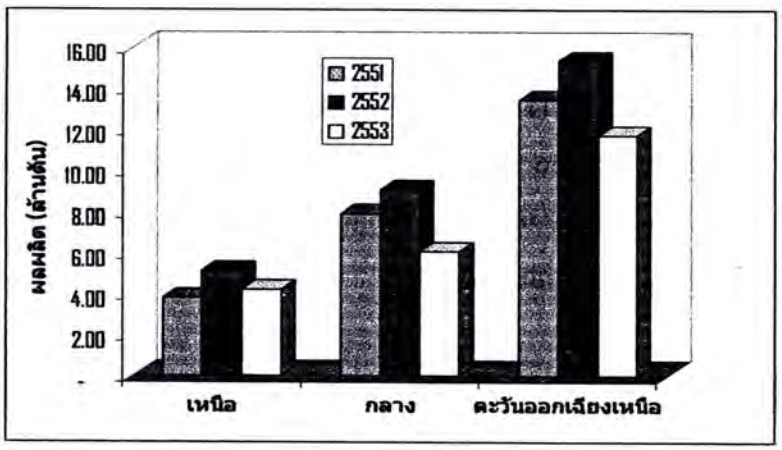
บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชหัว ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Manihot esculenta Crantz* มีชื่อภาษาอังกฤษว่า Cassava หรือ Tapioca หรือเรียกเป็นภาษาฝรั่งเศสว่า Manioc (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2548) มีพื้นที่เพาะปลูกในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2553 ทั้งสิ้น 46 จังหวัด โดยแบ่งเป็นภาคเหนือ 13 จังหวัด ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 19 จังหวัด ภาคกลาง 14 จังหวัด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) ปริมาณการผลิตดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ปริมาณการผลิตรายภาค ปี 2551 - 2553
(ดัดแปลงจาก: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554)

2.2 การปลูกมันสำปะหลัง

2.2.1 วิธีการปลูก

วิธีการปลูกมันสำปะหลังโดยทั่วไปปลูกได้ 3 วิธีคือ ปลูกแบบวางนอน (ฝัง) ปลูกแบบปักบนพื้นที่ยกร่อง และปลูกแบบปักบนพื้นราบ ซึ่งมีข้อสรุปว่าการปลูกแบบปักทั้งปักตรงและปักเอียง ทั้งปลูกฤดูฝนหรือฤดูแล้ง มีข้อดีคือ งอกเร็วกว่าการปลูกแบบนอน (ฝัง) สะดวกต่อการปลูกซ่อมและกำจัดวัชพืช และในสภาพฤดูแล้ง การใช้ท่อนพันธุ์ยาว 25 เซนติเมตรปักลึก

15 เซนติเมตร ไม่จำเป็นต้องยกร่องก็ยังมีความอยู่รอดและผลผลิตสูงกว่าการปลูกแบบนอน (ฝัง) สำหรับระยะปลูกมันสำปะหลังใช้ระยะแถว 70 – 100 เซนติเมตร ระยะหลุม 50 – 100 เซนติเมตร จากการทดสอบปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 60 และระยอง 90 พบว่าสามารถปลูกระยะปกติ 100 x 100 เซนติเมตร และระยะชิด 100 x 80 เซนติเมตร (สมพงษ์ กาทอง, 2537)

2.2.2 ฤดูการปลูก

มันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ตลอดปี จากการทดลองหาฤดูปลูกที่เหมาะสมที่จะให้ผลผลิตสูงสุดพบว่า เขตจังหวัดสุโขทัย กำแพงเพชร ควรปลูกช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม เขตจังหวัดสุพรรณบุรี กาญจนบุรี ควรปลูกช่วงเดือน เมษายนถึงเดือนกรกฎาคม เขตจังหวัดขอนแก่นและนครราชสีมาควรปลูกเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน (สมพงษ์ กาทอง, 2537)

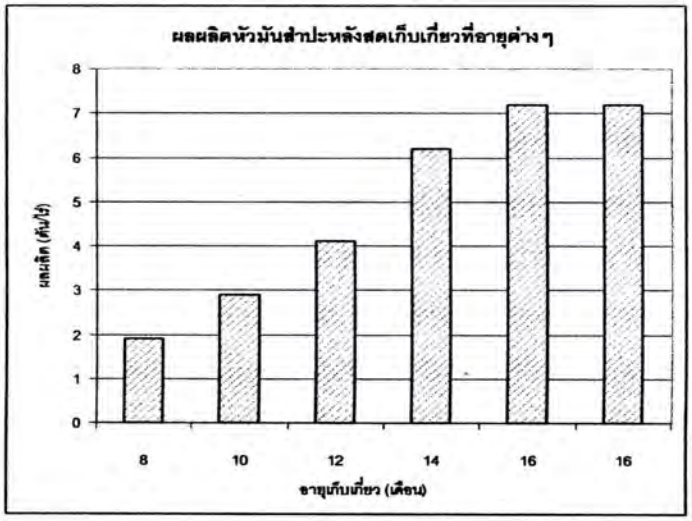
2.2.3 พื้นที่การปลูก

จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2554) พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั้งประเทศในปีพ.ศ. 2553 มีจำนวน 7.56 ล้านไร่ โดยมีรายงานพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังใน 3 ภาคคือ ภาคเหนือ 1.36 ล้านไร่ (ร้อยละ 17.98) ภาคกลาง 2.16 ล้านไร่ (ร้อยละ 28.58) และ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4.04 ล้านไร่ (ร้อยละ 53.44)

2.3 การเก็บเกี่ยวและเก็บรักษา (จิณณจาร์ เศรษฐสุข, 2537)

2.3.1 อายุเก็บเกี่ยว

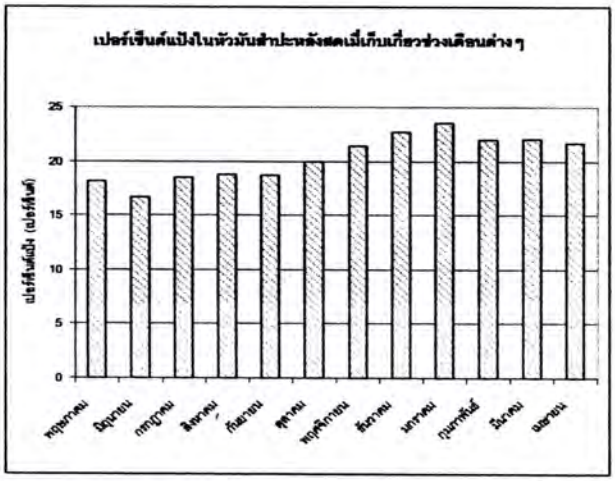
มันสำปะหลังจะเริ่มสะสมแป้งในหัวเมื่ออายุได้ 3 เดือนและสะสมมากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งอายุ 6 เดือน เปอร์เซ็นต์แป้งจะเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แต่ปริมาณแป้งจะเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักหัวสดที่เพิ่มขึ้น ซึ่งส่วนใหญ่นิยมเก็บเกี่ยวที่อายุ 12 เดือน เพราะถึงแม้การเก็บเกี่ยวที่อายุมากกว่า 12 เดือน จะได้น้ำหนักหัวมันสำปะหลังสดมากขึ้นก็ตาม (ภาพที่ 2.2) แต่จะทำให้การปลูกรุ่นต่อไปไม่ตรงฤดูกาลที่เหมาะสม และหัวมันสำปะหลังมีขนาดใหญ่ มีเส้นใยมากไม่ตรงความต้องการของตลาด



ภาพที่ 2.2 ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุต่างๆ
(ดัดแปลงจาก: จิณณจาร์ เศรษฐสุข, 2537)

2.3.2 ฤดูกาลเก็บเกี่ยว

ฤดูการเก็บเกี่ยวเป็นปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพหัวมันสำปะหลัง โดยการเก็บเกี่ยวในฤดูแล้งซึ่งดินมีความชื้นต่ำจะทำให้หัวมันสำปะหลังมีน้ำน้อยส่งผลให้ร้อยละของแป้งสูงกว่าการเก็บเกี่ยวช่วงที่มีฝนตกชุก เนื่องจากราคาหัวมันสำปะหลังจะขึ้นอยู่กับร้อยละของแป้งในหัว สำหรับการเก็บเกี่ยวที่ช่วงเดือนต่างๆ จะมีผลต่อร้อยละของแป้งในหัวมันสำปะหลัง (ภาพที่ 2.3)



ภาพที่ 2.3 ร้อยละของแป้งในหัวมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 เมื่อเก็บเกี่ยวช่วงเดือนต่างๆ
(ดัดแปลงจาก: จิณณจาร์ เศรษฐสุข, 2537)

2.3.3 วิธีการเก็บเกี่ยว

การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังส่วนใหญ่ใช้แรงงานคนในการขุด โดยมีขั้นตอนประกอบด้วย ตัดต้นมันให้เหลือตอสูงประมาณ 30 – 50 เซนติเมตรจากพื้นดิน เสร็จแล้วถ้าดินมีความชื้นหรือดินทรายหรือดินร่วนเกษตรกรจะใช้วิธีถอนหรือขุดด้วยจอบหรือใช้เครื่องมือจัดแต่ถ้าดินแข็งดินแห้งหรือหน้าแล้ง เกษตรกรจะใช้จอบขุดแบบประยุกต์ (ภาพที่ 2.4) เป็นอุปกรณ์ทุ่นแรง จากนั้นก็จะสับหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า แล้วขนส่งสู่โรงงานต่อไป ในปัจจุบันเกษตรกรเริ่มนิยมใช้เครื่องขุดเพื่อช่วยขุดมันสำปะหลัง ลักษณะเครื่องขุดดัง ภาพที่ 2.5

ภาพที่ 2.4 เครื่องมือขุดมันสำปะหลังและลักษณะการใช้งาน
(ดัดแปลงจาก: จิณณจาร์ เศรษฐสุข, 2537)

ภาพที่ 2.5 เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

2.3.4 การเสื่อมสภาพของหัวมันสำปะหลัง

เนื่องจากหัวมันสำปะหลังมีส่วนประกอบที่เป็นน้ำประมาณร้อยละ 60 – 65 จึงมีอัตราการเสื่อมสภาพที่รวดเร็วมาก และเมื่อมีการเสื่อมสภาพเกิดขึ้นแล้วจะทำให้การยอมรับในการบริโภคและนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ลดลง ตารางที่ 2.1 แสดงอายุการเก็บรักษามันสำปะหลังที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เน่าเสียและเปอร์เซ็นต์แป้ง ซึ่งพบว่าการเก็บรักษาไม่ควรเกิน 2 วัน หรือเมื่อขุดหัวมันสำปะหลังแล้วควรส่งเข้าโรงงานแปรรูปโดยเร็วที่สุด

ตารางที่ 2.1 อายุการเก็บรักษามันสำปะหลังที่มีผลต่อร้อยละความเน่าเสียและร้อยละของแป้ง

อายุเก็บรักษา (วัน)	ร้อยละ ความเน่าเสีย	ร้อยละของแป้ง
0	0	23.8
2	0.6	23.0
4	8.3	20.1
6	27.0	10.9
8	40.1	7.1

(จิณณจาร์ เศรษฐสุข, 2537)

สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของหัวมันสำปะหลัง มีหลายสาเหตุประกอบด้วย

1) พันธุ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะพันธุกรรมและลักษณ์ประจำพันธุ์ เช่นลักษณะหัวหรือหัวแตกหักง่ายจะส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพเร็ว จากการศึกษาของ International Center for Tropical Agriculture [CIAT], 1980 (อ้างใน จิณณจาร์ เศรษฐสุข, 2537) พบว่าพันธุ์ที่มีน้ำหนักแห้งของหัวสูงมีแนวโน้มที่จะเสื่อมสภาพเร็วกว่าพันธุ์ที่มีน้ำหนักแห้งของหัวต่ำ

2) สภาพแวดล้อมขณะอยู่ในแปลง จากการศึกษาของ CIAT, 1980 (อ้างใน จิณณจาร์ เศรษฐสุข, 2537) โดยแปลงต่างกันมีผลต่อการเสื่อมสภาพต่างกัน และในแปลงเดียวกันเมื่อเก็บเกี่ยวระยะเวลาต่างกันจะมีการเสื่อมสภาพต่างกันด้วย

3) ลักษณะเนื้อดินและความแน่นของดินในแปลงปลูก จะมีผลต่อความยากง่ายในการเก็บเกี่ยวและหัวมันสำปะหลังแตกหักขณะเก็บเกี่ยว ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพเร็วขึ้น

4) วิธีการเก็บเกี่ยว วิธีการเก็บเกี่ยวที่หัวมันสำปะหลังไม่เกิดแผลหรือแตกหักขณะเก็บเกี่ยวจะส่งผลให้การเสื่อมสภาพช้าลง

5) สภาพแวดล้อมขณะเก็บรักษา โดยเฉพาะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ถ้าหัวมันสำปะหลังมีรอยแผลที่เกิดจากการเก็บเกี่ยวเมื่อเก็บรักษาที่ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 – 80 หัวมันสำปะหลังจะเกิดการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วเพราะเซลล์ต่างๆ ของหัวมันสำปะหลังมีอัตราการหายใจสูง

ดังนั้นในการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังเพื่อส่งโรงงานแปรรูป เมื่อขุดแล้วจะต้องส่งโรงงานแปรรูปให้เร็วที่สุดเพื่อลดการเสื่อมสภาพดังกล่าว

2.4 ความต้องการใช้และการใช้ประโยชน์มันสำปะหลัง

ความต้องการใช้ประโยชน์มันสำปะหลังแบ่งตามกลุ่มผู้ใช้ประโยชน์ได้ 3 กลุ่ม ประกอบด้วย

2.4.1 กลุ่มแปรรูปเป็นแป้งมันสำปะหลัง (สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย, 2548)

ในการนำมันสำปะหลังมาผลิตเป็นแป้งมันนั้น จำเป็นต้องใช้หัวมันสำปะหลังสดจำนวนมาก โดยมีอัตราการแปรรูปในสัดส่วน 1 ต่อ 4.75 ซึ่งหมายความว่า การผลิตแป้งมันสำปะหลัง 1 กิโลกรัมต้องใช้หัวมันสด 4.75 กิโลกรัม (ร้อยละของแป้งเท่ากับ 25) การใช้ประโยชน์จากแป้งมันสำปะหลัง นอกจากเพื่อการบริโภคของมนุษย์แล้วยังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตของอุตสาหกรรมต่างๆ ได้ดังนี้

2.4.1.1 อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม มีอุตสาหกรรมอาหารหลายประเภทที่มีความจำเป็นต้องใช้ แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวช่วยให้อาหารเกิดความคงตัว มีการเกาะตัวกันดีขึ้น และเป็นตัวช่วยให้อาหารมีความข้นขึ้น แป้งมันสำปะหลังจะถูกนำไปใช้ทั้งในรูปของแป้งมันสำปะหลังแท้ๆ และแป้งมันสำปะหลังดัดแปลง เช่น

1) อุตสาหกรรมผลิตขนมปัง บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป และก๋วยเตี๋ยว จะใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมของอาหารโดยตรง เพื่อลดต้นทุนการผลิตเนื่องจากแป้งมันมีราคาถูกกว่าแป้งชนิดอื่นๆ

2) อุตสาหกรรมการผลิตซอสปรุงรสต่างๆ อาหารกระป๋อง จะใช้แป้งประเภท Cross – Linked Starch มาเป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มความข้นของอาหาร หรือให้ซอสตกตะกอน โดยใช้ผสมประมาณร้อยละ 3 - 4 ของน้ำหนักอาหาร

3) อุตสาหกรรมลูกกวาด ใช้แป้งประเภท Hydroxyethylated Starch เพื่อให้ลูกกวาดมีความแข็งตัว

4) อุตสาหกรรมไอศกรีม ต้องมีการเติมแป้งประเภท Gum เพื่อให้ไอศกรีมคงสภาพ หลังจากที่มีการตีให้เกิดฟองแล้วและไม่ต้องการให้ฟองยุบตัวลง

นอกจากนั้น ยังใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์เพื่อเป็นตัวยึดเกาะ ในการผลิตอาหารปลาไหลโดยจะใช้แป้งประเภท Pregelatinized Alpha Starch

2.4.1.2 อุตสาหกรรมผลิตสารให้ความหวาน ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบโดยตรง 80 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุดิบทั้งหมด สารความหวานได้แก่ น้ำตาลกลูโคส น้ำเชื่อมฟรุกโตส ซึ่งจะนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม และยังใช้แทนน้ำตาลซูโครสในผลไม้กระป๋อง แยม และอื่นๆ

2.4.1.3 อุตสาหกรรมสิ่งทอ แป้งมันสำปะหลังจะใช้ในกระบวนการผลิตถึง 3 ขั้นตอน ได้แก่

1) การชุบให้ด้านลื่น และไม่มีขนเวลาทอ ซึ่งจะทำให้ด้ายมีความยืดหยุ่นมากขึ้น โดยแป้งที่ใช้จะเป็นประเภท Oxidized Starches กับ Hydroxyethyl Starches

2) ใช้ในการพิมพ์ผ้า โดยแป้งประเภท Pregelatinized Starch ether จะช่วยเพิ่มความสม่ำเสมอของสีขณะพิมพ์ และยังป้องกันการเปรอะเปื้อนของผ้าในขณะพิมพ์

3) ใช้ในการเพิ่มความคงทนและเงางามของเนื้อผ้าในขั้นตอน Finishing ซึ่งเป็นขั้นสุดท้าย

2.4.1.4 อุตสาหกรรมกระดาษ ใช้แป้งมันสำปะหลังในขั้นตอนการบดเยื่อกระดาษก่อนทำให้เป็นแผ่น ในขั้นนี้เยื่อจะมีความข้นประมาณร้อยละ 2-3 การเติมแป้งลงไปจะทำให้กระดาษมีความเหนียวยิ่งขึ้น แป้งที่ใช้ได้แก่ แป้ง Pregelatinized Modified Starch และ Cationic Starches นอกจากนั้นยังใช้ในขั้นตอนการรีดและขัดมันหน้ากระดาษ เนื่องจากเมื่อกระดาษผ่านเครื่องรีดน้ำแล้ว จะนำเข้าเครื่องอบเพื่อลดความชื้น กระดาษที่ผ่านขั้นตอนนี้จะมีลักษณะเป็นรู จึงต้องมีการนำมาชุบแป้งเพื่ออุดรูต่างๆ ซึ่งจะช่วยเพิ่มคุณสมบัติให้น้ำหมึกไม่ซึมผ่านกระดาษและกระดาษจะมีผิวหน้าที่เรียบขึ้น แป้งที่ใช้ในขั้นตอนนี้จะเป็นแป้งที่มีความเหนียวน้อย คือ Oxidized Starch, Acid Modified Starch และ Cationic Starches รวมทั้งยังมีการใช้แป้ง Oxidized Starch, Modified Hydroxyethyl และ Starch Phosphate Esters เพื่อเป็นตัวยึดและเพิ่มความหนาของกระดาษบางประเภท เช่น กระดาษปก กระดาษปฏิทิน และกระดาษกล่อง

2.4.1.5 อุตสาหกรรมทำกาว แป้งมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบสำคัญที่สุด ในการทำกาวทั้งกาวแห้ง และกาวน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของแป้งมันที่ถูกน้ำหรือสารเคมีแล้ว จะมีลักษณะเหนียวและยังสามารถคงสภาพ ความเหนียวไว้ได้ โดยไม่มีการคืนตัว ซึ่งแป้งมันที่ใช้ทำกาวนี้จะต้องเป็นแป้งมันบริสุทธิ์มีความเป็นกรดต่ำ กาวที่ผลิตออกมาจะแบ่งตามความเหมาะสมในการนำไปใช้ในแต่ละอุตสาหกรรมอันได้แก่

1) เด็กตรินส์ (Dextrins) เป็นกาวที่ได้จากแป้งหลังการเติมตัวเร่งปฏิกริยา ซึ่งจะได้กาวออกมา 3 ชนิด คือกาวสีขาว กาวสีเหลือง และกาวอังกฤษ

2) Oxidized Strach เป็นกาวที่ได้จากการเติมกรดโซเดียมไฮโปรคลอไรด์เจือจางลงไปในน้ำแป้งมัน อุตสาหกรรมที่มีการนำกาวจากแป้งมันสำปะหลังไปใช้ในปัจจุบันประกอบด้วย อุตสาหกรรมสิ่งทอเส้นด้าย อุตสาหกรรมกระดาษ หมึกพิมพ์ กระดาษขาว แสตมป์ ซองจดหมาย อุตสาหกรรมหล่อโลหะ อุตสาหกรรมสี และอุตสาหกรรมไม้อัด

2.4.1.6 อุตสาหกรรมไม้อัด ใช้แป้งมันสำปะหลังผสมกาว ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการผลิตไม้อัดซึ่งคุณภาพและความแข็งแรงทนทานของไม้อัดจะขึ้นอยู่กับกาวเป็นสำคัญ โดยขั้นตอนที่จะต้องใช้กาวเป็นขั้นตอนหลังจากที่นำไม้อัดไปผ่านการอบแห้งแล้ว จึงจะมีการนำไปเข้าเครื่องทากาวตลอดทั้งแผ่น

2.4.1.7 อุตสาหกรรมผงชูรสและไลซีน ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบหลักประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบทั้งหมด ซึ่งการผลิตผงชูรส 1 กิโลกรัม ต้องใช้แป้งมันสำปะหลังประมาณ 2.4 กิโลกรัม โดยผู้ผลิตรายใหญ่ของโลก ผลิตผงชูรสคิดเป็นปริมาณแป้งที่ใช้จำนวนสูงสุด เมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมอื่นๆ หากรวมจำนวนแป้งที่ใช้ในอุตสาหกรรมผงชูรสและไลซีนแล้วคาดว่าจะต้องใช้แป้งมากกว่า 200,000 ตันต่อปี

2.4.1.8 อุตสาหกรรมยารักษาโรค ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวเจือจางในการผลิตยารักษาโรค ทั้งประเภทแค็ปซูล และยาเม็ด

2.4.1.9 วัตถุย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ เป็นการนำแป้งมันสำปะหลังมาแปรสภาพคล้ายพลาสติก ซึ่งเมื่อเติมสารโพลิเมอร์ที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ก็จะทำให้เกิดเป็นสารผสมที่สามารถนำไปทำเป็นวัสดุภัณฑ์ ชนิดต่างๆ

สำหรับปริมาณความต้องการหัวมันสำปะหลังของอุตสาหกรรมแป้ง เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ และวิจารณ์ วิชชุกิจ (2548) ได้ประมาณความต้องการหัวมันสำปะหลังสดจากปริมาณความต้องการใช้แป้งมันสำปะหลังภายในประเทศประมาณ 1.2 ล้านตัน และเพื่อการส่งออกประมาณ 1.8 ล้านตัน คิดเป็นความต้องการใช้แป้งรวม 3.0 ล้านตัน ทั้งนี้แป้งมันสำปะหลัง 1 ตัน แปรรูปจากหัวมันสำปะหลังสดประมาณ 4.1 ตัน ดังนั้นอุตสาหกรรมแป้งต้องการหัวมันสำปะหลังสดจำนวน 13.3 ล้านตัน โดยมีผู้ประกอบการโรงงานแป้งมันสำปะหลังจำนวน 145 แห่งทั่วประเทศไทย (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2548)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

2.4.2 กลุ่มแปรรูปเป็นมันเส้นและมันอัดเม็ด

กลุ่มแปรรูปเป็นมันเส้นและมันอัดเม็ดซึ่งส่วนใหญ่เพื่อเป็นอาหารสัตว์ มันเส้นเป็นการนำหัวมันสำปะหลังสดมาสับแล้วตากแห้ง ส่วนมันสำปะหลังอัดเม็ดเป็นการนำมันเส้นบดแล้วอัดเป็นเม็ดแข็ง มันอัดเม็ดผลิตเพื่อการส่งออกเป็นหลัก ซึ่งปริมาณการส่งออก มันเส้นและมันอัดเม็ด ไปตลาดหลัก 2 แหล่งคือ ตลาดสหภาพยุโรป และตลาดสาธารณรัฐประชาชนจีนแห่งละประมาณ 2 ล้านตัน นอกจากนั้นยังมีผู้ใช้ในประเทศอีกประมาณ 0.50 ล้านตัน ซึ่งรวมความต้องการมันเส้นและมันอัดเม็ดจำนวนประมาณ 4.50 ล้านตัน ทั้งนี้มันเส้นและมันอัดเม็ด 1 ตัน แปรรูปจากหัวมันสำปะหลังสดประมาณ 2.20 ตัน (เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ และวิจารณ์ วิชชุกิจ, 2548) ดังนั้นต้องการหัวมันสำปะหลังสด จำนวน 9.90 ล้านตัน จากจำนวนผู้ประกอบการผลิตมันเส้นและมันอัดเม็ดทั่วประเทศจำนวน 285 ราย (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2548)

2.4.3 กลุ่มแปรรูปเป็นพลังงาน

กลุ่มแปรรูปเป็นพลังงานได้แก่ การนำไปแปรรูปเป็นเอทานอล ในเบื้องต้นนี้มีข้อมูลโรงงานผลิตเอทานอลจำนวน 4 โรงงาน ซึ่งมีความต้องการมันสำปะหลังรวมประมาณ 2,095,700 ตันต่อปี ดังตารางที่ 2.2 นอกจากนี้ยังมีแนวโน้มที่จะมีโรงงานเพิ่มขึ้นอีกโดยคณะกรรมการเอทานอลแห่งชาติเตรียมเสนอรายชื่อบริษัทเอกชน 8 บริษัทที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกเข้าที่ประชุมคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติอนุมัติตั้งโรงงานผลิตเอทานอลเพิ่มเติม (ประชาชาติธุรกิจ, 2545) และคณะรัฐมนตรีได้มอบใบอนุญาตตั้งโรงงานไปแล้วเมื่อวันที่ 14 สิงหาคม 2545 แม้มีบริษัทขอถอนตัว 1 ราย แต่คณะรัฐมนตรีได้อนุมัติตั้งโรงงานเพิ่มขึ้น ในวันที่ 27 สิงหาคม 2547 รวมจำนวนโรงงานที่อนุมัติให้ตั้งได้ 16 ราย จากที่เสนอ 38 ราย (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2548) ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของรัฐที่ตั้งเป้าหมายให้สามารถผลิตและใช้เอทานอลจำนวน 4 ล้านลิตรต่อปี พ.ศ. 2548 และทดแทนน้ำมันเบนซิน 91 และเบนซิน 95 ทั่วประเทศในปี 2550 ซึ่งจะต้องใช้เอทานอลมากกว่า 4 ล้านลิตร (สรุปผลการประชุมคณะรัฐมนตรี, 2548) ดังนั้นมีแนวโน้มจะต้องใช้มันสำปะหลัง 4.60 ล้านตัน (เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ และวิจารณ์ วิชชุกิจ, 2548) และจากข้อมูลของกรุงเทพธุรกิจออนไลน์ (2550) ได้มีเอกชนลงทุนตั้งโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อการส่งออก 100 เปอร์เซ็นต์ ที่จังหวัดจันทบุรี โดยมีกำลังการผลิต 36 ล้านลิตรต่อปี หรือคาดว่ามีความต้องการมันสำปะหลังจำนวน 41.40 ล้านตันต่อปี โดยจะเริ่มเดินเครื่องเต็มกำลังการผลิตในปี พ.ศ.2552 ซึ่งจะมีความต้องการหัวมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นจำนวนมาก

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 20 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 249683
เลขเรียกหนังสือ

ตารางที่ 2.2 บริษัทผลิตเอทานอลเบื้องต้น 4 โรงงาน

บริษัท	สถานที่ตั้ง	ขนาดกำลังการผลิต (ลิตรต่อวัน)	วัตถุดิบมันสำปะหลัง (ตันต่อปี)
บ.อินเตอร์เนชั่นแนลแก๊สโซฮอล์คอร์ปอเรชั่นจำกัด	อ.บ้านค่าย จ.ระยอง	500,000	916,700
บ.ไทยง้วน เอทานอล จำกัด	จ.ขอนแก่น	130,000	231,000
บ.อัลฟ่า เอ็นเนอร์จี จำกัด	อ.ไพศาลี จ. นครสวรรค์	212,000	354,000
บ.ไทยเนชั่นแนล พาวเวอร์ จำกัด	อ.ปลวกแดง จ.ระยอง	300,000	594,000

(แผนปฏิบัติการพัฒนามันสำปะหลังตามแนวยุทธศาสตร์สินค้าเกษตร, 2548)

2.5 แรงงานภาคเกษตรกรรม

จากการสำรวจสำมะโนประชาการของสำนักงานสถิติแห่งชาติ พ.ศ. 2546 ซึ่งเป็นการสำรวจครั้งที่ 5 (ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2493 ครั้งที่ 2 พ.ศ. 2506 ครั้งที่ 3 พ.ศ.2521 และครั้งที่ 4 พ.ศ. 2536) ข้อมูลสำมะโนการเกษตรบ่งชี้ว่าจำนวนแรงงานภาคการเกษตรมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง

จากข้อมูลสำมะโนการเกษตร (ตารางที่ 2.3 และ 2.4) พบว่าจำนวนผู้ถือครองพื้นที่ทางการเกษตรมีผู้หญิงเป็นผู้ถือครองเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 112.60 ในทางตรงกันข้ามผู้ถือครองที่เป็นเพศชายกลับลดลงถึงร้อยละ 15.4 ซึ่งเป็นการบ่งชี้ว่าแนวโน้มในอนาคตผู้ที่ทำการเกษตรมีแนวโน้มที่จะเป็นแรงงานหญิงมากขึ้น ในทำนองเดียวกันเมื่อพิจารณาด้านอายุของผู้ถือครอง พบว่าผู้สูงอายุ (65 ปี ขึ้นไป) มีสัดส่วนการถือครองพื้นที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 22.50 ในขณะที่กลุ่มวัยแรงงานอายุช่วง 25 – 34 ปี มีสัดส่วนการถือครองลดลงอย่างต่อเนื่อง และจากข้อมูลด้านการทำงานเชิงเศรษฐกิจของสมาชิกในครัวเรือนผู้ถือครองทำการเกษตรพบว่าในการทำงานเชิงเศรษฐกิจนั้นสมาชิกที่ทำงานการเกษตรเพียงอย่างเดียว มีจำนวนลดลงในปี พ.ศ. 2541 จากปี พ.ศ. 2536 จำนวนร้อยละ 26.10 และลดลงในปี พ.ศ. 2546 จากปี พ.ศ. 2541 อีกร้อยละ 10.00 ในทางกลับกัน สมาชิกที่ทำงานการเกษตรในพื้นที่ถือครองและทำงานอื่นด้วยมีอัตราที่เพิ่มขึ้น (ร้อยละ 20.20) ประกอบกับข้อมูลการไม่ทำงานเกษตรในที่ถือครองที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 295.80 โดยในกลุ่มผู้ไม่ทำงานเกษตรนี้หันไปทำงานอย่างอื่นเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 269.20 ด้วยแล้ว จากข้อมูลทั้งหมดนี้อาจอนุมานได้ว่าในอนาคตแนวโน้มแรงานด้านงานเกษตรจะลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยผู้ที่ถือครองหรือทำงานประจำอยู่ในภาคเกษตรกรรมจะเป็นกลุ่มคนสูงอายุ ในขณะที่กลุ่มวัยรุ่น (อายุน้อยกว่า 25 ปี) มีแนวโน้มออกจากภาคเกษตรกรรมอย่างต่อเนื่องและสูงขึ้น การที่สมาชิกของครัวเรือนเกษตรเองก็หันไปทำงานนอกภาค

เกษตรกรรมแสดงว่าภาคเกษตรกรรมต้องพึ่งพารายได้จากแหล่งอื่นมาจุนเจือมากขึ้น และกลุ่มแรงงานมีความสนใจประกอบอาชีพนอกภาคเกษตรกรรมเพิ่มสูงขึ้นตลอดเวลา (ภาพที่ 2.6)

ตารางที่ 2.3 จำนวนผู้ถือครองทำการเกษตร จำแนกตามเพศและหมวดอายุ

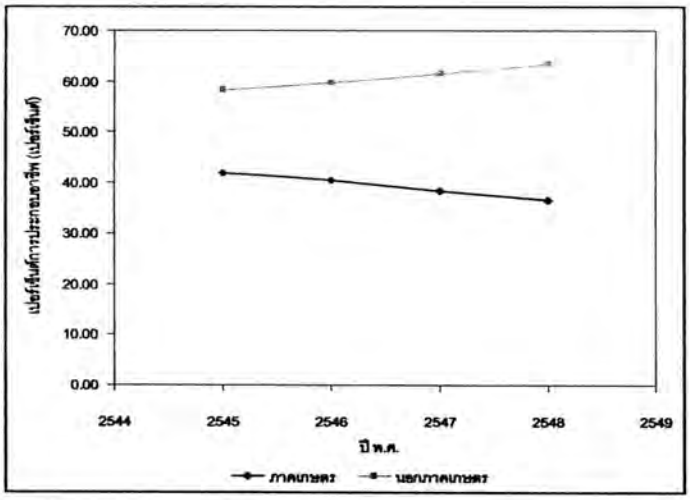
รายการ	จำนวน (คน)			ร้อยละ			ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง	
	2536	2541	2546	2536	2541	2546	2541/36	2546/41
จำนวนผู้ถือครองทำการเกษตรทั้งสิ้น (ไม่รวมบริษัท)	2,504,676	2,589,319	2,650,797	100.0	100.0	100.0	3.4	2.4
จำแนกตามเพศ								
ชาย	2,117,599	2,23,307	1,887,687	84.6	86.1	71.2	5.3	-15.4
หญิง	387,077	359,012	763,110	15.4	13.9	28.8	-7.2	112.6
จำแนกตามหมวดอายุ								
ต่ำกว่า 25 ปี	38,294	22,730	19,827	1.5	0.9	0.7	-40.6	-12.8
25 – 34 ปี	411,630	350,998	331,335	16.4	13.6	12.5	-14.7	-5.6
35 – 44 ปี	727,418	691,632	723,288	29.0	26.7	27.3	-4.9	4.6
45 – 54 ปี	642,657	753,745	753,512	25.7	29.1	28.4	17.3	0.1
55 – 64 ปี	447,157	513,342	508,254	17.9	19.8	19.2	14.8	-1.0
65 ปีขึ้นไป	237,520	256,872	314,581	9.5	9.9	11.9	8.1	22.5

(สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2549)

ตารางที่ 2.4 ร้อยละจำนวนสมาชิกในครัวเรือนผู้ถือครองทำการเกษตร จำแนกตามเพศ หมวดอายุ และลักษณะการทำงาน

รายการ	ร้อยละ			ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง	
	2536	2541	2546	2541/36	2546/41
1.จำนวนสมาชิกในครัวเรือนทั้งสิ้น (ไม่รวมบริษัท)	100.0	100.0	100.0	-3.4	-3.6
จำแนกตามเพศ					
ชาย	49.7	50.1	50.4	-2.8	-2.8
หญิง	50.3	49.9	49.6	-4.0	-4.4
จำแนกตามหมวดอายุ					
ต่ำกว่า 25 ปี	48.4	44.2	35.8	-11.7	-22.0
25 – 34 ปี	16.4	16.1	19.1	-5.0	14.2
35 – 44 ปี	14.3	14.5	16.7	-2.5	11.7
45 – 54 ปี	10.3	12.6	13.7	17.3	5.1
55 – 64 ปี	6.6	7.9	8.5	16.9	3.3
65 ปี ขึ้นไป	4.0	4.7	6.2	14.2	26.3
2. จำนวนสมาชิกในครัวเรือนที่มีอายุ 10 ปีขึ้นไปจำแนกตามลักษณะการทำงาน	100.0	100.0	100.0	-4.7	10.3
ทำงานเชิงเศรษฐกิจ	92.5	86.2	84.8	-11.2	8.6
ทำงานเกษตรในที่ถือครองอย่างเดียว	60.7	47.1	38.4	-26.1	-10.0
ทำงานเกษตรในที่ถือครองและทำงานอื่น	27.2	37.6	40.9	31.7	20.2
ทำงานเกษตรในที่ถือครองเป็นหลัก	19.5	25.1	28.7	22.8	26.3
รับจ้างทำงานเกษตรให้ผู้อื่นเป็นหลัก	1.3	1.7	2.8	27.4	78.4
ทำงานอื่นเป็นหลัก	6.4	10.8	9.4	59.4	-3.5
ไม่ทำงานเกษตรในที่ถือครอง	4.6	1.5	5.5	-68.7	295.8
รับจ้างทำงานเกษตรให้ผู้อื่นเป็นหลัก	0.1	0.1	0.6	-52.6	796.5
ทำงานอื่นเป็นหลัก	4.5	1.4	4.8	-69.3	269.2
ไม่ทำงานเชิงเศรษฐกิจ	7.5	13.8	15.2	75.4	21.1

(ดัดแปลงจาก: สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2549)



ภาพที่ 2.6 ร้อยละผู้มีงานทำ จำแนกตามอุตสาหกรรม ปี พ.ศ. 2545- 2548
(ดัดแปลงจาก: สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2549)

สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ของ อัมมาร สยามวาลา (2547) กล่าวว่าจำนวนแรงงานภาคเกษตรกรรมในชนบทของไทยลดลงอย่างต่อเนื่องในรอบ 10 ปี (2532 – 2541) โดยมีข้อเท็จจริงดังนี้

1) พบการเคลื่อนย้ายแรงงานออกจากชนบทไทยทั้งแรงงานภาคเกษตรกรรมและแรงงานในชนบท ทั้งเพศชายและเพศหญิงช่วงอายุ 15 – 34 ปี ส่วนใหญ่ช่วงอายุ 15 – 24 ปี ส่งผลให้แรงงานภาคเกษตรกรรมวัยหนุ่มสาวลดลงประมาณมากกว่า 3.5 ล้านคน ถึงแม้จะมีการนำแรงงานต่างชาติมาใช้ในภาคเกษตรกรรมก็มีจำนวนเพียง ประมาณ 400,000 คน ซึ่งยังไม่สามารถชดเชยได้เพียงพอกับแรงงานที่หายไปจากระบบส่วนนี้

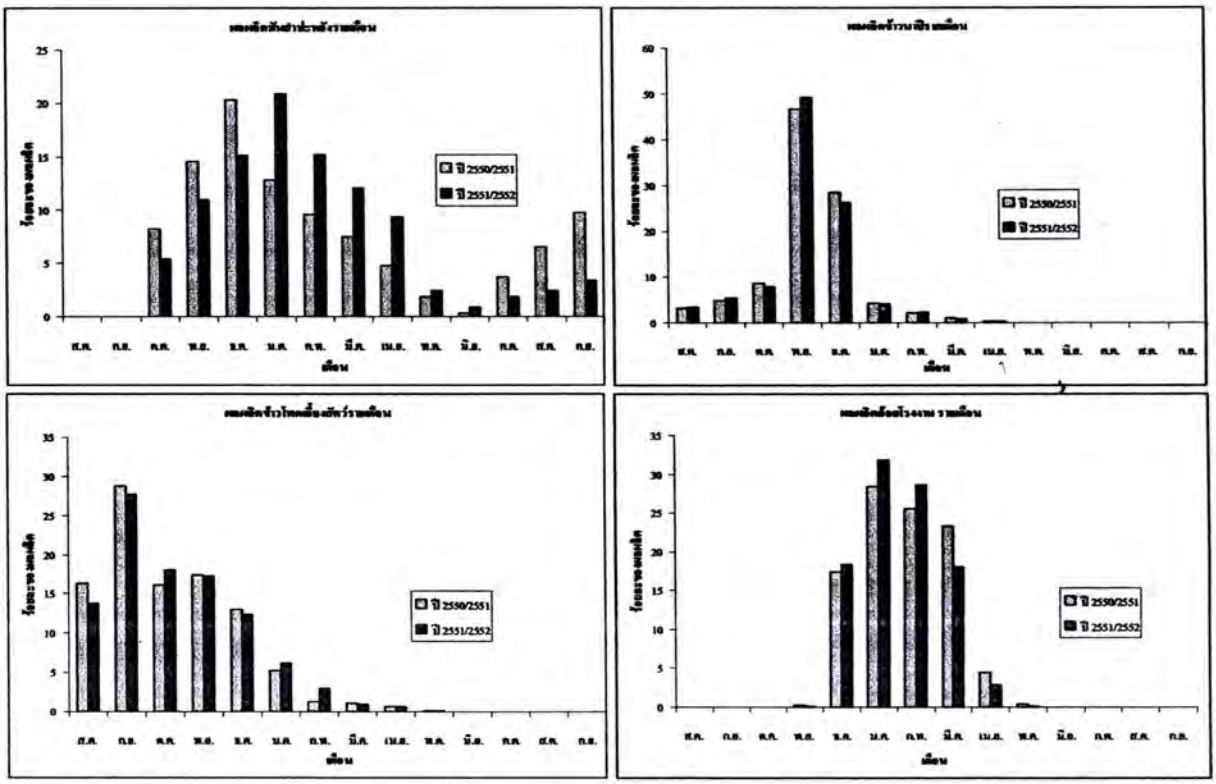
2) แรงงานที่ออกจากภาคเกษตรกรรมมากกว่าครึ่งหนึ่งเพราะไปเรียนหนังสือ ส่วนที่เหลือเป็นการอพยพสู่แรงงานในตัวเมือง ทั้งนี้มีผลชัดเจนเมื่อรัฐบาลมีนโยบายขยายการศึกษาภาคบังคับเป็น 12 ปี ส่งผลให้ลูกหลานเกษตรกรมีโอกาสเรียนหนังสือมากขึ้น และเมื่อเรียนแล้วแม้จะยังอยู่ในชนบทแต่มักไม่เข้ามาทำงานในภาคเกษตรกรรม

3) ไม่ว่าด้วยเหตุใดก็ตาม กลุ่มวัยรุ่นที่ย้ายออกจากภาคเกษตรกรรมจะไม่กลับเข้าไปทำงานภาคเกษตรกรรมอีก

ผลกระทบของการเคลื่อนย้ายแรงงานที่ตามมาได้แก่ อายุเฉลี่ยของแรงงานในภาคเกษตรกรรมสูงขึ้นจากประมาณ 33 ปี ในปี พ.ศ. 2523 เป็น 40 ปี ในปี 2545 และการขาดแคลนแรงงานภาคเกษตรกรรม ทั้งนี้เกษตรกรไทยได้หันมาใช้เครื่องจักรและเทคโนโลยีทุ่นแรงงานมาก

ขึ้น แม้ว่าจะใช้เครื่องจักรทุ่นแรงช่วยก็ตามปัญหาขาดแคลนแรงงานจะรุนแรงเท่าใดขึ้นอยู่กับความยากง่ายของการประดิษฐ์เครื่องจักรสำหรับการใช้งานในแต่ละส่วนนั้นๆ โดยส่วนที่การประดิษฐ์เครื่องจักรเข้ามาเสริมมีความยุ่งยากซับซ้อน เกษตรกรก็จะยังต้องเผชิญปัญหาขาดแคลนแรงงานจนกว่าการประดิษฐ์เครื่องจักรจะได้ผลสำเร็จ

นอกจากพฤติกรรมของแรงงานดังที่กล่าวมาแล้ว ยังมีส่วนของพื้นที่การเพาะปลูกที่การปลูกพืชของเกษตรกรมีพืชหลักหลายชนิดที่ปลูกในเขตเดียวกันและมีฤดูการเพาะปลูกและฤดูการเก็บเกี่ยวที่ตรงกันหรือซ้อนเหลื่อมกันจึงเกิดการแบ่งแรงงานเพื่อทำงานให้ทันตามฤดูกาลอีกด้วย ซึ่งจากข้อมูลของ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2549) พืชหลัก 5 ชนิดแรกที่เกษตรกรปลูกจำนวนมากได้แก่ อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด นาปรัง และนาปี โดยมีข้อสังเกตว่าพื้นที่ที่ปลูกที่มักเป็นพื้นที่เดียวกัน เมื่อพิจารณาช่วงเวลาเก็บเกี่ยวในภาพที่ 2.7 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) พบว่าช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวมักเป็นช่วงเวลาตรงกันหรือต่อเนื่องกัน ซึ่งการทำงานกับพืชแต่ละชนิดต่างก็ต้องการแรงงานจำนวนมาก อาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อจำนวนแรงงานส่งให้เกิดสภาพขาดแคลนแรงงานในการเก็บเกี่ยวภาคเกษตรขึ้น



ภาพที่ 2.7 ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวพืชหลักบางชนิด

(ดัดแปลงจาก: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554)

2.6 งานวิจัยเกี่ยวกับการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

งานวิจัยเกี่ยวกับมันสำปะหลังทั้งด้านแรงงาน และด้านเครื่องมือเก็บเกี่ยวที่สืบค้นเอกสารพบได้แก่ข้อมูลดังต่อไปนี้

2.6.1 งานวิจัยและข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการแรงงานในการผลิตมันสำปะหลัง

Nweke (2006) กล่าวว่า การผลิตมันสำปะหลังในทวีปแอฟริกา ผลผลิตที่ได้ใช้เป็นอาหารมนุษย์ประมาณร้อยละ 95 และส่วนที่เหลือใช้เป็นอาหารสัตว์ อย่างไรก็ตามการผลิตมันสำปะหลังกำลังต้องการการพัฒนาด้านเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตรอย่างเร่งด่วน เพื่อช่วยชดเชยแรงงานในขั้นตอนการผลิตมันสำปะหลัง โดยเฉพาะขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและการแปรรูป ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลความต้องการแรงงานในการผลิตมันสำปะหลังในขั้นตอนต่างๆ ในกลุ่มประเทศแอฟริกาดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 จำนวนความต้องการแรงงานในการผลิตมันสำปะหลังบางประเทศของแอฟริกา

กิจกรรม	คองโก	ไอโวรีโค้ด	การ์นา	ไนจีเรีย	แทนซาเนีย	ยูกันดา
	ความต้องการเวลาทำงาน (วันต่อไร่)					
การถางพื้นที่	10.56	8.48	7.04	6.40	8.64	7.20
การยกร่อง	3.36	4.64	4.96	6.56	4.32	4.96
การปลูก	6.24	3.52	4.48	5.12	4.32	4.48
การเขตกรรม	4.32	4.48	5.44	6.08	4.48	5.12
การเก็บเกี่ยว	7.68	7.04	8.48	9.92	7.36	8.32
รวมวันทำงาน	32.16	27.68	30.56	35.52	29.12	29.92

(ดัดแปลงจาก: Nweke, 2002 อ้างถึงใน Nweke, 2006)

Sukra (1996) กล่าวว่าการเพาะปลูกมันสำปะหลังในมาเลเซียที่ใช้วิธีการผลิตแบบดั้งเดิมเป็นวิธีที่ใช้แรงงานจำนวนมากถึง 23 – 71 คน-ชั่วโมง/ไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนผลผลิตต่อไร่ด้วย (ตารางที่ 2.6) โดยความต้องการแรงงานหลักจะอยู่ที่ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวถึงร้อยละ 40 – 66 ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังของเกษตรกรมาเลเซียประกอบด้วย การทำงานย่อยๆ 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1)ขั้นตอนการตัดต้นมันสำปะหลัง ซึ่งจะตัดสูงจากพื้นประมาณ 30 เซนติเมตร 2)ขั้นตอนการถอนหรือขุดเหง้ามันสำปะหลังออกจากดิน 3)ขั้นตอนการรวมกองเหง้ามันสำปะหลัง 4)ขั้นตอน

การตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า และ 5)ขั้นตอนการบรรจุหัวมันสำปะหลังใส่กระสอบและขนย้ายไปยังจุดรวบรวม

ตารางที่ 2.6 ความต้องการแรงงานผลิตมันสำปะหลังของมาเลเซีย

กิจกรรม	ความต้องการแรงงาน (คน-ชั่วโมง/ไร่) ที่ผลผลิต 3 ระดับ		
	2.40 ตัน/ไร่	4.80 ตัน/ไร่	7.20 ตัน/ไร่
รวบรวมท่อนพันธุ์	1.28	1.28	1.28
ตัดท่อนพันธุ์	1.28	1.28	1.28
การปลูก	11.52	11.52	11.52
การควบคุมและกำจัดวัชพืช	16.64	16.64	16.64
การใส่ปุ๋ย	6.40	6.40	6.40
การเก็บเกี่ยว	23.68	47.36	71.04

(ดัดแปลงจาก: Chan et al., 1983 อ้างถึงใน Sukra, 1996)

สำนักงานเกษตรอำเภอลำสนธิ (2550) ได้สรุปรายงานค่าใช้จ่ายในการผลิตพืชไร่และนา จำนวน 7 ชนิด (ตารางที่ 2.7) และรวมรายการค่าใช้จ่ายในการผลิตมันสำปะหลังด้วย ซึ่งพบว่า ค่าใช้จ่ายที่สูงที่สุดเรียงไปหาค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดในการผลิตมันสำปะหลังได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยว การขนส่ง ค่าต้นพันธุ์ ค่าเตรียมดิน ค่าปลูก และค่าสารเคมีเท่ากับ ร้อยละ 34.15 24.39 14.63 13.17 7.80 และ 5.85 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.7 ต้นทุนการผลิตพืชบางชนิดของอำเภอลำสนธิ จังหวัดลพบุรี

กิจกรรม	ชนิดพืช						
	ข้าว	ข้าวโพด	มันสำปะหลัง	ถั่วเขียว	อ้อย	ทานตะวัน	พริก
ค่าพันธุ์	150	220	300	50	750	130	100
ค่าเตรียมดิน	250	250	270	120	620	100	250
ค่าจ้างปลูก,หว่าน	250	80	160	40	500	30	60
ค่าสารเคมี	100	120	120	100	252	-	80
ค่าปุ๋ยเคมี	210	195	-	50	420	-	200
ค่าจ้างเก็บเกี่ยว	350	350	700	100	600	150	900
ค่าสี-นวด	140	110	-	120	-	30	-
ค่าขนส่ง	-	-	500	50	1680	-	240
รวมต้นทุนการผลิต	**1460**	**1330**	**2050**	**630**	**4822**	**440**	**1830**
ผลผลิตเฉลี่ย	450	550	3500	110	9000	100	90
ราคา(บาท/กก.)	4.70	3.85	1.10	100.00	0.55	8.00	50.00
รวมรายได้	**2115**	**2117**	**3850**	**1100**	**4950**	**800**	**4500**
หักต้นทุนการผลิต	1460	1330	2050	630	4822	440	1830
กำไรสุทธิ	**655**	**787**	**1800**	**470**	**128**	**560**	**2570**

(สำนักงานเกษตรอำเภอลำสนธิ, 2550)

เสรี วงส์พิเชษฐ (2551) ได้ศึกษาอัตราการทำงานในขั้นตอนย่อยแต่ละขั้นตอนในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังตามวิธีที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ ซึ่งเก็บเกี่ยวในช่วงฤดูแล้ง และฤดูฝนได้รายงานผลการศึกษาขั้นตอนย่อย 3 ขั้นตอนประกอบด้วย 1)ขั้นตอนการขุดมันสำปะหลัง 2)ขั้นตอนการตัดเหง้าและรวมกอง 3)ขั้นตอนการขนหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก ซึ่งพบว่าใน 2 ขั้นตอนแรกนั้นอัตราการทำงานในฤดูแล้งต่ำกว่าฤดูฝนในขณะที่ขั้นตอนการขนขึ้นรถบรรทุกเท่านั้นที่อัตราการทำงานสูงกว่าดังรายละเอียดตารางที่ 2.8 และสรุปรายงานความสามารถในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังและความสูญเสียในการทำงาน ตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.8 ผลการศึกษาอัตราการทำงานแต่ละขั้นตอนการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังตามวิธีที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ

ขั้นตอนการทำงาน	การเก็บเกี่ยวใน ฤดูแล้ง[1)]	การเก็บเกี่ยวในฤดูฝน[2)]
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 เป็นข้อมูลการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในพื้นที่ดินร่วนปนทราย ขนาด 2 ไร่ ซึ่งมีผลผลิต 3145 กก/ไร่ และทำการเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม ณ จังหวัดขอนแก่น โดยใช้คนงาน 9 คน

2) ฤดูฝน เป็นข้อมูลการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในพื้นที่ดินร่วนปนทราย ขนาด 5 ไร่ ซึ่งมีผลผลิต 2582 กก/ไร่ และทำการเก็บเกี่ยวในเดือนสิงหาคม ณ จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยใช้คนงาน 16 คน

(ดัดแปลงจาก: เสรี วงส์พิเชษฐ, 2551)

ตารางที่ 2.9 ความสามารถในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังโดยภาพรวม

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

หมายเหตุ: 1) กิจกรรมการเก็บเกี่ยว ประกอบด้วย การขุด การตัดเหง้าและรวมกอง และการขนขึ้นรถ

2) ฤดูแล้ง เป็นข้อมูลการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในพื้นที่ดินร่วนปนทราย ขนาด 2 ไร่ มีผลผลิต 3145 กก./ไร่ ซึ่งทำการเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม ณ จังหวัดขอนแก่น โดยใช้แรงงานจำนวน 9 คน

3) ฤดูฝน เป็นข้อมูลการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในพื้นที่ดินร่วนปนทราย ขนาด 5 ไร่ มีผลผลิต 2582 กก./ไร่ ซึ่งทำการเก็บเกี่ยวในเดือนสิงหาคม ณ จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยใช้แรงงานจำนวน 16 คน

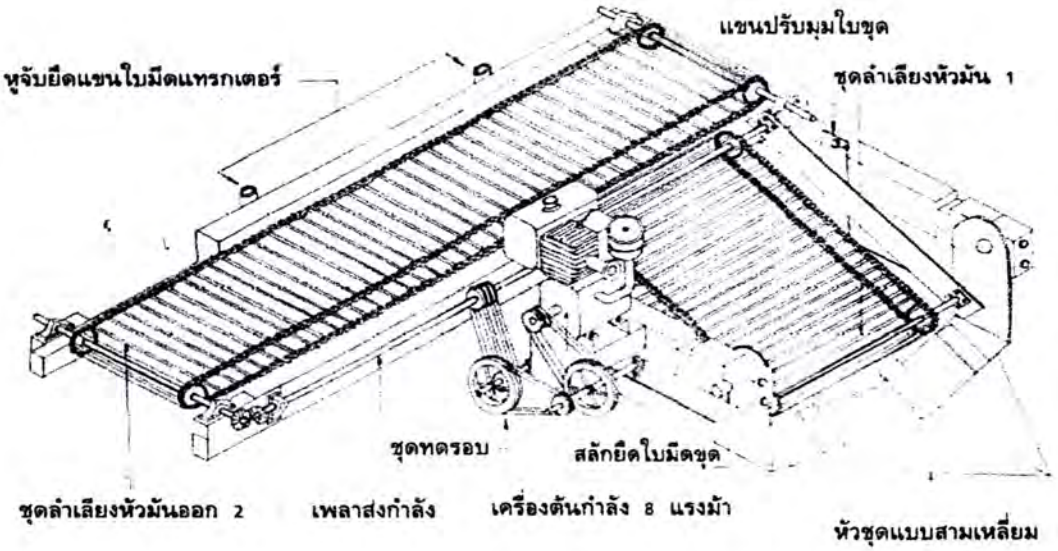
(ดัดแปลงจาก: เสรี วงส์พิเชษฐ, 2551)

2.6.2 งานวิจัยเกี่ยวกับเครื่องทุ่นแรงเก็บเกี่ยวในประเทศไทย

การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในประเทศไทย มีการวิจัยและพัฒนามาเป็นลำดับ เพื่อช่วยทุ่นแรงการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในช่วงแรก และปัจจุบันได้มุ่งทดแทนปัญหาขาดแคลนแรงงานคนภาคเกษตรกรรมในการเก็บเกี่ยว จากการศึกษารวบรวมงานศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเครื่องจักรกลทุ่นแรงเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่พบมีรายละเอียดดังนี้

สมนึก ชูศิลป์ (2537) ได้ออกแบบพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลัง แบบขุดและลำเลียงออกด้านข้างให้พ้นแนวล้อของแทรกเตอร์ เครื่องขุดออกแบบให้ต่อพ่วงด้านหน้าเข้ากับชุดพ่วงใบมีดดันดิน มีลักษณะเครื่องดังภาพที่ 2.8 ส่วนประกบเครื่องประกอบด้วย ผาลขุดแบบสามเหลี่ยมหน้ากว้าง 800 มิลลิเมตร โซ่ลำเลียงขนาดกว้าง 600 มิลลิเมตร ยาว 1000 มิลลิเมตร วางทำมุม 30 องศากับแนวระนาบ ติดตั้งต่อจากผาลขุด และโซ่ลำเลียงหน้ากว้าง 450 มิลลิเมตร ยาว 2000 มิลลิเมตร วางแนวนอนหลังโซ่ลำเลียงแนวเอียงเพื่อลำเลียงเหง้ามันสำปะหลังออกด้านข้างให้

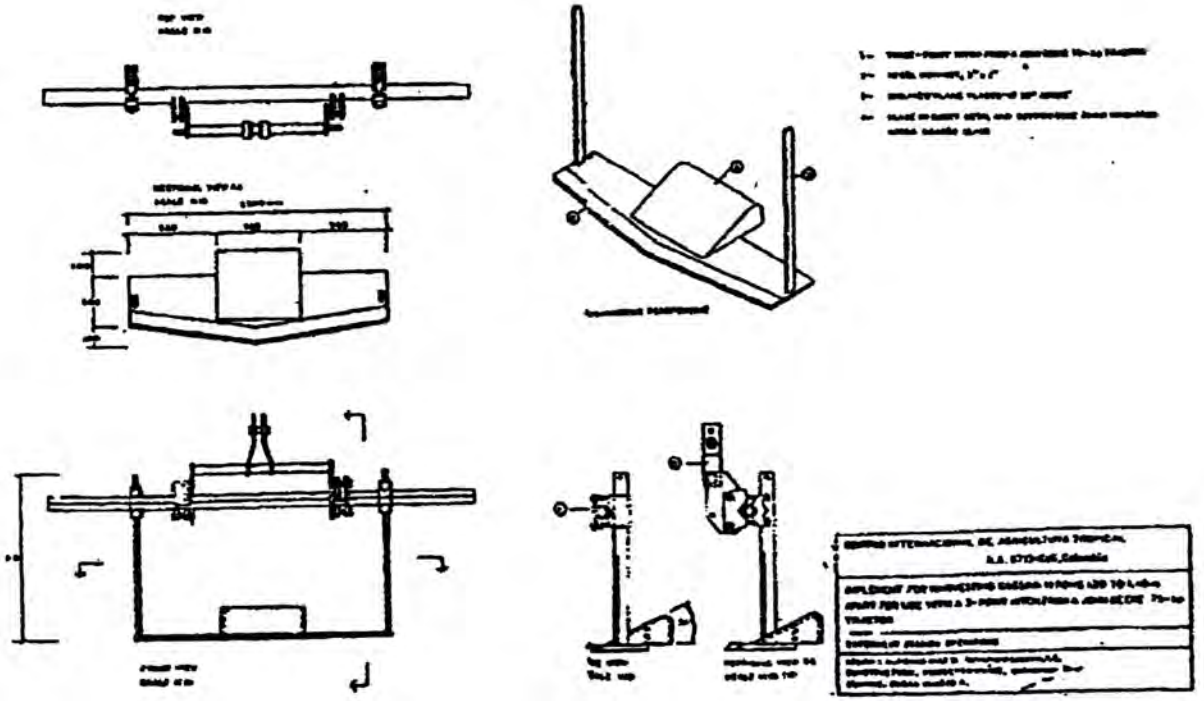
พ้นแนวล้อแทรกเตอร์ โดยใช้เครื่องยนต์เบนซิน 8 แรงม้าเป็นต้นกำลังขับเคลื่อนโซ่ลำเลียงทั้ง 2 ชุด จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่าเครื่องขุดมีความสามารถในการทำงาน 0.83 ไร่/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการขุดร้อยละ 85.90 มีมันสำปะหลังสูญเสียรวมร้อยละ 15 อย่างไรก็ตามยังไม่พบว่ามีการนำไปใช้งานระดับเกษตรกร



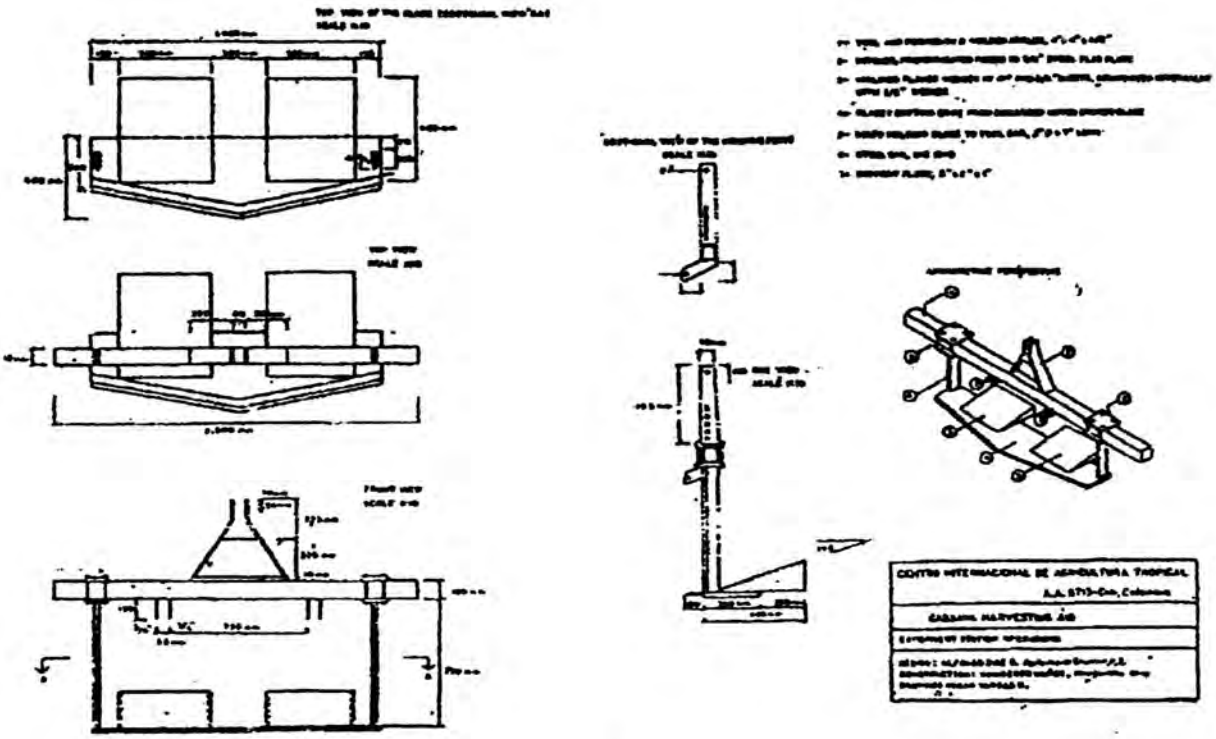
ภาพที่ 2.8 เครื่องขุดแบบพ่วงด้านหน้ารถแทรกเตอร์
(สมนึก ชูศิลป์, 2537)

ธัญญะ เกียรติวัฒน์ และคณะ (2537) ได้ทดสอบประเมินผลเครื่องขุดมันสำปะหลัง 3 แบบ พบว่าเครื่องขุดแต่ละแบบมีความสามารถในการทำงานและข้อจำกัดต่างๆ ดังนี้

แบบที่ 1 เครื่องขุดมันสำปะหลังจากต่างประเทศ (ภาพที่ 2.9) มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 4.05 ไร่/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงาน การแตกหักมันสำปะหลังจากการขุด และหัวมันสำปะหลังหลงเหลือเฉลี่ยร้อยละ 77.29 11.95 และ 15.69 ตามลำดับ และพบข้อจำกัดการใช้งานประกอบด้วย 1)หน้ากว้างผาลขุดมากเกินไป (1.50 เมตร) ไม่เหมาะกับสภาพการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรไทยที่มีระยะระหว่างแถวปลูก 0.90 เมตรเป็นผลให้ต้องใช้แรงฉุดลากมาก 2)มีวัชพืชและต้นมันสำปะหลังพันกับโครงเสาทั้งสองข้างของผาลขุด ทำให้ต้องเสียเวลาในการเอาเศษวัชพืชออก 3)เครื่องไม่สามารถทำงานได้ต่อเนื่องเนื่องจากระยะระหว่างแถวมันสำปะหลัง 0.90 เมตร เมื่อขุดแล้วจำเป็นต้องหยุดให้คนเก็บเหง้ามันสำปะหลังออกจากร่องขุดเพื่อไม่ให้แทรกเตอร์เหยียบในการขุดร่องต่อไป



ก



ข

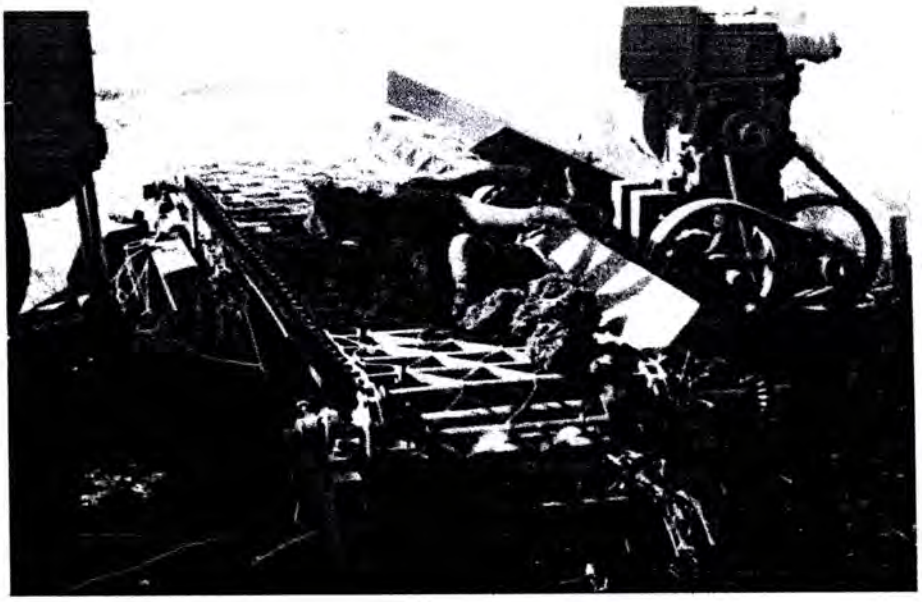
ภาพที่ 2.9 ภาพร่างเครื่องขุดจากต่างประเทศแบบแถวเดี่ยว (ก) แบบแถวคู่ (ข)
(ธัญญะ เกียรติวัฒน์ และคณะ, 2537)

แบบที่ 2 เครื่องขุดมันสำปะหลังของกองเกษตรวิศวกรรม พบว่าเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 4.11 ไร่/ชั่วโมง โดยมีประสิทธิภาพการทำงาน การแตกหักของหัวมัน และหัวมันหลงเหลือจากการขุดเฉลี่ยร้อยละ 78.80 10.96 และ 12.21 ตามลำดับ และมีข้อจำกัดการใช้งานประกอบด้วย 1)มีวัชพืชและต้นมันสำปะหลังพันผาลขุดและโครงเสาทั้งสองข้างของผาลขุดทำให้ต้องเสียเวลาเอาเศษวัชพืชออก 2)เครื่องไม่สามารถทำงานได้ต่อเนื่องเนื่องจากต้องหยุดให้คนเข้าไปเก็บเหง้ามันออกจากร่องขุดเพื่อมิให้แทรกเตอร์เหยียบในการเข้าไปขุดร่องต่อไป

แบบที่ 3 เครื่องขุดมันสำปะหลังของเกษตรกรพบว่าเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 2.82 ไร่/ชั่วโมง โดยมีประสิทธิภาพการทำงาน และการแตกหักของหัวมันเฉลี่ยร้อยละ 69.33 และ 13.13 ตามลำดับ และมีข้อจำกัดการใช้งานประกอบด้วย 1)ความกว้างผาลขุดน้อยเกินไป (0.40 เมตร) ทำให้หัวมันหลงเหลือจากการขุดจำนวนมาก 2)มีวัชพืชและใบมันสำปะหลังติดพันโครงเสาทำให้ต้องเสียเวลาเอาเศษวัชพืชออก และ 3)เครื่องไม่สามารถทำงานได้ต่อเนื่องเนื่องจากต้องหยุดให้คนเข้าไปเก็บเหง้ามันออกจากร่องขุดเพื่อมิให้แทรกเตอร์เหยียบในการเข้าไปขุดร่องต่อไป

จากนั้นคณะผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบคานเดี่ยว โดยรายงานผลการทดสอบการทำงานว่ามีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 4.15 ไร่/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงาน การแตกหักหัวมันสำปะหลัง และหัวมันสำปะหลังหลงเหลือไม่ถูกขุดเฉลี่ยร้อยละ 86.78 10.14 และ 7.26 ตามลำดับ ซึ่งปัจจุบันนี้ (2553) จะไม่พบการใช้งานเครื่องขุดกลุ่มนี้ในระดับเกษตรกรแล้ว

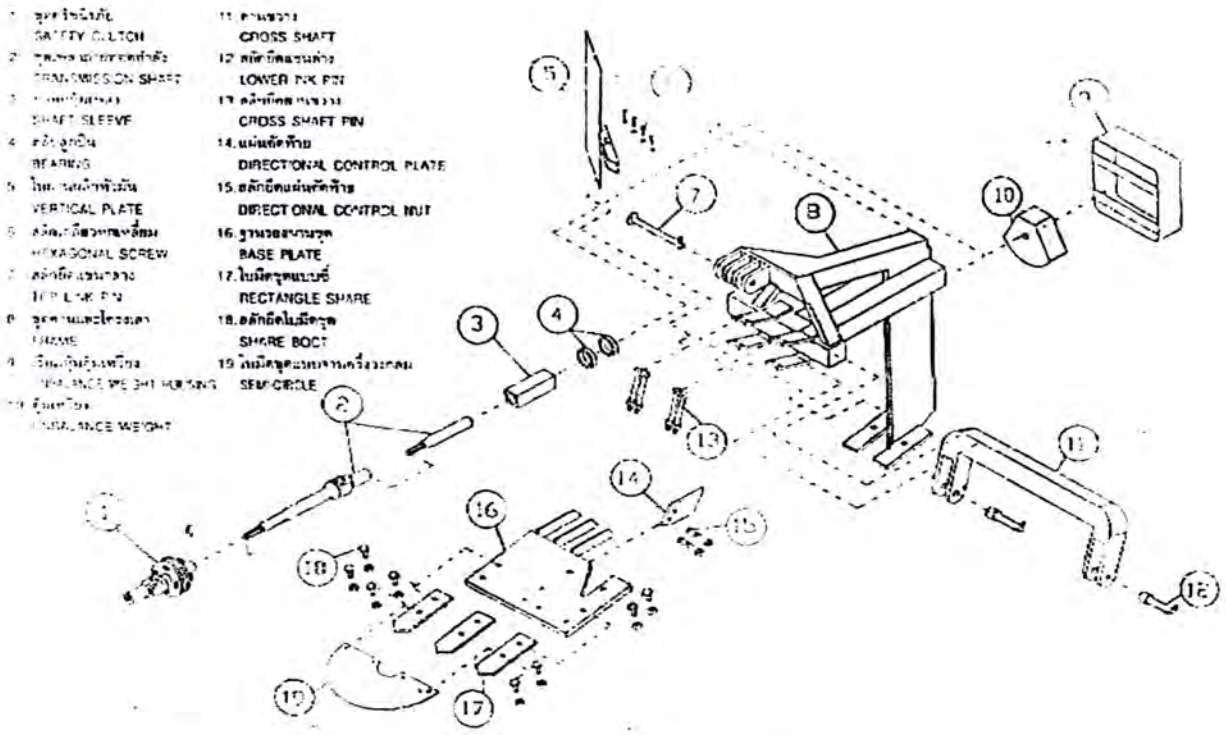
ศุภวัฒน์ ปากเมย (2540) ออกแบบและประเมินผลเครื่องขุดมันสำปะหลัง เครื่องขุดฯ (ภาพที่ 2.10) มีส่วนประกอบที่สำคัญประกอบด้วยหัวขุดมันสำปะหลังรูปสามเหลี่ยมมีหน้ากว้างในการทำงาน 1000 มิลลิเมตร โครงเครื่องมีหน้ากว้าง 2000 มิลลิเมตร มีอุปกรณ์ลำเลียงขึ้นและอุปกรณ์ลำเลียงออกด้านข้างให้พ้นแนวล้อแทรกเตอร์ โดยใช้โซ่ขุดลำเลียงเป็นโซ่ขับอุปกรณ์ลำเลียง การขับชุดอุปกรณ์ลำเลียงใช้เครื่องยนต์เล็กขนาด 7.46 กิโลวัตต์เป็นต้นกำลัง จากการทดสอบได้รายงานว่าความเร็วการทำงานที่เหมาะสม 0.46 เมตร/วินาที ความเร็วของอุปกรณ์ลำเลียง 0.70 เมตร/วินาที ความสามารถในการทำงาน 0.74 ไร่/ชั่วโมง ร้อยละของหัวมันสำปะหลังที่ขุดได้ หัวมันสำปะหลังขาดทที่ขุดได้ และหัวมันสำปะหลังที่หลงเหลือในดินเท่ากับร้อยละ 92.51 3.86 และ 3.63 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยระบุว่าเครื่องขุดมันสำปะหลังนี้ยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน ควรมีการพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังต่อไปให้สามารถใช้งานทดแทนแรงงานคนได้



ภาพที่ 2.10 เครื่องขุดมันสำปะหลัง แบบใบขุดสามเหลี่ยมติดพ่วงด้านหน้าแทรกเตอร์ (ศุภวัฒน์ ปากเมย, 2540)

ศักดา อินทรวิชัย, ธัญญะ เกียรติวัฒน์ (2541) ได้รายงานการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขุดมันสำปะหลังระหว่างการใช้แรงงานคนและเครื่องขุด พบว่าค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องขุดจะลดลงจากการใช้แรงงานคนขุดและความต้องการแรงงานลดลงคิดเป็นร้อยละ 37.92 และ 84.43 ตามลำดับ แม้ว่าการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องขุดจะต้องใช้แรงงานคนคราวละ 9 คนในการขับแทรกเตอร์ 1 คน และเก็บเหง้ามันฯ 8 คนแล้วก็ตาม ทั้งนี้เพราะเครื่องขุดจะสามารถเพิ่มความสามารถในการขุดจาก 0.05 ไร่/ชั่วโมง เป็น 2.59 ไร่/ชั่วโมง

ศักดา อินทรวิชัย, ธัญญะ เกียรติวัฒน์ (2542) ได้วิจัยพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังสั่นสะเทือน K.72 (ภาพที่ 2.11) แบบใช้พ่วงกับแขนพ่วงแบบ 3 จุดของแทรกเตอร์ขนาด 60 – 80 กำลังม้า โดยอาศัยกำลังขับจากเพลาอำนวยกำลังมาขับชุดสั่นสะเทือนที่เป็นตุ้มน้ำหนักติดตั้งด้านหลังของเครื่องขุด โดยผาลขุดเอียงทำมุม 15 องศากับพื้นราบ จากการทดสอบพบว่าการประยุกต์ใช้ระบบสั่นสะเทือนทำให้สามารถลดแรงฉุดลากของแทรกเตอร์ลงร้อยละ 30 การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงลดลงร้อยละ 15 มีแนวโน้มทำให้ความสามารถในการทำงานจริงเพิ่มขึ้นร้อยละ 29 และมีความสูญเสียมันสำปะหลังจากการขุดร้อยละ 3

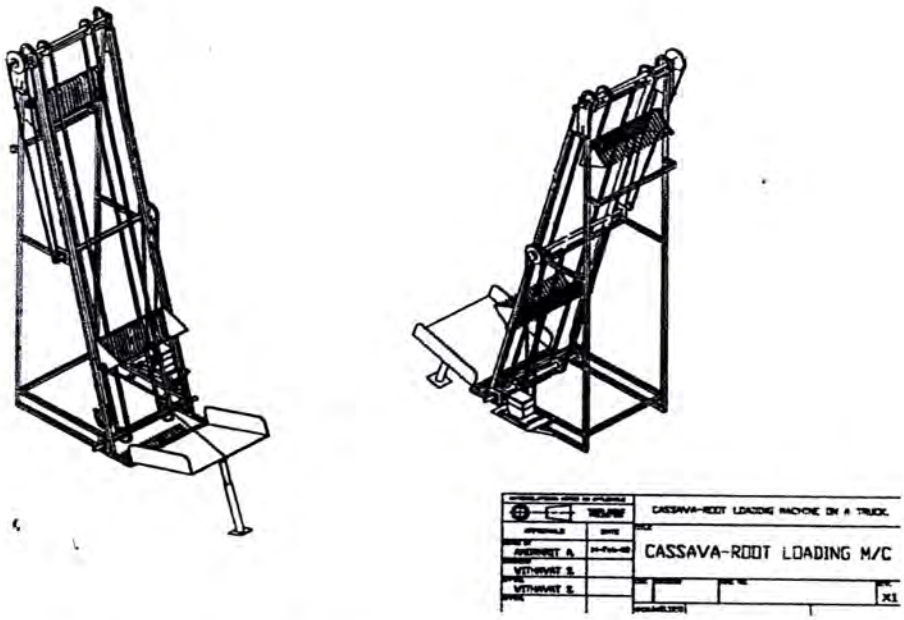


ภาพที่ 2.11 ภาพร่างส่วนประกอบเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบสั่นสะเทือน K.72 (ศักดา อินทรวิชัย และ ธัญญะ เกียรติวัฒน์, 2542)

สามารถ บุญอาจ (2543) ออกแบบพัฒนาเครื่องเก็บหัวมันสำปะหลังออกจากแปลงหลังจากขั้นตอนการขุด แบบห่วงท้ายและทำงานด้านข้างของแทรกเตอร์ มีหน้ากว้างการทำงาน 900 มิลลิเมตร หลักการทำงานจะมีใบขุดเก็บมันสำปะหลังแล้วส่งต่อไปยังระบบลำเลียง (ภาพที่ 2.12) ซึ่งระบบลำเลียงจะลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้นไปแล้วจะต้องมีอุปกรณ์มารองรับ แต่งานนี้ยังไม่มีอุปกรณ์รองรับต่อเนื่อง และรายงานการทดสอบภาคสนามพบว่าเครื่องมีความสามารถในการทำงาน 0.55 ไร่/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงานร้อยละ 65.48 สำหรับเครื่องเก็บหัวมันสำปะหลังนี้ยังไม่พบการใช้งานระดับเกษตรกร

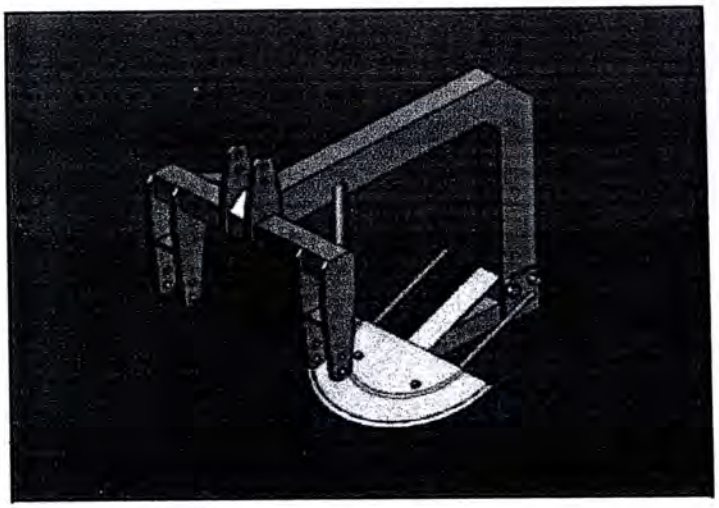
ภาพที่ 2.12 เครื่องเก็บหัวมันสำปะหลังแบบติดพ่วงกับแทรกเตอร์
(สามารถ บุญอาจ, 2543)

วิทวัส สมัญญาภรณ์ (2545) ออกแบบพัฒนาเครื่องขนมันสำปะหลังเพื่อบรรทุกในรถบรรทุก เป็นเครื่องที่ติดตั้งกับที่ มีส่วนประกอบหลักประกอบด้วยกระพ้อปากสูง ระบบลำเลียงด้วยโซ่ และระบบส่งกำลังด้วยสายพานลิ่ม ใช้งานเพื่อลำเลียงหัวมันสำปะหลังที่ตัดเหง้าเรียบร้อยแล้วขึ้นรถบบรทุก โดยรายงานผลการศึกษาว่าในการลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกร่วมกับแรงงานคนสามคน สามารถขนมันสำปะหลังได้ 6.0 ตัน/ชั่วโมง (ภาพที่ 2.13)



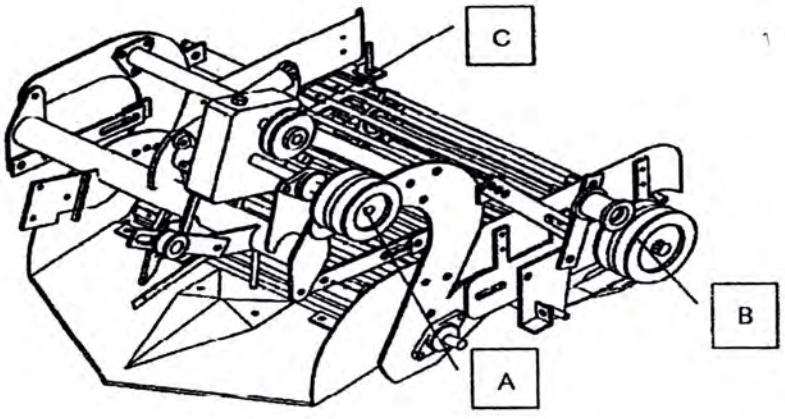
ภาพที่ 2.13 ภาพร่างเครื่องขนมันสำปะหลังเพื่อบรรทุกในรถบรรทุก
(วิทวัส สมัญญาภรณ์, 2545)

เสรี วงส์พิเชษฐ, คำนึง วาทโยธา (2546) ได้พัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังโดยใช้รถแทรกเตอร์เล็กเป็นต้นกำลัง ซึ่งใช้งานกับแทรกเตอร์ขนาด 20 – 30 แรงม้า มีอัตราการทำงาน 1.43 ไร่/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงานและความสูญเสียหัวมันฯ จากการขุดไม่หมดเท่ากับร้อยละ 70.50 และ 0.60 ตามลำดับ โดยมีข้อแนะนำให้ใช้งานกับระยะระหว่างแถวมันสำปะหลังช่วง 766 – 1000 มิลลิเมตร และให้ชื่อว่า เครื่องขุดมันสำปะหลัง มข.48 (ภาพที่ 2.14)



ภาพที่ 2.14 เครื่องขุดมันสำปะหลัง มข.48
(เสรี วงส์พิเชษฐ และ คำนึง วาทโยธา, 2546)

รพีภัทร์ สุรธรรมวิทย์, ศุภฤกษ์ จิโนคุณ (2547) ศึกษาอัตราส่วนความเร็วตะแกรงร่อนของเครื่องขุดมันฝรั่งต่อความเร็วของรถไถเดินตาม (ภาพที่ 2.15) ที่อัตราส่วน 1.0:1 1.3:1 1.6:1 1.9:1 2.2:1 และ 2.5:1 โดยความเร็วรถไถเดินตาม เท่ากับ 0.50 0.55 0.60 0.65 และ 0.70 เมตร/วินาที ตามลำดับ และพิจารณาด้วยดัชนีความเสียหายของมันฝรั่งและร้อยละของมันฝรั่งที่ถูกดินกลบ พบว่า อัตราส่วน 1.9:1 และความเร็วรถไถเดินตามที่ 0.65 เมตร/วินาที เป็นอัตราส่วนและความเร็วการทำงานที่เหมาะสมในการขุดมันฝรั่ง

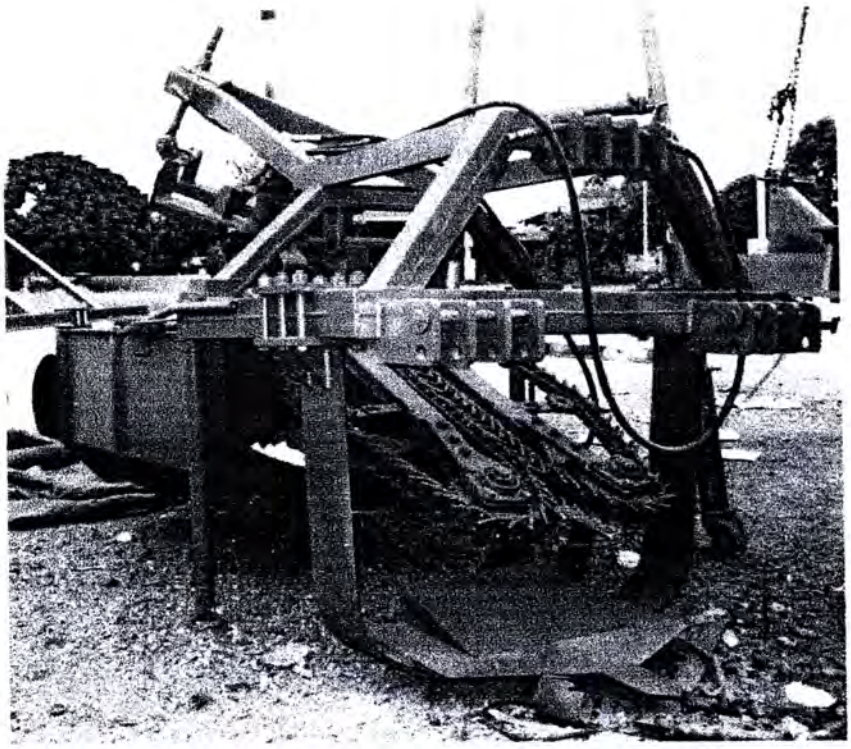


ภาพที่ 2.15 เครื่องขุดมันฝรั่งแบบพ่วงรถไถเดินตาม
(รพีภัทร์ สุรธรรมวิทย์ และ ศุภฤกษ์ จิโนคุณ, 2547)

เชิดพงษ์ เชี่ยวชาญวัฒนา (2548) ได้พัฒนาอุปกรณ์ช่วยลำเลียงมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกเพื่อนำออกไปจำหน่าย (ภาพที่ 2.16) เป็นอุปกรณ์แบบคานยกต่อพ่วงกับแทรกเตอร์แบบสามจุด ขนาดกำลัง 78 – 90 แรงม้า สามารถยกมันสำปะหลังครั้งละ 454 กิโลกรัม ด้วยความสูงสูงสุด 2680 มิลลิเมตร

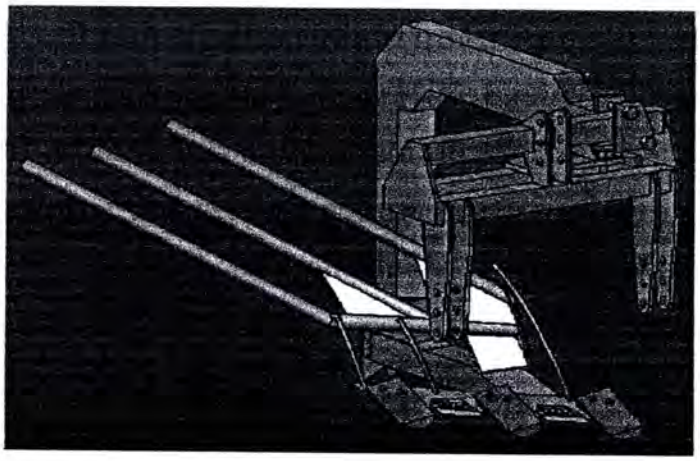
ภาพที่ 2.16 อุปกรณ์ช่วยลำเลียงมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก
(เชิดพงษ์ เชี่ยวชาญวัฒนา, 2548)

ประสาท แสงพันธุ์ตา (2548) ออกแบบพัฒนาเครื่องขุดและเก็บรวบรวมหัวมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายแทรกเตอร์ขนาด 60 – 80 แรงม้า ด้วยระบบแขนพ่วง 3 จุด มีส่วนประกอบหลักประกอบด้วย ชุดผาลขุด ชุดลำเลียง ชุดกระบะบรรทุก และโครงสร้าง (ภาพที่ 2.17) หลักการทำงานได้แก่ ผาลขุดทำหน้าที่ขุดมันสำปะหลังขึ้นจากดิน จากนั้นชุดลำเลียงซึ่งใช้โซ่หนีบจับต้นมันสำปะหลังลำเลียงแนวเอียงขึ้นใส่กระบะรวบรวม และเมื่อมันสำปะหลังเต็มกระบะบรรทุกแล้วจะนำมันสำปะหลังออกมาเทรวมกองเพื่อให้เกษตรกรตัดเหง้าต่อไป และรายงานการทดสอบภาคสนามพบว่า เครื่องมีความสามารถในการทำงาน 1 ไร่/ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการทำงานร้อยละ 82.30 มีมันสำปะหลังแตกหักจากการขุด และมันสำปะหลังหลงเหลือเท่ากับร้อยละ 11.46 และ 15.38 ตามลำดับ



ภาพที่ 2.17 เครื่องขุดและรวบรวมหัวมันสำปะหลัง
(ประสาท แสงพันธุ์ตา, 2548)

เสรี วงส์พิเชษฐ, สมนึก ชูศิลป์ (2548) พัฒนากระบวนการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังด้วยเครื่องขุดมันสำปะหลัง เนื่องจากเครื่องขุดมันสำปะหลังที่เกษตรกรนิยมใช้ขณะนั้นสามารถลำเลียงมันสำปะหลังออกจากแนวร่องที่ขุดเพียง 600 – 700 มิลลิเมตร มีมันสำปะหลังหลงเหลือในร่องขุดร้อยละ 22 – 36 ซึ่งไม่พ้นแนวล้อแทรกเตอร์ทำให้ต้องใช้แรงงานจำนวนมากคอยเก็บมันสำปะหลังออกก่อนที่แทรกเตอร์จะขุดแนวถัดไป การพัฒนาได้เครื่องขุดมันสำปะหลัง มข.46 สำหรับต่อพ่วงกับแทรกเตอร์ขนาด 65 แรงม้าแบบ 3 จุด ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญประกอบด้วย คานลาก โครง ชี่ลำเลียง และใบมีดตัดดิน ซึ่งสามารส่งมันสำปะหลังออกด้านข้างได้ระยะ 700 – 800 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถส่งพ้นแนวล้อแทรกเตอร์ได้หมด และให้ชื่อเครื่องขุดว่า มข. 46 (ภาพที่ 2.18)



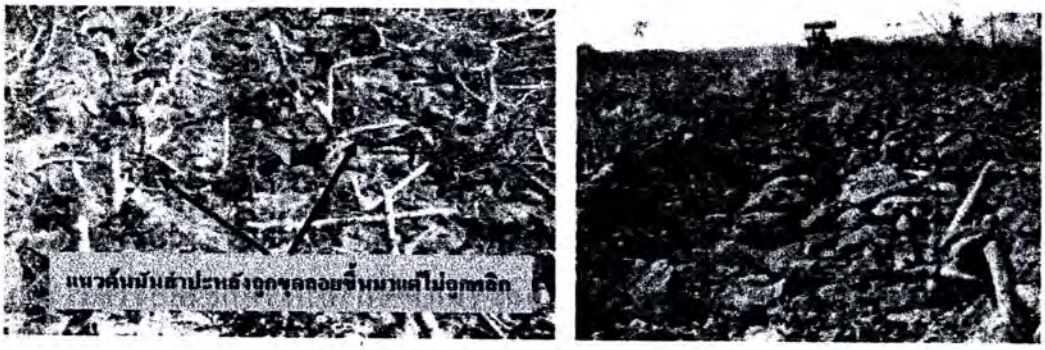
ภาพที่ 2.18 เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบ มข. 46
(เสรี วงส์พิเชษฐ และ สมนึก ชูศิลป์, 2548)

จารุวัฒน์ มงคลธนทรรศ, อนุชิต ฉ่ำสิงห์ (2550) ได้สำรวจและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง พบว่ามีอยู่ 2 รูปแบบหลักได้แก่ การเก็บเกี่ยวแบบใช้แรงงานคนทุกขั้นตอน และการเก็บเกี่ยวแบบใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังช่วยในขั้นตอนการขุด ซึ่งรูปแบบที่สองสามารถบรรเทาปัญหาขาดแคลนแรงงานได้ระดับหนึ่งประมาณร้อยละ 37 ลดต้นทุนการผลิตลงร้อยละ 8 – 10 แต่ยังมีเกษตรกรทั้งในพื้นที่ที่มีการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังแล้วและในพื้นที่ที่ยังไม่มีการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลัง ยังใช้วิธีเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคนทั้งหมด ซึ่งสาเหตุมาจากการไม่มีการเผยแพร่เครื่องขุดมันสำปะหลังที่มีประสิทธิภาพ และเกษตรกรบางส่วนอาจไม่ยอมรับประสิทธิภาพของเครื่องขุดที่มีจำหน่ายในปัจจุบันที่ยังมีข้อจำกัดการใช้งาน และอุปสรรคที่สำคัญคือเครื่องขุดที่มีจำหน่ายในปัจจุบันสามารถช่วยลดแรงงานในช่วงการขุดถอนจากดินเท่านั้น ส่วนการเก็บรวมกอง ตัดหัวมันอออกจากเหง้าและขนย้ายขึ้นรถบรรทุกยังต้องใช้แรงงานคนถึง 2 ใน 3 ส่วนของการเก็บเกี่ยวแบบใช้แรงงานคนทั้งหมด เป็นปัญหาคอขวดให้เครื่องขุดไม่สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ

อนุชิต ฉ่ำสิงห์ และคณะ (2550) ได้วิจัยและพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบไถหัวหมู จากผลการศึกษาพบว่าการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังของเกษตรกรมี 2 รูปแบบหลักได้แก่ รูปแบบที่ 1 การใช้แรงงานคนทุกขั้นตอน และรูปแบบที่ 2 การใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังฉุดลากด้วยแทรกเตอร์ในขั้นตอนการขุดหัวมันสำปะหลังออกจากดิน แล้วใช้แรงงานคนทั้งหมดในขั้นตอนที่เหลือ สำหรับเครื่องขุดมันสำปะหลังที่เกษตรกรใช้งานสามารถช่วยงานเก็บเกี่ยวได้ระดับหนึ่ง มีการผลิตและใช้งานหลากหลายแบบขึ้นอยู่กับเขตพื้นที่ปลูก และยังมีการดัดแปลงเพิ่มเติม

และพัฒนาใหม่อย่างต่อเนื่องอันเป็นข้อบ่งบอกถึงความยังไม่มีเสถียรภาพทางคุณภาพและประสิทธิภาพของเครื่องขุดมันสำปะหลังที่มีใช้ขณะนี้ ซึ่งเครื่องขุดมันสำปะหลังที่คณะผู้วิจัยพบว่ามีการใช้งานเป็นเครื่องขุดแบบคานเดี่ยวมีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วนคือ โครงเครื่อง ขายึดผาลหรือขาไถ และ ผาลขุด (ภาพที่ 2.19) ผาลขุดหลักๆ ที่พบใช้งาน มี 2 แบบคือแบบขุดแล้วไม่พลิกดิน กับ ขุดแล้วมีการพลิกดิน (ภาพที่ 2.20) ซึ่งประกอบด้วย

ภาพที่ 2.19 ส่วนประกอบของเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบไถหัวหมู
(อนุชิต ฉ่ำสิงห์ และคณะ, 2550)



ภาพที่ 2.20 รูปแบบการขุดมันสำปะหลังแบบไม่พลิกดิน (ซ้าย) และ แบบพลิกดิน (ขวา)
(อนุชิต ฉ่ำสิงห์ และคณะ, 2550)

1) ผาลขุดแบบชี่ (ภาพที่ 21) เป็นผาลขุดที่มีการพัฒนาในระยะแรกๆ ลักษณะผาลขุดที่เป็นชี่มีทั้งทำจากแหนบรถยนต์ และชี่ปากปุ้งกี๋รถขุดตักดิน มีจำนวน 3 ชี่ รูปแบบการวางและมุมของชี่แตกต่างกันไป หน้ากว้างการทำงานประมาณ 500 – 700 มิลลิเมตร กรณีที่น้ำหนักเครื่องไม่พออาจถ่วงน้ำหนักเพิ่ม การขุดมักเป็นแบบไม่พลิกดิน โดยมีข้อดีข้อด้อยของ

เครื่องดังนี้ ข้อดีคือ ไม่เกิดการเหยียบหัวมันสำปะหลังที่ขุดแล้วในกรณีใช้เครื่องขุดพ่วงรถแทรกเตอร์ขนาดใหญ่ ทำให้สามารถทำงานได้ต่อเนื่องโดยไม่ต้องเก็บหัวมันออกก่อน อีกทั้งสามารถขุดทิ้งไว้เพื่อรอแรงงานเก็บหลังการขุดได้ 2 – 3 วัน โดยไม่เสี่ยงต่อการเกิดความเสียหายจากการสูญเสียน้ำหนัก ข้อเสียคือ ต้องใช้แรงงานในการถอนอีกครั้ง ถึงแม้ไม่ต้องออกแรงมากนักก็ตาม ยิ่งไปกว่านั้นหากดินที่ถูกขุดมีการแตกตัวไม่ดี จะทำให้มีหัวมันตกค้างอยู่ในดินเหมือนกับการใช้แรงงานคนขุดถอน แรงงานที่เก็บจะมองไม่เห็น ทำให้มีหัวมันสูญเสียตกค้างในดินจำนวนมาก

ภาพที่ 2.21 ผาลขุดแบบชี่

(อนุชิต ฉ่ำสิงห์ และคณะ, 2550)

อย่างไรก็ตามมีเกษตรกรและผู้รับจ้างบางรายได้มีการดัดแปลงให้เครื่องขุดแบบนี้ให้สามารถขุดในลักษณะพลิกดินออกด้านข้าง เพื่อป้องกันการเหยียบหัวมันในการขุดร่องต่อไปและขุดได้อย่างต่อเนื่อง โดยติดตั้งเหล็กแผ่นแบนวางเป็นชี่ๆ ทั้งด้านล่าง และด้านข้างของผาลขุดเพิ่มเติมเข้าไปเพื่อให้มีการทำงานคล้ายปีกไถพลิกดินของไถหัวหมู (ภาพที่ 2.22)

ภาพที่ 2.22 การติดตั้งซี่เหล็กเพิ่มเติม
(อนุชิต ฉ่ำสิงห์ และคณะ, 2550)

2) ผาลขุดแบบจานโค้ง (ภาพที่ 2.23) ลักษณะผาลขุดเป็นแบบจานโค้ง ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้ล้อคัดท้ายของชุดไถจานมาเป็นใบผาลขุด ขนาดที่ใช้แตกต่างกันตามขนาดของแทรกเตอร์ต้นกำลัง คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 457 และ 508 มิลลิเมตร (18 และ 20 นิ้ว) สำหรับผาลขุดฉุดลากด้วยแทรกเตอร์ขนาดเล็กและขนาดใหญ่ตามลำดับ โดยพบว่ามีการใช้ทั้งใบผาลแบบใช้ล้อคัดท้ายครึ่งใบและแบบเต็มใบ ติดตั้งบนแผ่นรองรับด้วยสลักเกลียวเพื่อให้สามารถขยับเปลี่ยนตำแหน่งของใบผาลเมื่อใบผาลมีการสึกหรอจากการใช้งาน ผาลขุดแบบจานโค้งส่วนใหญ่จะมีลักษณะการขุดแบบพลิกดิน

ภาพที่ 2.23 ผาลขุดแบบจานโค้ง แบบครึ่งใบ (ซ้าย) และแบบเต็มใบ (ขวา)
(อนุชิต ฉ่ำสิงห์ และคณะ, 2550)

ซึ่งพบทั้งพลิกดินออกสองข้างของผาลขุดและแบบพลิกดินออกข้างเดียว ข้อดีของผาลขุดแบบนี้คือจะเห็นหัวมันเด่นชัดมากขึ้น การเก็บรวบรวมหัวมันสำปะหลังง่ายและสะดวก ไม่ต้องออกแรงถอน

สามารถเก็บหัวมันสำปะหลังได้เกือบทั้งหมด มีเหลือตกค้างในดินน้อย แต่มีข้อเสียคือ ในกรณีที่มีการพลิกดินออกสองข้างของผาลขุด จำเป็นต้องใช้แรงงานคนจำนวนมากทำงานร่วมกับแทรกเตอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีใช้รถแทรกเตอร์ขนาดใหญ่มีขนาดความกว้างล้อยางระระยะระหว่างล้อมาก จะต้องเตรียมคนงานจำนวนมากยืนรอเก็บหัวมันออกจากร่องขุดให้ทันกับการทำงานขุดของรถแทรกเตอร์ไม่ให้ล้อแทรกเตอร์เหยียบหัวมันเมื่อทำการขุดร่องต่อไป กรณีที่มีการพลิกดินออกข้างเดียว จะทำให้มองเห็นหัวมันชัดเจน และสามารถทำการขุดได้ต่อเนื่องโดยไม่ต้องใช้แรงงานคนจำนวนมากคอยตามเก็บหัวมันขณะทำการขุด แต่มีข้อเสียคือหากมีการพลิกดินมากอาจเกิดการกลบหัวมันที่ขุดขึ้นมาแล้ว หากแรงงานที่เก็บหัวมันทำงานไม่ประณีตก็อาจทำให้เกิดการสูญเสียเนื่องจากหัวมันเหลือตกค้างในดินได้

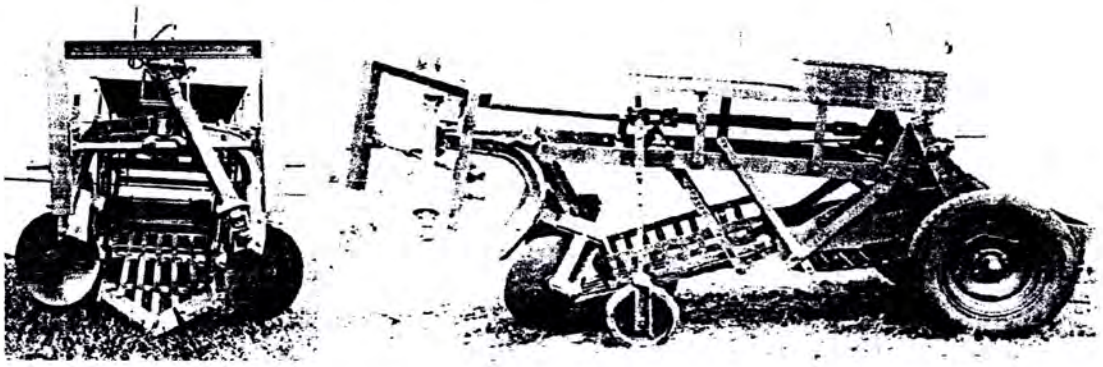
และในการวิจัยนี้ผู้วิจัยและคณะได้พัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบไถหัวหมูซึ่งมีผาลขุดแบบจานโค้งขึ้น โดยออกแบบให้สามารถปรับมุมและความยาวปีกไถตามชนิดและความชื้นดินซึ่งช่วยแก้ปัญหาข้อจำกัดเรื่องพื้นที่ได้มากขึ้น ปรับเลื่อนตามระยะระหว่างแถวได้สะดวก ต้องการแรงลากจูงต่ำ มีความสามารถในการทำงาน 1.40 ไร่/ชั่วโมง มีความสูญเสียหัวมันสำปะหลังร้อยละ 2.3 – 5.0 ซึ่งต่ำกว่าของเกษตรกรใช้ และมีความสูญเสียเชิงคุณภาพร้อยละ 40 ที่จะต้องหาทางแก้ปัญหาต่อไป

เสรี วงส์พิเชษฐ (2551) ได้วิจัยและพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังโดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง และทดสอบการทำงานเครื่องขุดมันสำปะหลัง (ต้นแบบ) เปรียบเทียบกับวิธีการเก็บเกี่ยวที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า อุปกรณ์ขุดฯที่พัฒนาขึ้นมา มีอัตราการทำงานเร็วกว่าการขุดมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคนในช่วง 5.50 - 8.00 เท่า และมีความสูญเสียจากการขุดมันฯ ต่ำกว่าการขุดมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคนในช่วงร้อยละ 1.10 - 3.90 ทั้งนี้ขึ้นกับความแข็งของดินในแปลงเก็บเกี่ยว และตั้งชื่ออุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังที่พัฒนาขึ้นมานี้ว่า อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง มข. 52 มีลักษณะดังภาพที่ 2.24 ซึ่งคล้ายกับไถหัวหมูเอเชีย

ภาพที่ 2.24 อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง มข. 52
(เสรี วงส์พิเชษฐ, 2551)

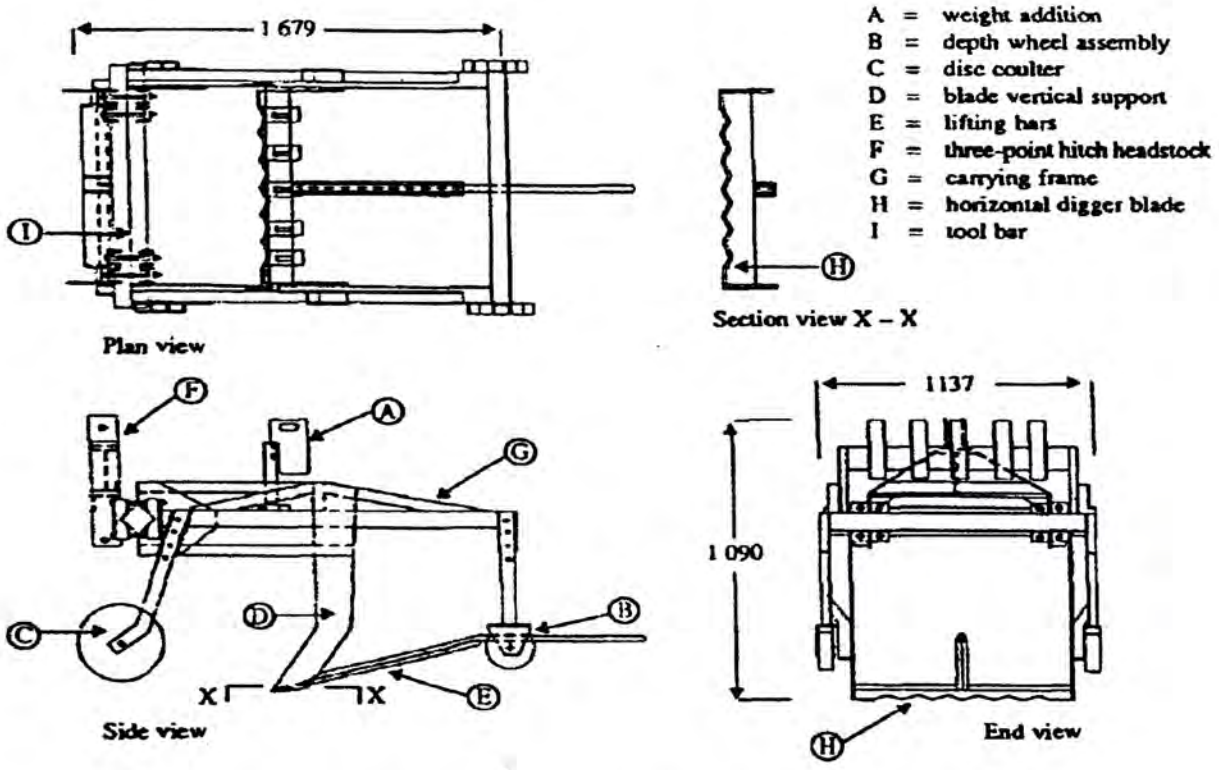
2.6.3 งานวิจัยเกี่ยวกับเครื่องทุ่นแรงเก็บเกี่ยวของต่างประเทศ

Odigboh, Ahmed. (1982) ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบ (ภาพที่ 2.25) ซึ่งทำงานด้วยการขุด และลำเลียงหัวมันสำปะหลังใส่กระบะสะสมที่อยู่ท้ายเครื่องขุดจนกระทั่งน้ำหนักหัวมันสำปะหลังได้ประมาณ 75 ก.ก. กระบะก็จะพลิกเทหัวมันสำปะหลังไว้บนพื้นดินเป็นระยะๆ ตามความยาวแถว หรือคิดเป็นระยะทางประมาณทุกๆ 10 – 15 เมตรของทุกแถวมันสำปะหลังที่ขุด จากการรายงานผลการทดสอบเบื้องต้นพบว่ามีความสามารถในการทำงาน 0.94 ไร่ต่อชั่วโมง แต่ไม่พบว่ามีการใช้งานในระดับเกษตรกร



ภาพที่ 2.25 เครื่องขุดและรวมเหง้ามันสำปะหลัง
(Odigboh and Ahmed, 1982)

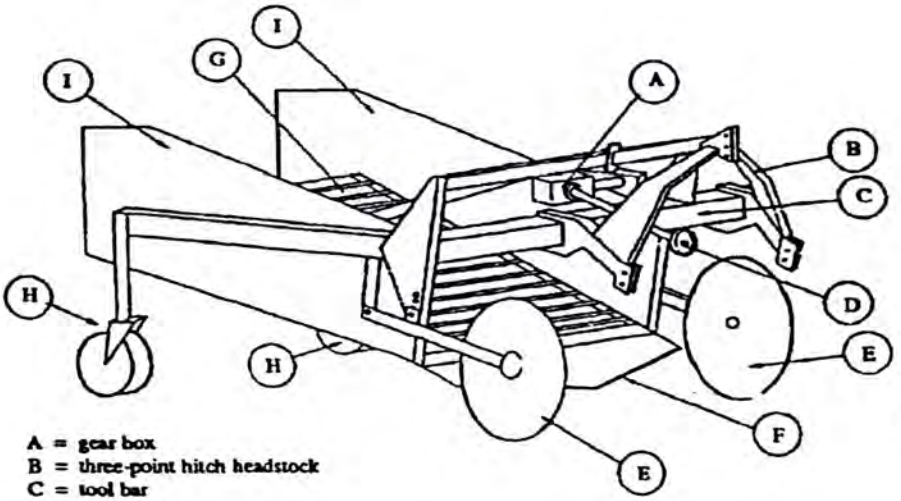
Sukra (1996 a) ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบพ่วงกับระบบ 3 จุดของแทรกเตอร์ขนาด 70 – 80 แรงม้า (ภาพที่ 2.26) จากการทดสอบขุดมันสำปะหลังพบว่าเหง้ามันสำปะหลังหลังถูกขุดจะโผล่จากผิวดินส่วนหนึ่ง ขณะที่ส่วนที่เหลือยังถูกดินกลบฝังอยู่ และจากการทดสอบยังพบว่า 1)เครื่องมีแนวโน้มที่จะขุดดินลึกลงเรื่อยๆ จนเกิดแรงฉุดลากมากกว่าที่แทรกเตอร์จะฉุดลากได้ 2)ในกรณีที่ใช้งานกับพื้นที่ที่มีวัชพืชหนาแน่น ดินแข็ง จะพบปัญหาไม่สามารถขุดเหง้ามันสำปะหลังขึ้นมาได้ หรือขุดได้น้อยมากโดยหลังจากใบขุดขุดดินผ่านได้เหง้าแล้วเหง้ามันฯ จะถูกกลบฝังลงตำแหน่งเดิม โดยไม่โผล่ขึ้นจากดินดังที่ต้องการ 3)กรณีวัชพืชจำนวนมาก หรืออยู่ในแนวขวางแถว จะเกิดการพันขาใบขุดและล้อควบคุมความลึก จนเกินกำลังฉุดลากของแทรกเตอร์และทำให้แทรกเตอร์เกิดสภาพการควบคุมไม่ได้ 4) ได้แนะนำว่าระยะระหว่างแถวปลูกมันสำปะหลังควรเปลี่ยนจากระยะปกติ 1 เมตรเป็นระยะ 1.30 – 1.40 เมตร เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้เครื่องขุดนี้ ซึ่งไม่เหมาะสมกับพื้นที่ของประเทศไทยที่เกษตรกรนิยมปลูกระยะชิดกว่าเพียง 0.8 – 1.0 เมตร



ภาพที่ 2.26 เครื่องขุดมันสำปะหลังที่พัฒนาในประเทศมาเลเซีย

(Sukra, 1996 a)

Sukra (1996 b) ได้ทดสอบสมรรถนะเครื่องขุดเหง้ามันสำปะหลังแบบโซ่ลำเลียง (ภาพที่ 2.27) ที่มีการพัฒนาจากประเทศอื่นจึงได้ทดสอบสมรรถนะสำหรับประเทศมาเลเซีย ผลการทดสอบพบว่า เครื่องสามารถทำงานได้เป็นที่น่าพอใจในกรณีที่พื้นที่ขุดเป็นพื้นที่แห้งเนื้อดินเป็นชนิดร่วนปนเหนียว แต่ถ้าดินมีความชื้นสูงขึ้นหรือมีวัชพืชจะไม่สามารถแยกดินได้เหง้ายังถูกกลบด้วยดินหรือวัชพืช สำหรับความสูญเสียของมันสำปะหลังในกรณีที่ดินร่วนปนเหนียวและแห้งที่สามารถขุดได้ดีนั้นพบว่ามีความสูญเสียสูงถึงร้อยละ 25 แต่สามารถลดการใช้แรงงานคนลงได้ร้อยละ 92 – 95 เมื่อเทียบกับการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน อย่างไรก็ตามในการทดสอบพบปัญหาที่นำเสนอดังนี้ 1)มีปัญหาการขวางการไหลของดินในกรณีที่มีวัชพืช 2)ในกรณีที่ดินมีความชื้นสูงการคัดแยกดินได้น้อยทำให้ดินไหลไปด้านหลังเครื่องร่วมกับเหง้าและตกกลบเหง้ามันสำปะหลัง 3)ถ้าดินแห้งแข็ง ก้อนดินที่เครื่องขุดฯ ขุดได้จะเป็นก้อนใหญ่เครื่องขุดฯ จะแยกก้อนดินไม่ได้และจะไหลออกท้ายเครื่องขุดฯ ร่วมกับเหง้ามันสำปะหลังและก้อนดินเหล่านั้นกลบเหง้ามันฯ 4)ผาลขุดมีแนวโน้มที่จะขุดลงลึกมากขึ้นๆ เมื่อทำงานขุดเหง้ามันฯ 5)พบปัญหาเกิดความเสียหายกับมันสำปะหลังกรณีที่แถวการปลูกมันสำปะหลังไม่ตรง

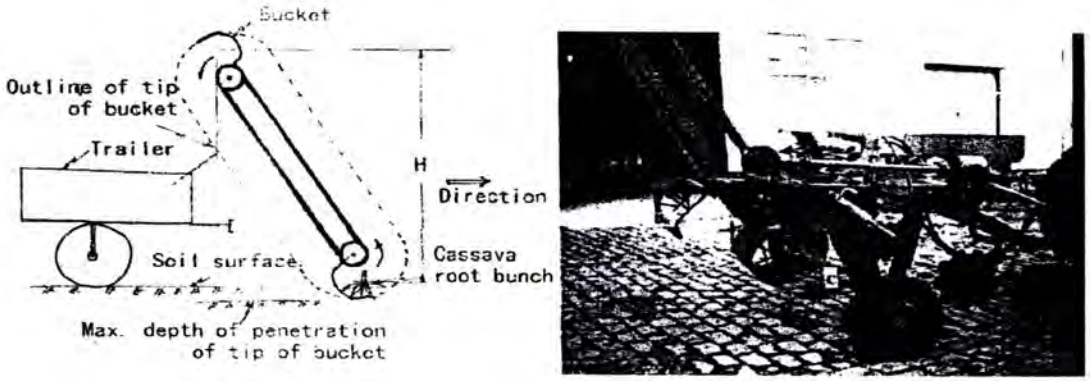


ภาพที่ 2.27 เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบโซ่ลำเลียง

(Sukra, 1996 b)

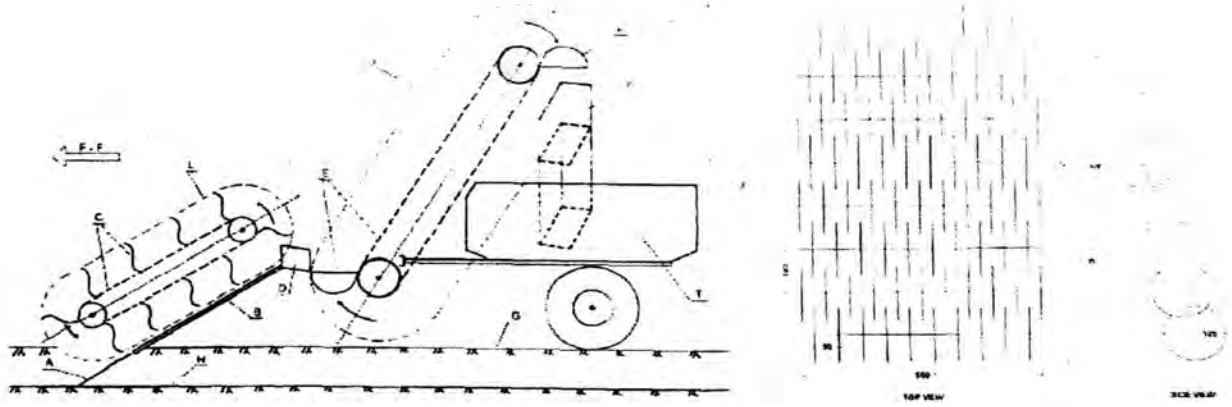
Odigboh, Moreira (2002 a) ได้วิจัยพัฒนาเครื่องขุดเหง้ามันสำปะหลังต้นแบบโดยมีแนวคิดในการใช้กระพ้อขุดตักเหง้ามันสำปะหลังขึ้นกระบะบรรทุก (ภาพที่ 2.28) แต่ประสบ

ปัญหาการตักเก็บเหง้ามันสำปะหลัง ด้วยปัญหา 1)ในจังหวะการตักเหง้าลูกกระพ้อเกิดกระแทกกับพื้นดินและเหง้ามันสำปะหลังไม่สามารถตักอย่างนิ่มนวล 2)โซ่ขาดเสียหายจากน้ำหนักของลูกกระพ้อรวมกับน้ำหนักเหง้ามันสำปะหลังและน้ำหนักดินในลูกกระพ้อ 3)มีปัญหาดินอุดโซ่ทำให้การตึงของโซ่สูงจนเกิดการเกินกำลังจนไม่สามารถขับเคลื่อนได้ และ 4)การบิดตัวของโซ่จากน้ำหนักของลูกกระพ้อและเหง้ามันสำปะหลังในลูกกระพ้อ ส่งผลให้การขับเคลื่อนติดขัด จึงนำเสนอปรับเปลี่ยนการขุดด้วยผาลขุดแล้วมีระบบซี่กวักเหง้าเหง้ามันสำปะหลัง โดยไม่มีการนำเสนอผลการทดสอบการทำงานภาคสนาม



ภาพที่ 2.28 ภาพร่างหลักการทำงาน (ซ้าย) และภาพเครื่องขุดและเก็บเหง้ามันสำปะหลัง(ขวา)
(Odigboh and Moreira, 2002 a)

Odigboh, Moreira (2002 b) ได้วิจัยพัฒนาเครื่องขุดเหง้ามันสำปะหลังต้นแบบขุดด้วยผาลขุดแล้วมีระบบซี่กวักเหง้าเหง้ามันสำปะหลังบนผาลขุดเพื่อส่งให้กระพ้อลำเลียง (ภาพที่ 2.29) โดยในจังหวะการตักลูกกระพ้อจะลอยเหนือพื้นดิน แต่ยังประสบปัญหาการส่งเหง้ามันสำปะหลังขึ้นใส่ลูกกระพ้อ และนำเสนอแนวคิดในการเปลี่ยนรางลำเลียงเหง้ามันสำปะหลังขึ้นจากดินด้วยชุดลูกกลิ้งขนาดเล็กๆ หลายๆ แถวเพื่อการลำเลียง รวมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงเพิ่มเติม ทั้งนี้ยังไม่มีการนำเสนอผลการทดสอบการทำงานภาคสนาม



ภาพที่ 2.29 ภาพร่างหลักการทำงานของเครื่องขุดและเก็บเหง้ามันสำปะหลัง (ซ้าย) แนวคิดการเปลี่ยนรางลำเลียงใหม่ (ขวา)
(Odigboh and Moreira, 2002 b)

2.7 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 เสถียรภาพของรถแทรกเตอร์

โดยทั่วไปน้ำหนักของแทรกเตอร์แบบขับเคลื่อน 2 ล้อ ขณะจอดจะลงที่ล้อหน้าประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์และที่ล้อหลังประมาณร้อยละ 70 แต่เมื่อแทรกเตอร์ทำงานจะเกิดการถ่ายเทน้ำหนักลงที่ล้อหลังประมาณร้อยละ 85 เหลือที่ล้อหน้าประมาณร้อยละ 15 เพื่อให้แทรกเตอร์มีเสถียรภาพและง่ายต่อการบังคับเลี้ยวตลอดทั้งช่วยให้การควบคุมความลึกการทำงานของเครื่องมือได้คงที่ยิ่งขึ้นควรให้น้ำหนักของตัวรถขณะขับเคลื่อนตกที่ล้อหน้าประมาณร้อยละ15 – 20 (Alcock, 1986)

โดยการถ่ายเทน้ำหนักขณะลากจูงสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 ซึ่งตำแหน่งตัวแปรต่างๆ ในสมการสามารถดูได้จากภาพที่ 2.30

$$N_2(X_1 - X_2) - \left(W_x + \frac{Wa}{g}\right)y_1 - N_1(X_3 - X_2) - F_{D(x)}y_2 - F_{D(y)}(X_4 + X_2) + W_y(X_1) = 0 \quad \text{.... (2.1)}$$

โดยที่ N_1 = แรงปฏิกิริยาของพื้นที่ล้อหน้า

N_2 = แรงปฏิกิริยาของพื้นที่ล้อหลัง

x_1 = ระยะจากจุดศูนย์กลางล้อหลังถึงแนวแรงศูนย์กลางโน้มถ่วงของแทรกเตอร์ในแนวตั้งฉากกับพื้น

x_2 = ระยะจากแนวจุดศูนย์กลางล้อหลังกับแนวแรงปฏิกิริยาที่กระทำกับล้อหลังแทรกเตอร์ขณะเคลื่อนที่

x_3 = ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อหน้าและล้อหลังของแทรกเตอร์

x_4 = ระยะจากแนวศูนย์กลางล้อหลังแทรกเตอร์ถึงแนวจุดต่อพ่วง

w = น้ำหนักแทรกเตอร์ในแนวดิ่ง

w_x = แนวแรงของน้ำหนักแทรกเตอร์ในแนวแกน x

w_y = แนวแรงของน้ำหนักแทรกเตอร์ในแนวแกน y

a = ความเร่งในการเคลื่อนที่ของแทรกเตอร์

g = แรงโน้มถ่วงสู่ศูนย์กลางของโลก

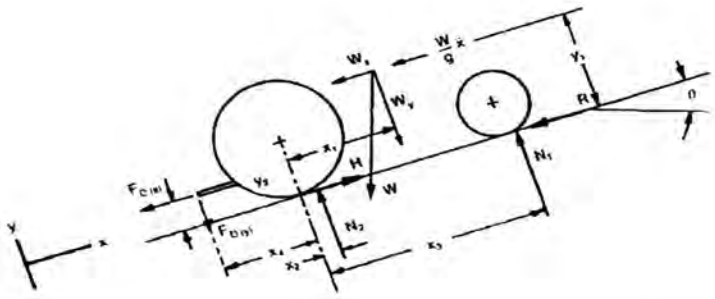
y_1 = ความสูงของจุดศูนย์กลางโน้มถ่วงของแทรกเตอร์จากพื้น

y_2 = ความสูงของจุดต่อพ่วงเครื่องมือจากพื้น

F_D = แรงฉุดลากของเครื่องมือ

F_{Dx} = แรงฉุดของเครื่องมือในแนวแกน x

F_{Dy} = แรงฉุดของเครื่องมือในแนวแกน y



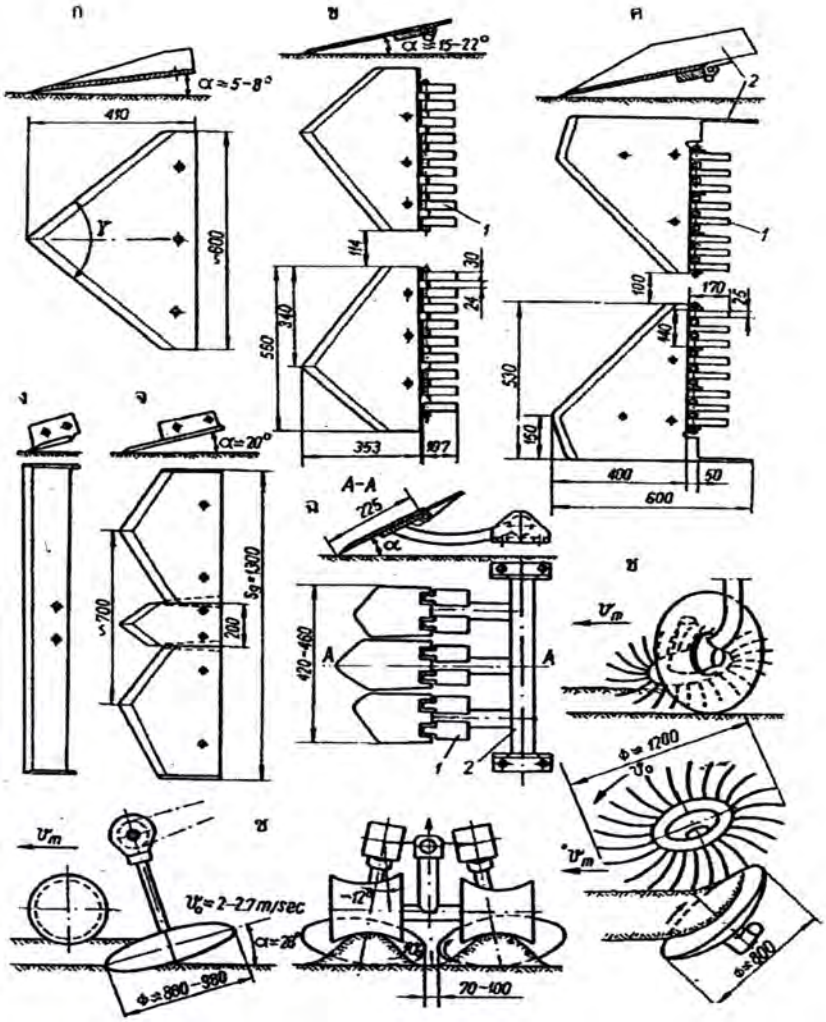
ภาพที่ 2.30 แนวแรงที่เกิดขึ้นขณะเกิดการถ่ายเทน้ำหนักของแทรกเตอร์ (Alcock, 1986)

2.7.2 อุปกรณ์ขุดแบบต่างๆ

Mckyes (1985) ปัจจัยที่ที่มีผลให้ดินเกิดการเสียรูปและแตกตัวทางโครงสร้าง ได้แก่ ขนาดและรูปร่างของเครื่องมือ มุมขุด ความลึกและความเร็วในการทำงาน ชนิดดิน และความชื้นในดิน เป็นต้น เครื่องมือสำหรับเคลื่อนย้ายดินมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับหน้าที่การทำงาน สามารถแบ่งได้ 3 รูปแบบประกอบด้วย ผาลขุด (Blade) ไถสิ่ว (Ripper) และพลั่วตักดิน (Shovel) ดังแสดงในภาพที่ 2.31 ซึ่งอุปกรณ์เคลื่อนย้ายดินแบบผาลขุด (Blade) นิยมใช้สำหรับการตัด ดัน หรือยกดินขึ้นจากระดับความลึกที่ทำงาน และยังสามารถใช้สำหรับการปรับผิวถนน กวาดหิมะ หรือกวาดดันวัสดุชิ้นเล็กๆ มารวมกัน

ภาพที่ 2.31 เครื่องมือที่ใช้สำหรับการเคลื่อนย้ายดิน
(Mckyes, 1985)

Kanafojski, Karwowski (1976) สำหรับผาลขุดที่มีใช้งานสำหรับเครื่องขุดเก็บเกี่ยวพืชหัวที่มีการออกแบบและใช้งานในเครื่องขุดเก็บเกี่ยวมันฝรั่งมีการออกแบบค่อนข้างหลากหลาย โดยหลักการแล้วผาลขุดมีหน้าที่ขุดแถวของพืชแล้วยกหัวของพืชขึ้นมาโดยมีดินขึ้นมาด้วยน้อยที่สุดและต้องยกวัสดุขึ้นสูงที่สุดที่จะส่งต่อให้กับชุดคัดแยกที่อยู่ข้างหลังได้ ทั้งนี้จะต้องออกแบบให้ใช้กำลังในการลากดึงน้อยที่สุดด้วย เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวในเครื่องขุดมันฝรั่งจึงได้มีการออกแบบผาลขุดรูปแบบต่างๆ ขึ้น (ภาพที่ 2.32)



ภาพที่ 2.32 ผาลขุดแบบต่างๆ ที่ใช้กับเครื่องขุดมันฝรั่ง
ก. ผาลขุด 3 เหลี่ยมโค้ง ข. ผาลขุดแผ่นเรียบแบบมีซี่ร่อนหิน ค. ผาลขุดแบบโค้ง อสมมาตร แบบมีซี่ร่อนหินและแผ่นกันข้าง ง. ผาลขุดแบบก้าน จ. ผาลขุดแบบแผ่นเรียบ มีแผ่นขุดเสริมสำหรับแถวกลาง ฉ. ผาลขุดแบบแผ่นเรียบ 3 ชิ้นมีซี่ร่อนหิน ช. ผาลขุดแบบจานกลมหมุนด้วยตัวเองมีตะแกรงกลม ซ. ผาลขุดแบบจานกลมขับด้วยต้นกำลัง
(Kanafojski and Karwowski, 1976)

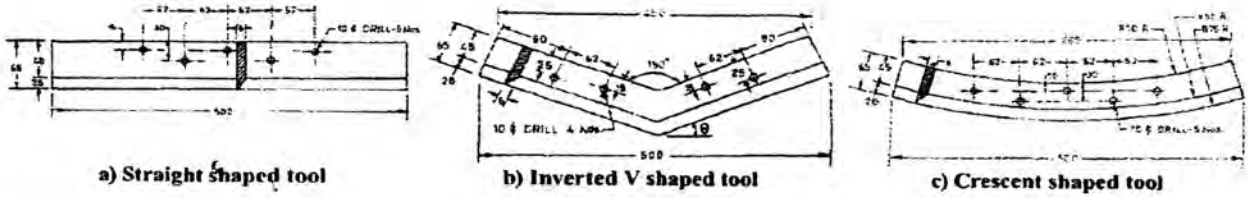
ซึ่งผาลขุดแต่ละแบบมีความเหมาะสมกับการใช้งานในสภาพแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 สภาพที่เหมาะสมในการใช้งานผาลขุดมันฝรั่งแบบต่างๆ

รูปแบบผาลขุด (ตามภาพที่ 13)	การใช้งาน		หมายเหตุ
	ชนิดของเครื่องขุด	ชนิดของดิน	
ก	แบบใช้ม้าลากจูง	ดินทุกประเภท	ปรับมุมขุด และทำงานได้ในช่วงจำกัด เพราะจะจิกลงลึกและใช้แรงฉุดลากสูง
ข	แบบมีตะแกรงแยกดิน	ดินทุกประเภท	ปรับมุมขุด และทำงานได้ในช่วงจำกัด เพราะจะจิกลงลึกและใช้แรงฉุดลากสูง
ค	แบบมีตะแกรงแยกดิน	ดินร่วน ถึงอัดแน่น	ในดินร่วนมักจะอุดตัน ช่วงการปรับมุมขุดกว้างกว่าแบบผาลขุด 3 เหลี่ยม
ง	ใช้กับแบบตะแกรงสั่นเป็นหลัก	ดินทุกประเภท	การปรับมุมขุดไม่มีผลต่อการยกวัสดุ มักใช้กับเครื่องขุดแบบวางราย
จ	แบบมีตะแกรงแยกดิน	ดินทุกประเภท	ปรับมุมขุด และทำงานได้ในช่วงจำกัด เพราะจะจิกลงลึกและใช้แรงฉุดลากสูง
ฉ	แบบมีตะแกรงแยกดิน	ดินทุกประเภท	ย่อยดินได้ดี และลำเลียงดินขึ้นมาน้อย สามารถปรับมุมได้ถึง 35 องศา
ช	แบบตะแกรงคัดแยกแบบวงกลม	ดินแน่นและดินแข็ง	ย่อยดินได้น้อย
ซ	แบบมีตะแกรงแยกดิน	ดินทุกประเภท ลดการอุดตันในดินทราย	มีแรงต้านขณะขุดน้อย
ลูกกลิ้งแบบโรตารี่ไม่ได้แสดงในภาพ มีขนาด ∅ 30 มม. ∅ 20 มม. ความเร็วรอบ 300-400 รอบ/นาที	เครื่องขุด และเครื่องเก็บเกี่ยว	ในดินร่วนใช้ขุดแทนผาลขุด ในดินแข็งใช้สำหรับการเก็บหัวมันฝรั่งที่ถูกขุดวางรายไว้แล้ว	สามารถขุดหัวมันฝรั่งขึ้นมาวางรายได้

(Kanafojski and Karwowski, 1976)

Suryawanshi, Shridar and Kathirvel. (2009) ศึกษาแรงฉุดลากและประสิทธิภาพการขุดของผาลขุดถั่วลิสง 3 แบบ (ภาพที่ 2.33) ประกอบด้วย ผาลขุดแบบหน้าตัดตรง ผาลขุดแบบหน้าตัดตัววี และผาลขุดแบบหน้าตัดโค้ง ที่ทำงานด้วยมุมการขุด 10 15 และ 20 องศากับแนวราบ ผลการศึกษาพบว่า ผาลขุดแบบหน้าตัดตรงเป็นแบบของผาลขุดที่ใช้แรงฉุดลากน้อยที่สุดและมีประสิทธิภาพในการขุดดีที่สุดใน 3 แบบดังกล่าว

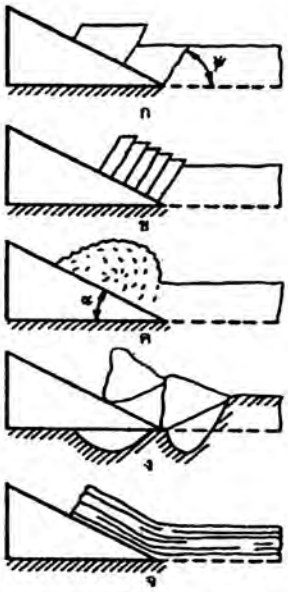


ภาพที่ 2.33 ผาลขุดถั่วลิสง 3 แบบที่ศึกษาเปรียบเทียบแรงฉุดลากและประสิทธิภาพการขุด (Suryawanshi, Shridar and Kathirvel, 2009)

2.7.3 มุมเอียงผาลขุด

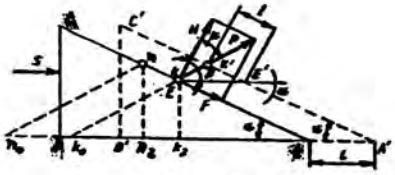
มงคล กวางวโรภาส (2530) กล่าวว่าซี่ไถสิ่วที่มีมุมการคราดน้อยกว่า 45 องศา เมื่อลากไปในดินจะทำให้เกิดแรงยกขึ้นกับดิน มุมการคราดยิ่งน้อยก็จะยิ่งทำให้แรงฉุดลากน้อย ไถที่มีมุมคราด 20 องศา จะทำให้เกิดแรงยกสูงสุดโดยที่ใช้แรงฉุดลากต่ำสุด อย่างไรก็ตามไถที่มีมุมการคราดต่ำมักจะใช้กับงานที่เตรียมดินระดับตื้นๆ เนื่องจากถ้าจะใช้ไถดินในระดับลึกๆ แล้วจะต้องมีขายาวมากกว่าปกติจะเป็นจุดอ่อนทำให้บิดงอง่าย

Bosoi, Verniaev, Smirnov and Sultan-Shakh (1988) ลักษณะการแตกตัวของดินขึ้นอยู่กับลักษณะของเครื่องมือและสภาพของดินเช่น ความชื้น วัชพืช และความแตกต่างของเนื้อดิน ตัวอย่างเช่น เนื้อดินที่มีคุณสมบัติทางกลและความชื้นเหมาะสมจะเกิดการแตกตัวที่มุมคงที่มุมหนึ่ง (ψ) ในแนวการเคลื่อนที่ของผาลขุดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู (ภาพที่ 2.34 ก) แต่เมื่อขุดดินในระดับตื้นดินก็จะเกิดการแตกตัวในลักษณะเดียวกันแต่ขนาดก้อนจะเล็กลง (ภาพที่ 2.34 ข) ในเนื้อดินร่วนที่มีทรายเป็นส่วนประกอบค่อนข้างมากเมื่อมุมยก (α) ของผาลขุดมากขึ้นดินจะเกิดการแตกตัวเป็นเม็ดเล็กๆ แล้วเกิดการรวมตัวอยู่หน้าผาลขุด (ภาพที่ 2.34 ค) ส่วนดินที่ค่อนข้างแข็งที่มีอนุภาคของตะกอนและอนุภาคดินเหนียวมากจะเกิดการแตกตัวจากท้องร่องเป็นก้อนขนาดใหญ่ (ภาพที่ 2.34 ง) ในขณะที่ดินที่มีวัชพืชมากหรือความชื้นสูงจะถูกฉีกด้วยผาลขุดแล้วไถลเป็นแถบยาวตามแนวการขุด (ภาพที่ 2.34 จ)



ภาพที่ 2.34 ลักษณะการแตกตัวของดินที่มีคุณสมบัติต่างกัน เมื่อถูกขุดด้วยผาลขุด
(Bosoi, Verniaev, Smirnov and Sultan-Shakh, 1988)

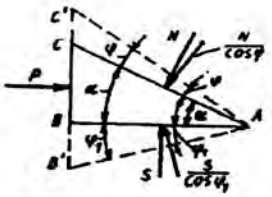
และเพื่อให้มั่นใจได้ว่าดินเกิดการไถลตัวบนผิวหน้าผาลขุดอย่างราบรื่น และหลีกเลี่ยงการแตกตัวของดินหน้าผาลขุด (ภาพที่ 2.34 ค) ควรให้แนวแรงปฏิกิริยาของดินที่กระทำต่อผิวหน้าผาลขุดจะต้องกระทำที่มุมมากกว่ามุมเสียดทานของดิน นั่นคือมุม β จะต้องมากกว่ามุมเสียดทานของดิน ϕ (ภาพที่ 2.35) หรือเขียนเป็นสมการดังสมการที่ 2.2



ภาพที่ 2.35 แนวแรงที่กระทำต่อผาลขุดขณะขุดดิน
(Bosoi, Verniaev, Smirnov and Sultan-Shakh, 1988)

$$\beta = \left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) > \phi \quad \text{or} \quad (\alpha + \phi) < \frac{\pi}{2} \qquad \ldots(2.2)$$

ซึ่งตามทฤษฎีของลิ่มเมื่อใช้ลิ่มขุดดินจะเกิดแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาดังภาพที่ 2.36 ซึ่งจะสามารถคำนวณแรงที่กระทำให้ลิ่มเคลื่อนที่ได้ดังสมการที่ 2.3

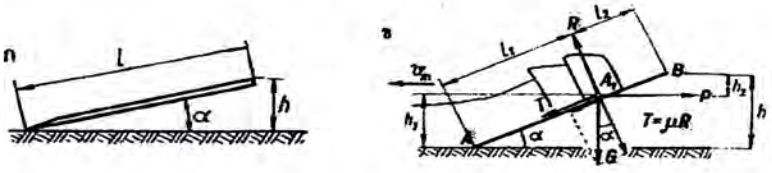


ภาพที่ 2.36 แรงที่กระทำกับลิ่ม 2 หน้า

(Bosoi, Verniaev, Smirnov and Sultan-Shakh, 1988)

$$P = \frac{N\sin(\alpha + 2\varphi)}{\cos^2 \varphi} \qquad \ldots(2.3)$$

ในทำนองเดียวกันในผาลขุดนั้นเมื่อจะออกแบบผาลขุด Kanafojski และ Karwowski (1976) กล่าวว่าสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงเพื่อให้ผาลขุดสามารถขุดดินและส่งวัสดุให้กับชุดคัดแยกได้อย่างราบรื่นไม่เกิดการกองของวัสดุ ดังนั้นจะต้องคำนึงถึงปัจจัยเกี่ยวข้องหลักๆได้แก่ ความยาวของผาลขุด ความสูงของการยก และมุมของการขุด ดังภาพที่ 2.37



ภาพที่ 2.37 ผาลขุดแบบแผ่นเรียบ

ก. ตัวแปรสำหรับการออกแบบทั่วไป

ข. แนวแรงที่กระทำกับผาลขุดเมื่อลำเลียงดิน

(Kanafojski and Karwowski, 1976)

และจากภาพที่ 2.37 ข มุมขุด α สามารถคำนวณได้จากสมการสมดุลพลังงานจากสมการ 2.4 – 2.7

$$P\cos\alpha - T - G\sin\alpha = 0 \qquad \ldots(2.4)$$

$$R - G\cos\alpha - P\sin\alpha = 0 \qquad \ldots(2.5)$$

$$\tau = \mu R \qquad \ldots(2.6)$$

โดย P = แรงที่ใช้เพื่อเลื่อนก้อนดินที่ถูกขุดไปบนผิวผาลขุด

R = แรงปฏิกิริยาของผาลขุดที่กระทำต่อก้อนดิน

G = น้ำหนักของก้อนดิน

α = มุมเอียงของผาลขุดจากแนวระนาบ

μ = tan φ หรือค่าสัมประสิทธิความเสียดทานระหว่างดินกับผิวผาลขุด

ดังนั้นมุมขุด α จึงเท่ากับ

$$\tan\alpha = \frac{P - \mu G}{\mu P + G} \qquad \ldots(2.7)$$

2.7.4 ขนาดหน้ากว้างผาลขุด

ในกรณีเครื่องขุดมันฝรั่งเพื่อให้สามารถขุดหัวมันฝรั่งได้หมดจากแถวแบบ 1 แถว ขนาดความกว้างของผาลขุดควรออกแบบให้เหมาะสมให้สามารถขุดหัวมันฝรั่งได้หมดโดยที่จะขุดดินขึ้นมาด้วยน้อยที่สุดที่จะเป็นไปได้ ในการคำนวณความกว้างของผาลขุดจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่อไปนี้ได้แก่ ค่าเฉลี่ยความกว้างการแผ่ของหัวมันฝรั่ง ค่าเฉลี่ยความเบี่ยงเบนของความกว้างของหัวมันฝรั่งหรือประมาณ 3 เท่าของค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเบี่ยงเบนของหัวมันฝรั่งจากจุดกึ่งกลางของสันร่องที่ปลูก และต้องรวมกับค่าเผื่อความแม่นยำในการควบคุมเครื่องขุดของคนขับตามแนวของแถวปลูก ซึ่งโดยประมาณแล้วเท่ากับค่าเบี่ยงเบนของหัวมันฝรั่งจากจุดกึ่งกลางของสันร่องที่ปลูก ดังนั้นสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 2.8

$$S = s_{sr} + 3\sigma + 2c_o \qquad \ldots(2.8)$$

โดยที่ S = ความกว้างของผาลขุด

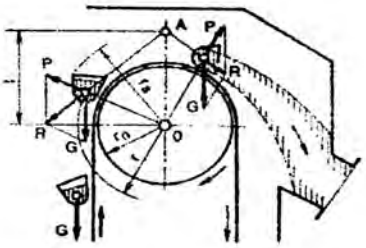
S_{sr} = ค่าเฉลี่ยความกว้างการแผ่หัวมันฝรั่ง

c_0 = ค่าเบี่ยงเบนของหัวมันฝรั่งจากจุดกึ่งกลางของสันร่องที่ปลูก

σ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการแผ่ของหัวมันฝรั่ง

2.7.5 อุปกรณ์ลำเลียงวัสดุแบบกระพ้อลำเลียง

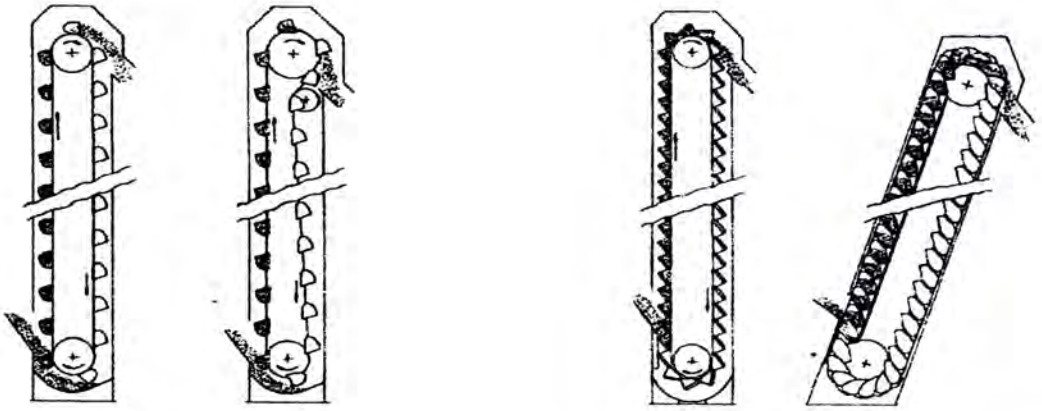
Alexandrov (1981) กล่าวว่าอุปกรณ์ลำเลียงวัสดุในแนวดิ่งหรือเกือบจะเป็นแนวดิ่งจะเป็นกระพ้อลำเลียง ถ้าการลำเลียงของกระพ้อมีแนวเอียงจากแนวดิ่งไปบ้างก็จะมีอุปกรณ์รองรับลูกกระพ้อ ลูกกระพ้อลำเลียงสามารถยึดกับสายพานหรือโซ่ก็ได้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่จะลำเลียง โดยส่วนใหญ่ถ้าเป็นวัสดุปริมาณมวลมีการไหลอย่างอิสระคล่องตัว ระยะลำเลียงไม่สูงมาก มักยึดด้วยสายพาน ซึ่งจะสามารถใช้ความเร็วลูกกระพ้อสูงสุดถึง 3.50 เมตร/วินาที แต่ถ้าระยะลำเลียงสูง วัสดุมีความหยาบคม หรือร้อน มักยึดกับโซ่ ซึ่งจะมีผลกับความเร็วของลูกกระพ้อด้วยเช่นกันโดยใช้ความเร็วลูกกระพ้อสูงสุดไม่เกิน 1.25 เมตร/วินาที สำหรับขนาดความกว้างของลูกกระพ้อสามารถออกแบบได้หลายขนาดขึ้นอยู่กับ ขนาดวัสดุที่จะลำเลียง โดยความกว้างปากลูกกระพ้อควรมีขนาด 2.0 – 2.5 เท่าของความกว้างวัสดุ หรือวัสดุที่รูปทรงไม่แน่นอนอาจเพิ่มเป็น 4.0 – 5.0 เท่าของความกว้างวัสดุก็ได้ ในส่วนของระยะห่างระหว่างลูกกระพ้อ โดยทั่วไปควรมีระยะ 2.0 – 3.0 เท่า ของความสูงของลูกกระพ้อ แต่ถ้าเป็นกระพ้อแบบต่อเนื่องระยะห่างระหว่างลูกกระพ้อจะเท่ากับความสูงของลูกกระพ้อ กลไกการเทวัสดุของกระพ้อ (ภาพที่ 2.38) เป็นการอาศัยทั้งแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางและแรงโน้มถ่วงของโลก ขึ้นอยู่กับความเร็วลูกกระพ้อที่ใช้



ภาพที่ 2.38 ภาพร่างการเทวัสดุของลูกกระพ้อ
(Alexandrov, 1981)

Woodcock และ Mason (1993) กล่าวว่าอุปกรณ์ลำเลียงวัสดุปริมาณมวลแบบสายพานทั่วไปมีข้อจำกัดของมุมลำเลียงไม่เกิน 20 องศา หรือถ้ามีผิวหน้าพิเศษ มุมเอียงการลำเลียงอาจเพิ่มเป็น 60 – 70 องศา ได้เท่านั้น การลำเลียงวัสดุขึ้นในแนวตั้งจึงควรเลือกเป็นกระพ้อลำเลียง ซึ่งลักษณะกระพ้อลำเลียงแบ่งเป็น 2 กลุ่มหลักประกอบด้วย กระพ้อแบบมีระยะห่างระหว่างลูกกระพ้อ (ภาพที่ 2.39 ซ้าย) และกระพ้อแบบต่อเนื่อง (ภาพที่ 2.39 ขวา) ในกลุ่มกระพ้อแบบมีระยะห่างระหว่างลูกกระพ้อ สามารถแยกเป็นเทวัสดุด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางและเทวัสดุโดยมีอุปกรณ์ช่วย ซึ่งกระพ้อที่เทวัสดุด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางมักใช้ความเร็วลูกกระพ้อระหว่าง 1.3 – 2.0

เมตร/วินาที หรือสำหรับวัสดุที่ไหลคล่องมากๆอาจเพิ่มถึง 3.5 เมตร/วินาที ในขณะที่กระพ้อเทวัสดุด้วยอุปกรณ์ช่วยใช้ความเร็วเพียง 0.7 เมตร/วินาที แต่ชดเชยความเร็วด้วยขนาดลูกกระพ้อที่ใหญ่และถี่ขึ้นเพื่อให้ได้อัตราการลำเลียงใกล้เคียงกัน สำหรับกระพ้อแบบต่อเนื่องนั้นลูกกระพ้อจะติดตั้งชิดกัน ความเร็วลูกกระพ้อที่ใช้จะต่ำกว่ากลุ่มแรก โดยทั่วไปจะใช้ความเร็วที่ 1.0 – 1.3 เมตร/วินาที แต่มีข้อจำกัดเรื่องการป้อนวัสดุที่จะใช้วิธีการป้อนตรง จะใช้การตักแบบกระพ้อลำเลียงที่มีระยะระหว่างลูกกระพ้อไม่ได้



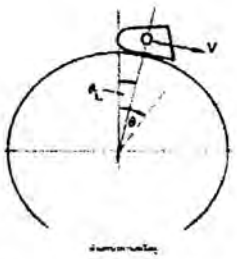
ภาพที่ 2.39 กระพ้อแบบมีระยะห่างระหว่างลูกกระพ้อ (ซ้าย) และกระพ้อแบบต่อเนื่อง (ขวา) (Woodcock and Mason, 1993)

ข้อคำนึงในการออกแบบกระพ้อได้แก่การเทวัสดุออกจากกระพ้อ และการตักวัสดุเข้าลูกกระพ้อ โดยการตักวัสดุจะใช้ความเร็วที่เหมาะสมไม่เกิดการกระแทกวัสดุจนกระเด็นออกจากลูกกระพ้อ สำหรับการเทวัสดุโดยใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางนั้นจะเกิดขึ้นที่หัวกระพ้อ ในขณะที่วัสดุอยู่ที่จุดสูงสุดแรงเหวี่ยงที่เกิดขึ้นเท่ากับน้ำหนักของวัสดุในลูกกระพ้อ ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการที่ 2.9

$$mg\cos\theta = \frac{mv^2}{r} \qquad \text{...(2.9)}$$

โดย θ เป็นมุมที่จุดศูนย์กลางมวลทำกับแนวดิ่ง

ดังนั้น ที่ตำแหน่งการเริ่มเทวัสดุดังภาพที่ 2.40 ของกระพ้อจึงเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 2.10



ภาพที่ 2.40 ตำแหน่งการเทวัสดุ ของลูกกระพ้อ

(Woodcock and Mason, 1993)

$$\theta = \theta_L = cos^{-1}\left(\frac{v^2}{gr}\right) \qquad ...(2.10)$$

ลักษณะการเทแบบแรงโน้มถ่วงมักจะเกิดขึ้นในกรณีที่ลูกกระพ้อลำเลียงวัสดุที่มีความชื้นสูง วัสดุที่เป็นเกล็ด หรือวัสดุที่ค่อนข้างเหนียว ซึ่งจะใช้ความเร็วต่ำประมาณ 0.40 – 0.80 เมตร/วินาที

Srivastava, Goering, Rohrback (1993) กล่าวว่ากระพ้อถูกออกแบบใช้ได้หลากหลายขนาด และความเร็ว ลักษณะการทำงานจะตักวัสดุที่ขาด้านล่างแล้วเทวัสดุที่หัวกระพ้อด้านบน ความสามารถในการลำเลียงของกระพ้อสามารถคำนวณได้จากสมการ 2.11

$$Q = \frac{V \times v}{s} \qquad ...(2.11)$$

โดย Q อัตราการลำเลียง (ลบ.เมตร/วินาที) V ปริมาตรลูกกระพ้อ (ลบ.เมตร) v ความเร็วของสายพานหรือโซ่กระพ้อ(เมตร/วินาที) s ระยะห่างลูกกระพ้อ (เมตร) ทั้งนี้ในวัสดุปริมาณมวลที่ลูกกระพ้อตักได้มักคิดปริมาณวัสดุเพียงร้อยละ 85 – 90

สำหรับกำลังที่ใช้ในการลำเลียงวัสดุซึ่งเป็นกำลังที่ใช้ยกวัสดุ ตักวัสดุ เทวัสดุ เอาชนะแรงต้านของอากาศและเอาชนะความฝืดในระบบนั้นในกระพ้อสมรรถนะสูงกำลังจะเพิ่มเพียง 10 – 15 % จากกำลังทางทฤษฎีเท่านั้น โดยกำลังทางทฤษฎีสามารถคำนวณได้จากสมการ 2.12

$$P = \rho_b g Q h \qquad ...(2.12)$$

โดย P กำลังทางทฤษฎี (วัตต์) ρ_b ความหนาแน่นปรากฏของวัสดุ (กก/ลบ.เมตร) h ความสูงของการยกวัสดุ (เมตร)