

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ชื่อโครงการ การพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบถอนหัวมันขึ้น
(ภาษาไทย)

ชื่อโครงการ Development of Cassava Root lifted up by pulling stump
Harvester Type
(ภาษาอังกฤษ)

คณะผู้วิจัย

1. นาย วิชา หมั่นทำการ
2. นาย ศาสวัต รัตนศรีเมธา
3. นาย มนัสวี สุริวงษ์

หน่วยงานที่สังกัด

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

สนับสนุนทุนวิจัยโดย

ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มช.
ประจำปีงบประมาณ 2552

กิตติกรรมประกาศ
(Acknowledgements)

ผู้ดำเนินการวิจัยใคร่ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการ
เก็บเกี่ยวมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย
งบประมาณประจำปี 2552 จนโครงการประสบความสำเร็จ

บทคัดย่อ

มันสำปะหลังมีอายุเจริญเติบโตเต็มที่ที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ประมาณ 10 เดือนขึ้นไป การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเริ่มตั้งแต่ปลายเดือนพฤศจิกายนเป็นต้นไป การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเป็นงานที่หนัก การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในปัจจุบันนี้ ต้องใช้แรงงานคนเป็นจำนวน 10 – 20 คน ซึ่งมีขั้นตอนการเก็บเกี่ยวเริ่มตั้งแต่การใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังขึ้นมา , การยกกอมมันสำปะหลังให้พ้นจากแนวการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ที่จะขุดแนวใหม่ , การตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า , และการลำเลียงหัวมันสำปะหลังลงรถบรรทุก โดยรวมทุกขั้นตอนแล้วจะมีความสามารถในการเก็บเกี่ยวประมาณ 2 ไร่ / วัน ซึ่งทำให้การเก็บเกี่ยวล่าช้า และทำให้ต้นทุนการผลิตสูง ดังนั้นการพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบถอนหัวมันขึ้น จะเป็นวิธีการนำหัวมันสำปะหลังขึ้นมาจากพื้นดินโดยวิธีการถอนต้นขึ้นมา การจัดการกับหัวมันสำปะหลังจะง่าย, รวดเร็วและมีคุณภาพมากกว่าการใช้วิธีการขุด เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบแบบถอนหัวมันขึ้นมีหลักการทำงานและส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้ การต่อติดเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเข้ากับรถแทรกเตอร์ใช้ แบบจุดยึด 3 จุด (Three point hitch) ใช้ลำเลียงจำนวน 1 คู่ ที่ติดครีบลูกสำหรับดึงต้นมันสำปะหลังขึ้น ยาว 2.50 เมตร วางเอียงทำมุม 45 องศากับแนวระดับ โดยใช้ลำเลียงจะมีความเร็ว 0.58 เมตร / วินาที , หัวชะดินทำให้นดินแตกออกจากหัวมันสำปะหลังมีหน้ากว้าง 80 ซม. สามารถทำการชะดินได้ลึก 40 – 50 ซม. เมื่อต้นมันสำปะหลังถูกดึงขึ้นมาได้จะถูกลำเลียงโดยลำเลียงแล้วต้นมันสำปะหลังจะถูกปล่อยออกไปให้ไปวางไว้ข้างๆ ให้พ้นแนวการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ในเที่ยวต่อไป ผลการทดสอบปรากฏว่า เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบมีอัตราการเก็บเกี่ยวได้เฉลี่ย 0.49 ไร่/ชม. ณ.ที่ความเร็วในการทำงานเฉลี่ย 0.17 เมตร / วินาที โดยมีหัวมันสำปะหลังที่ถูกดึงขึ้นไม่ได้เฉลี่ย 12.67 % หัวมันสำปะหลังหักขาดในดินเฉลี่ย 0.88% เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบได้ประเมินราคาไว้ที่ 100,000 บาท มีค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการทำงานเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเท่ากับ 417.48 บาท / ไร่

Abstract

Cassava crop has been a harvesting time period beyond 10 months that its harvesting season shall start at the end of November. Cassava harvesting is a very hard work which nowadays the cassava harvesting have to use 10 – 20 workers and the four series of cassava harvesting practice such as ; digging , moving the cassava bunches out of the route of the tractor for the next digging , detaching the root from the stem , and transporting the root to the truck. The capacity of this traditional harvesting system is totally 2 rai / day which is so much a time consuming and to have extensive labor harvesting practice that are a high cost of production. The development of the Cassava Root lifted up by pulling stump Harvester Type can easily manage with the harvested cassava bunches which is more quality and quantity of harvesting work than the traditional digging . The main design function of the cassava harvester prototype use the pulling method instead of digging method. The main machine components of the harvester prototype was consisted of a 2.5 meter long of a pair of drag chain conveyor moving linearly at the speed of 0.58 m/s and to make the angle of 45 degree with the ground which the drag chain was attached with a series of the steel fin to pull the stem out of the soil , the pry head with 0.80 meter width and 40 – 50 cm. pry depth. The cassava harvester prototype was hitched at the rear of the tractor by a three point hitch. By the principle the drag chain release the harvested cassava bunches on the ground out of the way of the tractor 's traveling to the next digging .The test results were shown that the rate of harvesting was 0.49 rai / hr. at the average harvesting speed of 0.17 m/s with the average of the no pulled stem 12.67 % and the broken cassava root in the soil 0.88 %.The cassava harvester prototype price was approximately 100,000 bath while the total cost of harvesting was 417.48 bath / rai .

สารบัญเรื่อง

	หน้า
สารบัญเรื่อง	ก
สารบัญตาราง	ข
สารบัญรูปภาพ	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัยตลอดทั้งโครงการ	2
1.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	5
2.1 ประวัติของมันสำปะหลัง	5
2.2 พันธุ์ศาสตร์ของมันสำปะหลัง	7
2.3 การปลูกมันสำปะหลัง	12
2.4 การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง และ การเก็บรักษาหัวมันสำปะหลัง	14
2.5 เครื่องเก็บเกี่ยวหัวหรือฝักของพืชที่อยู่ใต้ดิน	20
2.6 การพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังที่มีในประเทศไทย	23
2.7 รูปแบบการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในประเทศไทย	26
2.8 เครื่องขุดมันสำปะหลังที่มีการผลิตในเชิงพาณิชย์ในประเทศไทย	27
2.9 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	30
บทที่ 3 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังชนิดดึงเหง้าขึ้น	34
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	34
3.2 วิธีวิจัยและวิธีการทดสอบ	34
3.3 สูตรที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณ	35
3.4 ผลการทดสอบและวิจารณ์ (Results & Discussions)	36
บทที่ 4 การวิจัยและพัฒนาการออกแบบสร้างเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบถอนหัวมันขึ้น	57
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างและทดสอบ	57
4.2 วิธีวิจัยและวิธีการออกแบบสร้างเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบถอนหัวมันขึ้น	57
4.3 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของเครื่องต้นแบบเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง แบบถอนหัวมันขึ้น	58

สารบัญเรื่อง

	หน้า
4.4 วิธีการทดสอบเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบ	59
4.4.1 วิธีการทดสอบหาการสูญเสียหัวมันสำปะหลังระหว่างทำงานเก็บเกี่ยว	59
4.4.2 วิธีการทดสอบหาอัตราการทำงานเก็บเกี่ยว	59
4.4.3 สูตรที่ใช้ในการคำนวณ	60
4.5 วิธีการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ หาค่าใช้จ่ายทั้งหมดของเครื่องเก็บเกี่ยวมัน สำปะหลังต้นแบบ	60
4.6 ผลการทดสอบและวิจารณ์ (Results & Discussions)	62
4.6.1 ผลการทดสอบหาแรงในการดึงสูงสุดของชุดดึงต้นมันสำปะหลัง	62
4.6.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง	63
4.7 สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ(Conclusions & Recommendations)	64
4.8 เอกสารอ้างอิง	66

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลผลการทดสอบการดึงต้นมันสำปะหลังของแปลงทดสอบที่ 1 ซึ่งดินไม่อัดแน่นมาก	38
ตารางที่ 3.2 ข้อมูลผลการทดสอบการวัดความแข็งของดิน ณ.ที่ระดับความลึก ของดินต่างๆ กันของแปลงที่ 1	39
ตารางที่ 3.3 ข้อมูลผลการทดสอบการดึงต้นมันสำปะหลังของแปลงที่ 2 ซึ่งดินในพื้นที่ ก่อนข้างอัดแน่นมาก	41
ตารางที่ 3.4 ข้อมูลผลการทดสอบการวัดความแข็งของดิน ณ.ที่ระดับความลึก ของดินต่างๆ กันของแปลงที่ 2	42
ตารางที่ 3.5 แสดงข้อมูลความชื้นของดินในแปลงที่ 1	44
ตารางที่ 3.6 แสดงข้อมูลความชื้นของดินในแปลงที่ 2	45
ตารางที่ 3.7 ข้อมูลผลการทดสอบหาความแข็งแรงของหัวมันสำปะหลัง โดยใช้แรงดึงตามแนวแกนของหัวมันสำปะหลัง	46
ตารางที่ 3.8 ข้อมูลผลการทดสอบหาความแข็งแรงของหัวมันสำปะหลัง โดยใช้แรงคด (Bending force) ตั้งฉากกับแนวแกนของหัวมันสำปะหลัง	47
ตารางที่ 3.9 ข้อมูลความแข็งแรงของหัวมันสำปะหลังขณะทดสอบ	48
ตารางที่ 3.10 ข้อมูลการทดสอบหามุมที่เหมาะสมในการดึงเหง้า หรือ ต้นมันสำปะหลังขึ้นจากพื้นดิน	49
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลผลการทดสอบหาเปอร์เซ็นต์การดึงไม่ขึ้น เปอร์เซ็นต์ที่หัวขาดในดิน และ อัตราการทำงานเก็บเกี่ยว	68
ตารางที่ 4.2 การคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบ	69

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 เครื่องขุดมันฝรั่งแบบติดรถไถเดินตามพัฒนาโดยกองเกษตรวิศวกรรม	20
รูปที่ 2.2 เครื่องขุดมันฝรั่งพัฒนาโดย ผศ. บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร	21
รูปที่ 2.3 เครื่องขุดหัวลิสงพ่วงติดรถไถเดินตาม	21
รูปที่ 2.4 Groundnut digger – shaker winnower	22
รูปที่ 2.5 เครื่องเก็บและนวดหัวลิสง	23
รูปที่ 2.6 เครื่องขุดมันฝรั่งแบบติดหน้ารถแทรกเตอร์	24
รูปที่ 2.7 เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบคันเดี่ยวของกองเกษตรวิศวกรรม	24
รูปที่ 2.8 รูปเครื่องขุดและรวบรวมหัวมันสำปะหลัง	26
รูปที่ 2.9 แสดงภาพเครื่องมือแบบง่ายๆที่ใช้ในการคัดถอนหัวมันสำปะหลังขึ้นจากพื้นดิน	27
รูปที่ 2.10 เครื่องขุดมันสำปะหลังที่มีการผลิตในเชิงพาณิชย์	27
รูปที่ 2.11 เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบผลาผลแบบซี่	28
รูปที่ 2.12 เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบผลาผลแบบจานโค้ง	29
รูปที่ 2.13 เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบไม่มีปีกไถ และ แบบมีปีกไถ	29
รูปที่ 2.14 เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบผลาผลแบบมีการติดตั้งกรวยกลม	30
รูปที่ 2.15 อุปกรณ์เคลื่อนย้ายดินแบบต่างๆ	30
รูปที่ 2.16 แบบจำลองของคลอสมป์แสดงระนาบที่แตกสลายของดินเนื่องจากแรงเฉือน	31
รูปที่ 2.17 กราฟแสดงค่ากำลังของดินชนิดต่างๆ	32
รูปที่ 2.18 ขอบเขตการแตกตัวของดิน (Boundary condition)	32
ในขณะที่เครื่องมือกำลังตัดดิน	
รูปที่ 3.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดึงเห้งมันสำปะหลังขึ้นจากพื้นดิน กับ น้ำหนักของเห้งมันสำปะหลัง	39
รูปที่ 3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความลึกของดิน ณ.ระดับต่างๆ กัน กับ ค่าความแข็งของดินของแปลงที่ 1	40
รูปที่ 3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดึงเห้งมันสำปะหลังขึ้นจากพื้นดิน กับ น้ำหนักของเห้งมันสำปะหลัง ของแปลงที่ 2	42
รูปที่ 3.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความลึกของดิน ณ.ระดับต่างๆ กัน กับ ค่าความแข็งของดินของแปลงที่2	43
รูปที่3.5กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ของหัวมันสำปะหลัง	46

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 3.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดัด กับ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวมันสำปะหลัง	47
รูปที่ 3.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนของแรงดึงเฉลี่ยในแนวตั้ง กับ มุมที่ใช้ดึง	50
รูปที่ 3.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนของแรงดึงเฉลี่ยในแนวนอน กับ มุมที่ใช้ดึง	50
รูปที่ 3.9 ภาพแสดงขณะกำลังทดสอบหาแรงดึงเห้งมันสำปะหลังขึ้นจากพื้นดิน	51
รูปที่ 3.10 ขณะกำลังชั่งน้ำหนักเห้งมันสำปะหลัง	52
รูปที่ 3.11 ขณะกำลังวัดขนาดเห้งมันสำปะหลัง	52
รูปที่ 3.12 ขณะกำลังทดสอบวัดความแข็งของดิน	53
รูปที่ 3.13 ขณะทดสอบดึงเห้งมันสำปะหลังตามแนวแกน	54
รูปที่ 3.14 ภาพการนิกขาดของเห้งมันสำปะหลังเมื่อถูกดึงตามแนวแกน	54
รูปที่ 3.15 ขณะทดสอบความต้านทานแรงดัด (Bending force)ของเห้งมันสำปะหลัง	55
รูปที่ 3.16 การออกแบบครีบริบเหล็กสำหรับใช้ดึงต้นมันสำปะหลัง	55
รูปที่ 3.17 ขณะทดสอบการดึงต้นมันสำปะหลัง ณ.ที่ มุมต่างๆ	56
รูปที่ 4.1 เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบใช้การต่อติดเข้ากับท้ายรถแทรกเตอร์	
แบบจุดยึด 3 จุด (Three point hitch)	70
รูปที่ 4.2 การยกหัวชุดขึ้นลงควบคุมโดยไฮดรอลิกส์ของรถแทรกเตอร์	70
รูปที่ 4.3 หัวแฉะดินมีหน้ากว้างการชุดแฉะดินเท่ากับ 80 ซม.	71
รูปที่ 4.4 หัวแฉะดินถูกออกแบบให้ติดตั้งอยู่บนแขน 4 คู่ (ข้างละ 2 คู่)	71
รูปที่ 4.5 ชุดโซ่ลำเลียงที่ใช้สำหรับดึงต้นมันสำปะหลัง เป็นโซ่ แบบ Double pitch chain no. 80 ชนิด Roller ใหญ่ หรือเบอร์ที่เรียกทางการค้า คือ 2080 H	72
รูปที่ 4.6 ครีบริบเหล็กสำหรับดึงต้นมันสำปะหลัง ถูกนำมายึดติดกับโซ่ลำเลียง	72
รูปที่ 4.7 กลไกการขับเคลื่อนทั้งหมดได้รับกำลังจากเพลลา PTO ของรถแทรกเตอร์	73
รูปที่ 4.8 ความเร็วเชิงเส้นของโซ่ลำเลียงเท่ากับ 0.58 เมตร / วินาที	73
รูปที่ 4.9 การทดสอบแรงดึงสูงสุดของโซ่ลำเลียงที่ครีบริบดึงต้นมันสำปะหลังสามารถดึงขึ้นมาได้โดยการให้เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเคลื่อนที่ผ่าน ทั้งซึ่งมีน้ำหนัก 110 กก.	74
รูปที่ 4.10 ภาพครีบริบดึงต้นมันสำปะหลังสามารถดึงน้ำหนักได้สูงสุด 110 กก. ได้	74
รูปที่ 4.11 การจำลองสถานการณ์ สมมุติว่า ชุดดึงต้น ดึงต้นมันสำปะหลังขึ้นมาแล้วลำเลียงไปปล่อยออกทางข้างหลังเครื่อง	75

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 4.12 น้ำหนักนี้มีขนาด 25 กก.เสมือนเป็น กอมันสำปะหลัง	75
รูปที่ 4.13 ขณะทดสอบเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง	76
รูปที่ 4.14 ครีบดึงต้นมันสำปะหลังขณะดึงต้นมันสำปะหลังขึ้นมาโดยโซ่ลำเลียง	76
รูปที่ 4.15 ภาพขณะโซ่ลำเลียงกำลังปล่อยกอมันสำปะหลัง	77

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีศักยภาพด้านการตลาด เนื่องจากสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้ประโยชน์ได้นานาประการ ทั้งในรูปอาหารและมิใช่อาหาร เช่น มันเส้น มันอัดเม็ด ใช้เป็นส่วนประกอบอาหารสัตว์ และผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์สำหรับแปรงมัน สำปะหลังจะถูกใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ได้แก่ อุตสาหกรรมอาหาร สารความหวานผงชูรส สิ่งทอ และ กระดาษ เป็นต้น รวมทั้งเอทานอลและภาชนะบรรจุย่อยสลายได้ทางชีวภาพซึ่งในอนาคตจะมีการใช้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมากยิ่งขึ้นเพราะช่วยลดปัญหามลภาวะและสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้พลาสติกและโฟม ส่วนการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังไปยังต่างประเทศ คาดว่า จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน เนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการเปิดการค้าเสรีในรูปของทวิภาคีมากขึ้น โดยเฉพาะในตลาดนำเข้าที่สำคัญของไทย มันสำปะหลังสามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศ พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังทั้งประเทศ ปี 2550 /51 มีประมาณ 7.3 ล้านไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 3.78 ตัน /ไร่ มีผลผลิตหัวมันสดรวมทั้งหมด 27.62 ล้านตัน ถือเป็นวัตถุดิบที่เพียงพอสำหรับผลิตเอทานอล ซึ่งสามารถแบ่งหัวมันเพื่อผลิตเป็นเอทานอลได้ไม่น้อยกว่า 6 ล้านตันต่อปี พันธุ์ที่ใช้เพาะปลูก คือ พันธุ์ระยะของ 5 พันธุ์ระยะของ 90 พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และ พันธุ์ห้วยบง 60 โดยมันสำปะหลังสามารถปลูกได้ทั้งปี การส่งออกผลิตภัณฑ์มันของไทย ช่วง มค. – ตค. 50 มีมันเส้น 2,541,430 ตัน มูลค่า ประมาณ 10,425 ล้านบาท มันอัดเม็ด 1,318,760 ตัน มูลค่าประมาณ 5,418 ล้านบาท แป้งมัน 1,970,324 ตัน มูลค่าประมาณ 19,811 ล้านบาท จะเห็นได้ว่าประเทศไทยส่งผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังคิดเป็นมูลค่ารวมหลายหมื่นล้านบาทต่อปี ซึ่งประเทศไทยผลิตมันสำปะหลังใหญ่เป็นอันดับสามของโลก มีผลผลิตคิดเป็นประมาณ 10 %ของผลผลิตทั่วโลก การปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย โดยมากกว่าร้อยละ 65 ของพื้นที่ปลูกทั้งหมด เกษตรกรจะทำการปลูกในช่วงต้นฤดูฝน คือประมาณเดือนมีนาคม ถึง พฤษภาคม อีกร้อยละ 20 ปลูกในช่วงฤดูแล้ง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึง กุมภาพันธ์ ส่วนที่เหลือร้อยละ 15 จะปลูกในช่วงเดือนมิถุนายน ถึง ตุลาคม สำหรับการปลูกในช่วงต้นฤดูฝนนี้ ผลผลิตหัวสดที่ได้จะสูงกว่าการปลูกในช่วงอื่นๆ การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังสามารถเก็บเกี่ยวได้เกือบทั้งปีโดยเฉพาะตั้งแต่ เดือนธันวาคม จนถึงเดือน กรกฎาคม วิธีการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังของเกษตรกรมี 2 วิธี คือถ้าหากเป็นเกษตรกรรายย่อย จะใช้วิธีการถอน โดยการใช้แรงงานคน ตัดต้นมันให้เหลือส่วนล่างของลำต้นไว้ประมาณ 30-70 เซนติเมตร แล้วใช้เครื่องมือแบบง่ายๆ ซึ่งเป็นภูมิปัญญาชาวบ้าน จัดเอากอมันสำปะหลังขึ้นมา คนต้องออกแรงจัดประมาณ 50 – 70 กก./ คน ซึ่งจะมีปัจจัยต่างๆหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง ทั้งนี้ยังขึ้นกับลักษณะของหัวมันใหญ่ หรือเล็ก ชนิดของดิน ความแข็งและการอัดแน่นของดิน และความชื้นของดินด้วย ซึ่งความสามารถของคนถอนหัวมันได้ประมาณ 500- 800 กก. / วัน เมื่อได้

หัวมันขึ้นมาจากดินแล้วจึงนำมาสับเหง้าออกแล้วรีบชนหัวมันส่งไปยังโรงงานเพื่อแปรรูปเพราะถ้ากองทิ้งไว้ในไร่หัวมันสำปะหลังจะเน่าเสีย ส่วนวิธีการเก็บเกี่ยวหัวมันแบบใช้เครื่องขุดหัวมันสำปะหลังที่เอกชนผลิตออกจำหน่ายอยู่นั้นจะเป็นแบบติดท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดใหญ่ ทำการขุดพลิกหน้าดินเพื่อให้หัวมันสำปะหลังหลุดจากดินขึ้นมา ยังมีปัญหาหลายอย่าง เช่น ไม่ประหยัดแรงงาน , เวลา และต้นทุนการผลิต การทำงานเก็บเกี่ยวไม่เสร็จในขั้นตอนเดียว ซึ่งจำเป็นต้องใช้แรงงานคน 10 – 20 คน ในการยกกองมันสำปะหลัง , ตัดเหง้า , และชนหัวมันสำปะหลังใส่รถบรรทุก ความสามารถในการขุดตัดหัวมันออกจากเหง้าและชนใส่รถบรรทุก จะมีความสามารถประมาณ 2 ไร่/วัน เกษตรกรต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวประมาณ 1500 บาท / ไร่ และยังมีการสูญเสียหัวมันในดินประมาณ 10 % เพราะ หัวขุดขุดดินลงไปที่มีความลึกต่ำกว่ารากของมันสำปะหลังจึงทำให้รากหัวมันสำปะหลังขาดอยู่ในดิน ซึ่งถ้าหากมีเครื่องมือเก็บเกี่ยวที่มีประสิทธิภาพก็จะ ทำให้ เกษตรกร เก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังได้รวดเร็ว , ลดต้นทุนการผลิต และลดการสูญเสียหัวมันสำปะหลังในดินได้ ดังนั้นโครงการวิจัยการพัฒนา เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบถอนหัวมันสำปะหลังขึ้นจากพื้นดิน จะเป็นโครงการวิจัยที่สามารถแก้ไขปัญหาการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่มีอยู่ในปัจจุบัน ทำให้การเก็บเกี่ยว ได้รวดเร็วและเสร็จในขั้นตอนเดียว ลดการสูญเสียหัวมันสำปะหลังในดินได้ ลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร เกษตรกรจะมีรายได้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะได้เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังและอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบถอนหัวมันขึ้นมีความสามารถในการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังได้ประมาณ 1 ไร่ต่อชั่วโมง

1.3 ขอบเขตของการวิจัยตลอดทั้งโครงการ

1. ทำการวัดคุณสมบัติทางกายภาพของหัวมันที่แก่พร้อมเก็บเกี่ยวในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในจังหวัดต่างๆ ที่มีสภาพดินแตกต่างกันโดยข้อมูลที่จะเก็บ คือ ชนิดของดิน , วัตถุความชื้นของดิน , วัตถุแรงในการที่ต้องใช้ดึงหัวมันสำปะหลังขึ้นจากดิน , วัตถุน้ำหนักและขนาดของหัวมัน
2. ออกแบบสร้างกลไกการดึงหัวมันขึ้นจากดินและลำเลียงหัวมันลงใส่ ถังรองรับที่ติดตั้งไว้ข้างท้ายเครื่อง
3. เพื่อที่จะลดแรงในการดึงจึงต้องออกแบบกลไกการเกลี่ยดินผิวหน้าส่วนบนบริเวณโคนต้นของหัวมันออกไปบางส่วน

4. ออกแบบระบบลำเลียงหัวมันที่ถูกดึงขึ้นมาแล้วจากดินลำเลียงหัวมันต่อไปลงถึงข้างท้ายเครื่อง
5. ออกแบบระบบไฮดรอลิกส์ สำหรับยกถังเทหัวมันเมื่อเต็มถังแล้ว
6. ทดสอบและประเมินผลพร้อมปรับปรุงแก้ไขส่วนบกพร่อง
7. ทดสอบเครื่องเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังในแปลงของเกษตรกรในท้องที่ต่าง ๆ และทำการปรับปรุงแก้ไขกลไกที่อาจทำงานไม่เป็นที่ต้องการของเกษตรกรเมื่อนำไปใช้งานจริง ๆ
8. วิเคราะห์ผลเชิงเศรษฐศาสตร์ และสรุปผลการออกแบบทั้งหมดโดยสรุปออกมาเป็นแบบพิมพ์เขียวพร้อมที่จะนำไปผลิตได้

1.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. ทำการวัดคุณสมบัติทางกายภาพของหัวมันที่แก่พร้อมเก็บเกี่ยวในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในจังหวัดต่างๆ ที่มีสภาพดินแตกต่างกันโดยข้อมูลที่จะเก็บ คือ ชนิดของดิน , วัดความชื้นของดิน , วัดแรงในการที่ต้องใช้ดึงหัวมันสำปะหลังขึ้นจากดิน , วัดน้ำหนักและขนาดของหัวมัน
2. ออกแบบสร้างกลไกการดึงหัวมันขึ้นจากดินและลำเลียงหัวมันลงใส่ ถังรองรับที่ติดตั้งไว้ข้างท้ายเครื่อง
3. เพื่อที่จะลดแรงในการดึงจึงต้องออกแบบกลไกการเกลี่ยดินผิวหน้าส่วนบนบริเวณโคนต้นของหัวมันออกไปบางส่วน
4. ออกแบบระบบลำเลียงหัวมันที่ถูกดึงขึ้นมาแล้วจากดินลำเลียงหัวมันต่อไปลงถึงข้างท้ายเครื่อง
5. ออกแบบระบบไฮดรอลิกส์ สำหรับยกถังเทหัวมันเมื่อเต็มถังแล้ว
6. ทดสอบเครื่องในแปลงทดสอบและประเมินผลพร้อมปรับปรุงแก้ไขส่วนบกพร่อง
7. ออกแบบสร้างและประกอบเป็นเครื่องเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังติดรถแทรกเตอร์ที่สมบูรณ์แบบ
8. ทดสอบเครื่องเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังในแปลงของเกษตรกรในท้องที่ต่าง ๆ และทำการปรับปรุงแก้ไขกลไกที่อาจทำงานไม่เป็นที่ต้องการของเกษตรกรเมื่อนำไปใช้งานจริง ๆ
9. สรุปผลการออกแบบสร้างพร้อมการปรับปรุงแก้ไขเมื่อนำไปใช้งานจริง
10. เผยแพร่เครื่องต้นแบบ พร้อมจัดอบรม สัมมนา Workshop เพื่อรับฟังความคิดเห็น จากกลุ่มต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

11. วิเคราะห์ผลเชิงเศรษฐศาสตร์ และสรุปผลการออกแบบทั้งหมดโดยสรุปออกมาเป็นแบบพิมพ์เขียวพร้อมที่จะนำไปผลิตได้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง จะได้ประโยชน์จากโครงการนี้โดยตรง ซึ่งจะทำให้การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังได้รวดเร็วขึ้น ลดการสูญเสียหัวมันสำปะหลังที่ขาดในดิน ทำให้เพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ได้ โดยจะทำให้รายได้ต่อพื้นที่เพิ่มขึ้นและลดต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่ลงได้ และอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง และอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องจักรกลการเกษตรทั้งรายย่อยและรายใหญ่ตามท้องถิ่นต่าง ๆ ทั่วประเทศ และอาจารย์วิทยาลัยเกษตรกรรมทั่วประเทศ จะได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิต จากโครงการที่จะเผยแพร่ออกไปสู่ผู้สนใจต่าง ๆ นิสิตของภาควิชาวิศวกรรมเกษตรทั้งปริญญาตรีและปริญญาโท ที่จะเข้ามาช่วยทำโครงการนี้ จะได้รับความรู้ขั้นตอนการวิจัยและพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ ซึ่งจะเป็นการสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่ต่อไป

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 ประวัติของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลัง เป็นพืชดั้งเดิมของชาวพื้นเมืองในเขตร้อนของทวีปอเมริกา ตั้งแต่อเมริกา กลาง คือ ตอนใต้ของประเทศเม็กซิโกลงไปถึงประเทศบราซิล ซึ่งเป็นพวกอเมริกันอินเดียน ชนเหล่านี้ ปลูกมันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นอาหาร จากหลักฐานทางโบราณคดี มีการค้นพบเครื่องปั้นดินเผาเป็นรูป หัวมันสำปะหลังที่ประเทศเปรู เครื่องปั้นนี้มีอายุประมาณ ๒,๕๐๐ ปี แสดงว่ามนุษย์เรานั้นรู้จักปลูกมัน สำปะหลังมากกว่า ๒,๕๐๐ ปีมาแล้ว ในสมัยโบราณก่อนที่คริสโตเฟอร์ โคลัมบัส สำรวจพบทวีป อเมริกาในปี พ.ศ. ๒๐๓๕ มีการปลูกมันสำปะหลังอยู่เฉพาะในเขตร้อนของทวีปอเมริกาเท่านั้น ส่วนใน ทวีปแอฟริกาและเอเชียยังไม่มีมันสำปะหลังปลูกเพราะยังไม่มี การติดต่อกัน ต่อมาจึงมีผู้นำมัน สำปะหลังจากทวีปอเมริกาไปยังทวีปแอฟริกาและเอเชียตามลำดับ

การนำมันสำปะหลังเข้าทวีปแอฟริกา

ประมาณกลางศตวรรษที่ ๑๖ ชาวโปรตุเกสได้นำมันสำปะหลังจากประเทศบราซิลในทวีป อเมริกาใต้เข้าสู่ทวีปแอฟริกา โดยใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารในเรือค้าทาส ซึ่งชาวโปรตุเกสนำไปจาก ทวีปแอฟริกา ในปัจจุบันมันสำปะหลังก็ยังคงเป็นพืชที่ใช้เป็นอาหารในเรือค้าทาส ซึ่งชาวโปรตุเกส นำไปจากทวีปแอฟริกา ในปัจจุบันมันสำปะหลังก็ยังคงเป็นพืชที่ใช้เป็นอาหารหลักที่สำคัญของชาว แอฟริกันอยู่ ในปี พ.ศ. ๒๕๑๙ ของ FAO และทวีปแอฟริกาเป็นทวีปที่มีการผลิตมันสำปะหลังมากที่สุด

การนำมันสำปะหลังเข้าทวีปเอเชีย

ระหว่างคริสต์ศตวรรษที่ ๑๗-๑๘ ชาวโปรตุเกส ดัตช์ และสเปน ได้นำมันสำปะหลังเข้ามายัง ประเทศต่างๆ ในทวีปเอเชีย ปัจจุบันประเทศที่ปลูกมันสำปะหลังมากคือ อินโดนีเซีย ไทย และอินเดีย ซึ่ง ผลิตได้มากเป็นอันดับ ๒, ๕ และ ๖ ของโลก

สำหรับประเทศอินโดนีเซียและประเทศอินเดียนั้นใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารหลักของพลเมือง เพราะผลิตข้าวไม่พอกับความต้องการ ส่วนประเทศไทยผลิตได้ ๗.๔ ล้านตันเป็นอันดับ ๕ ของโลก แต่ ไทยเราผลิตข้าวสำหรับบริโภคและยังเหลือส่งเป็นสินค้าออกอีกด้วย การใช้มันสำปะหลัง ภายในประเทศจึงมีเพียงประมาณ ๕ เปอร์เซ็นต์เท่านั้นที่เหลือก็แปรรูปส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ ด้วยเหตุนี้ประเทศไทยจึงเป็นประเทศที่ส่งผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังจำหน่ายมากที่สุดในโลก

ความสำคัญ

มันสำปะหลังจัดเป็นพืชหัวชนิดหนึ่ง มีชื่อสามัญเรียกหลายชื่อด้วยกันตามภาษาต่างๆ ที่ได้ ยินมา ได้แก่ cassava, yucca, mandioca, manioc, madioc, tapioca เป็นต้นเดิมที่เดียวคนไทยเรียกว่า มันไม้ มันสำโรง ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือเรียกมันต้นเดียวภาคใต้เรียกมันเทศ (เรียกมันเทศว่ามันหลา) ปัจจุบันคนส่วนใหญ่เรียก มันสำปะหลัง

มันสำปะหลังจัดเป็นอาหารที่มีความสำคัญเป็นอันดับ 7 ของอาหารมนุษย์ทั่วโลกมีปลูกทั่วไปในเขต Tropic ทั่วโลกใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารหลักของมนุษย์กว่า 200 ล้านคนโดยรับประทานโดยตรง เลี้ยงสัตว์ กิจกรรมอุตสาหกรรมประมาณ 95% ของผลผลิตมันสำปะหลังของโลก ใช้เป็นอาหารมนุษย์ทั้งในรูปอาหารหลัก อาหารรอง และอาหารเสริม โดยบริโภคในรูปหัวสด ประมาณหนึ่งถึงสามเปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตมันสำปะหลังของโลก ใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ มันสำปะหลังอีกส่วนหนึ่งใช้ในการอุตสาหกรรมต่างๆ อาหารมากมายหลายชนิดทำจากแป้งมันสำปะหลัง และยังมีอุตสาหกรรมอีกหลายชนิดที่ใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบ

บราซิลเป็นประเทศที่ประชากรรับประทานมันสำปะหลังเป็นอาหารหลักมากที่สุดเฉลี่ยแล้วรับประทานหัวสดคนละ 124 กิโลกรัมต่อปี อินโดนีเซียรับประทานมันสำปะหลังเป็นอาหารหลักเหมือนกัน ประชากรในชวาและ Madura ได้พลังงานจากมันสำปะหลัง 1,010 แคลอรี จากทั้งหมด 1,592 แคลอรีต่อวัน ในรัฐ Kerala ของอินเดียประชากรบริโภคมันสำปะหลังเป็นอาหารหลัก ประเทศในสมาคมเศรษฐกิจยุโรปใช้มันสำปะหลังเลี้ยงสัตว์มากที่สุดปีละประมาณห้าถึงหกล้านตัน

สำหรับประเทศไทย มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศมากพืชหนึ่ง เป็นพืชที่มีเนื้อที่เพาะปลูกทั่วประเทศ ในปี 2523 ประมาณ 7.3 ล้านไร่ นับเป็นพืชที่มีเนื้อที่ปลูกมากเป็นอันดับสามรองจากข้าว ข้าวโพด เป็นพืชที่ทำรายได้ให้แก่เกษตรกรโดยตรงปีละ กว่า 12,000 ล้านบาท ประมาณ 97% ของผลผลิตจากมันสำปะหลัง (หัวมันสด) ถูกส่งเข้าโรงงานทำการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังมากมายหลายชนิด ในจำนวนนี้ประมาณ 70% ของผลผลิตมันสำปะหลังได้ใช้ในการแปรรูปเป็นอาหารสัตว์ ส่วนที่เหลือใช้ในอุตสาหกรรมอื่น จึงนับว่าผลผลิตจากมันสำปะหลังนอกจากจะทำรายได้ให้แก่เกษตรกรแล้ว ยังทำรายได้ให้กับวงการอุตสาหกรรมภายในประเทศอย่างมากทีเดียว เป็นการทำได้ให้กับประชากรอีกส่วนหนึ่ง ผลสุดท้ายผลิตภัณท์มันสำปะหลังที่แปรรูปแล้วได้ส่งเป็นสินค้าออกทำรายได้ให้กับประเทศ คิดเป็นมูลค่าถึง 16,857 ล้านบาท ในปี 2524 นับเป็นสินค้าที่ทำรายได้จากการส่งออกมากเป็นอันดับสองรองจากข้าว

จากสถิติปี 2518 ทั่วโลก ผลิตมันสำปะหลังได้ 105.2 ล้านเมตริกตัน ในปีเดียวกันนี้ประเทศไทยผลิตได้ 6.3 ล้านเมตริกตัน ผลิตได้มากเป็นอันดับห้าของโลก ประเทศที่ผลิตได้มากที่สุดได้แก่บราซิล สามารถผลิตได้ถึง 27.2 ล้านเมตริกตัน

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งผลิตภัณท์มันสำปะหลังออกมากที่สุดในโลก ทั้งๆที่สามารถผลิตได้ 2.1% ของผลผลิตของโลกเท่านั้น ทั้งนี้ เพราะใช้บริโภคภายในประเทศน้อยนั่นเอง ปริมาณส่งออกผลิตภัณท์มันสำปะหลังของไทย สูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งสูงเกินหนึ่งล้านเมตริกตัน อันเป็นผลให้รายได้จากการส่งเป็นสินค้าออกมูลค่าเกินหนึ่งพันล้านบาท ตั้งแต่ปี 2513 เป็นต้นมาจนถึง 7,597 ล้านบาท ในปี 2520 ซึ่งสูงเป็นอันดับสองรองจากข้าวและ 10,479 ล้านบาท ในปี 2521 สูงเป็นอันดับหนึ่งของมูลค่าส่งออกของประเทศไทย

ประเทศผู้ส่งออกรองลงไปจากประเทศไทย ได้แก่ อินโดนีเซีย ส่งออกปี 2514 เพียง 167,689 เมตริกตัน บราซิลเป็นประเทศผู้มากที่สุด แต่สามารถส่งออกเพียง 24,274 เมตริกตัน เท่านั้น

มีการปลูกมันสำปะหลังในทุกภาคของประเทศ เนื้อที่ปลูกและผลิตผลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่ 2513 จำนวน 1,126 ล้านไร่ ผลผลิต 2.77 ล้านตัน จนถึงปี 2523 เนื้อที่ปลูก 7.249 ล้านไร่ ผลผลิต 16.540 ล้านตัน

แหล่งปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทย เดิมปลูกมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจนกลายเป็นแหล่งปลูกมากที่สุดของประเทศ คือ ประมาณ 60% ของเนื้อที่ปลูกทั้งหมดของประเทศ รองลงมาได้แก่ภาคตะวันออก ประมาณ 30% ของเนื้อที่ปลูกของประเทศ ภาคเหนือ 3% และภาคใต้ 7% ของพื้นที่ปลูกของประเทศ จังหวัดที่ปลูกมันสำปะหลังมากตามสถิติปี 2523 ได้แก่ นครราชสีมา เนื้อที่ปลูก 1,670,823 ไร่ จังหวัดที่ปลูกมันสำปะหลัง ในพื้นที่เกินกว่า 100,000 ไร่ มี 14 จังหวัด

2.2 พันธุศาสตร์ของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังมีระบบราก ชนิด adventitious root system รากเกิดจากส่วนต่างๆ ของต้นได้ คือ จาก cambium จากตา จาก leaf scar และจากส่วนโคนของ shoot รากมันสำปะหลัง มี 2 ชนิด คือ รากจริง (true or wiry roots) และรากสะสม (modified or storage roots) รากจริงเจริญเติบโตไปในทางด้านข้างรอบๆ ต้นเป็นส่วนมาก เมื่อต้นมันสำปะหลังอายุ 2-3 เดือนหลังจากปลูก รากสะสมก็เริ่มขยายใหญ่ขึ้น อันเกิดจากการสะสมแป้งใน parenchyma cell เรียกรากสะสมนี้ว่า หัว อันเป็นแหล่งสะสมอาหารจำพวกแป้ง หัวมันสำปะหลังส่วนใหญ่เกิดอยู่บริเวณโคนต้นในรัศมีประมาณ 60 เซนติเมตร จำนวนหัว รูปร่าง ขนาด สี น้ำหนัก % แป้ง ปริมาณกรดของหัว แตกต่างกันไปในแต่ละพันธุ์ มีจำนวนหัวประมาณ 5-15 หัวต่อต้น หัวมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3-15 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับอายุและสภาพแวดล้อมด้วย มีแป้งประมาณ 15-40% เมื่อตัดหัวตามขวาง จะเห็นว่าประกอบด้วย 3 ส่วน

1. ผิวหรือเปลือกชั้นนอก (periderm) เป็นเยื่อบางๆ อยู่ชั้นนอกสุดเป็น cork layer ความหนา ลักษณะเรียบ – ขรุขระ และสี ของผิวนอกของหัวมันสำปะหลัง แตกต่างกันไป มีสีขาว น้ำตาลอ่อน น้ำตาลแก่ ชมพู

2. เปลือกชั้นใน (cortical region) อยู่ถัดผิวเข้ามามีความหนาประมาณ 0.1-0.3 เซนติเมตร ส่วนมากมีสีขาว ชมพู อาจมีสีน้ำตาล เปลือกประกอบด้วย ชั้นของ cell ชนิดต่างๆ ได้แก่ sclerenchyma , cortical-parenchyma และ phloem เปลือกชั้นในนี้เรียกว่า cortex เมื่อรวมกับ periderm เรียกรวมกันว่า เปลือก (peel)

3. เนื้อ หรือ ส่วนแกนกลาง (large central pith) เป็นส่วนที่สะสมแป้งเป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่ของหัวทั้งหมด เป็นส่วนที่ใช้เป็นอาหารได้ ประกอบด้วย cell ชนิดต่างๆ คือ cambium , parenchyma , xylem vessel เนื้อ มีสีต่างๆ เช่น ขาว ครีม เหลือง ชมพู

แป้งในหัวมันสำปะหลัง สะสมอยู่ในส่วนของ parenchyma cell ซึ่งมีอยู่ทั้งในส่วนของเปลือกและเนื้อ แต่ในเปลือกมีปริมาณน้อยกว่าในเนื้อ การลงหัวมันสำปะหลังในดินมีทั้งตั้งลงไป (Tending toward vertical) , การลงหัวไปตามแนวราบ (Tending toward horizontal) และการลงหัวแบบไม่เป็นระเบียบ (Irregular)

มันสำปะหลังที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็นชนิดชมสำหรับใช้ในอุตสาหกรรม พันธุ์ที่ปลูกกันมากเรียกว่า **"พันธุ์พื้นเมือง"** เป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาจากประเทศมาเลเซีย มาปลูกครั้งแรกทางภาคใต้ของประเทศไทยที่ศูนย์วิจัยยางสงขลา แล้วนำไปทดลองปลูกที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยองและบริเวณใกล้เคียง ปรากฏว่าให้ผลดี มีความเหมาะสมจึงขยายไปทั่วประเทศ พันธุ์นี้มีชื่อเรียกต่าง ๆ เช่น พันธุ์พื้นเมือง พันธุ์ยอดขาว พันธุ์สิงคโปร์ และพันธุ์ระยอง จนปัจจุบันมีพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อการอุตสาหกรรมที่รับรองพันธุ์ มีดังนี้

1.พันธุ์ระยอง 1

เป็นพันธุ์พื้นเมืองที่ใช้ปลูกทั่วประเทศอยู่ในปัจจุบันนี้ มีการพัฒนาพันธุ์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง

ลักษณะเด่น

เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตค่อนข้างสูง ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ของประเทศไทยได้ดี ทรงต้นสูงตรง ต้นพันธุ์มีความแข็งแรงมีความงอกดีและเก็บรักษาได้นาน

ลักษณะประจำพันธุ์

ยอดอ่อนสีม่วง ใบที่เจริญเต็มที่สีเขียวอมม่วง ต้นสูงประมาณ 2 - 3 เมตร ลำต้นตั้งตรง มีสีเทาเงินรอยแผลเป็นของใบ (leaf scar) ใหญ่ฉุน แตกกิ่งน้อยประมาณ 0 - 1 ระดับ หัวยาวเรียวผิวเรียบเปลือกสีขาวนวลเนื้อสีขาว ส่วนใหญ่จะออกดอกติดผลเมื่ออายุเกินกว่า 1 ปี มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 1 จะมีปริมาณแป้งไม่สูง ประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์

2.พันธุ์ระยอง 2

พันธุ์ระยอง 2 มีชื่อเดิม CM - 305 - 21 หรือหัวยโป่ง 6 ได้จากการนำเมล็ดลูกผสมที่เกิดจากการผสมระหว่างพันธุ์ Mcol 113 กับพันธุ์ Mcol 22 ที่ศูนย์เกษตรเขตร้อนนานาชาติ (CIAT) ประเทศโคลอมเบีย จากนั้นได้รับการรับรองพันธุ์เป็นพันธุ์แนะนำสำหรับการบริโภค ชื่อพันธุ์ระยอง 2

ลักษณะเด่น

ผลผลิตสูงเช่นเดียวกับพันธุ์ระยอง 1 เนื้อแน่น เหนียว มีรสหวาน และมีสีเหลือง เหมาะสำหรับบริโภค โดยเฉพาะในรูปของมันทอดกรอบ

ข้อจำกัด

มีเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์ในฤดูฝน ไม่สามารถปลูกเพื่อส่งขายโรงงานอุตสาหกรรมแป้ง หรือมันเส้นได้

ลักษณะประจำพันธุ์

ยอดอ่อนสีเขียวอมม่วง ใบที่เจริญเต็มที่สีเขียวแก่ ก้านใบสีเขียวอมม่วง ต้นสูงประมาณ 1.8 - 2.2 เมตร ลำต้นโค้ง สีน้ำตาลอ่อนอมเขียว หัวไม่ดก เปลือกนอกสีน้ำตาลอ่อน เนื้อในสีเหลืองอ่อน มักจะไม่ออกดอกภายใน 1 ปี ดอก และผลไม่ดก

3.พันธุ์ระยอง 3

พันธุ์ระยอง 3 มีชื่อเดิมว่า CM 407 - 7 หรือหัวโย่ง 4 ได้จากการนำเมล็ดลูกผสมที่เกิดจากการผสมระหว่างพันธุ์ Mmex 55 กับพันธุ์ Mven 307 ที่ศูนย์เกษตรเขตร้อนนานาชาติ (CIAT) ประเทศโคลอมเบียมาปลูกคัดเลือกในประเทศไทย

ลักษณะเด่น

มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูง ประมาณ 23 เปอร์เซ็นต์ในฤดูฝน หรือ 28 เปอร์เซ็นต์ในฤดูแล้งให้ผลผลิตแป้งดีกว่าพันธุ์ระยอง 1 และมีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคต่ำกว่าพันธุ์ระยอง 1

ข้อจำกัด

ต้นเตี้ยและแตกกิ่ง ไม่สะดวกในการดูแลรักษา หัวแหลมยาวเก็บเกี่ยวยากกว่าพันธุ์ระยอง 1 และต้องการสภาพแวดล้อมที่ดี มิฉะนั้นจะให้ผลผลิตหัวสดต่ำ

ลักษณะประจำพันธุ์

ยอดอ่อนสีเขียวอมม่วง ใบที่เจริญเต็มที่สีเขียวแก่ ก้านใบสีเขียวอมม่วง ต้นสูงประมาณ 1.8 - 2.2 เมตร ลำต้นโค้ง สีน้ำตาลอ่อนอมเขียว หัวไม่ดก เปลือกนอกสีน้ำตาลอ่อน เนื้อในสีเหลืองอ่อน มักจะไม่ออกดอกภายใน 1 ปี ดอก และผลไม่ดก

4.พันธุ์ระยอง 60

พันธุ์ระยอง 60 มีชื่อเดิมว่า CMR24 - 63 - 43 ซึ่งได้รับการผสมพันธุ์ระหว่าง Mcol 1684 กับพันธุ์ระยอง 1 ในปี พ.ศ. 2530 ได้รับรองพันธุ์เป็นพันธุ์แนะนำจากคณะกรรมการวิจัย กรมวิชาการเกษตรให้ชื่อว่าพันธุ์ระยอง 60 เพื่อร่วมเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช ในวโรกาสวันมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 5 รอบ

ลักษณะเด่น

ให้ผลผลิตสูง เก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุ 8 เดือนหรือ 12 เดือน ซึ่งเป็นพันธุ์ที่อายุการเก็บเกี่ยวสั้น ลำ

ต้นสูง มีอัตราการขยายพันธุ์สูง

ข้อจำกัด

ปริมาณแบ่งไม้สูง คือประมาณ 19 เปอร์เซ็นต์ในฤดูฝน

ลักษณะประจำพันธุ์

ยอดอ่อนสีเขียวอมน้ำตาล ใบที่เจริญเต็มที่สีเขียว ก้านใบสีเขียวอ่อนปนแดง ต้นสูงประมาณ 1.75 - 2.50 เมตร ลำต้นตั้งตรงมีสีน้ำตาลอ่อน หัวอ่อนและค่อนข้างสั้น เปลือกสีน้ำตาลอ่อน เนื้อสีครีม ออกดอกและติดผลได้ภายใน 1 ปี

5.พันธุ์ระยอง 90

พันธุ์ระยอง 90 มีชื่อเดิมว่า (CMC 76 V43) 21 - 1 ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่าง พันธุ์ CMC 76 กับ V43 ในปี 2521 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง เมื่อปี พ.ศ. 2543

ลักษณะเด่น

ผลผลิตสูงและมีเปอร์เซ็นต์แป้งสูง ประมาณ 24 เปอร์เซ็นต์ในฤดูฝน หรือ 30 เปอร์เซ็นต์ในฤดูแล้ง

ข้อจำกัด

ลำต้นโค้ง หากมีการแตกกิ่งจะทำให้ปฏิบัติดูแลรักษายาก และต้นพันธุ์เสื่อมคุณภาพเร็วควรใช้ต้นพันธุ์ภายใน 2 สัปดาห์ หลังการเก็บเกี่ยว

ลักษณะประจำพันธุ์

ยอดสีเขียวอ่อน ใบที่เจริญเต็มที่สีเขียวแก่ ก้านใบสีเขียวอ่อน ต้นสูงประมาณ 1.60-2.00 เมตร ลำต้น สีน้ำตาลอมส้ม หัวยาวเรียว เปลือกสีน้ำตาลเข้ม เนื้อสีขาว ออกดอกได้ภายใน 1 ปี ถ้า ลำต้นมีการแตกกิ่ง ดอกและผลดกปานกลาง

6.พันธุ์ศรีราชา 1

พันธุ์ศรีราชา 1 ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ MKU2 - 162 กับระยอง 1 โดยผสมที่สถานีวิจัยศรีราชา ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปี พ.ศ. 2526

ลักษณะเด่น

มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับพันธุ์ระยอง 1 แต่มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่าพันธุ์ระยอง 1 ประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์

ลักษณะประจำพันธุ์

สีของยอดอ่อน ก้านใบ และใบใกล้เคียงกับพันธุ์ระยอง 1 และใบใกล้เคียงกับพันธุ์ระยอง 1 แตกต่างจากพันธุ์ระยอง 1 คือ แผ่นใบกลางของพันธุ์ศรีราชา 1 จะเป็นรูปหอก (Lanceolate) ส่วนของพันธุ์ระยอง 1 จะมีรอยคอดและโป่งบริเวณปลายเล็กน้อย (Ob lanceolate) และสีเนื้อของหัว พันธุ์ระยอง 1 เป็นสีขาว ส่วนของพันธุ์ศรีราชา 1 เป็นสีครีม

7.พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีชื่อเดิมว่า MKUC 28 - 77 - 3 ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ระยอง 1 และพันธุ์ (CMC76ดV43) 21 - 1 หรือพันธุ์ระยอง 90 ที่สถานีวิจัยศรีราชาของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และให้ชื่อว่า พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในปี 2535

ลักษณะเด่น

ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ทรงต้นสูง ปลูกดูแลรักษาง่าย ต้นพันธุ์แข็งแรงมีความงอกดีและเก็บรักษาได้นาน ผลผลิตและคุณภาพดี คือ มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูง

ข้อจำกัด

จะแตกกิ่งซึ่งเกิดจากการที่มีลำต้นโค้งและกิ่งทำมุมกว้าง จะทำให้ไม่สะดวกในการปลูกดูแลรักษาและเก็บเกี่ยว ซึ่งจะมีลักษณะข้อจำกัดคล้ายกับพันธุ์ระยอง 90

ลักษณะประจำพันธุ์

ยอดอ่อนสีม่วง ไม่มีขน ใบที่เจริญเต็มที่สีเขียวอมม่วง ต้นสูงประมาณ 2.0 - 3.0 เมตร ลำต้นโค้ง มีสีเทาเงิน แตกกิ่งน้อย หัวมีขนาดสม่ำเสมอ เปลือกสีน้ำตาล เนื้อสีขาว ส่วนใหญ่ไม่พบการติดดอกออกผลภายใน 1 ปี ดอกและผลไม่ตก

8.พันธุ์ CMR 25 - 105 - 112

เป็นพันธุ์ที่กำลังอยู่ในขั้นตอนการขอรับรองพันธุ์จากคณะกรรมการวิจัย กรมวิชาการเกษตร ซึ่งถ้าได้รับการอนุมัติ ก็จะทำให้ชื่อว่าพันธุ์ระยอง 5

ลักษณะเด่น

ผลผลิตสูง ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ต้นพันธุ์มีความงอกงามดี

ลักษณะประจำพันธุ์

ยอดอ่อนสีม่วงอ่อน ใบที่เจริญเต็มที่สีเขียวแก่ ก้านใบสีแดงเข้มต้นสูงประมาณ 1.7 - 2.2 เมตร ลำต้นมีสีน้ำตาลอ่อนอมเขียว หัวอ้วนสั้นเก็บเกี่ยวง่ายเปลือกนอกสีน้ำตาลอ่อน เนื้อสีขาว ออกดอกได้ภายใน 1 ปี ดอกและผลค่อนข้างตก

9.พันธุ์ 5 นาที

ลักษณะเด่น

เนื้อร่วนซุย เหมาะสำหรับบริโภคในรูปมันฝรั่งหรือมันเชื่อม หรือมันเผา

ข้อจำกัด

ผลผลิตต่ำ ถ้าปลูกในสภาพไร่

ลักษณะประจำพันธุ์

ยอดอ่อนสีเขียวอ่อน ใบที่เจริญเต็มที่สีเขียวอ่อน ก้านใบสีแดงเข้ม ต้นสูงประมาณ 2.5 - 3.5 เมตร ลำต้นสีน้ำตาลอมเขียว หัวยาวเรียว เปลือกนอกขรุขระสีน้ำตาลเข้ม เนื้อสีขาว มักจะไม่ออกดอก

ภายใน 1 ปี ดอกและผลไม่ตกถ้าปลูกในสภาพไร่ควรเก็บเกี่ยวเมื่ออายุประมาณ 6 - 8 เดือน หากเกินกว่านั้นเนื้อจะมีเสี้ยนมากไม่เหมาะจะนำมาบริโภค แต่ถ้าปลูกในสภาพสวนเนื้อจะไม่เป็นเสี้ยน

2.3 การปลูกมันสำปะหลัง

ฤดูปลูกมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปีจากการสำรวจโดยกองเศรษฐกิจการเกษตร ร่วมกับ Phillip T.P. ในปี 2519 สุ่มตัวอย่างจากกสิกร 2,153 ราย ใน 28 จังหวัดที่ปลูกมันสำปะหลังมาก พบว่าเขตที่ปลูกมันสำปะหลังมากคือจังหวัดระยอง ชลบุรี และนครราชสีมา ปลูกมันสำปะหลังตลอดปี ปลูกมากในเดือนพฤษภาคมและมิถุนายน ส่วนจังหวัดอื่นๆ 50% ปลูกมากในเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม

การทดลองเกี่ยวกับการหาฤดูปลูกมันสำปะหลังที่เหมาะสมได้เริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี 2510 เป็นต้นมา เพื่อที่จะทราบว่าในท้องที่ใดควรปลูกมันสำปะหลังเมื่อใดจึงจะให้ผลผลิตสูงสุด พบว่า

เขตจังหวัดสุโขทัย กำแพงเพชร การปลูกต้นฤดูฝน พฤษภาคมถึงกรกฎาคมให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกกลางและปลายฝน

เขตจังหวัดสุพรรณบุรี การญจนบุรี การปลูกต้นฤดูฝน เมษายนถึงกรกฎาคม ได้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกปลายฤดูฝน เปอร์เซ็นต์แบ่งไม่แตกต่างกันมากนัก จากการปลูกเดือนต่างๆ ระหว่างเดือนเมษายนถึงตุลาคม

เขตจังหวัดขอนแก่นและนครราชสีมาการปลูกต้นฤดูฝนเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายนให้ผลผลิตสูงสุด

เขตจังหวัดระยอง ได้ผลเช่นเดียวกับเขตภาคเหนือตอนล่าง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การปลูกมันสำปะหลังสามารถกระทำได้ทุกๆ เดือน ตลอดทั้งปี แต่จากการทดลองในปี 2508-2512 พบว่าการปลูกในช่วงฤดูฝนจะมีผลทำให้ผลผลิตหัวสดสูงกว่าการปลูกในฤดูแล้งไม่ว่าจะเก็บเกี่ยวอายุเท่าใด ระหว่าง 8-18 เดือน การปลูกในเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายนผลผลิตเฉลี่ย 8-18 เดือน จะได้ผลผลิตหัวสด 6.2 – 6.37 ตัน/ไร่ ปริมาณแป้ง 1.28-1.30 ตัน/ไร่ และปริมาณมันแห้ง 2.24-2.33 ตัน/ไร่ เมื่อเทียบกับการปลูกในปลายฤดูฝนในเดือนกันยายนถึงตุลาคม จะได้ผลผลิตหัวสด 3.55-4.32 ตัน/ไร่ ปริมาณแป้ง 0.77-0.85 ตัน/ไร่และปริมาณมันแห้ง 1.3-1.54 ตัน/ไร่ จึงสมควรปลูกมันสำปะหลังในต้นฤดูฝนเพื่อให้ผลผลิตหัวสดสูงสุด

การเตรียมดิน

มันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ดีในดินทุกชนิดและทุกภาค แต่ดินที่เหมาะสมจะเป็นดินที่ค่อนข้างหยาบ ตั้งแต่ดินร่วนปนทรายไปจนถึงดินร่วนเหนียวปนทรายเพราะสามารถระบายน้ำได้ดี ควรไถพรวนให้ลึก 8 - 12 นิ้ว โดยไถกลบเศษเหลือของพืช เช่น ลำต้น เหง้า ใบและยอดของมัน

ลำปะหลังที่เหลือจากการเก็บเกี่ยว ไม่ควรเผาหรือเคลื่อนย้ายออกจากพื้นที่เพาะปลูก เพราะการเผาทิ้งหรือขนย้ายไปทิ้งจะทำให้ธาตุอาหารสูญเสียไปเป็นจำนวนมาก

ฉะนั้นการเตรียมดินควรไถ 2 ครั้งด้วย ผาน 3 และผาน 7 ถ้าปลูกในพื้นที่ลาดเอียงการไถ ควรไถขวางทิศทางความลาดเอียง เพื่อลดการสูญเสียหน้าดินและถ้าพื้นที่เพาะปลูกเป็นที่มีน้ำขัง ควรทำร่องระบายน้ำ และยกร่องปลูก

การคัดเลือกท่อนพันธุ์ปลูก

อายุของท่อนพันธุ์ที่ใช้ปลูก

ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่จะใช้ปลูก ควรจะได้จากต้นที่มีอายุตั้งแต่ 8 เดือนขึ้นไปและไม่ควรเกิน 18 เดือน จากการทดลอง ที่สถานีทดลองพืชไร่ห้วยโป่ง ต้นที่ใช้ทำพันธุ์มันสำปะหลัง อายุ 8-12 เดือน จะมีเปอร์เซ็นต์อยู่รอด 90-94% ดังนั้นการคัดเลือกต้นพันธุ์ที่ใช้ปลูกควรมีอายุไม่ต่ำกว่า 8 เดือน ถ้าพิจารณาขนาดของลำต้นตัดขวาง ถ้าได้กลางของลำต้นมีขนาดใหญ่ แสดงว่าต้นพันธุ์ยังอ่อนหรือถ้าได้กลางเล็กเกินไป เล็กกว่าครึ่งหนึ่งของเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น แสดงว่าต้นพันธุ์นั้นแก่เกินไป หรืออีกนัยหนึ่งคือการใช้ท่อนพันธุ์จากส่วนกลางของต้นปลูกจะมีเปอร์เซ็นต์อยู่รอด 69-84% แต่ถ้าใช้ท่อนพันธุ์จากส่วนยอดของต้นที่ยังอ่อนอยู่จะรอดเพียง 34.7% เท่านั้น

ขนาดของท่อนพันธุ์

ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่ใช้ปลูกควรมีความยาวไม่ต่ำกว่า 15 เซนติเมตร จากผลการทดลอง การใช้ท่อนพันธุ์ ยาว 15-20 เซนติเมตร มีเปอร์เซ็นต์อยู่รอด 88% ถ้าใช้ท่อนพันธุ์สั้น 10 หรือ 5 เซนติเมตร จะรอดเพียง 70 และ 29% ตามลำดับ นอกจากจะต้องคำนึงถึงความยาวท่อนพันธุ์แล้ว จำนวนตาในแต่ละท่อนพันธุ์ยังมีความสำคัญด้วย จำนวนตาที่เหมาะสมเมื่อใช้ท่อนพันธุ์ยาว 20 เซนติเมตร ควรมีตาตั้งแต่ 5-7 ตา ถ้าท่อนพันธุ์มีตาเพียง 1-3 ตา จะทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกลดลงได้มาก เนื่องจากความเสียหายจากการแห้งหรือจากการเข้าทำลายของเชื้อโรคในดินได้รวดเร็ว ถ้าใช้ท่อนพันธุ์มีขนาดยาวเกินความจำเป็นก็จะสิ้นเปลืองต้นพันธุ์ มันสำปะหลังในหนึ่งหน่วยพื้นที่เป็นอย่างมาก และมีผลทำให้ผลผลิตต่ำกว่าการใช้ท่อนพันธุ์ สั้นด้วย เมื่อเตรียมท่อนพันธุ์เรียบร้อยแล้ว ควรชุบท่อนพันธุ์ด้วยสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงเพื่อให้ได้ท่อนพันธุ์ที่แข็งแรง เจริญเติบโตดี

วิธีการปลูก

วิธีการปลูกมันสำปะหลัง มี 2 วิธี

1. การปลูกแบบวางนอน (ฝัง) ในปัจจุบันปลูกกันน้อยมาก เนื่องจากยากต่อการดูแลรักษาและการเก็บเกี่ยว รวมถึงการผลิตต่ำกว่าการปลูกแบบปัก
2. การปลูกแบบปัก วิธีนี้เกษตรกรปลูกกันมากเป็นที่นิยมในปัจจุบัน เนื่องจากบำรุงรักษาสะดวกง่ายต่อการกำจัดวัชพืช แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับฤดูกาลปลูก โดยเกษตรกรบางรายปลูกตามแนวสัตรีไถ คือปลูกบนสันร่องที่ใช้แรงงานสัตว์ไถไว้แล้ว วิธีนี้เกษตรกรปลูกกันมาก นอกจากนี้วิธีปลูกบนพื้นราบ

โดยใช้เชือกที่ทำเครื่องหมายบอกระยะ วางเป็นแนวในการปลูก วิธีการนี้จะทำให้ระยะปลูกถูกต้อง สม่ำเสมอใกล้เคียงกับวิธีปลูกที่ทางการแนะนำ ซึ่งวิธีการนี้กำลังแพร่หลายอยู่ในปัจจุบัน

จากการทดลอง ปลูกบนพื้นราบและปลูกบนร่องในสภาพที่น้ำไม่ขัง ผลผลิตจะใกล้เคียง แต่การปลูกโดยวิธีปักตรงหรือปักเฉียง ทำให้ได้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกแบบวางนอนราว 13.6% เพราะการปลูกแบบวางนอน จะทำให้ต้นมันสำปะหลังออกช้า และจำนวนต้นที่ออกจะน้อยกว่าด้วย ความลึกที่ใช้ปลูกอยู่ระหว่าง 5-10 เซนติเมตร ไม่ควรให้ลึกกว่านี้ เพราะจะทำให้การเก็บเกี่ยวยาก แต่วิธีการปลูกในเขตที่แห้งแล้ง เช่น ในประเทศเปรู จาไมก้า มีปริมาณฝนเพียง 300-350 มม./ปี เท่านั้น ควรปลูกแบบวางนอนจะให้ผลผลิตดีกว่าปลูกแบบปัก ถ้าปลูกแบบวางนอน ในเขตที่เขตที่ฝนตกชุก ก็จะทำให้เกิดการเน่าได้จึงควรพิจารณาสภาพพื้นที่ปลูกให้ดีด้วย แต่สภาพแวดล้อมในประเทศไทย การปลูกแบบปักจะดีกว่าการปลูกแบบนอน ความลึกของท่อนพันธุ์ ขึ้นอยู่กับความชื้นในดินซึ่งจะลึก ระหว่าง 5-10 เซนติเมตร

ในฤดูฝน (พฤษภาคม - สิงหาคม) การปลูกมันสำปะหลังแบบปักตรงหรือเฉียงด้วยท่อนพันธุ์ ขนาด 20 เซนติเมตร ที่ระดับความลึก 5 - 10 เซนติเมตร จะช่วยให้ได้ผลดีกว่าปลูกแบบวางนอน (ฝัง) แม้การยกร่องและไม่ยกร่องปลูกจะให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่การยกร่องปลูกอาจจะจำเป็นในกรณีที่บน พื้นที่ปลูกที่มีความลาดเทเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน หรือในที่ลุ่ม ก็จะเป็นการป้องกันน้ำท่วมขังและระยะการปลูกมันสำปะหลัง โดยทั่วไปจะใช้ระยะแถว 70 - 100 เซนติเมตร ระยะหลุม 50 - 100 เซนติเมตร ซึ่งระยะปลูกจะขึ้นอยู่กับจำนวนท่อนพันธุ์ถ้าหากมีความถี่มากเกินไปผลผลิตต่อไร่ก็จะต่ำ

2.4 การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง และการเก็บรักษาหัวมันสำปะหลัง

อายุเก็บเกี่ยว

มันสำปะหลังเป็นพืชไร่ที่ได้เปรียบพืชไร่ชนิดอื่น คือ สามารถยืดหยุ่นอายุเก็บเกี่ยวได้ พบว่ามันสำปะหลังจะเริ่มมีหัวเมื่ออายุประมาณ 3 เดือนเป็นต้นไป หัวจะเจริญเติบโตขึ้นเรื่อยๆ โดยการสะสมแป้งมากขึ้น และหลังจาก 6 เดือนไปแล้ว เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนักแต่ปริมาณแป้งจะเพิ่มขึ้นโดยน้ำหนักหัวสดเพิ่มขึ้นจาก 1.2 ตันต่อไร่ เมื่ออายุ 6 เดือน เป็น 4.1 ตันต่อไร่เมื่ออายุ 12 เดือน และ 7.2 ตันต่อไร่ เมื่ออายุ 16 เดือน เมื่อคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์พบว่าการเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 6 เดือน ได้ผลผลิตเพียง 29 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 1 ใน 3 ของผลผลิตเมื่อเก็บเกี่ยวอายุ 12 เดือน และการเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 8 และ 10 เดือน ก็ได้ผลผลิตเพียง 46 เปอร์เซ็นต์ และ 70 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 12 เดือน และเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุมากกว่า 12 เดือน ก็พบว่าผลผลิตยังคงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ อย่างไรก็ตามแม้ว่าการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเมื่ออายุมากกว่า 12 เดือน จะได้ผลผลิตสูงขึ้น แต่จะทำให้การปลูกรุ่นต่อไปไม่ตรงกับฤดูกาลที่เหมาะสมและหัวมันจะมีขนาดใหญ่ มีเส้นใยมาก ตลาดไม่ต้องการ

ฤดูกาลเก็บเกี่ยว

ฤดูกาลเก็บเกี่ยวเป็นปัจจัยหนึ่งสำคัญและมีผลต่อคุณภาพของหัวมันสำปะหลังกล่าวคือการเก็บเกี่ยวในช่วงฤดูแล้งหรือช่วงที่อากาศแห้งติดต่อกันโดยไม่มีฝนตกหรือดินมีความชื้นต่ำจะทำให้มันสำปะหลังมีน้ำน้อยเป็นผลให้มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่าการเก็บเกี่ยวในช่วงที่มีฝนตกชุก เนื่องจากราคาหัวมันจะขึ้นกับเปอร์เซ็นต์แป้งในหัว ดังนั้นเกษตรกรส่วนใหญ่จะเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเมษายนเนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงฤดูแล้ง มักจะได้เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวสูง (21.4-23.5%) ในขณะที่การเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม มีเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์

วิธีการเก็บเกี่ยว

การเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังส่วนใหญ่ใช้แรงงานคนในการขุด โดยจะตัดต้นมันออกเหลือตอยาวประมาณ 30-50 เซนติเมตร ถ้าหากดินมีความชื้นหรือพื้นที่ปลูกเป็นดินทรายมีความร่วนซุยมากก็อาจใช้วิธีการถอนหรือขุดด้วยจอบหรือใช้คานจัด และถ้าพื้นที่ปลูกซึ่งเก็บเกี่ยวในหน้าแล้งและหน้าดินแห้งหรือแข็ง ก็จะใช้จอบขุด หรือใช้เครื่องขุดหัวมันสำปะหลังเพื่อช่วยทุ่นแรง หลังจากนั้นก็จะสับหัวมันออกจากเหง้า แล้วขนส่งสู่โรงงานแปรรูปต่อไป อย่างไรก็ตามปัจจุบันแรงงานในภาคเกษตรหายากมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตภาคตะวันออกซึ่งกำลังเปลี่ยนแปลงไปเป็นเขตอุตสาหกรรม จึงได้ทำการประดิษฐ์เครื่องมือขุดแบบคานเดี่ยวซึ่งใช้ติดท้ายรถแทรกเตอร์สำหรับขุดหัวมันสำปะหลัง โดยมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 4.15 ไร่ต่อชั่วโมง และเมื่อขุดเสร็จก็ใช้แรงงานคนเข้าไปเก็บหัวมันออกจากแปลง พบว่าเมื่อขุดแล้วมีการแตกหักของหัวมันโดยเฉลี่ยร้อยละ 10.14 และมีหัวมันหลงเหลืออยู่ร้อยละ 7.26

การชะลอการขุดโดยการตัดต้นก่อนเก็บเกี่ยว

ในบางครั้งเกษตรกรไม่สามารถขุดหัวมันหลังการตัดต้นไม่ได้ทันทีเนื่องจากขาดแรงงานหรือเนื่องจากมีความจำเป็นต้องรืบนาดันไปใช้ขณะที่ยังไม่พร้อมจะเก็บเกี่ยว พบว่าผลผลิตของหัวมันที่เก็บเกี่ยวหลังการตัดต้นทิ้งไว้ 15-75 วันไม่แตกต่างจากการตัดต้นแล้วขุดทันที แต่สิ่งสำคัญคือเปอร์เซ็นต์แป้งลดลงเมื่อตัดทิ้งไว้ 15-60 วันและจะเริ่มสูงขึ้นอีกครั้งเมื่อตัดต้นทิ้งไว้ถึง 75 วัน ทั้งนี้เนื่องจากการตัดต้นทิ้งไว้ในช่วง 60 วันก่อนขุด ใบและกิ่งที่แตกใหม่จากต้นตอ นำธาตุอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโต จึงมีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งลดลง แต่การตัดต้นทิ้งไว้จนถึง 75 วัน ต้นที่แตกใหม่เริ่มมีใบแก่มากขึ้นสามารถผลิตอาหารได้เพียงพอจึงทำให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงขึ้นเหมือนเดิม

การเสื่อมคุณภาพของหัวมันสำปะหลัง

เมื่อนำหัวมันสำปะหลัง มาตัดในแนวขวางจะเห็นชั้นของเปลือกและชั้นของเนื้อซึ่งเก็บสะสมอาหารพวกแป้งโดยเปลือกจะประกอบด้วย ชั้นของ periderm ,sclerenchyma , cortical parenchyma และ phloem ถัดจากชั้นของเปลือกจะเป็น cambium และถัดเข้าไปจะเป็นส่วนของ parenchyma ซึ่งเป็นแหล่งสะสมแป้ง ในกลุ่มเซลล์ parenchyma จะมี xylem vessel กระจายเรียงกันเป็นแนว ส่วนตรงกลางชั้นในสุดของหัวจะเป็น xylem bundle และ fiber

เนื่องจากหัวมันสำปะหลังมีส่วนประกอบที่เป็นน้ำประมาณ 60-65 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงมีอัตราการเสื่อมคุณภาพที่รวดเร็วมาก และเมื่อมีการเสื่อมคุณภาพเกิดขึ้นแล้วจะทำให้การยอมรับในการบริโภคและการนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ลดลง สำหรับลักษณะการเสื่อมคุณภาพที่ปรากฏให้เห็นภายใน 3 วัน หลังการเก็บเกี่ยวคือ สีของเนื้อเยื่อ parenchyma และท่อน้ำ เริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือสีเงินปนดำ หลังจากนั้นก็จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และจะเกิดการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ ภายใน 5-7 วัน หลังเก็บเกี่ยว ได้แบ่งขั้นตอนการเสื่อมคุณภาพหัวของมันสำปะหลังออกเป็น 2 ชั้น คือ

1. การเสื่อมคุณภาพทางสรีรวิทยา เกิดขึ้นเนื่องจากการอุดตันของท่อน้ำโดยคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และสารประกอบคล้ายลิกนิน รวมทั้งการสร้างสารประกอบเรืองแสงในเนื้อเยื่อ parenchyma โดยในระยะแรกจะตรวจพบสารประกอบ phenolic, leucoanthocyanin และ cathechin ในท่อน้ำซึ่งสารประกอบเหล่านี้จะเปลี่ยนรูปไปเป็นแทนนิน ทำให้เห็นสีน้ำตาลและดำ และในส่วนของเนื้อเยื่อ parenchyma ก็พบ scopoletin และ coumarin โดยในหัวสดจะพบ scopoletin เพียงเล็กน้อยพบในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นภายใน 24 ชั่วโมงหลังเก็บเกี่ยวและพบว่าถ้าหากมีการให้ scopoletin แก่หัวมันสำปะหลังสดจะทำให้หัวมันสดมีการเสื่อมคุณภาพทางสรีรวิทยาอย่างรวดเร็ว ในหัวมันสำปะหลังสดที่มีการเสื่อมคุณภาพช้า พบว่ามีการสะสมของ scopoletin น้อยกว่าหัวที่เสื่อมคุณภาพเร็ว

2. การเสื่อมคุณภาพเนื่องจากการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ซึ่งทำให้หัวเน่าโดยจุลินทรีย์จะเข้าทำลายหัวมันสำปะหลังภายใน 5-7 วัน หลังเก็บเกี่ยว ดังนั้นอาจเห็นแถบสีน้ำตาลเกิดขึ้นเช่นเดียวกัน โดยจะพบในบริเวณทั่วไปที่สดและอ่อนนุ่มของหัว ซึ่งแตกต่างจากการเสื่อมคุณภาพทางสรีรวิทยาที่จะเห็นเนื้อเยื่อสีน้ำตาลเงินดำในส่วนของท่อน้ำ

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเสื่อมคุณภาพของหัวมันสำปะหลัง

1. พันธุ์ หัวมันสำปะหลังที่ต่างพันธุ์กันย่อมมีอัตราการเสื่อมคุณภาพที่แตกต่างกัน ขึ้นกับพันธุกรรมและลักษณะประจำพันธุ์ของหัว เช่นความยาวหัว ความยาวของ peduncle และลักษณะการแทงหัวในดินซึ่งจะทำให้มีความยากง่ายในการขุดแตกต่างกัน พันธุ์ที่หัวแตกหัวได้ง่ายเมื่อเก็บเกี่ยว จะทำเสื่อมคุณภาพเร็วกว่าพันธุ์ที่มีน้ำหนักแห้งของหัวสูงมีแนวโน้มว่าจะมีการเสื่อมคุณภาพเร็วกว่าพันธุ์ที่มีน้ำหนักแห้งของหัวต่ำ

2. สภาพแวดล้อมขณะอยู่ในแปลง หัวมันสำปะหลังพันธุ์เดียวกันแต่ได้มาจากแหล่งปลูกต่างกัน มีระดับการเสื่อมคุณภาพแตกต่างกัน

และเมื่อปลูกมันสำปะหลังในแปลงเดียวกัน แต่เก็บเกี่ยวในช่วงที่ต่างกัน พบว่ามันสำปะหลังมีการเสื่อมคุณภาพแตกต่างกัน เดือนกันยายนทำให้หัวมันสำปะหลังมีการเสื่อมคุณภาพเร็วที่สุด

3. ลักษณะเนื้อดิน และความอัดแน่นของดินในแปลงปลูก ซึ่งจะมีผลต่อความยากง่ายในการเก็บเกี่ยวถ้าหากเนื้อดินในแปลงปลูก เป็นดินเหนียว หรือมีความอัดแน่นมาก จะทำให้เก็บเกี่ยวยาก และหัวมันสำปะหลังแตกหักขณะเก็บเกี่ยว ทำให้มีการเสื่อมคุณภาพเร็ว

4. วิธีการเก็บเกี่ยว เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดแผลที่หัวมันสำปะหลังขณะเก็บเกี่ยวมากหรือน้อย เพราะหัวมันสำปะหลังที่ไม่มีแผลหรือไม่แตกหักขณะเก็บเกี่ยวจะสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานกว่าหัวที่มีแผล

5. สภาพแวดล้อมภายหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษา เช่น อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อหัวมันสำปะหลังมีรอยแผลที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บเกี่ยว เมื่อเก็บรักษาหัวมันสำปะหลังที่มีแผลจากการเก็บเกี่ยวไว้ในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 65-80 เปอร์เซ็นต์ หัวมันมีการเสื่อมคุณภาพเร็วกว่าการเก็บรักษาในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 65-80 เปอร์เซ็นต์ เซลล์ต่างๆ ของหัวมันสำปะหลังมีอัตราการหายใจสูง จึงทำให้มีการเสื่อมคุณภาพเร็วกว่าการเก็บรักษาในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์

หลักการเก็บรักษาหัวมันสำปะหลัง

ในการเสื่อมคุณภาพทางสรีรวิทยาของหัวมันสำปะหลังต้องการออกซิเจนเพื่อการทำงานของเอนไซม์ ดังนั้นการเริ่มต้นของการเสื่อมคุณภาพมักพบในบริเวณใกล้กับรอยแผลที่เกิดขึ้นที่หัว เนื่องจากออกซิเจนสามารถเข้าสู่เซลล์ parenchyma ได้ง่าย การป้องกันการเสื่อมคุณภาพของหัวมันสำปะหลังสามารถทำได้โดยการกำจัดออกซิเจนที่จะเข้าสู่เซลล์ parenchyma หรือการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ในปฏิกริยานี้เองซึ่งตามหลักการสามารถทำได้โดยเก็บรักษาหัวมันสำปะหลังในสภาพบรรยากาศที่มีเฉพาะไนโตรเจนหรือคาร์บอนไดออกไซด์ หรือในสภาพสุญญากาศ หรืออาจจะห่อหุ้มหัวมันสำปะหลังด้วยชั้นบางๆ ของขี้ผึ้งนอกจากนี้การเก็บรักษาหัวมันสำปะหลังไว้ในสภาพอุณหภูมิต่ำ ก็ช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ เช่น polyphenol oxidase และ peroxidase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ทำให้เนื้อเยื่อของหัวมันสำปะหลังเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำเมื่อมีการเสื่อมคุณภาพ พบว่ามันสำปะหลังและพืชหัวอื่นๆ มีขบวนการรักษารอยแผลที่เกิดขึ้นที่หัวโดยการสร้าง suberin ขึ้นมาปิดบริเวณแผล โดยถ้าอยู่ในสภาพที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิระหว่าง 30-40 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป การสร้าง suberin ขึ้นมาปิดรอยแผลจะใช้เวลาประมาณ 4-5 วัน ถ้าขบวนการรักษาแผลเกิดขึ้นในทันทีหลังการเก็บเกี่ยวการเสื่อมคุณภาพทางสรีรวิทยาจะไม่เกิดขึ้นและหัวมันสำปะหลังยังคงสภาพสดอยู่ได้ แต่อย่างไรก็ตามสภาพที่เหมาะสมต่อการสร้าง suberin ปิดรอยแผล ซึ่งต้องการอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงก็เป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

เช่นเดียวกัน ดังนั้นวิธีการป้องกันที่ทำได้ก็คือ ลดความชื้นสัมพัทธ์ให้ต่ำลงจนอยู่ในช่วงที่ทำให้การเจริญของจุลินทรีย์ช้าลง แต่ไม่ช้าจนยับยั้งขบวนการรักษาแผล ซึ่งในทางปฏิบัติอาจทำได้ยาก และอีกวิธีหนึ่งที่ทำได้ง่ายก็คือการใช้สารเคมียับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ แต่สิ่งสำคัญคือสารเคมีที่ใช้จะต้องไม่ทิ้งผลตกค้างที่เป็นพิษต่อผู้บริโภค

การเก็บรักษาหัวมันสำปะหลังเพื่อบริโภคหัวสด

โดยปกติหัวมันสำปะหลังที่ใช้เพื่อการบริโภคหัวสดจะถูกบริโภคภายใน 1-2 วันหลังการเก็บเกี่ยวเนื่องจากหัวมันสำปะหลังจะมีการเสื่อมคุณภาพเร็วมาก จึงมีการคิดค้นหาวิธีการเก็บรักษาหัวมันสำปะหลังเพื่อเก็บไว้บริโภคได้นานขึ้น โดยเฉพาะประเทศในแถบลาตินอเมริกาและแอฟริกาซึ่งนิยมบริโภคหัวมันสำปะหลังสด แนะนำวิธีการเก็บรักษาหัวมันสำปะหลังสดแบบง่าย ๆ ดังนี้

1. Field Clamps คือการเก็บรักษามันสำปะหลังโดยการหมกด้วยฟางข้าวและดิน โดยนำหัวมันสำปะหลังประมาณ 300-500 กิโลกรัม วางบนพื้นซึ่งปูด้วยฟาง แล้วคลุมทับด้วยฟาง 1 ชั้น และดินอีก 1 ชั้น ให้ภายในกองมีการระบายอากาศที่ดี และทำคูระบายน้ำรอบกอง ซึ่งพบว่าวิธีนี้สามารถเก็บรักษาหัวมันสำปะหลังไว้ได้นานกว่า 8 สัปดาห์ เนื่องจากสภาพการเก็บรักษาเช่นนี้ (อุณหภูมิภายในกองน้อยกว่า 40 องศาเซลเซียสและมีการระบายอากาศที่ดี) ทำให้มีการสร้างสารประกอบ suberin ขึ้นมาปิดรอยแผล ทำให้คุณภาพของหัวมันสำปะหลังยังคงคล้ายคลึงกับหัวสดยกเว้นเปอร์เซ็นต์แป้งที่ลดลงและปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

2. การเก็บรักษาในกล่องซึ่งบรรจุทรายขึ้น พบว่าการนำหัวมันสำปะหลังเข้ากับในสภาพนี้ทันทีที่เก็บเกี่ยวเสร็จ เมื่อเก็บรักษาไว้นาน 4 สัปดาห์ มีหัวมันที่คุณภาพการบริโภคยังเป็นที่ยอมรับ 75 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าหากนำหัวมันสำปะหลังมาเก็บรักษาด้วยการเก็บเกี่ยวเข้าไปเพียง 1 วัน ปริมาณหัวมันที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับลดลงเหลือเพียง 49 เปอร์เซ็นต์

3. การเก็บรักษาในถุงพลาสติก เป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกต่อการปฏิบัติมากที่สุด โดยการบรรจุหัวมันสำปะหลังในถุงพลาสติกปิดสนิทซึ่งทำทันทีหลังขุด การหายใจของหัวมันจะทำให้อุณหภูมิและความชื้นในถุงสูงขึ้น ทำให้เหมาะสมต่อการสร้างเนื้อเยื่อรักษาแผลที่หัวมันสำปะหลัง อย่างไรก็ตาม เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ก็จำเป็นต้องใช้ยากันรา ยากันรา thiabendazole ซึ่งเป็นยาที่นิยมใช้ในการควบคุมการเสื่อมคุณภาพหลังเก็บเกี่ยวของไม้ผลและผักเช่น ถั่วลิสงและมะเขือเทศ เมื่อวิเคราะห์ปริมาณตกค้างของเซลล์ parenchyma หลังการเก็บรักษาหัวมันสำปะหลัง 2 สัปดาห์ ก็พบว่า มีปริมาณ thiabendazole น้อยกว่า 1 ppm ซึ่งต่ำกว่าปริมาณที่อนุญาตให้ตกค้างในมะเขือเทศ คือ 5 ppm สำหรับการเก็บรักษาหัวมันสำปะหลังโดยวิธีนี้ก็ทำได้โดยการแช่หัวมันในสารละลาย thiabendazole เข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำหัวมันขึ้นใส่กระสอบป่าน เพื่อซับน้ำและเทออกผึ่งลมในที่ร่มประมาณ 15-30 นาที เพราะถ้าหากนำหัวมันที่จุ่มสารละลายยากันราใส่ถุงพลาสติกทันทีจะทำ

ให้ความชื้นภายในถุงมีมากเกินไป แต่ถ้าฝังหัวมันให้แห้งเกินไปเช่นการฝังแดด ก็จะทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพทางสรีรวิทยาเร็วขึ้นนอกจากนี้ระยะเวลาที่ปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวจนบรรจุถุงเสร็จก็ไม่ควรช้ากว่า 3 ชั่วโมง สำหรับขนาดถุงที่เหมาะสมก็ควรเป็นถุงขนาดบรรจุ 1-5 กิโลกรัม ซึ่งพบว่าหลังเก็บรักษา 2 สัปดาห์ มีการสูญเสียหัวมันเพียง 2 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ถุงขนาดใหญ่มีการสูญเสียหัวมันมากขึ้น

นอกจากนี้ก็มีวิธีการรักษาหัวมันสำปะหลังวิธีอื่นๆ ดังที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้นคือ

1. การเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศหรือสภาพบรรยากาศของไนโตรเจนหรือคาร์บอนไดออกไซด์

2. การเก็บรักษาแบบแช่แข็ง

3. การเก็บรักษาโดยเคลือบหัวมันด้วยซีผึ้ง

อย่างไรก็ตามพบว่า การเก็บรักษาหัวมันสำปะหลังไว้ในสภาพสุญญากาศและการแช่แข็ง เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ทำให้คุณภาพในการบริโภคเปลี่ยนแปลงไปจากหัวสดและความชอบของผู้บริโภคก็ลดลงจากการบริโภคหัวสดมาก ในขณะที่การเก็บรักษาหัวมันโดยใช้ thiabendazole แล้วเก็บในถุงพลาสติกปิดสนิทความชอบของผู้บริโภคไม่แตกต่างทางสถิติกับการบริโภคหัวสด และคุณภาพด้านต่างๆ ก็เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

การเก็บรักษาหัวมันสำปะหลังเพื่อการแปรรูป

เนื่องจากหลังขุดแล้วหัวมันสำปะหลังมีการเสื่อมคุณภาพเร็วมาก ถ้ายังเก็บไว้นานก็จะยิ่งเกิดความเสียหายทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ วิธีการเก็บรักษาที่กล่าวมาข้างต้นเป็นวิธีที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาหัวมันเพื่อบริโภคซึ่งเก็บรักษาในปริมาณไม่มากนัก แต่สำหรับการเก็บรักษาหัวมันเพื่อการแปรรูปในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมมันเส้น เพื่อนำไปทำมันอัดเม็ด ซึ่งใช้เป็นอาหารสัตว์ หรืออุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังซึ่งต้องใช้หัวมันสำปะหลังสดครั้งละมากๆ ยังไม่มีการเก็บรักษาที่เหมาะสม ดังนั้นเมื่อขุดแล้วควรรีบนำส่งโรงงานเพื่อแปรรูปทันที หรือในบางกรณีที่ไม่สามารถขายได้ทันที เนื่องจากปัญหาด้านขนส่ง หรือปัญหาของโรงงานที่ยังไม่สามารถแปรรูปได้ทันทีก็ไม่ควรเก็บรักษาหัวมันสำปะหลังไว้เกิน 4 วัน การเก็บรักษาหัวมันสำปะหลังไว้ 2 วัน จะไม่เกิดผลเสียหายต่อหัวมากนักโดยมีระดับความเน่าเสียเพียง 0.61 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์แป้งลดลงเพียง 0.83 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเก็บรักษาไว้นาน 4 วันก็ยังมีระดับการเน่าเสียต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ แป้งลดลง 4 เปอร์เซ็นต์ แต่หลังจากเก็บรักษาไว้เกิน 4 วันแล้ว จะมีความเสียหายเกิดขึ้นมากทั้งในแง่การเน่าเสียและเปอร์เซ็นต์แป้ง จนกระทั่ง 8 วัน หัวมันจะเน่าเสียจนใช้การไม่ได้ สำหรับการสภาพการเก็บรักษา พบว่าการเก็บรักษาหัวมันไว้รวมจะมีระดับความเน่าเสียของหัวน้อยกว่าการเก็บรักษาไว้กลางแจ้ง และในฤดูแล้งจะมีเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียสูงกว่าในฤดูฝน

2.5 เครื่องเก็บเกี่ยวหัวหรือฝักของพืชที่อยู่ใต้ดิน

กองเกษตรวิศวกรรมได้พัฒนาเครื่องขุดมันฝรั่งแบบติดรถไถเดินตามขึ้นมามีดังแสดงในรูปที่ 2.1 เพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนในการผลิตของเกษตรกร ซึ่งเครื่องขุดมันฝรั่งแบบนี้สามารถทำงานได้ระดับหนึ่ง สามารถทำงานได้ประมาณ 0.8 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย 78% กองเกษตรวิศวกรรมได้สนับสนุน ให้โรงงานท้องถิ่นในจังหวัดเชียงใหม่ผลิตจำหน่ายในราคา 2,500 บาท และได้มีเกษตรกรใช้กันอย่างแพร่หลาย



รูปที่ 2.1 เครื่องขุดมันฝรั่งแบบติดรถไถเดินตามพัฒนาโดยกองเกษตรวิศวกรรม

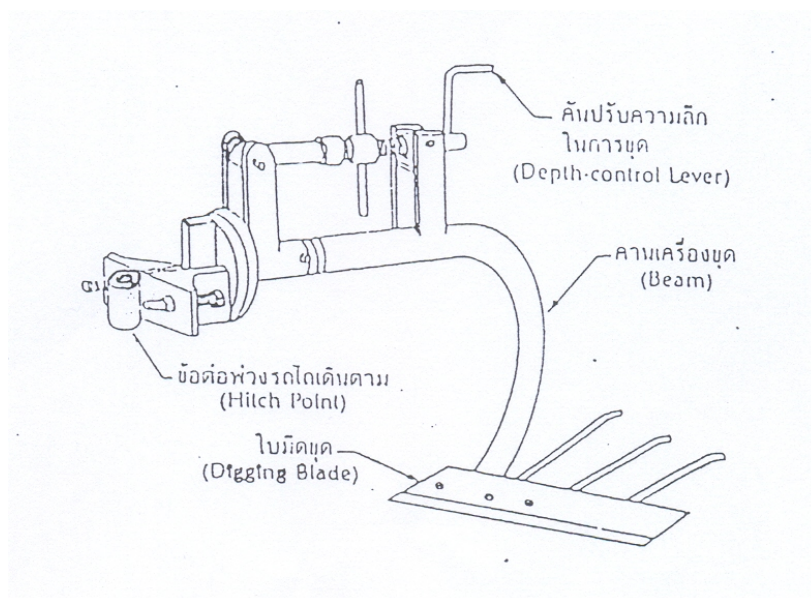
ผศ.บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร ได้ประดิษฐ์เครื่องขุดมันฝรั่ง มีลักษณะการทำงานโดยต่อพ่วงกับรถไถเดินตาม มีตระแกรงร่อนบันไดเลื่อนเพื่อแยกดินออกจากหัวมัน เครื่องขุดมันทำให้หัวมันเสียหายน้อย หัวมันที่ขุดไม่กระจาย หัวมันฝรั่งถูกดินกลบน้อย การออกแบบเครื่องขุดมันฝรั่งแบบนี้ จะมีชุดตะแกรงร่อนสำหรับแยกดิน ซึ่งจะแตกต่างจากแบบแรกของกองเกษตรวิศวกรรม

สุรเวทย์ และคณะ (2528) ได้ออกแบบสร้างเครื่องขุดหัวถั่วลิสงพ่วงติดกับรถไถเดินตาม ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ลักษณะเครื่องประกอบด้วยตัวไบริมขุดเชื่อมยึดติดกับขาเหล็กซึ่งต่อกับจุดพ่วงของรถไถเดินตาม ไบริมเป็นแผ่นเหล็กคล้าย Share ของไถหัวหมู ซึ่งวางทำมุมในแนวราบประมาณ 45 องศา กับทิศทางการเคลื่อนที่ และมีมุมจิกหรือมุมขุดที่กระทำกับพื้นดินประมาณ 15 - 20 องศา เพื่อให้ไบริมกดดิน ไบริมมีเหล็กเส้นต่อยาวออกไปทางด้านหลัง เพื่อทำหน้าที่แยกดินออกและวางต้นถั่วลิสง ไบริมจะทำหน้าที่ขุดยกดินพร้อมต้นถั่วลิสงขึ้นมา โดยจะเคลื่อนตัวผ่านไบริมและซี่เหล็กไปหล่นลงด้านหลังของไบริม ดินที่ติดมากับต้นถั่วลิสงจะแตกออกและหล่นตลอดซี่เหล็กลงบนพื้นดิน ต้นถั่วลิสงจะเสมือนถูกถอนด้วยมือคนแล้ววางรายลงบนพื้นดิน

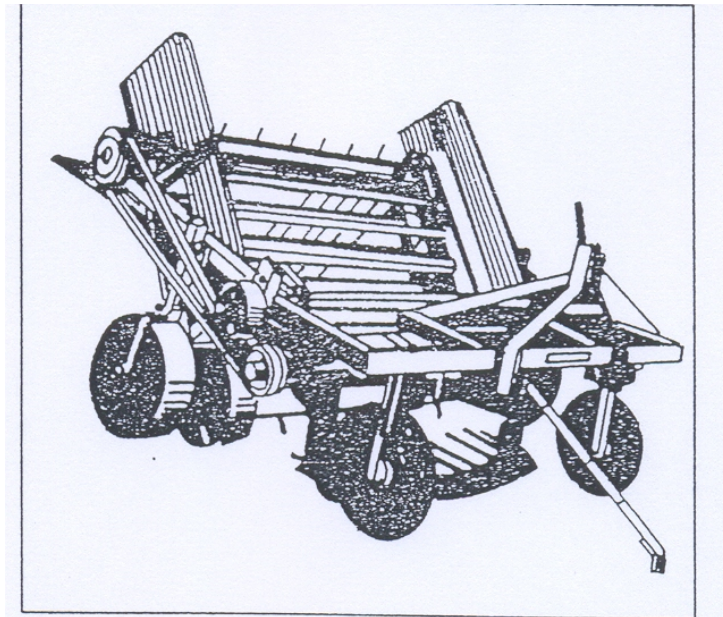
หลังจากนั้นก็ต้องใช้แรงงานคนเดินตามเก็บต้นถั่วลิสง ซึ่งจะทำให้การเก็บเกี่ยวถั่วลิสงง่ายและสะดวกขึ้นเพราะไม่ต้องออกแรงขุดต้นถั่วลิสง เครื่องขุดถั่วลิสงนี้ใช้เก็บเกี่ยวต้นถั่วลิสงในแปลงที่มีการปลูกแบบร่อง ใช้แรงงานคน 1 คน ในการควบคุมเครื่อง สามารถทำงานขุดถั่วลิสงได้ 0.35 – 0.5 ไร่ / ชม. มีผลเสียหาย 5 – 7 %



รูปที่ 2.2 เครื่องขุดมันฝรั่งพัฒนาโดย ผศ.บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร



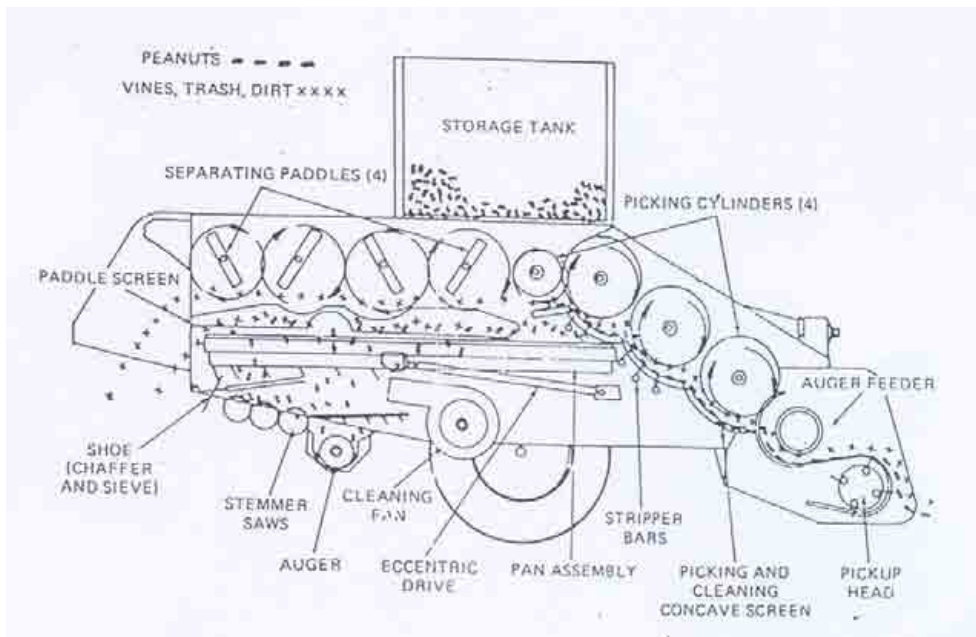
รูปที่ 2.3 เครื่องขุดถั่วลิสงพ่วงติดกับรถไถเดินตาม



รูปที่ 2.4 Groundnut digger – shaker windrower

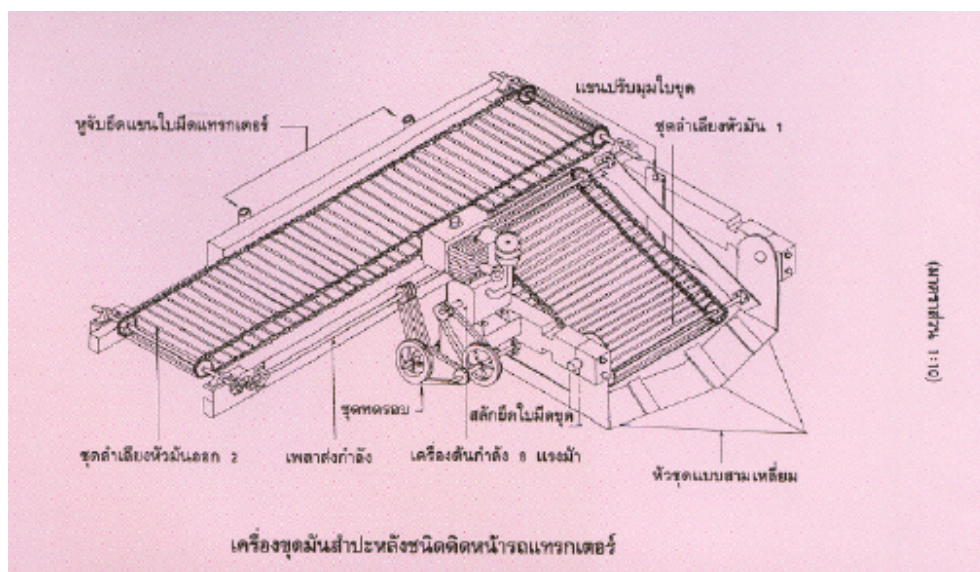
Groundnut digger – shaker windrower ดังแสดงในรูปที่ 2.4 เป็นเครื่องที่พัฒนาขึ้นในประเทศไทย (RNAM,1991) ใช้การต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์แบบจุดต่อพ่วงแบบสามจุด รถแทรกเตอร์ที่ใช้มีขนาด 25 แรงม้าขึ้นไป สามารถทำงานขุดถั่วลิสงได้ 0.15 – 0.25 เฮกแตร์ต่อชั่วโมง มีฝักถั่วลิสงเสียหายประมาณ 20 % ตัวเครื่องประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนแรกเป็นไบบิดมีลักษณะแบนยาวมีซี่เหล็กต่อยื่นออกไปทางด้านหลัง ไบบิดนี้มีหน้าที่ขุดดินและยกดินขึ้นมาพร้อมกับต้นถั่วลิสง ดินรอบๆต้นถั่วลิสงจะแตกตัวและแยกตัวออกไปบางส่วน ต้นถั่วลิสงที่ถูกขุดขึ้นมาจะถูกวางลงบนพื้นดินด้านหลังหัวขุด และส่วนที่สองเป็นกลไกการลำเลียงต้นถั่วลิสงซึ่งจะทำหน้าที่เกี่ยวกับต้นถั่วลิสงที่ถูกวางบนพื้นดินขึ้นมาและต้นถั่วลิสงจะถูกลำเลียงขึ้นไปแล้วโรยทิ้งลงด้านหลัง ในระหว่างการลำเลียงดินที่ติดมากับต้นถั่วจะแตกตัวและหล่นลงบนพื้นดิน และการสั่นสะเทือนอันเนื่องมาจากการทำงานจะช่วยให้ดินแตกตัวและแยกตัวออกไปจากต้นถั่วลิสงได้ดีขึ้น ทั้งนี้เครื่องบางแบบอาจมีการออกแบบให้กลไกการลำเลียงต้นถั่วลิสงรับต้นถั่วลิสงจากหัวขุดทันทีที่ถูกขุดขึ้นมา และบางรุ่นอาจจะมี Windrower ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำหรับบังคับให้ต้นถั่วลิสงรวมกันเป็นกองตามแนวยาวของการเก็บเกี่ยวซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการเก็บรวบรวมต้นถั่วลิสงต่อไป

เครื่องเก็บและนวดถั่วลิสง (Clinton และ William, 1983) ดังแสดงในรูปที่ 2.5 เป็นเครื่องที่พัฒนาขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกา การทำงานของเครื่องจะทำงานในขั้นตอนที่ต่อเนื่องกันจากเครื่องขุดต้นถั่วลิสง ซึ่งถูกขุดและโรยตากไว้เป็นแนวยาวในแปลงจนแห้งแล้ว เครื่องนี้ถูกลากจูงโดยรถแทรกเตอร์ ใช้กำลังจากเพลาลำนำของรถแทรกเตอร์เพื่อขับเคลื่อนกลไกต่างๆ ของเครื่องเครื่องนี้ประกอบด้วยกลไกต่างๆ ดังนี้ หัวเก็บต้นถั่วลิสง เกลียวป้อน ชุดโม่ปัดฝักถั่วลิสง พัดลมทำความสะอาด ตะแกรงทำความสะอาดแยกเศษต้นถั่วและสิ่งเจือปน และถังบรรจุฝักถั่วลิสง



รูปที่ 2.5 เครื่องเก็บและนวดถั่วลิสง

2.6 การพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังที่มีในประเทศไทย





รูปที่ 2.6 เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบติดหน้ารถแทรกเตอร์

ผศ.สมนึก ชูศิลป์ ได้ประดิษฐ์เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบติดหน้ารถแทรกเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ซึ่งมีส่วนประกอบต่างๆดังนี้ 1) ผานขุดรูปสามเหลี่ยมขนาดกว้างตรง 80 ซม. 2) โซ่ลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้นจากดิน ยาว 100 ซม. ติดตั้งทำมุม 30 องศาในแนวนอน 3) โซ่ลำเลียงหัวมันสำปะหลังออกด้านข้างยาว 200 ซม.ในแนวนอน และ 4) เครื่องยนต์เบนซิน ขนาด 8 แรงม้า 3600 รอบต่อนาที พร้อมชุดถ่ายทอดกำลังสู่โซ่ลำเลียง ผลการทดสอบเบื้องต้นพบว่าประสิทธิภาพการขุด หัวมันขาด และหัวมันหลงเหลือในดิน คิดเป็น 85.9 , 9.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การใช้งานเครื่องขุดต้องการตัดต้นมันสำปะหลังก่อนเครื่องขุดมันสำปะหลังยังต้องการปรับปรุงและทดสอบระยะยาว ในสภาพดินที่ปลูกแตกต่างกัน



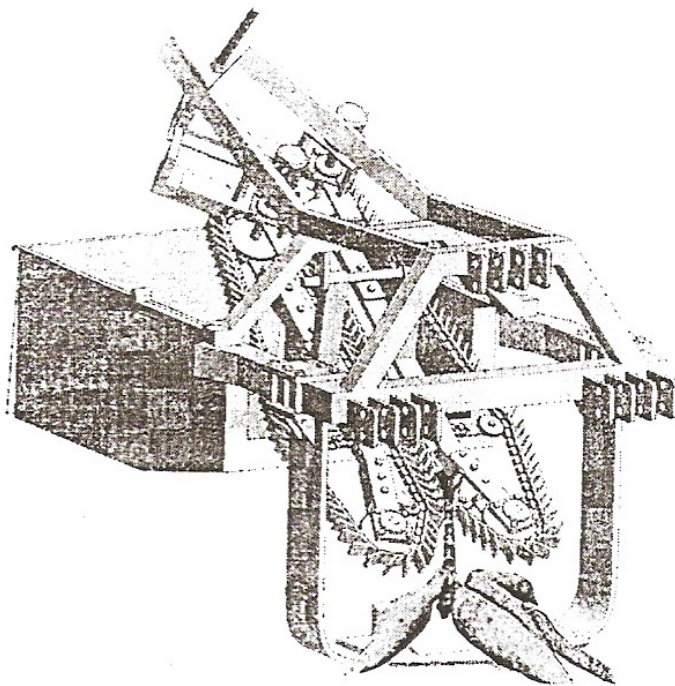
รูปที่ 2.7 เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบคันเดี่ยวของ กองเกษตรวิศวกรรม

ธัญญะและคณะ (2536) ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบคันเดียว ขึ้นมา ดังรูปที่ 2.7 โดยมีวัตถุประสงค์ให้สามารถทำการขุดได้อย่างต่อเนื่อง โดยหลักการ หลังจากกอนมันสำปะหลังถูกขุดขึ้นมาบนพื้นดินแล้ว กอนมันสำปะหลังจะถูกผลักออกไปทางด้านข้างของแนวการขุด เพื่อที่จะทำให้พื้นแนวของล้อรถแทรกเตอร์สำหรับการขุดในร่องต่อไป เครื่องชนิดนี้ใช้ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาด 60-70 แรงม้า ฝานขุดมีลักษณะคล้ายกับไถหัวหมูความกว้าง ของใบฝาน 80 ซม.

ในการทำงานของเครื่อง ฝานขุดจะขุดมันสำปะหลังและส่งให้หัวมันเคลื่อนไปตามรัศมีความโค้ง ของใบฝานผ่านซี่ตะแกรงแยกดิน แล้วตกลงด้านข้างของแนวขุดทำให้สามารถขุดร่องต่อไปได้อย่างต่อเนื่องจากการทดสอบพบว่า เครื่องมีความสามารถในการทำงานโดยเฉลี่ย 4.15 ไร่ต่อชั่วโมง หรือประมาณ 33.2 ไร่ต่อวัน (คิดการทำงานวันละ 8 ชั่วโมง) ประสิทธิภาพในการทำงานโดยเฉลี่ยร้อยละ 86.78 สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องมีการแตกหักของหัวมัน เนื่องจากการขุดโดยเฉลี่ยร้อยละ 10.4 หัวมันตกค้างร้อยละ 7.26

ศักดิ์ และธัญญะ (2542) ได้ทำการออกแบบเครื่องขุดหัวมันสำปะหลังแบบใช้การ สันตะเพื่อนของฝานขุด ซึ่งจะทำให้เกิดการแตกตัวของดินมากขึ้น ซึ่งการแตกตัวของดินนี้จะมีผลทำให้ การใช้แรงฉุดลากของรถแทรกเตอร์น้อยลง เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบนี้จะต้องต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาด 60 – 80 แรงม้า แบบจุดยึด 3 จุด การสันของฝานขุดจะอาศัยการถ่ายทอดกำลังมาจากเพลลาอานวยกำลังของรถแทรกเตอร์มาขับเพลลาขุดสันตะเพื่อนให้หมุน โดยที่ขุดเพลลาของขุดสันตะเพื่อนนี้จะมีตุ้มน้ำหนักยึดติดอยู่ เมื่อเพลลาหมุนตุ้มน้ำหนักนี้จะหมุนตามไปด้วย การสันตะเพื่อนนั้นจะเกิดขึ้นจากตุ้มน้ำหนักที่ติดตั้งแบบเยื้องศูนย์ กอนมันสำปะหลังเมื่อถูกขุดขึ้นมาบนพื้นดินแล้วก็จำเป็นต้องถูกยกนำไปวางให้ห่างจากการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ที่จะวิ่งในเที่ยวต่อไป

ประสาธ แสงพันธ์ตา (2548) ได้ทำโครงการวิทยานิพนธ์เรื่อง การออกแบบและพัฒนาเครื่องขุดและรวบรวมหัวมันสำปะหลัง ดังรูปที่ 2.8 ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบหลักๆ 4 ส่วนได้แก่ 1. ส่วนที่เป็นฝานขุด ทำหน้าที่ขุดให้มันสำปะหลังขึ้นมาจากร่องร่องปลูก 2.ส่วนที่เป็นระบบลำเลียง ทำหน้าที่ลำเลียงมันสำปะหลังที่ขุดขึ้นมาแล้วออกจากแนวร่องเดิม 3.ส่วนกระเบาะบรรจุทุกทำหน้าที่รวบรวมหัวมันสำปะหลังที่ถูกลำเลียงมา 4.ส่วนที่เป็นโครงสร้างหลักรองรับส่วนต่างๆ เครื่องนี้ใช้การต่อพ่วงติดท้ายรถแทรกเตอร์แบบจุดยึด 3 จุด ใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาด 60-80 แรงม้า เครื่องมีความสามารถทำงานโดยเฉลี่ย 1 ไร่/ชม. มีการแตกของหัวมันเนื่องจากการขุดประมาณ 11.46 % และมีหัวมันหลงเหลืออยู่ในดินประมาณ 15.38 %



รูปที่ 2.8 รูปเครื่องขุดและรวบรวมหัวมันสำปะหลัง

2.7 รูปแบบการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในประเทศไทย

จารุวัฒน์ มงคลธนทรศ และ อนุชิต ฉ่ำสิงห์ (2550) กล่าวไว้ในวารสารกสิกร ว่า การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในประเทศไทยพบว่าวิธีการปฏิบัติในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังประกอบด้วย 1. การตัดต้นมันสำปะหลัง 2. การขุดหรือการถอนต้นมันสำปะหลังขึ้นจากพื้นดิน 3. การตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า 4. การรวบรวมหัวมันสำปะหลังใส่ลงแข่ง 5. การลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกเพื่อนำไปจำหน่าย โดยสามารถจำแนกรูปแบบการเก็บเกี่ยวได้เป็น 2 รูปแบบคือ การใช้แรงงานคนทุกขั้นตอน และการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังขุดหัวมันออกจากดิน แล้วใช้แรงงานคน 8-10 คน ในขั้นตอนที่เหลือ รูปที่ 2.9 แสดงภาพเครื่องมือแบบง่ายๆ ที่ใช้ในการขุดถอนหัวมันสำปะหลังขึ้นจากดิน เครื่องมือนี้เกษตรกรทั่วไปเรียกว่า แมคโค จะใช้หลักการของคานงัดคานดีดมาช่วยผ่อนแรงในการถอนต้นมันสำปะหลังขึ้นจากดิน มีลักษณะเป็นคานไม้กลม มีเหล็กลักษณะคล้ายง่าม 2 ขา สวมติดอยู่กับคานไม้ค่อนไปทางปลายด้านหน้า โดยเอาด้านยาวเป็นด้านสำหรับงัด เครื่องมือนี้จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพก็เฉพาะในพื้นที่ปลูกที่เป็นดินร่วนหรือร่วนปนทราย หรือการปลูกแบบยกทรง ส่วนกรณีพื้นที่ซึ่งเป็นดินเหนียว อาจต้องทำการขุดดินบางส่วนก่อนแล้วจึงจะสามารถถอนได้ วิธีการเก็บเกี่ยวแบบนี้เป็นงานเก็บเกี่ยวที่ต้องใช้กำลังแรงงานมาก สมรรถนะในการทำงานต่ำ และการถอนด้วยกำลังแขนของคน การดึงหรือขุดถอนจะมีลักษณะดึงกระตุกเป็นช่วงๆ การดึงถอนในลักษณะนี้จะ

ทำให้หัวมันขาดตาก้างอยู่ในดิน มากน้อยขึ้นอยู่กับสภาพของดินและพันธุ์ที่ใช้ปลูก ซึ่งภายหลังกึ่งถอน ต้นมันสำปะหลังขึ้นจากดินแล้ว จึงจะทำการรวบรวมเป็นกองๆ ตัดหัวมันออกจากเหง้า จากนั้นขนขึ้นรถบรรทุกเพื่อจำหน่ายโดยในทุกขั้นตอนจะใช้แรงงานคนทั้งหมด



รูปที่ 2.9 แสดงภาพเครื่องมือแบบง่ายๆ ที่ใช้ในการรูดถอนหัวมันสำปะหลังขึ้นจากดิน

2.8 เครื่องขุดมันสำปะหลังที่มีการผลิตในเชิงพาณิชย์ในประเทศไทย



รูปที่ 2.10 เครื่องขุดมันสำปะหลังที่มีการผลิตในเชิงพาณิชย์

จากรุวัฒน์ มงคลนรินทร์ และ อนุชิต จำสิงห์ (2550) กล่าวไว้ในวารสารกสิกร ว่า เครื่องขุดมันสำปะหลังที่มีการผลิตจำหน่ายในปัจจุบันมีหลากหลายรูปแบบ โดยที่บางแบบมีความสามารถสามารถในการทำงาน 2-4 ไร่ต่อชั่วโมง มีการสูญเสียหัวมันสำปะหลังตกค้างอยู่ในดินประมาณ 5 – 10 % แต่ยังมีปัญหาบางประการที่ทำให้ไม่สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวางเท่าที่ควร สาเหตุส่วนหนึ่งเกิดจากเครื่องขุดแต่ละแบบยังมีข้อจำกัดในการใช้งานพอสมควร เครื่องขุดมันสำปะหลังที่มีการผลิตจำหน่ายอยู่ในปัจจุบันนี้ จะช่วยผ่อนแรงและเพิ่มประสิทธิภาพการขุดหัวมันสำปะหลังขึ้นจากดินเท่านั้น หลังจากนั้นยังคงต้องใช้แรงงานประมาณ 8 – 10 คน เดินตามเก็บรวบรวมหัวมันสำปะหลังเป็นกองแล้วตัดส่วนของเหง้าออกไป และขนขึ้นรถบรรทุกเพื่อจำหน่ายต่อไป เครื่องขุดมันสำปะหลังเหล่านี้จะมีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ โครงเครื่อง ขาไถ และผาลขุด ซึ่งเครื่องขุดมันสำปะหลังแต่ละแหล่งผลิตนั้น ฟังก์ชันการทำงานจะคล้ายกันทั้งหมด ส่วนที่จะแตกต่างกันเด่นชัด คือ ลักษณะของผาลขุด คือ ผาลขุดแบบซี่ และผาลขุดแบบจานโค้ง ที่มีลักษณะการขุดทั้งแบบที่ไม่มีการพลิกดิน และแบบมีการพลิกดิน ดังแสดงเครื่องขุดแบบต่างๆ ในรูปที่ 2.11 – 2.14



รูปที่ 2.11 เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบผาลขุดแบบซี่



รูปที่ 2.12 เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบพลาดชุดแบบจานโค้ง



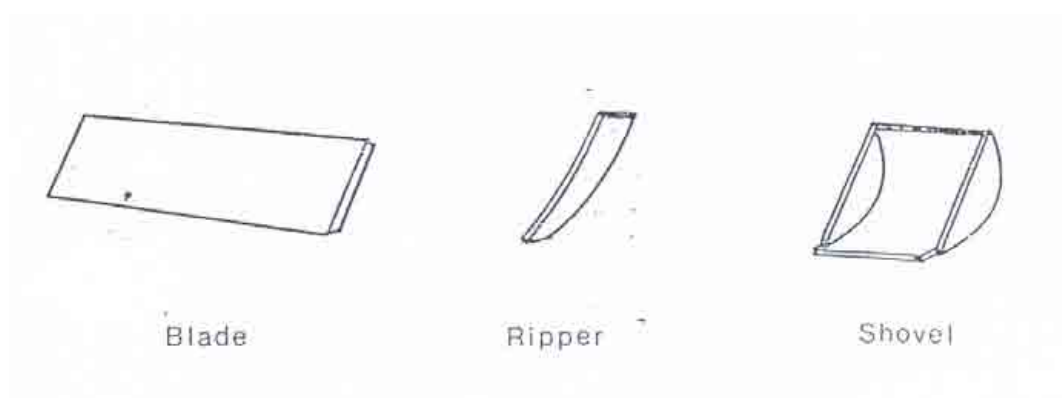
รูปที่ 2.13 เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบไม่มีปีกไถ และแบบมีปีกไถ



รูปที่ 2.14 เครื่องซุดมันล่ำปะหลังแบบผาลซุดแบบมีการติดตั้งกรวยกลม

2.9 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

McKyes (1985) กล่าวว่าปัจจัยที่มีผลทำให้ดินเกิดการเสียรูป และแตกตัวทางโครงสร้างได้แก่ ขนาดและรูปร่างของเครื่องมือ มุมซุด ความลึกและความเร็วการทำงาน ชนิดดิน และความชื้นในดิน เป็นต้น เครื่องมือสำหรับการเคลื่อนย้ายดินมีอยู่หลายรูปแบบขึ้นกับหน้าที่การทำงานสามารถแบ่งได้ 3 รูปแบบคือ ใบมีด (blade) , ไถสั่ว (Ripper) และ อุปกรณ์ซุดตักดิน (Shovel) ดังแสดงในรูปที่ 2.15 อุปกรณ์เคลื่อนย้ายดินแบบใบมีด (blade) นิยมใช้ในการตัดและดันดิน หรือยกดินขึ้นจากระดับความลึกที่ทำงาน นอกจากนี้ยังสามารถทำงานหน้าที่อื่นได้ด้วย เช่น ปรับผิวดิน กวาดหิมะ หรือใช้กวาดคันวัสดุชิ้นเล็ก ๆ ให้รวมกองกัน เป็นต้น



รูปที่ 2.15 อุปกรณ์เคลื่อนย้ายดินแบบต่างๆ

มงคล (2530) กล่าวว่าไถสั่วเป็นอุปกรณ์เตรียมดินโดยไม่มีการพลิกดิน มุมคราดหรือมุมซุด (Rake angle) ที่น้อยกว่า 45 องศา จะทำให้เกิดแรงยกขึ้นกับดินที่ถูกซุด มุมซุดยิ่งน้อยจะยิ่งช่วยลดแรง

นวลากด้วย และที่มุมขุด 20 องศา จะเป็นมุมที่ทำให้เกิดแรงยกสูงสุด โดยใช้แรงนวลากต่ำสุด และอุปกรณ์ที่มีมุมขุดต่ำ จะเหมาะกับการทำงานในดินระดับตื้นๆ

Koolen และ Kuipers (1983) กล่าวว่าความสัมพันธ์ของแรงที่เครื่องมือกระทำต่อดิน คูลอมบ์ ได้ใช้แบบจำลอง (Coulomb ' s model) อธิบายถึงการแตกตัวของดินเมื่อมีแรงมากระทำโดยผ่านทางเครื่องมือว่าความเค้นเฉือนที่ต้องการใช้ในการทำให้ดินแตกตัว ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนหนึ่งใช้เพื่อเอาชนะแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน และส่วนที่สองต้องใช้ในการเอาชนะแรงเสียดทานของเม็ดดินที่เคลื่อนที่หลังการแตกตัว แรงต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแตกตัวดังกล่าว สามารถเขียนสมการอธิบายความสัมพันธ์ได้ด้วยสมการจากกฎของคูลอมบ์ (Coulomb friction – cohesion strength law) ดังแสดงในรูปที่ 2.16 คือ

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi$$

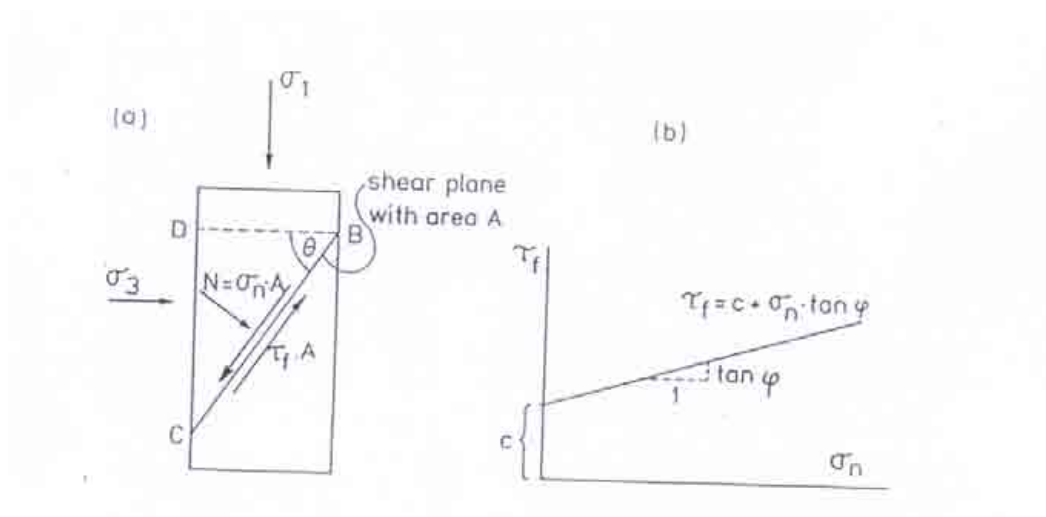
โดยที่

τ = ความเค้นเฉือนสูงสุดของระนาบที่แตกตัว (Ultimate shear strength)

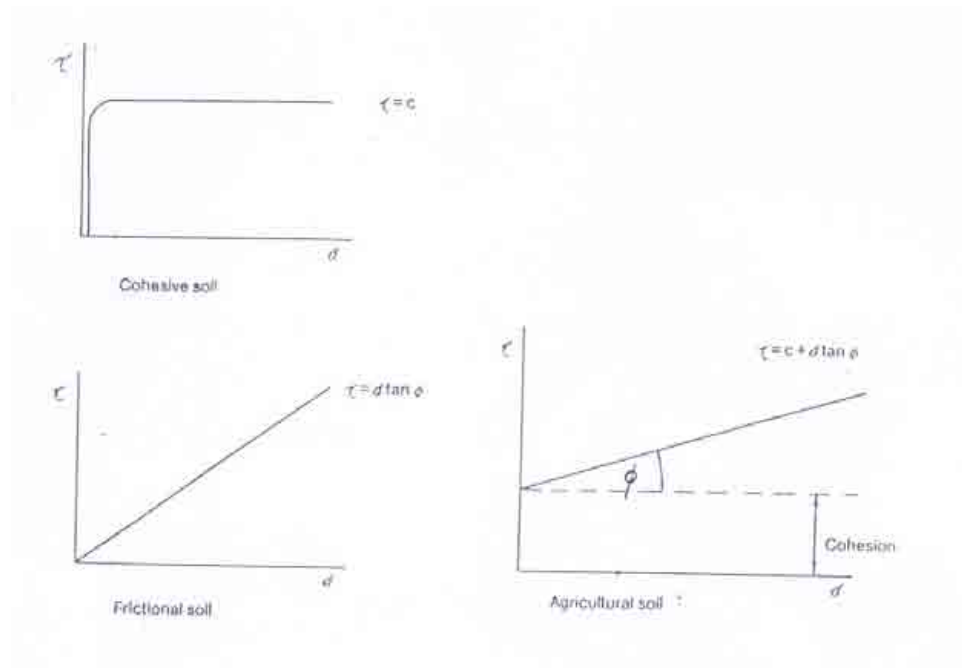
σ_n = normal stress บนผิวระนาบที่เกิดการแตกตัว

$\tan \phi$ = สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานภายในของดิน (Coefficient of internal sliding friction)

ค่า c และ ϕ เป็นค่าเฉพาะของดินจะขึ้นอยู่กับชนิดของดิน ความชื้น และปริมาณของช่องว่างในดิน รูปที่ 2.17 แสดงความสัมพันธ์ของสมการของคูลอมบ์ในดินชนิดต่างๆ

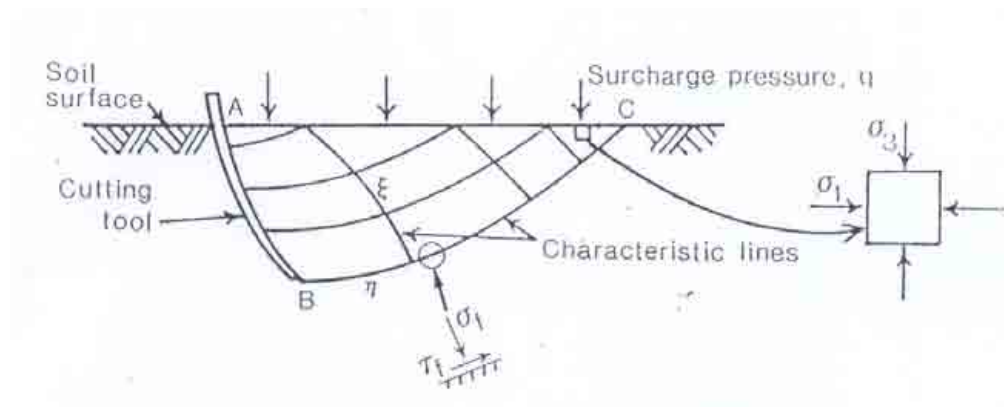


รูปที่ 2.16 แบบจำลองของคูลอมบ์แสดงระนาบที่แตกสลายของดินเนื่องจากแรงเฉือน



รูปที่ 2.17 กราฟแสดงค่ากำลังของดินชนิดต่างๆ

ขอบเขตการแตกตัวของดิน (Boundary condition) จากรูปที่ 2.18 ในขณะที่เครื่องมือกำลังตัดดิน โดยมีแรงกระทำให้เคลื่อนที่ไปทางขวา ดินที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจะอยู่ในขอบเขต ABC โดยจะบิดเบี้ยวเสียรูปร่างและเสียหาจนโครงสร้างเปลี่ยนไปจากเดิม และจะถูกยกและเคลื่อนตัวข้ามไบบีมิดไป ในที่สุด ระบายต่ำสุดของดินจะถูกแรงเฉือนกระทำในแนว BC ซึ่งเรียกว่าระนาบของการแตกตัว η ส่วน ξ เป็นแนวของระนาบที่แตกตัวในลักษณะทำมุมกับแนว AC และหากมีแรงในแนวตั้งกดทับอยู่ด้วย (q = Surcharge pressure) ในการคำนวณหาแรงกระทำต่อดินจะต้องนำเอา q มาคิดรวมในสมการด้วย แต่การทำงานของเครื่องมือขุดดินปกติแล้วจะไม่มี q ทำให้ดินถูกยกตัวขึ้นได้อย่างอิสระ ในขณะที่แรงในแนวราบถูกต้านไว้ด้วยแรงเสียดทานของดินที่ด้านหน้าไบบีมิด ดังนั้นแรงขุดดินในแนวระนาบจะมีค่าสูงกว่าแนวตั้ง



รูปที่ 2.18 ขอบเขตการแตกตัวของดิน (Boundary condition) ในขณะที่เครื่องมือกำลังตัดดิน

Alcock (1986) กล่าวว่ากำลังหรือความแข็งแรงของดินเป็นความสามารถของดินที่จะรับแรงกระทำก่อนที่จะโครงสร้างของดินจะเกิดการเสียรูปร่างและแตกสลายไป ขนาดของกำลังของดินจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติแรงยึดเกาะระหว่างเม็ดดิน (Soil cohesion) และแรงเสียดทานภายในระหว่างเม็ดดิน (Soil friction) ค่าของแรงยึดเกาะของเม็ดดินแต่ละชนิดจะมีค่าคงที่ โดยขึ้นอยู่กับชนิดและคุณลักษณะของดิน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงของดินได้แก่ ค่าความชื้นดิน (Soil moisture content) ค่าความหนาแน่นเนื่องจากการอัดตัวของดิน (Packing density) ขนาดของอนุภาคดิน (Particle size) และความชื้นของอินทรีย์วัตถุในดิน (Organic matter content) ส่วนค่าแรงเสียดทานภายในของดินจะเป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับแรงที่กระทำต่อดิน

บทที่ 3

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ชนิดดิ่งเหง้าขึ้น

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. Microcomputer, Scanner, Printer, Digital camera
2. ตู้อบหาความชื้น
3. เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดดิจิตอลและตาชั่งสปริง
4. นาฬิกาจับเวลา
5. เวอร์เนีย
6. เครื่องวัดความแข็งของดิน (Cone Index)

3.2 วิธีวิจัยและวิธีการทดสอบ

ก่อนการออกแบบสร้างเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบถอนหัวมันขึ้นนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบข้อมูลพื้นฐานปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบท่อการดิ่งเหง้ามันสำปะหลังขึ้นจากดิน เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการออกแบบเครื่อง เพราะจากการตรวจสอบเอกสารยังไม่มีผู้ใดดำเนินการทำวิจัยเรื่องนี้มาก่อนหน้า โดยปัจจัยที่ทำการศึกษได้แก่ แรงที่ใช้ในการดิ่งเหง้ามันสำปะหลังขึ้นจากดินที่สัมพันธ์กับน้ำหนักและขนาดของเหง้ามันสำปะหลัง , ความชื้นและความแข็งของดิน , ความแข็งแรงของหัวมันสำปะหลังที่ทนต่อการฉีกขาดต่อแรงที่มากกระทำ , พันธุ์มันสำปะหลัง และมุมที่ใช้ในการดิ่งเหง้ามันสำปะหลังขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ทดสอบกับพันธุ์มันสำปะหลัง ระยะเวลา 5 โดยทดสอบ ณ.ที่อำเภอด่านช้างจังหวัด สุพรรณบุรี โดยมีวิธีการทดสอบดังต่อไปนี้

1. สุ่มเลือกแปลงมันสำปะหลังจำนวน 2 แปลงโดยเลือกแปลงที่ดินในพื้นที่ไม่อัดแน่นและแข็งมาก ส่วนอีกแปลงหนึ่ง เป็นดินในพื้นที่ ที่อัดแน่นและแข็งกว่าแปลงแรก
2. ในแต่ละแปลงมันสำปะหลังให้ สุ่มเลือกต้นมันสำปะหลังที่จะให้ทดสอบเป็นจำนวนอย่างต่ำ 3 ต้น ในแต่ละต้นให้ทำการเก็บข้อมูล แรงที่ใช้ในการดิ่งเหง้ามันสำปะหลังขึ้นจากดิน , น้ำหนักและขนาดของเหง้ามันสำปะหลัง , ความชื้นและความแข็งของดิน รอบต้นมันสำปะหลัง
3. วิธีการวัดแรงดิ่งเหง้ามันสำปะหลังขึ้นจากดิน จะใช้วิธีใช้คนจำนวน 2 คน ช่วยกันออกแรง หามไม้คานโดยจะผูกเชือกมัดไว้ที่โคนเหง้ามันสำปะหลังแล้วสอดเชือตร้อยผ่านเครื่องมือวัดแรงดึง Loadcell ซึ่งผูกติดไว้ตรงกลางไม้คาน สัญญาณแรงดึงจาก Loadcell จะถูกอ่านโดยตรงผ่าน ตัวเครื่องอ่านสัญญาณ Indicator

4. วิธีการทดสอบความแข็งแรงของหัวมันสำปะหลังที่ทนต่อการฉีกขาดต่อแรงที่มากระทำ ได้ทำการทดสอบ 2 แนวแรงกระทำคือ แรงดึงตามแนวแกนของหัวมันสำปะหลัง และ แรงดัดคือแรงกระทำตั้งฉากกับแนวแกนของหัวมันสำปะหลัง โดยการสุมหัวมันสำปะหลังอย่างต่ำ 5 หัวมาใช้ในการทดสอบ ซึ่งข้อมูลที่จะบันทึกได้แก่ ค่าแรงดึง , ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่โตที่สุดของหัวมันสำปะหลัง , น้ำหนักของหัวมันสำปะหลัง , ความยาวของหัวมันสำปะหลัง

5. วิธีการศึกษามุมที่ใช้ในการดึงเหง้ามันสำปะหลังขึ้นจากพื้นดิน วิธีการนี้เป็นการจำลองสถานการณ์ (Simulation) หามุมที่เหมาะสมในการดึงเหง้า หรือ ต้นมันสำปะหลัง ขึ้นจากพื้นดิน โดยเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่จะออกแบบสร้างขึ้น ซึ่งวิธีการทดสอบกระทำโดย ออกแบบครีบลึงที่มีลักษณะคล้าย ง่าม 2 ขา (ลักษณะเดียวกับ ง่ามเหล็กที่ติดไว้กับคานไม้ ที่ใช้จัดต้นมันสำปะหลังขึ้นจากพื้นดิน) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการจิกดึงต้นมันสำปะหลังขึ้นมา โดยการใช้ต้นมันสำปะหลัง นำมายึดติดกับ ฐานยึดเครื่องมือที่ทำติดไว้ที่พื้นปูนซีเมนต์ การทดสอบจะใช้มุมเอียงในการดึงของครีบลึงเป็นมุมต่างๆ กัน ตั้งแต่ 20 , 30 , 45 , และ 60 องศา ใช้ Loadcell เป็นตัววัดแรงดึง สัญญาณแรงดึงจาก Loadcell จะถูกอ่านโดยตรงผ่าน ตัว เครื่องอ่านสัญญาณ Indicator

3.3 สูตรที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณ

$$1. \text{ ความชื้นของดิน(มาตรฐานแห้ง) \%} = \frac{\text{น้ำหนักดินก่อนอบ} - \text{น้ำหนักดินหลังอบ}}{\text{น้ำหนักดินหลังอบ}} \times 100 \%$$

$$2. \text{ ความเค้นดึงของหัวมันสำปะหลัง} = \frac{\text{แรงดึงตามแนวแกนของหัวมันสำปะหลัง(กก.)}}{\frac{\pi D^2}{4}}$$

(กก. / ตร.ซม.)

เมื่อ

$$\pi = 22 / 7$$

$$D = \text{เส้นผ่าศูนย์กลางของหัวมันสำปะหลังที่โตที่สุด (ซม.)}$$

$$3. \text{ โมเมนต์แรง} = \text{แรงดึงตั้งฉากกับแกน} \times \text{ระยะห่าง ระหว่างจุดยึดและ}$$

$$\text{ดัดที่กระทำต่อหัวมันสำปะหลัง ของหัวมันสำปะหลัง (กก.) แรงดึงที่กระทำ (ซม.)}$$

(กก. - ซม.)

$$4. \text{ ส่วนของแรงดึงตามแนวตั้ง} = \text{ค่า แรงดึงที่อ่านได้จาก Loadcell} \times \sin \theta$$

$$5. \text{ ส่วนของแรงดึงตามแนวนอน} = \text{ค่า แรงดึงที่อ่านได้จาก Loadcell} \times \cos \theta$$

$$\text{เมื่อ} \quad \theta = \text{ค่ามุมเอียงที่ใช้ในการดึง}$$

3.4 ผลการทดสอบและวิจารณ์ (Results & Discussions)

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลผลการทดสอบการดึงต้นมันสำปะหลังของแปลงทดสอบแปลงที่ 1 ซึ่งดินในพื้นที่ ไม่อัดแน่นมาก ซึ่งมีค่าความแข็งของดินเฉลี่ย 25.63 กก./ซม.² ตารางที่ 3.2 ข้อมูลผลการทดสอบการวัดความแข็งของดิน ณ.ที่ระดับความลึกของดินต่างๆกัน ของแปลงที่ 1 รูปที่ 3.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดึงเห้งมัดมันสำปะหลังขึ้นจากพื้นดิน กับ น้ำหนักของเห้งมัดมันสำปะหลัง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าแรงดึงแปรผันตามน้ำหนักหรือขนาดของเห้งมัดมัน โดยมีค่าแรงดึงสูงสุดที่ 125 กก. ณ.ที่ น้ำหนักเห้งมัดมัน 10.5 กก. หรือมีแรงดึงเห้งมัดมันสำปะหลังขึ้นจากดินเฉลี่ย 82.67 กก. ณ.ที่ น้ำหนักเห้งมัดมันเฉลี่ย 5.42 กก. รูปที่ 3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความลึกของดิน ณ.ระดับต่างๆ กัน กับ ค่าความแข็งของดินของแปลงที่ 1 ตารางที่ 3.3 ข้อมูลผลการทดสอบการดึงต้นมันสำปะหลังของแปลงทดสอบแปลงที่ 2 ซึ่งดินในพื้นที่ ค่อนข้างอัดแน่นมาก ซึ่งมีค่าความแข็งของดินเฉลี่ย 28.73 กก./ซม.² ตารางที่ 3.4 ข้อมูลผลการทดสอบการวัดความแข็งของดิน ณ.ที่ระดับความลึกของดินต่างๆกัน ของแปลงที่ 2 ค่าแรงดึงต้นขึ้นของแปลงที่ 2 นี้ มีค่าค่อนข้างมากกว่า แปลงที่ 1 อย่างเห็นได้ชัด ทั้ๆที่ขนาดของเห้งมัดมันสำปะหลังมีขนาดเล็กกว่า แสดงให้เห็นชัดว่า ความอัดแน่นหรือความแข็งของดินจะมีผลโดยตรงต่อค่าแรงดึงขึ้นของต้นมันสำปะหลังตารางที่3.5และ3.6แสดงข้อมูลความขึ้นของดินในแปลงที่1 และ 2 การทดสอบหาแรงดึงต้นมันสำปะหลังของแปลงที่ 2 นี้ รูปที่ 3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดึงเห้งมัดมันสำปะหลังขึ้นจากพื้นดิน กับ น้ำหนักของเห้งมัดมันสำปะหลัง ของแปลงที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าแรงดึงแปรผันตามน้ำหนักหรือขนาดของเห้งมัดมัน โดยมีค่าแรงดึงสูงสุดที่ 127.50 กก. ณ.ที่ น้ำหนักเห้งมัดมัน 4.5 กก. หรือมีแรงดึงเห้งมัดมันสำปะหลังขึ้นจากดินเฉลี่ย 105.83 กก. ณ.ที่ น้ำหนักเห้งมัดมันเฉลี่ย 4.75 กก. รูปที่ 3.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความลึกของดิน ณ.ระดับต่างๆ กัน กับ ค่าความแข็งของดินของแปลงที่2 การทดสอบแปลงที่ 2 นี้ มีหัวมันสำปะหลังหักขาดในดิน ณ.ที่แรงดึงสูงสุดที่ 127.50 กก. แสดงให้เห็นว่า ถ้าดินอัดแน่นมากจะทำให้มีหัวมันสำปะหลังหักขาดในดินถ้าใช้การดึงต้นขึ้นมา **ซึ่งปัญหานี้จะเป็นปัจจัยหนึ่งของข้อกำหนดการออกแบบเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบถอนหัวมันขึ้น**

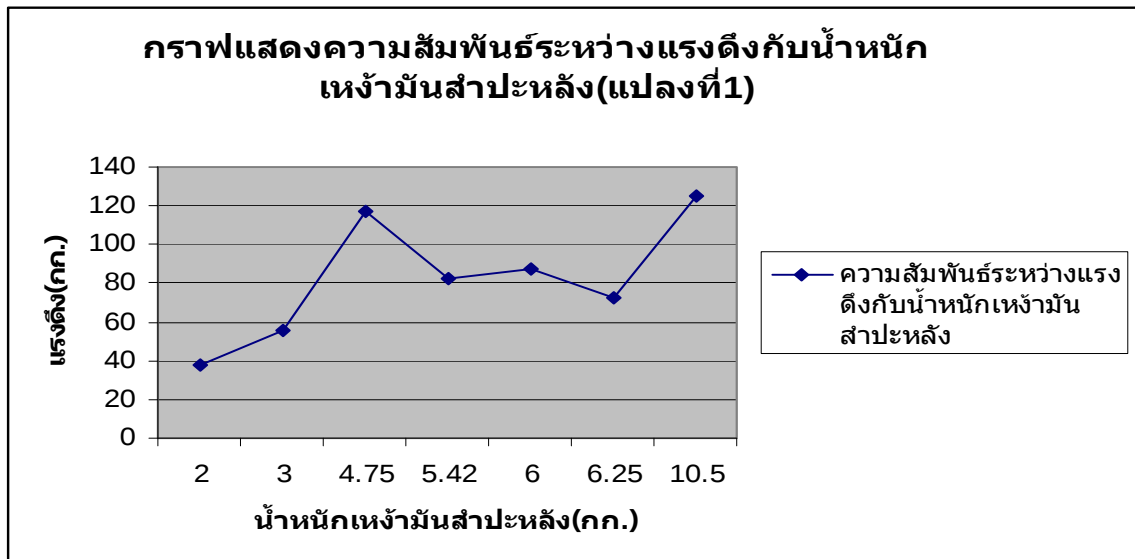
ตารางที่ 3.7 ข้อมูลผลการทดสอบหาความแข็งแรงของหัวมันสำปะหลัง โดยใช้แรงดึงตามแนวแกนของหัวมันสำปะหลัง รูปที่ 3.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดึง กับ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวมันสำปะหลัง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ถ้าหากขนาดหัวยิ่งใหญ่มากก็จะต้องทนต่อแรงดึงมากขึ้น โดย ณ. ที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.5 ซม. สามารถทนต่อแรงดึง ได้ 360 กก. ตารางที่ 3.8 ข้อมูลผลการทดสอบหาความแข็งแรงของหัวมันสำปะหลัง โดยใช้แรงดัด (Bending force) ตั้งฉากกับแนวแกนของหัวมันสำปะหลัง และตารางที่ 3.9 ข้อมูลความขึ้นของหัวมันสำปะหลังขณะทดสอบ รูปที่ 3.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดัด กับ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวมันสำปะหลัง จากกราฟจะแสดงให้เห็นว่า ถ้าหากขนาดหัวยิ่งใหญ่มากก็จะต้องทนต่อแรงดัดมากขึ้นเช่นกัน แต่ ผลจากการ

ทดสอบ หัวมันสำปะหลังสามารถทนต่อแรงดัดน้อยกว่าแรงดึง นั้นแสดงให้เห็นว่า ถ้าหาก การดึงต้นมันสำปะหลังขึ้นจากดินหัวมันสำปะหลังจะหักขาดในดิน เพราะ แรงดัดจะมากกว่าแรงดึง แต่ แรงดินที่จับหัวมันสำปะหลังไว้ จะเป็นแบบ Complex forces มีทั้งแรงดึง แรงดัด เกิดผสมกัน ไม่ได้เกิดเฉพาะแรงใดแรงหนึ่งเท่านั้น ในการลดแรงของดินที่จับกับหัวมันสำปะหลังให้น้อยลง ก็จะเป็นอีกปัจจัยหนึ่งของข้อกำหนดการออกแบบเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบถอนหัวมันขึ้น

ตารางที่ 3.10 ข้อมูลการทดสอบหามุมที่เหมาะสมในการดึงเหง้า หรือ ต้นมันสำปะหลัง ขึ้นจากพื้นดิน รูปที่ 3.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนของแรงดึงเฉลี่ยในแนวตั้ง กับ มุมที่ใช้ดึง และ รูปที่ 3.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนของแรงดึงเฉลี่ยในแนวนอน กับ มุมที่ใช้ดึง จากกราฟ รูปที่ 3.7 และ 3.8 ส่วนของแรงในแนวนอนจะเป็นแรงไม่มีประโยชน์ต่อการดึงต้นมันสำปะหลังขึ้น จะเป็นแรงที่ทำให้ต้นมันสำปะหลังหักตงนั้นส่วนของแรงนี้น้อยยิ่งจะดี ส่วนของแรงในแนวตั้ง จะเป็นแรงที่เป็นประโยชน์ต่อการดึงต้นมันสำปะหลังขึ้นจากพื้นดิน ถ้าหากแรงนี้มาก ๆ ดี ทำให้มีแรงมากในการดึง ซึ่งผลปรากฏว่า ณ.ที่มุม 45 องศา เป็นมุมที่เหมาะสมที่สุด เพราะ มีค่าแรงดึงในแนวนอนน้อยที่สุด และมีค่าแรงในแนวตั้ง 106 กก. ซึ่งมากกว่า ณ.ที่ มุม 20 และ 30 องศา แต่ยังน้อยกว่า ณ.ที่ มุม 60 องศา แต่ที่มุม 60 องศาไม่เหมาะสมเพราะ ครีบดึง จะลื่นไถลไปตามต้นมันสำปะหลัง ดังนั้นมุม 45 องศา จะเป็นมุมที่จะใช้ในการดึงต้นมันสำปะหลังขึ้นจากพื้นดิน แต่สิ่งที่จะเป็นปัญหาคือ ถ้าหากใช้ครีบเหล็กลักษณะที่ออกแบบมานี้ เป็นอุปกรณ์ในการดึงต้นมันสำปะหลังแรงในการดึงจะไม่พอ เพราะแรงดึงสูงสุดเพียง 106 กก. เท่านั้น เพราะจากการทดสอบแรงดึงต้นมันสำปะหลัง มีแรงดึงสูงสุดถึง 130 กก. ดังนั้น การออกแบบเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบถอนหัวมันขึ้น จำเป็นที่จะต้องติดอุปกรณ์ การชะดินเพื่อลดลดแรงของดินที่จับกับหัวมันสำปะหลังให้น้อยลงให้ไม่เกินกว่า 106 กก. ซึ่ง นอกจากจะไม่ทำให้หัวมันขาดในดินแล้ว ยังทำให้อุปกรณ์ในการดึงต้นมันสำปะหลังมีแรงในการดึงเพียงพอด้วย

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลผลการทดสอบการดึงต้นมันสำปะหลังของแปลงทดสอบแปลงที่ 1 ซึ่งดินในพื้นที่ ไม่อัดแน่นมาก

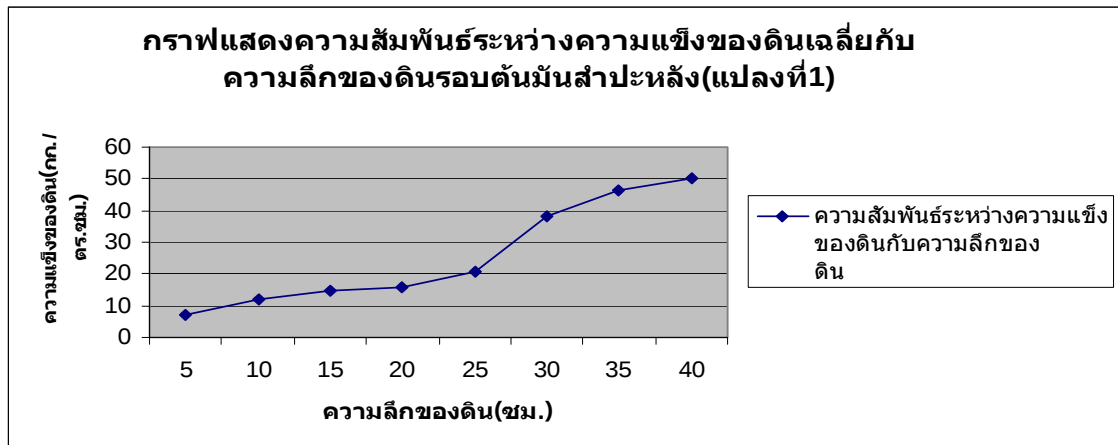
การ ทดลอง	สุ่ม ตัวอย่าง มัน สำปะหลัง ต้นที่	ความสูงของ ต้นมัน สำปะหลัง (ซม.)	เส้นผ่าน ศูนย์กลางลำ ต้นมัน สำปะหลัง (ซม.)	แรงที่ใช้ในการดึง เหง้ามันสำปะหลัง ขึ้น (กก.)	ความลึกของ หัวมันสำปะหลัง จากพื้นดิน (ซม.)	จำนวนหัวมัน สำปะหลังต่อ ต้น	น้ำหนัก เหง้ามัน สำปะหลัง (กก.)	ระยะห่าง ระหว่าง ต้น (ซม.)	ระยะห่าง ระหว่าง แถว (ซม.)
การ ทดลอง ดึงต้น มัน สำปะ หลัง	1	242	4.5	56	38	14	3	52	118
	2	267	6	125	42	23	10.5	54	121
	3	254	5	117.5	46	10	4.75	53	123
	4	172	4	72.5	37	21	6.25	64	120
	5	176	4	87.5	29	19	6	68	114
	6	197	4	37.5	43	9	2	42	114
	เฉลี่ย	218	4.58	82.67	39.17	16	5.42	55.5	118.33



รูปที่ 3.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดึงเหม้ามันสำปะหลังขึ้นจากพื้นดิน กับ น้ำหนักของเหม้ามันสำปะหลัง

ตารางที่3.2 ข้อมูลผลการทดสอบการวัดความแข็งของดิน ณ.ที่ระดับความลึกของดินต่างๆกันของแปลงที่ 1

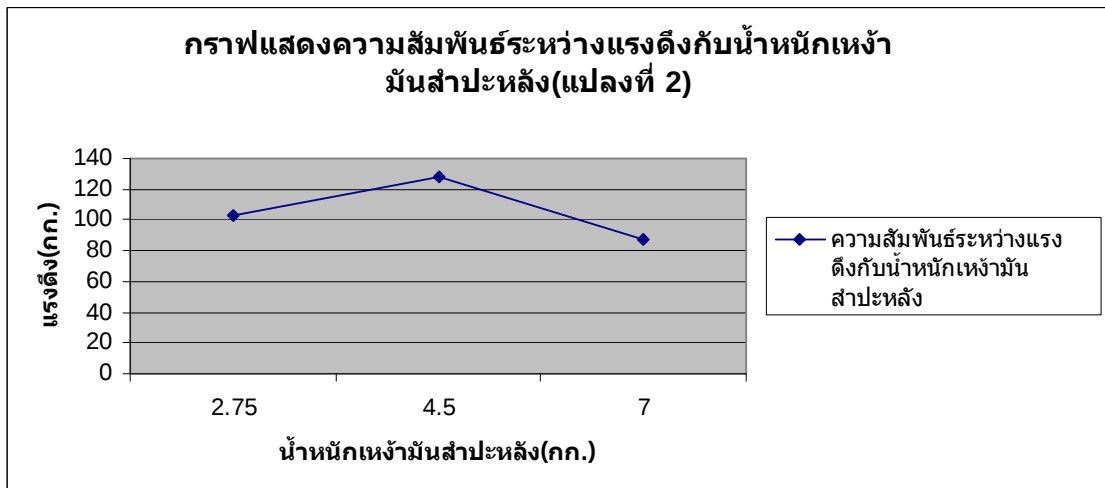
ความลึกดิน (cm.)	ความแข็งดินเฉลี่ย (Kg/cm ²)
5	7.17
10	11.75
15	14.83
20	15.75
25	20.67
30	38.33
35	46.5
40	50



รูปที่ 3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความลึกของดิน ณ.ระดับต่างๆ กัน กับ ค่าความแข็งของดิน
ของแปลงที่ 1

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลผลการทดสอบการดึงต้นมันสำปะหลังของแปลงทดสอบแปลงที่ 2 ซึ่งดินในพื้นที่ ค่อนข้างอัดแน่นมาก

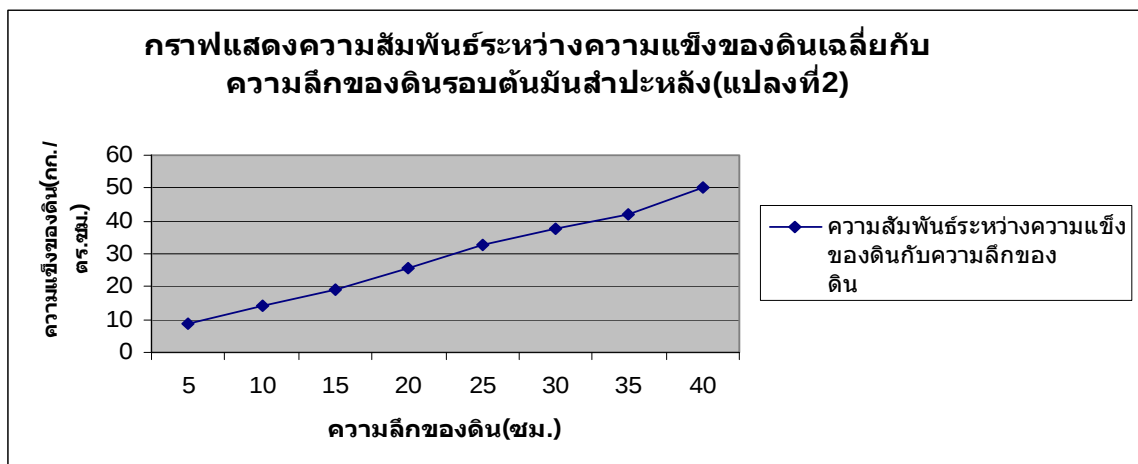
สุ่มตัวอย่าง มันสำปะหลัง ต้นที่	ความสูงของ ต้นมัน สำปะหลัง (ซม.)	เส้นผ่าน ศูนย์กลางลำ ต้นมัน สำปะหลัง (ซม.)	แรงที่ใช้ในการดึงเหง้ามัน สำปะหลังขึ้น (กก.)	ความลึกของ หัวมันสำปะหลัง จากพื้นดิน (ซม.)	จำนวนหัวมัน สำปะหลังต่อ ต้น	น้ำหนักเหง้า มันสำปะหลัง (กก.)	ระยะห่าง ระหว่างต้น (ซม.)	ระยะห่าง ระหว่างแถว (ซม.)
1	118	5	127.5	43	14	4.5	100	105
2	152	3.5	102.5	34	13	2.75	98	126
3	120	4.5	87.5	27	13	7	110	104
เฉลี่ย	130	4.33	105.83	37.67	13.33	4.75	102.67	111.67



รูปที่ 3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดึงเหง้ำมันสำปะหลังขึ้นจากพื้นดิน กับ น้ำหนักของเหง้ำมันสำปะหลัง ของแปลงที่ 2

ตารางที่3.4ข้อมูลผลการทดสอบการวัดความแข็งของดิน ณ.ที่ระดับความลึกของดินต่างๆกัน ของแปลงที่ 2

ความลึกดิน (cm.)	ความแข็งดินเฉลี่ย (Kg/cm ²)
5	8.67
10	14
15	19.33
20	25.67
25	32.67
30	37.67
35	42
40	50



รูปที่ 3.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความลึกของดิน ณ.ระดับต่างๆ กัน กับ ค่าความแข็งของดินของแปลงที่2

ตารางที่ 3.5 แสดงข้อมูลความชื้นของดินในแปลงที่ 1

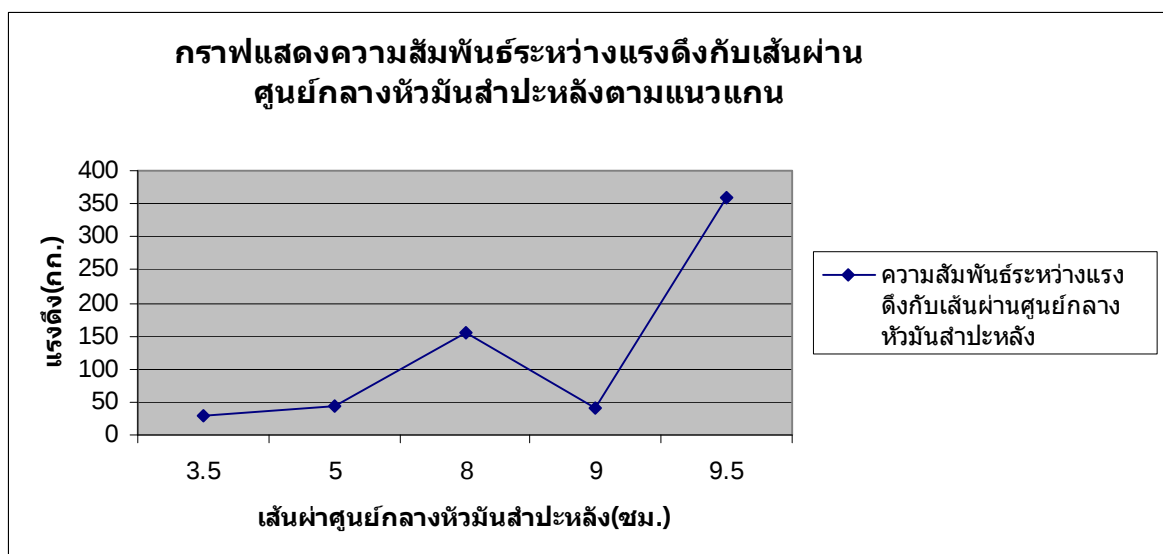
มัน สำปะหลัง ต้นที่	น้ำหนักดินก่อนอบ+ น้ำหนักกระป๋องใส่ดิน (กรัม)	น้ำหนักดินหลังอบ+ น้ำหนักกระป๋องใส่ดิน (กรัม)	น้ำหนักน้ำ (กรัม)	น้ำหนักดินหลังอบ - น้ำหนักกระป๋อง (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความชื้นของดิน ในแปลงมันสำปะหลัง (มาตรฐานแห้ง)	ชนิดดิน
1	228.94	226.32	2.62	149.72	1.75	ดินทราย
2	207.22	205.89	1.33	129.29	1.03	ดินทราย
3	226.95	225.42	1.53	148.82	1.03	ดินทราย
4	201.64	200.95	0.69	124.35	0.55	ดินทราย
5	220.74	219.75	0.99	143.15	0.69	ดินทราย
6	225.47	223.99	1.48	147.39	1.00	ดินทราย
เฉลี่ย	218.5	217.05	1.45	140.45	1.032	ดินทราย

ตารางที่ 3.6 แสดงข้อมูลความชื้นของดินในแปลงที่ 2

มัน สำปะหลัง ต้นที่	น้ำหนักดินก่อนอบ+ น้ำหนักกระป๋องใส่ดิน (กรัม)	น้ำหนักดินหลังอบ+ น้ำหนักกระป๋องใส่ดิน (กรัม)	น้ำหนักน้ำ (กรัม)	น้ำหนักดินหลังอบ - น้ำหนักกระป๋อง (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความชื้นของดิน ในแปลงมันสำปะหลัง (มาตรฐานแห้ง)	ชนิดดิน
1	255.76	255.19	0.57	178.59	0.32	ดินทราย
2	251.18	250.75	0.43	174.15	0.25	ดินทราย
3	234.20	233.99	0.21	157.39	0.13	ดินทราย
เฉลี่ย	247.05	246.64	0.41	170.04	0.24	ดินทราย

ตารางที่ 3.7 ข้อมูลผลการทดสอบหาความแข็งแรงของหัวมันสำปะหลัง โดยใช้แรงดึงตามแนวแกนของหัวมันสำปะหลัง

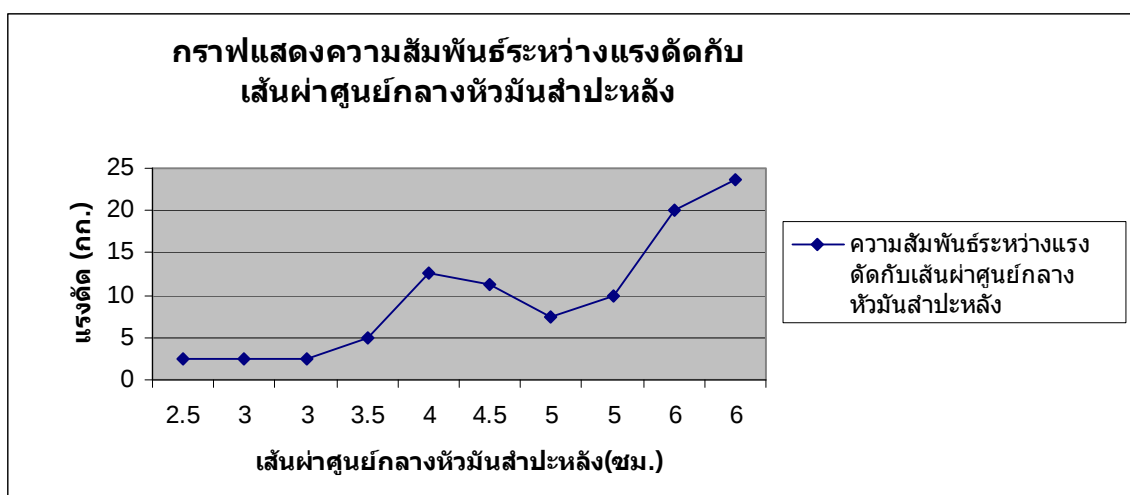
สุ่มหัวมัน สำปะหลังหัวที่	แรงที่ใช้ในการ ดึง (กก.)	เส้นผ่าศูนย์กลาง หัวมันสำปะหลัง (ซม.)	ความยาว หัวมัน สำปะหลัง (ซม.)	น้ำหนักหัวมัน สำปะหลัง (กรัม)	ความเค้น ดึง $P = \frac{F}{A}$ (กก./ซม. ²)
1	30	3.5	26	320	3.12
2	42.5	5	35	480	2.17
3	360	9.5	43	1280	5.08
4	40	9	33	980	0.63
5	155	8	24	580	3.08
เฉลี่ย	125.5	7	32.2	728	3.26



รูปที่ 3.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวมันสำปะหลัง

ตารางที่ 3.8 ข้อมูลผลการทดสอบหาความแข็งแรงของหัวมันสำปะหลัง โดยใช้แรงดัด (Bending force) ตั้งฉากกับแนวแกนของหัวมันสำปะหลัง

ส้อมหัวมัน สำปะหลังหัวที่	แรงดัด (กก.)	เส้นผ่าศูนย์กลาง หัวมันสำปะหลัง (ซม.)	ระยะห่างระหว่าง จุดยึดกับแรงดึง (ซม.)	โมเมนต์แรง ดัด (กก.-ซม.)
1	20	6	8	160
2	23.75	6	6	142.5
3	7.5	5	17	127.5
4	12.5	4	11.5	143.75
5	11.25	4.5	20	225
6	10	5	9	90
7	2.5	3	7.5	18.75
8	5	3.5	9	45
9	2.5	2.5	8.5	21.25
10	2.5	3	12	30
เฉลี่ย	9.75	4.25	10.85	105.79



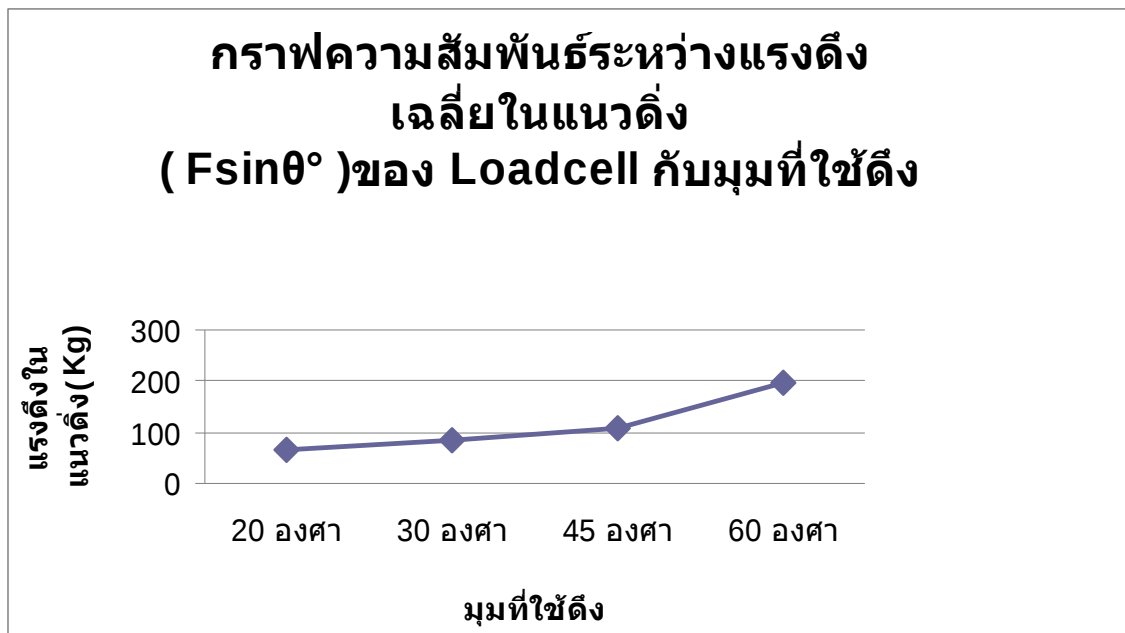
รูปที่ 3.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดัด กับ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวมันสำปะหลัง

ตารางที่ 3.9 ข้อมูลความชื้นของหัวมันสำปะหลังขณะทดสอบ

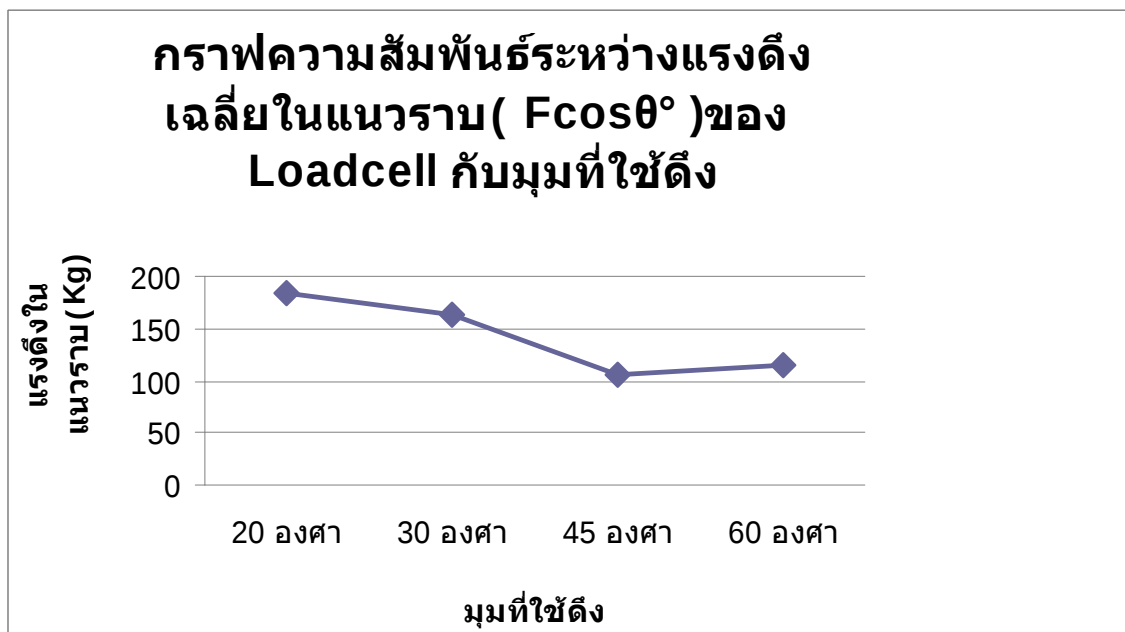
สุ่มตัวอย่างของ หัวมันสำปะหลัง หัวที่	สุ่มตัดหัวมันสำปะหลังตาม ขวางชั้นที่	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความชื้นเปียกของหัวมัน สำปะหลัง(มาตรฐานเปียก)
1	1	10.67	4.10	61.57
	2	15.65	5.98	62.36
2	1	19.43	8.79	54.76
	2	20.60	9.22	55.24
3	1	70.43	25.40	63.94
	2	57.52	20.31	64.69
				เฉลี่ย = 60.43

ตารางที่ 3.10 ข้อมูลการทดสอบหาโมเมนต์ที่เหมาะสมในการดึงเหง้า หรือ ตันมันสำปะหลัง ขึ้นจากพื้นดิน

	โมเมนต์ที่ใช้ในการดึง											
การทดสอบครั้งที่	20 องศา			30 องศา			45 องศา			60 องศา		
	แรงดึงที่ อ่านได้ จาก loadcell(กก.)	ส่วนของ แรง ใน แนวตั้ง (กก.)	ส่วนของ แรงใน แนวนอน (กก.)	แรงดึงที่ อ่านได้ จาก loadcell(กก.)	ส่วนของ แรง ใน แนวตั้ง (กก.)	ส่วนของ แรงใน แนวนอน (กก.)	แรงดึงที่ อ่านได้ จาก loadcell(กก.)	ส่วนของ แรง ใน แนวตั้ง (กก.)	ส่วนของ แรงใน แนวนอน (กก.)	แรงดึงที่ อ่านได้ จาก loadcell(กก.)	ส่วนของ แรง ใน แนวตั้ง (กก.)	ส่วนของ แรงใน แนวนอน (กก.)
1	245	83.80	230.23	85	42.50	73.61	150	106.07	106.07	265	225.17	132.50
2	195	66.70	183.24	290	145	251.15	180	127.28	127.28	160	138.56	80
3	150	51.30	140.95	190	64.98	164.55	120	84.85	84.85	310	268.47	155
เฉลี่ย	196.67	67.26	184.81	188.33	84.16	163.10	150	106.07	106.07	231.25	199.19	115.63



รูปที่ 3.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนของแรงดึงเฉลี่ยในแนวดิ่ง กับ มุมที่ใช้ดึง



รูปที่ 3.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนของแรงดึงเฉลี่ยในแนวนอน กับ มุมที่ใช้ดึง



รูปที่ 3.9 ภาพแสดงขณะกำลังทดสอบหาแรงดึงเห้งไม้ลำปะหลังขึ้นจากพื้นดิน



รูปที่ 3.10 ขณะกำลังซังน้ำหนักเหง้ามันสำปะหลัง



รูปที่ 3.11 ขณะกำลังวัดขนาดเหง้ามันสำปะหลัง



รูปที่ 3.12 ขณะกำลังทดสอบวัดความแข็งของดิน



รูปที่ 3.13 ขณะทดสอบดึงหัวมันสำปะหลังตามแนวแกน



รูปที่ 3.14 ภาพการฉีกขาดของหัวมันสำปะหลังเมื่อถูกดึงตามแนวแกน



รูปที่ 3.15 ขณะทดสอบความต้านทานแรงดัด (Bending force) ของหัวมันสำปะหลัง



รูปที่ 3.16 การออกแบบครีบก้นเหล็กสำหรับใช้ดึงต้นมันสำปะหลัง



รูปที่ 3.17 ขณะทดสอบการดึงต้นมันสำปะหลัง ณ.ที่ มุมต่างๆ

บทที่ 4

การวิจัยและพัฒนาการออกแบบสร้างเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบ ถอนหัวมันขึ้น

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างและการทดสอบ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างเครื่องได้แก่ Drafting Table , Milling Machine , Shaping Machine, Boring Machine, Grinding Machine, Engine Lathe, Drilling Machine, Sawing Machine, Welding Machine, Gas cutting Machine, Shearing Machine, Bending Machine
2. Microcomputer, Scanner, Printer, Digital camera
3. เครื่องวัดความเร็วรอบ
4. ตู้อบความชื้น
5. เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดดิจิตอลและตาชั่งสปริง
6. นาฬิกาจับเวลา
7. เวอร์เนีย

4.2 วิธีวิจัยและวิธีการออกแบบสร้างเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบถอนหัวมันขึ้น

การดำเนินงานโครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบถอนหัวมันขึ้น ผู้ดำเนินงานวิจัยใช้ **วิธีวิจัยประยุกต์ (Applied Research)** ซึ่งเป็นวิธีการที่จะทำให้การพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบได้รวดเร็วและบรรลุวัตถุประสงค์โดยเร็วที่สุด เนื่องจากการออกแบบสร้างเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบถอนหัวมันขึ้นนั้น ก่อนที่จะออกแบบจำเป็นต้องทราบข้อมูลพื้นฐานปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการดึงเหง้ามันสำปะหลังขึ้นจากดิน เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการออกแบบเครื่อง โดยปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ แรงที่ใช้ในการดึงเหง้ามันสำปะหลังขึ้นจากดินที่สัมพันธ์กับขนาดของเหง้ามันสำปะหลัง , ความชื้นและความแข็งของดิน ; ความแข็งแรงของหัวมันสำปะหลังที่ทนต่อการฉีกขาดต่อแรงที่มากกระทำ; และมุมที่ใช้ในการดึงเหง้ามันสำปะหลังขึ้น ซึ่งรายละเอียด และผลของการการศึกษาได้กล่าวไว้ใน บทที่ 3 เรียบร้อยแล้ว จึงนำปัจจัยต่างๆ ที่ได้ทำการศึกษา มาประกอบการออกแบบตัวเครื่อง ซึ่งเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบถอนหัวมันขึ้นนี้มีหลักการออกแบบ(Main Idea Concept) ดังต่อไปนี้

1. ตามแนวความคิดได้กำหนดฟังก์ชันการทำงานของเครื่องใช้วิธีการดึงต้นมันสำปะหลังขึ้นมาจากพื้นดิน เหตุที่กำหนดฟังก์ชันการทำงานของเครื่องแบบนี้เพราะเหตุว่า เมื่อต้นมันสำปะหลังถูกดึงขึ้นมานั้น ต้นมันสำปะหลังพร้อมรากหรือหัวมันสำปะหลังจะติดขึ้นมาด้วย หลังจากนั้นเราสามารถที่จะจัดการกับต้นพร้อมหัวมันสำปะหลังได้อย่างง่าย อาจจะไปผ่านขั้นตอนการใช้แปรงปัดทำความสะอาดให้ปราศจากดินที่ติดหัวขึ้นมา หรือ นำไปผ่านชุดตัดเหง้า แล้วลำเลียงใส่รถบรรทุก หรือ ภาชนะรองรับได้โดยสะดวก

2. เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้องติดไว้ข้างหลังรถแทรกเตอร์ โดยใช้จุดยึดแบบ 3 จุดข้างหลังรถแทรกเตอร์ เพื่อที่จะได้ใช้ประโยชน์ของ Draft control ควบคุมความลึกในการขุดได้ ช่วยให้ Traction ที่เกิดกับล้อหลังดี ทำให้ล้อหลังไม่ Slip ง่าย

3. จากการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการดึงหัวมันสำปะหลังขึ้นจากดิน ใน บทที่ 3 นั้นทำให้ทราบถึงข้อจำกัดบางอย่างของการออกแบบเครื่องนี้ เช่น ครีบลูกที่ออกแบบใช้ดึงต้นมันสำปะหลังนั้นให้แรงดึงตามแนวตั้งเพียง 106 กก. ในขณะที่ผลการทดสอบการดึงต้นมันสำปะหลังจากแปลงเกษตรกรใช้แรงดึงสูงสุดถึง 130 กก. ดังนั้นจึงจำเป็นต้องออกแบบอุปกรณ์การแซะดินเพิ่มขึ้นมา เพื่อให้ดินที่ยึดหัวมันสำปะหลังแตกออก เพื่อลดแรงดินที่จับหัวมันสำปะหลังไว้ และ เพื่อไม่ให้ หัวมันขาดในดินด้วย

4. เมื่อกำหนด Main Idea Concept แล้ว จึงได้ดำเนินการออกแบบสร้างเครื่อง

4.3 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของเครื่องต้นแบบเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบถอนหัวมันขึ้น

เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังนี้ใช้หลักการการดึงต้นมันสำปะหลังขึ้นมาพร้อมรากหรือหัวมันสำปะหลัง เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังนี้ต้องใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาด ประมาณตั้งแต่ 60 แรงม้า ขึ้นไป โดยมีส่วนประกอบหลัก ๆ ดังต่อไปนี้

1. โครงสร้างเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ซึ่งใช้การต่อดึงกับรถแทรกเตอร์แบบจุดยึด 3 จุด (Three point hitch) การยกหัวขุดขึ้นลงควบคุมโดยไฮดรอลิกส์ของรถแทรกเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.1-4.2

2. หัวแซะดินมีหน้ากว้างการขุดแซะดินเท่ากับ 80 ซม. หัวแซะดินถูกออกแบบให้ติดตั้งอยู่บนแขน 4 คู่ (ข้างละ 2 คู่) วัตถุประสงค์ เพื่อต้องการให้หัวแซะดินมีการขยับตัวได้ในขณะทำการแซะดินเพื่อให้ดินมีการแตกตัวมากยิ่งขึ้น และเพื่อสำหรับทดลองติดชุดน้ำหนักเยื้องศูนย์เพื่อเวลาหมุนจะก่อให้เกิดหัวแซะดินมีการสั่นสะเทือนได้บนแขนนี้ โดยใช้หลักการของหัวแซะดินนี้ จะแซะดินที่ระดับความลึกกว่าหัวมันสำปะหลังโดยจะแซะในระดับความลึก 40-50 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 4.3 – 4.4

3. ชุดโซ่ลำเลียงที่ใช้สำหรับดึงต้นมันสำปะหลัง เป็นโซ่ แบบ Double pitch chain no. 80 ชนิด Roller ใหญ่ หรือเบอร์ที่เรียกทางการค้า คือ 2080 H ใช้จำนวน 2 เส้นแล้วนำมาติดครีบลูกสำหรับดึงต้นมันสำปะหลัง ดังรูปที่ 4.5 – 4.6 โซ่ลำเลียงนี้ยาว 2.5 เมตร ได้รับกำลังขับจาก PTO ของรถแทรกเตอร์ขับผ่านเฟืองทดกำลัง และเกียร์ทดกำลังชนิด Bevel gear มีอัตราทด 10 : 1 ซึ่งจะมีอัตราทดรวมจากเพลลา PTO มาที่เพลลาขับโซ่ลำเลียง มีค่าเท่ากับ 3.77 : 1 ซึ่งจะให้ความเร็วเชิงเส้นของโซ่ลำเลียงเท่ากับ 0.58 เมตร / วินาที ดังแสดงในรูปที่ 4.7 – 4.8

4.4 วิธีการทดสอบเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ต้นแบบ

การทดสอบประสิทธิภาพการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ต้นแบบ ได้กำหนดให้มีการทดสอบ 2 วิธีการคือ การทดสอบหาการสูญเสียหัวมันสำปะหลังระหว่างทำงาน เก็บเกี่ยว และการทดสอบหาอัตราการทำงานเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ซึ่งได้ทำการทดสอบในแปลงทดสอบที่เตรียมไว้ซึ่งมีอายุการเก็บเกี่ยวเพียง 5 เดือน ซึ่งแปลงทดสอบจะมี ขนาดความกว้างของแถวมันสำปะหลัง 1.10 เมตร ยาว 72 เมตร

4.4.1 วิธีการทดสอบหาการสูญเสียหัวมันสำปะหลังระหว่างทำงานเก็บเกี่ยว

1. กำหนดบริเวณพื้นที่ที่จะทดสอบหาการสูญเสียโดยให้อยู่บริเวณ ตรงกลาง ของความยาวร่องปลูก ปักหลักกำหนดพื้นที่ที่จะทดสอบในความยาวทดสอบ 10 เมตร
2. กำหนดให้ตั้งความเร็วรอบของเครื่องยนต์ของรถแทรกเตอร์เท่ากับ 1100 รอบต่อนาที
3. จับเวลาของรถแทรกเตอร์ที่กำลังทำงานชุดผ่านพื้นที่ที่ทดสอบในความยาว 10 เมตร
4. เก็บกอมันสำปะหลังที่ดิ่งขึ้นไม่ได้ ตลอดความยาวของร่องปลูก เสร็จแล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนัก กอมันสำปะหลัง และน้ำหนักหัวมันสำปะหลังเมื่อตัดเหง้าออกแล้ว
5. เก็บหัวมันสำปะหลังที่หักขาดอยู่ในดิน ตลอดความยาวของร่องปลูก เสร็จแล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนัก
6. เก็บกอมันสำปะหลังที่ดิ่งขึ้นมาได้ ทำความสะอาดแยกดินที่ติดมาเสร็จแล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนัก กอมันสำปะหลัง และน้ำหนักหัวมันสำปะหลังเมื่อตัดเหง้าออกแล้ว
7. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดิ่งขึ้นไม่ได้ และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียหัวมันสำปะหลังที่หักขาดในดิน
8. ทำการทดสอบซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง

4.4.2 วิธีการทดสอบหาอัตราการทำงานเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลัง

1. ทดสอบเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในแปลงปลูกมันสำปะหลัง ขนาดของแปลงปลูกมีระยะห่างระหว่างร่องขนาด กว้าง x ยาว เท่ากับ 1.20 เมตร x 50 เมตร
2. ตั้งความเร็วรอบของเครื่องยนต์ของรถแทรกเตอร์เท่ากับ 1100 รอบต่อนาที จับเวลาทั้งหมดในการทำงานเก็บเกี่ยวตลอดร่องจนเสร็จ
3. จับเวลาที่รถแทรกเตอร์เคลื่อนผ่านในความยาว 10 เมตร เพื่อกำหนดหาความเร็วในการทำงานเก็บเกี่ยว

4. จับเวลาที่เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังได้ต่อร่องปลูก ทำซ้ำเป็นจำนวน 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย แล้วคำนวณเป็นอัตราการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต่อไร่

5. วัดอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของรถแทรกเตอร์แล้วคำนวณเป็นอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นลิตร / ไร่

4.4.3 สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

1. สูตรการคำนวณหาความเร็วของรถแทรกเตอร์

$$\text{ความเร็วรถแทรกเตอร์ (เมตร/วินาที)} = \frac{\text{ระยะทาง 10 เมตร}}{\text{เวลาที่จับได้ในระยะทาง 10 เมตร (วินาที)}}$$

2. สูตรการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดิ่งขึ้นไม่ได้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การดิ่งขึ้นไม่ได้} = \frac{\text{น้ำหนักหัวมันที่ดิ่งขึ้นไม่ได้} \times 100 \%}{\text{น้ำหนักหัวมันที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมด}}$$

3. สูตรการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของหัวมันสำปะหลังหักขาดในดิน

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียมันในดิน} = \frac{\text{น้ำหนักหัวมันที่หักขาดในดิน} \times 100 \%}{\text{น้ำหนักหัวมันที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมด}}$$

$$\text{4. อัตราการทำงานเก็บเกี่ยว (ไร่ / ชม.)} = \frac{\text{ขนาดพื้นที่ทดสอบที่ใช้ในการเก็บเกี่ยว (กว้าง x ยาว) ตารางเมตร}}{1600 \times \text{จำนวนเวลาที่ใช้ทั้งหมด (ชม.)}}$$

4.5 วิธีการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ หาค่าใช้จ่ายทั้งหมด ของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ต้นแบบ

การคำนวณ ณ. ที่นี้ ใช้สมมุติฐานที่ว่า รถแทรกเตอร์ที่นำมาพ่วงลากเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง เป็นของเกษตรกรเอง ดังนั้นจึงต้องมีค่าใช้จ่ายคงที่ และค่าใช้จ่ายผันแปรบวกรวมเข้ากับค่าใช้จ่ายคงที่ และค่าใช้จ่ายผันแปรของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังด้วยด้วย

1. การคำนวณค่าเสื่อมราคาของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$DP = \frac{(P - S)}{L}$$

เมื่อ DP = ค่าเสื่อมราคา (บาท/ปี)

P = ราคาซื้อของเครื่อง (บาท)

S = ราคาขายหรือค่าคงเหลือเมื่อเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังหมดอายุ (บาท)

L = อายุการปฏิบัติงานของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง (ปี)

2. การคำนวณดอกเบี้ยของการลงทุนซื้อเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$I = [i (P + s) / 2]$$

เมื่อ	I	=	ค่าดอกเบี้ยคงที่ต่อปี (บาท)
	i	=	อัตราดอกเบี้ย (ทศนิยม)
	P	=	ราคาซื้อของเครื่อง (บาท)
	s	=	ราคาขายหรือค่าคงเหลือเมื่อเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังหมดอายุ (บาท)

3. การคำนวณค่าใช้จ่ายคงที่ต่อปี (Total annual fixed cost) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$AFC = DP + I$$

เมื่อ	AFC	=	ค่าใช้จ่ายคงที่ต่อปี (บาท)
	DP	=	ค่าเสื่อมราคา (บาท/ปี)
	I	=	ค่าดอกเบี้ยคงที่ต่อปี (บาท)

4. การคำนวณค่าใช้จ่ายผันแปรของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต่อปี (Total annual operating cost) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$AOC = RM + F$$

เมื่อ	AOC	=	ค่าใช้จ่ายผันแปรของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต่อปี (บาท)
	RM	=	ค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง
	F	=	ค่าแรงงานควบคุมเครื่อง (บาท/ปี)

5. การคำนวณค่าใช้จ่ายในการทำงานทั้งหมดของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต่อปี สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$TAC = AFC + AOC + \text{ค่าใช้จ่ายคงที่ของรถแทรกเตอร์} + \text{ค่าใช้จ่ายผันแปรของรถแทรกเตอร์}$$

เมื่อ	TAC	=	ค่าใช้จ่ายในการทำงานทั้งหมดของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต่อปี (บาท)
	AFC	=	ค่าใช้จ่ายคงที่ของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต่อปี (บาท)
	AOC	=	ค่าใช้จ่ายผันแปรของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต่อปี (บาท)

6. การคิดค่าใช้จ่ายทั้งหมดและระยะเวลาการคืนทุนของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

- ค่าใช้จ่ายคงที่ทั้งหมด คือค่าผลรวมของค่าเสื่อมราคาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังและค่าดอกเบี้ยของการลงทุนซื้อเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง รวมกับค่าใช้จ่ายคงที่ของรถแทรกเตอร์ที่ใช้ลากเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง
- ค่าใช้จ่ายผันแปรทั้งหมด คือค่าผลรวมของค่าซ่อมแซม ค่าบำรุงรักษา ค่าแรงงานควบคุมเครื่องเก็บเกี่ยวรวมกับค่าใช้จ่ายผันแปรของรถแทรกเตอร์ที่ใช้ลากเครื่องเก็บเกี่ยว
- ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด คือผลรวมของค่าใช้จ่ายคงที่ทั้งหมดกับค่าใช้จ่ายผันแปรทั้งหมด

4.6 ผลการทดสอบและวิจารณ์ (Results & Discussions)

ผลการดำเนินการวิจัยและพัฒนาออกแบบสร้างเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบถอนหัวมันขึ้นเป็นแบบติดข้างหลังของรถแทรกเตอร์ โดยสามารถเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังได้ครั้งละแถว คาดว่าเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบนี้ สามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้ ชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบสามารถผลิตขึ้นได้เองภายในประเทศได้ทั้งหมด ซึ่งหลักการทำงานของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบ มีหลักการทำงานดังนี้ ตัวเครื่องประกอบด้วย ชุดดึงต้นมันสำปะหลังขึ้นจากพื้นดิน ชุดดึงนี้ประกอบด้วย โซ่ลำเลียงเบอร์ 2080 H จำนวน 2 เส้น แล้วนำครีบลูกที่ออกแบบไว้มาติดกับโซ่ลำเลียงข้อเว้นข้อ ดังแสดงในรูปที่ 4.5 – 4.6 โซ่ลำเลียงนี้จะมีความเร็วเชิงเส้นเท่ากับ 0.58 เมตร / วินาที โซ่ลำเลียงนี้มีความยาว 2.50 เมตร วางท่ามุม 45 องศากับแนวระดับ เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบมีน้ำหนักประมาณ 400 กก.ต้องใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาด 60 แรงม้าขึ้นไป การต่อพ่วงเข้ากับรถแทรกเตอร์ใช้การต่อพ่วงแบบจุดยึดสามจุด (Three point Hitch) สามารถเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังได้ครั้งละแถว เหมาะสมกับแปลงปลูกมันสำปะหลังซึ่งมีระยะห่างระหว่าง แถวปลูก 1.20 -1.50 เมตร ระหว่างการเก็บเกี่ยวรถแทรกเตอร์ต้องวิ่งคร่อมแถวมันสำปะหลัง จึงจำเป็นต้องทำการตัดต้นมันสำปะหลังให้มีความยาวเหนือพื้นดินประมาณ 25-30 ซม. ก่อนการเก็บเกี่ยว เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบนี้ นอกจากมีอุปกรณ์หลักคือชุดดึงต้นมันสำปะหลังแล้ว ยังต้องมีอุปกรณ์หลักอีกชุดหนึ่งคือ หัวแฉะดินซึ่งทำหน้าที่ทำให้ดินที่จับกับหัวมันสำปะหลังแตกออกเพื่อลดแรงยึดเกาะระหว่างดินกับหัวมันสำปะหลัง เพื่อให้ลดแรงในการดึงต้นมันสำปะหลังขึ้นมาจากพื้นดิน และ ลดการฉีกขาดของหัวมันสำปะหลังในดิน ขณะดึงต้นขึ้นมา หัวแฉะดินนี้มีหน้ากว้างการขุดแฉะดินเท่ากับ 80 ซม. จะแฉะดินที่ระดับความลึกที่ลึกกว่าหัวมันสำปะหลังโดยจะแฉะในระดับความลึก 40-50 ซม. เมื่อต้นมันสำปะหลังถูกดึงขึ้นมาแล้ว ต้นมันสำปะหลังจะถูกลำเลียงขึ้นไปสูงประมาณ 2 เมตร แล้วต้นมันสำปะหลังจะถูกปล่อยให้ตกลงสู่เครื่องมือลำเลียงเพื่อลำเลียงต้นมันสำปะหลังออกไป ซึ่งจะมี 3 แนวทางด้วยกัน คือ ลำเลียงลงสู่รถบรรทุกที่วิ่งขนานข้างไประหว่างทำงานเก็บเกี่ยว หรือ อาจปล่อยให้ลงกระบะรองรับต้นมันสำปะหลังที่ติดตั้งไว้ท้ายเครื่อง หรืออาจปล่อยให้ลงไถ่ไปวางไว้บนพื้นดินให้พ้นจากแนวที่จะเก็บเกี่ยวในเที่ยวต่อไป ซึ่งผลการดำเนินงานตลอดโครงการและผลการทดสอบสามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

4.6.1 ผลการทดสอบหาแรงในการดึงสูงสุดของชุดดึงต้นมันสำปะหลัง

เมื่อได้ดำเนินการสร้างเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเสร็จเรียบร้อยแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 4.1-4.2 จึงได้ทำการทดสอบความสามารถในการออกดึงสูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ของชุดดึงต้นมันสำปะหลัง เพื่อที่จะได้ทราบขอบเขตความสามารถของชุดดึงต้นที่ได้สร้างขึ้น ผลปรากฏว่า ชุดดึงต้นมันสำปะหลังมีความสามารถออกแรงดึงได้สูงสุด 110 กก. ดังแสดงในรูปที่ 4.9 – 4.10 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการทดสอบการออกแรงดึงของครีبدึงต้น ที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 รูปที่ 4.11 – 4.12 เป็นการจำลองสถานการณ์ สมมุติว่าชุดดึงต้น ดึงต้นมันสำปะหลังขึ้นมาแล้วลำเลียงไปปล่อยออกทางข้างหลังเครื่อง ชุดดึงต้นมันสำปะหลังนี้

จะมีความเร็วในการลำเลียงเท่ากับ 0.58 เมตร / วินาที ซึ่งผลการทดสอบชุดติดตั้งมันสำปะหลังนี้ สามารถทำงานได้ดี ตามฟังก์ชันการทำงานที่กำหนด สามารถนำไปทดสอบการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ในแปลงทดสอบได้

4.6.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบได้ลงทดสอบในแปลงทดสอบปลูกมันสำปะหลังซึ่งมีอายุยังไม่ครบอายุเก็บเกี่ยว โดยอายุได้ประมาณ 5 เดือน ได้ทดสอบเก็บเกี่ยวเป็นจำนวน 3 ร่อง แต่ละร่องมีขนาด กว้าง x ยาว = 110 เมตร x 72 เมตร โดยมีระยะห่างระหว่างต้นมันสำปะหลังเฉลี่ย 50 ซม. เมื่อทำการเก็บเกี่ยวแต่ละร่องเสร็จ จะบันทึกเวลาของการเก็บเกี่ยวแต่ละร่อง เก็บกอมันสำปะหลังที่ดึงขึ้นมาได้ เก็บกอมันสำปะหลังที่ดึงขึ้นไม่ได้ และเก็บหัวมันสำปะหลังที่อาจหักขาดในดิน คำนวณหาอัตราการการทำงานเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังของแต่ละร่อง ซึ่งในขณะทดสอบนั้นดินในแปลงมีความชื้นเฉลี่ย 16 % มาตรฐานแห่ง ตารางที่ 4.1 เป็นข้อมูลผลการทดสอบหาเปอร์เซ็นต์การดึงไม่ขึ้น เปอร์เซ็นต์ที่หักขาดในดิน และอัตราการการทำงานเก็บเกี่ยว ผลการทดสอบปรากฏว่า เปอร์เซ็นต์การดึงต้นมันสำปะหลังไม่ขึ้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.67 % ซึ่งอาจค่อนข้างสูง สาเหตุเพราะว่า มันสำปะหลังอายุค่อนข้างน้อยเพียง 5 เดือน ขนาดลำต้นค่อนข้างเล็ก ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางโดยเฉลี่ย 1-2 ซม. เท่านั้น และการตัดต้นมันสำปะหลังคนตัด ตัดต้นมันสำปะหลังค่อนข้างสั้นซึ่งมีความยาวเฉลี่ยเพียง 13 – 15 ซม. เนื้อพื้นดิน จึงทำให้การดึงของครีبدึงต้นพลาด ถ้าหากขนาดลำต้นยังมีขนาดใหญ่ และการตัดต้นมันสำปะหลังให้มีความยาวมากกว่านี้ ครีبدึงต้นจะดึงดีไม่พลาด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องดูผลการทดสอบอีกครั้งหนึ่งเมื่อต้นมันสำปะหลังครบอายุการเก็บเกี่ยว เปอร์เซ็นต์ที่หัวมันสำปะหลังหักขาดในดินมีน้อยมาก เฉลี่ย 0.88 % แต่อาจเป็นเพราะ หัวมันสำปะหลังยังเล็กอยู่มีแรงยึดเกาะกับดินยังไม่มาก จึงทำให้มีหัวขาดน้อย การทำงานโดยทั่วไปขณะเก็บเกี่ยวติดตั้งมันสำปะหลังขึ้นมาอยู่ในเกณฑ์ดีสามารถทำงานได้ต่อเนื่องโดยตลอด ไม่มีปัญหาการติดขัดแต่อย่างใด แต่อาจมีปัญหาถ้าหากในแปลงมีหินก้อนใหญ่ๆและอยู่ในแนวทางที่ไ้ติดตั้งเคลื่อนที่ผ่าน ไ้ติดตั้งอาจหนีบเอาหินเข้าไปด้วยซึ่งอาจทำให้ครีبدึงต้นเสียหายได้ เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบมี อัตราการทำงานเก็บเกี่ยวโดยเฉลี่ย 0.49 ไร่ / ชม. และมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถแทรกเตอร์โดยเฉลี่ย 6.50 ลิตร / ไร่ เมื่อเปรียบเทียบอัตราการเก็บเกี่ยวกับเครื่องขุดมันสำปะหลัง แล้ว ปรากฏว่า อัตราการเก็บเกี่ยวช้ากว่าเครื่องขุดมันสำปะหลัง ซึ่งเครื่องขุดมันสำปะหลังจะมีอัตราการขุดมันสำปะหลังขึ้นมาบนพื้นดินได้ประมาณ 2 ไร่ / ชม. (เฉพาะขุดกอมันสำปะหลังขึ้นมาอย่างเดียว ยังไม่รวมการตัดหัวมันออกจากเหง้าและขนหัวมันขึ้นรถบรรทุก)

ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบดังแสดงในตารางที่ 4.2 ได้ประเมินราคาเครื่องเก็บเกี่ยวไว้ที่ 100,000 บาท เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังมีความสามารถทำงานเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเฉลี่ย 0.49 ไร่ / ชม. หรือ 4.9 ไร่ / วัน (คิดการทำงานเฉลี่ยวันละ 10 ชั่วโมง) เครื่องมี

การใช้งานเพียง 8 เดือน / ปี รถแทรกเตอร์ที่ใช้ลากเครื่องเก็บเกี่ยวมีค่าใช้จ่ายคงที่เท่ากับ 20 บาท / ช.ม. และค่าใช้จ่ายผันแปรเท่ากับ 135 บาท/ช.ม. ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการทำงานเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบ เท่ากับ 417.48 บาท / ไร่ ถ้าหากเปรียบเทียบกับเครื่องขุดมันสำปะหลังที่ติดท้ายรถแทรกเตอร์จะคิดเป็นค่าจ้างเหมาขุดไร่ละ 300 บาท / ไร่ ซึ่งจะถูกกว่าเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบที่สร้างขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบที่สร้างขึ้นมา มีการจัดการกับกอมมันสำปะหลังที่ดึงขึ้นมาได้ ดีกว่าเครื่องขุดมันสำปะหลังที่ใช้งานโดยทั่วไป เพราะเครื่องขุดมันสำปะหลังเหล่านี้จะเพียงแต่ขุดกอมมันสำปะหลังให้ขึ้นมาบนพื้นดินเท่านั้น และกอมบางส่วนก็ยังถูกดินกลบทับ และคนงานจำเป็นต้องยกกอมมันสำปะหลังให้หนีหลบรถแทรกเตอร์ที่จะวิ่งขุดในเที่ยวต่อไป ซึ่งปัญหาต่างๆ เหล่านี้ เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบสามารถแก้ไขปัญหานั้นได้หมด ดังนั้น ถึงแม้ว่าค่าใช้จ่าย บาท / ไร่ จะแพงกว่า แต่คุณภาพของการจัดการกับกอมมันสำปะหลังที่ดีกว่า เกษตรกรก็จะยอมรับได้

4.7 สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ(Conclusions & Recommendations)

ได้ทำการวิจัยและพัฒนาออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบถอนหัวมันขึ้นจนเป็นผลสำเร็จ สามารถใช้งานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ แต่อาจมีจุดจากเกณฑ์ที่ตั้งเป้าหมายไว้ บางเรื่องอัตราการทำงานเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังซึ่ง สามารถทำงานได้ดีกว่าวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ การทำงานของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบสามารถทำงานได้ดีพอสมควรปัญหาหรือข้อติดขัดต่างๆ ก็ได้ดำเนินการแก้ไขปรับปรุงจนหมดแล้ว ซึ่งสามารถสรุปผลการทดสอบและข้อคิดเห็นเสนอแนะมีดังต่อไปนี้

1. เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบ มีหลักการทำงานดังนี้ ตัวเครื่องประกอบด้วย โซลาล้างซึ่ง ติดครีบลำเลียงสำหรับดึงต้นมันสำปะหลังขึ้นมา แล้วลำเลียงต้นหรือกอมมันสำปะหลังขึ้นไปเหนือพื้นดินประมาณ 2 เมตร เสร็จแล้วจะปล่อยต้นหรือกอมมันสำปะหลังลงบนชุดลำเลียง ซึ่งแนวทางการจัดการกับกอมมันสำปะหลังมีอยู่ 2 แนวทางด้วยกันคือ ชุดลำเลียงจะลำเลียงกอมมันลงสู่รถบรรทุกที่จะวิ่งขนานข้างกับเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง หรือชุดลำเลียงจะลำเลียงกอมมันสำปะหลังให้วางลงบนพื้นดินข้างๆ แถวมันสำปะหลังที่กำลังขุดซึ่งจะวางให้พ้นแนวการวิ่งของรถแทรกเตอร์ที่จะวิ่งเก็บเกี่ยวในเที่ยวต่อไป นอกจากนี้ตัวเครื่องยังประกอบด้วยหัวแฉะดิน มีหน้ากว้างของการแฉะดิน 80 ซม. ซึ่งจะทำหน้าที่แฉะดินทำให้ดินแตกออกจากหัวมันสำปะหลัง เพื่อลดแรงดินที่จับหัวมันสำปะหลัง ซึ่งจะช่วยให้ลดแรงดึงขึ้นของครีบลำเลียง และลดการฉีกขาดของหัวมันสำปะหลัง เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาด 60 แรงม้าขึ้นไป การต่อพ่วงเข้ากับรถแทรกเตอร์ใช้การต่อพ่วงแบบจุดยึดสามจุด (Three point Hitch)

2. ความเร็วในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ที่เหมาะสม ประมาณ 0.15 – 0.2 เมตร / วินาที เพราะถ้าหากเร็วมากกว่านี้ จะทำให้การดึงต้นมันสำปะหลังดึงไม่ทัน ทำให้การดึงต้นมันสำปะหลังพลาด

3. ความเร็วของโซ่ดึงต้นมันสำปะหลัง มีความเร็วที่เหมาะสมประมาณ 0.58 เมตร / วินาที ซึ่งถ้าหากมีความเร็วต่ำกว่านี้อาจทำให้การดึงต้นมันสำปะหลังพลาดมาก แต่ถ้าหากมีความเร็วสูงเกินไปมากๆ จะ

ทำให้ การดึงต้นมันสำปะหลังรวดเร็วเกินไปจะเป็นการดึงแบบกระชากอาจทำให้มีหัวมันสำปะหลังหักขาดในดินสูง

4. เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบมีความสามารถในการเก็บเกี่ยวดึงหัวมันสำปะหลังขึ้นจากพื้นดิน 0.49 ไร่ / ชม. มีเปอร์เซ็นต์การดึงพลาดเฉลี่ย 12.67 % และมีเปอร์เซ็นต์ที่หัวมันสำปะหลังหักขาดในดิน เฉลี่ย 0.88 %

5. เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบได้ประเมินราคาไว้ที่ 100,000 บาท มีค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการทำงานเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเท่ากับ 417.48 บาท / ไร่

6. การใช้งานเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้องใช้แรงงานคนประมาณ 2 คน โดยคนหนึ่งเป็นคนขับรถแทรกเตอร์ อีก คนหนึ่งเป็นคนคอยให้สัญญาณเตือนคนขับรถแทรกเตอร์ ในการบังคับรถแทรกเตอร์ เพื่อควบคุมให้เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังสามารถทำงานได้ตามทางที่เครื่องเก็บเกี่ยวเคลื่อนที่ไปโดยเฉพาะตามทางที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เช่น แกว่งปลูกไม่ตรง การขึ้นเนินลงเนิน หรือมีสิ่งกีดขวางทางต่างๆ

7. เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบยังมีความสามารถในการทำงานเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังช้ากว่าเครื่องขุดมันสำปะหลังที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน แต่การจัดการกับท่อนมันสำปะหลังที่นำขึ้นมาจากพื้นดิน เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบสามารถทำได้ดีกว่า ไม่จำเป็นต้องใช้คนงานยกท่อนมันสำปะหลังหลบการวิ่งของรถแทรกเตอร์ในเที่ยวต่อไป และไม่มีท่อนมันสำปะหลังจมดิน ทำให้สะดวกต่อการตัดเหง้ามันสำปะหลังออก ถึงแม้ว่าเครื่องขุดมันสำปะหลังจะทำการขุดได้รวดเร็วมีความสามารถในการขุดได้ถึง 2 ไร่ / ชม. แต่การขุดเป็นเพียงหนึ่งใน ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเท่านั้น โดยขั้นตอนการเก็บเกี่ยวเริ่มตั้งแต่การใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังขึ้นมา , การยกท่อนมันสำปะหลังให้พ้นจากแนวการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ที่จะขุดแนวใหม่ , การตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า , และการลำเลียงหัวมันสำปะหลังลงรถบรรทุก โดยรวมทุกขั้นตอนแล้วจะมีความสามารถในการเก็บเกี่ยวประมาณ 2 ไร่ / วัน ดังนั้น ถึงแม้ว่าเครื่องขุดมันสำปะหลังจะทำงานได้รวดเร็วเท่าใด ก็ยังไม่ทำให้การเก็บเกี่ยวจนกระทั่งได้หัวมันสำปะหลังลงอยู่ในรถบรรทุกพร้อมที่จะส่งโรงงานเร็วขึ้นได้ แต่ในทางกลับกันถ้าหากขุดหัวมันสำปะหลังขึ้นมาบนพื้นดินแล้วยังถูกทิ้งไว้บนพื้นดินอยู่นานๆ หรือข้ามวันข้ามคืน ทำให้หัวมันสำปะหลังสัมผัสกับอากาศซึ่งจะทำให้หัวมันสำปะหลังเสื่อมสภาพโดยรวดเร็ว

4.8 เอกสารอ้างอิง

1. <http://www.moc.go.th/opscenter/cb/tapioca1.htm> วันที่ 24 สิงหาคม 2551
2. <http://www.doae.go.th/library/html/detail/cassava/cass4.htm> วันที่ 24 สิงหาคม 2551
3. <http://khonkaen.doae.go.th/data/yuttasat.html#mun> วันที่ 24 สิงหาคม 2551
- 4., <http://www.clinictech.most.go.th>, วันที่ 3 ตุลาคม 2546
5. www.bangchak.co.th/th/energyDetail.asp?id=19 วันที่ 24 สิงหาคม 2551
6. 210.246.186.28/fieldcrops/cas/mac/m002.html วันที่ 24 สิงหาคม 2551
7. <http://www.doae.go.th/Aedweb/potdigw.htm>
8. สุรวุฑ กฤษณะเศรณี . 2539. เครื่องจักรกลสำหรับการผลิตถั่วลิสง. น. 1 – 7 . เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาเรื่อง การแก้ปัญหาอะพลาที่อกขึ้นในถั่วลิสง. 9 – 13 กันยายน 2539 . โรงแรมเวลคัม จอมเทียนปทุมชลบุรี.
9. สุรวุฑ กฤษณะเศรณี. 2528. เครื่องชุดถั่วลิสง, น. 62 – 64 . กองเกษตรวิศวกรรม. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ , กรุงเทพฯ .
10. Alcock, R. 1986. Tractors – Implement Systems. Agricultural Engineering Department, South Dakota State University . The AVI Publishing Company, Inc., America. 161 P.
11. Mckyes, E. 1985. Soil Cutting and Tillage. Elsevier Science Publishers B.V., Netherland. 216 p.
12. จารุวัฒน์ มงคลธนรรต และ อนุชิต จำสิงห์ . 2550 . เครื่องชุดมันสำปะหลัง. น. 89 – 102 . น.ส.พ. กสิกร. ปีที่ 80 ฉบับที่ 5 กันยายน-ตุลาคม , ISSN 0125-3697.
13. ประสาท แสงพันธุ์ตา . 2548. การออกแบบและพัฒนาเครื่องชุดและรวบรวมหัวมันสำปะหลัง . วิทยานิพนธ์บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 120 น.
14. ธีรวิทย์ เกียรติวัฒน์, สุกรี นันตะสุนันท์ และ อนันต์ บัณดาลังค์. 2536. การวิจัยและพัฒนาเครื่องชุดมันสำปะหลัง. กองเกษตรวิศวกรรม, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
15. ธีรวิทย์ เกียรติวัฒน์, ปราโมทย์ คำเมือง, ศักดา อินทวิชัย และ วีระ ศรีกระจ่าง. 2540. โครงการทดสอบสมรรถนะเครื่องชุดมันสำปะหลังที่ผลิตภายในประเทศ. กองเกษตรวิศวกรรม, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
16. ศักดา อินทวิชัย และ ธีรวิทย์ เกียรติวัฒน์. 2542. เครื่องชุดหัวมันสำปะหลังสันสะเทือน K.72. น. 88 – 94 . ในเอกสารรายงานประจำปี 2542. สมาคมการค้ามันสำปะหลังไทย. 138 น.
17. มงคล กวางวโรภาส. 2530. เครื่องทุ่นแรงในฟาร์ม (Farm machinery) . สำนักพิมพ์ลิน , กรุงเทพฯ . 190 น.

18. วิชา หมั่นทำการ ,2547 . เครื่องเก็บเกี่ยว . ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน . 25 น.

ตารางที่ 4.1 เป็นข้อมูลผลการทดสอบหาเปอร์เซ็นต์การดิ่งไม่ขึ้น เปอร์เซ็นต์ที่หัวหักขาดในดิน และ อัตราการทำงานเก็บเกี่ยว

ร่อง ที่	ขนาดร่อง (กว้างxยาว) ตารางเมตร	ความเร็วใน การเก็บ เกี่ยว (เมตร/ วินาที)	เวลาที่ใช้ เก็บเกี่ยว ต่อร่อง (นาทื)	อัตราการ ทำงาน เก็บเกี่ยว (ไร่/ชม.)	อัตราการ สิ้นเปลือง น้ำมัน เชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่)	น้ำหนักคอมัน สำปะหลังที่ ดิ่งได้จาก พื้นดิน(กก.)	น้ำหนักกอ มัน สำปะหลังที่ ดิ่งไม่ได้ (กก.)	น้ำหนัก หัวมัน สำปะหลังที่ หักขาดใน ดิน(กก.)	น้ำหนัก หัวมัน สำปะหลัง จากกอที่ดิ่ง ได้(กก.)	น้ำหนัก หัวมัน สำปะหลัง จากกอที่ดิ่ง ไม่ได้(กก.)	น้ำหนัก หัวมัน สำปะหลัง ทั้งหมด (กก.)	%การ ดิ่งไม่ได้	%หัว หักขาด ในดิน
1	1.10 x 72	0.18	6.0	0.5	6.5	108	34	0.8	80	22	102.8	21.40	0.78
2	1.10 x 72	0.16	6.6	0.45	6.8	120	21	1.3	95	10	106.3	9.40	1.22
3	1.1 x 72	0.17	5.7	0.52	6.2	115	15	0.7	102	8	110.70	7.22	0.63
เฉลี่ย	1.1 X 72	0.17	6.10	0.49	6.5	114.33	23.33	0.93	92.33	13.33	106.60	12.67	0.88

ตารางที่ 4.2 การคำนวณค่าใช้จ่ยในการทำงานของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบ

เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ต้นแบบประมาณราคาที 100,000 บาท มีความสามารถทำงานเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง เฉลี่ย 0.49 ไร่ / ชม. หรือ 4.9 ไร่ / วัน (คัดการทำงานเฉลี่ยวันละ 10 ชั่วโมง) เครื่องมีการใช้งานเพียง 8 เดือน / ปี รถแทรกเตอร์ที่ใช้ลากเครื่องเก็บเกี่ยวมีค่าใช้จ่ยคงที่เท่ากับ 20 บาท / ชม. และค่าใช้จ่ยผันแปรเท่ากับ 87 บาท / ชม. สามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาคำนวณค่าใช้จ่ยในการทำงานทั้งหมด (บาท/ไร่)ของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบได้ดังต่อไปนี้

1. ค่าเสื่อมราคาคิดแบบ Straight – line method เครื่องมีอายุการใช้งาน 20 ปี สิ้นปีที่ 20 ราคาเครื่องเหลือ 20 % ของราคาซื้อ

$$\text{ราคาซากเครื่อง} = (20/100) \times 100,000 = 20,000 \text{ บาท}$$

$$DP = (P - S) / L = (100,000 - 20,000) / 20 = 4000 \text{ บาท/ปี}$$

2. Interest on investment 3 %

$$\text{ดอกเบี้ยที่ควรได้รับ} = (3/100) \times (100,000 + 20,000) / 2 = 1800 \text{ บาท / ปี}$$

$$\text{ค่าใช้จ่ยคงที่ต่อปี} = 4000 + 1800 = 5800 \text{ บาท / ปี}$$

$$\text{การใช้งาน 8 เดือน / ปี} = 8 \times 30 \times 4.9 = 1176 \text{ ไร่ / ปี}$$

$$\text{ค่าใช้จ่ยคงที่ต่อไร่} = 5800 / 1176 = 4.93 \text{ บาท / ไร่}$$

3. ค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง มีอายุการใช้งานของชิ้นส่วนประกอบต่างๆที่ต้องการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนใหม่ตามอายุการใช้งาน และมี ค่าใช้จ่ยขณะทำงาน ดังต่อไปนี้

รายละเอียด	อายุการใช้งาน (ชั่วโมง)	ราคาที่ซ่อมแซมหรือเปลี่ยนใหม่ (บาท)	ค่าใช้จ่ย บาท / ชม.
1.ชุดลูกปืนต่างๆ	3,000	3,000	1.00
2.โซ่ลำเลียง และ ครีบดัดต้น	6,000	20,000	3.33
3.เฟืองขับเคลื่อน โซ่ลำเลียง	3,000	2,000	0.67
4. โซ่ส่งกำลัง	2,000	2,500	1.25
5.เฟืองโซ่ส่งกำลัง	2,000	1,800	0.90
5. ค่าแรงงานจำนวน 2 คน อัตรา 200 บาท / คน / วัน รวมค่าใช้จ่ยขณะทำงานทั้งหมด (ค่าใช้จ่ยผันแปร)			40 47.15 บาท / ชม. หรือ 96.22 บาท / ไร่

$$\begin{aligned}\text{ค่าใช้จ่ายคงที่ทั้งหมดในการ} &= \text{ค่าใช้จ่ายคงที่ของรถแทรกเตอร์} + \text{ค่าใช้จ่ายคงที่ของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง} \\ &= 20/0.49 + 4.93 = 45.75 \text{ บาท/ไร่}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ค่าใช้จ่ายผันแปรทั้งหมด} &= \text{ค่าใช้จ่ายผันแปรของรถแทรกเตอร์} + \text{ค่าใช้จ่ายผันแปรของเครื่องเก็บเกี่ยว} \\ \text{ในการเก็บเกี่ยว} &\hspace{15em} \text{มันสำปะหลัง} \\ &= 135/0.49 + 96.22 = 371.73 \text{ บาท/ไร่}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของเครื่องเก็บเกี่ยว} &= \text{ค่าใช้จ่ายคงที่ทั้งหมด} + \text{ค่าใช้จ่ายผันแปรทั้งหมด} \\ &= 45.75 + 371.73 = 417.48 \text{ บาท/ไร่}\end{aligned}$$



รูปที่ 4.1 เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบที่ใช้การต่อติดเข้ากับท้ายรถแทรกเตอร์แบบจุดยึด 3 จุด (Three point hitch)



รูปที่ 4.2 การยกหัวชุดขึ้นลงควบคุมโดยไฮดรอลิกส์ของรถแทรกเตอร์



รูปที่ 4.3 หัวชะดินมีหน้ากว้างการขุดชะดินเท่ากับ 80 ซม.



รูปที่ 4.4 หัวชะดินถูกออกแบบให้ติดตั้งอยู่บนแขน 4 คู่ (ข้างละ 2 คู่)



รูปที่ 4.5 ชุดโซ่ลำเลียงที่ใช้สำหรับดึงต้นมันสำปะหลัง เป็นโซ่ แบบ Double pitch chain no. 80
ชนิด Roller ใหญ่ หรือเบอร์ที่เรียกทางการค้า คือ 2080 H



รูปที่ 4.6 ครีบเหล็กสำหรับดึงต้นมันสำปะหลัง ถูกนำมายึดติดกับโซ่ลำเลียง



รูปที่ 4.7 กลไกการขับเคลื่อนทั้งหมดได้รับกำลังจากเพลลา PTO ของรถแทรกเตอร์



รูปที่ 4.8 ความเร็วเชิงเส้นของโซ่ลำเลียงเท่ากับ 0.58 เมตร / วินาที



รูปที่ 4.9 การทดสอบแรงดึงสูงสุดของโซ่ลำเลียงที่ครีปดึงต้นมันสำปะหลังสามารถดึงขึ้นมาได้โดยการให้เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเคลื่อนที่ผ่าน ทั้งซึ่งมีน้ำหนัก 110 กก.



รูปที่ 4.10 ภาพครีปดึงต้นมันสำปะหลังสามารถดึงน้ำหนักได้สูงสุด 110 กก. ได้



รูปที่ 4.11 การจำลองสถานการณ์ สมมุติว่า ชุดตึงต้น ตึงต้นมันสำปะหลังขึ้นมาแล้วลำเลียงไป
ปล่อยออกทางข้างหลังเครื่อง



รูปที่ 4.12 น้ำหนักนี้มีขนาด 25 กก.เสมือนเป็น กอมันสำปะหลัง



รูปที่ 4.13 ขณะทดสอบเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง



รูปที่ 4.14 ครีบดึงต้นมันสำปะหลังขณะดึงต้นมันสำปะหลังขึ้นมาโดยใช้ลำเลียง



รูปที่ 4.15 ภาพขณะโซ่ลำเลียงกำลังปล่อยก้อนดินสำหรับปลูก