รายงานโครงการวิจัย

วิจัยพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะควบคุมสภาวะอากาศอัตโนมัติ สำหรับการผลิตไม้ผลเมืองหนาวนอกฤดู

Research and Development on Automatic Control System of a Smart Greenhouse for Winter Horticulture Off Season

กรมวิชาการเกษตร

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

ขนิษฐ์ หว่านณรงค์

KHANIT WANNARONK

ปี พ.ศ. 2564

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะควบคุมสภาวะอากาศอัตโนมัติ สำหรับการผลิตไม้ผลเมืองหนาวนอกฤดู

Research and Development on Automatic Control System of a Smart Greenhouse for Winter Horticulture Off Season

กรมวิชาการเกษตร

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

ขนิษฐ์ หว่านณรงค์

KHANIT WANNARONK

ปี พ.ศ. 2564

คำปรารภ

โครงการวิจัยและพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะควบคุมสภาวะอากาศอัตโนมัติสำหรับการผลิตไม้ผลเมืองหนาวนอกฤดู ดำเนินงานในปีงบประมาณ 2563-2564 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีอัจฉริยะสำหรับควบคุมสภาวะอากาศที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไม้ผลเมืองหนาวนอกฤดู เช่น สตรอเบอรี่สายพันธุ์ต่างประเทศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และคุณภาพการผลิต ต้นแบบโรงเรือนอัจฉริยะที่ได้จากการวิจัย จะเป็นตัวอย่างให้เกษตรกรที่เข้ามาศึกษา เกิดแนวความคิดสำหรับนำไปใช้พัฒนาโรงเรือนเพาะปลูกของตนเองต่อไป คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยที่สำเร็จลุล่วงจะมีผู้นำไปใช้ประโยชน์ และมีความยินดีที่จะเผยแพร่องค์ความรู้ที่ได้จากโครงการวิจัยนี้ให้แก่ผู้สนใจ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่คณะผู้วิจัยตั้งเป้าหมายไว้

(นางสาวขนิษฐ์ หว่านณรงค์)

หัวหน้าโครงการวิจัยและพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะควบคุมสภาวะ

อากาศอัตโนมัติสำหรับการผลิตไม้ผลเมืองหนาวนอกฤดู

31 มกราคม 2565

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	5
ผู้วิจัย	6
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	7
บทนำ.....	8
บทคัดย่อ.....	10
วิจัยพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะควบคุมสภาวะอากาศอัตโนมัติ สำหรับการผลิตไม้ผลเมืองหนาวนอกฤดู	12
บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	40
บรรณานุกรม.....	41
ภาคผนวก	42

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้เริ่มดำเนินการจนบรรลุวัตถุประสงค์ได้โดยได้รับการสนับสนุนจาก ข้าราชการ ลูกจ้างประจำ และพนักงานราชการ ของกลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม และได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีกับศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ที่ได้ร่วมทดสอบการปลูกสตรอเบอรี่สายพันธุ์ต่างประเทศ ในโรงเรือนอัจฉริยะต้นแบบ นอกจากนี้ยังมีผู้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนในด้านต่างๆ แต่มิได้เอ่ยนามไว้ ซึ่งล้วนแต่มีส่วนส่งเสริมให้โครงการวิจัยนี้ดำเนินงานจนเป็นผลสำเร็จ ซึ่งคณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

หัวหน้ากิจกรรมที่ 1 นางสาวขนิษฐ์ หว่านณรงค์ สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

ที่ปรึกษา นายอัคคพล เสนาณรงค์ สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

ผู้ร่วมงาน

1. นายสนอง อมฤกษ์ สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
2. นายพงษ์รวี นามวงษ์ สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
3. นายมานพ รักญาติ สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
4. นายมานพ คันธามารัตน์ สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
5. นายธนพงศ์ แสนจุ้ม สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
6. นายอุทัย ธานี สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
7. นายอาธร พรบุญ สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
8. นายสุพัฒธณกิจ โพธิ์สว่าง สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่
9. นายอนุภพ เผือกผ่อง สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่

กรมวิชาการเกษตร

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

A	=	ผลผลิต, กิโลกรัม/ปี
D	=	ค่าเสื่อมราคา
I	=	ดอกเบี้ยในการลงทุนแต่ละปี
i	=	อัตราดอกเบี้ย, เปอร์เซ็นต์
L	=	อายุการใช้งาน, ปี
P	=	ราคาซื้อของโรงเรือนอัจฉริยะ, บาท
S	=	ราคาซากของโรงเรือนอัจฉริยะ, บาท

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

ประเทศไทยแม้จะเป็นประเทศเขตร้อน แต่มีสภาพภูมิอากาศที่หลากหลาย จึงมีการปลูกพืชเศรษฐกิจที่หลากหลาย รวมถึงพืชเมืองหนาวซึ่งมีการปลูกเฉพาะถิ่น โดยเฉพาะบนภูเขาสูงในภาคเหนือตอนบนซึ่งมีอากาศเย็น แต่มีข้อจำกัดคือพื้นที่ซึ่งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เหมาะสมมีน้อย ทำให้พืชเมืองหนาวโดยเฉพาะตระกูลเบอร์รี อย่างเช่น แบลคเบอร์รี ราสเบอร์รี บลูเบอร์รี สตรอเบอรี่ แครนเบอรี่ และไม้ดอกเมืองหนาว หายากและมีราคาแพง การศึกษาวิจัยที่จะนำไปสู่ความสำเร็จ ได้อย่างเห็นผลลัพธ์ได้เร็วที่สุดคือการใช้สตรอเบอรี่เป็นกรณีศึกษา เนื่องจากมีการขยายพื้นที่ปลูกอย่างรวดเร็วตั้งแต่ ปี 2535 จากการขยายตัวของตลาดทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยเฉพาะในด้านการนำมาแปรรูป พื้นที่การผลิตส่วนใหญ่จะในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงรายเพราะมีอากาศเย็น รวมพื้นที่การผลิตทั้งประเทศประมาณ 2,600-3,000 ไร่ต่อปี ได้ผลผลิตประมาณ 6,000-7,000 ตันต่อปี (ณรงค์ชัย, 2561)

ปัจจุบันระบบการปลูกสตรอเบอรี่ของประเทศไทย ต้นไหลจะถูกบังคับให้เกิดการพัฒนาของตาดอก และเพื่อความแข็งแรงก่อนปลูก โดยการปล่อยให้ได้รับอุณหภูมิเย็นในเวลากลางคืนบนที่สูง ซึ่งจะทำให้ออกดอกได้เร็วกว่าต้นไหลที่ผลิตบนพื้นราบ โดยในเดือนเมษายนต้นไหลทั้งหมดที่ออกมา จะถูกปลูกลงในถุงพลาสติกเล็กที่บรรจุดินแล้ว และปล่อยให้เจริญเติบโตในแปลงจนกระทั่งเดือนมิถุนายน จึงขนไปปลูกบนที่สูง ประมาณ 1,200-1,400 เมตร เพื่อผลิตต้นไหลต่อไป ซึ่งจะตรงกับช่วงฤดูฝน (มิถุนายน-ตุลาคม) หลังจากที่ปล่อยให้ต้นไหลที่เจริญอยู่ในถุงพลาสติก และได้รับความหนาวเย็นเพียงพอแล้ว จะนำลงไปปลูกในแปลงที่พื้นราบไม่เกินเดือนตุลาคม เพราะถ้าหากปลูกช้าเกินไปจะทำให้ผลผลิตออกช้าตามไปด้วย ต้นไหลที่ผลิตจากบนที่สูงนี้จะสามารถตั้งตัวและออกดอกได้เร็วกว่าประมาณเดือนธันวาคม และสามารถเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่เดือนธันวาคม-เดือนมีนาคม ในพื้นที่ปลูกของจังหวัดเชียงใหม่ ส่วนจังหวัดเชียงรายซึ่งมีสภาพอากาศที่เย็นกว่าจะเก็บเกี่ยวต่อไปได้จนถึงเดือนเมษายน เมื่อถึงฤดูกาลเก็บเกี่ยวซึ่งเป็นช่วงที่อุณหภูมิสูงขึ้น ต้นไหลที่เจริญออกมาจะถูกบังคับให้เจริญในถุงพลาสติกขนาดเล็กใส่ดินเหมือนที่กล่าวมาข้างต้น และเตรียมไว้เป็นต้นแม่สำหรับการขนขึ้นไปขยายต้นไหลบนที่สูงต่อไปเป็นวงจรทุกปี

การผลิตสตรอเบอรี่ยังประสบปัญหาโรคแมลง และการออกผลผลิตที่สั้น ไหลมีโรค การใช้สารเคมีที่มาก รวมทั้งปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ (Climate Change) ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลง เช่น ในพื้นที่ที่เคยกระตุ้นตาดอกได้อย่างดอยอ่างขาง จ.เชียงราย เดิมสามารถเกิดการกระตุ้นตาดอก ในเดือนสิงหาคมเป็นต้นไปจนถึงกุมภาพันธ์ กลับลดลงเหลือเพียงเดือนตุลาคมถึงมกราคม และในบางพื้นที่ที่เคยเกิดการกระตุ้นตาดอกในพื้นที่ได้เอง กลับไม่สามารถทำได้ ต้องไปซื้อไหลสตรอเบอรี่จากพื้นที่อื่น ซึ่งมีราคาแพง และอาจมีโรคแฝงมารวมทั้งจำนวนไม่พียงพอ โดยในปัจจุบันมีความต้องการต้นไหลมากกวา 25-30 ล้านต้นต่อป และเกษตรกรส่วนใหญ่ต้องการไหลที่ติดตาดอกแล้วเพื่อมาปลูกในที่ราบ การผลิตต้นไหลที่ติดตาดอกทำได้ยาก เพราะการจะบังคับให้เกิดการพัฒนาของตาดอกต้องปล่อยให้ไดรับอุณหภูมิเย็นจัดในเวลากลางคืนบนที่สูง ซึ่งจะทำให้ออกดอกไดเร็วกว่าตนไหลที่ผลิตบนนพื้นราบ

ในปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมทำการปลูกพืชในโรงเรือนมากขึ้น เนื่องจากสามารถป้องกันปัญหาโรคและแมลงได้ในระดับหนึ่ง แต่ไม่สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ได้ มีเกษตรกรบางราย

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

เริ่มนำโรงเรือนแบบระเหยน้ำ (evaporative cooling greenhouse) เข้ามาช่วยในการปลูกสตรอเบอรีเพื่อแก้ปัญหาความร้อน ดังรูปที่ 2 แต่ลดอุณหภูมิได้เพียง 3 – 6 องศาเซลเซียสเท่านั้น เมื่อเทียบกับอากาศภายนอก อีกทั้งยังไม่สามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงเกินได้

คณะผู้วิจัยเห็นว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องนำองค์ความรู้ด้านวิศวกรรมและด้านการเกษตร มาใช้ในการวิจัยและพัฒนาโรงเรือนที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชเมืองหนาว เช่น สตรอเบอรี่ ให้ได้ตลอดทั้งปี โดยออกแบบเพื่อลดความร้อนสะสมและมีสภาพอากาศเหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำความเย็นให้ถึงจุดที่สตรอเบอรี่ความต้องการเพื่อให้เกิดตาดอก และสามารถออกผลผลิตนอกฤดูได้ รวมไปถึงการสร้างระบบควบคุมอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว ซึ่งสามารถพัฒนาได้เองในประเทศและมีราคาที่เหมาะสม เพื่อให้กลุ่มเกษตรกรได้เข้าถึงและใช้งานที่ง่าย สอดคล้องตามนโยบาย Thailand 4.0 ด้าน precision farming ได้

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะควบคุมสภาวะอากาศอัตโนมัติ ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไม้ผลเมืองหนาวนอกฤดู ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพการผลิต โดยออกแบบเป็นโรงเรือนปิดขนาด 4x5x2.5 เมตร (กว้างxยาวxสูง) ควบคุมด้วยสมองกลฝังตัว ซึ่งอ่านค่าจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และแสง และส่งคำสั่งไปควบคุมการเปิดเครื่องปรับอากาศอัตโนมัติ ถ้าอุณหภูมิข้างในโรงเรือนสูงกว่า 24°C (กลางวัน) หรือสูงกว่า 16°C (กลางคืน) และใช้เครื่องปรับอากาศช่วยลดความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือน โดยให้ทำงานเมื่ออุณหภูมิข้างในโรงเรือนสูงกว่า 14°C และความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 80% ควบคุมเครื่องทำความชื้นให้เปิดอัตโนมัติถ้าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 60% และควบคุมให้ปิดม่านพรางแสงอัตโนมัติ เมื่อความเข้มแสงอาทิตย์ภายนอกโรงเรือนสูงกว่า 30,000 lux เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนเข้ามาสะสมใต้หลังคา จากการทดสอบปลูกสตรอเบอรี่สายพันธุ์ญี่ปุ่นในโรงเรือนต้นแบบ ระหว่าง ก.พ. – ก.ค. 64 ที่ พบว่าภายใต้การควบคุมสภาวะอากาศอัตโนมัติภายในโรงเรือน โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 21.6 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 68 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตดี และเมื่ออายุ 70 วันหลังปลูก มีการเจริญเติบโตด้านการแตกยอด การออกดอก และการติดผล สูงที่สุด โดยผลผลิตทั้งหมดตั้งแต่เดือน มี.ค.- ส.ค. 64 รวม 6,619 กรัม น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยต่อต้น 33.09 กรัม มีจำนวนผลต่อต้นเฉลี่ย 5.13 ผล/ต้น น้ำหนักผลเฉลี่ย 6.46 กรัม/ผล และความหวานเฉลี่ย 11.4 ^{0}Brix

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

The objective of this research was to develop the automatic control system of a smart greenhouse for winter horticulture off season in order to improve efficiency and production quality. The greenhouse is closed system with dimensions of 4x5x2.5 m (WxLxH). The embedded control systems were programed to operate the air conditioners when the temperature inside greenhouse is higher than 24°C (day time) or higher than 16°C (night time). They will also work when the temperature inside greenhouse is higher than 14°C and the relative humidity inside the greenhouse is higher than 80% in order to reduce the humidity inside the greenhouse. The humidifier will be operated if the relative humidity is lower than 60%. The automatic shading system will be operated if the light intensity outside greenhouse is higher than 30,000 lux to prevent heat from accumulating under the roof. Test of growing Japanese strawberries in the greenhouse was carried out between February – July 2021 under the embedded control systems of ambient air. It was found that average temperature inside the greenhouse of 21.6 degrees Celsius and average relative humidity of 68%. The plants at the age of 70 days after planting showed the most number of buds flowers and fruits. The plants began to produce fruit in March to August 2010 giving total yield of 6,619 g, or 33.09 g per plant, number of fruits per plant was 5.13 fruits with average weight was 6.46 g per fruit and average sweetness was 11.4 0Brix.

กรมวิชาการเกษตร

กิจกรรมที่ 1

วิจัยพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะควบคุมสภาวะอากาศอัตโนมัติ สำหรับการผลิตไม้ผลเมืองหนาวนอกฤดู

Research and Development on Automatic Control System of a Smart Greenhouse for Winter Horticulture Off Season

ขนิษฐ์ หว่านณรงค์ | อัคคพล เสนาณรงค์ | สนอง อมฤกษ์

Khanit Wannaronk | Akkapol Senanarong | Sanong Amalerk

พงษ์รวี นามวงษ์ | มานพ รักญาติ | มานพ คันธามารัตน์

Pongrawee Namwong | Manop Rakyat | Manop Kanthamarat

ธนพงศ์ แสนจุ้ม | อุทัย ธานี | อาธร พรบุญ

Thanapong Sanchum | Uthai Thanee | Artonn Pornboon

สุพัฒธณกิจ โพธิ์สว่าง | อนุภพ เผือกผ่อง

Supattanakit Potesawang | Anuphop Pheakphong

คำสำคัญ: โรงเรือนอัจฉริยะ; ควบคุมอัตโนมัติ; สภาวะอากาศ; ไม้ผลเมืองหนาวนอกฤดู

Keywords: Smart Greenhouse; Automatic control system; Ambient air; Winter horticulture off season

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะควบคุมสภาวะอากาศอัตโนมัติ ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไม้ผลเมืองหนาวนอกฤดู ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพการผลิต โดยออกแบบเป็นโรงเรือนปิดขนาด 4x5x2.5 เมตร (กว้างxยาวxสูง) ควบคุมด้วยสมองกลฝังตัว ซึ่งอ่านค่าจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และแสง และส่งคำสั่งไปควบคุมการเปิดเครื่องปรับอากาศอัตโนมัติ ถ้าอุณหภูมิข้างในโรงเรือนสูงกว่า 24°C (กลางวัน) หรือสูงกว่า 16°C (กลางคืน) และใช้เครื่องปรับอากาศช่วยลดความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือน โดยให้ทำงานเมื่ออุณหภูมิข้างในโรงเรือนสูงกว่า 14°C และความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 80% ควบคุมเครื่องทำความชื้นให้เปิดอัตโนมัติถ้าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 60% และควบคุมให้ปิดม่านพรางแสงอัตโนมัติ เมื่อความเข้มแสงอาทิตย์ภายนอกโรงเรือนสูงกว่า 30,000 lux เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนเข้ามาสะสมใต้หลังคา จากการทดสอบปลูกสตรอเบอรี่สายพันธุ์ญี่ปุ่นในโรงเรือนต้นแบบ ระหว่าง ก.พ. – ก.ค. 64 ที่ พบว่าภายใต้การควบคุมสภาวะอากาศอัตโนมัติภายในโรงเรือน โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 21.6 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 68 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตดี และเมื่ออายุ 70 วันหลังปลูก มีการเจริญเติบโตด้านการแตกยอด การออกดอก และการติดผล สูงที่สุด โดยผลผลิตทั้งหมดตั้งแต่เดือน มี.ค.- ส.ค. 64 รวม 6,619 กรัม น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยต่อต้น 33.09 กรัม มีจำนวนผลต่อต้นเฉลี่ย 5.13 ผล/ต้น น้ำหนักผลเฉลี่ย 6.46 กรัม/ผล และความหวานเฉลี่ย 11.4 ^{0}Brix

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

The objective of this research was to develop the automatic control system of a smart greenhouse for winter horticulture off season in order to improve efficiency and production quality. The greenhouse is closed system with dimensions of 4x5x2.5 m (WxLxH). The embedded control systems were programed to operate the air conditioners when the temperature inside greenhouse is higher than 24°C (day time) or higher than 16°C (night time). They will also work when the temperature inside greenhouse is higher than 14°C and the relative humidity inside the greenhouse is higher than 80% in order to reduce the humidity inside the greenhouse. The humidifier will be operated if the relative humidity is lower than 60%. The automatic shading system will be operated if the light intensity outside greenhouse is higher than 30,000 lux to prevent heat from accumulating under the roof. Test of growing Japanese strawberries in the greenhouse was carried out between February – July 2021 under the embedded control systems of ambient air. It was found that average temperature inside the greenhouse of 21.6 degrees Celsius and average relative humidity of 68%. The plants at the age of 70 days after planting showed the most number of buds flowers and fruits. The plants began to produce fruit in March to August 2010 giving total yield of 6,619 g, or 33.09 g per plant, number of fruits per plant was 5.13 fruits with average weight was 6.46 g per fruit and average sweetness was 11.4 0Brix.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

ประเทศไทยแม้จะเป็นประเทศเขตร้อน แต่มีสภาพภูมิอากาศที่หลากหลาย จึงมีการปลูกพืชเศรษฐกิจที่หลากหลาย รวมถึงพืชเมืองหนาวซึ่งมีการปลูกเฉพาะถิ่น โดยเฉพาะบนภูเขาสูงในภาคเหนือตอนบนซึ่งมีอากาศเย็น แต่มีข้อจำกัดคือพื้นที่ซึ่งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เหมาะสมมีน้อย ทำให้พืชเมืองหนาวโดยเฉพาะตระกูลเบอร์รี อย่างเช่น แบลคเบอร์รี ราสเบอร์รี บลูเบอร์รี สตรอเบอรี่ แครนเบอรี่ และไม้ดอกเมืองหนาว หายากและมีราคาแพง การศึกษาวิจัยที่จะนำไปสู่ความสำเร็จ ได้อย่างเห็นผลลัพธ์ได้เร็วที่สุดคือการใช้สตรอเบอรี่เป็นกรณีศึกษา เนื่องจากมีการขยายพื้นที่ปลูกอย่างรวดเร็วตั้งแต่ ปี 2535 จากการขยายตัวของตลาดทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยเฉพาะในด้านการนำมาแปรรูป พื้นที่การผลิตส่วนใหญ่จะในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงรายเพราะมีอากาศเย็น รวมพื้นที่การผลิตทั้งประเทศประมาณ 2,600-3,000 ไร่ต่อปี ได้ผลผลิตประมาณ 6,000-7,000 ตันต่อปี (ณรงค์ชัย, 2561)

ปัจจุบันระบบการปลูกสตรอเบอรี่ของประเทศไทย ต้นไหลจะถูกบังคับให้เกิดการพัฒนาของตาดอก และเพื่อความแข็งแรงก่อนปลูก โดยการปล่อยให้ได้รับอุณหภูมิเย็นในเวลากลางคืนบนที่สูง ซึ่งจะทำให้ออกดอกได้เร็วกว่าต้นไหลที่ผลิตบนพื้นราบ โดยในเดือนเมษายนต้นไหลทั้งหมดที่ออกมา จะถูกปลูกลงในถุงพลาสติกเล็กที่บรรจุดินแล้ว และปล่อยให้เจริญเติบโตในแปลงจนกระทั่งเดือนมิถุนายน จึงขนไปปลูกบนที่สูง ประมาณ 1,200-1,400 เมตร เพื่อผลิตต้นไหลต่อไป ซึ่งจะตรงกับช่วงฤดูฝน (มิถุนายน-ตุลาคม) หลังจากที่ปล่อยให้ต้นไหลที่เจริญอยู่ในถุงพลาสติก และได้รับความหนาวเย็นเพียงพอแล้ว จะนำลงไปปลูกในแปลงที่พื้นราบไม่เกินเดือนตุลาคม เพราะถ้าหากปลูกช้าเกินไปจะทำให้ผลผลิตออกช้าตามไปด้วย ต้นไหลที่ผลิตจากบนที่สูงนี้จะสามารถตั้งตัวและออกดอกได้เร็วกว่าประมาณเดือนธันวาคม และสามารถเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่เดือนธันวาคม-เดือนมีนาคม ในพื้นที่ปลูกของจังหวัดเชียงใหม่ ส่วนจังหวัดเชียงรายซึ่งมีสภาพอากาศที่เย็นกว่าจะเก็บเกี่ยวต่อไปได้จนถึงเดือนเมษายน เมื่อถึงฤดูกาลเก็บเกี่ยวซึ่งเป็นช่วงที่อุณหภูมิสูงขึ้น ต้นไหลที่เจริญออกมาจะถูกบังคับให้เจริญในถุงพลาสติกขนาดเล็กใส่ดินเหมือนที่กล่าวมาข้างต้น และเตรียมไว้เป็นต้นแม่สำหรับการขนขึ้นไปขยายต้นไหลบนที่สูงต่อไปเป็นวงจรทุกปี

การผลิตสตรอเบอร์รี่ยังประสบปัญหาโรคแมลง และการออกผลผลิตที่สั้น ไหลมีโรค การใช้สารเคมีที่มาก รวมทั้งปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ (Climate Change) ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลง เช่น ในพื้นที่ที่เคยกระตุ้นตาดอกได้อย่างดอยอ่างขาง จ.เชียงราย เดิมสามารถเกิดการกระตุ้นตาดอก ในเดือนสิงหาคมเป็นต้นไปจนถึงกุมภาพันธ์ กลับลดลงเหลือเพียงเดือนตุลาคมถึงมกราคม และในบางพื้นที่ที่เคยเกิดการกระตุ้นตาดอกในพื้นที่ได้เอง กลับไม่สามารถทำได้ ต้องไปซื้อไหลสตรอเบอรี่จากพื้นที่อื่น ซึ่งมีราคาแพง และอาจมีโรคแฝงมารวมทั้งจำนวนไม่พียงพอ โดยในปัจจุบันมีความต้องการต้นไหลมากกวา 25-30 ล้านต้นต่อป และเกษตรกรส่วนใหญ่ต้องการไหลที่ติดตาดอกแล้วเพื่อมาปลูกในที่ราบ การผลิตต้นไหลที่ติดตาดอกทำได้ยาก เพราะการจะบังคับให้เกิดการพัฒนาของตาดอกต้องปล่อยให้ไดรับอุณหภูมิเย็นจัดในเวลากลางคืนบนที่สูง ซึ่งจะทำให้ออกดอกไดเร็วกว่าตนไหลที่ผลิตบนนพื้นราบ

ในปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมทำการปลูกพืชในโรงเรือนมากขึ้น เนื่องจากสามารถป้องกันปัญหาโรคและแมลงได้ในระดับหนึ่ง แต่ไม่สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ได้ มีเกษตรกรบางราย

กองวิจัยการเกษตร

เริ่มนำโรงเรือนแบบระเหยน้ำ (evaporative cooling greenhouse) เข้ามาช่วยในการปลูกสตรอเบอรี่เพื่อแก้ปัญหาความร้อน ดังรูปที่ 2 แต่ลดอุณหภูมิได้เพียง 3 – 6 องศาเซลเซียสเท่านั้น เมื่อเทียบกับอากาศภายนอก อีกทั้งยังไม่สามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงเกินได้

คณะผู้วิจัยเห็นว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องนำองค์ความรู้ด้านวิศวกรรมและด้านการเกษตร มาใช้ในการวิจัยและพัฒนาโรงเรือนที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชเมืองหนาว เช่น สตรอเบอรี่ ให้ได้ตลอดทั้งปี โดยออกแบบเพื่อลดความร้อนสะสมและมีสภาพอากาศเหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำความเย็นให้ถึงจุดที่สตรอเบอรี่ความต้องการเพื่อให้เกิดตาดอก และสามารถออกผลผลิตนอกฤดูได้ รวมไปถึงการสร้างระบบควบคุมอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว ซึ่งสามารถพัฒนาได้เองในประเทศและมีราคาที่เหมาะสม เพื่อให้กลุ่มเกษตรกรได้เข้าถึงและใช้งานที่ง่าย สอดคล้องตามนโยบาย Thailand 4.0 ด้าน precision farming ได้

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

1) ตรวจสอบเอกสาร และสำรวจข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เก็บข้อมูลด้านอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง ในพื้นที่ที่ปลูกสตรอเบอรี่ในโรงเรือน เพื่อวางแผนการออกแบบโรงเรือน

2) ออกแบบและสร้างโรงเรือนจำลอง (Model) สำหรับการผลิตไม้ผลเมืองหนาวนอกฤดู โดยออกแบบเป็นโรงเรือนสำหรับกระตุ้นตาดอกสตรอเบอรี่ มีระบบพรางแสงเหนือโรงเรือน ระบบทำความเย็น ระบบทำความชื้น ระบบระบายอากาศ และระบบให้น้ำให้ปุ๋ย

3) ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมสำหรับสมองกลฝังตัวที่ใช้ควบคุมโรงเรือนจำลอง (Model) จนมีความเสถียร สามารถควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ได้ตามค่าที่ตั้ง

4) ออกแบบและสร้างโรงเรือนต้นแบบจริง (Prototype) ขนาด 4x5x2.5 เมตร ที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ โดยติดตั้งระบบพรางแสง ระบบทำความเย็น ระบบทำความชื้น และระบบระบายอากาศ รวมถึงติดตั้งโต๊ะปลูก และระบบให้น้ำให้ปุ๋ยแบบตั้งเวลา

5) ติดตั้งตู้ควบคุมสมองกลฝังตัว โดยใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ในโรงเรือน ระบบให้น้ำให้ปุ๋ย เช่นเดียวกับโรงเรือนจำลอง (Model)

6) ทดสอบและพัฒนาสมการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ แสง ปรับสภาวะอากาศตามที่เคยทดลองในโรงเรือนจำลอง (Model) และทำการทดสอบเลี้ยงไหลสตรอเบอรี่ในเบื้องต้น เพื่อศึกษาสมการควบคุมที่เหมาะสมสำหรับเกิดตาดอกสตรอเบอรี่

7) ทดสอบและปรับปรุงแก้ไขระบบต่างๆภายในโรงเรือน เช่น ระบบควบคุมการพรางแสง การทำความเย็น การระบายอากาศ ระบบให้น้ำพร้อมปุ๋ย ให้สามารถทำงานตามที่สมองกลสั่งงานได้ มีความเสถียร สามารถทำงานได้ในระยะยาว เพื่อลดการใช้แรงงานคนเข้าไปทำงาน รวมถึงพัฒนาระบบการปลูกที่เหมาะสมสำหรับโรงเรือนต้นแบบ

8) ทดสอบการปลูกสตรอเบอรี่ในโรงเรือนต้นแบบที่ได้ปรับสมการควบคุมที่เหมาะสมแล้ว โดยนำไหลที่ยังไม่มีตาดอกเข้าปลูกในโรงเรือน และให้ต้นสตรอเบอรี่ปรับสภาพโดยให้เฉพาะน้ำ 200 มล./กระถาง หลังจากนั้น 14 วัน จึงเริ่มให้ปุ๋ย AB ความเข้มข้น 1:50 ปริมาณ 50 มล./กระถาง ช่วงหลังออกดอกถึงเก็บเกี่ยวเปลี่ยนเป็นให้น้ำ 300 มล./กระถาง ให้ปุ๋ย AB ปริมาณ 100 มล./กระถาง เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอรี่สายพันธุ์ญี่ปุ่น โดยสุ่มจำนวน 40 ต้น เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตทุกสัปดาห์ และเก็บผลผลิตของสตรอเบอรี่

9) วิเคราะห์ข้อมูลการเจริญเติบโต และผลผลิต วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และสรุปผลการวิจัย

ระยะเวลาที่ดำเนินการ 2 ปี ปีที่เริ่มต้น ตุลาคม 2562 ปีที่สิ้นสุด กันยายน 2564

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัยและอภิปรายผล (Results and Discussion)

1. การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมสภาวะอากาศอัตโนมัติในโรงเรือนจำลอง (Model)

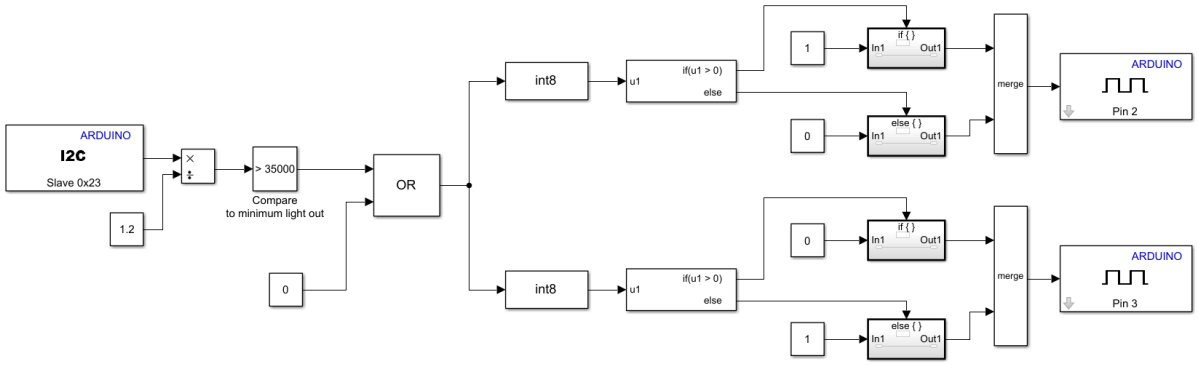
การปลูกสตรอเบอรี่เพื่อให้ออกดอกและให้ผลผลิตทั้งในและนอกฤดู จำเป็นต้องสร้างสภาวะอากาศในโรงเรือนตามที่โอพารและคณะ (2542) พบวาการควบคุมอุณหภูมิ 15-17องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 16 ชั่วโมง/วัน สามารถทำใหสตรอเบอรี่พันธุ Toyonoka และพันธุ Tioga มีตาดอกมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกในสภาพธรรมชาติในเวลาเดียวกัน จึงได้ดำเนินการสร้างโรงเรือนจำลอง (Model) สำหรับศึกษาความเป็นไปได้ของสมการควบคุมโรงเรือนที่เหมาะสมสำหรับกระตุ้นตาดอกและให้ผลผลิต โดยโรงเรือนมีขนาด 1.5x3 เมตร สูงรวม 2.5 เมตร เป็นโรงเรือนปิดบุด้วยพลาสติกใสหนา 150 ไมครอน (รูปที่ 1)

รูปที่ 1 โรงเรือนจำลองสำหรับทดสอบระบบควบคุมสภาวะอากาศอัตโนมัติ

ได้ดำเนินการติดตั้งระบบต่างๆและเขียนสวมการควบคุมลงในโปรแกรม Matlab Simulink เพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่างๆในโรงเรือน ดังนี้

- ระบบตาข่ายพรางแสงอัตโนมัติ (Automatic Shading System) ควบคุมม่านพรางแสง 50% ด้วยมอเตอร์เกียร์ไฟฟ้า (4IK25RGN-C, Taili motors Co., Ltd) และมีลิมิตสวิตซ์ (WLCA12-2, Omron) 2 ตัว เพื่อส่งสัญญาณให้มอเตอร์หยุดทำงานเมื่อพรางแสงคลุมทั้งโรงเรือนแล้ว เขียนโปรแกรมควบคุมให้ตาข่ายพรางแสง (Screen) อัตโนมัติ เมื่อเซนเซอร์แสงที่อยู่ภายนอกโรงเรือนอ่านค่าเกินกว่า 35,000 lux (รูปที่ 2)

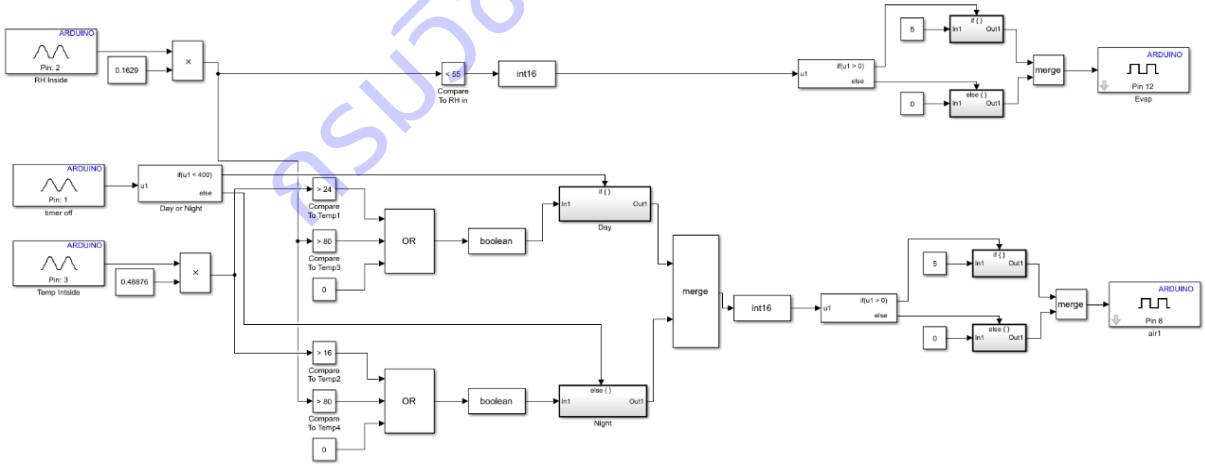
กรมวิชาการเกษตร



รูปที่ 2 โปรแกรมควบคุมระบบตาข่ายพรางแสงอัตโนมัติ

- ระบบทำความเย็น (Automatic Cooling System) ด้วยเครื่องปรับอากาศขนาด 20000 BTU ควบคุมให้เปิดเครื่องปรับอากาศ อัตโนมัติ ในเวลากลางวัน (8.00-17.00น.) ถ้าเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (AMT1001) อ่านค่าอุณหภูมิข้างในโรงเรือนสูงกว่า 24 องศาเซลเซียส หรือความชื้นสัมพัทธ์เกิน 80% และควบคุมให้เปิดเครื่องปรับอากาศอัตโนมัติ ในเวลากลางคืน (17.00-8.00น.) ถ้าอุณหภูมิข้างในโรงเรือนสูงกว่า 16 องศาเซลเซียส หรือความชื้นสัมพัทธ์เกิน 80%

- ระบบทำความชื้น (Automatic Humidifying System) แบบ Evaporative cooling system โดยมีพัดลมเป่าอากาศผ่านแผงรังผึ้งที่มีน้ำปล่อยลงมา น้ำบนแผงรังผึ้งจะระเหยและดึงความร้อนออกจากอากาศทำให้ลมที่เป่าออกมามีความเย็นและชื้นสม่ำเสมอ ควบคุมให้เปิดเครื่องทำความชื้นอัตโนมัติ ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 55% รูปที่ 3 แสดงโปรแกรมควบคุมระบบทำความเย็นและความชื้นอัตโนมัติ



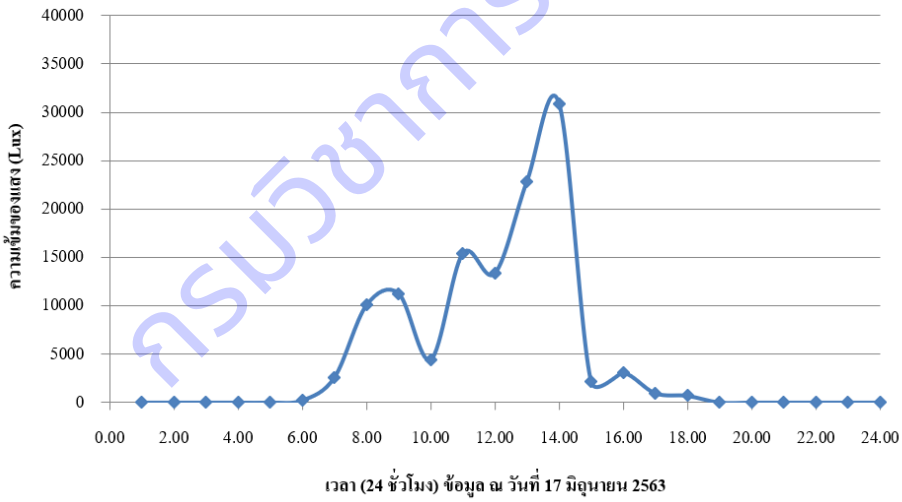
รูปที่ 3 โปรแกรมควบคุมระบบทำความเย็นและความชื้นอัตโนมัติ

- ระบบระบายอากาศ (Automatic Ventilation System) ประกอบด้วยพัดลมดูดอากาศเข้า และ พัดระบายอากาศออกขนาด 8 นิ้ว ควบคุมด้วย timer (KG316T-II, ManHUa Co., Ltd) ให้เปิดระบบระบายอากาศเพื่อให้อากาศใหม่เข้ามาเป็นการเพิ่มออกซิเจนในเวลากลางวัน (7.00-18.00น.) เป็นเวลา 5 นาที ในทุกๆ 85 นาที เพื่อหมุนเวียนอากาศใหม่เข้ามาในโรงเรือน

ศูนย์วิทยทรัพยากร

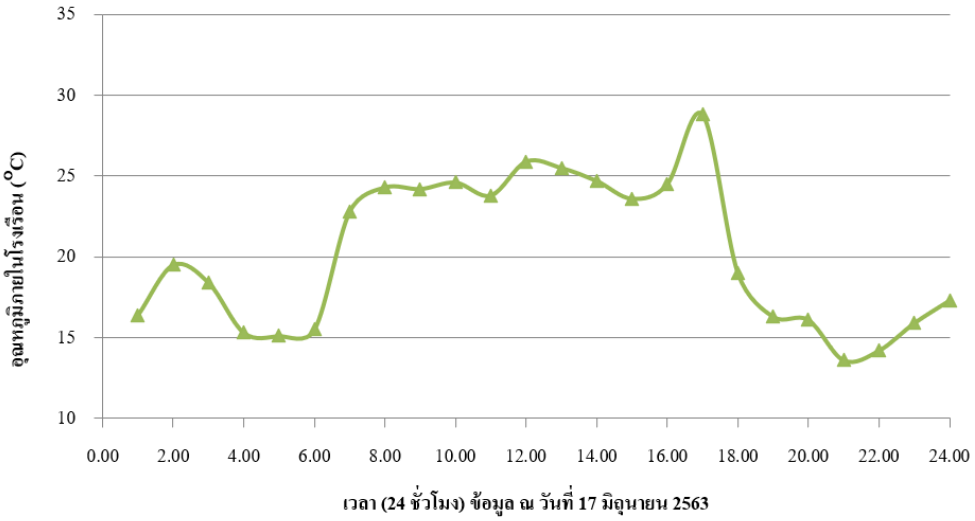
- ระบบให้น้ำและปุ๋ย ติดตั้งระบบให้น้ำและสารละลายปุ๋ยควบคุมด้วย Timer (KG316T-II, ManHUa Co., Ltd) ให้น้ำวันละ 9 ครั้ง ทุกชั่วโมง 4

จากทดสอบระบบควบคุมภายในโรงเรือนเบื้องต้น พบว่าสามารถควบคุมแสง อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนได้ตามที่ตั้งไว้ โดยระบบพรางแสงทำงานอัตโนมัติเมื่อความเข้มแสงภายนอกโรงเรือนสูงกว่า 35,000 Lux เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนเข้ามาสะสมใต้หลังคา รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างข้อมูลความเข้มแสงภายในโรงเรือน ระบบปรับอากาศสามารถควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ 25° C ในช่วงเวลากลางวัน (8.00-17.00) และรักษาระดับอุณหภูมิอยู่ที่ 16 ° C ในช่วงเวลากลางคืน (17.00-8.00น.) รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างข้อมูลอุณหภูมิภายในโรงเรือน ระบบทำความชื้นสามารถรักษาความชื้นสัมพัทธ์ตลอดทั้งวันไม่ให้ต่ำกว่า 55% จากรูปที่ 6 จะเห็นว่ามีความชื้นสัมพัทธ์สูงอย่างรวดเร็วในตอนเย็นเนื่องจากมีฝนตก ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนค่อนข้างสูงเกิน 80% แต่ระบบปรับอากาศช่วยดึงความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนลดลงมาค่อนข้างเร็ว โดยดึงความชื้นสัมพัทธ์จาก 81.5% ให้เหลือ 65% ภายในครึ่งชั่วโมง ซึ่งจะช่วยให้ลดโอกาสการเกิดราในสตรอเบอรี่ ทั้งนี้ได้ทดสอบการปลูกต้นสตรอเบอรี่ต้นแม่ในโรงเรือนพบว่าสามารถเจริญเติบโตได้ดี และไหลที่ออกจากต้นแม่สามารถกระตุ้นให้ติดตาดอก และติดผลได้ดังแสดงรูปที่ 7

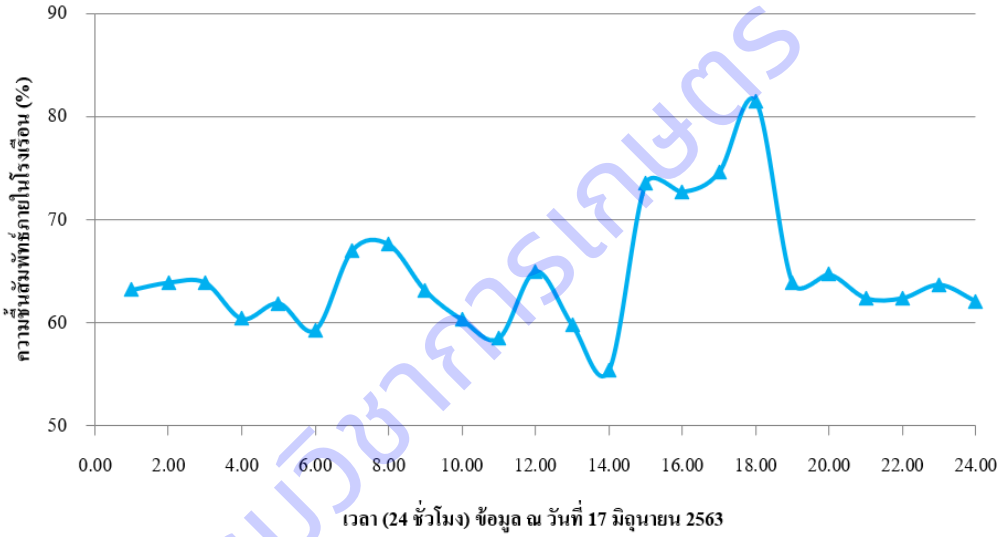


รูปที่ 4 ตัวอย่างข้อมูลความเข้มแสงภายในโรงเรือน

กรมวิชาการเกษตร



รูปที่ 5 ตัวอย่างข้อมูลอุณหภูมิภายในโรงเรือน



รูปที่ 6 ตัวอย่างข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน

กรมวิชาการเกษตร

รูปที่ 7 ต้นไหลสตรอเบอรี่ที่ติดตาดอกและออกผล

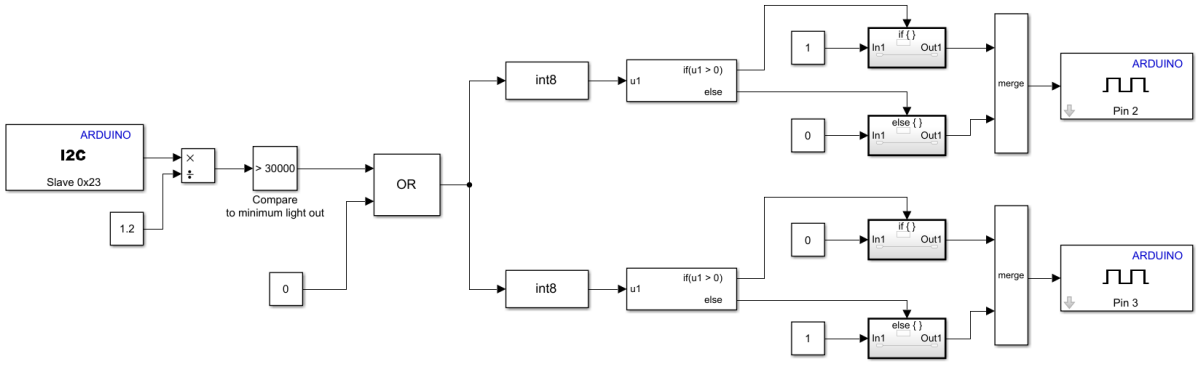
2. การออกแบบและพัฒนาโรงเรือนควบคุมสภาวะอากาศอัตโนมัติต้นแบบ (Prototype)

จากการทดสอบระบบควบคุมโรงเรือนในโรงเรือนโมเดล จนสามารถสร้างสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเกิดตาดอกได้แล้ว จึงขยายขนาดโรงเรือนต้นแบบเป็นขนาด 4 x 5 เมตร สูงรวม 2.5 เมตร ที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ต. แม่เหี๊ยะ อ. เมืองเชียงใหม่ (รูปที่ 8)

รูปที่ 8 โรงเรือนกระตุ้นตาดอกดำเนินการก่อสร้างที่ ศวศ.เชียงใหม่

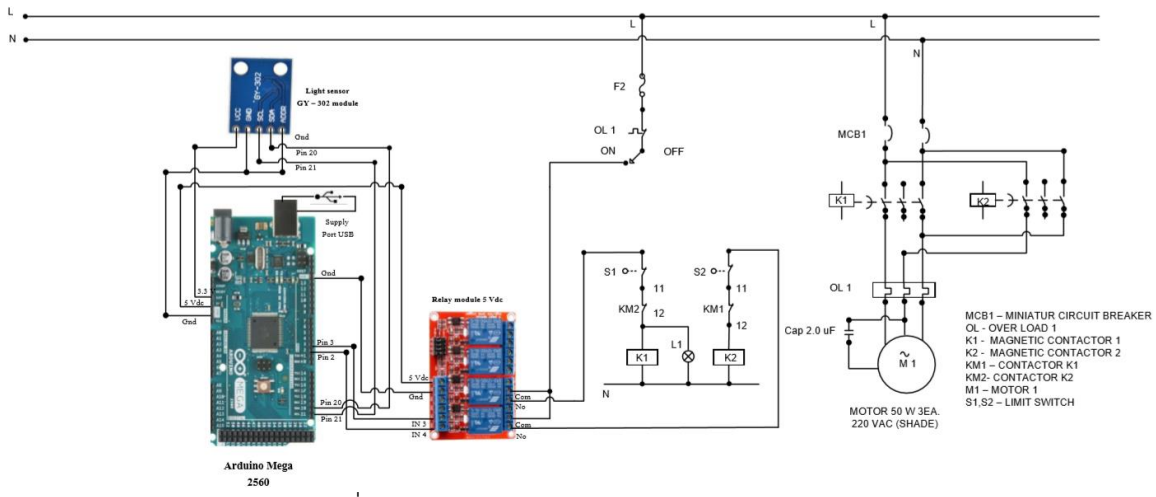
ติดตั้งระบบต่างๆและสมองกลควบคุมภายในโรงเรือนเช่นเดียวกับโรงเรือนโมเดล (Model) อย่างไรก็ตามได้ปรับโปรแกรมให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม และมีความประหยัดไฟมากขึ้น ดังนี้

- ระบบตาข่ายพรางแสงอัตโนมัติ (Automatic Shading System) ควบคุมม่านพรางแสง 50% ด้วยมอเตอร์เกียร์ไฟฟ้า (4IK25RGN-C, Taili motors Co., Ltd) และมีลิมิตสวิตซ์ (WLCA12-2, Omron) 2 ตัว เพื่อส่งสัญญาณให้มอเตอร์หยุดทำงานเมื่อพรางแสงคลุมทั้งโรงเรือนแล้ว เขียนโปรแกรมควบคุมให้ตาข่ายพรางแสง (Screen) อัตโนมัติ เมื่อเซนเซอร์แสงที่อยู่ภายนอกโรงเรือนอ่านค่าเกินกว่า 30,000 lux (รูปที่ 9) รูปที่ 10 แสดงการต่อวงจรไฟฟ้าสำหรับควบคุมระบบพรางแสง



รูปที่ 9 โปรแกรมควบคุมระบบตาข่ายพรางแสงอัตโนมัติ

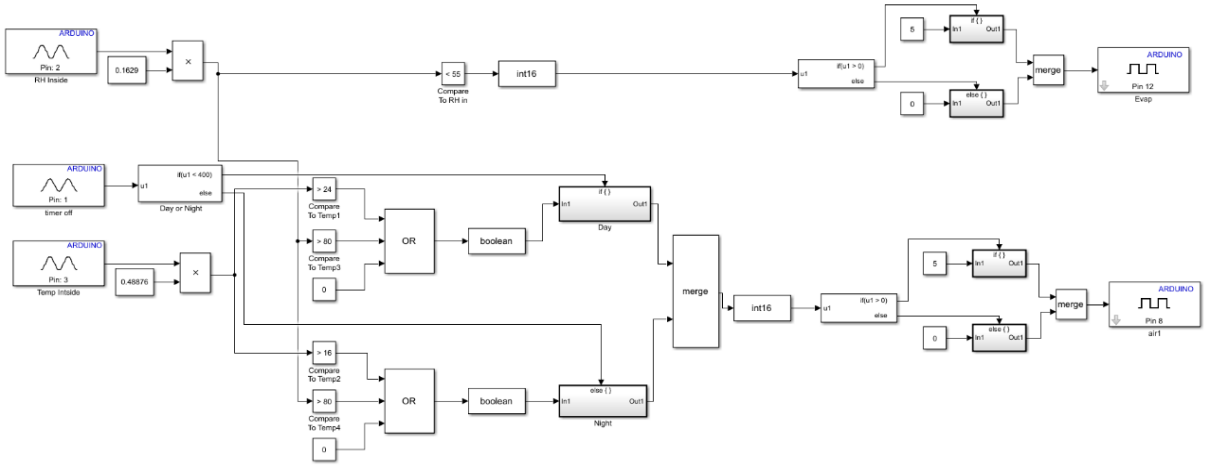
กรมวิชาการเกษตร



รูปที่ 10 การต่อวงจรไฟฟ้าสำหรับควบคุมระบบพรางแสง

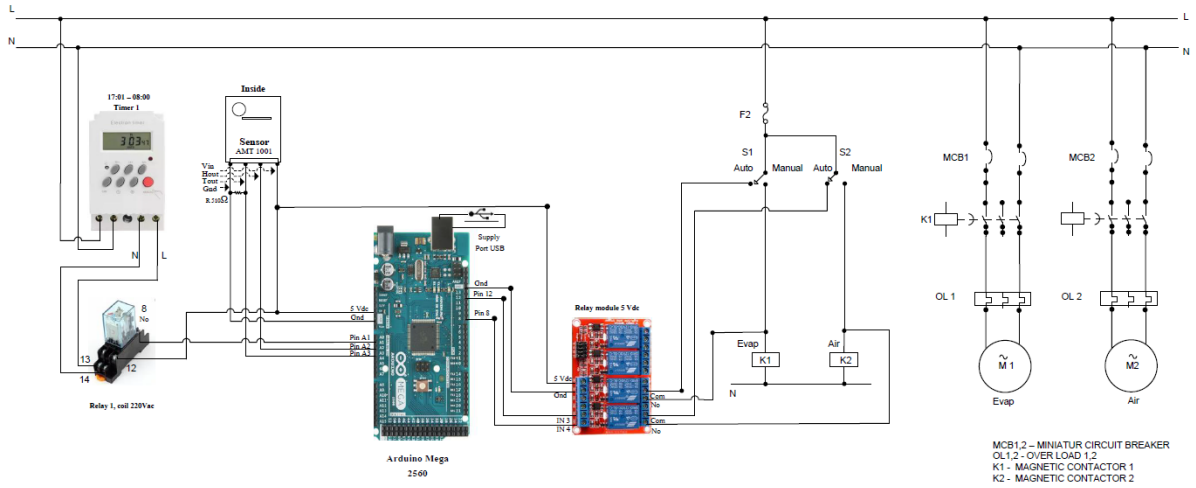
- ระบบทำความเย็น (Automatic Cooling System) ด้วยเครื่องปรับอากาศขนาด 30026 BTU จำนวน 2 ตัว (38RLJ030R100/40QBJ030X100, CARRIER Co., Ltd.) ควบคุมให้เปิดเครื่องปรับอากาศอัตโนมัติ ในเวลากลางวัน (7.00-19.00น.) ถ้าเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (AMT1001) อ่านค่าอุณหภูมิข้างในโรงเรือนสูงกว่า 24 องศาเซลเซียส หรือความชื้นสัมพัทธ์เกิน 80% และควบคุมให้เปิดเครื่องปรับอากาศอัตโนมัติในเวลากลางคืน (17.00-8.00น.) ถ้าอุณหภูมิข้างในโรงเรือนสูงกว่า 16 องศาเซลเซียส หรือความชื้นสัมพัทธ์เกิน 80%

- ระบบทำความชื้น (Automatic Humidifying System) แบบ Evaporative cooling system โดยมีพัดลมขนาด 20 นิ้ว 155 Watt จำนวน 2 ตัว (KVF3R506A, Kulthorn electric Co., Ltd.) เป่าอากาศผ่านแผงรังผึ้งที่มีน้ำปล่อยลงมา น้ำบนแผงรังผึ้งจะระเหยและดึงความร้อนออกจากอากาศทำให้ลมที่เป่าออกมามีความเย็นและชื้นสม่ำเสมอ ควบคุมให้เปิดเครื่องทำความชื้นอัตโนมัติ ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 55% รูปที่ 11 แสดงโปรแกรมควบคุมระบบทำความเย็นและความชื้นอัตโนมัติ รูปที่ 12 แสดงการต่อวงจรไฟฟ้าสำหรับควบคุมระบบปรับอากาศและระบบทำความชื้น



รูปที่ 11 แสดงโปรแกรมควบคุมระบบทำความเย็นและความชื้นอัตโนมัติ

ลิขสิทธิ์การเกษตร



รูปที่ 12 การต่อวงจรไฟฟ้าสำหรับควบคุมระบบปรับอากาศและระบบทำความชื้น

- ระบบระบายอากาศ (Automatic Ventilation System) ประกอบด้วยพัดลมดูดอากาศเข้า และระบายอากาศออก ขนาด 16 นิ้ว 145 Watt จำนวน 2 ตัว (FBD40-4 16",Yushi group Co., Ltd) ควบคุมด้วย timer (KG316T-II, ManHUa Co., Ltd) ให้เปิดระบบระบายอากาศเพื่อให้อากาศใหม่เข้ามาเป็นการเพิ่มออกซิเจนในเวลากลางวัน (7.00-18.00น.) เป็นเวลา 5 นาที ในทุกๆ 85 นาที เพื่อหมุนเวียนอากาศใหม่เข้ามาในโรงเรือน

- ระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ มีปั๊มตู้ปลาวนน้ำ ทั้งนี้ได้สร้างชั้นวางแบบแนวตั้งทรงเอเฟรมสำหรับเลี้ยงไหลสตรอเบอรี่สามารถปลูกต้นไหลสตรอเบอรี่ได้ 800 ต้น ดังรูปที่ 13

รูปที่ 13 ชั้นวางเอเฟรมสำหรับเลี้ยงไหลสตรอเบอรี่

กรมวิชาการเกษตร

3. การทดสอบปลูกต้นไหลสตรอเบอรี่เบื้องต้นในโรงเรือนต้นแบบ

ทดสอบปลูกต้นไหลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 80 ในโรงเรือนต้นแบบ จำนวน 300 ต้น ระหว่างวันที่ 2 ตุลาคม – 16 พฤศจิกายน 2563 เพื่อสังเกตการเจริญเติบโต และการติดตาดอก ภายใต้สภาวะที่ควบคุมอากาศตามสมการควบคุมที่เขียนไว้ โดยใช้ระบบการปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์ หลังปลูก 1 สัปดาห์ ให้สารละลายปุ๋ย A, B ใช้ค่า EC 2.1-2.4 และค่า pH 6.5-6.7 ดูแลตัดแต่งใบล่างที่แห้งออก เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอรี่และการเกิดดอก โดยสุ่มจำนวน 40 ต้น รูปที่ 14 แสดงต้นไหลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 80 ในโรงเรือนเบื้องต้น ข้อมูลการเจริญเติบโตเบื้องต้นดังแสดงในตารางที่ 1

รูปที่ 14 ทดสอบปลูกต้นไหลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 80 เบื้องต้นในโรงเรือนต้นแบบ

ตารางที่ 1 ข้อมูลการเจริญเติบโตของการทดสอบปลูกสตรอเบอรี่เบื้องต้น ในระยะเวลาปลูก 45 วัน

จำนวนวัน	ข้อมูลการเจริญเติบโต				
	ความสูงต้นเฉลี่ย (ซม.)	จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ)	ความยาวรากเฉลี่ย (ซม.)	จำนวนแตกยอด/ต้น	การเกิดตาดอก (%)
15 (15 ต.ค.63)	13.5	10.3	6.2	0.9	N/A
30 (30 ต.ค.63)	17.9	13.7	6.1	0.8	N/A
45 (16 พ.ย.63)	18.8	12.1	6.8	1.3	35

จากตารางที่ 1 พบว่า ต้นไหลสตรอเบอรี่เริ่มเกิดดอกราว 35% หลังจากปลูกเป็นเวลา 30-45 วัน ดังนั้น การใช้สมการควบคุมอุณหภูมิที่ 25° C ในช่วงเวลากลางวัน (7.00-19.00 น.) และอุณหภูมิที่ 16 ° C ในช่วงเวลากลางคืน (19.00-7.00 น.) และควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ตลอดทั้งวันไม่ให้ต่ำกว่า 55% มีแนวโน้มที่เหมาะสมที่ทำให้สตรอเบอรี่เกิดตาดอกได้ รูปที่ 15 แสดงต้นไหลสตรอเบอรี่ที่ติดดอก

รูปที่ 15 ต้นไหลสตรอเบอรี่ที่ติดดอก

หลังจากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นแล้ว ได้ลองทดสอบเลี้ยงต้นไหลต่อไปสักระยะราว 80 วัน เริ่มมีปัญหาเกี่ยวกับระบบการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ และปัญหาความร้อนในช่วงกลางวัน ซึ่งสรุปได้ดังนี้

- ปัญหาการไหลเวียนน้ำในระบบรางไฮโดรโปนิกส์ไม่ดีพอ เนื่องจากชั้นปลูกมีลักษณะเป็นชั้นแบบเอเฟรม ทำให้ด้านล่างน้ำไหลกลับช้ากว่าด้านบน ส่งผลให้น้ำขังอยู่ในรางมากเกินไปทำให้เกิดรากของต้นสตรอเบอรี่เน่า ยิ่งไปกว่านั้นระบบการปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์เป็นระบบน้ำวน เมื่อต้นหนึ่งเป็นโรคจะติดกันทั้งโรงเรือน รูปที่ 16 แสดงต้นไหลสตรอเบอรี่ที่เกิดรากเน่า

กรมวิชาการเกษตร

รูปที่ 16 ต้นไหลสตรอเบอรี่ที่เกิดรากเน่า

- ปัญหาเพลี้ยไฟเข้าทำลาย ส่วนหนึ่งเกิดจากเพลี้ยที่เข้ามาตามระบบระบายอากาศ ที่มีพัดลมดูดอากาศเข้า 1 ตัว และพัดระบายอากาศออก 1 ตัว ถึงแม้จะมีมุ้งตาข่าย 32 mesh กั้นที่พัดลม แต่เพลี้ยมีขนาดเล็กกว่ารูตาข่ายมากจึงหลุดเข้ามาได้ และส่วนหนึ่งอาจติดมาจากคนที่เดินเข้าออกในโรงเรือน
- ปัญหาแสงแดดส่องเข้ามาทางด้านข้างของโรงเรือนในช่วงบ่าย จึงทำให้ใบของต้นสตรอแบอรี่ด้านที่โดนแสงเกิดใบไหม้ รูปที่ 17 แสดงต้นไหลสตรอเบอรี่ที่โดนเพลี้ยะไฟเข้าทำลายและใบไหม้

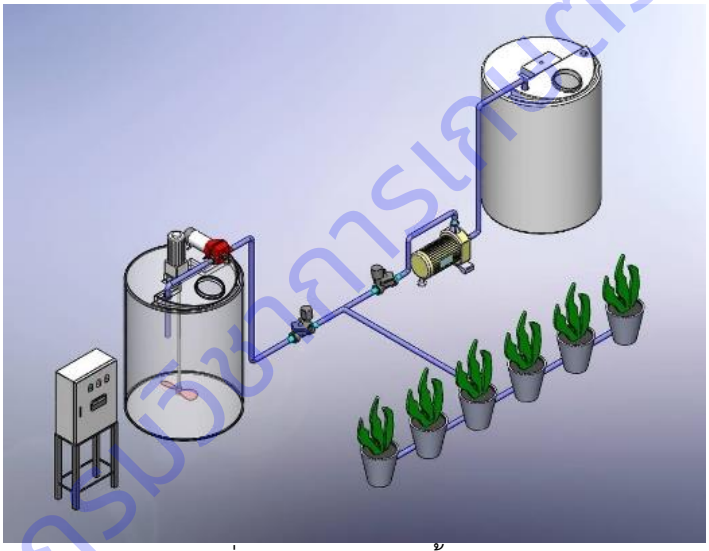
รูปที่ 17 ต้นไหลสตรอเบอรี่โดนเพลี้ยไฟเข้าทำลายและใบไหม้

กรมวิชาการเกษตร

4. การปรับปรุงโรงเรือนอัจฉริยะควบคุมสภาวะอากาศอัตโนมัติต้นแบบ

จากปัญหาที่พบจากการทดสอบการปลูกเบื้องต้น จึงได้ดำเนินการแก้ไข ดังนี้

- เปลี่ยนวิธีการปลูกใหม่เป็นแบบใช้วัสดุปลูก (Substrate) โดยดัดแปลงชั้นปลูกใหม่เป็นรูปแบบเอเฟรม สามารถวางกระถาง 8 นิ้ว วางได้ทั้งหมด 200 กระถาง
- ติดตั้งระบบให้น้ำและปุ๋ย (รูปที่ 18) ควบคุมด้วย Timer แบ่งให้น้ำทุกชั่วโมง ตั้งแต่ 8.00 น. – 15.00 น. ให้ปุ๋ย AB เข้มข้น 1:50 วันละ 2 ครั้ง มีระบบกวนปุ๋ยก่อนให้ปุ๋ย 5 นาที แล้วจึงให้ปุ๋ยและให้น้ำตามลำดับ เมื่อติดตั้งระบบให้น้ำและปุ๋ยเสร็จ จึงสอบเทียบระบบน้ำและปุ๋ยที่ติดตั้งไว้ซึ่งเป็นหัวหยดแบบปรับแรงดัน พบว่า ระบบให้น้ำมีอัตราการไหลราว 100 cc/min และอัตราการจ่ายปุ๋ยราว 50 cc/min
- ยกเลิกการใช้ระบบระบายอากาศ เนื่องจากอากาศที่ออกจากเครื่องปรับอากาศก็เพียงพอแล้ว การดูดอากาศเข้ามาอาจทำให้แมลงขนาดเล็กลอดเข้ามาในโรงเรือนได้
- ติดหลังคากันแสงด้านข้างเพิ่ม เพื่อลดแสงที่จะส่องเข้ามาด้านข้างในช่วงเช้าและบ่าย ดังรูปที่ 19



รูปที่ 18 ระบบการให้น้ำละปุ๋ย

รูปที่ 19 ติดตั้งแสลนพรางแสงด้านข้าง

กรมวิชาการเกษตร

5. การทดสอบปลูกต้นไหลสตรอเบอรี่ในโรงเรือนที่พัฒนาแล้ว

หลังจากทำการปรับปรุงโรงเรือนและชั้นปลูกแล้ว ได้ทดสอบการปลูกต้นไหลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ญี่ปุ่น โดยปลูกด้วยวัสดุปลูกขุยมะพร้าวผสมมะพร้าวสับซึ่งแช่น้ำเปล่า 3 วัน แล้วค่อยนำบรรจุลงกระถางถางขนาด 8 นิ้ว ทั้งหมด 200 กระถาง ฉีดยาฆ่าเชื้อในโรงเรือน และฉีดพ่น ปุ๋ยบำรุงต้น (B1) แล้วจึงจะย้ายต้นลงกระถางปลูกนำเข้าโรงเรือน วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2564 และให้ต้นสตรอเบอรี่ปรับสภาพโดยให้เฉพาะน้ำ 200 มล./กระถาง หลังจากนั้น 14 วัน จึงเริ่มให้ปุ๋ย AB ความเข้มข้น 1:50 ปริมาณ 50 มล./กระถาง ช่วงหลังออกดอกถึงเก็บเกี่ยวเปลี่ยนเป็นให้น้ำ 300 มล./กระถาง ให้ปุ๋ย AB ปริมาณ 100 มล./กระถาง เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอรี่สายพันธุ์ญี่ปุ่น โดยสุ่มจำนวน 40 ต้น เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต และผลผลิตของสตรอเบอรี่ ตั้งแต่วันที่ 24 ก.พ. – 17 ก.ค. 2564 รูปที่ 20 การเตรียมต้นกล้าและทดสอบการปลูกต้นไหลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ญี่ปุ่นในกระถาง

รูปที่ 20 การเตรียมต้นกล้าและทดสอบการปลูกต้นไหลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ญี่ปุ่นในกระถาง

5.1 ผลการควบคุมสภาพอากาศในโรงเรือน

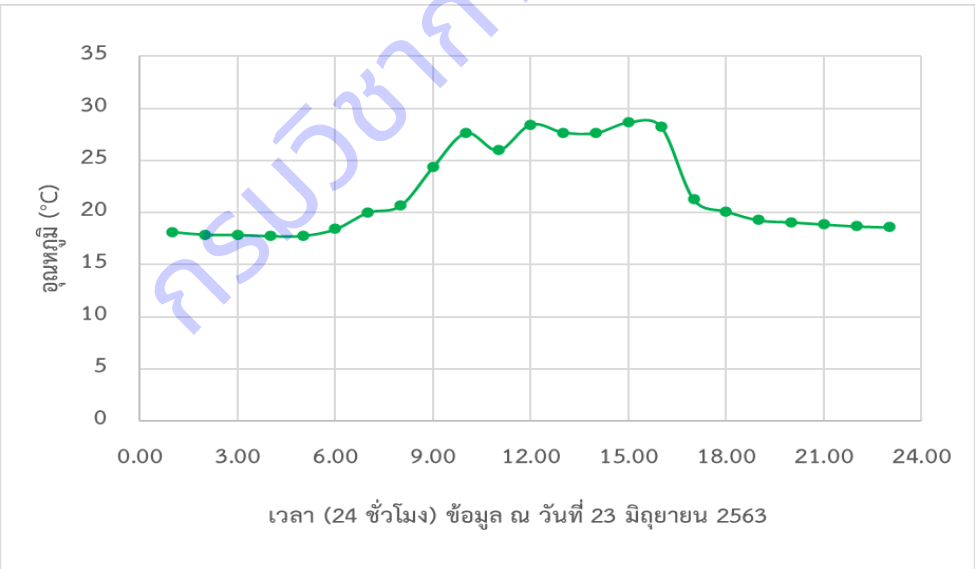
ในระหว่างการทดสอบการปลูกช่วง ก.พ.–ก.ค. 64 ได้มีการปรับสมการควบคุมของระบบควบคุมอัตโนมัติให้เหมาะสมกับสภาพอากาศในฤดูร้อน โดยในเดือน เม.ย.64 พบว่า อากาศค่อนข้างร้อนและแห้งมากจนเริ่มมีศัตรูพืช จึงดำเนินการติดตั้งปั๊มฉีดพ่นหมอกไว้ใต้หลังคา ซึ่งควบคุมด้วย timer เพื่อพ่นน้ำในช่วงกลางวัน เพื่อป้องกันแมลง และลดความร้อนที่ต้นสตรอเบอรี่ด้านบน ซึ่งจะได้รับความร้อนในช่วงกลางวันมากกว่าต้นด้านล่าง และปรับสมการควบคุมเครื่องทำความชื้นให้ทำงานถ้าความชื้นสัมพัทธ์ด้านในโรงเรือนต่ำกว่า 60%

จากการเก็บข้อมูลสภาวะอากาศภายในโรงเรือนตั้งแต่นำต้นกล้าเข้าโรงเรือน ในช่วงเดือน ก.พ.-ก.ค. 64 พบว่า อุณหภูมิภายในโรงเรือนเฉลี่ยมีค่าสูงสุดและต่ำสุดอยู่ระหว่าง 15.7-31.7°C เฉลี่ย 21.6°C ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนอยู่มีค่าสูงสุดและต่ำสุดอยู่ระหว่าง 51.0-84.1% เฉลี่ย 68.0 % (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ข้อมูลสภาวะอากาศภายในโรงเรือนรายเดือน

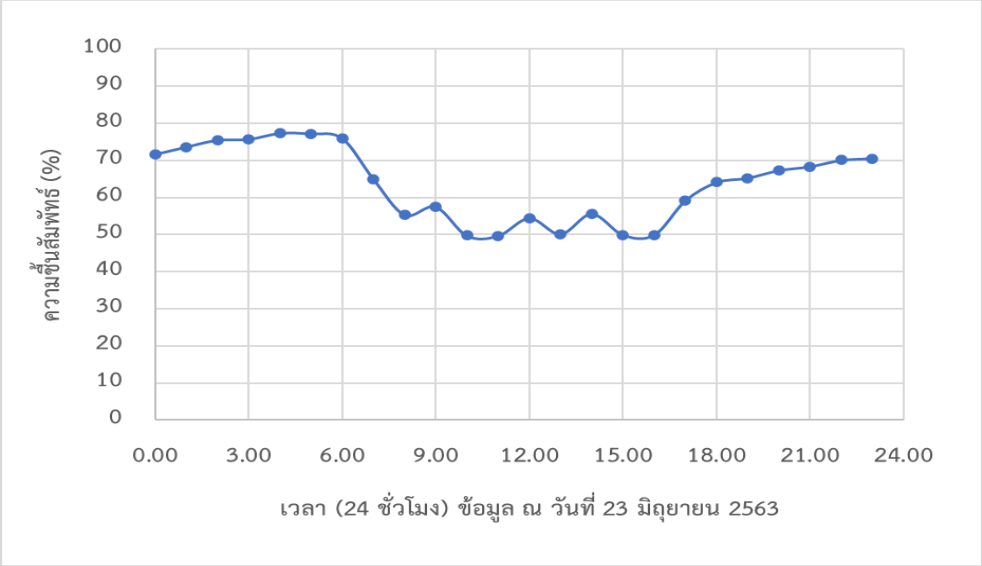
เดือน	อุณหภูมิภายในโรงเรือน (° C)			ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน (%)		
	min	max	avg	min	max	avg
ก.พ. 64	13.6	33.9	21.6	51.1	89.2	70.6
มี.ค. 64	15.2	28.7	19.7	50.0	83.0	67.9
เม.ย. 64	14.3	33.1	22.4	55.0	78.6	71.4
พ.ค. 64	15.8	32.0	23.0	57.5	74.4	68.5
มิ.ย. 64	17.7	30.3	20.9	46.8	89.8	66.0
ก.ค. 64	17.9	32.2	21.7	45.6	89.6	63.7
เฉลี่ย	15.7	31.7	21.6	51.0	84.1	68.0

จากตารางที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิปละความชื้นภายในโรงเรือน ตลอดช่วงเวลาการทดสอบปลูกสตรอเบอรี่ มีอุณหภูมิในโรงเรือนเฉลี่ย 21.6°C ซึ่งใกล้เคียงกับสมการควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนให้อยู่ 24°C/16°C (กลางวัน/กลางคืน) หรือมีค่าเฉลี่ย (24+16)/2= 20°C และความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเฉลี่ย 68% ก็ใกล้เคียงกับสมการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60-80% หรือมีค่าเฉลี่ย (60+80)/2= 70% ตัวอย่างข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนตลอด 24 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 21-22



รูปที่ 21 ตัวอย่างข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน

กรมวิชาการเกษตร



รูปที่ 22 ตัวอย่างข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน

จากตัวอย่างกราฟอุณหภูมิรูปที่ 21 จะพบว่าโรงเรือนซึ่งตั้งอยู่กลางแจ้ง ปกติจะมีอุณหภูมิขึ้นลงตามสภาพอากาศด้านนอก โดยอุณหภูมิในโรงเรือนช่วงกลางวัน 9.00-16.00 น. จะมีอากาศค่อนข้างร้อนเกิน 24°C แม้ระบบควบคุมโรงเรือนอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว จะควบคุมเครื่องปรับอากาศให้ทำงานจนกว่าอุณหภูมิในโรงเรือนจะต่ำกว่า 24°C แล้วก็ตาม แต่ก็สามารถทำความเย็นได้ราว 27°C ทั้งนี้อาจมาจากสภาพอากาศนอกโรงเรือนที่ร้อนมาก หรือเมื่อเครื่องปรับอากาศทำอุณหภูมิได้ถึง 24°C ก็จะตัดการทำงานลง และเซนเซอร์มีการอ่านค่าทุกๆ 2 นาทีเพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องปรับอากาศตัดต่อติดๆกันเกินไป ทำให้บางครั้งกว่าจะสั่งให้เครื่องปรับอากาศทำงานอีกครั้งต้องใช้เวลา 2 นาที จึงทำให้สภาพสภาพอากาศในโรงเรือนร้อนเกินไป การจะกำหนดสมการควบคุมให้เครื่องปรับอากาศตัดที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้สามารถทำได้ แต่ก็จะต้องคำนึงถึงค่าพลังงานฟ้าที่จะต้องใช้เพื่อลดอุณหภูมิด้วย

จากตัวอย่างกราฟอุณหภูมิรูปที่ 22 พบว่าในช่วงกลางวัน 9.00-16.00 น. มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำราว 52% แม้ระบบควบคุมโรงเรือนอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว จะควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนไม่ให้ต่ำกว่า 60% แล้วก็ตาม แต่การกำหนดสมการควบคุมให้เครื่องทำความชื้นปล่อยความชื้นสูงมากกว่านี้ ก็จะขัดแย้งกับหลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะทำให้อากาศเย็นและแห้ง ถ้าตั้งค่าความชื้นสูงเกินไปเครื่องปรับอากาศก็จะทำงานมากเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าอย่างมาก ส่วนในช่วงกลางคืนโรงเรือนมักมีความชื้นที่สูงเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิที่ต่ำลง และจากน้ำที่รดต้นไม้ในรงเรือน ทำให้ความชื้นค่อนข้างสูง แม้ไม่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) แต่ก็มีสมการควบคุมเครื่องปรับอากาศ ที่จะสั่งให้เครื่องปรับอากาศทำงานถ้าโรงเรือนมีความชื้นเกิน 80% อยู่แล้ว จึงไม่ต้องกังวลปัญหาที่จะเกิดจากความชื้นสูง

กรมวิทยาศาสตร์

5.2 การติดตาดอกของต้นไหลสตรอเบอรี่

จากการเก็บข้อมูลการติดตาดอก ตั้งแต่วันที่ 24 ก.พ. – 7 เม.ย. 2564 พบว่าต้นสตรอเบอรี่ที่นำเข้ามาเลี้ยงในโรงเรือนที่ควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนให้อยู่ 24°C/16°C (กลางวัน/กลางคืน) และควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไม่ให้ต่ำกว่า 60-80% มีการเจริญเติบโตดี และเริ่มเกิดตาดอกที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า 14 วัน หลังให้สารละลาย หรือ 28 วัน หลังนำเข้ามาเลี้ยงในโรงเรือน คิดเป็น 52.5% (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับการทดลองของ โอฬาร และคณะ (2541) ที่ทำการทดลองชักนำการสร้างตาดอกของสตรอเบอรี่พันธุ์ Toyonoka และพันธุ์ Tioga โดยควบคุมอุณหภูมิด้วยวิธีใช้ห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ 15-17°C ความชื้นสัมพัทธ์ 80-90% (สภาพมืด) นาน 16 ชั่วโมง ให้ได้รับแสงและอุณหภูมิปกติ ในสภาพธรรมชาติในตอนกลางวัน 8 ชั่วโมง พบว่าพันธุ์ Toyonoka ใช้เวลา 25 วันมีตาดอกถึง 100% ส่วนพันธุ์ Tioga มีตาดอก 68.33% ดังนั้นการกำหนดสมการควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือน 24°C/16°C (กลางวัน/กลางคืน) และความชื้นสัมพัทธ์ 60-80% ก็เพียงพอให้สตรอเบอรี่เกิดตาดอกได้ รูปที่ 23 แสดงต้นสตรอเบอรี่ที่มีดอกราว 28 วัน หลังให้สารละลาย (24 มี.ค.64)

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์การเกิดตาดอกของสตรอเบอรี่

จำนวนวันหลังให้สารละลาย	จำนวนตาดอก/ต้น	การเกิดตาดอก (%)
0 วัน (24 ก.พ. 64)	N/A	N/A
14 วัน (10 มี.ค. 64)	0.73	52.50
28 วัน (24 มี.ค. 64)	1.63	67.50
42 วัน (7 เม.ย. 64)	0.48	72.50

รูปที่ 23 ต้นสตรอเบอรี่ที่มีดอกราว 28 วัน หลังให้สารละลาย (24 มี.ค.64)

ภาควิชาการเกษตร

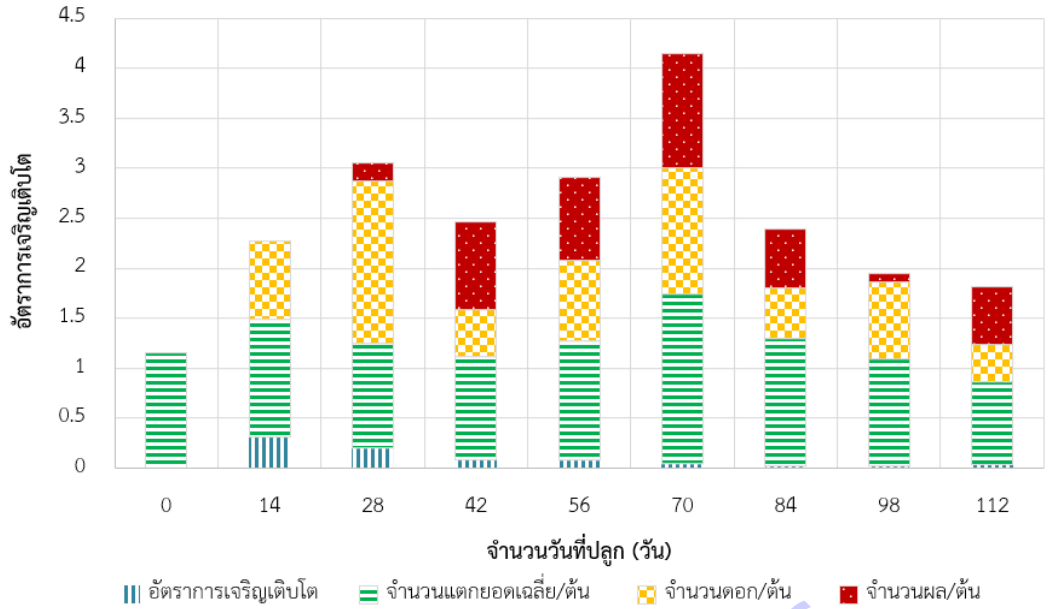
5.3 การเจริญเติบโตของสตรอเบอรี่

จากการเก็บข้อมูลการติดตาดอก ตั้งแต่วันที่ 24 ก.พ. – 17 ก.ค. 2564 พบว่า ต้นสตรอเบอรี่มีการเจริญเติบโตดี มีอัตราการเติบโตด้านความสูงมากที่สุด 14 วันหลังให้สารละลายซึ่งเท่ากับ 0.32 หรือ 32% มีการแตกยอดสม่ำเสมอ เริ่มมีดอก 14 วันหลังให้สารละลาย และเริ่มออกผล 28 วันหลังให้สารละลาย (ตารางที่ 4) สามารถเขียนเป็นกราฟเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตในในทุก 2 สัปดาห์ ได้ดังรูป 24 ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่าต้นสตรอเบอรี่เมื่ออายุ 70 วันหลังให้สารละลาย มีการเจริญเติบโตด้าน การแตกยอด ออกดอก และการติดผล สูงที่สุด โดยมีการแตกยอด 1.70 ยอด/ต้น จำนวนดอก 1.25 ดอก/ต้น และจำนวนผล 1.15 ผล/ต้น

ตารางที่ 4 ข้อมูลการเจริญเติบโตของสตรอเบอรี่

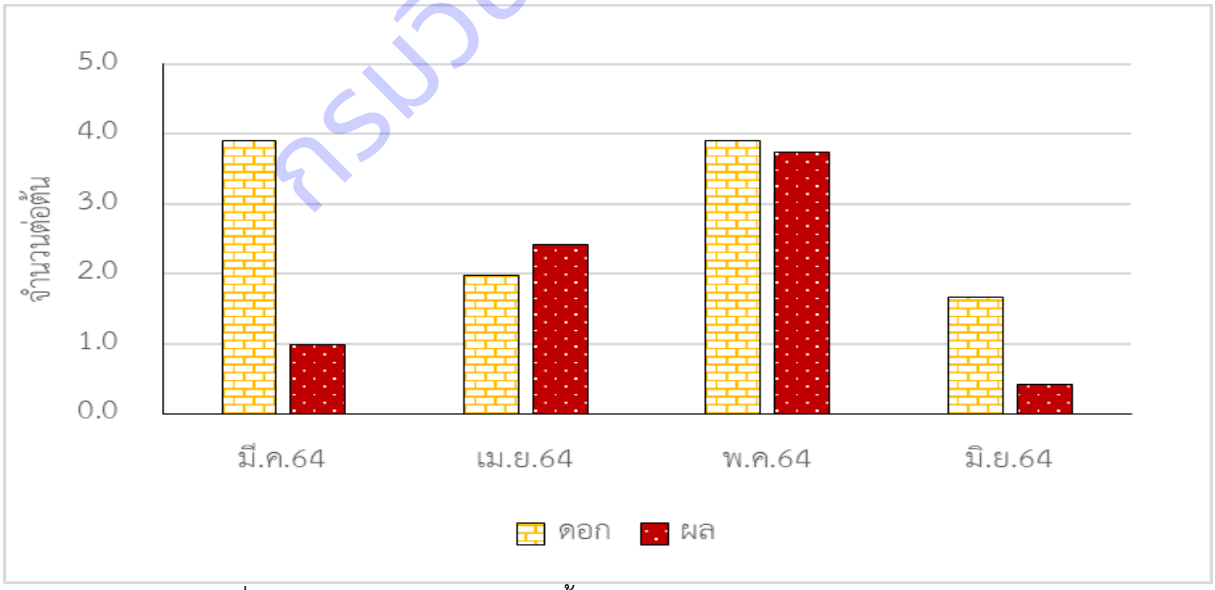
จำนวนวันหลังให้สารละลาย		อัตราการเจริญเติบโต				
		ความสูงต้นเฉลี่ย (ซม.)	อัตราการเจริญเติบโต	จำนวนแตกยอด/ต้น	จำนวนดอก/ต้น	จำนวนผล/ต้น
0 วัน	(24 ก.พ. 64)	14.84	0	1.15	N/A	N/A
14 วัน	(10 มี.ค. 64)	21.74	0.32	1.18	0.78	N/A
28 วัน	(24 มี.ค. 64)	27.18	0.20	1.05	1.63	0.18
42 วัน	(7 เม.ย. 64)	29.76	0.09	1.03	0.48	0.88
56 วัน	(27 เม.ย. 64)	32.30	0.08	1.20	0.80	0.83
70 วัน	(12 พ.ค. 64)	33.94	0.05	1.70	1.25	1.15
84 วัน	(1 มิ.ย. 64)	34.70	0.02	1.28	0.50	0.60
98 วัน	(24 มิ.ย. 64)	35.36	0.02	1.08	0.78	0.08
112 วัน	(13 ก.ค. 64)	36.85	0.04	0.83	0.38	0.58

กรมวิชาการเกษตร



รูปที่ 24 อัตราการเจริญเติบโตของสตรอเบอรี่ในทุก 2 สัปดาห์

จากการวิเคราะห์ข้อมูล รวบรวมการออกดอกและติดผลทั้งหมดตลอด ช่วงเดือน มี.ค. - มิ.ย. 2564 สามารถเขียนเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 25 จะเห็นว่าต้นสตรอเบอรี่จะให้ผลสูงสุดราวเดือน พ.ค.64 ทั้งนี้ถ้าพิจารณาการออกนอกฤดู ซึ่งปกติสตรอเบอรี่ในฤดูจะให้ผลิตช่วง พ.ย.-ก.พ. ก็จะเห็นว่า โรงเรือนสามารถจะผลิตสตรอเบอรี่นอกฤดูได้ รูปที่ 26 แสดงการออกดอกและติดผลของสตรอเบอรี่ที่ทดสอบในโรงเรือน



รูปที่ 25 การออกดอกและติดผลทั้งหมดตลอด ช่วงเดือน มี.ค. - มิ.ย. 2564

กรมวิชาการเกษตร

รูปที่ 26 การออกดอกและติดผลของสตรอเบอรี่ที่ทดสอบในโรงเรือน

5.4 ผลผลิตของสตรอเบอรี่

จากการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักผลผลิตของสตรอเบอรี่ พบว่าสามารถเก็บผลผลิตครั้งแรก 21 วัน หลังให้สารละลาย จากการบันทึกข้อมูลผลผลิตทั้ง 200 ต้น ตลอด ช่วง มี.ค.- ส.ค. 64 พบว่าได้น้ำหนักผลผลิตทั้งหมดเท่ากับ 6,619 กรัม มีน้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยต่อต้น เท่ากับ 33.09 กรัม และมีจำนวนผลผลิตต่อต้นเฉลี่ย เท่ากับ 5.13 ผล ผลผลิตมีน้ำหนักผลเฉลี่ย เท่ากับ 6.46 กรัม (ตารางที่ 5) จากการวัดคุณภาพความหวานของผลผลิตของสตรอเบอรี่ พบว่า มีความหวานผลผลิต 9.1-12.8 ^{0}Brix มีความหวานผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 11.4 ^{0}Brix (ตารางที่ 5) รูปที่ 27 แสดงผลผลิตและคุณภาพของสตรอเบอรี่ที่ทดสอบในโรงเรือน

ตารางที่ 5 แสดงข้อมูลด้านการเจริญเติบโตด้านผลผลิต

ครั้งที่	จำนวนผลผลิต (ผล)	น้ำหนักผลผลิต(กรัม)	น้ำหนักต่อผล (กรัม)	% Brix
1	83	496	5.98	10.3
2	145	1181	8.14	11.8
3	49	352	7.18	9.1
4	67	493	7.36	11.3
5	40	288	7.20	11.0
6	49	375	7.65	11.5
7	68	445	6.54	12.8
8	58	378	6.52	11.8
9	43	341	7.93	12.1
10	69	459	6.65	11.4
11	57	397	6.96	12.6
12	34	158	4.65	11.2
13	92	330	3.59	9.1

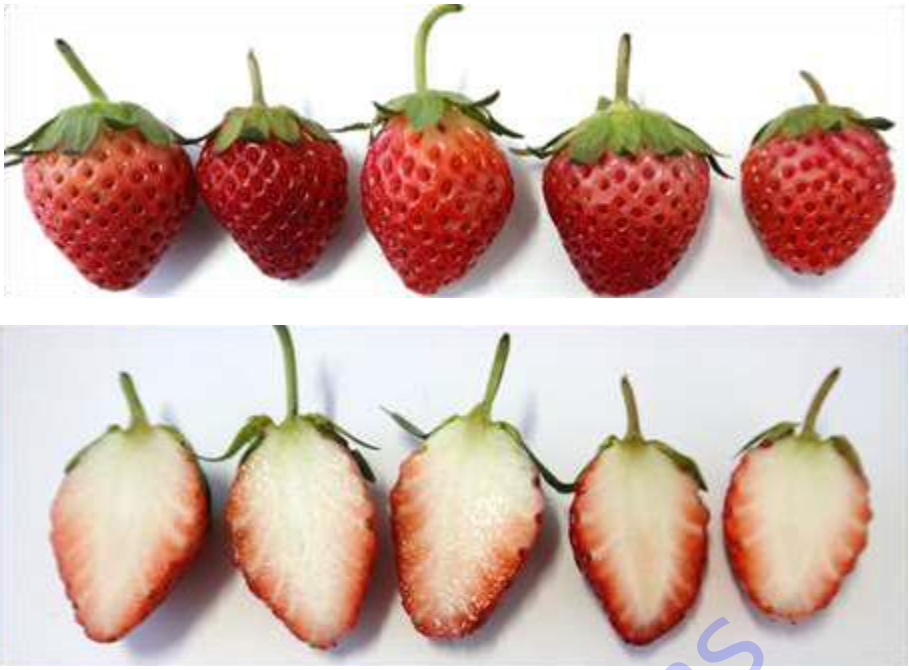
ศูนย์วิทยทรัพยากร

ครั้งที่	จำนวนผลผลิต (ผล)	น้ำหนักผลผลิต(กรัม)	น้ำหนักต่อผล (กรัม)	% Brix
14	33	145	4.39	9.1
15	21	128	6.07	12.1
16	45	223	4.96	11.8
17	41	235	5.73	12.5
18	31	195	6.29	12.6
เฉลี่ย	**1,025**	**6,619**	**6.46**	**11.4**

รูปที่ 27 ผลผลิตและคุณภาพของสตรอเบอรี่ที่ทดสอบในโรงเรือน

จากการสังเกตลักษณะของสตรอเบอรี่ พบว่ามีลักษณะเหมือนกับลักษณะประจำพันธุ์ (รูปที่ 28) แต่ขนาดของผลสตรอเบอรี่ไม่สม่ำเสมอ คือ มีทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก ทั้งนี้อาจมาจากหลายปัจจัย เช่น สภาพอากาศในโรงเรือน ซึ่งบางครั้งมีอากาศร้อนเกินไปเนื่องจากการตัดและต่อของเครื่องปรับอากาศใช้เวลา 2 นาที จึงทำให้สภาพอากาศภายในโรงเรือนร้อนเกินไป หรือเกิดจากการปลูกแนวดิ่งแบบชั้นปลูกเอเฟรม ทำให้ได้รับสารละลายไม่ทั่วถึง และอีกสาเหตุอาจมาจากการไม่ได้เด็ดช่อดอกสตรอเบอรี่ ถ้าหากมีช่อดอกมากจะทำให้ต้นขาดความแข็งแรง และผลผลิตที่ได้จะมีขนาดเล็กไม่มีคุณภาพ อาจต้องมีการเด็ดช่อดอกหรือลำต้นแขนงที่ออกมาทิ้งบ้าง เช่น หลังจากที่ต้นเริ่มแทงช่อดอกที่สาม จะทำให้เพิ่มน้ำหนักผลผลิตและคุณภาพผลผลิตให้ดีขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของทศพรและคณะ (2541) พบว่าการตัดช่อดอกและผล โดยเฉพาะดอกสุดท้ายของช่อดอก และผลแรกของช่อดอกเมื่อเริ่มติดผล จะทำให้ผลผลิตรวมต่อต้นสูง และต้องเด็ดใบแก่ทิ้งออกนอกแปลงและเด็ดหรือตัดไหลออกให้หมดเพื่อให้ต้นสตรอเบอรี่มีการเจริญเติบโตที่ดี ไม่เป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรค และควรเด็ดดอกสตรอเบอรี่ที่มีมากเกินไปทิ้ง และให้เหลือไว้จำนวนหนึ่งเพื่อให้ผลของสตรอเบอรี่มีขนาดนาดใหญ่

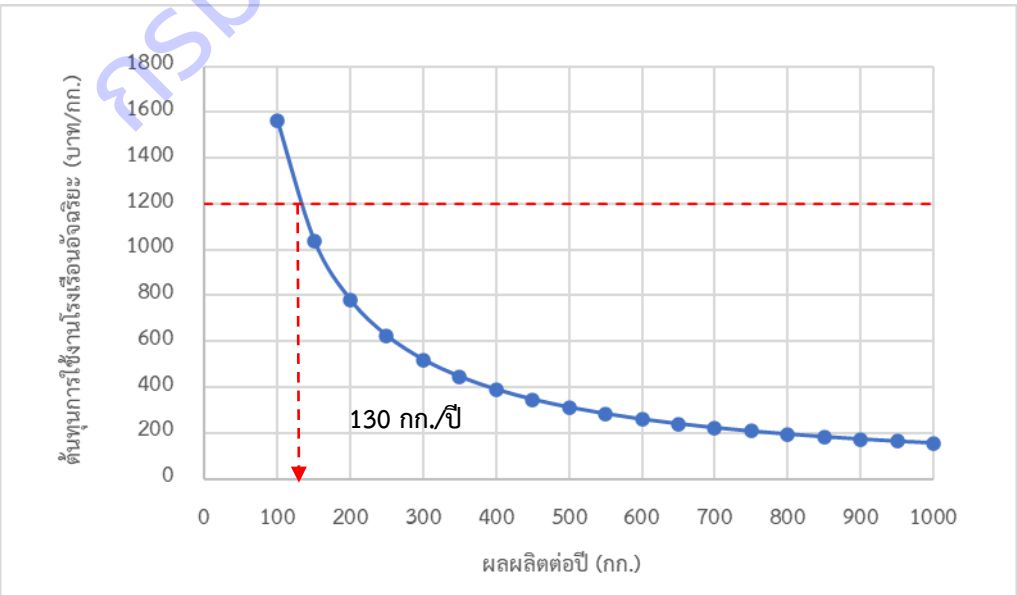
กรมวิชาการเกษตร



รูปที่ 28 ลักษณะของสตรอเบอรี่ที่ทดสอบในโรงเรือน

6. การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์

คำนวณหาจุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ จะวิเคราะห์ต้นทุนการใช้งานโรงเรือนอัจฉริยะ โดยคำนวณความคุ้มทุน (Break-even Point, BEP) ในกรณีที่เกษตรกรจะลงทุนสร้างโรงเรือนและระบบควบคุม ราคา 250,000 บาท อายุการใช้งาน 10 ปี เพื่อปลูกสตรอเบอรี่สายพันธุ์ญี่ปุ่นและขายผลผลิตในราคาตลาดบน 1,200 บาท/กก. จากการคำนวณ (ภาคผนวก ก) สามารถเขียนกราฟแสดงความความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการใช้งานโรงเรือนอัจฉริยะต่อปริมาณผลผลิตต่อปีได้ดัง รูปที่ 29

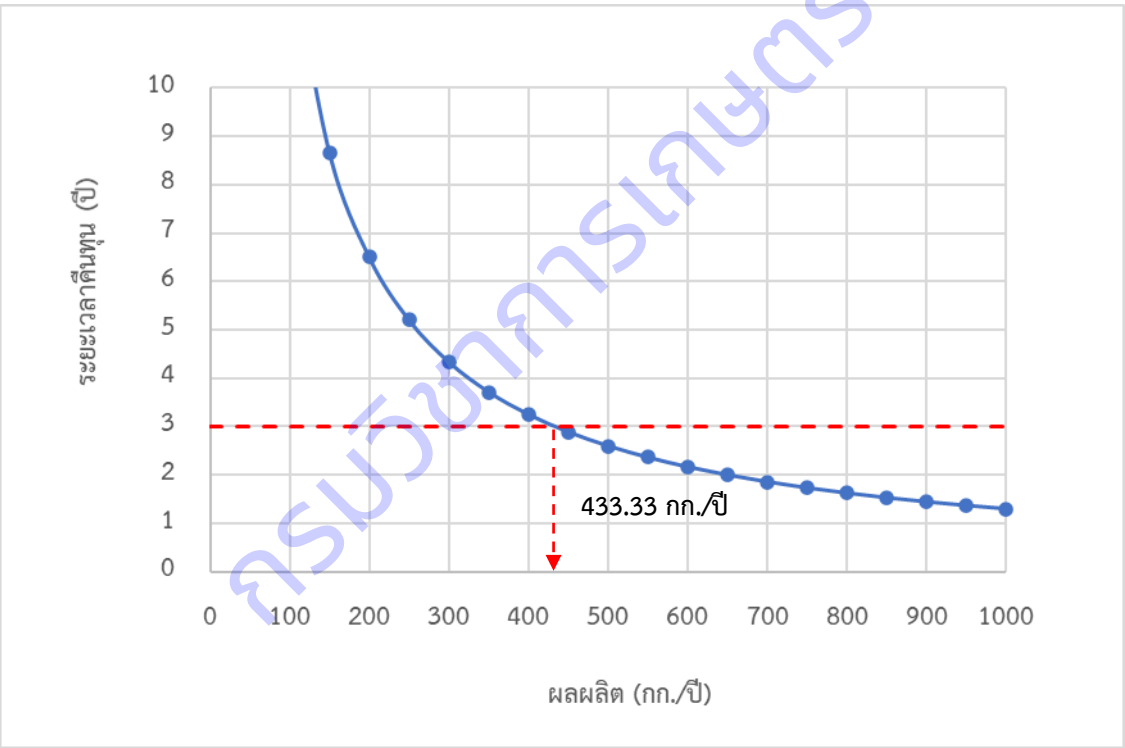


รูปที่ 29 ความความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการใช้งานโรงเรือนอัจฉริยะต่อปริมาณผลผลิตต่อปี

กรมวิชาการเกษตร

จากรูปที่ 29 จะเห็นว่าต้นทุนในการใช้งานโรงเรือนอัจฉริยะของเกษตรกรจะลดลงเมื่อผลผลิตต่อปีมากขึ้น เกษตรกรสามารถพิจารณาได้ว่าควรจะลงทุนสร้างโรงเรือนและติดตั้งระบบควบคุมหรือไม่ โดยพิจารณาจุดตัดระหว่างต้นทุนในการใช้งานโรงเรือนอัจฉริยะ กับราคาผลผลิตในปัจจุบันซึ่งเท่ากับ 1,200 บาท/กก. จากกราฟจะเห็นว่าที่ต้นทุนในการใช้งานโรงเรือนอัจฉริยะ 1,200 บาท/กก. ผลผลิตต่อปีเท่ากับ 130 กก. ดังนั้นเกษตรกรที่จะลงทุนสร้างโรงเรือนและติดตั้งระบบควบคุม เพื่อปลูกสตรอเบอรี่สายพันธุ์ญี่ปุ่นและขายผลผลิต ควรผลิตสตรอเบอรี่ได้ไม่ต่ำกว่า 130 กก./ปี เป็นเวลา 10 ปี จึงจะคุ้มต่อการสร้างโรงเรือนและติดตั้งระบบควบคุม

ระยะเวลาการคืนทุนของโรงเรือนอัจฉริยะขึ้นกับผลผลิตต่อปี จากการคำนวณ (ภาคผนวก ก) สามารถเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 30 โดยพบว่าระยะเวลาการคืนทุนของโรงเรือนอัจฉริยะอยู่ในช่วง 1.3-10 ปี ถ้าเกษตรกรต้องการคืนทุนเร็วก็ต้องทำให้ได้ผลผลิตต่อปีสูงขึ้น ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการคืนทุนใน 3 ปี ต้องผลิตให้ได้อย่างน้อย 433.33 กก./ปี และขายผลผลิตในราคา 1,200 บาท/กก.



รูปที่ 30 ความความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการคืนทุนของโรงเรือนอัจฉริยะกับผลผลิตต่อปี

จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ จะเห็นว่าการลงทุนในโรงเรือนอัจฉริยะ มีแนวโน้มที่จะเป็นไปได้ โดยค่าใช้จ่ายในการใช้งานส่วนใหญ่จะเป็นค่าใช้จ่ายผันแปร ได้แก่ ค่าไฟฟ้า ค่าแรงงาน และค่าปุ๋ย ตามลำดับ โรงเรือนมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงในการลดอุณหภูมิ ดังนั้นจะต้องวางแผนการผลิตสตรอเบอรี่สายพันธุ์ที่ตลาดบนต้องการและปลูกให้ได้จำนวนต้นต่อพื้นที่มากที่สุด โดยอาจจะปลูกเป็นแบบกระถางแนวตั้งแบบที่ใช้ต่างประเทศ ซึ่งจะทำให้ปลูกได้มากว่า 3-10 เท่าของการปลูกแบบทั่วไป และต้องมีเทคนิคการปลูกให้ได้ผลสตรอเบอรี่ที่ใหญ่และได้น้ำหนัก จึงจะคุ้มต่อค่าพลังงานไฟฟ้าที่ต้องจ่ายเพิ่มมากกว่าการผลิตตามฤดูทั่วๆไปของเกษตรกร

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

โรงเรือนต้นแบบควบคุมสภาวะแบบอัตโนมัติ สามารถปลูกพืชเมืองหนาวนอกฤดู เช่น สตรอเบอรี่ โดยเฉพาะในฤดูร้อนได้เป็นอย่างดี มีระบบควบคุมด้วยสมองกลแบบฝังตัว ซึ่งสามารถพัฒนาได้เองในประเทศ และมีราคาที่เหมาะสม สามารถควบคุมอุณหภูมิข้างในโรงเรือน 24°C/16°C ในช่วง กลางวัน/กลางคืน และความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในราว 60-80% ทดสอบการปลูกในโรงเรือนช่วง ก.พ.- ส.ค. 64 ได้น้ำหนักผลผลิตทั้งหมด 6,619 กรัม น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยต่อต้น 33.09 กรัม และมีจำนวนผลผลิตต่อต้นเฉลี่ย เท่ากับ 5.13 ผล/ต้น ด้านคุณภาพผลผลิตมีน้ำหนักผลเฉลี่ย 6.46 กรัม และความหวานเฉลี่ย 11.4 ^{0}Brix

จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า มีแนวโน้มที่เป็นไปได้ว่าเกษตรกรจะลงทุนสร้างโรงเรือนและติดตั้งระบบควบคุม เพื่อปลูกสตรอเบอรี่สายพันธุ์ญี่ปุ่นและขายผลผลิต ทั้งนี้ต้องวางแผนการผลิตสตรอเบอรี่สายพันธุ์ที่ขายในตลาดบน วางแผนการปลูกให้ได้จำนวนต้นต่อพื้นที่มากที่สุด และต้องมีเทคนิคการปลูกให้ได้ผลสตรอเบอรี่ที่ใหญ่และได้น้ำหนัก จึงจะคุ้มต่อค่าพลังงานไฟฟ้าที่ต้องจ่ายเพิ่มมากกว่าการผลิตตามฤดูกาลนอกโรงเรือนทั่วๆไป ซึ่งอาจจะทำวิจัยเพิ่มเติมในเรื่องการผลิตพืชเมืองหนาวชนิดอื่นๆให้คุ้มทุน หรือใช้งานโรงเรือนเพื่อการผลิตไหลสตรอเบอรี่ที่ติดตาดอกแล้วจำหน่าย เพราะใช้เวลาสั้นๆในการกระตุ้นตาดอก หรือศึกษาการใช้พลังงานทดแทนอื่นๆ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ อย่างไรก็ตามโรงเรือนต้นแบบควบคุมสภาวะแบบอัตโนมัติจะเป็นโรงเรือนตัวอย่างให้กลุ่มเกษตรกรได้เข้ามาศึกษา เรียนรู้ และนำไปพัฒนาปรับใช้ให้เหมาะสมกับการปลูกพืชของตนเองต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

โรงเรือนต้นแบบควบคุมสภาวะแบบอัตโนมัติ สามารถปลูกพืชเมืองหนาวนอกฤดู เช่น สตรอเบอรี่ โดยเฉพาะในฤดูร้อนได้เป็นอย่างดี มีระบบควบคุมด้วยสมองกลแบบฝังตัว ซึ่งสามารถพัฒนาได้เองในประเทศ และมีราคาที่เหมาะสม สามารถควบคุมอุณหภูมิข้างในโรงเรือน 24°C/16°C ในช่วง กลางวัน/กลางคืน และความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในราว 60-80% ทดสอบการปลูกในโรงเรือนช่วง ก.พ.- ส.ค. 64 ได้น้ำหนักผลผลิตทั้งหมด 6,619 กรัม น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยต่อต้น 33.09 กรัม และมีจำนวนผลผลิตต่อต้นเฉลี่ย เท่ากับ 5.13 ผล/ต้น ด้านคุณภาพผลผลิตมีน้ำหนักผลเฉลี่ย 6.46 กรัม และความหวานเฉลี่ย 11.4 ^{0}Brix

จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า มีแนวโน้มที่เป็นไปได้ว่าเกษตรกรจะลงทุนสร้างโรงเรือนและติดตั้งระบบควบคุม เพื่อปลูกสตรอเบอรี่สายพันธุ์ญี่ปุ่นและขายผลผลิต ทั้งนี้ต้องวางแผนการผลิตสตรอเบอรี่สายพันธุ์ที่ขายในตลาดบน วางแผนการปลูกให้ได้จำนวนต้นต่อพื้นที่มากที่สุด และต้องมีเทคนิคการปลูกให้ได้ผลสตรอเบอรี่ที่ใหญ่และได้น้ำหนัก จึงจะคุ้มต่อค่าพลังงานไฟฟ้าที่ต้องจ่ายเพิ่มมากกว่าการผลิตตามฤดูกาลนอกโรงเรือนทั่วๆไป ซึ่งอาจจะทำวิจัยเพิ่มเติมในเรื่องการผลิตพืชเมืองหนาวชนิดอื่นๆให้คุ้มทุน หรือใช้งานโรงเรือนเพื่อการผลิตไหลสตรอเบอรี่ที่ติดตาดอกแล้วจำหน่าย เพราะใช้เวลาสั้นๆในการกระตุ้นตาดอก หรือศึกษาการใช้พลังงานทดแทนอื่นๆ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ อย่างไรก็ตามโรงเรือนต้นแบบควบคุมสภาวะแบบอัตโนมัติจะเป็นโรงเรือนตัวอย่างให้กลุ่มเกษตรกรได้เข้ามาศึกษา เรียนรู้ และนำไปพัฒนาปรับใช้ให้เหมาะสมกับการปลูกพืชของตนเองต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์. 2562. การปลูกสตรอเบอรี่. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สืบค้นจาก: http://learn.in.th/god t.html [ม.ค. 2562].

ทศพร ทองเที่ยง อภัชรา เมืองคำ และธิติมา วงษ์ชีรี. 2541. ผลการตัดแต่งดอกและผลสตรอเบอรี่ต่อคุณภาพของสตรอเบอรีที่เหมาะต่อการแปรรูป. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24 วันที่ 19-21 ตุลาคม 2541.

โอฬาร ตัณฑวิรุฬห์ วรวิทย์ ยี่สวัสดิ์ บัวบาง ยะอูป สมศักดิ์ รุ่งอรุณ และวีระศรี หวังการ. 2541. ศึกษาวิธีชักนำการสร้างตาดอกของสตรอเบอรี่บางพันธุ์โดยใช้ห้องเย็น. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36: บทคัดย่อ. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, 3-5 กุมภาพันธ์ 2541.

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก – ก

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ค่าที่กำหนดสำหรับใช้ในการคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายของโรงเรือนอัจฉริยะ

ราคาแรกซื้อ, P	250,000	บาท
ราคาซาก, S	10%ของ P	บาท
อายุการใช้งาน, L	10	ปี
อัตราดอกเบี้ย, i	10	เปอร์เซ็นต์ต่อปี
ค่าบำรุงรักษา	3,800	บาท/ปี
ค่าไฟฟ้า (คำนวณที่การใช้ไฟฟ้า 8 ชม./วัน)	54,500	บาท/ปี
ค่าน้ำประปา	700	บาท/ปี
ค่าปุ๋ย	16,250	บาท/ปี
ค่าต้นไหล	5,000	บาท/ปี
ค่าวัสดุปลูก	3,500	บาท/ปี
ค่าแรง (1 ใน 3 ของค่าแรงทั้งปี)	36,000	บาท/ปี
ผลผลิตต่อปี	A	กก./ปี

การคำนวณต้นทุนการใช้งานโรงเรือนอัจฉริยะ

การคำนวณค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรง (Straight-Line Method) เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$D=(P-S)/L$$

เมื่อ D= ค่าเสื่อมราคา

P= ราคาแรกซื้อ

S= ราคาซาก

L= อายุการใช้งาน (ปี)

การคำนวณค่าดอกเบี้ยในการลงทุน เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$I = 0.5(P+S) \times i$$

เมื่อ I= ดอกเบี้ยในการลงทุนแต่ละปี

P= ราคาแรกซื้อ

S= ราคาซาก

i = อัตราดอกเบี้ย

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ราคาโรงเรือนอัจฉริยะและระบบควบคุม	250,000	บาท
<u>ค่าต้นทุนคงที่:</u>		
ค่าเสื่อมราคา, D	22,500	บาท/ปี
ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน	13,750	บาท/ปี
รวมต้นทุนคงที่	36,250	บาท/ปี
<u>ค่าต้นทุนผันแปร:</u>		
ค่าบำรุงรักษา	3,800	บาท/ปี
ค่าไฟฟ้า	54,500	บาท/ปี
ค่าน้ำประปา	700	บาท/ปี
ค่าปุ๋ย	16,250	บาท/ปี
ค่าต้นไหล	5,000	บาท/ปี
ค่าวัสดุปลูก	3,000	บาท/ปี
ค่าแรงงาน	36,000	บาท/ปี
รวมค่าต้นทุนผันแปร	119,750	บาท/ปี

ความสัมพันธ์ของต้นทุนการใช้งานโรงเรือนอัจฉริยะต่อปริมาณผลผลิต A กก./ปี สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{ต้นทุนการใช้งานโรงเรือนอัจฉริยะ, บาท/กก.} = \text{ต้นทุนคงที่} + \text{ต้นทุนผันแปร}$$

$$= (36{,}250/A) + (119{,}750/A)$$

$$= 156{,}000/A \qquad (1)$$

จุดที่คุ้มทุนของการใช้งานโรงเรือนอัจฉริยะ สามารถคำนวณได้เมื่อต้นทุนในการใช้งานในสมการที่ (1) เท่ากับราคาขายผลผลิตในปัจจุบันเท่ากับ 1,200 บาท/กก.

$$\text{ต้นทุนในการใช้งานโรงเรือนอัจฉริยะ} = \text{ราคาขายผลผลิตในปัจจุบัน}$$

$$156{,}000/A = 1{,}200$$

$$A = 130.00 \text{ กก./ปี}$$

ระยะเวลาการคืนทุนขึ้นกับปริมาณการผลิตต่อปีของโรงเรือน ถ้ามีผลผลิตต่อปีมากก็จะคืนทุนเร็วขึ้น โดยสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{1{,}200 \text{ (บาท/กก.)} \times 130 \text{ (กก./ปี)} \times 10 \text{ (ปี)}}{A \text{ (กก./ปี)} \times 1{,}200 \text{ (บาท/กก.)}} \qquad (2)$$

กรมวิชาการเกษตร

กรณีที่เกษตรกรต้องการคืนทุนภายใน 3 ปี สามารถหาจำนวนผลผลิตที่ต้องผลิตต่อปีได้จากการแทนค่าในสมการที่ (2)

$$3 = \frac{1{,}200 \text{ (บาท/กก.)} \times 130 \text{ (กก./ปี)} \times 10 \text{ (ปี)}}{A \text{ (กก./ปี)} \times 1{,}200 \text{ (บาท/กก.)}}$$

$$A = 433.33 \text{ กก./ปี}$$

กรมวิชาการเกษตร