

การออกแบบและพัฒนาเครื่องดำนแบบใช้กลไกปักดำต้นกล้าแบบ 4 แฉก

ศิริพงษ์ ตรีรัตน์^{1,*}, ฤทธิชัย บุญทาศรี¹ และ กิตติคม นนทประสา²

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเชียงราย

² สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเชียงราย

*ผู้ประสานงานบทความฉบับ: siripong.tr21@gmail.com โทรศัพท์: 063-7942288

(รับบทความ: 29 ธันวาคม 2568; แก้ไขบทความ: 27 มีนาคม 2569; ตอรับบทความ: 17 เมษายน 2569)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ พัฒนา และประเมินสมรรถนะเครื่องดำนแบบใช้กลไกปักดำต้นกล้าแบบ 4 แฉก เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนแรงงานและต้นทุนการผลิตของเกษตรกรรายย่อย ตัวเครื่องประกอบด้วยส่วนหลักคือ ชุดส่งกำลัง หัวปักดำแบบกลไก 4 บาร์ (Four-Bar Linkage) และชุดตะขอร้งข้าว ผลการทดสอบการทำงานในภาคสนาม โดยแปรผันมุมเอียงของชุดตะขอร้งข้าวที่ทำมุมกับสกีที่ 40, 45, 50 และ 55 องศา พบว่าที่มุม 50 องศา ให้สมรรถนะดีที่สุด โดยมีอัตราความผิดพลาดในการปักดำต่ำสุดเพียงร้อยละ 8 ความลึกในการปักดำเฉลี่ย 3 - 5 เซนติเมตร และจำนวนต้นกล้าเฉลี่ย 3.86 ต้นต่อกอ เครื่องมีความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ 0.25 ไร่ต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพการทำงานร้อยละ 92 ในด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่า เครื่องต้นแบบมีต้นทุนการสร้าง 5,000 บาท สามารถประหยัดต้นทุนการผลิตได้ 700 บาทต่อไร่ เมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคน และมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 1.76 ไร่ต่อปี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเครื่องดำนที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานจริงในเชิงพาณิชย์และเกษตรกรรายย่อย

คำสำคัญ: เครื่องดำน 4 แฉก กลไก 4 บาร์ สมรรถนะการทำงาน ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

การอ้างอิงบทความ: ศิริพงษ์ ตรีรัตน์, ฤทธิชัย บุญทาศรี และ กิตติคม นนทประสา, "การออกแบบและพัฒนาเครื่องดำนแบบใช้กลไกปักดำต้นกล้าแบบ 4 แฉก," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 4, ฉบับที่ 3, หน้า 22-35, 2569.

Design and Development of a 4 Row Mechanical Rice Transplanter

Siripong Treerat^{1,*}, Rittichai Buntrasee¹ and Kittikom Nontapasard²

¹ Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiangrai College

² Department of Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering, Chiangrai College

*Corresponding Author: siripong.tr21@gmail.com, Tel: 063-7942288

(Received: December 29, 2025; Revised: March 27, 2026; Accepted: April 17, 2026)

Abstract

This research aims to design, develop, and evaluate the performance of a 4-row mechanical rice transplanter to address labor shortages and reduce production costs for small farmers. The primary components include a power transmission system a four-bar linkage planting mechanism and a seedling supporting hook. Field performance was tested by varying the inclination angles of the seedling hook at 40, 45, 50 and 55 degrees. The results indicated that the 50-degree angle achieved the optimum performance with a minimum missing hill rate of 8%. The average planting depth ranged from 3 to 5 cm with an average of 3.86 seedlings per hill. The machine demonstrated a field capacity of 0.25 rai/hr and a field efficiency of 92%. Economic analysis showed that the prototype cost 5,000 THB to construct and reduced production costs by 700 THB per rai compared to manual transplanting, the break-even point at 1.76 rai per year. This mechanical rice transplanter proves to be a cost effective and viable solution for small rice farming.

Keywords: Rice Transplanter, Four-Bar Linkage, Field Performance, Economic Analysis

Please cite this article as: S. Treerat, R. Buntrasee and K. Nontapasard, "Design and Development of a 4 Row Mechanical Rice Transplanter," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 4, no. 3, pp. 22-35, 2026.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

การทำนาหรือการปลูกข้าวปัจจุบันชาวนาสามารถทำได้หลากหลายวิธีด้วยกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับบริบทของแต่ละพื้นที่ เช่น การทำนาแบบหยอด การทำนาแบบหว่าน การทำนาแบบปักดำ หรือการทำนาแบบโยนการดำนาในฤดูฝน [1,2] ชาวนาตามชนบทที่มีแปลงนาขนาดเล็ก นิยมทำนาด้วยการปักดำด้วยมือ พื้นที่โดยส่วนมากจะมีลักษณะเป็นแปลงนาขนาดเล็ก เพื่อง่ายต่อการจัดการเรื่องน้ำให้เหมาะสมกับแปลงนา และขณะทำการปลูกข้าวด้วยมือจะมีการกำจัดวัชพืชไปพร้อมขณะทำการปักดำ ในการทำนาแบบปักดำด้วยมือของชาวนาตามชนบทจะมีการจ้างคนงาน เป็นต้นทุนที่เจ้าของนาต้องรับผิดชอบ ซึ่งทำให้ส่งผลกระทบต่อวิธีการในการทำนาของชาวนาเป็นอย่างมาก เพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนในการทำนา ชาวนาบางรายมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนวิธีการทำนาเป็นแบบนาหว่านแล้วไถกลบ ซึ่งต้นทุนในการทำนาแบบนาหว่านแล้วไถกลบนั้นต่ำกว่าวิธีปักดำด้วยมือ เพื่อช่วยประหยัดต้นทุนแต่ก็ส่งผลกระทบต่อระยะกอกของต้นกล้าที่ชิดหรือห่างเกินไป ควบคุมคุณภาพไม่ได้ ส่งผลให้ผลผลิตตกต่ำและยังเผชิญกับความท้าทายหลายประการที่เกี่ยวกับสภาพดินและสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ [3] การใช้เครื่องดำนาจะมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ ปลูกแบบดำนากล้าข้าวหรือเรียกว่านาตม และการปลูกแบบหว่าน ในการใช้เครื่องปลูกข้าวแบบดำนากล้าข้าวนาตมจะต้องมีการเตรียมกล้าข้าวก่อน โดยการเพาะกล้าในถาดปลูกซึ่งพอกกล้ามีอายุได้ 10-15 วัน ก็สามารถนำไปปลูกได้ การนำเทคโนโลยีเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวสำหรับการปลูกข้าวแบบนาตมเพื่อเพิ่มศักยภาพของชาวนาพบว่าต้นทุนการผลิตลดลงเหลือ 2,550 บาทต่อไร่ สามารถลดต้นทุนการผลิตได้ 970 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 27 การลดต้นทุนการทำนาของเกษตรกรที่ใช้เครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวสำหรับนาตมจะประหยัดเมล็ดพันธุ์กว่าวิธีหว่านพ่น โดยแต่ละวิธีก็จะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสภาพพื้นที่นั้น ๆ [4,5]

เครื่องปลูกข้าวที่ใช้กำลังเครื่องยนต์เบนซินขนาด 4-21 แรงม้า สามารถปลูกข้าวได้จำนวน 4-8 แถว อัตราการทำงานได้ 6-30 ไร่ต่อวัน แต่ในการใช้เครื่องปลูกข้าวจะต้องมีการเตรียมดินที่ดีและดินต้องมียุทธศาสตร์โครงสร้างของเนื้อดินค่อนข้างเหนียวจึงจะใช้งานเครื่องได้ดี ส่วนเครื่องปลูกข้าวแบบนาหว่านมี 2 รูปแบบ คือ หว่านแบบแห้งและหว่านนาตม โดยการทำนาแบบนาหว่านแห้งจะทำก่อนที่ฝนตก ส่วนนาหว่านตมทำในฤดูฝนสามารถปลูกได้ 6-8 แถว สำหรับปักดำต้นกล้าข้าวแบบลำรางปักดำได้ครั้งละ 2 แถว ผลพบว่าการปักดำที่ใช้ต้นกล้าอายุ 30 วัน จะมีความผิดพลาดในการปักดำต่ำสุด สามารถปักดำได้ 2.34 ไร่ต่อวัน ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบในการทำงานของเครื่องยนต์และการเตรียมต้นกล้า ระยะห่างของต้นกล้าที่ปักดำ 23.17 – 23.85 เซนติเมตร (cm) เป็นระยะที่ต้นกล้าแตกกอได้ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ สมพร หงส์ก และคณะ [6] โดยได้สร้างเครื่องปักดำนาที่ใช้แรงงานจากผู้ปฏิบัติ 1 คน เครื่องดังกล่าวประสบปัญหาเรื่องขนาดของตัวอุปกรณ์มีน้ำหนักมากเกินไปและเครื่องปักดำนาปักต้นกล้าไม่ตรงทำให้ต้นกลาล้ม เครื่องดำนาสามารถปักดำนาได้ 2 แถวและใช้เวลามากในการปักดำนา ลักษณะการทำงานของเครื่องดำนาจะใช้คนเดินลากเครื่องถอยหลังทำให้น้ำข้าวเป็นหลุมจากรอยเท้าและถาดที่ใส่กล้าเพาะข้าวมีขนาดใหญ่จึงทำให้เกิดน้ำหนักกดทับที่พื้นแปลงนา ทำให้เครื่องดำนาดังกล่าวจมในแปลงนาบ่อยครั้ง [7] การปักดำด้วยมือเป็นวิธีดั้งเดิมที่ใช้แรงงานคน เหมาะสำหรับพื้นที่ที่เครื่องจักรเข้าถึงยากหรือเกษตรกรรายย่อย อัตราการทำงานเฉลี่ยต่อ 1 คนสามารถดำนาได้ประมาณ 0.5 – 1 งานต่อวัน หรือประมาณ 200 – 400 ตารางวา 1 ไร่ต้องใช้แรงงานคนประมาณ 4 – 8 คน ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเร็วมาจากการถอนกล้าและมัดกล้า หากคนงานถอนกล้าเองจะเสียเวลาไปเกือบครึ่งวัน ทำให้พื้นที่ปักดำนาลดลงเหลือเพียง 0.2 – 0.3 งานต่อวัน

บทความวิจัย (Research Article)

จากการศึกษาพบว่า การทำนาในฤดูฝนนั้นเป็น การทำนาที่ให้ผลผลิตมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การทำนาปรังในฤดูแล้งหรือการทำนาด้วยวิธีอื่น ๆ เครื่องยนต์ที่มีการรับจ้างปักดำนาจะได้รับ ความ นิยมจากชาวนาที่มีลักษณะของแปลงนาขนาดใหญ่ ซึ่งต้นกล้าที่ใช้ก็มีขนาดเล็กอายุ 15 – 20 วัน ทำให้ การดูแลค่อนข้างยาก สำหรับชาวนารายย่อยที่มีพื้นที่ แปลงนาขนาดเล็กจะไม่นิยมใช้เครื่องดำนาแบบ เครื่องยนต์ เนื่องจากมีความยุ่งยากในการใช้งาน เพราะเมื่อทำการปักดำแปลงนาขนาดเล็กเสร็จแต่ละ แปลงแล้ว ต้องได้เคลื่อนย้ายเครื่องดำนาไปแปลงใหม่ เนื่องจากน้ำหนักของตัวเครื่องดำนาค่อนข้างสูง และ จำเป็นต้องมีการย้ายเครื่องดำนาข้ามคันนากันน้ำ บ่อยครั้งทำให้คันนาพัง และค่าจ้างค่อนข้างสูง

จากข้อมูลวิจัยที่ได้กล่าวทำให้ทราบปัญหาการใช้เครื่องดำนา แม้มีเครื่องหยอดเมล็ดหรือการไถกลบ แต่การปักดำในฤดูฝนยังให้ผลผลิตดีกว่า แต่เครื่อง ดำนาขนาดเล็กราคาประหยัดและคล่องตัว สำหรับ เกษตรกรรายย่อยยังมีน้อย ผู้วิจัยจึงได้ทำการ ออกแบบและสร้างเครื่องดำนาแบบใช้กลไกปักดำต้น กล้าแบบ 4 แถวที่มีน้ำหนักเบาโดยมีเกดสกีรองรับ ตัวเครื่องไม่ให้เครื่องจมน้ำขณะทำงาน ในส่วนของราง ใส่ต้นกล้าจะถูกออกแบบเป็นชุดตะขอรั้งข้าวที่มี น้ำหนักเบาสามารถปรับความเอียงได้เหมาะสมกับความ ยาวของต้นกล้า เพื่อลดปัญหาต้นกล้าล้มและต้นกล้า ไม่ไหลลงรางตะขอรั้งข้าว จึงทำการสร้างชุดตะขอรั้ง ข้าวที่ทำมุมองศากับสกี คือ 40°, 45°, 50° และ 55° เพื่อใช้ในการทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม และใน การศึกษาวิจัยนี้ได้กำหนดสัญลักษณ์และคำอธิบายดัง ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์และคำอธิบาย

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
m ²	ตารางเมตร
hr	ชั่วโมง

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์และคำอธิบาย (ต่อ)

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
m ² /hr	ตารางเมตรต่อชั่วโมง
cm	เซนติเมตร
m	เมตร
mm	มิลลิเมตร
N/mm ²	นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร
mm ²	ตารางมิลลิเมตร
°	มุมองศา

2. ขอบเขตงานวิจัย

1) ออกแบบเครื่องดำนาปักดำกล้าได้ครั้งละ 4 แถว ใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยกลไก

2) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของมุมเอียงของชุด ตะขอรั้งข้าวที่ทำมุมกับสกี 40°, 45°, 50° และ 55°

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง [8,9]

ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงพื้นที่ (Field Efficiency, Eff) เป็นอัตราส่วนระหว่างความสามารถ ในการทำงานเชิงพื้นที่ ของเครื่อง เทียบกับ ความสามารถในการทำงานทางทฤษฎี สามารถ คำนวณได้ดังสมการที่ 1

$$Eff = \frac{C}{C_o} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ

C คือ ความสามารถทำงานเชิงพื้นที่

$$= \frac{A}{T}, (m^2/hr)$$

บทความวิจัย (Research Article)

A คือ พื้นที่ปัดดำ, (m²)

T คือ เวลารวม, (hr)

C_o คือ ความสามารถทำงานในทางทฤษฎี

= W x V, (m²/hr) [10]

W คือ ความกว้างในการทำงานของเครื่อง, (m)

V คือ ความเร็วในการลากเครื่องปัดดำ, (m/hr)

กบที่ไม่ได้รับการปัดดำ (Percent Missing Hill, P_o) กบที่ไม่ได้รับการปัดดำมีสาเหตุมาจากการทำงานของกลไกของอุปกรณ์ปัดดำและการกระจายของต้นกล้าหรือมีความหนาแน่นของต้นกล้ามากเกินไป ส่งผลให้จำนวนต้นกล้าในแต่ละกอไม่เท่ากัน สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2

$$P_o = \frac{M_1 + M_2 + M_3}{M} \times 100\% \quad (2)$$

เมื่อ

P_o คือ ร้อยละของกบที่ไม่ได้รับการปัดดำ (ร้อยละ)

M คือ จำนวนกบที่ปัดดำทั้งหมด

M₁ คือ จำนวนกบที่ผิดพลาดในการปัดดำ ได้แก่ ตำแหน่งที่ไม่มีต้นกล้าและต้นกล้ามีจำนวนมากกว่า 5 ต้น

M₂ คือ จำนวนกบต้นกล้าที่จมน้ำ

M₃ คือ จำนวนกบต้นกล้าที่ลอยหรือล้ม

อัตราการทำงาน (Working Rate, WR) คือ พื้นที่ทำงานจริงต่อหน่วยเวลา สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3

$$WR = \frac{A}{T_1 + T_2 + T_3} \times 100\% \quad (3)$$

เมื่อ

A คือ พื้นที่ปัดดำ, (m²)

T₁ คือ เวลาที่ใช้ในการปัดดำจริง, (hr)

T₂ คือ เวลาที่ใช้ในการใส่ต้นกล้า, (hr)

T₃ คือ เวลาที่ใช้ในการปรับแต่งเครื่อง, (hr)

วิเคราะห์การคืนทุน สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 4

$$CR = (P - SV)(A/P, i, n) + i.SV \quad (4)$$

เมื่อ

CR คือ การคืนทุน

SV คือ มูลค่า 10% ของราคาเครื่อง

i คือ อัตราดอกเบี้ย 10%

n คือ จำนวนปี (5 ปี)

A/P คือ เงินรายปีที่อัตราดอกเบี้ย 10% ของ 5 ปี เท่ากับ 0.2638

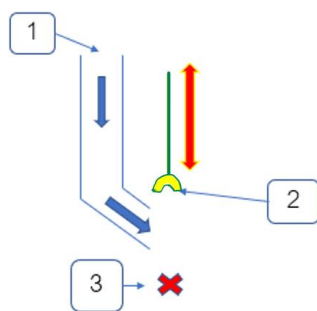
P คือ เงินปัจจุบัน

4. วิธีดำเนินการวิจัย

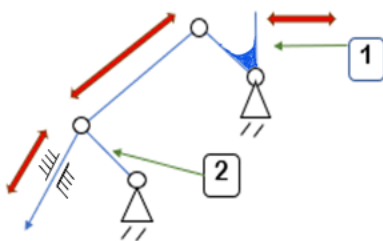
1) ออกแบบและสร้างเครื่องดำนแบบใช้กลไกปัดดำต้นกล้าแบบ 4 แถว โดยกำหนดหลักเกณฑ์ต้องมีการทำงานที่ไม่ซับซ้อน และง่ายต่อการใช้งาน มีขนาดที่เหมาะสม น้ำหนักเบา สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก รวมถึงการซ่อมบำรุงรักษาง่าย และมีความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน โครงสร้างของตัวเครื่อง

บทความวิจัย (Research Article)

ดำนากลับแบบโดยใช้เหล็กชนิด AISI 1020 สีเหลี่ยมจัตุรัส ขนาดพื้นที่ 20 mm x 20 mm หนา 1.2 mm โดยการออกแบบเครื่องจะต้องปักดำต้นกล้าได้ครั้งละ 4 แถว และวัสดุที่ใช้ต้องมีน้ำหนักเบา รองรับน้ำหนักของตัวเครื่องดำนากลับด้วยแผ่นสกี ใช้ต้นกล้าพันธุ์ข้าว กข 6 ที่มีอายุต้นกล้าประมาณ 30 วัน ทำการออกแบบชุดตะขอร้งข้าวที่ปรับมุมเอียงได้ 40° , 45° , 50° และ 55°



รูปที่ 1 แผนภาพจลนศาสตร์ของกลไกปักดำ

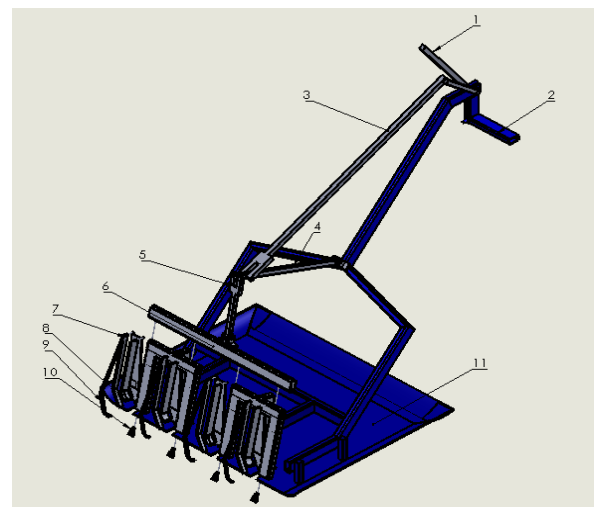


รูปที่ 2 โครงสร้างทางกายภาพของกลไกปักดำ

กลไกปักดำถูกออกแบบโดยใช้หลักการ Four-Bar Linkage เพื่อควบคุมวิธีการเคลื่อนที่ของปลายตะขอ ดังแสดงแผนภาพจลนศาสตร์ในรูปที่ 1 ประกอบด้วย (1) ช่องใส่ต้นกล้า (2) หัวปักดำต้นกล้า (3) ตำแหน่งการปักดำ หลักการทำงานของเครื่องดำนากลับใช้กลไกปักดำ เริ่มจากการนำต้นกล้ามาวางในช่องใส่ต้นกล้าหมายเลข 1 ต้นกล้าจะไหลลงตามรางด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ตามความเอียงของชุดตะขอร้งข้าว ที่กำหนดไว้ 40° , 45° , 50° และ 55°

จากนั้นกลไกหมายเลข 2 หัวปักดำต้นกล้าก็ทำการเลื่อนขึ้น – ลง ตามจังหวะของคันโยกหมายเลข 1 ทำให้ต้นกล้าถูกหัวปักดำหมายเลข 2 ดันต้นกล้าลงทำให้เกิดการปักดำในตำแหน่งหมายเลข 3

จากรูปที่ 2 แสดงลักษณะทางกายภาพของเครื่องดำนากลับแบบที่พัฒนาขึ้น โดยชุดปักดำถูกติดตั้งบนโครงสร้างเหล็กเหนียว (AISI 1020) ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ ชิ้นต่อโยงที่ 1 จานเหวี่ยงส่งกำลัง (Input Crank) ที่ทำหน้าที่ขับเคลื่อนกันต่อ (Coupler) และมีการติดตั้งชุดตะขอร้งข้าวไว้ที่ส่วนปลาย ทั้งนี้ ในการทดสอบได้กำหนดให้ชุดตะขอร้งข้าวทำมุมเอียง 40° , 45° , 50° และ 55° กับสกีเพื่อทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสมสอดคล้องกับวิธีการเคลื่อนที่ทางจลนศาสตร์และช่วยให้ต้นกล้าไหลลงสู่จุดปักดำได้อย่างแม่นยำ



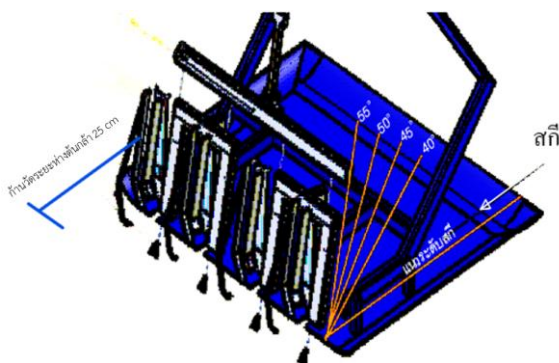
รูปที่ 3 ส่วนประกอบเครื่องปักดำต้นกล้าแบบ 4 แถว

ส่วนประกอบของเครื่องดำนากลับใช้กลไกปักดำต้นกล้าแบบ 4 แถว ดังแสดงใน รูปที่ 3 ประกอบด้วยหมายเลข 1 คันโยก, หมายเลข 2 คันบังคับทิศทาง, หมายเลข 3 แขนส่งกำลังตัวที่ 1, หมายเลข 4 แขนส่งกำลังตัวที่ 2, หมายเลข 5 แขนส่งกำลังตัวที่ 3, หมายเลข 6 ชุดส่งกำลังหัวปักดำ,

บทความวิจัย (Research Article)

หมายเลข 7 ช่องใส่ต้นกล้า, หมายเลข 8 ขาส่งต้นกล้า, หมายเลข 9 ตะขอร้งข้าว, หมายเลข 10 หัวปักดำ, หมายเลข 11 ถาดสีก

การทำงานของเครื่องดำนแบบใช้กลไกปักดำต้นกล้าแบบ 4 แถวใช้คนงาน 1 คน เมื่อนำต้นกล้าที่เตรียมไว้ใส่ในช่องใส่ต้นกล้าหมายเลข 7 เริ่มการปักดำโดยโยกคันโยกหมายเลข 1 ไปข้างหน้า หัวปักดำหมายเลข 10 จะเกาะเอาต้นกล้าปักลงไปในพื้นที่ปลูกความลึกประมาณ 3 – 5 cm แล้วดึงคันโยกกลับพร้อมกับลากเครื่องดำนถอยหลัง โดยดึงคันบังคับทิศทางหมายเลข 2 ไปในตำแหน่งที่ต้องการ ระยะห่างของต้นกล้าประมาณ 25 cm โดยดูตำแหน่งการปักดำครั้งต่อไปที่ก้านวัดระยะห่างของต้นกล้าหน้าเครื่องปลูก ดังรูปที่ 4

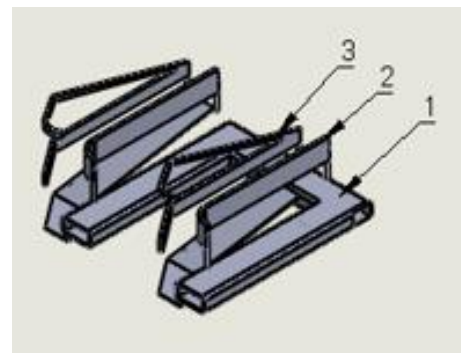


รูปที่ 4 ตำแหน่งมุมเอียงของชุดตะขอร้งข้าวที่ทำมุมกับสีก

ตำแหน่งการติดตั้งชุดตะขอร้งข้าวที่สามารถปรับมุมเอียงกับระนาบสีกได้ มุมเอียงของชุดตะขอร้งข้าวสามารถปรับมุมเอียงได้ โดยทำการปรับมุมเอียงของชุดตะขอร้งข้าวกับสีก 4 ระดับ ที่มุม 40° 45° 50° และ 55°

ส่วนประกอบของชุดตะขอร้งข้าว ประกอบด้วย หมายเลข 1 ฐานตัวยู ในการออกแบบฐานตัวยูใช้เหล็กสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดพื้นที่หน้าตัด 25.4 mm x 50.8 mm ยาว 250 mm เป็นส่วนหนึ่งของฐาน

โครงสร้างของแผ่นประคองต้นกล้าและใช้รับน้ำหนักของต้นกล้า หมายเลข 2 แผ่นประคองต้นกล้าในการออกแบบแผ่นประคองต้นกล้า ใช้เหล็กแผ่นหนา 1.2 mm ขนาด 270 mm x 25 mm ใช้ประคองต้นกล้าให้ไหลลงไปตามแนว หมายเลข 3 ตะขอร้งข้าว ในการออกแบบตะขอร้งต้นกล้าใช้เหล็กเส้นกลมขนาดพื้นที่หน้าตัด 10 mm² ยาว 320 mm ชุดตะขอร้งข้าวสามารถปรับมุมเอียง 40° 45° 50° และ 55° แสดงได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ส่วนประกอบของชุดตะขอร้งข้าว

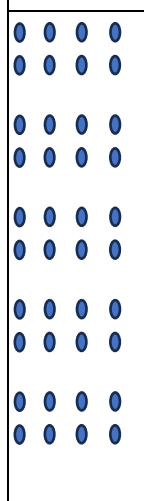
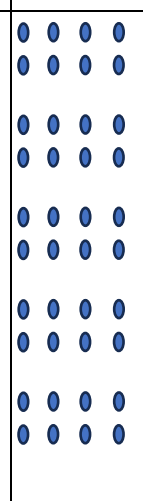
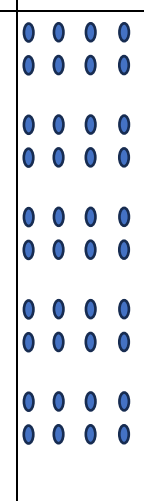
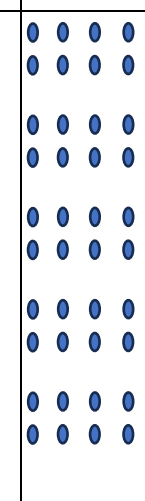
2) ทำการเตรียมต้นกล้า กข 6 ให้อายุได้ประมาณ 30 วัน และทำการเตรียมแปลงนาเพื่อใช้ในการทดลองปลูก โดยการเตรียมแปลงนานั้นขั้นแรกทำการไถกลับหน้าดินก่อน แล้วใช้เครื่องเตรียมดินแบบจอบหมุนติดท้ายรถไถตีดินให้มีความลึกประมาณ 15 cm – 20 cm ใช้พื้นที่ในการทดลองปลูก 80 m²

3) ทดสอบหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมทำการทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสมของชุดตะขอร้งข้าวทำมุมกับสีก ของเครื่องดำนแบบใช้กลไกปักดำต้นกล้าแบบ 4 แถว ในแปลงนาจริง โดยทดลองที่ความชันของชุดตะขอร้งข้าวแต่ละแถวปลูกทำมุมกับสีก โดยแถวที่ 1 ทำมุม 40°, แถวที่ 2 ทำมุม 45°, แถวที่ 3 ทำมุม 50° และแถวที่ 4 ทำมุม 55° ตามลำดับ ปักดำครั้งละ 4 กอ ใน 1 แถวปักดำ 10

บทความวิจัย (Research Article)

ครั้ง ได้จำนวนกอข้าว 40 กอ ทำการเก็บผลในการปักดำ เพื่อหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสม ดังรูปที่ 6

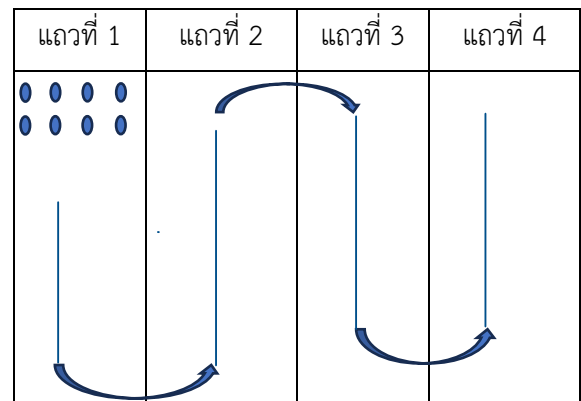
นำสภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่ได้มาทำการทดสอบในภาคสนามดังรูปที่ 7 เพื่อหาค่าชี้วัดผลทางด้านสมรรถนะและคุณภาพการปลูกของเครื่องดำนาแบบใช้กลไกปักดำต้นกล้าแบบ 4 แถว ได้แก่ ความสามารถทำงานในเชิงพื้นที่ จำนวนของต้นกล้าในแต่ละกอ จำนวนกอที่ผลิตผลในการปักดำ ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงพื้นที่ อัตราการทำงาน ความลึกในการปักดำ

แถวที่ 1	แถวที่ 2	แถวที่ 3	แถวที่ 4
40°	45°	50°	55°
			

รูปที่ 6 การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสมของชุดตะขอร้งข้าวทำมุมกับสกี

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการเตรียมต้นกล้าข้าวพันธุ์ กข6 ซึ่งยาวนานในพื้นที่ได้มีการปลูกในฤดูกาลนาปีเป็นส่วนใหญ่ในการทดสอบการทำงานของเครื่อง [11] การเตรียมต้นกล้าโดยทำการเพาะกล้าจะทำในแปลงนาแบบเปียก โดยให้ต้นกล้าในวัยทดสอบมีอายุ 30 วัน ความสูงของต้นกล้าอยู่ในช่วง 30 cm – 40 cm จำนวนใบ 3 – 5 ใบ ขณะทำการ

ถอนต้นกล้าจำเป็นต้องมีการล้างและฉีกแยกต้นกล้าออกจากกันก่อนเพื่อไม่ให้ต้นกล้าติดกัน แปลงนาที่ใช้ทำการทดสอบจะมีลักษณะเนื้อดินร่วนปนทราย



รูปที่ 7 แปลงนาใช้ในการทดสอบ

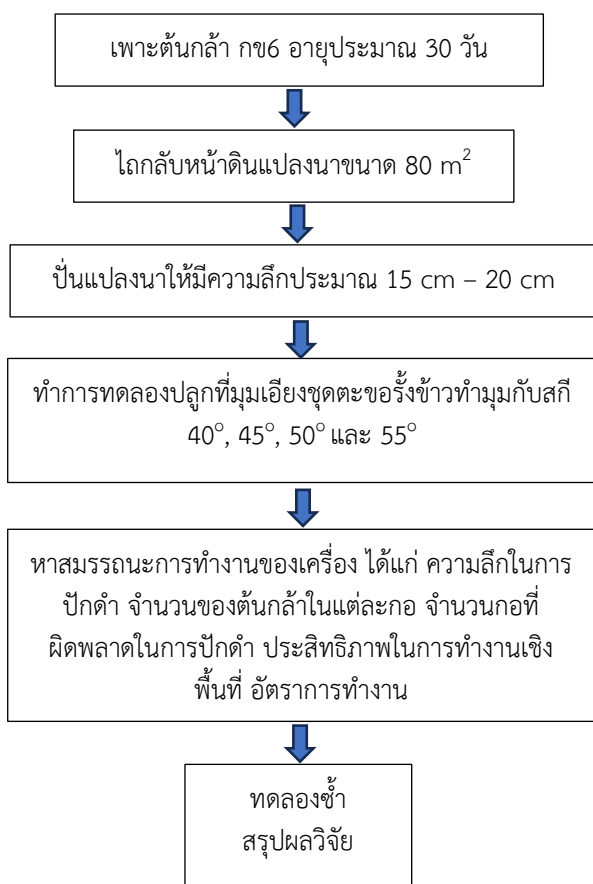
เส้นทางในการทดสอบเครื่องดำนาแบบใช้กลไกปักดำต้นกล้าแบบ 4 แถว ดังรูปที่ 7 เมื่อได้สภาวะการทำงานของชุดตะขอร้งข้าวที่ทำมุมกับสกีที่เหมาะสม เริ่มทดสอบโดยนำต้นกล้าใส่ในช่องชุดตะขอร้งข้าวทั้งหมด 4 ช่อง ใช้แรงงานคนในการปลูก 1 คน วิธีการทดสอบการใช้เครื่อง โดยเริ่มจากทำการปรับมุมชุดตะขอร้งข้าวให้ทำมุมกับสกีที่เหมาะสม ทำการปลูกโดยลากเครื่องตามเส้นทางรูปที่ 8 โดยแต่ละแถวมีความยาว 10 m ปักดำ 40 ครั้ง ๆ ละ 4 กอ รวม 160 กอ ปักดำทั้งหมด 4 แถว รวม 640 กอ

5. ขั้นตอนการทดลอง

วิธีดำเนินการทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่อง เริ่มจากการเตรียมพื้นที่เพาะต้นกล้าข้าวพันธุ์ กข6 เมื่ออายุต้นกล้าประมาณ 30 วัน ให้ทำการเตรียมแปลงทดสอบ โดยวิธีปักดินในแปลงนาที่น้ำยังปล่อยทิ้งไว้ 1 คืนให้น้ำตกตะกอนแล้วทำการระบายน้ำออกจากแปลงนาให้เหลือระดับน้ำท่วมดินระดับน้ำไม่เกิน 5 cm ทำการถอนต้นกล้าและทำการ

บทความวิจัย (Research Article)

ฉีกรากแยกต้นกล้าออกจากกัน เพื่อป้องกันไม่ให้รากต้นกล้าติดกันขณะปลูก การทดสอบใช้เครื่องดำนาแบบใช้กลไกปักดำต้นกล้าแบบ 4 แถว แปลงนาที่ใช้ทดสอบ ได้ทำการเตรียมแปลงนาขนาดพื้นที่ประมาณ 80 m² โดยทำการไถกลับหน้าดินแล้วบ่มแล้วใช้เครื่องเตรียมดินแบบจอบหมุนติดท้ายรถไถดีดินให้มีความลึกประมาณ 15 cm – 20 cm [10] มีระยะห่างระหว่างกอถูกกำหนดที่ 25 cm การเก็บตัวอย่างจะเก็บที่จำนวน 4 แถว เครื่องดำนามีลักษณะการทำงานเคลื่อนที่แบบ ไป – กลับ ทำการทดสอบและเก็บข้อมูลการปักดำในแปลงนาที่เตรียมไว้ ความกว้างของรอบการปลูก 1 m ยาว 10 m จำนวน 4 แถว ๆ ละ 40 กอ รวม 160 กอ ในการทดสอบเครื่องดำนาแบบใช้กลไกปักดำต้นกล้าแบบ 4 แถว แสดงได้ดังรูปที่ 8 และรูปที่ 9



รูปที่ 8 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทดสอบเครื่องดำนาแบบใช้กลไกปักดำต้นกล้าแบบ 4 แถว



รูปที่ 9 ทดสอบปลูกข้าวในแปลงนา

6. การประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์

การประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการใช้เครื่องดำนาแบบใช้กลไกในการปักดำต้นกล้าแบบ 4 แถว คือการวิเคราะห์ระยะเวลาในการคืนทุน (Pay Back Period, PBP) [12,13] เป็นการคาดคะเนว่าระยะเวลาจากการเริ่มต้นลงทุนถึงเวลาที่ผลประโยชน์สุทธิ (Net Benefits) ของการใช้เครื่องดำนาแบบใช้กลไกในการปักดำต้นกล้าแบบ 4 แถว มีค่าเท่ากับการลงทุน แล้วคำนวณหาระยะเวลาในการคืนทุนต่อพื้นที่การทำงานต่อปีของการใช้เครื่องดำนาแบบใช้กลไกในการปักดำต้นกล้าแบบ 4 แถว ทำการวิเคราะห์การคืนทุนด้วยสมการที่ (4)

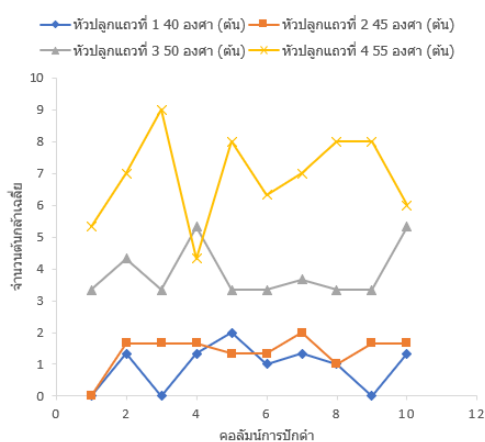
7. ผลการวิจัย

7.1 การทดสอบหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสม

การทดสอบการทำงานของเครื่องดำนาแบบใช้กลไกปักดำต้นกล้าแบบ 4 แถว จะดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ระยะห่างของต้นกล้าที่ปักดำ 25 cm x 25 cm และจำนวนต้นกล้าที่ใช้ในการปักดำเหมาะสมที่สุดคือ 3 -5 ต้นต่อกอ เป็นระยะที่ต้นกล้าแตกกอได้ดี โดยเครื่องดำนาแบบใช้กลไกปักดำต้นกล้าแบบ 4 แถวมีขนาดความกว้างของเครื่องเท่ากับ 1 m ขนาดของแปลงนาที่ใช้ทดสอบมีความยาว 10 m กว้าง 4

บทความวิจัย (Research Article)

แถว ๆ ละ 1 m โดยเครื่องดำนแบบใช้กลไกปักดำต้นกล้าแบบ 4 แถว ที่มีระยะห่างระหว่างกอถูกกำหนดที่ 25 cm ดังรูปที่ 4 การเก็บตัวอย่างจะเก็บที่จำนวน 40 แถว ๆ ละ 40 กอ รวม 160 กอ เครื่องดำนมีลักษณะการทำงานเคลื่อนที่แบบ ไป – กลับ ดังรูปที่ 10 ทำการทดสอบและเก็บข้อมูลการปักดำในแปลงนาที่เตรียมไว้



รูปที่ 10 ผลการทดลองปลูกที่มุมเอียงของชุดตะขอร้งข้าวที่ทำมุมกับสกี 40° 45° 50° และ 55°

จากผลการทดสอบดังรูปที่ 10 ที่องศาความเอียงของชุดตะขอร้งข้าว ความเอียงของชุดตะขอร้งข้าวที่ทำมุม 40° 45° 50° และ 55° ทำการทดลองปลูก 4 แถว ๆ ละ 40 กอ เพื่อหาองศาที่เหมาะสมของชุดตะขอร้งข้าวที่ทำมุมกับสกี โดยแถวที่ 1 ทำมุม

40°, แถวที่ 2 ทำมุม 45°, แถวที่ 3 ทำมุม 50°, และแถวที่ 4 ทำมุม 55° พบว่าองศาความเอียงของชุดตะขอร้งข้าว ช่องที่ 3 ทำมุม 50° กับสกีมีจำนวนต้นกล้าเฉลี่ย 3.86 ต้นต่อกอ กอข้าวไม่ล้ม ซึ่งเป็นความเอียงของชุดตะขอร้งข้าวที่เหมาะสม แรงเสียดทานระหว่างต้นกล้าน้อย ทำให้ต้นกล้าไหลลงตามรางได้ดีส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการปักดำต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับแถวที่ 1 ทำมุม 40° จำนวนต้นกล้าเฉลี่ย 0.93 ต้นต่อกอ แถวที่ 2 ทำมุม 45° จำนวนต้นกล้าเฉลี่ย 1.40 ต้นต่อกอ แถวที่ 1 และแถวที่ 2 เกิดความผิดพลาดในการปักดำสูงเนื่องจากต้นกล้าไหลลงไปหาหัวปลุกทำให้มีจำนวนต้นกล้าที่หัวปลุกต่ำกลงแปลงนามีจำนวนต้นน้อยหรือไม่มีต้นกล้าไหลมาที่หัวปลุกเลย และแถวที่ 4 ซึ่งทำมุม 55° กับสกี เนื่องจากชุดตะขอร้งข้าวมีความชันมากเกินไปทำให้ต้นกล้าไหลมาแออัดที่ชุดตะขอร้งข้าวทำให้จำนวนต้นกล้าที่ปักดำมีจำนวนมากเฉลี่ยถึง 7 ต้นต่อกอ

7.2 ความลึกและจำนวนต้นกล้าหลังการปักดำ

จากการสุ่มตรวจวัดระดับความลึกของต้นกล้าและจำนวนกอต้นกล้าในแปลงนาดังรูปที่ 8 ที่ทำการทดสอบที่ระดับความลึกของน้ำไม่เกิน 5 cm ความเอียงของชุดตะขอร้งข้าวที่ทำมุม 50° กับสกีมีจำนวน 4 แถว ๆ ละ 40 กอ รวม 160 กอ น้ำหนักของเครื่องดำนแบบใช้กลไกปักดำมีน้ำหนักของตัวเครื่องรวม 28 kg

ตารางที่ 2 จำนวนของต้นกล้าและความลึกในการปักดำที่ชุดตะขอร้งข้าวทำมุมกับสกี 50°

ค่าสถิติ	หัวปลุกช่องที่ 1		หัวปลุกช่องที่ 2		หัวปลุกช่องที่ 3		หัวปลุกช่องที่ 4	
	D (cm)	N (ต้น)	D (cm)	N (ต้น)	D (cm)	N (ต้น)	D (cm)	N (ต้น)
Mean	5.9	3.1	5.0	5.5	5.2	3.1	5.0	3.0
SD	0.6	1.4	0.5	1.4	0.7	1.9	0.9	1.5
CV (%)	11.3	26.8	11.5	31.0	10.9	31.1	32.4	25.5

บทความวิจัย (Research Article)

จากตารางที่ 2 ทำการทดสอบเก็บผลจำนวน ต้นกล้าและความลึกในการปักดำที่ระดับความเอียงของชุดตะขोरั้งข้าวท่ามูมกับสกี 50° โดยที่ D คือ ความลึกเฉลี่ยของต้นกล้าที่ถูกปักดำ และ N คือ จำนวนเฉลี่ยต้นกล้าที่ถูกปักดำในแต่ละกอ จากการทดสอบสมรรถนะ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ ความแปรปรวน (CV) ของความลึกในการปักดำและจำนวน ต้นกล้าต่อกอ มีค่าเท่ากับ 10.9% และ 13.9% ตามลำดับ ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เมื่อเทียบกับมาตรฐานเครื่องจักรกลเกษตรทั่วไป โดยปกติไม่ควรเกิน 20% สำหรับกลไกการปักดำ แสดงให้เห็นว่าชุดตะขอรั้งและกลไกสกีบาร์มีความแม่นยำในการคืบแยกต้นกล้าที่สม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม ค่า CV ของระยะห่างระหว่างกอมีค่าสูงถึง 32.4% ซึ่งสะท้อนถึงความไม่สม่ำเสมอในการเคลื่อนที่ ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องปักดำนาที่พัฒนาขึ้นอาศัยแรงจูงจากคนงานขับที่มีทักษะการลาก ทำให้ความเร็วในการก้าวเดินไม่คงที่ ซึ่งแตกต่างจากเครื่องปักดำนาประเภทขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ที่มีการควบคุมความเร็วสัมพันธ์กับรอบการปักดำอย่างคงที่ ปัจจัยจากมนุษย์ส่งผลโดยตรงต่อความสม่ำเสมอของระยะปลูกในเครื่องจักรขนาดเล็ก

7.3 สมรรถนะของเครื่องดำนา

จากข้อมูลการทดสอบดังตารางที่ 3 ที่ความชันของชุดตะขอรั้งข้าว 50° ผลการปักดำพบว่ามีความเหมาะสมและมีความผิดพลาดน้อยเมื่อใช้ต้นกล้าในการทดสอบที่มีอายุประมาณ 30 วัน ซึ่งความสามารถของการทำงานของเครื่องดำนาแบบใช้กลไกปักดำต้นกล้าแบบ 4 แถวสามารถทำงานได้ 2 ไร่ต่อวันใช้แรงงานคนจำนวน 1 คน ใช้เวลาในการทำงานที่ 8 hr ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วในการลากเครื่องปักดำ การโยกคันโยกของคนทำงานจะเป็นการกำหนดระยะห่างของกอข้าวซึ่งมีกำหนดระยะห่างของแถวต้นกล้า 25 cm ติดที่ตำแหน่งปลูก ส่งผลทำให้ได้ระยะห่างของกอข้าวในแต่ละแถวอยู่ในช่วงระยะ 20.25 – 35.23 cm

ตารางที่ 3 ทดสอบการทำงานของเครื่องดำนาแบบใช้กลไกปักดำต้นกล้าแบบ 4 แถว

ลำดับ	ค่าการวัด	
1	ความสามารถทำงานเชิงพื้นที่ (m ² /hr)	400
2	ความเร็วเฉลี่ยของแขนปักดำ (ครั้ง/hr)	160
3	ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงพื้นที่ (ร้อยละ)	92
4	ความผิดพลาดในการปักดำ (ร้อยละ)	8
5	อัตราการทำงาน (ไร่/hr)	0.25

จากการทดสอบสมรรถนะในภาคสนามพบว่าเครื่องดำนาแบบ 4 แถวต้นแบบ มีความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่เฉลี่ย 0.25 ไร่ต่อชั่วโมง โดยใช้คนงานเพียง 1 คนในการลากจูง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องดำนาด้วยแรงงานคนในวิธีดั้งเดิม พบว่าเครื่องต้นแบบสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้มากกว่า 16 เท่า ในส่วนของความแม่นยำ พบว่าเครื่องดำนาที่พัฒนาขึ้นมีอัตราการปักดำผิดพลาดเพียงร้อยละ 8 ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการออกแบบกลไกชุดตะขอรั้งที่มีความแม่นยำในการคืบแยกต้นกล้า โดยประสิทธิภาพการปักดำที่ร้อยละ 92 นี้ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับการใช้งานในระดับเกษตรกรรายย่อย เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องดำนาแบบเดินตามทั่วไปที่มักมีอัตราความผิดพลาดในช่วงร้อยละ 5-10 อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ได้ระยะห่างระหว่างกอที่สม่ำเสมอยิ่งขึ้น ผู้ปฏิบัติงานควรได้รับการฝึกฝนให้รักษาความเร็วในการเดินลากให้คงที่ที่ประมาณ 0.25 m/s

7.4 ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์

ในการใช้เครื่องดำนาแบบใช้กลไกปักดำต้นกล้าแบบ 4 แถว เปรียบเทียบจากข้อมูลการทำนาตามฤดูกาลจนถึงการเก็บเกี่ยวของพื้นที่ มีการปลูกข้าวแบบนาหว่าน นาหยอด ปักดำด้วยคน ปักดำด้วย

บทความวิจัย (Research Article)

เครื่องยนต์ดำนามีค่าใช้จ่ายดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่า การทำนาโดยการปักดำด้วยมือจะมีค่าใช้จ่ายสูงที่สุด แต่ให้ผลผลิตสูง เพราะในแปลงมีการปรับเตรียมดินทำให้ไม่มีวัชพืชในแปลงนา โดยเครื่องดำนาแบบใช้กลไกปักดำต้นกล้าแบบ 4 แถวมีต้นทุนค่าเครื่อง 5,000 บาท ทำการวิเคราะห์การคืนทุนด้วยสมการที่ 4

$$CR = (P - SV)(A/P, i, n) + i.SV \quad (4)$$

แทนค่า

$$\begin{aligned} CR &= (5,000 - 500) (0.2638) + (0.1) (500) \\ &= 1,237.1 \end{aligned}$$

การคำนวณหาจุดคุ้มทุน หากชาวนาทำนาด้วยวิธีปักดำด้วยมือค่าใช้จ่ายเท่ากับ 3,075 บาทต่อไร่ หากชาวนาเปลี่ยนวิธีการทำนาเป็นการใช้เครื่องดำนาแบบใช้กลไกปักดำต้นกล้าแบบ 4 แถวที่มีค่าใช้จ่าย 2,375 บาทต่อไร่ ซึ่งถือเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายได้ถึงไร่ละ 700 บาทต่อไร่ การคืนทุนต้องใช้เครื่องดำนาแบบใช้กลไกปักดำต้นกล้าแบบ 4 แถว เท่ากับ $1,237.1/700 = 1.76$ ไร่ต่อปี ความสามารถของเครื่องสามารถทำงานได้ 2 ไร่ต่อวัน หากชาวนามีพื้นที่ 10 ไร่ จะประหยัดค่าใช้จ่าย 7,000 บาทใช้เวลาในการปักดำด้วยเครื่องดำนาเป็นระยะเวลา 5 วัน หรือจะคืนทุนในปีนั้นชาวนาจะต้องทำนาด้วยเครื่องดำนาแบบใช้กลไกปักดำต้นกล้าแบบ 4 แถวประมาณ 2 ไร่

ตารางที่ 4 ค่าใช้จ่ายของแต่ละวิธีการปลูกข้าว (บาท/ไร่)

รายการ	ค่าใช้จ่ายของแต่ละวิธีการปลูกข้าว (บาท/ไร่)				
	หว่าน	หยอด	คนปักดำด้วยมือ	เครื่องดำนาแบบ 4 แถว	เครื่องยนต์ดำนา
ต้นทุนค่าเครื่อง	-	-	-	5,000	450,000
ไถและปรับดินเตรียมแปลง	500	500	600	600	600
เมล็ดพันธุ์ข้าว	300	90	175	175	220
ค่าแรงคนงานเตรียมกล้า	-	-	400	400	-
ค่าแรงคนงาน	400 (1 คน)	400 (1 คน)	1,200 (4 คน)	400 (1 คน)	1,400 (2 คน)
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	40	40	-	-	150
ค่าเก็บเกี่ยว	700	700	700	700	700
ผลผลิต (kg/ไร่)	430	500	520	500	530
รวมราคาค่าใช้จ่ายไม่รวมเครื่อง (บาท/ไร่)	1,940	1,730	3,075	2,375	3,600

บทความวิจัย (Research Article)

จากตารางที่ 4 ข้อมูลค่าใช้จ่ายในการปักดำด้วยแรงงานคนและอัตราค่าจ้างรถดำนาในท้องถิ่นอ้างอิงตามฐานข้อมูลราคาตลาดปี พ.ศ. 2567 และสอดคล้องกับรายงานการศึกษาของ คณิศร์ เจียรนัยกุล [7] และ นัย บำรุงเวช [11] อัตราค่าจ้างรถดำนาและแรงงานคนเป็นราคาประเมินจากการสำรวจในพื้นที่จังหวัดเชียงราย ปี พ.ศ. 2567

8. สรุปผลการวิจัย

เครื่องดำนาที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่เฉลี่ย 0.25 ไร่/ชั่วโมง ซึ่งเร็วกว่าการใช้แรงงานคนปลูกถึง 16 เท่า ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ตามมาตรฐานเครื่องจักรกลเกษตร จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เครื่องต้นแบบมีต้นทุนการผลิตเพียง 5,000 บาท เมื่อเทียบกับราคาเครื่องดำนาที่ราคาสูงกว่า โดยมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 1.76 ไร่ต่อปี ภายในฤดูการผลิต เมื่อคิดจากการรับจ้างหรือใช้ในพื้นที่ของตนเอง ทำให้เครื่องนี้เป็นทางเลือกที่เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับเกษตรกรรายย่อยที่มีงบประมาณจำกัด ผลการทดสอบยืนยันว่า การปรับมุมชุดตะขอรั้งข้าวที่ 50 องศา เป็นจุดที่สร้างความสมดุลสูงสุดระหว่างความเร็วในการป้อนต้นกล้าและความแม่นยำในการปักดำ ลดอัตราการปักดำพลาดเหลือเพียง 8% ซึ่งพิสูจน์ได้ว่าการออกแบบกลไกนี้มีความเหมาะสมทางเทคนิคในการนำไปใช้งานจริงในพื้นที่แปลงนาขนาดเล็ก

9. แนวทางการพัฒนาต่อ

แม้ว่าเครื่องจะทำงานได้ดี แต่พบว่าค่าความแปรปรวนของระยะห่างระหว่างกอยังค่อนข้างสูง (CV = 32.4%) ดังนั้น งานวิจัยในระยะถัดไปควรพัฒนากลไกวัดระยะ ชุดเกียร์ทดรอบ หรือระบบกำหนดจังหวะการตกของต้นกล้าให้สัมพันธ์กับความเร็วในการลากเครื่องดำนาแบบใช้กลไกปักดำต้นกล้าแบบ 4

แถว เพื่อเพิ่มความสม่ำเสมอในการปักดำให้ได้มาตรฐาน

10. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเชียงรายที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

11. เอกสารอ้างอิง

- [1] สมพล อุซชิน, นงลักษณ์ มาเที่ยง, และ สาลี บุญญาวิวัฒน์. “การทำน่าน้ำฝน” สถาบันวิจัยข้าวกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2539.
- [2] สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย, “ผลการผลิตข้าว,” [ออนไลน์]. Available: <http://www.thaiceeexporters.or.th/production.htm> [เข้าถึงเมื่อ 30 มิถุนายน 2568]
- [3] ไพโรจน์ นะเที่ยง, “ผลการใช้เทคโนโลยีเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวสำหรับการปลูกข้าวแบบนาตาม,” *journal of community development research*, ปีที่ 6, ฉบับที่ 1, หน้า 15-30, 2557.
- [4] สมพร หงษ์กง, และวัชรายุทธ ลำดวน, “เครื่องดำนาขนาดเล็กแบบเดินตามสำหรับปักดำต้นกล้าข้าวแบบล้งรากในการปลูกข้าวหน้าน้ำฝน,” *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, ปีที่ 10, ฉบับที่ 19, 2561.
- [5] IRRI, “Transplanting,” [online]. Available: <http://www.knowledgebank.irri.org/training/fact-sheets/crop-establishment/item/transplanting>. [Accessed: March 2, 2024]

บทความวิจัย (Research Article)

- [6] สมพร หงษ์กง, ณรงค์ หุชัยภูมิ, และบัญชา ล้าเลิศ, “ชุดปักดำแบบพ่วงติดรถไถนาเดินตาม,” *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร* ปีที่ 5 ฉบับที่ 9, หน้า 97–108, 2556.
- [7] คณิศศักดิ์ เจียรนัยกุล, “ทดสอบและพัฒนาประสิทธิภาพการใช้เครื่องดำนา” *รายงานการวิจัยการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการกองเกษตรวิศวกรรม, กรมวิชาการเกษตร*, 2540.
- [8] Y. Mori, “Performance evaluation of rice transplanters evaluated by national test,” *JARQ*, vol. 9, no. 3, pp. 152-155, 1975. [Online]. Available: <https://www.jircas.go.jp/en/publication/jarq/9/3/152>. [Accessed: March 2, 2025].
- [9] RNAM, *Test Codes & Procedures for Farm Machinery, Technical Series No. 12*, Regional Network for Agricultural Machinery Economic and Social Commission for Asia and Pacific, 1983.
- [10] B. K. Behera, B. P. Varshney, A. K. Goel, “Effect of Puddling on Puddled Soil Characteristics and Performance of Self-propelled Transplanter in Rice Crop,” *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Vol. XI. Manuscript PM 08 020. September, 2009.
- [11] นัย บำรุงเวช, “เครื่องดำนา,” *ม.ป.ท. 2546*, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง, 2546.
- [12] ไพบุลย์ แยมเฟื่อน, *การวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม*, พิมพ์ครั้งที่ 25. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2542.
- [13] วันชัย วิจิรวนิช, และ ช่อม พลอยมีค่า, “เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม,” กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.