

วิจัยและพัฒนาเครื่องเก็บและย่อยเหง้ามันสำปะหลังติดท้ายแทรกเตอร์  
Research and Development of Cassava Rhizome Picker and Chopper  
Attached to Tractor

เวียง อากรชี นางสาวขนิษฐ หวานณรงค์ อนุชิต ฉ่ำสิงห์  
Weang Arekornchee Khanit Wannaronk Anuchit Chamsing  
นายเทียนชัย เหลลาลา นายสมส่วน ทองดีนอก  
Tianchai Laola Somsuan Thongdeenock

**คำสำคัญ :** เครื่องเก็บและย่อย เหง้ามันสำปะหลัง รถแทรกเตอร์  
**Key words :** picker and chopper, cassava rhizome, four-wheel tractor

### บทคัดย่อ

เครื่องเก็บและย่อยเหง้ามันสำปะหลังติดท้ายรถแทรกเตอร์ ประกอบด้วยด้วยเครื่องจักร 2 ขั้นตอนด้วยกัน คือ เครื่องขุดและเก็บลำเลียง เครื่องหั่นย่อยเหง้ามันสำปะหลัง โดยเครื่องขุดและเก็บลำเลียงประกอบด้วย ผาลขุด หน้ากว้าง 400 มิลลิเมตร ขุดตะแกรงร่อนสายพานโซ่ลำเลียง หน้ากว้าง 800 มิลลิเมตร ยาว 1,200 มิลลิเมตร ซึ่งตะแกรงเป็นเหล็กแป๊บกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างซี่ 60 มิลลิเมตร ขับเคลื่อนการหมุนจากเพลลาอำนาจกำลังแทรกเตอร์มีความสามารถในการขุดและเก็บ 0.75 ไร่/ชั่วโมง มีร้อยละมันสำปะหลังที่สูญเสีย เท่ากับ 4.5 เครื่องย่อยเหง้ามันสำปะหลังใช้เครื่องย่อยวัสดุเกษตร ของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ใช้ต้นกำลังการหมุนใบมีด สับจากเพลลาอำนาจกำลังรถแทรกเตอร์ ใช้ 750 รอบ/นาที สามารถสับเหง้ามันสำปะหลังได้ประมาณ 1,200 กิโลกรัม/ชั่วโมง

### Abstract

The cassava rhizome picker and chopper attached to Tractor consisted of two machines for two step were cassava digger together elevator and cassava rhizome chopper. The cassava picker consisted blade plough 400 millimeter width and chain belt conveyor was 800 millimeter width and 1,200 millimeter length. The diameter of round bar pipe was 20 millimeter and interval of round bar pipe was 60 millimeter. The chain belt conveyor was powered by tractor PTO. The Field capacity was 0.75 rai/hr and

cassava loss percentage was 4.5 %. The cassava rhizome chopper was constructed by Agricultural Engineering Research Institute. It used chipping blade at 750 rpm power by tractor PTO and capacity of rhizome chopper was 1,200 Kg/hr.

## บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชไร่เศรษฐกิจที่มีความสำคัญพืชหนึ่งของประเทศไทย ประเทศไทยมีพื้นที่การเพาะปลูกมันสำปะหลัง 6.9 ล้านไร่ ซึ่งมีผลผลิต 18.90 ล้านตัน จากการผลิตมันสำปะหลังมีผลพลอยได้ที่เรียกว่า เหง้ามัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551)

เหง้ามันสำปะหลังเป็นเศษวัสดุเหลือใช้ที่เหลืออยู่ในแปลงหลังการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง จากข้อมูลสัดส่วนเหง้ามันสำปะหลัง ในเขตอำเภอเมือง จ. นครราชสีมา พบว่า โดยเฉลี่ยในการผลิตมันสำปะหลังจะมีเหง้ามันสำปะหลังหลงเหลืออยู่ในแปลง ประมาณ 8-14% ของหัวมันสำปะหลังสด โดยน้ำหนัก ซึ่งเหง้ามันสำปะหลังดังกล่าวจะกระจายอยู่ในแปลงตามวิธีการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวโดยทั่วไปประกอบด้วย 1) การตัดต้นโดยเฉพาะกรณีต้องการใช้เป็นท่อนพันธุ์ในฤดูการปลูกต่อไปหรือจำหน่ายท่อนพันธุ์ 2) การถอนหรือขุดหัวมันสำปะหลังออกจากดิน 3) การเก็บรวบรวมหัวมันสำปะหลังที่ขุดหรือถอนแล้วให้เป็นกอง 4) การตัดหัวมันสำปะหลังออกจากต้นหรือเหง้า และ 5) การขนลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกซึ่งมีหลากหลายชนิดเพื่อการขนย้ายไปจำหน่ายยังสถานที่รับซื้อต่อไป จาก การประเมินผลข้อมูลภาคสนามที่เกี่ยวข้องกับระบบการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง พบว่า มีวิธีการเก็บเกี่ยวอยู่ 2 รูปแบบหลัก คือ การเก็บเกี่ยวแบบใช้แรงงานคนในทุกขั้นตอน และ แบบใช้เครื่องขุดมันสำปะหลัง ร่วมกับการใช้แรงงานคน โดยการเก็บเกี่ยวด้วยคนทั้งหมดนั้นจะทำการขุดหัวมันขึ้นมาบนผิวดินแล้วคนงานจะใช้มีดสับเหง้ามันสำปะหลังเพื่อแยกเอาเฉพาะหัวมัน แล้วก็ทำการลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกต่อไป เหง้ามันสำปะหลังจะกระจัดกระจายตามร่องในแปลง ส่วนการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องจักร และคนช่วยเก็บ จะมีการรวบรวมลำเลียงหัวมันสำปะหลังพร้อมเหง้า เอาไว้เป็นจุดและทำการสับเหง้าออก และลำเลียงขึ้นรถบรรทุก ทำให้เหง้ามันสำปะหลังในการเก็บเกี่ยวลักษณะนี้จะไม่กระจัดกระจายในแปลง ง่ายต่อการรวบรวม

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องจักรเพื่อเป็นการลดต้นทุน และแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการเก็บเกี่ยว โดยสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ได้มีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ที่สามารถดำเนินการได้ทั้งการขุด และลำเลียงเพื่อการรวบรวมไว้ ณ จุดรวบรวม ในแปลงหรือข้างแปลงจะช่วยลดขั้นตอนการทำงาน และจำนวนแรงงานที่ใช้ได้เป็นอย่างมาก ทั้งสะดวกต่อการจัดการในขั้นต่อไปคือ การตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้าหรือโคน ด้วยเครื่องมือสำหรับตัดหัวมันสำปะหลัง

ออกจากเหง้า เหง้ามันสำปะหลังซึ่งมีน้ำหนักรวม ความหนาแน่นต่ำ ไม่คุ้มค่าแก่การขนส่ง จำเป็นที่จะต้องทำการออกแบบระบบรวบรวม การสับย่อย/ลดขนาดเหง้ามันสำปะหลังให้มีความเหมาะสมแก่การขนส่งหรือการนำกลับมาเป็นปุ๋ยคิ่งสุ่งแปลง ซึ่งทางสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมจึงได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องเก็บและย่อยเหง้ามันสำปะหลังขึ้น โดยมีหลักการท่งงานของเครื่องที่สามารถเก็บเหง้ามันสำปะหลังขึ้นจากแปลงพร้อมลำเลียงเข้าเครื่องหั่นย่อยลดขนาดของวัสดุเพื่อให้เหง้ามันย่อยสลายได้เร็วขึ้น และทิ้งไว้ในแปลงเพื่อให้อินทรีย์วัตถุคงอยู่ในดิน

### การทบทวนวรรณกรรม

พันธุ์ของมันสำปะหลังสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1. **ชนิดหวาน** เป็นมันสำปะหลังที่ใช้เพื่อการบริโภค มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคต่ำ ไม่มี รสขมสามารถใช้หัวสดทำอาหารได้โดยตรง เช่น นำไปนึ่ง เชื่อม หรือทอด ซึ่งได้แก่ พันธุ์ห่านาที่ พันธุ์ระยอง 2 เป็นต้น
2. **ชนิดขม** เป็นมันสำปะหลังที่มีรสขม ไม่เหมาะสำหรับการบริโภคของมนุษย์หรือใช้หัว สดเลี้ยงสัตว์โดยตรง เนื่องจากมีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคสูง มีความเป็นพิษต่อร่างกาย ต้องนำไปแปรรูปเป็นมันอัดเม็ดหรือมันเส้นแล้วจึงนำไปเลี้ยงสัตว์ได้ ซึ่งได้แก่ พันธุ์ระยอง 1, พันธุ์ระยอง 3, พันธุ์ระยอง 5 , พันธุ์ระยอง 60 ,พันธุ์ระยอง 90 และเกษตรศาสตร์ 50

สำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นชนิดขมเพื่อใช้ในอุตสาหกรรม โดยพันธุ์ที่ปลูกกันมากคือพันธุ์พื้นเมือง ซึ่งสันนิษฐานว่าเป็นพันธุ์ที่มีการนำเข้ามาจากประเทศ มาเลเซีย ต่อมากรมวิชาการเกษตรและมหาวิทยาลัยได้มีการวิจัยปรับปรุงพันธุ์ และแนะนำให้ เกษตรกรนำไปปลูกดังนี้ คือ พันธุ์ระยอง 1, พันธุ์ระยอง 3, พันธุ์ระยอง 60, พันธุ์ระยอง 90, พันธุ์ระยอง 5, พันธุ์ระยอง 72, พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50, พันธุ์ห้วยบง 60 และพันธุ์ห่านาที่

เหง้ามันสำปะหลัง(Cassava rhizome) เป็นส่วนที่ได้จากการเก็บผลผลิตของมันสำปะหลังเหง้ามันสำปะหลังเป็นส่วนที่อยู่ระหว่างหัวมัน (root) กับลำต้น (stem) ที่อยู่เหนือดิน ปกติส่วนเหง้ามันสำปะหลังนี้จะเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 มันสำปะหลังก่อนขุด หลังขุด และเหง้ามันสำปะหลัง

### วิธีการปลูก

โดยทั่วไปเกษตรกรกรปลูกมันสำปะหลัง ใช้ระยะแถว 70-100 เซนติเมตร ระยะหลุม 50-100 เซนติเมตร ส่วนใหญ่ใช้ระยะปลูก 80x80 หรือ 80x100 หรือ 100x100 เซนติเมตร จำนวนต้น 1,600 - 2,500 ต้นต่อไร่ กรณีการปลูกแบบยกร่องปลูกให้ปลูกบนสันร่อง ต้นพันธุ์ที่ จะนำไปปลูกควรใหม่และสด หรือตัดไว้นานไม่เกิน 15-30 วัน จากต้นที่สมบูรณ์ อายุ 8 - 12 เดือน ปราศจากโรคใบไหม้ หรือการทำลายของแมลงศัตรูพืช หรือได้รับความเสียหายจากสารกำจัดวัชพืช ตัดท่อนพันธุ์ยาวประมาณ 20 เซนติเมตร มีจำนวนตาไม่น้อยกว่า 5 ตา ปีกท่อนพันธุ์ตั้งตรง ลึกประมาณ 10 เซนติเมตร

### การเก็บเกี่ยว

ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม เก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่อายุ 8 เดือน แต่อายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม คือ 12 เดือนหลังปลูก ไม่ควรเก็บเกี่ยวในช่วงที่มีฝนชุก เนื่องจากหัวมันสำปะหลังจะมีเปอร์เซ็นต์ แป้งต่ำ การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวนำผลผลิตหัวมันสดส่งโรงงานทันที ไม่ควรเก็บไว้เกิน 2 วัน เพราะจะเน่าเสีย การขนส่งรถบรรทุกหัวมันสำปะหลังต้องสะอาดและเหมาะสมกับปริมาณ หัวมันสด ไม่ควรเป็นรถที่ใช้บรรทุกดิน สัตว์ หรือมูลสัตว์ เพราะอาจมีการปนเปื้อนของเชื้อโรคปาก และเท้าเปื่อย และไม่ควรเป็นรถที่บรรทุกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ หรือถั่วลิสง เพราะอาจมีการปนเปื้อน ของสารพิษอะฟลาทอกซิน ยกเว้นจะมีการทำ

ความสะอาดอย่างเหมาะสมก่อนนำมาบรรทุก หัวมันสำปะหลัง และไม่ควรเป็นรถที่ใช้บรรทุกปุ๋ยเคมีและสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กองเกษตรวิศวกรรม ได้ดำเนินการพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลัง โดยทำการศึกษาเครื่อง ขุดมันสำปะหลัง ที่มีใช้กันอยู่หลายแบบ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนา จากการทดสอบและประเมินผล เครื่องขุดมันสำปะหลังที่ใช้กันอยู่ พบว่ามีขีดจำกัดในการทำงานคือ เครื่องไม่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง เมื่อใช้เครื่องขุดแล้วต้องหยุดเพื่อใช้คนนำเอา มันออกจากร่องขุด เพื่อมิให้รถแทรกเตอร์เข้าไปเหยียบในการขุดในรอบต่อไป ซึ่งเกษตรกร แก้ปัญหานี้โดยใช้คนยืนรออยู่สองข้างของแปลง เพื่อขนมันออกเพื่อทำให้การขุดต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังพบว่า ความกว้างของผลขุดไม่เหมาะสมทำให้ต้องใช้กำลังรถแทรกเตอร์มาก และทำให้หัวมันแตกหัก และตกค้างอยู่ค่อนข้างมาก

จากปัญหาดังกล่าว คณะผู้ดำเนินงานวิจัย จึงได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบคันเดี่ยวขึ้น ดังภาพที่ 2 เครื่องชนิดนี้ใช้ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาด 60-70 แรงม้า ผลขุดมีลักษณะคล้ายกับไถหัวหมูความกว้าง ของใบผล 80 ซม.



ภาพที่ 2 เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบคันเดี่ยว

ที่มา : สถาบันวิจัยพืชไร่, 2552.

ในการทำงานของเครื่อง ผลขุดจะขุดมันสำปะหลังและส่งให้หัวมันเคลื่อนไปตามรัศมี ความโค้งของใบผลผ่านซี่ตะแกรงแยกดิน แล้วตกลงด้านข้างของแนวขุดทำให้สามารถขุดร่องต่อไปได้อย่างต่อเนื่อง จากการทดสอบพบว่า เครื่องมีความสามารถในการทำงานโดยเฉลี่ย 4.15 ไร่ต่อชั่วโมง หรือประมาณ 33.2 ไร่ต่อวัน (คิดการทำงานวันละ 8 ชั่วโมง) ประสิทธิภาพในการทำงานโดยเฉลี่ย ร้อยละ 86.78 สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องมีการแตกหักของหัวมัน เนื่องจากการขุดโดยเฉลี่ย ร้อยละ 10.4

หัวมันตกค้างร้อยละ 7.26 มีจุดคุ้มทุนในการใช้งานเท่ากับ 11.66 ไร่ ต่อปีเมื่อ เปรียบเทียบกับการชุดโดยใช้แรงงานคน (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2552)

สมนึก ชูศิลป์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้ออกแบบเครื่องชุดมันสำปะหลัง โดยมีผลชุดรูปสามเหลี่ยมติดตั้งด้านหน้ารถแทรกเตอร์ และมี ชุดลำเลียงมันสำปะหลังที่ชุดได้ออกทางด้านข้าง โดยชุดชุดประกอบด้วยผลชุดรูปสามเหลี่ยม ขนาดกว้างตรง 80 ซม. โഴ่ลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้นจากดิน ยาว 100 ซม. ติดตั้งทำมุม 30 องศา ในแนวนอน โഴ่ลำเลียง หัวมันสำปะหลังออกด้านข้างยาว 200 ซม.ในแนวนอน และใช้เครื่องยนต์ เบนซิน ขนาด 8 แรงม้า 3600 รอบต่อนาที พร้อมชุดถ่ายทอดกำลังสู่โഴ่ลำเลียง ดังภาพที่ 3 ผลการทดสอบเบื้องต้นพบว่า ประสิทธิภาพการชุด หัวมันขาด และหัวมันหลงเหลือในดิน คิดเป็น 85.9 , 9.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การใช้งานเครื่องชุดต้องการตัดต้นมันสำปะหลังก่อน เครื่องชุดมันสำปะหลังยังต้องการปรับปรุงและทดสอบระยะยาว ในสภาพดินที่ปลูกแตกต่างกัน (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2552)



ภาพที่ 3 เครื่องชุดมันสำปะหลังชนิดติดหน้ารถแทรกเตอร์

ที่มา : สถาบันวิจัยพืชไร่, 2552.

ปราโมทย์ คำเมือง และคณะ (2537) ได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องชุดมันฝรั่งติด รถไถเดินตาม ดังภาพที่ 4 พบว่ามีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยประมาณ 6.24 ไร่ต่อวัน มี ประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ยร้อยละ 80.90 ใช้แรงฉุดลากต่อหน่วยพื้นที่เฉลี่ย 1.561 นิวตันต่อ ตารางเซนติเมตร



ภาพที่ 4 เครื่องชุดมันฝรั่งติดรถไถเดินตาม

ที่มา : ปราโมทย์ คำเมือง และคณะ, 2537.

ปราโมทย์ คำเมือง และคณะ (2539) ได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องชุดมันฝรั่ง ติดท้ายรถแทรกเตอร์ ดังภาพที่ 5 พบว่ามีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยประมาณ 1.81 ไร่ ต่อชั่วโมง ใช้แรงจุกลากต่อหน่วยพื้นที่เฉลี่ย 4.69 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร มีการแตกหักของ หัวมันฝรั่งเฉลี่ยร้อยละ 1.30 ของทั้งหมด หัวมันฝรั่งหลงเหลือในดินมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.99 ของ ทั้งหมด และหัวมันฝรั่งที่ถูกดินกลบมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 1.81 ของทั้งหมด



ภาพที่ 5 เครื่องชุดมันฝรั่งติดท้ายรถแทรกเตอร์

ที่มา : ปราโมทย์ คำเมือง และคณะ, 2539.

บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร (2545) ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องชุดมันฝรั่งแบบตะแกรง ร่องบันไดเลื่อนติดรถไถเดินตาม พบว่ามีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยประมาณ 7.07 ไร่ต่อวัน มี

ประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ยร้อยละ 84.06 มีมันฝรั่งที่ถูกกลบเฉลี่ยร้อยละ 5.20 และไม่พบมันฝรั่งที่เสียหายเนื่องจากการขุด ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 เครื่องขุดมันฝรั่งแบบตะแกรงร่อนบันไดเลื่อนติดรถไถเดินตามต้นแบบ

ที่มา : บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร, 2545.

บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร และคณะ (2546) ได้ทำการพัฒนาเครื่องขุดมันฝรั่งแบบตะแกรง ร่อนบันไดเลื่อนติดรถไถเดินตามให้ลดน้ำหนักลงได้ทั้งสิ้นร้อยละ 36 และจากการเก็บข้อมูล พบว่า มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยในช่วง 4.6 ถึง 7.8 ไร่ต่อวัน มีประสิทธิภาพในการทำงานเฉลี่ย ร้อยละ 71.78 ถึง 79.65 ส่วนคุณภาพของมันฝรั่งหลังการขุด พบว่า สามารถขุดมันฝรั่งได้หมดมี มันฝรั่งเสียหาย และดินกลบน้อยมาก ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 เครื่องขุดมันฝรั่งแบบตะแกรงร่อนบันไดเลื่อนติดรถไถเดินตามที่พัฒนาแล้ว

ที่มา : บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร และคณะ, 2546.



บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร (2549) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องขุดมันฝรั่งพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก จากการทดสอบ พบว่า อัตราส่วนความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ต่อ ความเร็วตะแกรงร่อนของเครื่องขุดมันฝรั่ง 1:1.6 ความเร็วรอบ 1,300 รอบต่อนาที เป็นอัตราส่วน และความเร็วที่เหมาะสม จากการทดสอบการทำงานจริง พบว่า มีค่าดัชนีความเสียหายเท่ากับ 8.00 ร้อยละของมันฝรั่งไม่เสียหายเท่ากับ 99.02 และร้อยละของมันฝรั่งที่ถูกดินกลบเท่ากับ 0.33 สามารถทำงานได้ 10.96 ไร่ต่อวัน ประสิทธิภาพการทำงานเท่ากับ 85.09 ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 เครื่องขุดมันฝรั่งพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

ที่มา : บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร, 2549.

จารุวัฒน์ (2552) ได้สร้างเครื่องหั่นย่อยซากพืชตระกูลปาล์มขึ้นโดยปรับปรุงจากเครื่องหั่นฟาง ใช้ต้นกำลังเป็นเครื่องยนต์ดีเซลขนาดไม่ต่ำกว่า 10 แรงม้า ใช้ผู้ปฏิบัติงาน 2-4 คน มีอัตราการตัดหั่นทางปาล์ม 1,500 ถึง 2,500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง นอกจากนี้ยังได้พัฒนาให้สามารถหั่นย่อยทางใบของพืชตระกูลปาล์มอื่นๆ เช่น มะพร้าว สละ และระกำ ตลอดจนเศษทะเลลายปาล์มได้ด้วย ดังภาพที่ 9



### ภาพที่ 9 เครื่องหั่นย่อยพืชตระกูลปาล์ม

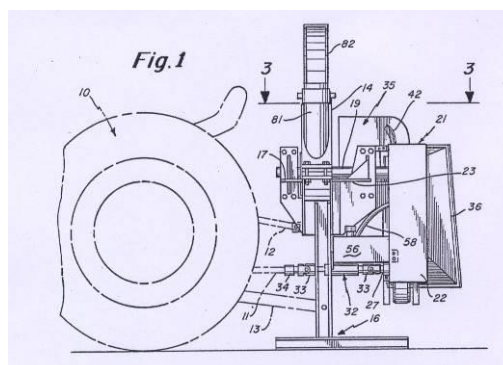
ที่มา : จารุวัฒน์, 2552

เรืองเกียรติ, (2547) ได้ทำการออกแบบเครื่องย่อยวัสดุเกษตรแบบแรงเหวี่ยงเพื่อใช้ย่อยวัสดุเกษตรขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุด 50 มิลลิเมตร โดยเครื่องย่อยวัสดุเกษตรใช้ชุดใบมีด 4 เขี้ยว ใช้กำลังขับเคลื่อนมอเตอร์ขนาด 5 แรงม้า พบว่าจำนวนรอบที่เหมาะสมคือ 88 รอบต่อนาที โดยได้ทำการทดสอบ กระจิน, ผักตบชวา และกาบมะพร้าว ในการทดสอบย่อยกระจินด้วยเครื่องย่อยวัสดุเกษตร มีกำลังการผลิต 523 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สำหรับกระจินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30-50 มิลลิเมตร

Chancellor (1957) แบ่งประเภทของวัสดุชีวภาพโดยขึ้นอยู่กับลักษณะการตัดออกเป็น 2 ประเภท คือ (1) วัสดุชีวภาพที่ไม่มีเส้นใย (non-fibrous materials) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นเนื้อเดียวกันในทุกทิศทางของการตัด โดยทั่วไปแล้วเซลล์ของวัสดุจะเต็มไปด้วยของเหลว และ (2) วัสดุชีวภาพที่มีเส้นใย (fibrous materials) วัสดุชีวภาพแบบนี้จะมีเส้นใยที่แข็งแรงและกำลังที่ใช้ในการตัดจะขึ้นอยู่กับทิศทางของการตัดผ่าน ซึ่งพฤติกรรมการตัดวัสดุเส้นใย ประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนที่แรงกดกระทำอย่างเดี่ยว แรงกดกระทำร่วมกับแรงเหวี่ยง และแรงเหวี่ยงกระทำอย่างเดี่ยว (Ince et al., 2005)

Prasad and Gupta (1975) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกลในการตัดต้นข้าวโพดและพบว่า ที่ความชื้น 74% w.b. มุมคมของใบมีด (knife bevel angle) และมุมในการตัด (cutting directions) ที่เหมาะสมคือ 23 และ 55 องศา ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่าพื้นที่หน้าตัดและค่าความชื้นมีผลต่อค่าแรงเหวี่ยงสูงสุดและค่าพลังงานที่ใช้ โดยที่ค่าแรงเหวี่ยงสูงสุดและพลังงานที่ใช้ในการตัดจะแปรผันตรงกับพื้นที่หน้าตัดแต่แปรผกผันกับค่าความชื้น ส่วนค่าความเร็วในการตัดก็มีผลต่อค่าแรงสูงสุดเช่นกัน โดยเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นจาก 20 cm/min เป็น 100 cm/min ค่ากำลังเหวี่ยงสูงสุดจะลดลงจาก 3.3 ถึง 2 N/mm<sup>2</sup>

Carl D, Waterman (1987) ได้ประดิษฐ์เครื่องหั่นย่อยไม้โดยใช้ต้นกำลังจากแทรกเตอร์ ส่งกำลังผ่านเพลลา PTO มายังเพลลามูเลย์ มาขับเคลื่อนหั่นย่อย ดังภาพที่ 10



**ภาพที่ 10** เครื่องหันย่อยไม้โดยใช้กำลังจากแทรกเตอร์  
ที่มา : Carl D, Waterman ,1987

### ระเบียบวิธีการวิจัย

ทำการศึกษาข้อมูลเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวกับการชุด การเก็บ และการจัดการมันสำปะหลัง ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับหลักการย่อยวัสดุและเครื่องหันย่อยวัสดุที่มีใช้อยู่ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการคำนวณ ออกแบบเครื่องเก็บเหง้ามันสำปะหลัง รวมถึงหลักการและเครื่องย่อย โดยในส่วนของเครื่องเก็บเหง้ามัน สำปะหลังจะออกแบบในส่วนของชุดเก็บเหง้าที่วางอยู่บนแปลงเหนือดินเพื่อให้ได้หัวเก็บที่เหมาะสม จากนั้นออกแบบระบบลำเลียงเพื่อรับเหง้ามันที่เก็บขึ้นมาแล้วทำการร่อนดินออกและลำเลียงไปสู่กระบะ บรรทุก โดยลักษณะของชุดละเลียงจะออกแบบเป็นโซ่ลำเลียง มีเพลลาอำนาจกำลังจากแทรกเตอร์ ขนาด 80 แรงม้าเป็นต้นกำลังในการหมุนขับเคลื่อน ทำการสร้างเครื่องต้นแบบ ณ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร และทำการทดสอบ ณ แปลงเกษตรกร อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี ทำการประเมิน ประสิทธิภาพของการทำงานเครื่องเก็บและลำเลียงเหง้ามันสำปะหลัง ว่ามีอัตราการเก็บที่ใกล้เคียงต่อ ชั่วโมง หรือกี่ไร่ต่อวัน เก็บข้อมูลปัญหาที่พบ ค่าใช้จ่ายต่างๆ เป็นต้น ในส่วนของเครื่องหันย่อยเหง้ามัน สำปะหลังให้มีขนาดเล็กลงจะใช้เครื่องหันย่อยที่ออกแบบโดย สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการ เกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เป็นเครื่องที่ใช้ในการทดสอบ โดยในขั้นตอนการบดย่อยเหง้ามัน สำปะหลังนี้จะทำกันคนละขั้นตอนกับการเก็บเหง้ามันสำปะหลังขึ้นมา ซึ่งการย่อยเหง้ามันสำปะหลังจะ ย่อยหลังจากรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังมาไว้ที่กองแล้วจึงทำการย่อย โดยเครื่องย่อยจะใช้ต้นกำลังในการ หมุนใบมีสับย่อยจากเพลลาอำนาจกำลังของแทรกเตอร์ ทำการเก็บข้อมูล อัตราการย่อย ขนาดของชิ้นเหง้า มันหลังการย่อย เป็นต้น ทำการวิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ

#### สถานที่ทำการทดลอง/ดำเนินการ

กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

แปลงเกษตรกรไร่มันสำปะหลัง จ.ปราจีนบุรี จ.ระยอง เป็นต้น

ระยะเวลา 3 ปี เริ่มต้น-สิ้นสุด (ตุลาคม 2553 – กันยายน 2556)

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ได้ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องเก็บเหง้ามันสำปะหลัง โดยสร้างในส่วนของเครื่องเก็บมัน สำปะหลังที่ทิ้งไว้ในแปลงเหนือผิวดินพร้อมออกแบบระบบลำเลียงแบบโซ่ลำเลียงมีตะแกรงซี่เหล็กทอ กลมเป็นสายพานลำเลียง โดยมีหน้ากว้างของสายพาน 800 มิลลิเมตร ยาว 1,200 มิลลิเมตร ท่อเหล็ก กลมที่เป็นซี่ของสายพาน เส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างซี่ 60 มิลลิเมตร ทำการ คำนวณออกแบบความเร็วเชิงเส้นของสายพานโซ่ลำเลียงให้สัมพันธ์กับความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถ

แทรกเตอร์ โดยกำหนดให้ความเร็วของรถแทรกเตอร์ประมาณ 1-1.2 เมตร/วินาที ซึ่งใกล้เคียงกับความเร็วที่ใช้ในการขุดมันสำปะหลังของรถแทรกเตอร์ ตามทฤษฎีแล้วระบบลำเลียงควรมีความเร็วเชิงเส้นมากกว่าความเร็วรถแทรกเตอร์ประมาณ 1.25-1.5 เท่า จึงได้ดำเนินการออกแบบต้นแบบ โครงสร้างหลักมีจุดพ่วงแบบสามจุดใช้ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ ใช้ระบบการส่งกำลังจากเพลลาอำนาจกำลังของรถแทรกเตอร์ไปที่ห้องเกียร์เปลี่ยนทิศทางอัตราทด 1:1.46 และส่งกำลังไปยังห้องโซ่เบอร์ 80 อัตราทดเฟืองโซ่ 9 ฟันขับเฟืองโซ่ 19 ฟัน เพื่อขับระบบลำเลียงซึ่งใช้โซ่ข้อปิกเบอร์ 60 และเฟืองโซ่ขนาด 27 ฟัน หลักการทำงานคือ ส่วนหัวชุดด้านหน้าจะเป็นตัวขุดมันสำปะหลังขึ้นมา และหัวมันจะผ่านตะแกรงซี่ และถูกลำเลียงขึ้นไปในระบบลำเลียงซึ่งมีหน้ากว้าง 800 มิลลิเมตร และจะตกลงสู่กระบะที่เก็บรวบรวมมันสำปะหลัง

การคำนวณอัตราทดรอบจากเพลลาอำนาจกำลังมาที่ระบบลำเลียง

$$(1/1.46) \times (9 \times 19) \times 540 = 175.20 \text{ รอบ/นาที}$$

คำนวณความเร็วเชิงเส้นของระบบลำเลียงจาก

$$\begin{aligned} v &= pzn/60 \\ &= 0.01905 \times 27 \times 175.20/60 \\ &= 1.50 \text{ เมตร/วินาที} \end{aligned}$$

ซึ่งเป็นความเร็วที่สัมพันธ์กับความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์

หลังจากออกแบบได้ดำเนินการสร้างต้นแบบโดย เริ่มสร้างในส่วนของหัวชุดแหง้ามัน และระบบลำเลียงขึ้นมาก่อน โดยส่วนชุดเป็นเหล็กซี่แบน กว้าง 40 มิลลิเมตร ยาว 200 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างซี่ 25 มิลลิเมตร จำนวน 9 ซี่ติดอยู่หน้าระบบสายพานโซ่ลำเลียง ดังภาพที่ 11 เพื่อแชะมันสำปะหลังที่ขุดไว้แล้วขึ้นมา จากนั้นจะถูกลำเลียงขึ้นชุดโซ่ลำเลียงซึ่งมีหน้ากว้าง 80 เซนติเมตรต่อไป



ภาพที่ 11 เครื่องเก็บเหง้ามันสำปะหลังติดท้ายรถแทรกเตอร์ใช้ชุดเก็บเป็นซี่เหล็ก  
ส่งขึ้นสายพานโซ่ลำเลียง

จากการทดสอบการทำงานเบื้องต้น พบว่าหัวเก็บแบบเป็นซี่ทำให้เหง้ามันและดินเข้าไปอุดเป็นผลให้ดินไม่สามารถลำเลียงขึ้นบนระบบลำเลียงได้ จึงได้ดำเนินการแก้ไขส่วนหัวชุดเป็นแบบผลจานครึ่งซี่กว้างคู่เพื่อให้พื้นที่ตักเต็มหน้ากว้างของสายพานโซ่ลำเลียง ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 เครื่องเก็บเหง้ามันสำปะหลังติดท้ายรถแทรกเตอร์ใช้หัวเก็บแบบผลจานครึ่งซี่กว้างคู่  
ส่งขึ้นสายพานโซ่ลำเลียง

จากการทดสอบหัวเก็บแบบผลจานครึ่งซี่กว้างคู่เต็มหน้ากว้างของสายพานโซ่ลำเลียงพบว่ามี การตักดินปริมาณมากและก้อนโต ส่งผลให้ดินไปตันเหง้ามันสำปะหลังหลอบออกจากแนวการตักหรือเก็บ การลำเลียงขึ้นสายพานโซ่ไม่สะดวกมีปัญหาจากการอุดของดินก้อนใหญ่ จึงนับว่าประสิทธิภาพทดสอบไม่สามารถใช้ได้วิธีการเก็บเหง้ามันสำปะหลังที่อยู่บนดินในลักษณะนี้ได้ จากปัญหาเหง้ามันสำปะหลังที่ทิ้ง อยู่บนดินในแปลงมีการเลื่อนตัวหนิการเก็บเป็นปัญหาที่สำคัญที่สุดสำหรับการเก็บ จึงจำเป็นต้องเปลี่ยน

วิธีการเก็บแบบเห้งน้ำมันสำปะหลังบนดินเป็นชุดและเก็บพร้อมหัวมันสำปะหลังขึ้นมาพร้อมกันเลยเพื่อให้สะดวกต่อการเก็บและคุ้มทุนต่อการจัดการ จึงได้ทำการออกแบบหัวเก็บแบบผลจานครึ่งซีกโดยใช้ผลจานครึ่งซีกเพียงจานเดียวเพื่อชุดหัวมันสำปะหลังพร้อมเห้ง ดังภาพที่ 13 และทำการใส่ลูกกลิ้งช่วยปิดเห้งน้ำมันให้ขึ้นสายพานโซ่ลำเลียงได้ง่ายขึ้น ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 13 เครื่องเก็บเห้งน้ำมันสำปะหลังติดท้ายรถแทรกเตอร์ใช้หัวเก็บแบบผลจานครึ่งซีกเดียว  
ส่งขึ้นสายพานโซ่ลำเลียง



ภาพที่ 14 เครื่องเก็บเห้งน้ำมันสำปะหลังติดท้ายรถแทรกเตอร์ใช้หัวเก็บแบบผลจานครึ่งซีกเดียว  
พร้อมลูกกลิ้งช่วยส่งขึ้นสายพานโซ่ลำเลียง

จากการทดสอบเครื่องเก็บเห้งน้ำมันสำปะหลังติดท้ายรถแทรกเตอร์ใช้หัวเก็บแบบผลจานครึ่งซีกเดียวพร้อมลูกกลิ้งช่วยส่งขึ้นสายพานโซ่ลำเลียงพบว่าเครื่องต้นแบบมีแนวโน้มเก็บได้ดีและสามารถทำงานได้เร็วขึ้น จึงพัฒนาแบบระบบสายพานโซ่ลำเลียงให้สามารถลำเลียงลงกระบะพ่วงหรือเทเลอร์ที่ใช้ขนถ่ายได้สะดวกขึ้น โดยสายพานโซ่ได้ออกแบบสร้างอีกหนึ่งชุดในแนวขวางกับสายพานโซ่ลำเลียงชุดเดิมเพื่อรับหัวและเห้งน้ำมันสำปะหลังต่อจากสายโซ่ลำเลียงชุดแรกไปลงยังกระบะใส่ที่เคลื่อนตามมารับขณะทำการชุดและเก็บมันสำปะหลัง ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 สายพานโซ่ลำเลียงชุดที่สองวางขวางรับชุดแรกเพื่อลำเลียงลงกระบะพวง  
หรือเทเลอร์ที่ใช้ขนถ่าย

จากการทดสอบเครื่องชุดและเก็บเหง้ามันแบบผาลหน้าชุดขึ้นลำเลียงส่งไปยังชุดลำเลียงส่วนที่  
หนึ่งและส่วนที่สองเพื่อลำเลียงหัวมันใส่ในกระบะของรถไถเดินตามพวงเทเลอร์ที่วิ่งคู่กัน ซึ่งต้นแบบที่  
เสร็จสมบูรณ์แล้ว ได้นำไปทดสอบการชุดและเก็บ ณ แปลงเกษตรกร อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี ดังภาพ  
ที่ 16 ได้ผลการทดสอบที่ต่ำกว่าที่ตั้งเป้าไว้เนื่องจากความแข็งแรงของชุดชุดไม่พอสอดแรงต้าน และชุด  
ลำเลียงก็ยังทำงานไม่ราบเรียบมีดินแข็งก้อนใหญ่ติดขึ้นไปขัดกับชุดซี่สายพานลำเลียงและเฟืองโซ่ทำให้  
จังหวะการลำเลียงไม่ราบเรียบ โดยสามารถขับเคลื่อนแทรกเตอร์ได้ความเร็วเพียง 0.5 เมตร/วินาที หรือ  
ประมาณ 0.75 ไร่ต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ความสูญเสียของหัวมันที่เก็บไม่หมดและถูกทำลายบางส่วน  
ประมาณ 4.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลการทดสอบดังกล่าวจึงยังไม่สามารถเผยแพร่ออกสู่การขยายผลได้  
จำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไขออกแบบและสร้างชุดผาลชุดให้แข็งแรงขึ้นและสร้างระบบลำเลียงและร่อนดิน  
ออกเพื่อให้สามารถเก็บหัวและเหง้ามันสำปะหลังขึ้นไปยังเทเลอร์ที่พวงเก็บดีขึ้นกว่าเดิม



**ภาพที่ 16** การทดสอบชุดและเก็บเหง้ามันสำปะหลังในแปลง อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี

ในส่วนของเครื่องย่อยเหง้ามันสำปะหลังได้ศึกษาหลักการจากเครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้ของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตรมาปรับใช้กับการต่อฟวงต้นกำลังจากเพลลาอำนาจกำลังแทรกเตอร์ 35-40 แรงม้า รอบใบมีดสับ 750 รอบ/นาที ซึ่งผลการทดสอบได้ผลเป็นที่น่าพอใจ โดยมีอัตราการย่อยอยู่ที่ประมาณ 1,200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ดังภาพที่ 17



**ภาพที่ 17** เครื่องเครื่องย่อยเหง้ามันสำปะหลัง ของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร  
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยและพัฒนาเครื่องเก็บและย่อยเหง้ามันสำปะหลังติดท้ายรถแทรกเตอร์ โดยใช้หลักการชุดและลำเลียงหัวพร้อมเหง้ามันสำปะหลังขึ้นมาเพื่อให้ตะแกรงร้อนทำความสะอาด จากนั้นจึงขนไปรวมที่หัวแปลงเพื่อทำการตัดแยกหัวและเหง้ามันสำปะหลังแยกออกจากกัน เพื่อทำการย่อยเหง้ามัน เป็นชิ้นเล็กๆต่อไป จากหลักการนี้จึงได้ออกแบบสร้างเครื่องจักรขึ้น 2 ชั้นตอนด้วยกัน คือชั้นตอนแรกเป็นเครื่องชุดพร้อมเก็บลำเลียงประกอบด้วย ฝาชุด หน้ากว้าง 400 มิลลิเมตร ชุดตะแกรงร้อนสายพานโซ่ ลำเลียง หน้ากว้าง 800 มิลลิเมตร ยาว 1,200 มิลลิเมตร ซึ่งตะแกรงเป็นเหล็กแป้นกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างซี่ 60 มิลลิเมตร ขับเคลื่อนการหมุนจากเพลลาอำนาจกำลังแทรกเตอร์มีความสามารถในการชุดและเก็บ 0.75 ไร่/ชั่วโมง มีร้อยละเหง้ามันสำปะหลังที่สูญเสีย เท่ากับ 4.5 ส่วนชั้นตอนที่สองเป็นเครื่องหั่นย่อยเหง้ามันสำปะหลังซึ่งใช้เครื่องหั่นย่อยวัสดุเกษตร ของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ใช้ต้นกำลังการหมุนใบมีดสับจากเพลลาอำนาจกำลังรถแทรกเตอร์ ใช้รอบใบมีดสับที่ 750 รอบ/นาที สามารถสับเหง้ามันสำปะหลังได้ประมาณ 1,200 กิโลกรัม/ชั่วโมง

ข้อเสนอแนะ เนื่องจากการออกแบบชุดชุดพร้อมเก็บลำเลียงที่ทำการทดสอบยังไม่แข็งแรงพอสำหรับการทำงานในระยะยาว จึงต้องมีการปรับปรุงพัฒนาต่อ



### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยและพัฒนาเครื่องเก็บและย่อยเหง้ามันสำปะหลังติดท้ายรถแทรกเตอร์ โดยใช้หลักการชุดและลำเลียงหัวพร้อมเหง้ามันสำปะหลังขึ้นมาเพื่อให้ตะแกรงร้อนทำความสะอาด จากนั้นจึงขนไปรวมที่หัวแปลงเพื่อทำการตัดแยกหัวและเหง้ามันสำปะหลังแยกออกจากกัน เพื่อทำการย่อยเหง้ามันเป็นชิ้นเล็กๆต่อไป จากหลักการนี้จึงได้ออกแบบสร้างเครื่องจักรขึ้น 2 ขั้นตอนด้วยกัน คือขั้นตอนแรกเป็นเครื่องชุดพร้อมเก็บลำเลียงประกอบด้วย ฝาชุด หน้ากว้าง 400 มิลลิเมตร ชุดตะแกรงร้อนสายพานโซ่ลำเลียง หน้ากว้าง 800 มิลลิเมตร ยาว 1,200 มิลลิเมตร ซึ่งตะแกรงเป็นเหล็กแป้นกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างซี่ 60 มิลลิเมตร ขับเคลื่อนการหมุนจากเพลาอำนาจกำลังแทรกเตอร์มีความสามารถในการชุดและเก็บ 0.75 ไร่/ชั่วโมง มีร้อยละมันสำปะหลังที่สูญเสีย เท่ากับ 4.5 ส่วน

ขั้นตอนที่สองเป็นเครื่องหั่นย่อยเหง้ามันสำปะหลังซึ่งใช้เครื่องหั่นย่อยวัสดุเกษตร ของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ใช้ต้นกำลังการหมุนใบมีดสับจากเพลาอำนาจกำลังรถแทรกเตอร์ ใช้รอบใบมีดสับที่ 750 รอบ/นาที สามารถสับเหง้ามันสำปะหลังได้ประมาณ 1,200 กิโลกรัม/ชั่วโมง

ข้อเสนอแนะ เนื่องจากการออกแบบชุดชุดพร้อมเก็บลำเลียงที่ทำการทดสอบยังไม่แข็งแรงพอสำหรับการทำงานในระยะยาว จึงต้องมีการปรับปรุงพัฒนาต่อ

### บรรณานุกรม

จารุวัฒน์ มงคลธนทรศ. 2552. เครื่องหั่นย่อยซากพืชตระกูลปาล์ม. วารสาร 36 ปีเครื่องจักรกลเกษตร.

สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร. 2545. การออกแบบเครื่องขุดมันฝรั่งแบบตะแกรงร้อนบันได

เลื่อนติตรถไถเดินตาม. รายงานผลงานวิจัย. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร

คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร และคณะ. 2546. การพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องขุด

มันฝรั่งแบบตะแกรงร้อนบันไดเลื่อนติตรถไถเดินตาม. รายงานผลงานวิจัย.

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร,

มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่.

บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร. 2549. การออกแบบเครื่องขุดมันฝรั่งพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์

รายงานผลงานวิจัย. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร

คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

ปราโมทย์ คำเมือง และคณะ. 2537. ออกแบบและพัฒนาเครื่องขุดมันฝรั่งติดพ่วงรถ

ไถเดินตาม. รายงานการวิจัย ทะเบียนวิจัยเลขที่ 36 08 001 006.

กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

ปราโมทย์ คำเมือง และคณะ. 2539. ออกแบบและพัฒนาเครื่องขุดมันฝรั่งติดพ่วงรถ

แทรกเตอร์. รายงานการวิจัย ทะเบียนวิจัยเลขที่ 37 08 001 010.

กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

เรื่องเกียรติ ศุภดารัตนawangค์. 2547. เครื่องย่อยวัสดุเกษตร วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร) ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันวิจัยพืชไร่. 2552. มันสำปะหลัง. สืบค้นจาก: <http://as.doa.go.th/fieldcrops/> [ม.ค. 2554].

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2550.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Carl D, Waterman. 1987. Wood Chipper to be transported and powered by tractor.

United State Patent. Patent Number 4,796,819

Chancellor W K 1957. Basic concepts of cutting hay. PhD thesis, Cornell University.

Ithaca, NY, 170pp.

Prasad J and Gupta C P 1975. Mechanical properties of maize stalks as related to

harvesting. Journal of Agricultural Engineering Research, 20(1), 79-87.