

ออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์

Design and Development of Cassava Planter Attached with Tractor

ประสาธต์ แสงพันธุ์ตา	ศุรุวรรณ ภามาตร	อนุชิต ฉ่ำสิงห์
Prasat Sangphanta	Kuruwan PhaMart	Anuchit Chamsing
วุฒิพล จันทร์สระศรี	ศักดิ์ชัย อาษาวัง	ขนิษฐา หว่านณรงค์
Wuttipol Chansacoo	Sakchai ArsaWang	Khanit Whannarong

คำสำคัญ : มันสำปะหลัง, เครื่องปลูกมันสำปะหลัง

Key word : Cassava, Cassava Planter

บทคัดย่อ

เครื่องปลูกมันสำปะหลังถูกออกแบบและพัฒนาขึ้นเพื่อลดเวลา ขั้นตอนการทำงาน ต้นทุน และ แก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการปลูกมันสำปะหลัง เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์มี 2 รุ่น คือแบบ 1 แถว และ 2 แถว มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนโรยปุ๋ยรองพื้น ส่วนยกร่อง ส่วน ป้อนและกำหนดระยะท่อนพันธุ์ และส่วนปักท่อนพันธุ์ มีหลักการทำงานโดยเครื่องจะโรยปุ๋ยรองพื้นแล้วยก ร่องกลบและปักท่อนพันธุ์บนร่องตามระยะระหว่างต้นที่กำหนด ผลการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถ ในการปักท่อนและความเสียหายของตาท่อนพันธุ์ พบว่าล้อปักแบบยางร่องวีสามารถทำงานได้ดีกว่าล้อปัก แบบยางเรียบ ความเร็วรอบล้อปักประมาณ 450 รอบต่อนาที (ล้อปักมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 เซนติเมตร) และแรงกดของล้อปักต่อท่อนพันธุ์ประมาณ 3 กิโลกรัม ซึ่งผลการทดสอบการสมรรถนะการ ทำงานในแปลงของเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบแถวเดี่ยว และแบบ 2 แถว โดยใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 37 และ 50 แรงม้าเป็นต้นกำลังตามลำดับ พบว่า มีความสามารถในการทำงาน 1 และ 2 ไร่ต่อชั่วโมง ที่ระยะ การปลูก 50x120 เซนติเมตร ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ 80 และ 75 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการ สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.05 และ 2.55 ลิตรต่อไร่ ตามลำดับ โดยท่อนพันธุ์ที่ปักได้จากเครื่องต้นแบบทั้งสอง แบบจะเอียงตามแนวการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ประมาณ 60-80 องศา ประสิทธิภาพการปักประมาณ 93- 95 เปอร์เซ็นต์และมีอัตราการงอกประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างจากการใช้แรงงานคน เมื่อวิเคราะห์เชิง เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่า เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบแถวเดี่ยวและแบบ 2 แถว มีจุดคุ้มทุนการทำงานที่ 103 ไร่ต่อปี และ 149.48 ไร่ต่อปี ตามลำดับ ที่อายุการใช้งานเครื่อง 5 ปี โดยเปรียบเทียบกับการใช้ แรงงานคนในการปลูกมันสำปะหลัง

Abstract

The cassava planter was designed and developed to reduce the time, process, costs and the shortage of labor in planting cassava. The Cassava planter has two models with 1 row and 2 row version. The prototype of cassava planter consisted of 4 main parts, the fertilizer unit, the ridger, the stake conveying unit, and the planting unit. The test of the effective factors that affect to the ability planting and the stake damaged showed a v-shape rubber wheel can work better than a flattening rubber wheel. The speed of planting wheel around 450 rpm (diameter of planting wheel was 22 cm) and the force of the wheels planted press to cassava stake was about 3 kg. The performance testing of the cassava planter, single-row and 2 rows using of 37 and 50 hp tractors are respectively. The average field capacity was 1 and 2 rai/ hour (planting space 50x120 cm), the field efficiency was about 80 and 75 percent, and the fuel consumption was about 2.05 and 2.55 liters/rai respectively. The cassava stake angle with ground plane varied from 60-80 degrees by movement tractor. The efficiency planting was about 93-95 percent and the germination rates was about 90 percent, not significantly different from the manual labor. On Engineering Economic Analysis, the cassava Planters single row and a second row had break-even point at a 103 rai/year and 149.48 rai/year respectively at the 5-year lifetime compared to manual labor in planting cassava.

บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยประเทศไทยผลิตมันสำปะหลังได้เป็นอันดับ 3 ของโลก รองจากประเทศไนจีเรีย บราซิล แต่เป็นประเทศผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นอันดับ 1 ของโลก ที่ครองส่วนแบ่งทางการตลาด 70 เปอร์เซ็นต์ มีมูลค่าส่งออกรวมมากกว่า 40,000 ล้านบาทต่อปี และมีพื้นที่ปลูก 8.51 ล้านไร่ เป็นอันดับ 4 รองจากข้าว ข้าวโพด และยางพารา มีผลผลิตรวมทั้งประเทศ 29.62 ล้านตันต่อปี โดยพื้นที่ปลูก 53.07 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 30.20 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคกลาง และ 16.73 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคเหนือ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2551)

มันสำปะหลังนอกจากจะเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในภาคอุตสาหกรรมอาหาร อาหารสัตว์ เป็นวัตถุดิบในการผลิตแอลกอฮอล์เกรดสูงสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางและอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ (ธีรภัทร, 2545) แล้ว ยังเป็นพืชพลังงานที่สำคัญโดยพบว่ามันสำปะหลังจัดเป็นพืชที่เหมาะสมที่สุดในการทำเอทานอล (เจริญศักดิ์, 2544) เพื่อใช้เป็นส่วนผสมน้ำมันเบนซิน 91 ให้เป็นน้ำมันแก๊ส โซฮอล์ที่มีออกเทนเท่ากับน้ำมันเบนซิน 95 เพื่อเป็นการลดการนำเข้าสาร MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether) ที่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งกำลังได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐบาลให้มีการส่งเสริมการผลิตมันสำปะหลังและขยายวงกว้างมากขึ้น (วงศ์สุภัทร, 2549) โดยในปี 2554 คาดว่าจะมีผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 30.2 ล้านตัน และสามารถทำการผลิตเอทานอลได้ประมาณ 1,600 ล้านลิตร (กล้าณรงค์, 2549)

การผลิตมันสำปะหลังของไทยได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่การปรับปรุงพันธุ์ การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตอื่นๆ ตลอดจนเทคโนโลยีการแปรรูปผลผลิตเพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิต และการใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ ในส่วนของการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และลดต้นทุนการผลิต ที่เกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องจักรกลเกษตรมีการศึกษาค่อนข้างน้อย

การผลิตมันสำปะหลังนั้น ขั้นตอนการเตรียมพันธุ์และการปลูกนับว่ามีความสำคัญต่อผลผลิตมันสำปะหลังมากเนื่องมาจากการปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทยนั้นเป็นการปลูกตามฤดูกาล โดยจะปลูกในช่วงต้นฤดูฝน และในช่วงปลายฤดูฝน หากปลูกช้าไม่ทันตามฤดูกาลอาจเกิดความเสียหายต่อท่อนพันธุ์ ท่อนพันธุ์ไม่งอกและตาย ทำให้เกิดความสูญเสียทั้งค่าใช้จ่ายและแรงงาน และขั้นตอนในการปลูกมันสำปะหลังนั้นต้องการความประณีตตั้งแต่การตัดท่อนพันธุ์ การปลูก ซึ่งในการปักท่อนพันธุ์นั้น ต้องปักท่อนพันธุ์ด้านโคนลงบนดิน ต้องใช้ความชำนาญในการสังเกตท่อนพันธุ์ หากปักท่อนพันธุ์ด้านยอดลง ท่อนพันธุ์จะไม่งอก วิธีการปลูกมันสำปะหลังที่เหมาะสมให้ผลผลิตสูงคือการปลูกด้วยวิธีการปักท่อนพันธุ์มันสำปะหลังให้ตั้งตรงหรือเอียงได้ไม่เกิน 45 องศา ให้มีความลึกประมาณ 5-10 เซนติเมตร สำหรับการปลูกต้นฤดูฝน และลึก 10-15 เซนติเมตร สำหรับการปลูกปลายฤดูฝน การปักท่อนพันธุ์ตั้งตรงทำให้รากและหัวออกรอบโคนต้นอย่างสมดุลดีกว่าการปักเอียง (กรมวิชาการเกษตร, 2551) ซึ่งการปลูกมันสำปะหลังนั้นจะมีทั้งแบบยกร่องและแบบไม่ยกร่อง ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ และสภาพดิน หากปลูกแบบยกร่องการปักท่อนพันธุ์ก็จะปักเป็นแนวบนสันร่อง แต่หากปลูกแบบไม่ยกร่อง เกษตรกรจะทำการขึงเชือกเป็นเส้นตรงเป็นแนวอ้างอิงในการปลูกเพื่อให้แถวปลูกตรง

ในการปลูกมันสำปะหลังต้องใช้แรงงานคนเป็นจำนวนมากตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์ที่ต้องใช้แรงงานคนตัดท่อนพันธุ์ โดยการเลือกต้นมันสำปะหลังที่มีอายุตั้งแต่ 8 เดือนขึ้นไป ตัดให้เป็นท่อนๆ ยาวขนาดท่อนละ 25-30 เซนติเมตร หรือมีจำนวนตาประมาณ 10 ตาต่อ 1 ท่อนพันธุ์ สำหรับพันธุ์ที่ได้รับความนิยม ได้แก่ ระยะเวลา 90 เกษตรศาสตร์ 50 ระยะเวลา 5 ระยะเวลา 72 หัวยง 60 ระยะเวลา 9 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น 2-6 เซนติเมตร ซึ่งในขั้นตอนการตัดท่อนพันธุ์ต้องใช้แรงงานคนจำนวนหนึ่งหรือแรงงานจ้างซึ่งเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต ทำงานได้ช้า และเกษตรกรบางส่วนมีการพัฒนาเครื่องมือแบบง่ายๆ หรือประยุกต์ใช้เครื่องจักรเครื่องมือที่มีอยู่มาทำการตัดท่อนพันธุ์ โดยพบว่าส่วนใหญ่ไม่ปลอดภัยในการใช้งาน และท่อนพันธุ์ที่ตัดได้มีการวางไม่เป็นระเบียบทำให้ส่วนปลายยอดกับส่วนโคนสลับทิศทางการงอก มีความยุ่งยากในการคัดแยกให้ท่อนพันธุ์อยู่ในทิศทางการงอกเดียวกันก่อนนำไปปลูกในแปลง หรือไม่มีการคัดแยกก่อนแต่ใช้ประสบการณ์และความชำนาญของแรงงานปลูกพิจารณาเอาส่วนโคนปักลงในดิน ซึ่งวิธีการนี้อาจเกิดความผิดพลาดเอาส่วนปลายปักลงในดินได้โดยเฉพาะแรงงานวัยรุ่น แรงงานที่ขาดประสบการณ์และขาดความรับผิดชอบตลอดจนเสียเวลาในการปลูก และอาจไม่สามารถทำการปลูกได้ทันเวลาที่เหมาะสม นอกจากนี้การปลูกที่ผิดพลาดโดย

การเอาส่วนปลายปักลงในดินนั้นทำให้พันธุ์ท่อนมันสำปะหลังไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดี หรือไม่ออก ซึ่งทำให้เกิดความสูญเสียผลผลิตที่ควรจะได้รับ เสียเวลา โอกาส และสูญเสียรายได้ของครอบครัว โดยเฉพาะหากต้องมีการเตรียมท่อนพันธุ์ในปริมาณมากสำหรับการปลูกในแต่ละครั้ง ซึ่งต้องใช้แรงงานและเวลามาก ดังนั้นหากมีการพัฒนาเครื่องมือสำหรับตัดท่อนพันธุ์ที่มีความเหมาะสมและปลอดภัยกับการใช้งาน จะทำให้สามารถลดการใช้แรงงาน ลดค่าใช้จ่าย ลดความสูญเสียผลผลิตที่ควรจะได้รับ สามารถทำงานได้สะดวกและต่อเนื่องมากขึ้น

ในปัจจุบันการปลูกมันสำปะหลังยังใช้แรงงานคนเป็นหลัก ซึ่งต้องใช้เวลาและแรงงานจำนวนมาก โดยต้นทุนในการเตรียมท่อนพันธุ์และการปลูกมีสัดส่วนร้อยละ 7 ของต้นทุนการผลิตมันสำปะหลังทั้งหมด (สุรพงษ์ และคณะ, 2550) ผลของการขยายตัวของเศรษฐกิจทั้งในภาคของอุตสาหกรรม การท่องเที่ยว การก่อสร้าง และการบริการด้านอื่นๆ ทำให้เกษตรกรที่ปลูกพืชเกือบทุกชนิดประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงาน และนับวันยิ่งทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น และยังไม่มียุคเครื่องปลูกมันสำปะหลังที่มีประสิทธิภาพสำหรับทดแทนการปลูกด้วยแรงงานคน จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นจึงเห็นว่าควรมีการวิจัยและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังให้สามารถทดแทนการปลูกด้วยแรงงานคน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดต้นทุน ช่วยเพิ่มความรวดเร็วในการปลูกให้ทันต่อฤดูกาล ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังขึ้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าว

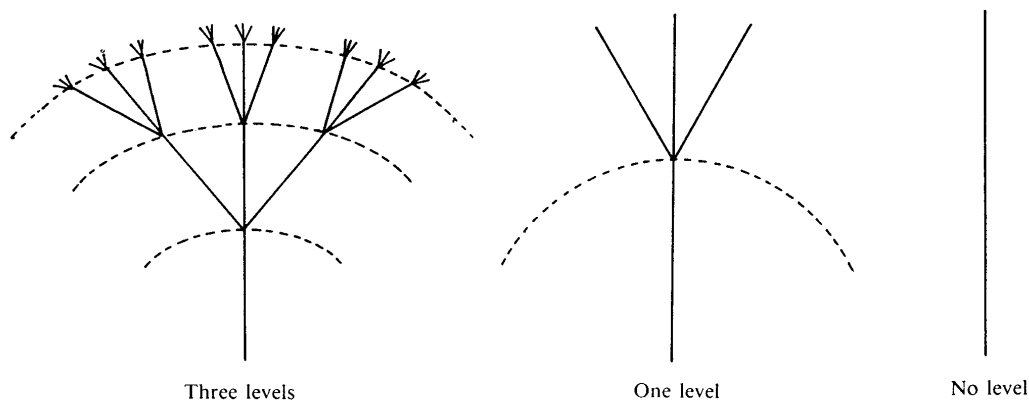
บททวนวรรณกรรม

มันสำปะหลังเป็นพืชหัวชนิดหนึ่งมีชื่อเรียกกันทั่วไปในภาษาอังกฤษว่า แคสซาวา (Cassava) หรือ ทาปิโอก้า (Tapioca) ประเทศแถบแอฟริกา เรียกชื่อ ภาษาฝรั่งเศส ว่า แมนิออค (Manioc) ประเทศไทยมีการปลูกมันสำปะหลังเชิงการค้ามาเป็นเวลานานกว่า 30 ปี มันสำปะหลังได้นำเข้ามาปลูกครั้งแรกที่ภาคใต้เพื่อใช้ทำแป้งและสาคุ ต่อมาได้ขยายพื้นที่ปลูกมายังภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดชลบุรี ระยองและจังหวัดใกล้เคียง เนื่องจากมีสภาพดิน ฟ้า อากาศ และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูก / การแปรรูปมันสำปะหลัง (มัน

สำปะหลังสามารถปลูกได้ทั่วไป ยกเว้นในแถบที่ชุ่ม ฝนตก หรือดินเกลือเค็ม) ดังนั้นจึงมีการขยายพื้นที่ปลูกอย่างรวดเร็วไปสู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งปัจจุบันได้กลายเป็นแหล่งปลูกที่ใหญ่ที่สุดของประเทศไทย

1. ลำต้น

มันสำปะหลังมีลักษณะลำต้นและความสูงแตกต่างกันออกไปตามพันธุ์ ตามสภาพแวดล้อม ลำต้นมีลักษณะเป็นพุ่มสูงประมาณ 1-5 เมตร (พันธุ์ป่าบางพันธุ์มีความสูงมากกว่า 5 เมตรก็มี) มีอายุอยู่ได้นานหลายปี (Shrubby perennial crop) ทุกส่วนของลำต้นมันสำปะหลัง จะมียางสีขาวข้น บางพันธุ์ลำต้นเป็นต้นเดี่ยวไม่มีการแตกกิ่ง (unbranched) แต่บางพันธุ์มีการแตกกิ่ง 2 กิ่ง (dichotomous branching) แตกกิ่ง 3 กิ่ง (trichotomous branching) บางพันธุ์อาจจะแตกกิ่งมาก แต่เท่าที่พบมามากจะแตกกิ่งไม่เกิน 4 กิ่ง พันธุ์ที่มีการแตกกิ่งมาก และแตกกิ่งหลายระดับจะมองเห็นเป็นพุ่มเตี้ย ความสูงของลำต้นจะตรงกันข้ามกับการแตกกิ่ง คือ พันธุ์ที่มีการแตกกิ่งมากจะเตี้ย ส่วนพันธุ์ที่แตกกิ่งน้อยจะสูง จำนวนของการแตกกิ่งจะมีจำนวนแตกต่างกัน การแตกกิ่งครั้งแรกจะเรียกว่า primary branch ส่วนครั้งที่ 2 เรียกว่า secondary branch จำนวนครั้งที่แตกกิ่งอาจมีมากกว่า 7 ครั้งก็มี ความสูงของการแตกกิ่งแตกต่างกันไปตามพันธุ์ บางพันธุ์แตก primary branch ต่ำ ๆ เมื่ออายุน้อย บางพันธุ์อาจแตก primary branch สูงเมื่ออายุมาก ระดับการแตกกิ่งจะมีตั้งแต่ หนึ่งระดับ (one level) ถึงสามระดับ (three levels)



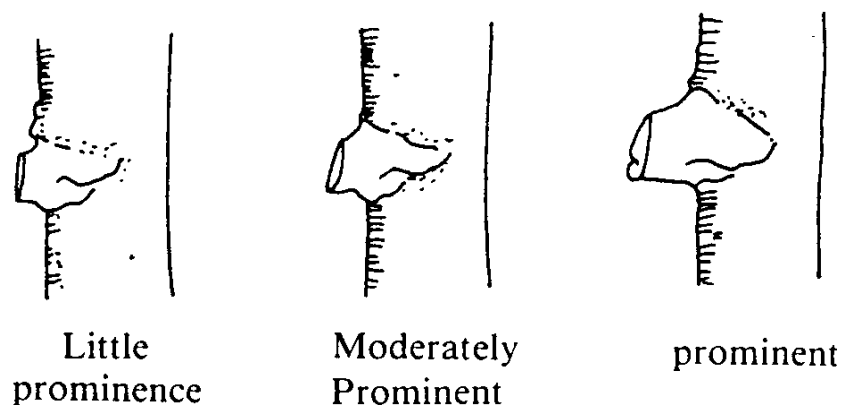
ภาพที่ 3.1 ระดับการแตกกิ่งของต้นมันสำปะหลัง

การแตกกิ่งจะทำมุมกับลำต้นแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับพันธุ์ ซึ่งจะวัดจาก vertical plane กับการแตกกิ่งแรกคือทำมุม 15-30 องศา และ 75-90 องศา

ลำต้นมีสีต่าง ๆ มากมายแล้วแต่พันธุ์ เช่น สีเขียวเงิน สีเทาเงิน สีเหลือง และสีน้ำตาล เป็นต้น แต่ส่วนยอดมักจะเป็นสีเขียว ลำต้นมีเปลือกบางดอกออกง่าย

ลำต้นของมันสำปะหลังจัดเป็นพวกไม้เนื้ออ่อน ลักษณะภายในของลำต้นเหมือนกับพืชใบเลี้ยงคู่ทั่ว ๆ ไป ขณะที่ต้นยังอ่อนอยู่จะถูกหุ้มด้วยชั้นของเซลล์ที่เรียกว่า epidermis ชั้นข้างในประกอบด้วยส่วนที่เรียกว่า cortex ซึ่งภายใน cortex จะประกอบไปด้วยกลุ่มท่อน้ำท่ออาหาร (vascular bundle) เรียงกันอยู่เป็นวง ท่ออาหาร (phloem) และ ท่อน้ำ (xylem) แยกกันโดยส่วนของเนื้อเยื่อ cambium ใ้กลางของลำต้น จะเห็นเป็นเนื้อไม้นุ่ม ๆ อุ่มน้ำ ซึ่งเป็นส่วนของ parenchyma เรียกว่า pith จะมีขนาดใหญ่ในขณะลำต้นยังอ่อน มีผลทำให้เปราะหักง่าย ส่วนต้นที่แก่แล้ว pith จะมีขนาดเล็กกว่า บริเวณผิวของลำต้นจะมีการสะสมชั้นเนื้อเยื่อ (cork layer) และส่วนของท่อน้ำ (xylem) และจะเกิดมากขึ้นทำให้กลายเป็นเนื้อไม้ที่แข็งเมื่ออายุมากขึ้น

ลำต้นจะมีก้านใบติดอยู่ แต่เมื่อมีอายุมากขึ้น ใบก็จะหลุดร่วงหล่นไป โดยใบที่อยู่บริเวณโคนต้นจะร่วงก่อนเมื่ออายุ 4 เดือนขึ้นไป เมื่อใบแก่ร่วง จะทำให้เกิดรอยแผลเป็นของก้านใบที่ติดอยู่กับลำต้น เรียกว่า Leaf scar ซึ่งจะขรุขระมีลักษณะคล้าย ๆ ขี้อยู่รอบลำต้นเป็นรอยนูนเด่นออกมาแล้วแต่พันธุ์ บางพันธุ์ก็มีรอยนูนเด่นออกมามากเรียก prominent บางพันธุ์รอยนูนเด่นปานกลาง (moderately prominent) และบางพันธุ์รอยนูนเด่นออกมาน้อย (little prominence)



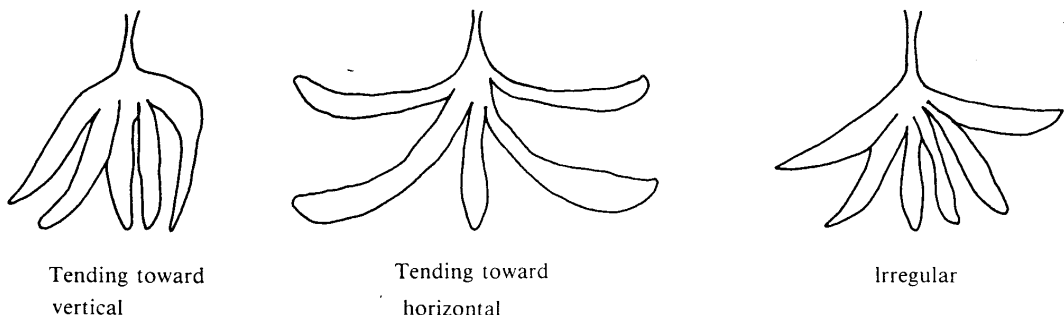
ภาพที่ 3.2 ลักษณะ leaf scar ของลำต้นมันสำปะหลัง

ระยะห่างระหว่าง leaf scar เรียกว่า storey length ระยะ storey length จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์และระยะเวลาที่เจริญเติบโต ในช่วงฤดูฝน storey length จะยาวหรือ leaf scar จะห่างเพราะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ในฤดูแล้ง storey length จะสั้นหรือ leaf scar จะถี่ เนื่องจากมีการเจริญเติบโตน้อยเหนือบริเวณ leaf scar ขึ้นไป จะมีตา (bud) อยู่หนึ่งตา ซึ่งเมื่อตัดต้นที่มีตาไปปลูก จะสามารถงอกออกเป็นต้นใหม่ได้ ขนาดของลำต้นจะแตกต่างกันไปแล้วแต่พันธุ์ สภาพแวดล้อม และอายุของลำต้น ซึ่งเฉลี่ยแล้วจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-6 เซนติเมตร

2. รากและหัว

มันสำปะหลังที่ปลูกด้วยท่อนพันธุ์จะมีระบบราก เป็นแบบ adventitious root system รากจะแตกออกมาจากส่วนปลายของรอยตัด อย่างไรก็ตามรากเกิดจากส่วนต่าง ๆ ของต้นได้ คือ จาก cambium จากตา จาก leaf scar และจากส่วนโคนของ shoot รากมันสำปะหลังมี 2 ชนิดคือ รากจริง (true or wiry roots) และรากสะสม (modified or storage roots) รากทั้ง 2 ชนิดนี้จะเจริญเติบโตลงไปในดิน โดยรากจริงจะเจริญเติบโตไปในทางด้านลึกมากกว่าด้านข้าง ซึ่งมีหน้าที่ดูดน้ำและอาหารเลี้ยงลำต้น และเป็นที่ยึดเหนี่ยวลำต้นไว้ด้วย ส่วนรากสะสมจะเจริญเติบโตไปในทางด้านข้างรอบ ๆ ต้นเป็นส่วนใหญ่ มักเกิดอยู่บริเวณโคนต้นในรัศมีประมาณ 60 เซนติเมตร

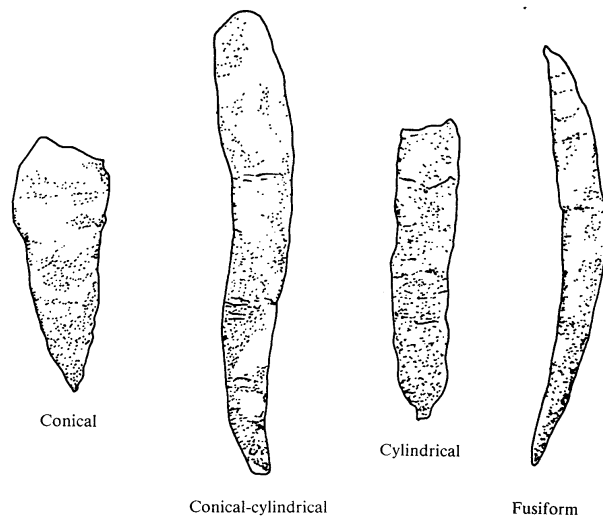
การลงหัวไปในดินมีทั้งตั้งลงไป (tending toward vertical) ไปตามแนวนอน (tending toward horizontal) และแบบไม่เป็นระเบียบ (irregular)



ภาพที่ 3.3 การลงหัวในดินของมันสำปะหลัง

เมื่อมันสำปะหลังหลังอายุได้ประมาณ 2 เดือนหลังจากปลูก จะมีการสะสมอาหารในรูปของแป้งไว้ที่รากสะสมเหล่านี้ ซึ่งเกิดจากการสะสมแป้งใน Parenchyma cell เรียกรากสะสมนี้ว่าหัว และรากที่สะสมแป้งเหล่านี้จะค่อยขยายใหญ่ขึ้นตามอายุ โดยทั่วไปในต้นมันสำปะหลังต้นหนึ่ง ๆ จะมีรากสะสมอาหารหรือที่เรียกว่าหัวนี้อยู่ประมาณ 5-20 หัวต่อต้น และจำนวนหัวจะคงไม่เพิ่มขึ้นอีกตลอดชั่วอายุการเก็บเกี่ยว หัวมันสำปะหลังจะเป็นที่สะสมแป้งเท่านั้น ไม่มีตา และไม่สามารถใช้ขยายพันธุ์ได้

จำนวนหัว รูปร่างของหัว ขนาด สี น้ำหนัก เปอร์เซ็นต์แป้งและปริมาณกรด HCN ในหัวจะแตกต่างกันไปในแต่ละพันธุ์ รูปร่างหรือรูปทรงของหัวมีตั้งแต่ conical, conical – cylindrical, cylindrical, fusiform, irregular และรูปทรงที่รวม ๆ กัน



ภาพที่ 3.4 รูปร่างของหัวมันสำปะหลัง

หัวมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3-15 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับอายุและสภาพแวดล้อม สีเปลือกของหัวมีตั้งแต่สีขาว น้ำตาล และน้ำตาลอ่อน เป็นต้น เช่น พันธุ์พื้นเมือง ระยะเวลา 1 ระยะเวลา 60 จะมีเปลือกสีขาว ส่วนพันธุ์ห่านาที่ พันธุ์ระยะ 3 ระยะเวลา 90 จะมีเปลือกสีน้ำตาล น้ำหนักของหัวอาจมีน้ำหนักมากกว่า 10 กิโลกรัม ก็ได้โดยหัวจะหนักมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพันธุ์ อายุ และสภาพแวดล้อม เปอร์เซ็นต์แป้งจะมีประมาณ 15-40 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณกรด HCN ในเปลือกจะมีประมาณ 150-1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักสด ในเนื้อจะมีประมาณ 5-490 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักสด ปริมาณกรด HCN ในใบและที่เปลือกของหัวของมันสำปะหลังต่างพันธุ์กันมีความแตกต่างกันน้อยมาก แต่ปริมาณกรด HCN ในหัวจะแตกต่างกันมาก

เมื่อผ่าหุ้มมันสำปะหลังตามขวางจะเห็นว่ามียู่ 3 ส่วนของเปลือกชั้นนอก ส่วนของเปลือกชั้นใน และส่วนของเนื้อหัว

1. ส่วนของเปลือกชั้นนอกหรือผิว (periderm) จะเป็นเยื่อบาง ๆ ซึ่งเป็นส่วนของ Cork layer และชั้น epidermis cell ความหนา ลักษณะที่เรียบหรือขรุขระ และสีของเปลือกชั้นนอกจะแตกต่างกันไป เช่นมีสีขาว น้ำตาลอ่อน น้ำตาลแก่ ชมพู และครีม แตกต่างกันไปตามพันธุ์

2. ส่วนของเปลือกชั้นใน (Cortical region) จะอยู่ถัดเข้าไปมีความหนาประมาณ 1-3 มิลลิเมตร มักมีสีขาวหรือสีชมพูแต่อาจมีสีน้ำตาล ม่วง แตกต่างกันไปตามพันธุ์ ส่วนประกอบ ประกอบไปด้วยชั้นของ เซลล์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ sclerenchyma, cortical - parenchyma และ phloem เปลือกชั้นในนี้เรียกว่า Cortex เมื่อรวมกับ periderm เรียกรวมกันว่า เปลือก (peel)

3. ส่วนของเนื้อหัว (Starchy flesh) หรือส่วนแกนกลาง (large central pith) เป็นส่วนที่สะสม แป้งประกอบด้วย เซลล์ชนิดต่าง ๆ คือ cambium, parenchyma และ xylem vessel ภายในเนื้อหัว ประกอบด้วยแป้ง 20-40 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือจะเป็นน้ำ 60-80 เปอร์เซ็นต์ เนื้อหัวจะมีสีต่าง ๆ เช่น ขาว ครีม เหลือง และชมพู เป็นต้น

พันธุ์มันสำปะหลังในประเทศไทย

เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย กรมวิชาการเกษตรและ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จึงได้มีการวิจัยพัฒนามันสำปะหลังสายพันธุ์ใหม่ๆขึ้น เพื่อเพิ่มผลผลิตที่ป้อนสู่ตลาด ทั้งการเพิ่มปริมาณผลผลิตหัวสดและการเพิ่มปริมาณ (เปอร์เซ็นต์) แป้งในหัวมันสำปะหลัง โดยการพัฒนาพันธุ์ ด้วยการใช้วิธีธรรมชาติ และไม่มีการใช้เทคนิคการตัดต่อพันธุกรรมปัจจุบันประเทศไทยมีพันธุ์ที่พัฒนาและ ได้รับการรับรอง/แนะนำพันธุ์แล้วจำนวน 13 พันธุ์ด้วยกัน คือ ระยะเวลา 1 ระยะเวลา 2 ระยะเวลา 3 ระยะเวลา 5 ระยะเวลา 60 ระยะเวลา 90 เกษตรศาสตร์ 50 ศรีราชา 1 ห้านาที ระยะเวลา 72 หัวบง 60 ระยะเวลา 9 และระยะเวลา 7

พันธุ์มันสำปะหลังที่เกษตรกรนิยมปลูกเป็นการค้ามีอยู่ด้วยกัน 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์ระยะเวลา 5 พันธุ์ระยะเวลา 90 และพันธุ์ระยะเวลา 60 โดยพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เป็นพันธุ์มัน สำปะหลังที่เกษตรกรนิยมปลูกมากที่สุด

มันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ตลอดปี โดยมากกว่าร้อยละ 65 ของพื้นที่ปลูกทั้งหมด เกษตรกรจะทำการปลูกในช่วงต้นฤดูฝน คือประมาณเดือนมีนาคม ถึง พฤษภาคม อีกร้อยละ 20 ปลูกในช่วง ฤดูแล้ง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึง กุมภาพันธ์ ส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 13 จะปลูกในช่วงเดือนมิถุนายน

ถึง ตุลาคม สำหรับการปลูกในช่วงต้นฤดูฝนนี้ ผลผลิตหัวสดที่ได้จะสูงกว่าการปลูกในช่วงอื่น ๆ แต่ในดินที่มีลักษณะเนื้อดินค่อนข้างหยาบ การปลูกในช่วงฤดูแล้งจะให้ผลผลิตสูงที่สุด ดังนั้นในการตัดสินใจเลือกช่วงการปลูกมันสำปะหลังที่เหมาะสม จึงต้องพิจารณาทั้งปริมาณน้ำฝน และลักษณะของดิน ช่วงเวลาการปลูกที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในภาคต่างๆ ของประเทศไทย แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ช่วงเวลาการปลูกที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในภาคต่างๆ ของประเทศไทย

ภาค	ช่วงที่เหมาะสม
ภาคเหนือตอนบน	ปลายมิถุนายน
ภาคเหนือตอนล่าง	ต้น - กลางกรกฎาคม
ภาคกลาง	ต้น - กลางกรกฎาคม
ภาคตะวันตก	กลาง - ปลายกรกฎาคม
ภาคตะวันออก	ต้น - กลางกรกฎาคม
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน	กลาง- ปลายมิถุนายน
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง	ต้น - กลางกรกฎาคม

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาและพัฒนาการปลูกมันสำปะหลัง จากการตรวจสอบเอกสารพบว่า มีการวิจัยและพัฒนาในส่วนของเครื่องปลูก ดังนี้

สมชาย (2541) ได้ศึกษาอิทธิพลของความเร็วในการปลูกที่มีต่อลักษณะการปักท่อนพันธุ์มันสำปะหลังบนรางดิน โดยแนวทางการศึกษาประกอบด้วย การศึกษาลักษณะทางกายภาพของท่อนมันสำปะหลัง ศึกษาชนิดของดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลัง และศึกษาอิทธิพลของความเร็วในการปลูกที่มีต่อลักษณะการปักของท่อนมันสำปะหลังบนรางดิน ซึ่งสรุปได้ดังนี้ 1) การศึกษาลักษณะทางกายภาพของท่อนมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ คือพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ระยะเวลา 5 และระยะเวลา 90 ที่มีความยาวท่อนพันธุ์ 20 เซนติเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ย 96.2 45.6 และ 52.8 กรัมต่อท่อน ตามลำดับ ความกว้างส่วนที่กว้างมากที่สุดของท่อนพันธุ์โดยเฉลี่ย 37.8 34.9 และ 39.7 มิลลิเมตรต่อท่อน ตามลำดับ 2) การศึกษาชนิดของดินที่ใช้ในการปลูกมันสำปะหลัง พบว่าส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย มีความถ่วงจำเพาะดินอยู่ระหว่าง 2.57-2.62 3) การศึกษาอิทธิพลของความเร็วในการปลูก ที่มีต่อลักษณะการปักของท่อนพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 บนรางดิน โดยทำการทดสอบ ปัจจัยความเร็ว 3 ระดับ ที่ความเร็ว 0.24 0.33 และ 0.57 เมตรต่อวินาที พบว่า ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่ปลูก ด้วยวิธีการให้ท่อนพันธุ์ตกลงทำอุกรณ์เปิดร่องในแนวตั้งสามารถใช้ปลูกมันสำปะหลังได้ และการเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ของชุดอุปกรณ์ทุกๆ 0.1 เมตรต่อวินาที จะทำให้มุมการปักของท่อนพันธุ์เอียงไปตาม ทิศทางการเคลื่อนที่ของชุดอุปกรณ์การปลูกเป็นมุม 5.1 องศา และยังทำให้ความลึกมุมการปลูกลดลง 0.58 เซนติเมตร ถ้าประมาณมุมการปักที่เพิ่มขึ้นและความลึกที่ลดลงเป็นเส้นตรง เพื่อให้ลักษณะการปลูกท่อนพันธุ์ มันสำปะหลังที่เหมาะสม ควรใช้ความเร็วในการปลูกไม่เกิน 0.73 เมตรต่อวินาที

อภิชาติ และคณะ (2549) ได้ออกแบบและพัฒนาระบบปลูกมันสำปะหลังแบบเจาะหลุมแล้วหย่อน ท่อนพันธุ์ โดยออกแบบให้มีกลไกการเจาะรูให้พื้นดินเกิดหลุมตามขนาดที่ต้องการและหลุมที่ได้ต้องตรง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลุมเจาะ 5 เซนติเมตร และ ความลึกของหลุมเจาะ 10 เซนติเมตรโดยใช้ท่อน พันธุ์มันสำปะหลังที่ใช้ต้องมีการคัดขนาด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5-3 ซม. ยาว 25-30 ซม. เลือกใช้ท่อน พันธุ์มันสำปะหลังที่มีลักษณะค่อนข้างตรง

ภากรณ์ และคณะ (2549) ได้ออกแบบและพัฒนาระบบปลูกมันสำปะหลังแบบตอกกระทุ้งแถวเดียว ระบบนี้จะแตกต่างกับแบบเจาะหลุมเนื่องจากท่อนพันธุ์จะถูกปักลงบนสันร่องด้วยความเร็วของหัวตอก ดังนั้น ความเร็วในการตอกท่อนพันธุ์จะสัมพันธ์กับความลึกในการปลูกของเกษตรกรและความแข็งของดิน ท่อนพันธุ์ที่ใช้ ในการทดสอบต้องมีการคัดขนาดเช่นเดียวกับระบบเจาะหลุม หัวตอกกระทุ้งให้หัวตอกกระทุ้งรับแรงจากล้อ จิก ทำให้หมุนเป็นวงกลมด้วยรัศมี 15 เซนติเมตร เมื่อท่อนมันสำปะหลังตกมาตามท่อ จะตกลงมาเจอตัวดัก

ท่อน้ำมันสำหรับหัวดอกกระทู้ก็จะดอกหัวท่อน้ำมันสำหรับให้ลงดิน ความเร็วหัวดอกสัมพันธ์กับความเร็วในการตกของท่อนพันธุ์น้ำมันสำหรับ

พิจารณาและคณะ ได้วิจัยและพัฒนาเครื่องปลูกน้ำมันสำหรับแบบกึ่งอัตโนมัติ ที่อยู่ระหว่างการดำเนินการ โดยมีแนวทางการออกแบบเครื่องปลูกให้สามารถปลูกได้บนสันร่อง พร้อมทั้งมีระบบตัดท่อนพันธุ์และอุปกรณ์ใส่ปุ๋ยสำหรับติดตั้งกับอุปกรณ์ยกทรงของเกษตรกร ให้สามารถใช้ได้กับการปลูกท่อนพันธุ์น้ำมันสำหรับที่มีการปลูกมากได้หลายพันธุ์ (อย่างน้อย 2 พันธุ์) และเลือกใช้ท่อนพันธุ์น้ำมันสำหรับที่มีลักษณะค่อนข้างตรง

สัญลักษณ์ และคณะ (2552) ได้ศึกษาแนวทางการออกแบบกลไกปลูกน้ำมันสำหรับที่เหมาะสมต่อสภาพการเพาะปลูกของประเทศไทย โดยการออกแบบกลไกการปลูกท่อนพันธุ์น้ำมันสำหรับมี 2 แบบคือ 1) แบบดอกกระทู้ 2) แบบเจาะหลุม ระบบกลไกการปลูกได้ออกแบบและสร้างจำนวน 1 แถว การทดสอบและพัฒนาโดยมีความสัมพันธ์กับวิธีการปลูกของเกษตรกร การทดสอบเบื้องต้นสำหรับกลไกการปลูกแบบดอกกระทู้ ปลูกได้ระยะห่างระหว่างท่อนพันธุ์ 112-113 เซนติเมตร ความลึกในการปลูก 8-10 เซนติเมตร ที่ความเร็วในการทำงาน 0.8-1.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และในระบบการปลูกแบบเจาะหลุมแล้วหย่อนท่อนพันธุ์น้ำมันสำหรับลงหลุมเจาะ ปลูกได้ระยะห่างระหว่างท่อนพันธุ์ประมาณ 95 เซนติเมตร ความลึกในการปลูกประมาณ 4.5 เซนติเมตร ที่ความเร็วในการทำงาน 0.7-0.75 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากผลการทดสอบเครื่องต้นแบบทั้งสองแบบได้แนวทางการออกแบบพัฒนาระบบการปลูกท่อนพันธุ์น้ำมันสำหรับคือ ต้องปลูกบนสันร่อง ปลูกแบบปักเท่านั้น ท่อนพันธุ์ต้องปักในแนวตั้งตรงหรือมีความเอียงเล็กน้อย มีระยะการปลูกประมาณ 90 เซนติเมตร และควรมีกลไกปรับระยะปลูกได้ ความลึกในการปลูกต้องปรับได้ถึง 10 เซนติเมตร ขนาดท่อนพันธุ์ควรมีผลต่อการปลูกน้อย ความเร็วในการทำงานควรสูงกว่านี้ ตัวเครื่องปลูกควรต่อประกอบกับอุปกรณ์ยกทรงของเกษตรกร

รุ่งเรือง และคณะ (2553) ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกน้ำมันสำหรับ ซึ่งเครื่องต้นแบบประกอบด้วย โครงสร้างส่วนบน ชุดตัดท่อนพันธุ์ ชุดปลูก ชุดโรยปุ๋ย ชุดยกทรง และระบบส่งกำลัง โดยทุกส่วนประกอบจะถูกติดตั้งบนโครงสร้างส่วนล่าง ใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 60-70 แรงม้าเป็นต้นกำลัง จากผลการทดสอบในแปลงทดสอบพบว่า ที่ความเร็วของรถแทรกเตอร์ 1.5 1.7 และ 2.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เครื่องปลูกน้ำมันสำหรับมีความสามารถในการทำงานระหว่าง 0.55-0.74 ไร่ต่อชั่วโมง และประสิทธิภาพการทำงานระหว่าง 70-86 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 6-11.6 ลิตรต่อไร่ เปอร์เซ็นต์ของการปลูกตั้ง 17.3-38.2 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ของการปลูกแบบฝังดิน 34.6-39.8 เปอร์เซ็นต์ และท่อนพันธุ์ที่หายระหว่าง

แถวปลุก 7.6-10.8 เพอร์เซ็นต์ ท่อนพันธุ์ได้รับความเสียหาย 8.5-15 เพอร์เซ็นต์ ซึ่งจากผลการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าคุณภาพการปลุกมันสำปะหลังของเครื่องต้นแบบยังมีค่าค่อนข้างต่ำ จึงควรมีการพัฒนาเครื่องต้นแบบให้สามารถใช้งานได้ต่อไป

วิชา และคณะ (2556) ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องปลุกมันสำปะหลังแบบนิวเมติกขึ้น เครื่องต้นแบบนี้สามารถเตรียมดินยกร่องปลุก ตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง และจับปักบนสันร่องให้เสร็จในขั้นตอนเดียว ใช้รถแทรกเตอร์ขนาดตั้งแต่ 60 แรงม้าขึ้นไปเป็นต้นกำลัง หลักการทำงานเริ่มโดย เครื่องปลุกจะทำการยกร่อง มีระยะห่างระหว่างร่องปลุกประมาณ 1.20 เมตร ใช้คนทำงานประมาณ 2 คน โดยคนหนึ่งจะเป็นคนขับแทรกเตอร์ และอีกคนจะทำหน้าที่ป้อนต้นมันสำปะหลัง เครื่องปลุกมันสำปะหลังนี้จะใช้กระบอกลมจำนวน 2 กระบอก เพื่อทำหน้าที่ขับเคลื่อนกลไกการตัดต้นมันสำปะหลัง และกระบอกลมอีก 2 กระบอก เพื่อทำหน้าที่ขับเคลื่อนกลไกการปักท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง และมีจานกลบดินโคนท่อนพันธุ์ 1 คู่ เพื่อให้ดินสามารถสัมผัสกับท่อนพันธุ์ที่ปักลงมากมากขึ้น คนจะป้อนต้นมันสำปะหลังลงสู่ลูกถ้วยอย่างเพื่อตั้งต้นมันลงไปอย่างอัตโนมัติ เพื่อให้ใบมีดตัดต้นมันสำปะหลังครั้งละท่อนแต่ละครั้งที่ใบมีดตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังได้ ชุดใบมีดก็จะหนีบและปักท่อนพันธุ์ลงไป在地แล้วชุดใบมีดก็ขึ้นไปตัดท่อนพันธุ์ใหม่ เห็นการเริ่มการทำงานรอบต่อไป แต่ละรอบการทำงานใช้เวลารอบละประมาณ 2 วินาที การทำงานจะเป็นแบบอัตโนมัติทั้งหมด ซึ่งจากผลการทดสอบการทำงาน พบว่าเครื่องปลุกมันสำปะหลังแบบนิวเมติกนี้สามารถปักท่อนพันธุ์มันสำปะหลังตั้งได้ประมาณ 70 เพอร์เซ็นต์ ความลึกในการปักลงไป在地เฉลี่ย 15 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างท่อนพันธุ์เฉลี่ย 54 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างร่องปลุกเฉลี่ย 120 เซนติเมตร ความสูงของร่องที่ยกเฉลี่ย 40 เซนติเมตร มีความสามารถในการทำงานประมาณ 0.50 ไร่ต่อชั่วโมง

เครื่องปลุกมันสำปะหลังที่ภาคเอกชนในประเทศได้พัฒนาขึ้น มีลักษณะดังภาพที่ 3.5 และภาพที่



ภาพที่ 3.5 เครื่องปลูกมันสำปะหลังของภาคเอกชน จ.นครสวรรค์

เครื่องปลูกมันระบบ ยกร่อง ตัดท่อนพันธุ์ ใส่ปุ๋ยรองพื้น ปักท่อนพันธุ์ ใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 47 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ระยะระหว่างต้นปรับได้ ท่อนพันธุ์คงที่ที่ 25 เซนติเมตร ระยะระหว่างแถวแล้วแต่การปรับ ผลและคนขับ ความสามารถในการทำงาน 6-8 ไร่ต่อวัน ที่ระยะปลูก 1.0x0.8 ม. พันธุ์ระยะยง 5 และระยะยง 9 ใช้คนงาน 3 คน คือ 1) คนขับ 2) คนยัดต้น 3) คนเดินตรวจปักซ่อมท่อนพันธุ์ที่หายและปักหัวงาน



ภาพที่ 3.6 เครื่องปลูกมันสำปะหลังของภาคเอกชน จ.ชัยภูมิ

เครื่องปลูกมันสำปะหลังนี้มีความสามารถในการทำงาน 12-15 ไร่ต่อวัน โดยใช้แรงงานเพียง 2 คน (คนขับและคนปลูก) และมีต้นทุนการผลิตต่อไร่เพียง 400 บาท สามารถลดต้นทุนการปลูกลงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคน ซึ่งใช้มีค่าจ้างแรงงานอยู่ที่ 800 บาทต่อไร่ นอกจากนี้เครื่องปลูกมันสำปะหลังยังทำงานได้แม่นยำและมีประสิทธิภาพ เพราะสามารถควบคุมระดับความลึกของท่อนพันธุ์ที่เสียบลงไปแต่ละท่อนให้มี

ค่าใกล้เคียงกันประมาณ 7-10 เซนติเมตร ปรับระยะความถี่ห่างระหว่างต้นมันสำปะหลังได้ตั้งแต่ระยะ 50-100 เซนติเมตร รวมทั้งปรับระยะการปลูกได้ตั้งแต่ระยะ 80-120 เซนติเมตร นอกจากนี้มีการออกแบบระบบชุดลำเลียงที่ดี ไม่ทำให้ท่อนพันธุ์ชำตันแตกหรือตาเสียหาย เครื่องปลูกมันสำปะหลังชุมชนนี้ประกอบด้วย ชุดจานผาลหมุนยึดติดด้านล่างโครงผาลแต่ละชุด ขณะทำการลากเพื่อปลูกมันสำปะหลัง เมื่อผาลถูกลากทำให้หมุนเคลื่อนไปข้างหน้า จะทำหน้าที่สับก้อนดิน วัชพืช พลิกดินขึ้นพร้อมกลบปุ๋ยเคมี และยกร่องเป็นสันคูสำหรับต้นมันสำปะหลังที่ตัดเป็นท่อนแล้ว ขณะเดียวกันชุดล้อขับ ซึ่งยึดติดส่วนด้านล่างชุดโครงผาลซักร่องอีกด้านหนึ่งหมุน ทำให้เฟืองที่ยึดติดปลายเพลาล้อหมุนตามส่งกำลังผ่านโซ่ขึ้นไปชุดเฟืองรับกำลังหน้าที่ติดตั้งอยู่ด้านบนชุดโครงผาลซักร่อง ชุดเฟืองหน้าหมุนถ่ายกำลังไปที่เฟืองที่ยึดติดแกนเพลาส่งกำลังชุดที่ 1 ซึ่งมีเฟือง 3 ตัว เฟืองตัวที่ 1 รับกำลังจากเฟืองหน้า เฟืองตัวที่ 2 ถ่ายกำลังไปที่เพลากลียวโรยปุ๋ย เฟืองตัวที่ 3 ส่งกำลังไปที่เฟืองรับกำลังชุดที่ 2 มีเฟือง 3 ตัว ทำหน้าที่รับและส่งกำลังไปที่เฟืองชุดกลองบ่อนต้นมันสำปะหลัง และส่งกำลังไปที่ชุดเฟืองส่งกำลังอีกชุดหนึ่งที่ยึดติดด้านล่างชุดกลองบ่อนต้นมันสำปะหลังพร้อมถ่ายกำลังไปที่ชุดเฟืองเสียบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังโดยเฟืองแต่ละตัวจะมีโซ่เชื่อมโยงหากัน ขณะที่ลากเพื่อทำการปลูกมันสำปะหลังเครื่องจะทำงานไปพร้อมๆ กัน 4 ขั้นตอนในเวลาเดียวกัน

จากการตรวจสอบเอกสารเครื่องปลูกมันสำปะหลังในต่างประเทศ พบว่า มีการศึกษาเครื่องปลูกมันสำปะหลังในประเทศโคลัมเบีย Bernardo et al. (2002) โดยทดสอบเครื่องปลูก 2 แบบ คือ

1. เครื่องปลูกมันสำปะหลัง แบบ 2 แถว มีลักษณะดังภาพที่ 3.7 ที่สามารถปรับระยะห่างระหว่างแถวได้ 85-95 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างต้น 40-100 เซนติเมตร ใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาด 60 - 70 แรงม้า ควบคุมการยกด้วยระบบไฮดรอลิกส์ มีระบบการตัดท่อนพันธุ์แบบอัตโนมัติ ติดตั้งถังบรรจุปุ๋ยเคมี จำนวน 150 กิโลกรัม สามารถทำงานได้วันละ 31-43 ไร่ ใช้แรงงาน 2 คน และคนขับรถแทรกเตอร์ 1 คน



ภาพที่ 3.7 เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบ 2 แถว

2. เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบ 3 แถว มีลักษณะดังรูปที่ 3.8 ที่มีระยะห่างระหว่างแถว 1 เมตร ระยะห่างและระหว่างต้น 90 เซนติเมตร ใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาด 60 - 70 แรงม้า ควบคุมการยกด้วยระบบไฮดรอลิกส์ มีระบบการตัดท่อนพันธุ์แบบอัตโนมัติ โดยใช้ระบบตัดด้วยแรงกดของใบเลื่อย บรรจุปุ๋ยเคมีได้จำนวน 150 กิโลกรัม สามารถทำงานได้วันละ 49 - 63 ไร่ ใช้แรงงาน 3 คน และคนขับรถแทรกเตอร์ 1 คน



ภาพที่ 3.8 เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบ 3 แถว

เครื่องมือทั้งสองแบบไม่สามารถปลูกให้ท่อนพันธุ์ตั้งตรงได้ จะวางท่อนพันธุ์นอนบนดิน ซึ่งไม่ตรงตามวิธีการปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย

ซึ่งจากการตรวจเอกสาร พบว่า เครื่องปลูกกล้าไม้ ดังรูปที่ 3.9 ที่มีใช้ในต่างประเทศ มีความเป็นไปได้ที่จะนำมาดัดแปลงเป็นเครื่องปลูกมันสำปะหลัง โดยเครื่องดังกล่าวมีลักษณะมีหัวรูปตัววีสำหรับเปิดร่อง และใช้คนช่วยวางต้นกล้า และใช้ล้อยางเอียงทำมุมให้พลิกดินมากลบกล้าไม้



ภาพที่ 3.9 เครื่องปลูกกล้าไม้

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องปลูกมันสำปะหลังที่พัฒนาจากเครื่องปลูกแบบแถวเดี่ยว กิ่งอัตโนมัติ ของ Ellis โดยใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 70 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ที่ความเร็ว 4.39 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีความสามารถการทำงานเชิงพื้นที่ 0.39 เฮกแตร์ต่อชั่วโมง และประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ 60 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำงานต่อเนื่องโดยใช้ผู้ปฏิบัติงาน 4 คน (M.A. Ladeinde et al, 1995)

การศึกษากลไกการวัดและการปลูกสำหรับเครื่องปลูกมันสำปะหลัง พบว่า ในการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนพันธุ์มีค่าระหว่าง 2.2-3.2 เซนติเมตร ความเสียหายเนื่องจากท่อนมันสำปะหลังไม่ถูกปลูกในแปลงที่น้อยที่สุด เมื่อเปิดช่องปล่อยท่อนพันธุ์ ที่ ระยะ 3.8 เซนติเมตร และมุมของลูกกลิ้งที่ใช้ในการหยิบท่อนพันธุ์อยู่ที่ 13 องศา (Kiyoshi et al, 1990)

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. ตรวจสอบเอกสารและศึกษาข้อมูล การปลูก เครื่องปลูก และเครื่องปลูกมันสำปะหลังที่มีการพัฒนาหรือใช้งานอยู่ในปัจจุบัน
2. ออกแบบและสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพวงท้ายรถแทรกเตอร์
3. ทดสอบการทำงานในแปลงปลูก เพื่อหาข้อบกพร่องและแนวทางแก้ไข
4. เวียนปรับปรุงแก้ไขต้นแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลังจนได้ต้นแบบที่ต้องการ และพร้อมสำหรับการปฏิบัติงานจริงอย่างน้อยใน 1 สภาพดิน
5. ทดสอบปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการทำงานและประเมินผลต้นแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง โดยมีค่าชี้ผลหลัก เพื่อประเมินสมรรถนะในการทำงานดังนี้
 - ความสามารถในการทำงาน (ไร่/ชั่วโมง)
 - ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงพื้นที่ (%)
 - อัตราการงอก และอัตราการเจริญเติบโต (%)
 - อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่)

6. วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล เขียนรายงาน

เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพวงท้ายรถแทรกเตอร์ได้ดำเนินการในช่วง ตุลาคม 2553 – กันยายน 2556 โดยสร้างต้นแบบ ณ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ และทำการทดสอบในแปลงทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ จ.นครสวรรค์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาญจนบุรี และแปลงเกษตรกร จ.นครสวรรค์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิจัยและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังพวงท้ายรถแทรกเตอร์นั้น เครื่องปลูกมันสำปะหลังทำงานโดยติดพวงท้ายกับรถแทรกเตอร์ และใช้ท่อนพันธุ์ที่ตัดแล้วมีขนาด 25-30 เซนติเมตร ปลูกด้วยวิธีการปัก โดยมุมการปักท่อนพันธุ์จะอยู่ในช่วง 45-90 องศา ในเบื้องต้นจะทดสอบการใช้งานกับดินทราย หรือดินร่วนปนทราย ที่มีการเตรียมดินที่ดี และเป็นการปลูกแบบยกร่องปลูก ให้สามารถทำงานได้อย่างประสิทธิภาพ

1. ผลการศึกษาข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบ

ดำเนินการทดสอบการทำงานเครื่องปลูกมันสำปะหลังเบื้องต้น ในแปลงของเกษตรกรในจังหวัดจังหวัดขอนแก่น โดยแยกเป็นการทดสอบเฉพาะชุดผลายกรอง เพื่อศึกษาหาความเร็วรถแทรกเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกมันสำปะหลัง ความเร็วรอบเครื่องรถแทรกเตอร์ 1400 รอบต่อนาที ดังแสดงในภาพที่ 3.10 และได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 3.2 ดังนี้

ตารางที่ 3.2 ผลการทดสอบชุดผลายกรอง

เกียร์รถ แทรกเตอร์	ระยะทาง (m)	เวลา (s)	ความเร็ว (m/s)	ระยะระหว่าง ร่อง(cm)	ความสูงร่อง (cm)	การบังคับ รถ
L1	20	59	0.34	100	25	ดี

L2	20	45.2	0.44	100	30	ดี
L3	20	29.68	0.67	100	30	ดี
L4	20	21.56	0.93	100	30	ดี
H1	20	17.42	1.15	100	30	ดี
H2	20	13.69	1.46	100	30	พอใช้
H3	20	8.88	2.25	100	30	แย่



ภาพที่ 3.10 ทดสอบชุดพลาถกร่อง

จากผลการทดสอบพบว่า ความเร็วรถแทรกเตอร์ที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 0.44 – 1.15 เมตรต่อวินาที ซึ่งได้ความสูงร่องตามที่ต้องการ และสามารถเลี้ยวบังคับรถได้ดี

2.ผลการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

ดำเนินการออกแบบ โดยเบื้องต้นจะแบ่งการทำงานของเครื่องออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ชุดยกร่อง ชุดปักท่อนพันธุ์ ชุดป้อนท่อนพันธุ์ และชุดโรยปุ๋ย ซึ่งข้อมูลในการออกแบบเบื้องต้นได้มาจากการศึกษาและตรวจเอกสารเครื่องปลูกมันสำปะหลังที่ผ่านมาแล้ว โดยการออกแบบจะเน้นที่สามารถปรับเปลี่ยนชิ้นส่วนต่างๆ ตามปัจจัยที่จะทำการศึกษาต่อไป

กำหนดเกณฑ์การออกแบบดังนี้

- ใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 50-70 แรงม้าเป็นต้นกำลัง เนื่องจากเครื่องปลูกต้องยกพร้อมปลูก ซึ่งต้องการกำลังค่อนข้างมาก การใช้ต้นกำลังเป็นรถแทรกเตอร์ขนาดกลางจึงเหมาะสม และเกษตรกรมีใช้กันแพร่หลายในงานไร่

- การยกเครื่องปลูกต้องสามารถปรับระยะระหว่างแถวได้ 70-120 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างต้น 50-100 เซนติเมตร เนื่องจากการสำรวจการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรอยู่ในช่วงดังกล่าว

- เบื้องต้นกำหนดความยาวท่อนพันธุ์ที่ใช้ประมาณ 25 เซนติเมตร

- การปักท่อนพันธุ์ของเครื่อง ต้องสามารถปักท่อนพันธุ์ได้ลึกประมาณ 10 เซนติเมตร หรือ ประมาณ 3 ตา โดยมุมเอียงจากแนวตั้งไม่เกิน 45 องศา ซึ่งจากการตรวจสอบเอกสารพบว่า การปักที่มุม 90-45 องศาให้ผลผลิตไม่ต่างกันทางสถิติ

การออกแบบของส่วนประกอบสำคัญเป็นดังนี้

1. ชุดยกเครื่อง ใช้การยกเครื่องโดยผลจางานซึ่งจากการทดสอบพบว่า ผลจางานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 นิ้ว สามารถทำการยกเครื่องได้ดีตามต้องการที่ความเร็วรถแทรกเตอร์ 0.44 เมตรต่อวินาที เป็นต้นไป

2. ชุดปักท่อนพันธุ์ ใช้กลไกการปักท่อนพันธุ์แบบล้อปัก เนื่องจากเป็นกลไกที่ไม่ซับซ้อน สามารถปักท่อนพันธุ์ได้ดี โดยใช้ต้นกำลังจากเพลลาอำนาจกำลังจากรถแทรกเตอร์

3. ชุดป้อนท่อนพันธุ์ ทำหน้าที่ในการกำหนดระยะห่างระหว่างท่อนพันธุ์ ใช้การถ่ายทอดกำลังจากล้อกราวด์วีล (ground wheel) ซึ่งจะช่วยให้ได้ระยะห่างสม่ำเสมอ และหยุดทำงานอัตโนมัติเมื่อยกเครื่องขึ้น

4. ชุดโรยปุ๋ยรองพื้น กำหนดให้ถังปุ๋ยมีขนาด 50 กิโลกรัม ใช้ลูกหยอดแบบเกลียว สามารถปรับอัตราการใส่ปุ๋ยได้ โดยใช้ต้นกำลังจากล้อกราวด์วีล เช่นเดียวกับชุดป้อนท่อนพันธุ์

3. ผลการทดสอบการทำงานเบื้องต้นและแก้ไขเครื่องต้นแบบ

ดำเนินการสร้างชุดยกเครื่อง ชุดป้อนท่อนพันธุ์ และชุดปักท่อน โดยในเบื้องต้นนี้ได้ออกแบบให้ระยะห่างระหว่างท่อนพันธุ์เท่ากับ 50 เซนติเมตร และดำเนินการทดสอบการทำงานเบื้องต้น ในแปลงทดสอบที่เป็นสภาพดินร่วนปนทราย ดังแสดงในภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 ทดสอบการทำงานเครื่องปลูกมันสำปะหลังเบื้องต้น

ตารางที่ 3.3 ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลังเบื้องต้น

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ
ระยะห่างระหว่างต้นเฉลี่ย	55 cm
เปอร์เซ็นต์การปักท่อนพันธุ์ (ตั้งตรงมากกว่า 45 องศา)	65%
ความลึกในการปักท่อนพันธุ์เฉลี่ย	6.3 cm
ความเร็วรถแทรกเตอร์เฉลี่ย	0.45 m/s

ประเด็นปัญหาที่พบระหว่างการทดสอบมีดังนี้

1. การควบคุมระดับความลึกชุดผลถ่วงของเครื่องปลูกมันสำปะหลังทำได้ยาก ต้องใช้ความชำนาญของผู้ขับรถแทรกเตอร์เป็นสำคัญ
 2. เกิดการขีดตัวของท่อนพันธุ์ ขณะเคลื่อนที่จากช่องป้อนไปยังท่อส่งท่อนพันธุ์เมื่อรถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว แก้ไขได้โดยขยายส่วนปลายท่อส่งท่อนพันธุ์ให้เป็นรูปกรวยที่ใหญ่ขึ้น เพื่อให้ท่อนพันธุ์มีเวลาที่ตกลงสู่ท่อส่งท่อนพันธุ์นานขึ้น
 3. ยางที่หุ้มล้อปักท่อนพันธุ์ฉีกขาด แก้ไขโดยเปลี่ยนยางหุ้มล้อให้มีความทนทานมากขึ้น
 4. หากจุดที่ท่อนพันธุ์ถูกปักบนร่องเป็นก้อนดินท่อนพันธุ์จะล้ม
- ซึ่งประเด็นปัญหาเหล่านี้อยู่ระหว่างการดำเนินการแก้ไข

ดำเนินการแก้ไขปรับปรุงเครื่องต้นแบบตามประเด็นปัญหาที่พบจากการทดสอบดังนี้

1. การควบคุมระดับความลึกชุดผลยกทรงของเครื่องปลูกลำต้นสำปะหลัง ได้ปรับปรุงล้อกราวด์วีล (Ground wheel) ให้เป็นล้อช่วยพยุ่งด้วยดังภาพที่ 3.12 โดยล้อสามารถปรับขึ้นลงได้ตามความต้องการ



ภาพที่ 3.12 ล้อ Ground Wheel

2. เกิดการขัดตัวของท่อนพันธุ์ ขณะเคลื่อนที่จากช่องป้อนไปยังท่อส่งท่อนพันธุ์เมื่อรถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว แก้ไขได้โดยขยายส่วนปลายท่อส่งท่อนพันธุ์ให้เป็นรูปกรวยที่ใหญ่ขึ้น เพื่อให้ท่อนพันธุ์มีเวลาที่ตกลงสู่ท่อส่งท่อนพันธุ์นานขึ้น ดังภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13 กรวยรับท่อนพันธุ์

3. ยางที่หุ้มล้อปีกท่อนพันธุ์ฉีกขาด แก๊ซโดยเปลี่ยนยางหุ้มล้อให้มีความทนทานมากขึ้น ดังภาพที่

3.14



ภาพที่ 3.14 ยางหุ้มล้อที่ปรับปรุง

หลังจากได้ดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องส่วนต่างๆตั้งข้างต้นแล้ว จึงได้ดำเนินการทดสอบซ้ำเพื่อผลการทำงาน พบว่าหลังจากได้แก้ไขปรับปรุงเครื่องแล้ว เครื่องปลูกสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ จึงได้ดำเนินการวางแผนเก็บข้อมูลการทดสอบ โดยการทดสอบครั้งนี้ได้นำเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังมาร่วมทดสอบการทำงานด้วยกัน ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตร นครสวรรค์ อ.ตากฟ้า จ.นครสวรรค์ แสดงดังภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 การทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลังหลังปรับปรุง

4. ผลการทดสอบเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการทำงาน

4.1 ศึกษาอิทธิพลของระยะห่างระหว่างล้อยอกกับสันร่องต่อความสามารถในการปัก

โดยการทดสอบใช้ท่อนพันธุ์ยาว 25 เซนติเมตร ความเร็วรถแทรกเตอร์เฉลี่ย 0.45 เมตรต่อวินาที และระยะห่างระหว่างต้นเฉลี่ยที่ 106.5 เซนติเมตร เก็บข้อมูลในช่วงซ้ำละ 20 เมตร ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 3.4 และท่อนพันธุ์ที่ปลูกจากเครื่องปลูกฯแสดงดังภาพที่ 3.16 ดังนี้

ตารางที่ 3.4 ผลการทดสอบศึกษาอิทธิพลของระยะห่างระหว่างล้อยักกับสันร่องต่อความสามารถในการปัก

แถวที่	ซ้ำที่	ความสูงล้อยักจากสันร่อง (cm)		% การปักท่อนพันธุ์	ความลึกในการปัก เฉลี่ย(cm)
แถวที่ 1	1	7		63.158	13.333
	2	7		77.778	12.167
	3	7		83.333	11.667
			เฉลี่ย	74.756	12.389
แถวที่ 2	1	7		83.333	10.667
	2	7		77.778	13.333
	3	7		77.778	13.750
			เฉลี่ย	79.630	12.583
		เฉลี่ยแถวที่ 1,2		77.193	12.486
แถวที่ 3	1	3		100	13.333
	2	3		94.444	14.167
	3	3		94.737	13.833
			เฉลี่ย	96.394	13.778
แถวที่ 4	1	3		94.444	14.167
	2	3		100	13.833
	3	3		94.44	15.33
			เฉลี่ย	96.296	14.444
		เฉลี่ยแถวที่ 3,4		96.345	14.111



ภาพที่ 3.16 ท่อนพันธุ์ที่ปลูกด้วยเครื่องปลูกลำสำหรับหลังต้นแบบ

จากผลการทดสอบเครื่องสามารถปลูกได้ตรงหรือเฉียงไม่เกิน 45 องศา เฉลี่ยประมาณ 96.34% ที่ระยะห่างระหว่างล้อยักกันสั้นร่องเท่ากับ 3 เซนติเมตร โดยความลึกในการปักเฉลี่ย 14.11 เซนติเมตรและจากการสังเกตพบว่า การเตรียมดินและสภาพชนิดดินมีผลต่อการทำงานของเครื่องปลูกอย่างยิ่ง ซึ่งแปลงที่ทดสอบนี้เป็นดินทราย เครื่องสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2 ศึกษาอิทธิพลของรูปแบบยางล้อยักต่อความสามารถในการปัก

ดำเนินการทดสอบรูปแบบยางที่ใช้ทำล้อยัก โดยได้ทำการทดสอบ 3 รูปแบบ ดังภาพที่ 3.17



แบบเรียบ

แบบลายขวาง

แบบลายตามยาว

ภาพที่ 3.17 รูปแบบยางล้อยักที่ทดสอบ

จากผลการทดสอบเก็บข้อมูล วิเคราะห์เบื้องต้นพบว่า ล้อปักแต่ละแบบมีความสามารถในการปักท่อนพันธุ์ให้ตั้งตรงไม่แตกต่างกัน แต่ล้อปักแบบลายขวางทำให้เกิดรอยแผลที่ท่อนพันธุ์มากกว่าแบบอื่นๆ



ภาพที่ 3.18 รอยแผลที่เกิดจากลายขวางของล้อปัก

จากนั้นได้ดำเนินการทดสอบเปรียบเทียบรูปแบบล้อปัก ระหว่างล้อเรียบ และล้อร่องวี โดยในการทดสอบใช้ท่อนพันธุ์ยาว 25 เซนติเมตร ความเร็วรถแทรกเตอร์เฉลี่ย 0.45 เมตรต่อวินาที ระยะห่างระหว่างร่อง 102.5 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างต้นเฉลี่ยที่ 60.8 เซนติเมตร เก็บข้อมูลในช่วงซ้ำละ 10 เมตร



แบบเรียบ

แบบร่องวี

ภาพที่ 3.19 รูปแบบล้อปักที่ใช้ทดสอบ

ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 3.5 ดังนี้

ตารางที่ 3.5 ทดสอบเปรียบเทียบผลของรูปแบบล้อยักต่อประสิทธิภาพการปักท่อนพันธุ์มัน

การทดลอง ที่	ชนิดล้อยัก	มมท่อนพันธุ์	ประสิทธิภาพการปัก (%)	ความลึก (cm)
1	เรียบ	74.33	69.23	12.33
2	เรียบ	74.20	100.00	11.00
3	เรียบ	76.00	100.00	12.00
4	เรียบ	56.20	92.86	11.00
5	ร่องวี 26x8	60.75	85.71	13.33
6	ร่องวี 26x8	62.00	100.00	12.67
7	ร่องวี 26x8	56.00	92.31	11.00
8	ร่องวี 26x8	52.50	100.00	10.00

จากตารางพบว่ารูปแบบล้อยักร่องวีมีประสิทธิภาพการปักดีกว่าล้อยักแบบเรียบ คือประมาณ 94.51 เปอร์เซ็นต์ แต่มมท่อนพันธุ์ที่ปักโดยล้อยักแบบเรียบเพียงน้อยกว่าล้อยักร่องวีเพียงประมาณ 70.18 องศา

4.3 การศึกษาอิทธิพลของทิศทางการปักต่อความสามารถในการปักของเครื่อง

ได้ทดสอบเปรียบเทียบทิศทางการปักของล้อยปักซึ่งเป็นอีกปัจจัยที่สำคัญต่อประสิทธิภาพการปักของล้อยปัก โดยในการทดสอบใช้ท่อนพันธุ์ยาว 25 เซนติเมตร ความเร็วรถแทรกเตอร์เฉลี่ย 0.45 เมตรต่อวินาที ระยะห่างระหว่างร่อง 102.5 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างต้นเฉลี่ยที่ 58.3 เซนติเมตร เก็บข้อมูลในช่วงซ้ำละ 10 เมตร



ภาพที่ 3.20 การปรับเอียงทิศทางการปักของล้อยปัก

ตารางที่ 3.6 ทดสอบเปรียบเทียบผลของรูปแบบล้อยปักและทิศทางการปักต่อประสิทธิภาพการปักท่อนพันธุ์มัน

ชนิดล้อยปัก	ทิศทางการปัก	ประสิทธิภาพการปัก (%)	มุมท่อนพันธุ์	ความลึก (cm)
เรียบ	ตรง	95.24	70.00	11.83
เรียบ	เอียงหน้า 5 องศา	88.57	71.80	11.18
เรียบ	เอียงหลัง 5 องศา	88.10	71.07	12.05
ร่องวี 26x8	ตรง	97.62	64.67	12.29
ร่องวี 26x8	เอียงหน้า 5 องศา	93.02	68.93	11.33
ร่องวี 26x8	เอียงหลัง 5 องศา	93.33	65.53	11.81

จากตารางการทดสอบพบว่า ล้อปึกแบบร่องวี ที่มีทิศทางการปักลงมาตรงๆ มีประสิทธิภาพการปักเฉลี่ยสูงสุด ที่เฉลี่ย 97.62 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบเลือกใช้ล้อปึกแบบร่องวี และทิศทางการปักตรง

4.4 การศึกษาอิทธิพลของความเร็วรอบและแรงบีบอัดล้อปึกต่อความสามารถในการปักของเครื่อง

ดำเนินการทดสอบเปรียบเทียบปัจจัยที่มีสำคัญคือ 1) แรงบีบกดสปริงของล้อปึกของชุดปักท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง แบ่งระดับปัจจัยเป็น 3 ระดับคือ 2 3 และ 4 กิโลกรัม และ 2) ความเร็วรอบล้อปึกท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง แบ่งระดับปัจจัยเป็น 5 ระดับ คือ 150 300 450 600 และ 800 รอบต่อนาที โดยมีค่าชี้ผลคือความสามารถในการปักท่อนพันธุ์ และความเสียหายของตาท่อนพันธุ์ ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 3.7 และตารางที่ 3.8 ดังนี้

ตารางที่ 3.7 ผลการทดสอบอิทธิพลของแรงบีบกดสปริงของล้อปึกของชุดปักท่อนพันธุ์ และความเร็วรอบล้อปึกท่อนพันธุ์ต่อความสามารถในการปักท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

ความเร็วรอบล้อปึก (รอบต่อนาที)	แรงบีบกดของล้อปึก (กิโลกรัม)			เฉลี่ย (%)
	2	3	4	
150	97.78	97.78	97.78	97.78
300	100.00	100.00	95.56	98.52
450	97.78	97.78	100.00	98.52
600	95.56	100.00	100.00	98.52
800	95.56	91.11	93.33	93.33
เฉลี่ย(%)	97.33	97.33	97.33	

ตารางที่ 3.8 ผลการทดสอบอิทธิพลของแรงบีบกดสปริงของล้อปึกของชุดปักท่อนพันธุ์ และความเร็วรอบล้อปึกท่อนพันธุ์ต่อความเสียหายของตาท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

ความเร็วรอบล้อปิก (รอบต่อนาที)	แรงบีบกดของล้อปิก (กิโลกรัม)			เฉลี่ย (%)
	2	3	4	
150	3.33	0.00	0.00	1.11
300	0.00	3.03	0.00	1.01
450	0.00	0.00	3.70	1.23
600	7.87	7.04	12.50	9.14
800	11.92	11.20	18.70	13.94
เฉลี่ย(%)	4.62	4.25	6.98	

ผลการทดสอบพบว่า อิทธิพลของความเร็วรอบล้อปิก และอิทธิพลของแรงบีบกดท่อนพันทันท์ ในระดับที่แตกต่างกัน ต่อความสามารถในการปัก และความเสียหายของตาท่อนพันทันท์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และอิทธิพลของสองปัจจัยไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญ 0.05 อย่างไรก็ตามพบว่าความเร็วรอบล้อปิกเพิ่มขึ้น ความสามารถในการปักลดลง และปัจจัยแรงบีบกดท่อนพันทันท์ของล้อปิกที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อความเสียหายของตาท่อนพันทันท์เพิ่มขึ้น ดังนั้นในการออกแบบส่วนปักท่อนพันทันท์ของเครื่องปลูกมันสำปะหลังจะใช้ความเร็วรอบล้อปิกท่อนพันทันท์ไม่เกิน 450 รอบต่อนาที และแรงบีบกดท่อนพันทันท์ของล้อปิกที่ไม่ควรเกิน 3 กิโลกรัม ซึ่งให้ประสิทธิภาพการปักเฉลี่ย 98.52 เปอร์เซ็นต์ และความเสียหายตาท่อนพันทันท์เฉลี่ย 4.25 เปอร์เซ็นต์

5. ผลการทดสอบเก็บข้อมูลเพื่อประเมินสมรรถนะของเครื่อง

นำเครื่องต้นแบบไปทดสอบการทำงานจริงในแปลงเกษตรกร โดยใช้แทรกเตอร์ขนาด 36 แรงม้าของเกษตรกรเป็นต้นกำลัง เกียร์ขับเคลื่อน L2 รอบเครื่องยนต์ประมาณ 2000 รอบต่อนาที ความเร็วรถแทรกเตอร์ประมาณ 0.49 เมตรต่อวินาที มันสำปะหลังพันทันท์ระยะยง 60 แปลงทดสอบมีพื้นที่ 10 ไร่ อยู่ในเขต อ.ลาดยาว จ.นครสวรรค์ และให้เกษตรกรเป็นผู้ปฏิบัติงานดังแสดงในรูปที่ 3.21 และได้เก็บข้อมูลค่าชี้ผลการทำงานของเครื่องดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 การทดสอบเก็บข้อมูลประเมินสมรรถนะในแปลงเกษตรกร

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ
ระยะห่างระหว่างแถว (เซนติเมตร)	120
ระยะห่างระหว่างต้น (เซนติเมตร)	50
ท่อนพันธุ์ที่ปักได้ มีมุมเอียงตามการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ (องศา)	60-80
ประสิทธิภาพในการปัก (เปอร์เซ็นต์)	92.4
ความสามารถในการทำงาน (ไร่ต่อชั่วโมง)	1
ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ (เปอร์เซ็นต์)	80
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตรต่อไร่)	2.05



ภาพที่ 3.21 ทดสอบการใช้งานในแปลงเกษตรกรโดยเกษตรกร

และเพื่อเป็นการเพิ่มความสามารถในการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง และเพิ่มทางเลือกการใช้แทรกเตอร์ต้นกำลังของเกษตรกร จึงได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบ 2 แถว ใช้พ่วงต่อรถแทรกเตอร์ขนาด 50-60 แรงม้า โดยใช้ข้อมูลการทดสอบปัจจัยของเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบแถวเดียวในการออกแบบ



ภาพที่ 3.22 เครื่องปลูกมันสำปะหลังพวงท้ายรถแทรกเตอร์แบบ 2 แถว

ได้ดำเนินการทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานเครื่องปลูกมันสำปะหลังพวงท้ายรถแทรกเตอร์แบบ 2 แถว โดยใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 50 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ในดินชนิดดินทราย ดังภาพที่ 3.23 และได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 3.10 ดังนี้



ภาพที่ 3.23 ทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบ 2 แถว

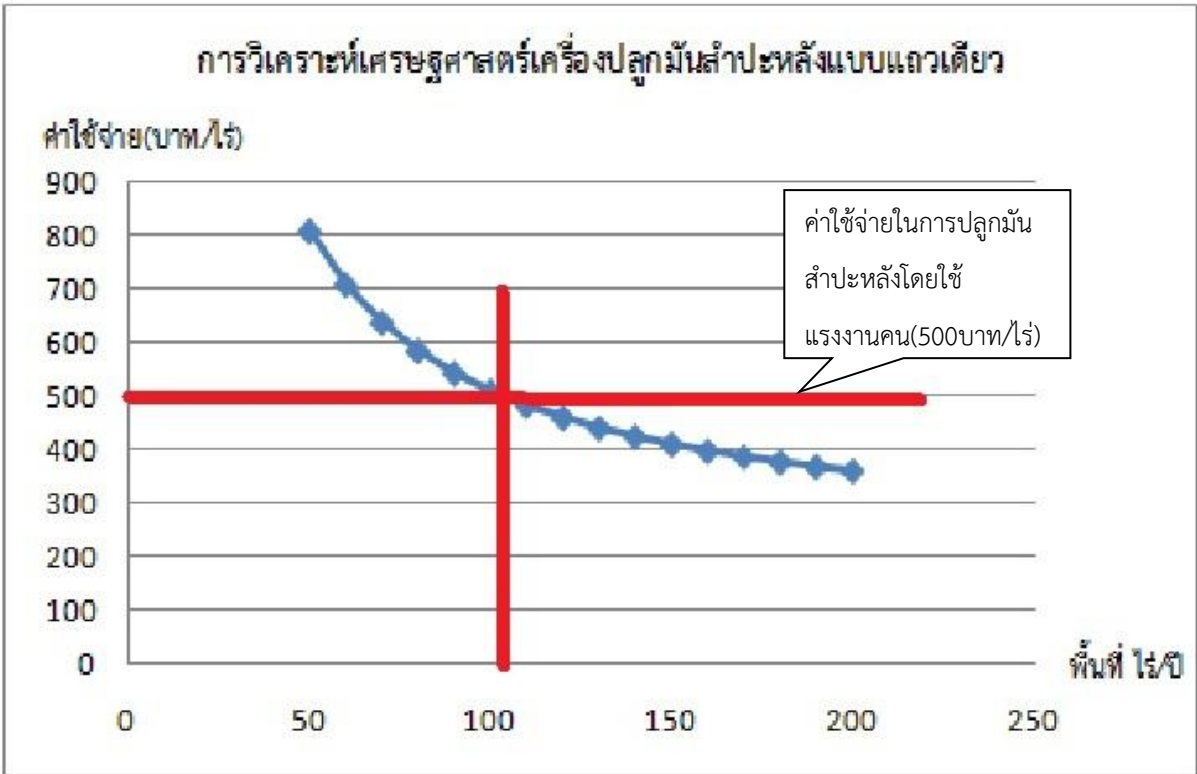
ตารางที่ 3.10 ข้อมูลการทดสอบกาทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบ 2 แถว

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ
ระยะห่างระหว่างแถว (เซนติเมตร)	120
ระยะห่างระหว่างต้น (เซนติเมตร)	50
ท่อนพันธุ์ที่ปักได้ มีมุมเอียงตามการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ (องศา)	60-80
ประสิทธิภาพในการปัก (เปอร์เซ็นต์)	95
ความสามารถในการทำงาน (ไร่ต่อชั่วโมง)	2
ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ (เปอร์เซ็นต์)	75
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตรต่อไร่)	2.55

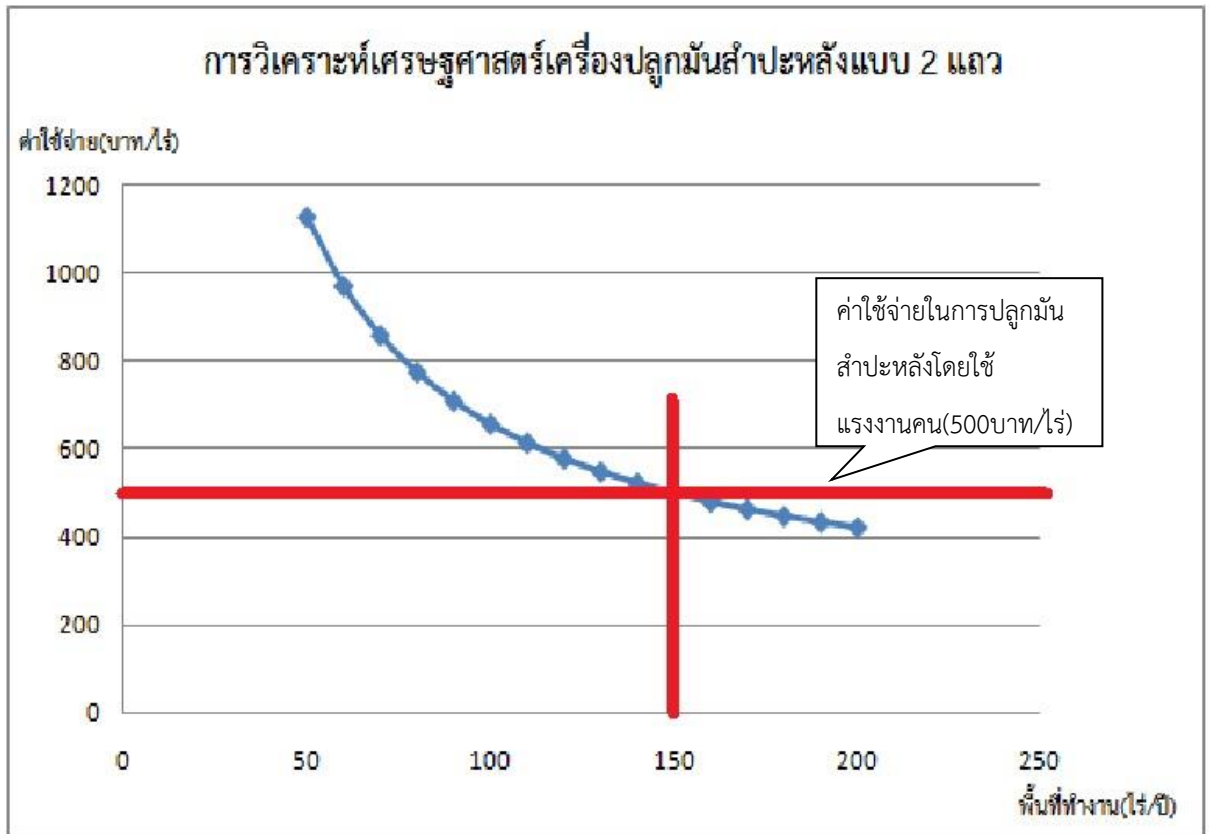
6. ผลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์

คำนวณหาจุดคุ้มทุนโดยเปรียบเทียบการปลูกมันสำปะหลังด้วยเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพวงท้ายรถแทรกเตอร์ และการใช้แรงงานคน โดยคำนวณในกรณีที่เกษตรกรผู้รับจ้างต้องการซื้อรถแทรกเตอร์และเครื่องปลูกมันสำปะหลังมาใช้งานหรือรับจ้าง กำหนดให้ราคาของรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กเท่ากับ 450,000 บาท ราคาของรถแทรกเตอร์ขนาดกลางเท่ากับ 650,000 บาท โดยกำหนดให้การใช้งานรถแทรกเตอร์เพื่อปลูกมันสำปะหลังประมาณ 30% ของการใช้งานทั้งหมด และราคาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบแถวเดี่ยวเท่ากับ 50,000 บาท ราคาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบ 2 แถวเท่ากับ 90,000 บาท

จากการคำนวณ (ภาคผนวก 3-ก) สามารถเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการปลูกมันสำปะหลังของเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพวงท้ายรถแทรกเตอร์แบบแถวเดี่ยวและแบบ 2 แถว และการปลูกมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคนได้ดังภาพที่ 3.24 และภาพที่ 3.25 ตามลำดับ



ภาพที่ 3.24 กราฟแสดงจุดคุ้มทุนการใช้งานเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบแถวเดี่ยว



ภาพที่ 3.25 กราฟแสดงจุดคุ้มทุนการใช้งานเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบ 2 แถว

จากเส้นกราฟในภาพที่ 3.24 และ ภาพที่ 3.25 จะเห็นว่าค่าใช้จ่ายในการปลูกมันสำปะหลังโดยเครื่องปลูกมันสำปะหลังทั้งสองแบบ จะมีค่าลดลงเมื่อพื้นที่การทำงานเพิ่มขึ้น ส่วนค่าใช้จ่ายในการปลูกมันสำปะหลังโดยแรงงานคนนั้น มีค่าคงที่ที่ 500 บาทต่อไร่ ซึ่งราคานี้คิดจากการจ้างรถแทรกเตอร์โดยกรอกรวมกับการจ้างแรงงานคนนำท่อนมันสำปะหลังไปปักบนร่อง

จากภาพที่ 3.24 เส้นกราฟค่าใช้จ่ายในการปลูกมันสำปะหลังด้วยแรงงานคนตัดกับเส้นกราฟค่าใช้จ่ายในการปลูกมันสำปะหลังด้วยเครื่องปลูกที่พื้นที่การทำงาน 100 ไร่ต่อปี นั้นหมายความว่าหากเกษตรกรที่มีพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังหรือพื้นที่รับจ้างปลูกมันสำปะหลังมากกว่า 103 ไร่ต่อปี เป็นระยะเวลา 5 ปี ก็สามารที่จะพิจารณาซื้อรถแทรกเตอร์พร้อมเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบแถวเดียวมาใช้งานหรือรับจ้าง เพราะค่าใช้จ่ายจะน้อยกว่าการปลูกด้วยแรงงานคน

สำหรับเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบ 2 แถวก็เช่นเดียวกัน ในภาพที่ 3.25 เส้นกราฟค่าใช้จ่ายในการปลูกมันสำปะหลังด้วยแรงงานคนตัดกับเส้นกราฟค่าใช้จ่ายในการปลูกมันสำปะหลังด้วยเครื่องปลูกที่พื้นที่การทำงาน 149.48 ไร่ต่อปี เป็นระยะเวลา 5 ปี ก็สามารที่จะพิจารณาซื้อรถแทรกเตอร์พร้อมเครื่องปลูกมัน

สำปะหลังแบบ 2 แกวมาใช้งานหรือรับจ้าง เพราะค่าใช้จ่ายจะน้อยกว่าการปลูกด้วยแรงงานคน คຸ້ມคຳກຳໃຊ້
งาน

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพวงท้ายรถแทรกเตอร์สามารถลดเวลา ขั้นตอนการทำงาน ต้นทุน และแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการปลูกมันสำปะหลังได้ โดยเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพวงท้ายรถแทรกเตอร์ต้นแบบมี 2 รุ่น คือแบบ 1 แกว และ 2 แกว มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนโรยปุ๋ยรองพื้น ส่วนยกร่อง ส่วนป้อนและกำหนดระยะท่อนพันธุ์ และส่วนปักท่อนพันธุ์ มีหลักการทำงานโดยเครื่องจะโรยปุ๋ยรองพื้นแล้วยกร่องกลบและปักท่อนพันธุ์บนร่องตามระยะระหว่างต้นที่กำหนด ผลการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการปักท่อนและความเสียหายของตาท่อนพันธุ์ พบว่าล้อปักควรอยู่ใกล้สันร่องปลูก ล้อปักแบบยางร่องวีสามารถทำงานได้ดีกว่าล้อปักแบบยางเรียบ ความเร็วรอบล้อปักประมาณ 450 รอบต่อนาที (ล้อปักมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 เซนติเมตร) และแรงกดสปริงของล้อปักต่อท่อนพันธุ์ประมาณ 3 กิโลกรัม ทิศทางการปักท่อนพันธุ์ในแนวตั้งจะมีความสามารถในการปักมากกว่าการปักในทิศทางเอียงด้านหน้าหรือเอียงด้านหลัง (เอียง 5 องศา) แต่การปักในทิศทางเอียงด้านหน้าหรือเอียงด้านหลังจะได้ท่อนพันธุ์ที่ตั้งตรงมากกว่าการปักในทิศทางตรง อย่างไรก็ตามเครื่องต้นแบบเลือกใช้ทิศทางตรงในการปัก ซึ่งข้อมูลปัจจุบันได้นำมาใช้ปรับแต่งเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบ ผลการทดสอบการสมรรถนะการทำงานในแปลงของเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบแกวเดี่ยว และแบบ 2 แกว โดยใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 37 และ 50 แรงม้าเป็นต้นกำลังตามลำดับ พบว่า มีความสามารถในการทำงาน 1 และ 2 ไร่ต่อชั่วโมง ที่ระยะการปลูก 50x120 เซนติเมตร ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ 80 และ 75 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.05 และ 2.55 ลิตรต่อไร่ ตามลำดับ โดยท่อนพันธุ์ที่ปักได้จากเครื่องต้นแบบทั้งสองแบบจะเอียงตามแนวการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ประมาณ 60-80 องศา ประสิทธิภาพการปักประมาณ 93-95 เปอร์เซ็นต์และมีอัตราการงอกประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างจากการใช้แรงงานคน เมื่อวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบแกวเดี่ยวและแบบ 2 แกว มีจุดคุ้มทุนการทำงานที่ 103 ไร่ต่อปี และ 149.48 ไร่ต่อปี ตามลำดับ ที่อายุการใช้งานเครื่อง 5 ปี โดยเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคนในการปลูกมันสำปะหลัง

อย่างไรก็ตามเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบที่พัฒนาขึ้นนั้น สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยังมีข้อจำกัดในการใช้งานด้วยสภาพดินและการเตรียมดินที่ปลูกมันสำปะหลัง สภาพดินที่เหมาะสมต่อการใช้งานควรเป็นสภาพดินทราย หรือดินร่วนปนทราย และมีการเตรียมดินไถพรวนด้วยพล 5

หรือผล 7 เพื่อลดต้นทุนได้ละเอียด การใช้งานในสภาพดินชนิดอื่นๆ เช่นดินร่วน หรือดินเหนียว ควรมีการทดสอบและพัฒนาต่อไป

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศ ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกมันสำปะหลังเป็นอันดับหนึ่งของโลก และยังเป็นแหล่งปลูกมันสำปะหลังที่ใหญ่เป็นอันดับต้นๆของโลก จากการศึกษาปัญหาและวิธีการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรมีปัญหายุ่งหลายประการได้แก่ ใช้เวลา และแรงงานในการปฏิบัติงานมาก เกิดความเหนื่อยล้าในการทำงาน รวมถึงการขาดแคลนแรงงานในการปลูก โดยเฉพาะในช่วงของการเก็บเกี่ยวพืชไร่ชนิดอื่นๆ เช่น ข้าว อ้อย ข้าวโพด เป็นต้น

เพื่อเป็นการบรรเทาปัญหาดังกล่าว จึงได้วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตรที่เกี่ยวข้องในการปลูกมันสำปะหลัง คือ เครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง และเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพวงท้ายรถแทรกเตอร์ เพื่อช่วยให้เกษตรกรสามารถทำงานได้รวดเร็วมากขึ้น ลดการใช้แรงงาน และลดต้นทุนการผลิตมันสำปะหลังลงได้ โดยเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังมีความสามารถในการตัดท่อนพันธุ์ 3,339 ท่อน/ชั่วโมง ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่ได้มีความเสียหายที่เกิดขึ้นจากเครื่องมือน้อยกว่า 3 % รอยตัดที่เกิดขึ้นเรียบและความมียาวท่อนพันธุ์สม่ำเสมอ การทำงานใช้คนควบคุมเครื่องมือและการป้อนท่อนพันธุ์ 1 คน เครื่องมือสามารถทดแทนการตัดเตรียมท่อนพันธุ์ด้วยแรงงานคน 2-3 คน เครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่สร้างขึ้นเป็นเครื่องมือที่สามารถสร้างได้ง่าย ใช้อุปกรณ์ที่มีในท้องตลาด กลไก, ชิ้นส่วนอุปกรณ์ไม่ซับซ้อน เกษตรกรสามารถสร้างเครื่องมือ, ซ่อมแซมบำรุงรักษา ได้เอง และเครื่องมือมีความปลอดภัยในการทำงานที่สูงกว่าการใช้เครื่องมือรูปแบบเกษตร สำหรับเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพวงท้ายรถแทรกเตอร์ต้นแบบนั้น มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนโรยปุ๋ยรองพื้น ส่วนยกร่อง ส่วนป้อนและกำหนดระยะท่อนพันธุ์ และส่วนปักท่อนพันธุ์ มีหลักการทำงานโดยเครื่องจะโรยปุ๋ยรองพื้นแล้วยกร่องกลบและปักท่อนพันธุ์บนร่องตามระยะระหว่างต้นที่กำหนด เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพวงท้ายรถแทรกเตอร์ต้นแบบมี 2 รุ่น คือแบบ 1

แถว และ 2 แถว ใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 37 และ 50 แรงม้าเป็นต้นกำลังตามลำดับ มีความสามารถในการทำงาน 1 และ 2 ไร่ต่อชั่วโมง ที่ระยะการปลูก 50x120 เซนติเมตร ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ 80 และ 75 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.05 และ 2.55 ลิตรต่อไร่ ตามลำดับ เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบแถวเดี่ยวและแบบ 2 แถว มีจุดคุ้มทุนการทำงานที่ 103 ไร่ต่อปี และ 149.48 ไร่ต่อปี ตามลำดับ ที่อายุการใช้งานเครื่อง 5 ปี โดยเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคนในการปลูกมันสำปะหลัง

อย่างไรก็ตามในการเลือกใช้เครื่องมือทั้งสองเครื่องดังกล่าว เกษตรกรควรพิจารณาถึงสภาพพื้นที่เพาะปลูก ทั้งขนาดของพื้นที่และสภาพชนิดดิน เพื่อให้สามารถใช้เครื่องมือได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2551. การปลูกมันสำปะหลัง. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6. 40น.

กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2549. สถานภาพวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลของประเทศไทย.

<http://www.cassava.org>

จิราภรณ์และคณะ.2549. วิจัยและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบกึ่งอัตโนมัติ

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์. 2544. ข่าววิจัยพัฒนา. เดลินิวส์ จันทร์ที่ 29 ตุลาคม 2544 หน้า 27

ธีรภัทร ศรีนรคุตร. 2545. วิจัยผลิตเอทานอลเกรดสูงจากมันสำปะหลัง ลดการนำเข้าเคมีภัณฑ์.

โครงการวิจัยเอทานอลจากมันสำปะหลัง สถาบันพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่ง

ประเทศไทย. http://www.itdoa.com/news_itda/science/doc_19.htm, 7 สิงหาคม

2545

ภาภรณ์ และคณะ.2549. ออกแบบและพัฒนาระบบปลูกมันสำปะหลังแบบตอกกระทุ้งแถวเดี่ยว.

วงศ์สุภัทร คงสวัสดิ์. 2549. บันทึกประเทศไทยปลาย 2547: สถานการณ์พลังงานไทยปี 2548 –

2551. หนังสือพิมพ์โพสทูเดย์. <http://www.posttoday.com/thailand2547/plang.html>

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2551. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร.

<http://www2.oae.go.th/pdf/ commodity.pdf> พฤศจิกายน 2550

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2549. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2548/49.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สมชาย ชวนอุดม. 2541. การศึกษาอิทธิพลของความเร็วในการปลูกที่มีต่อลักษณะการปักท่อนพันธุ์
มันสำปะหลังบนรางดิน. เอกสารประกอบการสัมมนา. 13น.

สุรพงษ์ เจริญรัตน์, นันทวรรณ สโรบล, กุลศิริ กลั่นนุรักษ์, อาภาณี โภคประเสริฐ, เสาวรี ตั้งสกุล, จรุง
สิทธิ์ ลิ้มศิลา และอุดม เลียบวัน. 2550. กิจกรรมการศึกษาโอกาสและข้อจำกัดของการผลิตพืช
ไร่เศรษฐกิจสำคัญงานทดลองประเมินความคุ้มค่าการลงทุนและสถานะความเสี่ยงของเกษตรกร
จากความแปรปรวนด้านการผลิตและราคาของผลผลิตมันสำปะหลังและอ้อย, น.135-139.

เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องแนวทางการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมัน
สำปะหลัง. 159น.

สัญลักษณ์ กิ่งทอง, ปรีชานันท์ ศรีแก้ว และจิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์. 2552. การศึกษาแนวทางการ
การออกแบบกลไกปลูกมันสำปะหลังที่เหมาะสมต่อสภาพการเพาะปลูกของประเทศไทย. น.7-
12. เอกสารการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10. 524น.

Bernardo Ospina et al. 2002. Mechanization of cassava production in Colombia

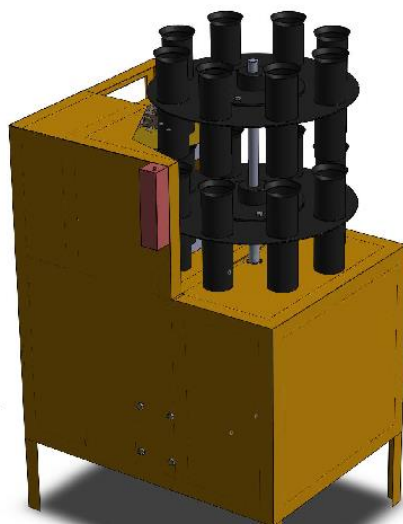
<http://202.129.0.133/plant/cassava/3.html>

Kiyoshi et al. 1990. Study on metering system and planting mechanism for cassava
planter. Publish in Kansai Branch Report of Agricultural Machinery, Japan. No.67
p.17-22.

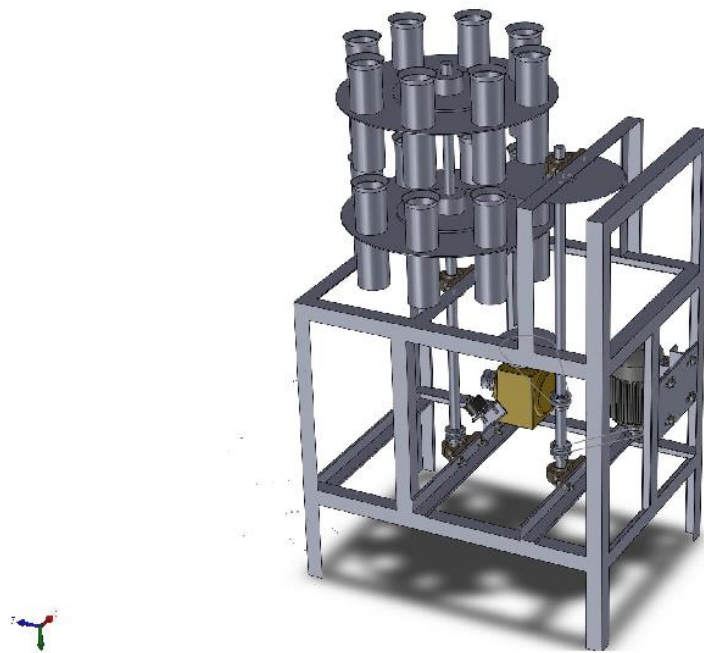
Ladeinde, M.A., S.R. Verma and Vacilevish Bakshev. 1995. Performance of semi
automatic tractor- mounted cassava planter. AGRICULTURAL MECHANIZATION IN
ASIA, AFRICA AND LATIN AMERICA, VOL.26 (1): pp. 27-30.

ภาคผนวก 1-ก

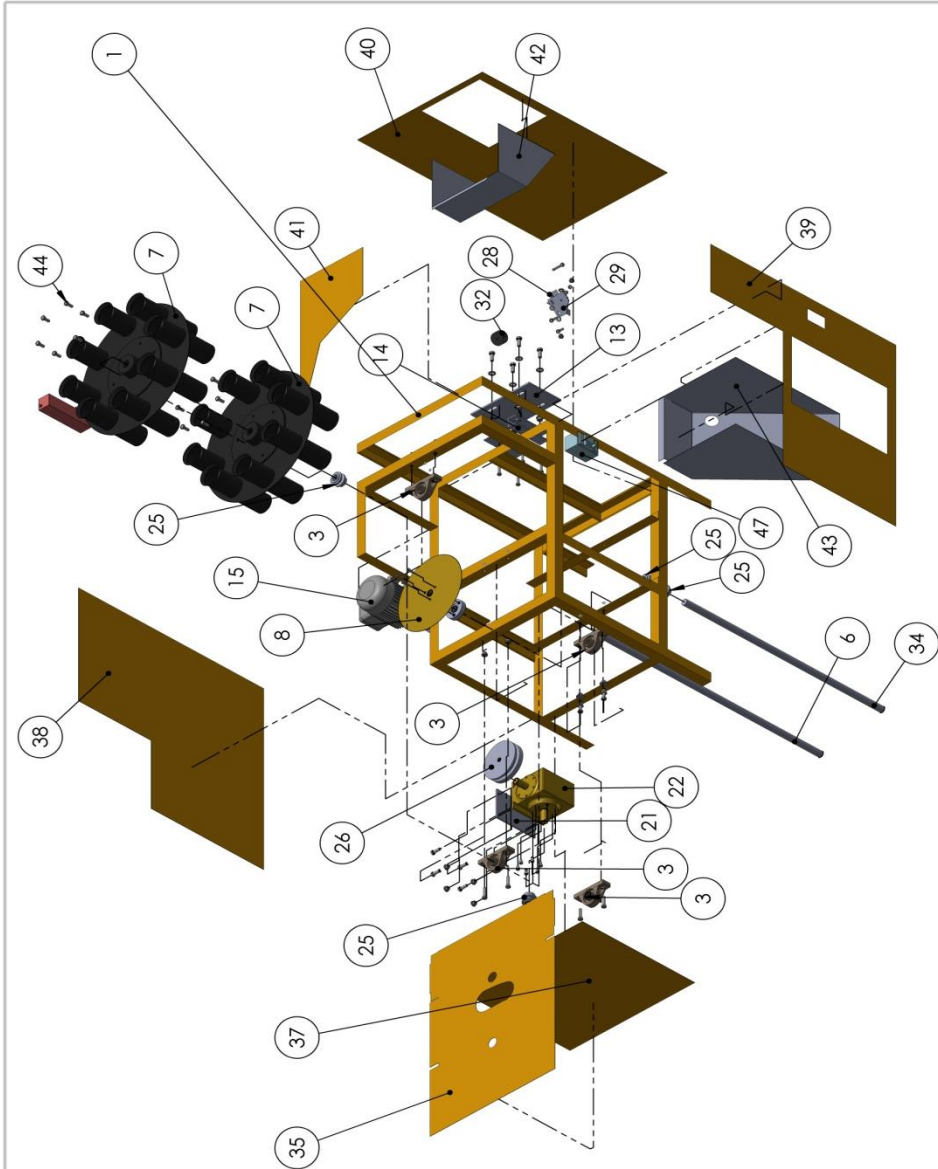
แบบแปลนของเครื่องตัดท่อน้ำมันสำปะหลัง



แบบแสดงภาพ Isometric เครื่องตัดท่อน้ำมันสำหรับล้าง



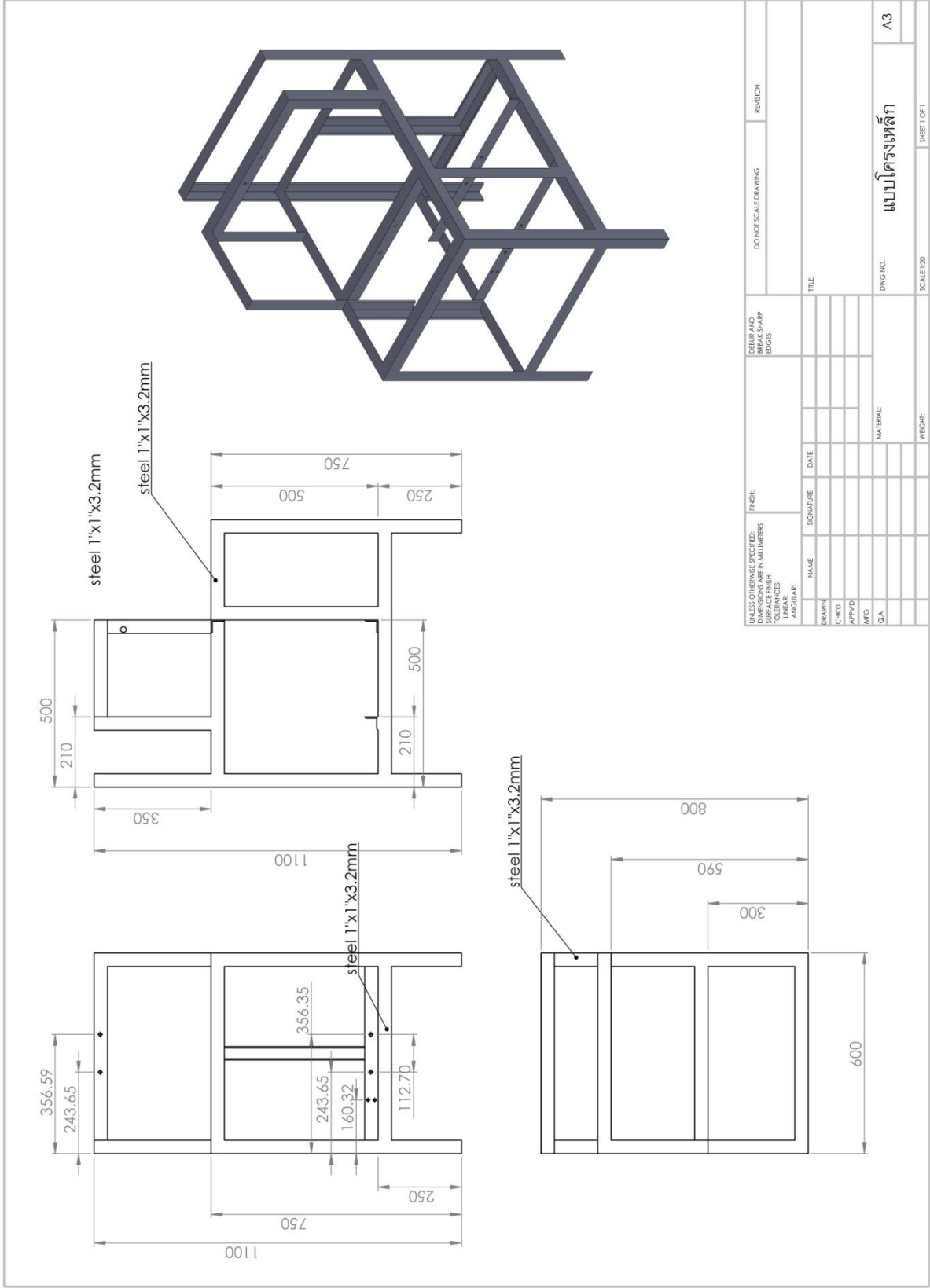
แบบแสดงภาพ Isometric เครื่องตัดท่อน้ำมันสำหรับล้าง



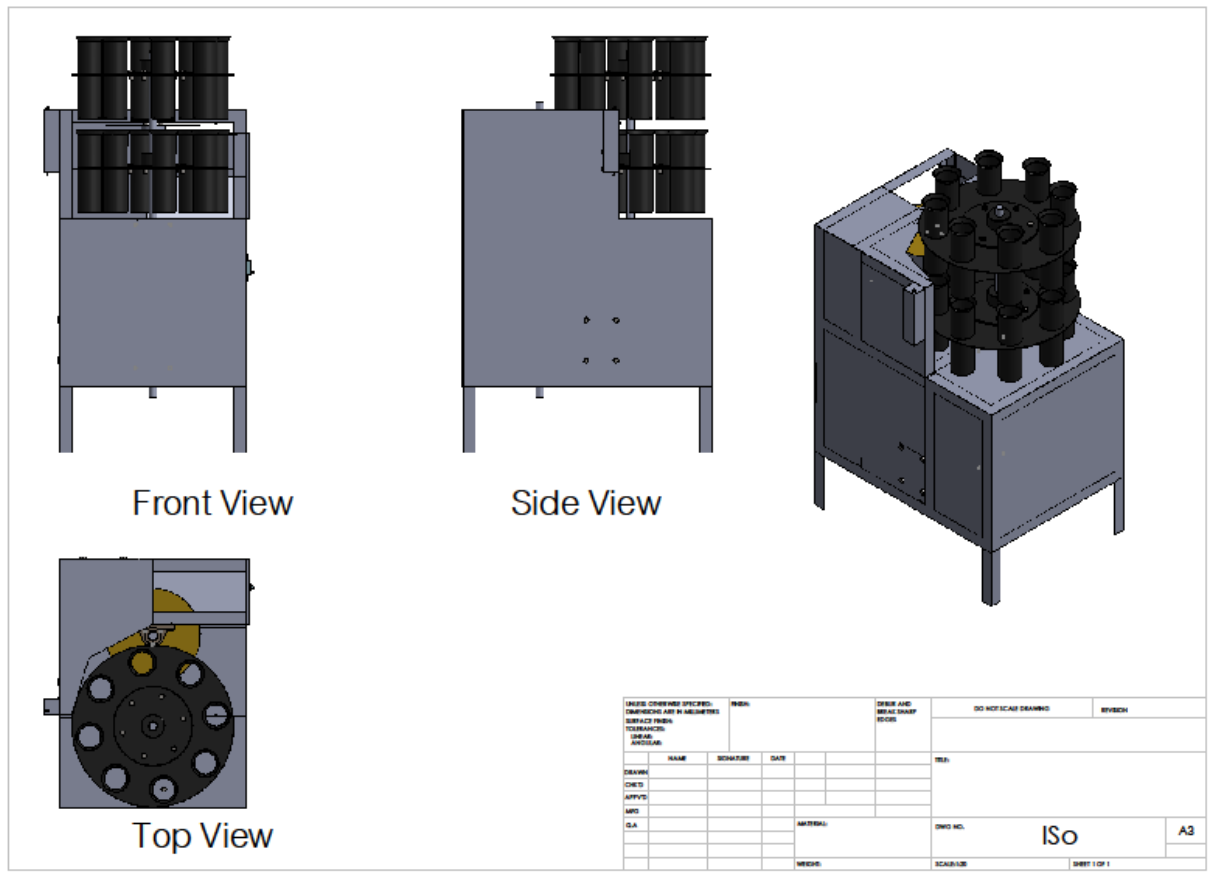
รายการ ที่	รูปทรง / ชิ้นส่วน	จำนวน
1	โครง	1
3	cast_iron_pillow_block_-_np1	4
4	B18.2.3.2M - Formed hex screw, M10 x 1.5 x 40 --26WN	8
5	B18.2.2.4M - Hex flange nut, M10 x 1.5, with 15 VAF -N	12
6	พลาสติกครอบรูป	1
7	ชุดจาน	2
8	ใบมีด	1
9	แผ่นจับใบมีด	1
10	B18.3.1M - 8 x 1.25 x 20 Hex SHCS -- 20NHX	3
11	B18.2.2M - Plain washer, 10 mm, narrow	6
12	B18.2.2M - Plain washer, 10 mm, regular	2
13	แผ่นยึดมอเตอร์	1
14	แผ่นยึดมอเตอร์-2	2
16	B18.2.3.2M - Formed hex screw, M12 x 1.75 x 30 --30WN	4
17	B18.2.2M - Plain washer, 12 mm, narrow	4
18	B18.2.2.4M - Hex flange nut, M12 x 1.75 -N	4
19	B18.2.3.2M - Formed hex screw, M8 x 1.25 x 30 --30WN	8
20	B18.2.2.4M - Hex flange nut, M8 x 1.25 -N	6
21	แผ่นรองรับยึดมอเตอร์	1
22	เกียร์ทดขนาด อัตราทด 1:60	1
23	B18.2.3.2M - Formed hex screw, M10 x 1.5 x 30 --30WN	4
24	รูยึดขนาด 2" x 1" 3/8x 8	1
25	รูยึดขนาด 2" x 1" 3/8x 8	4
26	รูยึดขนาด 6" x 1" 3/8x 8	1
27	B18.3.1M - 8 x 1.25 x 12 Hex SHCS -- 12NHX	6
28	ค้ำขาจาน	1
29	แท่งยึดออกใส่ขาจาน	1
30	B18.2.2M - Plain washer, 8 mm, narrow	5
31	B18.2.3.2M - Formed hex screw, M8 x 1.25 x 60 --22WN	1
32	ลูกกรงใส่ขาจาน	1
33	B18.2.4.5M - Hex jam nut, M8 x 1.25 --DN	1
34	พลาสติกขุ่นมิด	1
35	แผ่นรองรับจาน	1
37	แผ่นรองรับจานหัว	1
38	แผ่นรองรับจานท้าย	1
39	แผ่นรองรับจานหัว	1
40	แผ่นรองรับจานท้าย	1
41	แผ่นรองรับจานหัว	1
42	แผ่นรองรับจานท้าย	1
43	ช่องยึดตั้งมอเตอร์	1
44	ช่องยึดตั้งมอเตอร์	1
45	ถังเก็บน้ำ ชุดอุปกรณ์ประจุไฟฟ้าคอมเพรสเซอร์	1
46	B18.2.3.2M - Formed hex screw, M5 x 0.8 x 25 --25WN	1
47	ถังเก็บน้ำคอมเพรสเซอร์ ขนาด 20L 220V	1

FINISH: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
TOLERANCES: HOLE ANGULAR: SHAFT ANGULAR:		TITLE		DWG. NO.	
NAME	SIGNATURE	DATE	WEIGHT		
DRAWN			SCALE: 1:100		
CHECKED			SHEET 1 OF 1		
APPROVED			แบบแสดงส่วนประกอบ		
MFG			A3		
QA			MATERIAL:		

แบบแสดงภาพ Isometric เครื่องตัดท่อพื้นฐานน้ำสะอาดหลัง



แบบแสดงภาพ Isometric เครื่องตัดท่อน้ำมันสำหรับล้าง



แบบแสดงภาพด้านต่างๆ

ภาคผนวก 3-ก

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

1. การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเครื่องปลุกมันสำปะหลังแบบแถวเดียว

กำหนดให้ราคารถแทรกเตอร์ขนาดเล็กเท่ากับ 450,000 บาท เครื่องปลุกมันสำปะหลังแบบแถวเดียวราคา 50,000 บาท อายุการใช้งานรถแทรกเตอร์ 10 ปี และอายุการใช้งานเครื่องปลุกมันสำปะหลังแถวเดียวเท่ากับ 5 ปี

1. ต้นทุนคงที่ (Fixed cost)

1.1 ค่าเสื่อมราคา (Depreciation, DP) คิดค่าเสื่อมราคาแบบ Straight-line method $DP = (P-S)/L$ โดยที่ P คือราคาซื้อเครื่องจักร (บาท) S คือราคาขายหรือคงเหลือเมื่อเครื่องหมดอายุการใช้งานแล้ว (บาท) และ L คืออายุการใช้งานของเครื่องจักร (ปี)

1.1.1) จากราคาเครื่องต้นแบบที่ได้ประเมินไว้เท่ากับ 50,000 บาท มูลค่าของเครื่องเมื่อครบอายุการใช้งาน 5 ปีมีค่าเหลือ 20 % ของราคาซื้อเครื่อง ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{ราคาคงเหลือเครื่อง} &= (50,000 \times 20) / 100 \\ &= 10,000 \text{ บาท} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าเสื่อมราคา (DP)} &= (50,000 - 10,000) / 5 \\ &= 8,000 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

1.1.2) ในการคำนวณ กำหนดราคารถแทรกเตอร์เท่ากับ 450,000 บาท มูลค่าของรถแทรกเตอร์เมื่อครบอายุการใช้งาน 10 ปีมีค่าเหลือ 20% ของราคาซื้อ ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{ราคาคงเหลือเครื่อง} &= (450,000 \times 20) / 100 \\ &= 90,000 \text{ บาท} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าเสื่อมราคา (DP)} &= (450,000-90,000)/10 \\ &= 36,000 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

อย่างไรก็ตามเนื่องจากรถแทรกเตอร์มีการใช้งานหลายกิจกรรมในการผลิตมันสำปะหลัง ในที่นี้ ประเมินว่ามีการนำรถแทรกเตอร์มาใช้ในกิจกรรมการปลูกประมาณ 30% ของการใช้รถแทรกเตอร์ทั้งปี จึง คิดต้นทุนคงที่ของรถแทรกเตอร์ในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเท่ากับ 30% ของต้นทุนของรถแทรกเตอร์ทั้งปี ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่าเสื่อมราคา (DP)} &= (36,000 \times 30)/100 \\ &= 10,800 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

ดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส (Interest on Investment) คิดค่าเสียโอกาสจากสมการ $(I) = (P+S)/2 \times i/100$ โดยที่ i คืออัตราดอกเบี้ยต่อปี (เปอร์เซ็นต์) กำหนดให้อัตราดอกเบี้ยต่อปี เท่ากับ 10% ดังนี้

1.2.1) ค่าเสียโอกาสสำหรับการซื้อเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

$$\begin{aligned} \text{ค่าเสียโอกาสต่อปี} &= (50,000+10,000)/2 \times 10/100 \\ &= 3,000 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

1.2.2) ค่าเสียโอกาสสำหรับการซื้อรถแทรกเตอร์เพื่อใช้งานกับเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

$$\begin{aligned} \text{ค่าเสียโอกาสต่อปี} &= (450,000+90,000)/2 \times 10/100 \times 30/100 \\ &= 8,100 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นรวมต้นทุนคงที่ทั้งหมด (Fixed cost)} &= 8,000+10,800 + 3,000+8,100 \\ &= 29,900 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

2. ต้นทุนแปรผัน (Variable cost)

2.1 ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (Repair and maintenance) ของรถแทรกเตอร์คิดเฉลี่ยโดยเท่ากับ 0.1% ของราคาเครื่อง/100 ชั่วโมงการทำงาน(Hunt,1983) ดังนั้นค่าซ่อมและบำรุงรักษามีค่าเท่ากับ $(0.001 \times 450,000)/100 = 4.5$ บาท/ชั่วโมง ส่วนเครื่องปลูกมันสำปะหลังคิดเฉลี่ย เท่ากับ 5% ของ

ราคาเครื่อง/100ชั่วโมงการทำงาน ดังนั้นมีค่าเท่ากับ $(0.05 \times 50,000) / 100 = 25$ บาท/ชั่วโมง รวมค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาทั้งหมดเท่ากับ $4.5 + 25 = 29.5$ บาท/ชั่วโมง

2.2 ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง จากการทดสอบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 2.05 ลิตร/ไร่ เครื่องทำงานได้ 1 ไร่/ชั่วโมง และราคาน้ำมันประมาณ 30 บาท/ลิตร ดังนั้นค่าน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีค่าเท่ากับ $2.05 \times 1 \times 30 = 61.5$ บาท/ชั่วโมง

2.3 ค่าน้ำมันหล่อลื่น คิดโดยประมาณ 10% ของค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 6.15 บาท/ชั่วโมง

2.4 ค่าแรงงานคนขับ จำนวน 1 คนวันละประมาณ 300 บาท ทำงานวันละ 8 ชั่วโมงดังนั้น คิดเป็น $300 / 8 = 37.5$ บาท/ชั่วโมง

2.5 ค่าแรงคนงาน ต้องใช้คนงานประมาณ 2 คน/วัน ในการเรียงท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง 1 คนและคนงานป้อนท่อนพันธุ์ 1 คน โดยคิดค่าแรงงานวันละ 300 บาท ทำงานวันละ 8 ชั่วโมงดังนั้นค่าแรงคนงานจะเท่ากับ $(2 \times 300) / 8 = 75$ บาท/ชั่วโมง

ในการคำนวณหาจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องชุดและรวบรวมหัวมันสำปะหลังใช้สมการการคำนวณดังต่อไปนี้

$$A_c = \left(\frac{F_c}{A}\right) + \left(\frac{1}{C_t}\right) \times (R \& M + F + O + L_0 + L_1)$$

โดยที่ F_c = ต้นทุนคงที่ (บาท/ปี)

A_c = ต้นทุนการใช้เครื่อง (บาท/ไร่)

A = พื้นที่ทำงานใน 1 ปี (ไร่)

$R \& M$ = ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (บาท/ชั่วโมง)

F = ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/ชั่วโมง)

O = ค่าน้ำมันหล่อลื่น (บาท/ชั่วโมง)

L_0 = ค่าแรงคนขับ (บาท/ชั่วโมง)

L_1 = ค่าแรงคนงาน (บาท/ชั่วโมง)

C_t = ความสามารถในการทำงานของเครื่อง (ไร่/ชั่วโมง)

แทนค่า

$$A_c = \left(\frac{29,900}{A}\right) + \left(\frac{1}{1}\right)(29.5 + 61.5 + 6.15 + 37.5 + 75)$$

$$A_c = \left(\frac{29,900}{A}\right) + (209.65) \quad \dots\dots\dots (1)$$

ค่าใช้จ่ายในการปลุกมันสำปะหลังด้วยแรงงานคน ระยะระหว่างระหว่างร่อง 120 เซนติเมตร และ ระยะระหว่างระหว่างต้น 50 เซนติเมตร ประกอบด้วย

ค่าจ้างรถแทรกเตอร์ไถยกร่อง	250	บาท
ค่าจ้างแรงงานปักท่อนพันธุ์	250	บาท
รวมค่าใช้จ่ายเท่ากับ	500	บาทต่อไร่

จุดคุ้มทุนของการใช้งานเครื่องปลุกมันสำปะหลังแบบแถวเดียว สามารถคำนวณได้เมื่อค่าใช้จ่ายในการใช้งานเครื่องปลุกมันสำปะหลัง ดังสมการ (1) เท่ากับค่าจ้างยกร่องและค่าจ้างแรงงานในการปักท่อนพันธุ์มันสำปะหลังรวม 500 บาทต่อไร่

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายในการใช้งานเครื่องปลุกมันสำปะหลัง} &= \text{ค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงาน} \\ (29,900/A) + 209.65 &= 500 \end{aligned}$$

$$A = 102.98 \text{ ไร่ต่อปี}$$

2. การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเครื่องปลุกมันสำปะหลังแบบ 2 แถว

กำหนดให้ราคารถแทรกเตอร์ขนาดเล็กเท่ากับ 650,000 บาท เครื่องปลุกมันสำปะหลังแบบแถวเดียวราคา 90,000 บาท อายุการใช้งานรถแทรกเตอร์ 10 ปี และอายุการใช้งานเครื่องปลุกมันสำปะหลังแถวเดียวเท่ากับ 5 ปี

2. ต้นทุนคงที่ (Fixed cost)

1.1 ค่าเสื่อมราคา (Depreciation, DP) คิดค่าเสื่อมราคาแบบ Straight-line method $DP = (P-S)/L$ โดยที่ P คือราคาซื้อเครื่องจักร (บาท) S คือราคาขายหรือคงเหลือเมื่อเครื่องหมดอายุการใช้งานแล้ว (บาท) และ L คืออายุการใช้งานของเครื่องจักร (ปี)

1.1.1) จากราคาเครื่องต้นแบบที่ได้ประเมินไว้เท่ากับ 90,000 บาท มูลค่าของเครื่องเมื่อครบอายุการใช้งาน 5 ปีมีค่าเหลือ 20 % ของราคาซื้อเครื่อง ดังนั้น

$$\text{ราคาคงเหลือเครื่อง} = (90,000 \times 20) / 100$$

$$= 18,000 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคา (DP)} = (90,000 - 18,000) / 5$$

$$= 14,400 \text{ บาทต่อปี}$$

1.1.2) ในการคำนวณ กำหนดราคาารถแทรกเตอร์เท่ากับ 650,000 บาท มูลค่าของรถแทรกเตอร์เมื่อครบอายุการใช้งาน 10 ปีมีค่าเหลือ 20% ของราคาซื้อ ดังนั้น

$$\text{ราคาคงเหลือเครื่อง} = (650,000 \times 20) / 100$$

$$= 130,000 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคา (DP)} = (650,000 - 130,000) / 10$$

$$= 52,000 \text{ บาทต่อปี}$$

อย่างไรก็ตามเนื่องจากรถแทรกเตอร์มีการใช้งานหลายกิจกรรมในการผลิตมันสำปะหลัง ในที่นี้ประมาณว่ามีการนำรถแทรกเตอร์มาใช้ในกิจกรรมการปลูกประมาณ 30% ของการใช้รถแทรกเตอร์ทั้งปี จึงคิดต้นทุนคงที่ของรถแทรกเตอร์ในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเท่ากับ 30% ของต้นทุนของรถแทรกเตอร์ทั้งปี ดังนั้น

$$\text{ค่าเสื่อมราคา (DP)} = (52,000 \times 30) / 100$$

$$= 15,600 \text{ บาทต่อปี}$$

ดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส (Interest on Investment) คิดค่าเสียโอกาสจากสมการ $(I) = (P+S)/2 \times i/100$ โดยที่ i คืออัตราดอกเบี้ยต่อปี (เปอร์เซ็นต์) กำหนดให้อัตราดอกเบี้ยต่อปี เท่ากับ 10% ดังนั้น

1.2.1) ค่าเสียโอกาสสำหรับการซื้อเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

$$\text{ค่าเสียโอกาสต่อปี} = (90,000 + 18,000) / 2 \times 10 / 100$$

$$= 5,400 \text{ บาทต่อปี}$$

1.2.2) ค่าเสียโอกาสสำหรับการซื้อรถแทรกเตอร์เพื่อใช้งานกับเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

$$\text{ค่าเสียโอกาสต่อปี} = (650,000 + 130,000) / 2 \times 10 / 100 \times 30 / 100$$

$$= 11,700 \text{ บาทต่อปี}$$

$$\text{ดังนั้นรวมต้นทุนคงที่ทั้งหมด (Fixed cost)} = 14,400 + 15,600 + 5,400 + 11,700$$

$$= 47,100 \text{ บาทต่อปี}$$

2. ต้นทุนแปรผัน (Variable cost)

2.6 ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (Repair and maintenance) ของรถแทรกเตอร์คิดเฉลี่ยโดยเท่ากับ 0.1% ของราคาเครื่อง/100 ชั่วโมงการทำงาน(Hunt,1983) ดังนั้นค่าซ่อมและบำรุงรักษามีค่าเท่ากับ $(0.001 \times 650,000) / 100 = 6.5$ บาท/ชั่วโมง ส่วนเครื่องปลูกมันสำปะหลังคิดเฉลี่ย เท่ากับ 5% ของราคาเครื่อง/100ชั่วโมงการทำงาน ดังนั้นมีค่าเท่ากับ $(0.05 \times 90,000) / 100 = 45$ บาท/ชั่วโมง รวมค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาทั้งหมดเท่ากับ $6.5 + 45 = 51.5$ บาท/ชั่วโมง

2.7 ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง จากการทดสอบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 2.55 ลิตร/ไร่ เครื่องทำงานได้ 2 ไร่/ชั่วโมง และราคาน้ำมันประมาณ 30 บาท/ลิตร ดังนั้นค่าน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีค่าเท่ากับ $2.55 \times 2 \times 30 = 153$ บาท/ชั่วโมง

2.8 ค่าน้ำมันหล่อลื่น คิดโดยประมาณ 10% ของค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 15.3 บาท/ชั่วโมง

2.9 ค่าแรงงานคนขับ จำนวน 1 คนวันละประมาณ 300 บาท ทำงานวันละ 8 ชั่วโมงดังนั้น คิดเป็น $300 / 8 = 37.5$ บาท/ชั่วโมง

2.10 ค่าแรงคนงาน ต้องใช้คนงานประมาณ 3 คน/วัน ในการเรียงท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง 1 คนและคนงานป้อนท่อนพันธุ์ 2 คน โดยคิดค่าแรงงานวันละ 300 บาท ทำงานวันละ 8 ชั่วโมงดังนั้นค่าแรงคนงานจะเท่ากับ $(3 \times 300) / 8 = 112.5$ บาท/ชั่วโมง

ในการคำนวณหาจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องชุดและรวบรวมหัวมันสำปะหลังใช้สมการการคำนวณดังต่อไปนี้

$$A_c = \left(\frac{F_c}{A}\right) + \left(\frac{1}{C_i}\right) \times (R \& M + F + O + L_0 + L_1)$$

โดยที่ F_c = ต้นทุนคงที่ (บาท/ปี)

A_c = ต้นทุนการใช้เครื่อง (บาท/ไร่)

A = พื้นที่ทำงานใน 1 ปี (ไร่)

$R \& M$ = ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (บาท/ชั่วโมง)

F = ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/ชั่วโมง)

O = ค่าน้ำมันหล่อลื่น (บาท/ชั่วโมง)

L_0 = ค่าแรงคนขับ (บาท/ชั่วโมง)

L_1 = ค่าแรงคนงาน (บาท/ชั่วโมง)

C_t = ความสามารถในการทำงานของเครื่อง (ไร่/ชั่วโมง)

แทนค่า

$$A_c = \left(\frac{47,100}{A}\right) + \left(\frac{1}{2}\right)(51.5 + 153 + 15.3 + 37.5 + 112.5)$$

$$A_c = \left(\frac{47,100}{A}\right) + (184.9) \quad \dots\dots\dots (1)$$

ค่าใช้จ่ายในการปลูกมันสำปะหลังด้วยแรงงานคน ระยะระหว่างระหว่างร่อง 120 เซนติเมตร และ ระยะห่างระหว่างต้น 50 เซนติเมตร ประกอบด้วย

ค่าจ้างรถแทรกเตอร์ไถยกร่อง	250	บาท
ค่าจ้างแรงงานปักท่อนพันธุ์	250	บาท
รวมค่าใช้จ่ายเท่ากับ	500	บาทต่อไร่

จุดคุ้มทุนของการใช้งานเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบแถวเดี่ยว สามารถคำนวณได้เมื่อค่าใช้จ่ายในการใช้งานเครื่องปลูกมันสำปะหลัง ดังสมการ (1) เท่ากับค่าจ้างยกร่องและค่าจ้างแรงงานในการปักท่อนพันธุ์มันสำปะหลังรวม 500 บาทต่อไร่

$$\text{ค่าใช้จ่ายในการใช้งานเครื่องปลูกมันสำปะหลัง} = \text{ค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงาน}$$

$$(47,100/A) + 184.9 = 500$$

$$A = 149.48 \text{ ไร่ต่อปี}$$