

ออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์

Design and Development of Cassava Planter Attached with Tractor

ประสาธต์ แสงพันธุ์คำ¹ อนุชิต ชำสิงห์² กุรุวรรณ ภามาตร³

วุฒิพล จันทร์สระครุ⁴ ศักดิ์ชัย อาษาวัง⁴

Prasat Sangphanta¹ Anuchit Chamsing² Kuruwan PhaMart³

Wuttipol Chansacoo⁴ Sakchai ArsaWang⁴

ABSTRACT

A cassava planter has been designed and developed to reduce time, process, costs and labor in planting cassava. The design was taken place into two models; for one and two rows planting. The prototype of cassava planter consisted of 4 main parts including fertilizing, ridging, stake conveying, and planting units. The test of influential factors that might affect the planting performance and stake damage showed that v-shape rubber wheel performed better than flat rubber wheel. The speed of planting wheel with 22 cm diameter was approximately 450 rpm and the force exerting on cassava stake by the planting wheel was about 29.43 N. The performance test of the cassava planter, for single-row and two-rows was carried out using 37 and 50 hp tractors respectively. The average field capacity was 1 and 2 rai/hour at planting space of 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 respect to ground plane in the tractor moving direction varied from 60-80°. The efficiency of planting was about 93-95 percent and the germination rate was about 90 percent, not significantly different from manual planting. Economic analysis indicated that the cassava planters both for single row and two rows had a break-even point at 103 rai/year and 149.48 rai/year respectively at the 5-year lifecycle compared with manual planting.

Key words : Cassava, Cassava Planter

¹ กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

² กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จ.ปทุมธานี

³ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จ.จันทบุรี

⁴ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จ.ขอนแก่น

บทคัดย่อ

เพื่อลดเวลา ขั้นตอนการทำงาน ต้นทุน และแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการปลูกมันสำปะหลัง ได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขึ้นโดยมี 2 แบบ คือแบบ 1 แถว และแบบ 2 แถว มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนโรยปุ๋ยรองพื้น ส่วนขร่ง ส่วนป้อนและกำหนดระยะท่อนพันธุ์ และส่วนปักท่อนพันธุ์ มีหลักการทำงานโดยเครื่องจะโรยปุ๋ยรองพื้นแล้วขร่งกลบ และปักท่อนพันธุ์บนร่องตามระยะระหว่างคันที่กำหนด ผลการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการปักท่อน และความเสียหายของตาท่อนพันธุ์พบว่า ล้อปักแบบยางร่องไม่สามารถทำงานได้ดีกว่าล้อปักแบบยางเรียบ ความเร็วรอบล้อปักที่เหมาะสมประมาณ 450 รอบ/นาทีก (ล้อปักมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 เซนติเมตร) และแรงกดของล้อปักต่อท่อนพันธุ์ประมาณ 29.43 นิวตัน ซึ่ง ผลการทดสอบการสมรรถนะการทำงานในแปลงของเครื่องปลูกมันสำปะหลังโดยใช้รถแทรกเตอร์ต้นกำลังขนาด 37 แรงม้า สำหรับเครื่องแบบ 1 แถว และแทรกเตอร์ขนาด 50 แรงม้า สำหรับเครื่องแบบ 2 แถว พบว่ามีความสามารถในการทำงาน 1 และ 2 ไร่/ชั่วโมง ตามลำดับ ที่ระยะการปลูก 50x120 เซนติเมตร ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ 80 และ 75 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.05 และ 2.55 ลิตร/ไร่ โดยท่อนพันธุ์ที่ปักได้จากเครื่องต้นแบบจะเอียงตามแนวการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ประมาณ 60-80 องศา ประสิทธิภาพการปักประมาณ 93-95 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการงอกประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างจากการใช้แรงงานคน เมื่อวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่า มีจุดคุ้มทุนการทำงานที่ 103 ไร่/ปี และ 149.48 ไร่/ปี ตามลำดับ ที่อายุการใช้งานเครื่อง 5 ปี โดยเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคนในการปลูกมันสำปะหลัง

คำหลัก : เครื่องปลูกมันสำปะหลัง, มันสำปะหลัง, เครื่องปลูก

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยประเทศไทยผลิตมันสำปะหลังได้เป็นอันดับ 3 ของโลก รองจากประเทศไนจีเรีย บราซิล แต่เป็นประเทศผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นอันดับ 1 ของโลก ที่ครองส่วนแบ่งทางการตลาด 70 เปอร์เซ็นต์ มีมูลค่าส่งออกรวมมากกว่า 40,000 ล้านบาท/ปี และมีพื้นที่ปลูก 8.51 ล้านไร่ เป็นอันดับ 4 รองจากข้าว ข้าวโพด และยางพารา มีผลผลิตรวมทั้งประเทศ 29.62 ล้านตัน/ปี โดยพื้นที่ปลูก 53.07 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 30.20 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคกลาง และ 16.73 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคเหนือ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2551) มันสำปะหลังนอกจากจะเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในภาคอุตสาหกรรมอาหาร อาหารสัตว์ เป็นวัตถุดิบในการผลิตแอลกอฮอล์เกรดสูงสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ (ศิริภัทร, 2545) แล้ว ยังเป็นพืชพลังงานที่สำคัญโดยพบว่ามันสำปะหลังจัดเป็นพืชที่เหมาะสมที่สุดในการทำเอทานอล (เจริญศักดิ์, 2544) เพื่อใช้เป็นส่วนผสมน้ำมันเบนซิน 91 ให้เป็นน้ำมันแก๊ส โซฮอล์ที่มีออกเทนเท่ากับน้ำมันเบนซิน 95 เพื่อเป็นการลดการนำเข้าสาร MTBE

(Methyl Tertiary Butyl Ether) ที่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งกำลังได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐบาลให้มีการส่งเสริมการผลิตน้ำมันสำปะหลังและขยายวงกว้างมากขึ้น (วงศ์สุภัทร, 2549) โดยในปี 2554 คาดว่าจะมีผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 30.2 ล้านตัน และสามารถทำการผลิตเอทานอลได้ประมาณ 1,600 ล้านลิตร (กล้าณรงค์, 2549)

การผลิตน้ำมันสำปะหลังนั้น ขั้นตอนการเตรียมพันธุ์และการปลูกนับว่ามีความสำคัญต่อผลผลิตน้ำมันสำปะหลังมากเนื่องมาจากการปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทยนั้นเป็นการปลูกตามฤดูกาล โดยจะปลูกในช่วงต้นฤดูฝน และในช่วงปลายฤดูฝน หากปลูกช้าไม่ทันตามฤดูกาลอาจเกิดความเสียหายต่อท่อนพันธุ์ ท่อนพันธุ์ไม่งอกและตาย ทำให้เกิดความสูญเสียทั้งค่าใช้จ่ายและแรงงาน และขั้นตอนในการปลูกมันสำปะหลังนั้น ต้องการความประณีตตั้งแต่การตัดท่อนพันธุ์ การปลูก ซึ่งในการปักท่อนพันธุ์นั้น ต้องปักท่อนพันธุ์ด้านโคนลงบนดิน ต้องใช้ความชำนาญในการสังเกตท่อนพันธุ์ หากปักท่อนพันธุ์ด้านยอดลง ท่อนพันธุ์จะไม่งอก วิธีการปลูกมันสำปะหลังที่เหมาะสมให้ผลผลิตสูงคือการปลูกด้วยวิธีการปักท่อนพันธุ์มันสำปะหลังให้ตั้งตรงหรือเอียงได้ไม่เกิน 45 องศา ให้มีความลึกประมาณ 5-10 เซนติเมตร สำหรับการปลูกต้นฤดูฝน และลึก 10-15 เซนติเมตร สำหรับการปลูกปลายฤดูฝน การปักท่อนพันธุ์ที่ตั้งตรงทำให้รากและหัวออกรอบโคนต้นอย่างสมดุสดีกว่าการปักเอียง (กรมวิชาการเกษตร, 2551) ซึ่งการปลูกมันสำปะหลังนั้นจะมีทั้งแบบขร่องและแบบไม่ขร่อง ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ และสภาพดิน หากปลูกแบบขร่องการปักท่อนพันธุ์ก็จะปักเป็นแนวนบนสันร่อง แต่หากปลูกแบบไม่ขร่อง เกษตรกรจะทำการจึงเชือกเป็นเส้นตรงเป็นแนวอ้างอิงในการปลูกเพื่อให้แถวปลูกตรง

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

อุปกรณ์และวิธีการ

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัย จึงได้วางแผนการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

1. ศึกษาข้อมูลที่เป็นในการออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง
2. ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ
3. ศึกษาปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่องต้นแบบ

4. ทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่องต้นแบบ

1) ศึกษาข้อมูลที่เป็นในการออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

การศึกษาในขั้นตอนนี้เพื่อหาข้อมูลที่เป็นต่อการออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง โดยใช้ข้อมูลจากรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง และจากการศึกษาโดยตรงของผู้วิจัย ได้แก่ สภาพดินและการเตรียมดินรวมถึงวิธีการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรในปัจจุบัน และลักษณะทางกายภาพของท่อนพันธุ์ที่ใช้ปลูก ซึ่งข้อมูลที่สนใจได้แก่

1. ความลึกในการปักท่อน
2. มุมที่ปักท่อนพันธุ์
3. ระยะปลูกที่เหมาะสม
4. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่สุดและเล็กสุดของท่อนพันธุ์
5. ความยาวของท่อนพันธุ์

2) ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

จากการศึกษาข้อมูลที่เป็นในการออกแบบเรียบร้อยแล้ว จึงดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลังขึ้น ซึ่งกำหนดเกณฑ์และรายละเอียดในการออกแบบดังต่อไปนี้

- เครื่องสามารถกร่อง ไล่ปุ๋ย และปักท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง โดยสามารถกำหนดระยะปลูกได้
- ชุดปักท่อนพันธุ์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้องสามารถใช้กับท่อนพันธุ์ที่มีขนาดต่างกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- กลไกการทำงานของเครื่องไม่ยุ่งยากซับซ้อนมากเกินไป การบำรุงรักษาง่ายใช้ชิ้นส่วนที่มีจำหน่ายในท้องตลาด และมีความปลอดภัยในการทำงาน
- ใช้ผู้ปฏิบัติงาน 2 คน
- ใช้แตรกเตอร์ขนาด 50 hp เป็นต้นกำลัง

3) ศึกษาปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่องต้นแบบ

หลังจากที่ได้ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ รวมถึงการทดสอบการทำงานเบื้องต้นแล้ว เครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบจะถูกทดสอบเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่อง โดยปัจจัยที่สำคัญนั้นมีหลายปัจจัย ด้วยข้อจำกัดด้านต่างๆ จึงเลือกปัจจัยที่สำคัญในการศึกษา 3 ปัจจัย ดังนี้

1. รูปแบบของล้อปักท่อนพันธุ์ จากการออกแบบส่วนการปักท่อนพันธุ์นั้น เลือกใช้การปักด้วยล้อยางในการปัก ดังนั้นรูปทรงหน้าสัมผัสของยางล้อปักจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการปัก
2. ความเร็วรอบของล้อปัก
3. แรงหนีบกดของล้อปักที่กระทำต่อท่อนพันธุ์

จากการออกแบบให้ล้อปึกสามารถถ่วงออกได้เองตามขนาดท่อนพันธุ์ที่ใช้ปลูก โดยใช้แรงสปริงในการจับหนีบท่อนพันธุ์ ดังนั้นแรงหนีบจึงมีผลต่อความเสียหายของตาของท่อนพันธุ์โดยค่าชี้ผลที่สำคัญที่ใช้พิจารณาคือ เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการปักท่อนพันธุ์ และเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของตาท่อนพันธุ์ โดยได้วางแผนการทดลองแบบ 5x3 Factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 15 ต้น โดยมีปัจจัยที่ควบคุมคือ ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 0.45 ms^{-1} ระยะห่างล้อปักเริ่มต้น 0.5 cm ความยาวท่อนพันธุ์ 25 cm และกำหนดระดับความเร็วรอบล้อปักที่จะศึกษา คือ 150, 300, 450, 600 และ 800 rpm ระดับแรงหนีบกดของล้อปักที่กระทำต่อท่อนพันธุ์ที่ทำการศึกษา คือ 19.62, 29.43 และ 39.24 นิวตัน

4) ทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่องต้นแบบ

หลังการทดสอบปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่องต้นแบบ จนได้ต้นแบบที่สมบูรณ์แล้ว เครื่องต้นแบบจะถูกทดสอบและประเมินผล เพื่อหาสมรรถนะในการทำงาน โดยมีค่าชี้ผลดังนี้

1. ความสามารถในการทำงาน

$$C_a = \frac{A}{T_t}$$

เมื่อ C_a = ความสามารถในการทำงานจริง (ไร่/ชั่วโมง)

A = พื้นที่ในการทำงาน (ไร่)

T_t = เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด (ชั่วโมง)

2. ประสิทธิภาพในการทำงาน

$$E_f = \frac{T_c}{T_t} \times 100$$

เมื่อ E_f = ประสิทธิภาพในการทำงาน (%)

T_c = เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานทางทฤษฎี (ชั่วโมง)

T_t = เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริง (ชั่วโมง)

3. อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

$$F_c = \frac{O}{A}$$

เมื่อ F_c = อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่)

O = น้ำมันที่ใช้ (ลิตร)

A = พื้นที่การทำงาน (ไร่)

4. เปอร์เซ็นต์ท่อนพันธุ์ที่ปลูกได้ตั้งมากกว่า 45 องศา (%)
5. มุมท่อนพันธุ์ในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ (องศา)
6. เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของตาท่อนพันธุ์ (%)

ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ผลการศึกษาข้อมูลที่สำคัญในการออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

จากการศึกษาเอกสารวิชาการการปลูกมันสำปะหลังของกรมวิชาการเกษตรพบว่า วิธีการปลูกมันสำปะหลังที่เหมาะสมให้ผลผลิตสูงคือการปลูกด้วยวิธีการปักท่อนพันธุ์มันสำปะหลังให้ตั้งตรงหรือเอียงได้ไม่เกิน 45 องศา ให้มีความลึกประมาณ 5-10 เซนติเมตร สำหรับการปลูกต้นฤดูฝน และลึก 10-15 เซนติเมตร สำหรับการปลูกปลายฤดูฝน การปักท่อนพันธุ์ตั้งตรงทำให้รากและหัวออกรอบโคนต้นอย่างสมดุลดีกว่าการปักเอียง และระยะการปลูกที่เหมาะสมคือที่ระยะปลูกประมาณ 1x1 เมตร (กรมวิชาการเกษตร, 2551) และจากการสำรวจภูมิวัดความยาวและขนาดท่อนพันธุ์ที่เกษตรกรใช้ในการปลูกพบว่า เกษตรกรตัดท่อนพันธุ์ยาวอยู่ในช่วง 20-30 cm และท่อนพันธุ์ที่ใช้ปลูกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 1-3 cm โดยข้อมูลทางกายภาพของดินมันสำปะหลัง แสดงใน Table 1

3.2 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

จากการกำหนดหลักเกณฑ์ในการออกแบบและจากผลการศึกษาข้อมูลที่สำคัญในการออกแบบ จึงได้ออกแบบส่วนประกอบต่างๆของเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบออกเป็น 4 ส่วนหลักๆ คือ

1. ชุดผลายกร่อง
2. ชุดกำหนดระยะท่อนพันธุ์
3. ชุดปักท่อนพันธุ์
4. ชุดโรยปุ๋ยรองพื้น

โดยมีรายละเอียดการออกแบบดังนี้

1. ชุดผลายกร่อง

ในส่วนการยกร่องของเครื่องต้นแบบเลือกยกร่องโดยผลายจานคู่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 นิ้ว ซึ่งเป็นขนาดใหญ่เนื่องจากต้องการยกร่องให้ได้ที่ความเร็วรถแทรกเตอร์ต่ำ โดยวางตำแหน่งของผลายไว้ด้านหน้าของตัวเครื่อง

2. ชุดกำหนดระยะท่อนพันธุ์

การกำหนดระยะท่อนพันธุ์กระทำโดยการกำหนดการหมุนของวงล้อป้อนท่อนพันธุ์ ซึ่งขับเคลื่อนโดยเพลาลูกเบี้ยวของเครื่องยนต์ กำหนดอัตราทดเพื่อให้ได้ระยะตามที่กำหนด

Table 1. Physical characteristics of cassava

Physical characteristics	Kasetsart 50	Rayong 9	Rayong 7
1.Age of cassava (months)	12	12	12
2.Keeping time (days)	24	25	23
3.Diameter (mm)			
Maximum diameter	26.0	29.0	29.0
Minimum diameter	11.0	10.0	11.0
Average	17.0	16.6	17.9
4. Curvature(mm)			
Maximum	260.0	175.0	160.0
Minimum	10.0	10.0	0.0
Average	74.9	64.5	32.3
5.Length (mm)			
Maximum	1360.0	1200.0	1500.0
Minimum	500.0	460.0	430.0
Average	872.8	867.4	779.2
6.Weigth (g)			
Maximum	563.6	515.2	532.0
Minimum	47.7	30.9	63.6
Average	165.0	146.8	191.1
7.Moisture (%wb)	60.0	64.4	62.1

3. ชุดปักท่อนพันธุ์

การปักท่อนพันธุ์เลือกใช้การปักโดยล้อยเหล็กหุ้มแผ่นยางจำนวน 2 ล้อ ติดตั้งบนเพลลาที่ขนานกัน โดยระหว่างระหว่างล้อปักสามารถปรับได้โดยอัตโนมัติ ตามขนาดของท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ล้อปักนี้จะถูกขับให้หมุนโดยเพลลาอันวนกำลังจากแทรกเตอร์

4. ชุดโรยปุ๋ยรองพื้น

ติดตั้งชุดโรยปุ๋ยรองพื้นไว้ด้านบนของชุดผลัดกร่อง เพื่อเมื่อโรยปุ๋ยแล้วจะถูกดินกลบฝังไว้ ป้องกันการระเหิด

เครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบแสดงใน Figure 1

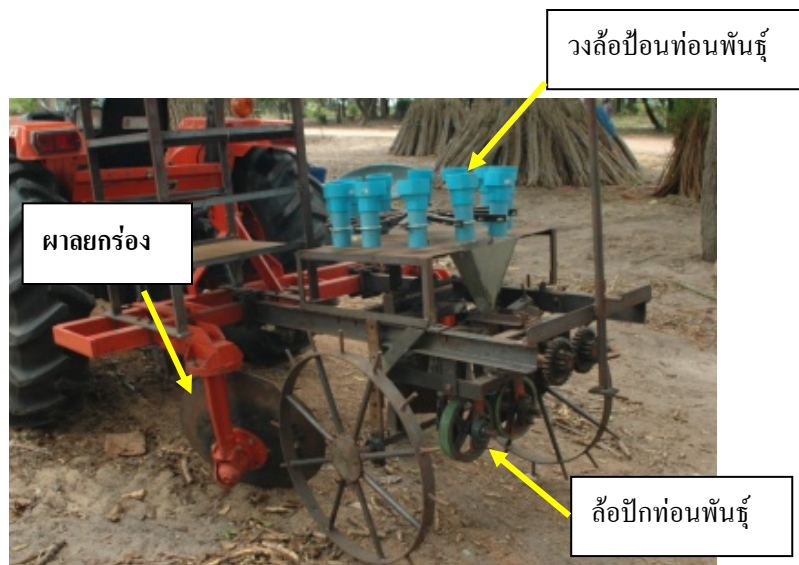


Figure 1. Prototype of cassava planter

3.3 ผลการวิจัยที่มีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่องต้นแบบ

จากปัจจัยที่สำคัญที่เลือกทำการศึกษากำหนด 3 ปัจจัย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. รูปแบบของล้อปักท่อนพันธุ์

การศึกษานี้เลือกศึกษารูปแบบล้อปัก 2 แบบ คือ ล้อปักแบบหน้าเรียบ และล้อปักแบบร่องวี (Figure 2 (a) และ (b)) โดยปัจจัยอื่นที่ควบคุมได้แก่ ความเร็วรอบล้อปัก 540 rpm ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 0.45 ms^{-1} ระยะห่างล้อปักเริ่มต้น 0.5 cm ความยาวท่อนพันธุ์ 25 cm โดยทำการทดสอบจำนวน 3 ซ้ำซ้ำละ 15 ต้น มีค่าชี้ผลคือ ความสามารถในการปักท่อนพันธุ์ มุมเอียงของท่อนพันธุ์ที่ปักได้ และความลึกในการปัก



(a)



(b)

Figure 2. (a) Flat wheel and (b) V-wheel

ซึ่งผลการทดสอบต่างๆ ได้แสดงใน Table 2

Table 2. Result of Testing of Planting Wheel Type

Testing No.	Planting wheel type	Inclination	% of standing plant	Depth
1	Flat wheel	74.33	69.23	12.33
2	Flat wheel	74.20	100.00	11.00
3	Flat wheel	76.00	92.86	11.00
	Average	74.84	87.36	11.44
4	V-wheel	60.75	85.71	13.33
5	V-wheel	62.00	100.00	12.67
6	V-wheel	52.50	100.00	10.00
	Average	58.42	95.24	12

Table 3. Effect of roller rotational speed and roller compression force on percentage of standing plant

Roller rotational speed (rpm)	Roller compression force (F)			Average
	19.62 N	29.43 N	39.24 N	
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
Average	97.33	97.33	97.33	

จากผลการทดสอบเปรียบเทียบล้อปักทั้งสองแบบตาม Table 2 นั้นพบว่า ล้อปักแบบร่องวีมีความสามารถในการปักท่อนพันธุ์เฉลี่ยได้ดีกว่าล้อปักแบบเรียบ และได้ความลึกเฉลี่ยลึกกว่า แต่ล้อปักแบบเรียบสามารถปักท่อนพันธุ์ได้เอียงเฉลี่ยน้อยกว่าท่อนพันธุ์ที่ปักด้วยล้อปักร่องวี อย่างไรก็ตาม ท่อนพันธุ์ที่ปักโดยล้อปักแบบร่องวีมีความเอียงอยู่ในช่วง 45-90 องศา ซึ่งยังเป็นช่วงที่เหมาะสมในการปลูกลำต้นสำปะหลัง ตามเอกสารแนะนำการปลูกลำต้นสำปะหลังของกรมวิชาการเกษตร จึงเลือกล้อปักแบบร่องวีสำหรับเครื่องปลูกลำต้นสำปะหลังต้นแบบ

ในส่วนการทดสอบปัจจัยอีก 2 ปัจจัยคือ ความเร็วรอบของล้อปอกท่อนพันธุ์ และแรงหนีบกดของล้อปอกที่กระทำต่อท่อนพันธุ์มันสำปะหลังซึ่งได้แสดงการปรับความเร็วรอบ ดัง Figure 3 และ Figure 4 นั้น ได้ผลการทดสอบดังแสดงใน Table 3 และ Table 4

Table 4. Effect of roller rotational speed and roller compression force on percentage of cassava stake damaged

Roller rotational speed (rpm)	Roller compression force (F)			Average
	19.62 N	29.43 N	39.24 N	
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
Average	4.62	4.25	6.98	

จาก Table 3 และ Table 4 พบว่าความเร็วรอบของล้อปอกท่อนพันธุ์ที่ทำให้ดาท่อนพันธุ์เสียหายน้อยอยู่ในช่วง 150 – 450 รอบ/นาท โดยดาท่อนพันธุ์ได้รับความเสียหายประมาณ 1.11 เปอร์เซ็นต์ และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อความเร็วรอบของล้อปอกเพิ่มขึ้น และแรงบีบกดของล้อปอกที่กระทำต่อท่อนพันธุ์ที่ทำให้ดาของท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเสียหายน้อยอยู่ในช่วง 19.62 – 29.43 นิวตัน คือเสียหายประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อแรงบีบกดของล้อเพิ่มขึ้น และจากการวิเคราะห์ข้อมูลตามหลักการทางสถิติพบว่า อิทธิพลของความเร็วรอบล้อปอก และอิทธิพลของแรงบีบกดท่อนพันธุ์ ในระดับที่แตกต่างกัน ต่อความสามารถในการปอก และความเสียหายของดาท่อนพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และอิทธิพลของสองปัจจัยไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ดังนั้นในการพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบจะเลือกใช้ค่าความเร็วรอบของล้อปอกไม่เกิน 450 รอบ/นาท และเลือกใช้แรงบีบกดของล้อปอกที่กระทำต่อท่อนพันธุ์มันสำปะหลังไม่เกิน 29.43 นิวตัน ซึ่งจากตารางผลการทดสอบได้ประสิทธิภาพการปอกสูงและความเสียหายของดาท่อนพันธุ์น้อย ซึ่งจะส่งผลให้ท่อนพันธุ์มีอัตราการงอกสูง



Figure 3. Adjustment of roller rotational speed

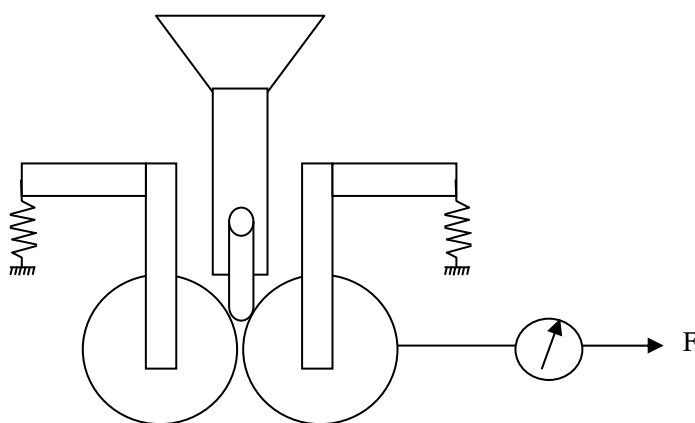


Figure 4. Measurement of roller compression force on a stake



Figure 5. Field testing and measurement

3.4 ผลการทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่องดันแบบ

หลังจากได้ทดสอบปัจจัยต่างที่สำคัญต่อการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลังดันแบบแล้ว จึงได้นำเครื่องดันแบบมาทดสอบในแปลงของเกษตรกรเพื่อประเมินสมรรถนะของเครื่องดันแบบ และประเมินความพึงพอใจของเกษตรกร ดังแสดงใน Figure 5 และได้ผลการทดสอบสมรรถนะตาม ค่าชี้ผลต่าง ๆ ตาม Table 5

Table 5. Result of Performance testing

Test	Result
Planting space (cm)	119.67x50.33
Inclination (degree)	60.78
Planting Efficiency (%)	92.4
Field capacity (rai/hr.)	1.02
Field efficiency (%)	80.67
Fuel consumption (l/rai)	2.05

สรุปผลการทดลอง

เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพวงท้ายรถแทรกเตอร์สามารถลดเวลา ขั้นตอนการทำงาน ต้นทุน และแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการปลูกมันสำปะหลังได้ โดยเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพวงท้ายรถแทรกเตอร์คันแบบมี 2 รุ่น คือแบบ 1 แถว และ 2 แถว มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนโรยปุ๋ยรองพื้น ส่วนยกทรง ส่วนป้อนและกำหนดระยะท่อนพันธุ์ และส่วนปักท่อนพันธุ์ มีหลักการทำงานโดยเครื่องจะโรยปุ๋ยรองพื้นแล้วยกทรงกลับและปักท่อนพันธุ์บนร่องตามระยะระหว่างต้นที่กำหนด ผลการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการปักท่อนและความเสียหายของตาท่อนพันธุ์ พบว่าล้อปักควรอยู่ใกล้ล้อขับเคลื่อนปลูก ล้อปักแบบยางร่องวีสามารถทำงานได้ดีกว่าล้อปักแบบยางเรียบ ความเร็วรอบล้อปักประมาณ 450 รอบ/นาที (ล้อปักมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 เซนติเมตร) และแรงกดสปริงของล้อปักต่อท่อนพันธุ์ประมาณ 29.43 นิวตัน ทิศทางการปักท่อนพันธุ์คือแนวตั้ง ซึ่งข้อมูลทดสอบปัจจัยทั้งหมดนี้ได้นำมาใช้ปรับแต่งเครื่องปลูกมันสำปะหลังคันแบบ ผลการทดสอบการสมรรถนะการทำงานในแปลงของเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบแถวเดียว และแบบ 2 แถว โดยใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 37 และ 50 แรงม้าเป็นต้นกำลังตามลำดับ พบว่า มีความสามารถในการทำงาน 1 และ 2 ไร่/ชั่วโมง ที่ระยะการปลูก 50x120 เซนติเมตร ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ 80 และ 75 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.05 และ 2.55 ลิตร/ไร่ ตามลำดับ โดยท่อนพันธุ์ที่ปักได้จากเครื่องคันแบบทั้งสองแบบจะเอียงตามแนวการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ประมาณ 60-80 องศา ประสิทธิภาพการปักประมาณ 93-95 เปอร์เซ็นต์และมีอัตราการงอกประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างจากการใช้แรงงานคน เมื่อวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่า เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบแถวเดียวและแบบ 2 แถว มีจุดคุ้มทุนการทำงานที่ 103 ไร่/ปี และ 149.48 ไร่/ปี ตามลำดับ ที่อายุการใช้งานเครื่อง 5 ปี โดยเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคนในการปลูกมันสำปะหลัง

อย่างไรก็ตามเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบที่พัฒนาขึ้นนั้น สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยังมีข้อจำกัดในการใช้งานด้วยสภาพดินและการเตรียมดินที่ปลูกมันสำปะหลัง สภาพดินที่เหมาะสมต่อการใช้งานควรเป็นสภาพดินทราย หรือดินร่วนปนทราย และมีการเตรียมดินไถพรวนด้วยพล 5 หรือพล 7 เพื่อย่อยดินได้ละเอียด การใช้งานในสภาพดินชนิดอื่นๆ เช่นดินร่วน หรือดินเหนียว ควรมีการทดสอบและพัฒนาต่อไป

คำขอบคุณ

ทางคณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณท่านผู้อำนวยการสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม คุณอัครพล เสนาณรงค์ ที่ได้สนับสนุนให้คำชี้แนะต่างๆ ขอขอบคุณ ดร.อนุชิต จำสึงห์ ที่ได้ช่วยสอนแนวทางและระเบียบวิธีการทำวิจัย เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด รวมถึงแง่คิดด้านต่างๆ ขอขอบคุณท่านผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนากาษตรนกรสวรรค์ (ตากฟ้า) ซึ่งให้การสนับสนุนแปลงทดสอบ ขอขอบคุณคุณบุญชู ที่ช่วยประสานงานในการจัดหาแปลงทดสอบ ให้คำแนะนำ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ระหว่างการทดสอบที่ศูนย์วิจัยและพัฒนากาษตรนกรสวรรค์ ขอขอบคุณนายช่าง ลูกจ้างประจำ และพนักงานราชการของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ที่ช่วยงานอย่างข้้นแข็งนอกจากนี้ยังมีผู้ที่ได้ให้การสนับสนุนในด้านต่างๆแต่มิได้เอ่ยนาม ซึ่งล้วนแต่มีส่วนส่งเสริมให้โครงการวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการดำเนินงานอย่างดี ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2551. การปลูกมันสำปะหลัง. สำนักวิจัยและพัฒนากาษตรเขตที่ 6. 40น.
- กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2549. สถานภาพวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลของประเทศไทย. สืบค้นจาก: <http://www.cassava.org> [3 มีนาคม 2549]
- เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์เพชญ์. 2544. ข่าววิจัยพัฒนา. เดลินิวส์ จันทร์ที่ 29 ตุลาคม 2544 หน้า 27
- ธีรภัทร ศรีนครุต. 2545. วิจัยผลิตเอทานอลเกรดสูงจากมันสำปะหลัง ลดการนำเข้าเคมีภัณฑ์. โครงการวิจัยเอทานอลจากมันสำปะหลัง สถาบันพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. สืบค้นจาก: http://www.itdoa.com/news_itda/science/doc_19.htm [7 สิงหาคม 2545]
- วงศ์สุภัทร คงสวัสดิ์. 2549. บันทึกประเทศไทยปลาย 2547: สถานการณ์พลังงานไทยปี 2548 – 2551. หนังสือพิมพ์โพสทูเดย์. สืบค้นจาก: <http://www.posttoday.com/thailand2547/plang.html> [5 พฤษภาคม 2549]
- ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2551. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร. <http://www2.oae.go.th/pdf/commmodity.pdf> [พฤศจิกายน 2550]
- สุรพงษ์ เจริญรัก, นันทวรรณ สโรบล, กุลศิริ กลั่นนุรักษ์, อาภาณี โภคประเสริฐ, เสาวรี ดังสกุล, จรุงสิทธิ์ ลิ่มศิลา และอุดม เลียบวัน. 2550. กิจกรรมการศึกษาโอกาสและข้อจำกัดของการผลิตพืช

ไว้เศรษฐกิจสำคัญงานทดลองประเมินความคุ้มค่าการลงทุนและสถานะความเสี่ยงของ
เกษตรกรจากความแปรปรวนด้านการผลิตและราคาของผลผลิตมันสำปะหลังและอ้อย, น.135-
139. เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องแนวทางการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการ
ผลิตมันสำปะหลัง. 159น.