

## รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. ชุดโครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรในการผลิตมันสำปะหลัง
2. โครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาเครื่องปลิดและขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก  
กิจกรรม : วิจัยและพัฒนาเครื่องมือขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : วิจัยและพัฒนาเครื่องมือขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก  
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Research and Development of Cassava Transporter Attached to a Truck

### 4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	นายวุฒิพล จันทร์สระคู	สังกัด	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
ผู้ร่วมงาน	นายศักดิ์ชัย อาษาวัง	สังกัด	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
	นายอนุชิต ฉ่ำสิงห์	สังกัด	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	นายกลวัชร ทิมินกุล	สังกัด	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
	นายประสาธต์ แสงพันธุ์ตา	สังกัด	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	นางสุพัตรา ชาวงจักร์	สังกัด	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรภาพสินธุ์

### 5. บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนาเครื่องมือขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกหลังการตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า ลดปัญหาด้านการขาดแคลนในการลำเลียงขึ้นรถบรรทุก ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องมือขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกที่เหมาะสมกับกระบวนการเก็บเกี่ยวในพื้นที่ต่างๆ ทดสอบการทำงานเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการ และทดสอบการทำงานจริงในแปลงเกษตรกร ผลการทดสอบพบว่า เครื่องมือขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกแบบติดตั้งข้างตัวรถใช้ต้นกำลังเครื่องยนต์เบนซิน 5 แรงม้า ใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เหมาะสม 2,000–2,200 รอบต่อนาที ความเร็วเชิงเส้นของอุปกรณ์ลำเลียง 0.82-0.90 เมตรต่อวินาที เครื่องสามารถพับเก็บได้ขณะรถเคลื่อนที่ในแปลง และถอดเครื่องยนต์ออกเมื่อเสร็จจากการทำงานแล้ว จากผลการทดสอบมันสำปะหลังพันธุ์ 9 ในแปลงทดลองศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรภาพสินธุ์ สวพ.3 ใช้รถบรรทุกขนาด 3 ตันบรรทุก พบว่าเครื่องมือมีความสามารถในการทำงาน 3.29 – 3.62 ตันต่อชั่วโมง มีความสูญเสียจากการร่วงหล่นของหัวมันสำปะหลัง 0.76 – 1.85%

### Abstract

The search and development of cassava conveyer purpose to release the lack of labors who carry the harvested cassava to the transporters. The prototype was designed to attached on the side of transporter's container and 5 horsepower of gasoline engine was the main power. The optimal of engine working speed was 2,000-2,200 rpm that could get 0.82- 0.99 m/s of

chain 's linear velocity. The tests were conducted in the lab and the field and the cassava Rayong 9 was selected. The field tests were conducted at the office agricultural research and development region 3's field in Kalasin province. The prototype was attached with 3 ton trailer. The results showed the working capacity of 3.29-3.62 ton/hr and the cassava loss was 0.76-1.85%.

## 6. คำนำ

ประเทศไทยผลิตมันสำปะหลังเป็นอันดับ 4 ของโลกรองจากประเทศไนจีเรีย บราซิล และอินโดนีเซีย และเป็นประเทศผู้ส่งออกมันสำปะหลังเป็นอันดับหนึ่งของโลกทำรายได้เข้าประเทศปีละประมาณ 2 หมื่นล้านบาท โดยประเทศไทยมีเกษตรกรปลูกมันสำปะหลังมากกว่า 3 ล้านคน บนพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 6.7 ล้านไร่ ผลผลิตราว 21.4 ล้านตัน มีพื้นที่เพาะปลูกเป็นอันดับ 4 รองจากข้าวและข้าวโพด และยางพารา ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) มันสำปะหลังนอกจากจะเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในภาคอุตสาหกรรมอาหาร อาหารสัตว์ เป็นวัตถุดิบในการผลิตแอลกอฮอล์เกรดสูงสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางและอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ (ธีรภัทร, 2545) แล้ว ยังเป็นพืชพลังงานที่สำคัญโดยพบว่ามันสำปะหลังจัดเป็นพืชที่เหมาะสมที่สุดในการทำเอทานอล (เจริญศักดิ์, 2544) เพื่อใช้เป็นส่วนผสมน้ำมันเบนซิน 91 ให้เป็นน้ำมันแก๊สโซฮอล์ที่มีออกเทนเท่ากับน้ำมันเบนซิน 95 เพื่อเป็นการลดการนำเข้าสาร MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether) ที่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งกำลังได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐบาลให้มีการส่งเสริมการผลิตมันสำปะหลังและขยายวงกว้างมากขึ้น (วงศ์สุภัทร, 2549) โดยในปี 2554 คาดว่าจะมีผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 30.2 ล้านตัน และสามารถทำการผลิตเอทานอลได้ประมาณ 1,600 ล้านลิตร (กล้าณรงค์, 2549)

การวิจัยพัฒนาเกี่ยวกับมันสำปะหลัง จัดเป็น 1 ใน 10 ของพืชเร่งด่วนที่ต้องดำเนินการในยุทธศาสตร์ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และจากการที่ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งในระบบการผลิตที่มีผลกระทบต่อความสูญเสีย ความเสียหาย คุณภาพของผลผลิตโดยหวัมน้ำที่ทำการขุดแล้วหากไม่ได้รับการแปรรูปภายใน 2 วัน คุณภาพจะลดอย่างมาก (Thant, 1997 และ พร้อมพรรณ, 2549) และต้นทุนการผลิตมันสำปะหลัง โดยพบว่าต้นทุนในการผลิตมันสำปะหลังนั้น ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวมีสัดส่วนการลงทุนสูงสุด (27%) รองลงมาได้แก่ค่าปุ๋ย ค่าเตรียมดิน ค่ากำจัดวัชพืช ค่าขนส่ง และค่าท่อนพันธุ์และแรงงานปลูกในสัดส่วนร้อยละ 18 17 16 13 และ 7 ตามลำดับ (สุรพงษ์ และคณะ, 2550) โดยค่าจ้างแรงงานเป็นสัดส่วนค่าใช้จ่ายสูงสุดในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว เช่นเดียวกับค่าใช้จ่ายในการผลิตพืชเศรษฐกิจหลักอื่นๆ ยกเว้นในการผลิตข้าว (Anuchit, 2007) ทั้งนี้เนื่องจากใช้แรงงานคนเป็นหลัก เพื่อการขุดหรือถอน การตัดส่วนที่เป็นหัวออกจากโคนต้น และรวบรวมขึ้นรถบรรทุกเพื่อการขนย้ายไปจำหน่าย และประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานเช่นเดียวกับการผลิตพืชอื่นในภาคเกษตร เนื่องจากแรงงานเคลื่อนย้ายสู่นอกภาคเกษตร ทั้งมีแนวโน้มทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น และทำให้ค่าจ้างแรงงานในภาคเกษตรสูงขึ้นเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต ดังนั้นงานวิจัยเกี่ยวกับเครื่องจักรกลเกษตรเพื่อเป็นการสนับสนุนการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนการผลิต ตลอดจนการแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในระบบการเก็บเกี่ยว จึงจำเป็นต้องมีการวิจัยและพัฒนาและแก้ปัญหาทั้งระบบ (จารุวัฒน์ และอนุชิต, 2550 และอนุชิต และคณะ, 2552) ระบบการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในประเทศไทย พบว่ามีอยู่ 2 รูปแบบหลัก คือ การเก็บ

เกี่ยวแบบใช้แรงงานคนในทุกขั้นตอน และ แบบใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังร่วมกับการใช้แรงงานคน โดยรูปแบบที่สองนั้น สามารถช่วยบรรเทาปัญหาการขาดแคลนแรงงานที่เกษตรกรกำลังเผชิญอยู่ได้ในระดับหนึ่ง โดยลดการใช้แรงงานประมาณร้อยละ 37 และ ลดต้นทุนการผลิตลงประมาณร้อยละ 8-10 (Anuchit, 2007) แต่ยังมีเกษตรกรจำนวนมีใช้น้อย ทั้งในเขตพื้นที่ซึ่งมีการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังแล้ว และในพื้นที่ที่ยังไม่มีการใช้ ยังคงทำการเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคนทั้งหมด ทั้งนี้ส่วนหนึ่งเนื่องมาจากเครื่องขุดมันสำปะหลังที่ผลิตและจำหน่ายแล้ว ยังมีประสิทธิภาพไม่เป็นที่ยอมรับของเกษตรกรบางส่วน หรือไม่เหมาะสมกับการใช้งานในบางเขตพื้นที่เพาะปลูกจากข้อจำกัดการใช้งานบางประการ ระบบปฏิบัติในพื้นที่นั้นๆ และการมีข้อจำกัดน้อยเกี่ยวกับช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยว เว้นต้องรีบทำการเก็บเกี่ยวเพื่อการปลูกใหม่ ซึ่งแตกต่างจากพืชอื่นที่ต้องทำการเก็บเกี่ยวในช่วงเวลาที่เหมาะสม เพราะมีผลกระทบต่อความสูญเสียและความเสียหายของผลผลิตที่จะได้รับ ทั้งนี้สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมได้มีการวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบไถหัวหมูที่มีความต้องการแรงฉุดลากน้อยและมีความสูญเสียผลผลิตที่จะได้รับน้อย (2-4%) พร้อมคุณลักษณะเพิ่มเติมจากเครื่องขุดมันสำปะหลังที่มีการผลิตและจำหน่ายอยู่ทั่วไป เช่นการทำการขุดได้อย่างต่อเนื่องกรณีใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ลักษณะเหง้ามันสำปะหลังมีลักษณะตั้งคล้ายการขุดหรือถอนโดยคน ทำให้ง่ายต่อการเก็บและรวมกอง มีระบบการปรับเลื่อนเข้ากับระยะระหว่างแถวทำได้สะดวก และมีช่วงการทำงานในสภาพดินที่แตกต่างกันมากขึ้น เพื่อสนับสนุนการแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน การลดต้นทุนการผลิต และลดการสูญเสียผลผลิตเนื่องจากการเก็บเกี่ยว (อนุชิต และคณะ, 2552) นอกจากนี้พบว่าอุปสรรคสำคัญต่อการขยายตัวของการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานอย่างหนึ่ง คือการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังที่มีการผลิตจำหน่ายในปัจจุบันนั้น เพียงช่วยลดจำนวนแรงงาน และความเหนื่อยยากในช่วงการขุดถอนขึ้นจากดินเท่านั้น ส่วนการเก็บรวบรวมกอง ตัดหัวมันจากเหง้า และการขนย้ายขึ้นรถบรรทุกเพื่อไปจำหน่าย นั้น ยังคงต้องใช้แรงงานคนถึง 2 ใน 3 ส่วน ของรูปแบบการเก็บเกี่ยวการใช้แรงงานคนทั้งหมดในการเก็บเกี่ยว ซึ่งจัดเป็นข้อจำกัดและเป็นปัญหาในลักษณะคอขวดที่สำคัญในระบบการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง (อนุชิต และคณะ, 2552) หน่วยงานต่างๆ ได้ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าวเช่นกัน และได้เริ่มมีการวิจัยและพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาในระบบการเก็บเกี่ยว นอกเหนือจากการวิจัยและพัฒนาเพื่อการขุดให้หัวมันสำปะหลังขึ้นมาจากดิน หรือพัฒนาเครื่องมือสำหรับขั้นตอนหลังจากการขุดขึ้นมาจากดินบ้างแล้ว ทั้งมีการเผยแพร่แล้ว มีต้นแบบแต่ไม่เผยแพร่ และอยู่ระหว่างดำเนินการวิจัยและพัฒนา โดยส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องจักรต้นแบบในลักษณะการขุดขึ้นมาจากดินแล้วจัดให้มีการรวมกอง สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมได้มีการวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดและเก็บมันสำปะหลัง ซึ่งมีความก้าวหน้าไปในระดับหนึ่งแล้ว แต่ยังไม่มีการผลิตเชิงพาณิชย์

โดยทั่วไประบบการจัดการหลังการขุดหรือถอนขึ้นมาจากดินแล้ว การเก็บรวบรวมกอง การตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า และการขนย้ายขึ้นรถบรรทุก เป็นระบบบับ้าง อัตรา 150-200 บาท/ตัน อย่างไรก็ตามหากพิจารณาเฉพาะการตัดหัวออกจากเหง้าหรือต้นอย่างเดียวนั้น พบว่าต้องใช้แรงงานเฉลี่ย 7.6 คน/ไร่/ชั่วโมง ซึ่งเป็นแรงงานจำนวนมาก โดยคิดเป็นการใช้แรงงานเฉลี่ยร้อยละ 21 ของแรงงานที่ใช้ในกรณีระบบการเก็บเกี่ยวแบบใช้แรงงานคนทั้งหมด และเฉลี่ยร้อยละ 31 ในกรณีระบบเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังร่วมกับการใช้แรงงานคน (เสรี, 2549) ซึ่งเป็นการใช้แรงงานคนจำนวนมาก และจากการประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงาน

ดังนั้นการตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้าจึงเป็นปัญหาคอขวดอันหนึ่งในระบบการเก็บเกี่ยว และจำกัดความสามารถในการทำงานของเครื่องขุดมันสำปะหลัง โดยทำให้เครื่องขุดมันสำปะหลังทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ มีชั่วโมงการทำงานต่อวันตลอดจนต่อปีน้อย ทำให้ต้นทุนคงที่ของการลงทุนซื้อเครื่องขุดสูง และมีระยะเวลาในการคืนทุนยาว ส่งผลให้อัตรารับจ้างในการขุดสูง และเป็นการเพิ่มต้นทุนในการเก็บเกี่ยว ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรกรจะทำการเก็บเกี่ยวเฉพาะที่สามารถบรรทุกไปจำหน่ายได้ในแต่ละวัน จะไม่นิยมทำการขุดทิ้งไว้แล้วตามเก็บในวันถัดไป อันเนื่องมาจากเกรงกลัวการสูญเสียน้ำหนัก และการลักขโมย ดังนั้นการลดการใช้แรงงาน และเพิ่มความสามารถในการทำงานของแรงงานภายหลังการขุด โดยเฉพาะการตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า ให้สามารถทำงานได้เร็วขึ้น จะเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาในระบบการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังได้อย่างมาก การวิจัยพัฒนาและเครื่องจักรกลเกษตร หรือเครื่องมือเพื่อช่วยผ่อนแรง และเพิ่มความเร็วในการทำงานจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องดำเนินการ โดยมีรูปแบบและวิธีการตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้าดังนี้ (อนุชิต และคณะ, 2553)

1. การเก็บรวมกองเหง้ามันสำปะหลังให้เป็นกอง แล้วตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้าทิ้งไว้เป็นกองๆ บนดินตลอดแนวร่องการขุด วิธีการนี้เป็นวิธีการปฏิบัติทั่วไปเกือบทุกพื้นที่ซึ่งมีการปลูกมันสำปะหลัง (รูปที่ 1)



(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 1 (ก) การเก็บโยนรวมกองภายหลังการขุดหรือถอน (ข)การตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้าด้วยมีด

และ (ค)การตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้าด้วยขวาน

ที่มา : อนุชิต และคณะ, 2553

2. การเก็บรวมกองเหง้ามันสำปะหลังให้เป็นกองๆ แล้วทำการตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้าลงบนวัสดุรองรับซึ่งโดยส่วนใหญ่ทำจากกระสอบปุ๋ยแผ่คลี่ออกเป็นผืนใหญ่ และทิ้งไว้เป็นกองๆ ตลอดแนวร่องการขุด เพื่อเป็นการป้องกันดินปน ง่ายต่อการขนย้าย และลดการสูญเสียของหัวมันสำปะหลังที่เป็นชิ้นเล็กๆ อันเป็นผลจากขั้นตอนการตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า วิธีการนี้เป็นวิธีการปฏิบัตินี้พบในเขตพื้นที่เขตติดต่อ อ.ลาดยาว จ. นครสวรรค์ และ อ.ขามเฒ่า จ. กำแพงเพชร (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 การตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้าลงบนภาชนะรองรับ เพื่อลดการสูญเสีย  
 ความสะอาด และความสะอาดในการขนย้ายขึ้นรถบรรทุก  
 ที่มา : อนุชิต และคณะ, 2553

3. การเก็บเหง้ามันสำปะหลังโยนขึ้นไปทำการตัดบนกระบะบรรทุกของรถที่ใช้ในการขนย้ายหัวมัน  
 สำปะหลังไปจำหน่าย วิธีการปฏิบัตินี้พบในพื้นที่ อ.ไพศาลี อ.ท่าตะโก จ.นครสวรรค์ (รูปที่ 3 และ 4) แต่วิธีการนี้  
 จะมีดินร่วงหล่นปนไปกับหัวมันสำปะหลังมาก



รูปที่ 3 การเก็บโยนเหง้ามันสำปะหลังที่ขูดหรือถอนแล้วขึ้นไปตัดหัวออกจากเหง้าบนรถที่ใช้บรรทุกไปจำหน่าย  
 ที่มา : อนุชิต และคณะ, 2553



รูปที่ 4 การขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกของเกษตรกร  
 ที่มา : อนุชิต และคณะ, 2553

เชิดพงษ์ (2549) ได้พัฒนาอุปกรณ์ช่วยขนย้ายมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก (รูปที่ 5) เพื่อเพิ่มอัตราการ  
 ทำงานในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง โดยทำการศึกษาเพื่อลดเวลาในการรวบรวมหัวมันสำปะหลังก่อน  
 การขนย้าย จึงออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยขนย้ายหัวมันสำปะหลัง และได้ทดสอบเปรียบเทียบวิธีการรวบรวม

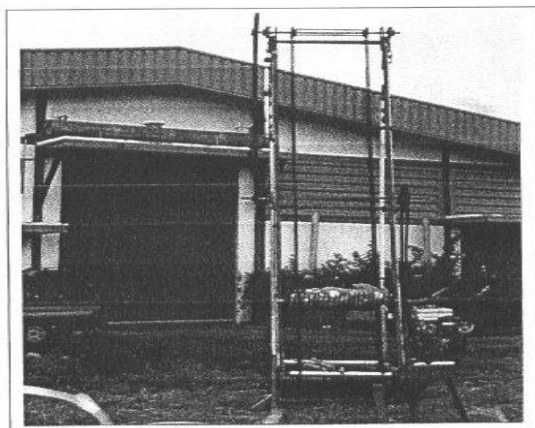
และขนย้ายหัวมันที่พัฒนาขึ้นใหม่กับวิธีการที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ พบว่า ควรพัฒนาวิธีการรวบรวมและขนย้ายหัวมันขึ้นรถบรรทุกโดยใช้อุปกรณ์ช่วยขนย้าย วิธีการที่พัฒนาขึ้นมีอัตราการทำงาน 0.0854 ไร่/คน-ชั่วโมง สูงกว่าวิธีการเดิม 28.32 เปอร์เซ็นต์ และต้องการแรงงานน้อยกว่าวิธีการเดิม 22.07 เปอร์เซ็นต์ อุปกรณ์ช่วยขนย้ายที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้ใช้รถแทรกเตอร์ที่เกษตรกรนิยมใช้โดยทั่วไปเป็นต้นกำลัง ติดตั้งเข้ากับรถแทรกเตอร์ที่จุดต่อพ่วงแบบ 3 จุด ขนย้ายหัวมันได้สูงสุด 454 กิโลกรัม/ครั้ง สามารถใช้งานร่วมกับรถบรรทุกขนาดใหญ่ กลาง และเล็กได้ และมีอัตราการทำงาน 0.1318 ไร่/คน-ชั่วโมง



รูปที่ 5 อุปกรณ์ช่วยขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก

ที่มา : เชิดพงษ์ , 2549

วิทวัส (2545) ได้ออกแบบสร้างเครื่องขนมันสำปะหลังเพื่อบรรทุกขึ้นรถบรรทุก (รูปที่ 6) ซึ่งมี ส่วนประกอบสำคัญสามส่วนคือ กระจ้อปากสูง ระบบลำเลียงด้วยโซ่และระบบส่งกำลังด้วยสายพานลิ้ม โดยมีมิติของเครื่องเท่ากับ 771x1100x3113 มิลลิเมตร (กว้างxยาวxสูง) หนัก 120 กิโลกรัม หลังจากทดสอบและปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆของเครื่องขนมันสำปะหลังโดยใช้งานร่วมกับแรงงานคนจำนวนสามคนพบว่าเครื่องมีความสามารถในการทำงานเท่ากับ 6 ต้นต่อชั่วโมงและมีจุดคุ้มทุนเท่ากับ 1 ปี เมื่อใช้เครื่องทำงานวันละ 8 ชั่วโมงเป็นเวลา 120 วันต่อปี



## รูปที่ 6 เครื่องขนหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก

ที่มา : วิทวัส, 2545

คุณวัศ และเสรี (2555) ได้ออกแบบพัฒนาอุปกรณ์ตักและลำเลียงหัวมันสำปะหลัง ออกแบบให้ทำงานต่อเนื่องต่อจากผลขาด การศึกษาอุปกรณ์ตักและลำเลียงหัวมันฯ โดยออกแบบเป็นลูกกระพ้อแบบโปร่งหน้ากว้างเท่ากับผลขาด ทำงานโดยวิ่งในรางประคอง และทดสอบตักและลำเลียงหัวมันฯจากพื้นดินหลังการขุดด้วยความเร็ว 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, และ 3.0 เมตร/วินาที พบว่า ความเร็วการตักที่เหมาะสมไม่ควรมากกว่า 1.5 เมตร/วินาที ซึ่งจะทำให้ปลายซี่กระพ้อไม่เกิดการกระแทกกับดินและหัวมันฯ ในจังหวะการตักหัวมันฯ จากดินเพื่อลำเลียงขึ้นกระบะรวบรวมหัวฯ เมื่อปรับแต่งอุปกรณ์ขุดและเตรียมหัวมันฯและอุปกรณ์ตักและลำเลียงหัวฯ ตามข้อสรุปข้างต้นแล้วทดสอบการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ทั้งสอง พบว่า มีความสามารถในการทำงานเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง เฉลี่ย 0.32 ไร่/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงาน และความสูญเสียจากการลำเลียงเฉลี่ย 59.10 และ 3.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สุกรี และคณะ (2540) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องขนหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก (รูปที่ 7) โดยที่ต้นทุนในการผลิตไม่สูงมากนัก สามารถนำไปพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และมีความเหมาะสมในการใช้งานในไร่มันสำปะหลังของเกษตรกรไทย ผู้ดำเนินงานวิจัยออกแบบเครื่องขนมันให้พ่วงกับรถแทรกเตอร์ 60-80 แรงม้า ใช้กำลังจากเพลลาอานวยกำลัง ขนหัวมันขึ้นรถบรรทุกสูงไม่เกิน 3.80 เมตร ที่มุม 50 องศา หลักการทำงาน คือ ตัวเครื่องเป็นแบบสายพานกวาด ไซโซ่ลำเลียงแบบไซคูใช้ความเร็วรอบเพลลาอานวยกำลัง 540 รอบต่อนาที ถ่ายทอดกำลังไปสู่ชุดลำเลียง และป้อนน้ำมันไฮดรอลิกส์โดยใช้สายพานรางลำเลียงและชุดลำเลียงซ้อนกัน และยึดออกไปได้ เครื่องขนมันสำปะหลังมี 3 ล้อ เลี้ยวโดยล้อหน้าจากการทดสอบที่ความเร็วสายพานขับ 0.38 เมตรต่อวินาที ความสามารถในการทำงานประมาณ 27.86 ตัน/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ยร้อยละ 59.5



รูปที่ 7 เครื่องขนหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกแบบสายพานลำเลียง

ที่มา : สุกรี และคณะ (2540)

อย่างไรก็ตามเครื่องมือและอุปกรณ์ขนย้ายต่างๆ ยังมีขนาดค่อนข้างใหญ่และน้ำหนักมากการเคลื่อนย้ายไม่ค่อยสะดวก ซึ่งควรจะมีการพัฒนาอุปกรณ์ขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกให้มีความสะดวกในการใช้งานในไร่มันสำปะหลัง มีรูปแบบที่สะดวกในการเคลื่อนย้าย และมีน้ำหนักเบาต่อการใช้งาน ทั้งนี้ในขบวนการวิจัยและพัฒนาอันยังคงมีเงื่อนไขและข้อจำกัดต่างๆ เช่น แรงงาน พันธุ์ที่หลากหลาย สภาพพื้นที่เพาะปลูก และต้นทุนค่าใช้จ่าย เป็นต้น จึงนับได้ว่าขั้นตอนการตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า และขั้นตอนการขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก จำเป็นต้องมีการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือทุ่นแรงเพื่อการสนับสนุนการแก้ปัญหาในระบบการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องมือขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกหลังการตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า ลดปัญหาด้านการขาดแคลน และลดความเหนื่อยยากของแรงงาน พัฒนาขีดความสามารถในการทำงานของแรงงานคน ประหยัดเวลา และแก้ปัญหาข้อจำกัดการทำงานต่างๆ เป็นแก้ปัญหาสำคัญที่มีลักษณะคอขวดในระบบการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

## 7. วิธีดำเนินการ

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรกลต้นแบบให้สามารถใช้ในการขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกให้มีประสิทธิภาพ

### วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. ศึกษา รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับกรรมวิธีการขนย้าย เครื่องมือและอุปกรณ์ลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกที่เกษตรกรใช้งานอยู่ในปัจจุบัน
2. ออกแบบและสร้างเครื่องมือขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก โดยสร้างต้นแบบทดสอบสำหรับศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้รูปแบบของอุปกรณ์ขนย้ายหัวมันขึ้นรถบรรทุกที่เหมาะสมกับกระบวนการเก็บเกี่ยวในพื้นที่ต่างๆ มีเงื่อนไขในการออกแบบดังนี้
  - 2.1 สามารถถอดประกอบชิ้นส่วนได้สะดวก ในการขนย้ายและติดตั้งกับรถบรรทุก
  - 2.2 มีความสูงของอุปกรณ์ที่สามารถปรับได้ในช่วง 2.0-2.5 เมตร
  - 2.3 สามารถบรรจุหัวมันสำปะหลังได้ครั้งละ 15-20 กิโลกรัม/กระพ้อ (เทียบน้ำหนักกับการบรรจุหัวมันสำปะหลังต่อแข่ง)
  - 2.4 โครงสร้างทำจากวัสดุเหล็กพ่นสีกันสนิม
  - 2.5 ปรับมุมเอียงของรางเลื่อนขนย้ายได้ ตั้งแต่ 0-45 องศา จากแนวด้านข้างรถบรรทุก
  - 2.6 ใช้ต้นกำลังจากเครื่องยนต์เบนซิน 5 แรงม้า ถ่ายทอดกำลังผ่านพูลเลย์และสายพาน
3. ทดสอบการทำงานเบื้องต้น ของเครื่องมือต้นแบบในห้องปฏิบัติการและแปลงมันสำปะหลังของศูนย์วิจัยพืช กรมวิชาการเกษตร
4. ทดสอบการทำงานจริงในแปลงเกษตรกร และเวียนปรับปรุงแก้ไขจนได้เครื่องมือต้นแบบที่เหมาะสมตามความต้องการ
5. วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล เขียนรายงาน

ค่าชี้ผลสมรรถนะการทำงานของเครื่องดังนี้



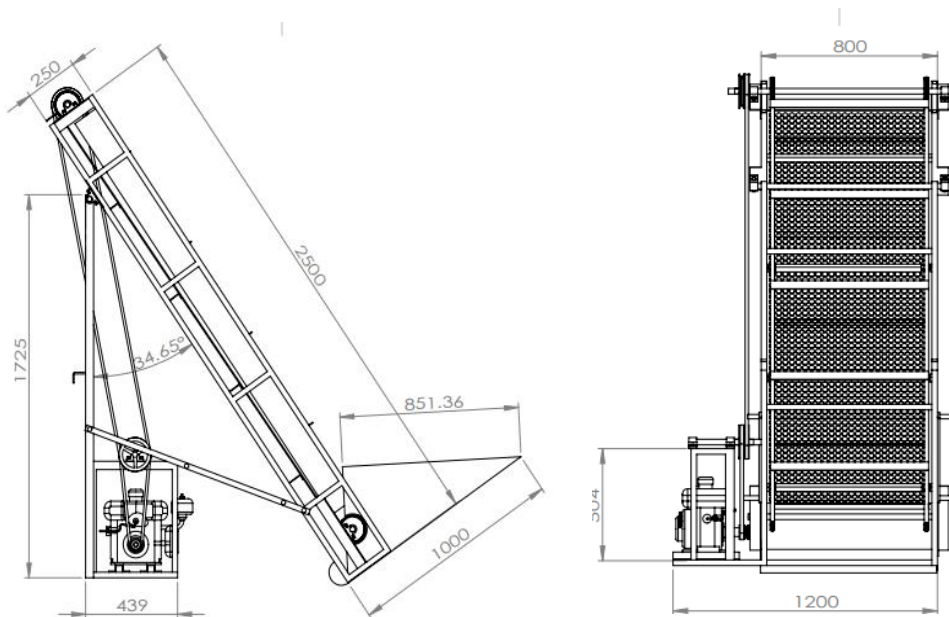


ทำการชุดและบรรทุกไปจำหน่ายเอง ทั้งนี้จากการสอบถามเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่จังหวัดขอนแก่นพบว่า ค่าใช้จ่ายโดยประมาณดังนี้

- ไถพรวนพร้อมซักร่องราคา 700 บาท/ไร่
- ค่าปลูก 250 - 300 บาท/ไร่ รวมค่าเครื่องดีมแต่ไม่รวมค่าขนส่งคนงาน
- ค่าต้นพันธุ์ ประมาณ 1,000 - 2,000 บาทต่อไร่
- ค่าแรงฉีดยา ถึง 200 ลิตรละ 200 บาท 1 ถึงฉีดได้ประมาณ 2 ไร่ ไม่รวมค่ายาฉีด
- ค่าปุ๋ย ประมาณ 200 - 300 บาท/ไร่
- ค่าจ้างเหมาชุด คัดที่ 600 - 700 บาทต่อตัน หรือ 2,000 บาท/ไร่- ผลผลิต 3 ตัน
- ต้นทุนในการผลิตมันสำปะหลังเฉลี่ยไร่ละประมาณ 4,000 บาท

### ผลการออกแบบเครื่องมือขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกต้นแบบ

การออกแบบเครื่องมือ อุปกรณ์สำหรับการขนย้ายหัวมันสำปะหลังที่สับหัวออกจากเหง้าแล้ว เพื่อนำขึ้นรถบรรทุกนำไปจำหน่าย โดยใช้หลักการลำเลียงขึ้นด้านข้างของตัวรถบรรทุก สามารถถอดประกอบได้สะดวก ไม่ใช่ภาชนะบรรจุหัวมัน เช่น เข่ง ลำเลียงขึ้นรถด้วยระบบสายพานลำเลียง ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์เบนซินขนาดเล็กได้



รูปที่ 7 รูปแบบเครื่องมือขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก

ดำเนินการสร้างชุดทดสอบ การขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก โดยดำเนินการสร้างชิ้นส่วนตามแบบที่กำหนด โดยใช้เฟืองโซ่ และโซ่แบบมีปีก ทุกระยะ 50 เซนติเมตร ของข้อโซ่จะยึดด้วยแผ่นเหล็กและไม้กั้นใน

แต่ละช่วงของการเคลื่อนที่คล้ายสายพานลำเลียง โดยมีรางตะแกรงเหล็กตามยาว 2.50 เมตร ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์เบนซิน 5 แรงม้า



รูปที่ 8 การสร้างเครื่องมือขนย้ายและลำเลียงหัวมันสำปะหลัง



รูปที่ 9 ลักษณะการติดตั้งด้านข้างรถบรรทุกของเครื่องขนย้ายหัวมันฯ

จากการสร้างต้นแบบเครื่องมือสำหรับการขนย้ายหัวมันสำปะหลังที่ผ่านการตัดเหง้ามันฯออกแล้ว เพื่อลำเลียงขึ้นรถบรรทุก ทั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ออกแบบ การติดตั้งอุปกรณ์ที่ด้านข้างของรถบรรทุก 6 ล้อ มีแผงไม้ด้านข้างตัวรถยกสูงกว่าหัวเก๋งรถ ซึ่งนิยมใช้ในการขนย้ายผลผลิตเกษตรกรทั่วไปในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยในการทดสอบใช้งานเบื้องต้น ณ แปลงเกษตรกร พื้นที่ จ.ขอนแก่น เพื่อตรวจสอบกลไกการทำงานต่างๆของเครื่องมือขนย้ายฯ ที่ส่งกำลังขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์เบนซิน 5 แรงม้า ผ่านพู่เล่ย์ และสายพาน ซึ่งผลการทดสอบเบื้องต้น พบว่าส่วนที่ต้องปรับปรุงแก้ไขหลักๆ คือ การจับยึดติดตั้งด้านข้างตัวรถบรรทุก ยังไม่สะดวกและ

ขาดความแข็งแรงในขณะที่ทำการเคลื่อนย้ายรถในแปลง และตำแหน่งของกระบะรองรับในการเทหัวมันสำปะหลัง ค่อนข้างสูงและไม่สามารถปรับเลื่อนขึ้นลงได้ตามขนาดรถบรรทุก ผู้วิจัยจึงนำไปปรับปรุงแก้ไขเพื่อการทดสอบครั้งถัดไป (รูปที่ 9)



รูปที่ 10 ต้นแบบเครื่องขนย้ายหัวมันสำปะหลังทดสอบที่ ศวพ.กาฬสินธุ์

ภายหลังจากการแก้ไขและปรับปรุงเครื่องต้นแบบ ได้นำเครื่องมือขนย้ายฯ ไปทำการทดสอบที่แปลงทดลองการผลิตมันสำปะหลังของ ศวพ.กาฬสินธุ์ (รูปที่ 10) เพื่อทดสอบหาสมรรถนะในการทำงาน ซึ่งก็มีข้อจำกัดในการทดสอบ คือ รถบรรทุกผลผลิตเกษตร (ของ ศวพ.กาฬสินธุ์) มีลักษณะที่ต่างจากของเกษตรกร ซึ่งแผงกระบะข้างไม่มี จึงทำให้การทดสอบไม่ได้ตามแผนที่วางไว้เท่าที่ควร แต่ก็ได้ทำการทดสอบเพื่อเก็บข้อมูลการทำงาน เช่น ความเร็วเชิงเส้นของอุปกรณ์ลำเลียง (เมตร/วินาที) โดยการแปรค่าความเร็วรอบของเครื่องยนต์เบนซิน 5 แรงม้า ความสามารถในการทำงาน (ตัน/ชั่วโมง) ความสูญเสียของหัวมันสำปะหลังที่เกิดจากการร่วงหล่นในแปลง (%) เป็นต้น (ตารางที่ 1) เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปปรับแก้ไขเครื่องมือให้เหมาะสมต่อไป

**ตารางที่ 1** ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องมือขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกในภาคสนาม ณ แปลงทดลองการผลิตมันสำปะหลัง ศวพ.กาฬสินธุ์ (มิถุนายน 2558)

ความเร็วรอบ เครื่องยนต์ (รอบ/นาที)	ซ้ำที่	ความเร็วเชิงเส้น (เมตร/วินาที)	ความสามารถในการทำงาน (ตัน/ชั่วโมง)	ความสูญเสีย (%)
--	--------	-----------------------------------	---------------------------------------	--------------------

1,800	1	0.75	2.77	6.73
	2	0.78	3.48	8.77
	3	0.77	2.75	12.62
	เฉลี่ย	0.76	<b>2.98</b>	<b>9.35</b>
	SD	0.02	0.42	2.99
2,000	1	0.84	3.67	0.98
	2	0.82	4.20	1.79
	3	0.81	3.15	2.70
	เฉลี่ย	0.82	<b>3.62</b>	<b>1.85</b>
	SD	0.02	0.53	0.86
2,200	1	0.88	3.53	0.57
	2	0.90	3.06	0.84
	3	0.91	3.34	0.87
	เฉลี่ย	0.90	<b>3.29</b>	<b>0.76</b>
	SD	0.02	0.24	0.17

จากตารางที่ 1 ในการพิจารณาเลือกใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1800 - 2200 รอบ/นาที หรือความเร็วเชิงเส้น 0.76 - 0.90 เมตร/วินาที เนื่องจากเป็นช่วงที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ของสายพานลำเลียงไม่ช้าเกินไปและไม่เร็วมากเกินไปจนสิ้นสะท้อนในขณะทำงานขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก ทั้งนี้จากผลการทดสอบเบื้องต้นพบว่า ความเร็วรอบต่ำ (1800 รอบ/นาที) มีความสูญเสียจากการร่วงหล่นของหัวมันฯ มากที่สุด สาเหตุอาจจะเนื่องจากอุปกรณ์ขนย้ายมีความเร็วในการส่งหัวมันฯ ลงกระบะรถบรรทุกไม่เพียงพอจึงทำให้หัวมันฯ ม้วนตัวกลับลงด้านใต้สายพานลำเลียงและร่วงหล่นสู่พื้นดิน อย่างไรก็ตามควรมีการทดสอบหาความเร็วที่เหมาะสมในการขนย้ายหัวมันฯ เพิ่มเติม โดยใช้ความเร็วรอบ 2000 - 2200 รอบ/นาที (0.82 - 0.90 เมตร/วินาที) และปรับปรุงอุปกรณ์บางส่วนให้สมบูรณ์ขึ้นเพื่อให้มีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีขึ้นต่อไป



รูปที่ 11 การทดสอบเครื่องขนย้ายหัวมันสำปะหลังทดสอบที่ ศวพ.ภาพสินธุ์



รูปที่ 12 ปัญหาของการลำเลียงหัวมันสำปะหลังและการแก้ไขต้นแบบในภาคสนามขณะทดสอบ

## 9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เครื่องมือขนย้ายหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกแบบติดด้านข้างตัวรถใช้ต้นกำลังเครื่องยนต์เบนซิน 5 แรงม้า ใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เหมาะสม 2000 – 2200 รอบต่อนาที หรือความเร็วเชิงเส้นของกระพ้อลำเลียง 0.82 – 0.90 เมตรต่อวินาที เครื่องสามารถพับเก็บได้ขณะรถเคลื่อนที่ในแปลง และถอดเครื่องยนต์ออกเมื่อเสร็จจากการทำงานแล้ว จากผลการทดสอบมันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 9 ในแปลงทดลองศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรภาพสินธุ์ ศวพ.3 ใช้รถบรรทุกขนาด 3 ตันบรรทุก โครงด้านข้างรถเป็นราวเหล็กที่มีช่องว่างห่างมากเกินไป (มากกว่า 30 ซม.) ซึ่งอาจจะไม่เหมาะสมสำหรับการบรรทุกมันสำปะหลังมากนักซึ่งทำให้หัวมันสำปะหลังร่วงหล่นได้ง่ายในขณะทำการขนย้าย ทั้งนี้พบว่าเครื่องมือมีความสามารถในการทำงาน 3.29 – 3.62 ตันต่อชั่วโมง มีความสูญเสียจากการร่วงหล่น 0.76 – 1.85% สามารถแก้ไขปัญหของปัญหาการขาดแคลนแรงงานลดภาระหนักของการขั้นตอนการขนย้ายผลผลิตมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกได้ดีกว่าการใช้แรงงานคน

## 10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- 10.1 เพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้สนใจนำไปประยุกต์ใช้งาน หรือพัฒนาต่อยอดให้เป็นประโยชน์สูงสุดต่อไป
- 10.2 เป็นการให้บริการความรู้กับภาคเอกชน นำเครื่องมือต้นแบบไปขยายผลเพื่อผลิตในเชิงพาณิชย์

10.3 เสนอผลงานวิจัยในการประชุมสัมมนาวิชาการที่สำคัญๆ เช่น การประชุมสัมมนาวิชาการของสถาบันวิจัยพืชไร่ สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย และการสัมมนาวิชาการอื่นๆที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น

10.4 เผยแพร่ผลงานวิจัยทาง Web site ของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

10.5 ส่งข่าวงานวิจัยแก่สาธารณะผ่านทางสื่อต่างๆ โดยความร่วมมือของฝ่ายประชาสัมพันธ์กรมวิชาการเกษตร ทั้งทางหนังสือพิมพ์ วิทยุ และโทรทัศน์ ออกงานนิทรรศการด้านการเกษตรต่างๆ สาธิตให้แก่เกษตรกรกลุ่มเป้าหมายร่วมกับภาคเอกชน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

## 11. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรภาพสินธุ์ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 กรมวิชาการเกษตร ที่ให้การสนับสนุนแปลงทดลองมันสำปะหลัง รถบรรทุก และสถานที่ทดสอบในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่มีส่วนช่วยสนับสนุนงานวิจัย และศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำวิจัย

## 12. เอกสารอ้างอิง

- กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2549. สถานภาพวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลของประเทศไทย. <http://www.cassava.org>
- จารุวัฒน์ มงคลธนทรศ, สาทิส เวณจันทร์, คณิตศักดิ์ เจียรนัยกุล และสุทิน จุฑะสุวรรณ. 2535. วิจัย วิเคราะห์ การใช้เครื่องขุดมันสำปะหลัง. รายงานผลการค้นคว้าวิจัย 2535 ทะเบียนวิจัยเลขที่ 35 08 006 008, กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร
- จารุวัฒน์ มงคลธนทรศ และอนุชิต ฉ่ำสิงห์. 2550. เครื่องขุดมันสำปะหลัง. หนังสือพิมพ์กสิกร, 80(5): หน้า 89-102.
- เชิดพงษ์ เขียวชาญวัฒนา และเสรี วงพิเชษฐ. 2549 . การศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์ช่วยขนย้าย มันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก . สัมมนาวิชาการ วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและหลังการผลิตแห่งชาติ ครั้งที่ 4 วันที่ 8-9 มิถุนายน 2549 จังหวัดเชียงใหม่.
- ดนูวัต ทางดี และเสรี วงศ์พิเชษฐ์ .2555. การออกแบบพัฒนาอุปกรณ์ตักและลำเลียงเหง้ำมันสำปะหลังการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่13 4-5 เมษายน 2555 จังหวัดเชียงใหม่.
- พร้อมพันธุ์ เสรีวิชัยสวัสดิ์. 2549. อิทธิพลของระยะเวลาเก็บเกี่ยวหลังการตัดต้นที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพของหัวมันสำปะหลัง. มุลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย  
<http://www.tapiocathai.org/reference/03.htm>
- วิทวัส สมัญญาภรณ์ . 2545. เครื่องขมมันสำปะหลังเพื่อบรรทุกขึ้นรถบรรทุก. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 99 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2549/50. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

- สุรพงษ์ เจริญรัต, นันทวรรณ สโรบล, กุลศิริ กลั่นนุรักษ์, อาภาณี โภคประเสริฐ, เสาวรี ตั้งสกุล, จรุงสิทธิ์ ลิ่มศิลา และอุดม เลียบวัน. 2550. กิจกรรมการศึกษาโอกาสและข้อจำกัดของการผลิตพืชไร่เศรษฐกิจสำคัญงานทดลองประเมินความคุ้มค่าการลงทุนและสถานะความเสี่ยงของเกษตรกรจากความแปรปรวนด้านการผลิตและราคาของผลผลิตมันสำปะหลังและอ้อย, น.135-139. เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องแนวทางการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง. 159 น.
- สุกรี นันตะสุนทร, พัศตร์วิภา สุทธิวาริ, สมนึก นิยะโต และพรศักดิ์ ต่ายก้อนทอง. 2540. ออกแบบและพัฒนาเครื่องขนมันสำปะหลัง. รายงานวิจัยฉบับเต็ม ทะเบียนวิจัยเลขที่ 4008001007, กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- เสรี วงษ์พิเชษฐ์. 2549. การใช้เครื่องเก็บขูดมันสำปะหลังและการใช้แรงงานในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง. สัมภาษณ์
- อนุชิต ฉ่ำสิงห์ และคณะ. 2552. การพัฒนาเครื่องขูดมันสำปะหลังแบบไถหัวหมู. รายงานผลการวิจัยสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.
- Anuchit Chamsing. 2007. Agricultural Mechanization Status and Energy Consumption for Crop Production in Thailand. AIT Diss No. AE...(In process). Asian Institute of Technology, Pathum Thani, Thailand.
- Chakkaphak, Chak and Kiatiwat, Thanya. 1995. Situation of farm machinery and prospected cooperation with CIAT. Unpublish. Agricultural Engineering Division, Department of Agriculture, Bangkok Thailand