

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์  
เรื่อง

การวิจัยและพัฒนา  
เครื่องขุดมันสำปะหลังโดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง  
**Research and Development of Cassava Digger  
which Hitched with Walking Tractor**

ชื่อผู้วิจัย  
นายเสรี วงศ์พิเชษฐ

โครงการนี้ได้รับจัดสรร งบประมาณงานวิจัยเพื่อนวัตกรรม ประจำปี 2551  
ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องชุดมันสำปะหลังโดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลังนี้ ได้รับการสนับสนุนงบประมาณงานวิจัยเพื่อนวัตกรรม ประจำปี 2551 จากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

เสรี วงษ์เชษฐ

โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องชุดมันสำปะหลัง  
โดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง

## บทคัดย่อ

การเพิ่มอัตราการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังให้เกษตรกรรายย่อยสามารถเก็บเกี่ยวได้รวดเร็วขึ้น เป็นแนวทางหนึ่ง ที่ช่วยลดปัญหาการเสื่อมสภาพของหัวมันภายหลังการเก็บเกี่ยวของเกษตรกรรายย่อย โครงการนี้จึงมุ่งพัฒนาอุปกรณ์ขูด มันสำปะหลังแบบใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง โดยการศึกษาวิธีการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ พัฒนาหลักการทำงานของอุปกรณ์ขูดมันสำปะหลัง ออกแบบ สร้าง และทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ขูดมัน สำปะหลัง (ต้นแบบ) เปรียบเทียบกับวิธีการเก็บเกี่ยวที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า อุปกรณ์ขูดฯ ที่ พัฒนาขึ้นมา มีอัตราการทำงานเร็วกว่าการขูดมันสำปะหลัง โดยใช้แรงงานคนในช่วง 5.5-8.0 เท่า และมีความสูญเสียจาก การขูดมันฯ ต่ำกว่าการขูดมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคนในช่วง 1.1 - 3.9% ทั้งนี้ขึ้นกับความแข็งของดินในแปลงเก็บ เกี่ยว และตั้งชื่ออุปกรณ์ขูดมันสำปะหลังที่พัฒนาขึ้นมานี้ว่า อุปกรณ์ขูดมันสำปะหลัง มข. 52

### **Abstract**

Increasing of digging rate for the individual farmer to harvest faster was one of the ways to help them from the deteriorating of cassava after harvesting. So, this research project aimed to develop the cassava digger which was hitched with walking tractor. This objective was achieved by studying about the traditional harvesting method, developing the principle of digger, designing, constructing the prototype, and testing compared to the traditional harvesting method. It was founded that the prototype's working rate is about 5.5-8.0 times faster and the harvesting loss is 1.1-3.9% less than the traditional method. Somehow, the hardness of the soil is an important factor for the harvesting rate. This cassava digger was named as "KKU Cassava Digger - 52"

## สารบัญ

	หน้าที่
กิตติกรรมประกาศ	ii
บทคัดย่อ	iii
Abstract	iv
สารบัญ	v
สารบัญตาราง	vii
สารบัญรูป	viii
บทที่ 1 บทนำ	1
1) ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	1
2) วัตถุประสงค์การวิจัย	2
3) ขอบเขตการวิจัย	2
4) ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
1) การเสื่อมคุณภาพของหัวมันสำปะหลัง และการเก็บรักษา	3
2) การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง	4
3) พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังที่ใช้ในการศึกษารั้งนี้	5
4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
4.1) อุปกรณ์/เครื่องจักรกลเกษตรที่พัฒนาโดยหน่วยงานวิจัยของรัฐ	6
4.2) อุปกรณ์/เครื่องจักรกลเกษตรที่พัฒนาโดยโรงงานเครื่องจักรกลเกษตร	10
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	13
1) การศึกษาวิธีการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ที่เกษตรกรในพื้นที่เป้าหมาย นิยมปฏิบัติในปัจจุบัน	13
2) การพัฒนาหลักการทำงานของอุปกรณ์ขูดมันสำปะหลัง	13
3) การออกแบบ สร้าง และทดสอบความเป็นไปได้ในการทำงาน ของอุปกรณ์ขูดมันสำปะหลัง	13
4) การทดสอบและประเมินผล การทำงานของอุปกรณ์ขูดมันสำปะหลังที่พัฒนาขึ้นมา	14
บทที่ 4 ผลการวิจัย และอภิปรายผล	15
1) ผลการศึกษาวิธีการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ที่เกษตรกรในพื้นที่เป้าหมาย นิยมปฏิบัติในปัจจุบัน	15
2) ผลการพัฒนาหลักการทำงานของอุปกรณ์ขูดมันสำปะหลัง	19
3) ผลการออกแบบ สร้าง และทดสอบความเป็นไปได้ในการทำงาน ของอุปกรณ์ขูดมันสำปะหลัง	24
4) ผลการทดสอบและประเมินผล การทำงานของอุปกรณ์ขูดมันสำปะหลังที่พัฒนาขึ้นมา	27

	หน้าที่
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	32
1) สรุปผลการวิจัย	32
2) ข้อเสนอแนะ	33
เอกสารอ้างอิง	34

## สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 4.1 พันธุ์มันสำปะหลังที่เกษตรกรนิยมปลูกในปี 2546	15
ตารางที่ 4.2 ผลการศึกษาอัตราการทำงานของแต่ละขั้นตอนการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ตามวิธีที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ	18
ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง โดยภาพรวม	18
ตารางที่ 4.4 สรุปผลการทดสอบความเป็นไปได้ในการทำงาน ของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังที่ใช้ในการศึกษา เพื่อพัฒนาหลักการทำงาน	23
ตารางที่ 4.5 ผลการออกแบบอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง โดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง	24
ตารางที่ 4.6 สภาพของพื้นที่ที่ใช้ในการทดสอบอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังที่พัฒนาขึ้นมา	27
ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังที่พัฒนาขึ้นมา	27

## สารบัญรูป

	หน้าที่
รูปที่ 2.1 เครื่องจุดมันสำปะหลัง ที่มีผานจุดรูปสามเหลี่ยม และติดตั้งที่ด้านหน้าของรถแทรกเตอร์	7
รูปที่ 2.2 เครื่องจุดมันสำปะหลังสันตะเทือน	7
รูปที่ 2.3 เครื่องจุดมันสำปะหลังของศุภวัฒน์ ปากเมย (2540) ซึ่งสมนึก ชูศิลป์ และเสรี วงศ์พิเชษฐ (2545) ปรับปรุงให้สามารถติดตั้งที่ด้านหลังของรถแทรกเตอร์	8
รูปที่ 2.4 อุปกรณ์จุดมันสำปะหลัง มข. 46 ซึ่งใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 65 แรงม้า เป็นต้นกำลัง	8
รูปที่ 2.5 ผลการทำงานของอุปกรณ์จุดมันสำปะหลัง มข. 46	9
รูปที่ 2.6 อุปกรณ์จุดมันสำปะหลัง มข. 48 ซึ่งใช้รถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก (18-25 แรงม้า) เป็นต้นกำลัง	9
รูปที่ 2.7 ผลการทำงานของอุปกรณ์จุดมันสำปะหลัง มข. 48	10
รูปที่ 2.6 อุปกรณ์จุดมันสำปะหลังของ อัมพร ศรีศขไกร (2548) สองแบบ	10
รูปที่ 4.1 ปริมาณการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในช่วงเดือน ต.ค. 2550- ก.ย. 2551 ของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์ ขอนแก่น อุดรธานี ร้อยเอ็ด และมหาสารคาม	15
รูปที่ 4.2 กิจกรรมการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง: การจุด	17
รูปที่ 4.3 กิจกรรมการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง: การตัดเห้งและรวมกอง	17
รูปที่ 4.4 กิจกรรมการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง: การขนหัวมันขึ้นรถ	17
รูปที่ 4.5 ความต้องการแรงงานในแต่ละขั้นตอนของการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ตามวิธีที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ	18
รูปที่ 4.6 อุปกรณ์จุดมันสำปะหลังโดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง รูปแบบที่ 1	19
รูปที่ 4.7 ลักษณะที่เห้งมันภายหลังกการจุด มักเคลื่อนที่มาชิดติดที่โครงของอุปกรณ์จุด (ซ้าย) ต้องหยุดดึงเห้งมันออกจากโครงฯ จึงจะเคลื่อนที่ต่อไปได้ (ขวา)	19
รูปที่ 4.8 อุปกรณ์จุดมันสำปะหลังโดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง รูปแบบที่ 2	20
รูปที่ 4.9 อุปกรณ์จุดมันสำปะหลังโดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง รูปแบบที่ 3	21
รูปที่ 4.10 อุปกรณ์จุดมันสำปะหลังโดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง รูปแบบที่ 4	21
รูปที่ 4.11 อุปกรณ์จุดมันสำปะหลังโดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง รูปแบบที่ 5	22
รูปที่ 4.12 อุปกรณ์จุดมันสำปะหลังที่พัฒนาขึ้นมา (รูปกลาง) เมื่อมองในทิศทางต่าง ๆ (รูปในกรอบเส้นประ)	25
รูปที่ 4.13 ผลการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์จุดมันสำปะหลังที่ออกแบบใหม่	26
รูปที่ 4.14 ผลการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์จุดมันสำปะหลังที่พัฒนาขึ้นมา	28
รูปที่ 4.15 การจุดมันสำปะหลังโดยแรงงานคน	28
รูปที่ 4.16 อัตราการทำงานของอุปกรณ์จุดมันฯ ที่พัฒนาขึ้นมา เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการทำงานของจุดมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคน	29
รูปที่ 4.17 สาเหตุของความสูญเสียในการจุด เกิดจากการหักของหัวมันบางหัว ระหว่างการจุดมันสำปะหลังด้วยอุปกรณ์จุดมันฯ ที่พัฒนาขึ้นมา	30
รูปที่ 4.18 สาเหตุของความสูญเสียในการจุด เกิดจากการหักของหัวมันบางหัว ระหว่างการจุดมันฯ โดยใช้แรงงานคน	30



รูปที่ 4.19 ความสูญเสียจากการขุดมันสำปะหลังด้วยอุปกรณ์ขุดมันฯ ที่พัฒนาขึ้นมา เมื่อเปรียบเทียบกับความ สูญเสียจากการขุดมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคน	31
---	----

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1) ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

โดยทั่วไป มันสำปะหลังภายหลังการเก็บเกี่ยวซึ่งเป็นหัวมันสด จะมีน้ำเป็นส่วนประกอบ 60-65 % โดยน้ำหนัก ดังนั้น จึงมีอัตราการเสื่อมคุณภาพที่รวดเร็วมาก โดยเฉพาะในสภาพอากาศร้อนชื้นเช่นประเทศไทย ซึ่งลักษณะการเสื่อมคุณภาพที่ปรากฏให้เห็นในช่วง 3 วันภายหลังการเก็บเกี่ยว เป็นการเสื่อมคุณภาพทางสรีระวิทยา (Physiological Deterioration) โดยสีของเนื้อมันสำปะหลังเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือฟ้าเงินปนดำ หลังจากนั้นก็จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันลดลง ส่งผลกระทบต่อราคาขาย หลังจากนั้นหัวมันจะเริ่มเน่า ซึ่งเป็นการเสื่อมคุณภาพเนื่องจากการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ (กรมวิชาการเกษตร, 2537)

โดยทั่วไป เกษตรกรจะเร่งนำหัวมันสดส่งโรงงานแปรรูปในสภาพวันต่อวัน เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการเสื่อมสภาพดังกล่าวข้างต้น อย่างไรก็ตาม ยังพบว่ามีเกษตรกรรายย่อยจำนวนมาก ต้องใช้วิธีรวบรวมผลผลิตหัวมันสดประมาณ 2-3 วัน ก่อนขนส่งไปยังแหล่งรับซื้อ แม้ว่าเกษตรกรรายย่อยโดยทั่วไปจะมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเพียง 1-20 ไร่/ครัวเรือน (กรมวิชาการเกษตรและกรมพัฒนาที่ดิน, 2548) เนื่องจากเกษตรกรรายย่อยเหล่านี้ขาดแคลนกำลังงานในการเก็บเกี่ยว ต้องใช้แรงงานในครัวเรือนเป็นหลัก จึงมีอัตราการเก็บเกี่ยวช้า และต้องรวบรวมผลผลิตหัวมันสดให้เต็มรถบรรทุกเพื่อประหยัดค่าขนส่ง

ดังนั้น การเพิ่มอัตราการเก็บเกี่ยว ให้เกษตรกรสามารถเก็บเกี่ยวได้รวดเร็วขึ้น จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยให้เกษตรกรรายย่อยเหล่านี้ ไม่จำเป็นต้องรวบรวมผลผลิตหัวมันสดเป็นเวลา 2-3 วันเช่นเดิม ซึ่งจะช่วยแก้ไขหรือลดปัญหาการเสื่อมสภาพของหัวมันภายหลังการเก็บเกี่ยว

การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังประกอบด้วยกิจกรรมหลายขั้นตอน คือ ขั้นตอนการขุดมันสำปะหลังขึ้นจากพื้นดิน ขั้นตอนการรวมกองและตัดเหง้า และขั้นตอนการขนย้ายหัวมันขึ้นรถบรรทุก ซึ่งโดยทั่วไปขั้นตอนการขุดมันสำปะหลังเป็นขั้นตอนที่ใช้กำลังงานมากที่สุด และใช้เวลานานที่สุด เนื่องจากฤดูเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังตรงกับฤดูแล้ง ทำให้ดินค่อนข้างแข็ง โดยเฉพาะในเดือน ม.ค. - เม.ย. แม้ว่าปัจจุบันจะมีการนำเครื่อง/อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังซึ่งใช้รถแทรกเตอร์สี่ล้อเป็นต้นกำลัง มาช่วยงานเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง แต่ไม่พบการใช้งานเครื่อง/อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังซึ่งใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง และจากการตรวจสอบเอกสารที่เกี่ยวข้อง ก็ไม่พบงานวิจัยหรือรายงานเกี่ยวกับเครื่อง/อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังที่ใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลังเช่นกัน อาจกล่าวได้ว่า ยังไม่มีการพัฒนาเครื่อง/อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังแบบใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง ทั้งในระดับงานวิจัยและในระดับการนำมาใช้งานจริง แม้ว่าทั่วประเทศจะมีการใช้งานรถไถเดินตามกันอย่างแพร่หลาย มากกว่า 2.1 ล้านคัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2548) และรถไถเดินตามเหล่านี้ยังคงเป็นที่นิยมใช้งานของเกษตรกรรายย่อย โดยใช้เป็นต้นกำลังในพื้นที่เพาะปลูกของตนเอง

ดังนั้น การพัฒนาเครื่อง/อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังที่ใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง ขึ้นมาใช้งาน จะช่วยให้ครัวเรือนเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังรายย่อย ซึ่งมีจำนวนประมาณ 49% ของครัวเรือนเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังทั้งหมด (กรมวิชาการเกษตรและกรมพัฒนาที่ดิน, 2548) สามารถเพิ่มอัตราการเก็บเกี่ยวให้รวดเร็วขึ้น ไม่จำเป็นต้องรวบรวมผลผลิตเป็นเวลาหลายวันเช่นเดิม ซึ่งจะมีส่วนช่วยแก้ไขหรือลดปัญหาการเสื่อมสภาพของหัวมันภายหลังการเก็บเกี่ยว

## 2) วัตถุประสงค์การวิจัย

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ชุดมันสำปะหลัง (ต้นแบบ) โดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง

## 3) ขอบเขตการวิจัย

อุปกรณ์ชุดมันสำปะหลัง (ต้นแบบ) โดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลังนี้ พัฒนาตามสภาพการปลูกมันสำปะหลัง ในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น จังหวัดกาฬสินธุ์ และพื้นที่ข้างเคียง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ดินทรายปนร่วน เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่แถบนี้ ยังคงใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลังสำคัญในงานเกษตรกรรม

เป้าหมายการใช้งานของอุปกรณ์ชุดมันสำปะหลังที่พัฒนาขึ้นมา มีเป้าหมายเพื่อตอบสนองการใช้งานของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังรายย่อยในพื้นที่จังหวัดขอนแก่นและจังหวัดกาฬสินธุ์เป็นหลัก ซึ่งเกษตรกรในพื้นที่แถบนี้ส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อย และยังไม่พบการใช้เครื่อง/อุปกรณ์ชุดมันสำปะหลังที่ใช้รถแทรกเตอร์ใหญ่ขนาด 60 แรงม้าเป็นต้นกำลัง

## 4) ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) อุปกรณ์ชุดมันสำปะหลังแบบใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง จะช่วยให้เกษตรกรสามารถเพิ่มอัตราการเก็บเกี่ยวให้เก็บเกี่ยวได้รวดเร็วขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคนที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติในปัจจุบัน ซึ่งการเก็บเกี่ยวได้รวดเร็วขึ้น ช่วยให้เกษตรกรไม่จำเป็นต้องรอรวบรวมผลผลิต (เพื่อลดค่าขนส่ง) เป็นเวลาหลายวันเช่นเดิม ซึ่งจะมีส่วนช่วยแก้ไขหรือลดปัญหาการเสื่อมสภาพของหัวมันภายหลังการเก็บเกี่ยว
- 2) อุปกรณ์ชุดมันสำปะหลังแบบใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง จะช่วยเพิ่มทางเลือกในการดำเนินการชุดมันสำปะหลัง โดยเฉพาะเกษตรกรที่มีรถไถเดินตามเป็นของตนเอง
- 3) อุปกรณ์ชุดมันสำปะหลังแบบใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง จะช่วยเพิ่มช่องทางในการใช้ประโยชน์จากรถไถเดินตามให้มากยิ่งขึ้น เป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่รถไถเดินตามจำนวนมาก
- 4) องค์ความรู้ที่ได้รับจากการวิจัยครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับการเก็บเกี่ยวพืชหัวชนิดอื่น ๆ เช่น มันฝรั่ง เป็นต้น
- 5) องค์ความรู้ที่ได้รับจากการวิจัยครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อการผลิตบัณฑิตเพื่อเป็นกำลังในการพัฒนางานเกษตรกรรมของไทยต่อไป

## บทที่ 2

### การตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้ มีรายละเอียดดังนี้

#### 1) การเสื่อมคุณภาพของหัวมันสำปะหลัง และการเก็บรักษา

เมื่อนำหัวมันสำปะหลังมาตัดในแนวขวางจะเห็นชั้นของเปลือก (Peel) และชั้นของเนื้อ (Pulp) ซึ่งเก็บสะสมอาหารพวกแป้งโดยเปลือกจะประกอบด้วย ชั้นของ periderm , sclerenchyma , cortical , parenchyma และ phloem ถัดจากชั้นของเปลือกจะเป็น cambium และถัดเข้าไปจะเป็นส่วนของparenchyma ซึ่งเป็นแหล่งสะสมแป้งในกลุ่มเซลล์ parenchyma จะมี xylem bundle และ Fiber

เนื่องจากหัวมันสำปะหลังมีส่วนประกอบที่เป็นน้ำประมาณ 60-65 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงมีอัตราการเสื่อมคุณภาพที่รวดเร็วมาก และเมื่อมีการเสื่อมคุณภาพเกิดขึ้นแล้วจะทำให้การยอมรับในการบริโภคและการนำไปใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ลดลง สำหรับลักษณะการเสื่อมคุณภาพที่ปรากฏให้เห็นภายใน 3 วันหลังการเก็บเกี่ยว คือสีของเนื้อเยื่อ parenchyma และท่อน้ำ เริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือฟ้าเงินปนดำ หลังจากนั้นก็จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และจะเกิดการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ภายใน 5-7 วันหลังเก็บเกี่ยว

Wheatley et al (1985) ได้แบ่งขั้นตอนการเสื่อมคุณภาพของหัวมันสำปะหลังออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

- 1) การเสื่อมคุณภาพทางสรีระวิทยา (Physiological Deterioration) เกิดขึ้นเนื่องจากการอุดตันของท่อน้ำโดยคาร์โบไฮเดรต ไชมัน และสารประกอบคล้ายลิกนิน รวมทั้งการสร้างสารประกอบเรืองแสงในเนื้อเยื่อ parenchyma โดยในระยะแรกจะตรวจพบสารประกอบ phenolic , leucoanthocyanin และcatechin ในท่อน้ำ ซึ่งสารประกอบเหล่านี้จะเปลี่ยนรูปไปเป็นแทนนิน ทำให้เห็นสีฟ้าเงินและดำ และในส่วนของเนื้อเยื่อ parenchyma ก็พบ scopoletin และ coumarin โดยในหัวสดจะพบ scopoletin เพียงเล็กน้อยและพบในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นภายใน 24 ชั่วโมงหลังเก็บเกี่ยว (จากน้อยกว่า 1.0 ไมโครกรัมต่อกรัม เป็นมากกว่า 250 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) และพบว่าถ้าหากมีการให้ scopoletin แก่หัวมันสำปะหลังสดจะทำให้หัวมันสดมีการเสื่อมสภาพทางสรีระวิทยาอย่างรวดเร็ว ในหัวมันสำปะหลังสดที่มีการเสื่อมสภาพช้าพบว่ามีสารสะสมของ scopoletin น้อยกว่าหัวที่เสื่อมสภาพเร็ว
- 2) การเสื่อมคุณภาพเนื่องจากการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ ซึ่งทำให้หัวเน่า โดยจุลินทรีย์จะเข้าทำลายหัวมันสำปะหลังภายใน 5-7 วันหลังเก็บเกี่ยว ดังนั้นอาจเห็นแถบสีฟ้าเงินดำเกิดขึ้นเช่นเดียวกันโดยจะพบในบริเวณทั่วไปที่สดและอ่อนนุ่มของหัว ซึ่งแตกต่างจากการเสื่อมคุณภาพทางสรีระวิทยาที่จะเห็นเนื้อเยื่อสีฟ้าเงินดำในส่วนของท่อน้ำ (Xylem)

เนื่องจากการเสื่อมคุณภาพทางสรีระวิทยาของหัวมันสำปะหลังต้องการออกซิเจนเพื่อการทำงานของเอนไซม์ ดังนั้นอาการเริ่มต้นของการเสื่อมคุณภาพ มักพบในบริเวณใกล้กับรอยแผลที่เกิดขึ้นที่หัวเนื่องจากการตัดหัวมันออกจากเหง้า เนื่องจากออกซิเจนสามารถเข้าสู่เซลล์ parenchyma ได้ง่าย

การป้องกันการเสื่อมคุณภาพของหัวมันสำปะหลังสามารถทำได้โดยการกำจัดออกซิเจนที่จะเข้าสู่เซลล์ parenchyma หรือยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในปฏิกิริยานั้นเอง ซึ่งตามหลักการสามารถทำได้โดยการเก็บรักษาหัวมันสำปะหลังในสภาพบรรยากาศที่มีเฉพาะไนโตรเจนหรือคาร์บอนไดออกไซด์ หรือในสภาพสุญญากาศ หรืออาจจะห่อหุ้มหัวมันสำปะหลังด้วยชั้นบาง ๆ ของขี้ผึ้ง นอกจากนี้การเก็บรักษาหัวมันสำปะหลังไว้ในสภาพอุณหภูมิต่ำ (ต่ำกว่า 2 องศาเซลเซียส) ก็ช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ เช่น polyphenol oxidase และ peroxidase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ทำให้เนื้อเยื่อของมันสำปะหลังเปลี่ยนเป็นสีฟ้าเงินดำเมื่อมีการเสื่อมคุณภาพ

จากรายงานของ Booth (1976) พบว่า มันสำปะหลังและพืชหัวอื่นๆ มีกระบวนการรักษารอยแผลที่เกิดขึ้นที่หัว โดยการสร้าง suberin ขึ้นมาปิดบริเวณแผล โดยถ้าอยู่ในสภาพที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิระหว่าง 30-40 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป การสร้าง suberin ขึ้นมาปิดรอยแผลจะใช้เวลาประมาณ 4-5 วัน ถ้ากระบวนการรักษารอยแผลเกิดขึ้นในทันทีหลังการเก็บเกี่ยว การเสื่อมคุณภาพทางสรีรวิทยาจะไม่เกิดขึ้นและหัวมันสำปะหลังก็จะยังคงสภาพ อยู่ได้ แต่อย่างไรก็ตามสภาพที่เหมาะสมต่อการสร้าง suberin ปิดรอยแผล ซึ่งต้องการอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูง แต่ก็เป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์เช่นเดียวกัน ดังนั้นวิธีการป้องกันที่ทำได้ก็คือ ลดความชื้นสัมพัทธ์ให้ต่ำลงจนอยู่ในช่วงที่ทำให้การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ช้าลง แต่ไม่ช้าจนยับยั้งกระบวนการรักษาแผล ซึ่งในทางปฏิบัติอาจทำได้ยาก อีกวิธีหนึ่งที่ทำให้ได้ง่ายกว่าคือ การใช้สารเคมียับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ แต่สิ่งที่สำคัญคือสารเคมีที่ใช้จะต้องไม่ทิ้งผลตกค้างที่เป็นพิษต่อผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม การลดเวลา ระหว่างขั้นตอนการเก็บเกี่ยวกับขั้นตอนการแปรรูปเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป โดยรีบนำมันสำปะหลังภายหลังการเก็บเกี่ยวไปแปรรูปใช้ประโยชน์ทันที จะทำให้ไม่จำเป็นต้องเก็บรักษา และหลีกเลี่ยงปัญหาการเสื่อมสภาพของหัวมัน ภายหลังการเก็บเกี่ยว

## 2) การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

จากรายงานของศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2548) พบว่า ผลผลิตมันสำปะหลัง จะเก็บเกี่ยวตลอดปี โดยเก็บเกี่ยวมากที่สุดในเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ ร้อยละ 19.57 และ 17.55 ของผลผลิตทั้งประเทศ ซึ่งช่วงการเก็บเกี่ยวจะแยกเป็นรายภาค ดังนี้

ภาคเหนือ : แหล่งผลิตที่สำคัญ คือ จังหวัดกำแพงเพชร พิจิตร โลก นครสวรรค์ และอุทัยธานี มีการเก็บเกี่ยวตลอดปี โดยเก็บเกี่ยวมากที่สุดเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ : แหล่งผลิตที่สำคัญ คือ จังหวัดอุดรธานี บุรีรัมย์ กาฬสินธุ์ ขอนแก่น ชัยภูมิและ นครราชสีมา มีการเก็บเกี่ยวตลอดปี โดยเก็บเกี่ยวมากที่สุดเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์

ภาคกลาง : แหล่งผลิตที่สำคัญ คือ จังหวัดปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรา สระแก้ว จันทบุรี ระยอง ชลบุรี และ กาญจนบุรี มีการเก็บเกี่ยวตลอดปี โดยเก็บเกี่ยวมากที่สุดเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์

จากต้นทุนการผลิตมันสำปะหลังทั้งหมด เป็นค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวถึง 34.15% รองลงมาเป็นค่าขนส่ง 24.39% (สำนักงานเกษตรอำเภอลำสนธิ จังหวัดลพบุรี, 2552) ซึ่งค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวเป็นค่าใช้จ่ายส่วนที่สำคัญที่สุดของต้นทุนการผลิตมันสำปะหลัง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากวิธีการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ส่วนใหญ่ใช้แรงงานคนในการขุดด้วยจอบ หรือใช้คานงัด ถ้าหากดินมีความชื้นหรือพื้นที่ปลูกเป็นดินทรายมีความร่วนซุยมาก ก็อาจใช้วิธีการถอน และสำหรับพื้นที่ซึ่งเก็บเกี่ยวในหน้าแล้ง ดินแห้งหรือแข็ง ก็จะใช้จอบขุดแบบประยุกต์ เพื่อช่วยทุ่นแรง หลังจากนั้นก็สับหัวมันออกจากเหง้า แล้วขนส่งด้วยรถบรรทุกเข้าสู่โรงงานแปรรูปต่อไป จากผลการศึกษาของ A. B. Sukra (1996)

พบว่า ขั้นตอนที่ต้องการแรงงานมากที่สุดเป็นขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและรวบรวมหัวมันขึ้นรถบรรทุก โดยต้องการแรงงานเท่ากับ 54.5 เปอร์เซ็นต์ของแรงงานทั้งหมดในการผลิตมันสำปะหลัง

เนื่องจากการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ต้องใช้แรงงานจำนวนมาก เช่น โรงงานผลิตแป้งมันขนาด 150 ตันแป้ง/วัน ต้องใช้หัวมันสำปะหลังสด 650-750 ตัน ซึ่งต้องใช้คนชุด 650-750 คนต่อวัน เป็นต้น (ศุภวัฒน์ ปากเมย 2540) จากการศึกษาลักษณะของแรงงานที่ใช้ในการดำเนินงานภายหลังเก็บเกี่ยว (เจ็ดพงษ์, 2549) พบว่า โดยทั่วไปเป็นแรงงานภายในหมู่บ้านของเกษตรกรเอง และหมู่บ้านใกล้เคียง ซึ่งมีทั้งแรงงานวัยทำงานทั้งเพศชายและหญิง และแรงงานเด็ก การเก็บเกี่ยวในพื้นที่ของเกษตรกรรายย่อย โดยทั่วไปจะเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานในครัวเรือนเป็นหลักในการดำเนินการ จึงมีอัตราการเก็บเกี่ยวช้า และต้องรอรวบรวมผลผลิตหัวมันสดให้เต็มรถบรรทุกเพื่อประหยัดค่าขนส่ง โดยทั่วไปใช้เวลารวบรวมประมาณ 1-3 วัน

เนื่องจากแรงงานปัจจุบันไม่นิยมการทำงานในภาคเกษตรกรรม โดยเฉพาะงานหนักเช่นการขุดมันสำปะหลัง จึงมีความพยายามในการพัฒนาอุปกรณ์/เครื่องจักรกลเกษตร มาทดแทนแรงงานคนในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง หลากหลายรูปแบบ ทั้งโดยโรงงานเครื่องจักรกลเกษตรและโดยหน่วยงานวิจัยของรัฐ เช่นตัวอย่างต่อไปนี้ (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในหัวข้อที่ 4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง)

- อุปกรณ์ถอนมันสำปะหลัง (จรัญย์ แสงพัททสีมา และ โอภาส กลางโสภา, 2532)
- เครื่องขุดมันสำปะหลัง (ศุภวัฒน์ ปากเมย, 2540)
- เครื่องขุดมันสำปะหลังสันสะเทือน (ศักดิ์ อินทรชัย และ ธัญญา เกียรติวัฒน์, 2542)
- อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง (อัมพร ศรีชไมกร, 2548)
- อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง มข. 46 (เสรี วงศ์พิเชษฐ และ สมนึก ชูศิลป์, 2548)
- อุปกรณ์ช่วยขนย้ายมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก (เจ็ดพงษ์ เชื้อวชาญวัฒนา, 2549)
- อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง มข. 48 (เสรี วงศ์พิเชษฐ, 2550)

อุปกรณ์/เครื่องจักรกลเกษตรดังกล่าวข้างต้น มีทั้ง

- ประเภทที่ใช้แรงงานคนเป็นต้นกำลัง เช่น อุปกรณ์ถอนมันสำปะหลัง เป็นต้น
- ประเภทที่ใช้รถแทรกเตอร์ใหญ่ขนาด 60 แรงม้าขึ้นไป เป็นต้นกำลัง เช่น เครื่องขุดมันสำปะหลังสันสะเทือน อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง มข. 46 เป็นต้น และ
- ประเภทที่ใช้รถแทรกเตอร์เล็กขนาด 20-30 แรงม้า เป็นต้นกำลัง เช่น อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง มข. 48 เป็นต้น

แต่ยังไม่พบการพัฒนาอุปกรณ์/เครื่องขุดมันสำปะหลังซึ่งใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลังขึ้นมาใช้งาน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอุปกรณ์/เครื่องขุดมันสำปะหลังที่พัฒนาขึ้นมาใช้งานในปัจจุบัน ต้องการกำลังจุกดาก่อนข้างมาก ในขณะที่รถไถเดินตามมีกำลังเพียง 8-11.5 แรงม้า

### 3) พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังที่ใช้ในการศึกษารั้งนี้

พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในเขตจังหวัดขอนแก่น-กาฬสินธุ์-อุดรธานีและพื้นที่ข้างเคียง ซึ่งพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษารั้งนี้ มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังประมาณ 907,000 ไร่ คิดเป็น 39% ของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หรือ 21% ของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั่วประเทศ (กรมวิชาการเกษตรและกรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

เกษตรกรจำนวนมากในพื้นที่นี้เป็นเกษตรกรรายย่อย มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังขนาดเล็ก และยังคงนิยมใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลังในพื้นที่เพาะปลูกของตน ซึ่งจำนวนของเกษตรกรรายย่อยในพื้นที่นี้ยังไม่ทราบแน่ชัด

เมื่อพิจารณาพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรรายย่อยในขอบเขตทั่วประเทศ พบว่า เกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังขนาด 1-20 ไร่/ครัวเรือน มีจำนวนประมาณ 49% ของครัวเรือนเกษตรกรผู้ปลูกมัน (กรมวิชาการเกษตรและกรมพัฒนาที่ดิน, 2548 และสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2549)

#### 4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาอุปกรณ์/เครื่องจักรกลเกษตรทั้งโดยหน่วยงานวิจัยของรัฐและโดยโรงงานเครื่องจักรกลเกษตร เพื่อทดแทนแรงงานคนในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง มีการดำเนินการเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

##### 4.1) อุปกรณ์/เครื่องจักรกลเกษตรที่พัฒนาโดยหน่วยงานวิจัยของรัฐ เท่าที่ตรวจสอบพบ ประกอบด้วย

กองเกษตรวิศวกรรม (2525) ได้พัฒนาอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังขึ้นมาใช้งานเป็นหน่วยงานแรก อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังแบบนี้มีส่วนประกอบต่าง ๆ คือ ชุดสลักฟุ้งและคาน ผานขุด และชุดแยกมันสำปะหลัง หน้กากว้างของผานขุดมีขนาดเท่ากับ 800 ม.ม. ใช้แทรกเตอร์ขนาด 60-70 แรงม้า การทำงานผานขุดถูกลากและขุดจมลงไปใต้ดิน ตามแถวของมันสำปะหลัง หัวมันสำปะหลังและดินเคลื่อนผ่าน ผานขุดมาแล้วแยกตัวออกจากกันที่บริเวณชุดแยกมันสำปะหลัง จากนั้นหัวมันสำปะหลังเคลื่อนผ่านชุดแยกมันสำปะหลังและตกลงมาลอยอยู่บนพื้นดิน

ข้อจำกัดในการทำงานของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังนี้คือ มักมีวัชพืชและใบของมันสำปะหลังติดพันกับผานขุด และโครงเสาทั้งสองข้างของผานซึ่งทำให้ต้องเสียเวลาในการเอาเศษวัชพืชออก และเครื่องไม่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง เมื่อทำการขุดมันสำปะหลังไปแล้ว จำเป็นต้องใช้คนขนหัวมันที่ขุดออกจากร่องขุด เพื่อไม่ให้รถแทรกเตอร์เข้าไปเหยียบในการขุดร่องต่อไป

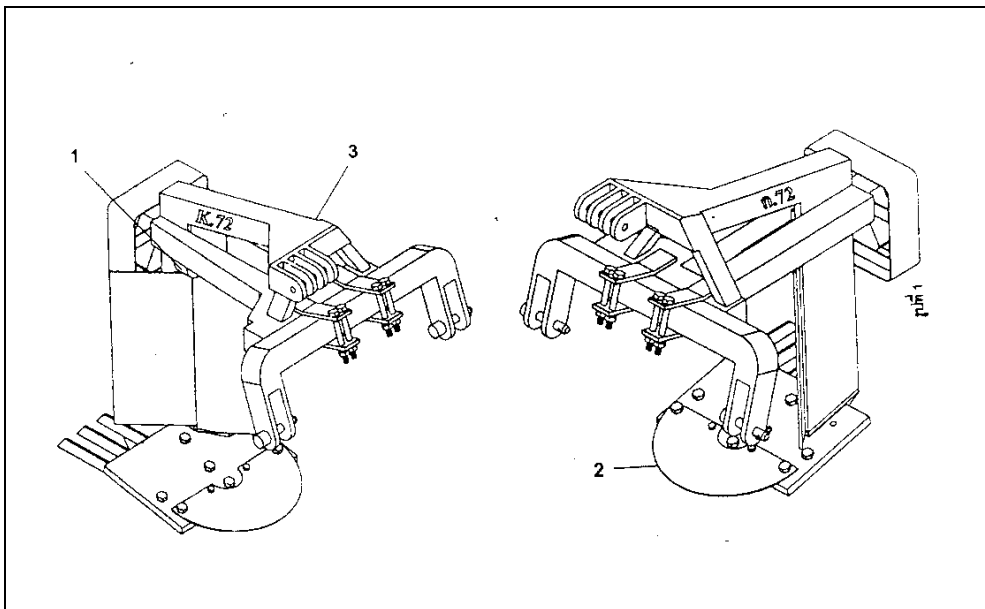
จรงค์ แสงพัทสีมา และ โอกาส กลาง โสภกา (2532) ได้ปรับปรุงเครื่องถอนมันสำปะหลัง เพื่อช่วยผ่อนแรงในการขุดของเกษตรกร เครื่องมือสามารถถอนต้นมันสำปะหลังได้ 180 ต้น/ช.ม. เมื่อเทียบกับคนสามารถถอนได้ 150 ต้น/ช.ม. จากการที่มีอัตราการทำงานเพิ่มไม่มาก จึงยังไม่เป็นที่นิยมใช้กันของเกษตรกร

ศุภวัฒน์ ปากเมย (2540) ได้ศึกษาออกแบบและพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลัง (รูปที่ 2.1) ที่มีชุดขุดหัวมันสำปะหลังแบบผานขุดรูปสามเหลี่ยมได้รับการออกแบบติดตั้งใช้งานทางด้านหน้าของรถแทรกเตอร์ โดยประกอบเข้ากับแขนจับยึดใบมีเกรดดิน ชุดขุดประกอบด้วย ผานขุดรูปสามเหลี่ยมขนาดกว้างตรง 800 ม.ม. โช้ล้เหลี่ยมหัวมันสำปะหลังขึ้นจากดินยาว 1,000 ม.ม. ติดตั้งทำมุม 30 องศาในแนวนอน โช้ล้เหลี่ยมหัวมันสำปะหลังออกด้านข้างยาว 2,000 ม.ม. ในแนวนอน และเครื่องยนต์เบนซิน ขนาด 8 แรงม้า 3,600 รอบต่อนาที พร้อมชุดถ่ายทอดกำลังสู่โช้ล้เหลี่ยม ผลการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพการขุด 85.9 % หัวมันสำปะหลังขาด 4.8 % และหัวมันสำปะหลังหลงเหลือในดิน 9.2 % การใช้งานของเครื่องขุดต้องการมีการตัดต้นมันสำปะหลังก่อน เครื่องขุดมันสำปะหลังยังต้องการปรับปรุงและทดสอบระยะยาว ในสภาพดินที่ปลูกแตกต่างกัน



รูปที่ 2.1 เครื่องขุดมันสำปะหลัง ที่มีฟันขุดรูปสามเหลี่ยม และติดตั้งที่ด้านหน้าของรถแทรกเตอร์

ศักดา อินทรชัย และรัชฎะ เกียรติวัฒน์ (2542) ได้พัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังสันตะเทือน (รูปที่ 2.2) ซึ่งใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 60 – 80 แรงม้า เป็นต้นกำลัง เครื่องขุดแบบนี้ ติดตั้งค้อนน้ำหนักรูปใบพัด ขนาดน้ำหนัก 35 ก.ก. หมุนด้วยความเร็วรอบ 540 รอบ/นาที ที่ด้านหลังของโครงเครื่องขุด ค้อนน้ำหนักรูปใบพัดนี้จะสร้างแรงสันตะเทือนที่ด้านหลังของเครื่องขุด ทำให้ลดแรงกดลากขณะทำงาน



รูปที่ 2.2 เครื่องขุดมันสำปะหลังสันตะเทือน

สมนึก ชูศิลป์ และเสรี วงศ์พิเชษฐ (2545) ได้ปรับปรุงเครื่องขุดมันสำปะหลังของศุกวัฒน์ ปากเมย (2540) ซึ่งออกแบบสำหรับติดตั้งที่ด้านหน้าของรถแทรกเตอร์ ให้มาติดตั้งทางด้านหลังของรถแทรกเตอร์ โดยวิธีการติดตั้งแบบ 3 จุด (รูปที่ 2.3) และพบว่าสามารถทำงานได้ดีในพื้นที่ที่ไม่มีวัชพืช

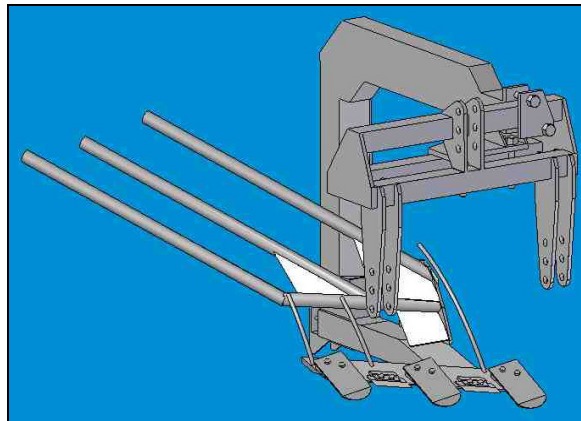




รูปที่ 2.3 เครื่องขุดมันสำปะหลังของศุภวัฒน์ ปากเมข (2540) ซึ่งสมนึก ชูศิลป์ และเสรี วงศ์พิเชษฐ (2545) ปรับปรุงให้สามารถติดตั้งที่ด้านหลังของรถแทรกเตอร์

เสรี วงศ์พิเชษฐ และสมนึก ชูศิลป์ (2548) ได้ศึกษาการพัฒนากระบวนการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังด้วยเครื่องขุดมันสำปะหลัง ซึ่งได้พัฒนาอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง มข. 46 (รูปที่ 2.4 - 2.5) เพื่อเพิ่มความสามารถในหัวมันสำปะหลัง ภายหลังจากขุดให้ออกจากแนวการขุดให้หมด เนื่องจากอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังที่เกษตรกรนิยมใช้ในช่วงเวลานั้น สามารถลำเลียงหัวมันสำปะหลังภายหลังจากขุดได้ไกลประมาณ 60-70 ซม. และยังมีหัวมันสำปะหลังตกค้างในแนวร่องขุดประมาณ 22-36% จึงต้องใช้แรงงานจำนวนมากคอยเก็บหัวมันสำปะหลังออกจากแนวร่องขุด เพื่อป้องกันมิให้ล้อรถแทรกเตอร์เหยียบหัวมันสำปะหลังเมื่อขุดแล้วผ่านไป ทำให้อุปกรณ์ขุดของเกษตรกรมีอัตราการทำงานต่ำมาก จากการทดสอบอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง มข. 46 ใน อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา พบว่า ซึ่งอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง มข.46 ที่พัฒนาขึ้นมา สามารถลำเลียงหัวมันสำปะหลังภายหลังจากขุดได้หมด ไม่มีหัวมันสำปะหลังตกค้างในแนวร่องขุด และลำเลียงหัวมันฯ ได้ไกลประมาณ 70-80 ซม. ทำให้สามารถเพิ่มอัตราการทำงานของอุปกรณ์ขุดฯ มาก เกษตรกรในพื้นที่ได้นำหลักการลำเลียงของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง มข.46 ไปปรับแต่งอุปกรณ์ขุดฯ ของตนเอง ทำให้สามารถลำเลียงหัวมันสำปะหลังภายหลังจากขุดได้หมด

อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง มข.46 เป็นอุปกรณ์ชนิดติดตั้งเข้ากับรถแทรกเตอร์ขนาด 65 แรงม้า โดยติดตั้งเข้ากับแทรกเตอร์แบบ 3 จุด ประกอบด้วย คานลาก โครง ซีลำนียง และใบมีดตัดดิน



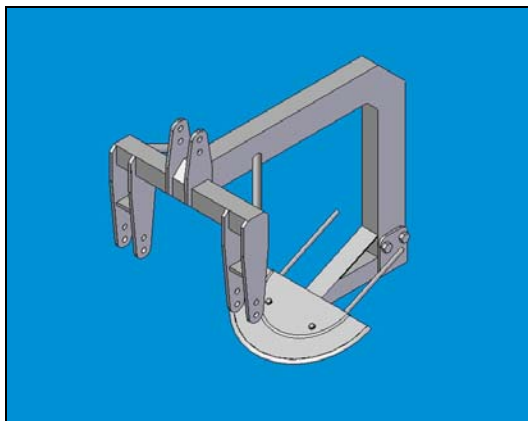
รูปที่ 2.4 อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง มข. 46 ซึ่งใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 65 แรงม้า เป็นต้นกำลัง



รูปที่ 2.5 ผลการทำงานของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง มข. 46

เชิดพงษ์ เชี่ยวชาญวัฒนา (2549) ได้พัฒนาอุปกรณ์ช่วยขนย้ายมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก เพื่อลดภาระงานหนักในขั้นตอนการขนหัวมันภายหลังการขุดขึ้นรถบรรทุก เพื่อนำหัวมันออกจากแปลงเก็บเกี่ยว อุปกรณ์ช่วยขนย้ายมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกมีลักษณะเป็นคานยก ใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 65 แรงม้าเป็นต้นกำลัง โดยติดตั้งเข้ากับแทรกเตอร์แบบ 3 จุด

เสรี วงศ์พิเชษฐ (2550) ได้พัฒนาอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง มข. 48 (รูปที่ 2.6 – 2.7) ซึ่งใช้รถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก (18-25 แรงม้า) เป็นต้นกำลัง โดยเป้าหมายให้สามารถใช้อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง ในแปลงปลูกที่มีระยะห่างระหว่างแถวตั้งแต่ 800 มม. ขึ้นไปได้ เนื่องจากอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังที่เกษตรกรนิยมใช้ในช่วงเวลานั้นสามารถทำงานได้ดีเฉพาะในแปลงปลูกที่มีระยะห่างระหว่างแถวตั้งแต่ 1,000 มม. ขึ้นไป ซึ่งเกิดจากการที่ใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 65 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ระยะห่างระหว่างล้อรถแทรกเตอร์ก่อให้เกิดข้อจำกัดดังกล่าว ดังนั้น จึงต้องพัฒนาอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังขึ้นใหม่ที่ใช้แรงจลุลากน้อยลง เพื่อให้สามารถใช้งานกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก (18-25 แรงม้า) ได้ ซึ่งรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กมีระยะห่างระหว่างล้อรถแทรกเตอร์แคบกว่า สามารถนำอุปกรณ์ขุดฯ เข้าไปทำงานในแปลงปลูกที่มีระยะห่างระหว่างแถวเพียง 800 มม. ได้



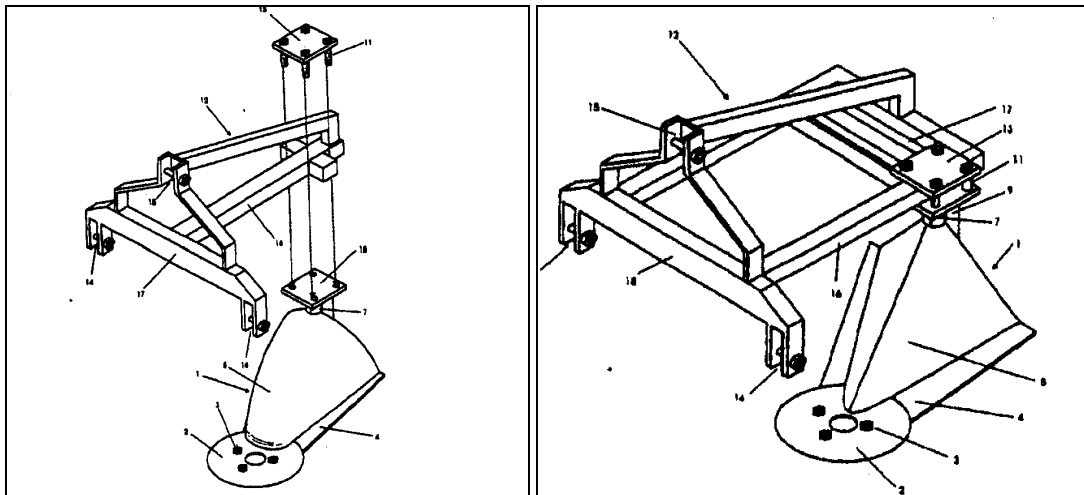
รูปที่ 2.6 อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง มข. 48 ซึ่งใช้รถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก (18-25 แรงม้า) เป็นต้นกำลัง



รูปที่ 2.7 ผลการทำงานของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง มช. 48

4.2) อุปกรณ์/เครื่องจักรกลเกษตรที่พัฒนาโดยโรงงานเครื่องจักรกลเกษตร เท่าที่ตรวจสอบพบ มีรายละเอียด ดังนี้

อัมพร ศรีชโขกร (2548) ได้พัฒนาอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังขึ้นมา 2 แบบ สำหรับติดตั้งกับรถแทรกเตอร์ 4 ล้อ ซึ่งปัจจุบันได้รับการจดทะเบียนการประดิษฐ์และออกอนุสิทธิบัตรเลขที่ 1625 และเลขที่ 1626



รูปที่ 2.6 อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังของ อัมพร ศรีชโขกร (2548) สองแบบ

อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังของบริษัทกิจการช่าง เป็นที่นิยมใช้กันมากในเขตจังหวัดนครราชสีมาและพื้นที่ใกล้เคียง เครื่องชนิดนี้ประกอบด้วย ชุดสลักพวง กาน โครงเสา และผานขุด โดยผานขุดใช้ผ่านงานประกอบกันเป็นรูปไฟดอกจิก ผานขุดมีขนาดความกว้าง 950 มม. ลักษณะการทำงานของเครื่อง จะต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาด 60-80

แรงม้า ผานขุดจะถูกลากและขุดจมลงไปบนดินตามแถวของมันสำปะหลัง จากนั้นหัวมันจะพุ่งผ่านผานขุดออกมากองอยู่บนพื้นดิน

ข้อจำกัดในการทำงานของอุปกรณ์ขุดฯ มักมีวัชพืชติดพันกับผานขุดและ โครงเสา ซึ่งทำให้ต้องหยุดรอสลายเวลาในการเอาวัชพืชออก เครื่องไม่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ต้องมีแรงงานคนเก็บหัวมันสำปะหลังออกจากร่องขุด เพื่อให้สามารถขุดแนวต่อไปได้

อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังของโรงงานพรสวรรค์การช่าง เป็นที่นิยมใช้กันมากในเขตจังหวัดกำแพงเพชรและพื้นที่ใกล้เคียง เครื่องมีรูปร่างและลักษณะคล้ายกับแบบอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังของบริษัทกิจการการช่าง ประกอบด้วย ชุดสลักพ่วง คาน โครงเสา และผานขุด โดยผานขุดใช้ผานจานประกอบเข้าทางด้านหน้า มีขนาดความกว้าง 560 มม. ลักษณะการใช้จะต่อพ่วงกับแทรกเตอร์ขนาด 60-80 แรงม้า ผานขุดจะถูกลากและขุดจมลงไปบนดินตามแถวของมันสำปะหลัง จากนั้นหัวมันจะพุ่งผ่านผานขุดออกมากองอยู่บนพื้นดิน

ข้อจำกัดในการทำงานของอุปกรณ์ขุดฯ มักมีวัชพืชติดพันกับผานขุดและ โครงเสา ซึ่งทำให้ต้องหยุดรอสลายเวลาในการเอาวัชพืชออก เครื่องไม่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ต้องมีแรงงานคนเก็บหัวมันสำปะหลังออกจากร่องขุด เพื่อให้สามารถขุดแนวต่อไปได้

อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังของโรงงานไค้เฮงหลีจักรกล เป็นที่นิยมใช้กันมากในเขตจังหวัดนครปฐม ราชบุรี การจนบุรีและพื้นที่ใกล้เคียง ประกอบด้วยสลักพ่วง คาน โครงเสา และผานขุด โดยผานขุดจะติดตั้งก่อนไปทางด้านซ้ายของโครงเสา ผานขุดใช้เหล็กสปริงจำนวน 3 ชิ้นติดทางด้านหน้าของผานขุด ลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ขุดฯ จะใช้ต่อพ่วงกับแทรกเตอร์ขนาด 60-80 แรงม้า โดยผานขุดมีขนาดความกว้าง 700 มม. ผานขุดจะถูกลากและขุดจมลงไปบนดินตามแถวของมันสำปะหลัง จากนั้นหัวมันจะพุ่งผ่านผานขุดออกมากองอยู่บนพื้นดิน โดยจะถูกผลักให้เคลื่อนตัวไปทางด้านซ้ายของการขุด

ข้อจำกัดในการทำงานของอุปกรณ์ขุดฯ มักมีวัชพืชติดพันกับผานขุดและ โครงเสา ซึ่งทำให้ต้องหยุดรอสลายเวลาในการเอาวัชพืชออก อุปกรณ์ขุดฯ ไม่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง เพราะไม่สามารถผลักหัวมันให้พ้นแนวการขุดของร่องได้ จึงต้องมีแรงงานคนเก็บหัวมันสำปะหลังออกจากร่องขุด และการควบคุมการขุดให้ตรงแถวมันสำปะหลังทำได้ยาก อีกทั้งการส่งหัวมันไปด้านซ้ายทำให้ผู้ขับไม่เคยชิน เหมือนกับการไถเตรียมดินที่ส่งออกด้านขวา

อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังของโรงงานจิตรกร โลหะการ เป็นที่นิยมใช้กันมากในเขตจังหวัดปราจีนบุรี สระแก้ว และพื้นที่ใกล้เคียง เครื่องประกอบด้วย ชุดสลักพ่วง คาน โครงเสา และผานขุด โดยผานขุดจะติดตั้งก่อนไปทางด้านขวาของโครงเสา ผานขุดใช้เหล็กสปริงจำนวน 3 ชิ้นติดทางด้านหน้าของผานขุด ลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ขุดฯ จะใช้ต่อพ่วงกับแทรกเตอร์ขนาด 60-80 แรงม้า โดยผานขุดมีขนาดความกว้าง 610 มม. ผานขุดจะถูกลากและขุดจมลงไปบนดินตามแถวของมันสำปะหลัง จากนั้นหัวมันจะพุ่งผ่านผานขุดออกมากองอยู่บนพื้นดิน โดยจะถูกผลักให้เคลื่อนตัวไปทางด้านข้างของการขุด

ข้อจำกัดในการทำงานของอุปกรณ์ขุดฯ มักมีวัชพืชติดพันกับผานขุดและ โครงเสา ซึ่งทำให้ต้องหยุดรอสลายเวลาในการเอาวัชพืชออก อุปกรณ์ขุดฯ ไม่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง เพราะไม่สามารถผลักหัวมันให้พ้นแนวการขุดของร่องได้ จึงต้องมีแรงงานคนเก็บหัวมันสำปะหลังออกจากร่องขุด และการควบคุมการขุดให้ตรงแถวมันสำปะหลังทำได้ยาก

อุปกรณ์ชุดมันสำปะหลังของโรงงาน โรงกลึงเลิศจักรกล เป็นที่นิยมใช้กันมากในเขตจังหวัดชลบุรี ระยองและพื้นที่ใกล้เคียง เครื่องประกอบด้วย ชุดสตั๊กพ่วง คาน โครงเสา และผานชุด โดยผานชุดจะติดตั้งก่อนไปทางด้านขวาของโครงเสา ผานชุดใช้เหล็กสปริงจำนวน 3 ชั้นติดทางด้านหน้าของผานชุด และมีโครงเสาเป็นรูปโค้ง และมีแผ่นลิ่มติดตั้งอยู่ตรงกลางของผานชุด ลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ชุดฯ จะใช้ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาด 60-80 แรงม้า ผานชุดมีขนาดความกว้าง 700 มม. ผานชุดจะถูกลากและชุดจมลงไปในดินตามแถวของมันสำปะหลัง จากนั้นหัวมันจะพุ่งผ่านผานชุดออกมากระทบแผ่นลิ่มแล้วกองอยู่บนพื้นดิน แล้วถูกผลักให้เคลื่อน ไปทางด้านขวาของการชุด

ข้อจำกัดในการทำงานของอุปกรณ์ชุดฯ มักมีวัชพืชติดพันกับผานชุดและ โครงเสา ซึ่งทำให้ต้องหยุดรถเสียเวลาในการเอาวัชพืชออก อุปกรณ์ชุดฯ ไม่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง เพราะไม่สามารถผลักหัวมันให้พื้นแนวการชุดของร่องได้ จึงต้องมีแรงงานคนเก็บหัวมันสำปะหลังออกจากร่องชุด และการควบคุมการชุดให้ตรงแถวมันสำปะหลังทำได้ยาก

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย การดำเนินการ 4 ขั้นตอน ดังนี้

#### 1) การศึกษาวิธีการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ที่เกษตรกรในพื้นที่เป้าหมาย นิยมปฏิบัติในปัจจุบัน

การศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ รวบรวมข้อมูลวิธีการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่เกษตรกรในพื้นที่เป้าหมาย นิยมปฏิบัติในปัจจุบัน เพื่อรวบรวมข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง โดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง

วิธีการศึกษา: รวบรวมข้อมูลพันธุ์มันสำปะหลังที่เกษตรกรนิยมปลูก และข้อมูลช่วงเวลาเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

และรวบรวมข้อมูลวิธีการเก็บเกี่ยวและจับเวลาอัตราการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังของเกษตรกร ในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้ง (ตามช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวที่ศึกษาข้างต้น) จากแปลงปลูกขนาดไม่ต่ำกว่า 1 ไร่/ซ้ำ จำนวน 2 ซ้ำ ในแต่ละฤดู

ค่าชี้ผลการศึกษา: อัตราการเก็บเกี่ยว (ไร่/คน-วัน), ความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวไม่หมด (%)

#### 2) การพัฒนาหลักการทำงานของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง

การศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาหลักการทำงานของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง โดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง

วิธีการศึกษา: ใช้วิธีการออกแบบอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง สร้าง ทดสอบความเป็นไปได้ในการทำงาน และปรับปรุง/พัฒนาการทำงานของอุปกรณ์ขุดฯ ตามปัญหาที่พบ จนได้หลักการทำงานของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง ที่มีศักยภาพในการทำงานขุดมันสำปะหลังได้ โดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง

ค่าชี้ผลการศึกษา: หลักการทำงานของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง ที่มีศักยภาพในการทำงาน

#### 3) การออกแบบ สร้าง และทดสอบความเป็นไปได้ในการทำงาน ของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง

การศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ออกแบบ สร้าง และทดสอบความเป็นไปได้ ของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง โดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง

วิธีการศึกษา: ออกแบบอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังฯ ตามผลการศึกษาจากข้อ 2 สร้าง และทดสอบการทำงาน ความเป็นไปได้ในการทำงาน ของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังที่ออกแบบ

ค่าชี้ผลการศึกษา: อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง โดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง (ต้นแบบ)

#### 4) การทดสอบและประเมินผล การทำงานของอุปกรณ์ชุดมันสำปะหลังที่พัฒนาขึ้นมา

การศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ เปรียบเทียบผลการชุดมันสำปะหลังด้วยอุปกรณ์ชุดมันสำปะหลังที่พัฒนาขึ้นมา กับผลการชุด/ถอนมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคน ซึ่งเป็นวิธีการที่เกษตรกรในพื้นที่เป้าหมายนิยมปฏิบัติในปัจจุบัน

วิธีการศึกษา: ทดสอบการชุดมันสำปะหลังด้วยอุปกรณ์ชุดมันสำปะหลังที่พัฒนาขึ้นมา และทดสอบการชุด/ถอนมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคนซึ่งเป็นวิธีการที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ โดยทดสอบแต่ละวิธีการเก็บเกี่ยว ในแปลงปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรขนาด 1 ไร่/ซ้ำ จำนวน 2 ซ้ำ ในช่วงเวลาเดียวกัน สภาพดิน 2 ชนิด

ค่าชี้ผลการศึกษา: อัตราการชุดมันสำปะหลัง (ไร่/คน-วัน), ความสูญเสียจากการชุดมันสำปะหลังไม่หมด (%)

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย และอภิปรายผล

#### 1) ผลการศึกษาวิธีการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ที่เกษตรกรในพื้นที่เป้าหมาย นิยมปฏิบัติในปัจจุบัน

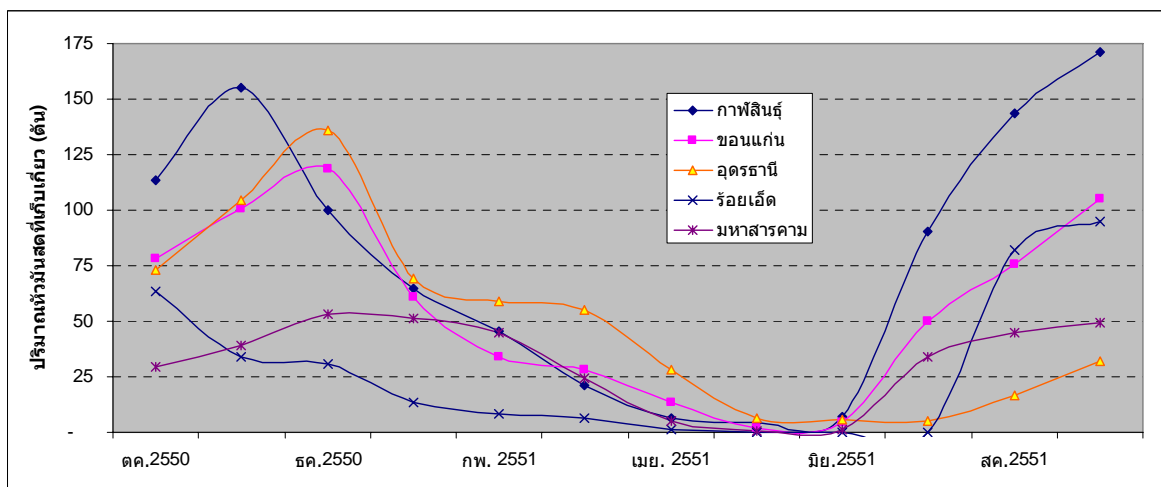
ผลการศึกษาการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในพื้นที่เป้าหมาย พบว่า เกษตรกรในพื้นที่ที่ศึกษา นิยมปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มากที่สุด โดยมีปริมาณผู้ปลูก 65 ถึง 86 % ของพื้นที่ทั้งหมด (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 พันธุ์มันสำปะหลังที่เกษตรกรนิยมปลูกในปี 2546<sup>1</sup>

พื้นที่	เกษตรศาสตร์ 50		ระยอง 5		ระยอง 72		ระยอง 90		พันธุ์อื่นๆ		รวม	
	จำนวน	%	จำนวน	%	จำนวน	%	จำนวน	%	จำนวน	%	จำนวน	%
กาฬสินธุ์	49	64.47	1	1.32	-	-	4	5.26	22	28.95	76	100
ขอนแก่น	74	70.48	31	29.52	-	-	-	-	-	-	105	100
อุดรธานี	66	77.65	17	20.00	-	-	-	-	2	2.35	85	100
ร้อยเอ็ด	30	71.43	-	-	1	2.38	7	16.67	4	9.52	42	100
มหาสารคาม	62	86.11	-	-	-	-	3	4.17	7	9.72	72	100

หมายเหตุ : 1) จาก กรมวิชาการเกษตรและกรมพัฒนาที่ดิน, 2548. ซึ่งเป็นข้อมูลจากการสอบถามเกษตรกร ณ จุดรับซื้อหัวมันสด

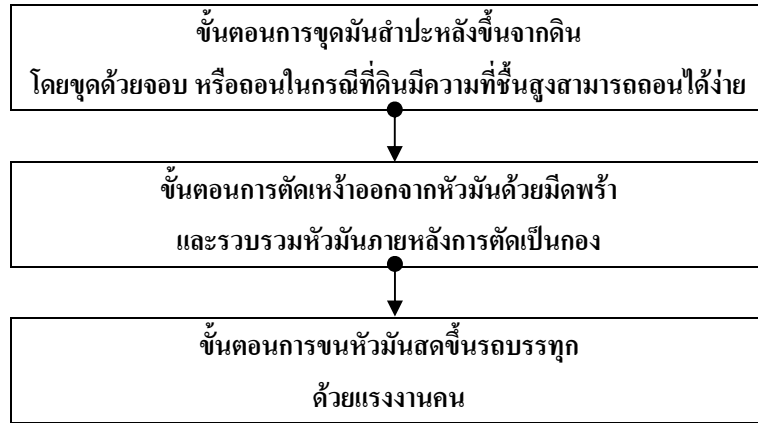
เมื่อพิจารณาปริมาณการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในแต่ละเดือน (รูปที่ 4.1) พบว่า เกษตรนิยมนิยมเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเป็นสองช่วงเวลา คือ ฤดูฝนในช่วงเดือน ส.ค.-พ.ย. และฤดูแล้งในช่วงเดือน ธ.ค.-ก.พ. และพบว่า เกษตรกรที่เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในฤดูแล้ง จะสนใจเครื่อง/อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง มากกว่าเกษตรกรเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในฤดูฝน เนื่องจากในฤดูแล้ง ดินมีความชื้นน้อย ค่อนข้างแข็ง ขุดยาก นอกจากนี้ค่าจ้างแรงงานยังมีราคาสูงและจัดหาแรงงานได้ยาก เนื่องจากช่วงเวลานี้ตรงกับฤดูเก็บเกี่ยวข้าวและอ้อย ซึ่งปลูกในพื้นที่เดียวกัน ไร่ใดก็ตาม มันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวในฤดูแล้งจะได้ราคาดีกว่ามันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวในฤดูฝนมาก ซึ่งเป็นแรงจูงใจสำคัญให้เกษตรกรจำนวนมากยังคงสนใจการเก็บเกี่ยวในฤดูแล้งในกรณีเกษตรกรสามารถจัดหาแรงงานได้เพียงพอ



รูปที่ 4.1 ปริมาณการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในช่วงเดือน ต.ค. 2550 - ก.ย. 2551 ของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์ ขอนแก่น อุดรธานี ร้อยเอ็ด และมหาสารคาม



ผลการศึกษาวิธีการเก็บเกี่ยวข้าวมันสำปะหลัง ที่เกษตรกรในพื้นที่เป้าหมายนิยมปฏิบัติในปัจจุบัน พบว่า เกษตรกรเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคน และสามารถแบ่งการดำเนินการออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังแผนผังต่อไปนี้



การจัดการกิจกรรมการเก็บเกี่ยวโดยทั่วไป เกษตรกรจะแบ่งแรงงานออกเป็น 3 กลุ่ม (รูปที่ 4.2 – 4.4) เพื่อทำหน้าที่ในแต่ละขั้นตอนดังนี้

แรงงานชุดที่ 1: ทำหน้าที่ขุดมันสำปะหลังทั้งต้นขึ้นจากดินด้วยจอบและวางรายตามแถว

แรงงานชุดที่ 2: ทำหน้าที่ตัดหัวมันออกจากต้น และรวมกองหัวมันภายหลังการตัด โดยเป็นการรวมกองหัวมันภายในแถว

แรงงานชุดที่ 3: ทำหน้าที่นำหัวมันใส่เข่ง และขนขึ้นไปบนรถบรรทุกซึ่งวิ่งเข้ามาภายในแปลง แล้ววนไปตามแถวแต่ละแถว

ผลการศึกษาอัตราการทำงานในแต่ละขั้นตอนของการเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 4.2) พบว่า แต่ละขั้นตอนมีอัตราการทำงานแตกต่างกัน โดยเฉพาะขั้นตอนการขุดมีอัตราการทำงานช้าที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการทำงานของขั้นตอนที่เหลือ

และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเก็บเกี่ยวในฤดูแล้งกับการเก็บเกี่ยวในฤดูฝน อาจกล่าวได้ว่า อัตราการทำงานในขั้นตอนการตัดเหง้า-รวมกอง และขั้นตอนการขนขึ้นรถบรรทุก มีค่าใกล้เคียงกัน แต่อัตราการทำงานในขั้นตอนการขุดมันสำปะหลัง ในฤดูแล้งกับฤดูฝน มีความแตกต่างกันอย่างเด่นชัด

ดังนั้น เพื่อให้งานในแต่ละขั้นตอนมีอัตราการทำงานที่สอดคล้องกันระหว่างการเก็บเกี่ยว เกษตรกรจะนิยมแบ่งแรงงานส่วนใหญ่ไปทำงานในขั้นตอนการขุด ซึ่งผลการวิเคราะห์ความต้องการแรงงานในแต่ละขั้นตอน (รูปที่ 4.5) พบว่า กิจกรรมในขั้นตอนการขุดมันสำปะหลังขึ้นจากดิน ต้องการแรงงานถึง 45 % ของความต้องการแรงงานทั้งหมดเมื่อเก็บเกี่ยวในฤดูฝน และต้องการแรงงานเพิ่มเป็น 71 % ของความต้องการแรงงานทั้งหมด เมื่อเก็บเกี่ยวในฤดูแล้ง ทั้งนี้เนื่องจากดินในฤดูแล้งค่อนข้างแข็ง ขุดมันสำปะหลังค่อนข้างยาก อาจกล่าวได้ว่า ค่าใช้จ่ายด้านแรงงานเก็บเกี่ยวส่วนใหญ่เป็นค่าใช้จ่ายของการขุด โดยเฉพาะเมื่อเก็บเกี่ยวในฤดูแล้ง



รูปที่ 4.2 กิจกรรมการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง: การขุด



รูปที่ 4.3 กิจกรรมการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง: การตัดเหง้าและรวมกอง



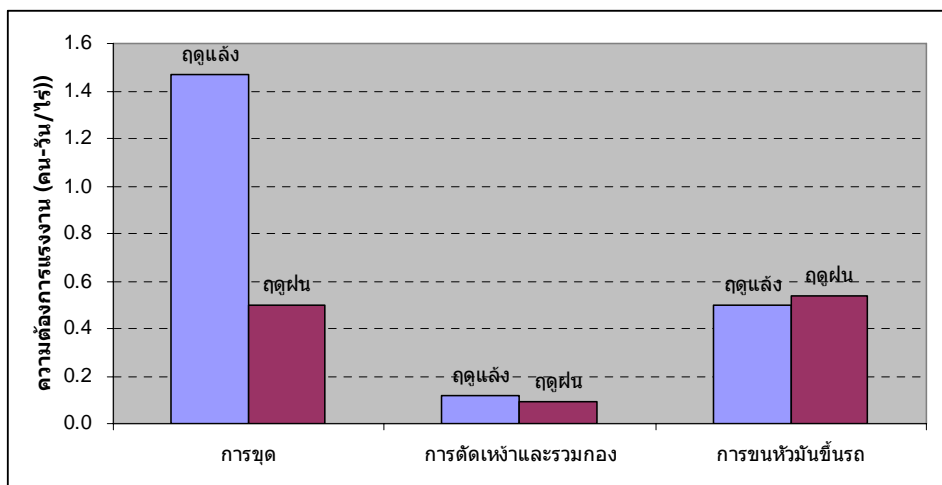
รูปที่ 4.4 กิจกรรมการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง: การขนหัวมันขึ้นรถ

ตารางที่ 4.2 ผลการศึกษาอัตราการทำงานของแต่ละขั้นตอนการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ตามวิธีที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ

อัตราการทำงานโดยเฉลี่ย ในแต่ละขั้นตอน	การเก็บเกี่ยวใน ฤดูแล้ง <sup>1)</sup>	การเก็บเกี่ยวใน ฤดูฝน <sup>2)</sup>
ขั้นตอนการขุด (ไร่/คน-วัน)	0.68	2.02
ขั้นตอนการตัดเหง้าและรวมกอง (ไร่/คน-วัน)	8.64	11.07
ขั้นตอนการขนหัวมันขึ้นรถ (ไร่/คน-วัน)	2.01	1.87

หมายเหตุ : 1) ฤดูแล้ง เป็นข้อมูลการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรกรศาสตร์ 50 ในพื้นที่ดินร่วนปนทราย ขนาด 2 ไร่ ซึ่งมีผลผลิต 3,145 กก./ไร่ และทำการเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม ณ จังหวัดขอนแก่น โดยใช้แรงงาน 9 คน

2) ฤดูฝน เป็นข้อมูลการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรกรศาสตร์ 50 ในพื้นที่ดินร่วนปนทราย ขนาด 5 ไร่ ซึ่งมีผลผลิต 2,582 กก./ไร่ และทำการเก็บเกี่ยวในเดือนสิงหาคม ณ จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยใช้แรงงาน 16 คน



รูปที่ 4.5 ความต้องการแรงงานในแต่ละขั้นตอนของการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ตามวิธีที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ

ผลการศึกษาความสามารถในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังโดยภาพรวม (ตารางที่ 4.3) การเก็บเกี่ยวในฤดูแล้งจะมีอัตราการทำงานต่ำกว่าการเก็บเกี่ยวในฤดูฝนถึง 45% ซึ่งสื่อถึงค่าใช้จ่ายด้านแรงงานที่สูงกว่าเกือบเท่าตัว นอกจากนี้ยังมีความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวไม่หมด ยังสูงกว่าการเก็บเกี่ยวในฤดูฝน และยังพบว่า เกษตรกรที่เก็บเกี่ยวในฤดูแล้ง จะสนใจอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง มากกว่าเกษตรกรที่เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในฤดูฝน

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง โดยภาพรวม

ความสามารถในการเก็บเกี่ยว <sup>1)</sup>	ฤดูแล้ง <sup>2)</sup>	ฤดูฝน <sup>3)</sup>
อัตราการเก็บเกี่ยวโดยเฉลี่ย (ไร่/คน-วัน)	0.48	0.89
ความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวไม่หมดโดยเฉลี่ย (%)	7.23	6.81

หมายเหตุ : 1) กิจกรรมการเก็บเกี่ยว ประกอบด้วย การขุด การตัดเหง้าและรวมกอง และการขนขึ้นรถ

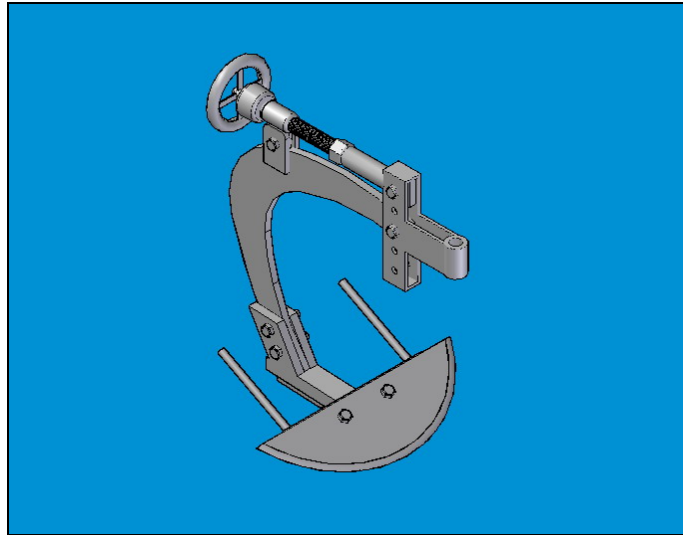
2) ฤดูแล้ง เป็นข้อมูลการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรกรศาสตร์ 50 ในพื้นที่ดินร่วนปนทราย ขนาด 2 ไร่ มีผลผลิต 3,145 กก./ไร่ ซึ่งทำการเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม ณ จังหวัดขอนแก่น โดยใช้แรงงานจำนวน 9 คน

3) ฤดูฝน เป็นข้อมูลการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรกรศาสตร์ 50 ในพื้นที่ดินร่วนปนทราย ขนาด 5 ไร่ มีผลผลิต 2,582 กก./ไร่ ซึ่งทำการเก็บเกี่ยวในเดือนสิงหาคม ณ จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยใช้แรงงานจำนวน 16 คน

## 2) ผลการพัฒนาหลักการการทำงานของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง

หลักการการทำงานของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังที่เลือกใช้ครั้งแรก เป็นหลักการขุด โดยใช้ผลขุดทำหน้าที่ตัดดินที่ด้านล่างของเหง้ามันสำปะหลังทั้งหมด แล้วยกเหง้ามันสำปะหลังขึ้นมาวางบนผิวดิน (รูปที่ 4.6) ผลขุดมีหน้ากว้างประมาณ 50 ซม. ซึ่งมีขนาดเท่ากับรัศมีการแผ่ของเหง้ามันสำปะหลัง หลักการนี้เป็นหลักการทำงานแบบเดียวกับที่ใช้ในอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังแบบใช้รถแทรกเตอร์สี่ล้อเป็นต้นกำลัง

ผลการทดสอบความเป็นไปได้ในการทำงาน พบว่า ปัญหาหลักประการแรกที่พบ คือ เหง้ามันภายหลังการขุดจะเคลื่อนที่มาปะทะกับโครงของอุปกรณ์ขุด และเหง้ามันซึ่งมีหัวมันติด โดยรอบคล้ายหวีจะเสียบและขัดติดที่โครงของอุปกรณ์ขุด ทำให้เกิดแรงต้านทานการเคลื่อนที่มากขึ้น จนรถไถเดินตามไม่สามารถเคลื่อนที่ต่อไปได้ ผู้ควบคุมรถไถต้องหยุดดึงเหง้ามันออกจากโครงฯ เป็นระยะ ๆ (รูปที่ 4.7)



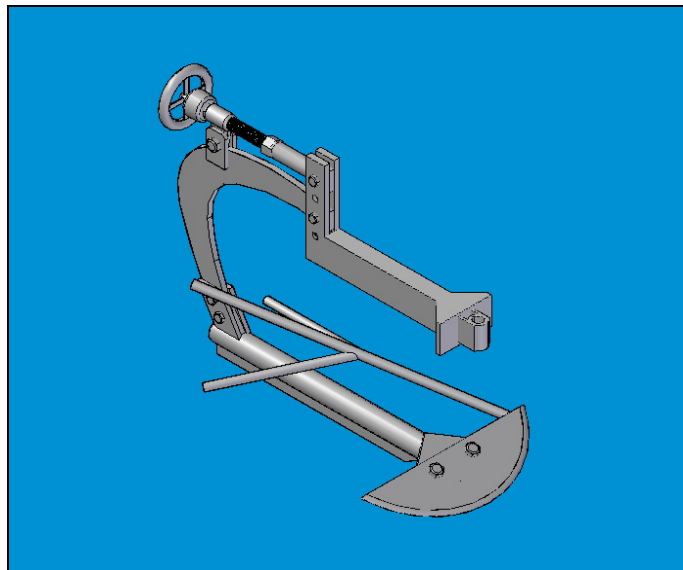
รูปที่ 4.6 อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังโดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง รูปแบบที่ 1



รูปที่ 4.7 ลักษณะที่เหง้ามันภายหลังการขุด มักเคลื่อนที่มาขัดติดที่โครงของอุปกรณ์ขุด (ซ้าย)  
ต้องหยุดดึงเหง้ามันออกจากโครงฯ จึงจะเคลื่อนที่ต่อไปได้ (ขวา)

จากปัญหาเหมืองน้ำส้มสายชูหลังมักขัดติดที่โครงของอุปกรณ์ชุดฯ ดังกล่าวข้างต้น จึงปรับปรุงอุปกรณ์ชุดน้ำส้มสายชู โดยออกแบบใหม่ (รูปที่ 4.8) ให้โครงของอุปกรณ์ชุดฯ มีความสูงเพิ่มขึ้น ออกแบบฐานรองรับผลขาดให้ยาวมากขึ้นเพื่อทำงานร่วมกับกลไกสำหรับผลักให้เหมืองน้ำส้มสายชู เคลื่อนที่เบี่ยงไปทางด้านข้าง ระหว่างที่เหมืองถูกยกขึ้นสูงผิวดิน

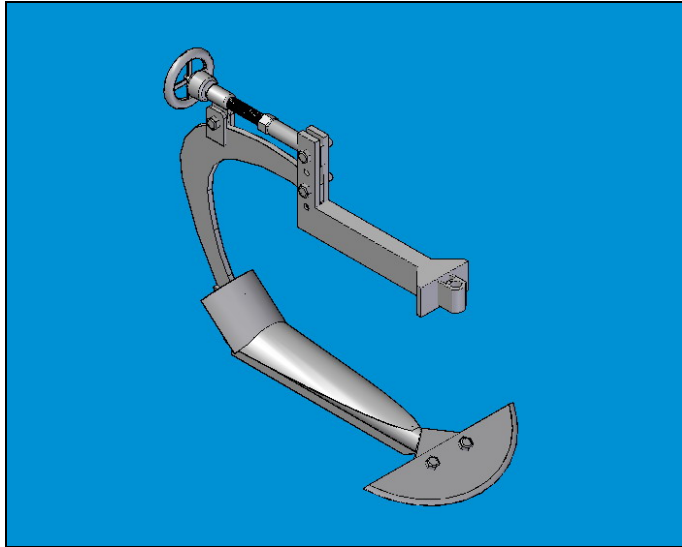
และผลการทดสอบความเป็นไปได้ในการทำงาน พบว่า สามารถลดความถี่ในการเกิดปัญหาเหมืองน้ำส้มสายชูที่โครงฯ ได้ แต่เกิดปัญหาหลักปัญหาใหม่ คือ ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ชุดฯ ก่อนข้างยาก เนื่องจากเกิดแรงผลักด้านข้างที่โครงฯ สืบเนื่องจากแรงที่เหมืองน้ำส้มสายชู กระทำต่อกลไกสำหรับเบี่ยงทิศทางการเคลื่อนที่ของเหมืองน้ำส้ม ทำให้ผู้ควบคุมรถไถต้องใช้กำลังมากในการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ชุดฯ ให้ตรงกับแถวของน้ำส้มสายชู ผู้ควบคุมรถไถจึงเหนื่อยง่าย ไม่สามารถทำงานต่อเนื่องเป็นเวลานาน



รูปที่ 4.8 อุปกรณ์ชุดน้ำส้มสายชู โดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง รูปแบบที่ 2

ดังนั้น จึงปรับปรุงอุปกรณ์ชุดน้ำส้มสายชูรูปแบบที่ 2 โดยนำกลไกสำหรับผลักให้เหมืองน้ำส้มเคลื่อนที่เบี่ยงไปทางด้านข้าง ออกจากอุปกรณ์ชุดฯ และปรับปรุงฐานรองรับผลขาดให้มีขนาดใหญ่ในลักษณะคล้ายกรวยผ่าครึ่ง (รูปที่ 4.9)

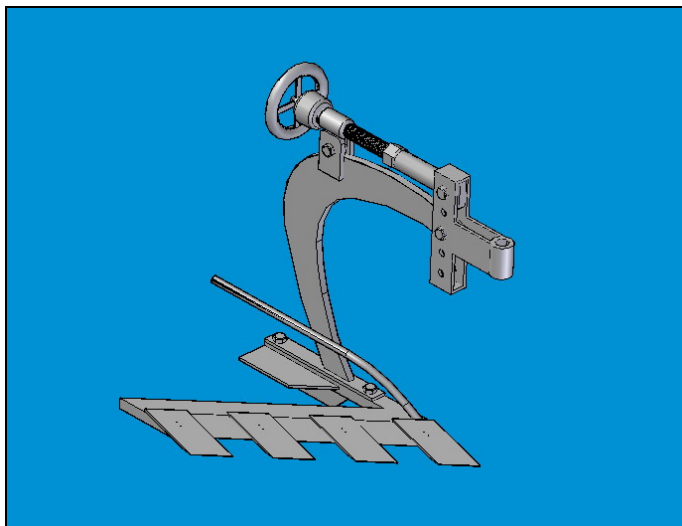
ซึ่งผลการทดสอบความเป็นไปได้ในการทำงานของอุปกรณ์ชุดรูปแบบที่ 3 พบว่า สามารถควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ชุดฯ ให้ตรงกับแถวน้ำส้มสายชูได้ง่ายขึ้น เช่นเดียวกับอุปกรณ์ชุดรูปแบบที่ 1 แต่เกิดปัญหาหลักปัญหาใหม่ คือ ควบคุมความลึกของการขุดได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากออกแบบให้ฐานรองรับผลขาดค่อนข้างยาว ทำให้ต้องรองรับดินภายหลังการขุดเป็นจำนวนมากก่อนที่ดินจะเคลื่อนที่ถึงโครงฯ ที่วางตัวในแนวตั้ง น้ำหนักของดินภายหลังการขุดรวมกับน้ำหนักเหมืองน้ำส้ม จึงมีค่าสูงมาก และกดให้อุปกรณ์ชุดฯ มุดดินลงลึกตลอดเวลา ทำให้ผู้ควบคุมรถไถรู้สึกว่าการควบคุมความลึกของการขุดได้ค่อนข้างยาก ต้องคอยยกอุปกรณ์ชุดฯ ตลอดเวลาที่ทำงาน



รูปที่ 4.9 อุปกรณ์ขูดมันสำปะหลัง โดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง รูปแบบที่ 3

จากผลการทดสอบความเป็นไปได้ในการทำงานของอุปกรณ์ขูดรูปแบบที่ 1 - 3 จึงรวบรวมปัญหาที่พบและออกแบบอุปกรณ์ขูดใหม่ (รูปที่ 4.10) โดยวางตำแหน่งของ โครงงาให้ตั้งเอียงไปทางด้านข้างของผลาขูดร่วมกับการติดตั้งกลไกผลักเหง้ามันให้เคลื่อนที่เบี่ยงออกโครงงา เพื่อให้ดินและเหง้ามันภายหลังการขูดสามารถเคลื่อนที่ออกพ้นแนวของโครงงา และสามารถลดน้ำหนักที่กดลงบนผลา เพื่อให้สามารถควบคุมความลึกของการขูดได้ง่ายขึ้น

ซึ่งผลการทดสอบความเป็นไปได้ในการทำงานของอุปกรณ์ขูดรูปแบบที่ 4 พบว่า สามารถลดปัญหาเหง้ามันขัดติดโครงงา รวมทั้งสามารถควบคุมความลึกระหว่างการขูดได้ง่ายขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทำงานของอุปกรณ์ขูดรูปแบบที่ 1-3 อย่างไรก็ตาม เมื่อทดลองใช้งานเป็นเวลายาวนานขึ้น พบว่า ผู้ควบคุมรถไถยังคงต้องใช้กำลังค่อนข้างมากในการควบคุมการทำงาน เหนืออย่าง จึงไม่สามารถทำงานต่อเนื่องเป็นเวลานาน ๆ



รูปที่ 4.10 อุปกรณ์ขูดมันสำปะหลัง โดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง รูปแบบที่ 4

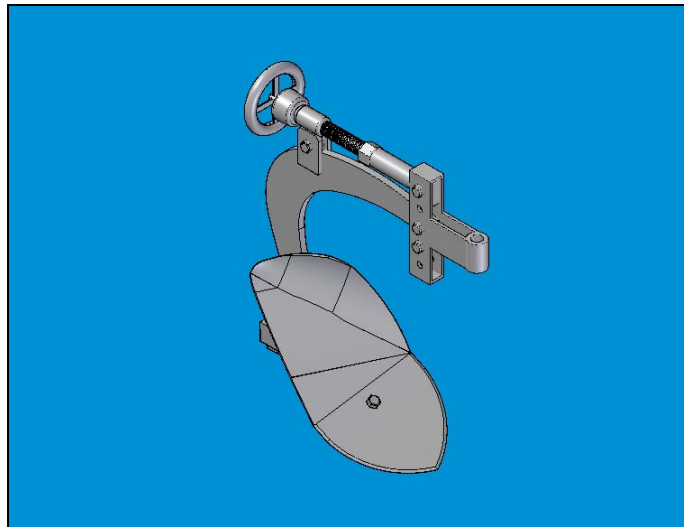
จากผลการทดสอบความเป็นไปได้ในการทำงานของอุปกรณ์ขูดรูปแบบที่ 4 อาจตั้งข้อสังเกตได้ว่า หลักการขูดโดยที่ใช้ผลาขูดตัดดินที่ด้านล่างของเหง้ามันสำปะหลังทั้งหมด ไม่เหมาะสมสำหรับกรณีที่ใช้ต้นกำลังขนาดเล็กเช่นรถ

ไถเดินตาม เนื่องจากการตัดดินที่หน้ากว้างประมาณ 50 ซม. ต้องใช้กำลังค่อนข้างมาก จึงเหลือกำลังเพียงเล็กน้อยสำหรับการยกหม้อน้ำสำหรับหลังขึ้นมาจากบนผิวดิน รวมถึงการพลิกหม้อน้ำให้เคลื่อนที่เบี่ยงออกโครงสร้างอุปกรณ์ชุดฯ สภาพดังกล่าวทำให้การควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่และการควบคุมความลึกในการขุด กระทำได้ค่อนข้างยาก ผู้ควบคุมรถไถต้องใช้กำลังมาก ส่งผลให้เหนื่อยง่าย ไม่สามารถทำงานต่อเนื่องเป็นเวลานาน ๆ การที่ผลการทดสอบความเป็นไปได้ในการทำงานของอุปกรณ์ชุดรูปแบบที่ 1-3 ที่ผ่านมา ยังไม่พบปัญหาดังกล่าวอย่างเด่นชัด เนื่องจากการทดสอบในช่วงเวลาสั้น ๆ

ดังนั้น จึงปรับปรุงหลักการทำงานของอุปกรณ์ชุด โดยใช้หลักการทำงานแบบกึ่งขุดและกึ่งถอน โดยใช้ผลขุดทำหน้าที่ตัดดินที่ด้านล่างของหม้อน้ำสำหรับหลังเพียงบางส่วน แล้วยกหม้อน้ำสำหรับหลังขึ้นมาจากบนผิวดิน ซึ่งระหว่างที่ยกหม้อน้ำขึ้นสู่ผิวดิน จะมีการทำงานในลักษณะของการถอนหม้อน้ำขึ้นจากดิน

อุปกรณ์ชุดหม้อน้ำสำหรับหลังใหม่ที่ออกแบบใหม่ เป็นอุปกรณ์ชุดรูปแบบที่ 5 (รูปที่ 4.11) โดยลดหน้ากว้างของการขุด และวางตำแหน่งของ โครงงฯ ให้ตั้งเอียงไปทางด้านข้างของกึ่งกลางหม้อน้ำเล็กน้อย ซึ่งลักษณะโดยรวม ๆ จะมีลักษณะคล้ายไถหัวหมูแบบเอเชีย ซึ่งเกษตรกรโดยทั่วไปใช้ในการเตรียมดิน

ผลการทดสอบความเป็นไปได้ในการทำงานของอุปกรณ์ชุดรูปแบบที่ 5 พบว่า สามารถทำงานได้ง่ายกว่าอุปกรณ์ชุดรูปแบบที่ 4 ทั้งในประเด็นของการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ การควบคุมความลึกระหว่างการขุด และไม่พบปัญหาหม้อน้ำขุดติดที่โครงของอุปกรณ์ชุดฯ ระหว่างการทำงาน

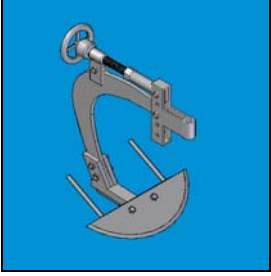
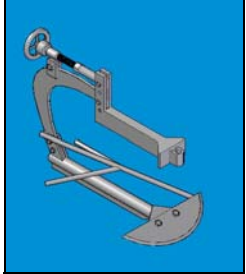
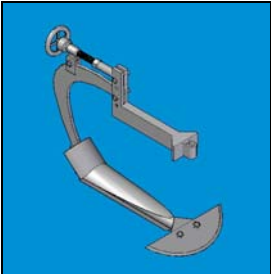
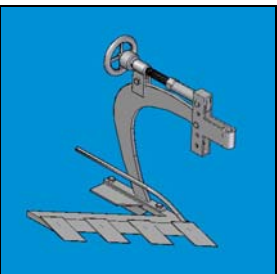
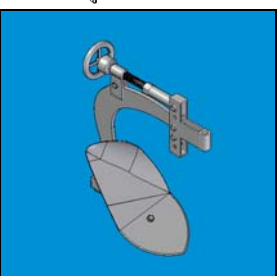


รูปที่ 4.11 อุปกรณ์ชุดหม้อน้ำสำหรับหลังโดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง รูปแบบที่ 5

ดังนั้น อุปกรณ์ชุดหม้อน้ำสำหรับหลังโดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง ที่จะพัฒนาขึ้นมาใช้งานในโครงการนี้ จึงเลือกใช้หลักการทำงานแบบกึ่งขุดและกึ่งถอน ตามรูปแบบที่ 5 โดยใช้ผลขุดทำหน้าที่ตัดดินที่ด้านล่างของหม้อน้ำสำหรับหลังด้วยการตัดดินเพียงบางส่วน แล้วยกหม้อน้ำสำหรับหลังขึ้นมาจากบนผิวดิน ซึ่งระหว่างที่ยกหม้อน้ำขึ้นสู่ผิวดิน จะมีการทำงานในลักษณะของการถอนหม้อน้ำขึ้นจากดินที่ไม่ถูกตัด

สำหรับผลการทดสอบความเป็นไปได้ในการทำงานของอุปกรณ์ชุดรูปแบบที่ 1-5 ดังกล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สรุปผลการทดสอบความเป็นไปได้ในการทำงาน ของอุปกรณ์ชุดมันสำปะหลังที่ใช้ในการศึกษาเพื่อพัฒนาหลักการทำงาน

อุปกรณ์ชุดฯ	การควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่	การควบคุมความลึกของการขุด	อื่น ๆ	ความเป็นไปได้ของการทำงาน
รูปแบบที่ 1 	ยังไม่พบปัญหาที่เด่นชัด	ยังไม่พบปัญหาที่เด่นชัด	เหง้ามันภายหลังการขุดมักเคลื่อนที่มาขั้วคืดที่โครงของเครื่องขุด จึงต้องหยุดดึงเหง้ามันออกจากโครงฯ เป็นระยะ ๆ	ไม่เหมาะสม
รูปแบบที่ 2 	ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ ค่อนข้างยาก ทำให้ผู้ควบคุมรถไถ ต้องใช้กำลังมาก เหนื่อยง่าย ไม่สามารถทำงานเป็นเวลาดู่นาน ๆ	ค่อนข้างยาก	พบปัญหา เหง้ามันภายหลังการขุด เช่นที่พบในรูปแบบที่ 1 แต่พบน้อยกว่า	ไม่เหมาะสม
รูปแบบที่ 3 	ยังไม่พบปัญหาที่เด่นชัด	ควบคุมความลึกของการขุดค่อนข้างยาก ทำให้ผู้ควบคุมรถไถ ต้องใช้กำลังมาก เหนื่อยง่าย ไม่สามารถทำงานต่อเนื่องเป็นเวลานาน ๆ	ไม่พบปัญหาการขั้วคืดโครงฯของเหง้ามันภายหลังการขุด เช่นที่พบในรูปแบบที่ 1-2	ไม่เหมาะสม
รูปแบบที่ 4 	ยังไม่พบปัญหาที่เด่นชัด	ยังไม่พบปัญหาที่เด่นชัด	ไม่พบปัญหาการขั้วคืดโครงฯของเหง้ามัน แต่เมื่อทดลองใช้งานเป็นเวลายาวนานขึ้น พบว่าผู้ควบคุมรถไถ ค่อนข้างเหนื่อยง่าย ไม่สามารถทำงานต่อเนื่องได้นาน	พอจะเป็นไปได้
รูปแบบที่ 5 	ไม่พบปัญหาที่เด่นชัด	ไม่พบปัญหาที่เด่นชัด	ไม่พบปัญหาการขั้วคืดของเหง้ามันภายหลังการขุด และเมื่อทดลองใช้งานเป็นเวลายาวนานขึ้น พบว่าผู้ควบคุมรถไถ สามารถทำงานได้นานเช่นเดียวกับการใช้งานไถหัวหมูทั่วไป	เป็นไปได้



### 3) ผลการออกแบบ สร้าง และทดสอบความเป็นไปได้ในการทำงาน ของอุปกรณ์ชุดมันสำปะหลัง

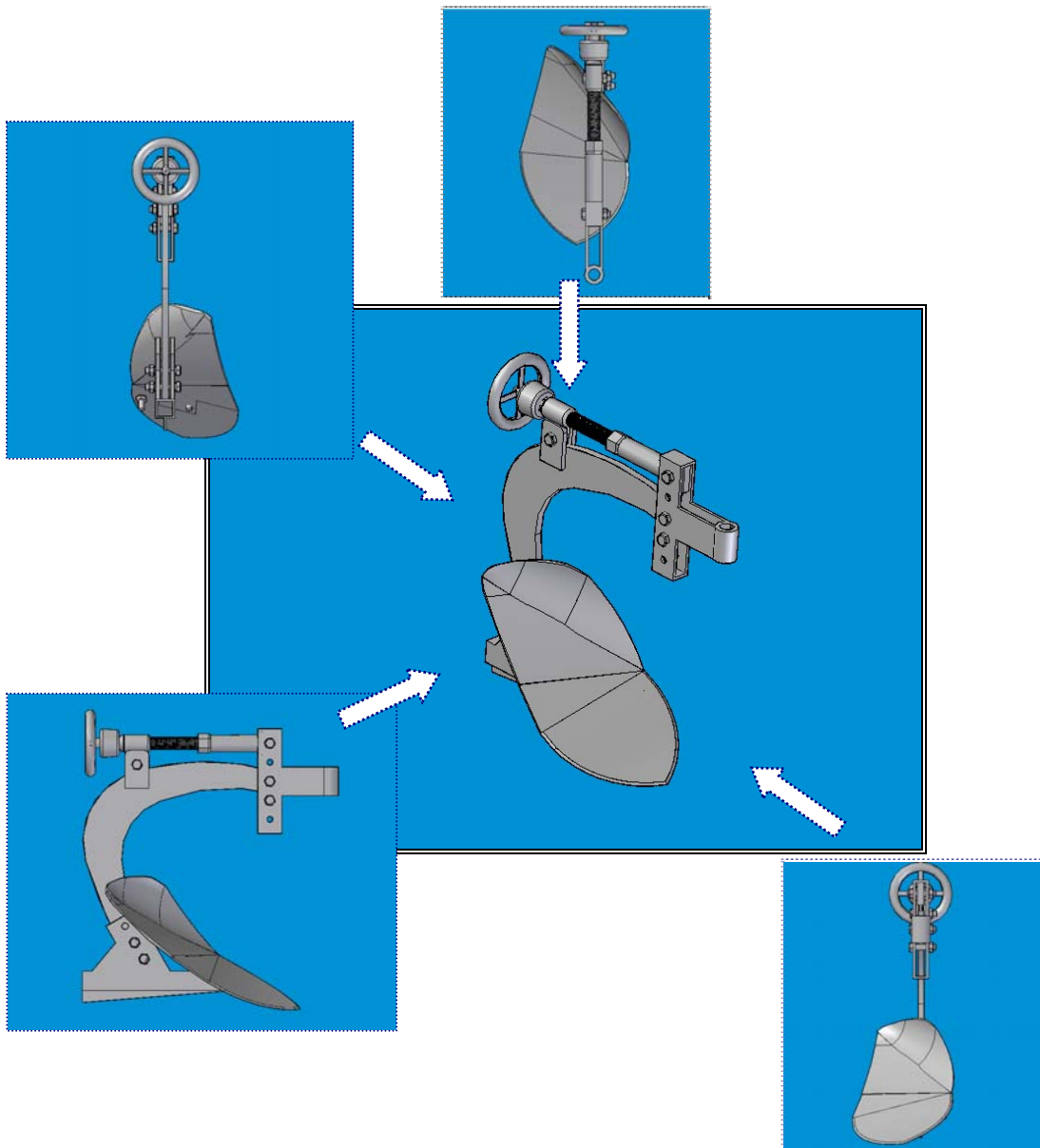
จากผลการศึกษาเพื่อพัฒนาหลักการทำงานของอุปกรณ์ชุดมันสำปะหลัง (ข้อ 2) ได้เลือกใช้หลักการทำงานของอุปกรณ์ชุดมันสำปะหลังรูปแบบที่ 5 ในหัวข้อนี้ได้ทำการออกแบบรายละเอียดจำเพาะของส่วนประกอบแต่ละส่วน ดังรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.12 ซึ่งส่วนประกอบทั้งหมดจะติดตั้งบนโครงฯ ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับโครงของไถหัวหมูแบบเอเชีย

ตารางที่ 4.5 ผลการออกแบบอุปกรณ์ชุดมันสำปะหลัง โดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง

ส่วนประกอบของอุปกรณ์ชุดฯ	รายละเอียด
<b>ผลผลิต</b>	
หน้าที่ของผลผลิต	ผลผลิตทำหน้าที่ตัดดินใต้เหง้ามันสำปะหลัง โดยมีหน้ากว้างการตัดกับความกว้างของผล และทำหน้าที่ยกเหง้ามันสำปะหลังภายหลังการขุดขึ้นตามความลาดเอียงของผล ไปวางบนผิวดิน
ลักษณะของผลผลิต	เป็นรูปสามเหลี่ยมคล้ายผลหัวหมูแบบเอเชีย โดยมีความกว้าง (ขนาดของฐานสามเหลี่ยม) 210 ม.ม. และยาว (ความสูงของสามเหลี่ยม) 230 ม.ม.
ตำแหน่งของผลผลิต	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ทำมุม 20 องศากับพื้นราบ เมื่อมองด้านข้างผล ในแนวตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่</li> <li>● และทำมุม 23 องศากับแนวตั้ง เมื่อมองด้านหลังผล ตามทิศทางการเคลื่อนที่</li> <li>● ผลผลิตจะถูกติดตั้งเข้าโครงฯ โดยติดตั้งที่ตำแหน่ง ¼ ของความกว้างของผล</li> </ul>
<b>ใบลำเลียง</b>	
หน้าที่ของใบลำเลียง	ใบลำเลียงทำหน้าที่รับเหง้ามันสำปะหลังต่อจากผลผลิต และลำเลียงไปวางบนผิวดิน นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เบี่ยงทิศทางการเคลื่อนที่ของเหง้ามันไม่ให้ปะทะเข้ากับโครงของอุปกรณ์ชุด
ลักษณะของใบลำเลียง	เป็นแผ่นคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยมีขนาดของฐานกว้าง 210 ม.ม. และยาว 380 ม.ม. ใบลำเลียงจะถูกติดตั้งใ้ตามแนวทแยง
ตำแหน่งของใบลำเลียง	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ทำมุม 20 องศากับพื้นราบ เมื่อมองด้านข้างในแนวตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่</li> <li>● แนวทแยงทำมุม 35 องศากับแนวตั้ง เมื่อมองด้านบนผล ในแนวตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่</li> <li>● ใบลำเลียงจะถูกติดตั้งเชื่อมต่อจากผลผลิตเป็นแผ่นเดียวกัน โดยขอบของแผ่นโค้งอยู่ห่างจากโครงฯ 50 ม.ม.</li> </ul>
<b>ฐานรองรับผลผลิตและใบลำเลียง</b>	
หน้าที่ของฐานรองรับฯ	ฐานรองรับฯ ทำหน้าที่ยึดผลผลิตและใบลำเลียงให้อยู่ในตำแหน่งที่ออกแบบไว้และทำหน้าที่ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ระหว่างการทำงาน รวมทั้งควบคุมความลึกของการขุดระหว่างการทำงาน โดยเป็นตัวกลางในการถ่ายเทแรงที่กระทำต่อผลผลิต

ตารางที่ 4.5 ผลการออกแบบอุปกรณ์ชุดมันสำปะหลัง โดยใช้ธำโหดินตามเป็นต้นกำลัง

ส่วนประกอบของอุปกรณ์ชุดฯ	รายละเอียด
	และใบลำเลียง เพื่อส่งต่อไปแก่พื้นดิน
ลักษณะของฐานรองรับฯ	เป็นแท่งเหล็กรูปกล่อง โดยมีขนาดของฐานรูปกล่อง 40x40 ม.ม. และยาว 500 ม.ม. ที่ด้านใต้ฐานติดตั้งเหล็กแผ่นรูปสามเหลี่ยมขาตรง โดยมีความกว้าง (ขนาดของฐานสามเหลี่ยม) 40 ม.ม. และยาว (ความสูงของสามเหลี่ยม) 350 ม.ม.
ตำแหน่งของฐานรองรับฯ	<ul style="list-style-type: none"> <li>● อยู่ด้านล่างของพลาซุดและใบลำเลียง วางตัวขนานกับทิศทางการเคลื่อนที่ เมื่อมองด้านหลังฐานรองรับฯ ตามทิศทางการเคลื่อนที่</li> <li>● ปลายของฐานรองรับฯ เชื่อมต่อโครงของอุปกรณ์ชุด</li> </ul>



รูปที่ 4.12 อุปกรณ์ชุดมันสำปะหลังที่พัฒนาขึ้นมา (รูปกลาง) เมื่อมองในทิศทางต่าง ๆ (รูปในกรอบเส้นประ)

อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังที่สร้างตามผลการออกแบบดังกล่าวข้างต้น (ตารางที่ 4.5) ถูกนำไปทดสอบเพื่อตรวจสอบการทำงาน ในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกร (รูปที่ 4.13) พบว่า สามารถทำงานได้ดี สามารถขุดและยกเหง้ามันขึ้นวางบนผิวดินได้เป็นอย่างดีตามเป้าหมายของการออกแบบ แม้ว่าจะขุดมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรกร 50 ซึ่งมีระยะการแผ่ของเหง้ามันกว้างที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับระยะการแผ่ของเหง้ามันพันธุ์อื่น ๆ

จากการสอบถามผู้ควบคุมรถไถเดินตาม พบว่า สามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังได้ง่าย ทั้งในส่วนของทิศทางการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ขุดให้ตรงกับแถวมันสำปะหลัง ความลึกของการขุด และความต่อเนื่องของการทำงาน โดยสามารถควบคุมการทำงานได้ง่ายเช่นเดียวกับการควบคุมการทำงานของไถหัวหมู ซึ่งเกษตรกรใช้งานเป็นประจำ



รูปที่ 4.13 ผลการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังที่ออกแบบใหม่

#### 4) ผลการทดสอบและประเมินผล การทำงานของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังที่พัฒนาขึ้นมา

ผลการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังที่พัฒนาขึ้นมา โดยทดสอบเปรียบเทียบกับเครื่องขุด/ถอนมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคน ซึ่งเป็นวิธีการที่เกษตรกรในพื้นที่เป้าหมายนิยมปฏิบัติในปัจจุบัน (ตารางที่ 4.6 – 4.7 และ รูปที่ 4.14 – 4.15) โดยทำการทดสอบในช่วงเดือนมกราคม เพื่อประเมินการทำงานในช่วงที่ดินมีความชื้นค่อนข้างต่ำ ซึ่งโดยทั่วไปดินค่อนข้างแข็ง อุปกรณ์ขุดต้องใช้แรงจลุดลากค่อนข้างมาก นอกจากนี้ยังทำการทดสอบในพื้นที่สองแบบคือ พื้นที่ดินเหนียวปนทรายและพื้นที่ดินทรายปนร่วน เพื่อให้ได้ผลการทำงานที่ครอบคลุมมากขึ้น

ตารางที่ 4.6 สภาพของพื้นที่ที่ใช้ในการทดสอบอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังที่พัฒนาขึ้นมา

รายการ	พื้นที่ดินเหนียวปนทราย	พื้นที่ดินทรายปนร่วน
1. สภาพของพืช		
พันธุ์ที่ปลูก	เกษตรศาสตร์ 50 <sup>2</sup>	ระยอง 5
ระยะห่างระหว่างต้นโดยเฉลี่ย (มม.)	515	532
ระยะห่างระหว่างแถวโดยเฉลี่ย (มม.) <sup>1</sup>	1,010	1,028
ผลผลิต (ตัน/ไร่)	2,250	2,896
2. ความหนาแน่นของวัชพืช	น้อย	น้อย
3. สภาพของพื้นที่		
ความชื้นของดิน (%wb)	3.76	4.16
ขนาดของพื้นที่ทดสอบ (ไร่)	2	3

หมายเหตุ : 1) ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 โดยมีพันธุ์ระยอง 5 และระยอง 72 บางส่วน เนื่องจากเกษตรกรจะปลูกตามท่อนพันธุ์ที่สามารถจัดหาได้

2) ปลูกมันสำปะหลังแบบกร่อง ๆ ละ 1 แถว โดยกร่องด้วยไถหัวหมูซึ่งใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังที่พัฒนาขึ้นมา

ผลการทำงาน	พื้นที่ดินเหนียวปนทราย		พื้นที่ดินทรายปนร่วน	
	เมื่อเก็บเกี่ยวด้วย		เมื่อเก็บเกี่ยวด้วย	
	แรงงานคน	อุปกรณ์ขุดฯ	แรงงานคน	อุปกรณ์ขุดฯ
1. อัตราการทำงานโดยเฉลี่ย (ไร่/คน-วัน)				
• อัตราการตัดต้นมันเตรียมพื้นที่ <sup>1</sup>	3.976	0	4.248	0
• อัตราการขุดมันฯ ด้วยอุปกรณ์ขุดมันฯ ที่พัฒนาขึ้นมา / โดยใช้แรงงานคน <sup>2</sup>	2.712	0.203	4.294	0.391
• อัตราการทำงาน	1.612	0.203	2.136	0.391
2. ความสูญเสียจากการขุดฯ โดยเฉลี่ย (%)	9.70	8.65	7.18	3.30

หมายเหตุ : 1) ก่อนการทำงาน จำเป็นต้องตัดต้นมันสำปะหลังออกก่อน เพื่อให้ผู้ควบคุมรถไถสามารถมองเห็นแถวมันสำปะหลัง และควบคุมทิศทางรถไถเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ขุดฯ ได้ตรงแถว แต่การขุดมันฯ โดยใช้แรงงานคน ไม่จำเป็นต้องตัดต้นมัน

2) แรงงานจะขุดมันสำปะหลังด้วยจอบ และวางรายไว้ตามแถว



รูปที่ 4.14 ผลการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังที่พัฒนาขึ้นมา

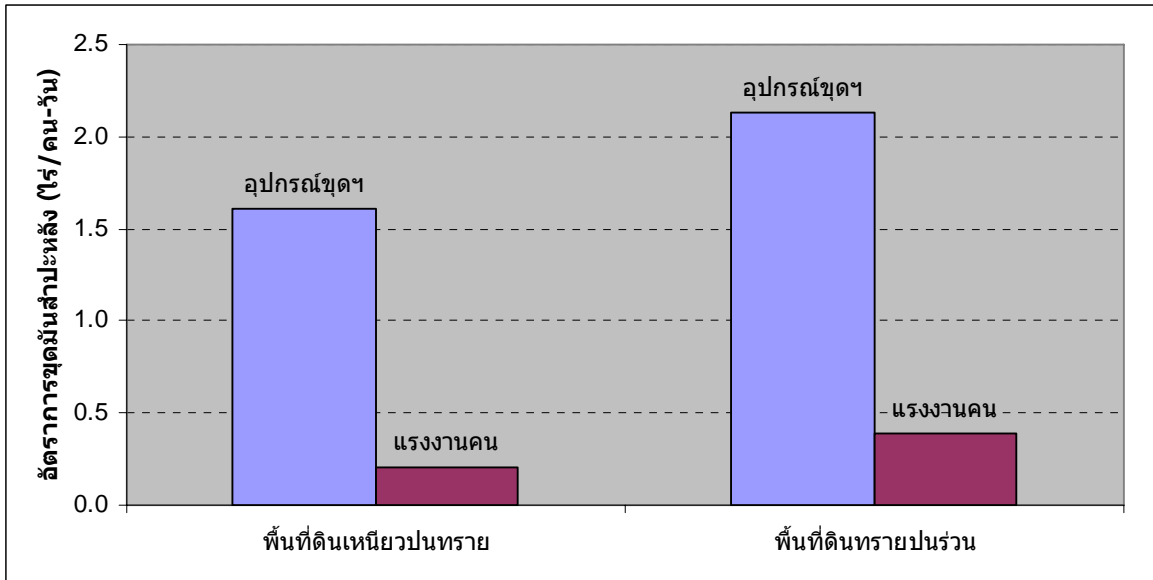


รูปที่ 4.15 การขุดมันสำปะหลังด้วยจอบโดยแรงงานคน

จากการวิเคราะห์ผลการทำงานของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังที่พัฒนาขึ้นมา (รูปที่ 4.16) พบว่า การขุดมันสำปะหลังด้วยอุปกรณ์ขุดมันฯ มีอัตราการทำงานเร็วกว่าการขุดมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคนในช่วง 5.5-8.0 เท่า (รูปที่ 5) กล่าวคือ เร็วกว่าประมาณ 8.0 เท่า เมื่อเก็บเกี่ยวในพื้นที่ดินเหนียวปนทราย และเร็วกว่าประมาณ 5.5 เท่า เมื่อเก็บเกี่ยวในพื้นที่ดินทรายปนร่วน ทั้งนี้เนื่องจาก พื้นที่ดินเหนียวฯ มีดินค่อนข้างแข็งกว่าพื้นที่ดินทรายฯ มาก ทำให้อัตราการขุดฯ ด้วยแรงงานคนลดลงมาก ในขณะที่อัตราการขุดฯ ด้วยอุปกรณ์ขุดมันฯ ลดลงน้อยกว่า สืบเนื่องจากใช้กำลังงานจาก

เครื่องจักรที่มีกำลังที่มากกว่าและสม่เสมอกว่าแรงงานคน ทำให้อัตราการชุดด้วยอุปกรณ์ชุดที่พัฒนาขึ้นมา สูงกว่าการชุดด้วยแรงงานคนอย่างเด่นชัด

นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบอัตราการทำงานของอุปกรณ์ชุดมันๆ ในพื้นที่ดินเหนียวปนทรายและพื้นที่ดินทรายปนร่วน ซึ่งดำเนินการทดสอบในช่วงเวลาเดียวกัน พบว่า อัตราการทำงานของอุปกรณ์ชุดมันๆ ในพื้นที่ดินเหนียวปนทราย มีอัตราการทำงานช้ากว่าอัตราการทำงานในพื้นที่ดินทรายปนร่วนประมาณ 25%



รูปที่ 4.16 อัตราการทำงานของอุปกรณ์ชุดมันๆ ที่พัฒนาขึ้นมา เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการชุดมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคน

เมื่อพิจารณาหัวมันภายหลังการชุด (รูปที่ 4.17 - 4.18) และชิ้นส่วนหัวมันที่ชุดไม่หมด พบว่า ความสูญเสียจากการชุดมันสำปะหลัง มีสาเหตุมาจากการหักที่ส่วนปลายของหัวมันบางหัว ระหว่างที่ทำการชุดมันสำปะหลัง ทั้งในกรณีของการชุดด้วยอุปกรณ์ชุดมันๆ ที่พัฒนาขึ้นมา และการชุดโดยใช้แรงงานคน ซึ่งในการทดสอบครั้งนี้ ยังไม่พบหัวมันขาดเนื่องจากถูกอุปกรณ์ชุดฯ ตัด หรือถูกจอบสับ

และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความสูญเสียจากการชุดมันสำปะหลัง (รูปที่ 4.19) พบว่า การชุดมันสำปะหลังด้วยอุปกรณ์ชุดมันๆ มีความสูญเสียต่ำกว่าการชุดมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคนในช่วง 1.1 – 3.9 % กล่าวคือ ต่ำกว่าประมาณ 1.1% เมื่อเก็บเกี่ยวในพื้นที่ดินเหนียวปนทราย และต่ำกว่าประมาณ 3.9% เมื่อเก็บเกี่ยวในพื้นที่ดินทรายปนร่วน เป็นที่น่าสังเกตว่า ความแตกต่างระหว่างปริมาณความสูญเสียฯ ของวิธีการชุดฯ ทั้งสองวิธี จะเพิ่มมากขึ้น เมื่อเก็บเกี่ยวในพื้นที่ดินทรายฯ ซึ่งค่อนข้างแข็งน้อยกว่าพื้นที่ดินเหนียวฯ มาก

อาจกล่าวได้ว่า ยี่งดินมีความแข็งมากขึ้น เช่นดินในฤดูแล้ง วิธีการชุดมันสำปะหลังด้วยอุปกรณ์ชุดมันๆ ที่พัฒนาขึ้นมา จะยิ่งเหมาะสมกว่า วิธีการชุดมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคน ไม่ว่าจะพิจารณาทั้งด้านอัตราการทำงานและด้านความสูญเสียจากการชุดฯ ไม่หมด

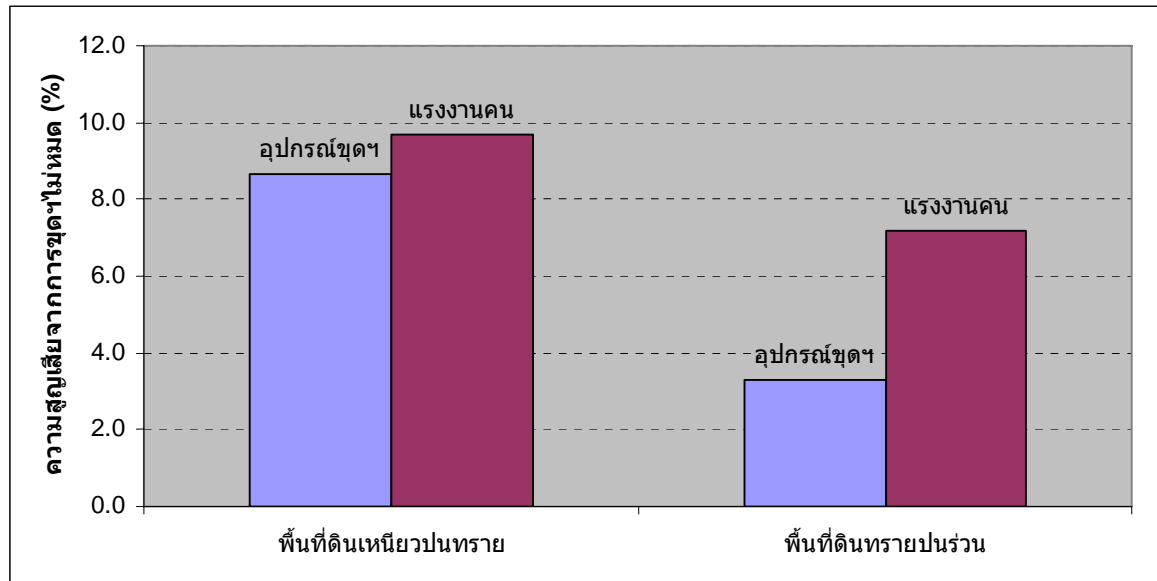
ภายหลังการทดสอบ ได้ตั้งชื่ออุปกรณ์ชุดมันสำปะหลัง (ต้นแบบ) ที่พัฒนาขึ้นมาในการวิจัยครั้งนี้ว่า อุปกรณ์ชุดมันสำปะหลัง มข. 52



รูปที่ 4.17 สาเหตุของความสูญเสียในการขุด เกิดจากการหักที่ส่วนปลายของหัวมันบางหัว ระหว่างการขุดมันสำปะหลัง ด้วยอุปกรณ์ขุดมันฯ ที่พัฒนาขึ้นมา



รูปที่ 4.18 สาเหตุของความสูญเสียในการขุด เกิดจากการหักที่ส่วนปลายของหัวมันบางหัว ระหว่างการขุดมันฯ โดยใช้แรงงานคน



รูปที่ 4.19 ปริมาณความสูญเสียจากการขุดน้ำมันสำปะหลังด้วยอุปกรณ์ขุดมันฯ ที่พัฒนาขึ้นมา เมื่อเปรียบเทียบกับความสูญเสียจากการขุดมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคน



## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย

#### 1) สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยมีรายละเอียดโดยสรุป ดังนี้

##### 1.1) ผลการศึกษาวิธีการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ที่เกษตรกรในพื้นที่เป้าหมาย นิยมปฏิบัติในปัจจุบัน

ผลการศึกษา พบว่า เกษตรกร ในพื้นที่ที่ศึกษาทำการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง โดยใช้แรงงานคน ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนการขุด ขั้นตอนการตัดเหง้าและรวมกอง และขั้นตอนการขนขึ้นรถบรรทุก โดยมีอัตราการทำงานเก็บเกี่ยวในฤดูแล้งต่ำกว่าการเก็บเกี่ยวในฤดูฝนถึง 45% ซึ่งสื่อถึงค่าใช้จ่ายด้านแรงงานที่สูงกว่าเกือบเท่าตัว นอกจากนี้ยังมีความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวไม่หมด ยังสูงกว่าการเก็บเกี่ยวในฤดูฝน และยังพบว่า เกษตรกรที่เก็บเกี่ยวในฤดูแล้ง สนใจอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง มากกว่าเกษตรกรที่เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในฤดูฝน

##### 1.2) ผลการพัฒนาหลักการทำงานของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง

ผลการศึกษาเพื่อพัฒนาหลักการทำงานของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง พบว่า ควรออกแบบให้อุปกรณ์ขุดฯ ทำงานโดยใช้ผลขุดตัดดินที่ด้านล่างของเหง้ามันสำปะหลังบางส่วน แล้วยกเหง้ามันสำปะหลังขึ้นมาวางบนผิวดินในลักษณะคล้ายการถอนเหง้ามันขึ้นจากดินที่ไม่ถูกตัด ซึ่งหลักการทำงานแบบนี้ต้องการกำลังน้อยกว่าหลักการขุดโดยใช้ผลขุดตัดดินที่ด้านล่างของเหง้ามันสำปะหลังทั้งหมด หลักการทำงานแบบนี้จึงเหมาะสมสำหรับกรณีที่ใช้ต้นกำลังขนาดเล็กเช่นรถไถเดินตาม

##### 1.3) ผลการออกแบบ สร้าง และทดสอบความเป็นไปได้ในการทำงาน ของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง

อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังที่พัฒนาขึ้นมา มีผลขุดลักษณะคล้ายผลหัวหมูแบบเอเชีย โดยมีมุมจิกดิน 20 องศา และมุมลำเลียงเหง้ามันภายหลังการขุด 35 องศา ซึ่งส่วนประกอบทั้งหมดถูกติดตั้งบนโครงฯ ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับโครงของไถหัวหมูแบบเอเชีย

##### 1.4) ผลการทดสอบและประเมินผล การทำงานของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังที่พัฒนาขึ้นมา

ผลการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังที่พัฒนาขึ้นมา โดยทดสอบเปรียบเทียบกับวิธีการขุดมันสำปะหลังที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ พบว่า การขุดมันสำปะหลังด้วยอุปกรณ์ขุดมันฯ มีอัตราการทำงานเร็วกว่าการขุดมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคนประมาณ 8.0 เท่า เมื่อเก็บเกี่ยวในพื้นที่ดินเหนียวปนทราย และเร็วกว่าประมาณ 5.5 เท่า เมื่อเก็บเกี่ยวในพื้นที่ดินทรายปนร่วน และพบว่า การขุดมันสำปะหลังด้วยอุปกรณ์ขุดมันฯ มีความสูญเสียจากการขุดมันฯ ต่ำกว่าการขุดมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคนประมาณ 1.1% เมื่อเก็บเกี่ยวในพื้นที่ดินเหนียวปนทราย ส่วนการเก็บเกี่ยวในพื้นที่ดินทรายปนร่วน มีความสูญเสียจากการขุดมันฯ ต่ำกว่าการขุดมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคนประมาณ 3.9%

อาจกล่าวได้ว่า ยิ่งดินมีความแข็งมากขึ้น เช่นดินในฤดูแล้ง วิธีการขุดมันสำปะหลังด้วยอุปกรณ์ขุดมันฯ ที่พัฒนาขึ้นมา จะยิ่งเหมาะสมกว่า วิธีการขุดมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคน ไม่ว่าจะพิจารณาทั้งด้านอัตราการทำงานและด้านความสูญเสียจากการขุดฯ ไม่หมด

ภายหลังการทดสอบ ได้ตั้งชื่ออุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง (ต้นแบบ) ที่พัฒนาขึ้นมาในการวิจัยครั้งนี้ว่า อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง มข. 52

## 2) ข้อเสนอแนะ

- 1) ควรทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ขุดมันฯ ที่พัฒนาขึ้นมา ในสภาพแปลงปลูกมันสำปะหลังที่หลากหลายมากขึ้น เพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงการทำงานของอุปกรณ์ขุดมันฯ ให้มีความสอดคล้องเหมาะสมกับการใช้งานจริงในระดับเกษตรกรผู้มันสำปะหลังมากขึ้น
- 2) ควรพัฒนาขีดความสามารถในการทำงานของอุปกรณ์ขุดมันฯ เพื่อลดความสูญเสียจากการขุด ซึ่งจะช่วยให้มีรายได้ที่พึงได้ของเกษตรกรผู้มันสำปะหลัง

## เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2537. มันสำปะหลัง. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- กรมวิชาการเกษตรและกรมพัฒนาที่ดิน. 2548. การใช้เทคโนโลยีรีโมทเซนซิ่งและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อประเมินผลผลิตมันสำปะหลัง ปี 2546. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2549. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีการเพาะปลูก 2548/49. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2548. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีการเพาะปลูก 2547/48. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานเกษตรอำเภอลำสนธิ จังหวัดลพบุรี. 2552. ต้นทุนการผลิตพืช. [online: 01/03/2009]. Available from : <http://lopburi.doae.go.th/lamsonti/tontun.htm>.
- จรงค์ แสงพัทธ์สีมา และ โอภาส กลางโสภา. 2532. การปรับปรุงเครื่องถอนมันสำปะหลัง. รายงานโครงการปริญญาตรี หมายเลข A 88-17 สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ศุภวัฒน์ ปากเมย. 2540. การออกแบบและประเมินผลเครื่องขุดมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ศักดิ์ อินทรชัย และ ธัญญา เกียรติวัฒน์. 2542. รายงานโครงการวิจัยเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง : เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบสันสะเทือน. กรุงเทพมหานคร : มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย.
- สมนึก ชูศิลป์ และ เสรี วงศ์พิเชษฐ. 2545. รายงานวิจัย: การพัฒนาและประเมินผลเครื่องขุดมันสำปะหลัง. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อัมพร ศรีคชไกร. 2548. ประกาศโยมณาการจดทะเบียนการประดิษฐ์และออกอนุสิทธิบัตรเลขที่ 1625 : อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง. กรุงเทพมหานคร : กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์.
- อัมพร ศรีคชไกร. 2548. ประกาศโยมณาการจดทะเบียนการประดิษฐ์และออกอนุสิทธิบัตรเลขที่ 1626 : อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง. กรุงเทพมหานคร : กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์.
- เสรี วงศ์พิเชษฐ และ สมนึก ชูศิลป์. 2548. รายงานวิจัย: การพัฒนากระบวนการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังด้วยเครื่องขุดมันสำปะหลัง. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- เจ็ดพงษ์ เชี่ยวชาญวัฒนา. 2549. การออกแบบและทดสอบอุปกรณ์ช่วยขนย้ายมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- เสรี วงศ์พิเชษฐ. 2550. รายงานวิจัย: การพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังโดยใช้รถแทรกเตอร์เล็กเป็นต้นกำลัง. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- A.B. Sukra. 1996. Design and performance of a tractor-mounted cassava root digger, MARDI Report No.181. Kuala Lumpur Malasia.
- A.B. Sukra. 1996. Performance of API cassava root digger elevator, MARDI Report No.187. Kuala Lumpur Malasia.