

การพัฒนาเครื่องลำเลียงและสับเหง้ามันสำปะหลังต่อพ่วงสามจุดกับรถแทรกเตอร์
Development of Cassava Root Cluster Conveyor and Root Cutting Machine
Connected to the Three Point Free Link Attachment of Farm Tractor

ทยาวิทย์ หนูบุญ^{1/} จันทนา สันตพัฒน์พร้อม^{1/} อนุชิต ฉ่ำสิงห์^{2/} ยงยุทธ เสี่ยงดัง^{1/*}

Thayawee Nuboon^{1/} Jantana Suntudprom^{1/} Anuchit Chamsing^{2/} Yongyuth Siangdang^{1/*}

Received 31 May 2024/Revised 2 Oct. 2024/Accepted 2 Oct. 2024

ABSTRACT

In harvesting cassava, the process of transporting and cutting tubers from root clusters has no labor-saving machine. The objective of this research was to develop a conveyor and cutting machine attached to a tractor for use in the harvesting process of cassava root clusters in the field. Cassava variety Kasetsart50 was used for machine testing. The average width of cassava tubers with stumps was 56.5 cm, the average diameter of the stumps was 5.9 cm, the maximum distance of the tuber attached to the stump was 6 cm and the minimum height from the bottom of the root cluster to the handheld position was 10 cm. Results from the laboratory performance test, which machine was run by attaching the conveyor and cutting section to the three-point hitch of a tractor, showed that the steel mesh conveyor plate at a conveying inclination angle of 20 degrees had a conveying efficiency of 97%, with a maximum conveying capacity of 1,870 kg/hr. The blade diameter of 5.6 cm at a rotational speed of 800 rpm had the highest cutting efficiency of 72.9%. The lowest adulterated root cluster was 27.1%, the percentage of loss was 0.04%, and the cutting capacity was 660 kg/hr or 263 root clusters/hr. Results from the machine performance test in the field showed that the average conveying efficiency was 95.3% or a conveying rate of 2,634 kg/hr. The average fuel consumption was 2.42 l/hr. The average cutting efficiency was 85.4%. The average adulterated cassava root cluster fraction was 12.9%. The average loss was 1.65%. The cutting capacity was 481 kg/hr or 276 root clusters/hr. The cassava root cluster conveyor and root cutting machine connected to the three-point free link attachment of the farm tractor can operate efficiently.

Keywords: cassava-root clusters; chopper; three-point hitch

^{1/} สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา 30000

^{1/} Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand

^{2/} สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ถ.พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

^{2/} Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture, Phahonyothin Rd., Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

* Corresponding author: yongyuth@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังมีการลำเลียงและการสับเหง้าเป็นขั้นตอนที่ยังไม่มีเครื่องทุ่นแรงมาทดแทน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดลำเลียงและตัดเหง้ามันสำปะหลังติดท้ายรถแทรกเตอร์ โดยใช้ในแปลงกับกองมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ซึ่งมีความกว้างของการกระจายตัวหัวมันเฉลี่ย 56.5 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลางเหง้าเฉลี่ย 5.9 ซม. ค่าสูงสุดของระยะของหัวมันที่ติดกับเหง้า 6 ซม. ระยะจากตำแหน่งล่างสุดของเหง้าถึงตำแหน่งมือจับต่ำสุด 10 ซม. ผลการทดสอบประสิทธิภาพในโรงงานปฏิบัติการในการลำเลียงและตัดของเครื่องมือเมื่อทำงานโดยการติดท้ายรถแทรกเตอร์ พบว่า แผ่นลำเลียงแบบตะแกรงเหล็กฉีกที่มุมเอียงการลำเลียง 20° มีประสิทธิภาพในการลำเลียง 97% มีอัตราการลำเลียงสูงสุด 1,870 กก./ชม. เส้นผ่านศูนย์กลางใบเลื่อยขนาด 5.6 ซม. ที่ 800 รอบ/นาที มีประสิทธิภาพการตัดสูงสุด 72.9% มีส่วนของเหง้าปนน้อยที่สุด 27.1% มีการสูญเสีย 0.04% มีความสามารถในการตัด 660 กก./ชม. หรือ 263 เหง้า/ชม. ส่วนการทดสอบประสิทธิภาพในแปลงทดสอบพบว่า มีประสิทธิภาพในการลำเลียงเฉลี่ย 95.3% มีอัตราการลำเลียงเฉลี่ย 2,634 กก./ชม. อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 2.42 ล./ชม. มีประสิทธิภาพในการตัดเฉลี่ย 85.4% มีเหง้ามันเจือปนเฉลี่ย 12.9% มีการสูญเสียเฉลี่ย 1.65% มีความสามารถในการตัด 481 กก./ชม. หรือ 276 เหง้า/ชม. เครื่องลำเลียงและสับเหง้ามันสำปะหลังต่อพ่วงสามจุดกับรถแทรกเตอร์นี้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: เหง้ามันสำปะหลัง; เครื่องตัด; จุดต่อพ่วงสามจุด

บทนำ

ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตมันสำปะหลังที่สำคัญมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังประมาณ 10 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, มปป.) ในการผลิตมันสำปะหลังหลังนั้น การเก็บเกี่ยวเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญ ประกอบด้วย การตัดยอดและต้น การขุดและรวบรวมเหง้ามันเป็นกอง ๆ ในแปลง การสับเหง้าและการรวบรวมหัวมันลำเลียงขึ้นรถ แต่ละขั้นตอนใช้แรงงานมาก การขุดหัวมันเป็นขั้นตอนที่นักวิจัยทำการวิจัยมากที่สุด (เสรี, 2550 และ 2551; อนุชิต, 2552; Amponsah, 2011; Yulan et al., 2012; Akinwonmi and Andoh, 2013; Adebija et al., 2018) การวิจัยด้านอื่นมีค่อนข้างน้อย เช่น การขุดและรวบรวมเหง้ามันเป็นกองในแปลง (ธนวัศ, 2554) และการถอนหัวมันขึ้นโดยตรง (วิชา และคณะ, 2554) ซึ่งยังใช้แรงงานคนเป็นหลัก

การรวบรวมเหง้ามันที่ขุดวางเป็นกอง ๆ แล้วทำการสับ แยกหัวมันออกจากต้นมันสำปะหลัง ยังไม่มีเครื่องทุ่นแรงเข้ามาช่วย เนื่องจากมีความซับซ้อนในการเลือกตำแหน่งที่ต้องสับเพื่อแยกหัวมันสำปะหลังออกจากส่วนเหง้าของมันสำปะหลัง นักวิจัยหลายท่านจึงพยายามทำเครื่องสับหรือปลดเหง้ามันสำปะหลัง (อนุชิต, 2553; จตุรงค์ และคณะ, 2555; พยุงศักดิ์ และคณะ, 2557; ศักดิ์ชัย และคณะ, 2559) ในการสับหรือปลดหัวมันออกจากส่วนเหง้า ซึ่งใช้ใบเลื่อยอยู่ 2 แบบคือ ใบเลื่อยวงเดือนกับใบเลื่อยทรงกระบอก แต่พบว่าใบเลื่อยแบบวงเดือนเลื่อยตัดเข้าไปทำให้หัวมันที่อยู่ใกล้เคียงได้รับความเสียหายมากกว่า จึงแก้ปัญหาโดยเลือกใช้ใบเลื่อยแบบทรงกระบอก และเมื่อสับหรือปลดหัวมันสำปะหลังออกเหง้าแล้วจึงทำการรวบรวมเพื่อลำเลียงขึ้นรถเพื่อส่งโรงงาน (เอกภาพ และชัยยันต์, 2556; วุฒิพล และคณะ, 2558) ซึ่งเป็นการลำเลียงเฉพาะหัวมันที่สับแล้วเท่านั้น แต่งานวิจัยนี้ได้พัฒนาเครื่องสำหรับลำเลียงเหง้ามันหลังการขุดที่วางเป็นกอง ๆ ในแปลง เพื่อส่งไปยังส่วนเครื่องสับที่สร้างขึ้น

ใหม่โดยใช้ใบเลื่อยแบบทรงกระบอก เพื่อแยกหัวมัน
สำหรับหลังจากออกจากเหง้า แล้วรวบรวมหัวลำเลียงขึ้นรถ
เพื่อส่งโรงงานต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาข้อมูลที่เป็นต้องใช้ในการออกแบบ

ใช้มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 อายุ
เก็บเกี่ยว 1 ปี ศึกษาข้อมูลที่เป็นต้องใช้ในการ
ออกแบบ ได้แก่

1.1 ความกว้างของการกระจายตัวหัว
มันสำปะหลัง เพื่อใช้ในการออกแบบความกว้างของ
ชุดลำเลียงเหง้ามันสำปะหลังจากพื้นในแปลง

1.2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหง้า
มันสำปะหลัง เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบเส้นผ่าน
ศูนย์กลางของใบเลื่อยหมุนรูปทรงกระบอก

1.3 ระยะความสูงของหัวมันที่ติดกับเหง้า
มันสำปะหลัง เพื่อใช้ในการออกแบบความสูงของใบ
เลื่อยหมุนรูปทรงกระบอกและระยะการเคลื่อนที่ของ
ใบเลื่อย

1.4 ความสูงของเหง้ามันสำปะหลังถึง
ตำแหน่งมือจับ เพื่อใช้ในการออกแบบชุดป้องกัน
ความปลอดภัย

2. การออกแบบและสร้าง

ระบบมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่

2.1 ชุดลำเลียง

ชุดลำเลียงออกแบบให้อยู่ทางด้านขวาของ
เครื่อง สามารถหมุนไปด้านหลังเพื่อเก็บ เมื่อต้องการ
เคลื่อนย้ายหรือไม่ใช้งาน กลไกการลำเลียงใช้โซ่
ลำเลียง 2 เส้น คล้องบนเฟืองโซ่เบอร์ 60 จำนวน 18 ฟัน
ที่ติดตั้งบนเพลานขนาด 20 มม. ทั้งด้านบนและ
ด้านล่างห่างกัน 2 ม. จึงเกิดการเคลื่อนที่พร้อมกันได้
ระหว่างโซ่ 2 เส้น ติดตั้งแผ่นตะแกรงเหล็กฉีกขนาด
ตา 2 นิ้ว ตามข้อโซ่เพื่อการยึดหยุ่นในการเคลื่อนที่
และให้ดินหลุดออกในขณะลำเลียง (Figure 1)



Figure 1 Cassava-root cluster conveyor drawing

2.2 ชุดตัดหัวมันออกจากเหง้ามัน

2.2.1 ชุดตัด

ออกแบบให้มีลักษณะเป็นใบเลื่อย
ทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านในของใบ
เลื่อยได้มาจากการคำนวณในข้อ 1 ปลายด้านบนของ
ทรงกระบอกมีพื้นเหมือนพื้นใบเลื่อยโดยรอบเพื่อใช้
สำหรับหมุนตัดเหง้ามัน ด้านล่างจับยึดกับแกน
มอเตอร์ไฮดรอลิกส์ที่สามารถถอดเปลี่ยนใบเลื่อยได้
(Figure 2)



Figure 2 Cylindrical blade for cutting

2.2.2 กลไกการเคลื่อนที่ขึ้นลง

ใบเลื่อยจะหมุนในตำแหน่งเคลื่อนที่ลง
ต่ำสุด เมื่อใช้เท้าเหยียบแป้นควบคุมใบเลื่อยจะ
เคลื่อนที่ขึ้นสู่ด้านบนทำการตัดหัวมันออกจากเหง้า
มันสำปะหลังตามผลการศึกษาข้อ 1 ความเร็วในการ
หมุนและการเคลื่อนที่ของใบเลื่อยสามารถปรับได้ด้วย
วาล์วควบคุมอัตราการไหล (Figure 3)

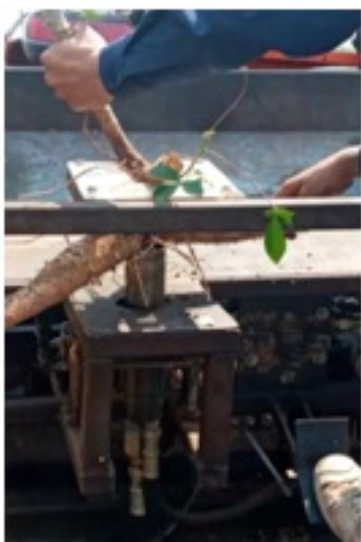


Figure 3 Cassava root cutting using hole saw set for cutting

2.2.3 อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัย

ใบเลื่อยหมุนซ่อนไว้ในช่องของแผ่นวางเหง้ามันสำปะหลังเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งาน ใบเลื่อยจะเคลื่อนที่ขึ้นมาได้เมื่อผู้ใช้งานเหยียบแป้น

ควบคุม ด้านบนของใบเลื่อยติดตั้งแผ่นอะคริลิกใส เพื่อมองเห็นการทำงาน และป้องกันเศษการตัด กระเด็น ตรงกลางของแผ่นอะคริลิกเซาะเป็นร่องเพื่อจับเหง้าให้ตรงกับใบเลื่อยตัด ขณะเดียวกันเพื่อป้องกันมือของผู้ใช้งานที่จับเหง้าลงไปตำเกินไป (Figure 4)

2.2.4 ถาดวางและกระบะรองรับหัวมันสำปะหลัง

เหง้ามันสำปะหลังที่ลำเลียงขึ้นมาสไลด์ลงบนถาดวางด้านหน้าของผู้ทำหน้าที่ในการตัด และเมื่อตัดเสร็จแล้วสิ่งที่ตัดได้จะตกลงสู่กระบะรองรับด้านล่าง โครงสร้างหลักของกระบะรองรับสร้างมาจากเหล็กฉากบุด้วยแผ่นเหล็กฉีกเพื่อให้ดินทรายและเศษการตัดทะลุออกไปได้ กระบะรองรับสามารถเปิดขอบด้านหลังเพื่อกวาดลงสู่ภาชนะหรือใช้รถยกทั้งกระบะไปเทหัวมันสำปะหลังใส่รถบรรทุกได้ (Figure 4)

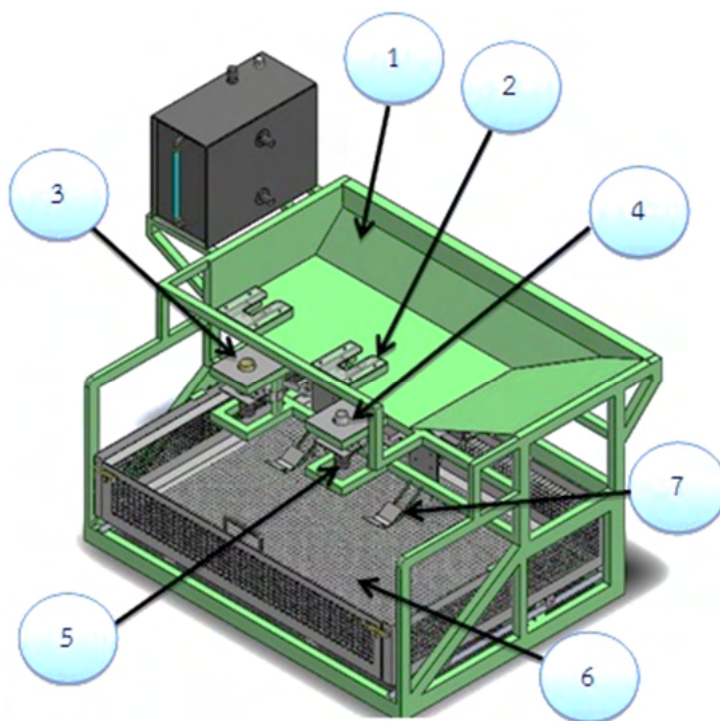


Figure 4 A set for cutting cassava tubers from stump showing supporting tray (1), safety protection device (2), blade diameter of 5.6 cm (3), blade diameter of 4.7 cm (4), hydraulic motor (5), cassava pickup tray (6), control pedal (7)

2.3 ชุดส่งกำลัง

ปั๊มไฮดรอลิกส์ขนาด 55 มล. ทดรอบ
เพิ่มด้วยเกียร์ทดรับกำลังขับมาจากเพลาลำเลียงกำลัง
ของรถแทรกเตอร์ มอเตอร์ไฮดรอลิกส์ขนาด 50 มล.
ตัวหนึ่งทำหน้าที่ขับโซ่ของระบบลำเลียง มอเตอร์
ไฮดรอลิกส์ขนาด 20 มล. อีก 2 ตัวทำหน้าที่หมุนขับ
ใบเลื่อยตัดสองชุด กระบอกไฮดรอลิกส์ขนาดแกน 25 มม.
ระยะชัก 125 มม. อีก 2 ตัว (เป็นกระบอกไฮดรอลิกส์
ดัดแปลง) ทำหน้าที่เลื่อนกลไกใบเลื่อยให้เคลื่อนที่ขึ้น
ลง อุปกรณ์ทำงานทุกตัวควบคุมความเร็วได้ด้วยวาล์ว
ควบคุมอัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกส์ แต่ในการ
ใช้งานเป็นเวลานานน้ำมันไฮดรอลิกส์จะเกิดความร้อน
ถึงแม้ว่าจะใช้น้ำมันไฮดรอลิกส์ที่มีขนาดใหญ่
แล้วก็ตาม จึงติดตั้งแผงระบายความร้อนด้วยพัดลม
ไฟฟ้าดีซีเพิ่มเติม (Figure 4)

การใช้งานขั้วรถแทรกเตอร์ที่ต่อพ่วง
เครื่องลำเลียงและสับเหง้ามันสำปะหลังไปจอด
บริเวณด้านข้างของกองเหง้ามันสำปะหลัง หมุนปรับ
ชุดลำเลียงให้ตรงกับกองเหง้ามันสำปะหลัง ใช้
แรงงาน 1-2 คน กวาดเหง้ามันสำปะหลังจากกองที่
พื้นแปลงขึ้นชุดลำเลียง เหง้าถูกชุดลำเลียงส่งขึ้นมา
วางไว้บนถาดรองรับ แรงงานอีก 2 คนทำหน้าที่สับ
เหง้ามันสำปะหลัง โดยการจับที่ด้านบนของเหง้ามัน
สำปะหลัง ป้อนเข้าสู่ชุดตัด หัวมันสำปะหลังที่ตัดได้
จะตกลงสู่กระบะรองรับ ส่วนที่เหลือจะถูกโยนออก
นอกตัวเครื่อง (Figure 5)



Figure 5 Testing conveyor and cutting machine attached to a tractor for harvesting cassava in the field

3. การทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงาน

3.1 การทดสอบในโรงงานปฏิบัติการ

3.1.1 การทดสอบชุดลำเลียง

แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่

3.1.1.1 การทดสอบแผ่นลำเลียง

เป็นการทดสอบความสามารถ
ลำเลียงเหง้ามันสำปะหลังจากพื้นไปวางไว้บนถาด
รองรับของวัสดุที่ใช้ทำแผ่นพื้น 2 ชนิด ได้แก่
แผ่นเหล็กฉีก และแผ่นเหล็กฉีกติดแผ่นฟองน้ำ
ด้วยค่าซึ่ผล ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพในการลำเลียง (\%)} = ((\text{นน.เหง้ามันสำปะหลังที่ลำเลียงได้ (กก.)} / \text{นน.เหง้ามันสำปะหลังที่ใช้ในการลำเลียงทั้งหมด (กก.)}) \times 100 \quad (1)$$

$$\text{การลำเลียงไม่ได้ (\%)} = ((\text{นน.เหง้ามันสำปะหลังที่ลำเลียงไม่ได้ (กก.)} / \text{นน.เหง้ามันสำปะหลังที่ใช้ในการลำเลียงทั้งหมด (กก.)}) \times 100 \quad (2)$$

$$\text{อัตราการลำเลียง (kg/hr)} = \text{นน.เหง้ามันสำปะหลังที่ใช้ในการลำเลียงทั้งหมด (กก.)} / \text{เวลาที่ใช้ในการลำเลียง (ชม.)} \quad (3)$$

3.1.1.2 การทดสอบมุมเอียงในการลำเลียง
เป็นการทดสอบมุมที่เหมาะสมในการ
ลำเลียงเห้งน้ำมันสำปะหลังจากพื้นไปวางไว้บนถาด
รองรับโดยใช้แผ่นลำเลียงที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ
3.1.1.1 ทดลองที่มุมเอียง 20 30 และ 40° ใช้ค่าชี้ผล
เดียวกันกับข้อ 3.1.1.1

3.1.2 การทดสอบชุดตัด
ใช้ใบเลื่อยตัดรูปทรงกระบอกที่มีเส้น
ผ่านศูนย์กลางแตกต่างกัน 2 ขนาด ได้แก่ 4.7 และ
5.6 ซม. ซึ่งได้มาจากการคำนวณข้อ 1 แยกเห้งน้ำมัน
คละกันเป็นกอง ๆ ประมาณ 10 กก. ทดสอบการตัด
ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ จำนวน 3 ชั่วโมง มีค่าชี้ผล ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการตัด (\%)} = ((\text{นน.เห้งน้ำมันสำปะหลังที่ตัดได้ (กก.)} / \text{นน.เห้งน้ำมันสำปะหลังที่ใช้ในการตัดทั้งหมด (กก.)}) \times 100) \quad (4)$$

$$\text{เศษเห้งน้ำมันสำปะหลังเจือปน (\%)} = ((\text{นน.เศษเห้งน้ำมันสำปะหลังเจือปน (กก.)} / \text{นน.เห้งน้ำมันสำปะหลังที่ใช้ในการตัดทั้งหมด (กก.)}) \times 100) \quad (5)$$

$$\text{การสูญเสีย (\%)} = ((\text{เห้งน้ำมันสำปะหลังที่ตัดไม่หมด (กก.)} / \text{นน.เห้งน้ำมันสำปะหลังที่ใช้ในการตัดทั้งหมด (กก.)}) \times 100) \quad (6)$$

$$\text{ความสามารถในการทำงาน (เห้ง/ชม.)} = \text{จำนวนเห้ง/เวลาที่ใช้ในการตัด (ชม.)} \quad (7)$$

$$\text{ความสามารถในการทำงาน (กก./ชม.)} = \text{นน.เห้งน้ำมันสำปะหลังที่ตัดได้ (กก.)} / \text{เวลาที่ใช้ในการตัด (ชม.)} \quad (8)$$

3.2 การทดสอบในแปลงมันสำปะหลัง

แยกการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนและใช้ค่า
ชี้ผลเช่นเดียวกับการทดสอบในโรงงานปฏิบัติการ
ได้แก่ การทดสอบระบบลำเลียง กับ การทดสอบชุดตัด
โดยใช้ตัวแปรที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดสอบในโรงงาน
ปฏิบัติการ

5.9 ซม. (Table 1) จึงแบ่งเส้นผ่านศูนย์กลางของ
ใบเลื่อยออกเป็น 2 ขนาด ได้แก่ขนาดเส้นผ่าน
ศูนย์กลาง 4.7 กับ 5.6 ซม.

1.3 ระยะของเห้งน้ำมันที่ติดกับเห้ง
มันสำปะหลัง

ค่าสูงสุดของระยะของเห้งน้ำมันที่ติดกับ
เห้งมันสำปะหลัง 6 ซม. ต่ำสุด 3 ซม. และเฉลี่ย 4.1
ซม. (Table 1) จึงออกแบบให้กลไกการเคลื่อนที่ขึ้น
ลงเคลื่อนได้สูงสุด 8 ซม.

1.4 ความสูงจากตำแหน่งล่างสุดของเห้ง
มันสำปะหลังถึงตำแหน่งมือจับ

ค่าสูงสุดของความสูงจากตำแหน่ง
ล่างสุดของเห้งมันสำปะหลังถึงตำแหน่งมือจับ 20
ซม. ต่ำสุด 10 ซม. และเฉลี่ย 14.7 ซม. (Table 1) จึง
ออกแบบให้แผ่นอะคริลิกใสอยู่สูงกว่าแผ่นวางเห้ง
มันสำปะหลัง 20 ซม.

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการออกแบบ

1.1 ความกว้างของการกระจายเห้งมันสำปะหลัง
จากการศึกษาความกว้างของการ
กระจายเห้งมันสำปะหลังที่มีผลต่อการลำเลียง จำนวน
60 เห้ง พบว่า มีความกว้างสูงสุด 98 ซม. สั้นสุด 26 ซม.
และเฉลี่ย 56.5 ซม. (Table 1) จึงออกแบบให้ชุด
ลำเลียงมีความกว้าง 60 ซม.

1.2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเห้งมันสำปะหลัง
ค่าสูงสุดของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง
เห้งมันสำปะหลัง 5.11 ซม. ต่ำสุด 3.8 ซม. และเฉลี่ย

Table 1 Physical characteristics of cassava variety Kasetart50 that affected conveyor and cutting machine

Size	Width of cassava-root clusters (cm)	Diameter of stump (cm)	Distance of the tuber attached to the stump (cm)	Height from the bottom of the cassava-root clusters to the handle (cm)
Max.	98	5.11	6	20
Min.	26	3.8	3	10
Average	56.5	5.9	4.1	14.7
SD	15	0.61	1.1	2.95

2. ผลการทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงาน

2.1 การทดสอบในโรงงานปฏิบัติการ

2.1.1 การทดสอบชุดลำเลียง

2.1.1.1 การทดสอบแผ่นลำเลียง

ประสิทธิภาพในการลำเลียงของแผ่นตะแกรงฉีกไม้แตกต่างกันทั้งสามความเร็วรอบ มีประสิทธิภาพในการลำเลียงสูงสุด 97% ที่ 130 รอบ/นาที แต่การลำเลียงของแผ่นเหล็กฉีกติดแผ่นฟองน้ำมีประสิทธิภาพสูงเมื่อมีความเร็วรอบต่ำ และประสิทธิภาพจะลดลงตามความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น (Figure 6) เนื่องจากการสั่นไถลจากการสั่นสะเทือนที่มากขึ้นตามความเร็วที่เพิ่มขึ้น

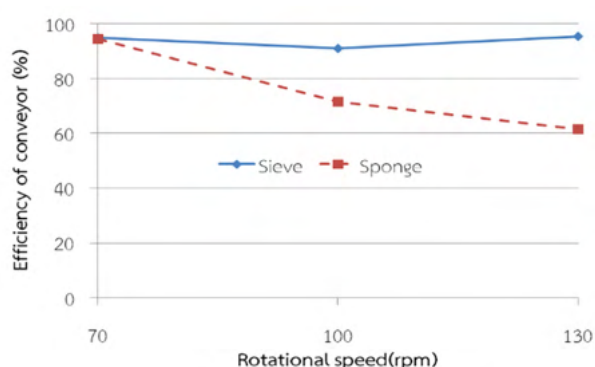


Figure 6 Conveying efficiency of conveyor plate tests in a workshop

การลำเลียงไม่ได้ของแผ่นตะแกรงฉีกไม้แตกต่างกันทั้งสามความเร็วรอบ การลำเลียงไม่น้อยสุด 3% ที่ 130 รอบ/นาที ขณะที่แผ่นเหล็กฉีกติดแผ่นฟองน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น (Figure 7) เนื่องจากการสั่นสะเทือนส่งผลให้แรงเสียดทานระหว่างเหง้ามันสำปะหลังกับแผ่นฟองน้ำลดลง

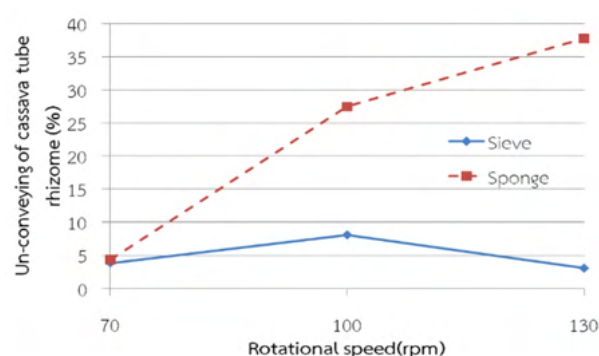


Figure 7 Un-conveying of cassava-root clusters at varies rotational speed of the conveyor plate test in the operating plant

การลำเลียงของแผ่นตะแกรงเหล็กฉีกเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้นมีอัตราการลำเลียงสูงสุด 3,900 กก./ชม. ที่ 130 รอบ/นาที เนื่องจากแผ่นตะแกรงฉีกมีร่องให้ยึดเกาะได้มากกว่า ขณะที่แผ่นเหล็กฉีกติดแผ่นฟองน้ำลดลงตามความเร็วที่เพิ่มขึ้น (Figure 8) เนื่องจากที่ความเร็วมากขึ้นจะเกิดการสั่นสะเทือนที่มากตามไปด้วย

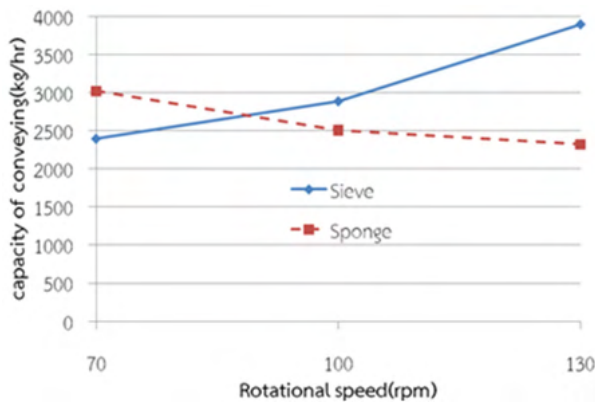


Figure 8 Conveying capacity of the conveyor plate test in the operating plant

2.1.1.2 การทดสอบมุมเอียงในการลำเลียง
ผลการทดสอบมุมลำเลียงที่ 20° ที่ความเร็วรอบการลำเลียงแตกต่างกันทั้งสามค่า ประสิทธิภาพในการลำเลียงมีค่าไม่แตกต่างกัน สูงสุด 100% ที่ 70 รอบ/นาที เช่นเดียวกับการทดสอบมุมลำเลียงที่ 30° แต่ที่มุมลำเลียง 40° กลับพบว่า ประสิทธิภาพในการลำเลียงลดลงตามความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลมาจากการสั่นสะเทือนของชุดลำเลียง แต่ประสิทธิภาพในการลำเลียงลดลงตามมุมเอียงที่เพิ่มขึ้น (Figure 9)

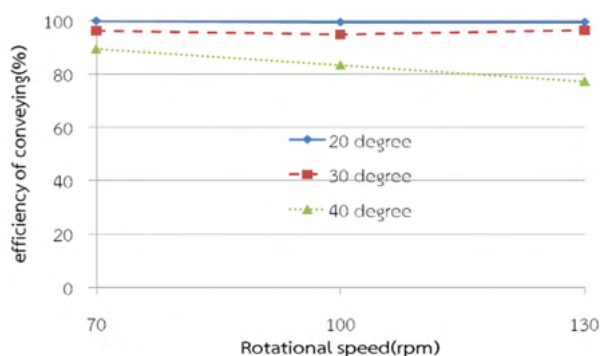


Figure 9 Conveying efficiency of the conveying tilt angle test in the operating plant

การลำเลียงไม่ได้ ไม่แตกต่างกันที่มุมลำเลียง 20 และ 30° แต่ความเร็วในการลำเลียงแตกต่างกัน ยกเว้นการลำเลียงไม่ได้ที่มุมลำเลียง 40°

เพิ่มขึ้นตามความเร็วในการลำเลียงที่เพิ่มขึ้น (Figure 10) เนื่องจากมีความชันที่มากและความเร็วรอบที่สูงขึ้น

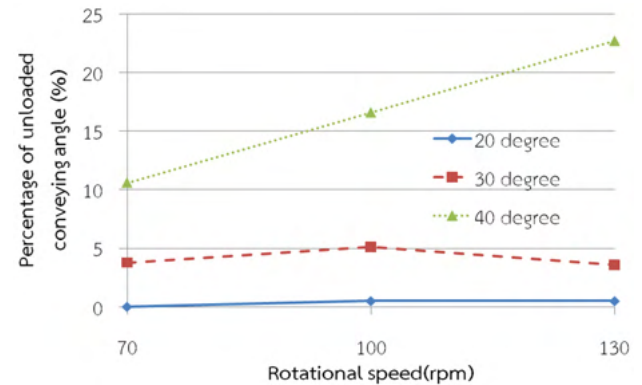


Figure 10 Percentage of unloaded conveying angle tests in an operating plant

การลำเลียงเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้นที่มุมลำเลียง 20 และ 30° มีความสามารถในการลำเลียงสูงสุด 1,870 กก./ชม. ที่ 130 รอบ/นาที ที่มุมลำเลียง 20° แต่ที่มุมลำเลียง 40° ความสามารถในการลำเลียงลดลงตามความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากผลการสั่นสะเทือนของระบบลำเลียงรวมกับมุมเอียงที่เพิ่มขึ้น เห็นได้ว่าความสามารถในการลำเลียงลดลงตามมุมเอียงและความชันที่เพิ่มขึ้น (Figure 11) ความสามารถในการลำเลียงของงานวิจัยนี้สูงกว่าของ ดนุวัศ (2554) และ เอกภาพ และชัยยันต์ (2556) ที่ใช้ชุดลำเลียงแบบกระพ้อ

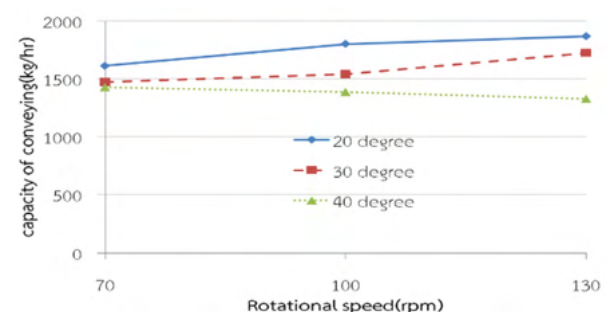


Figure 11 Capacity of conveying at varies speed and incline angle of conveyor in the operating plant

2.1.2 การทดสอบชุดการตัด

ใบเลื่อยเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5.6 ซม. มีประสิทธิภาพการตัดสูงกว่าใบเลื่อยขนาด 4.7 ซม. ที่ทุกความเร็วรอบ โดยที่ความเร็วรอบ 800 รอบ/นาที มีประสิทธิภาพการตัดสูงสุด 72.9% (Figure 12) เนื่องจากมีขนาดใกล้เคียงกับเส้นผ่านศูนย์กลางเหง้ามันสำปะหลังเฉลี่ยอยู่ที่ 5.9 ซม. มากกว่า

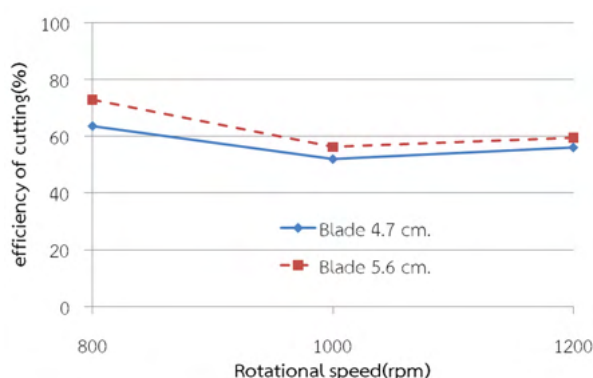


Figure 12 Cutting performance of cutting system tests in the workshop

ใบเลื่อยเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4.7 ซม. มีเศษเหง้ามันสำปะหลังเจือปนสูงกว่าใบเลื่อยเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5.6 ซม. ที่ทุกความเร็วรอบ การใช้ใบเลื่อยเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5.6 ซม. มีเศษเหง้ามันสำปะหลังเจือปนน้อยที่สุด 27.1% (Figure 13)

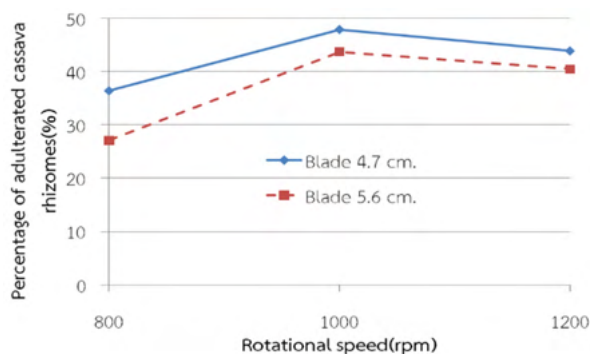


Figure 13 Percentage of adulterated cassava root cluster fraction of the cutting system test in the operating plant

ใบเลื่อยเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4.7 ซม. ที่ 1,200 รอบ/นาที มีการสูญเสียน้อยที่สุด 0.02% และใบเลื่อยเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5.6 ซม. ที่ 1,000 รอบ/นาที มีการสูญเสียน้อยที่สุด 0.03% (Figure 14) ซึ่งการสูญเสียต่ำกว่าของ ศักดิ์ชัย และคณะ (2559) ที่ใช้ใบเลื่อยตัดเป็นแบบใบวงเดือน และน้อยกว่างานวิจัยของ พยุงศักดิ์ และคณะ (2557) ส่วนที่ความเร็วรอบ 800 รอบ/นาที มีการสูญเสีย 0.04%

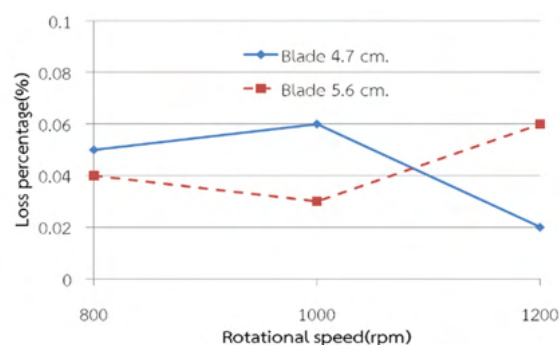


Figure 14 Loss percentage of cutting system tests in operating plants

ใบเลื่อยเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4.7 ซม. ที่ 1,000 รอบ/นาที มีความสามารถในการทำงานสูงสุด 540 กก./ชม. หรือ 215 เหง้า/ชม. และใบเลื่อยเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5.6 ซม. ที่ความเร็วรอบ 800 รอบ/นาที มีความสามารถในการทำงานสูงสุด 660 กก./ชม. หรือ 263 เหง้า/ชั่วโมง (Figure 15) ไม่มีแนวโน้มแน่นอน ทั้งนี้ อาจเนื่องจากเหง้ามันแต่ละเหง้ามีลักษณะการกระจายตัวแตกต่างกันส่งผลทำให้ใช้เวลาในการตัดแต่ละเหง้าไม่แน่นอน

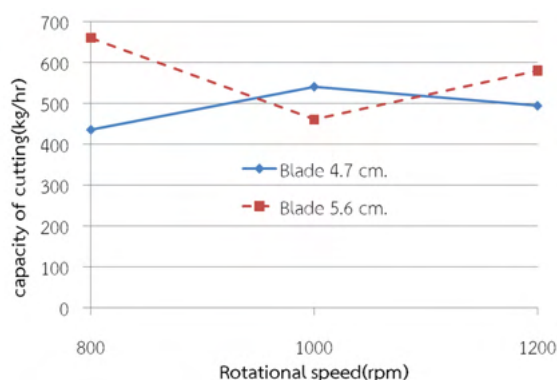


Figure 15 Cutting capacity of cutting system tests in the workshop

2.2 การทดสอบในแปลงมันสำปะหลัง

2.2.1 การทดสอบชุดลำเลียง

จากการทดสอบชุดลำเลียงในแปลง พบว่า มีประสิทธิภาพในการลำเลียงเฉลี่ย 95.3% การลำเลียงไม่ได้เฉลี่ย 4.7% อัตราการลำเลียงเฉลี่ย 2,634 กก./ชม. อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 2.42 ล./ชม. หรือ 1,118 กก./ล. (Table 2) ซึ่งอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยกว่างานวิจัยของจตุรงค์และคณะ (2555)

Table 2 Results from conveyor test in the field

Parameter	Average value	Unit
Conveying efficiency	95.3	%
Un-conveying	4.7	%
Capacity of conveying	2,634	kg/hr
Fuel consumption	2.42	l/hr

2.2.2 การทดสอบชุดตัด

ผลการทดสอบชุดตัดในแปลงมันสำปะหลัง พบว่า มีประสิทธิภาพในการตัดเฉลี่ย 85.4% มีเศษเหง้ามันเจือปนเฉลี่ย 12.9% การสูญเสียเฉลี่ย 1.7% ความสามารถในการทำงานทั้งสองชุด 276 เหง้า/ชม. หรือ 481 กก./ชม. (Table 3) ความสามารถในการทำงานมากกว่าของจตุรงค์และคณะ (2555)

Table 3 Results from cutting test in the field

Parameter	Value	Unit
Average cutting performance	85.4	%
Average adulterated cassava root cluster fraction	12.9	%
Average loss	1.7	%
Cutting capacity	481	kg/hr

กลไกการลำเลียงและกลไกการตัดของเครื่องที่ทำวิจัยนี้เหมาะสมสำหรับเกษตรกรที่นิยมเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบชุดด้วยเครื่องชุดติดรถแทรกเตอร์ แล้วรวบรวมเหง้ามันเป็นกอง ๆ ก่อนสับใส่เข่งขนขึ้นรถซื้อที่ควรปรับปรุงของเครื่องนี้ คือ ความสามารถในการตัดที่น้อยกว่าการลำเลียงมากเกินไป

สรุปผลการทดลอง

การทดสอบชุดลำเลียงและตัดเหง้ามันสำปะหลังติดท้ายรถแทรกเตอร์ในโรงงานปฏิบัติการ พบว่า เครื่องทำงานได้ดี โดยใช้แผ่นลำเลียงแบบตะแกรงเหล็กฉีกที่มุมเอียงการลำเลียง 20° มีประสิทธิภาพในการลำเลียง 97% อัตราการลำเลียง 1,870 กก./ชม. ใบเลื่อยเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5.6 ซม. ที่ 800 รอบ/นาที มีประสิทธิภาพการตัดสูงสุด 72.9% มีเศษเหง้ามันสำปะหลังปนน้อยสุด 27.1% มีการสูญเสีย 0.04% มีความสามารถในการตัด 660 กก./ชม. หรือ 263 เหง้า/ชม. ส่วนการทดสอบในสภาพแปลงมันสำปะหลังพบว่า เครื่องสามารถทำงานได้เป็นที่น่าพอใจ ประสิทธิภาพในการทำงานทั้งสูงและต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับในโรงงานปฏิบัติการ ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องความสม่ำเสมอของพื้นที่ ความสั้นและความยาวของแปลงปลูก โดยมีประสิทธิภาพในการลำเลียงเฉลี่ย 95.3% อัตราการลำเลียงเฉลี่ย 2,634 กก./ชม. การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 2.42 ล./ชม. หรือ 1,118 กก./ล. มีประสิทธิภาพในการตัดเฉลี่ย 85.4% มีเศษเหง้ามันปนเฉลี่ย 12.9% มีการสูญเสียเฉลี่ย 1.7% มีความสามารถในการตัด 481 กก./ชม. หรือ 276 เหง้า/ชม. สามารถต่อพ่วงสามจุดกับรถแทรกเตอร์ที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

เอกสารอ้างอิง

- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. มปป. มันสำปะหลังโรงงาน :
 เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่
 ระดับประเทศ ภาค และจังหวัด ปี 2565. แหล่งข้อมูล:
<https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/cacava%2065.pdf>. สืบค้น: 16
 พฤษภาคม 2567.
- อนุชิต ฉ่ำสิงห์. 2552. วิจัยและพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลัง
 แบบไถหัวหมู. สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
 กรมวิชาการเกษตร.
- อนุชิต ฉ่ำสิงห์. 2553. วิจัยและพัฒนาเครื่องมือปลิดหัว
 มันสำปะหลังออกจากเหง้า. สถาบันวิจัยเกษตร
 วิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.
- เอกภาพ ป้านภูมิ และชัยยันต์ จันทศิริ. 2556. การศึกษา
 แนวทางการใช้อุปกรณ์ขนย้ายมันสำปะหลังแบบติดตั้ง
 บนรถบรรทุกภายหลังการเก็บเกี่ยว. วารสาร
 วิทยาศาสตร์เกษตร. 44(3): 442-445.
- Adebija J.A., A.J. Farounbi and F. Ajaga. 2018. Energy
 use in cassava tuber harvesting using a semi-
 automatic cassava harvester. Global Scientific
 Journals. 6(4): 230-242.
- Akinwonmi A.S. and F. Andoh. 2013. Design of a
 cassava uprooting device. Research Journal of
 Applied Sciences, Engineering and Technology.
 5(2): 411-420.
- Amponsah S.K. 2011. Performance Evolution of the
 TEK Mechanical Cassava Harvester in Three
 Selected Locations of Ghana. Master's thesis,
 Kwame Nkrumah University.
- Yulan, L., S. Youpan, L. Shihao, C. Danping and W.
 Gaoping. 2012. Development and prototype
 trial of digging pulling style cassava harvester.
 Transactions of the Chinese Society of
 Agricultural Engineering. 28(2): 29-34