รายงานแผนงานย่อย

การพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรเพื่อลดแรงงานในการจัดการการผลิตไม้ผล

Development of Agricultural Machinery to Reduce Labor in Management Fruit Production

สนอง อมฤกษ์

Sanong Amaroek

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

รายงานแผนงานย่อย

การพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรเพื่อลดแรงงานในการจัดการการผลิตไม้ผล

Development of Agricultural Machinery to Reduce Labor in Management Fruit Production

สนอง อมฤกษ์

Sanong Amaroek

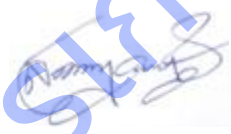
กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

คำปรารภ

รายงานโครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรเพื่อลดแรงงานในการจัดการการผลิตไม้ผล” คณะผู้จัดทำผลงานวิจัยเริ่มดำเนินการตั้งแต่ ตุลาคม 2560 ถึง กันยายน 2564 เป็นเวลา 5 ปี วัตถุประสงค์ เพื่อลดแรงงานในการจัดการการผลิตไม้ผล โดยเน้นไปที่สตรอเบอร์รี่และกล้วยหอมรายงานนี้มีจำนวน 5 บท คือ บทที่ 1 วิจัยและพัฒนาเครื่องยกร่องและปูพลาสติกสำหรับสตรอเบอร์รี่ บทที่ 2วิจัยและพัฒนาโรงเรือนสำหรับเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสตรอเบอร์รี่ บทที่ 3 วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดน้ำหนักผลสตรอเบอร์รี่ บทที่ 4 วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing และบทที่ 5 การวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดหลุมและใส่ปุ๋ยรองพื้นแบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกกล้วยหอม

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานฉบับนี้จะมีประโยชน์แก่นักวิจัย นักวิชาการเกษตร ตลอดจนเกษตรกร และผู้สนใจที่จะได้ศึกษาและนำเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป และเป็นการลดการใช้แรงงาน และเพิ่มมูลค่าผลผลิตให้กับเกษตรกรผู้ปลูกสตรอเบอร์รี่และกล้วยหอม



นายสนอง อมฤกษ์
หัวหน้าแผนย่อยที่ 3 การพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตร
เพื่อลดแรงงานในการจัดการการผลิตไม้ผล

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ..... 5
ผู้วิจัย 6
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ 7
บทนำ..... 8
บทคัดย่อ..... 9
โครงการวิจัย 1 วิจัยและพัฒนาเครื่องยกร่องและปูพลาสติกสำหรับสตรอเบอร์รี่ 15
โครงการวิจัย 2 วิจัยพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะควบคุมสภาวะอากาศอัตโนมัติ
สำหรับการผลิตไม้ผลเมืองหนาวนอกฤดู 25
โครงการวิจัย 3 วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดน้ำหนักผลสตรอเบอร์รี่ 49
โครงการวิจัย 4 วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค
Image Processing 73
โครงการวิจัย 5 วิจัยและพัฒนาเครื่องขุดหลุมและใส่ปุ๋ยรองพื้นแบบอัตโนมัติ
สำหรับการปลูกกล้วยหอม 93
บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 99
บรรณานุกรม..... 101

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ที่ช่วยในการสร้างต้นแบบ

ขอขอบคุณเกษตรกร อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบในแปลงปลูกสตรอเบอร์รี่

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ สถานีขุนวาง อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้แปลงทดสอบเครื่องต้นแบบเครื่องปูพลาสติก

ขอขอบคุณเกษตรกร ตำบลบ่อแก้ว อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ เกษตรกร อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ในการทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องคัดน้ำหนัก

ขอขอบคุณเกษตรกร และโรงคัดผลสตรอเบอร์รี่ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ในการทดสอบเก็บข้อมูล

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ที่ได้ร่วมทดสอบการปลูกสตรอเบอร์รี่สายพันธุ์ต่างประเทศ ในโรงเรือนอัจฉริยะต้นแบบ

นอกจากนี้ยังมีผู้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนในด้านต่างๆ แต่มิได้เอ่ยนามไว้ ซึ่งล้วนแต่มีส่วนส่งเสริมให้โครงการวิจัยนี้ดำเนินงานจนเป็นผลสำเร็จ ซึ่งคณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

สนอง อมฤกษ์	ขนิษฐ์ หว่านณรงค์	มานพ รักญาติ
Sanong Amaroek	Khanit Wannaronk	Manop Rakyart
สราวุฒิ ปานทน	พงษ์รวี นามวงศ์	ธวัชชัย สวัสดี
Sarawuth Parnthon	Pongrawee Namwong	Tawatchai Sawatdee
สรวิศ จันทร์เจนจบ	นิติ ผูกจิต	มานพ คันธามารัตน์
Sorawit Junjenjob	Niti Pookjit	Manop kantamarat
อนุภพ เผือกผ่อง	วิชัย โอภานุกุล	อานนท์ สายคำฟู
Anupop Puekpong	Wichai Opanukul	Arnon Saikamfu
อาธร พรบุญ	สุพัฒธณกิจ โพธิ์สว่าง	อุทัย ธานี
Arton Ponboon	Supattanakit Posawang	Uthai Thanee
เสาวคนธ์ วิลเลี่ยม	สิทธิชัย ดาศรี	ธงไชย บุญประเสริฐ
Saowakon Willaim	Sittichai Darsri	Thongchai Boonprasert
ชัยวัฒน์ เผ่าสันทัดพาณิชย์	อัคคพล เสนาณรงค์	
Chaiwat Paosantadpanich	Akkapol Senanarong	

กรมวิชาการเกษตร

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

1 สัญลักษณ์และคำย่อวิศวกรรม

Ground wheel	=	ล้อขับ
Arduino Uno	=	ไมโครคอนโทรลเลอร์
π	=	มุมในหน่วยเรเดียน
Mean Mass Diameter (MMD)	=	ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางมวลเฉลี่ย
front view	=	มุมมองจากด้านหน้า
side view	=	มุมมองจากด้านข้าง
top view	=	มุมมองจากด้านบน
%	=	เปอร์เซนต์
w.b.	=	wet basis

2 สัญลักษณ์และคำย่อเศรษฐศาสตร์

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

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

สตรอเบอร์รี่ (strawberry) เป็นสกุลไม้ดอกในวงศ์กุหลาบ ผลสามารถรับประทานได้ ในอดีตปลูกเป็นพืชคลุมดินให้กับต้นไม้ปลูกเลี้ยงอื่น ซึ่งอาจเป็นที่มาของชื่อก็เป็นได้ มีมากกว่า 20 สปีชีส์ และมีลูกผสมมากมาย แต่สตรอเบอร์รี่ที่นิยมปลูกมากในปัจจุบันก็คือสตรอเบอร์รี่สวน (*Fragaria x ananassa*) ผลของสตรอเบอร์รี่มีรสชาติหลากหลายขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ มีตั้งแต่รสหวานจนถึงเปรี้ยว สตรอเบอร์รี่เป็นผลไม้ทางการค้าที่สำคัญ มีปลูกกันเป็นวงกว้างหลายสภาพอากาศทั่วโลก

การปลูกสตรอเบอร์รี่ ในอำเภอแม่สายและพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่นั้น มูลค่าต้นทุนของการผลิตต่อไร่ตก ประมาณ 25,000 - 30,000 บาทและรายได้ตอบแทนต่อไร่ 62,500 บาท (คิดจากค่าเฉลี่ย 2,500 กก. ต่อไร่และ 25 บาทต่อ กก.) ขณะที่เกษตรกรบนดอยอินทนนท์ใช้ต้นทุน การผลิตไร่ละ 30,000 - 35,000 บาท และมีรายได้ไร่ละ 72,500 บาท เนื่องจากสามารถขายเป็นผลรับประทานสดแก่นักท่องเที่ยว และเก็บเกี่ยวผลผลิตได้นานกว่าพื้นราบ ปกติแล้วผลผลิตจะออกประมาณเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนพฤษภาคมในพื้นที่ปลูกบนที่สูงและระหว่างเดือนธันวาคมถึงเมษายนในพื้นที่ปลูกบนพื้นราบ ผลผลิตที่ออกก่อนในเดือนพฤศจิกายนและธันวาคมจะมีคุณภาพดีและขนาดใหญ่ทำให้จำหน่ายได้ในราคาสูงประมาณ 70 - 80 บาทต่อกิโลกรัมในท้องตลาดทั่วไป หลังจากนั้นขนาดผลจะเล็กลง และจำหน่ายได้ในราคา 20 - 30 บาทต่อกิโลกรัม ในช่วงเดือนมกราคมถึงกลางเดือนมีนาคมปัจจุบันยังมีความต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศเพื่อใช้ผลผลิตของสตรอเบอร์รี่ในเชิงอุตสาหกรรมเป็นปริมาณมาก ต่อปีและกำลังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามจำนวนประชากร ประเทศญี่ปุ่นเป็นแหล่งใหญ่ของไทยในการ นำเข้าผลสตรอเบอร์รี่ เพื่อใช้ในการแปรรูปมากสุด (ที่ผ่านมาประมาณ 1,000 - 3,000 ตันต่อปี) นอกจากนี้ยังเคยมีการขนส่งผลรับประทานสดไปจำหน่ายยังประเทศฮ่องกง สิงคโปร์และบางประเทศในแถบยุโรปบ้างเล็กน้อยโดยมูลนิธิโครงการหลวงอีกด้วย

เสน่ห์ของผลไม้ไทย กลายเป็นที่นิยมอย่างมากในปัจจุบัน ทั้งคนไทยและชาวต่างชาติจึงได้พัฒนาสูตรนำผลไม้ไทยมาแปรรูปเป็นผลไม้อบแห้ง ที่ปราศจากสารกันบูด และแป้งน้ำตาล โดยคงรสชาติความอร่อยของผลไม้แต่ละชนิดไว้อย่างครบถ้วนและผลไม้อบแห้งชนิดหนึ่งที่ขาดไม่ได้คือ "สตรอเบอร์รี่อบแห้ง"ที่อุดมคุณค่าทางสารอาหารไว้อย่างครบถ้วนเหมือนอย่างได้ทานสตรอเบอร์รี่สดๆจากไร่ ผลไม้สดมีประโยชน์มากกว่าผลไม้อบแห้งจริงหรือ โดยอันที่จริงแล้วทั้งผลไม้สดและผลไม้อบแห้งล้วนมีประโยชน์ แต่แตกต่างกันตรงปริมาณน้ำตาล และแคลอรีที่ได้รับในหนึ่งหน่วยบริโภค และที่ผลไม้สดมีประโยชน์เพราะมีน้ำเป็นส่วนประกอบให้ประโยชน์ต่อร่างกายด้วยวิตามินเอและซีแต่ผลไม้อบแห้ง คือผลไม้สดที่ผ่านกระบวนการรีดน้ำออกด้วยความร้อนสูง จึงทำให้สูญเสียวิตามินซีและเอ มีการแต่งรสชาติด้วยน้ำตาล ทำให้ปริมาณน้ำตาลสูง แคลอรีสูง แต่กลับอุดมด้วย**"ใยอาหาร"**หรือ ไฟเบอร์ที่ช่วยให้ระบบขับถ่ายทำงานดี และปราศจากไขมันสะสมในร่างกาย

ปัจจุบันในกระบวนการผลิตสตรอเบอร์รี่นั้นเริ่มต้นจากขั้นตอนการเตรียมดิน การยกร่อง การปูพลาสติกคลุมดิน โรงเรือนป้องกันฝน และวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว เกษตรกรยังต้องมานั่งคัดขนาดผลที่แก่เกินไป ผลที่ไม่สมบูรณ์ ออกทิ้ง โดยยังไม่มีเครื่องจักรกล มาช่วยในการทำงาน ทำให้เกษตรกรทำงานล้าช้า บางส่วนถ้าขายขนาดคละกันก็จะไม่ได้ราคา ส่วนที่คัดออกมาได้ที่แก่เกินไปก็คัดทิ้ง (จากการสัมภาษณ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เกษตรกร มีประมาณ 5 – 20 เปอร์เซนต์) เนื่องจากผลสตรอเบอร์รี่ช้ำง่าย การเก็บเกี่ยวต้องคำนึงถึงระยะทางในการขนส่งสู่ตลาดถ้าระยะทางไกลต้องเก็บผลสุกหรือเห็นสีแดง 50 เปอร์เซนต์ ซึ่งจะได้ผลแข็งสะดวกแก่การขนส่งถ้าระยะทางใกล้ควรเก็บผลสุกหรือสีแดง 75 เปอร์เซนต์ เวลาที่เก็บควรเก็บตอนเช้า เมื่อเก็บแล้วไม่ควรให้ผลถูกแสงแดด ซึ่งจะทำให้ผลเน่าเร็วควรเก็บทุก 1 - 2 วัน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับสตรอเบอร์รี ที่ต้องได้รับการพัฒนาได้แก่ขั้นตอนของการเตรียมดินและวัสดุคลุมดิน ขั้นตอนการปลูก โรงเรือนป้องกันฝน เครื่องคัดขนาดผล (โดยน้ำหนัก) เครื่องคัดแยกสีผล เพื่อให้สตรอเบอร์รี่มีคุณภาพและขายได้ราคา

ในส่วนของการปลูกกล้วยหอมจะต้องใช้แรงงานคนในการขุดหลุม ใส่ปุ๋ย และกลบดินจำนวนมาก จึงเกิดแนวคิดที่จะลดแรงงานในการปลูกกล้วยหอมโดยใช้เครื่องจักรกลเข้ามาทดแทนแรงงาน ในที่นี้ได้พัฒนาเครื่องขุดหลุมและใส่ปุ๋ยรองพื้นขึ้นมาโดยสามารถช่วยแรงงานในการขุดหลุมและใส่ปุ๋ยลงได้ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องขุดหลุมและใส่ปุ๋ยรองพื้นแบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกกล้วยหอม

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

แผนงานย่อยที่ 3 การพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรเพื่อลดแรงงานในการจัดการการผลิตไม้ผล ประกอบไปด้วย 5 โครงการได้แก่ **1) วิจัยและพัฒนาเครื่องยกร่องและปูพลาสติกสำหรับสตรอเบอร์รี่** งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องยกร่องและปูพลาสติกสำหรับสตรอเบอร์รี่ โดยสร้างและปรับปรุงต้นแบบเครื่องต้นแบบให้สามารถทำงานได้ดีโดยใช้รถไถเดินตามขนาด 11 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ที่ความกว้างการทำงาน 1.2 เมตร สามารถยกร่องกว้าง 60 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร (สามารถปรับความกว้างของร่องได้สูงสุด 90 เซนติเมตร) ดำเนินการทดสอบเครื่องต้นแบบที่อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ ในแปลงที่เป็นดินร่วนปนทรายและเตรียมดินขั้นแรกด้วยจอบหมุน ผลการทดสอบพบว่า ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1.4 ไร่ต่อชั่วโมง ความสามารถทางทฤษฎี 1.6 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงาน 87.5 เปอร์เซนต์ เครื่องต้นแบบสามารถทำงานกลบขอบพลาสติกได้ทั้งหมด การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน เมื่อเครื่องต้นแบบราคา 12,000 บาท อายุการใช้งาน 5 ปี มีจุดคุ้มทุน ที่ 43.23 ไร่ต่อปี **2) วิจัยพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะควบคุมสภาวะอากาศอัตโนมัติสำหรับการผลิตไม้ผลเมืองหนาวนอกฤดู** งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะควบคุมสภาวะอากาศอัตโนมัติ ที่เหมาะสม สำหรับการผลิตไม้ผลเมืองหนาวนอกฤดู ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพการผลิต โดยออกแบบเป็นโรงเรือนปิดขนาด 4 x 5 x 2.5 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) ควบคุมด้วยสมองกลฝังตัว ซึ่งอ่านค่าจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และแสง และส่งคำสั่งไปควบคุมการเปิดเครื่องปรับอากาศอัตโนมัติ ถ้าอุณหภูมิข้างในโรงเรือนสูงกว่า 24°C (กลางวัน) หรือสูงกว่า 16°C (กลางคืน) และใช้เครื่องปรับอากาศช่วยลดความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือน โดยให้ทำงานเมื่ออุณหภูมิข้างในโรงเรือนสูงกว่า 14°C และความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 80 เปอร์เซนต์ ควบคุมเครื่องทำความชื้นให้เปิดอัตโนมัติถ้าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 60 เปอร์เซนต์ และควบคุมให้ปิดม่านพรางแสงอัตโนมัติ เมื่อความเข้มแสงอาทิตย์ภายนอกโรงเรือนสูงกว่า 30,000 lux เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนเข้ามาสะสมใต้หลังคา จากการทดสอบปลูกสตรอเบอร์รี่สายพันธุ์ญี่ปุ่นในโรงเรือนต้นแบบ ระหว่าง ก.พ. – ก.ค. 64 ที่พบว่าภายใต้การควบคุมสภาวะอากาศอัตโนมัติภายในโรงเรือน 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 **3) วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดน้ำหนักผลสตรอเบอร์รี่** งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตสตรอเบอร์รี่ด้วยเครื่องจักรกลทดแทนแรงงานคนโดยการวิจัยและพัฒนาเครื่องคัดน้ำหนักผลสตรอเบอร์รี่ ด้วยวิธีการใช้เซ็นเซอร์วัดน้ำหนักแบบสเตรนเกจโหลดเซล (Strain gage Load cell) มาใช้ร่วมกับบอร์ดควบคุมอัตโนมัติแบบอาดุยโน่บอร์ด (Arduino board) ซึ่งมีสมองกลไฟฟ้าสั่งการควบคุมการทำงานของเครื่องมือให้ทำการคัดแยกน้ำหนักแบบอัตโนมัติ ได้เครื่องต้นแบบ มีสัดส่วนขนาด 1,500 x 1,080 x 870 มิลลิเมตร มีส่วนประกอบสำคัญคือ ชุดกลไกป้อนผลแบบจานหมุน ใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์เกียร์ทด 1:60 ขนาด 0.25 แรงม้า ชนิด 3

เ ฟ ส

220 โวลต์ และใช้อินเวอร์เตอร์ ชนิด 1 เฟส 220 โวลต์ มาควบคุมมอเตอร์ให้ปรับรอบหมุนได้ ชุดเซ็นเซอร์ชั่งน้ำหนักผล เชื่อมต่อแผงวงจรขยายสัญญาณไฟฟ้า ADC มีหน้าปัดแสดงผลแบบจอสัมผัส ใช้เซอร์โวมอเตอร์ ควบคุมการเปิด-ปิด ลิ้นปล่อยผล ชุดจ่ายคัดแยกขนาดผลโดยน้ำหนัก ใช้เซอร์โวมอเตอร์ขับเคลื่อนตำแหน่ง ท่อจ่ายผล และชุดตู้ควบคุมหลัก มีตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าหลัก และตู้บอร์ดควบคุมอัตโนมัติ ผลทดสอบหาประสิทธิภาพการคัดแยกขนาดผลโดยน้ำหนักที่ระดับความเร็วเชิงเส้นของจานป้อน 0.072, 0.082 และ 0.088 เมตรต่อวินาที ที่ความเร็วเชิงเส้น 0.082 เมตรต่อวินาที ให้ผลทดสอบดีที่สุด มีอัตราการป้อน 1,920 ผล/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการคัดเฉลี่ย 100 เปอร์เซ็นต์ ผลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์มีจุดคุ้มทุนที่ 30,301.20 กิโลกรัม/ปี ระยะเวลาคืนทุน 1.4 ปี **4) วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing**งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิคประมวลผลภาพ (Image Processing) เครื่องมีขนาด 1,325 x 3,000 x 1,400 mm ใช้กล้องตรวจจับภาพสีความละเอียด 752 x 480 Pixel และใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IV - H1 ในการประมวลผลภาพ ระบบการคัดแยกทำงานอัตโนมัติควบคุมด้วยโปรแกรม PLC สามารถคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ได้ 4 สี คือ สีขาว สีชมพู สีแดงและสีแดงคล้ำ ผลการทดสอบเครื่องที่ความเร็วเชิงเส้นสายพานคัดแยก 0.05, 0.08 และ 0.1 เมตรต่อวินาที ความเร็วสายพานคัดแยก 0.05 เมตรต่อวินาที ให้ผลทดสอบดีที่สุด เครื่องมีความแม่นยำเฉลี่ย 93.23 เปอร์เซนต์ ความสามารถเฉลี่ย 3,214 ผลต่อชั่วโมง ส่วนการคัดด้วยแรงงานมีความสามารถเฉลี่ย 1,494 ผลต่อชั่วโมง ความสามารถในการทำงานของเครื่องเร็วกว่าการใช้แรงงานคน 2.15 เท่า เครื่องต้นแบบราคา 150,000บาท อายุการใช้งาน 7 ปี มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 4.81 ปี และ **5) วิจัยและพัฒนาเครื่องขุดหลุมและใส่ปุ๋ยรองพื้นแบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกกล้วยหอม** ได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดหลุมและใส่ปุ๋ยรองพื้นแบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกกล้วยหอมโดยได้ต้นแบบที่เหมาะสมดังนี้ เครื่องขุดหลุมและใส่ปุ๋ยรองพื้นแบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกกล้วยหอม รับกำลังมาจากเพลาอำนวยกำลังของรถแทรกเตอร์ส่งกำลังมายังห้องเฟืองทดเพื่อขับชุดสว่านเจาะหลุม ในขณะที่ถังปุ๋ยจะถูกขับผ่านโซ่เฟืองทดของล้อขับ (ground wheel)เพื่อลำเลียงขี้วัวออกทั้งด้านซ้ายและด้านขวาของถังปุ๋ยโดยผ่านเกลียวลำเลียง มีการกำหนดระยะระหว่างหลุมอัตโนมัติโดยจะใช้เอ็นโค้ดเดอร์ (Rotary Encoder) ติดตั้งเข้ากับล้อขับ (Ground wheel) แล้วส่งสัญญาณทางไฟฟ้าให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno เพื่อประมวลผลระยะการเคลื่อนที่จากการหมุนของล้อขับและ ประมวลผลได้ตามค่าระยะปลูกที่ต้องการแล้วจะส่งสัญญาณดิจิตอลไปยังชุดรีเลย์ (Relay Module) เพื่อสั่งให้แตรลมทำงาน และเป็นสัญญาณเสียงให้คนขับรถแทรกเตอร์หยุดรถเพื่อขุดหลุมปลูกกล้วย ได้ทำการทดสอบที่สภาวะ ความหนาแน่นดินสภาพแห้ง 1.55 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความชื้นดิน 15.97 เปอร์เซนต์ (dry basis) มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 0.47 ไร่ต่อชั่วโมง การใช้เครื่องขุดหลุมและใส่ปุ๋ยจะมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 24.67 ไร่/ปี นั่นคือเกษตรกรหรือผู้รับจ้างจะต้องทำการขุดหลุมและใส่ปุ๋ยด้วยเครื่องอย่างน้อย 25 ไร่/ปี เป็นระยะเวลา 7 ปี โดยมีต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการใช้งานอยู่ที่ 3,000 บาท/ไร่

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

The Development of agricultural machinery to reduce labor in management fruit production consisted of 5 projects **1) Research and Development of Furrow Maker and Plastic Mulching for Strawberry**. The objectives of this research was to develop the ridge-furrow maker and plastic mulching for strawberry. The prototype had been developed to be 1.2 m. working width, furrow width and height is 60 and 20 cm respectively (maximum furrow width can be 90 cm.). The prototype was walking type and powered by 11 HP diesel engine. The field test was conducted at Samoeng District, Chiang Mai in sandy-loam soil type. Before testing, the field was primary prepared by rotary tiller. The field test results showed the average of field work capacity was 1.4 Rai per hour, while theoretical work capacity was 1.6 Rai per hour. The working efficiency was 87.5% and all of the edge of plastic was completely covered by soil. The break-even point was 43.23 Rai per year, when prototype was 12,000 THB and 5 years lifetime. **2) Research and Development on Automatic Control System of a Smart Greenhouse for Winter Horticulture Off Season.** 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. **3) Research and Development of a Strawberry Grading Machine.** The objective of research is to increase efficiency of strawberry production by using machines

กรมวิทยาศาสตร์

instead of labor by research and development strawberry weight grading machine. Prototype with dimensions of 1,500 x 1,080 x 870 mm. The main part of the prototype 1) The rotating plate feed mechanism use a power source as a gear motor 1:60, 0.25 horsepower 3 phase 220 volt and 1 phase 220 volt inverter to control the motor to adjust the rotation. 2) Weighing sensor connect the ADC power amplifier circuit with a touch screen display. Use a servo motor Control the on-off of the strawberries. 3) Sorting unit by Weight use servo motor to drive picking position. Test for efficiency machine at the linear velocity of the feed plates 0.072, 0.082 and 0.088 m/s resulted that at 0.082 m/s gave the best result with strawberry feed rate 1,920 /hour. 100 percent average efficiency. Breakeven point 30,301.20 kg/year. 1.4 year payback period. **4) Image Processing Research and Development Image Processing for Strawberry.** The objective of this is to research and develop the strawberry sorter by using image processing technology. The machine size is 1,325 x 3,000 x 1,400 mm, a camera's resolution 752 x 480 pixels is used for color detecting and IV-H1 software is used for image analyzing. The sorting system is automatically operated by PLC programmed control. The machine capable for sorting 4 types of strawberry's color as white, pink, red and dark red. The test was done at 0.05, 0.08 and 0.1 $m.s^{-1}$ of sorting speed, the result showed the good condition for strawberry grading at 0.05 $m.s^{-1}$. The average of sorting accuracy was 93.23 %, average working capacity was 3,214 fruits $hour^{-1}$, comparing with manual grading it is 2.15 times faster. The manual grading capacity was 1,494 fruits $hour^{-1}$. The machine price is 150,000 THB, the operation time is 7 years, the break-even point is 4.81 years. **5) Researched and Developed an Automatic Pit Digging and Fertilizing Machine for Banana Planting.** The objective of this research was to develope an automatic pit digging and fertilizing machine for banana planting. The following suitable prototypes were obtained: The automatic digging and fertilizing foundation for banana planting is powered by the tractor's power shaft. Power is sent to the reduction gear room to drive the borehole drill set. while the fertilizer hopper is driven through the gear chain of the drive wheel (ground wheel) to convey cow dung out to both the left and right sides of the fertilizer bin via a spiral conveyor. The distance between holes is automatically determined by using a rotary encoder attached to the ground wheel and sending an electrical signal to the Arduino Uno microcontroller to process the rotation distance of the driving wheel and Processed according to the desired growing distance and then send a digital signal to the relay (Relay Module) to order the air horn to work. and a sound signal for the tractor driver to stop the car to dig a hole for planting bananas. was tested at the Soil density in dry condition 1.55

grams per cubic centimeter, soil moisture 15.97% (dry basis), average working capacity of 0.47 rai per hour. Using a pit digging and fertilizing machine will have a break-even point of 24.67 rai / year, that is, the farmer or contractor will have to dig a hole and fertilize with a machine at least 25 rai / year for a period of 7 years with the cost or The cost of use is 3,000 baht/rai.

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 1

วิจัยและพัฒนาเครื่องยกร่องและปูพลาสติกสำหรับสตรอเบอร์รี่

Research and Development of Furrow Maker and Plastic Mulching for Strawberry

นายธีรศักดิ์ โกเมฆ นายสนอง อมฤกษ์ นายมานพ รักญาติ พงษ์รวี นามวงศ์

Theerasak Komake Sanong Amaroek Manop Rakyat Pongrawee Namwong

สุพัฒธณกิจ โพธิ์สว่าง มานพ คันธามารัตน์ สรวิศ จันทร์เจนจบ[1]

Supattanakij Posawang Manop Kantamarat Sorawit Janjenjop[1]

คำสำคัญ: เครื่องยกร่องและปูพลาสติก, สตรอเบอร์รี่

Key words : Furrow Maker and Plastic Mulching, Strawberry

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องยกร่องและปูพลาสติกสำหรับสตรอเบอร์รี่ โดยสร้างและปรับปรุงต้นแบบเครื่องต้นแบบให้สามารถทำงานได้ดีโดยใช้รถไถเดินตามขนาด 11 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ที่ความกว้างการทำงาน 1.2 เมตร สามารถยกร่องกว้าง 60 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร (สามารถปรับความกว้างของร่องได้สูงสุด 90 เซนติเมตร) ดำเนินการทดสอบเครื่องต้นแบบที่อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ ในแปลงที่เป็นดินร่วนปนทราย และเตรียมดินขั้นแรกด้วยจอบหมุน ผลการทดสอบพบว่า ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1.4 ไร่ต่อชั่วโมง ความสามารถทางทฤษฎี 1.6 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงาน 87.5 เปอร์เซนต์ เครื่องต้นแบบสามารถทำงานกลบขอบพลาสติกได้ทั้งหมด การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน เมื่อเครื่องต้นแบบราคา 12,000 บาท อายุการใช้งาน 5 ปี มีจุดคุ้มทุน ที่ 43.23 ไร่ต่อปี

Abstracts

The objectives of this research was to develop the ridge-furrow maker and plastic mulching for strawberry. The prototype had been developed to be 1.2 m. working width, furrow width and height is 60 and 20 cm respectively (maximum furrow width can be 90 cm.). The prototype was walking type and powered by 11 HP diesel engine. The field test was conducted at Samoeng District, Chiang Mai in sandy-loam soil type. Before testing, the field was primary prepared by rotary tiller. The field test results showed the average of field work capacity was 1.4 Rai per hour, while theoretical work capacity was 1.6 Rai per hour. The working efficiency was 87.5% and all of the edge of plastic was completely covered by soil.

กรมวิชาการเกษตร

The break-even point was 43.23 Rai per year, when prototype was 12,000 THB and 5 years lifetime.

บทนำ

สตรอเบอร์รี่ (strawberry) เป็นไม้ดอกในวงศ์กุหลาบ มีมากกว่า 20 สปีชีส์ และมีลูกผสมหลายสายพันธ์ ขึ้นอยู่กับสถานที่ปลูกและสภาพภูมิประเทศ แต่สตรอเบอร์รีที่นิยมปลูกมากในปัจจุบันก็คือสตรอเบอร์รี่สวน (*Fragaria × ananassa*) โดยผลของสตรอเบอร์รีมีรสชาติหลากหลายขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ มีตั้งแต่รสหวานจนถึงเปรี้ยว สตรอเบอร์รีเป็นผลไม้ทางการค้าที่สำคัญ มีปลูกกันเป็นวงกว้างหลายสภาพอากาศทั่วโลก และในส่วนของ ประเทศไทย สตรอเบอร์รี่ จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ โดยแหล่งปลูกสตรอเบอร์รี่ที่สำคัญ ในประเทศไทย อยู่ที่ในพื้นที่ จังหวัดเชียงราย และจังหวัดเชียงใหม่ และยังเริ่มมีแพร่กระจายไปในภาคอื่นๆที่มีอุณหภูมิต่ำพอที่จะปลูก เช่น จังหวัดกาญจนบุรี โดยเป็นพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลค่อนข้างมาก เนื่องจากต้องใช้อุณหภูมิต่ำ จึงจะเจริญได้ดี โดยมูลค่าต้นทุนของการผลิตต่อไร่ ที่บริเวณ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ ประมาณ 80,830 บาทต่อไร่ และผลตอบแทนต่อไร่ประมาณ 140,100 บาท โดยคิดจากค่าเฉลี่ยปลูกไร่ละ 8,000 ต้นต่อไร่ ได้ผลผลิตประมาณ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาขายเฉลี่ย 70.5 บาทต่อกิโลกรัม และทำการขายในลักษณะเป็นผลรับประทานสดแก่นักท่องเที่ยว ซึ่งมีราคาขายปลีกที่สูง ร่วมกับการขายให้โรงงานแปรรูป และโดยเฉพาะในกลุ่มเกษตรกรที่ดูแลรักษาดีตามหลักวิชาการจะสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้นานกว่ากลุ่มผู้ปลูกทั่วไป ปกติแล้วผลผลิตจะออก ประมาณเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนพฤษภาคมในพื้นที่ปลูกบนที่สูงและระหว่างเดือนธันวาคม ถึงเมษายนในพื้นที่ปลูกบนพื้นราบ ผลผลิตที่ออกก่อนในเดือนพฤศจิกายนและธันวาคมจะมีคุณภาพดีและขนาดใหญ่ ทำให้จำหน่ายได้ในราคาสูง หลังจากนั้นขนาดผลจะเล็กลง ในประเทศไทย พันธุ์ที่นิยมปลูกเป็นหลักเพื่อการค้านั้น มี 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ 329 ซึ่งพัฒนาจากสายพันธ์ yael จากประเทศอิสราเอล ซึ่งกรมส่งเสริมการเกษตรส่งเสริมให้ปลูกตั้งแต่ปี 2542 ผลผลิตประมาน 2,500 กิโลกรัมต่อไร่ และพันธุ์พระราชทาน 80 ที่มูลนิธิโครงการหลวงและมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ส่งเสริมให้ปลูกตั้งแต่ปี 2542 ซึ่งผลผลิตมากถึงประมาน 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ และเป็นพันธุ์ที่มีรสชาติหวานและเป็นที่ต้องการของตลาด (สุรางคณา, 2557)

ในปัจจุบันยังมีความต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศเพื่อใช้ผลิตของ สตรอเบอร์รี่ ในเชิงอุตสาหกรรมเป็นปริมาณมากต่อปีและกำลังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามจำนวนประชากร ประเทศญี่ปุ่นเป็นแหล่งใหญ่ของไทยในการ นำเข้าผลสตรอเบอร์รี่ เพื่อใช้ ในการแปรรูปมากสุด (ที่ผ่านมาประมาณ 1,000 - 3,000 ตันต่อปี) นอกจากนี้ยังเคยมีการขนส่งผลรับประทานสดไปจำหน่ายยังประเทศฮ่องกง สิงคโปร์ และ

กรมวิชาการเกษตร

บางประเทศในแถบยุโรปบ้างเล็กน้อย โดยหน่วยงานหลักในการแปรรูปและขายส่งออกทั้งในประเทศและต่างประเทศคือมูลนิธิโครงการหลวง ภายใต้ชื่อผลิตภัณฑ์ดอยคำ ซึ่งเป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง

ปัจจุบันในกระบวนการผลิตสตรอเบอร์รี่ นั้นเริ่มต้นจากขั้นตอนการเตรียมดิน การยกร่อง การปูพลาสติกคลุมดิน การเพาะต้นอ่อน (ไหล) จนถึงการย้ายกล้าปลูกลงในแปลง โดยการทำการผลิตทุกขั้นตอนเกษตรกรยังไม่มีเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับสตรอเบอร์รี่ โดยตรงมาช่วยในการทำงาน เนื่องจากเครื่องจักรกลทั่วไปนั้นมีขนาดใหญ่ เข้าในแปลงสตรอเบอร์รี่ไม่ได้ และเครื่องมือขึ้นร่องพืชชนิดอื่นบางอันกำลังไม่พอ กินดินลึกไม่พอ หรือบางเครื่องที่มีกำลังพอเหมาะ แต่มีน้ำหนักมาก ทำให้เกิดการอัดตัวของดิน (soil compaction) ที่มากเกินไป ทำให้ความพรุนของดินลดลง และในแปลงสตรอเบอร์รี่มีลักษณะแคบสูง การขึ้นร่องยาก ต่างจากพืชอื่นจึงไม่เหมาะที่จะใช้เครื่องมือพืชอื่นโดยตรง ประกอบกับพื้นที่ปลูกสตรอเบอร์รี่อยู่บนภูเขาสูง ในบางครั้งเครื่องมือที่ใช้ในพืชอื่นในพื้นราบ ขึ้นบนที่สูงไม่ได้ และเกษตรกรยังไม่สามารถดัดแปลงให้ใช้งานได้ ดังนั้น จึงยังไม่มีการใช้เครื่องจักรกลในการผลิตสตรอเบอร์รี่ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นต้องมีการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับสตรอเบอร์รี่โดยตรงจึงจะสามารถส่งเสริมให้เกษตรกรมีการลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตจากเครื่องมือเตรียมแปลงที่ถูกต้องได้

ภาพที่ 1.1 การขึ้นแปลงสตรอเบอร์รี่ด้วยแรงคน (คงกฤช อินทแสน, 2555)

ในส่วนของการขึ้นร่อ ง(ขึ้นแปลง) สตรอเบอร์รี่นั้น (ภาพที่ 1.1และ 1.2) ลักษณะของแปลงสตรอเบอร์รี่จะมีลักษณะเฉพาะ คือความแคบและสูง ต่างจากพืชอื่นที่มีเครื่องมือทำแปลง ขึ้นร่องที่กว้างและตื้น เกษตรกร จึงยังไม่มีเครื่องมือขึ้นร่องสตรอเบอร์รี่ โดยตรง ปัจจุบัน เกษตรกรยังทำการขึ้นร่องด้วยแรงคน ส่งผลให้ขนาดแปลงมีความลึกไม่เท่ากัน แนวแปลงยังยังไม่สม่ำเสมอ หรือเรียกว่าแปลงเบี้ยวนั่นเอง รวมไปถึงขอบแปลง (ด้านไหล่ของแปลง) ก็ยังมีมุมเอียงไม่เหมาะกับการปลูก ทำให้เกิดการชะล้างและพังทลายของดินขอบแปลงในบางจุด และเนื่องจากการขึ้นร่องสตรอเบอร์รี่ ต้องการดินที่มีความพรุนสูง และบริเวณความลึกของดินที่มีความพรุนต้องมากพอ เพราะเป็นพืชที่ระบบรากตื้น แต่เกษตรกรบางรายยังทำส่วนหน้าดินที่มีความพรุนลึกไม่สม่ำเสมอ ก็จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของสตรอเบอร์รี่ ประกอบกับการขึ้นร่องสตรอเบอร์รี่ด้วยแรงคน ค่าแรงสูงและทำงานได้ช้า (ประมาณ 700-1,500 บาทต่อไร่) และทำงานได้ไม่เกิน 1 ไร่ต่อคนต่อวันและยังขาดแคลน

กรมวิชาการเกษตร

แรงงานคน ทำให้ประสบปัญหาการเตรียมแปลงไม่ทัน ไม่สามารถผลิตได้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด จึงต้องมีการวิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลที่ใช้ในแปลงสตรอเบอร์รีทดแทนแรงงานคนอย่างเร่งด่วนเพื่อแก้ปัญหานี้

ภาพที่ 1.2 การขึ้นแปลงสตรอเบอร์รี่ที่มีลักษณะแคบและสูง ต่างจากพืชชนิดอื่น
(คงกฤช อินทแสน, 2555)

ในส่วนของการคลุมแปลงสตรอเบอร์รี่ ปัจจุบัน เกษตรกรนิยมใช้พลาสติกคลุมแปลงทดแทนวัสดุธรรมชาติแบบดั้งเดิม เพราะมีความคงทน และควบคุมปัจจัยหลายอย่างได้ดีกว่าวัสดุธรรมชาติเดิม แต่เกษตรกรผู้ปลูกสตรอเบอร์รี่ ก็ยังไม่มีเครื่องมือปูพลาสติกโดยตรง เนื่องจากเครื่องมือปูพลาสติกพืชอื่นที่มีขนาดใหญ่ ไม่สามารถเข้าพื้นที่ได้ และลักษณะการทำงาน ไม่เหมาะกับสตรอเบอร์รี่ เนื่องจากถูกออกแบบมาให้ทำงานได้จำกัดกับแปลงที่มีลักษณะตื้นและแคบ ในขณะที่สตรอเบอร์รี่ต้องการการปูพลาสติกที่แคบ แต่สูงประมาณ 60 เซนติเมตรขึ้นไป เพื่อป้องกันปัญหารากเน่าจากน้ำ วัชพืช โรคและแมลง ทำให้เกษตรกรจึงยังไม่มีเครื่องมือคลุมแปลง (ปูพลาสติก) สำหรับสตรอเบอร์รี่โดยตรง ยังต้องใช้แรงงานคน ซึ่งก็ต้องประสบกับปัญหาหลายด้าน คือการปูพลาสติกด้วยคน แนวแปลงยังไม่สม่ำเสมอ และการปูพลาสติกด้วยคน ความตึงผิวของพลาสติกไม่เพียงพอ ทำให้เกิดการย่น และมีช่องว่างให้ศัตรูพืช (หญ้า และแมลงรวมถึงสัตว์ที่เป็นศัตรูพืชต่างๆ) เข้าไปแทรกได้

การปูพลาสติกด้วยคนมีปัญหาการกลบไม่มิด ทำให้มีวัชพืชขึ้นเยอะ ตามแนวที่กลบไม่มิด และมีธาตุอาหารไหลออกตามแนวรั่ว ต่างจากการใช้เครื่องปูพลาสติก ที่มีอัตราการกลบขอบมากถึง 88 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะช่วยในการรักษาปุ๋ยและป้องกันวัชพืช เมื่อเทียบกับแรงงานคน ที่กลบได้ไม่สนิท คิดเป็นประมาณร้อยละ 60 เท่านั้น ดังจะกล่าวต่อไป และอีกเหตุผลหลักที่เป็นปัญหาคือการปูพลาสติกด้วยคนทำได้ช้า (คนละไม่เกิน 1 ไร่ต่อวัน) และปัจจุบัน ประสบปัญหา ค่าแรงงานสูงและขาดแคลนแรงงาน ในบางครั้ง ทำให้การผลิตล่าช้าลง ส่งผลให้ทำให้เกษตรกรทำการปลูกได้ล่าช้า ประสบปัญหาการเตรียมแปลงไม่ทัน ไม่สามารถผลิตได้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด และหากปล่อยให้เกษตรกรเสียเวลาในการเตรียมแปลงมากเกินไป ส่งผลให้ปลูกได้ไม่พร้อมกัน หรือไม่ทันเวลาที่เหมาะสมจะเป็นอุปสรรคต่อการวางแผนการปลูกและส่งผลต่อความเสียหายของผลผลิตจากสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม และปัญหาจากระยะเวลาเก็บเกี่ยวจากการสุกแก่ที่ไม่เท่ากันด้วย

กรมวิชาการเกษตร

และมีผลในตอนเก็บเกี่ยว ได้ผลผลิตที่เกรดต่างกัน ราคาต่างกัน ดังนั้นหากไม่ทำการวิจัย การผลิตสตรอเบอร์รี่จะลดลง เนื่องจากต้นทุนที่สูงขึ้น และประสิทธิภาพการผลิตที่ลดลง จากปัญหาที่กล่าวมาสรุปคือ การใช้แรงงานคนนั้นช้า มีราคาแพงแพง คุณภาพต่ำ และขาดแคลนแรงงาน ซึ่งแนวทางแก้ไขที่เหมาะสมที่สุดคือการใช้เครื่องจักรทดแทนแรงงานคน จึงมีความจำเป็นเร่งด่วน มีความจำเป็นที่ต้องต้องวิจัยเครื่องมือที่สามารถทดแทนแรงงานคน และเหมาะสมกับสตรอเบอร์รี่โดยตรง ในขั้นตอนการขึ้นร่องและการปูพลาสติกอย่างเร่งด่วนเพื่อแก้ปัญหาที่กล่าวมา เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสตรอเบอร์รี่ได้

โดยการลดต้นทุนด้านแรงงานนั้น สามารถลดได้ถึงร้อยละ 80 และสามารถลดเวลาการทำงานได้ถึงร้อยละ 80 จากความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตรที่ทำงานเร็วกว่าใช้แรงงานคนประมาณ 4 – 5 เท่า โดยวัดจากประสิทธิภาพการทำงาน และจากการกลบพลาสติกที่ดีขึ้นกว่าใช้แรงคน สามารถเพิ่มการป้องกันวัชพืชและศัตรูพืช ก็เป็นหนึ่งในการลดต้นทุนสารกำจัดวัชพืชและแมลงศัตรูพืช จากการควบคุมวัชพืช แมลงศัตรูพืชที่ดีขึ้นรวมถึงการกักเก็บธาตุอาหารที่พืชต้องการช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอีกทางหนึ่ง และงานวิจัยนี้ ยังสอดคล้องกับนโยบาย thailand 4.0 ในภาพรวมจาก 1 ใน 4 องค์ประกอบสำคัญ คือ เปลี่ยนจากการเกษตรดั้งเดิม Traditional farming ไป เป็นเกษตรสมัยใหม่ ที่เน้นการบริหารจัดการและเทคโนโลยี smart farming เกษตรที่มีความแม่นยำสูง Precision farming โดยเกษตรกรจะต้องรวยขึ้น และเป็นเกษตรกรแบบผู้ประกอบการ (Enterpreneur) โดยเป็น 1 ใน 5 กลุ่มเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมเป้าหมาย กลุ่มที่ 1 กลุ่มอาหาร เกษตร และเทคโนโลยีชีวภาพ (Food ariculture& Bio tech) ในด้านการผลิตพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ในการลดต้นทุนในการแข่งขันระหว่างประเทศ และเพิ่มมูลค่าผลผลิต

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าหากมีการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับสตรอเบอร์รี่ในการปลูกตั้งแต่ขั้นตอนของการเตรียมดิน การขึ้นร่องและการปูวัสดุคลุมดินสามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ สามารถลดต้นทุนในขั้นตอนการเตรียมแปลงปลูกและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสตรอเบอร์รี่ได้ในเขตพื้นที่ลาดชันในเขตภาคเหนือของประเทศไทย และส่งผลดีต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศโดยตรง

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

1. ศึกษาเครื่องมือที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบันว่ามีจุดบกพร่องใด และต้องการพัฒนาในจุดใดและนำข้อมูลมาใช้ในการพัฒนาเครื่อง
2. นำหลักการพื้นฐานเครื่องที่มีอยู่แล้วที่ใช้กับพืชชนิดอื่นที่ผู้วิจัยมีประสบการณ์ทำมากับพืชที่มีลักษณะใกล้เคียงกับสตรอเบอร์รี่มาทดสอบหาจุดบกพร่องของเครื่องและเก็บข้อมูล แล้วคำนวณออกแบบแนวทางที่จะพัฒนาใช้ให้เหมาะสมกับสตรอเบอร์รี่ที่สุด
3. ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องต้นแบบ ให้สามารถใช้งานได้ในแปลงของสตรอเบอร์รี่ โดยหลักการออกแบบให้เหมาะกับสตรอเบอร์รี่โดยการจำแนกตามลักษณะแปลงและขนาดร่อง โดยการออกแบบเครื่องนั้นจะต้องเหมาะสมกับขนาดและความสูงของแปลง
4. ทดสอบการทำงานของเครื่องกับกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกสตรอเบอร์รี่ในเขตจังหวัดเชียงราย และเชียงใหม่ โดยมีตัวชี้วัดที่สำคัญดังนี้

กรมวิชาการเกษตร

ด้านความสามารถในการทำงาน

$$\text{ความสามารถในการทำงาน}\left(\frac{\text{ไร่}}{\text{ชั่วโมง}}\right) = \frac{\text{พื้นที่ในการทำงาน(ไร่)}}{\text{เวลา(ชั่วโมง)}}$$

ด้านประสิทธิภาพในการกลบขอบพลาสติก

$$\text{ประสิทธิภาพการกลบขอบพลาสติก(\%)} = \left(\frac{\text{ความยาวของขอบพลาสติกที่กลบ}}{\text{ความยาวรวมของพลาสติกทั้งหมด}}\right) \times 100$$

5. ปรับปรุงและพัฒนาเครื่องต้นแบบอีกครั้ง เพื่อให้เครื่องใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
6. ทดสอบเครื่องต้นแบบในการใช้งานระยะยาวเก็บข้อมูล ความสามารถในการทำงาน ประสิทธิภาพในการทำงานและประสิทธิภาพในการกลบขอบพลาสติก
7. เผยแพร่การใช้งานกับกลุ่มเกษตรกร และหน่วยงานของรัฐ
8. วิเคราะห์ความคุ้มทุนในการใช้เครื่องมือที่ออกแบบเปรียบเทียบกับวิธีของเกษตรกร

ผลการวิจัยและอภิปรายผล (Results and Discussion)

ได้ทำการศึกษาเครื่องที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน พบว่ามีเครื่องยกร่องและปูพลาสติกขนาดเล็กที่เป็นเครื่องของต่างประเทศที่นำเข้ามาสามารถใช้กับพลาสติกหน้ากว้าง 80 - 150 เซนติเมตร เมื่อมาทำการทดสอบยกร่องและปูพลาสติก ปรากฏว่าไม่สามารถยกร่องและปูพลาสติกได้ในคราวเดียวกัน ในสภาพดินร่วน ซึ่งต้นกำลังเป็นเครื่องยนต์เบนซินขนาด 5 แรงม้า แรงต้นกำลังไม่พอ และล้อขับเคลื่อนมีขนาดเล็กเกินไป และร่องที่ยกได้ก็อยู่ระหว่าง 80 - 120 เซนติเมตร ในขณะที่ร่องปลูกสตรอเบอร์รี่ในประทศไทยมีขนาดกว้าง 60 เซนติเมตร จึงจำเป็นต้องออกแบบและพัฒนาเครื่องปูพลาสติกให้ยกร่องและปูพลาสติกในคราวเดียวกัน โดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง และใช้เครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวขนาด 11 แรงม้าเป็นต้นกำลัง

การออกแบบต้นแบบเครื่อง

จากการทดสอบดำเนินการในพื้นที่ ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลและออกแบบ จัดสร้างเครื่องปูพลาสติกที่เหมาะสมสำหรับสตรอเบอร์รี่โดยเฉพาะ ดังภาพที่ 1.3

สถาบันวิจัยการเกษตร

ภาพที่ 1.3 ต้นแบบเครื่องปูพลาสติกติดรถไถเดินตามสำหรับสตรอเบอร์รี่

โดยเครื่องต้นแบบ จะมีขนาดกว้าง 110 เซนติเมตร ยาว 135 เซนติเมตร สูง 60 เซนติเมตร มีผาลยกร่องอยู่ด้านหน้าเป็นผาลจานขนาด 16 นิ้ว ต่อจากผาลจานเป็นชุดขึ้นร่องสามารถปรับได้ 45 - 90 เซนติเมตร ต่อจากชุดขึ้นร่องเป็นชุดลูกกลิ้งใส่ม้วนพลาสติกและมีลูกกลิ้งกดทับพลาสติกอยู่ต่อกัน ต่อจากชุดลูกกลิ้งเป็นชุดล้อกดทับพลาสติกและมีผาลกลบด้านข้างพลาสติกอยู่ท้ายสุด ซึ่งสามารถทำงานได้ดีดังภาพที่ 1.4 และภาพที่ 1.5

ภาพที่ 1.4 การทดสอบในแปลง

ภาพที่ 1.5 แปลงที่ทดสอบปูพลาสติกด้วยเครื่องต้นแบบ

การทดสอบต้นแบบพบว่ามีความสมารถในการทำงานภาคปฏิบัติ 1.2 ไร่ต่อชั่วโมง ยังมีจุดต้องปรับปรุงอีกคือเครื่องมีน้ำหนักมาก ความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่องบางจุด ยังมีจุดเปราะบางต้องใช้เหล็กที่หนาและแข็งแรงมากขึ้น และบางจุดก็สามารถที่จะลดขนาดลงได้เพื่อให้น้ำหนักลดลง ส่วนชุดล้อกดพลาสติกบางจังหวะไม่หมุน ต้องปรับให้มีการหมุนตลอดการใช้งาน ซึ่งทีมงานวิจัยจะได้ดำเนินการแก้ไขและทดสอบอีกครั้ง

เมื่อเทียบกับเครื่องต้นแบบเครื่องปูพลาสติกติดรถไถเดินตามสำหรับปูในการปลูกแตงโมที่ทางสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมเคยทำไว้ มีความแตกต่างกันดังนี้

1.เครื่องต้นแบบจากสถาบันฯ ไม่มีชุดยกร่อง ต้องยกร่องก่อนจึงจะทำการปูพลาสติกได้ ในขณะที่เครื่องปูพลาสติกสำหรับสตรอเบอร์รี่มีชุดยกร่องและปูพลาสติกอยู่ในตัวเดียวกัน

2.เครื่องปูพลาสติกสำหรับสตรอเบอร์รี่มีขนาดกว้าง 1.10 เมตร ยาว 1.35 เมตร สูง 0.60 เมตร สามารถยกร่องกว้างได้สูงสุด 0.9 เมตร แคบสุดได้ 0.45 เมตร ซึ่งสตรอเบอร์รี่ ขนาดร่องที่เหมาะสมคือ 0.60 เมตร ขณะที่เครื่องต้นแบบของสถาบันฯ มีขนาดกว้าง 1.58 เมตร ยาว 1.74 เมตร สูง 0.95 เมตร ปูพลาสติกขนาดร่องกว้าง 0.80-1.20 เมตร ซึ่งมีขนาดกว้างกว่าเหมาะสมกับแปลงปลูกพืชชนิดอื่น ซึ่งสตรอเบอร์รี่ต้องการร่องที่แคบกว่า และแปลงปลูกสตรอเบอร์รี่มีขนาดเล็กบางแปลงพื้นที่ลาดชันจึงไม่เหมาะสมกับสตรอเบอร์รี่ ดังภาพที่ 1.6

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 1.6 เครื่องต้นแบบจากสถาบันฯ และเครื่องที่พัฒนาสำหรับสตรอเบอร์รี่

ทำการปรับปรุงพัฒนา สร้างต้นแบบเครื่องปูพลาสติกขึ้นมาอีกหนึ่งตัว โดยลดความยาวลงจาก 1.35 เมตร เหลือ 1.2 เมตร ปรับปรุงชุดขาล้อกดพลาสติกให้เป็นแบบขาคู่ มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ลดขนาดเล็กบางชิ้นลง และเปลี่ยนชุดกลบดินจากแบบจานกลบเป็นแบบใบกลบเพื่อลดน้ำหนักตัวเครื่อง จากเดิมน้ำหนัก 75 กิโลกรัม ลดลงเหลือ 60 กิโลกรัม ดังภาพที่ 1.7

ภาพที่ 1.7 ชุดขาล้อและใบกลบ ที่ได้รับการปรับปรุงและพัฒนาขึ้นจากต้นแบบเดิม

หลังจากปรับปรุงเสร็จนำไปทดสอบอีกครั้งพบว่าทำงานได้คล่องตัวขึ้นกว่าเดิม ปูพลาสติกได้ดี กลบได้หมด (ดังภาพที่ 1.8)

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 1.8 การทดสอบ เครื่องปูพลาสติกต้นแบบที่พัฒนาแล้ว

อภิปรายผล

จากผลการทดสอบต้นแบบที่มีการปรับปรุงแล้ว พบว่ามีความสามารถในการทำงานทางปฏิบัติเฉลี่ย 1.4 ไร่ ต่อชั่วโมง ความสามารถในการทำงานทางทฤษฎี 1.6 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงาน 87.5 เปอร์เซนต์ กลบขอบพลาสติกได้ทั้งหมด เครื่องต้นแบบดังกล่าวได้ดำเนินการสร้างและทดสอบพร้อมที่จะเผยแพร่ใช้งานแล้ว โดยเครื่องดังกล่าวมีราคาประมาณ 12,000 บาท มีอายุการใช้งาน 5 ปี มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 43.23 ไร่ต่อปี ซึ่งจะเห็นได้ว่าเครื่องดังกล่าวทำงานเพียงปีละ 3 - 4 วัน ก็คุ้มทุนแล้ว นอกนั้นเป็นผลกำไรที่จะตามมาถ้าเกษตรกรนำเครื่องออกไปรับจ้าง นอกจากนี้ยังสามารถนำไปปูพลาสติกปลูกพืชชนิดอื่นได้อีกเช่น พริก มะเขือ ฯลฯ

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

จากผลการวิจัยได้ต้นแบบเครื่องยกร่องและปูพลาสติกสำหรับสตรอเบอร์รี่ สามารถทำงานได้ อย่างมีประสิทธิภาพ โดยยกร่องกว้าง 60 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร (สามารถปรับได้ กว้างสุด 90 เซนติเมตร) ใช้รถไถเดินตามเครื่องยนต์ดีเซล 11 แรง เป็นต้นกำลัง จากการทดสอบในแปลงปลูกสตรอเบอร์รี่ที่ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ ในสภาพดินที่ผ่านการเตรียมดินโดยใช้โรตารี่ สภาพดินเป็นดินร่วนปนทราย ผลการทดสอบพบว่ามีความสามารถในการทำงานทางปฏิบัติเฉลี่ย 1.4 ไร่ ต่อชั่วโมง ความสามารถในการทำงานทางทฤษฎี 1.6 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงาน 87.5 เปอร์เซนต์ กลบขอบพลาสติกได้ทั้งหมด มีขนาดความยาว 1.2 เมตร เครื่องดังกล่าวมีราคาประมาณ 12,000 บาท มีอายุการใช้งาน 5 ปี และมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 43.23 ไร่ต่อปี ในช่วงที่ไม่ได้เตรียมแปลงปลูกสตรอเบอร์รี่ เครื่องต้นแบบดังกล่าวยังสามารถที่จะปรับใช้ให้เหมาะสมกับการปลูกพืชผักได้อีกหลายชนิด

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 2

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 Amaroek

พงษ์รวี นามวงษ์ มานพ รักญาติ อุทัย ธานี มานพ คันธามารัตน์

Pongrawee Namwong Manop Rakyat Uthai Thanee Manop kantamarat

อาธร พรบุญ สุพัฒธณกิจ โพธิ์สว่าง อนุภาพ เผือกผ่อง

Arton Ponboon Supattanakit Potesawang Anuphop Puekpong

คำสำคัญ: โรงเรือนอัจฉริยะ; ควบคุมอัตโนมัติ; สภาวะอากาศ; ไม้ผลเมืองหนาวนอกฤดู

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

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยพัฒนาโรงเรือนอัจฉริยะควบคุมสภาวะอากาศอัตโนมัติ ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไม้ผลเมืองหนาวนอกฤดู ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพการผลิต โดยออกแบบเป็นโรงเรือนปิดขนาด 4 x 5 x 2.5 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) ควบคุมด้วยสมองกลฝังตัว ซึ่งอ่านค่าจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และแสง และส่งคำสั่งไปควบคุมการเปิดเครื่องปรับอากาศอัตโนมัติ ถ้าอุณหภูมิข้างในโรงเรือนสูงกว่า 24°C (กลางวัน) หรือสูงกว่า 16°C (กลางคืน) และใช้เครื่องปรับอากาศช่วยลดความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือน โดยให้ทำงานเมื่ออุณหภูมิข้างในโรงเรือนสูงกว่า 14°C และความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 80 เปอร์เซนต์ ควบคุมเครื่องทำความชื้นให้เปิดอัตโนมัติถ้าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 60 เปอร์เซนต์ และควบคุมให้ปิดม่านพรางแสงอัตโนมัติ เมื่อความเข้มแสงอาทิตย์ภายนอกโรงเรือนสูงกว่า 30,000 lux เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนเข้ามาสะสมใต้หลังคา จากการทดสอบปลูกสตรอเบอร์รี่สายพันธุ์ญี่ปุ่นในโรงเรือนต้นแบบ ระหว่าง ก.พ. – ก.ค. 64 ที่พบว่าภายใต้การควบคุมสภาวะอากาศอัตโนมัติภายในโรงเรือน 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

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 ^{0}Brix.

บทนำ

ประเทศไทยแม้จะเป็นประเทศเขตร้อน แต่มีสภาพภูมิอากาศที่หลากหลาย จึงมีการปลูกพืชเศรษฐกิจที่หลากหลาย รวมถึงพืชเมืองหนาวซึ่งมีการปลูกเฉพาะถิ่น โดยเฉพาะบนภูเขาสูงในภาคเหนือตอนบนซึ่งมีอากาศเย็น แต่มีข้อจำกัดคือพื้นที่ซึ่งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เหมาะสมมีน้อย ทำให้พืชเมืองหนาว โดยเฉพาะตระกูลเบอร์รี อย่างเช่น แบลคเบอร์รี ราสเบอร์รี บลูเบอร์รี สตรอเบอร์รี่ แครนเบอร์รี่ และไม้ดอกเมืองหนาว หายากและมีราคาแพง การศึกษาวิจัยที่จะนำไปสู่ความสำเร็จ ได้อย่างเห็นผลลัพธ์ได้เร็วที่สุดคือการใช้สตรอเบอร์รี่เป็นกรณีศึกษา เนื่องจากมีการขยายพื้นที่ปลูกอย่างรวดเร็วตั้งแต่ ปี 2535 จากการขยายตัวของตลาดทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยเฉพาะในด้านการนำมาแปรรูป พื้นที่การผลิตส่วนใหญ่จะในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย เพราะมีอากาศเย็น รวมพื้นที่การผลิตทั้งประเทศประมาณ 2,600 - 3,000 ไร่ต่อปี ได้ผลผลิตประมาณ 6,000 - 7,000 ตันต่อปี (ณรงค์ชัย, 2561)

กรมวิชาการเกษตร

ปัจจุบันระบบการปลูกสตรอเบอร์รี่ของประเทศไทย ต้นไหลจะถูกบังคับให้เกิดการพัฒนาของตาดอกและเพื่อความแข็งแรงก่อนปลูก โดยการปล่อยให้ได้รับอุณหภูมิเย็นในเวลากลางคืนบนที่สูง ซึ่งจะทำให้ออกดอกได้เร็วกว่าต้นไหลที่ผลิตบนพื้นราบ โดยในเดือนเมษายนต้นไหลทั้งหมดที่ออกมา จะถูกปลูกลงในถุงพลาสติกเล็กที่บรรจุดินแล้ว และปล่อยให้เจริญเติบโตในแปลงจนกระทั่งเดือนมิถุนายน จึงขนไปปลูกบนที่สูงประมาณ 1,200 - 1,400 เมตร เพื่อผลิตต้นไหลต่อไป ซึ่งจะตรงกับช่วงฤดูฝน (มิถุนายน - ตุลาคม) หลังจากที่ปล่อยให้ต้นไหลที่เจริญอยู่ในถุงพลาสติก และได้รับความหนาวเย็นเพียงพอแล้ว จะนำลงไปปลูกในแปลงที่พื้นราบไม่เกินเดือนตุลาคม เพราะถ้าหากปลูกช้าเกินไปจะทำให้ผลผลิตออกช้าตามไปด้วย ต้นไหลที่ผลิตจากบนที่สูงนี้จะสามารถตั้งตัวและออกดอกได้เร็วกว่าประมาณเดือนธันวาคม และสามารถเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่เดือนธันวาคม-เดือนมีนาคม ในพื้นที่ปลูกของจังหวัดเชียงใหม่ ส่วนจังหวัดเชียงรายซึ่งมีสภาพอากาศที่เย็นกว่าจะเก็บเกี่ยวต่อไปได้จนถึงเดือนเมษายน เมื่อถึงฤดูกาลเก็บเกี่ยวซึ่งเป็นช่วงที่อุณหภูมิสูงขึ้น ต้นไหลที่เจริญออกมาจะถูกบังคับให้เจริญเติบโตในถุงพลาสติกขนาดเล็กใส่ดิน เหมือนที่กล่าวมาข้างต้น และเตรียมไว้เป็นต้นแม่สำหรับการขนขึ้นไปขยายต้นไหลบนที่สูงต่อไปเป็นวงจรทุกปี

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

ในปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมทำการปลูกพืชในโรงเรือนมากขึ้น เนื่องจากสามารถป้องกันปัญหาโรคและแมลงได้ในระดับหนึ่ง แต่ไม่สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ได้ มีเกษตรกรบางรายเริ่มนำโรงเรือนแบบระเหยน้ำ (evaporative cooling greenhouse) เข้ามาช่วยในการปลูกสตรอเบอร์รี่เพื่อแก้ปัญหาความร้อน ดังรูปที่ 2 แต่ลดอุณหภูมิได้เพียง 3 – 6 องศาเซลเซียสเท่านั้น เมื่อเทียบกับอากาศภายนอก อีกทั้งยังไม่สามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงเกินได้

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

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

1) ตรวจสอบเอกสาร และสำรวจข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เก็บข้อมูลด้านอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง ในพื้นที่ที่ปลูกสตรอเบอร์รี่ในโรงเรือน เพื่อวางแผนการออกแบบโรงเรือน

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

3) ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมสำหรับสมองกลฝังตัวที่ใช้ควบคุมโรงเรือนจำลอง (Model) จนมีความเสถียร สามารถควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ได้ตามค่าที่ตั้ง

4) ออกแบบและสร้างโรงเรือนต้นแบบจริง (Prototype) ขนาด 4 x 5 x 2.5 เมตร ที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ โดยติดตั้งระบบพรางแสง ระบบทำความเย็น ระบบทำความชื้น และระบบระบายอากาศ รวมถึงติดตั้งโต๊ะปลูก และระบบให้น้ำให้ปุ๋ยแบบตั้งเวลา

5) ติดตั้งตู้ควบคุมสมองกลฝังตัว โดยใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ในโรงเรือนระบบให้น้ำให้ปุ๋ย เช่นเดียวกับโรงเรือนจำลอง (Model)

6) ทดสอบและพัฒนาสมการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ แสง ปรับสภาวะอากาศตามที่เคยทดลองในโรงเรือนจำลอง (Model) และทำการทดสอบเลี้ยงไหลสตรอเบอร์รี่ในเบื้องต้น เพื่อศึกษาสมการควบคุมที่เหมาะสมสำหรับเกิดตาดอกสตรอเบอร์รี่

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

8) ทดสอบการปลูกสตรอเบอร์รี่ในโรงเรือนต้นแบบที่ได้ปรับสมการควบคุมที่เหมาะสมแล้ว 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 เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอร์รี่สายพันธุ์ญี่ปุ่น โดยสุ่มจำนวน 40 ต้น เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตทุกสัปดาห์ และเก็บผลผลิตของสตรอเบอร์รี่

9) วิเคราะห์ข้อมูลการเจริญเติบโต และผลผลิต วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และสรุปผลการวิจัย

ระยะเวลาที่ดำเนินการ 2 ปี ปีที่เริ่มต้น ตุลาคม 2562 ปีที่สิ้นสุด กันยายน 2564

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัยและอภิปรายผล (Results and Discussion)

1. การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมสภาวะอากาศอัตโนมัติในโรงเรือนจำลอง (Model)

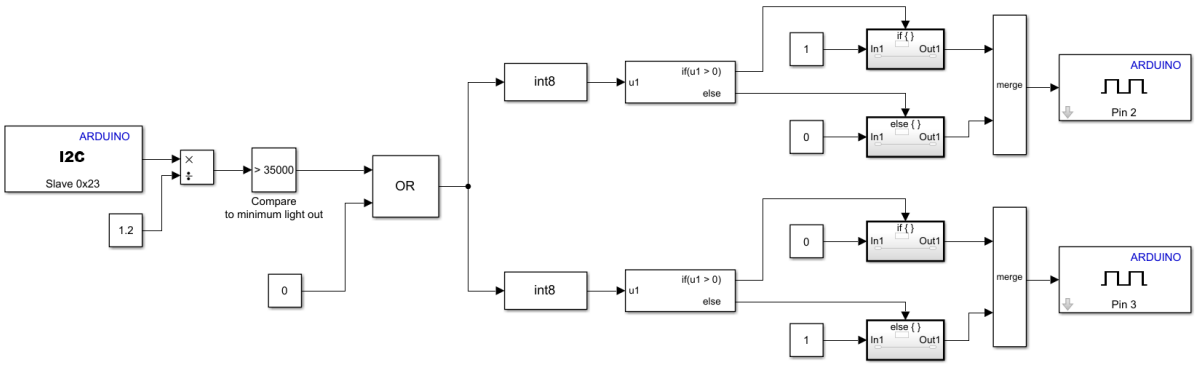
การปลูกสตรอเบอร์รี่เพื่อให้ออกดอกและให้ผลผลิตทั้งในและนอกฤดู จำเป็นต้องสร้างสภาวะอากาศในโรงเรือนตามที่โอฬารและคณะ (2542) พบวาการควบคุมอุณหภูมิ 15 - 17องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 16 ชั่วโมง/วัน สามารถทำให้สตรอเบอร์รี่พันธุ Toyonoka และพันธุ Tioga มีตาดอกมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกในสภาพธรรมชาติในเวลาเดียวกัน จึงได้ดำเนินการสร้างโรงเรือนจำลอง (Model) สำหรับศึกษาความเป็นไปได้ของสมการควบคุมโรงเรือนที่เหมาะสมสำหรับกระตุ้นตาดอกและให้ผลผลิต โดยโรงเรือนมีขนาด 1.5 x 3 เมตร สูงรวม 2.5 เมตร เป็นโรงเรือนปิดบุด้วยพลาสติกใสหนา 150 ไมครอน (ภาพที่ 2.1)

ภาพที่ 2.1 โรงเรือนจำลองสำหรับทดสอบระบบควบคุมสภาวะอากาศอัตโนมัติ

ได้ดำเนินการติดตั้งระบบต่างๆและเขียนสวมการควบคุมลงในโปรแกรม Matlab Simulink เพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่างๆในโรงเรือน ดังนี้

- ระบบตาข่ายพรางแสงอัตโนมัติ (Automatic Shading System) ควบคุมม่านพรางแสง 50 เปอร์เซนต์ ด้วยมอเตอร์เกียร์ไฟฟ้า (4IK25RGN-C, Taili motors Co., Ltd) และมีลิมิตสวิตซ์ (WLCA12-2, Omron) 2 ตัว เพื่อส่งสัญญาณให้มอเตอร์หยุดทำงานเมื่อพรางแสงคลุมทั้งโรงเรือนแล้ว เขียนโปรแกรมควบคุมให้ตาข่ายพรางแสง (Screen) อัตโนมัติ เมื่อเซ็นเซอร์แสงที่อยู่ภายนอกโรงเรือนอ่านค่าเกินกว่า 35,000 lux (ภาพที่ 2.2)

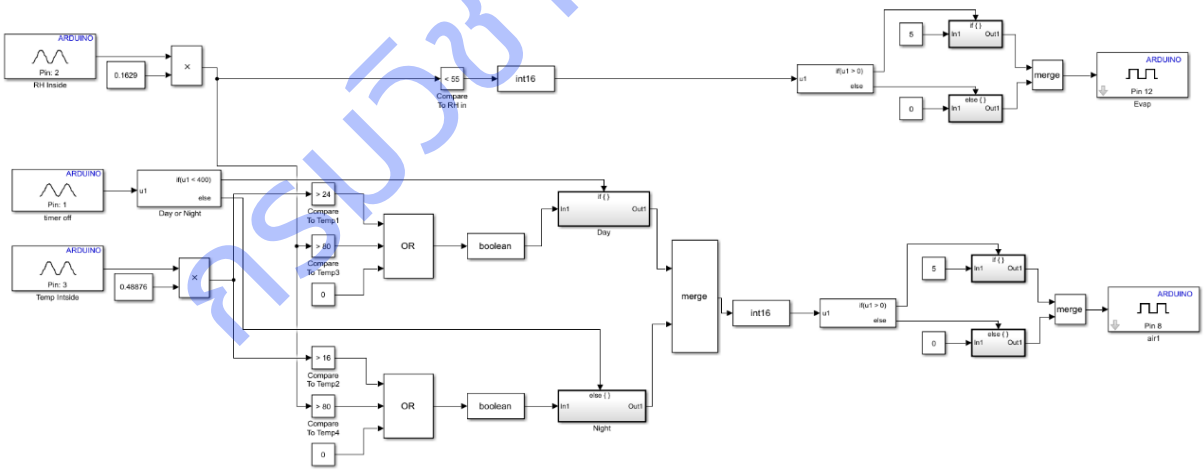
กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 2.2 โปรแกรมควบคุมระบบตาข่ายพรางแสงอัตโนมัติ

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

- ระบบทำความชื้น (Automatic Humidifying System) แบบ Evaporative cooling system โดยมีพัดลมเป่าอากาศผ่านแผงรังผึ้งที่มีน้ำปล่อยลงมา น้ำบนแผงรังผึ้งจะระเหยและดึงความร้อนออกจากอากาศทำให้ลมที่เป่าออกมามีความเย็นและชื้นสม่ำเสมอ ควบคุมให้เปิดเครื่องทำความชื้นอัตโนมัติ ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 55 เปอร์เซนต์ ภาพที่ 2.3 แสดงโปรแกรมควบคุมระบบทำความเย็นและความชื้นอัตโนมัติ



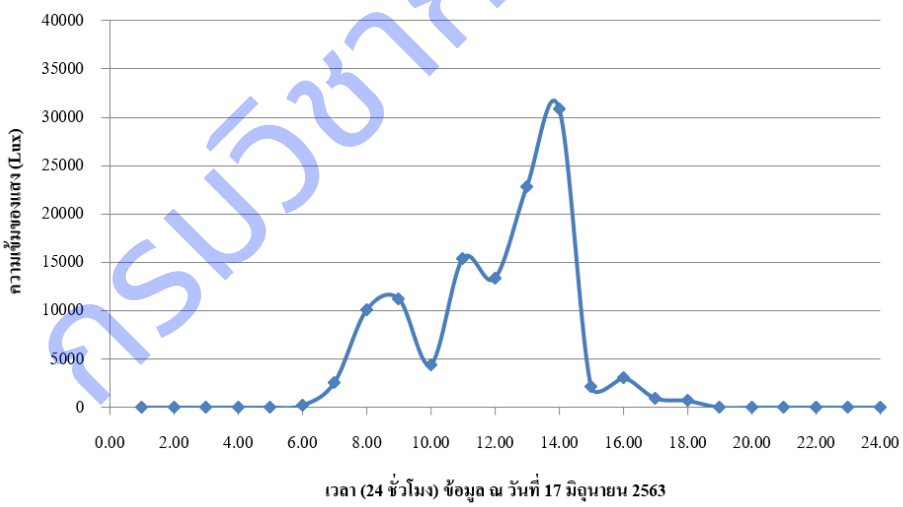
ภาพที่ 2.3 โปรแกรมควบคุมระบบทำความเย็นและความชื้นอัตโนมัติ

- 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

กรมวิชาการเกษตร

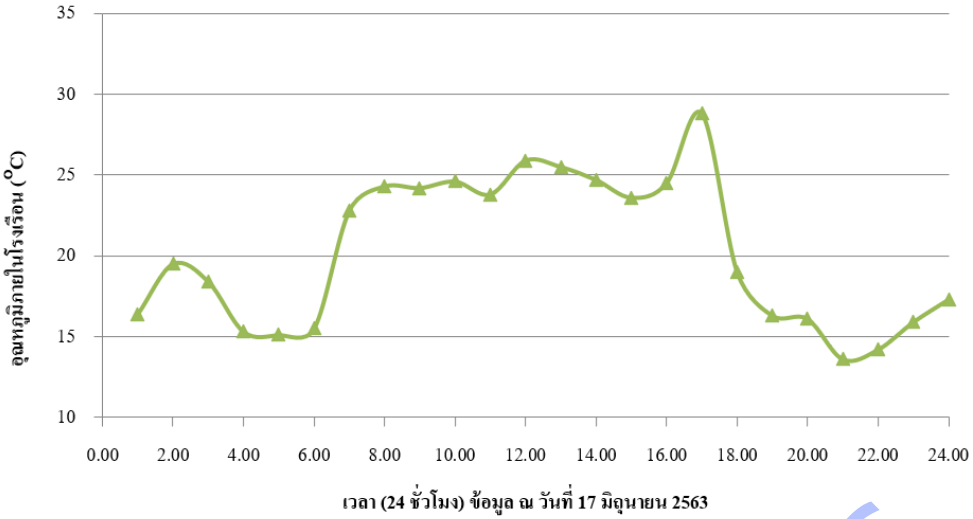
- ระบบให้น้ำและปุ๋ย ติดตั้งระบบให้น้ำและสารละลายปุ๋ยควบคุมด้วย Timer (KG316T-II, ManHUa Co., Ltd) ให้น้ำวันละ 9 ครั้ง ทุก 4 ชั่วโมง

จากทดสอบระบบควบคุมภายในโรงเรือนเบื้องต้น พบว่าสามารถควบคุมแสง อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนได้ตามที่ตั้งไว้ โดยระบบพรางแสงทำงานอัตโนมัติเมื่อความเข้มแสงภายนอกโรงเรือนสูงกว่า 35,000 Lux เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนเข้ามาสะสมใต้หลังคา ภาพที่ 2.4 แสดงตัวอย่างข้อมูลความเข้มแสงภายในโรงเรือน ระบบปรับอากาศสามารถควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ 25°C ในช่วงเวลากลางวัน (8.00 - 17.00) และรักษาระดับอุณหภูมิอยู่ที่ 16 °C ในช่วงเวลากลางคืน (17.00 - 8.00น.) รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างข้อมูลอุณหภูมิภายในโรงเรือน ระบบทำความชื้นสามารถรักษาความชื้นสัมพัทธ์ตลอดทั้งวันไม่ให้ต่ำกว่า 55 เปอร์เซนต์ จากภาพที่ 2.6 จะเห็นว่ามีความชื้นสัมพัทธ์สูงอย่างรวดเร็วในตอนเย็นเนื่องจากมีฝนตก ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนค่อนข้างสูงเกิน 80 เปอร์เซนต์ แต่ระบบปรับอากาศช่วยดึงความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนลดลงมาค่อนข้างเร็ว โดยดึงความชื้นสัมพัทธ์จาก 81.5 เปอร์เซนต์ ให้เหลือ 65 เปอร์เซนต์ ภายในครึ่งชั่วโมง ซึ่งจะช่วยให้ลดโอกาสการเกิดราในสตรอเบอร์รี่ ทั้งนี้ได้ทดสอบการปลูกต้นสตรอเบอร์รี่ต้นแม่ในโรงเรือนพบว่าสามารถเจริญเติบโตได้ดี และไหลที่ออกจากต้นแม่สามารถกระตุ้นให้ติดตาดอก และติดผลได้ดังแสดงภาพที่ 2.7

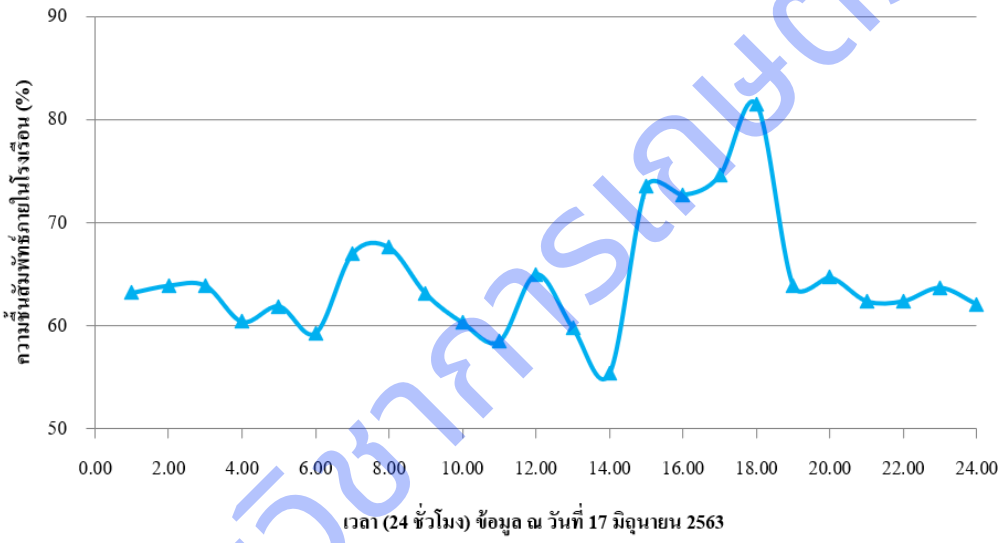


ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างข้อมูลความเข้มแสงภายในโรงเรือน

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างข้อมูลอุณหภูมิภายในโรงเรือน



ภาพที่ 2.6 ตัวอย่างข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน

ภาพที่ 2.7 ต้นไหลสตรอเบอร์รี่ที่ติดตาดอกและออกผล

ศูนย์วิทยทรัพยากร

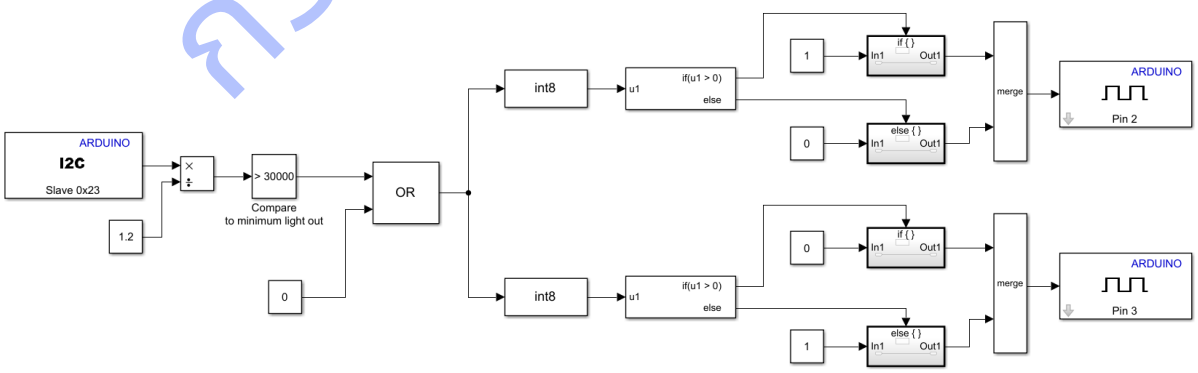
2. การออกแบบและพัฒนาโรงเรือนควบคุมสภาวะอากาศอัตโนมัติต้นแบบ (Prototype)

จากการทดสอบระบบควบคุมโรงเรือนในโรงเรือนโมเดล จนสามารถสร้างสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเกิดตาดอกได้แล้ว จึงขยายขนาดโรงเรือนต้นแบบเป็นขนาด 4 x 5 เมตร สูงรวม 2.5 เมตร ที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ต. แม่เหียะ อ. เมืองเชียงใหม่ (ภาพที่ 2.8)

ภาพที่ 2.8 โรงเรือนกระตุ้นตาดอกดำเนินการก่อสร้างที่ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่

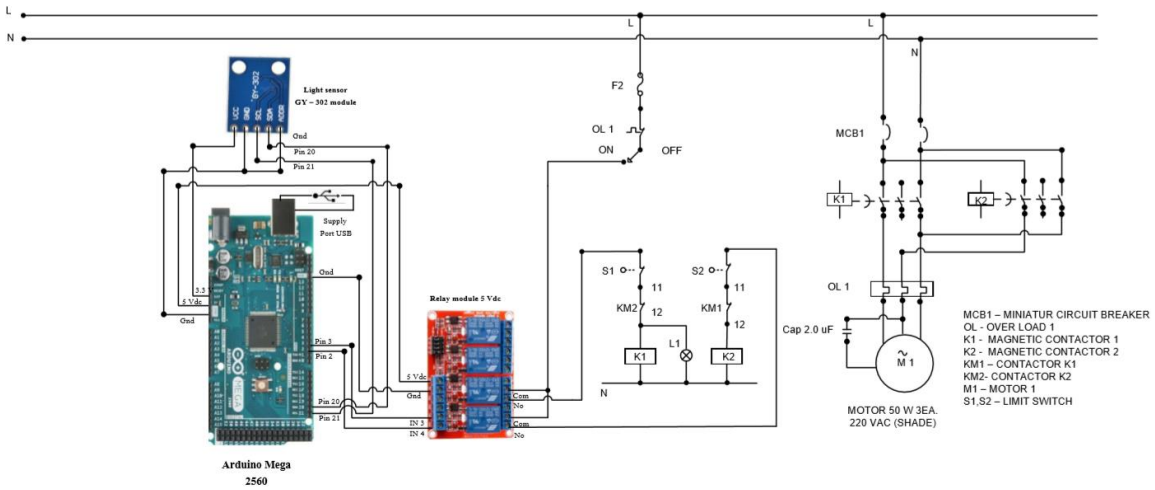
ติดตั้งระบบต่างๆและสมองกลควบคุมภายในโรงเรือนเช่นเดียวกับโรงเรือนโมเดล (Model) อย่างไรก็ตามได้ปรับโปรแกรมให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม และมีความประหยัดไฟมากขึ้น ดังนี้

- ระบบตาข่ายพรางแสงอัตโนมัติ (Automatic Shading System) ควบคุมม่านพรางแสง 50 เปอร์เซ็นต์ ด้วยมอเตอร์เกียร์ไฟฟ้า (4IK25RGN-C, Taili motors Co., Ltd) และมีลิมิตสวิตซ์ (WLCA12-2, Omron) 2 ตัว เพื่อส่งสัญญาณให้มอเตอร์หยุดทำงานเมื่อพรางแสงคลุมทั้งโรงเรือนแล้ว เขียนโปรแกรมควบคุมให้ตาข่ายพรางแสง (Screen) อัตโนมัติ เมื่อเซ็นเซอร์แสงที่อยู่ภายนอกโรงเรือนอ่านค่าเกินกว่า 30,000 lux (ภาพที่ 2.9) ภาพที่ 2.10 แสดงการต่อวงจรไฟฟ้าสำหรับควบคุมระบบพรางแสง



ภาพที่ 2.9 โปรแกรมควบคุมระบบตาข่ายพรางแสงอัตโนมัติ

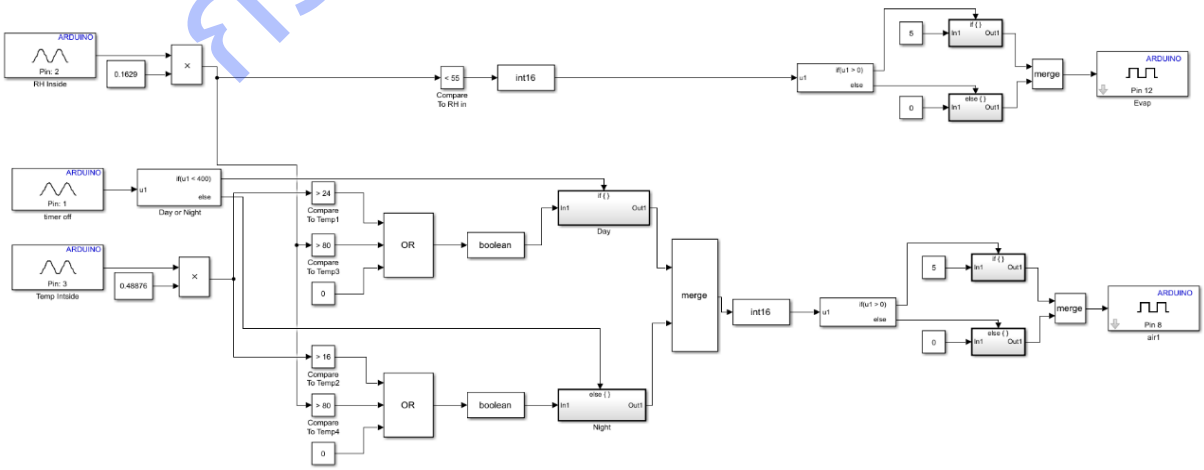
กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 2.10 การต่อวงจรไฟฟ้าสำหรับควบคุมระบบพรางแสง

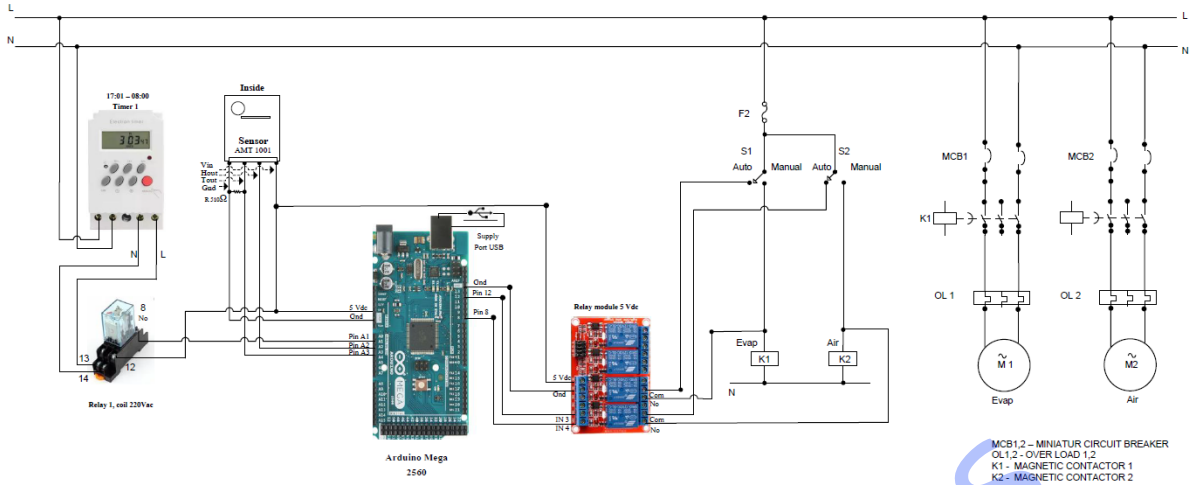
- ระบบทำความเย็น (Automatic Cooling System) ด้วยเครื่องปรับอากาศขนาด 30026 BTU จำนวน 2 ตัว (38RLJ030R100/40QBJ030X100, CARRIER Co., Ltd.) ควบคุมให้เปิดเครื่องปรับอากาศอัตโนมัติ ในเวลากลางวัน (7.00 - 19.00น.) ถ้าเซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (AMT1001) อ่านค่าอุณหภูมิข้างในโรงเรือนสูงกว่า 24 องศาเซลเซียส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

- 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 เปอร์เซ็นต์ ภาพที่ 2.11 แสดงโปรแกรมควบคุมระบบทำความเย็นและความชื้นอัตโนมัติ ภาพที่ 2.12 แสดงการต่อวงจรไฟฟ้าสำหรับควบคุมระบบปรับอากาศและระบบทำความชื้น



ภาพที่ 2.11 แสดงโปรแกรมควบคุมระบบทำความเย็นและความชื้นอัตโนมัติ

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 2.12 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 ทั้งนี้ได้สร้างชั้นวางแบบแนวตั้งทรงเอเฟรมสำหรับเลี้ยงไหลสตรอเบอร์รี่สามารถปลูกต้นไหลสตรอเบอร์รี่ได้ 800 ต้น ดังภาพที่ 2.13

ภาพที่ 2.13 ชั้นวางเอเฟรมสำหรับเลี้ยงไหลสตรอเบอร์รี่

กรมวิชาการเกษตร

3. การทดสอบปลูกต้นไหลสตรอเบอร์รี่เบื้องต้นในโรงเรือนต้นแบบ

ทดสอบปลูกต้นไหลสตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 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 เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอร์รี่ และการเกิดดอก โดยสุ่มจำนวน 40 ต้น ภาพที่ 2.14 แสดงต้นไหลสตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80 ในโรงเรือนเบื้องต้น ข้อมูลการเจริญเติบโตเบื้องต้นดังแสดงในตารางที่ 2.1

ภาพที่ 2.14 ทดสอบปลูกต้นไหลสตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80 เบื้องต้นในโรงเรือนต้นแบบ

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลการเจริญเติบโตของการทดสอบปลูกสตรอเบอร์รี่เบื้องต้น 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 2.1 พบว่า ต้นไหลสตรอเบอร์รี่เริ่มเกิดดอกราว 35 เปอร์เซนต์ หลังจากปลูกเป็นเวลา 30 - 45 วัน ดังนั้นการใช้สมการควบคุมอุณหภูมิที่ 25° C ในช่วงเวลากลางวัน (7.00 -19.00 น.) และอุณหภูมิที่ 16 ° C ในช่วงเวลากลางคืน (19.00 - 7.00 น.) และควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ตลอดทั้งวันไม่ให้ต่ำกว่า 55

กรมวิชาการเกษตร

เปอร์เซนต์ มีแนวโน้มที่เหมาะสมที่ทำให้สตรอเบอร์รี่เกิดตาดอกได้ ภาพที่ 2.15 แสดงต้นไหลสตรอเบอร์รี่ที่ติดดอก

รูปที่ 2.15 ต้นไหลสตรอเบอร์รี่ที่ติดดอก

หลังจากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นแล้ว ได้ลองทดสอบเลี้ยงต้นไหลต่อไปสักระยะราว 80 วัน เริ่มมีปัญหาเกี่ยวกับระบบการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ และปัญหาความร้อนในช่วงกลางวัน ซึ่งสรุปได้ดังนี้

- ปัญหาการไหลเวียนน้ำในระบบรางไฮโดรโปนิกส์ไม่ดีพอ เนื่องจากชั้นปลูกมีลักษณะเป็นชั้นแบบเอเฟรม ทำให้ด้านล่างน้ำไหลกลับช้ากว่าด้านบน ส่งผลให้น้ำขังอยู่ในรางมากเกินไปทำให้เกิดรากของต้นสตรอเบอร์รี่เน่า ยิ่งไปกว่านั้นระบบการปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์เป็นระบบน้ำวน เมื่อต้นหนึ่งเป็นโรคจะติดกันทั้งโรงเรือน ภาพที่ 2.16 แสดงต้นไหลสตรอเบอร์รี่ที่เกิดรากเน่า

กรมวิชาการเกษตร

-

ภาพที่ 2.16 ต้นไหลสตรอเบอร์รี่ที่เกิดรากเน่า

- ปัญหาเพลี้ยไฟเข้าทำลาย ส่วนหนึ่งเกิดจากเพลี้ยที่เข้ามาตามระบบระบายอากาศ ที่มีพัดลมดูดอากาศเข้า 1 ตัว และพัดระบายอากาศออก 1 ตัว ถึงแม้จะมีมุ้งตาข่าย 32 mesh กั้นที่พัดลม แต่เพลี้ยมีขนาดเล็กกว่ารูตาข่ายมากจึงหลุดเข้ามาได้ และส่วนหนึ่งอาจติดมาจากคนที่เดินเข้าออกในโรงเรือน
- ปัญหาแสงแดดส่องเข้ามาทางด้านข้างของโรงเรือนในช่วงบ่ายจึงทำให้ใบของต้นสตรอเบอร์รี่ด้านที่โดนแสงเกิดใบไหม้ ภาพที่ 2.17 แสดงต้นไหลสตรอเบอร์รี่ที่โดนเพลี้ยไฟเข้าทำลายและใบไหม้

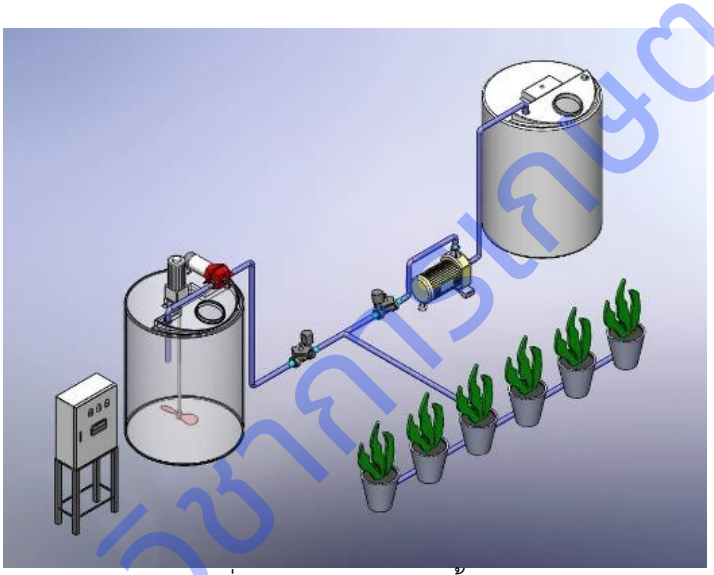
ภาพที่ 2.17 ต้นไหลสตรอเบอร์รี่โดนเพลี้ยไฟเข้าทำลายและใบไหม้

กรมวิชาการเกษตร

4. การปรับปรุงโรงเรือนอัจฉริยะควบคุมสภาวะอากาศอัตโนมัติต้นแบบ

จากปัญหาที่พบจากการทดสอบการปลูกเบื้องต้น จึงได้ดำเนินการแก้ไข ดังนี้

- เปลี่ยนวิธีการปลูกใหม่เป็นแบบใช้วัสดุปลูก (Substrate) โดยดัดแปลงชั้นปลูกใหม่เป็นรูปแบบเอเฟรม สามารถวางกระถาง 8 นิ้ว วางได้ทั้งหมด 200 กระถาง ติดตั้งระบบให้น้ำและปุ๋ย (ภาพที่ 2.18) ควบคุมด้วย Timer แบ่งให้น้ำทุกชั่วโมง ตั้งแต่ 8.00 น. – 15.00 น. ให้ปุ๋ย AB เข้มข้น 1:50 วันละ 2 ครั้ง มีระบบกวนปุ๋ยก่อนให้ปุ๋ย 5 นาที แล้วจึงให้ปุ๋ยและให้น้ำตามลำดับ เมื่อติดตั้งระบบให้น้ำและปุ๋ยเสร็จ จึงสอบเทียบระบบน้ำและปุ๋ยที่ติดตั้งไว้ซึ่งเป็นหัวหยดแบบปรับแรงดันพบว่า ระบบให้น้ำมีอัตราการไหลราว 100 cc/min และอัตราการจ่ายปุ๋ยราว 50 cc/min ยกเลิกการใช้ระบบระบายอากาศ เนื่องจากอากาศที่ออกจากเครื่องปรับอากาศก็เพียงพอแล้ว การดูดอากาศเข้ามาอาจทำให้แมลงขนาดเล็กลอดเข้ามาในโรงเรือนได้ติดหลังคากันแสงด้านข้างเพิ่ม เพื่อลดแสงที่จะส่องเข้ามาด้านข้างในช่วงเช้าและบ่าย ดังภาพที่ 2.19



ภาพที่ 2.18 ระบบการให้น้ำละปุ๋ย

ภาพที่ 2.19 ติดตั้งสแลนพรางแสงด้านข้าง

กรมวิชาการเกษตร

5. การทดสอบปลูกต้นไหลสตรอเบอร์รี่ในโรงเรือนที่พัฒนาแล้ว

หลังจากทำการปรับปรุงโรงเรือนและชั้นปลูกแล้ว ได้ทดสอบการปลูกต้นไหลสตรอเบอร์รี่สายพันธุ์ญี่ปุ่น โดยปลูกด้วยวัสดุปลูกขุยมะพร้าวผสมมะพร้าวสับซึ่งแช่น้ำเปล่า 3 วัน แล้วค่อยนำบรรจุลงกระถางขนาด 8 นิ้ว ทั้งหมด 200 กระถาง ฉีดยาฆ่าเชื้อในโรงเรือน และฉีดพ่น ปุ๋ยบำรุงต้น (B1) แล้วจึงจะย้ายต้นลงกระถางปลูกนำเข้าโรงเรือน วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2564 และให้ต้นสตรอเบอร์รี่ ปรับสภาพโดยให้เฉพาะน้ำ 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 เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอร์รี่สายพันธุ์ญี่ปุ่น โดยสุ่มจำนวน 40 ต้น เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต และผลผลิตของสตรอเบอร์รี่ ตั้งแต่วันที่ 24 ก.พ. – 17 ก.ค. 2564 ภาพที่ 2.20 การเตรียมต้นกล้าและทดสอบการปลูกต้นไหลสตรอเบอร์รี่สายพันธุ์ญี่ปุ่นในกระถาง

ภาพที่ 2.20 การเตรียมต้นกล้าและทดสอบการปลูกต้นไหลสตรอเบอร์รี่สายพันธุ์ญี่ปุ่นในกระถาง

5.1 ผลการควบคุมสภาพอากาศในโรงเรือน

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

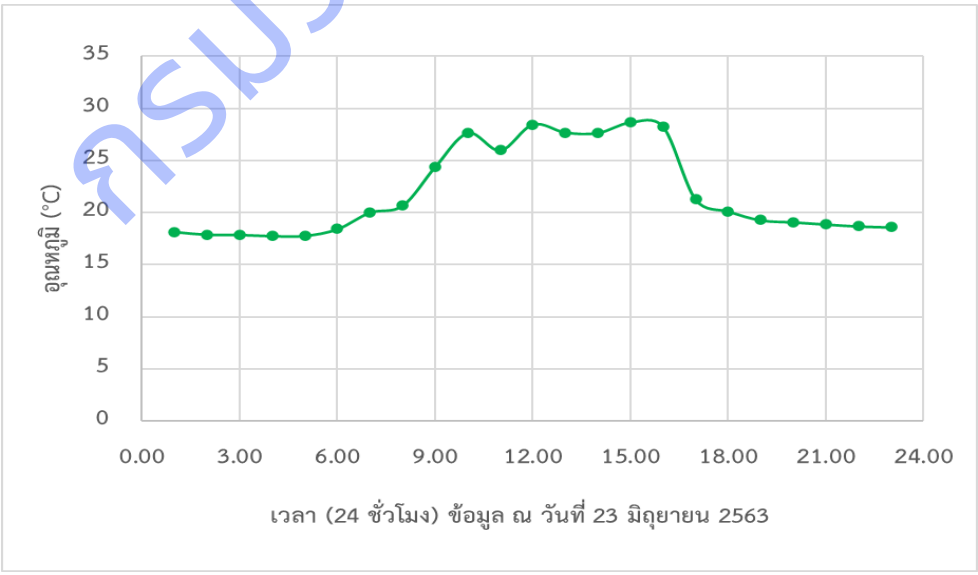
จากการเก็บข้อมูลสภาวะอากาศภายในโรงเรือนตั้งแต่นำต้นกล้าเข้าโรงเรือน ในช่วงเดือน ก.พ.- ก.ค. 64 พบว่า อุณหภูมิภายในโรงเรือนเฉลี่ยมีค่าสูงสุดและต่ำสุดอยู่ระหว่าง 15.7 - 31.7°C เฉลี่ย 21.6°C ความชื้น

สัมพัทธ์ภายในโรงเรือนอยู่มีค่าสูงสุดและต่ำสุดอยู่ระหว่าง 51.0 - 84.1เปอร์เซนต์ เฉลี่ย 68.0 เปอร์เซนต์ (ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลสภาวะอากาศภายในโรงเรือนรายเดือน

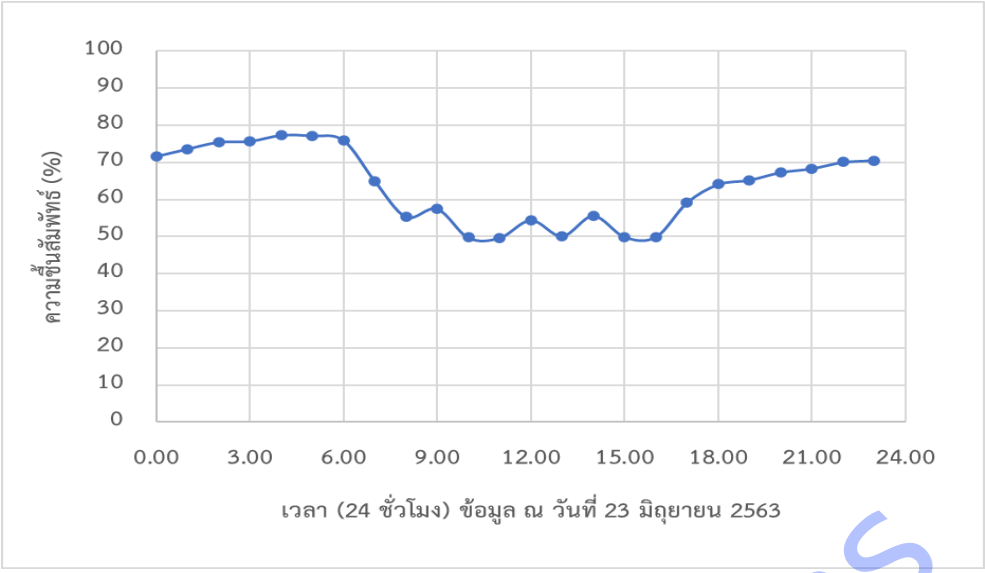
เดือน	อุณหภูมิภายในโรงเรือน (° C)			ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน (%)		
	min	max	avg	min	max	avg
ก.พ. 64	13.6	33.9	21.6	51.1	89.2	70.6
มี.ค. 64	15.2	28.7	19.7	50.0	83.0	67.9
เม.ย. 64	14.3	33.1	22.4	55.0	78.6	71.4
พ.ค. 64	15.8	32.0	23.0	57.5	74.4	68.5
มิ.ย. 64	17.7	30.3	20.9	46.8	89.8	66.0
ก.ค. 64	17.9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

จากตารางที่ 2.2 พบว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน ตลอดช่วงเวลาการทดสอบปลูกสตรอเบอร์รี่ มีอุณหภูมิในโรงเรือนเฉลี่ย 21.6°C ซึ่งใกล้เคียงกับสมการควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนให้อยู่ 24°C/16°C (กลางวัน/กลางคืน) หรือมีค่าเฉลี่ย (24+16)/2= 20°C และความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเฉลี่ย 68 เปอร์เซนต์ ก็ใกล้เคียงกับสมการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60 -80 เปอร์เซ็นต์ หรือมีค่าเฉลี่ย (60+80)/2= 70เปอร์เซนต์ ตัวอย่างข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนตลอด 24 ชั่วโมง ดังแสดงในภาพที่ 2.21-2.22



ภาพที่ 2.21 ตัวอย่างข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 2.22 ตัวอย่างข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน

จากตัวอย่างกราฟอุณหภูมิรูปที่ 2.21 จะพบว่าโรงเรือนซึ่งตั้งอยู่กลางแจ้ง ปกติจะมีอุณหภูมิขึ้นลงตามสภาพอากาศด้านนอก โดยอุณหภูมิในโรงเรือนช่วงกลางวัน 9.00 - 16.00 น. จะมีอากาศค่อนข้างร้อนเกิน 24°C แม้ระบบควบคุมโรงเรือนอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว จะควบคุมเครื่องปรับอากาศให้ทำงานจนกว่าอุณหภูมิในโรงเรือนจะต่ำกว่า 24°C แล้วก็ตาม แต่ก็สามารถทำความเย็นได้ราว 27°C ทั้งนี้อาจมาจากสภาพอากาศนอกโรงเรือนที่ร้อนมาก หรือเมื่อเครื่องปรับอากาศทำอุณหภูมิได้ถึง 24°C ก็จะตัดการทำงานลง และเซ็นเซอร์มีการอ่านค่าทุกๆ 2 นาทีเพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องปรับอากาศตัดต่อติดๆกันเกินไป ทำให้บางครั้งกว่าจะสั่งให้เครื่องปรับอากาศทำงานอีกครั้งต้องใช้เวลา 2 นาที จึงทำให้สภาพสภาพอากาศในโรงเรือนร้อนเกินไป การจะกำหนดสมการควบคุมให้เครื่องปรับอากาศตัดที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้สามารถทำได้ แต่ก็จะต้องคำนึงถึงค่าพลังงานไฟฟ้าที่จะต้องใช้เพื่อลดอุณหภูมิด้วย

จากตัวอย่างกราฟอุณหภูมิรูปที่ 2.22 พบว่าในช่วงกลางวัน 9.00 - 16.00 น. มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำราว 52 เปอร์เซนต์ แม้ระบบควบคุมโรงเรือนอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว จะควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนไม่ให้ต่ำกว่า 60 เปอร์เซนต์ แล้วก็ตาม แต่การกำหนดสมการควบคุมให้เครื่องทำความชื้นปล่อยความชื้นสูงมากกว่านี้ ก็จะขัดแย้งกับหลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะทำให้อากาศเย็นและแห้ง ถ้าตั้งค่าความชื้นสูงเกินไป เครื่องปรับอากาศก็จะทำงานมากเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าอย่างมาก ส่วนในช่วงกลางคืนโรงเรือนมักมีความชื้นที่สูงเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิที่ต่ำลง และจากน้ำที่รดต้นไม้ในโรงเรือน ทำให้ความชื้นค่อนข้างสูง แม้ไม่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) แต่ก็มีสมการควบคุมเครื่องปรับอากาศ ที่จะสั่งให้เครื่องปรับอากาศทำงานถ้าโรงเรือนมีความชื้นเกิน 80 เปอร์เซ็นต์ อยู่แล้ว จึงไม่ต้องกังวลปัญหาที่จะเกิดจากความชื้นสูง

กรมวิชาการเกษตร

5.2 การติดตาดอกของต้นไหลสตรอเบอร์รี่

จากการเก็บข้อมูลการติดตาดอก ตั้งแต่วันที่ 24 ก.พ. – 7 เม.ย. 2564 พบว่าต้นสตรอเบอร์รี่ที่นำเข้ามาเลี้ยงในโรงเรือนที่ควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนให้อยู่ 24°C/16°C (กลางวัน/กลางคืน) และควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไม่ให้ต่ำกว่า 60 – 80 เปอร์เซนต์ มีการเจริญเติบโตดี และเริ่มเกิดตาดอกที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า 14 วัน หลังให้สารละลาย หรือ 28 วัน หลังนำเข้ามาเลี้ยงในโรงเรือน คิดเป็น 52.5 เปอร์เซนต์ (ตารางที่ 2.3) สอดคล้องกับการทดลองของ โอฬาร และคณะ (2541) ที่ทำการทดลองชักนำการสร้างตาดอกของสตรอเบอร์รี่พันธุ์ Toyonoka และพันธุ์ Tioga โดยควบคุมอุณหภูมิด้วยวิธีใช้ห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ 15 - 17°C ความชื้นสัมพัทธ์ 80 – 90 เปอร์เซนต์ (สภาพมืด) นาน 16 ชั่วโมง ให้ได้รับแสงและอุณหภูมิปกติ ในสภาพธรรมชาติในตอนกลางวัน 8 ชั่วโมง พบว่าพันธุ์ Toyonoka ใช้เวลา 25 วันมีตาดอกถึง 100 เปอร์เซนต์ ส่วนพันธุ์ Tioga มีตาดอก 68.33 เปอร์เซนต์ ดังนั้นการกำหนดสมการควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือน 24°C/16°C (กลางวัน/กลางคืน) และความชื้นสัมพัทธ์ 60-80 เปอร์เซนต์ ก็เพียงพอให้สตรอเบอร์รี่เกิดตาดอกได้ ภาพที่ 2.23 แสดงต้นสตรอเบอร์รี่ที่มีดอกราว 28 วัน หลังให้สารละลาย (24 มี.ค.64)

ตารางที่ 2.3 เปอร์เซ็นต์การเกิดตาดอกของสตรอเบอร์รี่

จำนวนวันหลังให้สารละลาย	จำนวนตาดอก/ต้น	การเกิดตาดอก (เปอร์เซนต์)
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

ภาพที่ 2.23 ต้นสตรอเบอร์รี่ที่มีดอกราว 28 วัน หลังให้สารละลาย (24 มี.ค.64)

กรมวิชาการเกษตร

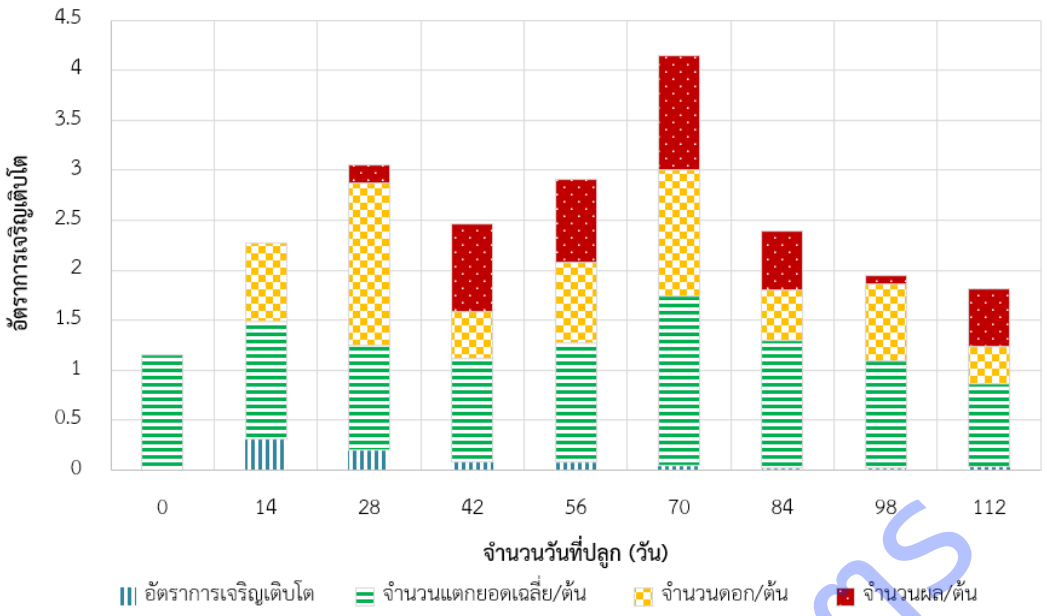
5.3 การเจริญเติบโตของสตรอเบอร์รี่

จากการเก็บข้อมูลการติดตาดอก ตั้งแต่วันที่ 24 ก.พ. – 17 ก.ค. 2564 พบว่าต้นสตรอเบอร์รี่มีการเจริญเติบโตดี มีอัตราการเติบโตด้านความสูงมากที่สุด 14 วันหลังให้สารละลายซึ่งเท่ากับ 0.32 หรือ 32 เปอร์เซนต์ มีการแตกยอดสม่ำเสมอ เริ่มมีดอก 14 วันหลังให้สารละลาย และเริ่มออกผล 28 วันหลังให้สารละลาย (ตารางที่ 2.4) สามารถเขียนเป็นกราฟเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตในในทุก 2 สัปดาห์ ได้ดังภาพ 2.24 ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่าต้นสตรอเบอร์รี่เมื่ออายุ 70 วันหลังให้สารละลายมีการเจริญเติบโตด้าน การแตกยอด ออกดอก และการติดผล สูงที่สุด โดยมีการแตกยอด 1.70 ยอด/ต้น จำนวนดอก 1.25 ดอก/ต้น และจำนวนผล 1.15 ผล/ต้น

ตารางที่ 2.4 ข้อมูลการเจริญเติบโตของสตรอเบอร์รี่

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



ภาพที่ 2.24 อัตราการเจริญเติบโตของสตรอเบอร์รี่ในทุก 2 สัปดาห์

จากการวิเคราะห์ข้อมูล รวบรวมการออกดอกและติดผลทั้งหมดตลอด ช่วงเดือน มี.ค. - มิ.ย. 2564 สามารถเขียนเป็นกราฟได้ดังภาพที่ 2.25 จะเห็นว่าต้นสตรอเบอร์จะให้ผลสูงสุดราวเดือน พ.ค.64 ทั้งนี้ถ้าพิจารณาการออกนอกฤดู ซึ่งปกติสตรอเบอร์ในฤดูจะให้ผลิตช่วง พ.ย.- ก.พ. ก็จะเห็นว่า โรงเรือนสามารถจะผลิตสตรอเบอร์รี่นอกฤดูได้ ภาพที่ 2.26 แสดงการออกดอกและติดผลของสตรอเบอร์รี่ที่ทดสอบในโรงเรือน

ภาพที่ 2.25 การออกดอกและติดผลทั้งหมดตลอด ช่วงเดือน มี.ค. - มิ.ย. 2564

ศรีวิชาการเกษตร

ภาพที่ 2.26 การออกดอกและติดผลของสตรอเบอร์รี่ที่ทดสอบในโรงเรือน

5.4 ผลผลิตของสตรอเบอร์รี่

จากการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักผลผลิตของสตรอเบอร์รี่ พบว่าสามารถเก็บผลผลิตครั้งแรก 21 วัน หลังให้สารละลาย จากการบันทึกข้อมูลผลผลิตทั้ง 200 ต้น ตลอดช่วง มี.ค.- ส.ค. 64 พบว่าได้น้ำหนักผลผลิตทั้งหมดเท่ากับ 6,619 กรัม มีน้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยต่อต้น เท่ากับ 33.09 กรัม และมีจำนวนผลผลิตต่อต้นเฉลี่ย เท่ากับ 5.13 ผล ผลผลิตมีน้ำหนักร์รี่ พบว่า มีความหวานผลผลิต 9.1-12.8 ^{0}Brix มีความหวานผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 11.4 ^{0}Brix ภาพที่ 2.27 แสดงผลผลิตและคุณภาพของสตรอเบอร์ที่ทดสอบในโรงเรือน

ภาพที่ 2.27 ผลผลิตและคุณภาพของสตรอเบอร์รี่ที่ทดสอบในโรงเรือน

จากการสังเกตลักษณะของสตรอเบอร์รี่ พบว่ามีลักษณะเหมือนกับลักษณะประจำพันธุ์ (ภาพที่ 2.28) แต่ขนาดของผลสตรอเบอร์รี่ไม่สม่ำเสมอ คือ มีทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก ทั้งนี้อาจมาจากหลายปัจจัย เช่น สภาพอากาศในโรงเรือน ซึ่งบางครั้งมีอากาศร้อนเกินไปเนื่องจากการตัดและต่อของเครื่องปรับอากาศใช้เวลา 2 นาที จึงทำให้สภาพอากาศภายในโรงเรือนร้อนเกินไป หรือเกิดจากการปลูกแนวดิ่งแบบชั้นปลูกเอเฟรม ทำให้ได้รับสารละลายไม่ทั่วถึง และอีกสาเหตุอาจมาจากการไม่ได้เด็ด

วิชาการ.คม

ช่อดอกสตรอเบอร์รี่ ถ้าหากมีช่อดอกมากจะทำให้ต้นขาดความแข็งแรง และผลผลิตที่ได้จะมีขนาดเล็ก ไม่มีคุณภาพ อาจต้องมีการเด็ดช่อดอกหรือลำต้นแขนงที่ออกมาทิ้งบ้าง เช่น หลังจากที่ต้นเริ่มแทงช่อดอกที่สาม จะทำให้เพิ่มน้ำหนักผลผลิตและคุณภาพผลผลิตให้ดีขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของทศพรและคณะ (2541) พบว่าการตัดช่อดอกและผล โดยเฉพาะดอกสุดท้ายของช่อดอก และผลแรกของช่อดอกเมื่อเริ่มติดผล จะทำให้ผลผลิตรวมต่อต้นสูง และต้องเด็ดใบแก่ทิ้งออกนอกแปลงและเด็ดหรือตัดไหลออกให้หมดเพื่อให้ต้นสตรอเบอร์รี่มีการเจริญเติบโตที่ดี ไม่เป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรค และควรเด็ดดอกสตรอเบอร์รี่ที่มีมากเกินไปทิ้ง และให้เหลือไว้จำนวนหนึ่งเพื่อให้ผลของสตรอเบอร์รี่มีขนาดใหญ่

ภาพที่ 2.28 ลักษณะของสตรอเบอร์รี่ที่ทดสอบในโรงเรือน

6. การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์

คำนวณหาจุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ จะวิเคราะห์ต้นทุนการใช้งานโรงเรือนอัจฉริยะ โดยคำนวณความคุ้มทุน (Break-even Point, BEP) ในกรณีที่เกษตรกรจะลงทุนสร้างโรงเรือนและระบบควบคุม ราคา 250,000 บาท อายุการใช้งาน 10 ปี เพื่อปลูกสตรอเบอร์รี่สายพันธุ์ญี่ปุ่นและขายผลผลิตในราคาตลาดบน 1,200 บาท/กก. ต้นทุนในการใช้งานโรงเรือนอัจฉริยะของเกษตรกรจะลดลงเมื่อผลผลิตต่อปีมากขึ้น เกษตรกรสามารถพิจารณาได้ว่าควรจะลงทุนสร้างโรงเรือนและติดตั้งระบบควบคุมหรือไม่ โดยพิจารณาจุดตัดระหว่างต้นทุนในการใช้งานโรงเรือนอัจฉริยะ กับราคาผลผลิตในปัจจุบันซึ่งเท่ากับ 1,200 บาท/กก. จากกราฟจะเห็นว่าที่ต้นทุนในการใช้งานโรงเรือนอัจฉริยะ 1,200 บาท/กก. ผลผลิตต่อปีเท่ากับ 130 กก. ดังนั้นเกษตรกรที่จะลงทุนสร้างโรงเรือนและติดตั้งระบบควบคุม เพื่อปลูกสตรอเบอร์รี่สายพันธุ์ญี่ปุ่นและขายผลผลิต ควรผลิตสตรอเบอร์รี่ได้ไม่ต่ำกว่า 130 กก./ปี เป็นเวลา 10 ปี จึงจะคุ้มต่อการสร้างโรงเรือนและติดตั้งระบบควบคุม

กรมวิชาการเกษตร

ระยะเวลาการคืนทุนของโรงเรือนอัจฉริยะขึ้นกับผลผลิตต่อปี โดยพบว่าระยะเวลาการคืนทุนของโรงเรือนอัจฉริยะอยู่ในช่วง 1.3-10 ปี ถ้าเกษตรกรต้องการคืนทุนเร็วก็ต้องทำให้ได้ผลผลิตต่อปีสูงขึ้น ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการคืนทุนใน 3 ปี ต้องผลิตให้ได้อย่างน้อย 433.33 กก./ปี และขายผลผลิตในราคา 1,200 บาท/กก. จาการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ จะเห็นว่าการลงทุนในโรงเรือนอัจฉริยะ มีแนวโน้มที่จะเป็นไปได้ โดยค่าใช้จ่ายในการใช้งานส่วนใหญ่จะเป็นค่าใช้จ่ายผันแปร ได้แก่ ค่าไฟฟ้า ค่าแรงงาน และค่าปุ๋ย ตามลำดับ โรงเรือนมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงในการลดอุณหภูมิ ดังนั้นจะต้องวางแผนการผลิตสตรอเบอร์รี่สายพันธุ์ที่ตลาดบนต้องการ และปลูกให้ได้จำนวนต้นต่อพื้นที่มากที่สุด โดยอาจจะปลูกเป็นแบบกระถางแนวตั้งแบบที่ใช้ต่างประเทศ ซึ่งจะทำให้ปลูกได้มากว่า 3 - 10 เท่าของการปลูกแบบทั่วไป และต้องมีเทคนิคการปลูกให้ได้ผลสตรอเบอร์รี่ที่ใหญ่และได้น้ำหนัก จึงจะคุ้มต่อค่าพลังงานไฟฟ้าที่ต้องจ่ายเพิ่มมากกว่าการผลิตตามฤดูทั่วๆไปของเกษตรกร

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

โรงเรือนต้นแบบควบคุมสภาวะแบบอัตโนมัติ สามารถปลูกพืชเมืองหนาวนอกฤดู เช่น สตรอเบอร์รี่ โดยเฉพาะในฤดูร้อนได้เป็นอย่างดี มีระบบควบคุมด้วยสมองกลแบบฝังตัว ซึ่งสามารถพัฒนาได้เองในประเทศ และมีราคาที่เหมาะสม สามารถควบคุมอุณหภูมิข้างในโรงเรือน 24°C/16°C ในช่วง กลางวัน/กลางคืน และความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในราว 60 – 80 เปอร์เซนต์ 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

จาการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า มีแนวโน้มที่เป็นไปได้ว่าเกษตรกรจะลงทุนสร้างโรงเรือนและติดตั้งระบบควบคุม เพื่อปลูกสตรอเบอร์รี่สายพันธุ์ญี่ปุ่นและขายผลผลิต ทั้งนี้ต้องวางแผนการผลิตสตรอเบอร์รี่สายพันธุ์ที่ขายในตลาดบน วางแผนการปลูกให้ได้จำนวนต้นต่อพื้นที่มากที่สุด และต้องมีเทคนิคการปลูกให้ได้ผลสตรอเบอร์รี่ที่ใหญ่และได้น้ำหนัก จึงจะคุ้มต่อค่าพลังงานไฟฟ้าที่ต้องจ่ายเพิ่มมากกว่าการผลิตตามฤดูกาลนอกโรงเรือนทั่วๆไป ซึ่งอาจจะทำวิจัยเพิ่มเติมในเรื่องการผลิตพืชเมืองหนาวชนิดอื่นๆให้คุ้มทุน หรือใช้งานโรงเรือนเพื่อการผลิตไหลสตรอเบอร์รี่ที่ติดตาดอกแล้วจำหน่าย เพราะใช้เวลาสั้นๆในการกระตุ้นตาดอก หรือศึกษาการใช้พลังงานทดแทนอื่นๆ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ อย่างไรก็ตามโรงเรือนต้นแบบควบคุมสภาวะแบบอัตโนมัติจะเป็นโรงเรือนตัวอย่างให้กลุ่มเกษตรกรได้เข้ามาศึกษา เรียนรู้ และนำไปพัฒนาปรับใช้ให้เหมาะสมกับการปลูกพืชของตนเองต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 3

วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดน้ำหนักผลสตรอเบอร์รี่

Research and Development of a Strawberry Grading Machine

ชัยวัฒน์ เผ่าสันทัดพาณิชย์ สนอง อมฤกษ์ มานพ รักญาติ

Chaiwat Paosantadpanich Sanong Amaroek Manop Rakyart

สุเมธ กาศสกุล สุพัฒธณกิจ โพธิ์สว่าง

Sumet Kartsakul Supattanakij Potesawang

คำสำคัญ : เครื่องคัดน้ำหนัก, สตรอเบอร์รี่

Key words : Weight Grading Machine, Strawberry

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตสตรอเบอร์รี่ด้วยเครื่องจักรกลทดแทนแรงงานคนโดยการวิจัยและพัฒนาเครื่องคัดน้ำหนักผลสตรอเบอร์รี่ ด้วยวิธีการใช้เซ็นเซอร์วัดน้ำหนักแบบสเตรนเกจโหลดเซล (Strain gage Load cell) มาใช้ร่วมกับบอร์ดควบคุมอัตโนมัติแบบอาดุยโน่บอร์ด (Arduino board) ซึ่งมีสมองกลไฟฟ้าสั่งการควบคุมการทำงานของเครื่องมือให้ทำการคัดแยกน้ำหนักแบบอัตโนมัติ ได้เครื่องต้นแบบ มีสัดส่วนขนาด 1,500 x 1,080 x 870 มิลลิเมตร มีส่วนประกอบสำคัญคือ 1) ชุดกลไกป้อนผลแบบจานหมุน ใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์เกียร์ทด 1:60 ขนาด 0.25 แรงม้า ชนิด 3 เฟส 220 โวลต์ และใช้อินเวอร์เตอร์ ชนิด 1 เฟส 220 โวลต์ มาควบคุมมอเตอร์ให้ปรับรอบหมุนได้ 2) ชุดเซ็นเซอร์ชั่งน้ำหนักผล เชื่อมต่อแผงวงจรขยายสัญญาณไฟฟ้า ADC มีหน้าปัดแสดงผลแบบจอสัมผัส ใช้เซอร์โวมอเตอร์ ควบคุมการเปิด-ปิด ลิ้นปล่อยผล 3) ชุดจ่ายคัดแยกขนาดผลโดยน้ำหนัก ใช้เซอร์โวมอเตอร์ขับเคลื่อนตำแหน่ง ท่อจ่ายผล 4) ชุดตู้ควบคุมหลัก มีตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าหลัก และตู้บอร์ดควบคุมอัตโนมัติ ผลทดสอบหาประสิทธิภาพการคัดแยกขนาดผลโดยน้ำหนักที่ระดับความเร็วเชิงเส้นของจานป้อน 0.072, 0.082 และ 0.088 เมตรต่อวินาที ที่ความเร็วเชิงเส้น 0.082 เมตรต่อวินาที ให้ผลทดสอบดีที่สุด มีอัตราการป้อน 1,920 ผล/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการคัดเฉลี่ย 100 เปอร์เซ็นต์ ผลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์มีจุดคุ้มทุนที่ 30,301.20 กิโลกรัม/ปี ระยะเวลาคืนทุน 1.4 ปี

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

The objective of research is to increase efficiency of strawberry production by using machines instead of labor by research and development strawberry weight grading machine. Prototype with dimensions of 1,500 x 1,080 x 870 mm. The main part of the prototype 1) The rotating plate feed mechanism use a power source as a gear motor 1:60, 0.25 horsepower 3 phase 220 volt and 1 phase 220 volt inverter to control the motor to adjust the rotation. 2) Weighing sensor connect the ADC power amplifier circuit with a touch screen display. Use a servo motor Control the on-off of the strawberries. 3) Sorting unit by Weight use servo motor to drive picking position. Test for efficiency machine at the linear velocity of the feed plates 0.072, 0.082 and 0.088 m/s resulted that at 0.082 m/s gave the best result with strawberry feed rate 1,920 /hour. 100 percent average efficiency. Breakeven point 30,301.20 kg/year. 1.4 year payback period.

บทนำ

การปลูกสตรอเบอร์รี่ ในอำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย และพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่ เช่น อำเภอแม่แจ่ม นั้น มูลค่าต้นทุนของการผลิตต่อไร่ตกประมาณ 25,000 - 30,000 บาท และรายได้ตอบแทนต่อไร่ 62,500 บาท (คิดจากค่าเฉลี่ย 2,500 กก.ต่อไร่ และ 25 บาทต่อกิโลกรัม) ขณะที่เกษตรกรบนดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ ใช้ต้นทุนการผลิตไร่ละ 30,000 - 35,000 บาท และมีรายได้ไร่ละ 72,500 บาท เนื่องจากสามารถขายเป็นผลรับประทานสดแก่นักท่องเที่ยว และเก็บเกี่ยวผลผลิตได้นานกว่าพื้นราบ ปกติแล้วผลผลิตจะออกประมาณเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนพฤษภาคมในพื้นที่ปลูกบนที่สูง และระหว่างเดือนธันวาคม ถึงเมษายนในพื้นที่ปลูกบนพื้นราบ ผลผลิตที่ออกก่อนในเดือนพฤศจิกายนและธันวาคมจะมีคุณภาพดีและขนาดใหญ่ ทำให้จำหน่ายได้ในราคาสูงประมาณ 70-80 บาทต่อกิโลกรัมในท้องตลาดทั่วไป หลังจากนั้นขนาดผลจะเล็กลงและจำหน่ายได้ในราคา 20-30 บาทต่อกิโลกรัม ในช่วงเดือนมกราคมถึงกลางเดือนมีนาคม ปัจจุบันยังมีความต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศเพื่อใช้ผลิตภัณฑ์ของสตรอเบอร์รี่ในเชิงอุตสาหกรรมเป็นปริมาณมากต่อปี และกำลังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามจำนวนประชากร ประเทศญี่ปุ่นเป็นแหล่งใหญ่ของไทยในการนำเข้าผลสตรอเบอร์รี่ เพื่อใช้ในการแปรรูปมากสุด (ที่ผ่านมาประมาณ 1,000 - 3,000 ตันต่อปี) นอกจากนี้ยังเคยมีการขนส่งผลรับประทานสดไปจำหน่ายยังประเทศฮ่องกง สิงคโปร์ และบางประเทศในแถบยุโรปบ้างเล็กน้อยโดยมูลนิธิโครงการหลวงอีกด้วย (ณรงค์ชัย, 2544)

สตรอเบอร์รี่จัดเป็นผลไม้ที่มีศักยภาพในการผลิตเชิงพาณิชย์ ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวสตรอเบอร์รี่เพื่อจำหน่ายผลสด พบปัญหาการคัดน้ำหนักผลแบบเกษตรกร ต้องใช้แรงงานคนจำนวนมากและ

กรมวิชาการเกษตร

สิ้นเปลืองเวลาโดยเกษตรกรจะคัดน้ำหนักผลด้วยมือกับสายตาและไม่มีมาตรฐานตรวจวัด ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงต้องดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องคัดน้ำหนักผลสตรอเบอร์รี่ โดยการศึกษาพัฒนาเครื่องจักรกลทดแทนแรงงานคนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตสตรอเบอร์รี่ ให้ได้ต้นแบบเครื่องคัดน้ำหนักผลสตรอเบอร์รี่ที่มีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทำงานได้รวดเร็วกว่าแรงงานคนในการคัดน้ำหนักผล ซึ่งจะทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการคัดแยกผลสตรอเบอร์รี่ตามขนาดเกรดผลโดยน้ำหนักตามที่ตลาดต้องการและได้ราคาดีที่สูงขึ้น

จากนโยบายของรัฐบาลที่ต้องการให้นำเครื่องจักรกลเกษตรมาช่วยแก้ไขปัญหาให้กับเกษตรกรในการผลิตพืชของประเทศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต สร้างความเข้มแข็งจากภายในเชื่อมโยงเศรษฐกิจไทยสู่โลกตามนโยบายประเทศไทย 4.0 และเนื่องด้วยสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เป็นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการใช้เครื่องจักรกลการเกษตรของเกษตรกร มีหน้าที่ในการวิจัย ค้นคว้า และพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตรที่เหมาะสมกับการผลิตพืช ทั้งให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยเหลือทางวิชาการแก่ผู้ผลิตด้วยปัจจุบันเครื่องจักรกลการเกษตรมีบทบาทสำคัญมากขึ้นและเป็นรากฐานที่สำคัญในการพัฒนาภาคเกษตรของไทย และจากการระดมความคิดเห็นเพื่อการพัฒนางานวิจัยด้านเครื่องจักรกลเกษตรให้ตรงกับความต้องการของเกษตรกรผู้ใช้งานในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ได้มีข้อเรียกร้องจากเกษตรกรให้หาเครื่องมือคัดขนาดผลเพื่อจำหน่ายผลสดสตรอเบอร์รี่ เนื่องจากเกษตรกรไม่มีเครื่องคัดขนาดผลสตรอเบอร์รี่ ยังใช้แรงงานคนเพื่อคัดแยกด้วยสายตาหรือใช้วิธีชั่งน้ำหนัก ดังนั้นแนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงต้องดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือคัดน้ำหนักผลสตรอเบอร์รี่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตสตรอเบอร์รี่ ให้ได้ต้นแบบเครื่องมือคัดน้ำหนักผลสตรอเบอร์รี่ที่มีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทำงานได้รวดเร็วกว่าแรงงานคนในการคัดน้ำหนักผล ซึ่งจะทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการคัดแยกผลสตรอเบอร์รี่ตามขนาดเกรดผลโดยน้ำหนักตามที่ตลาดต้องการและได้ราคาดีที่สูงขึ้น

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

1) สำรวจเก็บข้อมูลพื้นฐานและศึกษาวิธีปฏิบัติของเกษตรกร
2) ศึกษาเครื่องคัดขนาดผลไม้ที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบัน วิเคราะห์ข้อมูลและหาแนวทางพัฒนาเครื่อง
3) ออกแบบระบบสั่งการทำงานอัตโนมัติของกลไกเครื่องต้นแบบ
4) ออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่อง
5) ปรับปรุงพัฒนาเครื่องต้นแบบให้เครื่องทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กรมวิชาการเกษตร

6) ทดสอบการใช้งานเครื่องต้นแบบ โดยทดสอบเก็บข้อมูล ความสามารถของเครื่อง ประสิทธิภาพในการทำงาน และความแม่นยำของเครื่องต้นแบบ

7) วิเคราะห์ผลการทดสอบและสรุปผล

ผลการวิจัยและอภิปรายผล (Results and Discussion)

1) สำรวจเก็บข้อมูลพื้นฐานและศึกษาวิธีปฏิบัติของเกษตรกร

จากการสำรวจเก็บข้อมูลเกษตรกรจะเก็บเกี่ยวผลผลิต 2 ช่วงเวลา คือช่วงเช้าตั้งแต่เวลา 05:00 - 10:00 น. และช่วงเย็นตั้งแต่เวลา 15:00 - 20:00 น. การเก็บเกี่ยวผลผลิตจะขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ถ้าอากาศร้อนจะเลื่อนเวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิตออกไป เพื่อไม่ให้ผลผลิตได้รับความเสียหายหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นผลผลิตจะช้ำเสียหายง่าย การเก็บเกี่ยวผลผลิต ควรเก็บผลผลิตเมื่อสีผิวผลเปลี่ยนประมาณ 70 - 75 เปอร์เซ็นต์ โดยพิจารณาจากสีผลที่เปลี่ยนเป็นสีชมพูอมแดง เมื่อผลผลิตถูกเก็บเกี่ยวออกนำมาจำหน่าย ถ้าจำหน่ายแบบไม่คัดขนาด ไม่คัดสี จะได้ราคาไม่สูงมาก และมีบางส่วนที่แก่เกินไป ทำให้เก็บรักษาได้ไม่นาน ดังนั้นการคัดขนาดโดยน้ำหนักก่อน แล้วตามด้วยการคัดแยกสีผล จะเป็นการเพิ่มมูลค่าและราคาของผลผลิต ทำให้ผลิตผลที่ได้มีคุณภาพและมาตรฐานดีขึ้น

จากการสำรวจตลาดรับซื้อและขายสตรอเบอร์รี่ผลสดใน ต.บ่อแก้ว อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่ พบวิธีปฏิบัติของเกษตรกรในการคัดแยกสีและขนาดผลสดของสตรอเบอร์รี่ ดังแสดงในภาพที่ 3.1 เกษตรกรมีการคัดแยกสีและขนาดผลของสตรอเบอร์รี่ด้วยแรงงานคนโดยการใช้มือและสายตา ในการคัดแยกขนาดผลจากใหญ่ไปเล็ก จะแบ่งออกเป็นเกรดได้ 7 เกรด และมีการคัดแยกผลสุกสีแดงสวยออกเป็นเกรดสุดท้าย ดังนี้คือ 1) เกรดพิเศษ 2) เกรดจัมโบ้ 3) เกรดใหญ่ 4) เกรดกลาง 5) เกรดเล็ก 6) เกรดจิ๋ว 7) เกรดจิ๋วสุด และ 8) เกรดแดงสวย

ภาพที่ 3.1 การใช้แรงงานคนโดยใช้มือและสายตาคัดแยกขนาดผลสตรอเบอร์รี่

กรมวิชาการเกษตร

จากการศึกษาลักษณะกายภาพของผลสตรอเบอร์รี่สดพันธุ์พระราชทาน 80 และหาความสัมพันธ์ของขนาดรูปทรงผลที่มีผลต่อน้ำหนักผล โดยศึกษาขนาดและน้ำหนักผลของสตรอเบอร์รี่จากตลาดทั่วไปดังกล่าว พบว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักผล มีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับขั้นเกรด จากเกรดจิ๋วสุดถึงเกรดพิเศษ ตามลำดับ ขนาดของการกระจายค่าที่ออกจากค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มค่ากระจายมากขึ้นตามระดับขั้นเกรด จากเกรดจิ๋วสุดถึงเกรดพิเศษ ตามลำดับ โดยค่าน้ำหนักผลที่สูงสุดในแต่ละเกรด คือ 6.50, 8.71, 10.38, 12.72, 15.96, 19.89, และ 37.49 กรัม ตามลำดับจากเกรดจิ๋วสุด ถึงเกรดพิเศษ ขนาดด้านกว้าง มีค่าเฉลี่ย แปรตามค่าที่เพิ่มขึ้นตามระดับขั้นของน้ำหนักผลค่าเฉลี่ย จากน้อยไปหามาก โดยค่าขนาดด้านกว้างที่สูงสุดในแต่ละเกรด คือ 23.49, 26.51, 28.80, 31.33, 34.27, 34.89, และ 44.34 มิลลิเมตร ตามลำดับจากเกรดจิ๋วสุด ถึงเกรดพิเศษ

การคัดแยกขนาดผลสตรอเบอร์รี่ในตลาดมาตรฐาน มีเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดโดยมูลนิธิโครงการหลวง แบ่งเป็นเกรดโดยน้ำหนักผล (มูลนิธิโครงการหลวง, 2556) โดยการคัดแยกขนาดผลสตรอเบอร์รี่ในงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีมาตรฐานเกรดของมูลนิธิโครงการหลวง ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1ค่ามาตรฐานกำหนดของมูลนิธิโครงการหลวง แบ่งตามเกรดโดยน้ำหนักผล

ลำดับเกรด	น้ำหนักผล (กรัม)
พรีเมี่ยม	35
พิเศษ	25 – 34
เกรด 1	16 – 24
เกรด 2	13 – 15
เกรด 3	10 – 12
เกรด 4	7 – 9
ตกเกรด	น้อยกว่า 7

2) ศึกษาเครื่องคัดขนาดผลไม้ที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

ได้ศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบการทำงานของกลไกการวัดน้ำหนัก พบว่า หลักการคัดน้ำหนักผลที่นิยมใช้กันมี 2 แบบ คือ

1. หลักการถ่วงน้ำหนักของผลไม้ที่จะคัดน้ำหนัก

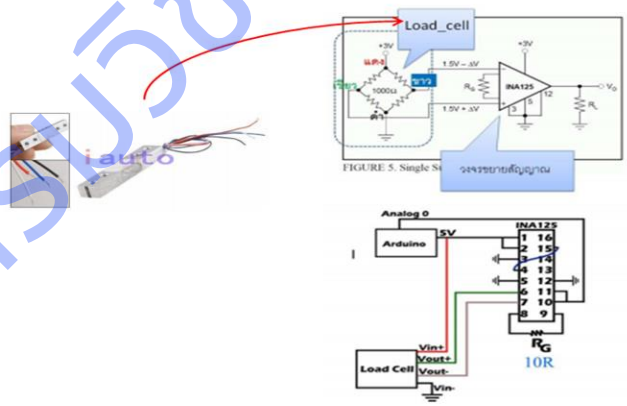
เครื่องคัดน้ำหนักแบบใช้หลักการถ่วงน้ำหนัก มีกลไกการถ่วงน้ำหนัก เหมือนตาชั่งแบบถ่วงดุลด้วยตุ้มน้ำหนักซึ่งตั้งเกณฑ์ไว้ ทำงานทางกลด้วยคานและลูกตุ้มน้ำหนัก ไม่เป็นสัญญาณไฟฟ้า และไม่สามารถสั่งควบคุมเครื่องมืออื่น ๆ ให้ทำงานระบบอัตโนมัติได้ดังภาพที่ 3.2

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 3.2 การคัดน้ำหนักแบบใช้หลักการถ่วงน้ำหนัก

2. หลักการเซ็นเซอร์วัดน้ำหนัก (load cell) และการประยุกต์ใช้ร่วมกับบอร์ดควบคุมอัตโนมัติ

เครื่องคัดน้ำหนักแบบใช้หลักการเซ็นเซอร์วัดน้ำหนัก มีอุปกรณ์เซ็นเซอร์ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ตรวจวัด ตรวจจับสัญญาณ หรือปริมาณทางฟิสิกส์ เช่น อุณหภูมิ, แสง, แรงกดหรือแรงดึง ฯลฯ แล้วแปลงค่าเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าออกมา ซึ่งตัวเซ็นเซอร์วัดน้ำหนักโดยใช้โหลดเซลนี้ จะส่งค่าที่เป็นสัญญาณไฟฟ้า ทำให้สะดวกรวดเร็วในการสั่งควบคุมเครื่องมืออื่นๆ ให้ทำงานแบบอัตโนมัติได้โดยตรงเมื่อประยุกต์ใช้ร่วมกับบอร์ดควบคุมอัตโนมัติ ดังแสดงในภาพที่ 3.3 จึงเลือกนำมาเป็นเกณฑ์พิจารณาแนวทางออกแบบการทำงานแบบอัตโนมัติของเครื่องต้นแบบในงานวิจัยนี้



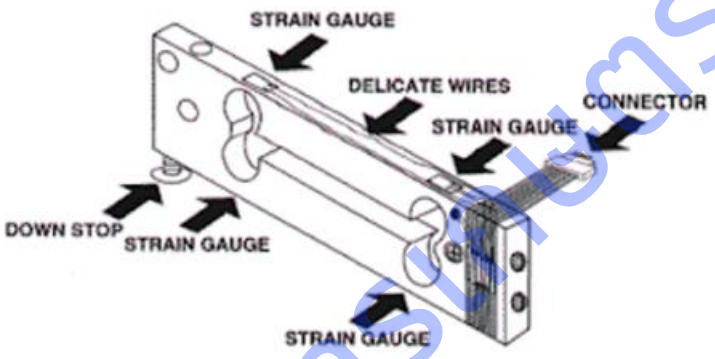
ภาพที่ 3.3 การคัดน้ำหนักแบบใช้หลักการเซ็นเซอร์วัดน้ำหนักด้วยโหลดเซล (load cell)

3) ศึกษาออกแบบระบบสั่งการทำงานอัตโนมัติของกลไกต้นแบบเครื่อง

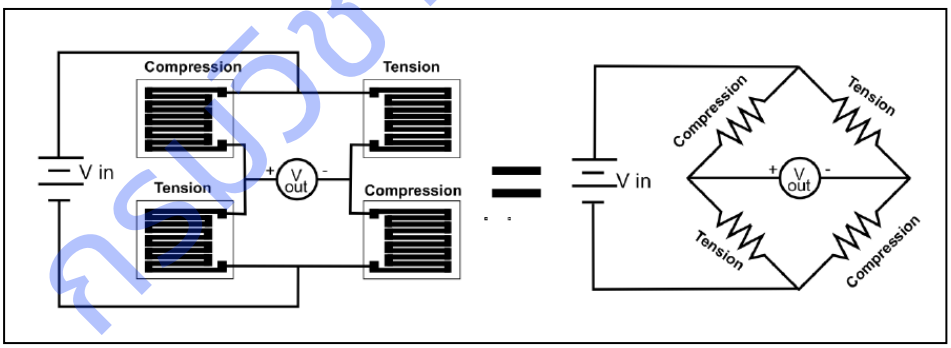
ออกแบบระบบสั่งการทำงานแบบอัตโนมัติของกลไกต้นแบบเครื่องคัดน้ำหนัก โดยใช้เซ็นเซอร์วัดน้ำหนัก (Load cell) มาใช้ร่วมกับบอร์ดควบคุมอัตโนมัติ (Arduino board) มีรายละเอียดดังนี้ คือ

กรมวิชาการเกษตร

1. โหลดเซลแบบสเตรนเกจ (Strain gauge load cell) เป็นอุปกรณ์เซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดน้ำหนัก สามารถแปลงค่าแรงกด หรือแรงดึง เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า โดยใช้เกจตัวต้านทาน (strain gauge) จำนวน 4 ตัว ติดไว้บนโหลดเซล รูปทรงแบบ straight bar ดังแสดงในภาพที่ 3.4 แล้วถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันในลักษณะของวงจร Wheatstone Bridge Circuit ดังแสดงในภาพที่ 3.5 เมื่อมีแรงมากระทำกับตัวโหลดเซล จะทำให้สเตรนเกจ ที่ติดอยู่ในบริเวณที่มีการเปลี่ยนรูปทรง หดหรือยืด ตัว ทำให้ค่าความต้านทานที่ตัวสเตรนเกจเปลี่ยนไป ดังแสดงในภาพที่ 3.6 คือ ในจุดที่สเตรนเกจได้รับแรงกด (compression) จะทำให้สเตรนเกจ หดตัวเข้าหากัน และในจุดที่ได้รับแรงดึง (tension) จะทำให้สเตรนเกจ ถูกยืดออก จึงทำให้ค่าความต้านทานที่ตัวสเตรนเกจเปลี่ยนแปลงไป

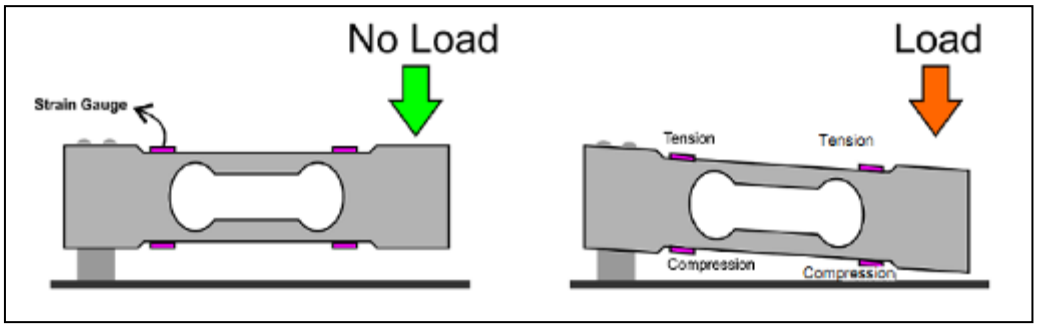


ภาพที่ 3.4 แสดงโหลดเซลแบบสเตรนเกจ



ภาพที่ 3.5 แสดงสเตรนเกจ ทั้ง 4 ตัว ถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันในลักษณะของ วงจร Wheatstone Bridge Circuit

กรมวิชาการเกษตร



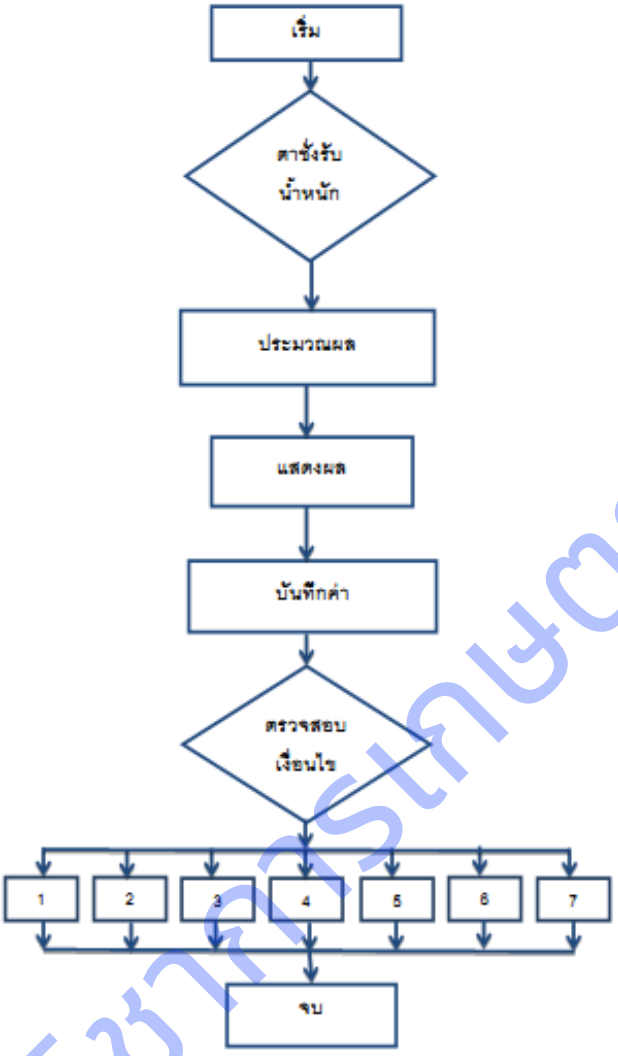
ภาพที่ 3.6 ในจุดที่ได้รับแรงกด (compression) จะทำให้สเตรนเกจหดตัวเข้าหากัน และในจุดที่ได้รับแรงดึง (tension) จะทำให้สเตรนเกจถูกยืดออก ซึ่งจะส่งผลทำให้ค่าความต้านทานของสเตรนเกจเปลี่ยนแปลงไป

2. บอร์ดควบคุมอัตโนมัติ (Arduino board) เป็นบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ที่ open-source platform (เปิดเผยแบบแปลนในการผลิต) ที่ง่ายต่อการใช้งาน ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้ ก) ส่วนที่เป็น Hardware คือ บอร์ดอิเล็คทรอนิคขนาดเล็ก ที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) เป็นชิ้นส่วนหลัก ถูกนำมาประกอบร่วมกับอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคอื่นๆ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน โดยบอร์ด Arduino ก็มีหลายรุ่นให้เลือกใช้ โดยในแต่ละรุ่นอาจมีความแตกต่างกันในเรื่องของขนาดตัวบอร์ด หรือสเปค เช่น จำนวนของขารับส่งสัญญาณ, แรงดันไฟฟ้าที่ใช้, ประสิทธิภาพของ MCU เป็นต้น ข) ส่วนที่เป็น Software ได้แก่ ภาษา Arduino ซึ่งเป็นภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมควบคุม MCU, มีไวยากรณ์แบบเดียวกับภาษา C/C++ และ Arduino IDE เป็นเครื่องมือสำหรับเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Arduino, คอมไพล์โปรแกรม (Compile) และอัพโหลดโปรแกรมลงบอร์ด (Upload)

3. วางแผนขั้นตอนสั่งการควบคุมอัตโนมัติของบอร์ดควบคุมอัตโนมัติ

เมื่อผลสตรอเบอร์รี่ถูกส่งมาชั่งน้ำหนัก ที่ส่วนของเซ็นเซอร์วัดน้ำหนักโดยใช้โหลดเซลแบบสเตรนเกจ โหลดเซลจะส่งผลแสดงค่าน้ำหนักไปที่โปรแกรมที่เขียนลงในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino) บอร์ดจะทำการประมวลผล แล้วสั่งการอัตโนมัติให้ชุดจ่ายคัดแยกขนาดผลโดยน้ำหนัก หมุนไปยังช่องที่กำหนด การทำงานจะทำวนอยู่ตลอด จนกว่าจะทำการหยุดเครื่องดัง ภาพที่ 3.7

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 3.7 แผนผังขั้นตอนสั่งการควบคุมอัตโนมัติของบอร์ดควบคุมอัตโนมัติ

4) ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

ทำการออกแบบสร้างกลไกเครื่องคัดน้ำหนักผลสตรอเบอร์รี่เบื้องต้น โดยเครื่องมีส่วนประกอบดังนี้

1. ชุดกลไกป้อนผลแบบจานหมุน ใช้มอเตอร์เกียร์ปรับรอบหมุนได้
2. ชุดเซ็นเซอร์ชั่งน้ำหนักผล ใช้โหลดเซลชั่งน้ำหนักผล
3. ชุดจ่ายคัดแยกขนาดผลโดยน้ำหนัก ใช้สเต็ปมอเตอร์ขับเคลื่อน
4. ชุดบอร์ดควบคุมอัตโนมัติ

ส่วนประกอบและลักษณะเครื่องคัดน้ำหนักผลสตรอเบอร์รี่ต้นแบบ มีรายละเอียดคือ

- สัดส่วนขนาด กว้าง x ยาว x สูง = 500 x 800 x 870 มิลลิเมตร

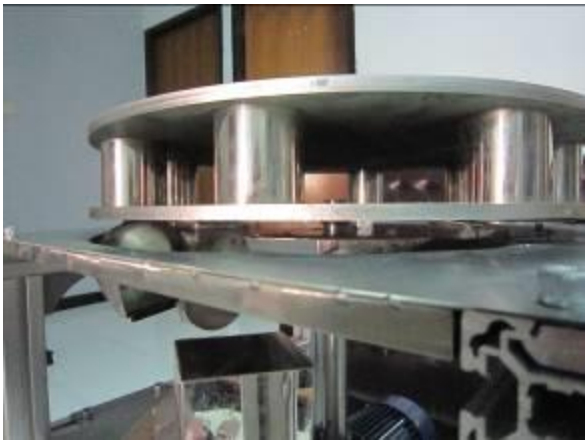
กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 3.8 ต้นแบบเครื่องคัดน้ำหนักผลสตรอเบอร์รี่เบื้องต้น

- ชุดกลไกป้อนผลแบบจานหมุน ดังแสดงในภาพที่ 3.8 และ 3.9 ประกอบด้วย

จานป้อนผลสตรอเบอร์รี่ เป็นวงล้อแนวนอนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 450 มิลลิเมตร ขอบสูง 68 มิลลิเมตร มีหลุมรูกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร จำนวน 8 หลุม วางอยู่รอบแนวรัศมี ใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์เกียร์ทด 1: 60 ขนาด 0.25 แรงม้า ชนิด 3 เฟส 220 โวลต์ และใช้อินเวอร์เตอร์ ชนิด 1 เฟส 220 โวลต์ มาควบคุมมอเตอร์ให้ปรับรอบหมุนได้

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 3.9 กลไกป้อนผลแบบจานหมุน

- ชุดเซ็นเซอร์ชั่งน้ำหนักผล ดังแสดงในภาพที่ 3.10 ประกอบด้วย

แท่นชั่งน้ำหนักผล ขนาดปากกรวย 60 x 60 มิลลิเมตร ทางออกเป็นรางกว้าง 60 มิลลิเมตรพับขอบสูง 80 มิลลิเมตร วางเอียงเป็นมุม 45 องศา ยึดติดกับโหลดเซล ขนาดพิกัด 1 Kg , สัญญาณ rated output 1.0 ± 0.15 mv/V ใช้แผงวงจรขยายสัญญาณไฟฟ้า ADC ยี่ห้อ AVIA รุ่น HX 711 และมีแผงหน้าปัดจอ LCD แสดงผลเป็นเลขดิจิตอล ใช้สเต็ปมอเตอร์ ควบคุมการเปิด-ปิด ลิ้นปล่อยผลออกจากแท่นกรวยชั่งน้ำหนักเข้าสู่ท่อจ่ายคัดแยก

ภาพที่ 3.10 เซ็นเซอร์ชั่งน้ำหนักผล

- ชุดจ่ายคัดแยกขนาดผลโดยน้ำหนัก ดังแสดงในภาพที่ 3.11 ประกอบด้วย

ท่อจ่าย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76 มิลลิเมตร ยาว 320 มิลลิเมตร วางเอียงเป็นมุม 45 องศา ใช้เซอร์โวมอเตอร์ ขับเคลื่อนตำแหน่งเป็นองศา

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 3.11 ท่อจ่ายคัดแยกขนาดผลโดยน้ำหนัก

- ชุดบอร์ดควบคุมระบบอัตโนมัติ ดังแสดงในภาพที่ 3.12 ประกอบด้วย

บอร์ด Arduino รุ่น Uno-R3 เป็นบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) เป็นสมองกลไฟฟ้าสั่งการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ส่วนต่างๆ ของเครื่องต้นแบบ โดยนำมาติดตั้งไว้ในตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าหลัก ทำการเชื่อมสายสัญญาณ ต่อกับแผงวงจรขยายสัญญาณไฟฟ้า ADC ของโหลดเซล ต่อกับแผงวงจร stepper motor driver board ของสเต็ปมอเตอร์ ต่อกับแผงหน้าปัดจอ LCD แสดงผลเลขดิจิตอล และต่อกับเซอร์โวมอเตอร์

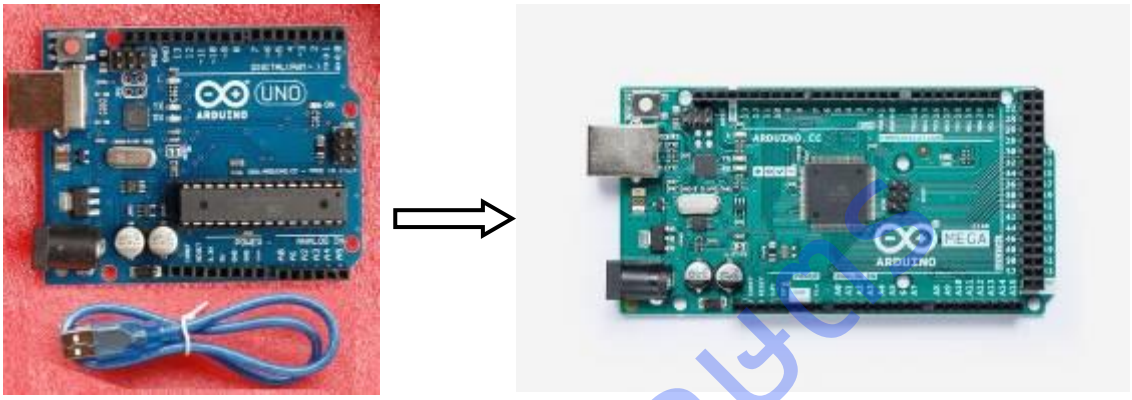
ภาพที่ 3.12 ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าหลักที่ติดตั้งบอร์ดควบคุมระบบอัตโนมัติ

กรมวิชาการเกษตร

5) ปรับปรุงพัฒนาเครื่องต้นแบบให้เครื่องทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

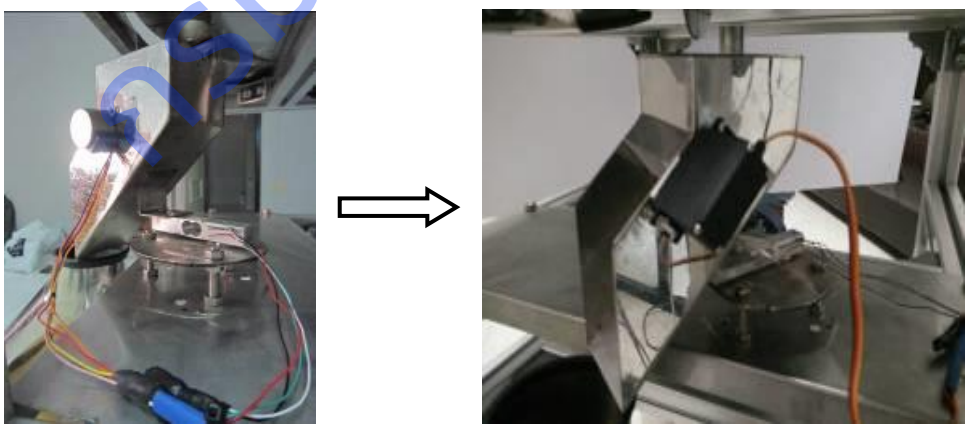
1) ได้ปรับปรุงระบบการทำงานอัตโนมัติของกลไกการคัดน้ำหนักผลสตรอเบอร์รี่ ดังนี้ คือ

1.1) ปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพบอร์ดควบคุมอัตโนมัติ โดยเปลี่ยนบอร์ด Arduino จากเดิม รุ่น Uno-R3 มาเป็น รุ่น Mega 2560 ซึ่งมีหน่วยความจำสูงขึ้น ทำให้เก็บคำสั่งต่างๆ ได้จำนวนมากขึ้น และส่งประมวลผลได้รวดเร็วขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13 เพิ่มประสิทธิภาพบอร์ด Arduino
โดยเปลี่ยนบอร์ดจากเดิม รุ่น Uno-R3 มาเป็นรุ่น Mega 2560

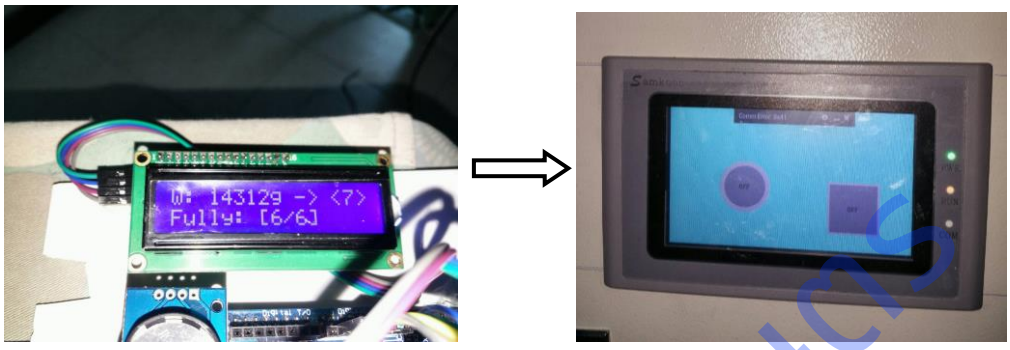
1.2) ปรับปรุงชุดเซ็นเซอร์ชั่งน้ำหนัก โดยเปลี่ยนมอเตอร์ควบคุมลิ้นการเปิด-ปิด การปล่อยผลออกจากแท่นชั่งน้ำหนักลงสู่ท่อจ่ายคัดแยก จากเดิมใช้สเต็ปมอเตอร์ มาเป็นเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งการขับเคลื่อนตำแหน่งเป็นองศาแม่นยำและรวดเร็วกว่า ดังแสดงในภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.14 ปรับปรุงชุดเซ็นเซอร์ชั่งน้ำหนัก
โดยเปลี่ยนจากเดิม สเต็ปมอเตอร์ มาเป็น เซอร์โวมอเตอร์

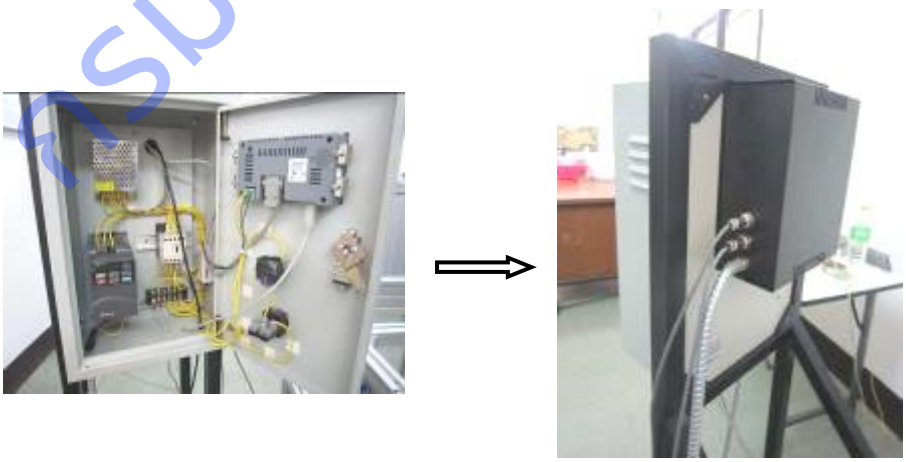
กรมวิชาการเกษตร

1.3) ปรับปรุงระบบจอแสดงผล โดยเปลี่ยนแผงหน้าปัดแสดงผล จากเดิมเป็น จอ LCD ธรรมดา แสดงผลได้เพียงค่าเดียว ไม่เกิน 16 ตัวอักษร จำนวน 2 บรรทัด มาเป็นจอแบบสัมผัส ซึ่งแสดงผลจำนวนตัวอักษรได้มากกว่า ดังแสดงในภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 เพิ่มประสิทธิภาพการแสดงผล โดยเปลี่ยนจอ LCD ธรรมดา มาเป็นแบบจอสัมผัส

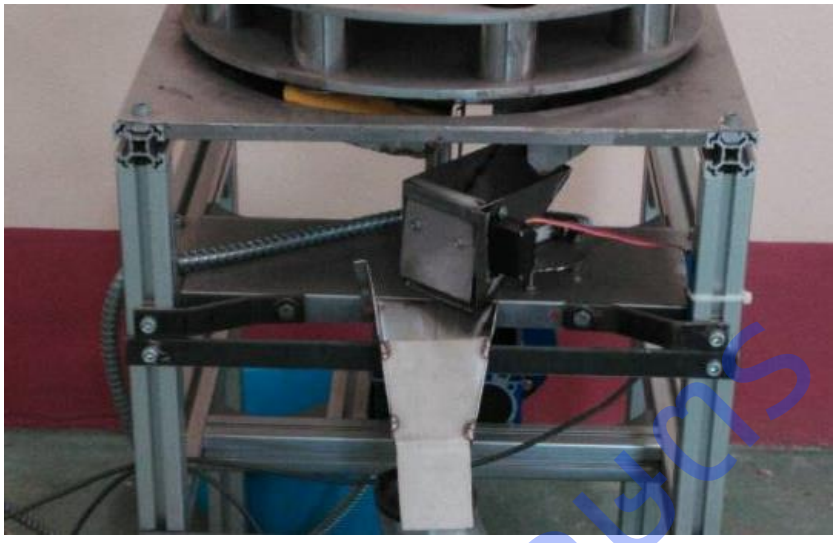
1.4) ปรับปรุงแก้ไขปัญหาสัญญาณไฟฟ้ารบกวนจากอินเวอร์เตอร์เข้าบอร์ด Arduino Mega 2560 ที่อยู่ในตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าหลัก โดยย้ายตัวบอร์ด Arduino Mega 2560 และแผงวงจรขยายสัญญาณไฟฟ้า ADC ของโหลดเซล ออกมาติดตั้งในตู้อีกใบต่างหาก เพื่อแก้ไขปัญหาสัญญาณไฟฟ้ารบกวน ดังแสดงในภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.16 แก้ไขปัญหาสัญญาณไฟฟ้ารบกวน
โดยย้ายบอร์ด Arduino และแผงวงจรขยายไฟฟ้า ADC มาติดตั้งในตู้อีก 1 ใบ

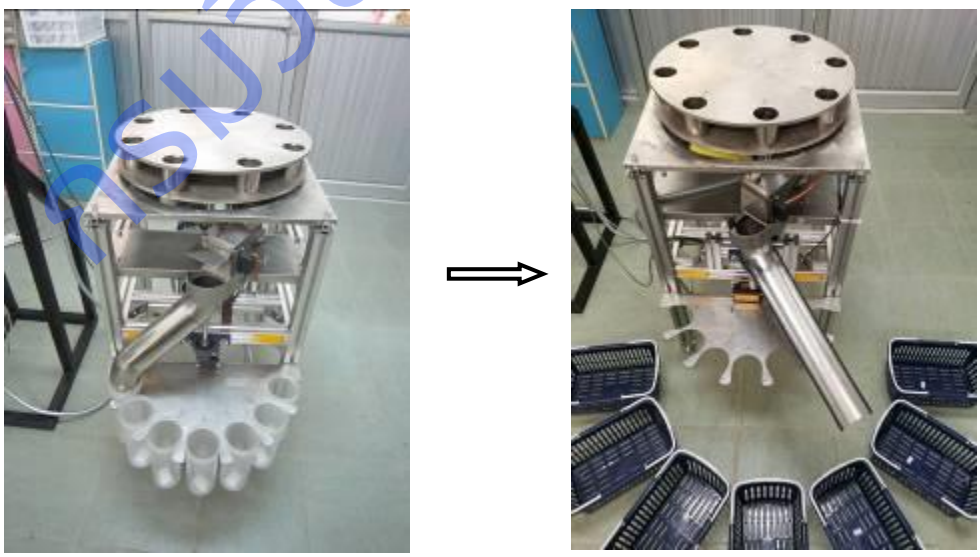
ศรีวิชาการเกษตร

1.5) จากการทดสอบใช้งานเบื้องต้นพบปัญหาการสั่นสะเทือนของชุดเซ็นเซอร์ชั่งน้ำหนัก ทำให้การอ่านค่าคลาดเคลื่อน จึงได้เสริมเหล็กยึดชุดเซ็นเซอร์ชั่งน้ำหนักกับโครงสร้างเครื่องเพิ่มเติม ดังแสดงในภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.17 แก้ไขปัญหาการสั่นสะเทือนของชุดเซ็นเซอร์ชั่งน้ำหนักโดยเสริมเหล็กยึดชุดเซ็นเซอร์ชั่งน้ำหนักกับโครงสร้างเครื่องเพิ่มเติม

1.6) ปรับปรุงแก้ไขปัญหาการจ่ายผลสตรอเบอร์รี่ ซึ่งจ่ายเคลื่อนจากกึ่งกลางช่องรับคัดแยกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76 มิลลิเมตร แบบชุดกระป๋อง 7 ใบ โดยแก้ไขเปลี่ยนท่อจ่าย จากเดิมแบบท่อกลมขนาด 76 มิลลิเมตร ยาว 320 มิลลิเมตร เป็นรางเปิดครึ่งวงกลมขนาด 76 มิลลิเมตร ยาว 430 มิลลิเมตร จ่ายลงช่องคัดแยกให้มีพื้นที่กว้างขึ้นและใช้ตะกร้า 7 ใบรองรับ ดังแสดงในภาพที่ 3.18

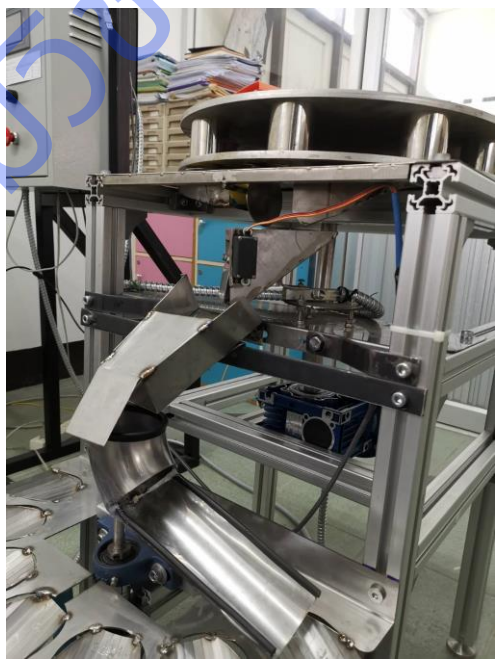


ภาพที่ 3.18 แก้ไขปัญหาการจ่ายผลสตรอเบอร์รี่
โดยเปลี่ยนท่อจ่ายเป็นรางเปิด และเปลี่ยนช่องรับแบบกระป๋อง 7 ใบ เป็นตะกร้า 7 ใบ

กรมวิชาการเกษตร

1.7) ปรับปรุงช่องรับ โดยติดตั้งรางจ่อตรงลงในแต่ละตะกร้า ดังแสดงในภาพที่ 3.19 และปรับปรุงแก้ไขท่อจ่ายโดยเปลี่ยนเป็นรางสั้นลง และติดตั้งปากทางลง ดังแสดงในภาพที่ 3.20

ภาพที่ 3.19 ปรับปรุงช่องรับ โดยเพิ่มรางจ่อตรงลงในแต่ละตะกร้าทั้ง 7 ใบ



ภาพที่ 3.20 ปรับปรุงแก้ไขท่อจ่ายใหม่ โดยเปลี่ยนเป็นรางสั้นลงและติดตั้งปากทางลง

กรมวิชาการเกษตร

2) ได้ทดสอบการทำงานตามโปรแกรมคำสั่งการคัดแยกตามเกณฑ์น้ำหนัก 7 เกรด ของบอร์ดควบคุมอัตโนมัติ โดยมีกระบวนการในการประมวลผลคำสั่ง ดังแสดงในภาพที่ 3.21 ตามขั้นตอนดังนี้

1. เมื่อผลสตรอเบอร์รี่ถูกส่งมาชั่งน้ำหนัก ที่ส่วนของเซ็นเซอร์วัดน้ำหนักโดยใช้โหลดเซลแบบสเตรนเกจ โหลดเซลจะส่งสัญญาณผลค่าน้ำหนักเข้าสู่บอร์ด Arduino Mega 2560

2. หน่วยประมวลผลในบอร์ด Arduino Mega 2560 จะทำการประมวลผล ตามโปรแกรมคำสั่งการคัดแยกแบบตั้งเงื่อนไข ตรวจสอบตามเกณฑ์น้ำหนักที่กำหนดไว้ 7 เงื่อนไขตามลำดับ หากเงื่อนไขใดไม่ใช่ก็จะข้ามสู่เงื่อนไขต่อไปตามลำดับ โดยการทำงานจะทำวนอยู่ตลอด จนกว่าจะทำการหยุดเครื่อง ดังนี้คือ

2.1 ถ้าค่าน้ำหนัก มากกว่า หรือ = 35 กรัม จะสั่ง servo motor 2 ของท่อจ่าย หมุนไปยังตำแหน่งที่ 7 และสั่ง servo motor 1 เปิดลิ้นกั้นปล่อยผลสตรอเบอร์รี่ออกจากแท่นชั่ง

2.2 ถ้าค่าน้ำหนัก = 25 ถึง 34.9 กรัม จะสั่ง servo motor 2 ของท่อจ่าย หมุนไปยังตำแหน่งที่ 6 และสั่ง servo motor 1 เปิดลิ้นกั้นปล่อยผลสตรอเบอร์รี่ออกจากแท่นชั่ง

2.3 ถ้าค่าน้ำหนัก = 16 ถึง 24.9 กรัม จะสั่ง servo motor 2 ของท่อจ่าย หมุนไปยังตำแหน่งที่ 5 และสั่ง servo motor 1 เปิดลิ้นกั้นปล่อยผลสตรอเบอร์รี่ออกจากแท่นชั่ง

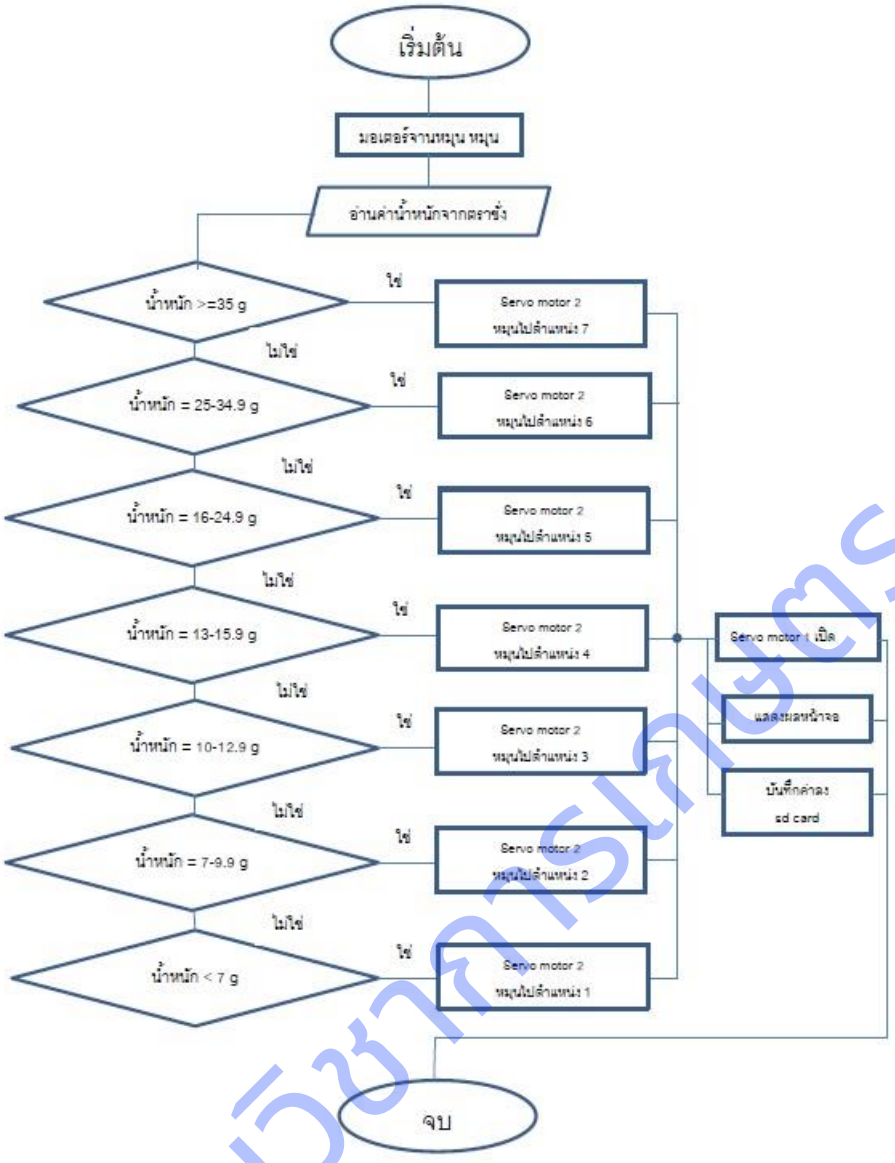
2.4 ถ้าค่าน้ำหนัก = 13 ถึง 15.9 กรัม จะสั่ง servo motor 2 ของท่อจ่าย หมุนไปยังตำแหน่งที่ 4 และสั่ง servo motor 1 เปิดลิ้นกั้นปล่อยผลสตรอเบอร์รี่ออกจากแท่นชั่ง

2.5 ถ้าค่าน้ำหนัก = 10 ถึง 12.9 กรัม จะสั่ง servo motor 2 ของท่อจ่าย หมุนไปยังตำแหน่งที่ 3 และสั่ง servo motor 1 เปิดลิ้นกั้นปล่อยผลสตรอเบอร์รี่ออกจากแท่นชั่ง

2.6 ถ้าค่าน้ำหนัก = 7 ถึง 9.9 กรัม จะสั่ง servo motor 2 ของท่อจ่าย หมุนไปยังตำแหน่งที่ 2 และสั่ง servo motor 1 เปิดลิ้นกั้นปล่อยผลสตรอเบอร์รี่ออกจากแท่นชั่ง

2.7 ถ้าค่าน้ำหนัก น้อยกว่า 7 กรัม จะสั่ง servo motor 2 ของท่อจ่าย หมุนไปยังตำแหน่งที่ 1 และสั่ง servo motor 1 เปิดลิ้นกั้นปล่อยผลสตรอเบอร์รี่ออกจากแท่นชั่ง

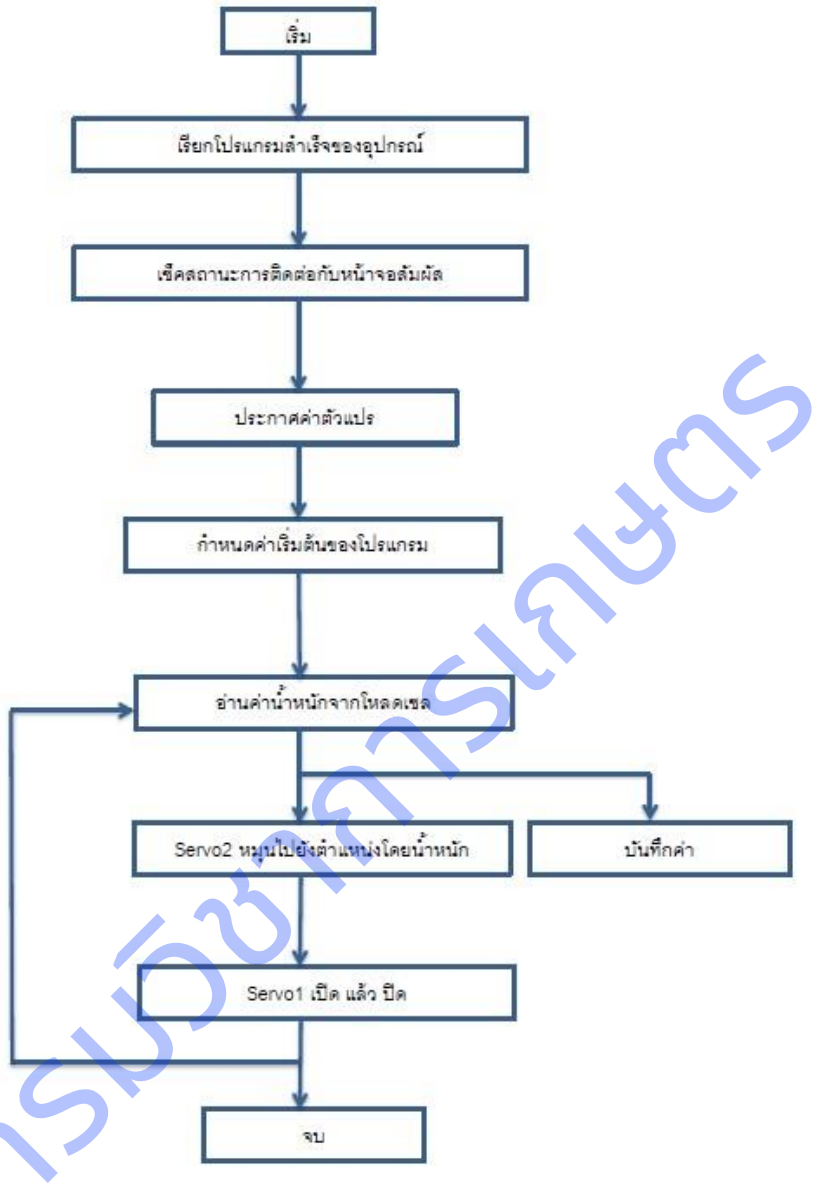
กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 3.21 แผนผังกระบวนการประมวลผลคำสั่งการคัดแยกตามเกณฑ์น้ำหนัก 7 เกรด

กรมวิชาการเกษตร

2.1) แผนผังโปรแกรมการทำงานของเครื่องต้นแบบภาพที่ 3.22



ภาพที่ 3.22 แผนผังโปรแกรมการทำงานของเครื่องต้นแบบ

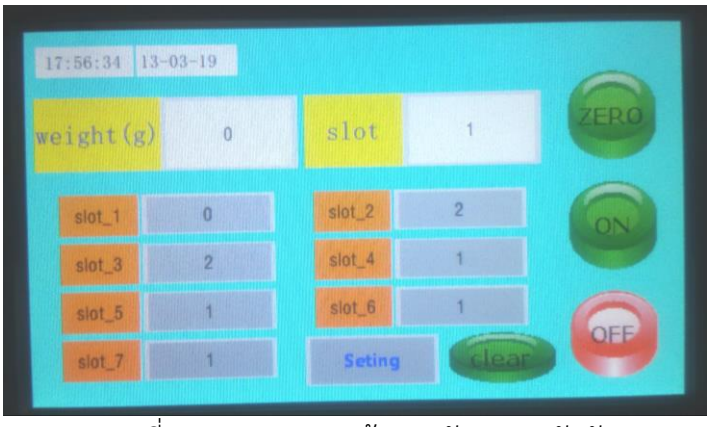
2.2) โปรแกรมการทำงาน

ใช้ภาษา arduino สำหรับเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) รายละเอียดได้แสดงไว้ในภาคผนวก

3) รายละเอียดมนูฟังก์ชั่นแสดงผลทางหน้าจอแบบจอสัมผัส

3.1) เมนูหน้าจอหลัก ดังแสดงในภาพที่ 3.23 รายละเอียดที่หน้าจอ มีดังนี้

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 3.23 แสดงเมนูหน้าจอหลักของจอสัมผัส

3.1.1) ON เป็นปุ่มฟังก์ชั่น เพื่อเดินเครื่อง

3.1.2) OFF เป็นปุ่มฟังก์ชั่น เพื่อหยุดเครื่อง

3.1.3) ZERO เป็นปุ่มฟังก์ชั่น เพื่อปรับค่าน้ำหนักเริ่มต้นของแท่นกรวยชั่งน้ำหนักให้ = 0

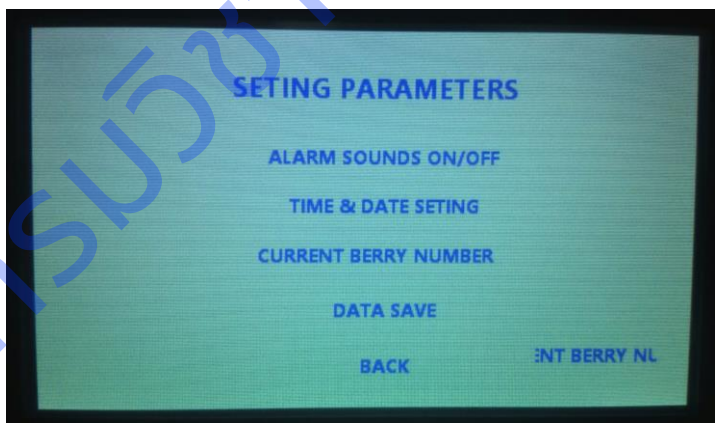
3.1.4) แถบแสดงเวลา และ แถบแสดงวัน-เดือน-ปี

3.1.5) Weight เป็นแสดงน้ำหนักหน่วยกรัม และ เลขช่อง slot เป็นแสดงผลการคัดแยกน้ำหนักจัดลง 7 Slot ตามเกณฑ์น้ำหนัก 7 เกรด

3.1.6) Slot 1 ถึง 7 เป็นแสดงจำนวนผล ที่นับได้ในแต่ละ slot

3.1.7) Setting เป็นปุ่มฟังก์ชั่น เพื่อเข้าไปตั้งค่าพารามิเตอร์อื่นๆ

3.2) เมนู SETTING PARAMETERS มีรายละเอียดที่หน้าจอ(ภาพที่ 3.24) ดังนี้ คือ

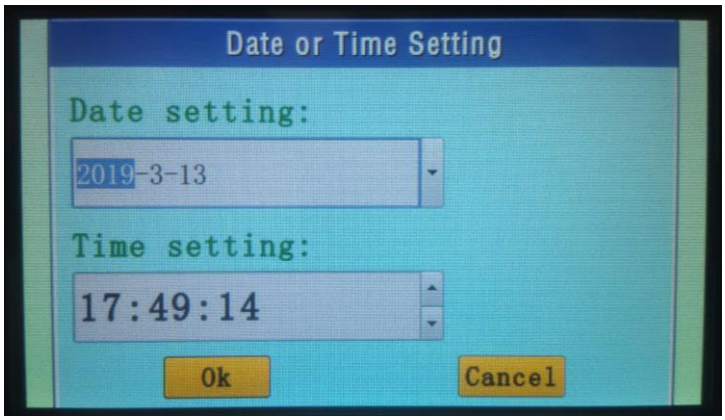


ภาพที่ 3.24 แสดงเมนู SETTING PARAMETERS

3.2.1) ALARM SOUNDS ON/OFF เป็นปุ่มฟังก์ชั่น เพื่อ เปิด-ปิด เสียงเตือน

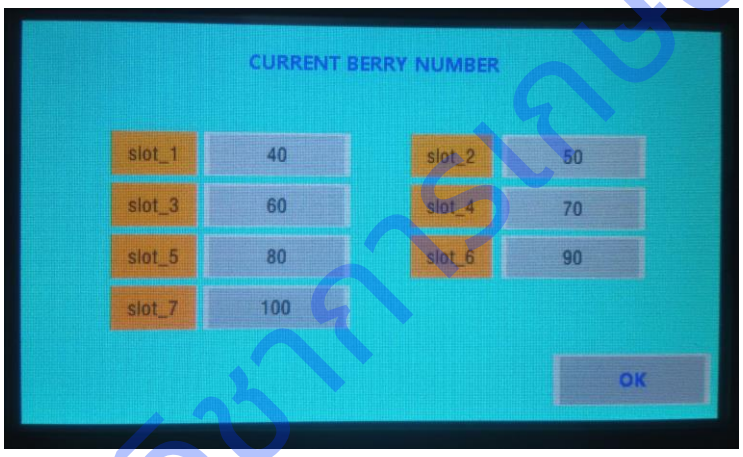
3.2.2) TIME & DATE SETING เป็นปุ่มฟังก์ชั่น เพื่อเข้าไปปรับเปลี่ยนตั้งค่าเวลา และวัน-เดือน-ปี ดังแสดงในภาพที่ 3.25

กรมวิชาการเกษตร



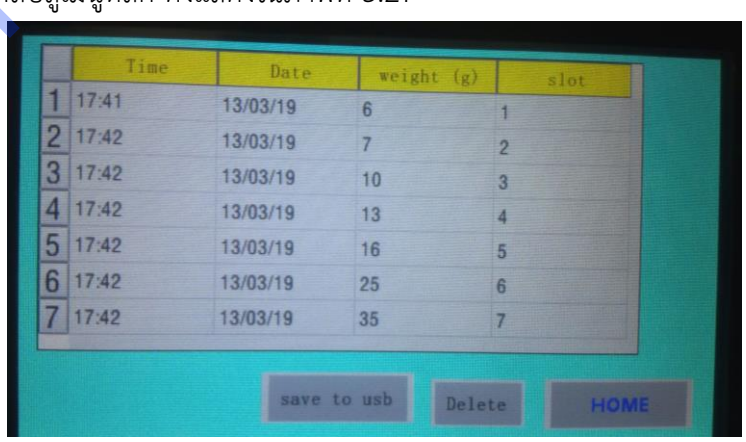
ภาพที่ 3.25 แสดงฟังก์ชั่นในเมนู Date or Time Setting

3.2.3) CURRENT BERRY NUMBER เป็นปุ่มฟังก์ชั่น เพื่อเข้าไปปรับเปลี่ยนตั้งค่า จำนวนผลสูงสุดที่ต้องการให้แจ้งเตือน ในแต่ละ slot ดังแสดงในภาพที่ 3.26



ภาพที่ 3.26 แสดงฟังก์ชั่นในเมนู CURRENT BERRY NUMBER

3.2.4) DATA SAVE เป็นปุ่มฟังก์ชั่น เพื่อเข้าไปเลือกทำการ Save to USB, Delete, หรือ Home เพื่อกลับสู่เมนูหลัก ดังแสดงในภาพที่ 3.27



ภาพที่ 3.27 แสดงฟังก์ชั่นในเมนู DATA

กรมวิชาการเกษตร

6. ทดสอบการใช้งานเครื่องต้นแบบ

1) หาอัตราการป้อนผลที่เหมาะสมสัมพันธ์กับการทำงานเปิด-ปิดลิ้นปล่อยผลจากแท่นชั่งน้ำหนัก ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ผลทดสอบหาอัตราการป้อนผล

ความถี่กระแส (Hz)	ความเร็วเชิงเส้นถาดป้อน (เมตร/วินาที)	จำนวนป้อน (ผล)	เวลาการป้อน (วินาที)	อัตราการป้อน (ผล/ชั่วโมง)
9	0.072	8	17	1,694
10	0.082	8	15	1,920
11	0.088	8	14	2,057
12	0.094	8	13	2,215

จากการทดสอบหาอัตราการป้อนผลสตรอเบอร์รี่ของเครื่องต้นแบบได้อัตราการป้อนที่มากสุด 2,215 ผล/ชั่วโมง ที่ความเร็วเชิงเส้น 0.094 เมตร/วินาที โดยการปรับความถี่กระแสที่ 12 Hz แต่การป้อนผลไม่สัมพันธ์กับการเปิด-ปิดลิ้น ทำงานไม่ทันกัน

ทดสอบหาประสิทธิภาพการคัดแยกขนาดผลโดยน้ำหนัก

ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพการคัดแยกขนาดผลโดยน้ำหนักที่ระดับความเร็วรอบจานป้อน 3 ระดับ คือ 0.072, 0.082 และ 0.088 เมตร/วินาที คัดแยกน้ำหนักตามเกณฑ์น้ำหนัก 7 เกรด โดยทำการทดสอบครั้งละ 70 ผล จำนวน 3 ซ้ำ ดังภาพที่ 3.28

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 3.28 ทดสอบเครื่องต้นแบบเพื่อการคัดแยกขนาดผลโดยน้ำหนัก 7 เกรด

ผลทดสอบต้นแบบเครื่องคัดน้ำหนักผลสตรอเบอร์รี่เพื่อหาประสิทธิภาพการคัดแยกโดยน้ำหนักที่ความเร็วเชิงเส้นจานป้อน 0.072 เมตร/วินาที ดังตารางที่ 3.5 มีอัตราการป้อน 1,694 ผล/ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพการคัดแยกเฉลี่ย 100 เปอร์เซนต์ ที่ความเร็วเชิงเส้นจานป้อน 0.082 เมตร/วินาที มีอัตราการป้อน 1,920 ผล/ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพการคัดแยกเฉลี่ย 100 เปอร์เซนต์ เช่นกัน และที่ความเร็วเชิงเส้นจานป้อน 0.088 เมตร/วินาที ดังตารางที่ 7 มีอัตราการป้อน 2,057 ผล/ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพการคัดแยกเฉลี่ย 94.76 เปอร์เซนต์

ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบที่ความเร็วเชิงเส้นจานป้อน 0.072, 0.082 และ 0.088 เมตร/วินาที ที่ระดับความเร็วเชิงเส้นจานป้อน 0.082 เมตร/วินาที ให้ผลการทดสอบดีที่สุด มีอัตราการป้อนสูงสุด 1,920 ผล/ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพการคัดเฉลี่ย 100 เปอร์เซ็นต์ หากเพิ่มความเร็วเชิงเส้นจานป้อนเป็น 0.088เมตร/วินาที ประสิทธิภาพการคัดแยกลดลงเป็น 94.76 เปอร์เซนต์

ทดสอบหาค่าความแม่นยำของเครื่องต้นแบบ

ทำการทดสอบหาค่าความแม่นยำ (% Accuracy) = (100- %Error) ของเครื่องต้นแบบที่ความเร็วเชิงเส้นจานป้อน 0.082 เมตร/วินาที อัตราการป้อน 1,920 ผล/ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 3.8 โดยทำการทดสอบการอ่านค่าน้ำหนัก ที่จัดลง 7 Slot ตามเกณฑ์น้ำหนัก ใช้จำนวน 10 ผลต่อ slot จำนวน 10 ซ้ำ พบว่าค่าความแม่นยำเฉลี่ยในแต่ละเกณฑ์น้ำหนักตามชั้นมาตรฐาน ที่จัดลง 7 slot มีค่า ตั้งแต่ 93.86 เปอร์เซนต์, ถึง 99.35 เปอร์เซนต์ โดยคิดเป็นค่าความแม่นยำเฉลี่ยรวมคือ 97.21 เปอร์เซนต์

กรมวิชาการเกษตร

ผลการตรวจเช็คความซ้ำของสตรอเบอร์รี่

ทำการทดสอบเพื่อตรวจเช็คความซ้ำของสตรอเบอร์รี่ที่ผ่านการคัดด้วยเครื่องต้นแบบเปรียบเทียบการคัดด้วยแรงงานคน โดยเก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ผลตรวจเช็คความซ้ำของผลสตรอเบอร์รี่ที่ผ่านการคัดน้ำหนักด้วยเครื่องต้นแบบเปรียบเทียบกับการคัดด้วยแรงงานคน จำนวน 5 ซ้ำ ซ้ำละ 20 ผล เก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้องผลการตรวจเช็คไม่พบความซ้ำของผลสตรอเบอร์รี่ทั้งการคัดด้วยเครื่องต้นแบบและการคัดด้วยแรงงานคน สรุปได้ว่าการคัดน้ำหนักผลสตรอเบอร์รี่ด้วยเครื่องต้นแบบและการคัดด้วยแรงงานคนไม่มีความแตกกันในเรื่องความซ้ำของผลสตรอเบอร์รี่ ที่เก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

อภิปรายผล

จากการทดสอบต้นแบบเครื่องคัดน้ำหนักผลสตรอเบอร์รี่ ที่ระดับความเร็วเชิงเส้นจานป้อน 3 ระดับ คือ 0.072, 0.082 และ 0.088 เมตร/วินาที ที่ความเร็วเชิงเส้น 0.072 เมตร/วินาที มีอัตราการป้อน 1,694 ผล/ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพการคัดแยกเฉลี่ย 100% ที่ความเร็วเชิงเส้น 0.082 เมตร/วินาที มีอัตราการป้อน 1,920 ผล/ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพการคัดแยกเฉลี่ย 100 เปอร์เซนต์ เช่นกัน และที่ความเร็วเชิงเส้น 0.088 เมตร/วินาที มีอัตราการป้อน 2,057 ผล/ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพการคัดแยก เฉลี่ยที่ 94.76 เปอร์เซนต์ ผลการทดสอบเครื่องที่ความเร็วเชิงเส้นจานป้อน 3 ระดับ ดังกล่าวที่ระดับความเร็วเชิงเส้นจานป้อน 0.082 เมตร/วินาที ให้ผลการทดสอบดีที่สุด ซึ่งมีอัตราการป้อน 1,920 ผล/ชั่วโมง ที่ให้ประสิทธิภาพการคัดเฉลี่ย 100 เปอร์เซ็นต์ หากเพิ่มความเร็วเชิงเส้นเป็น 0.088 เมตร/วินาที ประสิทธิภาพการคัดแยกจะลดลงเหลือ 94.76 เปอร์เซนต์

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

ต้นแบบเครื่องคัดน้ำหนักผลสตรอเบอร์รี่ ทำงานได้กึ่งอัตโนมัติแบบใช้เซ็นเซอร์วัดน้ำหนัก (Load cell) ทำงานร่วมกับบอร์ดควบคุมอัตโนมัติ (Arduino board) มีสมองกลไฟฟ้าสั่งงานควบคุมการคัดแยกน้ำหนักแบบอัตโนมัติ คัดแยกตามเกณฑ์น้ำหนักที่แบ่งออกตามชั้นมาตรฐานเกรดของมูลนิธิโครงการหลวง ใช้คนทำงาน 1 คน ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพการคัดแยกขนาดผลโดยน้ำหนัก ที่ความเร็วเชิงเส้นจานป้อน 0.072, 0.082 และ 0.088 เมตร/วินาที ผลการทดสอบพบว่าที่ความเร็วเชิงเส้น 0.082 เมตร/วินาที ให้ผลการทดสอบดีที่สุด มีอัตราการป้อนผล 1,920 ผล/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการคัดเฉลี่ย 100 เปอร์เซ็นต์ ความแม่นยำเฉลี่ย 97.21 เปอร์เซนต์ โดยเครื่องดังกล่าวมีราคาประมาณ 60,000 บาท จุดคุ้มทุนอยู่ที่ 30,301.20 กิโลกรัม/ปี ระยะเวลาคืนทุน 1.4 ปี ซึ่งเครื่องจะช่วยแก้ไขปัญหาการขาดแคลนแรงงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดน้ำหนักผลสตรอเบอร์รี่ของเกษตรกรและโรงคัดบรรจุผลสตรอเบอร์รี่

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 4

วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing

Research and Development Image Processing for Strawberry

สนอง อมฤกษ์ มานพ รักญาติ พงษ์รวี นามวงศ์ นิติ ผูกจิต

Sanong Amaroek Manop Rakyat Pongrawee Namwong Niti Pookjit

สรวิศ จันทร์เจนจบ สุพัฒธณกิจ โพธิ์สว่าง

Sorawit Chanchenchob Supattanakij Potesawang

คำสำคัญ : สตรอเบอร์รี่, เครื่องคัดแยกสี, ประมวลผลภาพ

Keywords: Strawberry, Sorter, Image Processing

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิคประมวลผลภาพ (Image Processing) เครื่องมีขนาด 1,325 x 3,000 x 1,400 mm ใช้กล้องตรวจจับภาพสีความละเอียด 752 x 480 Pixel และใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IV - H1 ในการประมวลผลภาพ ระบบการคัดแยกทำงานอัตโนมัติควบคุมด้วยโปรแกรม PLC สามารถคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ได้ 4 สี คือ สีขาว สีชมพู สีแดงและสีแดงคล้ำ ผลการทดสอบเครื่องที่ความเร็วเชิงเส้นสายพานคัดแยก 0.05, 0.08 และ 0.1 เมตรต่อวินาที ความเร็วสายพานคัดแยก 0.05 เมตรต่อวินาที ให้ผลทดสอบดีที่สุด เครื่องมีความแม่นยำเฉลี่ย 93.23 เปอร์เซนต์ ความสามารถเฉลี่ย 3,214 ผลต่อชั่วโมง ส่วนการคัดด้วยแรงงานมีความสามารถเฉลี่ย 1,494 ผลต่อชั่วโมง ความสามารถในการทำงานของเครื่องเร็วกว่าการใช้แรงงานคน 2.15 เท่า เครื่องต้นแบบราคา 150,000 บาท อายุการใช้งาน 7 ปี มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 4.81 ปี

Abstract

The objective of this is to research and develop the strawberry sorter by using image processing technology. The machine size is 1,325 x 3,000 x 1,400 mm, a camera's resolution 752 x 480 pixels is used for color detecting and IV-H1 software is used for image analyzing. The sorting system is automatically operated by PLC programmed control. The machine capable for sorting 4 types of strawberry's color as white, pink, red and dark red. The test was done at 0.05, 0.08 and 0.1 $m.s^{-1}$ of sorting speed, the result showed the good condition

for strawberry grading at 0.05 $m.s^{-1}$. The average of sorting accuracy was 93.23 %, average working capacity was 3,214 fruits $hour^{-1}$, comparing with manual grading it is 2.15 times faster. The manual grading capacity was 1,494 fruits $hour^{-1}$. The machine price is 150,000 THB, the operation time is 7 years, the break-even point is 4.81 years.

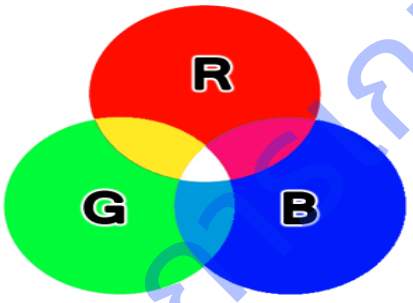
บทนำ

สตรอเบอร์รี่ (Strawberry) เป็นสกุลไม้ดอกในวงศ์กุหลาบ ผลสามารถรับประทานได้ ในอดีตปลูกเป็นพืชคลุมดินให้กับต้นไม้ปลูกเลี้ยงอื่นมีมากกว่า 20 สปีชีส์ และมีลูกผสมมากมาย แต่สตรอเบอร์รีที่นิยมปลูกมากในปัจจุบันคือ สตรอเบอร์รี่สวน ผลของสตรอเบอร์รี่มีรสชาติหลากหลายขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ มีตั้งแต่รสหวานจนถึงเปรี้ยว สตรอเบอร์รี่เป็นผลไม้ทางการค้าที่สำคัญมีปลูกกันเป็นวงกว้างหลายสภาพอากาศทั่วโลกการปลูกสตรอเบอร์รี่ในอำเภอแม่สาย และพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่นั้น(ดังภาพที่ 4.1) มูลค่าต้นทุนของการผลิตต่อไร่ตกประมาณ 25,000 - 30,000 บาท และรายได้ตอบแทนต่อไร่ 62,500 บาท (คิดจากค่าเฉลี่ย 2,500 กิโลกรัมต่อไร่ และ 25 บาทต่อกิโลกรัม) ขณะที่เกษตรกรบนดอยอินทนนท์ใช้ต้นทุนการผลิตไร่ละ 30,000 - 35,000 บาท และมีรายได้ไร่ละ 72,500 บาท เนื่องจากสามารถขายเป็นผลรับประทานสดแก่นักท่องเที่ยว และเก็บเกี่ยวผลผลิตได้นานกว่าพื้นราบ ปกติแล้วผลผลิตจะออกประมาณเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนพฤษภาคม ในพื้นที่ปลูกบนที่สูง และระหว่างเดือนธันวาคมถึงเมษายนในพื้นที่ปลูกบนพื้นราบ ผลผลิตที่ออกก่อนในเดือนพฤศจิกายน และธันวาคมจะมีคุณภาพดี และขนาดใหญ่ทำให้จำหน่ายได้ในราคาสูงประมาณ 70 - 80 บาทต่อกิโลกรัมในท้องตลาดทั่วไป หลังจากนั้นขนาดผลจะเล็กลง และจำหน่ายได้ในราคา 20 - 30 บาทต่อกิโลกรัม ในช่วงเดือนมกราคม ถึงกลางเดือนมีนาคม ปัจจุบันยังมีความต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศเพื่อใช้ผลิตของสตรอเบอร์รี่ในเชิงอุตสาหกรรมเป็นปริมาณมาก และกำลังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามจำนวนประชากร ประเทศญี่ปุ่นเป็นแหล่งใหญ่ของไทยในการนำเข้าผลสตรอเบอร์รี่เพื่อใช้ในการแปรรูปมากสุด (ที่ผ่านมาประมาณ 1,000 - 3,000 ตันต่อปี) นอกจากนี้ยังเคยมีการขนส่งผลรับประทานสดไปจำหน่ายยังประเทศฮ่องกง สิงคโปร์ และบางประเทศในแถบยุโรปบ้างเล็กน้อย โดยมูลนิธิโครงการหลวงอีกด้วย (ณรงค์ชัย, 2544)

สตรอเบอร์รี่ พันธุ์พระราชทาน 80 เป็นสตรอเบอร์รี่พันธุ์ที่กำลังเป็นที่นิยม และสามารถหาชิมได้ตามท้องตลาด โดยเฉพาะที่ อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่ ซึ่งถือเป็นแหล่งที่มีการปลูกสตรอเบอร์รี่ที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย และเหตุที่ใช้ชื่อพันธุ์พระราชทาน 80 เนื่องจากได้พระราชทานมาเมื่อปี พ.ศ.2550 ที่พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช ทรงมีพระชนมพรรษาครบ 80 พรรษา สตรอเบอร์รี่ พันธุ์พระราชทาน 80 เป็นสายพันธุ์กินผลสด และเป็นพันธุ์ที่ต้องการอากาศหนาวเย็นมากกว่าพันธุ์อื่น ๆ คือ ต้องปลูกในพื้นที่สูงตั้งแต่ 800 เมตรขึ้นไป อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 16 - 20 องศาเซลเซียสไม่น้อยกว่า 30 วัน ซึ่งสถานีเกษตรหลวงอ่างขางจะเป็นพื้นที่ปลูกได้ผลดี เพราะมีความสูงประมาณ 1,400 เมตร เพื่อกระตุ้นการสร้างตาดอกอย่างต่อเนื่องและให้ได้ผลผลิตในปริมาณมากและยาวนานขึ้น และยังเป็นพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสและราแป้งได้ดี

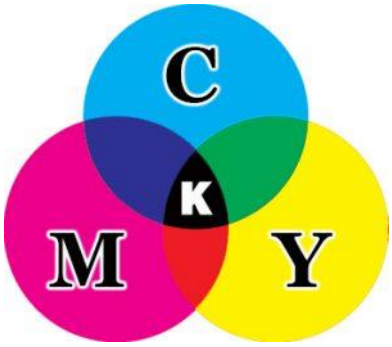
กรมวิชาการเกษตร

สีในธรรมชาติและสีที่สร้างขึ้น จะมีรูปแบบการมองเห็นของสีที่แตกต่างกัน ซึ่งรูปแบบการมองเห็นสีที่ใช้ในงานด้านคอมพิวเตอร์กราฟิกทั่วไปนั้น มีอยู่ด้วยกัน 4 ระบบ ได้แก่ 1) ระบบสี RGB เป็นระบบสีของแสง ซึ่งเกิดจากการหักเหของแสงผ่านแท่งแก้วปริซึมจะเกิดแถบสีที่เรียกว่า สีรุ้ง (Spectrum) ซึ่งแยกสีตามที่สายตามองเห็นได้ 7 สี คือ แดง แสด เหลือง ดังภาพที่ 4.1 ซึ่งเป็นพลังงานอยู่ในรูปของรังสี ที่มีช่วงคลื่นที่สายตาสามารถมองเห็นได้ แสงสีม่วงมีความถี่คลื่นสูงที่สุดคลื่นแสงที่มีความถี่สูงกว่าแสงสีม่วง เรียกว่า อุลตราไวโอเลต (Ultraviolet) และคลื่นแสงสีแดงมีความถี่คลื่นต่ำที่สุด คลื่นแสงที่ต่ำกว่าแสงสีแดง เรียกว่า อินฟราเรด (Infrared) คลื่นแสงที่มีความถี่สูงกว่าสีม่วง และต่ำกว่าสีแดงนั้น สายตาของมนุษย์ไม่สามารถรับได้ และเมื่อศึกษาดูแล้วแสงสีทั้งหมดเกิดจากแสงสี 3 สี คือ สีแดง (Red) สีน้ำเงิน (Blue) และสีเขียว (Green) ทั้งสามสีถือเป็นแม่สีของแสง ซึ่งใกล้เคียงกับตามนุษย์มากที่สุด และแต่ละช่องสีจะสามารถสร้างระดับสีได้ 256 ระดับ ดังนั้นจึงสามารถสร้างสีที่แตกต่างกันได้ถึง16,777,216 สีต่อ 1 พิกเซล เมื่อนำมาฉายรวมกันจะทำให้เกิดสีใหม่ อีก 3 สี คือ สีแดงมาเจนต้า (Magenta) สีฟ้าไซแอน (Cyan)และสีเหลือง (Yellow) และถ้าฉายแสงสีทั้งหมดรวมกันจะได้แสงสีขาว



ภาพที่ 4.2 ระบบสี RGB

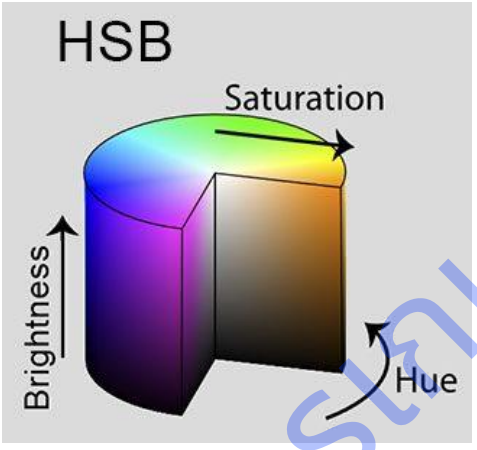
2) ระบบสี CMYK เป็นระบบสีตามหลักการแสดงสีของเครื่องพิมพ์ ย่อมาจากคำว่า Cyan Magenta Yellow และ Black เป็นระบบสีมาตรฐานที่เหมาะกับงานพิมพ์ ดังภาพที่ 4.2 ซึ่งเป็นชื่อสีที่นำมาใช้การผสมสีทั้งสี่นี้ จะทำให้เกิดสีได้อีกหลายร้อยสี นำมาใช้ในการพิมพ์สีต่าง ๆ ซึ่งปกติการเลือกใช้สีนั้นจะมีด้วยกันอยู่ 2 แบบ คือ CMYK และ RGB สามารถแบ่งแยกประเภทการใช้งานได้ง่ายๆ คือ ถ้าเป็นสีที่ต้องพิมพ์ออกมาไม่ว่าจะพิมพ์ในรูปแบบใดก็ตาม จะต้องใช้ค่าสีของ CMYK แต่ถ้าต้องการสีที่แสดงผลออกทางหน้าจอก็จะเลือกใช้ RGB เท่านั้น



ภาพที่ 4.2 ระบบสี CMYK

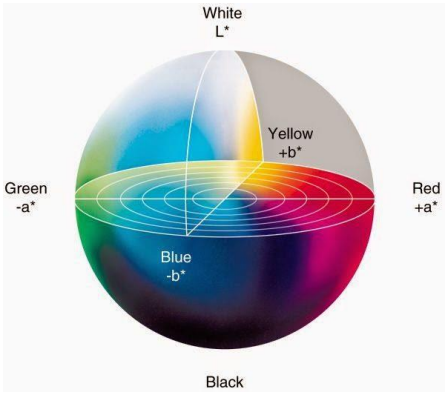
กรมวิทยาศาสตร์

3) ระบบสี HSB เป็นระบบสีแบบการมองเห็นของสายตามนุษย์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ Hue เป็นสีต่าง ๆ ที่สะท้อนออกมาจากวัตถุแล้วเข้าสู่สายตา ค่า Hue เป็นสีต่าง ๆ ที่สะท้อนออกมาจากวัตถุแล้วเข้าสู่สายตา แต่โดยทั่วไปจะเรียกการแสดงสีนั้น ๆ เป็นชื่อของสี เช่น สีเขียว สีเหลือง สีแดง เป็นต้น Saturation เป็นการกำหนดค่าความสดของสี โดยค่าความสดของสีจะเริ่มที่ 0 หากกำหนดค่าเป็น 0 สีจะมีความสดน้อย แต่ถ้ากำหนดค่าที่ 100 สีจะมีความสดมาก Brightness เป็นระดับความสว่างของสี โดยค่าความสว่างของสีจะเริ่มที่ 0 หากกำหนดค่าเป็น 0 ความสว่างจะน้อย ซึ่งจะเป็นสีดำ แต่ถ้ากำหนดค่าที่ 100 สีจะมีความสว่างมาก ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ระบบสี HSB

4) ระบบสี LAB ระบบสีแบบ Lab เป็นระบบสีแบบเก่าที่ถูกกำหนดขึ้นในฝรั่งเศส โดยสร้างขึ้นเพื่อใช้วัดสีที่ตาของเราสามารถรับได้ แต่เนื่องจากขณะนั้นคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลยังไม่ถือกำหนดขึ้น ดังนั้นระบบสี Lab นี้จึงไม่ขึ้นอยู่กับเครื่องคอมพิวเตอร์ และระบบปฏิบัติการใดโดยเฉพาะ ระบบสี Lab จะวัดแสงและสีโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ L (Luminance) เป็นค่าความสว่าง ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ถ้ากำหนดค่าที่ 0 จะกลายเป็นสีดำ แต่ถ้ากำหนดค่าที่ 100 จะเป็นสีขาว A แสดงการไล่สีจากสีเขียวไปยังสีแดง B แสดงการไล่สีจากสีน้ำเงินไปยังสีเหลือง (ศุภณัฐ อ้นน่วม, 2560) ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ระบบสี LAB

กรมวิชาการเกษตร

การคัดสี Color sorter ด้วยสีที่ผิวของวัตถุ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อคัดแยกวัสดุที่มีสีแตกต่างกันออกจากกันโดยใช้การถ่ายภาพและวิเคราะห์ภาพถ่าย (Image processing) เปรียบเทียบกับฐานข้อมูลที่เก็บไว้ ในอุตสาหกรรมอาหาร ใช้เพื่อคัดแยกวัตถุดิบ เช่น ผัก ผลไม้ เมล็ดธัญพืช ถั่วเมล็ดแห้ง โกโก้ ชากาแฟ ในโรงคัดบรรจุ (Packing house) หรือการคัดสีของวัตถุดิบที่นำมาใช้เพื่อการแปรรูปอาหารที่สีเป็นปัจจัยสำคัญและมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น ใช้แยกความแก่อ่อนของผักผลไม้ (พิมพ์เพ็ญ และคณะ, 2561)

Feng and Qixin (2004) ได้ศึกษาระบบคัดแยกผลไม้โดยการประมวลผลภาพสี เพื่อใช้สำหรับการคัดแยกผลไม้ความเร็วสูงอัตโนมัติ ผลการทดลองในการคัดแยกเกรดคุณภาพของแอปเปิ้ลพันธุ์คริสตัลฟูจิ การคัดแยกเกรดคุณภาพแบ่งออกเป็น 3 เกรด คือ เกรด A มีพื้นผิวสีแดงเข้มมากกว่า 70 เปอร์เซนต์ เกรด B มีพื้นที่ผิวเป็นสีแดง 40 – 70 เปอร์เซนต์ และเกรด C มีพื้นที่ผิวสีแดงน้อยกว่า 30 เปอร์เซนต์ มีความแม่นยำในการคัดแยกเฉลี่ย 90 เปอร์เซนต์

พูนพัฒน์ และอัมพวัน (2548) ได้เสนอวิธีการคัดแยกมะม่วงโดยระบบแมชีนวิชัน (Machine Vision) ระบบจะทำการคัดแยกขนาดความสุกและตำหนิ ซึ่งในการคัดแยกความสุกจะใช้วิธีการหาค่าสัดส่วนของปริมาณพื้นที่สีเหลืองที่ปรากฏอยู่บนเปลือกของผลต่อปริมาณพื้นที่ทั้งหมดทำให้สามารถระบุมะม่วงสุก ซึ่งเป็นมะม่วงที่ไม่เหมาะสมต่อการส่งออกได้ความถูกต้องถึงร้อยละ 93.4 ส่วนมะม่วงที่แก่แต่ยังไม่สุกสามารถระบุได้ถูกต้องร้อยละ 68.1 และมะม่วงอ่อนสามารถคัดแยกได้ถูกต้องร้อยละ 42.6

ปัจจุบันในกระบวนการผลิตสตรอเบอร์รี่นั้นในขั้นตอนการคัดแยก เกษตรกรต้องมานั่งคัดแยกผลที่สุกเกินไป และผลที่ไม่สุกออก โดยยังไม่มีเครื่องจักรกลมาช่วยในการทำงานทำให้เกษตรกรทำงานได้ช้า เนื่องจากผลสตรอเบอร์รี่ช้ำง่าย การเก็บเกี่ยวก็ต้องคำนึงถึงระยะทางในการขนส่งสู่ตลาด ถ้าระยะทางไกลต้องเก็บผลสุกหรือเห็นสีแดง 20 – 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะได้ผลแข็งสะดวกแก่การขนส่ง การเก็บผลสตรอเบอร์รี่เกษตรกรจะเก็บคละสีกันมา ทำให้ผลแก่เกินก็จะเน่าเสียได้ง่าย ดังนั้นหากมีการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรมาช่วยในการคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่จะทำให้ได้สตรอเบอร์รี่ที่มีคุณภาพ และช่วยลดต้นทุนเรื่องแรงงานลงได้

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

1. กล้องวัดสี
2. โปรแกรมประมวลผลภาพ
3. ผลสตรอเบอร์รี่สด
4. ต้นแบบเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่
5. เครื่องชั่งน้ำหนัก
6. นาฬิกาจับเวลา

กรมวิชาการเกษตร

วิธีการดำเนินการ

1. ศึกษาวิธีปฏิบัติของเกษตรกร ที่ทำการคัดแยกสีผลของสตรอเบอร์รี่
2. ศึกษาลักษณะทางกายภาพของสีผลสตรอเบอร์รี่ที่จะทำการคัดแยก
3. ถ่ายภาพสีผลสตรอเบอร์รี่ที่ต้องการคัดแยกด้วยกล้องตรวจจับภาพสี และทำการประมวลผลภาพ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อแยกค่าสีผลสตรอเบอร์รี่ที่ต้องการคัดแยก
4. ทดสอบการทำงานของโปรแกรมคัดแยกสีกับสีผลสตรอเบอร์รี่จริงที่ต้องการคัดแยก
5. ดำเนินการออกแบบ และสร้างต้นแบบเบื้องต้นเครื่องคัดแยกผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing
6. ทดสอบเบื้องต้น ปรับปรุงเครื่องต้นแบบให้เครื่องสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
7. ทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบ โดยมีค่าชี้ผล คือ ความสามารถในการทำงาน และความแม่นยำของเครื่อง และความช้ำของผลสตรอเบอร์รี่หลังคัดเปรียบเทียบกับวิธีปฏิบัติของเกษตรกร (ใช้แรงงานคน)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล (Results and Discussion)

1. ศึกษาวิธีปฏิบัติของเกษตรกรที่ทำการคัดแยกสีผลของสตรอเบอร์รี่

การคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่เพื่อจำหน่ายทานสดของเกษตรกรและโรงรับซื้อ ปัจจุบันจะมีอยู่ 4 สี คือ สีแดง สีชมพู สีแดงคล้ำ (สุกเกินไป) และสีขาว (ยังไม่สุก) การคัดใช้แรงงานคนเป็นหลัก โดยอำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นแหล่งพื้นที่ปลูกมากที่สุดในภาคเหนือประมาณ 4,000 ไร่ โดยพันธุ์ที่ปลูกมากคือ พันธุ์พระราชทาน 80 โดยสีที่คัดเพื่อจำหน่ายทานสดคือ สีชมพู และสีแดง ส่วนสีขาวและสีแดงคล้ำจะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น เช่น สตรอเบอร์รี่ตากแห้ง และไวน์ เป็นต้น ดังนั้นสีของผลสตรอเบอร์รี่ที่ต้องการคัดแยกจะมีอยู่ 4 สี คือ 1. สีขาว 2. สีชมพู 3. สีแดง 4. สีแดงคล้ำ ดังภาพที่ 4.5-4.6

ภาพที่ 4.5 วิธีคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ของเกษตรกรและโรงรับซื้อใน อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 4.6 สีผลสตรอเบอร์รี่ที่คัดแยกของเกษตรกรและโรงคัดบรรจุผลสตรอเบอร์รี่สด

2. ศึกษาลักษณะทางกายภาพของสีผลสตรอเบอร์รี่ที่จะทำการคัดแยก

ลักษณะกายภาพผลสตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80 ผลของสตรอเบอร์รี่ปกติจะมีลักษณะรูปทรงกลมปลายแหลม (ภาพที่ 4.9 ซ้าย) ส่วนรูปทรงที่ตกเกรดจะมีลักษณะรูปทรงบิดเบี้ยวหรือผิดรูป (ภาพที่ 4.7 ขวา)

สตรอเบอร์รี่รูปทรงปกติ สตรอเบอร์รี่รูปทรงผิดรูป

ภาพที่ 4.7 ลักษณะรูปทรงผลสตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80

การสุกของผลสตรอเบอร์รี่ส่วนใหญ่จะสุกจากด้านล่างขึ้นมาด้านบนของผล ลักษณะสีผลสตรอเบอร์รี่สีชมพูหรือสีแดงอ่อนจะมีเปอร์เซ็นต์สีแดงไม่เกิน 60 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวของผลสตรอเบอร์รี่สีแดงจะมีเปอร์เซ็นต์สีแดงมากว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวของผล สีมีลักษณะแดงสด ส่วนผลสตรอเบอร์รี่สีแดงคล้ำเป็นสีที่สุกเกินไป จะมีเปอร์เซ็นต์สีแดงทั้งผล สีมีลักษณะแดงเข้มหรือแดงคล้ำ ส่วนสีขาว (ยังไม่สุก) สีผิวของผลจะมีลักษณะสีขาวไม่มีเปอร์เซ็นต์สีแดง ดังภาพ 4.9-4.11

ภาพที่ 4.8 สีผลสตรอเบอร์รี่สีชมพู

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 4.9 สีผลสตรอเบอร์รี่สีแดง

ภาพที่ 4.10 สีผลสตรอเบอร์รี่สีแดงคล้ำ

ภาพที่ 4.11 สีผลสตรอเบอร์รี่สีขาว

3. ทำการถ่ายภาพสีผลสตรอเบอร์รี่ที่ต้องการคัดแยกด้วยกล้องตรวจจับภาพสี และทำการประมวลผลภาพโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อแยกค่าสีผลสตรอเบอร์รี่

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้กล้องตรวจจับภาพสีความละเอียด 752 x 480 Pixel ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IV - H1 ประมวลผลภาพ มาตรฐานการวัดสีเป็นแบบ HSB โดยค่า Hue ในโปรแกรมแทนค่าสีด้วยองศา 0 ถึง 360 องศา ตามมาตรฐานวงล้อของสี (Standard Color Wheel) ค่า Saturation จะเริ่มที่ 0 ถึง 300 หากกำหนด Saturation เป็น 0 สีจะมีความสดน้อยแต่ถ้ากำหนดที่ 300 สีจะมีความสดมาก ค่า Brightness จะเริ่มที่ 0 ถึง 300 หาก กำหนดค่า 0 ความสว่างจะน้อยซึ่งจะเป็นสีดำแต่ถ้ากำหนดค่า 300 สีจะมีความสว่างมากที่สุด การปรับโฟกัสภาพของกล้องเป็นแบบอัตโนมัติ ไฟส่องสว่างเป็น LED สีขาว วิธีการให้แสงเลือกใช้การยิงแสงแบบ DC เนื่องจากให้แสงที่ต่อเนื่อง ระยะการติดตั้งตัวกล้อง 150 มิลลิเมตร จากวัตถุ จากนั้นนำสีผลสตรอเบอร์รี่ที่ต้องการคัดแยก คือ 1. สีขาว 2. สีชมพู 3. สีแดง 4. สีแดงคล้ำ มาทำการถ่ายภาพสี (ภาพที่ 4.12) และทำการประมวลผลภาพเพื่อแยกค่าสีผลสตรอเบอร์รี่ โดยโปรแกรมประมวลผลภาพนี้แสดงค่าสีเป็นช่วงได้ค่าสีที่ประมวลผลภาพแล้ว ดังตารางที่ 4.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร

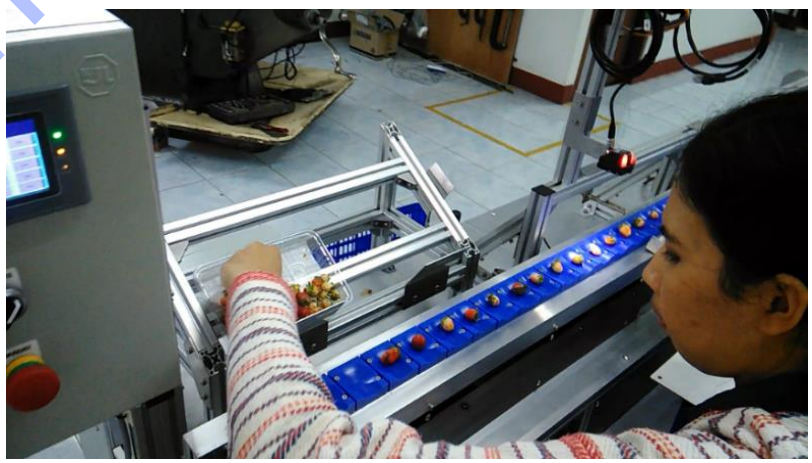
ภาพที่ 4.12 ถ่ายภาพผลสตรอเบอร์รี่ที่ต้องการคัดแยกและทำการประมวลผลภาพ

ตารางที่ 4.1 ค่าสีผลสตรอเบอร์รี่ที่ได้จากการประมวลผลภาพ (Image Processing)

สีผลสตรอเบอร์รี่	ค่า Hue	ค่า Saturation	ค่า Brightness
	(H)	(S)	(B)
สีขาว	30 - 35	77 - 130	144 - 220
สีชมพู	3 - 17	132 - 198	112 - 180
สีแดง	5 - 11	183 - 222	120 - 204
สีแดงคล้ำ	357 - 27	81 - 251	24 - 216

4. ทดสอบการทำงานของโปรแกรมคัดแยกสีกับสีผลสตรอเบอร์รี่จริงที่ต้องการคัดแยก

เมื่อได้ทำการประมวลภาพสีผลสตรอเบอร์รี่ และบันทึกค่าสีผลสตรอเบอร์รี่ที่ต้องการคัดแยกในโปรแกรมแล้ว ดำเนินการทดสอบการทำงานของโปรแกรมคัดแยกสีกับสีผลสตรอเบอร์รีจริงที่ต้องการคัดแยก ซึ่งโปรแกรมก็สามารถคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ได้ตามสีที่ได้ตั้งค่าไว้ ดังภาพที่ 4.13

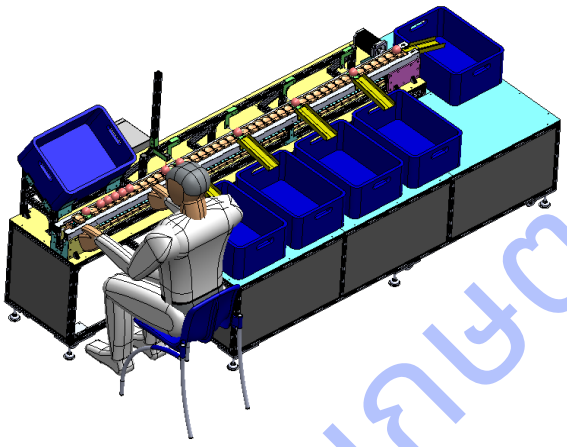


ภาพที่ 4.13 ทดสอบการทำงานของโปรแกรมคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่

กรมวิชาการเกษตร

5. ออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing

ทำการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ เครื่องมีขนาดกว้าง 1.325 เมตร ยาว 3.0 เมตร สูง 1.40 เมตร สามารถคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ได้ 4 สีหลัก ได้แก่ สีแดงคล้ำ สีแดง สีชมพู สีขาว และด้านท้ายจะมีตะกร้าอีก 1 ใบรองรับสีที่ตกเกรดหรือสีที่คัดไม่ได้ และกำหนดให้เครื่องมีความสามารถในการทำงานไม่น้อยกว่า 3,000 ผลต่อชั่วโมง ดังภาพที่ 4.14 – 4.16



ภาพที่ 4.14 แบบ 3 มิติต้นแบบเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing

ภาพที่ 4.15 สร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing

ภาพที่ 4.16 ต้นแบบเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing

กรมวิชาการเกษตร

หลักการทำงานเครื่องโดยการป้อนผลสตรอเบอร์รี่เข้าสายพานลำเลียง กล้องจะทำการถ่ายภาพและโปรแกรมจะประมวลผลภาพสีผลสตรอเบอร์รี่เมื่อกล้องตรวจเจอสีผลสตรอเบอร์รี่ตามค่าที่ได้ตั้งค่าไว้ในโปรแกรม โปรแกรมประมวลผลก็จะส่ง Out Put ไปยังโปรแกรมควบคุมกลไกของเครื่องจักร (PLC) สั่งงานให้โซลินอยด์วาล์วแบบใช้ลม เป่าคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ลงตะกร้าแต่ละใบ

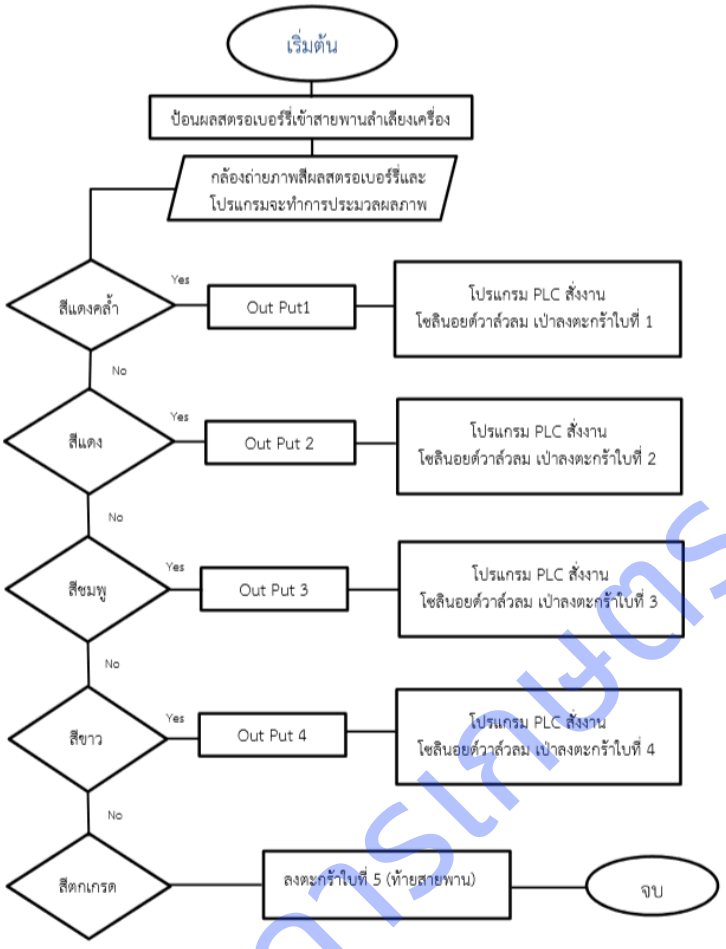
กรณีกล้องตรวจเจอสีแดงคล้ำ โปรแกรมประมวลผลภาพจะส่งสัญญาณจากตัวเก็บบันทึกข้อมูล Amplifier Output ที่ 1 ไปยังโปรแกรมควบคุมกลไกของเครื่องจักร (PLC) สั่งงานให้โซลินอยด์วาล์วลมเป่าลงตะกร้าใบที่ 1

เมื่อกล้องตรวจเจอสตรอเบอร์รี่สีแดง โปรแกรมประมวลผลภาพจะส่งสัญญาณจากตัวเก็บบันทึกข้อมูล Amplifier Output ที่ 2 ไปยังโปรแกรมควบคุมกลไกของเครื่องจักร (PLC) สั่งงานให้โซลินอยด์วาล์วลมเป่าลงตะกร้าใบที่ 2

เมื่อกล้องตรวจเจอสตรอเบอร์รี่สีชมพู โปรแกรมประมวลผลภาพจะส่งสัญญาณจากตัวเก็บบันทึกข้อมูล Amplifier Output ที่ 3 ไปยังโปรแกรมควบคุมกลไกของเครื่องจักร (PLC) สั่งงานให้โซลินอยด์วาล์วลมเป่าลงตะกร้าใบที่ 3

เมื่อกล้องตรวจเจอสีขาว โปรแกรมประมวลผลภาพจะส่งสัญญาณจากตัวเก็บบันทึกข้อมูล Amplifier Output ที่ 4 ไปยังโปรแกรมควบคุมกลไกของเครื่องจักร (PLC) สั่งงานให้โซลินอยด์วาล์วลมเป่าลงตะกร้าใบที่ 4 และกรณีสีผลสตรอเบอร์รี่ไม่ตรงเฉดสีผลสตรอเบอร์รี่ที่ตั้งค่าไว้ เครื่องก็จะปล่อยผลสตรอเบอร์รี่ลงในตะกร้าท้ายสายพาน ดังแผนภาพที่ 4.19

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 4.19 แผนผังการทำงานของเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing

6. ทดสอบเบื้องต้น และปรับปรุงพัฒนาเครื่องต้นแบบให้เครื่องสามารถใช้งานได้

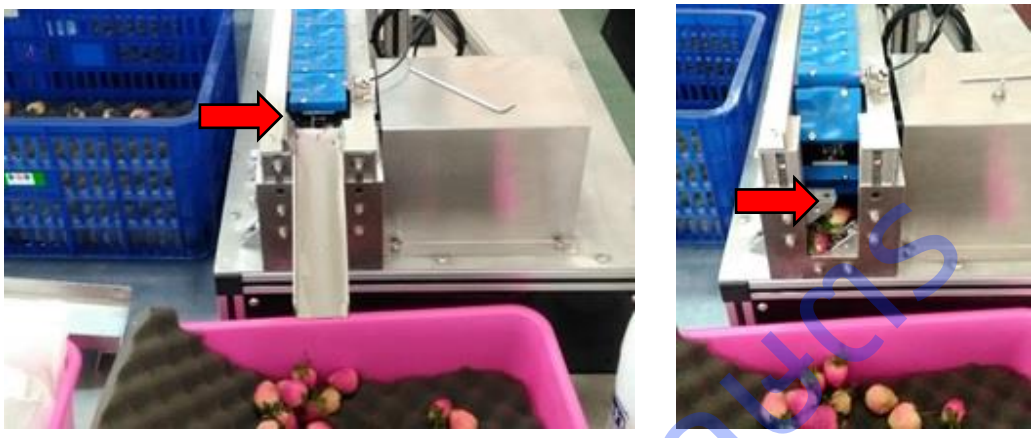
เมื่อได้สร้างเครื่องต้นแบบเสร็จแล้วจึงได้ทำการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบเบื้องต้น ในการคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ ทดสอบครั้งละ 80 ผล จำนวน 3 ซ้ำ โดยคละสีผลสตรอเบอร์รี่ทั้ง 4 สี ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบเบื้องต้นที่ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดแยก 0.05 เมตรต่อ วินาที

ซ้ำ	จำนวน (ผล)	ถูกต้อง (ผล)	ผิดพลาด (ผล)	ถูกต้อง (%)	ผิดพลาด (%)
1	80	70	10	87.50	12.50
2	80	71	9	88.75	11.25
3	80	71	9	88.75	11.25
เฉลี่ย				88.33	11.67

กรมวิชาการเกษตร

จากตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบเบื้องต้นที่ความเร็วสายพานคัดแยก 0.05 เมตรต่อวินาที พบว่าเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ได้ถูกต้องเฉลี่ย 88.33 เปอร์เซ็นต์ ผิดพลาด 11.67 เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเกิดจากแสงจากภายนอกมารบกวนแสงของตัวกล้อง และขณะทำการคัดแยกพบปัญหามีผลสตรอเบอร์รี่หลุดลงในช่องว่างระหว่างสายพานคัดแยกกับราง ขณะปล่อยลงตะกร้าคัดแยก ดังภาพที่ 4.17



ภาพที่ 4.17ผลสตรอเบอร์รี่หลุดลงในช่องว่างระหว่างสายพานคัดแยกกับรางทางลงผลสตรอเบอร์รี่

จากผลการทดสอบเครื่องเบื้องต้นจึงได้ปรับปรุงและพัฒนาเครื่องต้นแบบ โดยได้ทำการออกแบบและสร้างห้องครอบตัวกล้องบนสายพานคัดแยก ดังภาพที่ 4.18 เพื่อแก้ไขปัญหาแสงรบกวนจากภายนอก และได้ปรับปรุงรางท้ายสายพานใหม่ ดังภาพที่ 4.19 โดยออกแบบรางท้ายสายพานใหม่ และติดตั้งรางให้ชิดกับสายพานมากขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาผลสตรอเบอร์รี่หลุดลงช่องว่างระหว่างสายพานคัดแยกกับรางท้ายสายพาน ได้ต้นแบบที่เสร็จสมบูรณ์ ดังภาพที่ 4.20

ภาพที่ 4.18 ติดตั้งห้องครอบตัวกล้องบนสายพานคัดแยก ก่อนปรับปรุง (ซ้าย) หลังปรับปรุง (ขวา)

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 4.19 ปรับปรุงรางท้ายสายพานคัดแยกเพื่อไม่ให้ผลสตรอเบอร์รี่หล่นลงในช่องว่าง

ภาพที่ 4.20 เครื่องต้นแบบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว

7. ทำการทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบ เมื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบแล้วเสร็จ จึงได้ดำเนินการทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบ โดยมีค่าชี้ผล คือ ความสามารถในการทำงาน ความแม่นยำของเครื่อง และความซ้ำของผลสตรอเบอร์รี่หลังคัดเปรียบเทียบกับวิธีปฏิบัติของเกษตรกร (ใช้แรงงานคน)

- ความสามารถในการทำงานของเครื่อง (ผลต่อชั่วโมง)

$$\text{ความสามารถในการทำงาน} = \left(\frac{\text{จำนวนผลสตรอเบอร์รี่คัดได้ (ผล)}}{\text{หน่วยเวลา (ชั่วโมง)}} \right)$$

- ความแม่นยำ (Accuracy)

ความแม่นยำ (Accuracy; %) ใช้สมการ % Accuracy = 100 - % Error

และ % Error = Relative Error x 100

- ความซ้ำของผลสตรอเบอร์รี่

$$\text{ความซ้ำของผลสตรอเบอร์รี่ (\%)} = \left(\frac{\text{จำนวนผลสตรอเบอร์รี่ที่ซ้ำ (ผล)}}{\text{จำนวนผลสตรอเบอร์รี่ทั้งหมดที่สุ่ม (ผล)}} \right)$$

จากนั้นได้ทำการทดสอบเครื่องต้นแบบทดสอบเพื่อเลือกความเร็วเชิงเส้นสายพานคัดแยก โดยทดสอบที่ความเร็วเชิงเส้นสายพานคัดแยก 0.05, 0.08 และ 0.1 เมตรต่อวินาที ดังภาพที่ 4.21ผลการทดสอบดังตาราง ที่ 4.4 – 4.6

ภาพที่4.21 ทดสอบเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ด้วยเครื่องต้นแบบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบที่ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดแยก 0.05 เมตรต่อวินาที

	สตรอเบอร์รี่สด (ผล)	เวลาคัด วินาที	สีขาว		สีชมพู		สีแดง		สีแดงคล้ำ		รวม		ความแม่นยำ (%)	ความสามารถทำงาน (ผล/ชั่วโมง)
			คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	**คัดถูก (ผล)**	**คัดผิด (ผล)**		
1	372	418	35	2	106	9	77	5	129	9	**347**	**25**	93.28	3,204
2	376	420	32	2	95	7	81	6	142	11	**350**	**26**	93.09	3,223
3	375	420	37	3	99	7	76	5	138	10	**350**	**25**	93.33	3,214
เฉลี่ย													**93.23**	**3,214**

กรมวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบที่ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดแยก 0.08 เมตรต่อวินาที

	สตรอเบอร์รี่สด (ผล)	เวลาคัด (วินาที)	สีขาว		สีชมพู		สีแดง		สีแดงคล้ำ		รวม		ความแม่นยำ (%)	ความสามารถทำงาน (ผล/ชั่วโมง)
			คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	**คัดถูก (ผล)**	**คัดผิด (ผล)**		
1	370	350	30	5	80	15	80	9	126	25	**316**	**54**	85.41	3,806
2	371	350	31	5	86	13	79	10	123	24	**319**	**52**	85.98	3,816
3	373	352	30	4	85	15	75	10	128	26	**318**	**55**	85.25	3,815
เฉลี่ย													**85.55**	**3,812**

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบที่ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดแยก 0.1 เมตรต่อวินาที

	สตรอเบอร์รี่สด (ผล)	เวลาคัด (วินาที)	สีขาว		สีชมพู		สีแดง		สีแดงคล้ำ		รวม		ความแม่นยำ (%)	ความสามารถทำงาน (ผล/ชั่วโมง)
			คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	**คัดถูก (ผล)**	**คัดผิด (ผล)**		
1	376	300	29	6	78	21	73	14	122	33	302	74	80.32	4,512
2	368	292	27	6	80	23	71	14	117	30	295	73	80.16	4,537
3	366	290	32	7	75	21	68	12	120	31	295	71	80.60	4,543
เฉลี่ย													**80.36**	**4,531**

จากผลการทดสอบพบว่าเครื่องทำงานที่ความเร็วเชิงเส้นสายพานคัดแยก 0.05 เมตรต่อวินาที ให้ผลการทดสอบดีที่สุด เครื่องมีความแม่นยำเฉลี่ย 93.23 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำงานเครื่องเฉลี่ย 3,214 ผลต่อชั่วโมง โดยสีผลสตรอเบอร์รี่หลังจากการคัดแยกด้วยเครื่อง แสดงดังภาพที่ 4.22-4.23

ภาพที่ 4.22 สีผลสตรอเบอร์รี่สีแดงคล้ำ (ซ้าย) และสีผลสตรอเบอร์รี่สีแดง (ขวา) จากการคัดด้วยเครื่องต้นแบบ

ลิขสิทธิ์การเกษตร

ภาพที่ 4.23 สีผลสตรอเบอร์รี่สีชมพู (ซ้าย) และสีผลสตรอเบอร์รี่สีขาว (ขวา) จากการคัดด้วยเครื่องต้นแบบ

ส่วนการคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ด้วยแรงงานคน (ภาพที่ 4.24) พบว่ามีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1,494 ผลต่อชั่วโมง มีความแม่นยำเฉลี่ย 88.38 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดสอบดังตารางที่4.7 และได้สุ่มเก็บตัวอย่างผลสตรอเบอร์รี่เพื่อตรวจเช็คความช้ำของผลสตรอเบอร์รี่ที่ผ่านการคัดด้วยเครื่องต้นแบบเปรียบเทียบกับการคัดด้วยคน โดยเก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ไม่พบความบอบช้ำจากการคัดด้วยเครื่องและการคัดด้วยแรงงานคน ดังตารางที่ 4.8

ภาพที่ 4.24 การคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ด้วยแรงงานคน

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 4.7 ผลทดสอบการคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้แรงงานคน

	สตรอเบอร์รี่สด (ผล)	เวลาคัด (วินาที)	สีขาว		สีชมพู		สีแดง		สีแดงคล้ำ		รวม		ความแม่นยำ (%)	ความสามารถทำงาน (ผล/ชั่วโมง)
			คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	**คัดถูก (ผล)**	**คัดผิด (ผล)**		
1	367	300	35	0	91	11	76	14	127	13	329	38	89.65	1,484
2	365	292	33	0	93	12	73	12	125	17	324	41	88.77	1,493
3	377	290	36	0	86	15	75	17	130	18	327	50	86.74	1,505
เฉลี่ย													88.38	1,494

ตารางที่ 4.8 ผลการสุ่มผลสตรอเบอร์รี่เพื่อเช็คตรวจความซ้ำที่ผ่านการคัดด้วยเครื่องและการคัดด้วยแรงงานคน

	เครื่องต้นแบบ			แรงงานคน		
	ผลซ้ำ (ผล)	ผลไม่ซ้ำ (ผล)	เปอร์เซ็นต์ผลซ้ำ (%)	ผลซ้ำ (ผล)	ไม่ซ้ำ (ผล)	เปอร์เซ็นต์ผลซ้ำ (%)
1	0	10	**0**	0	10	**0**
2	0	10	**0**	0	10	**0**
3	0	10	**0**	0	10	**0**
เฉลี่ย			**0%**			**0%**

ผลการสุ่มตรวจเช็คความซ้ำของผลสตรอเบอร์รี่ที่ผ่านการคัดแยกสีด้วยเครื่องต้นแบบเปรียบเทียบกับการคัดด้วยแรงงานคน สุ่มจำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ผล โดยเก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ผลการตรวจเช็คไม่พบความซ้ำของผลสตรอเบอร์รี่ทั้งการคัดด้วยเครื่องต้นแบบและการคัดด้วยแรงงานคน ดังภาพที่ 4.25 -4.26

ภาพที่ 4.25 ผลสตรอเบอร์รี่หลังคัดด้วยเครื่องต้นแบบ เก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 4.26 ผลสตรอเบอร์รี่หลังคัดด้วยคน เก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง

อภิปรายผล

ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบเบื้องต้นที่ความเร็วสายพานคัดแยก 0.05 เมตรต่อวินาที พบว่าเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ได้ถูกต้องเฉลี่ย 88.33 เปอร์เซนต์ ผิดพลาด 11.67 เปอร์เซนต์ ซึ่งความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเกิดจากแสงจากภายนอกมารบกวนแสงของตัวกล้อง และขณะทำการคัดแยกพบปัญหามีผลสตรอเบอร์รี่หลุดลงในช่องว่างระหว่างสายพานคัดแยกกับราง ขณะปล่อยลงตะกร้าคัดแยกจากผลการทดสอบเครื่องเบื้องต้นจึงได้ปรับปรุงและพัฒนาเครื่องต้นแบบโดยได้ทำการออกแบบและสร้างห้องครอบตัวกล้องบนสายพานคัดแยกเพื่อแก้ไขปัญหาแสงรบกวนจากภายนอก และได้ปรับปรุงรางท้ายสายพานใหม่โดยติดตั้งรางให้ชิดกับสายพานมากขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาผลสตรอเบอร์รี่หลุดลงช่องว่างระหว่างสายพานคัดแยกกับรางท้ายสายพาน เมื่อปรับปรุงแก้ไขเครื่องต้นแบบจนได้เครื่องที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว จึงได้ทำการทดสอบเครื่องต้นแบบเพื่อเลือกความเร็วเชิงเส้นสายพานคัดแยก โดยทดสอบที่ความเร็วเชิงเส้นสายพานคัดแยก 0.05, 0.08 และ 0.1 เมตรต่อวินาที จากผลการทดสอบพบว่าเครื่องทำงานที่ความเร็วเชิงเส้นสายพานคัดแยก 0.05 เมตรต่อวินาที ให้ผลการทดสอบดีที่สุดคือ เครื่องมีความแม่นยำเฉลี่ย 93.23 เปอร์เซนต์ ความสามารถในการทำงานเครื่องเฉลี่ย 3,214 ผลต่อชั่วโมง โดยเลือกใช้ความเร็วสายพานคัดแยก 0.05 เมตรต่อวินาที เนื่องจากให้ความแม่นยำสูงสุด ถ้าลดความเร็วสายพานคัดแยกน้อยลงกว่านี้จะทำให้เครื่องมีความสามารถทำงานต่ำกว่า 3,000 ผลต่อชั่วโมง ส่วนการคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ด้วยแรงงานคน พบว่ามีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1,494 ผลต่อชั่วโมง มีความแม่นยำเฉลี่ย 88.38 เปอร์เซนต์ และได้สุ่มเก็บตัวอย่างผลสตรอเบอร์รี่เพื่อตรวจเช็คความช้ำของผลสตรอเบอร์รี่ที่ผ่านการคัดด้วยเครื่องต้นแบบเปรียบเทียบกับการคัดด้วยคน โดยเก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ผลการตรวจเช็คไม่พบความบอบช้ำจากการคัดด้วยเครื่องและการคัดด้วยแรงงานคน การคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ด้วยเครื่องต้นแบบเมื่อเพิ่มความเร็วของสายพานคัดแยกให้มีความเร็วมากขึ้น ส่งผลให้ความแม่นยำของเครื่องลดลงเนื่องจากความเร็วการเคลื่อนที่ของผลสตรอเบอร์รี่บนสายพานส่งผล

กรมวิชาการเกษตร

โดยตรงกับการจับภาพของตัวกล้อง ยิ่งเพิ่มความเร็วสายพานคัดแยกสูงขึ้นจะทำให้การประมวลผลภาพของค่าสีผลสตรอเบอร์รี่บนสายพานมีความคลาดเคลื่อนมากขึ้นตามไปด้วย

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

ได้ทำการออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิคประมวลผลภาพ เครื่องมีขนาดกว้าง 1,325 มิลลิเมตร ยาว 3,000 มิลลิเมตร สูง 1,400 มิลลิเมตร ในส่วนของกล้องตรวจจับภาพสีผลสตรอเบอร์รี่งานวิจัยนี้เลือกใช้กล้องตรวจจับภาพสีความละเอียด 752 x 480 Pixel ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IV - H1 ในการอ่านรับภาพมาจากกล้อง และทำการประมวลผลภาพ การใช้งานเครื่องโดยการป้อนผลสตรอเบอร์รี่เข้าเครื่องระบบการคัดแยกสีจะทำงานอัตโนมัติควบคุมกลไกการคัดแยกด้วยโปรแกรม PLC โดยเครื่องต้นแบบสามารถคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ได้ 4 สี คือ 1. สีขาว 2. สีชมพู 3. สีแดง 4. สีแดงคล้ำ และท้ายเครื่องจะมีตะกร้าอีก 1 ใบ รองรับผลสตรอเบอร์รี่ที่เป็นสีตกเกรดหรือสีที่คัดไม่ได้ ผลการทดสอบเครื่องที่ความเร็วเชิงเส้นสายพานคัดแยก 0.05, 0.08 และ 0.1 เมตรต่อวินาที ความเร็วสายพานคัดแยก 0.05 เมตรต่อวินาที ให้ผลทดสอบดีที่สุด เครื่องมีความแม่นยำเฉลี่ย 93.23 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 3,214 ผลต่อชั่วโมง ส่วนการคัดด้วยแรงงานมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1,494 ผลต่อชั่วโมง มีความแม่นยำเฉลี่ย 88.38 เปอร์เซ็นต์ จากการสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจเช็คความซ้ำของผลสตรอเบอร์รี่ไม่พบความซ้ำทั้งการคัดด้วยคนและคัดด้วยเครื่อง เมื่อเปรียบเทียบความรวดเร็วในการคัดแยก การใช้เครื่องรวดเร็วกว่าการคัดด้วยวิธีเกษตรกรโดยใช้แรงงานคน ประมาณ 2.15 เท่า มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 35,739 กิโลกรัม/ปี ระยะเวลาคืนทุน 4.81 ปี ที่อายุการใช้งาน 7 ปี

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 5

วิจัยและพัฒนาเครื่องขุดหลุมและใส่ปุ๋ยรองพื้นแบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกกล้วยหอม

Researched and Developed an Automatic Pit Digging and Fertilizing Machine for Banana Planting

ธวัชชัย สวัสดี ขนิษฐ์ หว่านณรงค์ วิชัย โอภานุกุล

Thawatchai Sawasdee Khanit Wannaronk Wichai Opanukul

อานนท์ สายคำฟู เสาวคนธ์ วิลเลี่ยม สิทธิชัย ดาศรี ธงไชย บุญประเสริฐ

Arnon Saikamfu Saowakon Willaim Sittichai Darsri Thongchai Boonprasert

คำสำคัญ : เครื่องขุดหลุม, เครื่องใส่ปุ๋ย, กล้วยหอม

Keywords: pit digging machine, fertilizing Machine, banana

บทคัดย่อ

ได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดหลุมและใส่ปุ๋ยรองพื้นแบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกกล้วยหอม โดยได้ต้นแบบที่เหมาะสมดังนี้ เครื่องขุดหลุมและใส่ปุ๋ยรองพื้นแบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกกล้วยหอมรับกำลังมาจากเพลาอำนวยกำลังของรถแทรกเตอร์ ส่งกำลังมายังห้องเฟืองทดเพื่อขับชุดสว่านเจาะหลุม ในขณะที่ถังปุ๋ยจะถูกขับผ่านโซ่เฟืองทดของล้อขับ (ground wheel) เพื่อลำเลียงขี้วัวออกทั้งด้านซ้ายและด้านขวาของถังปุ๋ยโดยผ่านเกลียวลำเลียง มีการกำหนดระยะระหว่างหลุมอัตโนมัติโดยจะใช้เอ็นโค้ดเดอร์ (Rotary Encoder) ติดตั้งเข้ากับล้อขับ (Ground wheel) แล้วส่งสัญญาณทางไฟฟ้าให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno เพื่อประมวลผลระยะการเคลื่อนที่จากการหมุนของล้อขับและประมวลผลได้ตามค่าระยะปลูกที่ต้องการแล้วจะส่งสัญญาณดิจิตอลไปยังชุดรีเลย์ (Relay Module) เพื่อสั่งให้แตรลมทำงาน และเป็นสัญญาณเสียงให้คนขับรถแทรกเตอร์หยุดรถเพื่อขุดหลุมปลูกกล้วย ได้ทำการทดสอบที่สภาวะ ความหนาแน่นดินสภาพแห้ง 1.55 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความชื้นดิน 15.97 เปอร์เซนต์ (dry basis) มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 0.47 ไร่ต่อชั่วโมง

การใช้เครื่องขุดหลุมและใส่ปุ๋ยจะมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 24.67 ไร่/ปี นั่นคือเกษตรกรหรือผู้รับจ้างจะต้องทำการขุดหลุมและใส่ปุ๋ยด้วยเครื่องอย่างน้อย 25 ไร่/ปี เป็นระยะเวลา 7 ปี โดยมีต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการใช้งานอยู่ที่ 3,000 บาท/ไร่

Abstract

Researched and developed an automatic pit digging and fertilizing machine for banana planting. The following suitable prototypes were obtained: The automatic digging

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

and fertilizing foundation for banana planting is powered by the tractor's power shaft. Power is sent to the reduction gear room to drive the borehole drill set. while the fertilizer hopper is driven through the gear chain of the drive wheel (ground wheel) to convey cow dung out to both the left and right sides of the fertilizer bin via a spiral conveyor. The distance between holes is automatically determined by using a rotary encoder attached to the ground wheel and sending an electrical signal to the Arduino Uno microcontroller to process the rotation distance of the driving wheel and Processed according to the desired growing distance and then send a digital signal to the relay (Relay Module) to order the air horn to work. and a sound signal for the tractor driver to stop the car to dig a hole for planting bananas. was tested at the Soil density in dry condition 1.55 grams per cubic centimeter, soil moisture 15.97% (dry basis), average working capacity of 0.47 rai per hour.

Using a pit digging and fertilizing machine will have a break-even point of 24.67 rai / year, that is, the farmer or contractor will have to dig a hole and fertilize with a machine at least 25 rai / year for a period of 7 years with the cost or The cost of use is 3,000 baht/rai.

บทนำ

การปลูกกล้วยหอมจะใช้แรงงานคนในการขุดหลุม ใส่ปุ๋ย และกลบดินจำนวนมาก จึงเกิดแนวคิดที่จะลดแรงงานในการปลูกกล้วยหอมโดย ใช้เครื่องจักรกลเข้ามาทดแทนแรงงาน ในที่นี้ได้พัฒนาเครื่องขุดหลุมและใส่ปุ๋ยรองพื้นขึ้นมาโดยสามารถช่วยแรงงานในการขุดหลุมและใส่ปุ๋ยลงได้ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องขุดหลุมและใส่ปุ๋ยรองพื้นแบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกกล้วยหอม

ขอบเขตการศึกษา

ออกแบบเครื่องขุดหลุมและใส่ปุ๋ยรองพื้นแบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกกล้วยหอมติดพ่วงรถแทรกเตอร์ ตัวเครื่องประกอบด้วยส่วนหลัก คือเครื่องมือขุดเจาะควบคุมโดยคอนโทรลวาล์ว และส่วนเครื่องใส่ปุ๋ยหมักทำงานโดยใช้เกลียวลำเลียงเติมปุ๋ยหมักลงข้างแถว

วิธีดำเนินการและอุปกรณ์

1. ตรวจสอบเอกสารที่เกี่ยวข้อง และสำรวจข้อมูลวิธีการปลูก เพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบเครื่องเครื่องขุดหลุมและใส่ปุ๋ยรองพื้นแบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกกล้วยหอม
2. ออกแบบและสร้างเครื่องขุดหลุมและใส่ปุ๋ยรองพื้นแบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกกล้วยหอม สำหรับติดพ่วงรถแทรกเตอร์เป็นแบบอัตโนมัติ

2.1 การออกแบบระบบวัดระยะห่างระหว่างหลุมปลูกกล้วยแบบอัตโนมัติ

กรมวิชาการเกษตร

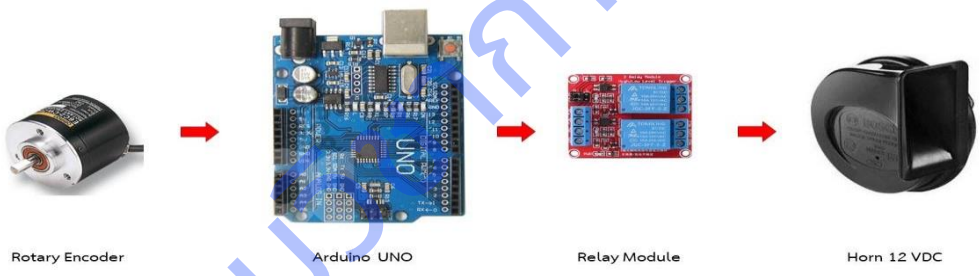
การออกแบบวัดระยะห่างระหว่างหลุมปลูกกล้วยแบบอัตโนมัติจะต้องสามารถตั้งค่าระยะขุดหลุมปลูกกล้วยให้ได้ระยะต่าง ๆ ตามความต้องการของเกษตร โดยการออกแบบระบบวัดระยะห่างระหว่างหลุมแบบอัตโนมัตินี้จะใช้เอ็นโค้ดเดอร์ (Rotary Encoder) ติดตั้งเข้ากับล้อขับ (Ground wheel) แล้วส่งสัญญาณทางไฟฟ้าให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno เพื่อประมวลผลระยะการเคลื่อนที่จากการหมุนของล้อขับ โดยสามารถคำนวณระยะการเคลื่อนที่จากการหมุนของล้อขับ 1 รอบ ได้จากสมการที่ x1 และเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno ประมวณผลได้ตามค่าระยะปลูกที่ต้องการแล้วจะส่งสัญญาณดิจิตอลไปยังชุดรีเลย์ (Relay Module) เพื่อสั่งให้แตรลมทำงาน และเป็นสัญญาณเสียงให้คนขับรถแทรกเตอร์หยุดรถเพื่อขุดหลุมปลูกกล้วย โดยระบบวัดระยะห่างระหว่างหลุมปลูกกล้วยแบบอัตโนมัตินี้ ดังแสดงแผนภาพการทำงานในภาพที่ 5.1

สมการคำนวณระยะของหลุดปลูกกล้วย

$$S=2\pi r \quad \text{.....(X1)}$$

เมื่อ S คือ ระยะทาง (เมตร)

r คือ รัศมีของล้อขับ (เมตร)



ภาพที่ 5.1 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบวัดระยะห่างระหว่างหลุมปลูกกล้วยแบบอัตโนมัติ

2.2 การออกแบบชุดขุดหลุมและใส่ปุ๋ย

เครื่องขุดหลุมและใส่ปุ๋ยรองพื้นแบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกกล้วยหอมรับกำลังมาจากเพลาอำนวยกำลังของรถแทรกเตอร์ ส่งกำลังมายังห้องเฟืองทดเพื่อขับชุดสว่านเจาะหลุม ในขณะที่ถังปุ๋ยจะถูกขับผ่านโซ่เฟืองทดของล้อขับ (ground wheel) เพื่อลำเลียงขี้วัวออกทั้งด้านซ้ายและด้านขวาของถังปุ๋ยโดยผ่านเกลียวลำเลียง

3. ทดสอบการทำงานเบื้องต้น และปรับปรุงแก้ไขต้นแบบเพื่อให้ได้ต้นแบบที่เหมาะสม โดยปรับเครื่องต้นแบบให้สามารถขุดหลุม และใส่ปุ๋ยคอกได้ตรงตามที่เกษตรกรต้องการ

กรมวิชาการเกษตร

4. ทดสอบการทำงานจริงของเครื่องต้นแบบในแปลงปลูกของเกษตรกรในพื้นที่ต่างๆ โดยใช้แปลงทดสอบขนาดประมาณ 2 ไร่ ก่อนการทดสอบทำการเก็บข้อมูลในแปลงทดสอบ เพื่อหาคุณสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น ค่าความชื้นของดิน ค่าความหนาแน่นดินสภาพแห้ง (Bulk density) และค่า Mean Mass Diameter (MMD) ของก้อนดินก่อนการปลูก ตามวิธีของ RNAM Test Code หาค่าความสามารถการทำงานจริงในแปลงปลูก ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

5. วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบ วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และสรุปผลการวิจัย เพื่อให้ได้ข้อมูลการทำงาน ข้อจำกัดในการทำงานของเครื่องต้นแบบ การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เพื่อให้ได้ข้อมูลในการเผยแพร่เครื่องต้นแบบให้กับกลุ่มเกษตรกรที่มีความเหมาะสมในการใช้เครื่อง

สถานที่ทำการวิจัย **สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม**

ระยะเวลาที่ดำเนินการ 2 ปี ปีที่เริ่มต้น ตุลาคม 2562 ปีที่สิ้นสุด กันยายน 2564

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการดำเนินงาน

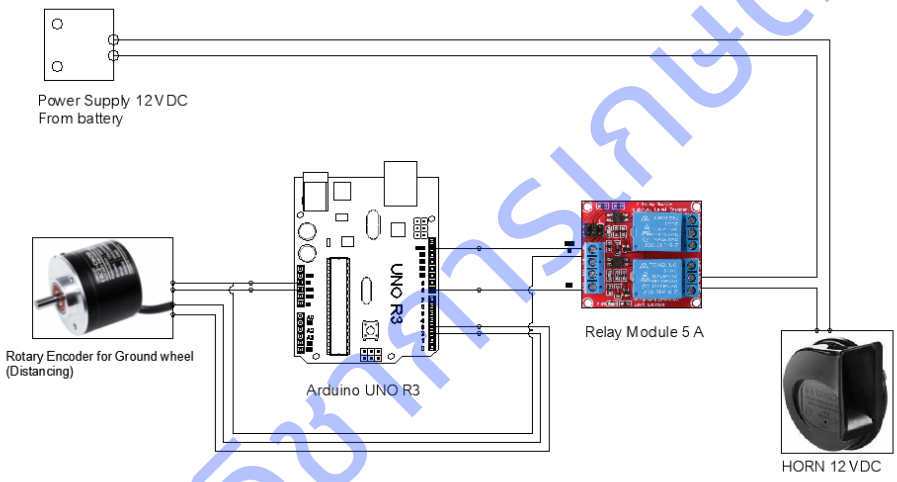
1. ผลการออกแบบระบบวัดระยะห่างระหว่างหลุมปลูกกล้วยแบบอัตโนมัติ

จากการออกแบบระบบวัดระยะห่างระหว่างหลุมปลูกกล้วยแบบอัตโนมัติ จึงได้ทำการประกอบตู้ควบคุมดังแสดงในภาพที่ 5.2 แล้วนำตู้ควบคุมไปติดตั้งเข้ากับเครื่องขุดหลุมและติดตั้งเอ็นโค้ดเดอร์ (Rotary Encoder) เข้ากับล้อขับ (Ground wheel) ดังแสดงตำแหน่งการติดตั้งในภาพที่ 5.3 โดยผลการออกแบบระบบวัดระยะห่างระหว่างหลุมปลูกกล้วยแบบอัตโนมัติมีวงจรไฟฟ้า (Wiring diagram) ดังแสดงในภาพที่ 5.4

ภาพที่ 5.2 ตู้ควบคุมระบบวัดระยะห่างระหว่างหลุมปลูกกล้วยแบบอัตโนมัติ

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 5.3 ตำแหน่งการติดตั้งตู้ควบคุมและเอ็นโค้ดเดอร์ (Rotary Encoder)



ภาพที่ 5.4 วงจรไฟฟ้าสำหรับระบบวัดระยะห่างระหว่างหลุมปลูกกล้วยแบบอัตโนมัติ

ตารางที่ 5.1 ผลการทดสอบในแปลงเกษตรกรที่ อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี

Program	Test1
ความยาวแถว(ม.)	40
ระยะระหว่างแถว(ม.)	183.12
ความหนาแน่นดิน(กรัม/ลบ.ซม.)	1.55
ความชื้นดิน(% dry basis)	15.97
MMD.(มม.)	43.54
ความเร็วในการทำงาน(ม./วินาที)	0.07
ความสามารถในการทำงาน(ไร่/ชม.)	0.47
อัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิง(ลิตร/ไร่)	9.16
ประสิทธิภาพ (เปอร์เซนต์)	90.55

กรมวิชาการเกษตร

เครื่องขุดหลุมและใส่ปุ๋ยจะมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 24.67 ไร่/ปี หรือประมาณ 25 ไร่/ปี นั่นคือเกษตรหรือผู้รับจ้างจะต้องทำการขุดหลุมและใส่ปุ๋ยด้วยเครื่องอย่างน้อย 25 ไร่/ปี เป็นระยะเวลา 7 ปี โดยมีต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการใช้งานอยู่ที่ 3,000 บาท/ไร่

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

เครื่องขุดหลุมและใส่ปุ๋ยรองพื้นแบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกกล้วยหอมรับกำลังมาจากเพลาอำนวยกำลังของรถแทรกเตอร์ ส่งกำลังมายังห้องเฟืองทดเพื่อขับชุดสว่านเจาะหลุม ในขณะที่ถังปุ๋ยจะถูกขับผ่านโซ่เฟืองทดของล้อขับ (ground wheel) เพื่อลำเลียงขี้วัวออกทั้งด้านซ้ายและด้านขวาของถังปุ๋ยโดยผ่านเกลียวลำเลียง มีการกำหนดระยะระหว่างหลุมอัตโนมัติโดยจะใช้เอ็นโค้ดเดอร์ (Rotary Encoder) ติดตั้งเข้ากับล้อขับ (Ground wheel) แล้วส่งสัญญาณทางไฟฟ้าให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno เพื่อประมวลผลระยะการเคลื่อนที่จากการหมุนของล้อขับและ ประมวลผลได้ตามค่าระยะปลูกที่ต้องการแล้วจะส่งสัญญาณดิจิตอลไปยังชุดรีเลย์ (Relay Module) เพื่อสั่งให้แตรลมทำงาน และเป็นสัญญาณเสียงให้คนขับรถแทรกเตอร์หยุดรถเพื่อขุดหลุมปลูกกล้วย ได้ทำการทดสอบที่สภาวะ ความหนาแน่นดินสภาพแห้ง 1.55 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความชื้นดิน 15.97 เปอร์เซนต์ (dry basis) มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 0.47 ไร่ต่อชั่วโมง

การใช้เครื่องขุดหลุมและใส่ปุ๋ยจะมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 24.67 ไร่/ปี หรือประมาณ 25 ไร่/ปี นั่นคือเกษตรกรหรือผู้รับจ้างจะต้องทำการขุดหลุมและใส่ปุ๋ยด้วยเครื่องอย่างน้อย 25 ไร่/ปี เป็นระยะเวลา 7 ปี โดยมีต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการใช้งานอยู่ที่ 3,000 บาท/ไร่

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

แผนย่อยการพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรเพื่อลดแรงงานในการจัดการการผลิตไม้ผล

เครื่องยกร่องและปูพลาสติกสำหรับสตรอเบอร์รี่ สามารถทำงานได้ อย่างมีประสิทธิภาพ โดยยกร่องกว้าง 60 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร (สามารถปรับได้ กว้างสุด 90 เซนติเมตร) ใช้รถไถเดินตามเครื่องยนต์ดีเซล 11 แรง เป็นต้นกำลัง จากการทดสอบในแปลงปลูกสตรอเบอร์รี่ที่ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ ในสภาพดินที่ผ่านการเตรียมดินโดยใช้โรตารี่ สภาพดินเป็นดินร่วนปนทราย ผลการทดสอบพบว่ามีความสามารถในการทำงานทางปฏิบัติเฉลี่ย 1.4 ไร่ ต่อชั่วโมง ความสามารถในการทำงานทางทฤษฎี 1.6 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงาน 87.5 เปอร์เซนต์ กลบขอบพลาสติกได้ทั้งหมด มีขนาดความยาว 1.2 เมตร เครื่องดังกล่าวมีราคาประมาณ 12,000 บาท มีอายุการใช้งาน 5 ปี และมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 43.23 ไร่ต่อปี

โรงเรือนต้นแบบควบคุมสภาวะแบบอัตโนมัติ สามารถปลูกพืชเมืองหนาวนอกฤดู เช่น สตรอเบอร์รี่ โดยเฉพาะในฤดูร้อนได้เป็นอย่างดี มีระบบควบคุมด้วยสมองกลแบบฝังตัว ซึ่งสามารถพัฒนาได้เองในประเทศ และมีราคาที่เหมาะสม สามารถควบคุมอุณหภูมิข้างในโรงเรือน 24°C/16°C ในช่วง กลางวัน/กลางคืน และความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในราว 60 – 80 เปอร์เซนต์ 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 เพื่อปลูกสตรอเบอร์รี่สายพันธุ์ญี่ปุ่นและขายผลผลิต ทั้งนี้ต้องวางแผนการผลิตสตรอเบอร์รี่สายพันธุ์ที่ขายในตลาดบน วางแผนการปลูกให้ได้จำนวนต้นต่อพื้นที่มากที่สุด และต้องมีเทคนิคการปลูกให้ได้ผลสตรอเบอร์รี่ที่ใหญ่และได้น้ำหนัก จึงจะคุ้มต่อค่าพลังงานไฟฟ้าที่ต้องจ่ายเพิ่มมากกว่าการผลิตตามฤดูกาลนอกโรงเรือนทั่วๆไป ซึ่งอาจจะทำวิจัยเพิ่มเติมในเรื่องการผลิตพืชเมืองหนาวชนิดอื่นๆให้คุ้มทุน หรือใช้งานโรงเรือนเพื่อการผลิตไหลสตรอเบอร์รี่ที่ติดตาดอกแล้วจำหน่าย เพราะใช้เวลาสั้นๆในการกระตุ้นตาดอก หรือศึกษาการใช้พลังงานทดแทนอื่นๆ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ อย่างไรก็ตามโรงเรือนต้นแบบควบคุมสภาวะแบบอัตโนมัติจะเป็นโรงเรือนตัวอย่างให้กลุ่มเกษตรกรได้เข้ามาศึกษา เรียนรู้ และนำไปพัฒนาปรับใช้ให้เหมาะสมกับการปลูกพืชของตนเองต่อไป

เครื่องคัดน้ำหนักผลสตรอเบอร์รี่ ทำงานได้กึ่งอัตโนมัติแบบใช้เซ็นเซอร์วัดน้ำหนัก (Load cell) ทำงานร่วมกับบอร์ดควบคุมอัตโนมัติ (Arduino board) มีสมองกลไฟฟ้าสั่งงานควบคุมการคัดแยกน้ำหนักแบบอัตโนมัติ คัดแยกตามเกณฑ์น้ำหนักที่แบ่งออกตามชั้นมาตรฐานเกรดของมูลนิธิโครงการหลวง ใช้

กรมวิชาการเกษตร

คนทำงาน 1 คน ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพการคัดแยกขนาดผลโดยน้ำหนัก ที่ความเร็วเชิงเส้นจานป้อน 0.072, 0.082 และ 0.088 เมตร/วินาที ผลการทดสอบพบว่าที่ความเร็วเชิงเส้น 0.082 เมตร/วินาที ให้ผลการทดสอบดีที่สุด มีอัตราการป้อนผล 1,920 ผล/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการคัดเฉลี่ย 100 เปอร์เซ็นต์ ความแม่นยำเฉลี่ย 97.21% โดยเครื่องดังกล่าวมีราคาประมาณ 60,000 บาท จุดคุ้มทุนอยู่ที่ 30,301.20 กิโลกรัม/ปี ระยะเวลาคืนทุน 1.4 ปี ซึ่งเครื่องจะช่วยแก้ไขปัญหาการขาดแคลนแรงงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดน้ำหนักผลสตรอเบอร์รี่ของเกษตรกรและโรงคัดบรรจุผลสตรอเบอร์รี่

เครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิคประมวลผลภาพ เครื่องมีขนาดกว้าง 1,325 มิลลิเมตร ยาว 3,000 มิลลิเมตร สูง 1,400 มิลลิเมตร ในส่วนของกล้องตรวจจับภาพสีผลสตรอเบอร์รี่งานวิจัยนี้เลือกใช้กล้องตรวจจับภาพสีความละเอียด 752 x 480 Pixel ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IV - H1 ในการอ่านรับภาพมาจากกล้อง และทำการประมวลผลภาพ การใช้งานเครื่องโดยการป้อนผลสตรอเบอร์รี่เข้าเครื่องระบบการคัดแยกสีจะทำงานอัตโนมัติควบคุมกลไกการคัดแยกด้วยโปรแกรม PLC โดยเครื่องต้นแบบสามารถคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ได้ 4 สี คือ 1. สีขาว 2. สีชมพู 3. สีแดง 4. สีแดงคล้ำ และท้ายเครื่องจะมีตะกร้าอีก 1 ใบ รองรับผลสตรอเบอร์รี่ที่เป็นสีตกเกรดหรือสีที่คัดไม่ได้ ผลการทดสอบเครื่องที่ความเร็วเชิงเส้นสายพานคัดแยก 0.05, 0.08 และ 0.1 เมตรต่อวินาที ความเร็วสายพานคัดแยก 0.05 เมตรต่อวินาที ให้ผลทดสอบดีที่สุด เครื่องมีความแม่นยำเฉลี่ย 93.23 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 3,214 ผลต่อชั่วโมง ส่วนการคัดด้วยแรงงานมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1,494 ผลต่อชั่วโมง มีความแม่นยำเฉลี่ย 88.38 เปอร์เซ็นต์ จากการสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจเช็คความซ้ำของผลสตรอเบอร์รี่ไม่พบความซ้ำทั้งการคัดด้วยคนและคัดด้วยเครื่อง เมื่อเปรียบเทียบความรวดเร็วในการคัดแยก การใช้เครื่องรวดเร็วกว่าการคัดด้วยวิธีเกษตรกรโดยใช้แรงงานคนประมาณ 2.15 เท่า มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 35,739 กิโลกรัม/ปี ระยะเวลาคืนทุน 4.81 ปี ที่อายุการใช้งาน 7 ปี

เครื่องขุดหลุมและใส่ปุ๋ยรองพื้นแบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกกล้วยหอม รับกำลังมาจากเพลาอำนวยกำลังของรถแทรกเตอร์ ส่งกำลังมายังห้องเฟืองทดเพื่อขับชุดสว่านเจาะหลุม ในขณะที่ถังปุ๋ยจะถูกขับผ่านโซ่เฟืองทดของล้อขับ(ground wheel)เพื่อลำเลียงขี้วัวออกทั้งด้านซ้ายและด้านขวาของถังปุ๋ยโดยผ่านเกลียวลำเลียง มีการกำหนดระยะระหว่างหลุมอัตโนมัติโดยจะใช้เอ็นโค้ดเดอร์ (Rotary Encoder) ติดตั้งเข้ากับล้อขับ (Ground wheel) แล้วส่งสัญญาณทางไฟฟ้าให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno เพื่อประมวลผลระยะการเคลื่อนที่จากการหมุนของล้อขับและ ประมวลผลได้ตามค่าระยะปลูกที่ต้องการแล้วจะส่งสัญญาณดิจิตอลไปยังชุดรีเลย์ (Relay Module) เพื่อสั่งให้แตรลมทำงาน และเป็นสัญญาณเสียงให้คนขับรถแทรกเตอร์หยุดรถเพื่อขุดหลุมปลูกกล้วย ได้ทำการทดสอบที่สภาวะ ความหนาแน่นดินสภาพแห้ง 1.55 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความชื้นดิน 15.97 เปอร์เซนต์ (dry basis) มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 0.47 ไร่ต่อชั่วโมง การใช้เครื่องขุดหลุมและใส่ปุ๋ยจะมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 24.67 ไร่/ปี หรือประมาณ 25 ไร่/ปี นั่นคือ

กรมวิชาการเกษตร

เกษตรกรหรือผู้รับจ้างจะต้องทำการขุดหลุมและใส่ปุ๋ยด้วยเครื่องอย่างน้อย 25 ไร่/ปี เป็นระยะเวลา 7 ปี โดยมีต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการใช้งานอยู่ที่ 3,000 บาท/ไร่

บรรณานุกรม

กันญา โกสุมภ์. 2555. การออกแบบและพัฒนาเครื่องโรยปุ๋ยคอกต่อพ่วงจอบหมุนสำหรับการไถเตรียมดินในนาข้าว. การประชุมสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13. 4-5 เมษายน 2555 จ. เชียงใหม่แหล่งข้อมูล www.tsae.asia/data/2012conf/pdf/AME/AME39.pd เข้าถึงเมื่อวันที่ 2 พฤษภาคม 2561.

กล้าณรงค์ ศิลานาม ณรงค์ศักดิ์ แสนละมุล สาธิต นิลใย และวีระชัย แก่นทรัพย์. 2545. เครื่องคัดผลมะม่วง. สืบค้นจาก: http://www.kmutt.ac.th/rippc/best35.htm. [10 มิถุนายน 2559]

ขนิษฐ์ หว่านณรงค์ และคณะ . 2552 . ออกแบบและพัฒนาเครื่องปูพลาสติกติดพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ รายงานการวิจัยและพัฒนาของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมแหล่งที่มา URLhttp://www.doa.go.th/aeri/files/research/52_plastic_4w_tractor.pdf,(สืบค้นเมื่อวันที่ 30 มิถุนายน 2559)

คงกฤชอินทแสน.2555.การปลูกสตรอเบอร์รี่ เอกสารเผยแพร่กรมส่งเสริมการเกษตร กรุงเทพ แหล่งที่มา URLhttp://www.haec01.doae.go.th/aticles/stawberry.pdf (สืบค้นเมื่อวันที่ 30 มิถุนายน 2559)

ชูรัตน์ ธารารักษ์. 2537. การออกแบบและการพัฒนาเครื่องคัดผลมะม่วงโดยใช้น้ำหนักเป็นเกณฑ์.สืบ ค้นบจาก:http://www.phtnet.org/research/viewabstract.asp?research_id=wf251. [13 มิถุนายน 2559]

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

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

ไทยโพสต์. 2555. เครื่องคัดขนาดหอยแครงทุ่นแรงงานคน. สืบค้นจาก: http://www.foodnetworksolution.com/news_and_articles/article/0086/เครื่องคัดขนาดหอยแครงทุ่นแรงงานคน. [10 มิถุนายน 2559]

ธีรศักดิ์ โกเมฆและสนอง อมฤกษ์ .2557. ทดสอบและพัฒนาเครื่องปูพลาสติกสำหรับพริกในเขตพื้นที่ภาคเหนือใน: รายงานความก้าวหน้ากรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2557.

ลิขสิทธิ์การเกษตร

บันฑิต จริโมภาส และ กระวี ตรีอำนรรค. 2551. การพัฒนาเครื่องกลคัดขนาดผลชมพู่. สืบค้นจาก: http://www.phtnet.org/download/phtic-research/s1.pdf. [1 3 มิถุนายน 2559]

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2545. กล้วย. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ปรีดา นาเทเวศร์.2555. การผลิตไหลสตรอเบอรีอินทรีย์. เอกสารเผยแพร่ ภาควิชาพืชผัก คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ แหล่งที่มา URLhttp://www.e-manage.mju.ac.th/openFile.aspx?id=MTUzNDA5 (สืบค้นเมื่อวันที่ 30 มิถุนายน 2559)

พูนพัฒน์ พูนน้อย และอัมพวัน ตั้นสกุล. 2548. การคัดแยกมะม่วงโดยระบบแมชีนวิชัน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี: กรุงเทพฯ.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2559. เครื่องคัดขนาด(Sizer). สืบค้นจาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2353. [8 มิถุนายน 2559]

ภูษิต โพธิ์แสง. 2552. เครื่องคัดขนาดไข่. สืบค้นจาก: http://www.most.go.th/ main/index.php/org/114.html. [14 มิถุนายน 2559]

มูลนิธิโครงการหลวง. 2556. การปลูกสตรอเบอร์รี่ พันธุ์พระราชทาน 80. สืบค้นจาก: http://www.issuu.com/hrdi/docs/strawberry-variety80?e=7902068/11909842 [9 มิถุนายน 2559]

รศ.ดร.วินิต ชินสุวรรณ. 2530. เครื่องจักรกลเกษตรและการจัดการเบื้องต้น. 219 หน้า.

ศุภณัฐ อ้นน่วม. 2560. หลักการใช้สีและแสงสีในคอมพิวเตอร์. สืบค้นจาก: http://www.krumoocenter.com [ธันวาคม 2560].

เศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้าปี2558. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. เอกสารสถิติการเกษตร เลขที่ 402. แหล่งข้อมูล http://www.oae.go.th เข้าถึงเมื่อวันที่ 11 เมษายน 2561.

สุรางคณา ไม้ตราวัฒนา . 2557. สตรอว์เบอร์รีอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, สำนักงานทรัพย์สินส่วนพระมหากษัตริย์. กรุงเทพ . 200 หน้า.

สรยุทธ อุจจภู. 2555. เครื่องคัดขนาดกุ้งความเที่ยงตรงสูง. สืบค้นจาก: http://www.foodnetworksolution.com/news_and_articles/article/0255/. [13 มิถุนายน 2559]

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

Feng, G., Qixin, C. 2004. Study on color image processing based intelligent fruit sorting system. Proceedings of the 5th World Congress on Intelligent Control and Automation. Hangzhou, P.R. China, June 15-19, 2004: 4802-4805.

กรมวิชาการเกษตร

RNAM Test Codes & Procedures for Farm Machinery 1995.Second edition, published with funds from the United Nations Industrial Development Organization(UNIDO). 468 pages.http://www.amda.co.th/2011/technical-skill/มารู้จักพร็อกซิมิตี้/ เข้าถึงเมื่อวันที่ 11 เมษายน 2561.https://www.arduinoall.com/product/17/arduino-mega-2560-r3-พร้อม-usb เข้าถึงเมื่อวันที่ 11 เมษายน 2561.

กรมวิชาการเกษตร