช่น เกษตรอัจฉริยะที่เป็นการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาช่วยในการทำการเกษตรของเกษตรกรที่ทำการเกษตรพืชสวน ในตำบลคลองไก่เถื่อน อำเภอคลองหาด จังหวัดสระแก้ว สำหรับการปรับใช้เทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รีเพื่อประโยชน์ในการนำไปพัฒนาการเกษตรให้เป็นรูปแบบเกษตรอัจฉริยะ ที่ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลมาแล้ว สามารถอภิปรายไว้แต่ละขั้นตอนดังนี้

5.2.1 การออกแบบระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี การวิจัยเรื่องการปรับใช้เทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี การสั่งการเปิดปิดการให้น้ำ ให้ปุ๋ยทางน้ำให้กับต้นไม้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจากระยะไกล หรือให้น้ำและให้ปุ๋ยทางน้ำให้กับต้นไม้แบบ

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

อัตโนมัติตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้กำหนด การวัดและจัดเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้น การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน การวัดค่าแสงสว่าง ทำให้เห็นได้ชัดเจนว่าการทำการเกษตรในยุคปัจจุบันสามารถทำให้มีความเปลี่ยนแปลงไปจากอดีตได้อย่างมาก การทำเกษตรในรูปแบบของเกษตรอัจฉริยะทำให้เกษตรกรเกิดความสะดวกสบายมากขึ้นในการทำการเกษตร ลดความเมื่อยล้าจากการทำงานเกษตรหนัก ๆ ในแบบดั่งเดิม ช่วยลดภาระต้นทุนและลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นลงได้เป็นจำนวนมาก ประหยัดเวลา ผลผลิตต่อหน่อยมีความคุ้มค่ามากขึ้น ดังที่ผู้วิจัยได้คำนวณความคุ้มค่าในการลงทุนเพื่อการติดตั้งระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนการติดตั้งอุปกรณ์ประมาณ 25,000 บาท คำนวณระยะเวลาคืนทุนจะจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 102 วัน หรือภายใน 3 เดือนหรือจากนั้นเมื่อครบ 1 ปี จะทำให้มีกำไรเพิ่มขึ้น

5.2.2 การทดสอบระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในมัลเบอร์รี โดยการเขียนชุดคำสั่งในซอฟต์แวร์ของจอทัชสกรีน เป็นการใช้การเขียนคำสั่งให้กับโปรแกรมสำเร็จรูปที่ทำให้ผู้ใช้สามารถศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมได้ด้วยตนเองและสามารถนำไปถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับเกษตรกรได้อย่างง่ายตามที่ผู้วิจัยได้ทำการอภิปรายผลตามขั้นตอนของการทดลอง นอกจากนี้การเขียนระบบตั้งค่าการทำงานแบบอัตโนมัติ โดยในหน้านี้จะเป็นการเขียนชุดคำสั่งให้สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ตามความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งสอดคล้องกับ งานวิจัยของ ศสิมาภรณ์ มงคลพิทักษ์ (2559) ศึกษาเกี่ยวกับระบบควบคุมอัตโนมัติที่สามารถตรวจสอบการทำงาน และติดตามสภาพแวดล้อมเพื่อการเกษตรผ่านอินเทอร์เน็ต (Internet) โดยมีตัวควบคุมแบบตรรกะที่โปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller) ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมซึ่งจะรับข้อมูลจากตัวเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและเซนเซอร์วัดความชื้น และยังทำหน้าที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัวสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานระยะไกลแล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีผู้ปฏิบัติงานอยู่บริเวณพื้นที่เพาะปลูกและผู้ปฏิบัติงานยังสามารถใช้สมาร์ทดีไวซ์ผ่านไอพีคาเมร่า (IP Camera) เพื่อตรวจสอบความผิดปกติและการเจริญเติบโตของพืชได้อีกด้วย

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการวิจัย เรื่อง การปรับใช้เทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในสวนมัลเบอร์รี นั้น ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมหลังจากสรุปและอภิปรายผลแล้ว เพื่อให้เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งต่อไป ดังนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1) ควรมีการนำผลการวิจัยเสนอต่อหน่วยงานหรือองค์กรต่าง ๆ เช่น องค์การบริหารส่วนตำบล องค์การบริหารส่วนจังหวัด สถาบันการศึกษาต่าง ๆ ทั้งในพื้นที่และบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง เพื่อติดตั้งระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในการให้น้ำและให้ปุ๋ยทางน้ำกับพืช เพื่อเกิดเป็นแนวทางและเป็นต้นแบบในการพัฒนาศักยภาพด้านการเกษตรให้กับชุมชน

2) ควรมีการนำผลการวิจัยเสนอต่อหน่วยงานหรือองค์กรต่าง ๆ เพื่อเสนอให้จัดสรรงบประมาณในการจัดอบรมให้ความรู้ จัดทำสื่อสิ่งพิมพ์ หรืออื่น ๆ เพื่อสนับสนุนและกระตุ้นให้ชุมชนและเกษตรกรเกิดการเรียนรู้ ทักษะ ความสมารถ และยอมรับการนำแนวคิดการปรับใช้เทคโนโลยีเพื่อช่วยพัฒนารูปแบบในการทำการเกษตรให้เกิดความสะดวกและสะบายมากขึ้น

GRAD VRU

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการดำเนินการวิจัย

1) ควรทดลองระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกลในฤดูอื่น ๆ หรือควรทดลองเก็บข้อมูลให้ระยะยาวเพื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างฤดูที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน เพื่อทดสอบการทำงานของระบบจากการวัดค่าความชื้นในดินได้เท่ากับหรือเกินร้อยละ 80 หรือจากการวัดค่าอุณหภูมิในอากาศได้เท่ากับหรือเกินกว่า 40 องศาเซลเซียส เนื่องจากตลอดเวลาในการวิจัยครั้งนี้เป็นช่วงที่มีอากาศร้อนมาก จึงทำให้มีการทำงานของสูบน้ำเป็นไปตามเงื่อนไขและไม่ให้ทำงานคือความชื้นในดินไม่ถึงร้อยละ 80 และอุณหภูมิในดินไม่ต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส

2) ควรเพิ่มพื้นที่ในการทดลอง เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองเพื่อทดสอบระบบเทคโนโลยีควบคุมระยะไกล จึงได้จำกัดพื้นที่ในการทดลองและเลือกใช้เครื่องสูบน้ำที่เหมาะกับพื้นการทดลองให้น้ำและระบบให้ปุ๋ยทางน้ำที่

5.3.3 ข้อเสนอแนะในการทำการวิจัยครั้งต่อไป

1) สามารถนำแนวคิดการปรับใช้เทคโนโลยีควบคุมระยะไกลไปต่อยอดหรือพัฒนาให้เหมาะสมตามความต้องการของการใช้งานได้ เช่น การเปลี่ยนอุปกรณ์ประมวลผลเพื่อประหยัดต้นทุน หรือเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในสั่งจ่ายไฟให้อุปกรณ์เอาต์พุตได้จำนวนมากขึ้น หรืออาจเพิ่มอุปกรณ์วัดปริมาณการให้น้ำเพื่อให้สามารถควบคุมทรัพยากรน้ำที่อาจมีอยู่อย่างจำกัดตามแต่ละพื้นที่

2) สามารถเปลี่ยนชนิดพืชที่ทำการทดลองที่มีเงื่อนไขในการให้น้ำให้ปุ๋ยที่แตกต่างกันเพื่อทดลองความเจริญเติบโตของพืช และเพื่อทดสอบเหมาะสมในการปรับระบบควบคุมระยะไกลในแต่ละพื้นที่

GRAD VRU

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

2249950134
VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ภาคผนวก

GRAD VRU

2249950134
VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ภาคผนวก ก
ภาพการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมระยะไกล สวนกำนันเทพ
ต.คลองไก่เถื่อน อ.คลองหาด จ.สระแก้ว

GRAD VRU

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45
22499950134

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ภาคผนวก ข

ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ระดับนานาชาติ

International Journal of Latest Engineering Research and Application (IJLERA) (ISSN: 2455-7137)

GRAD VRU

International Journal of Latest Engineering Research and Applications (IJLERA) ISSN: 2455-7137

Volume –05, Issue – 03, March 2020, PP – 73-77

A Smart System for Mulberry Garden Watering using PLC and Wireless Sensor Networks

Woranant Tungkasopa[1], Benchalak Maungmeesri[2], Dechrit Maneetham[3]

[1](Technology Management, Valaya Alongkorn Rajabhat University, Pathumthani, Thailand)

[2](Technology Management, Valaya Alongkorn Rajabhat University, Pathumthani, Thailand)

[3](Mechatronics Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani,Thailand)

**corresponding author:woranant.tungkasopa@gmail.com*

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

Abstract: Programmable Logic Controller (PLC) equipped with wireless sensor are controlling popularity of in mulberry garden automation. The research is to design and integrate more functions for mulberry garden watering and monitoring via wireless sensor networks control system utilizing with PLC control. The propose system consist of watering control, temperature control, humidity control and microbial fertilizer control. Finally, the system can real time monitor and smart phone with all sensors changes, can improve, save time and high efficiency.

Keywords:mulberry garden, plc control, wireless network control, remote control.

I. BACKGROUND/ OBJECTIVES AND GOALS

At the present, mulberry plant was carried out and respective in three difference sessions. Mulberry trees grow in the wild and abundance almost still in the northern of Thailand that has fastest growing temperature plants and is a source of high price and high quality [5]. Actuary, there are many benefits such as excellent fruit and generally very sweet and then mulberry fibre are particularly suitable for papermaking [8]. While mulberry arealways need water and soil but not only serves its. Mulberry trees needed most essential nourishment from it but also must provided an automatic control system together [3].

a) mulberry trees

b) automatic control system

Fig 1: Mulberry garden watering plant

II. METHODS

In this research we are using PLC and touch screen via wireless networks. PLC brand of Mitsubishi FX1N-40MR is used converting 220 volt to 24 volt. Input is connected via sensors such as temperature sensor, humidity sensor and flow sensor and then output is connected via relay card such as solenoid valve and motor controlled by programing and is directly monitoring through a touch screen monitor and mobile phone together. PLC has define programming language via Ladder Diagram (LD). Then the LD programming of controlling the process is done.

 2020 IJLERA – All Right Reserved

International Journal of Latest Engineering Research and Applications (IJLERA) ISSN: 2455-7137

Volume –05, Issue – 03, March 2020, PP – 73-77

1. PLC Operation

In this project, PLC can be divided into many functions as follows:

1.1 Digital Input: push button, switch
1.2 Analog Input: flow sensor, pressure switch, temperature sensor, humidity sensor
1.3 Digital Output: motor, solenoid valve
1.4 Power Supply

2. Wireless Networks

Wireless networks purpose of configuration with human machine interface (HMI), alarm, reporting and operator control of remote or an automatic control system.

2.1 Touch screen and mobile phone
2.2 Camera
2.3 Protocol and cable connection
2.4 Internet router

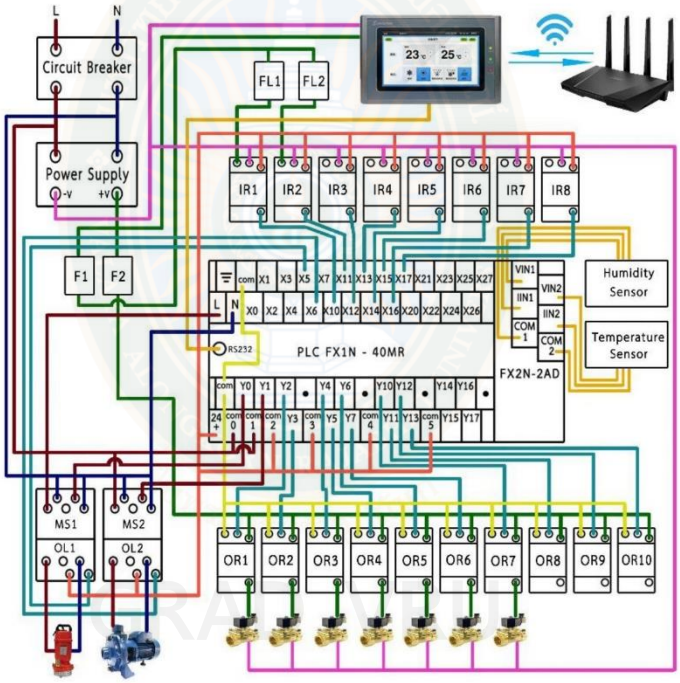


Fig 2: Mulberry garden watering plant

3. PLC Programming

LD diagram has program language and complex programming control so now were programmed in ladder logic more than 100 rang because PLC take a look at each input, output analog input and connected with touch screen via wireless networks and other communicate hardware modules [1],[9].

 2020 IJLERA – All Right Reserved

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

International Journal of Latest Engineering Research and Applications (IJLERA) ISSN: 2455-7137

Volume –05, Issue – 03, March 2020, PP – 73-77

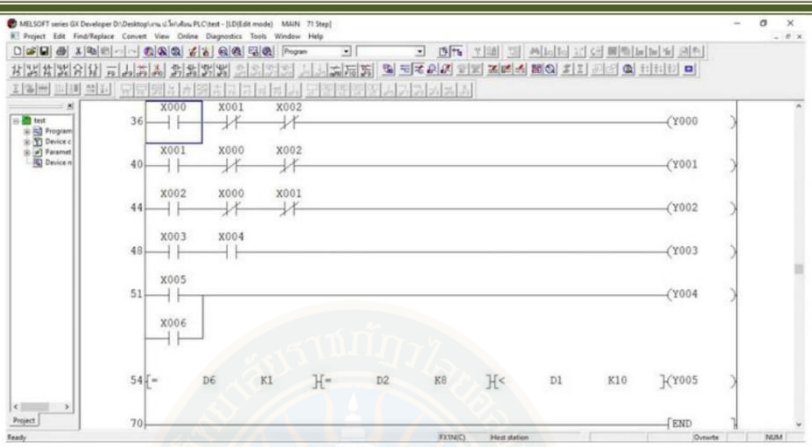


Fig 3: Ladder Diagram

4. Remote Unit

Remote unit had communication module connecting with camera and control via touch screen are testes to ensure the highest reliability for automatic and any hard environment such as temperature, humidity and watering check. It can be found of monitoring and controlling applications.

a) control box b) camera and touch screen

Fig 4: Remote unit

5. Controlling and Monitoring Unit

Touch screen model of Samkoon type AK-043AW-R is used ensure controlling and monitoring system while connect local HMI directly to serial port. Touch screen have multi features graphical for control hardware by connecting with port, ip address and subnet mask and so front.

Specification of Touch Screen

5.1 Samkoon model AK-043AW-R

5.2 Display Size 4.3 inch

5.3 Resolution 480x272

5.4 Color 16,770,000

5.5 Control panel 4-wire high-precision electric resistance touch screen

5.6 CPU Cortex A8 800MHz

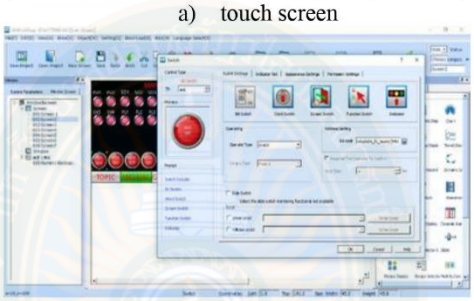
 2020 IJLERA – All Right Reserved

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

International Journal of Latest Engineering Research and Applications (IJLERA) ISSN: 2455-7137

Volume –05, Issue – 03, March 2020, PP – 73-77

a) touch screen



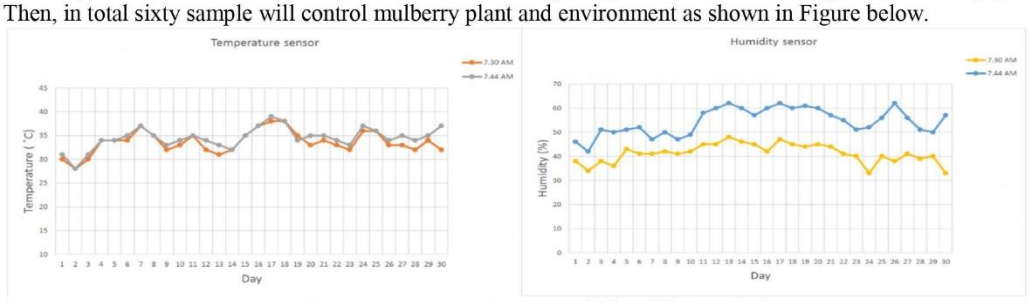
b) software control

c) connecting hardware

Fig 5: Controlling and Monitoring Unit

III. EXPERIMENTAL AND RESULTS

Mulberry garden was carried out outdoors with controlled watering control, temperature control, humidity control and microbial fertilizer control. The sixty sample trees were randomly from mulberry garden. Then, in total sixty sample will control mulberry plant and environment as shown in Figure below.



a)temperature control b) humidity control

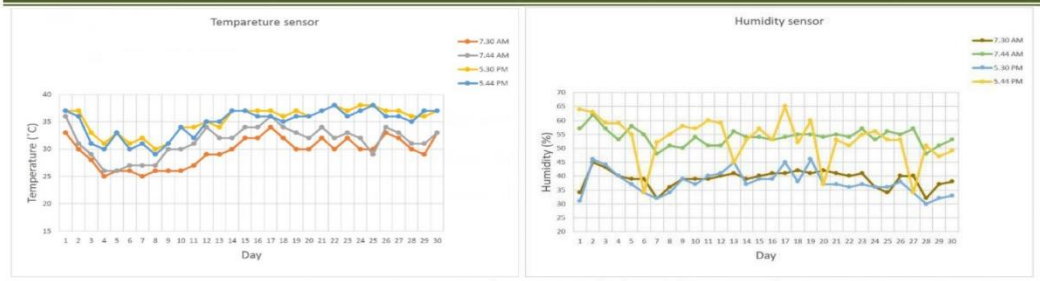
Fig. 6: Temperature and humidity control at morning

 2020 IJLERA – All Right Reserved

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

International Journal of Latest Engineering Research and Applications (IJLERA) ISSN: 2455-7137

Volume –05, Issue – 03, March 2020, PP – 73-77



a)temperature control b) humidity control

Fig. 7: Temperature and humidity control at morning and evening

IV. CONCLUSION

This research gives automation and advances control by PLC, wireless networks and IoT invention. The proposed system facilities and feature to control and conduct the environmental by control with the values for parameters such as temperature sensor, humidity sensor, microbial fertilizer, water and so front that can observe the environment of mulberry plant. The proposed system can remote control by mobile phone and monitoring the system every time. While can reduces the worker and reduces the system error. An IoT control system is easy to implement and monitor control. Framer can controllingand monitoring through mobile phone and can check status directly every time. Overall, from validation analysis showed that Figures 6-7. The model is feasible to adjust and transfer for each devices and mulberry plant.

Acknowledgements

This support of this work by Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage (VRU) is gratefully acknowledged.

REFERENCES

[1]. K. J. Y.Mohammad,H. V.Chintan,A. J. Rajat,& M. D. Manan,PLC and SCADA Based Load Security System. *InternationalJournal of Engineering Development and Research, 5(2),*2017, 115-119.

[2]. K. Praphaporn, Internet of Things: Current Technology Trends for Future, *EAU Heritage journal Science and Technology,* 2016,

[3]. L. Miller, (2000). Paper Mullberry, Broussenetia papyrifera, Invasive Plant Species. USDA Forest Service, *Southern Region, National Forests in Florida.* Protection Report R8-PR 46.

[4]. M. Anirach, S. Wipoo, & T. Panya, IoT Services Agent Platform: A Case Study inNetwork Monitoring,*Department of Information Technology, Faculty of Industrial Technology and Management, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 2018,*

[5]. N. C. Coile, A Paper on Mulberries and the Invasive Paper Mulberry. *In: 16th Annual Symposium, Florida Exotic Pest Plant Council, ed. anonymous. September 11-14,*2001, St. Augustine, p. 18. (abstract).

[6]. P.Tamarai, & R. Amudhevalli, Energy Monitoring System using PLC & SCADAS. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering,3(2),*2014, 7127-7133.

[7]. A. Anandakumar1, K.Anagha, M. Aswini, & I. Jayabharathy, Implementation of Iot Based Smart Energy Meter Using Plc and Scada for Industrial Applications. *International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology Research,* 2019, 25-30.

[8]. D. L. Tuan, & H. T. Dat, Design and Deploy a Wireless Sensor Network for Precision Agriculture. *2ndNational Foundation for Science and Technology Development Conference on Information and Computer Science,*2015.

[9]. D. P.Kadam,P. M.Sonwane, S. C.Landge, V. P. Dhote, & S. S. Thorat, PLC & SCADA, Case Study: Autoclave Automation. *Proceeding of International Conference PSACO*, India, 2008, 830-836.

[10]. G. Sushanth, & S. Sujatha, IoT based Smart Agriculture system,*IEEE*,2018.

[11]. F. H. Fahmy, H. M. Farghally, N. M. Ahmed, & A. A. Nafeh, Modeling and Simulation of Evaporative Cooling System in Controlled Environment Greenhouse. *Smart Grid and Renewable Rnergy*, 2012, 67-71.

[12]. G. Martinovic, & J. Simon,Greenhouse microclimatic environment controlled by a mobile measuring station, *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 2014, 61-70.

 2020 IJLERA – All Right Reserved

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2556). **แนวคิด หลักการและทฤษฎีการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร.** นนทบุรี: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กรมหม่อนไหม. (2559). **มัลเบอร์รี.** สืบค้นจาก https://qsds.go.th/

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (2560). **อัตราค่าไฟฟ้า.** กองอัตราและธุรกิจไฟฟ้า.

จอมภัค คลังระหัด วิสวัส ทองธีรภาพ ธันวารัตน์ แสงโสดา และปวีณา อ่อนเฉลียว. (2560). **ปัจจัยความสำเร็จในการทำธุรกิจมัลเบอร์รี่และการแปรรูปผลผลิตจากมัลเบอร์รี่ บ้านสวนแม่อุ้ย อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม.** การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านการบริหารกิจการสาธารณะ ครั้งที่ 4.

จำเริญ ยืนยงสวสดิ์. (2559). **ภูมิอากาศและพืช.** เอกสารประกอบการสอนคณาจารย์ภาควิชาพืชศาสตร์ หลักการกสิกรรม ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.

ฉัตรชัย ริบรวมทรัพย์. (2560). **พีแอลซี. สอนอิเล็กทรอนิกส์ เขียนควบคุม PLC**. สืบค้นจาก http://www.advance-electronic.com/about-us.

ต่วนนูรีซันน์ สุริยะ. (2559). อินเทอร์เน็ตออฟธิงส์กับการบริหารจัดการห้องเรียนอัจฉริยะ**. วารสารการอาชีวะและเทคนิคศึกษา**, 6(11), 26-31.

ธีระชัย หลำเนียม. (2559). **การออกแบบและประยุกต์สวนอัจฉริยะบนระบบไอโอที.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร,

ประสิทธิ์ ตงยิ่งศิริ. (2545). **การวางแผนและการวิเคราะห์โครงการ.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ไพโรจน์ นะเที่ยง. (2014). การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและระยะคืนทุนของเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวสำหรับนาน้ำตม. **วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม**, 10(1), 76-87.

วกร สีสัมฤทธิ์ นพดล ไชยประเสริฐ และธีรพงษ์ จันตะเสน. (2551). **เครื่องควบคุมความชื้นในดิน.** วิทยาลัยเทคนิคหนองบัวลำภู สถาบันอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1,

วชิรวิทย์ สาเลิศ และวรพล กันทะษา. (2557). **ชุดปฏิบัติการระบบควบคุมอัตโนมัติแบบ HMI HMI AUTOMATION CONTROL SYSTEM LABORATORY**. มหาวิทยาลัยศรีปทุม,

ศสิมาภรณ์ มงคลพิทักษ์. (2559). **ระบบอัตโนมัติและตรวจสอบการทำงานสำหรับเกษตรอัจฉริยะ.** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,

ศิริวรรณ เอี่ยมบัณฑิต. (2557). **ระบบบ้านอัจฉริยะควบคุมด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สาย เซ็นเซอร์และแอนดรอยด์แอพพลิเคชันภายใต้แนวคิดอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสิ่ง.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,

ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ กาญจนบุรี. (2562). **สรรพคุณของมัลเบอร์รี.** สืบค้นจาก https://qsds.go.th/newqssckri/

2249950134 VRU iThesis 60B5100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

สมคิด ลีลาชนะชัยพงษ์ พิพักษ์ สถิตวรรธนะ และสลักจิตร นิลบวร. (2554). **ระบบควบคุมแบบลำดับที่โปรแกรมได้ขนาดเล็กโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์.** การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม ระดับชาติ ครั้งที่ 4, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สังคม เตชะวงค์เสถียร. (ม.ป.ป.). **ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช.** พืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร สาขาพืชสวน

สำนักงานพาณิชย์จังหวัดสระแก้ว. (2562). **พืชเศษรฐกิจจังหวัดสระแก้ว.** สืบค้นจาก https://www.dit.go.th/region/SA%20KAEO/Content?id=1712

สิน พันธุ์พินิจ. (2544). **การปรับใช้เทคโนโลยีสำหรับเกษตรกร.** พิมพ์ครั้งที่ 1 : รวมสาส์น.

อนุวัฒน์ ศุภชุติกุล. (2540). **คู่มือวิเคราะห์ต้นทุนโรงพยาบาลทั่วไป.** นนทบุรี: สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข.

GRAD VRU

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายวรนันท์ ตุงคโสภา
วัน เดือน ปี เกิด	17/06/2538
สถานที่เกิด	จังหวัดหนองบัวลำภู
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี บริหารธุรกิจบัณฑิต
ที่อยู่ปัจจุบัน	58/144 หมู่บ้านราชพฤกษ์ 3 ซอยเทพกุญชร 42 หมู่ที่ 14 ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120
ผลงานตีพิมพ์	International Journal of Latest Engineering Research and Applications (IJLERA) ISSN: 2455-7137 "A Smart System for Mulberry Garden Watering using PLC and Wireless Sensor Networks"

GRAD VRU

2249950134 VRU iThesis 60B55100104 thesis / recv: 04102563 12:17:00 / seq: 45