รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน

Research and Development of Diverging Belt Sorter for Potato

กรมวิชาการเกษตร

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

สถิตย์พงศ์ รัตนคำ

Satitpong Rattanakam

ปี พ.ศ.2564

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน

Research and Development of Diverging Belt Sorter for Potato

กรมวิชาการเกษตร

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

สถิตย์พงศ์ รัตนคำ

Satitpong Rattanakam

ปี พ.ศ.2564

คำปรารภ (Foreword หรือ Preface)

มันฝรั่งเป็นพืชอุตสาหกรรมที่สร้างรายได้สูงให้กับเกษตรกรในเขตภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีรายได้ต่อไร่ระหว่าง 15,000 - 25,000 บาท และมีความต้องการเพื่อใช้ในการแปรรูปตลอดปีประมาณ 150,000 ตันต่อปี แต่เกษตรกรผลิตได้เพียงประมาณ 120,000 ตันต่อปี ซึ่งผลผลิตไม่เพียงพอต่อการแปรรูป ในการปลูกมันฝรั่งส่วนใหญ่จะนิยมการปลูกด้วยหัวพันธุ์ แต่ไม่มีการคัดขนาดหัวพันธุ์ก่อนทำการปลูก ทำให้การเจริญเติบโตไม่เท่ากันและการดูแลยุ่งยาก รวมถึงผลผลิตที่ได้มีคุณภาพต่ำและขนาดต่างกัน ส่งผลให้ไม่คุ้มกับการลงทุน ซึ่งเกษตรกรผู้ปลูกมันฝรั่งมีต้นทุนการผลิตสูงกว่า 40% มาจากต้นทุนจากค่าหัวพันธุ์มันฝรั่ง และการคัดขนาดหัวมันฝรั่งสำหรับการนำไปปลูกและหลังการเก็บเกี่ยวยังใช้แรงงานคน ซึ่งทำให้ล่าช้าและเจอปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ส่วนเครื่องคัดขนาดที่มีใช้อยู่ปัจจุบันยังไม่เหมาะสม เนื่องจากทำให้หัวมันฝรั่งเกิดการหมุนตัวและเกิดการเสียดสี ส่งผลให้หัวมันฝรั่งมีรอยช้ำและเสียหายได้ จึงดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน เพื่อลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มความสามารถในการคัดขนาดให้มากขึ้น โดยออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน โดยใช้สายพานวางคู่กันในแนวนอนและบานออก ซึ่งจะใช้ระยะห่างของสายพานที่บานออกในการคัดขนาดและสายพานจะหมุนด้วยความเร็วคงที่เท่ากันทุกเส้น พร้อมมีระบบนับจำนวน เครื่องต้นแบบมีขนาดภายนอก คือ 1,300 x 3,100 x 1,260 มิลลิเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) และต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1.5 กิโลวัตต์ 220 โวลต์ จากการทดสอบเครื่องต้นแบบ พบว่า ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่เหมาะสม คือ 0.25 เมตรต่อวินาที โดยมีความสามารถในการคัดขนาด 353.30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความผิดพลาดในการคัดขนาด 18% ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด 1.33% และการงอกของหัวมันฝรั่งที่ผ่านการคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบไม่แตกต่างทางสถิติ ซึ่งเครื่องต้นแบบสามารถคัดขนาดได้รวดเร็วกว่าการใช้แรงงานคน 6 เท่า และจากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานเครื่องต้นแบบ โดยประมาณราคาเครื่องต้นแบบอยู่ที่ 45,000 บาท พบว่า มีจุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องต้นแบบอยู่ที่ 9,842 กิโลกรัมต่อปี และระยะเวลาคืนทุน 10 ปี ซึ่งต้นทุนในการคัดขนาดหัวมันฝรั่งลดลงมากกว่า 50% ดังนั้นเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพานจึงเป็นอีกทางเลือกให้เกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรผู้เพาะปลูกมันฝรั่ง มีรายได้เพิ่มขึ้นและสามารถพึ่งพาตนเองได้จากการใช้งานเครื่องต้นแบบ ซึ่งสามารถลดต้นทุนการผลิตจากแรงงานคนและเพิ่มความสามารถในการคัดขนาดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคนได้

สถิตย์พงศ์

(นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ)

หัวหน้าโครงการวิจัย

กองวิทยทรัพยากร

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
ผู้วิจัย	ข
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ค
บทนำ	1
บทคัดย่อ	2
Abstract	3
การทบทวนวรรณกรรม	4
ระเบียบวิธีการวิจัย	6
ผลการวิจัย	11
อภิปรายผล	22
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	23
บรรณานุกรม	24
ภาคผนวก	25
ภาคผนวก ก	26
ภาคผนวก ข	32
ภาคผนวก ค	40

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อ.หางดง จ.เชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบและเก็บข้อมูลการคัดขนาดหัวมันฝรั่งด้วยเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน

ขอบขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบและเก็บข้อมูลการคัดขนาดหัวมันฝรั่งด้วยเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

1. นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ	วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่	หัวหน้าโครงการ
2. นายเกรียงศักดิ์ นักผูก	วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่	ผู้ร่วมงาน
3. น.ส.อรทัย วงค์เมธา	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่	ผู้ร่วมงาน
4. นายอนุภพ เผือกผ่อง	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่	ผู้ร่วมงาน
5. นายอภิวัฒน์ ปัญญาวงค์	นายช่างเครื่องกลปฏิบัติงาน ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่	ผู้ร่วมงาน

กรมวิชาการเกษตร

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

HP = กำลังที่ใช้ขับสายพาน (แรงม้า)

T_E = แรงดึงสายพาน (กิโลกรัม)

S = ความเร็วสายพาน (เมตร/วินาที)

C = ค่าแฟคเตอร์ความเสียดทานสำหรับการขนถ่ายที่มีโครงสร้างถาวร หรือจัดแนวโครงสร้างดีและการบำรุงรักษาตามปกติ

L = ความยาวสายพาน (เมตร)

L_0 = ความยาวเทียบเท่า (เมตร)

Q = ค่าแฟคเตอร์น้ำหนัก (แสดงถึงน้ำหนักของส่วนที่เคลื่อนที่ของสายพาน)

T = อัตราขนถ่าย (ตัน/ชั่วโมง)

H = ระยะยกขึ้นของการลำเลียง (เมตร)

B_W = น้ำหนักสายพาน (กิโลกรัม/เมตร)

W_1 = น้ำหนักของชิ้นส่วนที่หมุนของลูกกลิ้งด้านลำเลียง (กิโลกรัม)

W_2 = น้ำหนักของชิ้นส่วนที่หมุนของลูกกลิ้งด้านกลับ (กิโลกรัม)

l_1 = ระยะห่างของลูกกลิ้งด้านลำเลียง (เมตร)

l_2 = ระยะห่างของลูกกลิ้งด้านกลับ (เมตร)

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

มันฝรั่ง (Solanum tuberosum L.) เป็นพืชอาหารที่ปลูกในเขตอบอุ่น-หนาว ซึ่งมีความสำคัญอยู่ในอันดับที่สี่ของโลกรองจาก ข้าว ข้าวสาลี และข้าวโพด และเป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าหลายพันล้านบาท สร้างรายได้สูงให้กับเกษตรกรในเขตภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีรายได้ต่อไร่ระหว่าง 15,000 - 25,000 บาท พื้นที่ปลูกมันฝรั่งมากได้แก่ จ.เชียงใหม่ จ.แม่ฮ่องสอน จ.ลำพูน จ.เชียงราย จ.พะเยา จ.ลำปาง จ.ตาก จ.เพชรบูรณ์ และบางจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จ.สกลนคร และ จ.นครพนม ในปี 2562 มีพื้นที่ 45,689 ไร่ ผลผลิตรวม 127,935 ตัน เป็นมันฝรั่งพันธุ์โรงงาน 119,519 ตัน พันธุ์บริโภค 8,416 ตัน การปลูกมันฝรั่งมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นตามสภาวะเศรษฐกิจที่ขยายตัว (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562)

การปลูกมันฝรั่ง จะใช้ระยะปลูกระหว่างต้น 50 เซนติเมตร ระหว่างแถวประมาณ 90 - 100 เซนติเมตร สามารถขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดและใช้หัวพันธุ์ หากใช้เมล็ดปลูกหลุมละ 3-5 เมล็ด ถ้าใช้หัวพันธุ์ปลูกใช้หลุมละ 1 หัว หรือประมาณ 10,000 – 12,000 หัว/ไร่ หรือประมาณ 350 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งในวิธีการปลูกส่วนใหญ่จะนิยมการปลูกด้วยหัวพันธุ์ แต่ไม่มีการคัดขนาดหัวพันธุ์ก่อนทำการปลูก ทำให้การเจริญเติบโตไม่เท่ากันและการดูแลยุ่งยาก รวมถึงผลผลิตที่ได้มีคุณภาพต่ำและขนาดต่างกัน ทำให้ไม่คุ้มกับการลงทุน เกษตรกรผู้ปลูกมันฝรั่งในประเทศไทยมีต้นทุนการผลิตสูงกว่า 40% ซึ่งเป็นต้นทุนจากค่าหัวพันธุ์มันฝรั่ง โดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เปิดเผยถึงการนำเข้าหัวพันธุ์มันฝรั่ง ปี 2563 ปริมาณรวม 5,208.75 ตัน ในราคาไม่เกินกิโลกรัมละ 35.00 บาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) ซึ่งการใช้หัวพันธุ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศทำให้เกิดปัญหาในส่วนของต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น

แต่ปัจจุบันการคัดขนาดหัวมันฝรั่งสำหรับการนำไปปลูกและหลังการเก็บเกี่ยวยังใช้แรงงานคน ซึ่งทำให้ล่าช้าและเจอปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ส่วนเครื่องคัดขนาดที่มีใช้อยู่ปัจจุบันยังไม่เหมาะสม เนื่องจากเครื่องมีลักษณะเป็นจานหมุน และมีช่องว่างระหว่างผนังด้านข้างกับจานหมุนเพื่อใช้ในการคัดขนาด ทำให้หัวมันฝรั่งเกิดการหมุนตัวและเกิดการเสียดสี ส่งผลให้หัวมันฝรั่งมีรอยช้ำและเสียหาย ดังนั้น การวิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน โดยใช้สายพานวางคู่กันในแนวนอนและบานออก ซึ่งจะใช้ระยะห่างของสายพานที่บานออกในการคัดขนาดและสายพานจะหมุนด้วยความเร็วคงที่เท่ากันทุกเส้น พร้อมมีระบบนับจำนวน สามารถใช้คัดขนาดหัวมันฝรั่งได้ดี ไม่มีผลต่อการงอกของหัวมันฝรั่ง และสามารถคัดขนาดได้รวดเร็วกว่าการใช้แรงงานคน 6 เท่า จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้เกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรผู้เพาะปลูกมันฝรั่ง มีรายได้เพิ่มขึ้นและสามารถพึ่งพาตนเองได้จากการใช้งานเครื่องต้นแบบ ซึ่งสามารถลดต้นทุนการผลิตจากแรงงานคนและเพิ่มความสามารถในการคัดขนาดได้

กรมวิชาการเกษตร

วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน

สถิตย์พงศ์ รัตนคำ[1] เกรียงศักดิ์ นักผูก[1]
อรทัย วงค์เมธา[2] อนุภพ เผือกผ่อง[2] อภิวัฒน์ ปัญญาวงค์[1]

คำสำคัญ: มันฝรั่ง, หัวพันธุ์มันฝรั่ง, เครื่องคัดขนาด, เครื่องคัดขนาดแบบสายพาน

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่ง เพื่อลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มความสามารถในการคัดขนาดให้มากขึ้น จึงออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน โดยใช้สายพานวางคู่กันในแนวนอนและบานออก ซึ่งจะใช้ระยะห่างของสายพานที่บานออกในการคัดขนาดและสายพานจะหมุนด้วยความเร็วคงที่เท่ากันทุกเส้น พร้อมมีระบบนับจำนวน เครื่องต้นแบบมีขนาดภายนอก คือ 1,300 x 3,100 x 1,260 มิลลิเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) และต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1.5 กิโลวัตต์ 220 โวลต์ ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบ พบว่า ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่เหมาะสม คือ 0.25 เมตรต่อวินาที โดยมีความสามารถในการคัดขนาด 353.30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความผิดพลาดในการคัดขนาด 18% ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด 1.33% และการงอกของหัวมันฝรั่งที่ผ่านการคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับหัวมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการคัดขนาด ซึ่งเครื่องต้นแบบสามารถลดต้นทุนการผลิตในส่วนของค่าจ้างแรงคนมากกว่า 50% และสามารถคัดขนาดหัวมันฝรั่งได้รวดเร็วกว่าการใช้แรงงานคน 6 เท่า โดยเครื่องต้นแบบมีราคาประมาณ 45,000 บาท มีจุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องต้นแบบอยู่ที่ 9,842 กิโลกรัมต่อปี และระยะเวลาคืนทุน 10 ปี

กรมวิชาการเกษตร

[1] ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่, สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม, กรมวิชาการเกษตร, เชียงใหม่
[2] ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่, สถาบันวิจัยพืชสวน, กรมวิชาการเกษตร, เชียงใหม่

Research and Development of Diverging Belt Sorter for Potato

Satitpong Rattanakam[1] Kiangsak Nukpook[1]
Orathai Wongmetha[2] Anupop Puekpong[2] Apiwat Panyawong[1]

Keywords: Potatoes, Seed of Potatoes, Sorter, Diverging Belt Sorter

Abstract

The objective of this research was to develop the sorter for potato, to increase ability and reduce the production costs of sorting potato. Therefore designed and built the prototype of diverging belt sorter for potato, by using the V - belts placed horizontally together and diverge. This uses the distance of the belt for sorting and the belt rotates at the same constant speed. The outsize dimension of the prototype was 1,300 x 3,100 x 1,260 mm (width x length x height) and powered by a 1.5 kW 220 volt electrical motor. Testing results of the prototype for sorting potato got well at the linear velocity of the diverging belt was 0.25 m s^{-1} with the capacity was 353.30 kg h^{-1}, sizing error was 18%, damage caused by the sizing 1.33% and the germination of the potato sorted with the prototype were not statistically different when compared with unsorted potato. The production ability was about 6 times higher than production by labor and more than 50% of sort cost can be reduce by the prototype of sorting. The prototype costs about 45,000 baht, which has a breakeven point of using at 9,842 kg yr^{-1}, payback period of 10 years.

กรมวิชาการเกษตร

[1] Chiang Mai Agricultural Engineering Research Center, Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture, Chiang Mai

[2] Chiang Mai Royal Agricultural Research Center, Department of Agriculture, Department of Agriculture, Chiang Mai

การทบทวนวรรณกรรม

อรทัย (2558) การเกรดของหัวมันฝรั่ง (ตารางที่ 1) และวิธีการประเมินการงอกของหัวพันธุ์มันฝรั่ง โดยหัวพันธุ์มันฝรั่งจะมีการพักตัว (Dormancy) ประมาณ 3 เดือน ซึ่งก่อนจะนำไปปลูก ต้องนำไปผึ่งในโรงเรือนเป็นชั้นบางๆ 1-2 ชั้น หลังจากผึ่งหัวพันธุ์ได้ 2 สัปดาห์ ถึง 1 เดือน หัวพันธุ์มันฝรั่งจะมีหน่องอกแข็งแรง พร้อมที่จะนำไปปลูกลงแปลงเพื่อผลิตเป็นหัวพันธุ์ขยายต่อไป

ตารางที่ 1 ขนาดของหัวมันฝรั่งแบ่งตามเกรด

เกรด	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)
A	11.0 - 21.0
B	22.0 - 34.0
C	35.0 - 50.0
D	51.0 - 90.0

AUSVEG (2007) ได้กำหนดมาตรฐานแห่งชาติว่าด้วยการรับรองหัวพันธุ์มันฝรั่ง ซึ่งวิธีมาตรฐานในการคัดหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ได้รับการรับรองขึ้นอยู่กับขนาด โดยใช้แผ่นแบบหลุมสี่เหลี่ยม ซึ่งหัวพันธุ์มันฝรั่งจะต้องมีเกรดตั้งแต่ 35 มิลลิเมตรถึง 75 มิลลิเมตร เว้นแต่จะได้ตกลงกันเป็นอย่างอื่นโดยผู้ซื้อและผู้ขายก่อนที่จะส่งมอบ แต่ถ้าการคัดหัวพันธุ์มันฝรั่งเป็นไปตามน้ำหนัก แล้วหัวพันธุ์มันฝรั่งหัวมักจะมีน้ำหนักระหว่าง 35 กรัม ถึง 250 กรัม ยกเว้นที่ตกลงกันไว้โดยมีการเจรจาระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย และระบุไว้ในสัญญาเป็นลายลักษณ์อักษร

อภิรักษ์ (2557) ผลผลิตมันฝรั่งที่โรงงานแปรรูปต้องการและรับซื้อ ต้องมีคุณสมบัติและคุณภาพตามมาตรฐาน คือ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ตามที่ระบุในพันธสัญญา คือ เส้นผ่าศูนย์กลางหัวมันฝรั่งไม่น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร และไม่เกิน 9.0 เซนติเมตร

บัณฑิต (2533) ได้พัฒนาเครื่องคัดขนาดส้มโอและมะนาว ให้สามารถนำไปใช้ในเชิงการค้าได้ เครื่องคัดขนาดส้มโอทำงานโดยอาศัยหลักสายพานช่องว่างที่เริ่มต้นจากช่องว่าง เล็กแล้วค่อย ๆ ขยายใหญ่ขึ้น ๆ ตัวเครื่องประกอบด้วย โครงเหล็ก ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า 2 แรงม้า กระบะป้อนผลมะนาวก่อนการคัดขนาด ชุดคัดขนาดและภาชนะรับผลมะนาวหลังการคัดขนาด จากการทดสอบเชิงวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์ เครื่องต้นแบบคัดขนาดส้มโอและมะนาว พบว่า เครื่องต้นแบบคัดขนาดส้มโอสามารถคัดส้มโอพันธ์ส่งออกทองดี และขาวพวงได้ การคัดพลาดเฉลี่ย 9% ที่สมรรถนะการทำงาน 2 ตัน/ชม. เครื่องคัดขนาดมะนาว สามารถคัดมะนาวพันธ์ส่งออกไข่และแป้นได้ การคัดพลาดเฉลี่ย 3% ที่สมรรถนะการทำงาน 448 กก./ชม. ความเสียหายเชิงกลของผลิตผลในเครื่องคัดทั้งสองแบบน้อยมาก ไม่มีนัยสำคัญในการบริโภคเครื่องคัดขนาดทั้งสองชนิดมีศักยภาพในเชิงการค้า

กรมวิชาการเกษตร

วิชัยและคณะ (2536) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องคัดขนาดผลมังคุดแบบสายพาน ให้มีขนาดกะทัดรัด ต้นทุนการผลิตต่ำ และมีประสิทธิภาพสูง การใช้งาน ตลอด จนการบำรุงรักษาไม่ยาก สามารถคัดขนาดและผลมังคุดออกเป็นขนาดต่าง ๆ ได้ 4 ขนาด โดยมีความสัมพันธ์กับช่วงน้ำหนักได้อย่างแม่นยำ หรือใกล้เคียงให้มากที่สุดโดยมุ่งให้ประโยชน์แก่ชาวสวนมังคุด ซึ่งแต่เดิมการคัดขนาดจะทำโดยการใช้นิ้ว มือกำรอบผลมังคุดเพื่อคัดขนาดซึ่งเป็นวิธีที่ต้องอาศัยความชำนาญและเสียเวลามาก ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการสร้างเครื่องคัดขนาดผลมังคุด ขึ้น โดยใช้หลักการอาศัยความห่างของสายพานรูปตัววี 2 เส้นที่จะขยายออกจาก ต้นทางซึ่งแคบกว่ามาสู่ปลายทางเป็นตัวคัดขนาด โดยอาศัยกำลังจากมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า จากการทดสอบพบว่าความเร็วของสายพานคัดขนาดควรมีความเร็วประมาณ 15-20 ซม./วินาที จะให้การคัดมีประสิทธิภาพดีที่สุด และเครื่องคัดขนาดมังคุดนี้ สามารถคัดขนาดมังคุดได้ประมาณ 130-170 กก./ชม. เหมาะสำหรับสวนมังคุด ที่มีขนาดปานกลาง

ทีปกรและคณะ (2556) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบจานหมุน (ภาพที่ 1) ที่สามารถช่วยลดแรงงานและระยะเวลาในการคัดขนาดหัวมันฝรั่งและสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย เมื่อเทียบกับการคัดขนาดหัวมันฝรั่งด้วยแรงงานคน สามารถคัดขนาดได้รวดเร็วขึ้น ต้นทุนการผลิตต่ำและมีประสิทธิภาพสูง การใช้งานตลอดจนการบำรุงรักษาไม่ยาก จึงได้มีการสร้างเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบจานหมุนขึ้น ตัวเครื่องคัดขนาดมีส่วนประกอบสำคัญคือ มอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส ขนาด 1/4 แรงม้า ถ่ายทอดกำลังผ่านคัปปลิงไปยังเกียร์ทดอัตราทด 1:60 และผ่านคัปปลิงอีกตัวส่งกำลังผ่าน เพลาไปยังจานหมุนคัดขนาดเป็นกรวยกลมที่มี เส้นผ่านศูนย์กลาง 700 มิลลิเมตร มีมุมลาดเอียงของผิว 10 องศา หลักการทำงานให้หัวมันฝรั่งเคลื่อนที่ในลักษณะวนรอบโดยการหมุนของจานหมุน หัวมันฝรั่งหัวเล็กจะถูกคัดลงในตะกร้าตามช่องว่างที่ปรับไว้ที่อุปกรณ์ปรับระดับก่อน ส่วนหัวมันฝรั่งที่มีขนาดใหญ่จะติดแผ่นกั้นและเคลื่อนที่เป็นวงกลมไปตกในช่องที่มีขนาดพอดีกับขนาดที่ตั้งไว้ และผิวของเครื่องที่หัวมันฝรั่งสัมผัสบุด้วยโฟมยางเพื่อกันกระแทก ผลการทดสอบ พบว่า เครื่องสามารถคัดหัวมันฝรั่งได้ประสิทธิภาพการคัดพลาด 3.98 % ความสามารถในการคัดขนาด 135 กิโลกรัม/ชม.

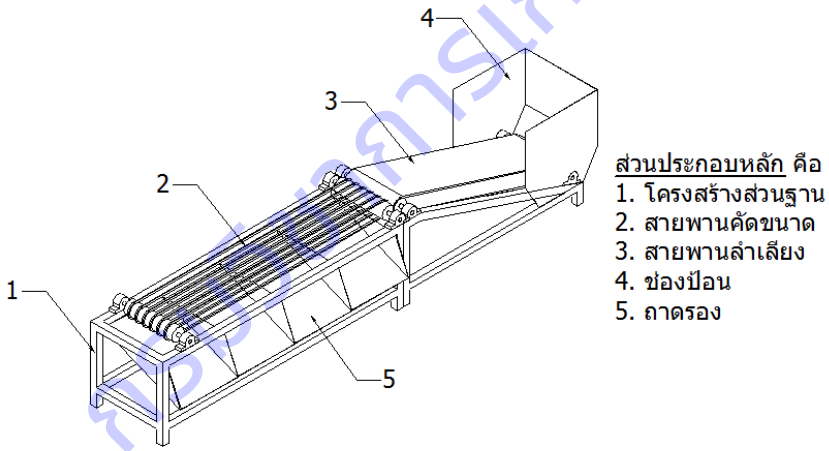
ภาพที่ 1 เครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบจานหมุน

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย

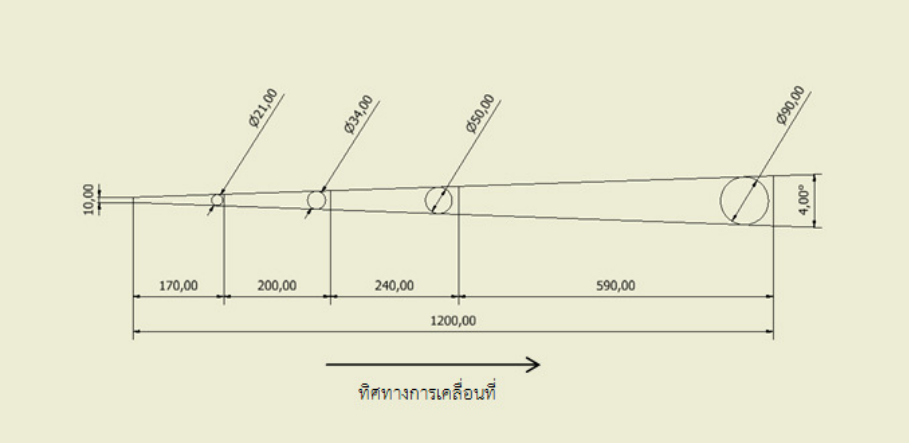
การวิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน เป็นการพัฒนาเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งสำหรับการคัดขนาดหัวมันฝรั่งก่อนนำไปปลูกและหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อลดต้นทุนการผลิต เช่น ค่าจ้างแรงคนในการคัดขนาด และเพิ่มความสามารถในการคัดขนาดให้มากขึ้น โดยมีวิธีดำเนินงานดังต่อไปนี้

1. สร้างต้นแบบเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน (ภาพที่ 2) โดยออกแบบสายพานเป็น 2 ชุด คือ 1) ชุดสายพานลำเลียง สำหรับใช้ป้อนหัวมันฝรั่ง โดยใช้สายพานลำเลียงแบบลายบั้ง (V-shape conveyor belt) เนื่องจากสามารถลำเลียงหัวมันฝรั่งขึ้นในมุมเอียงจากพื้นได้และทำให้ไม่ไหลย้อนกลับ และ 2) ชุดสายพานคัดขนาด สำหรับใช้คัดขนาดหัวมันฝรั่ง โดยใช้สายพานวางคู่กันในแนวนอนและบานออก ซึ่งจะใช้ระยะห่างของสายพานที่บานออกในการคัดขนาด (ภาพที่ 3) โดยใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดเป็นตัวกำหนดขนาดของหัวมันฝรั่ง และสายพานจะหมุนด้วยความเร็วคงที่เท่ากันทุกเส้น โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง ส่งกำลังผ่านพูเล่ย์และเกียร์ทดรอบไปยังสายพานคัดขนาดและสายพานลำเลียง พร้อมมีระบบนับจำนวน (counter) เพื่อนับปริมาณของหัวมันฝรั่งที่คัดได้ และมีระบบควบคุมการทำงานของเครื่อง โดยใช้ระบบนับจำนวนเป็นตัวการสั่งการให้เครื่องหยุดชั่วคราว เพื่อเปลี่ยนภาชนะจัดเก็บหัวมันฝรั่ง ตามปริมาณของหัวมันฝรั่งที่ต้องการบรรจุ



ภาพที่ 2 แบบร่างต้นแบบเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน

หลักการทำงานของเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน เริ่มจากป้อนหัวมันฝรั่งที่ช่องป้อน แล้วหัวมันฝรั่งจะถูกลำเลียงด้วยชุดสายพานลำเลียง เพื่อส่งต่อไปยังชุดสายพานคัดขนาด ซึ่งจะใช้ระยะห่างของสายพานที่บานออกในการคัดขนาดแยกออกตามถาดรอง และมีระบบนับจำนวน (counter) ที่ปลายช่องทางออก ที่แสดงปริมาณของหัวมันฝรั่งที่คัดได้



ภาพที่ 3 แบบร่างระยะห่างของสายพานที่บานออกของสายพานคัดขนาด

ในการออกแบบเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพานใช้หลักการของสายพานลำเลียง ในการหาแรงดึงและกำลังที่ใช้ขับสายพานโดยใช้วิธีของ Goodyear (อภิชาติ, 2559) มีสมการดังนี้

$$HP = \frac{T_E \times S}{75} \quad (1)$$

$$T_E = C(L + L_0)\left(Q + \frac{T}{3.6S}\right) \pm \frac{TH}{3.6S} \quad (2)$$

$$Q = 2B_w + \frac{W_1}{l_1} + \frac{W_2}{l_2} \quad (3)$$

โดย HP = กำลังที่ใช้ขับสายพาน (แรงม้า)

T_E = แรงดึงสายพาน (กิโลกรัม)

S = ความเร็วสายพาน (กำหนดความเร็วเชิงเส้นสูงสุด 0.4 เมตร/วินาที)

C = 0.022 (ค่าแฟคเตอร์ความเสียดทานสำหรับการขนถ่ายที่มีโครงสร้างถาวร หรือจัดแนวโครงสร้างดีและการบำรุงรักษาตามปกติ)

L = ความยาวสายพาน (กำหนดความยาวสายพานคัดขนาด ที่ 1.00 เมตรและความยาวสายพานลำเลียงที่ 1.20 เมตร)

L_0 = 60.96 เมตร (ความยาวเทียบเท่า)

Q = ค่าแฟคเตอร์น้ำหนัก แสดงถึงน้ำหนักของส่วนที่เคลื่อนที่ของสายพาน (ตารางที่ 2)

T = อัตราขนถ่าย (0.166 ตัน/ชั่วโมง)

H = ระยะยกขึ้นของการลำเลียง (สายพานคัดขนาด คือ 0 เมตร เนื่องจากอยู่ในระนาบแนวนอนเดียวกันและสายพานลำเลียง คือ 0.70 เมตร)

B_W = น้ำหนักสายพาน (กิโลกรัม/เมตร)

W_1 = น้ำหนักของชิ้นส่วนที่หมุนของลูกกลิ้งด้านลำเลียง (กิโลกรัม)

กรมวิชาการเกษตร

W_2 = น้ำหนักของชิ้นส่วนที่หมุนของลูกกลิ้งด้านกลับ (กิโลกรัม)

l_1 = ระยะห่างของลูกกลิ้งด้านลำเลียง (เมตร)

l_2 = ระยะห่างของลูกกลิ้งด้านกลับ (เมตร)

ตารางที่ 2 รายละเอียดของสายพานที่นำมาใช้ในการคำนวณค่าแฟคเตอร์น้ำหนัก

รายละเอียด	สายพาน B 130	สายพานแบน 4 นิ้ว	สายพานลำเลียง
Bw (กิโลกรัม)	0.65	1.93	1.00*
W1 (กิโลกรัม)	2.11	2.16	6.24
W2 (กิโลกรัม)	1.99	2.04	6.12
l1 (เมตร)	1.06	1.03	1.20
l2 (เมตร)	1.64	1.03	1.20
Q (กิโลกรัม/เมตร)	4.50	7.93	7.00*

หมายเหตุ * ค่าที่ใช้อ้างอิงมาจาก อภิชาติ (2559)

2. ทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบเบื้องต้น โดยมีปัจจัย คือ ความเร็วเชิงเส้นของสายพาน 7 ระดับ คือ 1) 0.10 2) 0.15 3) 0.20 4)0.25 5) 0.30 6) 0.35 และ 7) 0.40 เมตร/วินาที และมีค่าชี้ผล คือ ความสามารถในการคัดขนาด (กิโลกรัม/ชั่วโมง) ความผิดพลาดในการคัดขนาด (%) และความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด (%) เช่น รอยช้ำและแผลถลอก เป็นต้น จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 100 หัว (จำนวน 4 เกรดๆ ละ 25 หัว) รวมถึงการปรับปรุงพัฒนาเครื่องต้นแบบให้สามารถคัดขนาดหัวมันฝรั่งได้ตามขนาดที่ต้องการ

3. ปรับปรุงพัฒนา ทดสอบและเก็บข้อมูลเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน มีรายละเอียดดังนี้

3.1 ปรับปรุงและพัฒนาเครื่องต้นแบบ เพื่อลดความผิดพลาดในการคัดขนาด ซึ่งผลการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบเบื้องต้นมีความผิดพลาดในการคัดขนาด 19.65% เนื่องจากจุดเริ่มต้นของสายพานคัดขนาดมีหน้ากว้างน้อยกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวมันฝรั่งขนาดใหญ่ ทำให้หัวมันฝรั่งจะถูกบังคับให้ลงด้านข้าง ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยที่สุด) และติดตั้งชุดควบคุมการทำงาน โดยมีอุปกรณ์นับจำนวนหัวมันฝรั่งที่คัดได้ในแต่ละขนาดตามปริมาณของหัวมันฝรั่งที่ต้องการบรรจุ และเป็นตัวการสั่งการให้เครื่องหยุดชั่วคราว เพื่อเปลี่ยนภาชนะจัดเก็บหัวมันฝรั่ง

3.2 ทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบหลังปรับปรุง โดยมีปัจจัยที่ศึกษา คือ 1) ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่เหมาะสม 2) ความสามารถในการทำงานของเครื่องต้นแบบ 3) ความผิดพลาดในการนับจำนวน (Error) และ 4) การงอกของหัวมันฝรั่งหลังผ่านการคัดขนาด รวมถึงแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

กรมวิชาการเกษตร

3.2.1 ทดสอบหาความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบหลังปรับปรุง โดยมีปัจจัยในการทดสอบ คือ ความเร็วเชิงเส้นของสายพาน 5 ระดับ คือ 1) 0.10 2) 0.15 3) 0.20 4) 0.25 และ 5) 0.30 เมตร/วินาที และมีค่าชี้ผล คือ ความสามารถในการคัดขนาด (กิโลกรัม/ชั่วโมง) ความผิดพลาดในการคัดขนาด (%) ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด (%) เช่น รอยช้ำและแผลถลอก เป็นต้น และความผิดพลาดในการนับจำนวน (%) จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 125 หัว (จำนวน 5 เกรดๆ ละ 25 หัว)

3.2.2 ทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบหลังปรับปรุง ที่ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาด คือ 0.25 เมตร/วินาที (ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่เหมาะสมจากการทดสอบในข้อ 3.2.1) และเก็บข้อมูลความสามารถในการคัดขนาด (กิโลกรัม/ชั่วโมง) ความผิดพลาดในการคัดขนาด (%) ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด (%) เช่น รอยช้ำและแผลถลอก เป็นต้น และความผิดพลาดในการนับจำนวน (%) จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 125 หัว (จำนวน 5 เกรดๆ ละ 25 หัว)

3.2.3 ทดสอบความผิดพลาดในการนับจำนวน (Error) ของเครื่องต้นแบบหลังปรับปรุงในแต่ละขนาด ที่ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาด คือ 0.25 เมตร/วินาที (ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่เหมาะสมจากการทดสอบในข้อ 3.2.1) และเก็บข้อมูลความผิดพลาดในการคัดขนาด (%) ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด (%) เช่น รอยช้ำและแผลถลอก เป็นต้น และความผิดพลาดในการนับจำนวน (%) จำนวน 5 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 100 หัว (จำนวน 5 เกรดๆ ละ 100 หัว)

3.2.4 ประเมินการงอกของหัวมันฝรั่ง (กรณีคัดขนาดหัวพันธุ์มันฝรั่ง) โดยการเปรียบเทียบการงอกของหัวมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการคัดขนาดและผ่านการคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบจากการทดสอบในข้อ 3.2.2 จำนวน 2 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 125 หัว (จำนวน 5 เกรดๆ ละ 25 หัว)

4. ทดสอบและเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบในการใช้งานระยะยาว โดยร่วมทดสอบเครื่องต้นแบบกับศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ ซึ่งทดสอบเครื่องต้นแบบที่ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาด คือ 0.25 เมตร/วินาที (ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่เหมาะสมจากการทดสอบในข้อ 3.2.1) และเก็บข้อมูลความสามารถในการคัดขนาด (กิโลกรัม/ชั่วโมง) ความผิดพลาดในการคัดขนาด (%) และความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด (%) เช่น รอยช้ำและแผลถลอก เป็นต้น จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 75 กิโลกรัม (ในการทดสอบคัดขนาดหัวมันฝรั่งมีจำนวน 4 เกรด คือ เกรด A-D) และสุ่มตัวอย่างหัวมันฝรั่งที่ผ่านการคัดขนาด จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 100 หัว (จำนวน 4 เกรดๆ ละ 25 หัว)

5. วิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ เพื่อคำนวณค่าใช้จ่าย หาจุดคุ้มทุนและระยะเวลาในการคืนทุนของการใช้เครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน

กรมวิชาการเกษตร

การบันทึกข้อมูล

1. ความสามารถในการคัดขนาด (กิโลกรัม/ชั่วโมง)

$$\text{ความสามารถในการคัดขนาด} = \frac{\text{น้ำหนักหัวมันฝรั่งที่ใช้คัดขนาด (กิโลกรัม)}}{\text{เวลาที่ใช้คัดขนาด (ชั่วโมง)}} \quad (4)$$

2. ความผิดพลาดในการคัดขนาด (%)

$$\text{ความผิดพลาดในการคัดขนาด} = \frac{\text{ปริมาณหัวมันฝรั่งที่คัดผิดพลาด} \times 100}{\text{ปริมาณหัวมันฝรั่งที่ใช้คัดขนาด}} \quad (5)$$

3. ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด (%)

$$\text{ความเสียหาย} = \frac{\text{ปริมาณหัวมันฝรั่งที่เกิดความเสียหาย} \times 100}{\text{ปริมาณหัวมันฝรั่งที่ใช้คัดขนาด}} \quad (6)$$

4. ความผิดพลาด (Error) (%) (นวภัทราและทวีพล, 2555) ในการนับจำนวนหัวมันฝรั่ง

$$\text{ความผิดพลาด} = \left| \frac{\text{จำนวนหัวมันฝรั่งที่เครื่องนับได้} - \text{จำนวนหัวมันฝรั่งที่ใช้ทดสอบ}}{\text{จำนวนหัวมันฝรั่งที่ใช้ทดสอบ}} \right| \times 100 \quad (7)$$

5. การประเมินการงอกของหัวพันธุ์มันฝรั่ง ด้วยการนำหัวพันธุ์มันฝรั่งไปผึ่งในโรงเรือนเป็นชั้นบางๆ 1-2 ชั้น หลังจากผึ่งหัวพันธุ์ได้ 2 สัปดาห์ถึง 1 เดือน นับจำนวนหัวพันธุ์มันฝรั่งที่มีหน่องอกแข็งแรง (อรทัย, 2558)

สถานที่ทำการวิจัย

- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
- ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียใหม่
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่

ระยะเวลาดำเนินงาน

- ตั้งแต่ตุลาคม 2562 ถึง กันยายน 2564 รวม 2 ปี

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัย

1. จากการสร้างต้นแบบเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน (ภาพที่ 4) ซึ่งเครื่องต้นแบบประกอบด้วย 6 ส่วนหลักคือ

1.1) โครงสร้างส่วนฐาน ทำจากเหล็กฉากขนาด 40 x 40 x 4 มม. ลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม ขนาดกว้าง x ยาว x สูง คือ 500 x 1,200 x 700 มม. และมีล้อเหล็กขนาด 76.2 มม. (3 นิ้ว) จำนวน 4 ล้อ เพื่อให้เคลื่อนย้ายได้สะดวก

1.2) สายพานคัดขนาด โดยใช้สายพานวี ขนาดร่อง B เบอร์ 130 จำนวน 2 เส้น วิ่งคู่กันบนพูเล่ย์ ขนาด 101.6 มม. (4 นิ้ว) ในแกนเพลาเดียวกันและบานออก และมีลูกกลิ้งรองรับสายพานคัดขนาด ทำจากเหล็กเพลา ขนาด 38.1 มม. (1 1/2 นิ้ว) จำนวน 6 อัน วางด้านละ 3 อัน โดยมีระยะห่าง 31, 57 และ 84 มม. เริ่มจากด้านหน้าของสายพานคัดขนาด และมีแผ่นกั้นด้านข้างสายพานทั้ง 2 ด้าน ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.5 มม. มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 120 x 1050 มม. พร้อมบุแผ่นกั้นด้วยแผ่นโฟมกันกระแทก หนา 10 มม.

1.3) สายพานลำเลียง โดยใช้สายพานลำเลียงแบบลายบั้ง (EP 200/2, 300,2 ชั้น) จำนวน 1 เส้น วางเอียงกับแนวนอนทำมุม 12 องศา (บจก. ฟอร์โบ ซีกลิง (ประเทศไทย), 2563) และมีแผ่นรองรับสายพานที่ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.5 มม. มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 400 x 1,000 มม. วิ่งอยู่บนล้อสายพานที่ทำจากท่อเหล็กหนา 3 มม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 101.6 มม. (4 นิ้ว) ยาว 310 มม. และมีแผ่นกั้นที่ปลายทั้ง 2 ด้านของล้อสายพาน ทำจากแผ่นเหล็กวงกลมหนา 3 มม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 115.0 มม.

1.4) ถาดป้อน ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.5 มม. มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 500 x 500 มม. ปลายจะเรียวลงจากกึ่งกลางถาดป้อน ตรงปลายทางออกมีขนาด 180 มม. และมีขอบสูง 140 มม. พร้อมบุด้วยแผ่นโฟมกันกระแทก หนา 10 มม.

1.5) ถาดรอง มี 2 ส่วน คือ 1. อยู่ภายในโครงสร้างส่วนฐาน ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.5 มม. มีขนาดกว้าง x ยาว คือ 680 x 1,120 มม. และมีขอบสูง 110 มม. พร้อมบุด้วยแผ่นโฟมกันกระแทก หนา 10 มม. โดยแบ่งเป็นจำนวน 4 ช่อง (เรียงลำดับจากขนาดเล็กไปขนาดใหญ่) คือ 270, 260, 250, 340 มม. ตามลำดับ และ 2. อยู่ด้านข้างของโครงสร้างส่วนฐาน จำนวน 1 ช่อง ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.5 มม. มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 680 x 250 มม. และมีขอบสูง 110 มม. พร้อมบุด้วยแผ่นโฟมกันกระแทก หนา 10 มม.

1.6) ชุดต้นกำลัง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1.5 กิโลวัตต์ (2 แรงม้า) เป็นต้นกำลังและมีอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ (ใช้สำหรับการทดสอบ เนื่องจากสามารถปรับความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดได้) ขับผ่านพูเล่ย์ขนาด 88.9 มม. (3 ½”) ไปยังพูเล่ย์ขนาด 76.2 มม. (3”) ของเกียร์ทดรอบ อัตราทด 1 : 60 และส่งกำลังผ่านพูเล่ย์ขนาด 101.6 มม. (4”) ไปยังพูเล่ย์ขนาด 152.4 มม. (6”) ของเพลาคัดขนาด มีความเร็วเชิงเส้นสูงสุด 0.4 เมตร/วินาที

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 4 ต้นแบบเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน

2. จากการทดสอบการคัดขนาดหัวมันฝรั่งด้วยเครื่องต้นแบบเบื้องต้น (ตารางที่ 3) พบว่าเครื่องต้นแบบสามารถคัดขนาดหัวมันฝรั่งได้ดีระดับหนึ่ง และจากผลการทดสอบเมื่อพิจารณาโดยรวมแล้ว พบว่าความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่ 0.25 เมตร/วินาที มีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากมีความผิดพลาดในการคัดขนาดและความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาดน้อยที่สุด คือ 19.65 และ 0.70% ตามลำดับ มีความสามารถในการคัดขนาด คือ 218.394 กิโลกรัม/ชั่วโมง และหัวมันฝรั่งไม่มีการไหลย้อนกลับในส่วนของสายพานลำเลียง

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 3 ทดสอบการคัดขนาดหัวมันฝรั่งด้วยเครื่องต้นแบบ

ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาด (m/s)	ความสามารถในการคัดขนาด (กก./ชม.)	ความผิดพลาดในการคัดขนาด (%)	ความเสียหายในการคัดขนาด (%)
0.10	141.31	27.72	5.61
0.15	170.11	23.51	5.97
0.20	189.46	23.86	2.81
0.25	218.94	19.65	0.70
0.30	247.06	27.72	3.86
0.35	243.00	27.72	3.16
0.40	233.29	30.52	3.16

หมายเหตุ : 1. ความเสียหายจากการคัดขนาดนั้นเกิดจากหัวมันฝรั่งขนาดเล็กถูกบีบระหว่างช่องว่างของรอยต่อของสายพานลำเลียงและสานพานคัดขนาด

3. จากการปรับปรุงพัฒนา ทดสอบและเก็บข้อมูลเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน มีรายละเอียดดังนี้

3.1 การปรับปรุงและพัฒนาเครื่องต้นแบบ เพื่อลดความผิดพลาดในการคัดขนาด โดยการเพิ่มสายพานคัดขนาดจากเดิมจำนวน 2 เส้นเป็น 4 เส้น เพื่อเพิ่มขนาดหน้ากว้างของจุดเริ่มต้นของสายพานคัดขนาด และติดตั้งชุดควบคุมการทำงาน ซึ่งเครื่องต้นแบบ (ภาพที่ 5, ภาคผนวก ค) ประกอบด้วย 7 ส่วนหลัก คือ

3.1.1. โครงสร้างส่วนฐาน ทำจากเหล็กฉากขนาด 40 x 40 x 4 มม. ลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม ขนาดกว้าง x ยาว x สูง คือ 500 x 1,200 x 700 มม. และมีล้อเหล็กขนาด 76.2 มม. (3”) จำนวน 4 ล้อ เพื่อให้เคลื่อนย้ายได้สะดวก

3.1.2. สายพานคัดขนาด โดยใช้สายพานวี ขนาดร่อง B เบอร์ 130 จำนวน 4 เส้น วิ่งคู่กันบนพูเล่ย์ ขนาด 101.6 มม. (4”) ในแกนเพลาเดียวกันและบานออก และมีลูกกลิ้งรองรับสายพานคัดขนาด ทำจากเหล็กเพลา ขนาด 38.1 มม. (1 1/2”) ในแกนเพลาเดียวกัน จำนวน 2 จุดๆ ละ 4 อัน และมีแผ่นกั้นด้านข้างสายพานทั้ง 2 ด้าน ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.5 มม. มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 120 x 1050 มม. พร้อมบุแผ่นกั้นด้วยแผ่นโฟมกันกระแทก หนา 10 มม.

3.1.3. สายพานลำเลียง โดยใช้สายพานลำเลียงแบบลายบั้ง (EP 200/2, 300,2 ชั้น) จำนวน 1 เส้น วางเอียงกับแนวนอนทำมุม 12 องศา (บจก. ฟอร์โบ ซีกลิง (ประเทศไทย), 2563) และมีแผ่นรองรับสายพานที่ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.5 มม. มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 400 x 1,000 มม. วิ่งอยู่บนล้อสายพานที่ทำจากท่อเหล็กหนา 3 มม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 101.6 มม. (4”) ยาว 310 มม. และมีแผ่นกั้นที่ปลายทั้ง 2 ด้านของล้อสายพานทำจากแผ่นเหล็กวงกลมหนา 3 มม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 115.0 มม.

กรมวิชาการเกษตร

3.1.4. ถาดป้อน ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.5 มม. มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 600 x 675 มม. ปลายทางออกจะบีบเรียวลงตรงปลายทางออกมีขนาด 180 มม. และมีขอบสูง 140 มม. พร้อมบุด้วยแผ่นโฟมกันกระแทก หนา 10 มม.

3.1.5. ถาดรอง มี 2 ส่วน คือ 1. อยู่ภายในโครงสร้างส่วนฐาน ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.5 มม. มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 650 x 1,100 มม. และมีขอบสูง 120 มม. พร้อมบุด้วยแผ่นโฟมกันกระแทก หนา 10 มม. โดยแบ่งเป็นจำนวน 4 ช่อง (เรียงลำดับจากขนาดเล็กไปขนาดใหญ่) คือ 275, 280, 270, 275 มม. ตามลำดับปลายทางออกมีที่สำหรับจับยึดเซ็นเซอร์นับจำนวน และ 2. อยู่ด้านข้างของโครงสร้างส่วนฐาน จำนวน 1 ช่อง ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.5 มม. มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 650 x 250 มม. และมีขอบสูง 110 มม. พร้อมบุด้วยแผ่นโฟมกันกระแทก หนา 10 มม. ปลายทางออกมีที่สำหรับจับยึดเซ็นเซอร์นับจำนวน

3.1.6. ชุดต้นกำลัง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1.5 กิโลวัตต์ (2 แรงม้า) เป็นต้นกำลังและมีอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ (ใช้สำหรับการทดสอบ เนื่องจากสามารถปรับความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดได้) ขับผ่านพูเล่ย์ขนาด 88.9 มม. (3 ½”) ไปยังพูเล่ย์ขนาด 88.9 มม. (3 ½”) ของมู่เลย์คลัชแม่เหล็กไฟฟ้าและส่งกำลังขับผ่านมู่เลย์ ขนาด 127.0 มิลลิเมตร (5”) ไปยังพูเล่ย์ขนาด 76.2 มม. (3”) ของเกียร์ทดรอบ อัตราทด 1 : 60 และส่งกำลังผ่านพูเล่ย์ขนาด 101.6 มม. (4”) ไปยังพูเล่ย์ขนาด 152.4 มม. (6”) ของเพลาคัดขนาด มีความเร็วเชิงเส้นสูงสุด 0.4 เมตร/วินาที

3.1.7. ชุดควบคุมการทำงาน โดยมีอุปกรณ์นับจำนวนหัวมันฝรั่งที่คัดได้ในแต่ละขนาดตามปริมาณของหัวมันฝรั่งที่ต้องการบรรจุ และเป็นตัวการสั่งการให้มู่เลย์คลัชแม่เหล็กไฟฟ้าหยุดทำงานชั่วคราวเพื่อเปลี่ยนภาชนะจัดเก็บหัวมันฝรั่งประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ

1) อุปกรณ์นับจำนวนแบบดิจิตอล (Digital counter) ยี่ห้อ MYPIN รุ่น FH4 ขนาด 220 V สามารถตั้งค่านับจำนวนได้ (ภาพที่ 6ก) จำนวน 5 อัน

2) เซ็นเซอร์พล็อคซิมิตี้สวิทซ์ (Proximity Sensor Switch) ยี่ห้อ OVMANUE รุ่น E3F-DS30P1 (ภาพที่ 6ข) จำนวน 5 อัน

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 5 ต้นแบบเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพานหลังปรับปรุง

ภาพที่ 6 ก.อุปกรณ์นับจำนวนแบบดิจิตอล (Digital counter)
และ ข.เซ็นเซอร์พล็อคซิมิตี้สวิทช์ (Proximity Sensor Switch)

ศูนย์วิทยทรัพยากร

3.2 การทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบหลังปรับปรุง โดยมีปัจจัยที่ศึกษา คือ 1) ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่เหมาะสม 2) ความสามารถในการทำงานของเครื่องต้นแบบ 3) ความผิดพลาดในการนับจำนวน (Error) และ 4) การงอกของหัวมันฝรั่งที่ผ่านการคัดขนาด มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 จากการทดสอบหาความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบหลังปรับปรุง (ตารางที่ 4) พบว่า เครื่องต้นแบบหลังปรับปรุงสามารถคัดขนาดหัวมันฝรั่งได้ดี และความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่ 0.25 เมตร/วินาที มีความเหมาะสมมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% รวมถึงหัวมันฝรั่งไม่มีการไหลย้อนกลับในส่วนของสายพานลำเลียง โดยมีความสามารถในการคัดขนาด 608.30 กิโลกรัม/ชั่วโมง ความผิดพลาดในการคัดขนาด 14.67% ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด 0.53% และความผิดพลาดในการนับจำนวน 2.88%

ตารางที่ 4 ทดสอบหาความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบหลังปรับปรุง

ความเร็วเชิงเส้นของสายพาน (m/s)	ความสามารถในการคัดขนาด (กก./ชม.)	ความผิดพลาดในการคัดขนาด (%)	ความเสียหายในการคัดขนาด (%)	ความผิดพลาดในการนับจำนวน (%)
0.10	383.04c	14.40	0.80	2.68
0.15	429.26c	16.00	0.27	2.40
0.20	552.48b	14.67	0.27	3.74
0.25	608.30a	14.67	0.53	2.88
0.30	636.71a	15.20	0	3.47

หมายเหตุ :
1. ความเสียหายจากการคัดขนาดนั้นเกิดจากหัวมันฝรั่งขนาดเล็กถูกบีบระหว่างช่องว่างของรอยต่อของสายพานลำเลียงและสานพานคัดขนาด
2. ความผิดพลาดในการนับจำนวนนั้นเกิดจากหัวมันฝรั่งลงมาพร้อมกันทำให้เซ็นเซอร์นับจำนวนหัวมันฝรั่งผิด
3. ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.2.2 จากการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบหลังปรับปรุง (ภาพที่ 7, ตารางที่ 5) พบว่า เครื่องต้นแบบหลังปรับปรุงสามารถคัดขนาดหัวมันฝรั่งได้ดี โดยมีความสามารถในการคัดขนาด 595.46 กิโลกรัม/ชั่วโมง ความผิดพลาดในการคัดขนาด 14.93% ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด 0.53% และความผิดพลาดในการนับจำนวน 2.89%

ศรีวิชาการเกษตร

ภาพที่ 7 ทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบหลังปรับปรุง

ตารางที่ 5 ทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบหลังปรับปรุง

ซ้ำที่	ความสามารถในการคัดขนาด (กก./ชม.)	ความผิดพลาดในการคัดขนาด (%)	ความเสียหายในการคัดขนาด (%)	ความผิดพลาดในการนับจำนวน (%)
1	562.04	12.80	0.00	3.20
2	618.24	16.00	0.80	3.03
3	606.12	16.00	0.80	2.45
เฉลี่ย	595.46	14.93	0.53	2.89

หมายเหตุ : 1. ความเสียหายจากการคัดขนาดนั้นเกิดจากหัวมันฝรั่งขนาดเล็กถูกบีบระหว่างช่องว่างของรอยต่อของสายพานลำเลียงและสานพานคัดขนาด

2. ความผิดพลาดในการนับจำนวนนั้นเกิดจากหัวมันฝรั่งลงมาพร้อมกันทำให้เซ็นเซอร์นับจำนวนหัวมันฝรั่งผิด

กรมวิชาการเกษตร

3.2.3 จากการทดสอบความผิดพลาดในการนับจำนวน (Error) ของเครื่องต้นแบบหลังปรับปรุงในแต่ละขนาด (ตารางที่ 6) พบว่า ความผิดพลาดในการคัดขนาดเรียงลำดับจากขนาดเล็กไปขนาดใหญ่ คือ 7.33, 16.67, 14.33, 12.67 และ 12.00% ตามลำดับ ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาดเรียงลำดับจากขนาดเล็กไปขนาดใหญ่ คือ 1, 0, 0, 0 และ 0% ตามลำดับ และความผิดพลาดในการนับจำนวนเรียงลำดับจากขนาดเล็กไปขนาดใหญ่ คือ 1.67, 7.67, 4.67, 2.33และ 5.33% ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ทดสอบความผิดพลาดในการนับจำนวนในการคัดขนาดของเครื่องต้นแบบหลังปรับปรุงในแต่ละขนาด

ขนาดของหัวมันฝรั่ง	ความผิดพลาดในการคัดขนาด (%)	ความเสียหายในการคัดขนาด (%)	ความผิดพลาดในการนับจำนวน (%)
A	7.33a	1	1.67a
B	16.67b	0	7.67b
C	14.33ab	0	4.67ab
D	12.67ab	0	2.33a
E	12.00ab	1	5.33ab

หมายเหตุ : 1.ความเสียหายจากการคัดขนาดนั้นเกิดจากหัวมันฝรั่งขนาดเล็กถูกบีบระหว่างช่องว่างของรอยต่อของสายพานลำเลียงและสานพานคัดขนาด

2. ความผิดพลาดในการนับจำนวนนั้นเกิดจากหัวมันฝรั่งลงมาพร้อมกันทำให้เซ็นเซอร์นับจำนวนหัวมันฝรั่งผิด

3.ขนาดของหัวมันฝรั่งเรียงลำดับจากขนาดเล็กไปขนาดใหญ่ คือ A B C D (หัวพันธุ์มันฝรั่ง) และ E (หัวมันฝรั่งส่งโรงงาน)

4. ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.2.4 การประเมินการงอกของหัวมันฝรั่ง โดยเปรียบเทียบการงอกของหัวมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการคัดขนาดและผ่านการคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบ (ภาพที่ 8, ตารางที่ 7) พบว่า การงอกของหัวมันฝรั่งอยู่ที่ 89.60 และ 88.82% ตามลำดับ ซึ่งการงอกของหัวมันฝรั่งไม่แตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 8 การประเมินการงอกของหัวมันฝรั่ง

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบการงอกหัวมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการคัดขนาดและผ่านการคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบ

เกรด	กรรมวิธี	
	หัวมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการคัดขนาด	หัวมันฝรั่งผ่านการคัดขนาด
A	92.00	88.00
B	84.00	84.00
C	92.00	90.70
D	88.00	90.70
E	92.00	90.70
เฉลี่ย	89.60	88.82

หมายเหตุ : 1. ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. ทดสอบและเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบในการใช้งานระยะยาว โดยร่วมทดสอบเครื่องต้นแบบกับศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ (ภาพที่ 9, ตารางที่ 8) พบว่า เครื่องต้นแบบหลังปรับปรุงสามารถคัดขนาดหัวมันฝรั่งได้ดี โดยมีความสามารถในการคัดขนาด 353.30 กิโลกรัม/ชั่วโมง ความผิดพลาดในการคัดขนาด 18% และความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด 1.33%

เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบ พบว่า ความผิดพลาดในการคัดขนาดค่อนข้างสูง เนื่องจากหัวมันฝรั่งมีรูปทรงผิดปกติ (ภาพที่ 10) ปะปนกับหัวมันฝรั่งหัวมันฝรั่งมีรูปทรงรีหัวตัว

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 9 การทดสอบเครื่องต้นแบบร่วมกับศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่

ตารางที่ 8 ทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบ ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่

ซ้ำที่	ความสามารถในการคัดขนาด (กก./ชม.)	ความผิดพลาดในการคัดขนาด (%)	ความเสียหายในการคัดขนาด (%)
1	378.62	18.00	1.00
2	363.05	19.00	2.00
3	318.23	17.00	1.00
เฉลี่ย	353.30	18.00	1.33

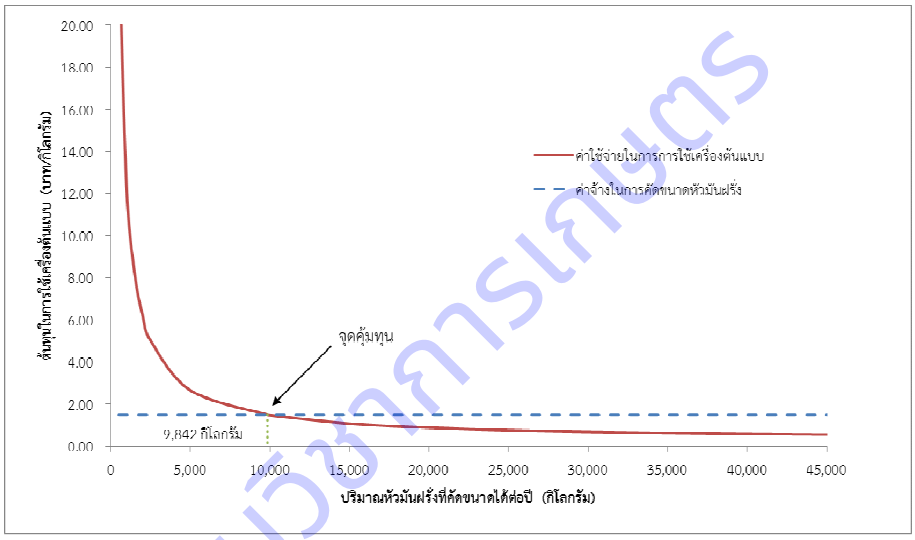
หมายเหตุ : 1. ความเสียหายจากการคัดขนาดนั้นเกิดจากหัวมันฝรั่งขนาดเล็กถูกบีบระหว่างช่องว่างของรอยต่อของสายพานลำเลียงและสานพานคัดขนาด

ภาพที่ 10 หัวมันฝรั่งมีรูปทรงผิดปกติ

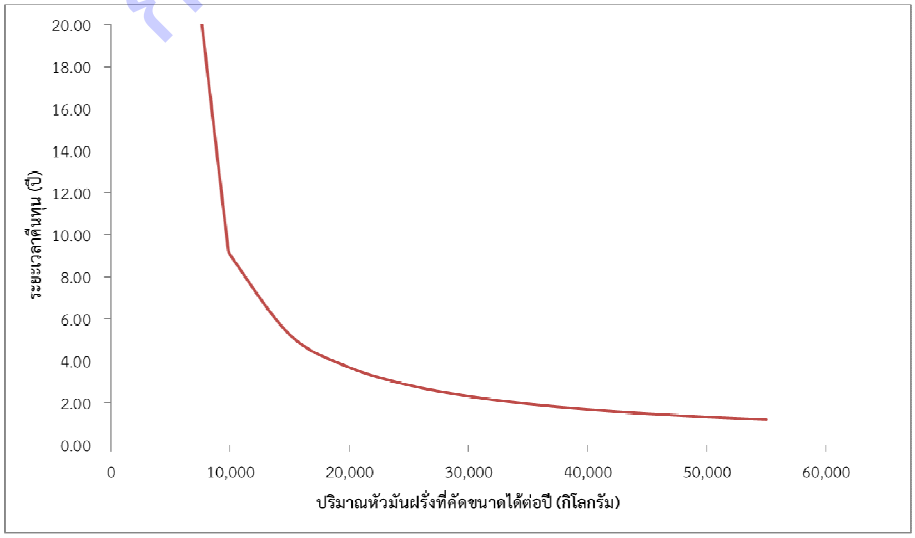
กรมวิชาการเกษตร

5. จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน

โดยใช้หลักการของ Donnell Hunt (1977) เมื่อคิดค่าเสื่อมราคาเป็นแบบเส้นตรง (Straight-Line Method) โดยประเมินราคาของเครื่องต้นแบบมีราคาประมาณ 45,000 บาท ความสามารถในการคัดขนาด 353.30 กิโลกรัม/ชั่วโมง กำหนดจำนวนผู้ปฏิบัติงาน 2 คน ทำงาน 7 ชั่วโมง/วัน จำนวน 50 วัน/ปี ผลการวิเคราะห์ (ภาพที่ 11 – 12, ภาคผนวก ข) พบว่า จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องต้นแบบอยู่ที่ 9,842 กิโลกรัม/ปี และจะต้องใช้เครื่องต้นแบบคัดขนาดหัวมันฝรั่ง 9,842 กิโลกรัม/ปี ทุกปีเป็นเวลา 10 ปี หรือทั้งหมด 98,420 กิโลกรัม จึงจะคุ้มกับการลงทุน และในส่วนต้นทุนการคัดขนาดหัวมันฝรั่งด้วยการใช้แรงงานคนและเครื่องต้นแบบ (ภาคผนวก ข) พบว่า มีต้นทุนอยู่ที่ 1.49 และ 0.65 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งต้นทุนในการคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบลดลง 56.43% เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานในการคัดขนาด



ภาพที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณหัวมันฝรั่งที่คัดได้ต่อปีกับต้นทุนในการใช้เครื่องต้นแบบ



ภาพที่ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณหัวมันฝรั่งที่คัดได้ต่อปีกับระยะเวลาคืนทุน

กรมวิชาการเกษตร

อภิปรายผล

จากการสร้างเครื่องต้นแบบและทดสอบการคัดขนาดหัวมันฝรั่งเบื้องต้น พบว่า เครื่องต้นแบบสามารถคัดขนาดหัวมันฝรั่งได้ดีระดับหนึ่ง ที่ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาด 0.25 เมตร/วินาที โดยมีความสามารถในการคัดขนาด คือ 218.394 กิโลกรัม/ชั่วโมง และมีความผิดพลาดในการคัดขนาด 19.65% เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบ พบว่า ความผิดพลาดในการคัดขนาดค่อนข้างสูง เนื่องจากจุดเริ่มต้นของสายพานคัดขนาดมีหน้ากว้างน้อยกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวมันฝรั่งขนาดใหญ่ ทำให้หัวมันฝรั่งจะถูกบังคับให้ลงด้านข้าง จึงปรับปรุงและพัฒนาเครื่องต้นแบบ โดยการเพิ่มสายพานคัดขนาดจากเดิมจำนวน 2 เส้นเป็น 4 เส้น เพื่อเพิ่มขนาดหน้ากว้างของจุดเริ่มต้นของสายพานคัดขนาด แล้วจึงทดสอบเครื่องต้นแบบหลังจากปรับปรุง พบว่า เครื่องต้นแบบหลังปรับปรุงสามารถคัดขนาดหัวมันฝรั่งได้ดีขึ้น โดยมีความสามารถในการคัดขนาด 595.46 กิโลกรัม/ชั่วโมง ความผิดพลาดในการคัดขนาด 14.67% และการงอกของหัวมันฝรั่งที่ผ่านการคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับหัวมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการคัดขนาด จากนั้นทดสอบการใช้งานโดยร่วมทดสอบเครื่องต้นแบบกับศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ พบว่า มีความสามารถในการคัดขนาด 353.30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความผิดพลาดในการคัดขนาด 18% และความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด 1.33% เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบ พบว่า ความผิดพลาดในการคัดขนาดค่อนข้างสูง เนื่องจากหัวมันฝรั่งมีรูปทรงผิดปกติปะปนมา ซึ่งเครื่องต้นแบบสามารถคัดขนาดได้รวดเร็วกว่าการใช้แรงงานคน 6 เท่า ในส่วนต้นทุนของเครื่องต้นแบบมีราคาประมาณ 45,000 บาท โดยมีจุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องต้นแบบอยู่ที่ 9,842 กิโลกรัม/ปี จะสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตในส่วนของค่าจ้างแรงคนมากกว่า 50% ซึ่งต้นทุนในการคัดขนาดหัวมันฝรั่งด้วยแรงงานคนอยู่ที่ 1.49 บาท/กิโลกรัม แต่ต้นทุนในการคัดขนาดหัวมันฝรั่งด้วยเครื่องต้นแบบมีเพียง 0.65 บาท/กิโลกรัม

กรมวิชาการเกษตร

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการสร้างต้นแบบเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพานขนาด โดยใช้สายพานวางคู่กันในแนวนอนและบานออก ซึ่งจะใช้ระยะห่างของสายพานที่บานออกในการคัดขนาดและสายพานจะหมุนด้วยความเร็วคงที่เท่ากันทุกเส้น พร้อมมีระบบนับจำนวน ซึ่งเครื่องต้นแบบประกอบด้วย 7 ส่วนหลัก คือ 1)โครงสร้างส่วนฐาน 2)สายพานคัดขนาด 3)สายพานลำเลียง 4)ถาดป้อน 5)ถาดรอง 6)ชุดต้นกำลัง และ 7)ชุดควบคุมการทำงาน โดยเครื่องต้นแบบมีขนาดภายนอก คือ 1,300 x 3,100 x 1,260 มิลลิเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) และต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1.5 กิโลวัตต์ 220 โวลต์ แล้วทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบเบื้องต้น พบว่า เครื่องต้นแบบสามารถคัดขนาดหัวมันฝรั่งได้ดี ที่ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาด 0.25 เมตร/วินาที โดยมีความสามารถในการคัดขนาด 595.46 กิโลกรัม/ชั่วโมง ความผิดพลาดในการคัดขนาด 14.93% ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด 0.53% ความผิดพลาดในการนับจำนวน 2.89% และการงอกของหัวมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการคัดขนาดและผ่านการคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบไม่แตกต่างทางสถิติ จากนั้นทดสอบการใช้งานของเครื่องต้นแบบ โดยร่วมทดสอบเครื่องต้นแบบกับศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ พบว่า เครื่องต้นแบบหลังปรับปรุงสามารถคัดขนาดหัวมันฝรั่งได้ดี โดยมีความสามารถในการคัดขนาด 353.30 กิโลกรัม/ชั่วโมง ความผิดพลาดในการคัดขนาด 18% และความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด 1.33% ซึ่งสามารถคัดขนาดได้รวดเร็วกว่าการใช้แรงงานคน 6 เท่า และจากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานเครื่องต้นแบบ โดยประเมินราคาของเครื่องต้นแบบมีราคาประมาณ 45,000 บาท พบว่า มีจุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องต้นแบบอยู่ที่ 9,842 กิโลกรัม/ปี และในส่วนต้นทุนในการคัดขนาดหัวมันฝรั่งด้วยแรงงานคนและเครื่องต้นแบบ พบว่า มีต้นทุนอยู่ที่ 1.49 และ 0.65 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งต้นทุนในการคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบลดลงมากกว่า 50%

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

ชญาภา. 2556. สายพานลำเลียง. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.mahidolrubber.org/files/technicalsheet /conveyor.pdf. 30 เมษายน 2563.

ทีปกรและคณะ. 2556. เครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบจานหมุน. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://hrd.rmutl.ac.th/qa/docUpload/pj/3520800155858/150902162403fullpp.pdf. 10 เมษายน 2561.

นวภัทราและทวีพล. 2555. การวัดและเครื่องมือวัด แดง. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/7240/error-ความคลาดเคลื่อน. 20 เมษายน 2564.

บจก. ฟอร์โบ ซีกลิง (ประเทศไทย), 2563. วิธีการคำนวณ-สายพานลำเลียง. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : https://forbo.blob.core.windows.net/forbodocuments/7 3 7 5 / 3 0 4 _fms_transilon-calculation-methods-conveyor-belts_en.pdf. 20 เมษายน 2564.

บัณฑิต. 2533. เครื่องคัดขนาดส้มโอและมะนาว. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.tnrr.in.th/?page=result_ search&record_id=79376. 10 เมษายน 2561.

วิชัยและคณะ. 2536. เครื่องคัดขนาดผลมังคุดแบบสายพาย. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.phtnet.org/research/ view-abstract.asp?research_id=wf204. 10 เมษายน 2561.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562. ข้อมูลการผลิตสินค้าการเกษตร (มันฝรั่ง) . (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.oae.go.th/view/1/ตารางแสดงรายละเอียดมันฝรั่ง/TH-TH. 24 มีนาคม 2563

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2557. มอก.146-2556 สายพานตัววีส่งกำลัง. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://person.rid.go.th › course2561 › TIS146-2556p. 30 เมษายน 2563.

อภิชาติ. 2559. การขนถ่ายวัสดุ. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://portal5.udru.ac.th/ebook/pdf/upload/18172kX7x37DuxjR6426.pdf. 9 เมษายน 2563.

อภิรักษ์ หลักชัยกุล. 2557. คุณภาพมันฝรั่งที่โรงงานต้องการ. หน้า 129-132. ใน คู่มือการปลูกมันฝรั่ง. สำนักงานส่งเสริมและจัดการสินค้าการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร. 252 หน้า.

อรทัย วงค์เมธา. 2558. เอกสารวิชาการ การผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งคุณภาพ. เอกสารขอประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 110 น.

AUSVEG (2007). National standard for certification of seed potatoes. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : https://ausveg.com.au/app/uploads/2017/05/National-Standard-31Jul07.pdf. 10 เมษายน 2561.

Hunt, D (1977). Straight-Line Method. Farm power and machinery. Iowa ,USA: Iowa State University Press.

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก ก

กรมวิชาการเกษตร

การออกแบบเครื่องคัดขนาดมันฝรั่งแบบสายพาน

1. การคำนวณหากำลังม้าสายพานและแรงดึงสายพาน (อภิชาติ, 2559. การขนถ่ายวัสดุ) โดยใช้วิธีของ Goodyear มีสมการดังนี้

$$HP = \frac{T_E \times S}{75} + Accessories \quad (1)$$

$$T_E = C(L + L_0)\left(Q + \frac{T}{3.6S}\right) \pm \frac{TH}{3.6S} \quad (2)$$

$$Q = 2B_W + \frac{W_1}{l_1} + \frac{W_2}{l_2} \quad (3)$$

เมื่อ HP = กำลังม้าของสายพาน (แรงม้า)

TE = แรงดึงสายพานที่ล้อสายพานขับ (กิโลกรัม)

S,v = ความเร็วสายพาน (เมตรต่อวินาที)

C = 0.022 (แฟคเตอร์ความเสียดทานสำหรับการขนถ่ายที่มีโครงสร้างถาวรหรือจัดแนวโครงสร้างดี และการบำรุงรักษาตามปกติ)

L = ความยาวสายพานลำเลียง (เมตร) (คิดความยาวระหว่าง จุดศูนย์กลางถึงจุดศูนย์กลาง)

L_0 = 60.96 เมตร (ความยาวเทียบเท่า)

Q = แฟคเตอร์น้ำหนัก (กิโลกรัมต่อเมตร)

T = อัตราขนถ่าย (ตันต่อชั่วโมง)

H = ระยะยกขึ้นของการลำเลียง (เมตร)

BW = น้ำหนักสายพาน (กิโลกรัมต่อเมตร)

W1 = น้ำหนักของชิ้นส่วนที่หมุนของลูกกลิ้งด้านลำเลียง (กิโลกรัม)

W2 = น้ำหนักของชิ้นส่วนที่หมุนของลูกกลิ้งด้านกลับ (กิโลกรัม)

l1 = ระยะห่างของลูกกลิ้งด้านลำเลียง (เมตร)

l2 = ระยะห่างของลูกกลิ้งด้านกลับ (เมตร)

A = พื้นที่สายพาน (ตารางเมตร)

ศรีวิชัยการเกษตร

โดย

1. ความสามารถในการคัดขนาดด้วยการใช้แรงงานคน 28.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
2. อัตราการขนถ่าย (T) คือ น้ำหนักมันฝรั่งต่อความยาวสายพาน x ความเร็วของสายพาน

2.1 กำหนดความยาวสายพาน ที่ 1.00 เมตร

2.2 ความเร็วของสายพานสูงสุด ที่ 0.4 เมตร/วินาที

2.3 น้ำหนักมันฝรั่งต่อความยาวสายพาน 1.00 เมตร น้ำหนักเฉลี่ย 63 กรัม (0.0063 กิโลกรัม) (จากการเก็บข้อมูล)

แทนค่า T = (0.0063 x 1/0.05433) x 0.4

= 0.046 กิโลกรัม/วินาที

= 0.046 x 3600

= 165.6 กิโลกรัม/ชั่วโมง

= 165.6/1000

= 0.166 ตัน/ชั่วโมง

ตารางที่ ก.1 แฟคเตอร์น้ำหนัก (Q)

รายละเอียด	**สายพาน B 130**	**สายพานแบน 4 นิ้ว**	**สายพานลำเลียง**
B_w (กิโลกรัม)	0.65	1.93	1 (อภิชาติ,2559)
W_1 (กิโลกรัม) (ลูกกลิ้ง + เพลา + นน.วัสดุ)	2.105 (0.854+1.135 + (0.0063 x 1/0.05433)) = (0.854+1.135 + 0.116)	2.156 (2.04 + (0.0063 x 1/0.05433)) = (2.04 + 0.116)	6.236 (6.12+0.116)
W_2 (กิโลกรัม) (ลูกกลิ้ง + เพลา)	1.989 (0.854+1.135)	2.04 (2.04)	6.12 (2.04 x 3)
l_1 (เมตร)	1.06	1.03	1.20
l_2 (เมตร)	1.64	1.03	1.20
Q	4.499	7.934	7 (อภิชาติ,2559)
H (เมตร)	0	0	0.70

กรมวิชาการเกษตร

2. การออกแบบเครื่องคัดขนาดมันฝรั่งแบบสายพาน

2.1 สายพาน B 130

2.1.1 แรงดึงสายพานที่ล้อสายพานขับ (T_E) แทนค่าในสมการที่ 3

T_E = 0.022 x (100+60.96) x (4.99 + 0.166/(3.6x0.4) ± ((0.166 x 0)/(3.6*.04)

= 0.022 x 160.96 x 5.105 ± 0

= 18.081 กิโลกรัม

= 18.081 X 9.81

= 177.375 นิวตัน

เนื่องจากใช้สายพานจำนวน 2 เส้นวางคู่กัน ดังนั้น กำลังสำหรับสายพานในการคัดขนาด คือ 18.081 x 2 = 36.162 กิโลกรัม

2.1.2 กำลังม้าของสายพาน (HP) แทนค่าในสมการที่ 1

$HP_{สายพานคัดขนาด}$ = (36.162 x 0.4) /75

= 0.193 แรงม้า

= 0.193 x 746

= 143.978 วัตต์

2.2 สายพานลำเลียง

2.2.1 แรงดึงสายพานที่ล้อสายพานขับ (T_E) แทนค่าในสมการที่ 3

T_E = [0.022 x (120+60.96) x (7 + 0.166/(3.6x0.4)] ± [(0.166 x 0.70)/(3.6*.04)]

= (0.022 x 180.96 x 7.119) ± 0.081

= 28.423 กิโลกรัม

= 28.423 X 9.81

= 278.830 นิวตัน

2.2.2 กำลังม้าของสายพาน (HP) แทนค่าในสมการที่ 1

$HP_{สายพานลำเลียง}$ = (28.830 x 0.4) /75

= 0.154 แรงม้า

= 0.154 x 746

= 114.884 วัตต์

ดังนั้น กำลังมอเตอร์ที่ใช้ขับสายพานทั้งหมด คือ $HP_{สายพานคัดขนาด}$ + $HP_{สายพานลำเลียง}$ = 143.978 + 114.884 = 258.862 วัตต์

<u>สรุป</u> เลือกใช้มอเตอร์ 1/2 HP (400 วัตต์)

ศรีปทุมเกษตร

3. ออกแบบล้อสายพานและเพลา

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลูกกลิ้งและเพลา ที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับประเภทการใช้งาน CEMA ได้บัญญัติประเภทของลูกกลิ้งไว้ 5 ระดับ (ในตารางที่ 1) เมื่อพิจารณาประเภทการใช้งานของเครื่องคัดขนาดมันฝรั่งแบบสายพาน พบว่า อยู่ในประเภทงานเบา จึงเลือกใช้ลูกกลิ้งที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้วและเพลาที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3/4 นิ้ว

ตารางที่ ก.2 ประเภทของลูกกลิ้ง

หมายเลขอันดับของ CEMA	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกระบอก (นิ้ว)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเพลา (นิ้ว)
A งานเบา	4 & 5	5/8
B งานเบา	4 & 5	1/2 ถึง 3/4
C งานปานกลาง	4 & 5	3/4
D งานปานกลาง	6	3/4 หรือ 1
E งานหนัก	6 & 7	1-3/16 หรือ 1-1/4

(ที่มา : อภิชาติ, 2559)

กรมวิชาการเกษตร

4. การเลือกสายพาน

4.1 สายพาน B 130 แรงดึงสายพานที่ล้อสายพานขับ 177.375 N หรือ 0.177 kN

ความต้านทานแรงดึงของสายพานวี หน้าตัด B คือ 3.50 kN (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2557) ซึ่งความต้านทานแรงดึงของสายพานวี หน้าตัด B คือ 3.50 kN มากกว่าแรงที่เกิดขึ้นในสายพาน 0.177 kN แสดงว่าสายพานที่เราเลือกสามารถใช้งานได้

4.2 สายพานลำเลียง แรงดึงสายพานที่ล้อสายพานขับ 278.035 N

ความต้านทานแรงดึงของสายพานลำเลียง คือ EP 200/2 300x2,400 2 ชั้น คือ 200 kN/m (ชญาภา, 2556)

แรงที่สายพานที่เลือกรับได้ = แรงดึงที่คำนวณได้ในสายพานหารด้วยหน้ากว้างของสายพานที่เลือกไว้

= 278.830/0.3

= 929.433 N/m

= 0.929 kN/m

ซึ่งความต้านทานแรงดึงของสายพานลำเลียงยางดำ คือ EP 200/2 300x2,400 2 ชั้น มากกว่าแรงที่เกิดขึ้นในสายพาน 0.929 kN/m แสดงว่าสายพานที่เราเลือกสามารถใช้งานได้

โดย EP คือ ชนิดของผ้าใบรับแรงประกอบด้วย Polyester และ Nylon

200 /2 คือ ค่าแรงดึง (tensile strength) ที่สายพานสามารถรับได้ในที่นี้คือ 200 KN/m โดยมี EP ทั้งหมด 2 ชั้น ดังนั้น EP แต่ละชั้นจะช่วยกันรับแรงไปชั้นละ 100 KN/m

300x2,400 คือ ความกว้างของสายพานมีค่าเป็น mm x ความยาวของสายพานมีค่าเป็น mm

กรมวิทยาศาสตร์

ภาคผนวก ข

กรมวิชาการเกษตร

1. การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานเครื่องต้นแบบ

โดยใช้หลักการของ Donnell Hunt (1977) เมื่อคิดค่าเสื่อมราคาเป็นแบบเส้นตรง (Straight-Line Method) โดยประเมินราคาของเครื่องต้นแบบมีราคาประมาณ 45,000 บาท ความสามารถในการคัดขนาด 595.46 กิโลกรัม/ชั่วโมง กำหนดจำนวนผู้ปฏิบัติงาน 2 คน ทำงาน 7 ชั่วโมง/วัน จำนวน 50 วัน/ปี ผลการวิเคราะห์ (ภาพที่ 1-2, ตารางที่ 1-2) พบว่า จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องต้นแบบอยู่ที่ 8,953 กิโลกรัม/ปี และจะต้องใช้เครื่องต้นแบบคัดขนาดหัวมันฝรั่ง 8,953 กิโลกรัม/ปี ทุกปีเป็นเวลา 10 ปี หรือทั้งหมด 89,530 กิโลกรัม จึงจะคุ้มกับการลงทุน

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานเครื่องต้นแบบมีรายละเอียดดังนี้

1. การคำนวณหาต้นทุนการใช้เครื่อง

$$Ac = (Fc/A) + (1/Ct)\,[R\&M+E+L] \quad (1)$$

$$Fc = D + I \quad (2)$$

$$D = (P - S) / N \quad (3)$$

$$I = [(P + S) / 2 \times (r / 100)] \quad (4)$$

โดย D = ค่าเสื่อมราคา (บาท/ปี)

P = ราคาเครื่อง (บาท)

N = อายุการใช้งานของเครื่อง (ปี)

Ac = ต้นทุนการใช้แรงงานคน (บาท/กิโลกรัม)

Fc = ต้นทุนคงที่ (บาท/ปี)

A = ปริมาณการใช้งานในหนึ่งปี (กิโลกรัม)

E = ค่ากระแสไฟฟ้า (บาท/ชั่วโมง)

Ct = ความสามารถในการทำงานของเครื่อง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)

I = ดอกเบี้ย (บาท/ปี)

S = มูลค่าซาก (บาท)

r = อัตราดอกเบี้ย (เปอร์เซ็นต์/ปี)

R&M = ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (บาท/ชั่วโมง)

L = ค่าแรงคนงาน (บาท/ชั่วโมง)

1.1 การคำนวณหาต้นทุนการใช้เครื่อง ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ในการคำนวณ

1. ราคาเครื่อง (P) = 45,000 บาท
2. อายุการใช้งาน (N) = 5 ปี
3. มูลค่าซาก (S) (10% ของราคาเครื่อง) = 4,500 บาท
4. อัตราดอกเบี้ย (r) = 15 %

= 0.15 x 45,000

= 6,750 บาท/ปี

กรมวิชาการเกษตร

5. ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (R&M) = 10 % ของราคาเครื่อง

= 0.1 x 45,000

= 4,500 บาท/ปี

6. ค่าไฟฟ้า (E) (มอเตอร์ 2 HP 1.5 Kw) = 1.5 หน่วย/ชั่วโมง

(ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.3 บาท ทำงานวันละ 7 ชั่วโมง ปีละ 50 วัน)

= 1.5 × 3.3 × 7 × 50

= 1,732.50 บาท/ปี

7. ค่าแรงงาน (L) = 300 บาท/วัน

(จำนวน 2 คน/วัน ปีละ 50 วัน) = 300 × 2 × 50

= 30,000 บาท/ปี

8. ความสามารถในการทำงาน(Ct) = 353.30 กิโลกรัม/ชั่วโมง

(ทำงาน 7 ชั่วโมง/วัน จำนวน 50 วัน/ปี) = 353.30 × 7 × 50

= 123,655 กิโลกรัม/ปี

1.2 การคำนวณค่าเสื่อมราคา (สมการที่ 3)

D = (P-S)/N

= (45,000 - 4,500)/5

= 8,100 บาท/ปี

1.3 การคำนวณดอกเบี้ยจาก (สมการที่ 4)

I = [(P + S) / 2 X (r / 100)]

= [(45,000+4,500)/2X(15/100)]

= 3,712.50 บาท/ปี

1.4 การคำนวณต้นทุนคงที่ (สมการที่ 2)

Fc = D + I

= 8,100 + 3,712.50

= 11,812.50 บาท/ปี

แทนค่าต่าง ๆ ในสมการที่ 1

Ac = (Fc/A) + (1/Ct) [R&M+E+L]

= (11,812.50/A)+(1/123,655)[4,500+1,732.50+30,000]

Ac = (11,812.50/A) + 0.29 (5)

กรมวิชาการเกษตร

2. การคำนวณหาต้นทุนการคัดขนาดหัวมันฝรั่งด้วยการใช้แรงงานคน

ความสามารถในการคัดขนาดหัวมันฝรั่งด้วยการใช้แรงงานคน พบว่า 1 คน อยู่ที่ 28.7 กิโลกรัม/ชั่วโมง (ทีปกรและคณะ, 2556) ถ้าใน 1 วัน ใช้แรงงานคน จำนวน 2 คน ทำงานวันละ 7 ชั่วโมง และค่าจ้างคนละ 300 บาท ต้นทุนการคัดขนาดหัวมันฝรั่งด้วยการใช้แรงงานคน (Ac)

$$Ac = (300 \times 2)/(28.7 \times 2 \times 7)$$

$$= 1.49 \text{ บาท/กิโลกรัม}$$

3. การคำนวณหาจุดคุ้มทุน

การคำนวณจุดคุ้มทุนของการใช้งานเครื่องต้นแบบ สามารถคำนวณได้โดยแทนค่าใช้จ่ายในการคัดขนาดหัวมันฝรั่งลงในสมการที่ 5

$$Ac = (11{,}812.50/A) + 0.29$$

แทนค่า

$$1.49 = (11{,}812.50/A) + 0.29$$

$$A = 9{,}841.56 \text{ กิโลกรัม/ปี}$$

ดังนั้น จุดคุ้มทุนของการใช้งานของเครื่องต้นแบบอยู่ที่ 9,842 กิโลกรัม/ปี

4. การคำนวณระยะเวลาคืนทุนในการใช้เครื่องต้นแบบ

ระยะเวลาคืนทุน(Pay Back Period, PBP) คือระยะเวลาจากการเริ่มต้นลงทุนถึงเวลาที่ผลประโยชน์สุทธิ (Net Benefits) ของการใช้เครื่องต้นแบบมีค่าเท่ากับการลงทุน คำนวณได้จากสมการจำนวนเงินลงทุน

ระยะเวลาคืนทุน = จำนวนเงินลงทุน / ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ยต่อปี

ผลประโยชน์สุทธิ = ผลประโยชน์ (บาท/ปี) – ต้นทุนการใช้เครื่องมือ (ไม่รวมค่าเสื่อมราคา)

ผลประโยชนที่ได้รับ = ปริมาณหัวมันฝรั่งที่คัดได้ x ราคารับจ้างในการคัดขนาด (1.49 บาท/กิโลกรัม)

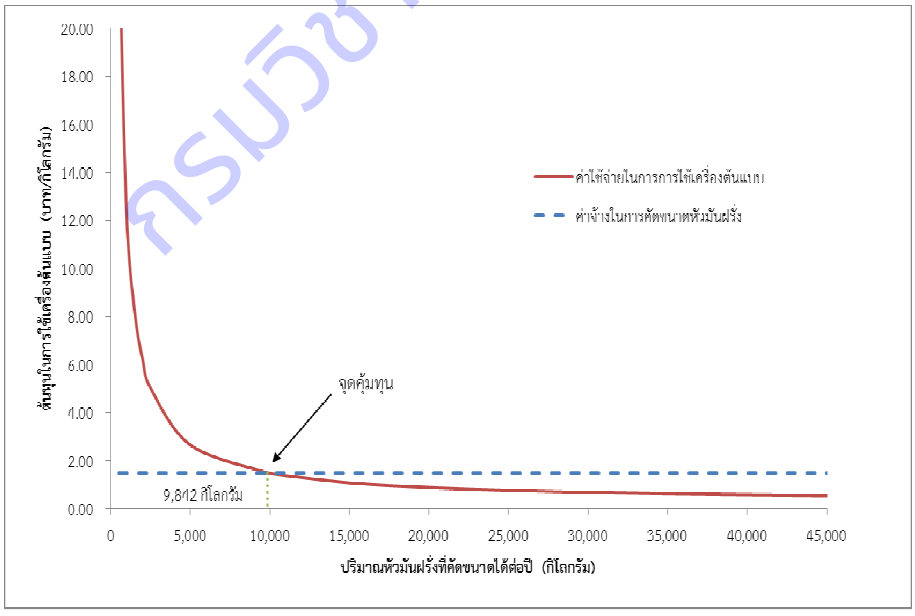
ต้นทุนการใช้เครื่อง = ดอกเบี้ย+ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา+ค่าไฟฟ้า+ค่าแรงงาน

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ ข.1 การคิดต้นทุนในการใช้งานเครื่องต้นแบบ

ปริมาณหัวมันฝรั่งที่คัดได้ (กิโลกรัม)	ดอกเบี้ย (บาท/ปี)	ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา(บาท/ปี)	ค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)	ค่าแรงงาน (บาท/ปี)	รวมต้นทุนการใช้เครื่อง(บาท/ปี)
5,000	3,712.50	181.96	70.05	1,213.05	13,277.56
9,842.56	3,712.50	358.15	137.89	2,387.66	14,696.20
10,000	3,712.50	363.92	140.11	2,426.10	14,742.63
15,000	3,712.50	545.87	210.16	3,639.16	16,207.69
20,000	3,712.50	727.83	280.22	4,852.21	17,672.76
25,000	3,712.50	909.79	350.27	6,065.26	19,137.82
30,000	3,712.50	1,091.75	420.32	7,278.31	20,602.88
35,000	3,712.50	1,273.71	490.38	8,491.37	22,067.95
40,000	3,712.50	1,455.66	560.43	9,704.42	23,533.01
45,000	3,712.50	1,637.62	630.48	10,917.47	24,998.08
50,000	3,712.50	1,819.58	700.54	12,130.52	26,463.14
55,000	3,712.50	2,001.54	770.59	13,343.58	27,928.20

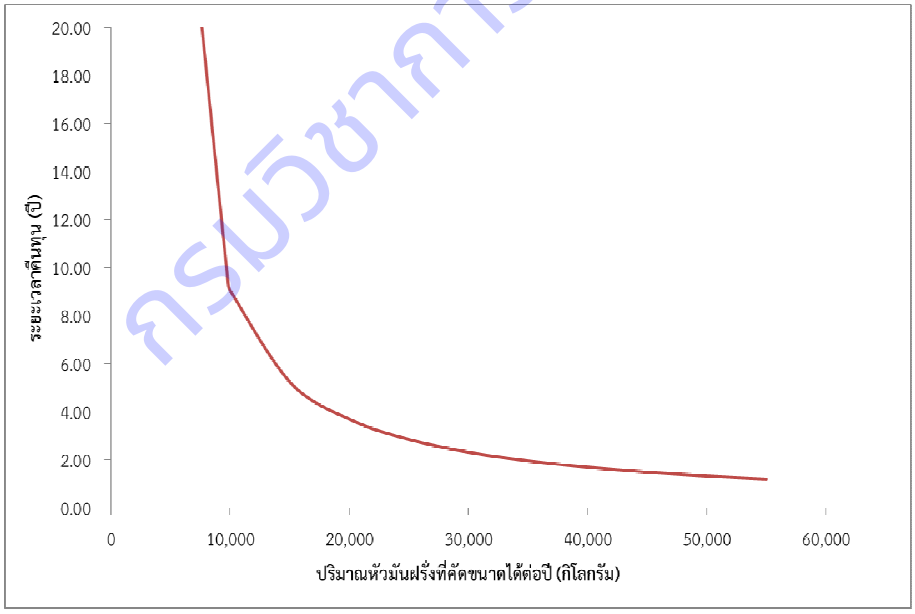
กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ ข.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณหัวมันฝรั่งที่คัดได้ต่อปีกับต้นทุนในการใช้เครื่องต้นแบบ

ตารางที่ ข.2 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนในการใช้งานเครื่องต้นแบบ

ปริมาณหัวมันฝรั่งที่คัดได้(กิโลกรัม)	ผลประโยชน์ที่ได้รับ (บาท/ปี)	ต้นทุนการใช้เครื่อง (บาท/ปี)	ผลประโยชน์สุทธิ (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
5,000	7,466.40	5,177.56	2,288.84	32.77
9,841.56	14,696.20	6,596.20	8,100.00	9.26
10,000	14,932.80	6,642.63	8,290.17	9.05
15,000	22,399.20	8,107.69	14,291.51	5.25
20,000	29,865.60	9,572.76	20,292.85	3.70
25,000	37,332.01	11,037.82	26,294.19	2.85
30,000	44,798.41	12,502.88	32,295.52	2.32
35,000	52,264.81	13,967.95	38,296.86	1.96
40,000	59,731.21	15,433.01	44,298.20	1.69
45,000	67,197.61	16,898.08	50,299.53	1.49
50,000	74,664.01	18,363.14	56,300.87	1.33
55,000	82,130.41	19,828.20	62,302.21	1.20



ภาพที่ ข.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณหัวมันฝรั่งที่คัดได้ต่อปีกับระยะเวลาคืนทุน

กรมวิชาการเกษตร

2. การคำนวณต้นทุนในการคัดขนาดหัวมันฝรั่ง

2.1 ต้นทุนในการคัดขนาดด้วยแรงงานคน

- ความสามารถในการคัดขนาดหัวมันฝรั่งด้วยการใช้แรงงานคน 1 คน อยู่ที่ 28.7 กิโลกรัม/ชั่วโมง (ทีปกรและคณะ, 2556) ถ้าใน 1 วัน ใช้แรงงานคน จำนวน 2 คน ทำงานวันละ 7 ชั่วโมง และค่าจ้างคนละ 300 บาท และใน 1 ปี ทำงาน 50 วัน

ความสามารถในการคัดขนาดด้วยการใช้แรงงานคน = 28.7 x 2 x 7 x 50
= 20,090 กิโลกรัม/ปี

ค่าจ้าง = 2 x 300 x 50
= 30,000 บาท/ปี

ต้นทุนในการคัดขนาดด้วยแรงงานคน = 30,000 / 20,090
= 1.49 บาท/กิโลกรัม

2.2 ต้นทุนในการคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบ

1) ความสามารถในการทำงาน(Ct) = 123,655 กิโลกรัม/ปี
(ทำงาน 7 ชั่วโมง/วัน จำนวน 50 วัน/ปี)

2) ราคาเครื่องต้นแบบ = 45,000 บาท

3) มูลค่าซาก = 4,500 บาท

3) อัตราดอกเบี้ย = 3,712.50 บาท/ปี

4) ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา = 4,500 บาท/ปี

5) ค่าไฟฟ้า (มอเตอร์ 2 HP 1.5 Kw) = 1,732.50 บาท/ปี
(ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.3 บาท ทำงานวันละ 7 ชั่วโมง ปีละ 50 วัน)

6) ค่าแรงงาน = 300 บาท/วัน = 30,000 บาท/ปี
(จำนวน 2 คน/วัน จำนวน 50 วัน/ปี)

ต้นทุนในการคัดขนาดด้วย**เครื่องต้นแบบ** = (45,000-4,500+3,712.50+4,500+1,732.50+30,000)/123,655
= 80,445/123,655
= 0.65 บาท/กิโลกรัม

ศรีวิชาการเกษตร

$$\text{ต้นทุนลดลง (\%)} = \frac{(\text{ต้นทุนการคัดขนาดด้วยแรงคน} - \text{ต้นทุนการคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบ}) \times 100}{\text{ต้นทุนการคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบ}}$$

แทนค่า

ต้นทุนลดลง (%) = (1.49 – 0.65) x 100 /1.49

= 56.43%

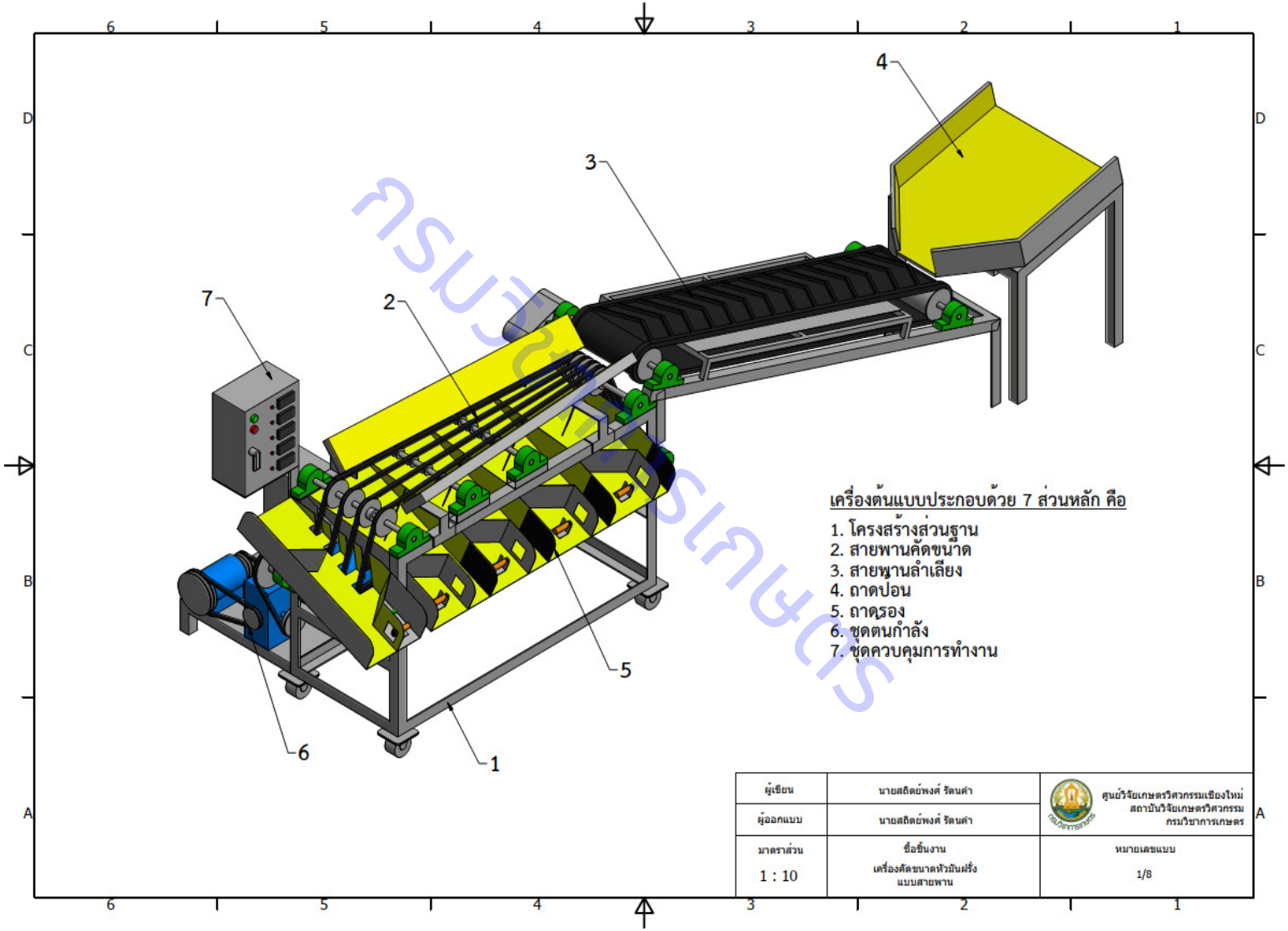
ดังนั้น จากการคำนวณต้นทุนในการคัดขนาดหัวมันฝรั่งด้วยแรงงานคนและเครื่องต้นแบบ พบว่า มีต้นทุนอยู่ที่ 1.49 และ 0.65 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งต้นทุนในการคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบลดลง 56.43% เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคนในการคัดขนาด

กรมวิชาการเกษตร

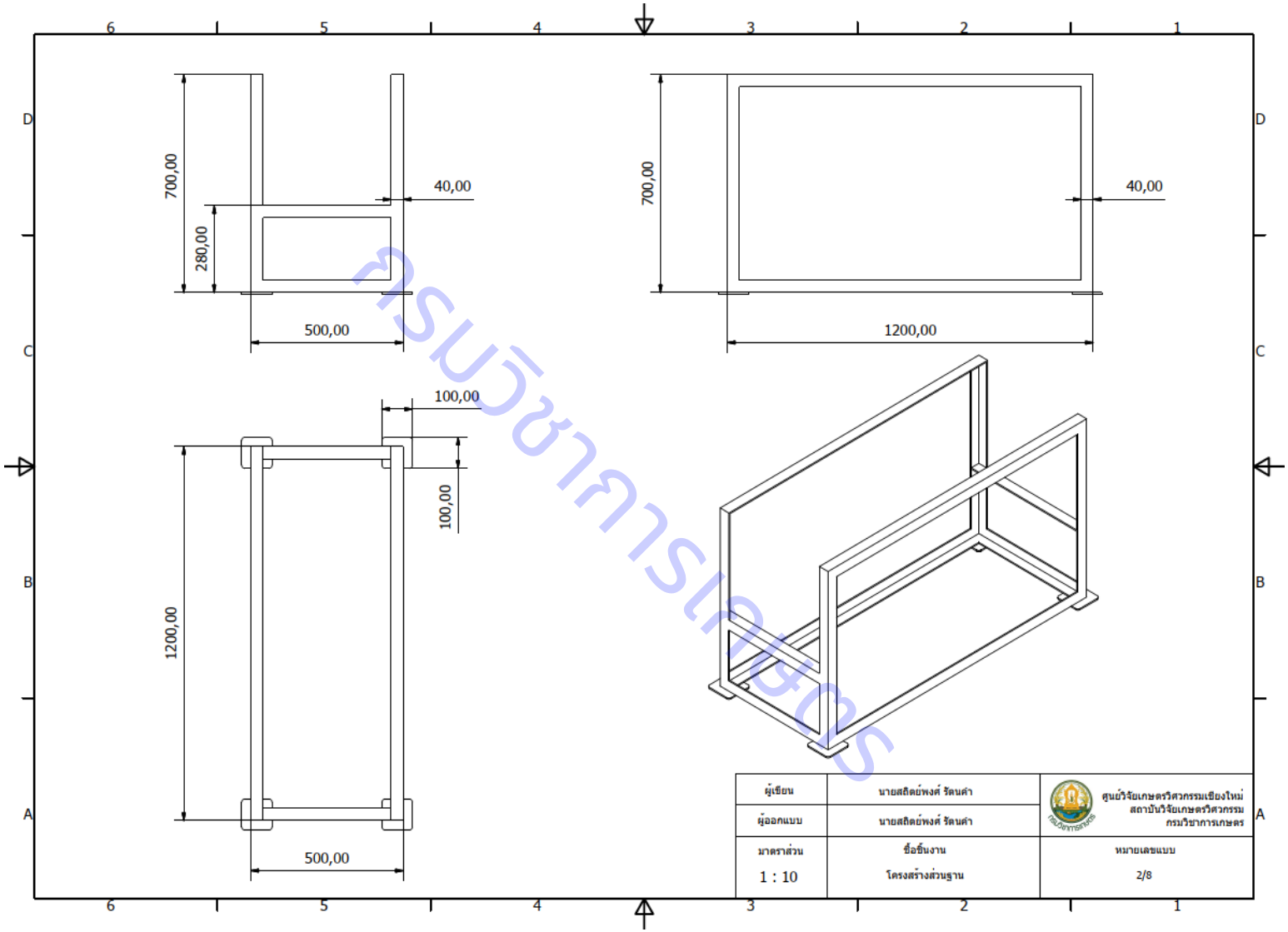
ภาคผนวก ค

กรมวิชาการเกษตร

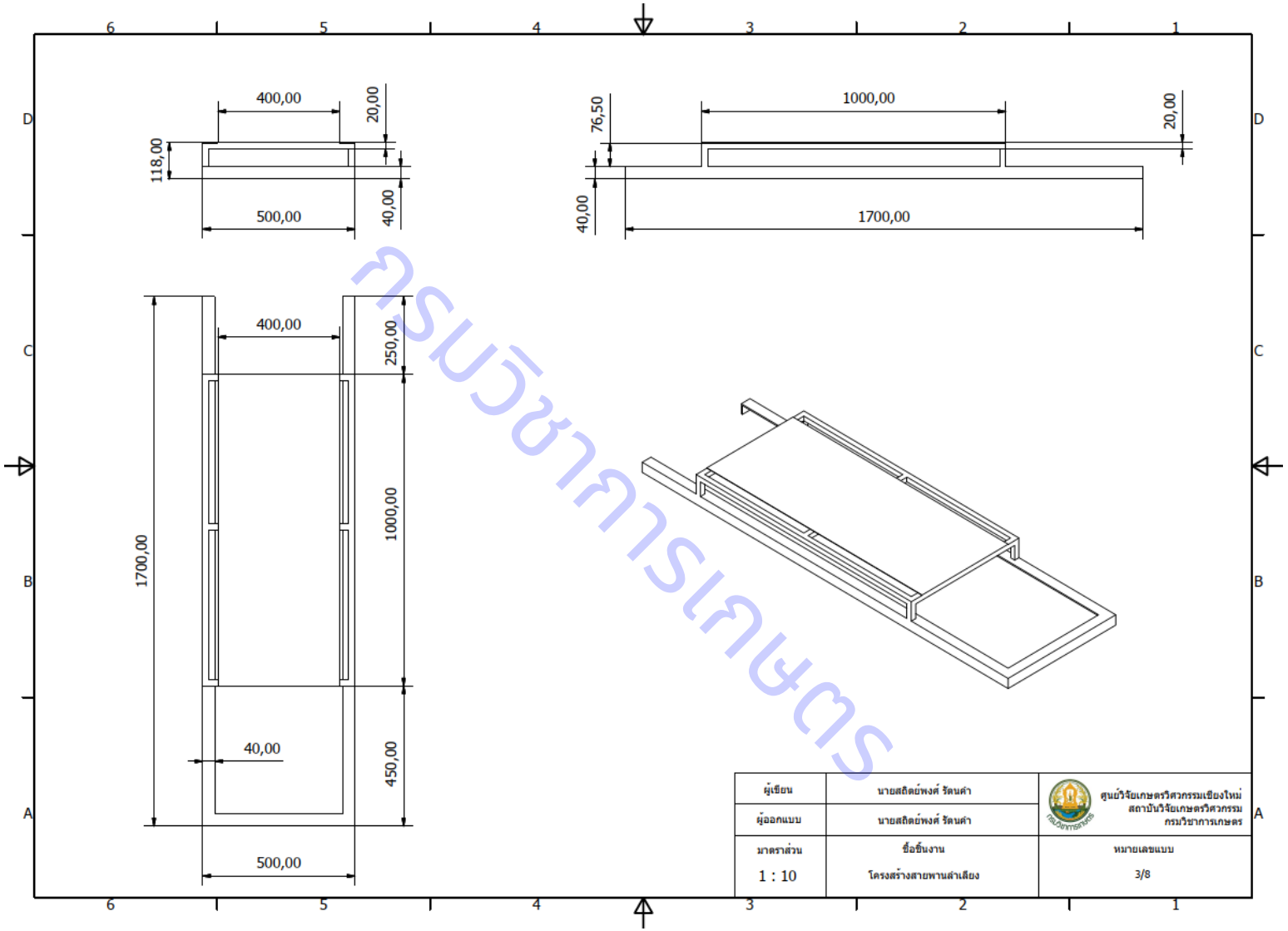
แบบเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน



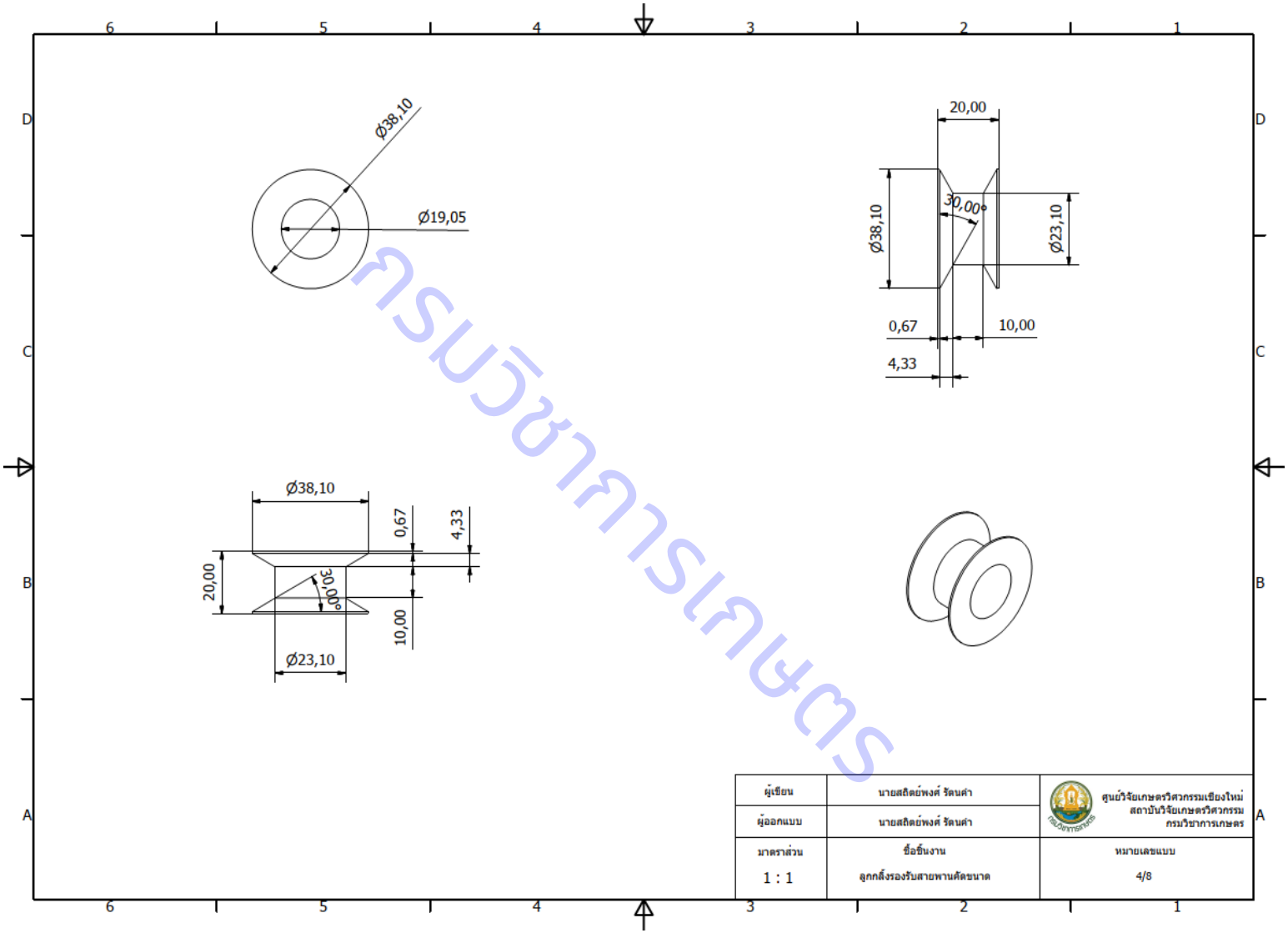
กรมวิชาการเกษตร



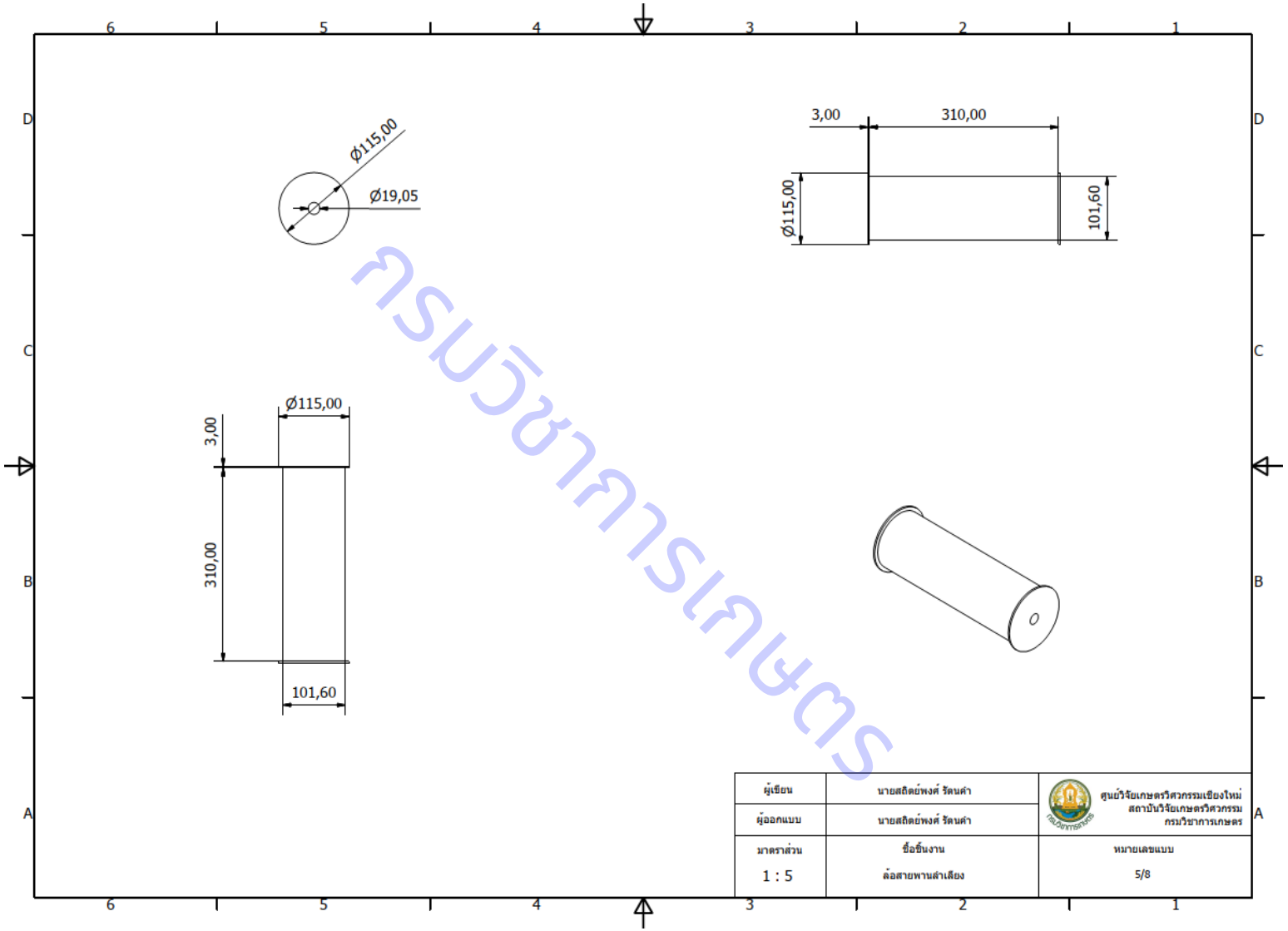
กรมวิชาการเกษตร



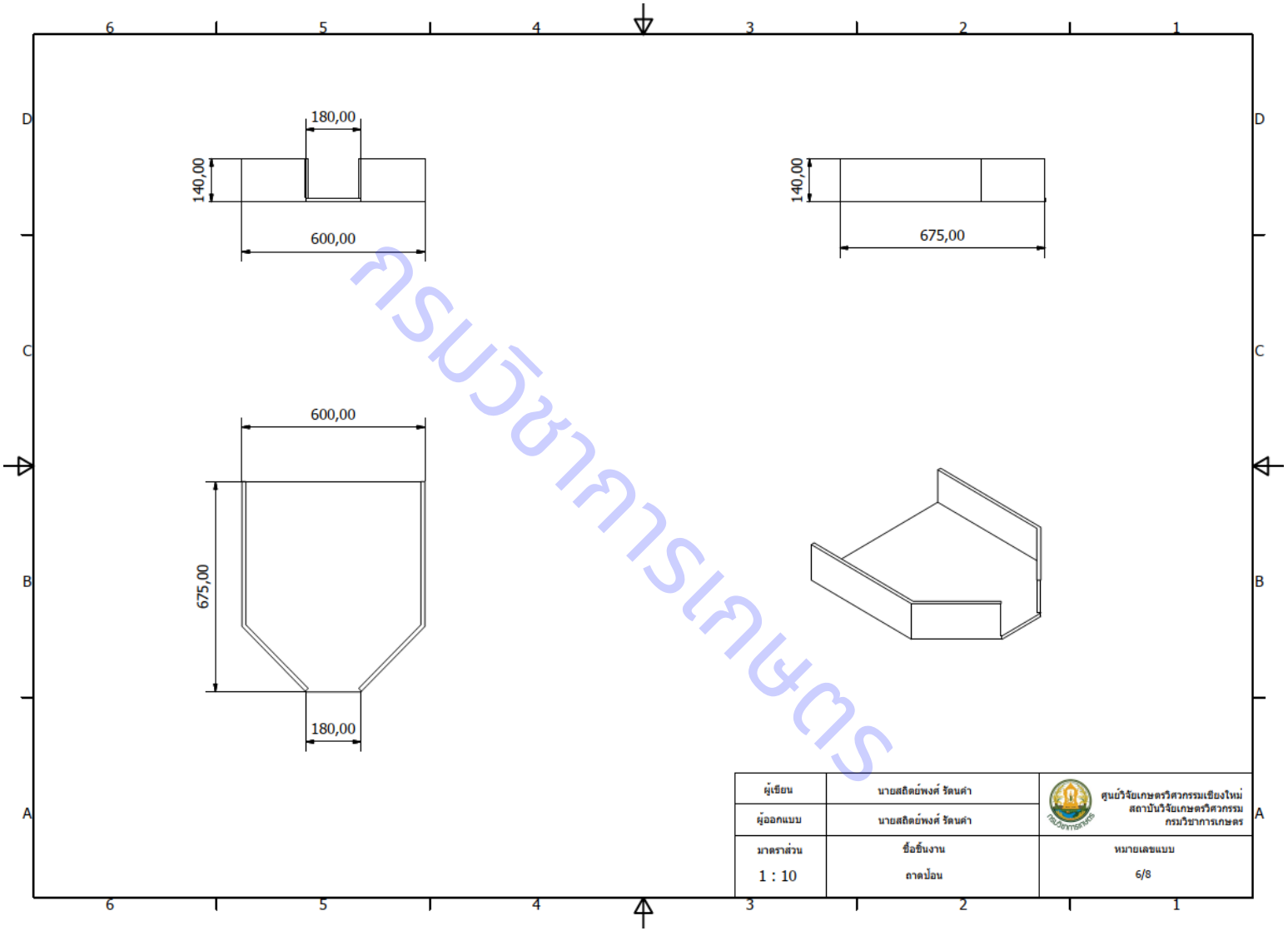
กรมวิชาการเกษตร



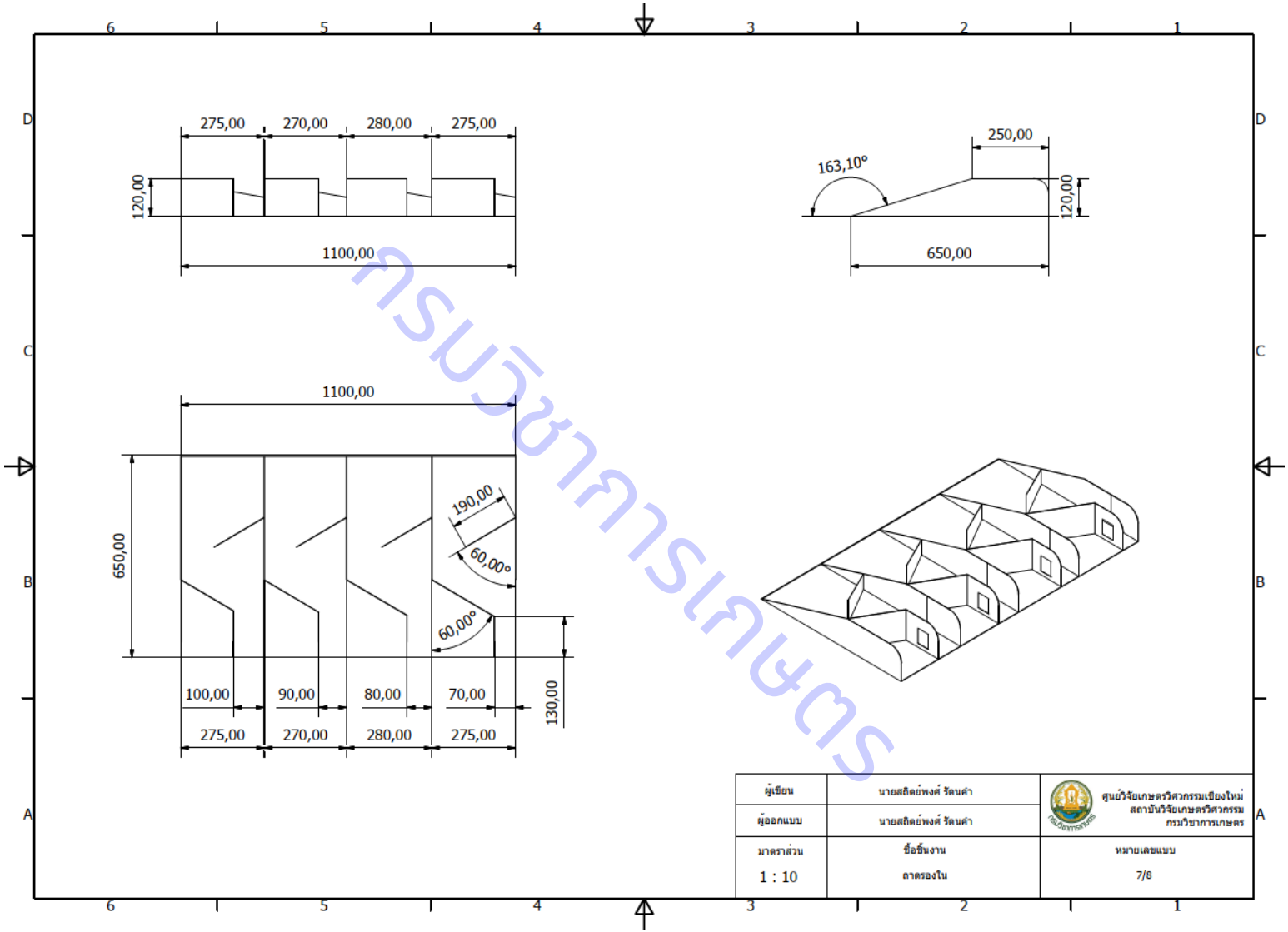
กรมวิชาการเกษตร



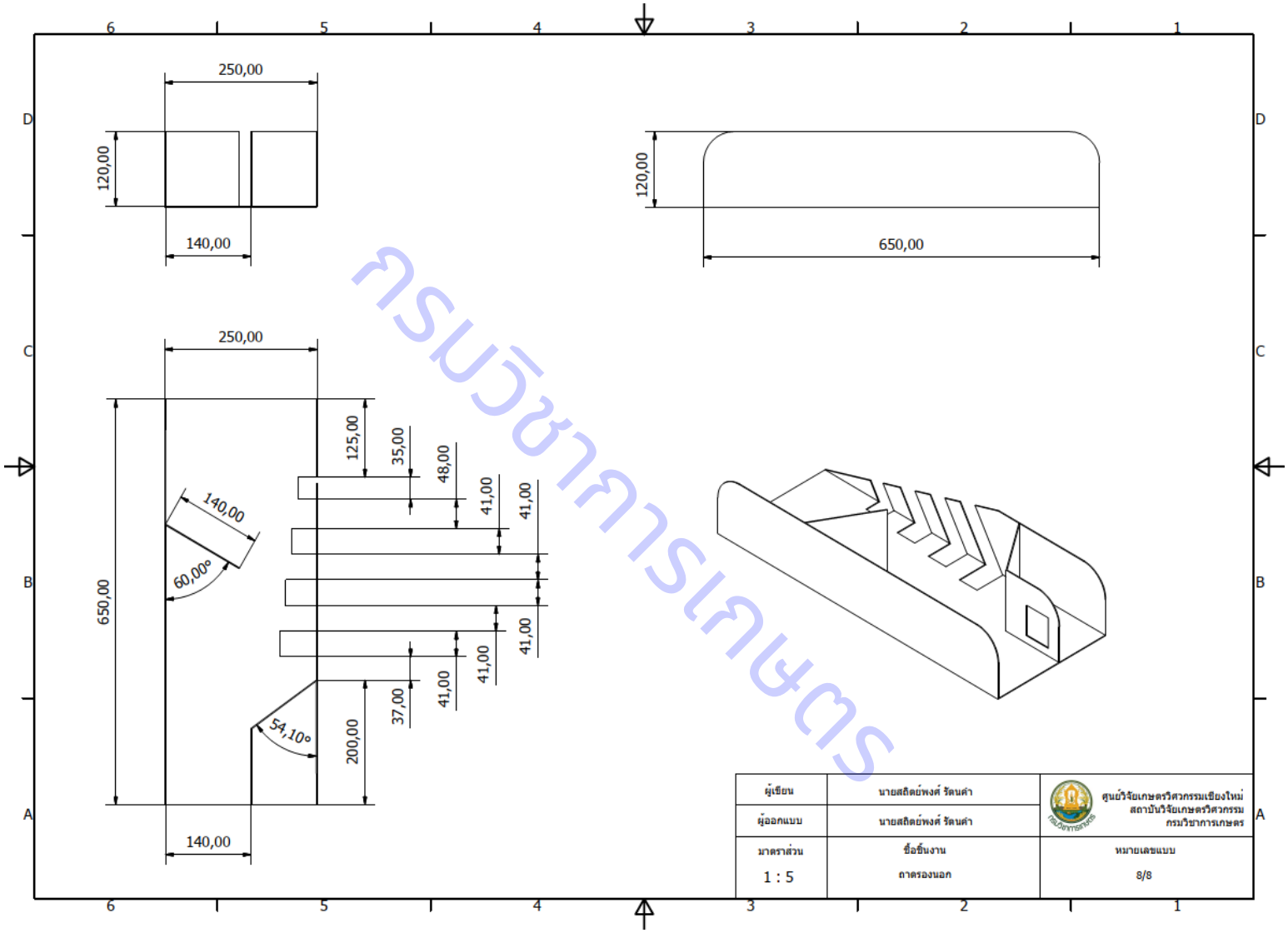
กรมวิชาการเกษตร



กรมวิชาการเกษตร



กรมวิชาการเกษตร



กรมวิชาการเกษตร