# การพัฒนาอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด

กันตพัฒน์ เหลืองเจริญวัฒนา

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการสมาร์ตซิตี้และนวัตกรรมดิจิทัล
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

# การพัฒนาอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด

กันตพัฒน์ เหลืองเจริญวัฒนา

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการสมาร์ตซิตี้และนวัตกรรมดิจิทัล
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด"
ของ กันตพัฒน์ เหลืองเจริญวัฒนา
ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสมาร์ตซิตี้และนวัตกรรมดิจิทัล

**คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์**

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(ดร.นุวงศ์ ชลคุป)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร.พิสิษฏ์ มณีโชติ)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนพล แสงสุวรรณ)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพิธาริ์ ธนารักษ์)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณีรัตน์ วงษ์ชิ้ม)

**อนุมัติ**

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.กรองกาญจน์ ชูทิพย์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยนเรศวร

**ชื่อเรื่อง** การพัฒนาอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด

**ผู้วิจัย** กันตพัฒน์ เหลืองเจริญวัฒนา

**ประธานที่ปรึกษา** รองศาสตราจารย์ ดร.พิสิษฏ์ มณีโชติ

**กรรมการที่ปรึกษา** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนพล แสงสุวรรณ

**ประเภทสารนิพนธ์** วิทยานิพนธ์ วท.ม. การจัดการสมาร์ตซิตี้และนวัตกรรมดิจิทัล, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2565

**คำสำคัญ** ระบบปลูกพืชอัจฉริยะ, การปลูกกัญชา, โรงเรียนปิด

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตุประสงค์เพื่อพัฒนาอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับปลูกกัญชาในโรงเรือนปิดและวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้ระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับปลูกกัญชาในโรงเรือนปิดโดยทำงานออกแบบระบบติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือวัดทดสอบการทำงานพร้อมทั้งวิเคราะห์ผลด้านเทคนิคและทางสถิติ โดยการทดลองใช้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของดอกกัญชาสดและค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของดอกกัญชา พบว่า ผลผลิตดอกกัญชาที่ได้จากการปลูกด้วยระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 โดยพบว่า ระบบปลูกพืชอัจฉริยะมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของดอกกัญชามากที่สุดคือ ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 3 เท่ากับ 1.13 ± 0.15 เมื่อเปรียบเทียบกับระบบปลูกพืชในเรือนกระจกซึ่งมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของดอกกัญชามากที่สุดคือ แปลงที่ 2 เท่ากับ 0.81 ± 0.10 และค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของดอกกัญชามากที่สุดคือ ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 2 เท่ากับ 0.43 ± 0.00 ระบบปลูกพืชในเรือนกระจกมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของดอกกัญชามากที่สุดคือ ปลูกพืชในเรือนกระจก แปลงที่ 3 เท่ากับ 0.32 ± 0.03 และผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่าระยะเวลาในการคืนทุนคือ 2 ปี 8 เดือน 27 วัน อัตราผลตอบแทนภายในที่ 6,106,530.31 บาท อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการคือ 30% และอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุนมีค่าเท่ากับ 1.78 การใช้ระบบปลูกพืชอัจฉริยะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์โดยค่าพารามิเตอร์ผ่านทั้งหมด และสามารถนำข้อมูลนี้ไปใช้ในการปลูกพืชชนิดอื่นได้

| | |
|---|---|
| **Title** | ALGORITHM'S DEVELOPMENT OF SMART FERTIGATION SYSTEMS FOR CANNABIS CULTIVATION IN PLANT FACTORY |
| **Author** | Kantapat Luengcharoenwatana |
| **Advisor** | Associate Professor Pisit Maneechot, Ph.D. |
| **Co-Advisor** | Assistant Professor Thanapon Saengsuwan, Ph.D. |
| **Academic Paper** | M.S. Thesis in Smart City Management and Digital Innovation, Naresuan University, 2022 |
| **Keywords** | Smart Fertigation Systems, Cannabis Cultivation, Plant Factory |


## ABSTRACT

This research aims to develop an algorithm for smart cultivation for cannabis cultivation in closed greenhouses and analyze the economic cost-effectiveness of using a smart cultivation system for cannabis cultivation in closed greenhouses by working on the design of the installation system. Functional testing tools with technical and statistical analysis Cannabis flower yield obtained by growing with a smart planting system for growing cannabis in a closed greenhouse. There was a significant difference at 0.05. It was found that the Smart Cultivation system had the highest mean fresh weight of cannabis flowers. Smart crop system, plot 3, equal to 1.13 ± 0.15. Compared with the greenhouse planting system which had the highest mean fresh weight of cannabis flowers, plot 2 was 0.81 ± 0.10 and the mean dry weight of cannabis flowers was highest. The second smart crop planting system was 0.43 ± 0.00. The greenhouse planting system had the highest average dry weight of cannabis flowers. Planting plants in the greenhouse, plot 3 is equal to 0.32 ± 0.03. And the results of the economic analysis show that the payback period is 2 years 8 months 27 days, the internal rate of return is 6,106,530.31 baht, the internal rate of return of the project is 30% and the ratio of return to cost is 1.78. Smart cropping systems are economically viable by all passing parameters. And can use this information to grow other crops.

# ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาและความอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากรองศาสตราจารย์ ดร.พิสิษฏ์ มณีโชติ ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายพัฒนางาน NU SMART CITY ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ซึ่งท่านได้กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาและข้อคิดเห็นต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัย ผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจจริงและรู้สึกซาบซึ้งพระคุณอย่างยิ่ง จึงกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาศนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนพล แสงสุวรรณ กรรมการที่ปรึกษาสำหรับข้อแนะนำและความช่วยเหลือในทุก ๆด้านในการทำวิจัยและให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบเครื่องมือวิจัย จนทำให้งานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบคุณ บจก.อินโนลีฟ พลัส วิสาหกิจชุมชนพืชใหม่พัฒนาที่ให้ข้อมูลอย่างเต็มที่จนทำให้การศึกษาครั้งนี้สำเร็จในเวลาอันรวดเร็วและขอขอบคุณผู้ให้ความช่วยเหลืออีกหลายท่าน ซึ่งไม่สามารถกล่าวนามในที่นี้ได้หมด

สุดท้ายนี้เหนือสิ่งอื่นใดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียน ตลอดจนคอยช่วยเหลือให้การสนับสนุนในทุกๆด้านอย่างดีที่สุดเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์และทรงคุณค่า

กันตพัฒน์ เหลืองเจริญวัฒนา

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

ประกาศคุณูปการ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ..... 1

จุดมุ่งหมายของการวิจัย ..... 2

ความสำคัญของการวิจัย ..... 2

ขอบเขตการวิจัย ..... 2

นิยามศัพท์เฉพาะ ..... 3

สมมุติฐานของการวิจัย ..... 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 4

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ..... 4

ความหมายของเมืองอัจฉริยะ ..... 4

ลักษณะเฉพาะของเมืองอัจฉริยะ ..... 4

เกษตรแม่นยำ ..... 7

ระบบให้ปุ๋ยและน้ำอัจฉริยะ ..... 9

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ..... 9
Programmable logic Control: PLC ..... 11
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 15
บทที่ 3 เครื่องมือและวิธีดำเนินการวิจัย ..... 17
วิธีดำเนินการวิจัย ..... 17
การพัฒนาอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงปิด ..... 17
การทดลองประสิทธิภาพของระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิดเปรียบเทียบกับแบบในเรือนกระจกเรือน (Green Houses) ..... 17
วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ..... 18
บทที่ 4 ผลการวิจัย ..... 20
ผลการพัฒนาอัลกอริทึมของระบบปลูกในโรงเรือนปิด ..... 20
ผลการการทดลองประสิทธิภาพของระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิดเปรียบเทียบกับแบบในเรือนกระจกเรือน (Green Houses) ..... 22
1. ผลผลิตที่ได้จากระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิดเปรียบเทียบกับแบบในเรือนกระจกเรือน (Green Houses) ..... 22
2. ผลการทดสอบสมมติฐานการทดลองระหว่างระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิดเปรียบเทียบกับแบบในเรือนกระจกเรือน (Green Houses) ..... 25
3. ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงระบบปิด ..... 26
บทที่ 5 บทสรุป ..... 31
สรุปผลการวิจัย ..... 31
อภิปรายผล ..... 32

ข้อเสนอแนะ .....34

บรรณานุกรม .....35

ภาคผนวก .....39

ประวัติผู้วิจัย .....64

# สารบัญตาราง

**หน้า**

ตาราง 1 แผนการทดลองเพื่อเปรียบเทียบระบบปลูกกัญชาอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิดกับแบบในเรือนกระจกเรือน (Green Houses) .....18

ตาราง 2 ผลผลิตที่ได้จากการปลูกกัญชาในเรือนกระจก.....22

ตาราง 3 ผลผลิตที่ได้จากการเพาะปลูกกัญชาในระบบการเพาะปลูกพืชอัจฉริยะ สำหรับปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด.....24

ตาราง 4 การเปรียบเทียบผลผลิตของดอกกัญชาระหว่างการเพาะปลูกแบบระบบปลูกพืชอัจฉริยะกับการเพาะปลูกในเรือนกระจก .....25

ตาราง 5 สมมติฐานต้นทุนโครงสร้างโรงเรือนและงานระบบโรงเรือนระบบปิด.....26

ตาราง 6 สมมติฐานต้นทุนปัจจัยสนับสนุนงานปลูกโรงเรือนระบบปิด.....27

ตาราง 7 สมมติฐานรายจ่าย วัสดุปลูก ปุ๋ย โรงเรือนระบบปิด 1 รอบการปลูก 4 ห้อง .....27

ตาราง 8 สมมติฐานรายจ่ายคงที่ .....27

ตาราง 9 สมมติฐานรายจ่ายแปรผัน.....28

ตาราง 10 สมมติฐานรายรับ.....28

ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์อัตราการคืนทุนของโครงการ .....28

ตาราง 12 การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน .....29

ตาราง 13 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS (One-Way ANOVA) ของผลผลิตน้ำหนักสดดอกกัญชาของระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิดเปรียบเทียบกับแบบในเรือนกระจกเรือน (Green Houses).....40

ตาราง 14 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS (One-Way ANOVA) ของผลผลิตน้ำหนักแห้งดอกกัญชาของระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิดเปรียบเทียบกับแบบในเรือนกระจกเรือน (Green Houses).....40

ตาราง 15 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS (One-Way ANOVA) ของน้ำหนักดอกกัญชาระหว่างกลุ่มของระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิดเปรียบเทียบกับแบบในเรือนกระจกเรือน (Green Houses) .....41

# สารบัญภาพ

**หน้า**

ภาพ 1 ส่วนประกอบของ PLC ..... 13
ภาพ 2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ..... 19
ภาพ 3 แผนผังการทำงานของระบบส่วนต่าง ๆ ภายในระบบปลูกพืชอัจฉริยะ ..... 20
ภาพ 4 แผนผังการเชื่อต่อระบบภายในโรงเรือนระบบปลูกพืชอัจฉริยะ ..... 21
ภาพ 5 ตู้ควบคุมระบบของโรงเรืองปลูกพืชอัจฉริยะ ..... 42
ภาพ 6 จอภาพระบบควบคุมภายในโรงเรือนผ่านระบบออนไลน์ ..... 42
ภาพ 7 จอภาพระบบควบคุมภายในห้องต่างในโรงเรือน ..... 43
ภาพ 8 ภายในโรงเรือนที่ติดตั้งระบบไฟจำลองแสงในระบบปลูกพืชอัจฉริยะ ..... 43
ภาพ 9 ภายในโรงเรือนที่ติดตั้งระบบปรับอากาศ (HVAC) ในระบบปลูกพืชอัจฉริยะ ..... 44
ภาพ 10 ภายในโรงเรือนที่ติดตั้งระบบให้ปุ๋ยในระบบปลูกพืชอัจฉริยะ ..... 44
ภาพ 11 ผลการทำงานของระบบในระบบปลูกพืชอัจฉริยะ ..... 45
ภาพ 12 ผลการทำงานของระบบปลูกพืชในเรือนกระจก ..... 45
ภาพ 13 ลักษณะการเปิดไฟปลูกกัญชง ONNI ..... 46
ภาพ 14 ลักษณะของถาดรองปลูก ..... 46
ภาพ 15 พัดลมผนัง ..... 47
ภาพ 16 พัดลมดูดอากาศ ..... 47
ภาพ 17 ลักษณะของ Dehumidifier ..... 48
ภาพ 18 ลักษณะของ Dehumidifier ..... 48
ภาพ 19 ลักษณะของห้องจ่ายปุ๋ย ..... 49

ภาพ 20 ลักษณะของระบบจ่ายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์.....49
ภาพ 21 ลักษณะของตู้ควบคุมระบบจ่ายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์.....50
ภาพ 22 ลักษณะของตู้ควบคุมระบบภายใน Indoor.....50
ภาพ 23 แผนการดำเนินงานการปลูกในโรงปลูก Indoor.....51
ภาพ 24 ลักษณะของการผสมดินปลูกในการเพาะเมล็ด.....51
ภาพ 25 ลักษณะของการลงดินใส่วัสดุปลูก.....52
ภาพ 26 ลักษณะของการงอกของเมล็ด.....52
ภาพ 27 ลักษณะของการงอกของต้นอ่อนระยะที่ 1.....53
ภาพ 28 ลักษณะของการย้ายต้นอ่อนลงกระถางผ้า 5 แกลอน.....53
ภาพ 29 ลักษณะของต้นอ่อนอายุ 2 สัปดาห์.....54
ภาพ 30 ลักษณะของต้นไม้อายุ 3 สัปดาห์.....54
ภาพ 31 ลักษณะของต้นไม้อยู่ในช่วงทำใบ.....55
ภาพ 32 ลักษณะของการตัดแต่งกิ่งต้นไม้.....55
ภาพ 33 ลักษณะของต้นไม้ที่ถูกการตัดแต่งกิ่ง.....56
ภาพ 34 ลักษณะของต้นกัญชงอยู่ในช่วงทำดอก.....56
ภาพ 35 ลักษณะของดอกกัญชงเมื่อเริ่มขึ้นช่อและเริ่มเห็นไตรโครม.....57
ภาพ 36 ลักษณะของการเก็บเกี่ยวผลผลิต.....57
ภาพ 37 ลักษณะของล้างดอกด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.....58
ภาพ 38 ลักษณะของทริมดอกสดด้วยหม้อทริมดอก.....58
ภาพ 39 ลักษณะของดอกที่ทริมเสร็จ.....59
ภาพ 40 ลักษณะของการทริมดอกแห้งโดยใช้หม้อทริมดอก.....59
ภาพ 41 ลักษณะของชั่งน้ำหนักดอกแห้งหลังทริมดอกเสร็จ.....60

ภาพ 42 ลักษณะของระบบจ่ายปุ๋ย Outdoor .....60
ภาพ 43 ลักษณะของตู้คอนโทรลระบบภายใน Greenhouse .....61
ภาพ 44 ลักษณะของโรงเรือนแบบ Greenhouse .....61
ภาพ 45 ลักษณะของพื้นที่ภายในโรงเรือนปลูกแบบ Greenhouse .....62
ภาพ 46 ลักษณะของการเจริญเติบโตของต้นไม้ในสัปดาห์ที่ 2 ของการปลูก .....62

# บทที่ 1

# บทนำ

**ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา**

ประเทศไทยได้มีแผนแม่บทการพัฒนาเมืองอัจฉริยะที่ สอดคล้องตามนโยบายการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ ให้น่าอยู่ มีความทันสมัย สอดคล้องกับ บริบท และโจทย์การพัฒนาของพื้นที่เป้าหมายให้เป็นเมืองอัจฉริยะที่แท้จริง มุ่งเน้นการพัฒนาในพื้นที่ที่มีศักยภาพ ไปสู่ความเป็นอัจฉริยะของเมืองตามบริบทของพื้นที่ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล และพัฒนาหรือส่งเสริมให้เกิดสภาวะแวดล้อมของเมืองอัจฉริยะ ได้แก่ โครงสร้างพื้นฐานรูปแบบต่าง ๆ การส่งเสริมให้เกิดเครือข่ายของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในทุกภาคส่วน ไม่ว่าจะเป็นภาครัฐ เอกชน เมือง และสถานศึกษา ทั้งนี้ได้แบ่งรูปแบบของการพัฒนาออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มเมืองใหม่ และกลุ่มเมืองเดิม ตามบริบทการพัฒนาที่แตกต่างกันสำนักงานเมืองอัจฉริยะประเทศไทย (2561)

ลักษณะของการพัฒนาเมืองอัจฉริยะจะแบ่งออกเป็น 7 ด้านคือ สิ่งแวดล้อมอัจฉริยะ (Smart Environment) เศรษฐกิจอัจฉริยะ (Smart Economy) การเดินทางและขนส่งอัจฉริยะ (Smart Mobility) พลังงานอัจฉริยะ (Smart Energy) พลเมืองอัจฉริยะ (Smart People) การดำรงชีวิตอัจฉริยะ (Smart Living) การบริหารภาครัฐอัจฉริยะ (Smart Governance) ถ้าจะมุ่งเน้นการพัฒนาเศรษฐกิจอัจฉริยะจะเป็นการพัฒนาเมืองที่ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มในระบบเศรษฐกิจและบริหารจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น เมืองเกษตรอัจฉริยะ เมืองท่องเที่ยวอัจฉริยะ เป็นต้น

ระบบการทำเกษตรอัจฉริยะหรือเกษตรแม่นยำ ซึ่งเป็นระบบเกษตรชั้นสูงที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และใช้ทรัพยากรให้สอดคล้องกับสภาพของพื้นที่มากที่สุด รวมถึงการดูแลอย่างมีประสิทธิภาพ โดยนำระบบ AI และ IOT มาช่วยสนับสนุนการวางแผนและการตัดสินใจบนฐานข้อมูลสารสนเทศที่ถูกต้อง ทำให้สามารถคาดการณ์ผลผลิตได้อย่างแม่นยำ ช่วยลดความสูญเสีย ต้นทุน ปริมาณการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ปุ๋ยเคมี น้ำ และลดการใช้แรงงานคน อีกทั้งยังให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ณัฏฐกิตติ์ ปัทมะ (2563)

ระบบให้ปุ๋ยและน้ำอัจฉริยะ เป็นการประสานการทำงานและวิเคราะข้อมูลระหว่างข้อมูลของสภาพภูมิอากาศในระดับพื้นที่ที่วัดได้จากสถานวัดภูมิอากาศย่อย และเซนเซอร์ที่ติดตั้งตามจุดต่าง ๆ ในแปลงเพาะปลูก มาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อประกอบการตัดสินใจในการให้ปุ๋ยและน้ำ รวมทั้งยังสามารถนำข้อมูลที่ได้มาวางแผนการเพาะปลูก และการวางแผนต้นทุนการผลิต โดยระบบให้ปุ๋ยและ

น้ำอัจฉริยะสามารถช่วยลดต้นทุนทางด้านแรงงาน ความตรงเวลา เพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพในการผลิต และสามารถปรับตัวได้ไวตามการเปลี่ยนแปลงของสภาวะอากาศ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร (2562)

การปลูกกัญชาทางการแพทย์เป็นการปลูกพืชที่มีความต้องการควบคุมคุณภาพการผลิต ปริมาณสารตกค้าง และต้องใช้แรงงานในการดูแลสูง เพื่อให้ได้ผลผลิตที่สามารถนำไปใช้ทางการแพทย์ได้อย่างมีความน่าเชื่อถือ Martin Woodbridge (n.d.) การผลิตกัญชาทางการแพทย์มีการลงทุนสูงต้องการผลผลิตที่มีคุณภาพ และปริมาณผลผลิตที่สูง การใช้ระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยเฉพาะระบบปลูกพืชอัจฉริยะสามารถที่จะช่วยควบคุมคุณภาพการผลิต เพิ่มปริมาณผลผลิต และลดต้นทุนที่เกิดจากการผลิต (แรงงาน และปัจจัยการผลิต) ทำให้การลงทุนในการผลิตมีโอกาสประสบผลสำเร็จ

ดังนั้นจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการใช้ระบบเพื่อผลิตกัญชาทางการแพทย์ หลังจากการวิจัยจะทำให้ได้ระบบให้ปุ๋ยและน้ำที่เหมาะสม และลดต้นทุนการผลิต เพื่อเป็นต้นแบบสำหรับเกษตรกร และหน่วยงานอื่นในการนำไปประยุกต์ใช้ในการปลูกกัญชาทางการแพทย์ และพืชอื่น ๆ ต่อไป

**จุดมุ่งหมายของการวิจัย**

1. พัฒนาอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด
2. วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้ระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด

**ความสำคัญของการวิจัย**

ได้รูปแบบอัลกอริทึมของการควบคุมระบบปลูกพืชอัจฉริยะที่มีความแม่นยำและสามารถลดต้นทุนจากปัจจัยการผลิต และเพิ่มผลผลิต คุณภาพผลผลิตได้ตามที่ต้องการ

**ขอบเขตการวิจัย**

งานวิจัยในหัวข้อเรื่อง การพัฒนาอัลกอริทึมระบบการให้ปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด ออกแบบและพัฒนาระบบในการควบคุมความเข้มข้น ค่าความเป็นกรดด่าง ความเข้มของแสงไฟ และการให้คาร์บอนไดออกไซด์ ตามความต้องการของพืชโดยอาศัยการเก็บข้อมูลที่พืชต้องการจากระบบเซนเซอร์ต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ตัววัดแสงเป็นต้น โดยระบบจะถูกติดตั้งที่โรงเรือน (Plant Factory) โดยทำการทดสอบเพื่อวัดความสำเร็จของระบบจากความ

แม่นยำในการควบคุมค่าปริมาณปุ๋ย น้ำ แสง คาร์บอนไดออกไซด์ และการหาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ระยะเวลาพัฒนาและวิเคราะห์ใช้ระยะเวลา 6 เดือน

**นิยามศัพท์เฉพาะ**

ระบบปลูกพืชอัจฉริยะ หมายถึง ระบบอัตโนมัติที่มีกาควบคุมผ่านชุดควบคุม PLC ที่จะควบคุมปริมาณการให้ปุ๋ย การให้น้ำ การให้แสง และการให้คาร์บอนไดออกไซด์แก่ต้นกัญชาในโรงเรือนแบบปิด

**สมมุติฐานของการวิจัย**

อัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสามารถมีความแม่นยำ และมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน

# บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### ความหมายของเมืองอัจฉริยะ

เมืองหมายถึง ชุมชนที่คนอาศัยอยู่รวมกันและมีการใช้ทรัพยากรร่วมกัน รวมถึงมีการคิดแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อการอาศัยอยู่ร่วมกันอย่างสงบสุข

ความฉลาดของเมือง (Smartness of a City) คือการนำทรัพยากรที่มีอยู่มาใช้ให้คุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด ผ่านเทคโนลียีดิจิทัลที่ทันสมัย โดยมีการออกแบบและวางโครงสร้างของเมือง โดยคำนึงถึงประชาชนเป็นหลัก

สรุปแล้ว เมืองอัจฉริยะ จึงหมายถึง เมืองที่ให้ความสำคัญกับความเป็นอยู่ของประชาชน โดยมีการนำเอาเทคโนโลยีดิจิทัลและนวัตกรรมที่ทันสมัย เข้ามาบูรณาการ มาพัฒนาทั้งในเรื่องของการบริหารจัดการเมือง การลดค่าใช้จ่ายและการใช้ทรัพยากร นอกจากนี้แนวคิดและโครงสร้างของเมืองอัจฉริยะยังส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและการบริหารทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อให้ประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นและมีสิ่งแวดล้อมที่เป็นมิตร โดยการออกแบบเมืองอัจฉริยะนั้นต้องอาศัยทั้งความร่วมมือของทุกฝ่ายทั้งภาคธุรกิจและประชาชน

### ลักษณะเฉพาะของเมืองอัจฉริยะ

เมืองอัจฉริยะ มีลักษณะเฉพาะ ดังนี้

1. มีการเก็บรวบรวมข้อมูลการขยายตัวของเมืองเพื่อใช้ในการพัฒนาในอนาคต
2. ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมานั้นควรเก็บมาจากหลากหลายเมืองเพื่อนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างและความเป็นไปของเมืองนั้น ๆ และระบบเมืองควรเป็นระบบที่สามารถเข้าถึงง่าย
3. การนำเสนอข้อมูลของเมือง ต้องมีการจัดทำหลายรูปแบบและต้องจัดทำให้ครบทุกด้านและควรมีการเก็บข้อมูลที่หลากหลาย เพื่อให้สามารถวิเคราะห์และมองภาพของเมืองได้รอบด้านและเพื่อการพัฒนาได้ตรงจุด
4. นักการเมือง นักวางผังเมืองและประชาชน จะมีส่วนร่วมในการวิเคราะห์ข้อมูลและตัดสินใจ ในการพัฒนาเมืองให้เป็นเมืองอัจฉริยะ โดยอิงข้อมูลที่มีการบันทึกไว้
5. การจัดการเมืองแบบอัจฉริยะนั้นสามารทำได้โดย สามารถปรับเปลี่ยนตามความเหมาะสมของพื้นที่นั้น ๆ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยไม่มีการแทรกแซงของบุคคลใดบุคคลหนึ่ง

6. มีโครงข่ายของการใช้พื้นที่ร่วมกัน เพื่อให้ชุมชนเกิดความหลากหลาย และเพื่อความเป็นอยู่ที่ดีของประชาชน ซึ่งเมืองอัจฉริยะจะครอบคลุมทั้งในด้านการศึกษา การสื่อสาร และการบริหารงานต่าง ๆ

7. ในเรื่องการทำงานร่วมกัน เมืองอัจฉริยะจะเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างกายภาพ และโลกดิจิทัล ซึ่งจะทำให้เราเห็นมุมมองและโลกคู่ขนานที่กว้างขึ้น ทำให้ง่ายต่อการตัดสินใจพัฒนา โดยเมืองอัจฉริยะ ประชาชนจะเป็นผู้กำหนดนโยบาย และนักธุรกิจจะเป็นผู้ตอบสนองต่อนโยบาย (Charuwan Prawanne, The process of Transformation into a Smart City,June 15, 2020)

**แบบจำลองเมืองอัจฉริยะ**

โดยทั่วไปแบบจำลองเมืองอัจฉริยะ (Smart City Models) มี 2 รูปแบบ ได้แก่

แบบจำลองอย่างง่าย (Simple Models) มีจุดมุ่งหมายเพื่ออธิบายเมืองในมุมมองเฉพาะที่มีความชัดเจน และเป็นพื้นฐานที่ดีในการแสดงความแตกต่างของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกฝ่ายที่ต้องทำงานร่วมกัน โดยแบบจำลองนี้พยายามอธิบายให้เห็นถึงกระบวนการทำงานของเมือง จัดหมวดหมู่จากความแตกต่างด้านเทคโนโลยีสารสนทศ ซึ่งแต่ละองค์กรมีมาตรฐานที่แตกต่างกัน รูปแบบไม่แน่นอน

แบบจำลองที่ซับซ้อน (Complex Models) มีจุดมุ่งหมายเพื่ออธิบายถึงองค์ประกอบของระบบเมือง ทั้งหมดลงไปในส่วนย่อย ทั้งผู้มีส่วนได้เสีย รูปแบบกิจกรรม ความสัมพันธ์ และผลลัพธ์อื่น ๆ ของเมืองที่สอดคล้องกัน ซึ่งเป็นรากฐานที่สำคัญสำหรับเมืองอัจฉริยะ (เอกชัย สุมาลี และคณะ, 2560: 1-26)

**เทคโนโลยีสำคัญ 3 กลุ่มหลัก ที่ใช้ในการสร้างเมืองอัจฉริยะ**

1. สมาร์ทกริด (Smart Grid) หรือโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ เป็นระบบที่รวมตั้งแต่ระบบการผลิต ระบบการขนส่ง ระบบการจัดจำหน่ายและระบบของผู้ใช้งานไฟฟ้า ซึ่งโครงข่ายนี้เป็นโครงข่ายงานไฟฟ้าที่นำเอาเทคโนโลยีหลากหลายประเภทมาทำงานร่วมกัน ทั้งเซนเซอร์และระบบการควบคุมอัตโนมัติเพื่อให้ระบบไฟฟ้าสามารถรับรู้ข้อมูลและสถานะต่าง ๆ ได้แบบ Real time และนอกจากนี้โครงข่ายไฟอัจฉริยะยังสามารถเข้าถึงงานระบบสารสนเทศ การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งตอบโจทย์ต่อฟังก์ชั่นการใช้งานของผู้ใช้งานได้อย่างชาญฉลาด นอกจากนี้โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะยังมุ่งเน้นไปที่การลดการใช้งานทรัพยากรและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้มากขึ้น

2. อาคารอัจฉริยะ (Smart Building) ในขณะที่โลกมีการเปลี่ยนแปลงมากขึ้น ประชากรโลกมีแนวโน้มที่จะเข้ามาพักอาศัยอยู่ในเมืองมากขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของเมืองในอนาคตน่าจะมากขึ้นด้วย ดังนั้น เมืองอัจฉริยะจึงมุ่งเน้นที่จะนำเทคโนโลยีของอาคารอัจฉริยะเข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาความแออัดนี้ด้วย เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้อยู่อาศัย โดยเน้นไปที่ความสะดวกสบายและความปลอดภัย รวมถึงยังคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

3. ระบบไอซีทีอัจฉริยะ (Smart ICT : Smart Information and Communication Technology) ในโลกที่อินเตอร์เน็ตเข้ามามีบทบาทในการใช้ชีวิตของเรามากขึ้นและในโลกที่อุปกรณ์ไอทีถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง ทำให้ปีนี้อุปกรณ์มากกว่า 5 หมื่นล้านชิ้นจะสามารถเชื่อมต่อกันได้ และ 1 ใน 5 ของอุปกรณ์เหล่านี้จะถูกใช้อยู่ภายในอาคาร นั่นหมายความว่า ข้อมูลจำนวนมากมายมหาศาลจะถูกสร้างขึ้น และสิ่งที่สำคัญที่สุดคือการที่เรานำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์และปรับใช้ให้สอดคล้องกับการพัฒนาเมือง ซึ่งเมืองอัจฉริยะจะเกิดขึ้นได้และมีประสิทธิภาพต้องพึ่งพาระบบไอซีทีที่ทันสมัยนี้

**เทคโนโลยีที่ใช้ใน Smart City แยกเป็น 7 หมวด ดังนี้**

1. พลังงานอัจฉริยะ (smart energy) เพื่อความมั่นคงทางพลังงานและการใช้พลังงานจากระบบไฟฟ้าหลัก เมืองจึงต้องมีการสร้างสมดุลระหว่างการผลิตและการใช้พลังงานในพื้นที่ ให้มีประสิทธิภาพที่สุด เพื่อความคุ้มค่าและความยั่งยืนในอนาคต

2. การสัญจรอัจฉริยะ (smart mobility) ด้านการขนส่งและการเดินทาง เนื่องจากปัจจุบันมีการพัฒนาของเทคโนโลยีที่รวดเร็ว เมืองอัจฉริยะจึงจำเป็นต้องครอบคลุมทั้งด้านการขนส่งด้วย เพื่ออำนวยความสะดวกให้ประชาชนให้มีความปลอดภัยและสะดวกสบายและเมืองอัจฉริยะจะเข้ามาช่วยเพิ่มศักยภาพการเชื่องโยงโครงข่ายระบบขนส่งให้หลากหลายแต่ทั้งที้ทั้งนั้นก็อยู่บนพื้นฐานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

3. ชุมชนอัจฉริยะ (smart community) ชุมชนของเมืองอัจฉริยะนั้นเน้นในเรื่องความเท่าเทียม พัฒนาและปฏิบัติกับทุกคนอย่างเท่าเทียมกัน ทั้งในเรื่องการศึกษา การพัฒนาองค์ความรู้ของประชาชนในด้านต่าง ๆ และรวมไปถึงการสร้างสิ่งแวดล้อมให้เอื้อต่อการเรียนรู้ของประชาชน ทำให้ทุกคนตระหนักคิดและมีส่วนร่วมในการพัฒนาเมืองต่อไป

4. สิ่งแวดล้อมอัจฉริยะ (smart environment) ด้านสิ่งแวดล้อม เมืองอัจฉริยะนั้นจะนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในเรื่องต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ เช่น การจัดการน้ำ, การจัดการของเสีย, การดูแลสภาพอากาศ ไปจนถึงการเฝ้าระวังเกี่ยวกับภัยพิบัติและนอกจากนี้ยังสนับสนุนให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติอีกด้วย

5. เศรษฐกิจอัจฉริยะ (smart economy) ในด้านเศรษฐกิจ เมืองอัจฉริยะสามารถนำเทคโนโลยีมาช่วยสร้างมูลค่าและช่วยบริหารทรัพยากรต่าง ๆ ได้ ทั้งด้านการท่องเที่ยง ผังเมือง ซึ่งจะทำให้เมืองนั้นมีความโดดเด่นและเป็นที่น่าสนใจ

6. อาคารอัจฉริยะ (smart building) ด้านการดำรงชีวิต เมืองอัจฉริยะจึงมุ่งเน้นที่จะนำเทคโนโลยีของอาคารอัจฉริยะเข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาความแออัดของประชาชน เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้อยู่อาศัย โดยเน้นไปที่ความสะดวกสบายและความปลอดภัย รวมถึงยังคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

7. การปกครองอัจฉริยะ (smart governance) ด้านการบริหารภาครัฐ รัฐสามารถนำโครงสร้างของเมืองอัจฉริยะมาปรับใช้และบูรณาการกับการบริหารได้ เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับประชาชน สามารถเข้าถึงข้อมูล ข่าวสารได้อย่างโปร่งใสและมีส่วนร่วม

**ประโยชน์ของ Smart City**

1. ยกระดับคุณภาพชีวิตความเป็นอยู่ ทำให้ประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น
2. สามารถบริหารจัดการได้ง่ายขึ้น เนื่องจากมีการเก็บข้อมูลรวบรวมไว้แล้ว
3. เพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารงานมากขึ้น
4. ลดต้นทุนทรัพยากรและมีการใช้พลังงานทดแทน
5. ทำให้เกิดสังคมการเรียนรู้ที่แพร่หลายมากขึ้นเนื่องจากประชาชนสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายและข่าวสารข้อมูลที่ได้ก็เป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้

Estopolis (2562, 9 พฤษภาคม) Smart Cities แท้จริงคืออะไร? คุ้นชื่อแต่ทำไมไม่ค่อยได้สัมผัส. สืบค้นเมื่อ 5 มีนาคม 2566. จาก https://www.estopolis.com/article/Smart-Cities)

**เกษตรแม่นยำ**

แนวคิดการจัดทำเกษตรแม่นยำ เป็นแนวทางในการจัดการการเพาะปลูกพืชสมัยใหม่ โดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัลมาช่วยในการติดตามตรวจสอบ (Monitor) เพิ่มประสิทธิภาพให้กับกระบวนการผลิต เช่น การประยุกต์ใช้หลักการจัดการการใช้สารเคมีในแปลงเพาะปลูกให้เหมาะสม โดยมีการใช้ไม่มากหรือน้อยเกินไป เป็นการเพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิตโดยใช้ต้นทุนน้อย ประสิทธิภาพของการทำเกษตรแม่นยำนั้นให้ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์และทางด้านสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นรูปธรรมด้วยการลดการใช้น้ำ ปุ๋ย ยาปราบศัตรูพืช ยาปราบวัชพืช เป็นต้น รูปแบบการทำเกษตรแม่นยำยังเป็นการใช้จัดการระบบข้อมูลสำหรับการวางแผนเพาะปลูกทั้งระบบและบางส่วนของการผลิต ข้อมูลทั้งหมดจะถูกวิเคราะห์และรายงานผลและพยากรณ์ หรือที่เรียกว่า Agri Big Data System โดยรูปแบบการทดสอบจะใช้ทั้งระบบเทคโนโลยีสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ การเก็บข้อมูลแบบ Data Bank System โดยเก็บข้อมูลจากดาวเทียม สถานีอุตุนิยมวิทยา และจากเกษตรกร ผ่านทางออนไลน์ (Web Site or Application) โดยนำข้อมูลทั้งหมดมาผสานกันแล้วทำการวิเคราะห์เพื่อวางแผนการผลิต เพาะปลูกและซื้อขาย ซึ่งแนวคิดเกษตรแม่นยำนี้ ได้ประสบความสำเร็จในการผลิตพืชเศรษฐกิจหลายชนิดและประยุกต์ใช้ในหลายประเทศ ชนิด ยกตัวอย่างเช่น Somayeh et al. (2017) ทำการศึกษาผลกระทบจากการใช้เทคโนโลยีเกษตรแม่นยำในประเทศอิหร่าน แนวคิดของการทำเกษตรแม่นยำคือการบริหารจัดการทรัพยากรและการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาช่วยในการพัฒนาการทำเกษตรให้มีความยั่งยืนมากยิ่งขึ้น โดยใช้วิธีสำรวจกลุ่มตัวอย่าง 115 ตัวอย่าง พบว่าผลกระทบที่สำคัญจากการใช้เทคโนโลยีเกษตรแม่นยำคือน้ำใต้ดินและน้ำผิวดินมีคุณภาพที่ดีขึ้นเนื่องจากการควบคุมสั่งการของระบบที่มีประสิทธิผลส่งผลดีต่อผลผลิตที่เพิ่มขึ้นและรายได้ที่เพิ่มขึ้นของเกษตรกร และ Sreewongchai และ

Nakasathien (2019) ได้ทำการศึกษาเกษตรแม่นยำสำหรับข้าวในประเทศไทย โดยใช้หลักเกษตรแม่นยำกับ 7 ขั้นตอนของการผลิตข้าว คือ ระยะเวลาเพาะปลูก การเตรียมพื้นที่ การเพาะปลูก การให้ปุ๋ย วิธีการสเปรย์ปุ๋ย การจัดการน้ำ การเก็บเกี่ยว และการทำบัญชีฟาร์ม พบว่า การใช้รูปแบบเกษตรแม่นยำสำหรับการผลิตข้าวไม่ได้ใช้แค่ 1 หรือ 2 เทคโนโลยีในการผลิต บางเทคโนโลยีใช้ได้กับพื้นที่หนึ่ง แต่ใช้ไม่ได้กับอีกพื้นที่หนึ่ง และอาจต้องต้องใช้เทคโนโลยีอื่น ๆ ร่วมด้วย รวมไปถึงการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสม ใช้ประโยชน์ได้จริงเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญเช่นกัน ในบางพื้นที่ทำการทดลองสามารถใช้เทคโนโลยีร่วมที่เหมาะสม เช่น การปลูกข้าวด้วยวิธีการผสมปุ๋ยเองที่เหมาะสมกับพื้นที่ เป้าหมายของการทำเกษตรแม่นยำสำหรับปลูกข้าวคือการสร้างการจัดการเฉพาะพื้นที่ด้วยการประหยัดต้นทุนและมีประสิทธิภาพสูงสุด และเกษตรกรยังได้ระบบที่ช่วยสนับสนุนที่ช่วยในการตัดสินใจเพาะปลูกครั้งถัดไป และยังได้มีการศึกษาการนำระบบการทำเกษตรแบบแม่นยำในสวนผลไม้ที่ได้รับการคัดเลือกในประเทศกรีซ ผลการใช้งานระบบเกษตรแม่นยำในแอปเปิ้ลและองุ่น แสดงโดยการสำรวจปริมาณผลผลิต คุณภาพ และการสร้างแผนที่เพาะปลูก เก็บข้อมูลทั้งหมดสามปี ผลการวิจัยพบว่าพืชทั้งสองมีความแปรปรวนสูงในแต่ละพารามิเตอร์ที่วัด จากการเปรียบเทียบจากแผนที่แสดงให้เห็นว่าคุณภาพของผลไม้ให้ผลผลิตสูงในพื้นที่น้อย โดยผลที่ได้นี้สามารถใช้เป็นข้อมูลในการคาดการณ์ความแปรปรวนของผลผลิตในรอบปีได้ Theofanis et al. (2013)

นอกจากนี้ Na Lin et al. (2020) ได้ทำการทดลองระบบให้น้ำและปุ๋ย ด้วยระบบ IoT เพื่อทำเกษตรแม่นยำ โดยการศึกษาเน้นไปที่การบริหารจัดการน้ำและปุ๋ยให้มีความแม่นยำ โดยใช้การเก็บข้อมูลและการคำนวณปริมาณการให้น้ำและปุ๋ยด้วยระบบ IoT โดยแบ่งเป็นแผนระยะสั้นมุ่งความสนในที่ปริมาณและความแม่นยำในการให้น้ำและปุ๋ยสำหรับพืช การบริหารจัดการตารางเวลาการให้น้ำและปุ๋ย ซึ่งผลจากการใช้งานพบว่า มีความเป็นไปได้ในการใช้งานทั้งทางด้านเศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม โดยสามารถลดต้นทุนการใช้น้ำและปุ๋ยได้ และ Lee และ Ehsani (2015) ได้ศึกษาระบบตรวจจับสำหรับการทำเกษตรแม่นยำในรัฐฟอริด้า พบว่าระบบตรวจจับจำนวนมากได้รับการพัฒนาเพื่อใช้ในการเกษตรแม่นยำในรัฐฟลอริดาในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ระบบเหล่านี้ได้รับการออกแบบมาสำหรับพืชผลเฉพาะเช่น ส้มและบลูเบอร์รี รวมถึงระบบสำหรับการจดจำผลไม้สำหรับการทำแผนที่ปริมาณผลผลิต และระบบตรวจสอบโรคพืชโดยใช้แพลตฟอร์มบนพื้นดินและทางอากาศ รวมทั้งระบบอื่น ๆ ด้วย เช่น การตรวจหาฟอสฟอรัสในดินโดยใช้อินฟราเรดระยะใกล้ (NIR) การตรวจหาส่วนที่เสียหายที่เกิดจากการใช้เครื่องเก็บเกี่ยวส้ม การตรวจจับผลส้มที่หล่นลงบนพื้นเนื่องจากโรค การตรวจหาไนโตรเจนในใบส้ม การทำแผนที่ผลผลิตปุ๋ยหมักจากหญ้า การใช้ NIR spectroscopy ตรวจหาสารอาหารและแมลงในเมล็ดพืช โดยผลของการศึกษาครั้งนี้สามารถประยุกต์ใช้ระบบตรวจจับต่าง ๆ และการอธิบายรูปแบบการใช้งานในอนาคต

**ระบบให้ปุ๋ยและน้ำอัจฉริยะ**

ในปัจจุบันต้นทุนปัจจัยการผลิตทั้งระบบมีราคาแพงมากขึ้น ในขณะที่ราคาผลผลิตตกต่ำหรือเพิ่มขึ้นไม่มากนักซึ่งเป็นวิกฤติที่ชาวสวนเผชิญอยู่ การจัดการต้นทุนในสวนให้มีประสิทธิภาพจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการผลิตในปัจจุบัน ซึ่งจะต้องเป็นไปในลักษณะถูกต้องแม่นยำ (Precision agriculture) มากยิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตทั้งระบบ เปรมปรี ณ สงขลา (2544) การจัดการน้ำและปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพก็เป็นประเด็นหนึ่งที่มีความจำเป็น โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยี เข้ามาช่วยอย่างถูกต้องและเหมาะสม เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดี สม่ำเสมอและมีคุณภาพ หรือช่วยในการ ลดต้นทุน ภาคตะวันออกนับได้ว่าเป็นแหล่งผลิตไม้ผลเมืองร้อนชั้นดีแห่งหนึ่งของโลก แต่ชาวสวนส่วนใหญ่ยังมีวิธีจัดการน้ำและปุ๋ยที่ไม่ถูกต้องทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูง เช่น ใช้หัวจ่ายน้ำในอัตราสูงมากกว่า 600 ลิตร/ชั่วโมง ทำให้เกิดน้ำไหลนอง เป็นการสิ้นเปลืองน้ำและเสียค่าใช้จ่ายสำหรับการสูบน้ำเกินความจำเป็น ถ้ามีการนำเอาเทคโนโลยีการให้ปุ๋ยพร้อมระบบน้ำเข้ามาใช้ ในการทำสวนจะสามารถประหยัดค่าปุ๋ยได้มาก อุดมพร เสือมาก (2548) อย่างไรก็ตามรูปแบบการให้น้ำด้วยสปริงเกอร์ที่มีอัตราการจ่ายน้ำมากหรือน้อยจึงจะเหมาะสมนั้น ยังมีความคิดเห็นแตกต่างกัน เกษตรกรส่วนใหญ่ยังไม่เปลี่ยนไปใช้เทคโนโลยีที่ใหม่กว่า เนื่องจากเกรงว่าหัวสปริงเกอร์ที่มีอัตราการจ่ายน้ำน้อย ๆ จะไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช เปรมปรี ณ สงขลา (2544) ซึ่งต่างจากนักวิชาการที่มีมุมมองในประเด็นของการประหยัดค่าใช้จ่ายทั้งค่าลงทุนระบบน้ำ ค่าพลังงานในการสูบน้ำที่มากกว่า ซึ่งยังไม่มีการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้งานที่ชัดเจน ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาวิจัยหารูปแบบการให้น้ำที่เหมาะสมเพื่อให้สามารถนำเทคโนโลยีดังกล่าวไปใช้ช่วยให้มีการจัดการน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ การให้น้ำให้ปุ๋ยในการปลูกพืชในแปลงเพาะปลูกของพืชต้องการความแม่นยำสูง เนื่องจากทรัพยากรน้ำมีอย่างจำกัด ปุ๋ยมีราคาแพง และเกษตรกรและผู้รับซื้อผลผลิตต้องการผลผลิตที่มีคุณภาพดี โดยอลงกต กองมรี และ พัชรี ยางยืน (2558) ได้ทำการศึกษาเพื่อพัฒนาระบบให้น้ำและปุ๋ยแบบกึ่งอัตโนมัติทางสายแป๊ปน้ำหยดในแปลงข้างโพดหวาน โดยการศึกษาได้คำนึงถึงบริบทของการปลูกของเกษตรกร และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ผลการทดลองบ่งชี้ว่าระบบที่ใช้งานสามารถนำมาใช้งานได้จริง อย่างไรก็ตามผู้ปลูกแนะนำให้มีการพัฒนาเพิ่มเติมในเรื่องการต่อยอดระบบให้สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของพืชกับปริมาณการใช้น้ำของพืชที่แท้จริง

**ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์**

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ทฤษฎีการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมโรงงานต้นแบบการผลิตบล็อกประสานจากเถ้าหนักโรงไฟฟ้าแม่เมาะได้นำข้อมูลต้นทุน รายได้และค่าใช้จ่ายจากการดำเนินงานของโรงงานต้นแบบการผลิตบล็อกประสานจากเถ้าหนัก มาใช้ในการคำนวณหาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ซึ่งเกณฑ์การวิเคราะห์ที่แสดงให้เห็นถึงความคุ้มค่าในการลงทุนคือมี มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก และระยะเวลาคืนทุนสั้นจะแสดงถึงความคุ้มค่าในการลงทุน

โดยการประเมินจะต้องอาศัยเกณฑ์ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เพื่อใช้วิเคราะห์ถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ว่ามีความเหมาะสมใช้เป็นเกณฑ์การตัดสินใจลงทุนในโครงการหรือไม่ โดยส่วนใหญ่ใช้หลักการวิเคราะห์ต้นทุนผลประโยชน์ (Cost-benefit analysis) พิจารณาต้นทุนทางตรง เช่น เงินลงทุนในโครงการรวมทั้งผลประโยชน์ทางตรง เช่น รายได้จากการจำหน่ายบล็อกประสาน ผลประโยชน์ทางอ้อม เช่น มูลค่ากำจัดเถ้าหนัก แล้วนำมาวิเคราะห์โดยใช้เกณฑ์ต่าง ๆ Damnoen, P., & ketjoy, N. (2019) ประกอบกัน ดังนี้

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period, PP) หมายถึง ระยะเวลาที่การลงทุนนั้นใช้ไปในการลงทุน เพื่อให้กระแสเงินสดรับสุทธิที่ได้จากการลงทุนคุ้มค่ากับด้นทุนที่ต้องลงทุนไประยะคืนทุน

$$PP = \frac{I}{\left(\sum_i^n c_i\right)/n} - I$$ **สมการที่ 1**

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) หมายถึง การหามูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดสุทธิของโครงการ ถ้า NPV มากว่าศูนย์ หรือมีค่าเป็นบวกเสมอ แสดงว่าโครงการนี้เหมาะสมที่จะลงทุน แต่ถ้า NPV มีค่าน้อยกว่าศูนย์ หรือมีค่าติดลบ แสดงว่าโครงการไม่เหมาะสมต่อการลงทุน

$$NPV = \sum_i^n \frac{c_i}{(1+k)^n} - I$$ **สมการที่ 2**

โดย C คือ กระแสเงินสดรับสุทธิในแต่ละปี
N คือ อายุโครงการ (ปี)
K คือ อัตราคิดลด หรืออัตราผลตอบแทนที่ธุรกิจกำหนดไว้
I คือ เงินลงทุนเริ่มแรก

อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) หมายถึง อัตราผลตอบแทนที่ทำให้เงินลงทุนมีค่าเท่ากับเงินที่ได้รับกลับคืน ซึ่งอัตราผลตอบแทนภายในนี้จัดว่าเป็นอัตราคิดที่ใช้คำนวณมูลค่าของเงินตรงเวลา เช่นเดียวกับอัตราดอกเบี้ย

$$\sum_{i}^{n} \frac{C_i}{(1+IRR)^n} - I = 0$$ **สมการที่ 3**

โดย RR คือ อัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ย

อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio: BCR) หมายถึง อัตราส่วนของมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อมูลค่าปัจจุบันของด้นทุนของโครงการ ถ้า BCR > 1 แสดงว่าโครงการมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ วิศวกรรมในการลงทุนสำหรับโครงการ

$$BCR = \frac{\sum_{t-1}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t} + C_0}$$ **สมการที่ 4**

โดย $B_t$ คือ ผลตอบแทนของโครงการที่เกิดขึ้นในปีที่ t (บาท)

$C_t$ คือ ต้นทุนของโครงการที่เกิดขึ้นในปีที่ t (บาท)

$C_0$ คือ ต้นทุนในการลงทุนเริ่มแรก (บาท)

r คือ อัตราคิดลด (ร้อยละ)

n คือ อายุโครงการ (ปี)

t คือ ปีการดำเนินงานโครงการ ตั้งแต่ปีที่ 1, 2, 3,...n

**Programmable logic Control: PLC**

Programmable logic Control (PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่าง ๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็นมันสมองสั่งการที่สำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันทีตัวตรวจวัดและสวิตช์ต่าง ๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย เราสามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปใน PLC นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นเช่นเครื่องอ่านบาร์โค้ด (Barcode Reader) เครื่องพิมพ์ (Printer) ซึ่งในปัจจุบันนอกจากเครื่อง PLC จะใช้งานแบบเดี่ยว (Stand Alone) แล้วยังสามารถต่อ PLC หลาย ๆ ตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วยจะเห็นได้ว่าการใช้งาน PLC มีความยืดหยุ่นมากดังนั้นในโรงงาน

อุตสาหกรรมต่าง ๆ PLC เป็นอุปกรณ์ชนิดของแข็ง (Solid State) ที่ทำงานแบบลอจิก (Logic Functions) การออกแบบการทำงานของ PLC จะคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ จากหลักการพื้นฐานแล้ว PLC จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Solid-State Digital Logic Elements เพื่อให้ทำงานและตัดสินใจแบบลอจิก PLC ใช้สำหรับควบคุมกระบวนการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรม การใช้ PLC สำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า Hard-Wired

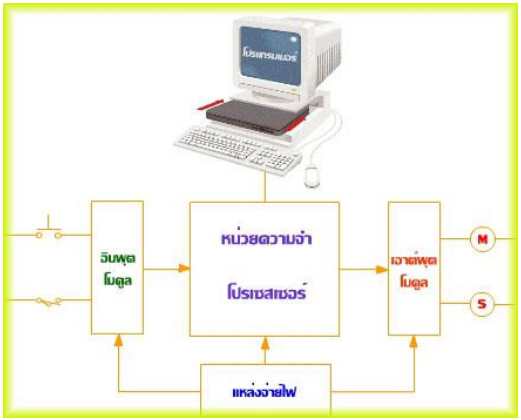
โครงสร้างของ PLC เป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรม PLC ประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ หน่วยรับข้อมูล หน่วยส่งข้อมูล และหน่วยป้อนโปรแกรม PLC ขนาดเล็กส่วนประกอบทั้งหมดของ PLC จะรวมกันเป็นเครื่องเดียว แต่ถ้าเป็นขนาดใหญ่สามารถแยกออกเป็นส่วนประกอบย่อยได้

หน่วยความจำของ PLC ประกอบด้วย หน่วยความจำชนิด RAM และ ROM หน่วยความจำชนิดRAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ส่วน ROM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของผู้ใช้ ROM ย่อมาจาก Read Only Memory หมายถึงความสามารถโปรแกรมได้แต่ไม่สามารถลบโปรแกรม แต่ถ้าหากมีการชำรุดแล้วจะไม่สามารถปรับปรุงซ่อมแซมได้ทั้งนี้หน่วยความจำสามารถจำแนกออกได้ดังนี้

1. RAM (Random Access Memory) หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็ก ๆ ต่อไว้ เพื่อใช้เลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและเขียนโปรแกรมลงใน RAM ทำได้ง่ายมากจึงเหมาะกับการใช้งานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมบ่อย 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) หน่วยความจำชนิดนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม โดยใช้วิธีการทางไฟฟ้าเหมือนกับ RAM นอกจากนั้นก็ไม่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่สำรองไฟเมื่อไฟดับ มีราคาสูงกว่าแต่จะรวมคุณสมบัติที่ดีของทั้ง RAM และ EPROM เอาไว้ด้วยกัน




**ภาพ 1 ส่วนประกอบของ PLC**

**ที่มา:** http://www.siam-automation.com/b/2

**PLC แบ่งออกได้ 3 ส่วนด้วยกันคือ**

1. ส่วนที่เป็นหน่วยประมวลผลกลาง (Control Processing Unit : CPU)
2. ส่วนที่เป็นอินพุต/เอาต์พุต (Input Output : I/O)
3. ส่วนที่เป็นอุปกรณ์การโปรแกรม (Programming Device)ความสามารถของ PLC

**PLC สามารถควบคุมงานได้ 3 ลักษณะคือ**

**1. งานที่ทำตามลำดับก่อนหลัง (Sequence Control)** ตัวอย่างเช่น

1.1 การทำงานของระบบรีเลย์

1.2 การทำงานของไทเมอร์ เคาน์เตอร์

1.3 การทำงานของ P.C.B. Card

1.4 การทำงานในระบบกึ่งอัตโนมัติ ระบบอัตโนมัติ หรืองานที่เป็นกระบวนการทำงานของเครื่องจักรกลต่าง ๆ

**2. งานควบคุมสมัยใหม่ (Sophisticated Control)** ตัวอย่างเช่น

2.1 การทำงานทางคณิตศาสตร์ เช่น บวก ลบ คูณ หาร

2.2 การควบคุมแบบอนาล็อก (Analog Control) เช่น การควบคุมอุณหภูมิ (Temperature) การควบคุมความดัน (Pressure) เป็นต้น

2.3 การควบคุม P.I.D. (Proportional-Intergral-Derivation)

2.4 การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ (Sevo-motor Control)

2.5 การควบคุม Stepper-motor

2.6 Information Handling

**3. การควบคุมเกี่ยวกับงานอำนวยการ (Supervisory Control) ตัวอย่างเช่น**

3.1 งานสัญญาณเตือน (Alarm) และ Process Monitoring

3.2 Fault Diagnostic and Monitoring

3.3 งานต่อร่วมกับคอมพิวเตอร์ (RS-232C/RS422)

3.4 Printer/ASCII Interfacing

3.5 งานควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม (Factory Automation Networking)

3.6 LAN (Local Area Network)

3.7 WAN (Wide Area Network)

3.8 FA., FMS., CIM. เป็นต้น

**การติดตั้ง PLC**

ข้อควรพิจารณาก่อนติดตั้ง

1. พื้นที่ในการติดตั้งมีเพียงพอหรือไม่
2. จะต้องเผื่อไว้ขยายในอนาคตหรือไม่
3. การซ่อมบำรุงต้องทำได้ง่าย
4. อุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรมีผลกระทบกับ PLC หรือไม่
5. วิธีการป้องกัน PLC จากสภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัย

**สภาพแวดล้อมหรือสถานที่ที่ไม่ควรติดตั้ง PLC**

1. มีแสงแดดส่องโดยตรง
2. มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 °C หรือสูงกว่า 55 °C
3. มีฝุ่นหรือไอเกลือ
4. มีความชื้นมาก
5. มีก๊าซที่มีคุณสมบัติกัดกร่อนหรือไวไฟ
6. สั่นสะเทือนมาก

**ตู้ควบคุมสำหรับ PLC ควรมีลักษณะอย่างไร**

1. ต้องป้องกันไม่ให้ PLC เสียหายจากการใช้งานหรือจากส่วนอื่น ๆ เช่น จากสิ่งแวดล้อม หรือสิ่งปนเปื้อนในอากาศ เช่น ความชื้น น้ำมัน ฝุ่นผง ก๊าซที่มีฤทธิ์การกัดกร่อน
2. มีขนาดใหญ่เพียงพอสะดวกในการเดินสายไฟต่าง ๆ
3. ควรติดตั้งตู้ PLC ห่างจากแผงควบคุมไฟฟ้าแรงสูงอย่างน้อย 8 นิ้ว
4. มีสายดิน

5. ควรแยกการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง

6. ควรแยกการติดตั้งกับอุปกรณ์ที่มีความร้อนสูง เช่น ฮีทเตอร์ หม้อแปลง หรือตัวต้านทานขนาดใหญ่

7. ไม่ควรให้ PLC ติดตั้งอยู่บนเพดาน หรืออยู่กับพื้น

8. ถ้ามีอุณหภูมิสูงกว่า 60 °C ควรติดพัดลมเป่าระบายความร้อน

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

อรรถพล กัณหเวก (2550) ทำการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ พบว่าระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์เป็นที่นิยมมากขึ้นเนื่องจากได้ผลผลิตที่ดีและที่ผลกระทบเนื่องจากสภาวะแวดล้อมน้อยกว่าการปลูกพืชในดินแบบธรรมดาและผลผลิตที่ได้ที่ระยะเวลาในการเจริญเติบโตที่รวดเร็วกว่าแต่ปัจจุบันการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ ยังเป็นลักษณะที่มนุษย์เป็นผู้ควบคุมปัจจัยต่าง ๆ จึงทำให้ค่าพารามิเตอร์ยากที่จะเป็นไปตามที่กำหนดไว้ และเกิดความยุ่งยากในการดูแล ด้วยเหตุนี้จึงออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ เพื่อใช้ในการควบคุมค่าความนำไฟฟ้าและค่าความเป็น กรด-ด่าง ของสารละลายที่นำไปเลี้ยงพืช เพื่อควบคุมสภาวะให้เหมาะสมตามที่พืชต้องการ การทดลองนี้จะเก็บผลการเจริญเติบโตของพืชเปรียบเทียบระหว่างการใช้และไม่ใช้ระบบอัตโนมัติ ซึ่งพบว่าการใช้ระบบอัตโนมัตินั้นทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่เร็วกว่า อีกทั้งในส่วนของการเก็บข้อมูลการลงทุนนั้นยังให้ผลของระยะเวลาการคืนทุนที่สั้นกว่าด้วย

สุภกิจ ไชยพุฒ (2552) ศึกษาวิจัยผลต่อระดับธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของคะน้าจีนที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ โดยทดลองปรับระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร ในระยะต้นกล้าต่อการเจริญเติบโตของพืช ทำการปรับระดับความเข้มข้นด้วยค่าความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity: EC) ออกเป็น 4 ระดับ คือ 0 (กรรมวิธีควบคุม), 0.5, 1 และ 1.5 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ผลการทดลองพบว่า ทุกกรรมวิธีที่ได้รับสารละลายธาตุอาหาร ในระดับแตกต่างกันในระยะต้นกล้าส่งผลให้ ความสูง จำนวนใบของพืชน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณธาตุอาหารหลักและปริมาณธาตุอาหารรองในพืช มากกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในการทดลองที่ 2 ได้ทำการทดลอง ผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร รวมกับระยะเวลาการปลูกเลี้ยงในระยะต้นกล้าต่อการเจริญเติบโตของคะน้า พบว่า ที่ระยะปลูกเลี้ยงต้นกล้านาน 2 และ 3 สัปดาห์ไม่ทำให้ ความสูง จำนวนใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งแตกต่างกัน เช่นเดียวกับการให้ค่า EC ที่ระดับ 0.2 และ 0.5 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตรและการให้พืชได้รับสารละลายธาตุอาหารที่ระดับ 0.5 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตรนาน 3 สัปดาห์ให้ความสูงและ น้ำหนักสดเฉลี่ยมากที่สุด

สุวรรณ หอมหวล ประยุกต์ใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) สำหรับเครื่องตรวจสอบความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที.บรรจุกล่อง Application of Programmable Logic Controller (PLC) for UHT Milk Tester การตรวจสอบผลิตภัณฑ์นมกล่อง ยู.เอช.ที. ในขั้นตอนสุดท้ายก่อนส่งถึงมือผู้บริโภคมีความสำคัญมาก ทำให้สามารถระงับผลิตภัณฑ์นมกล่องที่เสียก่อนถึงมือผู้บริโภค เป็นการเพิ่มความเชื่อมั่นแก่ผู้บริโภคได้ ปัจจุบันการตรวจสอบมีสองรูปแบบ คือ การตรวจสอบแบบทำลาย คือตัดกล่องดูความผิดปกติ และการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย โดยใช้เครื่องตรวจความผิดปกติของนม ยู. เอช. ที. บรรจุกล่อง ซึ่งใช้หลักการสั่นแบบเสรี ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของของเหลวภายในกล่อง แล้วใช้คอมพิวเตอร์ในการแปรผลสัญญานการสั่นดังกล่าว ในการคัดแยกส่วนของผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีออกจากผลิตภัณฑ์ที่มีแนวโน้มว่าจะเสียก่อนวันหมดอายุจริง โดยไม่ต้องเปิดกล่อง สามารถตรวจสอบโดยใช้เวลา 2 -3 วินาทีต่อกล่อง มีความถูกต้องในการตรวจสอบ 100 % งานวิจัยนี้เป็นการนำโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการแปรผลสัญญาณการสั่นแทนคอมพิวเตอร์

ประมวณผล เพื่อลดขนาดและต้นทุนของเครื่อง ผลการทดลองเบื้องต้นพบว่าสามารถใช้แทนกันได้ สามารถแยกความแตกต่างระหว่างนมดีและนมเสียได้โดยความสามารถในการตรวจสอบใช้เวลาไม่เกิน 3 วินาทีต่อกล่อง และความถูกต้องในการตรวจอยู่ในระดับเดียวกัน ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่จะพัฒนาและสร้างเครื่องตรวจสอบความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที.บรรจุกล่อง ให้มีขนาดและราคาเหมาะสมขึ้นได้

ธนิศร์ พันธุ์ประยูร (2563) การสร้างชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วย Programmable Logic Controller สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปีที่ 2 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยการอาชีพเชียงราย วิธีการดำเนินการ โดยออกแบบและสร้างชุดทดลองให้ตรงตามหลักสูตร ครอบคลุมเนื้อหาการเรียน จำนวน 6 หัวข้อเรื่อง ได้แก่ การสตาร์ทมอเตอร์โดยตรง การกลับทางหมุนของมอเตอร์ การควบคุมให้มอเตอร์ทำงานเรียงกันตามลำดับ การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เดลต้า การควบคุมมอเตอร์สองความเร็ว และการประยุกต์ใช้เซนเซอร์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ จำนวน 9 ใบงานการทดลอง โดยเลือกใช้วัดสุ อุปกรณ์ที่มีคุณภาพสามารถจัดหาได้ง่ายในประเทศไทย และราคาประหยัด กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้แก่ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 แผนกช่างไฟฟ้า วิทยาลัยการอาชีพเชียงราย ปีการศึกษา 2560 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม ทำการศึกษาและทดลองโดยใช้ชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลการวิจัย พบว่า ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วย Programmable Logic Controller ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 86.6/83.5

# บทที่ 3

# เครื่องมือและวิธีดำเนินการวิจัย

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงปิด มีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้

**การพัฒนาอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงปิด**

1. ศึกษาข้อมูลปฐมภูมิแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและพัฒนาอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด
2. ทำการออกแบบอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด
3. ทำการสร้างและโปรแกรมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิดตามอัลกอริทึมที่ได้ออกแบบ
4. ทำการติดตั้งระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด

**การทดลองประสิทธิภาพของระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิดเปรียบเทียบกับแบบในเรือนกระจกเรือน (Green Houses)**

1. ทำการทดลองระบบปลูกกัญชาอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิดกับแบบในเรือนกระจกเรือน (Green Houses) โดยการทดลองแบบ แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD)
2. การทดลองแบ่งเป็นปลูกกัญชาในระบบปลูกกัญชาอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิดจำนวน 3 แปลง 10 ต้นต่อแปลง และแบบในเรือนกระจกเรือน (Green Houses) จำนวน 3 แปลง 10 ต้นต่อแปลง ตามตาราง 1

**ตาราง 1 แผนการทดลองเพื่อเปรียบเทียบระบบปลูกกัญชาอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิดกับแบบในเรือนกระจกเรือน (Green Houses)**

| โรงเรือนปิด | | | แบบในเรือนกระจกเรือน | | |
|---|---|---|---|---|---|
| แปลงที่ 1 | แปลงที่ 2 | แปลงที่ 3 | แปลงที่ 1 | แปลงที่ 2 | แปลงที่ 3 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |

3. เก็บข้อมูลผลผลิตดอกกัญชาที่ปลูกด้วยระบบปลูกพืชอัจฉริยะและแบบในเรือนกระจกเรือน (Green Houses) โดยเก็บข้อมูลน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง

4. วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้ค่าสถิติคือ

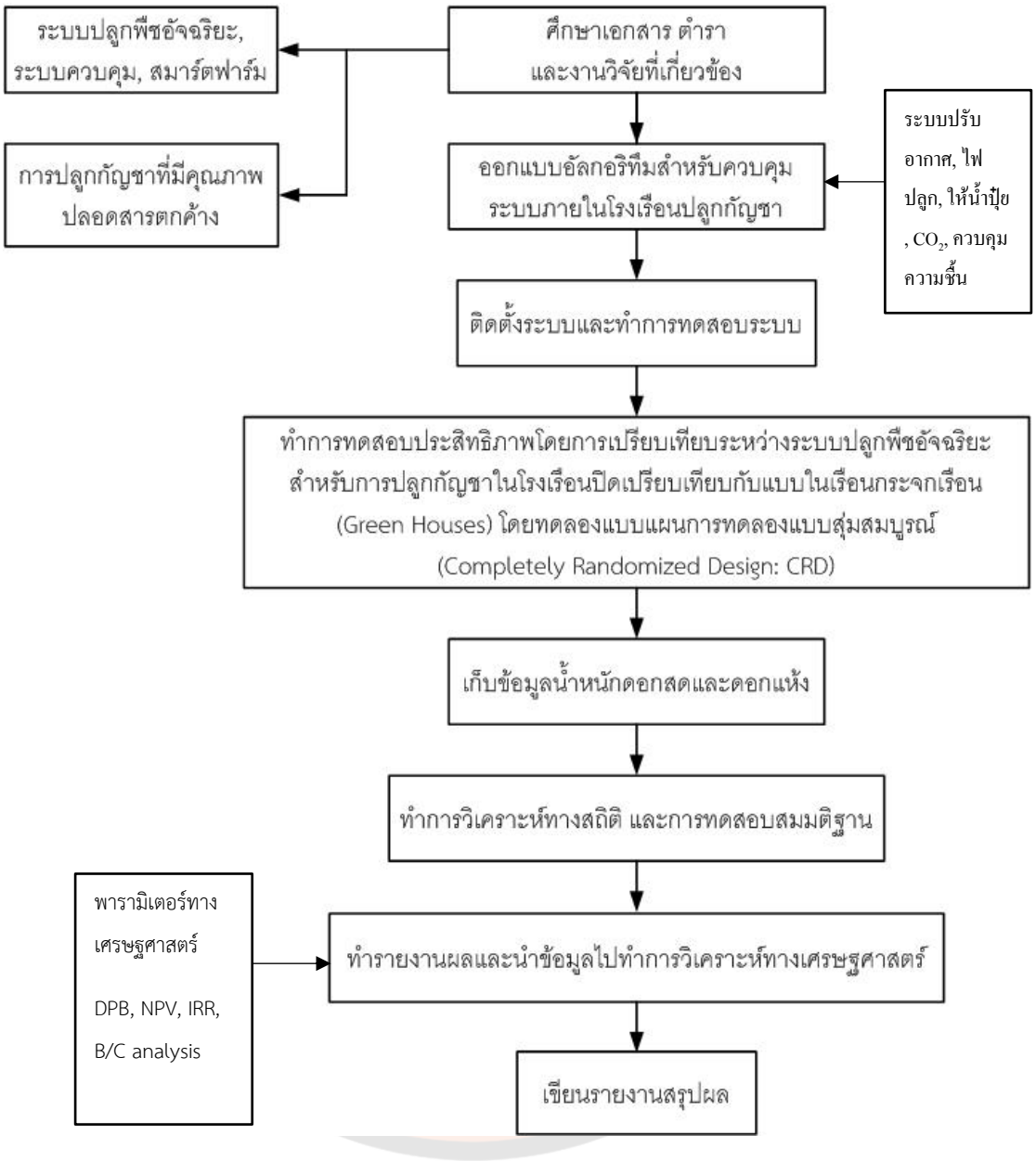
4.1 ค่าสถิติทั่วไป คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อัตราส่วน ร้อยละ

4.2 ค่าสถิติเพื่อการทดสอบสมมติฐานการทดลอง คือ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) หรือ ANOVA

**วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์**

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากสองแหล่งได้แก่ ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) โดยการเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการเกี่ยวกับต้นทุน รายจ่าย รายได้ จากการปลูกกัญชา เพื่อทำเป็นสมมติฐานรายได้ รายจ่าย และการลงทุน และข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) โดยการสืบค้นข้อมูลจากเอกสารรายงานทางวิชาการ วิทยานิพนธ์ และวารสารต่าง ๆ และแหล่งข้อมูลออนไลน์ทางอินเตอร์เน็ต เช่น อัตราดอกเบี้ย (MRR) อัตราส่วนคิดลด (Discount rate) และอื่น ๆ

2. ทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ด้วยตัวชี้วัดคือ อัตราระยะเวลาคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายในและอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน



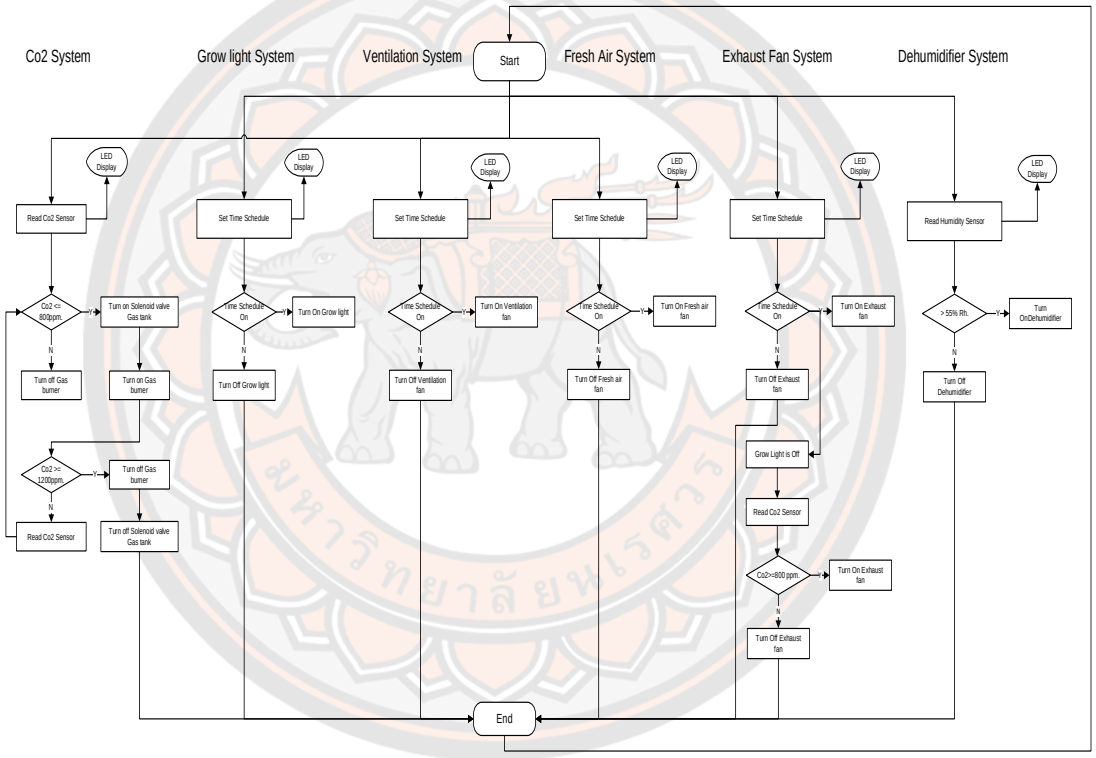

**ภาพ 2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย**

# บทที่ 4

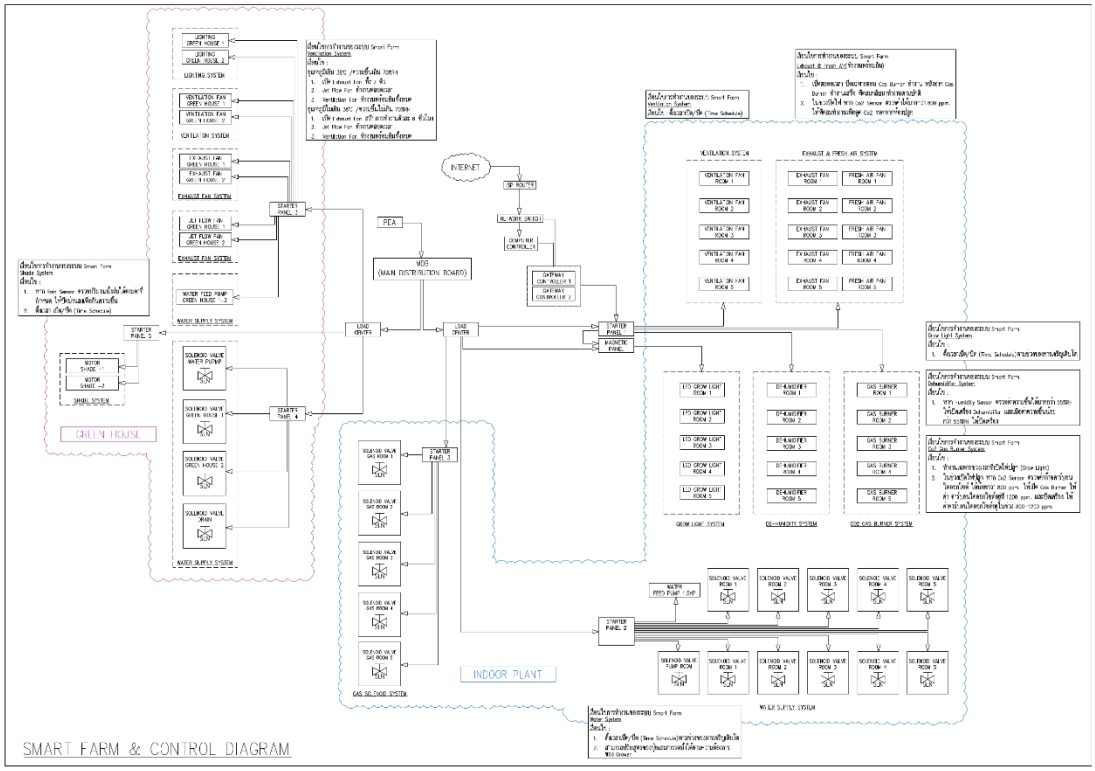
# ผลการวิจัย

การพัฒนาอัลกอริทึมและวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้ระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

## ผลการพัฒนาอัลกอริทึมของระบบปลูกในโรงเรือนปิด




**ภาพ 3 แผนผังการทำงานของระบบส่วนต่าง ๆ ภายในระบบปลูกพืชอัจฉริยะ**




**ภาพ 4 แผนผังการเชื่อต่อระบบภายในโรงเรือนระบบปลูกพืชอัจฉริยะ**

จากภาพ 3 และ ภาพ 4 แสดงเงื่อนไขการทำงานของระบบภายในโรงเรือนระบบรูปไม่มีความชัด ปลูกพืชอัจฉริยะ ระบบ หมุนเวียนอากาศ (Ventilation Fan System) สามารถตั้งเวลาเปิด/ปิด ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน (Time Schedule) และพัดลมดูดอากาศ (Exhaust Fan & Fresh Air Fan System) การทำงานเปิดตลอดเวลา ยกเว้นตอน Gas Burner ทำงาน หลังจาก Gas Burner ปิดการทำงานให้เปิดพัดลมตามปกติ และในช่วงปิดไฟ เมื่อ $CO_2$ Sensor อ่านค่าได้มากกว่า 800 ppm. ให้เปิดการทำงานของพัดลมเพื่อลดค่า $CO_2$ ในห้องปลูก ส่งระบบผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$ Gas Burner System) จะทำงานเฉพาะช่วงเวลาที่เปิดไฟปลูกเท่านั้นและเมื่อ $CO_2$ Sensor อ่านค่าได้น้อยกว่า 800 ppm. ให้เปิด Gas Burner เพื่อเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องปลูก จนถึง 1200 ppm. เมื่อ $CO_2$ Sensor อ่านค่าได้ 1200 ppm. แล้วให้ปิด Gas Burner และการทำงานของระบบไฟปลูก (Grow Light System) สามารถตั้งเวลา เปิด/ปิด (Time Schedule) ตามระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืชได้ เช่น ช่วงทำใบและช่วงทำดอก และระบบดูดความชื้น (Dehumidifier System) ทำงานเมื่อ Humidity Sensor อ่านค่าความชื้นได้มากกว่า 55%RH ให้เปิดเครื่อง Dehumidifier และปิดเครื่องเมื่อ ค่าความชื้นน้อยกว่า 55%RH และ

ระบบให้น้ำ (Water System) ทำงานโดยตั้งเวลา เปิด/ปิด (Time Schedule) โดยสามารถเลือกปรับสูตรของปุ๋ยที่จะทำการรดในแต่ละห้องปลูกได้ โดย Grower ตั้งค่าผ่านมือถือและระบบออนไลน์

**ผลการการทดลองประสิทธิภาพของระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิดเปรียบเทียบกับแบบในเรือนกระจกเรือน (Green Houses)**

**1. ผลผลิตที่ได้จากระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิดเปรียบเทียบกับแบบในเรือนกระจกเรือน (Green Houses)**

**ตาราง 2 ผลผลิตที่ได้จากการปลูกกัญชาในเรือนกระจก**

| แปลงที่ | ต้นที่ | น้ำหนักสด (กิโลกรัม) | น้ำหนักแห้ง (กิโลกรัม) | อัตราส่วนของน้ำหนักแห้งต่อสด | ร้อยละของน้ำหนักแห้งต่อสด |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0.50 | 0.28 | 0.55 | 55.00 |
| | 2 | 0.78 | 0.42 | 0.54 | 53.85 |
| | 3 | 0.66 | 0.25 | 0.37 | 37.12 |
| | 4 | 0.59 | 0.17 | 0.28 | 27.97 |
| | 5 | 0.71 | 0.20 | 0.28 | 28.37 |
| | 6 | 0.90 | 0.24 | 0.27 | 26.82 |
| | 7 | 0.90 | 0.25 | 0.27 | 27.22 |
| | 8 | 0.68 | 0.37 | 0.54 | 53.68 |
| | 9 | 0.24 | 0.15 | 0.63 | 62.50 |
| | 10 | 0.85 | 0.41 | 0.48 | 47.65 |
| 2 | 1 | 0.98 | 0.27 | 0.28 | 27.69 |
| | 2 | 0.63 | 0.18 | 0.28 | 28.00 |
| | 3 | 0.96 | 0.27 | 0.28 | 27.60 |
| | 4 | 0.82 | 0.23 | 0.28 | 28.22 |
| | 5 | 0.77 | 0.30 | 0.39 | 38.96 |
| | 6 | 0.84 | 0.37 | 0.43 | 43.45 |
| | 7 | 0.69 | 0.20 | 0.29 | 29.20 |

| แปลงที่ | ต้นที่ | น้ำหนักสด (กิโลกรัม) | น้ำหนักแห้ง (กิโลกรัม) | อัตราส่วนของน้ำหนักแห้งต่อสด | ร้อยละของน้ำหนักแห้งต่อสด |
|---|---|---|---|---|---|
| | 8 | 0.87 | 0.28 | 0.32 | 32.37 |
| | 9 | 0.81 | 0.27 | 0.34 | 33.54 |
| | 10 | 0.80 | 0.24 | 0.29 | 29.38 |
| 3 | 1 | 0.67 | 0.29 | 0.43 | 42.54 |
| | 2 | 0.61 | 0.15 | 0.25 | 24.79 |
| | 3 | 0.95 | 0.52 | 0.54 | 54.21 |
| | 4 | 1.01 | 0.50 | 0.50 | 49.50 |
| | 5 | 0.48 | 0.14 | 0.28 | 28.13 |
| | 6 | 0.75 | 0.22 | 0.29 | 29.33 |
| | 7 | 1.03 | 0.53 | 0.51 | 50.97 |
| | 8 | 0.73 | 0.21 | 0.29 | 28.77 |
| | 9 | 0.75 | 0.51 | 0.68 | 68.00 |
| | 10 | 0.68 | 0.20 | 0.29 | 28.68 |
| **เฉลี่ย** | | **0.75** | **0.28** | **0.38** | **38.12** |

**ตาราง 2** แสดงผลผลิตดอกกัญชาที่ได้จากการปลูกด้วยเรือนกระจกแบบทั่วไปผลที่ได้พบว่าดอกกัญชามีน้ำหนักสดสูงสุดที่ 1.03 กิโลกรัมต่อต้น และต่ำสุดที่ 0.24 กิโลกรัมต่อต้น มีน้ำหนักดอกสดเฉลี่ยที่ 0.75 กิโลกรัมต่อต้น และมีน้ำหนักแห้งของดอกกัญชาสูงที่สุดที่ 0.53 กิโลกรัมต่อต้น และต่ำสุดที่ 0.14 กิโลกรัมต่อต้น น้ำหนักดอกแห้งเฉลี่ยที่ 0.28 กิโลกรัมต่อต้น และมีร้อยละอัตราส่วนน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสดอยู่ที่ ร้อยละ 38.12

**ตาราง 3 ผลผลิตที่ได้จากการเพาะปลูกกัญชาในระบบการเพาะปลูกพืชอัจฉริยะ สำหรับปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด**

| แปลงที่ | ต้นที่ | น้ำหนักสด (กิโลกรัม) | น้ำหนักแห้ง (กิโลกรัม) | อัตราส่วนของน้ำหนักแห้งต่อสด | ร้อยละของน้ำหนักแห้งต่อสด |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1.04 | 0.35 | 0.34 | 33.82 |
| | 2 | 1.03 | 0.33 | 0.32 | 31.55 |
| | 3 | 1.02 | 0.35 | 0.34 | 34.48 |
| | 4 | 1.51 | 0.49 | 0.33 | 32.56 |
| | 5 | 1.12 | 0.48 | 0.43 | 42.86 |
| | 6 | 1.07 | 0.38 | 0.35 | 35.21 |
| | 7 | 0.98 | 0.38 | 0.39 | 38.78 |
| | 8 | 0.99 | 0.33 | 0.33 | 33.33 |
| | 9 | 1.07 | 0.40 | 0.37 | 37.38 |
| | 10 | 1.04 | 0.44 | 0.42 | 42.31 |
| 2 | 1 | 1.02 | 0.45 | 0.44 | 44.12 |
| | 2 | 0.99 | 0.42 | 0.43 | 42.64 |
| | 3 | 1.04 | 0.35 | 0.34 | 33.65 |
| | 4 | 1.04 | 0.39 | 0.38 | 37.50 |
| | 5 | 1.33 | 0.56 | 0.42 | 42.11 |
| | 6 | 1.10 | 0.44 | 0.40 | 40.00 |
| | 7 | 1.12 | 0.46 | 0.41 | 41.26 |
| | 8 | 1.00 | 0.40 | 0.40 | 40.00 |
| | 9 | 1.27 | 0.44 | 0.35 | 34.78 |
| | 10 | 1.26 | 0.37 | 0.29 | 29.37 |
| 3 | 1 | 1.32 | 0.40 | 0.30 | 30.04 |
| | 2 | 1.32 | 0.36 | 0.27 | 27.27 |
| | 3 | 1.18 | 0.45 | 0.38 | 38.30 |

| แปลงที่ | ต้นที่ | น้ำหนักสด (กิโลกรัม) | น้ำหนักแห้ง (กิโลกรัม) | อัตราส่วนของน้ำหนักแห้งต่อสด | ร้อยละของน้ำหนักแห้งต่อสด |
|---|---|---|---|---|---|
| | 4 | 1.11 | 0.47 | 0.42 | 42.34 |
| | 5 | 1.08 | 0.41 | 0.38 | 37.96 |
| | 6 | 1.04 | 0.39 | 0.38 | 37.50 |
| | 7 | 1.03 | 0.35 | 0.34 | 33.98 |
| | 8 | 1.09 | 0.44 | 0.41 | 40.55 |
| | 9 | 1.13 | 0.42 | 0.37 | 37.17 |
| | 10 | 1.02 | 0.45 | 0.44 | 44.12 |
| เฉลี่ย | | 1.11 | 0.41 | 0.37 | 37.03 |

**ตาราง 3** แสดงผลผลิตดอกกัญชาที่ได้จากการปลูกด้วยระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด ผลที่ได้พบว่า ดอกกัญชามีน้ำหนักสดสูงสุดที่ 1.51 กิโลกรัมต่อต้น และต่ำสุดที่ 0.98 กิโลกรัมต่อต้น มีน้ำหนักดอกสดเฉลี่ยที่ 1.11 กิโลกรัมต่อต้น และมีน้ำหนักแห้งของดอกกัญชาสูงที่สุดที่ 0.56 กิโลกรัมต่อต้น และต่ำสุดที่ 0.33 กิโลกรัมต่อต้น น้ำหนักดอกแห้งเฉลี่ยที่ 0.41 กิโลกรัมต่อต้น และมีร้อยละอัตราส่วนน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสดอยู่ที่ ร้อยละ 37.03

**2. ผลการทดสอบสมมติฐานการทดลองระหว่างระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิดเปรียบเทียบกับแบบในเรือนกระจกเรือน (Green Houses)**

**ตาราง 4 การเปรียบเทียบผลผลิตของดอกกัญชาระหว่างการเพาะปลูกแบบระบบปลูกพืชอัจฉริยะกับการเพาะปลูกในเรือนกระจก**

| ประเภท | แปลงทดลอง | ค่าเฉลี่ย (กิโลกรัม) | ANOVA test | |
|---|---|---|---|---|
| | | | ค่า F ของ 3 แปลง | ค่า F ของ 6 แปลง |
| น้ำหนักสด | ระบบเรือนกระจกแปลงที่ 1 | 0.68 ± 0.20 | 1.63 | 17.83* |
| | ระบบเรือนกระจกแปลงที่ 2 | 0.81 ± 0.10 | | |
| | ระบบเรือนกระจกแปลงที่ 3 | 0.77 ± 0.18 | | |
| | ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 1 | 1.08 ± 0.15 | 0.32 | |
| | ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 2 | 1.12 ± 0.12 | | |
| | ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 3 | 1.13 ± 0.15 | | |
| น้ำหนักแห้ง | ระบบเรือนกระจกแปลงที่ 1 | 0.27 ± 0.10 | 0.92 | 6.70* |
| | ระบบเรือนกระจกแปลงที่ 2 | 0.26 ± 0.05 | | |

| ประเภท | แปลงทดลอง | ค่าเฉลี่ย (กิโลกรัม) | ANOVA test | |
|---|---|---|---|---|
| | | | ค่า F ของ 3 แปลง | ค่า F ของ 6 แปลง |
| | ระบบเรือนกระจกแปลงที่ 3 | 0.32 ± 0.03 | | |
| | ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 1 | 0.39 ± 0.01 | 1.14 | |
| | ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 2 | 0.43 ± 0.00 | | |
| | ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 3 | 0.41 ± 0.03 | | |

**หมายเหตุ: *** คือ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแต่ละประเภทของน้ำหนักสดกับน้ำหนักแห้งระหว่างการเพาะปลูกแบบระบบปลูกพืชอัจฉริยะกับการเพาะปลูกในเรือนกระจกต่างกันที่นัยสำคัญ 0.05

**ตาราง 4** ผลผลิตดอกกัญชาที่ได้จากการปลูกด้วยระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 จากกาเปรียบเทียบการทดลองพบว่าระบบปลูกพืชอัจฉริยะมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของดอกกัญชามากที่สุดคือ ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 3 เท่ากับ 1.13 ± 0.15 และค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของดอกกัญชามากที่สุดคือ ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 2 เท่ากับ 0.43 ± 0.00 เมื่อเทียบกับระบบเรือนกระจก มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของดอกกัญชามากที่สุดคือ ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 2 เท่ากับ 0.81 ± 0.10 และค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของดอกกัญชามากที่สุดคือ ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 3 เท่ากับ 0.32 ± 0.03

**3. ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงระบบปิด**

**3.1 การวิเคราะห์ ต้นทุน รายรับ และรายจ่าย**

**ตาราง 5 สมมติฐานต้นทุนโครงสร้างโรงเรือนและงานระบบโรงเรือนระบบปิด**

| ที่ | รายการ | ค่าใช้จ่ายวัสดุ (บาท) | ค่าแรง (บาท) | รวมค่าใช้จ่าย (บาท) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | งานก่อสร้างโรงเรือนระบบปิด 1 หลัง | 950,000.00 | 135,000.00 | 1,085,000.00 |
| 2 | งานสนับสนุนการปลูก (เซลล์ปลูก) | 80,000.00 | 20,000.00 | 100,000.00 |
| 3 | งานระบบหมุนเวียนอากาศ (พัดลม) | 74,000.00 | - | 74,000.00 |
| 4 | ระบบควบคุมอากาศ (แอร์) | 600,000.00 | 185,000.00 | 785,000.00 |
| | **รวม** | | | **2,044,000.00** |

**ตาราง 6 สมมติฐานต้นทุนปัจจัยสนับสนุนงานปลูกโรงเรือนระบบปิด**

| ที่ | รายการ | จำนวน (ชุด) | ราคา (บาท)ป | ราคารวม |
|---|---|---|---|---|
| 1 | ชุดไฟสำหรับปลูกต้นไม้ | 70 | 18,500.00 | 1,295,000.00 |
| 2 | ชุดถาดรองน้ำ (ถาดรองปลูก) | 32 | 1,900.00 | 60,800.00 |
| | **รวม** | | | **1,355,800.00** |

**ตาราง 7 สมมติฐานรายจ่าย วัสดุปลูก ปุ๋ย โรงเรือนระบบปิด 1 รอบการปลูก 4 ห้อง**

| ที่ | รายการ | จำนวน (ชุด) | ราคา | ราคารวม |
|---|---|---|---|---|
| 1 | กระถางพลาสติก ขนาด 6 นิ้ว | 1,000 | 5.00 | 5,000.00 |
| 2 | กระถางผ้า ขนาด 5 – 7 แกนลอน | 500 | 35.00 | 17,500.00 |
| 3 | ชุดถาดชำต้นกล้า | 10 | 900.00 | 9,000.00 |
| 4 | ชุดดินปลูก สำหรับ 500 ต้น | 500 | 150.00 | 75,000.00 |
| 5 | ปุ๋ย สำหรับปุ๋ยต้น ปุ๋ยดอก ปุ๋ยไตรโคม ธาตุอาหารเสริม (1 รอบปลูก 4 ห้อง) | 1 | 50,000.00 | 50,000.00 |
| 6 | ต้นกล้า | 500 | 50.00 | 25,000.00 |
| | **พิจารณาที่การเพาะปลูก 1 รอบ** | | | **181,500.00** |
| | **โดยใน 1 ปี ทำการเพาะปลูก จำนวน 4 รอบ** | | | **726,000.00** |
| | **รวม (บาท/ปี)** | | | **726,000.00** |

**ตาราง 8 สมมติฐานรายจ่ายคงที่**

| ที่ | รายการ | จำนวน (คน) | ค่าใช้จ่าย (เดือน) | ระยะเวลาในการปลูกแต่ละรอบ (เดือน) | จำนวนรอยใน 1 ปี (ครั้ง) | รวมค่าใช้จ่าย (บาท) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ค่าจ้างพนักงานดูแลการเพาะปลูก | 1 | 10,000.00 | 4 | 3 | 120,000.00 |
| 2 | ค่าจ้างแรงงานทั่วไป | 1 | 8,000.00 | 4 | 3 | 96,000.00 |
| 3 | ค่าจ้างพนักงานส่วนสนับสนุน | 4 | 15,000.00 | 4 | 3 | 180,000.00 |
| | **รวม** | | | | | **396,000.00** |

**ตาราง 9 สมมติฐานรายจ่ายแปรผัน**

| ที่ | รายการ | จำนวน (ครั้ง) | ค่าใช้จ่าย (เดือน) | ระยะเวลาในการปลูกแต่ละรอบ (เดือน) | จำนวนรอบใน 1 ปี (ครั้ง) | รวมค่าใช้จ่าย (บาท) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ค่าน้ำ | 1 | 5,000.00 | 4 | 3 | 60,000.00 |
| 2 | ค่าไฟฟ้า | 1 | 55,000.00 | 4 | 3 | 660,000.00 |
| | | | **รวม** | | | **720,000.00** |

**ตาราง 10 สมมติฐานรายรับ**

| รายการ | จำนวน (กิโลกรัม) | คิดเป็นมูลค่า (บาท/กิโลกรัม) | รวมเป็นมูลค่า (บาท) |
|---|---|---|---|
| **ช่อดอกแห้งจาก 3 ห้อง ปลูก** | 16 | 40,000.00 | 640,000.00 |
| **ชา (จากใบแห้ง)** | 4.5 | 5,000.00 | 22,500.00 |
| **ลำต้นแห้ง** | 25 | 3,000.00 | 75,000.00 |
| **รากแห้ง** | 28 | 3,000.00 | 84,000.00 |
| **พิจารณาที่การเพาะปลูก 1 รอบ** | | | **821,500.00** |
| **โดยใน 1 ปี ทำการเพาะปลูก จำนวน 4 รอบ** | | | **3,286,000.00** |
| **รวม (บาท/ปี)** | | | **3,286,000.00** |

## 3.2 วิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน

**ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์อัตราการคืนทุนของโครงการ**

| ปีที่ | รายได้ (บาท) | รายได้ที่อัตราคิดลด 8.425 (%) | รายจ่าย (บาท) | รายจ่ายที่อัตราคิดลด 8.425 (%) | รายรับสุทธิ (บาท) | การคืนทุน (บาท) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | | | -3,399,800.00 | | | |
| 1 | 3,286,000.00 | 3,030,666.36 | 1,842,000.00 | 1,698,870.19 | 1,331,796.17 | -2,068,003.83 |
| 2 | 3,286,000.00 | 2,795,173.03 | 1,842,000.00 | 1,566,862.06 | 1,228,310.97 | -839,692.85 |
| 3 | 3,286,000.00 | 2,577,978.35 | 1,842,000.00 | 1,445,111.42 | 1,132,866.93 | 293,174.08 |
| 4 | 3,286,000.00 | 2,377,660.46 | 1,842,000.00 | 1,332,821.23 | 1,044,839.23 | 1,338,013.31 |

| ปีที่ | รายได้ (บาท) | รายได้ที่อัตราคิดลด 8.425 (%) | รายจ่าย (บาท) | รายจ่ายที่อัตราคิดลด 8.425 (%) | รายรับสุทธิ (บาท) | การคืนทุน (บาท) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 3,286,000.00 | 2,192,907.97 | 1,842,000.00 | 1,229,256.38 | 963,651.58 | 2,301,664.89 |
| 6 | 3,286,000.00 | 2,022,511.38 | 1,842,000.00 | 1,133,738.88 | 888,772.50 | 3,190,437.39 |
| 7 | 3,286,000.00 | 1,865,355.21 | 1,842,000.00 | 1,045,643.42 | 819,711.78 | 4,010,149.17 |
| 8 | 3,286,000.00 | 1,720,410.61 | 1,842,000.00 | 964,393.29 | 756,017.32 | 4,766,166.50 |
| 9 | 3,286,000.00 | 1,586,728.72 | 1,842,000.00 | 889,456.57 | 697,272.14 | 5,463,438.64 |
| 10 | 3,286,000.00 | 1,463,434.37 | 1,842,000.00 | 820,342.70 | 643,091.67 | 6,106,530.31 |
| | | | ระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 8 เดือน 27 วัน | | | |

**ตาราง 11** แสดงการวิเคราะห์ระยะเวลาการคืนทุนโดยนำอัตราคิดลดมาคำนวณร่วมด้วย พบว่า ถ้าลงทุนระบบปลูกพืชอัจฉริยะเพื่อปลูกกัญชาจะให้ระยะเวลาในการคืนทุนคือ 2 ปี 8 เดือน 27 วัน ซึ่งเป็นอัตราการคืนทุนที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับอายุโครงการที่มีอายุ 10 ปี ทำให้สามารถทำกำไรได้อีกประมาณ 7 ปี

### 3.3 การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน และอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน

**ตาราง 12 การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน**

| ปีที่ | รายได้ (บาท) | รายได้ที่อัตราคิดลด 8.425 (%) | รายจ่าย (บาท) | รายจ่ายที่อัตราคิดลด 8.425 (%) | รายรับสุทธิ (บาท) | มูลค่าปัจจุบันสุทธิสะสม (บาท) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | | | -3,399,800.00 | | | |
| 1 | 3,286,000.00 | 3,030,666.36 | 1,842,000.00 | 1,698,870.19 | 1,331,796.17 | 1,331,796.17 |
| 2 | 3,286,000.00 | 2,795,173.03 | 1,842,000.00 | 1,566,862.06 | 1,228,310.97 | 2,560,107.15 |
| 3 | 3,286,000.00 | 2,577,978.35 | 1,842,000.00 | 1,445,111.42 | 1,132,866.93 | 3,692,974.08 |
| 4 | 3,286,000.00 | 2,377,660.46 | 1,842,000.00 | 1,332,821.23 | 1,044,839.23 | 4,737,813.31 |
| 5 | 3,286,000.00 | 2,192,907.97 | 1,842,000.00 | 1,229,256.38 | 963,651.58 | 5,701,464.89 |

| ปีที่ | รายได้ (บาท) | รายได้ที่อัตราคิดลด 8.425 (%) | รายจ่าย (บาท) | รายจ่ายที่อัตราคิดลด 8.425 (%) | รายรับสุทธิ (บาท) | มูลค่าปัจจุบันสุทธิสะสม (บาท) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **6** | 3,286,000.00 | 2,022,511.38 | 1,842,000.00 | 1,133,738.88 | 888,772.50 | 6,590,237.39 |
| **7** | 3,286,000.00 | 1,865,355.21 | 1,842,000.00 | 1,045,643.42 | 819,711.78 | 7,409,949.17 |
| **8** | 3,286,000.00 | 1,720,410.61 | 1,842,000.00 | 964,393.29 | 756,017.32 | 8,165,966.50 |
| **9** | 3,286,000.00 | 1,586,728.72 | 1,842,000.00 | 889,456.57 | 697,272.14 | 8,863,238.64 |
| **10** | 3,286,000.00 | 1,463,434.37 | 1,842,000.00 | 820,342.70 | 643,091.67 | 9,506,330.31 |
| **รวม** | 32,860,000.00 | 21,632,826.46 | 18,420,000.00 | 12,126,496.15 | 9,506,330.31 | |
| **มูลค่าปัจจุบันสุทธิ เท่ากับ 6,106,530.31 บาท** | | | | | | |
| **มูลค่าปัจจุบันสุทธิ เท่ากับ 6,106,530.31 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน เท่ากับ ร้อยละ30 อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน เท่ากับ 1.78** | | | | | | |

**ตาราง 12** แสดงการการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน พบว่า ถ้าลงทุนระบบปลูกพืชอัจฉริยะเพื่อปลูกกัญชาจะให้อัตราผลตอบแทนภายในที่ 6,106,530.31 บาท ซึ่งมีมูลค่าเป็นบวกทำให้โครงการนี้สามารถลงทุนได้ และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการคือ 30% ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ยเฉลี่ย MRR ของธนาคารแห่งประเทศไทยที่ร้อยละ 8.425 ทำให้โครงการสามารถลงทุนได้ และอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุนมีค่าเท่ากับ 1.78 มีค่ามากกว่า 1 เนื่องจากกำไรมากกว่าต้นทุนทำให้โครงการสามารถที่จะลงทุนได้

# บทที่ 5

# บทสรุป

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือน ผู้วิจัยได้สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังต่อไปนี้

## สรุปผลการวิจัย

ระบบปลูกพืชอัจฉริยะมีการทำงานของระบบให้น้ำและปุ๋ย ตามอายุและช่วงเวลาการเติบโตของพืช และระบบควบคุมการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ระบบควบคุมแสง ระบบควบคุมความชื้น ตามช่วงอายุและความต้องการของผู้ปลูกได้เช่น ช่วงทำต้น ช่วงทำดอก ช่วงก่อนการเก็บเกี่ยว เพื่อให้ได้ผลผลิตตามความต้องการแบบจำนวนรอบการปลูกตามความต้องการของผู้ปลูก โดยผลการทดสอบระบบพบว่าผลผลิตดอกกัญชาที่ได้จากการปลูกด้วยระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับปลูกกัญชาในโรงเรือนปิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 โดยพบว่า ระบบปลูกพืชอัจฉริยะมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของดอกกัญชามากที่สุดคือ ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 3 เท่ากับ 1.13 ± 0.15 เมื่อเปรียบเทียบกับระบบปลูกพืชในเรือนกระจกซึ่งมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของดอกกัญชามากที่สุดคือ แปลงที่ 2 เท่ากับ 0.81 ± 0.10 และค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของดอกกัญชามากที่สุดคือ ระบบปลูกพืชอัจฉริยะแปลงที่ 2 เท่ากับ 0.43 ± 0.00 ระบบปลูกพืชในเรือนกระจกมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของดอกกัญชามากที่สุดคือ ปลูกพืชในเรือนกระจก แปลงที่ 3 เท่ากับ 0.32 ± 0.03 และระยะเวลาการคืนทุนโดยนำอัตราคิดลดมาคำนวณร่วมด้วย พบว่า ถ้าลงทุนระบบปลูกพืชอัจฉริยะเพื่อปลูกกัญชาจะให้ระยะเวลาในการคืนทุนคือ 2 ปี 8 เดือน 27 วัน ซึ่งเป็นอัตราการคืนทุนที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับอายุโครงการที่มีอายุ 10 ปี ทำให้สามารถทำกำไรได้อีกประมาณ 7 ปี มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน พบว่า ถ้าลงทุนระบบปลูกพืชอัจฉริยะเพื่อปลูกกัญชาจะให้อัตราผลตอแทนภายในที่ 6,106,530.31 บาท ซึ่งมีมูลค่าเป็นบวกทำให้โครงการนี้สามารถลงทุนได้ และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการคือ 30% ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ยเฉลี่ย MRR ของธนาคารแห่งประเทศไทยที่ร้อยละ 8.425 ทำให้โครงการสามารถลงทุนได้ และอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุนมีค่าเท่ากับ 1.78 มีค่ามากกว่า 1 เนื่องจากกำไรมากกว่าต้นทุนทำให้โครงการสามารถที่จะลงทุนได้

**อภิปรายผล**

จากการวิจัยครั้งนี้เกี่ยวกับการพัฒนาอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนโดยมีสมมุติฐานว่าอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสามารถมีความแม่นยำ และมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนจากผลการศึกษา พบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ เช่น การควบคุมค่าปริมาณปุ๋ย น้ำ แสง และคาร์บอนไดออกไซด์ของระบบปลูกพืชแบบอัจฉริยะ สามารถที่จะเพิ่มปริมาณและคุณภาพของกระบวนการผลิตและคุณภาพของผลผลิตได้มากว่าระบบการปลูกแบบปลูกในเรือนกระจก จากการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าคุณภาพที่ได้ทำการทดลองระบบให้น้ำและปุ๋ย ด้วยอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะ ที่มีการบริหารจัดการน้ำและปุ๋ยให้มีความแม่นยำ ซึ่งผลจากการใช้งานพบว่ามีความเป็นไปได้ในการใช้งานทั้งทางด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม โดยสามารถลดต้นทุนการใช้น้ำและปุ๋ยได้จริงและมีอัตราคืนทุนในการทำระบบ คือ 2 ปี 8 เดือน 27 วัน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 6,106,530.31 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน ร้อยละ 30 และอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน เท่ากับ 1.78 ทุกตัวชี้วัดผ่านเกณฑ์ทำให้ระบบนี้สามารถลงทุน และนำมาปลูกพืชกัญชาได้ จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ผลการทดลองบ่งชี้ว่าอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะที่ใช้งานสามารถนำมาใช้งานได้และช่วยลดต้นทุนทางด้านแรงงาน ความตรงเวลาเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพในการผลิตได้มากขึ้น

เป็นไปตามเกณฑ์สมมุติฐานที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของโรงเรือนต้นแบบ (สมาร์ทฟาร์ม) เพื่อการจัดการวิสาหกิจชุมชน ของจิตรภณ พันธ์ศรี และธนา พรหมสาขา ณ สกลนคร พบว่าในประเด็นแรกการทำการเกษตรด้วยระบบสมาร์ทฟาร์มให้ผลผลิตดีกว่าการทำการเกษตรแบบดั้งเดิม โดยการทำการเกษตรด้วยระบบสมาร์ทฟาร์มมีระยะเวลาคืนทุนจากการปลูกผักกรีนโอ๊ค คือ 12.46 เดือน ระยะเวลาคืนทุนจากการปลูกผักเรดโอ๊ค คือ 13.04 เดือนส่วนการเกษตรแบบดั้งเดิมมีระยะเวลาคืนทุนจากการปลูกผักกรีนโอ๊ค คือ 9.82 เดือน ระยะเวลาคืนทุนจากการปลูกผักเรดโอ๊ค คือ 10.15 เดือน ถ้าเปรียบเทียบกันแล้วการทำเกษตรแบบดั้งเดิมจะมีระยะเวลาคืนทุนเร็วกว่า แต่การที่เราทำการศึกษาเก็บข้อเป็นเพียงแค่ต้นแบบ เพื่อหาหน่วยฐานไปใช้ในการเปรียบเทียบกับการทำการเกษตรในพื้นที่ใหญ่กว่า โดยให้สันนิษฐานว่าน้ำหนักของผักสดแปรผันตามพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกเมื่อเพิ่มพื้นที่ปลูกเป็น 20 โรงเรือน ระยะเวลาคืนทุนจะสั้นลง โดยระยะเวลาคืนทุนของผักกรีนโอ๊ค คือ 6.09 เดือน และระยะเวลาคืนทุนของผักเรดโอ๊ค คือ 6.74 เดือน และถ้าสามารถควบคุมคุณภาพของผักและได้ มาตรฐานการปฏิบัติการทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practices : GAP) รับรองทำให้สามารถขายผักได้ราคาที่สูงส่งผลให้ระยะเวลาคืนทุนก็จะลดลงไปอีก

การพัฒนารูปแบบระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนปลูกพืช โดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝั ง ( Development of smart farm management system model in plant house by embedded computer)ของปวันนพัสตร์ ศรีทรงเมือง และคณะ ศึกษาระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนปลูกพืชโดยใช้คอมพิวเตอร์แบบ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาระบบควบคุมเกษตรอัจฉริยะโดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว เพื่อหาคุณภาพของระบบควบคุมเกษตรอัจฉริยะโดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว และเพื่อศึกษาความพึง พอใจของเกษตรกรชาวไร้อ้อยที่มีต่อระบบควบคุมเกษตรอัจฉริยะโดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว ซึ่งพบว่า ระบบควบคุมเกษตรอัจฉริยะโดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝังตัวที่พัฒนาขึ้นอยู่ในเกณฑ์คุณภาพความเหมาะสม ในระดับมากที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.16 ความพึงพอใจของเกษตรกรชาวไร้อ้อยที่มีต่อระบบควบคุมเกษตร อัจฉริยะโดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.3. ค่า เบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.74

"การออกแบบระบบเกษตรอัจฉริยะสมาร์ทฟาร์มเคยูเอสอาร์ซี โดยใช้อัลกอริทึมเชิงพันธุกรรมแบบปรับปรุงตามสภาวะแวดล้อมของพื้นที่ สำหรับการคัดเลือกชนิดของพืชเพื่อปลูกแบบผสมผสาน" ของเพ็ญพรรณ ใช้ฮวดเจริญ พบว่าระบบฟาร์มอัจฉริยะเคยูเอสอาร์ซีสมาร์ทฟาร์ม เสนอแนวคิดในการ ออกแบบระบบการสร้างฟาร์มอัจฉริยะ สำหรับบุคคลทั่วไปที่ไม่มี เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยี สามารถสร้างฟาร์มอัจฉริยะได้อย่างสะดวก โดยสร้างฟาร์มผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ติดต่อกับ อุปกรณ์ แสดงผลลัพธ์ตามช่วงเวลาจริงผ่านทางหน้าเว็บและมีการเก็บ ประวัติการทำงานไว้ และยังมีระบบแนะนำการเลือกชนิดของพืชเพื่อปลูก ซึ่งใช้ความสามารถของสมาร์ทฟาร์มร่วมกับอัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม ทำการประมวลให้คำแนะนำในการเลือกชนิดของพืชที่จะปลูกแบบการปลูกพืช ผสมผสาน เพื่อให้ได้ชนิดของพืชที่จะเลือกปลูกตั้งแต่ 1 ชนิดขึ้นไปซึ่ง เป็นพืชที่เหมาะสมกับพื้นที่และให้รายได้สูงสุดเท่าที่พื้นที่จะอำนวย แนวทางพัฒนาต่อ ในส่วนของอุปกรณ์สามารถพัฒนาให้ควบคุม สภาพแวดล้อมตามความเหมาะของพืชแต่ละชนิดโดยอัตโนมัติ ปรับปรุงเซิร์ฟเวอร์ให้อยู่บน cloud เพียงอย่างเดียวเพื่อให้สามารถใช้ทรัพยากรได้ อย่างมีประสิทธิภาพ และในส่วนของอัลกอริทึมเชิงพันธุกรรมที่ใช้ในการ แนะนำการปลูกพืช เนื่องจากราคาของผลผลิตพืชแต่ละชนิด มีความ แตกต่างกันในแต่ละปี ระบบควรจะมีส่วนรับข้อมูลอินพุตสำหรับราคา ผลผลิตของพืชเพื่อปรับปรุงราคาผลผลิตให้ทันสมัยทุกปี โดยไม่ต้องแก้ไข โปรแกรม

แนวความคิดในการออกแบบระบบปลูกพืชอัจฉริยะเริ่มต้นที่ทำให้โปรแกรมที่ออกแบบสามารถรองรับรูปแบบการทำงานของผู้ใช้งานได้ในหลายหลายรูปแบบเนื่องจากผู้ใช้งานแต่ละคนมีวิธีการและหรือขั้นตอนที่ไม่เหมือนกัน และยังคำนึงถึงความประหยัดทางด้านพลังงาน เนื่องจากต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการปลูกมีค่าปริมารที่สูงมาก

การที่จะทำฟาร์มกัญชาอัจฉริยะผู้ที่จะดำเนินงานจะต้องทราบก่อนว่าความต้องการของที่จะทำฟาร์มมีขนาดเท่าไหร่และสิ่งที่สำคัญที่สุดคือตลาดที่รับซื้อมีขนาดเท่าไหร่ การรับซื้อมีราคาเท่าไหร่ เพราะถ้าไม่ได้กำหนดเป้าหมายให้ชัดเจนจะไม่สามารถกำหนดรูปแบบ และขั้นตอนการปลูกให้ตรงกับผลิตภัณฑ์ที่เราจะผลิตให้ตรงต่อตลาด สุดท้ายต้องติดตามเรื่องของกฎหมายให้ทัน เพราะจะทำให้เราสามารถปรับตัวและตามตลาดได้ทัน

ปัญหาใหญ่สุดของการทำระบบฟาร์มอัจฉริยะคือเราจะต้องคำนึงถึงปริมาณการปลูกว่าต้องการขนาดของฟาร์มเท่าไหร่ปริมาณการปลูกเท่าไหร่ เพราะการออกแบบอุปกรณ์ ไม่ว่าจะเป็นระบบแอร์ ระบบน้ำ และที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ หากว่าเราไม่ได้วางแผนล่วงหน้า จะทำให้เราไม่สามารถกำหนดขนาดของอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เพียงพอ ซึ่งจะทำให้เราต้องลงทุนเพิ่มอีกมากหากต้องขยาย แต่ถ้าเรากำหนดขนาดให้เพียงพอ เราจะสามารถลดต้นทุนได้

**ข้อเสนอแนะ**

ผู้วิจัยได้ศึกษาพร้อมทำการทดลองจริง ทำให้ทราบแนวทางการปรับปรุงข้อเสนอแนะหวังจะเป็นประโยชน์ในการทำวิจัยต่อไปดังต่อไปนี้

1. ควรจะเปรียบเทียบความสัมพันธ์กับรายได้ที่เพิ่มมากขึ้น การลดรายได้จากแรงงานทั้งสองระบบในด้านของความคุ้มค่าของการลงทุน

2. ควรจะมีการทดลองและเปรียบเทียบระบบการปลูกที่มากกว่าสองระบบเพื่อที่จะได้เห็นผลมีการเปรียบเทียบในส่วนของประสิทธิภาพของระบบโรงเรือนอัจฉริยะได้ชัดเจนมากขึ้น

3. ระบบนี้สามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบสำหรับการปลูกพืชในโรงเรือนปิดของพืชชนิดอื่น ๆ ต่อไปได้

4. ควรมีการพัฒนาเพิ่มเติมในเรื่องการต่อยอดระบบให้สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของพืชกับปริมาณการใช้น้ำของพืช

# บรรณานุกรม

# บรรณานุกรม


สำนักงานเมืองอัจฉริยะประเทศไทย. (2561). *รายงานผลการดำเนินการขับเคลื่อนการพัฒนา เมืองอัจฉริยะ ปี 2561*. สืบค้นจาก https://www.smartcitythailand.or.th/

ณัฏฐกิตติ์ ปัทมะ. (2563). *การพัฒนาระบบเกษตรอัจฉริยะของประเทศไทย.* สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา, 10.

มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร. (2562). *คู่มือ การถ่ายทอดเทคโนโลยีระบบการให้น้ำ Smart Farming ในสวนทุเรียน*. สืบค้นจาก http://www.thai-explore.net/search_detail/result/8294

Martin Woodbridge. (มปป.). *ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกัญชาทางการแพทย์.* สืบค้นจาก https://mdresearch.kku.ac.th/files/cannabis/MedicainalCannabisBook_v4.pdf

Somayeh Tohidyan Far and Kurosh Rezaei-Moghaddam. (2018). Impacts of the precision agricultural technologies in Iran: An analysis experts' perception & their determinants. *Information Processing in Agriculture*, 5, 173 – 184.

Sreewongchai, T., and Nakasathien, S. (2019). *Smart platform for precision agriculture in Thailand.* https://www.fftc.org.tw/upload/files/activities/20190603152320/SMART_PLATFORM_FOR_PRECISION_AGRICULTURE_IN_THAILAND.pdf

Gemtosa, T., Fountasa, S., Tagarakisa, A., and Liakosa, V. (2013). *Precision agriculture application in fruit crops: experience in handpicked fruits*. *Procedia Technology*, 8, 324 – 332.

Lin, N., Wang, X., Zhang, Y., Hu, X., and Ruan. J (2020). *Fertigation management for sustainable precision agriculture based on the Internet of Things*. *Journal of Cleaner Production*, 277.

Lee, W, S., and Ehsani, R. (2015). Sensing systems for precision agriculture in Florida. *Computers and Electronics in Agriculture*, 112, 2-9.

เปรมปรี ณ สงขลา. (2544). ระบบชลประทานน้ำน้อย: *ปัจจัยกำหนดอนาคตชาวสวน.* เอกสารประกอบการบรรยายในการ ฝึกอบรมหลักสูตรการออกแบบระบบให้น้ำแบบประหยัด แก่พืช รุ่นที่ 3 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. หน้า 10.

อุดมพร เสือมาก. (2548). *ผลของการให้ปุ๋ยในระบบน้ำต่อการ เจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพของมังคุดนอกฤดูกาล*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลา นครินทร์.

อลงกต กองมรี และ พัชรี ยางยืน. (2558). *การผสมผสานการให้ปุ๋ยในระบบน้ำและภูมิอากาศเฉพาะแห่ง.* รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัยแม่โจ้.

Damnoen, P., & Ketjoy, N. (2019). *Analysis of investment models for megawatt scale photovoltaic power plant in Thailand*. Journal of Renewable Energy and Smart Grid Technology, 14(1).

สุวิทย์ สายสุธนาวิชญ์ และ นิวิท เจริญใจ. (2561). *การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์โรงงานต้นแบบการผลิตบล็อกประสานจากเถ้าหนักโรงไฟฟ้าแม่เมาะ.* วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 13(2), 80 – 98.

สุวิทย์ สายสุธนาวิชญ์ และ นิวิท เจริญใจ (2562). การพัฒนาโรงงานต้นแบบการผลิตบล็อกประสานจากเถ้าหนักโรงไฟฟ้าแม่เมาะ. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,26 (3), 36-56.

(Estopolis. (2562, 9 พฤษภาคม). *Smart Cities แท้จริงคืออะไร? คุ้นชื่อแต่ทำไมไม่ค่อยได้สัมผัส.* สืบค้นเมื่อ 5 มีนาคม 2566. จาก https://www.estopolis.com/article/Smart-Cities)

Martin Woodbridge. (ม.ปป.). *ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกัญชาทางการแพทย์.* สืบค้นจาก https://mdresearch.kku.ac.th/files/cannabis/MedicainalCannabisBook_v4.pdf

Lin, N., Wang, X., Zhang, Y., Hu, X., & Ruan, J. (2020). *Fertigation management for sustainable precision agriculture based on Internet of Things*. Journal of Cleaner Production, 277, 124119. Lin, N., Wang, X., Zhang, Y., Hu, X., & Ruan, J. (2020). Fertigation management for sustainable precision agriculture based on Internet of Things. Journal of Cleaner Production, 277, 124119.

Far, S. T., & Rezaei-Moghaddam, K. (2018). *Impacts of the precision agricultural technologies in Iran: An analysis experts' perception & their determinants.* Information processing in agriculture, 5(1), 173-184. Far, S. T., & Rezaei-Moghaddam, K. (2018). Impacts of the precision agricultural technologies in Iran: An analysis experts' perception & their determinants. Information processing in agriculture, 5(1), 173-184.

Gemtos, T., Fountas, S., Tagarakis, A., & Liakos, V. (2013). *Precision agriculture application in fruit crops: Experience in handpicked fruits.* Procedia Technology, 8, 324-332. Gemtos, T., Fountas, S., Tagarakis, A., & Liakos, V. (2013). Precision agriculture application in fruit crops: Experience in handpicked fruits. Procedia Technology, 8, 324-332.

Lee, W. S., & Ehsani, R. (2015). Sensing systems for precision agriculture in Florida. Computers and Electronics in Agriculture, 112, 2-9. Lee, W. S., & Ehsani, R. (2015). *Sensing systems for precision agriculture in Florida*. Computers and Electronics in Agriculture, 112, 2-9.

# ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS (One-Way ANOVA)

**ตาราง 13 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS (One-Way ANOVA) ของผลผลิตน้ำหนักสดดอกกัญชาของระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิดเปรียบเทียบกับแบบในเรือนกระจกเรือน (Green Houses)**

| ANOVA: Single Factor | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SUMMARY | | | | | |
| Groups | Count | Sum | Average | Variance | |
| Column 1 | 10 | 6.800 | 0.6800 | 0.040961111 | |
| Column 2 | 10 | 8.140 | 0.8140 | 0.011676667 | |
| Column 3 | 10 | 7.655 | 0.7655 | 0.032135833 | |
| Column 4 | 10 | 10.850 | 1.0850 | 0.023416667 | |
| Column 5 | 10 | 11.155 | 1.1155 | 0.015596944 | |
| Column 6 | 10 | 11.305 | 1.1305 | 0.011941389 | |
| ANOVA (DG) | | | | | |
| Source of Variation | SS | df | MS | F | P-value | F crit |
| Between Groups | 2.0163 | 5 | 0.4032 | 17.8267 | $2.12 \times 10^{-10}$ | 2.3860 |
| Within Groups | 1.2215 | 54 | 0.0226 | - | - | - |
| Total | 3.2378 | 59 | | | | |

**ตาราง 14 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS (One-Way ANOVA) ของผลผลิตน้ำหนักแห้งดอกกัญชาของระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิดเปรียบเทียบกับแบบในเรือนกระจกเรือน (Green Houses)**

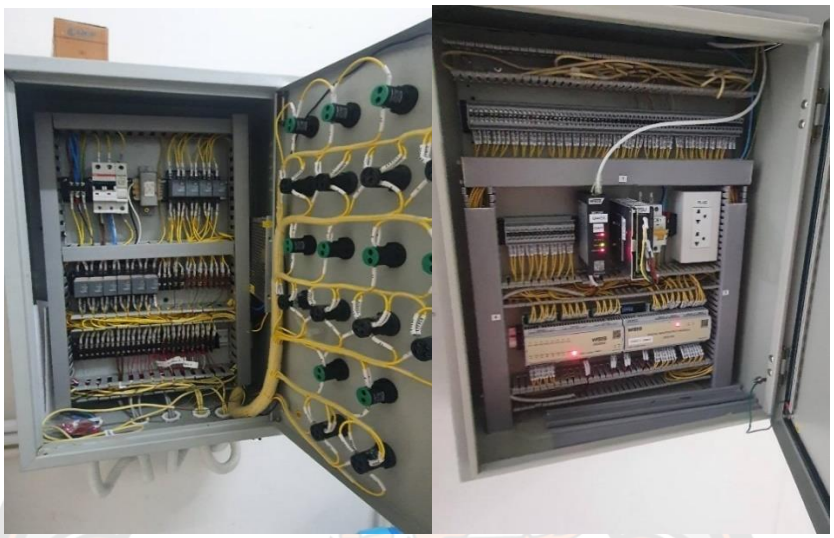
| ANOVA: Single Factor | | | | |
|---|---|---|---|---|
| SUMMARY | | | | |
| Groups | Count | Sum | Average | Variance |
| Column 1 | 10 | 2.710 | 0.2710 | 0.009138 |
| Column 2 | 10 | 2.590 | 0.2590 | 0.002843 |
| Column 3 | 10 | 3.245 | 0.3245 | 0.027825 |
| Column 4 | 10 | 3.920 | 0.3920 | 0.003557 |
| Column 5 | 10 | 4.280 | 0.4280 | 0.003440 |
| Column 6 | 10 | 4.135 | 0.4135 | 0.001600 |

| ANOVA: Single Factor | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ANOVA (DIN) | | | | | | |
| **Source of Variation** | SS | df | MS | F | P-value | F crit |
| **Between Groups** | 0.2702 | 5 | 0.0541 | 6.7008 | $6.37x10^{-08}$ | 2.3861 |
| **Within Groups** | 0.4356 | 54 | 0.0081 | - | - | - |
| **Total** | **0.7059** | **59** | | | | |

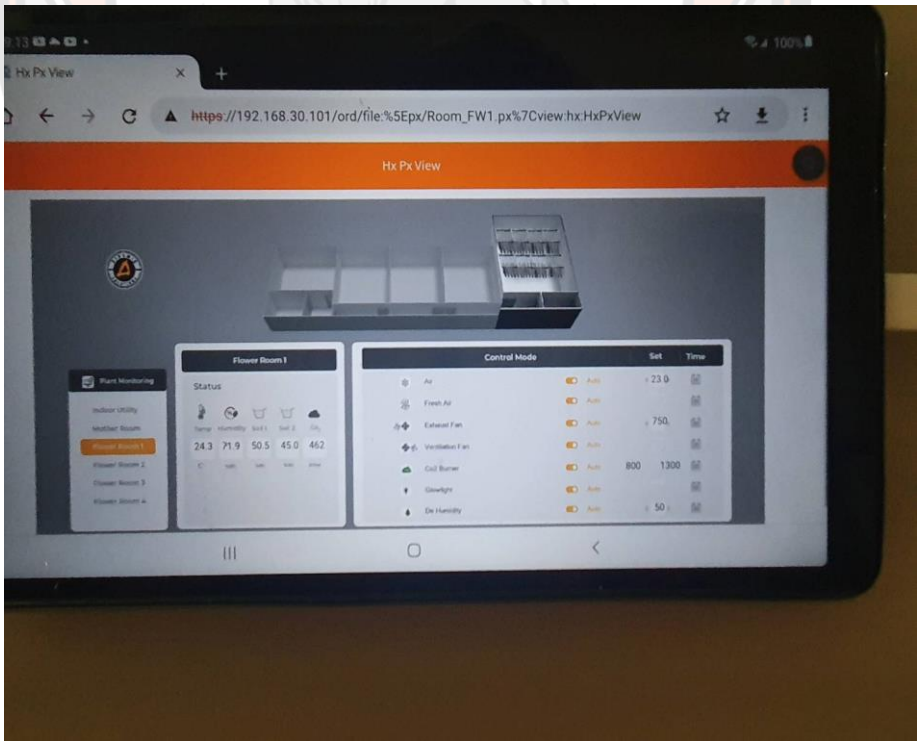
**ตาราง 15 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS (One-Way ANOVA) ของน้ำหนักดอกกัญชาระหว่างกลุ่มของระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกัญชาในโรงเรือนปิดเปรียบเทียบกับแบบในเรือนกระจกเรือน (Green Houses)**

| ANOVA: Single Factor | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SUMMARY | | | | | | |
| **Groups** | **Count** | **Sum** | **Average** | **Variance** | | |
| **แปลงที่ 1** | 10 | 2.71 | 0.2710 | 0.009137778 | 0.095591724 | |
| **แปลงที่ 2** | 10 | 2.59 | 0.2590 | 0.002843333 | 0.053322916 | |
| **แปลงที่ 3** | 10 | 3.25 | 0.3245 | 0.027824722 | 0.166807441 | |
| ANOVA (DG) | | | | | | |
| **Source of Variation** | SS | df | MS | F | P-value | F crit |
| **Between Groups** | 0.02432 | 2 | 0.0121 | 0.9165 | 0.4119 | 3.3541 |
| **Within Groups** | 0.35825 | 27 | 0.0132 | | | |
| **Total** | **0.38257** | **29** | | | | |

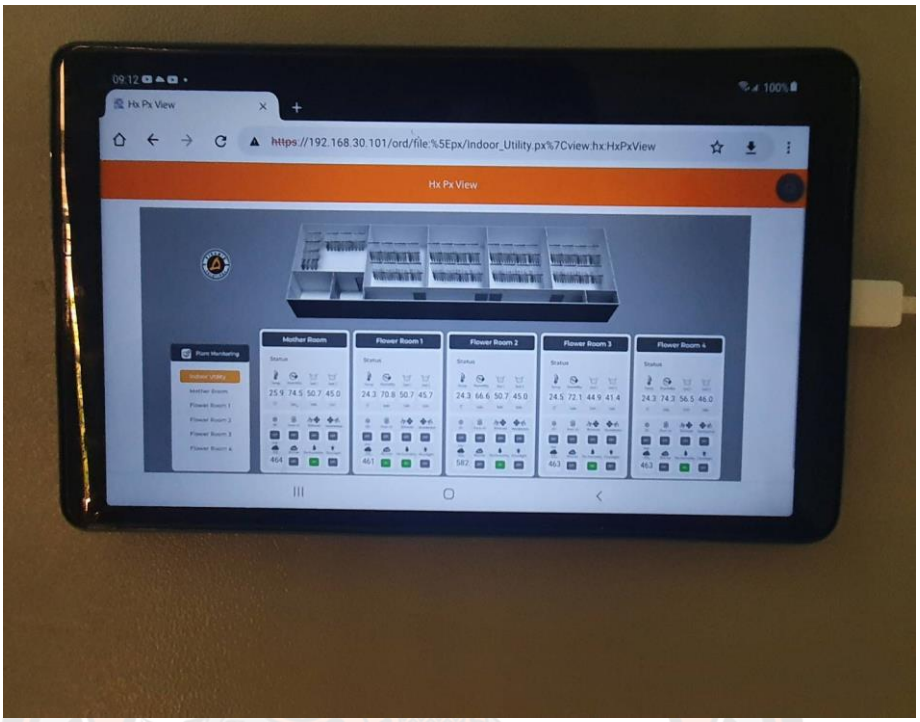
**ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS (One-Way ANOVA) ของน้ำหนักสดกับน้ำหนักแห้งระหว่างระบบปลูกแบบระบบเรือนกระจกกับระบบปลูกพืชอัจฉริยะ**



**ภาพ 5 ตู้ควบคุมระบบของโรงเรืองปลูกพืชอัจฉริยะ**




**ภาพ 6 จอภาพระบบควบคุมภายในโรงเรือนผ่านระบบออนไลน์**

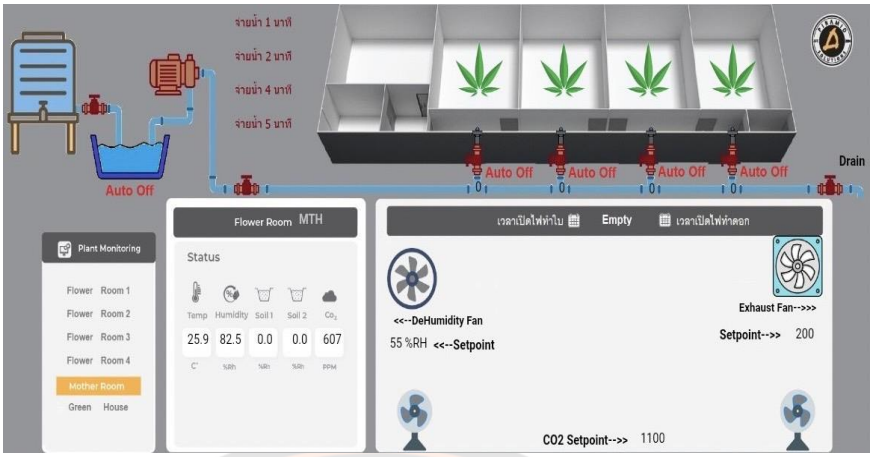



**ภาพ 7 จอภาพระบบควบคุมภายในห้องต่างในโรงเรือน**

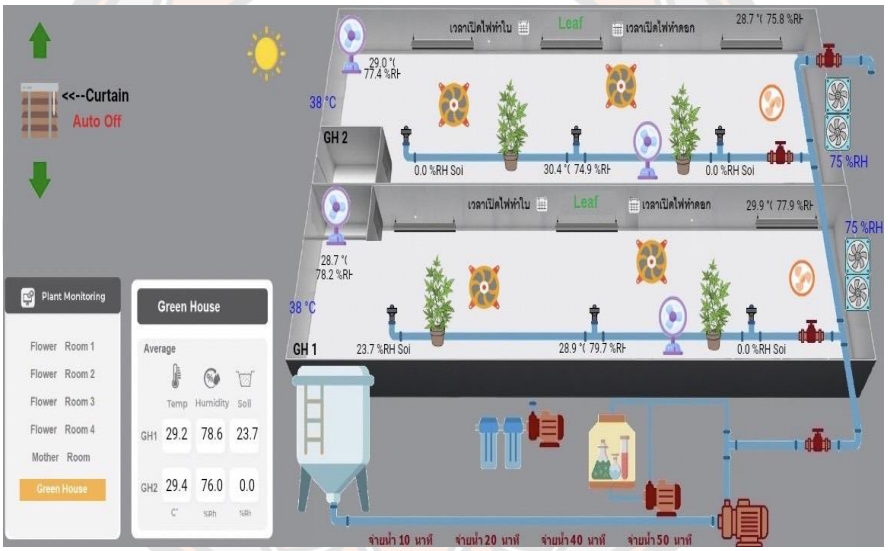
**ภาพ 8 ภายในโรงเรือนที่ติดตั้งระบบไฟจำลองแสงในระบบปลูกพืชอัจฉริยะ**

**ภาพ 9 ภายในโรงเรือนที่ติดตั้งระบบปรับอากาศ (HVAC) ในระบบปลูกพืชอัจฉริยะ**

**ภาพ 10 ภายในโรงเรือนที่ติดตั้งระบบให้ปุ๋ยในระบบปลูกพืชอัจฉริยะ**



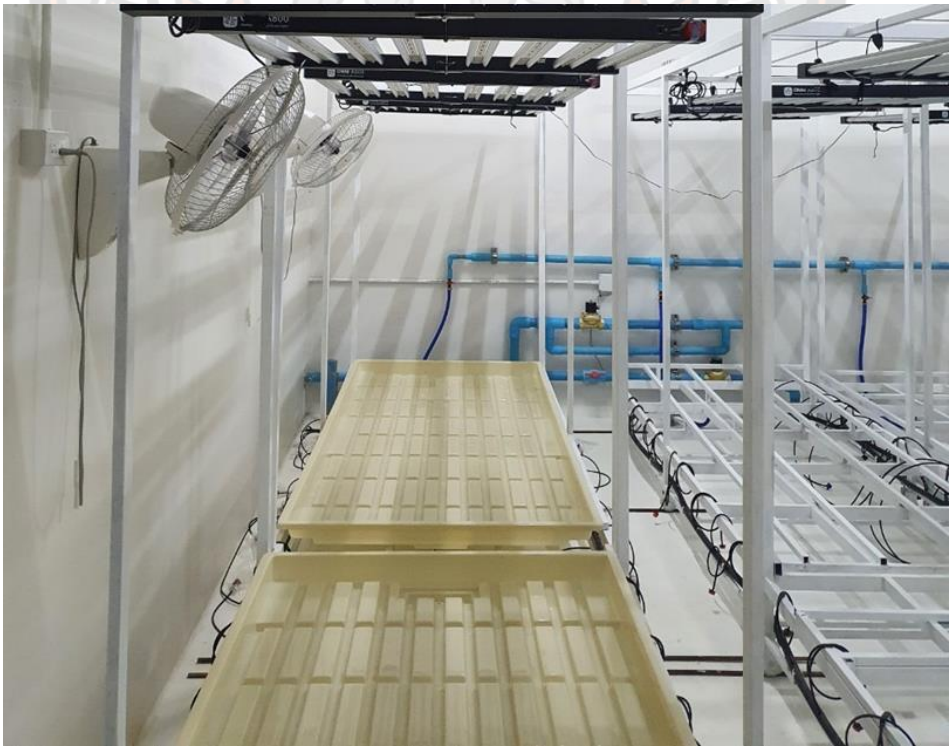

**ภาพ 11 ผลการทำงานของระบบในระบบปลูกพืชอัจฉริยะ**



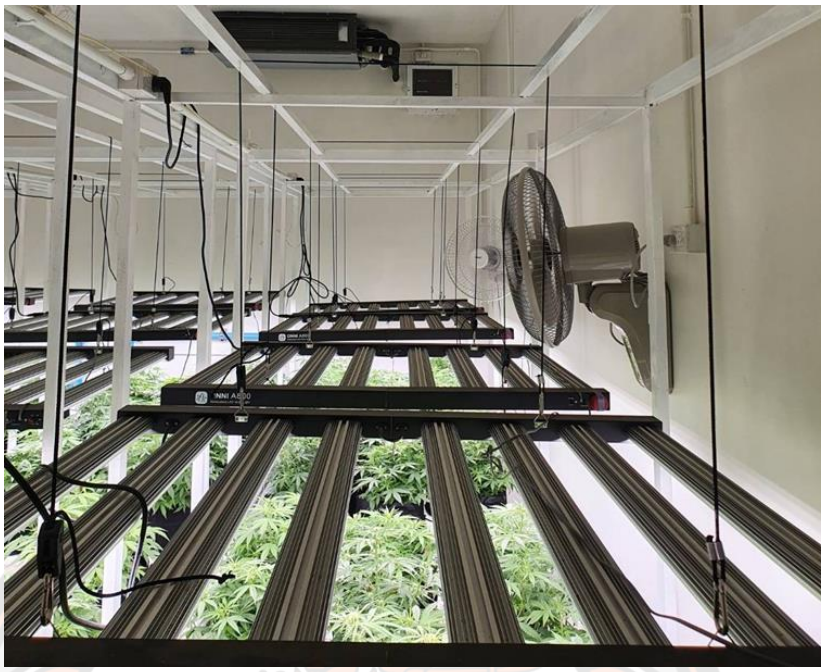

| | น้ำหนักสด (กิโลกรัม) | | | | | | น้ำหนักแห้ง (กิโลกรัม) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ต้นที่ | ระบบเรือนกระจก | | | ระบบปลูกพืชอัจฉริยะ | | | ระบบเรือนกระจก | | | ระบบปลูกพืชอัจฉริยะ | | |
| | แปลงที่ 1 | แปลงที่ 2 | แปลงที่ 3 | แปลงที่ 1 | แปลงที่ 2 | แปลงที่ 3 | แปลงที่ 1 | แปลงที่ 2 | แปลงที่ 3 | แปลงที่ 1 | แปลงที่ 2 | แปลงที่ 3 |
| 1 | 0.50 | 0.98 | 0.67 | 1.04 | 1.02 | 1.32 | 0.28 | 0.27 | 0.29 | 0.35 | 0.45 | 0.40 |
| 2 | 0.78 | 0.63 | 0.61 | 1.03 | 0.99 | 1.32 | 0.42 | 0.18 | 0.15 | 0.33 | 0.42 | 0.36 |
| 3 | 0.66 | 0.96 | 0.95 | 1.02 | 1.04 | 1.18 | 0.25 | 0.27 | 0.52 | 0.35 | 0.35 | 0.45 |
| 4 | 0.59 | 0.82 | 1.01 | 1.51 | 1.04 | 1.11 | 0.17 | 0.23 | 0.5 | 0.49 | 0.39 | 0.47 |
| 5 | 0.71 | 0.77 | 0.48 | 1.12 | 1.33 | 1.08 | 0.2 | 0.30 | 0.14 | 0.48 | 0.56 | 0.41 |
| 6 | 0.90 | 0.84 | 0.75 | 1.07 | 1.10 | 1.04 | 0.24 | 0.37 | 0.22 | 0.38 | 0.44 | 0.39 |
| 7 | 0.90 | 0.69 | 1.03 | 0.98 | 1.12 | 1.03 | 0.25 | 0.20 | 0.53 | 0.38 | 0.46 | 0.35 |
| 8 | 0.68 | 0.87 | 0.73 | 0.99 | 1.00 | 1.09 | 0.37 | 0.28 | 0.21 | 0.33 | 0.40 | 0.44 |
| 9 | 0.24 | 0.81 | 0.75 | 1.07 | 1.27 | 1.13 | 0.15 | 0.27 | 0.51 | 0.40 | 0.44 | 0.42 |
| 10 | 0.85 | 0.80 | 0.68 | 1.04 | 1.26 | 1.02 | 0.41 | 0.24 | 0.20 | 0.44 | 0.37 | 0.45 |

**ภาพ 12 ผลการทำงานของระบบปลูกพืชในเรือนกระจก**

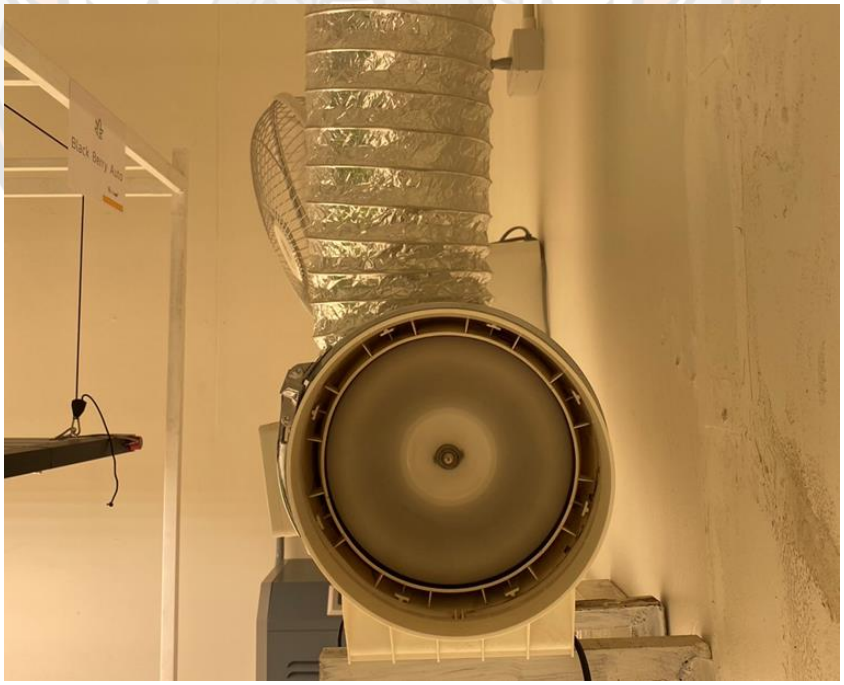
**ภาพ 13 ลักษณะการเปิดไฟปลูกกัญชง ONNI**



**ภาพ 14 ลักษณะของถาดรองปลูก**



**ภาพ 15 พัดลมผนัง**



**ภาพ 16 พัดลมดูดอากาศ**

ภาพ 17 ลักษณะของ Dehumidifier

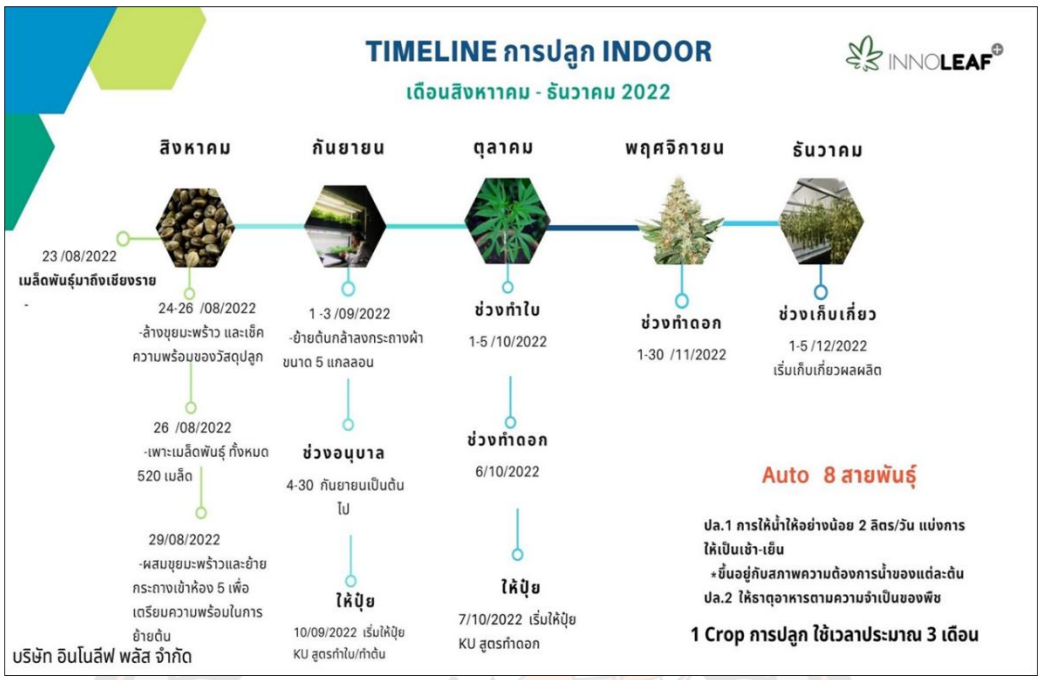
ภาพ 18 ลักษณะของ Dehumidifier

**ภาพ 19 ลักษณะของห้องจ่ายปุ๋ย**

**ภาพ 20 ลักษณะของระบบจ่ายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์**

**ภาพ 21 ลักษณะของตู้ควบคุมระบบจ่ายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์**

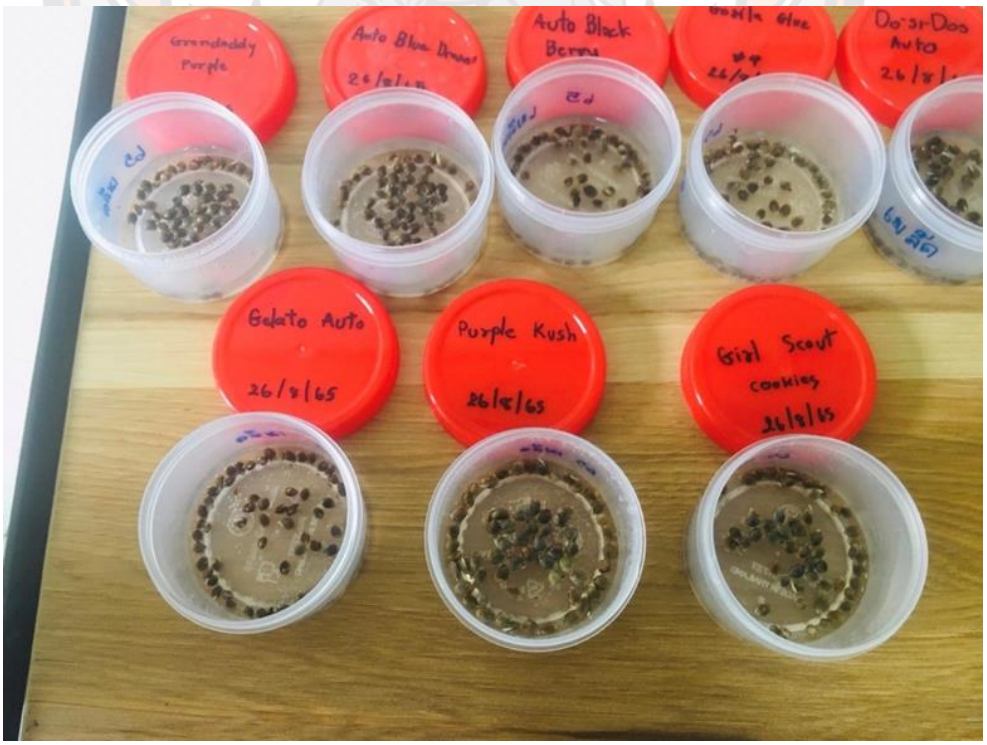
**ภาพ 22 ลักษณะของตู้ควบคุมระบบภายใน Indoor**




**ภาพ 23 แผนการดำเนินงานการปลูกในโรงปลูก Indoor**

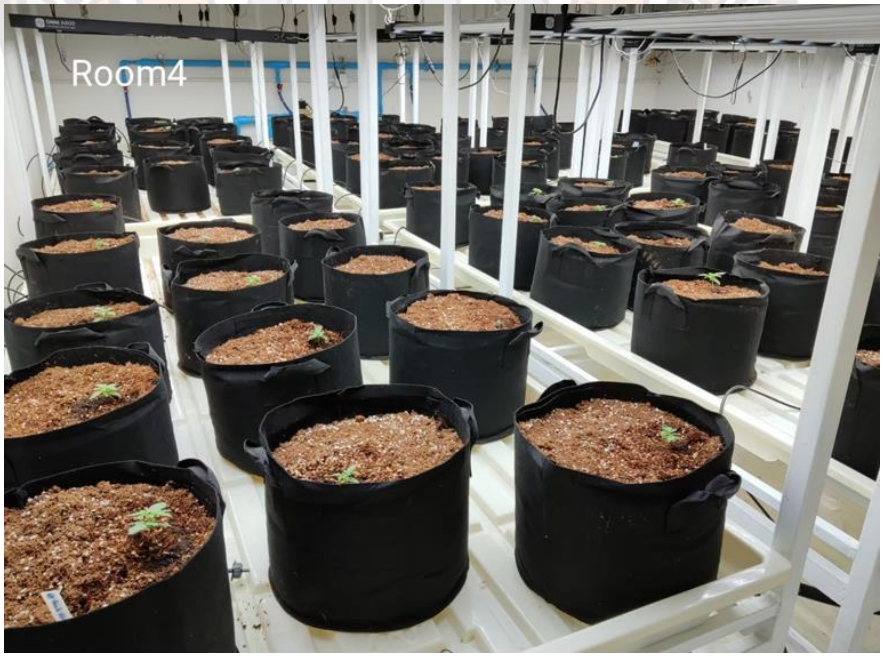
**ภาพ 24 ลักษณะของการผสมดินปลูกในการเพาะเมล็ด**

ภาพ 25 ลักษณะของการลงดินใส่วัสดุปลูก




ภาพ 26 ลักษณะของการงอกของเมล็ด

**ภาพ 27 ลักษณะของการงอกของต้นอ่อนระยะที่ 1**




**ภาพ 28 ลักษณะของการย้ายต้นอ่อนลงกระถางผ้า 5 แกลอน**

ภาพ 29 ลักษณะของต้นอ่อนอายุ 2 สัปดาห์

ภาพ 30 ลักษณะของต้นไม้อายุ 3 สัปดาห์

**ภาพ 31 ลักษณะของต้นไม้อยู่ในช่วงทำใบ**

**ภาพ 32 ลักษณะของการตัดแต่งกิ่งต้นไม้**

**ภาพ 33 ลักษณะของต้นไม้ที่ถูกการตัดแต่งกิ่ง**

**ภาพ 34 ลักษณะของต้นกัญชงอยู่ในช่วงทำดอก**

ภาพ 35 ลักษณะของดอกกัญชงเมื่อเริ่มขึ้นช่อและเริ่มเห็นไตรโครม

ภาพ 36 ลักษณะของการเก็บเกี่ยวผลผลิต

**ภาพ 37 ลักษณะของล้างดอกด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์**

**ภาพ 38 ลักษณะของทริมดอกสดด้วยหม้อทริมดอก**

**ภาพ 39 ลักษณะของดอกที่ทริมเสร็จ**

**ภาพ 40 ลักษณะของการทริมดอกแห้งโดยใช้หม้อทริมดอก**

ภาพ 41 ลักษณะของชั่งน้ำหนักดอกแห้งหลังทริมดอกเสร็จ

ภาพ 42 ลักษณะของระบบจ่ายปุ๋ย Outdoor

**ภาพ 43 ลักษณะของตู้คอนโทรลระบบภายใน Greenhouse**

**ภาพ 44 ลักษณะของโรงเรือนแบบ Greenhouse**

**ภาพ 45 ลักษณะของพื้นที่ภายในโรงเรือนปลูกแบบ Greenhouse**

**ภาพ 46 ลักษณะของการเจริญเติบโตของต้นไม้ในสัปดาห์ที่ 2 ของการปลูก**