



รายงานผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง

เครื่องขุดมันสำปะหลังพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก
Small Tractor-Mounted Cassava Digger

โดย

บัณฑิต หิรัญสถิตพร จาตุพงศ์ วาฤทธิ์ นำพร ปัญญาใหญ่
ราวุฒิ น่วมปฐม เอ็จ สโรบล

2552



รายงานผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง เครื่องขุดมันสำปะหลังพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก
Small Tractor-Mounted Cassava Digger

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย

ประจำปี 2550

จำนวน 350,000 บาท

หัวหน้าโครงการ นายบัณฑิต หิรัญสถิตย์พร

ผู้ร่วมโครงการ นายจตุพงศ์ วาฤทธิ์
นายนำพร ปัญญาใหญ่
นายราวุธ น่วมปทุม
นายเอ็จ สโรบล

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์
วันที่ 31 กรกฎาคม 2552

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินการโครงการวิจัย เครื่องชุดมันสำปะหลังพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก
ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี 2550

ขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร แห่งมหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่ได้ให้
ความอนุเคราะห์ในเรื่องการเบิกจ่ายเงินอุดหนุนและงานเอกสารต่างๆ เป็นอย่างดี



สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
สารบัญ	๒
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	๑
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 คำนำ	3
1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	4
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ	6
1.4 ขอบเขตของโครงการ	6
1.5 วัน เวลา และสถานที่ทำการวิจัย	6
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	
2.1 พันธุ์มันสำปะหลัง	7
2.2 การปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย	9
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
บทที่ 3 การออกแบบเครื่องชุดมันสำปะหลังพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก	
3.1 รายละเอียดของเครื่องชุดมันสำปะหลังพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก	18
บทที่ 4 อุปกรณ์และวิธีการ	
4.1 อุปกรณ์	21
4.2 วิธีการ	22
4.3 การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์	23

บทที่ 5 ผลการทดสอบและวิจารณ์

5.1 คุณสมบัติทางกายภาพของแปลงเพาะปลูกมันสำปะหลัง	26
5.2 ผลการทดสอบการทำงาน	26
5.3 การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์	28

บทที่ 6 สรุป

6.1 สรุปผลการทดสอบ	31
6.2 ข้อเสนอแนะ	31

เอกสารอ้างอิง

32

ภาคผนวก ก ประมวลผลการทดสอบ

34



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 เนื้อที่เพาะปลูกของมันสำปะหลัง เป็นรายภาค ปี 2549-2551	4
1.2 ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ของมันสำปะหลัง เป็นรายภาค ปี 2549-2551	5
4.1 ข้อมูลเครื่องขุดมันสำปะหลังพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก	21
5.1 ข้อมูลแสดงลักษณะทางกายภาพของแปลงเพาะปลูก	26
5.2 ข้อมูลแสดงความสามารถในการทำงานของเครื่องขุดมันสำปะหลัง	27
5.3 ข้อมูลแสดงปริมาณและคุณภาพของมันสำปะหลังหลังการขุด	27



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 เครื่องชุดมันสำปะหลังแบบคานเดี่ยว	12
2.2 เครื่องชุดมันสำปะหลัง	13
2.3 เครื่องชุดมันฝรั่งติดรถไถเดินตาม	14
2.4 เครื่องชุดมันฝรั่งติดท้ายรถแทรกเตอร์	14
2.5 เครื่องชุดมันฝรั่ง	15
2.6 เครื่องชุดมันฝรั่งแบบตะแกรงร่อนบันไดเลื่อนติดรถไถเดินตามต้นแบบ	15
2.7 เครื่องชุดมันฝรั่งแบบตะแกรงร่อนบันไดเลื่อนติดรถไถเดินตามที่พัฒนาแล้ว	16
2.8 เครื่องชุดมันฝรั่งพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก	17
3.1 เครื่องชุดมันสำปะหลังพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก	19
3.2 เครื่องชุดมันสำปะหลังด้านซ้าย	19
3.3 เครื่องชุดมันสำปะหลังด้านขวา	20
3.4 เครื่องชุดมันสำปะหลังด้านหลัง	20
4.1 เครื่องชุดมันสำปะหลังพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก	21
4.2 ลักษณะแปลงเพาะปลูกมันสำปะหลังแบบยกร่อง	22
5.1 จุดคุ้มทุนของเครื่องชุดมันสำปะหลังพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก กรณีซื้อเฉพาะเครื่องชุดมันฝรั่ง	29
5.2 จุดคุ้มทุนของเครื่องชุดมันสำปะหลังพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก กรณีซื้อเครื่องชุดมันฝรั่งพร้อมรถแทรกเตอร์เล็ก	30
ก1 ระดับหัวมันสำปะหลัง	35
ก2 เครื่องชุดมันสำปะหลังต้นแบบ ขณะทำงาน	36
ก3 มันสำปะหลังที่ชุดโดยเครื่องชุดมันสำปะหลังต้นแบบ	37
ก4 เครื่องชุดมันสำปะหลังของเกษตรกร ขณะทำงาน	38
ก5 มันสำปะหลังที่ชุดโดยเครื่องชุดมันสำปะหลังเกษตรกร	39

เครื่องขุดมันสำปะหลังพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

Small Tractor-Mounted Cassava Digger

บัณฑิต หิรัญสถิตยพร¹ จาตุพงศ์ วาฤทธิ์¹ นำพร ปัญโญใหญ่¹

ราวุธ น่วมปฐม² เอ็จ สโรบล³

BANDIT HIRUNSTITPORN¹ JATUPHONG VARITH¹ NUMPON PANYOYAI¹

RAWUT NUAMPATHOM² ED SAROBOL³

¹ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

²สถานีวิจัยพืชไร่สุวรรณจากกสิกิจ นครราชสีมา

³ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

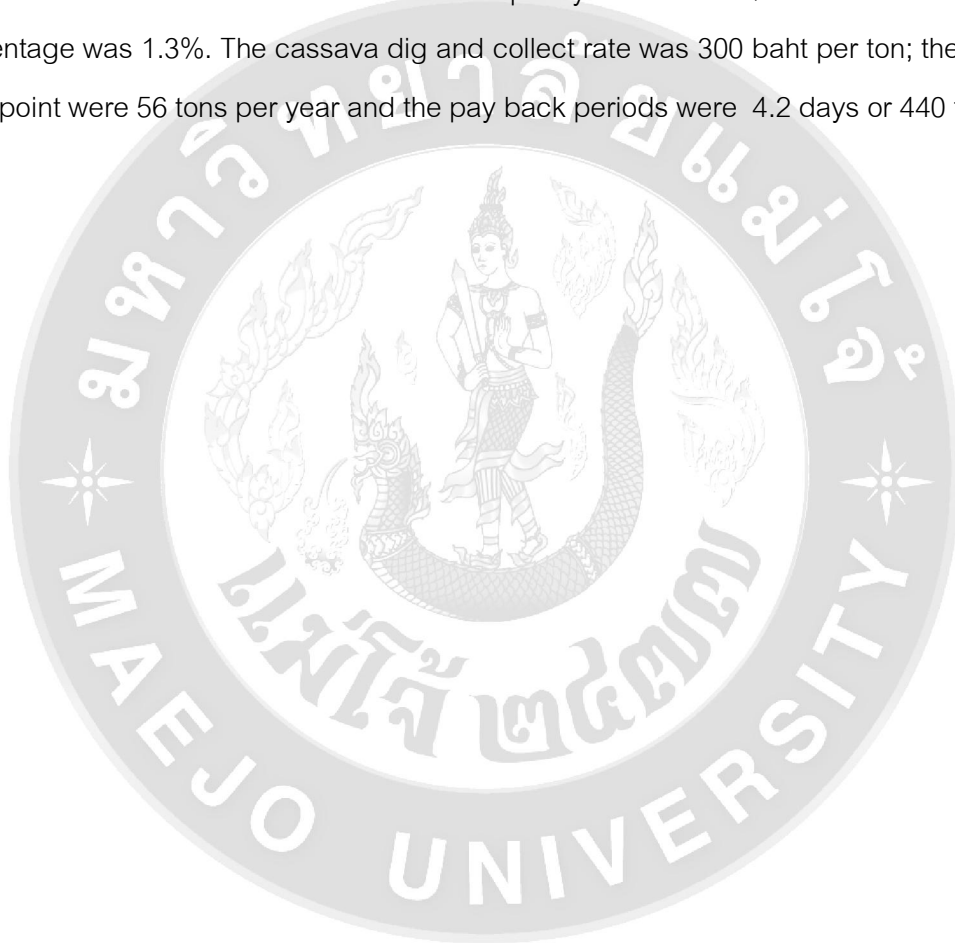
เครื่องขุดมันสำปะหลังพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก มีส่วนประกอบหลัก คือ ผานขุด และชุดตะแกรงร่อน โดยผานขุดมีความกว้าง 1000 มิลลิเมตร สามารถปรับมุมได้ ส่วนชุดตะแกรงร่อน ทำจากเหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ยาว 980 มิลลิเมตร ยึดปลายทั้งสองข้างของเหล็กเส้นกลมกับสายพานแบนขนาด 100 มิลลิเมตร ด้วยสลักเกลียว เหล็กเส้นกลมมีระยะห่างกัน 77 มิลลิเมตร(จากศูนย์กลางถึงศูนย์กลาง)

จากการทดสอบ พบว่า เครื่องมีความสามารถในการทำงาน 4.1 ไร่ต่อชั่วโมง มีร้อยละมันสำปะหลังที่สูญเสีย เท่ากับ 1.3 เมื่อรับจ้างขุดและเก็บหัวมันสำปะหลังในราคา 300 บาทต่อตัน มีจุดคุ้มทุนที่ 56 ตันต่อปี ระยะเวลาคืนทุน 4.2 วัน หรือ 440 ตัน

Abstract

The small tractor-mounted cassava digger consisted of two main parts : blade and elevator. The former was 1000 millimeter wide with adaptable angle. The latter was made of round bar (15 millimeter in diameter and 980 millimeter longs) and 100 millimeter flat belt, both ends joined with bolts. The interval of round bars was 77 millimeter (from center to center).

The results showed that its field capacity was 4.1 rai/hr and cassava loss percentage was 1.3%. The cassava dig and collect rate was 300 baht per ton; the brake even point were 56 tons per year and the pay back periods were 4.2 days or 440 tons.



บทที่ 1

บทนำ

1.1 คำนำ

มันสำปะหลังจัดเป็นพืชหัวชนิดหนึ่ง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Manihot esculenta* (L.) Crantz มีชื่อสามัญเรียกหลายชื่อตามภาษาต่าง ๆ ที่ได้ยินกันมากได้แก่ Cassava, Yuca, Mandioa, Manioc, Tapioca มันสำปะหลังมีแหล่งกำเนิดแถบที่ลุ่มเขตร้อน (Lowland tropics) มีหลักฐานแสดงว่าปลูกกันในโคลัมเบีย และเวเนซุเอลา มานานกว่า 3,000-7,000 ปีมาแล้ว สันนิษฐานว่าแหล่งกำเนิดมันสำปะหลังมี 4 แห่งด้วยกันคือ

1. แถบประเทศกัวเตมาลา และเม็กซิโก
2. ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของทวีปอเมริกาใต้
3. ทางทิศตะวันออกของประเทศโบลิเวียและทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศอาร์เจนตินา
4. ทางทิศตะวันออกของประเทศบราซิล

มันสำปะหลังมีการแพร่กระจายในสมัยที่มีการล่าอาณานิคมในคริสต์ศตวรรษที่ 15 โดยพวกนักค้าทาสได้นำมันสำปะหลังจากบราซิลไปปลูกในทวีปแอฟริกา และต่อมา พ.ศ. 2282 ได้มี ชาวโปรตุเกส นำมันสำปะหลังไปปลูกที่เกาะริยูเนียน (Reunion) และแพร่กระจายไปยัง มาดากัสกา ส่วนการนำมันสำปะหลังมาปลูกในทวีปเอเชียเริ่มที่ประเทศฟิลิปปินส์ครั้งแรก ในคริสต์ศตวรรษที่ 17 โดยชาวสเปนได้นำมาจากเม็กซิโก และในเวลาต่อมาก็มีการปลูกที่ประเทศอินโดนีเซีย นอกจากนี้มีหลักฐานว่า เมื่อ พ.ศ. 2337 ได้มีการนำมันสำปะหลังจากแอฟริกามาปลูกที่ประเทศอินเดีย เพื่อใช้ในการทดลอง สำหรับประเทศไทยยังไม่มีหลักฐานที่แน่นอนว่ามีการนำมันสำปะหลังเข้ามาปลูกเมื่อใด คาดว่าคงจะเข้ามาในระยะเวลาเดียวกันกับการเข้าสู่ประเทศศรีลังกา และประเทศฟิลิปปินส์ คือ ประมาณ พ.ศ. 2329-2383 มันสำปะหลัง เดิมเรียกกันว่า มันสำโรง หรือ มันไม้ ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือเรียกว่า มันต้นเตี้ย ทางภาคใต้เรียกมันเทศ (แต่เรียกมันเทศว่ามันหลา) คำว่า สำปะหลังที่คนส่วนใหญ่นิยมเรียกอาจมาจากคำว่า "ซัมเปอ (Sampou)" ของชาวตะวันตก

ประเทศไทยมีการปลูกมันสำปะหลังเป็นการค้าเพื่อใช้ทำแป้งและสาकुในภาคใต้ โดยปลูกระหว่างแถวของต้นยางพารากันมากกว่า 70 ปีแล้ว โดยเฉพาะที่จังหวัดสงขลามีอุตสาหกรรมทำแป้งและสาकुจำหน่ายไปยังปิ่นังและ สิงคโปร์ แต่การปลูกมันสำปะหลังทางภาคใต้ค่อยๆ ลดลงเมื่อมี

การขยายการปลูกยางพารา ต่อมาได้มีการปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออก คือจังหวัดชลบุรี ราชบุรี และจังหวัดใกล้เคียง และเมื่อความต้องการของตลาดในด้านผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเพื่อใช้ในการเลี้ยง สัตว์และอุตสาหกรรมมีเพิ่มมากขึ้นทำให้พื้นที่ในภาคตะวันออกผลิตได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงมีการขยายพื้นที่ปลูกไปยังจังหวัดอื่นๆ โดยเฉพาะทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จนในปัจจุบันภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดของประเทศไทย

1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

มันสำปะหลังเป็นพืชอาหารที่สำคัญในโลกเป็นอันดับ 5 รองจากข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าว และมันฝรั่ง มันสำปะหลังเป็นพืชอาหารที่สำคัญของประเทศเขตร้อน ประเทศไทยผลิตมันสำปะหลังได้เป็นอันดับสามของโลกรองจาก ไนจีเรีย และบราซิล แต่เป็นประเทศที่ส่งผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังออกมากที่สุดในโลก

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งสามารถทำรายได้เข้าประเทศคิดเป็นมูลค่านับหมื่นล้านบาท เป็นรองจากข้าว และยางพารา มันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกง่ายแม้ในดินที่มีความสมบูรณ์ต่ำและไม่จำเป็นต้องดูแลรักษามากเหมือนพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น จึงมีเกษตรกรนิยมปลูกกันแพร่หลายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

แหล่งเพาะปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญของประเทศไทยในปัจจุบัน คือภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 55 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งประเทศ รองมาคือภาคกลางประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งประเทศ และภาคเหนือประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งประเทศ โดยจังหวัดนครราชสีมาที่มีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดประมาณ 1,978,000 ไร่ สำหรับเนื้อที่เพาะปลูกและผลผลิตของมันสำปะหลังแสดงในตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1.1 เนื้อที่เพาะปลูกของมันสำปะหลัง เป็นรายภาค ปี 2549-2551

ภาค	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)			เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)		
	2549	2550	2551	2549	2550	2551
เหนือ	967,717	1,112,989	1,155,594	936,958	1,077,490	1,100,088
ตะวันออกเฉียงเหนือ	3,814,409	4,210,676	4,242,134	3,682,924	4,041,061	4,043,856
กลาง	2,151,292	2,299,218	2,352,684	2,072,655	2,220,258	2,253,154
รวมทั้งประเทศ	6,933,418	7,622,883	7,750,413	6,692,537	7,338,809	7,397,098

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551.

ตารางที่ 1.2 ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ของมันสำปะหลัง เป็นรายภาค ปี 2549-2551

ภาค	ผลผลิต (ตัน)			ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)		
	2549	2550	2551	2549	2550	2551
เหนือ	3,208,418	3,894,434	3,815,268	3,424	3,614	3,468
ตะวันออกเฉียงเหนือ	12,152,480	14,577,925	13,714,647	3,300	3,607	3,391
กลาง	7,223,504	8,443,182	8,035,721	3,485	3,803	3,566
รวมทั้งประเทศ	22,584,402	26,915,541	25,565,636	3,375	3,668	3,456

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551.

ปัญหาของการผลิตมันสำปะหลังปัญหาหนึ่งคือการขุดมันสำปะหลัง โดยทั่วไปเกษตรกรใช้วิธีถอนด้วยมือ แต่ถ้าดินแข็งเกษตรกรใช้จอบขุดแล้วถอนด้วยมือหรือใช้คานงัด ซึ่งวิธีการดังกล่าวต้องสิ้นเปลืองแรงงานคนเป็นอย่างมาก และยังมีหัวมันสำปะหลังตกค้างในดิน โดยแรงงานคนสามารถถอนต้นมันสำปะหลังได้เพียง 150 ต้นต่อชั่วโมง เกษตรกรบางรายใช้รถแทรกเตอร์ติดจานไถจานหรือไถหัวหมูแล้วนำมาขุดมันสำปะหลังถึงแม้ว่าความสามารถในการทำงานจะเพิ่มขึ้นแต่ความเสียหายก็สูงตามไปด้วย เกษตรกรจึงยังคงนิยมใช้แรงงานในการขุด และถอนมันสำปะหลังเป็นหลัก

สำหรับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเสื่อมคุณภาพของหัวมันสำปะหลัง ได้แก่ ลักษณะของเนื้อดินและความอัดแน่นของดิน ถ้าหากดินในแปลงปลูกเป็นดินเหนียว หรือมีการอัดแน่นมากจะทำให้การเก็บเกี่ยวยากและหัวมันสำปะหลังแตกหักขณะเก็บเกี่ยว ทำให้มีการเสื่อมคุณภาพเร็ว ส่วนวิธีการเก็บเกี่ยวก็เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดแผลที่หัวมันสำปะหลัง ถ้ามันสำปะหลังไม่มีแผลหรือไม่แตกหักขณะเก็บเกี่ยวจะทำให้สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานกว่าหัวที่มีแผล

ดังนั้นถ้ามีการออกแบบระบบการเพาะปลูกมันสำปะหลังแล้วทำการออกแบบเครื่องขุดมันสำปะหลังให้สามารถพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กแล้วเสร็จก็จะทำให้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นลดน้อยลงหรือหมดไป โดยขณะนี้ทางศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติได้ดำเนินการพัฒนาวิธีการเพาะปลูกอยู่

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.3.1 เพื่อศึกษา ออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องชุดมันสำปะหลังพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์
- 1.3.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและความสามารถในการทำงานของเครื่องชุดมันสำปะหลัง
- 1.3.3 เพื่อศึกษาความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ต่อการใช้งาน
- 1.3.4 เพื่อเป็นเครื่องต้นแบบสำหรับผลิตในเชิงพาณิชย์ต่อไป

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.4.1 การดำเนินงานจะเน้นหนักในการออกแบบ สร้าง และทำการทดสอบเครื่องชุดมันสำปะหลังพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์
- 1.4.2 ทำการทดสอบการชุดมันสำปะหลังในแปลงเพาะปลูกมันสำปะหลังแบบยกร่อง
- 1.4.3 ทำการทดสอบการชุดมันสำปะหลังในแปลงเพาะปลูกมันสำปะหลังที่ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอบางช่อง จังหวัดนครราชสีมา

1.5 วัน เวลา และสถานที่ทำการวิจัย

เวลาในการทำวิจัยตั้งแต่ 5 กรกฎาคม 2550 ถึง 30 กรกฎาคม 2553 สถานที่ที่ใช้ในการทำวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ และศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอบางช่อง จังหวัดนครราชสีมา

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.6.1 ได้เครื่องชุดมันสำปะหลังพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ต้นแบบที่มีประสิทธิภาพสูง ราคาไม่แพง และมีความเหมาะสมต่อการทำงานของเกษตรกร
- 1.6.2 สามารถลดต้นทุนในการเก็บเกี่ยวของเกษตรกรลงได้
- 1.6.3 ได้เครื่องต้นแบบที่สามารถนำไปผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 พันธุ์ของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1. **ชนิดหวาน** เป็นมันสำปะหลังที่ใช้เพื่อการบริโภค มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคต่ำ ไม่มีรสขม สามารถใช้หว่าสดทำอาหารได้โดยตรง เช่น นำไปนึ่ง เชื่อม หรือทอด ซึ่งได้แก่ พันธุ์ห่านาที่พันธุ์ระยอง 2 เป็นต้น

2. **ชนิดขม** เป็นมันสำปะหลังที่มีรสขม ไม่เหมาะสำหรับการบริโภคของมนุษย์หรือใช้หว่าสดเลี้ยงสัตว์โดยตรง เนื่องจากมีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคสูง มีความเป็นพิษต่อร่างกาย ต้องนำไปแปรรูปเป็นมันอัดเม็ดหรือมันเส้นแล้วจึงนำไปเลี้ยงสัตว์ได้ ซึ่งได้แก่ พันธุ์ระยอง 1, พันธุ์ระยอง 3, พันธุ์ระยอง 5, พันธุ์ระยอง 60, พันธุ์ระยอง 90 และเกษตรศาสตร์ 50

สำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นชนิดขมเพื่อใช้ในอุตสาหกรรม โดยพันธุ์ที่ปลูกกันมากคือพันธุ์พื้นเมือง ซึ่งสันนิษฐานว่าเป็นพันธุ์ที่มีการนำเข้ามาจากประเทศมาเลเซีย ต่อมากรมวิชาการเกษตรและมหาวิทยาลัยได้มีการวิจัยปรับปรุงพันธุ์ และแนะนำให้เกษตรกรนำไปปลูกดังนี้ คือ

1. พันธุ์ระยอง 1

พันธุ์ระยอง 1 เป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาจากประเทศมาเลเซีย ปลูกครั้งแรกทางภาคใต้ของประเทศไทย ต่อมาผู้นำไปปลูกในจังหวัดชลบุรี และจังหวัดระยอง เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมทำแป้ง มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 1 มีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศแปรปรวน เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่างๆ กัน ให้ผลผลิตหว่าสดประมาณ 4,150 กิโลกรัมต่อไร่ มีแป้ง 18 %

2. พันธุ์ระยอง 3

พันธุ์ระยอง 3 เป็นพันธุ์ลูกผสมที่เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่าง พันธุ์ Mmex 55 กับพันธุ์ Mven โดยสถาบันวิจัยพืชไร่ ลักษณะเด่นคือให้ผลผลิตแป้งสูง โดยให้ผลผลิตหว่าสด 3,900 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตแป้ง 910 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ระยอง 1 19.8%

3. พันธุ์ระยอง 60

พันธุ์ระยอง 60 เป็นพันธุ์ลูกผสมที่คัดจากลูกผสม ระหว่าง พันธุ์ Mcol 1684 กับพันธุ์ระยอง 1 โดยศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ลักษณะเด่นคือให้ผลผลิตหว่าสดได้เร็วเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 8 เดือน โดยให้ผลผลิต 3,150 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์ระยอง 1 24% ผลผลิตแป้ง 780 กิโลกรัม

ต่อไร่ เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 12 เดือน จะให้ผลผลิต 4,220 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตแบ่ง 850 กิโลกรัมต่อไร่

4. พันธุ์ระยอง 90

พันธุ์ระยอง 90 เป็นพันธุ์ลูกผสมที่เกิดจากการผสมข้าม ระหว่าง พันธุ์ MCM 76 กับ พันธุ์ V 43 โดยศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ลักษณะเด่นคือให้ผลผลิตหัวสดสูงเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 12 เดือน โดยให้ผลผลิต 3,810 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตแบ่ง 966 กิโลกรัมต่อไร่ มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงประมาณ 24% เมื่อเก็บเกี่ยวในฤดูฝน

5. พันธุ์ระยอง 5

พันธุ์ระยอง 5 เป็นพันธุ์ลูกผสมที่เกิดจากการผสมข้าม ระหว่าง พันธุ์ 27-77-10 กับพันธุ์ระยอง 3 โดยศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ลักษณะเด่นคือให้ผลผลิตหัวสดสูง 4,420 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตแบ่ง 1,030 กิโลกรัมต่อไร่ มีความงอกของท่อนพันธุ์ที่ใช้ปลูกดี และต้นพันธุ์อยู่รอดจนถึงเวลาเก็บเกี่ยวสูงถึง 93%

6. พันธุ์ระยอง 72

พันธุ์ระยอง 72 เป็นพันธุ์ลูกผสมที่เกิดจากการผสมข้าม ระหว่าง พันธุ์ ระยอง 1 กับพันธุ์ระยอง 5 โดยศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ลักษณะเด่นคือให้ผลผลิตหัวสดสูง 5,090 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตแบ่ง 1,070 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อนำไปปลูกในทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะให้ผลผลิตหัวสดสูงถึง 5,550 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตแบ่ง 1,230 กิโลกรัมต่อไร่

7. พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เป็นพันธุ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลักษณะเด่นคือให้ผลผลิตหัวสดสูง 4,400 กิโลกรัมต่อไร่ มีแป้ง 23 % ในฤดูฝน และ 28 % ในฤดูแล้ง ต้นพันธุ์สามารถเก็บไว้ได้ประมาณ 30 วัน หลังจากตัดต้น

8. พันธุ์ห้วยบง 60

พันธุ์ห้วยบง 60 เป็นพันธุ์ที่พัฒนาโดยความร่วมมือของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กับมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์ระยอง 5 กับ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ได้รับพระราชทานชื่อพันธุ์จากสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ว่า “ห้วยบง 60” ลักษณะเด่นคือให้ผลผลิตหัวสดสูง 5,000 ถึง 6,400 กิโลกรัมต่อไร่ มีแป้ง 25 % เจริญเติบโตได้รวดเร็ว สามารถคลุมวัชพืชได้

9. พันธุ์ห่านาที่

พันธุ์ห่านาที่ เป็นพันธุ์พื้นเมืองที่มีปลูกมานานในประเทศไทย คาดว่ามาจากทางภาคใต้ผ่านมาทางประเทศมาเลเซีย โดยไม่ทราบเวลานำเข้าที่แน่นอน มีการปลูกจำนวนเล็กน้อยเพื่อใช้

รับประทาน มีลักษณะเด่นคือ มีเนื้อร่วน เหมาะสำหรับทำขนม เพราะมีกรดไฮโดรไลติกในหัวค่อนข้างต่ำ แต่มีผลผลิตค่อนข้างต่ำประมาณ 1,500 ถึง 2,000 กิโลกรัมต่อไร่

2.2 การปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย

มันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ตลอดปี จังหวัดที่มีการปลูกมันสำปะหลังมาก คือ ระยอง ชลบุรี และนครราชสีมา สำหรับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเพาะปลูกมันสำปะหลัง มีดังนี้ คือ

1. มีความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 200 เมตร
2. ไม่มีน้ำท่วมขัง
3. ดินร่วน ดินร่วนปนทราย หรือดินทราย
4. มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีอินทรีย์วัตถุไม่ต่ำกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์
5. มีการระบายน้ำดีและถ่ายเทอากาศดี
6. ระดับหน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร
7. มีค่าความเป็นกรดต่างระหว่าง 5.5 – 7.5
8. อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต 25 - 37 องศาเซลเซียส
9. ปริมาณน้ำฝนกระจายสม่ำเสมอ 1,000 -1,500 มิลลิเมตรต่อปี

2.2.1 ฤดูกาลเพาะปลูก

มันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ตลอดปี แต่ส่วนใหญ่จะปลูกในเดือนพฤษภาคม และมิถุนายน จากการผลงานวิจัยของกรมวิชาการเกษตรในการหาฤดูปลูกมันสำปะหลังที่เหมาะสมในพื้นที่ปลูกต่างๆ พบว่า

- เขตภาคเหนือตอนล่าง ได้แก่ จังหวัดสุโขทัย กำแพงเพชร การปลูกต้นฤดูฝน เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนกรกฎาคม ให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกกลางหรือปลายฤดูฝน
- เขตจังหวัดสุพรรณบุรี กาญจนบุรี การปลูกต้นฤดูฝน เดือนเมษายน ถึงเดือนกรกฎาคม ให้ผลผลิตสูงกว่าปลายฤดูฝน
- เขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จังหวัดขอนแก่น นครราชสีมา การปลูกต้นฤดูฝน เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนมิถุนายน ให้ผลผลิตสูงสุด
- เขตภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดชลบุรี ระยอง ได้ผลเช่นเดียวกับเขตภาคเหนือตอนล่าง และเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ช่วงระยะเวลาปลูกมันสำปะหลังแบ่งออกเป็น 3 ช่วงคือ ปลูกในช่วงก่อนฤดูฝน (กุมภาพันธ์-เมษายน) ได้ผลผลิตมันสำปะหลังสูงสุด คือ 3,730 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม-ตุลาคม) ได้ผลผลิตมันสำปะหลัง 3,140 กิโลกรัมต่อไร่ และปลูกในช่วงหลังฤดูฝน (พฤศจิกายน-มกราคม) ได้ผลผลิตมันสำปะหลังต่ำสุด คือ 3,730 กิโลกรัมต่อไร่

2.2.2 การเตรียมดิน

ในการเตรียมดินเพื่อทำการเพาะปลูกมันสำปะหลังมีวิธีการดังต่อไปนี้

1. ไถด้วยผานสาม 1 ครั้ง ลึก 20-30 เซนติเมตร ตากดินไว้ 7-10 วัน พรวนด้วยผาดเจ็ด 1 ครั้ง แล้วคราดเก็บเศษซาก ราก เหง้า หัว ไหลของวัชพืชข้ามปี ออกจากแปลง
2. พื้นที่ลุ่มหรือลาดเอียง ให้ยกร่องขวางแนวลาดเอียง ความสูงสันร่องประมาณ 30-40 เซนติเมตร ระยะระหว่างร่อง 80 เซนติเมตร สำหรับพื้นที่ราบไม่ต้องยกร่อง
3. พื้นที่ลาดเอียงมากกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ ควรปลูกแฝกตามแนวระดับ ระหว่างแถวมันสำปะหลัง เพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน ทุกระยะ 20-30 เมตร ระยะระหว่างหลุมแฝก 10 เซนติเมตร หลุมละ 1 ต้น
4. พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องเป็นเวลานาน ควรเพิ่มอินทรีย์วัตถุเพื่อปรับปรุงดิน โดยหว่านปุ๋ยมูลไก่ที่ย่อยสลายดีแล้ว อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทุก 2 ปี หรือควรปลูกพืชบำรุงดิน เช่น ปอเทือง หรือถั่วพุ่ม อัตรา 5 กิโลกรัมต่อไร่ โดยโรยเป็นแถว ระยะระหว่างแถว 50 เซนติเมตร หรือปลูกถั่วพุ่มอัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ ระยะระหว่างแถว 50-100 เซนติเมตร แล้วไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสดเมื่ออายุประมาณ 2 เดือน ก่อนปลูกมันสำปะหลังทุกปี

2.2.3 วิธีการปลูก

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

2.2.4 การให้ปุ๋ย

ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 หรือสูตร 15-15-15 หรือ 16-8-14 ในอัตรา 70 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับดินร่วน หรือดินร่วนปนทราย และอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับดินทราย ให้ปุ๋ยครั้งเดียวหลังจากปลูก 1-2 เดือน เมื่อดินมีความชื้นเพียงพอ โดยโรยสองข้างของต้นตามแนวกว้างของพุ่มใบ แล้วพรวนดินกลับ

2.2.5 การเก็บเกี่ยว

ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม เก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่อายุ 8 เดือน แต่อายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมคือ 12 เดือนหลังปลูก ไม่ควรเก็บเกี่ยวในช่วงที่มีฝนชุก เนื่องจากหัวมันสำปะหลังจะมีเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำ

2.2.6 วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว

การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวนำผลผลิตหัวมันสดส่งโรงงานทันที ไม่ควรเก็บไว้เกิน 2 วัน เพราะจะเน่าเสีย การขนส่งรถบรรทุกหัวมันสำปะหลังต้องสะอาดและเหมาะสมกับปริมาณหัวมันสด ไม่ควรเป็นรถที่ใช้บรรทุกดิน สัตว์ หรือมูลสัตว์ เพราะอาจมีการปนเปื้อนของเชื้อโรคปากและเท้าเปื่อย และไม่ควรเป็นรถที่บรรทุกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ หรือถั่วลิสง เพราะอาจมีการปนเปื้อนของสารพิษอะฟลาทอกซิน ยกเว้นจะมีการทำความสะอาดอย่างเหมาะสมก่อนนำมาบรรทุกหัวมันสำปะหลัง และไม่ควรเป็นรถที่ใช้บรรทุกปุ๋ยเคมีและสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กองเกษตรวิศวกรรม ได้ดำเนินการพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลัง โดยทำการศึกษาเครื่องขุดมันสำปะหลัง ที่มีใช้กันอยู่หลายแบบ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนา

จากการทดสอบและประเมินผลเครื่องขุดมันสำปะหลังที่ใช้กันอยู่ พบว่ามีขีดจำกัดในการทำงานคือ เครื่องไม่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง เมื่อใช้เครื่องขุดแล้วต้องหยุดเพื่อใช้คนนำเอามันออกจากร่องขุด เพื่อมิให้รถแทรกเตอร์เข้าไปเหยียบในการขุดในรอบต่อไป ซึ่งเกษตรกรแก้ปัญหาโดยใช้คนยืนรออยู่สองข้างของแปลง เพื่อขนมันออกเพื่อทำให้การขุดต่อเนื่อง

นอกจากนี้ยังพบว่า ความกว้างของผานขุดไม่เหมาะสมทำให้ต้องใช้กำลังรถแทรกเตอร์มาก และทำให้หัวมันแตกหัก และตกค้างอยู่ค่อนข้างมาก

จากปัญหาดังกล่าว คณะผู้ดำเนินงานวิจัย จึงได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบคันเดียวขึ้น ดังภาพที่ 2.1 เครื่องชนิดนี้ใช้ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาด 60-70 แรงม้า ผ่านชุดมีลักษณะคล้ายกับไถหัวหมูความกว้าง ของใบผาน 80 ซม.



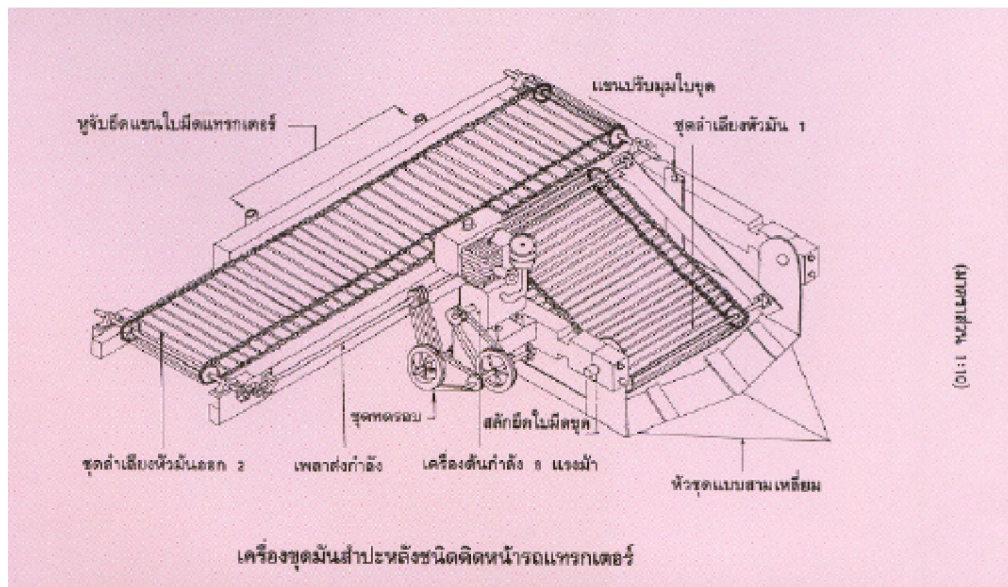
ภาพที่ 2.1 เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบคันเดียว
ที่มา : สถาบันวิจัยพืชไร่, 2552.

ในการทำงานของเครื่อง ผานชุดจะขุดมันสำปะหลังและส่งให้หัวมันเคลื่อนไปตามรัศมีความโค้ง ของใบผานผ่านซี่ตะแกรงแยกดิน แล้วตกลงด้านข้างของแนวชุดทำให้สามารถขุดร่องต่อไปได้อย่างต่อเนื่อง

จากการทดสอบพบว่า เครื่องมีความสามารถในการทำงานโดยเฉลี่ย 4.15 ไร่ต่อชั่วโมง หรือประมาณ 33.2 ไร่ต่อวัน (คิดการทำงานวันละ 8 ชั่วโมง) ประสิทธิภาพในการทำงานโดยเฉลี่ย ร้อยละ 86.78 สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องมีการแตกหักของหัวมัน เนื่องจากการขุดโดยเฉลี่ย ร้อยละ 10.4 หัวมันแตกหัก ร้อยละ 7.26 มีจุดคุ้มทุนในการใช้งานเท่ากับ 11.66 ไร่ ต่อปีเมื่อเปรียบเทียบกับ การขุดโดยใช้แรงงานคน (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2552)

สมนึก ชูศิลป์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้ออกแบบเครื่องขุดมันสำปะหลัง โดยมีผานชุดรูปสามเหลี่ยมติดตั้งด้านหน้ารถแทรกเตอร์ และมีชุดลำเลียงมันสำปะหลังที่ขุดได้ออกทางด้านข้าง โดยชุดชุดประกอบด้วยผานชุดรูปสามเหลี่ยม ขนาดกว้างตรง 80 ซม. ไซ้ลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้นจากดิน ยาว 100 ซม. ติดตั้งทำมุม 30 องศา ในแนวนอน ไซ้ลำเลียง หัวมันสำปะหลังออกด้านข้างยาว 200 ซม. ในแนวนอน และใช้เครื่องยนต์เบนซิน ขนาด 8 แรงม้า 3600 รอบต่อนาที พร้อมชุดถ่ายทอดกำลังสู่ไซ้ลำเลียง ดังภาพที่ 2.2

ผลการทดสอบเบื้องต้นพบว่าประสิทธิภาพการขุด หัวมันขาด และหัวมันหลงเหลือในดิน คิดเป็น 85.9 , 9.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การใช้งานเครื่องขุดต้องการตัดต้นมันสำปะหลังก่อน เครื่องขุดมันสำปะหลังยังต้องการปรับปรุงและทดสอบระยะยาว ในสภาพดินที่ปลูกแตกต่างกัน (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2552)



ภาพที่ 2.2 เครื่องขุดมันสำปะหลัง
ที่มา : สถาบันวิจัยพืชไร่, 2552.

ปราโมทย์ คำเมือง และคณะ (2537) ได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องขุดมันฝรั่งติดรถไถเดินตาม ดังภาพที่ 2.3 พบว่ามีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยประมาณ 6.24 ไร่ต่อวัน มีประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ยร้อยละ 80.90 ใช้แรงฉุดลากต่อหน่วยพื้นที่เฉลี่ย 1.561 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร



ภาพที่ 2.3 เครื่องขุดมันฝรั่งติดรถไถเดินตาม
ที่มา : ปราโมทย์ คำเมือง และคณะ, 2537.

ปราโมทย์ คำเมือง และคณะ (2539) ได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องขุดมันฝรั่งติดท้ายรถแทรกเตอร์ ดังภาพที่ 2.4 พบว่ามีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยประมาณ 1.81 ไร่ต่อชั่วโมง ใช้แรงฉุดลากต่อหน่วยพื้นที่เฉลี่ย 4.69 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร มีการแตกหักของหัวมันฝรั่งเฉลี่ยร้อยละ 1.30 ของทั้งหมด หัวมันฝรั่งหลงเหลือในดินมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.99 ของทั้งหมด และหัวมันฝรั่งที่ถูกดินกลบมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 1.81 ของทั้งหมด



ภาพที่ 2.4 เครื่องขุดมันฝรั่งติดท้ายรถแทรกเตอร์
ที่มา : ปราโมทย์ คำเมือง และคณะ, 2539.

บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร และเสมอขวัญ ตันติกุล (2545) ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องชุดมันฝรั่งดงภาพที่ 2.5 พบว่า เครื่องชุดมันฝรั่งมีความสามารถในการทำงานจริง 0.48 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ยร้อยละ 46.47 มีมันฝรั่งที่ถูกกลบเฉลี่ยร้อยละ 5.95 และมีมันฝรั่งเสียหายเฉลี่ยร้อยละ 2.62 เครื่องชุดมันฝรั่งนี้ใช้แรงดูดลากเฉลี่ย 4,709 นิวตัน และมีจุดคุ้มทุน 175.32 ไร่ต่อปี



ภาพที่ 2.5 เครื่องชุดมันฝรั่ง

ที่มา : บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร และเสมอขวัญ ตันติกุล, 2545.

บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร (2545) ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องชุดมันฝรั่งแบบตะแกรงร่อนบันไดเลื่อนติดรถไถเดินตาม พบว่ามีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยประมาณ 7.07 ไร่ต่อวัน มีประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ยร้อยละ 84.06 มีมันฝรั่งที่ถูกกลบเฉลี่ยร้อยละ 5.20 และไม่พบมันฝรั่งที่เสียหายเนื่องจากการชุด



ภาพที่ 2.6 เครื่องชุดมันฝรั่งแบบตะแกรงร่อนบันไดเลื่อนติดรถไถเดินตามต้นแบบ

ที่มา : บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร, 2545.

บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร และคณะ (2546) ได้ทำการพัฒนาเครื่องขุดมันฝรั่งแบบตะแกรงร่อนบันไดเลื่อนติดรถไถเดินตามให้ลดน้ำหนักลงได้ทั้งสิ้นร้อยละ 36 และจากการเก็บข้อมูล พบว่ามีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยในช่วง 4.6 ถึง 7.8 ไร่ต่อวัน มีประสิทธิภาพในการทำงานเฉลี่ยร้อยละ 71.78 ถึง 79.65 ส่วนคุณภาพของมันฝรั่งหลังการขุด พบว่า สามารถขุดมันฝรั่งได้หมดมีมันฝรั่งเสียหายและดินกลบน้อยมาก



ภาพที่ 2.7 เครื่องขุดมันฝรั่งแบบตะแกรงร่อนบันไดเลื่อนติดรถไถเดินตามที่พัฒนาแล้ว
ที่มา : บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร และคณะ, 2546.

บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร (2549) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องขุดมันฝรั่งฟุ้งทำयरถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก จากการทดสอบ พบว่า อัตราส่วนความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ต่อความเร็วตะแกรงร่อนของเครื่องขุดมันฝรั่ง 1:1.6 ความเร็วรอบ 1,300 รอบต่อนาที เป็นอัตราส่วนและความเร็วที่เหมาะสม จากการทดสอบการทำงานจริง พบว่า มีค่าดัชนีความเสียหายเท่ากับ 8.00 ร้อยละของมันฝรั่งไม่เสียหายเท่ากับ 99.02 และร้อยละของมันฝรั่งที่ถูกดินกลบเท่ากับ 0.33 สามารถทำงานได้ 10.96 ไร่ต่อวัน ประสิทธิภาพการทำงานเท่ากับ 85.09



ภาพที่ 2.8 เครื่องชุดมันฝรั่งฟางทำรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก
ที่มา : บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร, 2549.



บทที่ 3

การออกแบบเครื่องชุดมันสำปะหลังฟุ้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

3.1 รายละเอียดของเครื่องชุดมันสำปะหลังฟุ้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

เครื่องชุดมันสำปะหลังฟุ้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก แสดงดังภาพที่ 3.1, 3.2, 3.3 และ 3.4 มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

1. โครงเครื่อง ขนาด(กว้างxยาวxสูง) 1300x1500x1350 มิลลิเมตร โครงของเครื่อง ทำจากเหล็กแผ่นหนา 9 มิลลิเมตร
2. ผานชุด ผานชุดทำจากเหล็กแผ่นหนา 9 มิลลิเมตร มีความกว้าง 1000 มิลลิเมตร ความยาว 570 มิลลิเมตร ผานชุดสามารถปรับมุมได้ ด้านบนของผานชุดมีลิ้มทำหน้าที่ทำให้ดินแตก
3. ชุดตะแกรงร่อน ทำจากเหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ยาว 980 มิลลิเมตร ยึดปลายทั้งสองข้างของเหล็กเส้นกลมกับสายพานแบนขนาด 100 มิลลิเมตร ด้วยสลักเกลียว เหล็กเส้นกลมมีระยะห่างกัน 77 มิลลิเมตร(จากศูนย์กลางถึงศูนย์กลาง) และมีช่องว่างระหว่างเหล็กเส้นกลมสุทธิ 62 มิลลิเมตร ใช้เฟืองโซ่เบอร์ 140 มีฟันจำนวน 14 ฟัน สำหรับขับเคลื่อนชุดตะแกรงร่อนบนไถเลื่อน ชุดตะแกรงร่อนบนไถเลื่อนทำหน้าที่แยกมันสำปะหลังออกจากดิน
4. ระบบส่งกำลัง จากเครื่องยนต์เบนซินขนาด 6.5 แรงม้า ไปขับเคลื่อนเฟืองทดรอบจากชุดเฟืองทดรอบส่งกำลังไปขับเคลื่อนชุดตะแกรงร่อนโดยสายพานส่งกำลัง
5. น้ำหนักของเครื่องชุดมันสำปะหลัง 398 กิโลกรัม



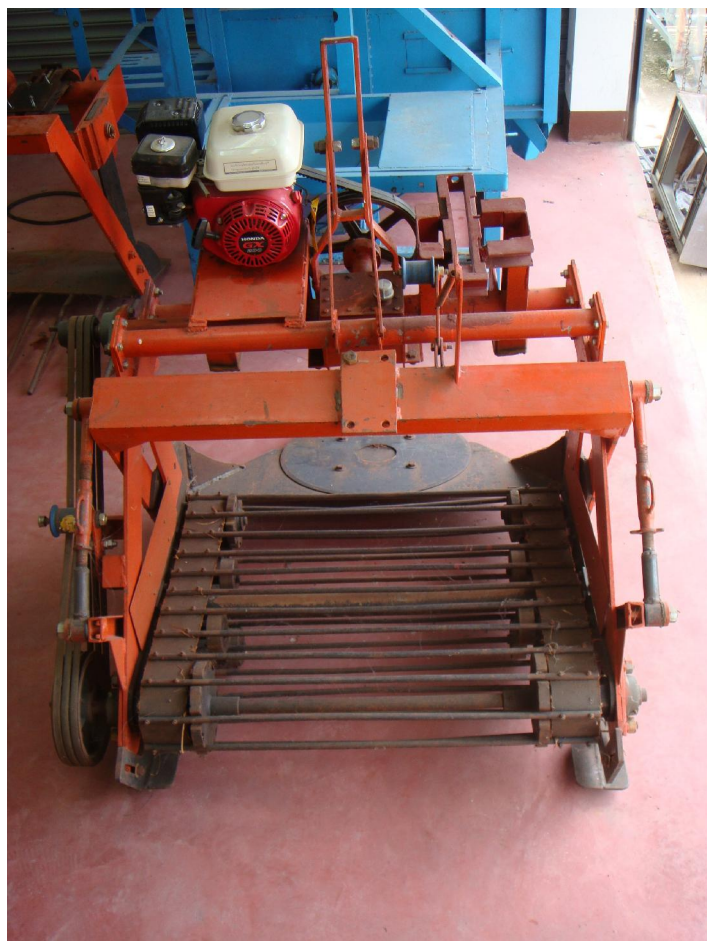
ภาพที่ 3.1 เครื่องขุดมันสำปะหลังพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก



ภาพที่ 3.2 เครื่องขุดมันสำปะหลังด้านซ้าย



ภาพที่ 3.3 เครื่องขุดมันสำปะหลังด้านขวา



ภาพที่ 3.4 เครื่องขุดมันสำปะหลังด้านหลัง

บทที่ 4

อุปกรณ์และวิธีการ

4.1 อุปกรณ์

อุปกรณ์ทดสอบและเก็บข้อมูลมีดังนี้

4.1.1 เครื่องชุดมันสำปะหลังฟุ้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 เครื่องชุดมันสำปะหลังฟุ้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเครื่องชุดมันสำปะหลังฟุ้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย
1	น้ำหนักของเครื่อง	398	กิโลกรัม
2	ความกว้างของเครื่อง	130	เซนติเมตร
3	ความยาวของเครื่อง	150	เซนติเมตร
4	ความสูงของเครื่อง	135	เซนติเมตร
5	ความกว้างของตะแกรงร่อน	98	เซนติเมตร
6	ความยาวของตะแกรงร่อน	57	เซนติเมตร

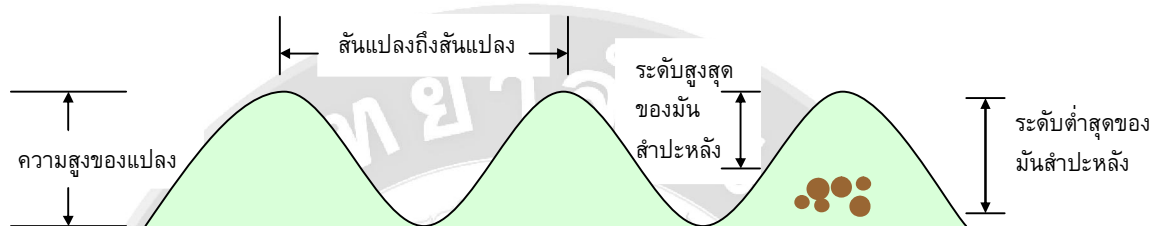
4.1.2 รถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก ยี่ห้อ John Deere รุ่น 100 ขนาด 23 แรงม้า

4.2 วิธีการ

การศึกษาการทำงานของเครื่องขุดมันสำปะหลัง มีขั้นตอนดังนี้

ก. ขั้นตอนการเก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพของแปลงเพาะปลูกมันสำปะหลัง

1. วัดขนาดของแปลงที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ ขนาดความกว้างและความยาว
2. สุ่มวัดความกว้างของแถวเพาะปลูก โดยวัดจากกึ่งกลางสันแปลงถึงกึ่งกลางสันแปลง ถัดไป ส่วนการวัดความสูงจะวัดจากสันแปลงจนถึงท้องร่องน้ำ พร้อมทั้งวัดระดับของมันสำปะหลังจากสันแปลง ดังภาพที่ 4.2 ทำการสุ่ม 3 ครั้ง



ภาพที่ 4.2 ลักษณะแปลงเพาะปลูกมันสำปะหลังแบบยกร่อง

3. สุ่มเก็บตัวอย่างดินในแปลงเพาะปลูก โดยเก็บที่ระดับความลึกของหัวมันสำปะหลัง เพื่อนำไปวัดความชื้นของดินโดยใช้มาตรฐานแห้ง (Dry basis)

ข. ขั้นตอนการทดสอบการทำงานของเครื่องขุดมันสำปะหลัง

1. วัดขนาดของแปลงที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ ขนาดความกว้างและความยาว
2. ตรวจสอบความลึกของหัวมันสำปะหลัง เพื่อปรับระดับของผานให้เหมาะสมกับความลึกของหัวมันสำปะหลัง
3. ก่อนจะติดเครื่องยนต์ให้เติมน้ำมันลงในรถแทรกเตอร์จนเต็ม พร้อมทั้งวัดระดับน้ำมันและทำเครื่องหมายไว้
4. ทำการขุด
5. เมื่อทำการขุดมันสำปะหลังจนครบแปลงแล้ว ให้ใช้ปีกเกอร์ตวงน้ำมันจนกระทั่งถึงระดับที่ทำเครื่องหมายไว้ เพื่อหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันที่ใช้ไประหว่างทำการขุดมันสำปะหลัง
6. สุ่มเลือกแถวที่จะเก็บมันสำปะหลัง จากนั้นให้สุ่มเก็บมันสำปะหลัง ในระยะทาง 20 เมตร แล้วแยกออกเป็น
 - มันสำปะหลังที่สูญเสีย ได้แก่ มันสำปะหลังที่ไม่ถูกขุด และมันสำปะหลังที่ถูกดินกลบ(ไม่ถูกแรงงานเก็บ)

- มันท้ำมันที่ขุดได้ หรือมันท้ำมันที่เก็บได้
จากนั้นซึ่งน้ำหนักของมันท้ำมันแต่ละประเภท และนำมาวิเคราะห์เป็นร้อยละ ดังนี้

$$\text{มันท้ำมันที่สูญเสีย (ร้อยละ)} = \frac{\text{มันท้ำมันที่สูญเสีย}}{\text{มันท้ำมันทั้งหมด}} \times 100 \quad \dots(4.1)$$

$$\text{มันท้ำมันทั้งหมด} = \text{มันท้ำมันที่สูญเสีย} + \text{มันท้ำมันที่ขุดได้} \quad \dots(4.2)$$

7. ในการเก็บมันท้ำมันตามข้อ 6 ทำซ้ำกัน 3 ครั้ง

8. นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หา

- อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตร/ชั่วโมง)
- ความสามารถในการทำงาน (ไร่ต่อชั่วโมง)
- ผลผลิตต่อไร่ (ตันต่อไร่)
- ร้อยละของมันท้ำมันที่สูญเสีย

4.3 การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์

เงื่อนไขต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินมีดังต่อไปนี้

1. ใช้วิธีเส้นตรงในการคิดค่าเสื่อมราคา
2. ไม่คิดค่าโรงเรือนและค่าประกัน
3. ไม่คิดค่าใช้จ่ายปลีกย่อยอื่น ๆ
4. ใช้ค่าใช้จ่ายปี 2551 เป็นตัวคำนวณ

การประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์ครอบคลุมถึงค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงาน ระยะเวลาคืนทุน และผลตอบแทนที่ได้รับ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ

4.3.1 กรณีซื้อเฉพาะเครื่องขุดมันท้ำมัน

ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ

P	=	95,000 บาท ซึ่งเป็นราคาไม่รวมรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก
s	=	ร้อยละ 10 ของ P
Y	=	10 ปี (อายุใช้งานโดยประมาณ)
I	=	ร้อยละ 7 ต่อปี (เป็นอัตราของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ ปี 2551)
h	=	8 ชั่วโมงต่อวัน
L	=	300 บาทต่อตัน

L1	=	300 บาทต่อวัน
L2	=	180 บาทต่อวัน
e	=	30 บาทต่อลิตร
Cap	=	4.10 ไร่ต่อชั่วโมง
E	=	31.84 ลิตรต่อวัน (ชั่วโมงการทำงาน 8 ชั่วโมง)
E _o	=	ร้อยละ 10 ของ e
R&M	=	ร้อยละ 5 ของ P ต่อ 10 ชั่วโมง

4.3.2 กรณีซื้อเครื่องขุดมันสำปะหลังและรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ

P	=	350,000 บาท ซึ่งเป็นราคาที่รวมรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก (เป็นรถแทรกเตอร์มือสอง)
s	=	ร้อยละ 10 ของ P
Y	=	10 ปี (อายุใช้งานโดยประมาณ)
I	=	ร้อยละ 7 ต่อปี (เป็นอัตราของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ ปี 2551)
h	=	8 ชั่วโมงต่อวัน
L	=	300 บาทต่อตัน
L1	=	300 บาทต่อวัน
L2	=	180 บาทต่อวัน
e	=	30 บาทต่อลิตร
Cap	=	4.10 ไร่ต่อชั่วโมง
E	=	31.84 ลิตรต่อวัน (ชั่วโมงการทำงาน 8 ชั่วโมง)
E _o	=	ร้อยละ 10 ของ e
R&M	=	ร้อยละ 5 ของ P ต่อ 10 ชั่วโมง

โดย

P	=	ราคาเครื่อง
s	=	ค่าเสื่อม
Y	=	อายุการใช้งาน
I	=	ดอกเบี้ย
h	=	เวลาทำงานต่อวัน
L	=	ค่ารับจ้างขุดมันสำปะหลัง
L1	=	ค่าจ้างคนขับรถ

L_2	=	ค่าจ้างแรงงานเก็บหัวมันสำปะหลัง
e	=	ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง
Cap	=	ความสามารถในการทำงานของเครื่อง
E	=	อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง
E_o	=	ค่าน้ำมันหล่อลื่น
$R\&M$	=	ค่าซ่อมบำรุง



บทที่ 5

ผลการทดสอบและวิจารณ์

5.1 คุณสมบัติทางกายภาพของแปลงเพาะปลูกมันสำปะหลัง

จากตารางที่ 5.1 เป็นข้อมูลแสดงลักษณะทางกายภาพของแปลงเพาะปลูกมันสำปะหลัง ที่ทำการทดสอบซึ่งเป็นแปลงเพาะปลูกของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลแสดงลักษณะทางกายภาพของแปลงเพาะปลูก

ข้อมูลการทำงาน	ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการเก็บข้อมูล
สันแปลงถึงสันแปลง (เซนติเมตร)	120
ระยะระหว่างต้น (เซนติเมตร)	80
ความสูงของแปลง (เซนติเมตร)	25
ความกว้างของแปลง (เซนติเมตร)	78
ระยะสูงสุดของมันสำปะหลังจากสันแปลง (เซนติเมตร)	3.8
ระยะต่ำสุดของมันสำปะหลังจากสันแปลง (เซนติเมตร)	33
ความชื้นของดินตามมาตรฐานแห้ง (ร้อยละ)	18.83

5.2 ผลการทดสอบการทำงาน

จากผลการทดสอบการทำงานของเครื่องขุดมันสำปะหลังฟวงทำयरดแทรกเตอร์เล็ก ดังตารางที่ 5.2 และ 5.3 พบว่า เครื่องมีความสามารถในการทำงาน 4.1 ไร่ต่อชั่วโมง มีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 0.973 ลิตรต่อไร่ เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยร้อยละของมันสำปะหลังที่สูญเสีย พบว่ามีค่าต่ำทั้งนี้เพราะตะแกรงร่อนสามารถแยกมันสำปะหลังออกจากดิน ทำให้มันสำปะหลังไม่ถูกดินกลบ โดยมีร้อยละมันสำปะหลังที่สูญเสีย เท่ากับ 1.3 ซึ่งน้อยกว่าเครื่องขุดมันสำปะหลังของเกษตรกรซึ่งมีร้อยละมันสำปะหลังที่สูญเสีย เท่ากับ 6.25

ตารางที่ 5.2 ข้อมูลแสดงความสามารถในการทำงานของเครื่องขุดมันสำปะหลัง

ข้อมูลการทำงาน	ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการเก็บข้อมูล
ความยาวของแปลงเพาะปลูก (เมตร)	208.6
ความกว้างของพื้นที่เพาะปลูก (เมตร)	55.2
จำนวนแถวที่ขุดมันสำปะหลัง	46
พื้นที่เพาะปลูก (ตารางเมตร)	11,514
พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	7.2
ความเร็วของรถแทรกเตอร์ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	5.47
อัตราการใช้เชื้อเพลิง (ลิตรต่อไร่)	0.973
อัตราการใช้เชื้อเพลิง (ลิตรต่อชั่วโมง)	3.98
ความสามารถในการทำงาน (ไร่ต่อชั่วโมง)	4.10

ตารางที่ 5.3 ข้อมูลแสดงปริมาณและคุณภาพของมันสำปะหลังหลังการขุด

ข้อมูลการทำงาน	เครื่องขุดมันสำปะหลัง ต้นแบบ	เครื่องขุดมันสำปะหลัง ของเกษตรกร
พันธุ์มันสำปะหลัง	ห้วยบง 60	ห้วยบง 60
จำนวนแถวที่สุ่มเก็บ	4	4
ระยะทางที่เก็บมันสำปะหลัง (เมตร)	20	20
น้ำหนักมันสำปะหลังที่ไม่สูญเสีย (กิโลกรัม)	190	195
น้ำหนักมันสำปะหลังที่สูญเสีย (กิโลกรัม)	2.5	13.0
น้ำหนักมันสำปะหลังที่สุ่มเก็บทั้งหมด (กิโลกรัม)	192.5	208.0
ร้อยละมันสำปะหลังที่สูญเสีย	1.30	6.25
ผลผลิตต่อไร่ (ตันต่อไร่)	3.17	3.25

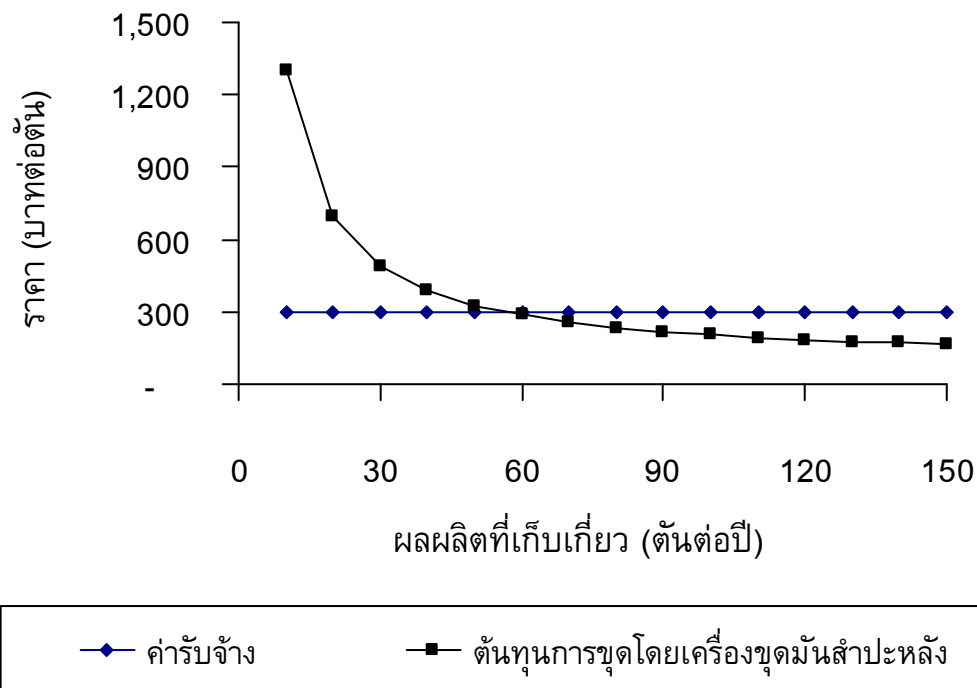
การขุดมันสำปะหลังโดยเครื่องขุดมันสำปะหลังต้นแบบแรงงานสามารถเก็บมันสำปะหลังได้สะดวกและรวดเร็วว่าการขุดมันสำปะหลังโดยใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังของเกษตรกรเนื่องจากตะแกรงร่อนได้ทำการแยกดินออกจากมันสำปะหลังทำให้ดินไม่กลบและมันสำปะหลังที่ขุดได้หัวมันสำปะหลังส่วนใหญ่จะอยู่ติดกับลำต้นอยู่จึงทำให้แรงงานเก็บมันสำปะหลังได้เร็วขึ้นอีกด้วย ส่วนเครื่องขุดมันสำปะหลังของเกษตรกรหัวมันสำปะหลังที่ขุดได้ส่วนใหญ่จะกระจัดกระจายทำให้แรงงานเก็บไม่สะดวก นอกจากนี้หัวมันสำปะหลังมีดินกลบทำให้แรงงานมองไม่เห็นหัวมันสำปะหลัง ซึ่งหัวมันสำปะหลังที่ถูกดินกลบแล้วแรงงานไม่สามารถเก็บได้เป็นสาเหตุใหญ่ของการสูญเสีย

ขั้นตอนการในการขุดมันสำปะหลังควรทำการตัดต้นออกก่อน และควรจัดการไม่ให้มีต้นมันสำปะหลังหรือวัชพืชอยู่ในแปลงมากเกินไปเพราะจะทำให้เศษวัชพืชไปปิดกั้นดินที่ถูกขุดโดยผานขุดไม่ให้ไหลขึ้นไปทีตะแกรงร่อนซึ่งจะทำให้เกิดการอุดตัน และไม่สามารถทำการขุดได้อย่างต่อเนื่อง

5.3 การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์

5.1.1 กรณีซื้อเฉพาะเครื่องขุดมันสำปะหลัง

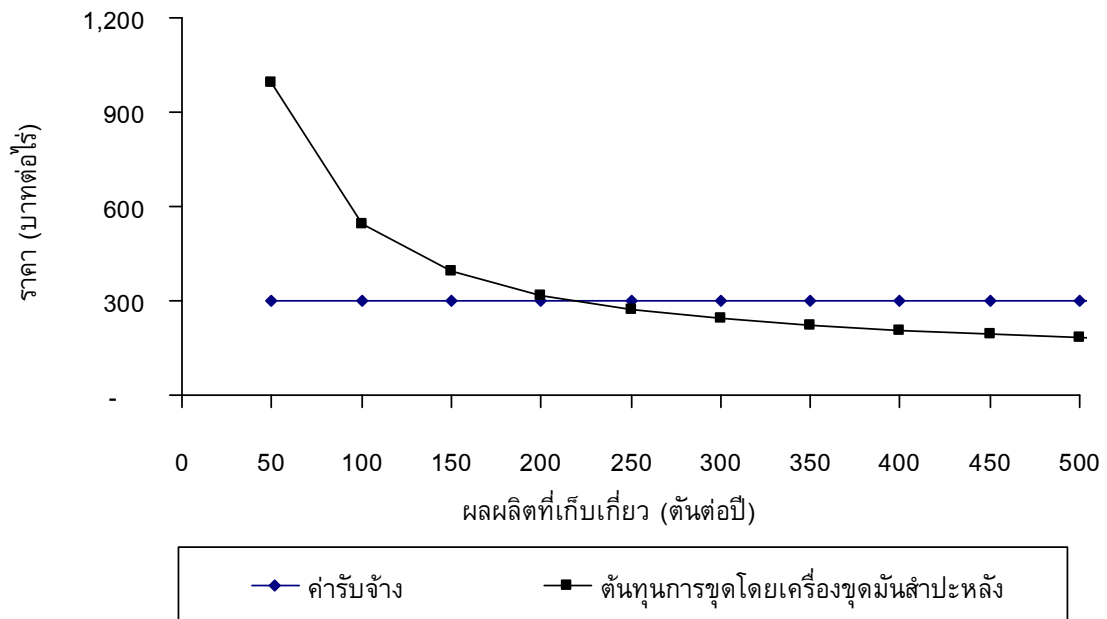
ปัจจุบันการรับจ้างขุดมันสำปะหลังของเกษตรกร รับจ้างขุดและเก็บมันสำปะหลัง 300 บาท ต่อตัน ผลจากการวิเคราะห์ภาพที่ 5.1 จะเห็นได้ว่า เครื่องขุดมันสำปะหลังพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์เล็ก มีจุดคุ้มทุน 56 ตันต่อปี ระยะเวลาคืนทุน 4.2 วันทำงาน หรือ 440 ตัน จึงจะได้คืนทุน (คิดจากช่วงทำงานภายใน 1 ปี)



ภาพที่ 5.1 จุดคุ้มทุนของเครื่องชุดมันสำปะหลังฟ่วงทำยรตแทรกเตอร์ขนาดเล็ก
กรณีซื้อเฉพาะเครื่องชุดมันสำปะหลัง

5.4.2 กรณีซื้อเครื่องชุดมันสำปะหลังพร้อมรถแทรกเตอร์เล็ก

ถ้าเกษตรกรซื้อเครื่องชุดมันสำปะหลังพร้อมรถแทรกเตอร์เล็กแล้วนำไปรับจ้างชุดและเก็บมันสำปะหลัง 300 บาทต่อตัน ผลจากการวิเคราะห์ภาพที่ 5.2 จะเห็นได้ว่า เครื่องชุดมันสำปะหลังฟ่วงทำยรตแทรกเตอร์เล็กมีจุดคุ้มทุน 217 ตันต่อปี ระยะเวลาดิ้นทุน 16.5 วันทำงาน หรือ 1718 ตัน จึงจะได้คืนทุน (คิดจากช่วงทำงานภายใน 1 ปี)



ภาพที่ 5.2 จุดคุ้มทุนของเครื่องขุดมันสำปะหลังฟ่วงทำยรทดแทรกเตอร์ขนาดเล็ก
กรณีซื้อเครื่องขุดมันสำปะหลังพร้อมรทดแทรกเตอร์เล็ก

บทที่ 6

สรุป

6.1 สรุปผลการทดสอบ

6.1.1 สรุปผลการทดสอบเครื่องชุดมันสำปะหลังพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

จากผลการทดสอบการทำงานของเครื่องชุดมันสำปะหลังพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์เล็กพบว่า เครื่องมีความสามารถในการทำงาน 4.1 ไร่ต่อชั่วโมง มีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 0.973 ลิตรต่อไร่ เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยร้อยละของมันสำปะหลังที่สูญเสีย พบว่า มีร้อยละมันสำปะหลังที่สูญเสีย เท่ากับ 1.3 ซึ่งน้อยกว่าเครื่องชุดมันสำปะหลังของเกษตรกรซึ่งมีร้อยละมันสำปะหลังที่สูญเสีย เท่ากับ 6.25

6.1.2 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

1. กรณีซื้อเครื่องชุดมันสำปะหลังอย่างเดียว มารับจ้างชุดในราคา 300 บาทต่อตัน มีจุดคุ้มทุนที่ 56 ตันต่อปี ระยะเวลาคืนทุน 4.2 วันทำงาน หรือ 440 ตัน จึงจะได้ทุนคืน (คิดจากช่วงเวลาทำงานภายใน 1 ปี)
2. กรณีซื้อเครื่องชุดมันสำปะหลังและรถแทรกเตอร์เล็ก มารับจ้างชุดในราคา 300 บาทต่อตัน มีจุดคุ้มทุนที่ 217 ตันต่อปี ระยะเวลาคืนทุน 16.5 วันทำงาน หรือ 1718 ตัน จึงจะได้ทุนคืน (คิดจากช่วงเวลาทำงานภายใน 1 ปี)

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. การพัฒนาเครื่องชุดมันสำปะหลังพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กครั้งต่อไป ควรลดขนาดความกว้างของตัวเครื่องลงเพราะทำให้ปริมาณดินที่ขุดขึ้นมามากเกินไปจนความจำเป็น ควรลดขนาดช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงเพราะทำให้หัวมันสำปะหลังขาด และควรทำระบบลำเลียงมันสำปะหลังไปยังรถบรรทุก เพื่อลดแรงงานในการเดินเก็บมันสำปะหลัง
2. ในการนำเครื่องไปใช้งานแปลงเพาะปลูกควรเป็นแปลงเพาะปลูกแบบยกร่อง และควรปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ที่หัวมันสำปะหลังแผ่อกด้านข้าง

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2545. **เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลัง.**

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2547. **เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง.**

กระทรวงเกษตรและ สหกรณ์, กรุงเทพฯ.

พงษ์ศักดิ์ อยู่หุ่น. 2552. **มันสำปะหลัง. (ออนไลน์).**

คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยนเรศวร

เข้าถึงได้จาก : <http://www.agi.nu.ac.th/webnewasp/ereading/economic/Cassava/index.html>

บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร และเสมอขวัญ ตันติกุล. 2545. **รายงานผลงานวิจัยเครื่องชุดมันฝรั่ง.**

กองส่งเสริมเทคโนโลยี สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร. 2545. **การออกแบบเครื่องชุดมันฝรั่งแบบตะแกรงร่อนบันได**

เลื่อนติดรถไถเดินตาม. รายงานผลงานวิจัย. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร

คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร และคณะ. 2546. **การพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องชุด**

มันฝรั่งแบบตะแกรงร่อนบันไดเลื่อนติดรถไถเดินตาม. รายงานผลงานวิจัย.

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร,

มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่.

บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร. 2549. **การออกแบบเครื่องชุดมันฝรั่งพวงท้ายรถแทรกเตอร์**

รายงานผลงานวิจัย. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร

คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

ปราโมทย์ คำเมือง และคณะ. 2537. **ออกแบบและพัฒนาเครื่องชุดมันฝรั่งติดพ่วงรถ**

ไถเดินตาม. รายงานการวิจัย ทะเบียนวิจัยเลขที่ 36 08 001 006.

กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

ปราโมทย์ คำเมือง และคณะ. 2539. **ออกแบบและพัฒนาเครื่องชุดมันฝรั่งติดพ่วงรถแทรกเตอร์**. รายงานการวิจัย ทะเบียนวิจัยเลขที่ 37 08 001 010.

กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยพืชไร่. 2552. **มันสำปะหลัง**. (ออนไลน์).

เข้าถึงได้จาก : <http://as.doa.go.th/fieldcrops/>

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2550**.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.



ภาคผนวก ก

ประมวลภาพการทดสอบ





ภาพที่ ก1 ระดับหัวมันสำปะหลัง





ภาพที่ ก2 เครื่องขุดมันสำปะหลังต้นแบบ ขณะทำการขุด



ภาพที่ ก3 มันสำปะหลังที่ขุดโดยเครื่องขุดมันสำปะหลังต้นแบบ



ภาพที่ ก4 เครื่องขุดมันสำปะหลังของเกษตรกร ขณะทำการขุด



ภาพที่ ก5 มันสำปะหลังที่ขุดโดยเครื่องขุดมันสำปะหลังของเกษตรกร