



การศึกษาและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชพร้อมใส่ปุ๋ยในร่องมันสำปะหลัง

Study and Development of a Tractor-Mounted Inter-Row Weeding and Fertilizing Implement for Cassava Cultivation

สหัทธ ชลาชัย¹, ลักขณา พิทักษ์¹, เรวัตน์ เต็มกล้า^{1*}

Sahapat Chalachai¹, Lakkana Pitak¹, Rewat Termkla^{1*}

¹มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์, สุรินทร์ 32000

¹Rajamangala University of Technology Isan Surin Campus, Surin 32000

*Corresponding author: Tel.: +66-8-7677-1762, E-mail: rewat.te@rmu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชพร้อมใส่ปุ๋ยในร่องมันสำปะหลัง ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานโดยการพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 2,000 rpm ใช้เกียร์ Low-1, Low-2, Low-3 และ High-1 ที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ 2.84, 3.34, 3.80 และ 4.38 km hr⁻¹ ตามลำดับ ในพื้นที่การทดสอบ 162 m² พบว่า ความสามารถในการทำงานทางไร่จริงเฉลี่ยเท่ากับ 0.60, 0.94, 1.17 และ 2.40 rai hr⁻¹ ตามลำดับ และประสิทธิภาพในการทำงานเชิงไร่เท่ากับ 82.18, 82.41, 74.83 และ 83.02% ตามลำดับ ค่าอัตราการสิ้นเปลืองมีค่าใกล้เคียงกัน แต่มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ 10-14% ซึ่งบ่งบอกให้ทราบว่าสามารถลดต้นทุนของอุปกรณ์ลงได้อีกเพื่อประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชเฉลี่ยเท่ากับ 88.63, 86.52, 85.52 และ 86.41% ที่ความเสียหายของต้นมันสำปะหลังเฉลี่ยเท่ากับ 4.44, 5.88, 9.00 และ 13.04% อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยเท่ากับ 2.36, 3.50, 3.64 และ 4.50 L rai⁻¹ ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า เกียร์ Low-1 ให้ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชสูงที่สุด และเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของต้นมันสำปะหลัง รวมถึงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง มีค่าเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: เครื่องกำจัดวัชพืช, พ่วงท้ายรถแทรกเตอร์, ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช

Abstract

The present research aimed to study and developed a weeding and fertilizing implement for application in cassava inter-rows. Performance evaluation was conducted by attaching the implement to a tractor operating at an engine speed of 2,000 rpm, using gears Low-1, Low-2, Low-3, and High-1, corresponding to traveling speeds of 2.84, 3.34, 3.80, and 4.38 km·hr⁻¹, respectively. The field testing was carried out on an area of 162 m². The actual field capacities were found to be 0.60, 0.94, 1.17, and 2.40 rai·hr⁻¹, respectively, with field efficiencies of 82.18, 82.41, 74.83 and 83.02%. The results indicated that field efficiency remained relatively constant as speed increased, with the highest efficiency observed at High-1 gear. Slip ratios were similar across all gears and remained below the standard threshold of 10–14%, suggesting that the implement's weight could potentially be reduced to improve fuel efficiency. The average weeding efficiencies were 88.63, 86.52, 85.52 and 86.41%, while the average crop damage rates were 4.44, 5.88, 9.00 and 13.04%, respectively. Fuel consumption rates were 2.36, 3.40, 3.64, and 4.50 L·rai⁻¹, respectively. These findings reveal that the implement achieved the highest weeding efficiency when operated in Low-1 gear. However, as travel speed increased, crop damage and fuel consumption also increased.

Keywords: Weeding machine, Tractor-mounted, Weed control efficiency

Received: July 15, 2024

Revised: May 24, 2025

Accepted: May 27, 2025

Available online: June 26, 2025

1 บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชอาหารที่สำคัญอันดับที่หกของโลก รองจากอ้อย ข้าวโพด ข้าว ข้าวสาลี และมันฝรั่ง เป็นพืชอาหารที่สำคัญในภูมิภาคเขตร้อนโดยเฉพาะในแอฟริกาและอเมริกาใต้ ในขณะที่ประเทศในเอเชียที่บริโภคมันสำปะหลังมากคืออินโดนีเซีย และอินเดีย มันสำปะหลังเป็นไม้พุ่มยืนต้นกึ่งไม้สูงสามารถปลูกได้ง่าย เจริญเติบโตได้ในดินที่มีธาตุอาหารต่ำ และทนทานต่อความแห้งแล้ง อีกทั้งยังมีความสามารถอย่างมากในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศที่แตกต่างกัน มันสำปะหลังจึงมีความสำคัญต่อเกษตรกรรายย่อยจนถึงแปลงปลูกขนาดใหญ่ (Burns et al., 2010; El-Sharkawy, 2003)

สำหรับประเทศไทยมันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ โดยพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทยมีทั้งสิ้นประมาณ 10.86 ล้านไร่ กระจายอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคกลาง ตามลำดับ โดยในปี 2565 มีผลผลิตมันสำปะหลังทั้งประเทศประมาณ 34.07 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, 2565) ด้านการส่งออกในช่วง 9 เดือนของปี 2565 ไทยส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังแล้วรวม 8.73 ล้านตัน มูลค่า 115,478.55 ล้านบาท โดยส่งออกเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูป ได้แก่ มันเส้นและมันอัดเม็ด แป้งมันสำปะหลังดิบและแปรรูป รวมถึงสาคุและกากมัน เท่ากับ 36, 62 และ 2% ตามลำดับ (กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์, 2565)

สำหรับการผลิตมันสำปะหลังของเกษตรกรโดยทั่วไปประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ๆ หลายขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมดิน การปลูก การบำรุงรักษา การจัดการวัชพืช การจัดการด้านโรค-แมลง การเก็บเกี่ยว และรวบรวมหัวมันขึ้นรถบรรทุก ซึ่งเกษตรกรจะนำเครื่องจักรกลเกษตรเข้ามาช่วยดำเนินการในบางขั้นตอน แต่โดยทั่วไปยังคงใช้แรงงานคนทำงานเป็นหลัก (Thangdee and Wongpichet, 2012) โดยเฉพาะขั้นตอนการบำรุงรักษาและการจัดการวัชพืช ที่มีสัดส่วนแรงงานถึง 65% ของแรงงานทั้งหมดในการผลิตมันสำปะหลัง ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่มากขึ้น ประกอบกับปัญหาด้านจำนวนแรงงานที่ลดลง ส่งผลให้เกษตรกรต้องรับภาระต้นทุนในการผลิตที่มากขึ้น อย่างไรก็ตาม ผลผลิตมันสำปะหลังจะมีผลผลิตต่ำเนื่องจากปัจจัยหลายประการ เช่น ความแห้งแล้งและศัตรูพืช ศัตรูพืชที่มีสาเหตุสำคัญประการหนึ่งเกิดจากการรบกวนของวัชพืช โดยวัชพืชเป็นศัตรูพืชสำคัญที่แข่งขันกับพืชเพื่อหาสารอาหาร น้ำ แสงสว่าง และคาร์บอนไดออกไซด์ และบางชนิดถึงกับผลิตสารที่ยับยั้งการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืช (Phaphenit and Poonpaiboonpipat, 2023) การแพร่กระจายของวัชพืชจึงถือเป็นความเสี่ยงที่สำคัญ และเป็นปัจจัยหลักในการปลูกมันสำปะหลัง

เพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียผลผลิต การควบคุมวัชพืชภายในแปลงถึงสิบหกสัปดาห์แรกหลังการปลูกมันสำปะหลังมีความสำคัญอย่างยิ่ง การไถพรวนดินอย่างเหมาะสมเป็นวิธีหนึ่งในการควบคุม

วัชพืชซึ่งเป็นวิธีแรกและดีที่สุดที่ใช้ในการทำให้เมล็ดวัชพืชอยู่ในสถานะที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการงอก ในขณะเดียวกันก็เป็นการเติมอากาศในดิน เพิ่มความพรุนของดินและปรับปรุงการซึมผ่านดินของราก (Schwartz-Lazaro and Copes, 2019) อย่างไรก็ตาม การเตรียมดินและกำจัดวัชพืชอย่างต่อเนื่องโดยใช้เครื่องมือแบบดั้งเดิมเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งของการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน เนื่องจากทำให้ดินถูกแสงแดดและลม นอกจากนี้ หากเกษตรกรมีการใช้สารเคมีในการควบคุมวัชพืชในระยะยาว และมากเกินไปจะเป็นการลดปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เมื่อเทียบกับการใช้ตัวเลือกการควบคุมวัชพืชด้วยเครื่องจักร (Islami, 2017) ดังนั้นการนำตัวเลือกการควบคุมวัชพืชแบบบูรณาการมาใช้อย่างเหมาะสมอาจช่วยในการปรับปรุงคุณภาพดินและลดการพังทลายของดิน เครื่องกำจัดวัชพืชสามารถแบ่งได้เป็นแบบพาสซีฟและแบบแอคทีฟโดยขึ้นอยู่กับว่ามีแหล่งพลังงานหรือไม่ (Rask and Kristoffersen, 2007) ซึ่งการกำจัดวัชพืชแบบแอคทีฟสามารถทำงานโดยหลักเลี้ยงต้นกล้าอ่อนของพืชและการกำจัดวัชพืชไปพร้อม ๆ กัน การกำจัดวัชพืชดังกล่าวสามารถแบ่งออกเป็นการแกว่ง การหมุน และแบบผสม (Tillett et al., 2008) อย่างไรก็ตาม ความท้าทายในการออกแบบคือการเพิ่มประสิทธิภาพของการส่งกำลังและลดจำนวนชิ้นส่วนประกอบ เครื่องกำจัดวัชพืชมักจะติดตั้งอยู่ด้านหลังรถแทรกเตอร์ ขณะที่รถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ เครื่องกำจัดวัชพืชจะทำหน้าที่พรวนดินเพื่อกำจัดวัชพืชต่อไป (Chang et al, 2021)

Selvan et al. (2015) ได้พัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชเพื่อตอบสนองความต้องการในการกำจัดวัชพืชของมันสำปะหลังที่ปลูกในรูปแบบเนินดินในพื้นที่เนินเขาโดยไม่ทำลายหัวที่ปลูกใต้เนินดิน เครื่องจักรใช้ต้นกำลังเป็นเครื่องยนต์เบนซิน มีความสามารถในการกำจัดวัชพืชระหว่างแถวทั้งสองทิศทางด้วยประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชที่ยอมรับได้ 92.8% และประสิทธิภาพในการทำงาน 79.0% เช่นเดียวกับ Gbabo et al. (2019) ได้ออกแบบ สร้าง และประเมินประสิทธิภาพของเครื่องกำจัดวัชพืชแนวอนซึ่งขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์เบนซินขนาด 6 hp. ทดสอบเครื่องที่ระดับความชื้นในดิน 16% และความลึกการทำงาน 35 mm. ผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็วในการหมุนใบมีดจาก 1,000 rpm. เป็น 2,500 rpm. นอกจากนี้ การเพิ่มความเร็วของผู้ปฏิบัติงานจาก 0.54 km hr⁻¹ เป็น 1.26 km hr⁻¹ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชจาก 90.8% เป็น 97.6% จากนั้นจะลดลงเป็น 52.3% ที่ความเร็วเพิ่มขึ้น 1.62 km hr⁻¹ นอกจากนี้ประสิทธิภาพใบมีดและหญ้าก็มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรสำหรับประเทศไทย วชิรินทร์ และพิศมาส (2558) ได้พัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชระหว่างแถวมันสำปะหลังโดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง เครื่องต้นแบบประกอบด้วยชุดพรวน 3 ชุดดังนี้ ชุดพรวนกำจัดวัชพืชหลักแบบปัก ชุดพรวนกำจัดวัชพืชรองแบบพรวนซี่ตรง และชุดพรวนยกร่องแบบหัวหมูปักแยก ผลการ

ทดสอบสมรรถนะการทำงานพบว่า ความเร็วการกำจัดวัชพืชที่เหมาะสมที่สุดคือ 2.60 km hr^{-1} โดยการทดสอบยืนยันผลสรุปได้ว่า มีอัตราการทำงาน $0.85 \text{ ไร่-คน/ชั่วโมง}$ ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช 95.65% และความสูญเสียที่เกิดกับมันสำปะหลัง 5.41% และงานวิจัยของประสาธ (2558) พัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ย โดยเครื่องต้นแบบต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก (30-45 แรงม้า) ผู้ปฏิบัติงานจะโยกบังคับไถพรวนดิน เพื่อกำจัดวัชพืชที่อยู่ระหว่างต้นบนร่องปลูกมันสำปะหลัง จากนั้นเครื่องจะโรยปุ๋ยบนร่องมันสำปะหลังในอัตรา $20-60 \text{ kg rai}^{-1}$ แล้วจากนั้นปุ๋ยจะถูกกลบด้วยส่วนกำจัดวัชพืชระหว่างร่อง ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ในแปลงมันสำปะหลังอายุ 1-2 เดือน มีประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชประมาณ $90-97\%$ มีความสามารถในการทำงานประมาณ 1 rai hr^{-1} มีอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันประมาณ $1.5-1.7 \text{ L rai}^{-1}$ และมีประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ 83%

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เครื่องกำจัดวัชพืชส่วนใหญ่ที่ได้รับการออกแบบและพัฒนาขึ้นยังเป็นเครื่องมือที่ใช้ต้นก้างขนาดเล็ก และมีการใช้เพื่อกำจัดวัชพืชเพียงอย่างเดียว ทำให้ความสามารถในการทำงานไม่มากเท่าที่ควร ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษา พัฒนา และทดสอบประสิทธิภาพเครื่องกำจัดวัชพืชในร่องมันสำปะหลังแบบติดถังปุ๋ยพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพในการทำงานจริงในร่องมันสำปะหลัง เพิ่มความรวดเร็วในการพรวนดินกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยมันสำปะหลัง ลดต้นทุนการผลิต และลดการใช้แรงงานคนได้

2 อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชพร้อมใส่ปุ๋ยในร่องมันสำปะหลังมีแนวคิดการออกแบบให้สามารถทำงานได้ทั้ง 3 ขั้นตอนในการทำงานครั้งเดียว ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 ไถงานทำหน้าทีไถกลบวัชพืชบนสันร่องลงในร่องมันสำปะหลัง ขั้นตอนที่ 2 ถังปุ๋ยทำหน้าที่หว่านปุ๋ยหลังจากไถงาน และขั้นตอนที่ 3 ไถหัวหมูจะทำหน้าที่ไถสาดดินเข้าโคนต้นดั้งเดิม โดยกระบวนการศึกษามีขั้นตอนและแนวคิดดังแสดงใน Figure 1

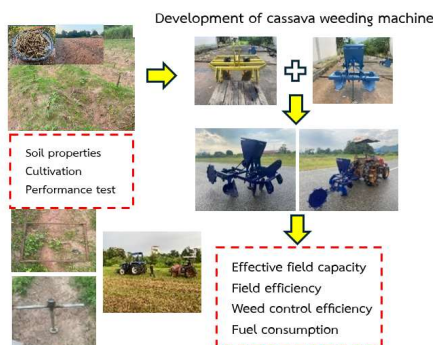


Figure 1 Schematics for development and testing of a cassava weeding machine.

2.1 ศึกษาวิธีการปลูกมันสำปะหลัง

จากการศึกษาการปลูกมันสำปะหลังอินทรีย์ในปัจจุบันพบว่า เกษตรกรจำนวนมากนิยมปลูกมันสำปะหลังมีระยะห่างระหว่างต้นที่ 60-100 cm และระยะห่างระหว่างแถว 120-130 cm โดยระยะห่างระหว่างร่องที่ 120 cm เป็นระยะที่เหมาะสมในการปลูกมันสำปะหลังที่จะนำเครื่องจักรเข้าทำงานเพื่อลดความยากลำบากในการทำงานของเกษตรกร ซึ่งสอดคล้องกับกรมวิชาการเกษตรที่กล่าววาระยะที่เหมาะสมของร่องมันสำปะหลังมีขนาดเท่ากับ 120 cm (สมลักษณ์, 2551) ดัง Figure 2



Plant spacing: 60–100 cm Row spacing: 120–130 cm

Figure 2 Study of cassava cultivation.

การศึกษาระยะการเจริญเติบโตของต้นมันสำปะหลังในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 6 โดยการวัดระยะความยาวของต้นมันสำปะหลังพบว่าสัปดาห์ 1-5 สามารถทำการกำจัดวัชพืชในร่องมันสำปะหลังได้ โดยที่ต้นมันสำปะหลังไม่ได้รับความเสียหายจากการใช้เครื่องกำจัดวัชพืชพร้อมใส่ปุ๋ยในร่องมันสำปะหลัง และพบว่าสัปดาห์ที่ 6 เนื่องจากการคร่อมร่องของรถแทรกเตอร์ส่งผลทำให้เกิดความเสียหายต่อใบต้นมันสำปะหลัง แต่ต้นมันสำปะหลังสามารถแตกใบขึ้นใหม่ได้

2.2 เครื่องกำจัดวัชพืชในร่องมันสำปะหลัง

2.2.1 รถแทรกเตอร์

รถแทรกเตอร์ซึ่งใช้เป็นต้นก้าง เป็นรถแทรกเตอร์ ยันมาร์ EF352T ขนาด 35 hp. มีระบบขับเคลื่อน 4WD เครื่องดีเซล มีความกว้างของล้อหน้า 26 cm. ความกว้างล้อหลัง 35 cm. ความกว้างตัวรถแทรกเตอร์ 132 cm. และความยาวทั้งหมดของรถแทรกเตอร์ 277 cm. แขนยกอุปกรณ์ 3 จุด การไหลน้ำมันปั๊มไฮดรอลิก 23 L min^{-1} น้ำหนักยกสูงสุดที่ปลายแขนยก 1,000 kg. และความเร็วรอบ PTO เท่ากับ 540 rpm. ที่รอบเครื่องยนต์ 2,000 rpm. และมีความเร็วในการเคลื่อนที่ที่เกียร์ Low-1, Low-2, Low-3 และ High-1 เฉลี่ยที่ 2.84, 3.34, 3.80 และ 4.38 km hr^{-1} ตามลำดับ ลักษณะการต่อพ่วงแสดงได้ดัง Figure 3



Figure 3 Tractor-mounted cassava weeding machine.

2.2.2 เครื่องกำจัดวัชพืชพร้อมใส่ปุ๋ยในร่องมันสำปะหลัง

ส่วนประกอบเครื่องกำจัดวัชพืชพร้อมใส่ปุ๋ยในร่องมันสำปะหลังมีดัง Figure 4



Figure 4 Components of cassava weeding machine.

จาก Figure 3 เครื่องกำจัดวัชพืชพร้อมใส่ปุ๋ยในร่องมันสำปะหลัง มีส่วนประกอบและหน้าที่ในการทำงานดังต่อไปนี้

หมายเลข 1. ล้อขับ จะหมุนตามความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ควบคุมการทำงานชุดเฟืองโซ่ส่งกำลังไปยังถังปุ๋ย

หมายเลข 2. ชุดเฟืองโซ่ ทำหน้าที่ถ่ายทอดกำลังไปยังถังปุ๋ย

หมายเลข 3. ถังปุ๋ย สามารถบรรจุปุ๋ยได้ 50 kg

หมายเลข 4. ผานหัวหมู ทำหน้าที่โยกดินจากกลางร่องขึ้นไปยังสันร่องต้นมันสำปะหลัง

หมายเลข 5. ใบจาน ทำหน้าที่เกลบวัชพืชจากสันร่องลงกลางร่องมันสำปะหลัง

หมายเลข 6. โครงเหล็ก ทำหน้าที่ยึดอุปกรณ์ต่างๆ

2.3 การเจริญเติบโตของวัชพืชและคุณสมบัติต่าง ๆ ของดิน

2.3.1 การเจริญเติบโตของวัชพืช

วิธีการจะสุ่มเก็บตัวอย่างวัชพืชในแปลง จะสุ่มเก็บในรูปสี่เหลี่ยม ขนาด 50x50 cm โดยเก็บตัวอย่างวัชพืชใส่ถุงพลาสติก บริเวณหัวแปลง กลางแปลง และท้ายแปลง บริเวณละ 3 จุด ทั้งหมด 9 จุด จากตัวอย่าง จะพบว่า ทุกสัปดาห์วัชพืชจะมีการเจริญเติบโตรวดเร็ว ดังนั้นจำเป็นต้องเข้าทำความสะอาดแปลง การทดลองนี้จะดำเนินการกำจัดวัชพืชในช่วงสัปดาห์ที่ 1-5 เนื่องจากไม่ส่งผลกระทบต่อรากและใบของต้นมันสำปะหลัง โดยอัตราการเจริญเติบโตของวัชพืชแสดงใน Table 1

Table 1 Cassava growth stages results.

Growth stage (Week)	Cassava height (cm)
1	10.70 ± 0.82
2	14.00 ± 1.70
3	21.50 ± 3.31
4	28.90 ± 3.35
5	34.10 ± 2.88
6	39.60 ± 3.50

2.3.2 การหาความชื้นในดิน

วิธีวัดโดยน้ำหนัก (Gravimetric method) เป็นเทคนิคที่เป็นธรรมชาติและเก่าแก่ที่สุด Rasheed et al., (2022) ในวิธีนี้มั่นใจได้ว่าการวัดปริมาณน้ำถูกต้องและไม่เกี่ยวข้องกับชนิดของดินและความเค็มเมื่อชั่งน้ำหนักตัวอย่างดินเรียบร้อยแล้วนำเข้าตูบลดความชื้นโดยใช้ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) อบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 hr. แล้วนำตัวอย่างดินออกมาชั่งน้ำหนักหลังอบอีกครั้ง นำค่าน้ำหนักตัวอย่างดินก่อนอบและหลังอบมาคำนวณหาความชื้นดินต่อไป โดยใช้สมการที่ 1

$$S_w = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \times 100 \quad (1)$$

โดยที่ S_w คือเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของน้ำในดิน(%)

M_1 คือน้ำหนักดินก่อนอบ(g) M_2 คือน้ำหนักดินหลังอบ(g)

2.3.3 การหาความต้านทานการแทงทะลุของดิน

ทดสอบโดยเครื่อง Cone penetrometer ใช้หัวทดสอบขนาด 3 cm² กดและอ่านค่าตัวเลขในการทดสอบ ทดสอบในระดับความลึก 5, 10 และ 15 cm บันทึกค่าที่อ่านได้ในแต่ละจุดและนำมาคำนวณหาความต้านทานการแทงทะลุของดินในสมการที่ 2 (ประเทือง และเจตพล, 2555)

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2)$$

โดยที่ σ คือความต้านทานของแรงกดของดิน (N.cm⁻²)

F คือแรงกดที่อ่านได้จากเครื่องมือ (N)

A คือขนาดพื้นที่ของหัวทดสอบ (cm²)

2.3.4 หาค่าแรงตัดเฉือนภายในดิน

การทดสอบโดยเครื่อง Shear annulus โดยใช้หัวกรูปรวยขนาด 2 cm กดและหมุนดินให้ขาด อ่านค่าตัวเลขในการทดสอบ โดยพื้นที่ทดสอบมีจำนวนรวมทั้งหมด 9 จุด บริเวณหัวแปลง กลางแปลง และท้ายแปลง บริเวณละ 3 จุด ทดสอบในระดับความลึก 5, 10 และ 15 cm บันทึกค่าที่อ่านได้ในแต่ละจุด

2.3.5 การจำแนกเนื้อดิน

ดินประกอบด้วยส่วนที่เป็นอินทรีย์วัตถุ และส่วนของดินแร่ (Inorganic part) ส่วนของดินแร่สามารถจะแยกออกจากกันได้โดยใช้ขนาดของอนุภาค ซึ่งเรียกว่า Soil separate แบ่งออกได้

เป็นทราย (Sand) ดินร่วน (Silt) และดินเหนียว (Clay) และอนุภาคทั้ง 3 ชนิดนี้จะทำให้เกิดเนื้อดินชนิดต่าง ๆ ขึ้น (ภาคภูมิ, 2565) ดัง Figure 5

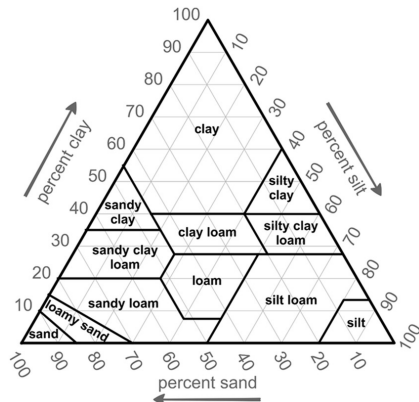


Figure 5 Soil textural triangle and textural classes.

2.4 ศึกษาสมรรถนะการทำงานของต้นกำลัง

2.4.1 การหาความเร็วที่เหมาะสมในการใช้งาน

วิธีการหาความเร็วที่เหมาะสมในการใช้งานรถแทรกเตอร์จะใช้การปักหลักเส้นตรงกึ่งกลางของแปลงห่างกันเป็นระยะทาง 20 m คำนวณหาความเร็วโดยใช้ระยะทาง 20 m หารด้วยเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ผ่านหลักเส้น 20 m ได้เป็นความเร็วในการทำงานมีหน่วยเป็น $m s^{-1}$ และบันทึกผลการทดสอบ

2.4.2 การหาค่าแรงฉุดลากของรถแทรกเตอร์

ใช้รถแทรกเตอร์ติดตั้งไดนาโมมิเตอร์ต่อโซ่ลากรรถแทรกเตอร์ที่ใช้ในการทดลองเพื่อทำการทดสอบ ดังแสดงใน Figure 6 การควบคุมสภาพแวดล้อม ระยะทาง วัสดุ อุปกรณ์ต่อพ่วง และน้ำหนักบรรทุกทุกให้เหมือนกัน เพื่อให้เปรียบเทียบผลได้อย่างเที่ยงตรงในการทดสอบ โดยความเร็วรอบของรถแทรกเตอร์ที่ 2,000 rpm. ที่เกียร์ Low-1, Low-2, Low-3 และ High-1 เคลื่อนที่ผ่านหลักเส้นตรงกึ่งกลางของแปลงห่างกันระยะ 20 m. หารด้วยเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่



Figure 6 Field measurement of tractor drawbar power.

ดำเนินการทดสอบโดยติดเครื่องกำจัดวัชพืชพร้อมใส่ปุ๋ยในร่องมันสำปะหลังกับรถแทรกเตอร์โดยยกเครื่องท่อนแรงไม่ให้ไถตดิน และแบบวางให้ตดพื้นดิน บันทึกผลการทดสอบโดยผลต่างของแรงฉุดลากทั้ง 2 แบบ ที่ได้จะเป็นแรงฉุดลากที่เกิดขึ้นจากเครื่องกำจัดวัชพืชนำมาหาแรงฉุดลากจำเพาะ (Specific draft

force) ในสมการที่ 3 และคำนวณหาค่าแรงฉุดลากของรถแทรกเตอร์ (Drawbar Power) (ปิยะพงษ์ และคณะ, 2561) จากสมการที่ 4

$$\text{Specific draft force (kN.m}^{-2}\text{)} = \frac{F_d}{wxd} \quad (3)$$

โดยที่ F_d คือแรงฉุดลากที่เกิดขึ้น (kN)

w คือความกว้างการทำงาน (m)

d คือความลึกการทำงาน (m)

$$\text{Power (kW)} = FV \quad (4)$$

โดยที่ F คือแรงฉุดลากในแนวระดับ (kN)

V คือความเร็วในการทำงานของแทรกเตอร์ ($m.s^{-1}$)

2.4.3 การหาค่าการลื่นไถล

ปิยะพงษ์ และคณะ (2561) กล่าวว่า การลื่นไถลของล้อรถแทรกเตอร์มีความสำคัญอย่างมากต่อความสามารถในการทำงานเชิงไร่ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน และอายุการใช้งานของรถแทรกเตอร์ วิธีการทดสอบการลื่นไถลตามมาตรฐานการทดสอบของ RNAM (1983) (Smith et al., 1994) ดัง Figure 7

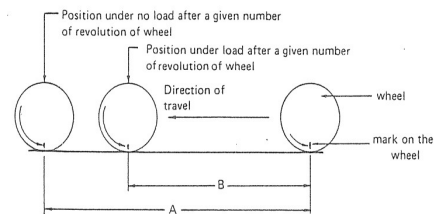


Figure 7 Measurement of wheel slip.

สามารถคำนวณหาค่าร้อยละการลื่นไถลของล้อดังแสดงในสมการที่ 5

$$\text{Percentage wheel slip} = \frac{A - B}{A} \times 100 \quad (5)$$

โดยที่ A คือระยะทางรถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ได้เมื่อล้ออย่างหมุนครบ 10 รอบ (m)

B คือระยะทางรถแทรกเตอร์ที่ต่อพ่วงกับเครื่องกำจัดวัชพืชเคลื่อนที่ได้เมื่อล้ออย่างหมุนครบ 10 รอบ (m)

2.5 การทดสอบเครื่องกำจัดวัชพืชพร้อมใส่ปุ๋ยในร่องมันสำปะหลัง

ในการทดสอบเครื่องจักรกลเกษตรใสภาพพื้นที่จริงเพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่ถูกต้องจำเป็นต้องมีการหาค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยมีค่าชี้ผลดังนี้

2.5.1 ความสามารถในการทำงานเชิงไร่

ความสามารถทางทฤษฎี (Theoretical field capacity, TFC) คือ อัตราการทำงานที่เครื่องจักรกลสามารถทำงานได้เต็มที่

ในเวลาที่กำหนดกับระยะความกว้างของเครื่องจักร (ปิยะพงษ์ และคณะ, 2563)

$$TFC = L \times V \quad (6)$$

โดยที่ TFC คือความสามารถทางทฤษฎี (rai hr^{-1})

L คือความกว้างของการทำงาน (m)

V คือความเร็วในการเคลื่อนที่ (m s^{-1})

ความสามารถในการทำงานจริง (Effective Field Capacity: EFC) คือการวัดปริมาณพื้นที่ที่เครื่องจักรกลสามารถทำงานได้จริงในหน่วยเวลา โดยสามารถแสดงผลเป็นไร่ เฮกตาร์ หรือ เอเคอร์ และในบางกรณีอาจวัดจากน้ำหนักผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้เป็นต้นต่อหน่วยเวลา (Smith et al., 1994)

$$EFC = \frac{A}{T} \quad (7)$$

โดยที่ EFC คือความสามารถทำงานจริง (rai hr^{-1})

A คือจำนวนพื้นที่ (rai)

T คือจำนวนชั่วโมง (hr)

2.5.2 ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงไร่ (Efficiency Field, EFF)

Smith et al. (1994) กล่าวว่าอัตราส่วนของความสามารถในการทำงานจริงต่อความสามารถทางทฤษฎี ซึ่งเป็นเครื่องช่วยให้เห็นว่ามีการใช้เวลาไปเท่าใด เมื่อเทียบกับเวลาที่ต้องเสียรถ

$$EFF = \frac{TFC}{EFC} \times 100 \quad (8)$$

โดยที่ EFF คือ ประสิทธิภาพการทำงานเชิงไร่ (%)

2.5.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช

การกำจัดวัชพืชหรือการควบคุมวัชพืชจะต้องเกิดประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชและต้องทราบจำนวนวัชพืชทั้งก่อนและหลังการกำจัดวัชพืชทั้งก่อนและหลังการกำจัดวัชพืช (ศิริเจริญ และคณะ, 2564) จากสมการ ดังนี้

$$E_w = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad (9)$$

E_w คือประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช (%)

W_1 คือการสุ่มนับวัชพืชในพื้นที่ 50x50 cm. ก่อนการกำจัดวัชพืช (ต้น)

W_2 คือการสุ่มนับวัชพืชในพื้นที่ 50x50 cm. หลังการกำจัดวัชพืช (ต้น)

2.5.4 อัตราความเสียหายของต้นมันสำปะหลัง

ระดับความเสียหายของพืชหลังจากการที่มีการกำจัดวัชพืชชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพของเครื่องมือ ซึ่งสามารถประเมินความเสียหายโดยการนับจำนวนต้นมันสำปะหลังตามความยาวของ

แถวก่อนและหลังการกำจัดวัชพืช ข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหายที่เกิดขึ้นโดยแต่ละแถวการทดลองมีต้นมันสำปะหลังจำนวน 50 ต้น

2.5.5 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นอัตราส่วนของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อเวลา สามารถหาได้ดังนี้ (รุ่งเรือง และคณะ, 2553)

$$\text{Fuel consumption (L.hr}^{-1}\text{)} = \frac{V}{T} \quad (10)$$

โดยที่ V คือปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง (L)

T คือเวลาการทำงาน (hr)

3 ผลการวิจัย

3.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของดินในแปลงทดสอบ

การทดสอบดินในแปลงทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติของดินสำหรับใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบงานวิจัยและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืช ได้ผลการศึกษา ดังนี้

Table 2 Results on soil properties testing.

Soil Property	Location / Depth	Result	Unit
Moisture Content	Head of plot	11.28±2.07	%
	Middle of plot	9.87±2.12	%
	End of plot	8.28±1.15	%
Shear Strength	5 cm depth	15.67±3.12	kPa
	10 cm depth	61.89±3.26	kPa
	15 cm depth	95.33±4.18	kPa
Cone Penetration Resistance	5 cm depth	133.33±0.65	N.m ⁻²
	10 cm depth	400.00±1.05	N.m ⁻²
	15 cm depth	820.00±1.28	N.m ⁻²
Soil Particle Distribution (Texture)	Sand	35.27	%
	Silt	38.83	%
	Clay	25.88	%

เมื่อพิจารณาจากจาก Table 2 พบว่า คุณสมบัติของดินในแปลงทดสอบพบว่าความชื้นดินหัวแปลง มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือดินบริเวณกลางแปลง และท้ายแปลง มีค่าเฉลี่ย 11.28±2.07, 9.87±2.12 และ 8.28±1.15% แรงตัดเฉือนภายในดินมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความลึกของดินเพิ่มมากขึ้น มีค่าเท่ากับ 15.67±3.12, 61.89±3.26 และ 95.33±4.18 kPa. ตามลำดับ เช่นเดียวกับค่าแรงต้านทานการแทงทะลุของดินมีค่าเฉลี่ย 133.33±0.65, 400.00±1.05 และ 820.00±1.28 N m⁻² โดย

พบว่า ดินในแปลงทดสอบส่วนมากจะเป็นดินเหนียว และเมื่อนำค่าเฉลี่ยอัตราส่วนอนุภาคดินไปเปรียบเทียบกับจากตารางสามเหลี่ยมพบว่า ดินในแปลงทดสอบเป็นดินร่วนเหนียว ทั้งนี้ความแตกต่างของดัชนีคุณสมบัติดินไม่ได้ส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องจักรกลการเกษตรที่มีการยกทรงปลูก

3.2 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องจักรกลการเกษตรพร้อมใส่ปุ๋ยในร่องมันสำปะหลัง

การทดสอบสมรรถนะในการทำงานของต้นกำลังเมื่อดำเนินการติดเครื่องจักรกลการเกษตรแบบติดถังปุ๋ยในร่องมันสำปะหลัง ได้ผลการศึกษาดังนี้

Table 3 Results on tractor performance testing

Gear No.	Travelling speed (km.hr ⁻¹)	Force (kN)	Power (kW)	Specific force (kN.m ⁻²)
Low - 1	2.84	4.00	3.14	17.09
Low - 2	3.34	6.16	5.75	26.35
Low - 3	3.80	6.66	7.02	28.49
High - 1	4.38	7.16	8.72	30.62

จาก Table 3 แสดงผลการทดสอบแรงฉุดลากของเครื่องจักรกลการเกษตรพร้อมใส่ปุ๋ยในร่องมันสำปะหลัง ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 2,000 rpm. ที่เกียร์ Low-1, Low-2, Low-3 และ High-1 ได้ค่าเฉลี่ยแรงฉุดลากที่ 4.00, 6.16, 6.66 และ 7.16 kN ตามลำดับ กำลังฉุดลากเฉลี่ยที่ 3.14, 5.75, 7.02 และ 8.72 kW ตามลำดับ และมีแรงฉุดลากจำเพาะเฉลี่ยที่ 17.09, 26.35, 28.49 และ 30.62 kN m⁻² ตามลำดับ โดยผลทดสอบพบว่า เมื่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกลเกษตรเพิ่มขึ้น แรงฉุดลาก กำลังฉุดลาก และแรงฉุดลากจำเพาะจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากแรงต้านจากการทำงาน และอุปกรณ์ต่อพ่วงเพิ่มขึ้น ตามลำดับ

3.3 ผลการทดสอบความสามารถในการทำงานเชิงไร่

3.3.1 ความสามารถในการทำงานเชิงไร่ของเครื่องจักรกลการเกษตรพร้อมใส่ปุ๋ยในร่องมันสำปะหลัง

ผลการทดสอบความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรกลการเกษตรพร้อมใส่ปุ๋ยในร่องมันสำปะหลัง มีดังต่อไปนี้

Table 4 Results on efficiency assessment.

Gear No.	Area (m ²)	TFC (rai.hr ⁻¹)	EFC (rai.hr ⁻¹)	EFF (%)	wheel slip (%)
Low - 1	162	0.76	0.60	82.18	6.54
Low - 2	162	1.13	0.94	82.41	9.86
Low - 3	162	1.56	1.17	74.83	8.79
High - 1	162	2.89	2.40	83.02	8.23

จาก Table 4 แสดงผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องจักรกลการเกษตรพร้อมใส่ปุ๋ยในร่องมันสำปะหลัง โดยประสิทธิภาพการทำงานเชิงไร่ที่ดีที่สุดที่เกียร์ High-1 มีค่าเท่ากับ 83.02% ใกล้เคียงกับ งานวิจัยของประสาธ (2558) ที่พัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตรและใส่ปุ๋ย ซึ่งมีประสิทธิภาพการทำงานเชิงไร่ที่ 83% ค่าอัตราการสิ้นเปลืองที่ทดสอบได้มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ 10-14% ซึ่งบ่งบอกให้ทราบว่าสามารถที่จะลดน้ำหนักของอุปกรณ์ลงได้อีกเพื่อเป็นการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง

3.3.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช

จากการทดสอบความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรกลการเกษตรพร้อมใส่ปุ๋ยในร่องมันสำปะหลัง สามารถหาประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชได้ดัง Figure 8

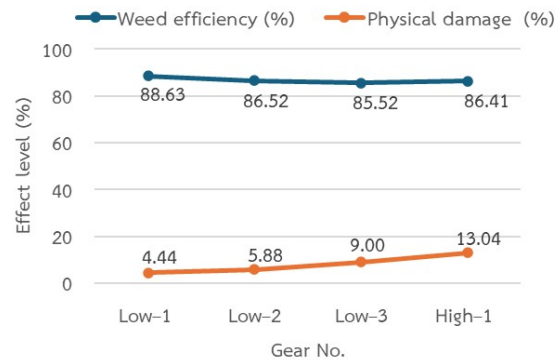


Figure 8 Efficiency of weed control in cassava fields.

จาก Figure 8 แสดงผลการทดสอบหาประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช ที่เกียร์ Low-1, Low-2, Low-3 และ High-1 มีประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชเฉลี่ยเท่ากับ 88.63, 86.52, 85.52 และ 86.41% ความเสียหายของต้นมันสำปะหลังเฉลี่ยเท่ากับ 4.44, 5.88, 9.00 และ 13.04% และมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยเท่ากับ 2.36, 3.50, 3.64 และ 4.50 L rai⁻¹ ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าที่เกียร์ Low-1 ความเร็วในการเคลื่อนที่ 2.84 km hr⁻¹ มีประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช

สูงที่สุด สอดคล้องกับวัชรินทร์ และพิศมาส (2558) ที่พบว่าความเร็วการกำจัดวัชพืชที่เหมาะสมที่สุดจะอยู่ที่ค่าประมาณ 2.60 km hr⁻¹ และเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นจะมีเปอร์เซ็นต์ความ

เสียหายของต้นมันสำปะหลัง สอดคล้องกับ Gbabo et al. (2019) ที่สรุปว่าเมื่อเพิ่มความเร็วของผู้ปฏิบัติงาน ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชเพิ่มขึ้น รวมถึงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นด้วย ดัง Figure 9 สำหรับการใส่ปุ๋ยโดยเครื่องสามารถกำหนดอัตราการโรยปุ๋ยในร่องมันได้ ในอัตรา 20-50 kg ra⁻¹ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของประสาธ (2558) จากนั้นปุ๋ยจะถูกกลบและสาดพร้อมดินเข้าโคนต้นดั้งเดิม

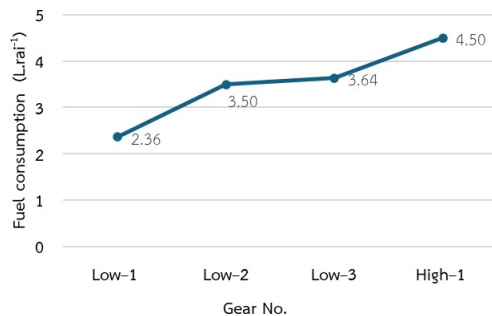


Figure 9 Relationship between gear number and fuel consumption.

4 สรุป

4.1 สรุปผลการศึกษา

ศึกษาวัฏระยะการเจริญเติบโตของต้นมันสำปะหลังในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 6 โดยการวัดระยะความยาวของต้นมันสำปะหลังจะพบว่าสัปดาห์ 1-5 สามารถทำการกำจัดวัชพืชในร่องมันสำปะหลังได้ โดยที่ต้นมันสำปะหลังไม่ได้รับความเสียหาย เมื่อดำเนินการทดลองในสัปดาห์ที่ 6 เป็นต้นไป การกำจัดวัชพืชจะส่งผลทำให้เกิดความเสียหายต่อใบและต้นมันสำปะหลัง เนื่องจากการคร่อมร่องของรถแทรกเตอร์ แต่ต้นมันสำปะหลังสามารถแตกใบขึ้นใหม่ได้ เมื่อศึกษาถึงระยะการเจริญเติบโตของวัชพืชในช่วง สัปดาห์ที่ 1-2 โดยการวัดระยะความยาวของวัชพืชและน้ำหนักวัชพืชจากตัวอย่าง จะพบว่าสัปดาห์ 1-2 สามารถทำการกำจัดวัชพืชในร่องมันสำปะหลังได้ หากเกินสัปดาห์ที่ 2 หญ้าจะเริ่มหนาทำให้การเข้าทำความสะอาดไม่สะอาดเท่าที่ควร ดังนั้นหลักการทำงานของเครื่องกำจัดวัชพืชพร้อมใส่ปุ๋ยในร่องมันสำปะหลังจะแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 ไถงานทำหน้าที่ไถกลบวัชพืชบนสันร่องลงในร่อง

ขั้นตอนที่ 2 ใส่ปุ๋ยทำหน้าที่โรยปุ๋ยหลังจากไถงาน

ขั้นตอนที่ 3 ไถหัวหมูจะทำหน้าที่ไถสาดดินเข้าโคนต้นดั้งเดิม

4.2 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพ

การทดสอบแรงฉุดลากของเครื่องกำจัดวัชพืชพร้อมใส่ปุ๋ยในร่องมันสำปะหลัง ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 2,000 rpm. ที่เกียร์ Low-1, Low-2, Low-3 และ High-1 ที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ 2.84, 3.34, 3.80 และ 4.38 km hr⁻¹ ตามลำดับ จากผลทดสอบพบว่า ความเร็วในการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกลเกษตรเพิ่มขึ้น แรงฉุดลาก กำลังฉุดลาก และแรงฉุดลากจำเพาะ

จะเพิ่มขึ้นแบบไม่แปรผันเชิงเส้น เนื่องจากแรงฉุดที่ล้อจะลดลงตามอัตราทดของเกียร์ ตามลำดับ เนื่องจากแรงต้านจากพื้นดินและอุปกรณ์ต่อพ่วงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เครื่องยนต์ต้องใช้พลังงานมากขึ้น

ประสิทธิภาพของเครื่องกำจัดวัชพืชพร้อมใส่ปุ๋ยในร่องมันสำปะหลัง พื้นที่ในการทดสอบ 162 m² มีประสิทธิภาพการทำงานเชิงไร่ที่ต่ำที่สุดที่เกียร์ High-1 มีค่าเท่ากับ 83.02% ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่าที่เกียร์ Low-1 ความเร็วในการเคลื่อนที่ 2.84 km hr⁻¹ มีประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชสูงที่สุด และเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นจะมีเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของต้นมันสำปะหลังรวมถึงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้านแรงฉุดลากและอัตราการสิ้นเปลืองของรถแทรกเตอร์ พบว่า อัตราการสิ้นเปลืองในช่วงมาตรฐานที่ยอมรับได้ (10-14%) แสดงให้เห็นถึงการถ่ายเทกำลังฉุดอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในกรณีที่ค่าดังกล่าวอยู่ในระดับต่ำใกล้ขอบล่างของช่วงมาตรฐาน อาจสามารถพิจารณาปรับลดน้ำหนักของอุปกรณ์ต่อพ่วงหรือถ่วงน้ำหนักลงได้อย่างเหมาะสม เพื่อช่วยลดภาระต่อเครื่องยนต์ และส่งผลต่อการประหยัดเชื้อเพลิงโดยไม่กระทบต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่องจักร

5 กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์ ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ ที่ใช้ในงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วง

6 เอกสารอ้างอิง

- กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์. 2565. ข่าวกรมการค้าต่างประเทศ 2565. แหล่งข้อมูล: <https://www.dft.go.th>. เข้าถึงเมื่อ 25 มิถุนายน 2567.
- ประเทือง อุษาบริสุทธิ, เจตพล อาพันธ์. 2556. การศึกษาการบรรเทาการอัดแน่นของดินทรายแบ่งในไร่้อย. รายงานการประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10 ประจำปี 2556, 1236-1243.
- ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 6-7 ธันวาคม 2556, กำแพงแสน, นครปฐม.
- ประสาธ แสงพันธุ์ตา. 2558. โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยในไร่มันสำปะหลัง. กรมวิชาการเกษตร.
- ปิยะพงษ์ ศรีวงษ์ราช, ศุภกิตต์ สายสุนทร, สิทธิพร มณีวรรณ, นิพนธ์ ภูวเกียรติกิจาร. 2561. การประเมินการสิ้นเปลืองของล้อรถแทรกเตอร์ขณะต่อพ่วงเครื่องปลูกอ้อยแบบหยอดขึ้นตาอ้อย. รายงานการประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 15 ประจำปี 2561, 122-128. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 6-7 ธันวาคม 2561, กำแพงแสน, นครปฐม.
- ปิยะพงษ์ ศรีวงษ์ราช, ศุภกิตต์ สายสุนทร, สิทธิพร มณีวรรณ, นิพนธ์ ภูเกียรติกิจาร. 2563. การพัฒนาเครื่องปลูกอ้อยแบบใหม่สำหรับวัสดุปลูกชนิดขึ้นตาอ้อย. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 30(1), 4-15.
- ภาคภูมิ พันธุ์ขันธุ์. 2565. การพัฒนาอุปกรณ์วัดค่าความชื้นในดินด้วยวิธีเก็บประจุไฟฟ้า แบบหลายระดับ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, จตุรงค์ ลังกาพิณธุ์, มานพ ต้นตระกูล. 2553. การพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลัง. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์, ปทุมธานี: ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- วัชรินทร์ เขียวไกร, พิศมาส หวังดี. 2558. วิจัยและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชระหว่างแถวมันสำปะหลังโดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม.
- ศิริเชษฐ์ กองแก้ว, สิงห์รัฐ ชารี, ประไพพรรณ สิทธิกุล, บัณฑิต ทองสร้อย, ฤกษ์ชัย ผลโพธิ์. 2564. การพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของเครื่องกำจัดวัชพืชในแปลงข้าวโพดหวาน. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย 27(2), 12-18.
- สมลักษณ์ จูทั่งคะ. 2551. เอกสารวิชาการ เทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลัง. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร. แหล่งข้อมูล: <https://www.oae.go.th> 2565. เข้าถึงเมื่อ 25 มิถุนายน 2567.
- Burns, A., Gleadow R., Cliff, J., Zacarias, A., Cavagnaro, T. 2010. Cassava: The Drought, War and Famine Crop in a Changing World. Sustainability 2, 3572-3607.
- Chang, C.L., Xie, B.X., Chung, S.C. 2021. Mechanical Control with a Deep Learning Method for Precise Weeding on a Farm. Agriculture 11, 1049.
- El-Sharkawy, M.A. 2003. Cassava biology and physiology. Plant Molecular Biology 53, 621-641.
- Gbabo, A., Ogbobeogu, I.D., Gana, I.M. 2019. Design, Fabrication, and Testing of a Horizontal Weeding Machine. International Journal of Emerging Engineering Research and Technology 7(11), 12-18.
- Islami, T., Wisnubroto, E.I., Utomo, W.H. 2017. Effect of chemical and mechanical weed control on cassava yield, soil quality and erosion under cassava cropping system. Journal of Advanced Agricultural Technologies 4(1), 57-61.
- Phaphenit, K., Poonpaiboonpipat, T. 2023. The critical period of weed control for cassava planted during the rainy season of Thailand. International Journal of Agricultural Technology 19(3), 1179-1190.
- Rasheed, M.W., Tang, J., Sarwar, A., Shah, S.; Saddique, N., Khan, M.U., Imran Khan, M., Nawaz, S., Shamshiri, R.R., Aziz, M., Sultan, M. 2022. Soil moisture measuring techniques and factors affecting the moisture dynamics: A comprehensive review. Sustainability 14, 11538.
- Rask, A. M., Kristoffersen, P. 2007. A review of non-chemical weed control on hard surfaces. Weed Research 47, 370-380.
- Schwartz-Lazaro, L. M., Copes, J. T. 2019. A review of the soil seed bank from a weed scientists' perspective. Agronomy 9(7), 1-13.
- Selvan, M.M., Kannamalai, S.J., Ravindran, C.S., Sheriff, J.T. 2015. Development of power weeder for mound-cassava in hilly terrain. Indian Journal of Agricultural Sciences 85(9), 1206-1209.
- Smith, D.W., Sims, B.G., O'Neill, D.H. 1994. Testing and evaluation of agricultural machinery and equipment. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Thangdee, D., Wongpichet, S. 2012. Development of Cassava Digger and Conveyor Units. American Journal of Experimental Agriculture 2(3), 458-469.
- Tillett, N.D., Hague, T., Grundy, A.C., Dedousis, A.P. 2008. Mechanical within row weed control for transplanted crops using computer vision. Biosyst. Eng 99, 171-178.