

วิจัยและพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบไถหัวหมู Research and Development of Moldboard Plow Type Cassava Digger

อนุชิต ฉ่ำสิงห์^{1/} อัคคพล เสนาณรงค์^{2/} สุภาษิต เสงี่ยมพงศ์^{2/} พัทธวีภา สุทธิวารีย์^{2/}
ยุทธนา เครือหาญชาญพงศ์^{2/} ชนิษฐ์ หว่านณรงค์^{2/} ประสาท แสงพันธุ์ตา^{2/}

บทคัดย่อ

ศึกษาสถานการณ์การเก็บเกี่ยวการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังและพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบไถหัวหมู และวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังเพื่อปรับใช้ในการไถกลบฟางและตอซังข้าว พ่วงรถแทรกเตอร์ขนาด 50 แรงม้า ซึ่งมีข้อจำกัดไม่สามารถทำการขุดมันสำปะหลังได้อย่างต่อเนื่อง ผลการสำรวจพบว่าการเก็บเกี่ยว 2 รูปแบบหลัก คือเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคนทั้งหมด และการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังพ่วงรถแทรกเตอร์ ร่วมกับการใช้แรงงานคน โดยรูปแบบหลังช่วยลดต้นทุน และการใช้แรงงานคนลง 37 และ 8% ตามลำดับ พบปัญหาคอขวดที่สำคัญในระบบการเก็บเกี่ยว คือขั้นตอนหลังจากการถอนหรือขุดขึ้นมาจากดิน ซึ่งใช้แรงงานคน ทั้งหมดและประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงาน และพบว่าเครื่องขุดมันสำปะหลังที่มีใช้งานในปัจจุบันได้รับการ ยอมรับนำไปใช้งานโดยเกษตรกรทั่วไประดับหนึ่ง มีหลายแบบแตกต่างกันตามขนาดรถแทรกเตอร์ต้นกำลัง ชนิด ของพาลซูด ปีกไถ ลักษณะการพลิกดิน โดยพบว่ายังมีความจำเป็นต้องพัฒนาเพื่อลดแรงลากจูง อัตราการสิ้นเปลือง น้ำมันเชื้อเพลิง ลดการสึกหรอของรถแทรกเตอร์ ความสูญเสียและความเสียหายของหัวมันสำปะหลังจากการขุด ผลการวิจัยและพัฒนาได้เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบไถหัวหมูซึ่งมีพาลซูดแบบจานโค้ง สามารถปรับมุมและความ ยาวปีกไถตามชนิดและความชื้นดินซึ่งแก้ปัญหาข้อจำกัดเรื่องพื้นที่ได้มากขึ้น ปรับเลื่อนตามระยะระหว่างแถวได้สะดวก ต้องการแรงลากจูงต่ำ มีความสามารถในการทำงาน 1.4 ไร่/ชม. อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.9-3.4 ล./ชม. มีความสูญเสียหัวมันสำปะหลัง 2.3-5.0 % และความเสียหาย 40% (ความเสียหายเนื่องจากการแตกหัก และหัว หลุดออกจากต้น) ซึ่งน้อยกว่าผลการทดสอบเครื่องขุดที่มีใช้งานอยู่แล้ว พบว่าสามารถใช้เครื่องขุดมันสำปะหลัง เพื่อการไถกลบฟางและตอซังข้าวในแปลงที่ทำการเก็บเกี่ยวข้าวด้วยเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวที่มีแถบฟางหนาซึ่งเป็น อุปกรณ์ในการไถเตรียมดินได้ดีกว่าการใช้ด้วยไถพาดเจ็ดโดยเปลี่ยนเฉพาะส่วนของปีกไถและติดตั้งในตำแหน่งที่ถูกต้อง แต่มีข้อจำกัดเรื่องมีหน้ากว้างในการทำงานต่ำกว่าประมาณ 55% โดยมีความสามารถในการทำงาน 0.81 ไร่/ชม. ประสิทธิภาพการทำงาน 59% สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 3.3 ล./ไร่ และเปอร์เซ็นต์การไถกลบฟางและตอซังข้าว 85%

รหัสการโครงการวิจัย 02-01-49-07

^{1/} กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

^{2/} สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เป็นวัตถุดิบในภาคอุตสาหกรรมอาหาร อาหารสัตว์ อุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ (ธีรภัทร์, 2545) และเป็นพืชพลังงานที่สำคัญในการผลิตเอทานอลสำหรับการผลิตน้ำมัน แก๊สโซฮอล์ ทดแทนการนำเข้าสาร MTBE และใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (วงศ์สุภัทร์, 2549 และ กล้าณรงค์, 2549) ประเทศไทยผลิตมันสำปะหลังเป็นอันดับสี่ของโลก รองจากประเทศไนจีเรีย บราซิล และอินโดนีเซีย แต่เป็นประเทศผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นอันดับหนึ่งของโลก มูลค่ามากกว่า 2.9 หมื่นล้านบาท/ปี มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 7.3 ล้านไร่ เป็นอันดับ 4 รองจากข้าว ข้าวโพด และยางพารา มีผลผลิต 26.9 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) ผลจากการขยายตัวอย่างมากของอุตสาหกรรมนอกภาคเกษตรกรรม ส่งผลให้แรงงานเคลื่อนย้ายออกจากภาคเกษตรกรรม ทำให้เกิดภาวะขาดแคลนแรงงานและค่าจ้างแรงงานสูง เป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตโดยเฉพาะขั้นตอนการเก็บเกี่ยวซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญต่อต้นทุนการผลิตมีสัดส่วนในการลงทุนสูงสุดประมาณ 27% (สุรพงษ์ และคณะ, 2550) เนื่องจากจำเป็นต้องใช้แรงงานคนเป็นจำนวนมาก เพื่อการขุดหรือถอน การตัดส่วนที่เป็นหัวออกจากโคนต้น และรวบรวมขึ้นรถบรรทุกเพื่อการขนย้ายไปจำหน่าย โดยค่าจ้างแรงงานเป็นสัดส่วนสูงสุดคล้ายพืชเศรษฐกิจอื่นยกเว้นข้าว (Anuchit, 2007) และส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลผลิต (Thant, 1979; กรมวิชาการเกษตร, 2547 และพร้อมพันธ์, 2549) อย่างไรก็ตามเครื่องขุดมันสำปะหลังได้รับการพัฒนาจากทั้งภาครัฐ โรงงานผู้ผลิต และเกษตรกรมาต่อเนื่องยาวนานกว่า 30 ปี เพื่อแก้ปัญหาในการเก็บเกี่ยว แต่จากการตรวจเอกสารและการสำรวจเบื้องต้นแต่พบว่ายังไม่มีการใช้อย่างแพร่หลายเท่าที่ควร แม้จะมีการผลิตและจำหน่ายหลากหลายแบบ มีการดัดแปลงเครื่องขุดที่ซื้อมาใช้กันอย่างหลากหลาย มีการพัฒนาแบบใหม่ๆ ขึ้นอย่างต่อเนื่อง (จารุวัฒน์ และคณะ, 2535; จารุวัฒน์ และอนุชิต, 2550) ซึ่งอาจเป็นผลจากการที่ไม่มีเครื่องขุดที่เหมาะสมตามต้องการ ขาดการเผยแพร่ การประสานงานระหว่างหน่วยงานและเกษตรกรที่เกี่ยวข้อง รวมถึงอาจเป็นปัญหาทางวิศวกรรม และข้อจำกัดการใช้งานของตัวเครื่องขุดมันสำปะหลังและระบบการเก็บเกี่ยว นอกจากนี้พบว่าเครื่องขุดมันสำปะหลังมีชั่วโมงการทำงานต่อปีค่อนข้างน้อย ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดหนึ่งซึ่งผลต่อการขยายตัวของการใช้งานเครื่องขุดมันสำปะหลัง ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาค่าการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง การขาดแคลนแรงงานในการเก็บเกี่ยว และลดต้นทุนการเก็บเกี่ยว การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานการณ์การเก็บเกี่ยวและการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังเพื่อให้ทราบถึงสภาพปัจจุบัน ปัญหา ข้อจำกัดและเงื่อนไขความต้องการ เพื่อการวิเคราะห์และวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังที่มีประสิทธิภาพต้องการแรงจุดต่ำ มีความสูญเสียและความเสียหายของหัวมันสำปะหลังน้อย ตลอดจนการวิจัยและพัฒนาเพื่อการปรับใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังสำหรับการไถกลบฟาง และต่อซังข้าวเพื่อเป็นการเพิ่มชั่วโมงการทำงาน ร่นระยะเวลาคืนทุนในการลงทุนเครื่องขุดมันสำปะหลัง และเป็นการสนับสนุนการลดปัญหาหมอกพิษจากการเผาฟางและต่อซังข้าว และสนับสนุนการผลิตข้าวอินทรีย์

วิธีดำเนินการ

1. วิธีดำเนินการ การศึกษาประกอบด้วย 3 ส่วนหลักดังนี้

1.1 การสำรวจสถานการณ์การเก็บเกี่ยวและการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลัง : เป็นการตรวจเอกสารและสำรวจศึกษาสถานการณ์การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง และการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลัง ตลอดจนปัญหาอุปสรรค ข้อจำกัด เงื่อนไข และความต้องการ โดยเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเครื่องขุดมันสำปะหลังที่มีการผลิตจำหน่าย และเกษตรกรยอมรับซื้อไปใช้งาน ในเขตพื้นที่ที่มีการปลูกมันสำปะหลังมากของประเทศไทย (สำนักงานเศรษฐกิจ

การเกษตร, 2549) ในเขตพื้นที่ จ.นครราชสีมา บุรีรัมย์ ฉะเชิงเทรา สระแก้ว นครสวรรค์ อุทัยธานี และ กำแพงเพชรเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ปัญหา และเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาเครื่องขุด มันทึบหลังแบบไถหัวหมู

1.2 การวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดมันทึบหลังแบบไถหัวหมู : เป็นการนำผลการสำรวจ การตรวจเอกสาร และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาออกแบบและพัฒนาเครื่องขุดมันทึบหลัง เพื่อใช้กับรถแทรกเตอร์ Kubota รุ่น MU 5000 ขนาด 50 แรงม้า ที่มีข้อจำกัดไม่สามารถขุดได้อย่างต่อเนื่อง จากการมีความกว้างของล้อมาก การขุดร่องต่อไปจะมีปัญหาการเหยียบหัวมันทึบหลังที่ถูกขุดขึ้นมาแล้ว ทำให้ต้องใช้แรงงานคนจำนวนมากเก็บหัวมันทึบ นอกจากแนวการขุดก่อนจึงจะทำการขุดต่อไปได้ เพื่อให้สามารถทำการขุดได้อย่างต่อเนื่อง มีความสูญเสียและเสียหายต่ำ ลดแรงฉุดลากซึ่งจะช่วยลดต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและการสึกหรอของรถแทรกเตอร์ ตลอดจนเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงเครื่องขุดสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดอื่นๆ

การศึกษาดำเนินการโดยสร้างเครื่องต้นแบบในลักษณะขุดทดสอบที่สามารถปรับเปลี่ยนขึ้นส่วนที่เป็น ปัจจัยสำคัญต่อการทำงานของเครื่องมันทึบหลังได้ จากนั้นเขียนทดสอบเพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าว และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องจนกว่าจะได้เครื่องขุดมันทึบหลังที่ต้องการ โดยปัจจัยที่ทำการศึกษาประกอบด้วย ชนิด ไบพาลขุด การวางคมไบพุด ชนิดและขนาดของปีกไถ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของแทรกเตอร์ โดยค่าชี้ผลหลักที่ พิจารณา คือ แรงฉุดลาก ความสูญเสียและความเสียหายของหัวมันทึบหลัง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงาน นอกจากนี้ ยังได้มีการทดสอบเครื่องขุดมันทึบหลังต้นแบบใน สภาพดินและวิธีการปลูกที่แตกต่างกัน

1.3 การวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดมันทึบหลังเพื่อปรับใช้ในการไถกลบฟาง และตอซังข้าว: เพื่อศึกษา ความเป็นไปได้และพัฒนาเครื่องขุดมันทึบหลังเพื่อการไถกลบตอซังข้าว โดยให้มีการใช้ชิ้นส่วนร่วมกัน มีการ ปรับเปลี่ยนชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์บางส่วน เพื่อช่วยให้เครื่องขุด มีความเอนกประสงค์ เป็นการเพิ่มชั่วโมงการทำงาน ร่นระยะเวลาการคืนทุนในการลงทุน และเป็นการสนับสนุนการผลิตข้าวอินทรีย์และลดปัญหาการเผาฟางที่มีผล ต่อสภาพแวดล้อม

การดำเนินงานเช่นเดียวกับการวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดมันทึบหลังแบบไถหัวหมู แต่วัตถุประสงค์และ ข้อจำกัดการทำงานของเครื่องขุดมันทึบหลังกับการไถกลบฟางและตอซังข้าวแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง คือการขุดมันทึบ หลังทำในสภาพดินแห้งและไม่ต้องการการพลิกกลบดินในขณะที่การไถกลบตอซังต้องทำในสภาพดินที่มีความชื้น และต้องการ การพลิกกลบดิน อย่างไรก็ตามปัจจัยที่ศึกษาจะคล้ายกันแต่ระดับของปัจจัยมีความแตกต่างกันโดย สิ้นเชิง ซึ่งประกอบไปด้วย ชนิดไบพาลขุด ชนิด ขนาด และตำแหน่งในการติดตั้งของปีกไถ และความชื้นดิน ตัวชี้วัด หลักที่พิจารณาคือ เปอร์เซ็นต์การกลบฟางและตอซังข้าว แรงฉุดลาก ความสามารถและประสิทธิภาพการทำงาน อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ตลอดจนเปรียบเทียบกับรถไถกลบด้วยไถพรวน 7

2. อุปกรณ์

2.1 รถแทรกเตอร์ล้อยาง 4 ล้อ ยี่ห้อ KUBOTA รุ่น MU5000

2.2 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินเพื่อตรวจคุณสมบัติดินเช่น ความชื้นในดิน และ Bulk density of soil

2.3 เครื่องวัดแรงต้านการแทงทะลุดิน (Soil Penetrometer)

2.4 อุปกรณ์ เครื่องมือสำหรับวัดแรงฉุดลาก (Lower link transducers Top link transducer Potentiometer Strain Amplifier และ Data logger)

2.5 เทปวัดระยะทาง ตลับเมตร และเครื่องมือวัดความกว้างและความลึกร่องไถ

2.6 เครื่องขุดมันสำปะหลังที่มีการผลิตและจำหน่ายในเขตพื้นที่ซึ่งทำการทดสอบ เพื่อเป็นการเปรียบเทียบการทำงานกับเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบไถหัวหมูต้นแบบ และไถพาล 7

2.7 นาฬิกาจับเวลา และอุปกรณ์อื่นในการเก็บข้อมูลสมรรถนะในการทำงาน และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 3 ระยะเวลา (เริ่มต้นและสิ้นสุด) ตุลาคม 2549 - กันยายน 2551

4 สถานที่ดำเนินการ

4.1 สำรวจในเขตพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง จ. นครราชสีมา บุรีรัมย์ ฉะเชิงเทรา สระแก้ว ปราจีนบุรี นครสวรรค์ และกำแพงเพชร

4.2 โรงงานปฏิบัติการกลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

4.3 แปลงมันสำปะหลังสำหรับการทดสอบการทำงานเครื่องต้นแบบ

4.4 แปลงมันสำปะหลังเกษตรกรในเขตพื้นที่ อ.สูงเนิน สีคิ้ว ปากช่อง นครบุรี จ.นครราชสีมา และ อ.หนองกี่ จ.บุรีรัมย์

4.5 แปลงของมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพฯ (ห้วยบง)

4.6 แปลงนาในเขต อ.สูงเนิน จ. นครราชสีมา และ อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี สำหรับการทดสอบความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังเพื่อการไถกลบตอซังข้าว

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาสถานการณ์การเก็บเกี่ยวและการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลัง

เกษตรกรจะทำการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังอายุระหว่าง 8-14 เดือน แต่โดยส่วนใหญ่จะทำการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังอายุระหว่าง 10-12 เดือน และพบว่าเกษตรกรบางรายมีการแบ่งพื้นที่และจัดระบบการปลูกให้ทำการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่อายุ 14 เดือน เพื่อให้ได้ผลผลิตมากขึ้นโดยที่เปอร์เซ็นต์แป้งไม่ลดลง เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการเตรียมดิน ท่อนพันธุ์ และการปลูกได้ผลตอบแทนการลงทุนมากขึ้น โดยทั่วไปการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังดำเนินการทั้งปี แต่ที่มีการเก็บเกี่ยวมากกว่า 10% ของพื้นที่เก็บเกี่ยวของแต่ละภาคจะอยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึงมีนาคม (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) โดยมีระบบการเก็บเกี่ยวและการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังดังนี้

1.1 ระบบการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ผลการศึกษาสามารถแบ่งขั้นตอนการปฏิบัติในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังโดยทั่วไปได้เป็น 4 ขั้นตอนหลักคือ 1) การตัดหรือไม่ตัดต้นมันสำปะหลังก่อนการเก็บเกี่ยว 2) การขุดหรือถอนหัวมันสำปะหลังจากดิน 3) การรวบรวมและตัดหัวมันออกจากเหง้า 4) การลำเลียงขึ้นรถบรรทุกเพื่อนำไปจำหน่าย (ภาพที่ 1) ซึ่งสามารถแบ่งระบบหรือรูปแบบในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังได้เป็น 2 รูปแบบหลัก คือการใช้แรงงานคนทั้งหมด และการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังดูดลากด้วยรถแทรกเตอร์ในขั้นตอนการขุด แล้วใช้แรงงานคนทั้งหมดในขั้นตอนที่เหลือ โดยรูปแบบที่ 2 จะช่วยประหยัดการใช้แรงงาน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการลง 37 และ 10% ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเฉพาะขั้นตอนการขุดเท่านั้นที่มีการนำเครื่องจักรกลเกษตรมาใช้แต่ในขั้นตอนอื่นยังต้องพึ่งพาการใช้แรงงานทั้งหมด อย่างไรก็ตามพบว่าการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังช่วยแก้ปัญหา และมีการ

ยอมรับนำไปใช้งานระดับหนึ่งแต่ยังไม่แพร่หลายเท่าที่ควรและมีความจำเป็นต้องมีการพัฒนาเพิ่มเติม นอกจากนี้พบปัญหาที่สำคัญในระบบการเก็บเกี่ยวคือขั้นตอนภายหลังการถอนหรือขุดขึ้นมาจากดินจำเป็นต้องใช้แรงงานทั้งหมดและจำนวนมาก เป็นปัญหาคอขวดที่สำคัญ ที่จำกัดความสามารถทำงาน และการขยายตัวการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลัง ตลอดจนเป็นปัญหาสำคัญของระบบการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะปัญหาการขาดแคลนแรงงาน และต้นทุนในการเก็บเกี่ยว



ภาพที่ 1 ขั้นตอนที่ 2-4 ในระบบการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

1.2 การใช้งานเครื่องขุดมันสำปะหลัง จากการศึกษาพบว่าเครื่องขุดมันสำปะหลังที่มีการผลิตจำหน่ายในปัจจุบันนั้น เป็นผลการวิจัยและพัฒนาทั้งของภาครัฐและเอกชนที่ดำเนินงานมาต่อเนื่องหลายปี มีเครื่องขุดหลากหลายรูปแบบ (ภาพที่ 2) มีความสามารถในการทำงาน 2-4 ไร่/ชม. มีการสูญเสียผลผลิตเนื่องจากเหลือตกค้างอยู่ในดินระหว่าง 5 - 10 % (ประสาท, 2548) แบบและขนาดแตกต่างกันไปในแต่ละเขตพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง และขนาดแทรกเตอร์ต้นกำลังที่ใช้ (20-70 แรงม้า) เครื่องขุดฯโดยทั่วไปประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ โครงไถ ขาไถ และพาลขุด ส่วนที่แตกต่างกันชัดเจนคือส่วนของพาลขุด ซึ่งพบทั้งแบบซี่และแบบจานโค้ง โดยให้ผลการขุดทั้งการขุดแบบไม่มีการพลิกดิน และแบบมีการพลิกดิน และแบบมีการพลิกดินมีทั้งแบบพลิกดินออกทั้งสองข้าง และแบบพลิกดินออกด้านเดียว โดยแบบซี่ส่วนใหญ่ใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาดใหญ่ (มากกว่า 50 แรงม้า) ออกแบบให้ไม่มีการพลิกดินเพื่อแก้ปัญหาการทำงานได้ไม่ต่อเนื่อง พบมากเขตพื้นที่ จ.สระแก้ว ปราจีนบุรี และฉะเชิงเทรา ส่วนแบบจานโค้งพบในเขตพื้นที่ จ.นครราชสีมา บุรีรัมย์ กำแพงเพชร และนครสวรรค์ ให้ผลการขุดแบบมีการพลิกดิน ซึ่งแบบที่มีการพลิกดินออกทั้ง 2 ข้าง จะประสบปัญหาทำงานได้ไม่ต่อเนื่องโดยเฉพาะเมื่อต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาดกลางขึ้นไปเพราะจะเหยียบหัวมันที่ขุดแล้วขณะทำการขุดร่องต่อไป ซึ่งจะต้องใช้แรงงานคนจำนวนมากตามเก็บทันทีภายหลังแทรกเตอร์ขุดขึ้นมาและเป็นปัญหาข้อจำกัดเดิมของเครื่องขุดมันฯพ่วงรถแทรกเตอร์ในอดีต ปัจจุบันมีแนวโน้มการใช้แบบพลิกดินมากขึ้น และมีการนำแบบพลิกดินออกสองข้างมาดัดแปลงเป็นแบบพลิกดินออกข้างเดียว



ภาพที่ 2 เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบต่างๆ บางส่วนที่มีการผลิตและจำหน่าย

อย่างไรก็ตามเครื่องขุดมันสำปะหลังที่การผลิตและจำหน่ายในปัจจุบันได้รับการยอมรับนำไปใช้งานระดับหนึ่งพบว่ามีการดัดแปลงภายหลังจากซื้อไป และมีการพัฒนาแบบใหม่ขึ้นมาเรื่อย ซึ่งแสดงให้เห็นถึงปัญหา ข้อจำกัดที่เกี่ยวกับตัวเครื่องฯ และจากผลการวิเคราะห์พบว่าหลายแบบมีแนวโน้มต้องการแรงจุดลากสูง ยากต่อการควบคุมขณะทำงาน และอาจส่งผลกระทบต่อความสึกหรอของระบบไฮดรอลิกของรถแทรกเตอร์ จึงควรมีการวิจัยและพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อให้ได้เครื่องขุดที่ต้องการแรงจุดลากน้อย มีการสูญเสียและความเสียหายหวั่นไหวมันสำปะหลังต่ำ ลดการใช้แรงงาน เพิ่มความสะดวกสบายในการควบคุม และลดความเสียหายที่จะเกิดกับระบบไฮดรอลิกของแทรกเตอร์ต้นกำลัง

2. การวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบโกทวิท

2.1 การสร้างเครื่องต้นแบบ และการทดสอบเบื้องต้น: ได้ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบในลักษณะขุดทดสอบที่สามารถปรับ หรือเปลี่ยนชิ้นส่วนเพื่อทำการศึกษาศักยภาพการศึกษาที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้แก่ แบบของใบพาลขุด (แบบหน้าตัดตรง ปลายใบแหลม ปลายใบป้าน แบบซี่ และแบบจานโค้ง) การปรับมุมใบขุด (ปรับได้ 18-30 °) ระยะปลายใบพาลยื่นต่ำกว่าคานรองรับใบพาล (Land side) แบบและขนาดของปีกไถ (แบบปีกโค้งขนาดครึ่งและเต็ม หน้ากว้างใบพาลขุด) การปรับมุมของปีกไถ (ปรับได้สอดคล้องกับมุมใบพาลขุด) การปรับเลื่อนซ้ายขวาให้เข้ากับระยะระหว่างแถว และการปรับเลื่อนระยะห่างขาไถจากตัวรถแทรกเตอร์ (ภาพที่ 3)

ผลการทดสอบพบว่าเครื่องต้นแบบที่โครงสร้างหลักทำจากเหล็กชุบตัวยูขนาด 3" x 3" ไม่แข็งแรงพอในการขุดสภาพดินที่แห้งและแข็งมาก (> 3.8 MPa) ส่วนหนึ่งเป็นผลจากการออกแบบเพื่อความยาวคานบนและขาไถมากเกินไป พาลขุดสามารถทำงานได้และให้ผลการขุดแตกต่างกันไปตามชนิดดิน ความชื้นดินและความแข็งของดิน โดยใบพาลขุดแบบหน้าตัดตรงขุดจิกดินได้ไม่ดีและเกิดความสูญเสียเนื่องจากการขุดสูงจึงจะไม่นำมาศึกษาต่อไป การวางคมใบพาลขุดแบบกบไสไม้ให้ผลการขุดจิกดินได้ดีกว่าการวางคมใบด้านตรงข้าม และมุมของใบขุดกับคานรองรับใบพาล 28 ° ปลายใบพาลต่ำกว่าคานดังกล่าว 6 ซม. ให้ผลการทำงานดีกว่าที่ระดับอื่นๆ จึงได้ทำการออกแบบเครื่องต้นแบบใหม่และเปลี่ยนขนาดโครงสร้างหลักเป็น 4" x 4" ตลอดจนการแก้ไขข้อบกพร่องที่พบ



ภาพที่ 3 เครื่องขุดมันสำปะหลังต้นแบบที่สามารถปรับหรือเปลี่ยนชิ้นส่วนเพื่อการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้ และผลการขุดจากการทดสอบเบื้องต้น

2.2 การทดสอบเพื่อศึกษาศักยภาพการศึกษา: เป็นการทดสอบเครื่องต้นแบบตัวที่ 2 เพื่อศึกษาศักยภาพที่ศึกษา แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องพื้นที่ทำการทดสอบซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ และประสบปัญหาฝนตก จึงเป็นการทดสอบในสภาพดินที่แตกต่างกันไป รวม 6 ครั้ง คือ 1) ดินทรายปนเหนียวความชื้นสูง 2) ความชื้นปานกลาง 3) ดินร่วนปนทรายมีลูกรังปน 4) ดินร่วนปนทรายความชื้นต่ำและระยะระหว่างแถวแคบ 5) ดินเหนียวปนทรายความชื้นในแปลงแตกต่างกันมากและมีวัชพืช และ 6) ดินทรายปนเหนียวที่ความชื้นต่ำดินแห้งและแข็ง ซึ่งผลการทดสอบทำให้ทราบข้อจำกัดการทำงานของเครื่องขุดมันสำปะหลังพ่วงรถแทรกเตอร์ขนาด 50 แรงม้า สามารถ

ทำงานได้อย่างต่อเนื่องที่ระยะระหว่างแถวมากกว่า 110 ซม. และช่วง 65-70 ซม. (วิ่งพร้อม 2 ร่องและชุดร่อง
 ขวาในลักษณะชุดแบบวนซ้ายจากขอบแปลง) ซึ่งการกลับล้อรถไม่สามารถแก้ไขจำกัดนี้ได้ และพบว่าดินความชื้นสูง
 โดยเฉพาะดินต่างๆ ปนเหนียว จะใช้แรงฉุดลากมาก และมีดินติดพาลชุด ทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ความ
 สามารถในการทำงานต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของ Kepner (1978) อีกทั้งทำให้เกิดความสูญเสียเนื่องจาก
 การเหลือตกค้างในดิน และมีความเสียหายของหัวมันสูง และการทดสอบในสภาพดินร่วนปนทรายและมีดินลูกรังปน
 พบว่าไบพาลชุดทั้ง 3 แบบ สามารถชุดได้ทั้งหมด แต่ปิกไถแบบกว้างครึ่งของหน้ากว้างพาลชุด และแผ่นรองรับไบ
 พาลยาว 20 ซม. จากขอบบนไบพาลมีการพลิกกลับหัวมันน้อยกว่าแบบอื่น แต่อย่างไรก็ตามคณะทำงานพิจารณา
 เห็นว่าปัญหาการพลิกกลับหัวมันจำเป็นต้องได้รับการแก้ไข เพราะอาจก่อให้เกิดความสูญเสีย (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 การชุดในแปลงดินร่วนปนทรายมีลูกรังปน และมีการพลิกกลับหัวมันอาจทำให้เกิดการสูญเสียผลผลิต

ส่วนการทดสอบในสภาพดินแห้งและแข็งมาก มีความสูญเสียและความเสียหายสูงมากแม้จะมีการใช้
 น้ำหนักถ่วงเพิ่มเติมที่ตัวเครื่องชุด และพบว่าพาลชุดแบบจานโค้งมีแนวโน้มการทำงานที่ดีที่สุด ส่วนพาลชุดแบบซี่ไม้
 สามารถทำงานได้ดี (ภาพที่ 5)

2.3 การทดสอบปัจจัยที่ศึกษา และเก็บข้อมูลประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องต้นแบบ: เป็นการ
 ทดสอบในสภาพดินร่วนปนเหนียวและมีความชื้นดินต่ำ เพื่อศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับแบบไบพาลชุด แบบของปิกไถ
 พบว่ามีปัญหาดินกลับทับหัวมันจากการทำงานของปิกไถในน้อยกว่าการชุดในแปลงที่เป็นดินร่วนปนทราย แต่
 พิจารณาว่าผลการชุดยังไม่ได้ตามต้องการ จึงออกแบบปิกไถใหม่เป็นแบบแผ่นตรงไม่มีการบิดโค้ง (ภาพที่ 6) และ
 ทำการทดสอบเปรียบเทียบกับแบบเก่าและเครื่องชุดที่มีการใช้งานในพื้นที่นั้น ซึ่งดำเนินการใน 2 พื้นที่ ผลพบว่า
 ปิกไถแบบตั้งตรงและใช้ไบพาลแบบจานโค้งให้ผลดีกว่าแบบอื่น โดยมีความสูญเสียและความเสียหาย 0.5 และ 50 %
 ตามลำดับ และพบว่าการใช้ความเร็วสูงมีความสูญเสียและความเสียหายมากกว่าความเร็วต่ำ



ภาพที่ 5 ชุดในแปลงดินร่วนปนเหนียวมีความชื้นสูง มีดินติดอัดตัวหน้าพาล (ก) พาลชุดแบบซี่พร้อมการถ่วงน้ำหนัก
 (ข) ผลการชุดด้วยพาลชุดแบบซี่ในดินแห้งและแข็งมีการสูญเสียและเสียหายมาก (ค)



ภาพที่ 6 ผลาขุดแบบปิกไถตั้งตรง (ก) ผลการขุด (ข) และผลาขุดแบบปิกไถโค้ง (ค)

2.4 การทดสอบดินแบบตัวสุดท้าย: จากผลการทดสอบที่ผ่านมาพบว่าเครื่องต้นแบบชนิดใบผลาขุดแบบจานโค้ง และปิกไถแบบตั้งตรงให้ผลการขุดดีที่สุด แต่เพื่อให้เครื่องขุดต้นแบบมีขนาดกะทัดรัด ประหยัด และแก้ปัญหการปรับให้เข้ากับระยะระหว่างแถว ตลอดจนเพื่อให้สามารถปรับใช้งานในภาพที่แตกต่างกันได้มากขึ้น จึงออกแบบใช้เหล็กโครงสร้างเล็กลง ปรับลดระยะความยาวขาไถ ย้ายการปรับให้เข้ากับระยะระหว่างแถวจากคานหน้ามาไว้ด้านหลัง ให้มีการปรับมุมและความยาวของปิกไถได้ (ภาพที่ 7) และทำการทดสอบการทำงานและเปรียบเทียบกับเครื่องขุดที่มีการใช้งานในเขตพื้นที่นั้น



ภาพที่ 7 ต้นแบบตัวสุดท้ายของขุดมันสำปะหลังแบบไถหัวหมู

ผลการทดสอบพบว่ามีความสามารถในการทำงาน 1.4 ไร่/ชม. มีความสูญเสียผลผลิต 2.3-5.0% ในขณะที่เครื่องที่มีการผลิตและเกษตรกรใช้งานมีความสูญเสียมากกว่า 4%

7.3 การวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังเพื่อปรับใช้ในการไถกลบฟาง และตอซังข้าว: ได้มีการทดสอบความเป็นได้โดยใช้ปิกไถแบบโค้งที่ใช้ในการขุดมันสำปะหลังในดินทรายปนเหนียวที่มีความชื้นสูง และอิมตัวด้วยน้ำ พบว่าในสภาพดินมีความชื้นสูงจะมีดินติดที่ปิกไถมากจนทำงานไม่ได้แต่ในสภาพที่ดินอิมตัวด้วยน้ำสามารถทำงานได้ (ภาพที่ 8) ทั้งนี้เนื่องจากดินที่มีความชื้นสูงมากจนอิมตัวด้วยน้ำจะมีแรงเกาะยึดระหว่างดินและอุปกรณ์ต่ำ Kepner (1978) แต่ได้ชี้ให้เห็นว่าขนาดใหญ่ ใช้แรงจุกดลากมาก และการพลิกกลบตอซังไม่ดี อย่างไรก็ตามผลการทดสอบและหลักการของ Kepner พบว่ามีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาเพื่อใช้ในการไถกลบตอซังและตอซังในสภาพดินที่มีความชื้นไม่สูงมากโดยเฉพาะหลังการเก็บเกี่ยวข้าวนาปีแต่ต้องพัฒนาให้สามารถพลิกกลบฟางและตอซังและใช้แรงจุกดลากต่ำ



ภาพที่ 8 ดินทรายปนเหนียวความชื้นสูงติดพาลซุด (ก) และผลการไถด้วยเครื่องซุดมันฯ และพาล 7 ในดินร่วนปนเหนียวและอิมตัวด้วยน้ำ

การพัฒนาเริ่มจากทดสอบเบื้องต้นเกี่ยวกับมุมของใบพาลซุดที่แตกต่างกัน พบว่ามุมดังกล่าวเช่นเดียวกับใช้ในการซุดมันสำปะหลัง (28 °C) จากนั้นพัฒนาและทดสอบแบบของปีกไถ ความโค้ง ความยาว มุมความโค้งของปีกไถกับทิศทางการเคลื่อนที่ และการทำมุมของปีกไถกับแนวระดับ ตลอดจนการทดสอบในดินร่วนปนเหนียวที่ความชื้นแตกต่างกัน 2 ระดับ และเปรียบเทียบกับวิธีการไถกลบตอซังพางและพางข้าวโดยใช้ไถพาล 7 ผลการพัฒนาพบว่าสามารถใช้เครื่องซุดมันสำปะหลังเพื่อการไถกลบพางและตอซังข้าวในแปลงที่ทำการเก็บเกี่ยวข้าวด้วยเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่มีแถบพางหนาซึ่งเป็นอุปสรรคในการไถเตรียมดินได้ดีกว่าการใช้ด้วยไถพาล 7 โดยเฉพาะส่วนของปีกไถและติดตั้งในตำแหน่งที่ถูกต้อง (ภาพที่ 9) แต่มีข้อจำกัดเรื่องมีน้ำหนักว่างในการทำงานต่ำกว่าประมาณ 55% โดยมีความสามารถในการทำงาน 0.81 ไร่/ชม. ประสิทธิภาพการทำงาน 59% ลื่นเปลื้องน้ำมันเชื้อเพลิง 3.3 ลิ./ไร่ และเปอร์เซ็นต์การไถกลบพางและตอซังข้าว 85%



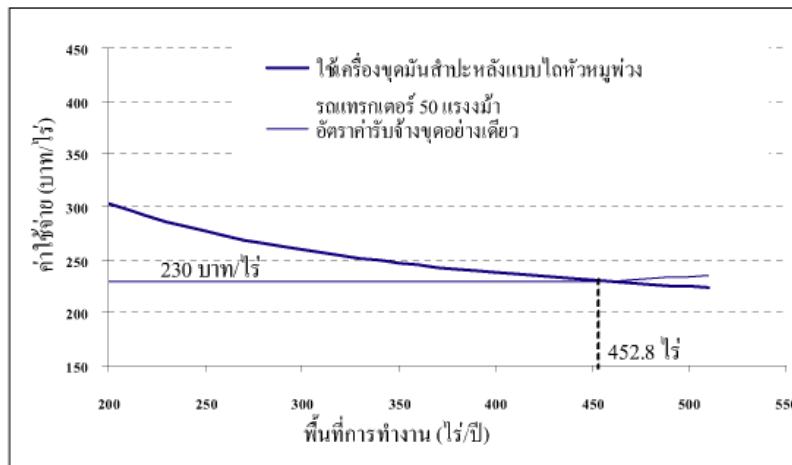
ภาพที่ 9 ไถกลบพาง และตอซังข้าวด้วยเครื่องซุดมันสำปะหลังฯ และผลการไถเปรียบเทียบกับการใช้ไถพาล 7

4. วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อการคำนวณค่าใช้จ่าย และราคาจุดคุ้มทุน

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อกำหนดต้นทุนการใช้งานและจุดคุ้มทุนในการลงทุนเครื่องจักรกลเกษตรเพื่อการซุดมันสำปะหลัง การคำนวณประยุกต์ใช้วิธีการของ Hunt, 1983 และวินิต, 2530 และคิดค่าเสื่อมราคาของแทรกเตอร์และเครื่องซุดมันสำปะหลังแบบวิธีเส้นตรง (Straight-line Method) เพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกใช้ในการลงทุนซื้อของเกษตรกร และเพื่อการรับจ้าง หรือเพื่อการแนะนำส่งเสริมของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งในเบื้องต้นนี้จะวิเคราะห์เฉพาะเพื่อใช้ในการซุดมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียวก่อน

จากระบบการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลักคือ 1) การตัดต้น 2) การขุดหรือถอนหัวมันสำปะหลังขึ้นมาจากดิน 3) การเก็บรวมกองและตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้าและ 4) ขนย้ายขึ้นรถบรรทุก ซึ่งสามารถจำแนกระบบการเก็บเกี่ยวได้เป็น 2 ระบบคือ 1) ระบบการเก็บเกี่ยวแบบใช้แรงงานคนทั้งหมด และ 2) ระบบการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังในขั้นตอนการขุด (ขั้นตอนที่ 2) ส่วนในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวอื่นใช้แรงงานคนทั้งหมด โดยพบว่าระบบการใช้แรงงานคนทั้งหมดนั้นในระบบปฏิบัติหรือระบบการจ้างของเกษตรกรขั้นตอนการขุดหรือถอนและการตัดเหง้าจนกระทั่งขนย้ายขึ้นรถบรรทุกนิยมจ้างเหมารวมเป็นขั้นตอนเดียวในอัตราค่าจ้างเฉลี่ย 220 บาท/ตัน ในขณะที่การขุดด้วยเครื่องขุดมันสำปะหลัง พบทั้งการจ้างขุดอย่างเดียว อัตราเฉลี่ย 230 บาท/ไร่ หลังจากนั้นจะเป็นการจ้างเหมาแรงงานคนเก็บรวมกอง ตัดหัวออกจากเหง้าพร้อมการขนย้ายขึ้นรถบรรทุก ในอัตราค่าจ้างเฉลี่ย 120 บาท/ตัน และระบบการจ้างเหมาตั้งแต่การขุดจนกระทั่งขนย้ายขึ้นรถบรรทุก ในอัตรา 230 บาท/ตัน ส่วนการขนย้ายจากแปลงไปจำหน่ายจ้างในอัตราเฉลี่ย 120 บาท/ตัน ดังนั้นการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เกี่ยวกับใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังในการเก็บเกี่ยวจึงวิเคราะห์ทั้งในกรณีการขุดอย่างเดียวเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการลงทุนเพื่อการใช้งานหรือการรับจ้างและกรณีการจ้างเหมาตั้งแต่การขุดจนกระทั่งขนย้ายขึ้นรถบรรทุก

วิเคราะห์กรณีเกษตรกรมีแทรกเตอร์ขนาด 50 แรงม้าเป็นของตนเอง และประมาณการใช้รถแทรกเตอร์ 20% ของการใช้งานแทรกเตอร์ทั้งปี ถูกใช้เพื่อการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ค่ากำหนดต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณดังแสดงในภาคผนวก ก. และผลการวิเคราะห์ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์การใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบไถหัวหมูพ่วงรถแทรกเตอร์ 50 แรงม้า

จากภาพที่ 10 และตารางที่ 1 ก (ภาคผนวก) จะเห็นได้ว่าการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังพ่วงรถแทรกเตอร์จะมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 452.8 ไร่/ปี นั่นคือเกษตรกรหรือผู้รับจ้างจะต้องทำการขุดมันสำปะหลังอย่างน้อย 452.8 ไร่/ปี ทุกปีเป็นระยะเวลา 7 ปี จึงจะคุ้มกับการลงทุน โดยมีต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการใช้งานอยู่ที่ 230.2 บาท/ไร่ โดยเป็นต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปรที่ 57.7 และ 172.5 บาท/ไร่ ตามลำดับ เป็นค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง ทั้งนี้ส่วนหนึ่งของการคำนวณอาจมีการประมาณการคลาดเคลื่อนเช่น ค่าประมาณการ 20% ของการใช้รถแทรกเตอร์เพื่อการเก็บเกี่ยว และค่าอื่นอาจสูงเกินไป จึงทำให้ค่าใช้จ่ายต่อไร่สูง

อย่างไรก็ตามจากค่าใช้จ่ายและจุดคุ้มทุนดังกล่าวจะเห็นได้ว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ซึ่งเป็นเกษตรกรรายย่อยไม่คุ้มกับการลงทุนเพื่อใช้เฉพาะการเก็บเกี่ยวของตนเอง แม้ผู้รับจ้างหากจ้างขุดอย่างเดียวในอัตรา 230 บาท/ไร่ ก็จะไม่มีการไถจากการลงทุน อีกทั้งการทำงานเพื่อให้สามารถขุดได้อย่างน้อย 452.8 ไร่/ปี ยังมีความเป็นไปได้ยาก

เนื่องจากเป็นข้อจำกัดของระบบการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังของประเทศไทยที่เกษตรกรจะทำการขุดเพียงเท่าที่สามารถทำการเก็บและขนย้ายไปจำหน่ายได้ทันในแต่ละวันเท่านั้น โดยมีปัจจัยเรื่องจำนวนแรงงานและขนาดรถบรรทุกเป็นตัวกำหนด ตลอดจนเป็นตัวจำกัดความสามารถในการทำงานของเครื่องขุดมันสำปะหลัง ไม่สามารถทำงานได้เต็มความสามารถ โดยส่วนใหญ่เกษตรกรจะทำการขุดประมาณ 4-5 ไร่/วัน ในขณะที่เครื่องขุดมันสำปะหลังสามารถทำงานได้มากกว่า 10 ไร่/วัน ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่เครื่องขุดมันสำปะหลังยังไม่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายเท่าที่ควร ตลอดจนทำให้เห็นได้ว่าเป็นปัญหาที่สำคัญในลักษณะปัญหาคอขวดของขั้นตอนภายหลังการขุดหัวมันสำปะหลังขึ้นมาจากดิน จำเป็นต้องได้รับการวิจัยและพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

อย่างไรก็ดีในแง่ของเกษตรกรที่จำทำให้ทำการขุดมันสำปะหลังด้วยเครื่องขุดมันสำปะหลัง หากจ้างในอัตรา 230 บาท/ไร่ จะประหยัดต้นทุนในการเก็บเกี่ยวลงประมาณ 10% จากการว่าจ้างเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคนทั้งหมดในอัตรา 220 บาท/ตัน ที่ผลผลิต 4 ตัน/ไร่ ยังไม่รวมถึงรายรับที่เพิ่มขึ้นจากความสูญเสียที่ลดลงโดยเฉพาะกรณีการเก็บเกี่ยวในสภาพดินแห้งและแข็ง

แนวทางหนึ่งของการเพิ่มชั่วโมงการทำงานของเครื่องขุดมันสำปะหลังและแทรกเตอร์ เพื่อลดค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนคงที่คือ การนำไปใช้ในลักษณะอเนกประสงค์ด้วย เช่นเพื่อการไถกลบตอซังข้าวในการลดการเผาฟางข้าวและตอซังข้าว และสนับสนุนการผลิตข้าวอินทรีย์ แต่พบข้อจำกัดคือมีเวลาจำกัดที่สามารถใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังเพื่อทำการไถพลิกกลบ เนื่องจากดินจะแห้งและแข็งเกินไป โดยเฉพาะในดินนาซึ่งส่วนใหญ่เป็นดินค่อนข้างเหนียวตลอดจน ในบางพื้นที่การไถกลบอาจเป็นช่วงเวลาเดียวกับการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

รูปแบบหลักในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง คือการใช้แรงงานคนในทุกขั้นตอน และการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังขุดลากด้วยรถแทรกเตอร์ในการขุดหัวมันออกจากดิน แล้วใช้แรงงานคนทั้งหมดในขั้นตอนที่เหลือ ขึ้นอยู่กับชนิดดินเครื่องขุดมันสำปะหลังได้รับการยอมรับจากเกษตรกรนำไปใช้งานแพร่หลายและช่วยแก้ปัญหาการเก็บเกี่ยวได้ในระดับหนึ่ง มีการผลิตและใช้งานหลากหลายแบบขึ้นอยู่กับเขตพื้นที่ปลูก ซึ่งยังคงมีการดัดแปลงเพิ่มเติมและพัฒนาแบบใหม่อย่างต่อเนื่อง โดยพบว่าจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาเพื่อลดแรงฉุดลาก ความสะดวกในการทำงาน สาเหตุการสึกหรอของรถแทรกเตอร์ต้นกำลัง ความสูญเสียและความเสียหายของหัวมันสำปะหลัง นอกจากนี้พบปัญหาคอขวดที่สำคัญในระบบเก็บเกี่ยวคือขั้นตอนภายหลังการขุดหัวมันสำปะหลังขึ้นมาจากดินซึ่งต้องใช้แรงงานคนทั้งหมดประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงาน และค่าจ้างแรงงานสูง และจำกัดความสามารถในการทำงานของเครื่องขุดมันสำปะหลัง ควรได้รับการพิจารณาและหาแนวทางแก้ไขเป็นต้น อย่างไรก็ตามผลการวิจัยและพัฒนาได้เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบไถหัวหมูซึ่งมีผลผลิตขุดแบบจานโค้ง สามารถปรับมุมและความยาวปีกไถตามชนิดและความชื้นดินซึ่งแก้ปัญหาข้อจำกัดเรื่องพื้นที่ได้มากขึ้น ปรับเลื่อนตามระยะระหว่างแถวได้สะดวก ต้องการแรงลากจูงต่ำมีความสามารถในการทำงาน 1.4 ไร่/ชม. มีความสูญเสียหัวมันสำปะหลัง 2.3-5.0 % ซึ่งต่ำกว่าเครื่องที่เกษตรกรใช้ แม้ความเสียหายจะสูงประมาณ 40% แต่เป็นความสูญเสียเชิงคุณภาพและแปรผันตามชนิดดิน ความชื้นดิน และพันธุ์มันสำปะหลัง ทั้งอาจทำให้เกิดความสูญเสียได้ควรหาแนวทางแก้ไขต่อไป ตลอดจนการศึกษาและทดสอบการใช้งานในพื้นที่นอกขอบเขตการศึกษา โดยเฉพาะการขุดในสภาพดินที่มีความชื้นค่อนข้างสูง นอกจากนี้พบว่าสามารถใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังเพื่อการไถกลบฟางและตอซังข้าวในแปลงที่ทำการเก็บเกี่ยวข้าวด้วยเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่มีแถบฟางหนาซึ่งเป็นอุปสรรคในการไถเตรียมดินได้ดีกว่าการใช้ด้วยไถพาลเจ็ด โดยเปลี่ยนเฉพาะส่วนของปีกไถและติดตั้งในตำแหน่งที่ถูกต้อง แต่มีข้อจำกัดเรื่องมีหน้ากว้างในการทำงานต่ำกว่าประมาณ 55%

โดยมีความสามารถในการทำงาน 0.81 ไร่/ชม. ประสิทธิภาพการทำงาน 59% และเปอร์เซ็นต์การไถกลบฟางและตอซังข้าว 85% ซึ่งจากความสามารถในการทำงานต่ำอาจส่งผลให้ต้นทุนการไถกลบตอซังขึ้น การใช้ไถตรงไถเดียวกันลดขนาดหน้ากว้างพาล แล้วเพิ่มจำนวนพาลอาจเป็นแนวทางที่จะช่วยลดต้นทุน เป็นที่สนใจของเกษตรกรและสนับสนุนการลดต้นทุนการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง และการผลิตข้าวอินทรีย์

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- ศูนย์ปฏิบัติการเกษตรวิศวกรรมนครสวรรค์ นำไปทดสอบ สาธิตเผยแพร่ และให้เกษตรกรยืมไปใช้งานในเขตพื้นที่ จ.นครสวรรค์ และกำแพงเพชร
- ได้จัดเตรียมแบบการสร้างพร้อมต่อการเผยแพร่ต่อโรงงานผู้ผลิต และอยู่ระหว่างการเตรียมการเผยแพร่ทางสื่อต่างๆ และการสาธิต เพื่อให้มีการนำไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญจากรัฐมนตรี มงคลธนทรศ ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านวิศวกรรมเกษตร กรมวิชาการเกษตร ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม และคณะกรรมการวิจัยของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ที่เห็นชอบและอนุญาตให้ขยายเวลาดำเนินการวิจัย และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างมาก

ขอขอบคุณคุณพิษณุ เศษโยธิน และสถาบันพัฒนามันสำปะหลัง (ห้วยบง) มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งอาจารย์มนตรี ศรีสุระ วิทยาลัยเกษตรกรรมและเทคโนโลยีนครราชสีมา คุณอนุรักษ์ ศรีสุระ นักวิชาการเกษตร สำนักงานเกษตร จ.นครราชสีมา เกษตรกรและอีกหลายท่านที่เกี่ยวข้อง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการจัดหาแปลงสำหรับการทดสอบ

ขอขอบคุณนายสุริยะ เนตรสุชา คุณธวัชชัย เสียดขุนทด คุณสมส่วน ทองดินนอก และนายช่างกลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช ที่ช่วยสร้าง ปรับปรุงแก้ไขเครื่องต้นแบบ และร่วมทดสอบในภาคสนาม

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2547. เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2549. สถานภาพวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลของประเทศไทย. <http://www.cassava.org>
- จากรัฐมนตรี มงคลธนทรศ, สาทิส เวณูจันทร์, คณิศศักดิ์ เจียรนัยกุล และสุทิน จูฑะสุวรรณ. 2535. วิจัยวิเคราะห์การใช้เครื่องขุดมันสำปะหลัง. รายงานผลการค้นคว้าวิจัย 2535. ทะเบียนวิจัยเลขที่ 35 08 006 008 กองเกษตรวิศวกรรม. กรมวิชาการเกษตร.
- จากรัฐมนตรี มงคลธนทรศ, อนุชิต ฉ่ำสิงห์. 2550. เครื่องขุดมันสำปะหลัง. นสพ. กสิกร, ก.ย.-ต.ค. 2550, 80(5) หน้า 89-102.
- ธีรภัทร ศรีนครุต. 2545. วิจัยผลิตเอทานอลเกรดสูงจากมันสำปะหลัง ลดการนำเข้าเคมีภัณฑ์. โครงการวิจัยเอทานอลจากมันสำปะหลัง สถาบันพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. http://www.itdoa.com/news_itda/science/doc_19.htm, 7 สิงหาคม 2545
- ประสาธต แสงพันธุ์ตา. 2548. การออกแบบและพัฒนาเครื่องขุดและรวบรวมหัวมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- พร้อมพันธุ์ เสรีวิชัยสวัสดิ์. 2549. อิทธิพลของระยะเวลาเก็บเกี่ยวหลังการตัดต้นที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพของหัวมันสำปะหลัง. มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย <http://www.tapiocathai.org/reference/03.htm>
- วงศ์สุภัทร คงสวัสดิ์. 2549. บันทึกประเทศไทยปลาย 2547: สถานการณ์พลังงานไทยปี 2548 - 2551. หนังสือพิมพ์โพสทูเดย์. <http://www.posttoday.com/thailand2547/plang.html>
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2550. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2548/49. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สุรพงษ์ เจริญรัต, นันทวรรณ สโรบล, กุลศิริ กลั่นนุรักษ์, อาภาณี โภคประเสริฐ, เสาวรี ตั้งสกุล, จรุงสิทธิ์ ลิ้มศิลา และอุดม เลียบวัน. 2550. กิจกรรมการศึกษาโอกาสและข้อจำกัดของการผลิตพืชไร่เศรษฐกิจสำคัญ งานทดลองประเมินความคุ้มค่าการลงทุน และสภาวะความเสี่ยงของเกษตรกรจากความแปรปรวนด้านการผลิตและราคาของผลผลิตมันสำปะหลังและอ้อย. เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องแนวทางการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง. หน้า:135-139
- Anuchit Chamsing. 2007. Agricultural Mechanization Status and Energy Consumption for Crop Production in Thailand. AIT Diss No. AE-07-01, Asian Institute of Technology, Pathum Thani, Thailand.
- Kepner, R. A., Roy Bainer and E. L. Barger. 1978. Agricultural Machinery (3rd Ed.). The AVI publishing company, Connecticut, USA.
- Thant, Thida Khin. 1997. A study on the effect of storage condition on cassava roots and the effect of intermediate products on the quality of glucose syrup. AIT thesis no. AE-97-11. Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.

ภาคผนวก

ค่ากำหนด และสมการในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อการคำนวณค่าใช้จ่าย และหาค่าจุดคุ้มทุน

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อกำหนดต้นทุนการใช้งานและจุดคุ้มทุนในการลงทุนเครื่องจักรกลเกษตรในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง การคำนวณประยุกต์ใช้วิธีการของ Hunt, 1983 และวินิต, 2530 เพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกใช้ การลงทุนซื้อของเกษตรกร เพื่อการรับจ้าง และการแนะนำส่งเสริมของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการใช้หรือถือครองเครื่องจักรกลเกษตรคำนวณจากผลรวมของต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปรมีสูตรในการคำนวณดังนี้

1. ต้นทุนคงที่ ประกอบด้วยค่าเสื่อมราคา ค่าดอกเบี้ย ค่าโรงเรือน ค่าภาษี และค่าประกัน แต่ในครั้งนี้อเฉพาะค่าเสื่อมราคาและค่าดอกเบี้ยเท่านั้นที่นำมาคำนวณเป็นต้นทุน ส่วนค่าโรงเรือนค่าภาษี และค่าประกันไม่นำมาพิจารณา ทั้งนี้เนื่องจากส่วนใหญ่ไม่มีการสร้างโรงเรือนเพื่อเก็บรักษาเครื่องจักรกลเกษตรเป็นการเฉพาะ หรือหากมีการสร้างแต่เป็นการสร้างแบบง่าย ๆ มีค่าใช้จ่ายไม่มากนัก ตลอดจนไม่พบว่ามีการจ่ายภาษี และทำประกันภัยให้กับเครื่องจักรกลเกษตร ดังนั้นต้นทุนคงที่ของรถแทรกเตอร์และเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบไถหัวหมูคำนวณจากค่ากำหนด (ตารางที่ 1ก) และสมการดังนี้

$$\text{ต้นทุนคงที่} = \text{ค่าเสื่อมราคา} + \text{ดอกเบี้ย} \quad \dots (1)$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคา} = (P - S)/L \quad \dots(1.1)$$

$$\text{ค่าดอกเบี้ย} = (P + S)/2 \times (i / 100) \quad \dots(1.2)$$

โดย P = ราคาซื้อของเครื่องจักร, บาท

S = ราคาซากของเครื่องจักร, บาท

L = อายุการใช้งาน, ปี

i = อัตราดอกเบี้ย, เปอร์เซ็นต์ต่อปี

อย่างไรก็ตามเนื่องจากรถแทรกเตอร์มีการใช้งานหลายกิจกรรมในการผลิตมันสำปะหลัง ในที่นี้ประมาณว่ามีการนำรถแทรกเตอร์มาใช้ในกิจกรรมการเก็บเกี่ยวประมาณ 20% ของการใช้รถแทรกเตอร์ทั้งปี จึงคิดต้นทุนคงที่ของรถแทรกเตอร์ในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเท่ากับ 20% ของต้นทุนของรถแทรกเตอร์ทั้งปี

1.2 ต้นทุนผันแปร เป็นค่าใช้จ่ายที่ขึ้นอยู่กับปฏิบัติงานประกอบด้วย ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าน้ำมันหล่อลื่น ค่าซ่อมบำรุงและดูแลรักษา ค่าแรงงานคนขับ

1.3 ต้นทุนรวมในการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบไถหัวหมู

เป็นผลรวมของต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปรของทั้งรถแทรกเตอร์และเครื่องขุดมันสำปะหลัง โดยคำนวณต้นทุนรวมจากสมการดังนี้

ต้นทุนรวมการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลัง, บาท/ไร่

$$= (F_m \cdot 0.2 + F_i) / A + (V_m + V_i) \quad \dots(2)$$

เมื่อ F_m = ต้นทุนคงที่ของรถแทรกเตอร์ต้นกำลัง (50 แรงม้า), บาท/ปี

F_i = ต้นทุนคงที่ของเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบไถหัวหมู, บาท/ปี

V_m = ต้นทุนผันแปรของรถแทรกเตอร์ต้นกำลัง (50 แรงม้า), บาท/ไร่

V_i = ต้นทุนผันแปรเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบไถหัวหมู, บาท/ไร่

A = พื้นที่การทำงานต่อปี, ไร่/ปี

ค่ากำหนดต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการใช้งานรถแทรกเตอร์ และเครื่องซุดมันสำปะหลังดังแสดงในตารางที่ 1ก

5. วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อการคำนวณค่าใช้จ่าย และหาค่าจุดคุ้มทุน

เพื่อทราบถึงจุดคุ้มทุนในการลงทุนเครื่องจักรกลเกษตร และเป็นข้อมูลในการตัดสินใจว่าควรลงทุนซื้อเลือกใช้ หรือว่าจ้างการซุดมันสำปะหลังด้วยรถแทรกเตอร์ ตลอดจนผู้รับจ้างจะได้ทราบว่าหากลงทุนซื้อเพื่อการรับจ้างจะคุ้มกับการลงทุนหรือไม่ ใช้เวลานานเท่าใด และจะต้องรับจ้างอย่างน้อยจำนวนกี่ไร่/ปี ซึ่งการลงทุนจะคุ้มต่อการลงทุนก็ต่อเมื่อต้นทุนการใช้งานเท่ากับค่าจ้างในระบบการจ้าง

จากความสัมพันธ์ของต้นทุนการใช้งานต่อหน่วยพื้นที่จากสมการที่ (1)-(2) สามารถหาจุดคุ้มทุนของแต่ละระบบการเตรียมดิน และในแต่ละกรณีได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่าจ้างในระบบการจ้าง} &= (F_m \cdot 0.2 + F_i) / A + (V_m + V_i) \\ 230 &= 26,039 / A + 172.49 \\ A &= 452.8 \text{ ไร่/ปี} \end{aligned}$$

นั่นคือการลงทุนซื้อรถแทรกเตอร์ (ใช้งานในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังคิดเป็น 20% ของการใช้งานรถแทรกเตอร์ทั้งปี) และเครื่องซุดมันสำปะหลังแบบไถหัวหมูจะคุ้มทุนที่ 452.8 ไร่/ปี คืออย่างน้อยต้องใช้งานรถแทรกเตอร์และเครื่องซุดมันสำปะหลังแบบไถหัวหมูปีละ 452.8 ไร่ เป็นเวลา 7 ปี จึงจะคุ้มกับการลงทุน นั่นคือหากในแต่ละปีมีการใช้งานมากกว่านี้ถือว่าเป็นกำไร

ตารางที่ 1ก ค่ากำหนดที่ใช้ในการคำนวณค่าใช้จ่ายในการเครื่องซุดมันสำปะหลังแบบไถหัวหมู