การพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองแบบติดตั้งกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก
Development Soybean Combine Harvester Attached to Small Tractor

วุฒิพล จันทร์สระคู[1/*] วรรธนะ สมนึก[2/] ภิรมย์ แถวเพีย[2/]
เอกภาพ ป้านภูมิ[2/] มงคล ตุ่นเฮ้า[2/] สิทธิพงศ์ ศรีสว่างวงศ์[3/]
Wuttiphol chansrakoo[1/] Wantana somnuek[2/] Pirom taewpeay[2/]
Akkaparp panphoom[2/] Mongkol thunhaw[2/] Sittipong srisawangwong[3/]

Received 22 Feb..2021/Revised 25 Jun. 2021/Accepted 29 Jun. 2021

ABSTRACT

Labor shortage is the major problem of soybean harvesting. Using of large-size combine harvesters were limited by harvesting loss and the preparation of typical soybean plot is not suitable for large machinery. The objective of this research was to develop a prototype of soybean combine harvester attached to a small tractor that would reduce soybean yield losses. A prototype of soybean combine harvester was designed and constructed for attaching to a 21 hp tractor. The important components developed were the cutting, conveying, threshing, and cleaning set whose size were proportionate to the size of the tractor. Performance evaluation of prototype was investigated in field trial. Results showed that in board planting plot, it had field capacity of 0.55 rai/hr, field efficiency of 70.24%, fuel consumption rate of 3.45 L/rai, total loss of 9.58%, cleaning efficiency of 96.21% and no grain breakage. In a row planting conditions it showed field capacity of 0.32 rai/hr. field efficiency of 74.59%, fuel consumption rate of 7.57 liters/rai, total loss of 18.86%, cleaning efficiency of 85.50% and no grain breakage was observed. In a board planting the combine harvester has higher field capacity and cleaning efficiency than in a row planting conditions. The rate of fuel consumption and the total loss were lower as well. The prototype can be used for further to development as a tractor-mounted soybean combine harvester for commercial purposes.

Keywords: combine harvester, soybean, small tractor

---

[1] ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมสุราษฎร์ธานี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ต.คันธุลี อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี 84170

[1] Surat thani Agricultural Engineering Research Center, Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture. Khan thuli, Tha chana, Surat thani 84170.

[2] ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ต.บ้านทุ่ม อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000

[2] Khon Kaen Agricultural Engineering Research Center, Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture. Bantum, Muang, Khon Kaen 40000.

[3] ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์ขอนแก่น กองวิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000

[3] Khon Kaen Seed Research and Development Center, Department of Agriculture, Muang, Khon Kaen 40000.

***corresponding author: wuttiphol@gmail.com**

บทคัดย่อ

จากปัญหาการขาดแคลนแรงงานในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง การใช้เครื่องเกี่ยวนวดที่มีขนาดใหญ่ยังมีข้อจำกัดในด้านของความสูญเสียและลักษณะแปลงปลูกถั่วเหลืองไม่มีความประณีตในการไถเตรียมดินปลูก จึงทำให้พื้นที่แปลงไม่เหมาะสมกับการใช้งานของเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองสำหรับติดตั้งกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อลดความสูญเสียของผลผลิตถั่วเหลืองจากการเก็บเกี่ยว ดำเนินการออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองติดตั้งกับรถแทรกเตอร์ขนาด 21 แรงม้า เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อน โดยพัฒนาส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ ชุดหัวเกี่ยว ชุดลำเลียง ชุดนวด และทำความสะอาด มีสัดส่วนที่เหมาะสมกับขนาดรถแทรกเตอร์ และทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องต้นแบบในภาคสนาม ผลการทดสอบ พบว่า ในสภาพแปลงถั่วเหลืองแบบหว่าน เครื่องต้นแบบมีความสามารถในการทำงาน 0.55 ไร่/ชม. ประสิทธิภาพการทำงาน 70.24% อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 3.45 ล./ไร่ ความสูญเสียรวม 9.58% ประสิทธิภาพความสะอาด 96.21% และไม่มีเมล็ดแตกหัก ขณะที่ในสภาพแปลงถั่วเหลืองแบบเป็นแถว เครื่องต้นแบบมีความสามารถในการทำงาน 0.32 ไร่/ชม. ประสิทธิภาพการทำงาน 74.59% อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 7.57 ล./ไร่ ความสูญเสียรวม 18.86% ประสิทธิภาพความสะอาด 85.50% และไม่มีเมล็ดแตกหัก แสดงให้เห็นว่า ในสภาพแปลงแบบหว่านเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองจะมีความสามารถในการทำงาน และประสิทธิภาพความสะอาดสูงกว่าการใช้งานในสภาพแปลงแบบเป็นแถว โดยที่อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และความสูญเสียรวมต่ำกว่าการใช้งานในสภาพแปลงแบบเป็นแถว เครื่องต้นแบบที่พัฒนาได้นี้ สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดการผลิตเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองแบบติดรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กในเชิงพาณิชย์ต่อไป

คำสำคัญ: เครื่องเกี่ยวนวด ถั่วเหลือง รถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

บทนำ

สถานการณ์การผลิตถั่วเหลืองของไทย ปี 2563/64 มีเนื้อที่เพาะปลูก 0.105 ล้านไร่ ผลผลิต 28,223 ตัน มีผลผลิต 269 กก./ไร่ แหล่งปลูกสำคัญของประเทศไทย ได้แก่ จ.แม่ฮ่องสอน เชียงราย เชียงใหม่ ตาก เพชรบูรณ์ เลย ขอนแก่น และชัยภูมิ (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ต้นทุนการผลิตถั่วเหลืองของเกษตรกรสูงขึ้นตามราคาปัจจัยการผลิต ได้แก่ ค่าเมล็ดพันธุ์ ค่าปุ๋ยเคมี ค่ายาปราบศัตรูพืช และค่าแรงงานในการเก็บเกี่ยว ทิศทางการผลิตถั่วเหลืองของไทยมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากผลตอบแทนจากการปลูกถั่วเหลืองต่ำกว่าพืชแข่งขันชนิดอื่น ทำให้ต้องพึ่งพาการนำเข้าถั่วเหลืองจากต่างประเทศ โดยนำเข้าเพื่อสกัดน้ำมันมากที่สุดถึง 67.45% ของการนำเข้าทั้งหมด (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ดังนั้น จึงต้องเร่งพัฒนาการผลิตถั่วเหลืองไทยให้มีความยั่งยืน เช่น การส่งเสริมการผลิตเมล็ดพันธุ์คุณภาพดี การใช้เครื่องจักรกลทดแทนแรงงานเพื่อลดต้นทุนการผลิต การให้ความรู้ด้านการผลิตถั่วเหลืองแก่เกษตรกร ซึ่งคาดว่าจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตถั่วเหลืองเพิ่มสูงขึ้น

จากการสำรวจการเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง ในปัจจุบัน ยังประสบปัญหาอยู่อีกด้านคือ คือ สภาพพื้นที่ขณะเก็บเกี่ยวไม่เรียบ เกษตรกรมักเตรียมดินง่าย ๆ โดยทำการไถ 1 ครั้ง แล้วหยอดหรือปลูกถั่วเหลืองในฤดูแล้ง โดยใช้เครื่องหยอด ทำให้พื้นที่ขรุขระ และฝักถั่วเหลืองต่ำสุดจะอยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 10-12 ซม. ทำให้การเก็บเกี่ยวที่ใช้เครื่องเกี่ยววางรายไม่สามารถตัดลงไปได้ต่ำกว่าระดับนั้น ทำให้มีการสูญเสียโดยรวมประมาณร้อยละ 18 ของผลผลิต (สุวรรณ, 2542) ขณะที่การเก็บเกี่ยวถั่วเลืองโดยใช้แรงงานคน 3-4 คน สามารถตัดต้นถั่วเหลืองและมัดฟ่อนได้พื้นที่ประมาณ 1 ไร่/วัน

โดยเก็บเกี่ยวแบบมัดฟ่อนวางกองไว้ในแปลง แล้วตากทิ้งไว้เพื่อให้ความชื้นเมล็ดลดลงเหลือประมาณ 13-15% จากนั้น จะทำการนวดด้วยเครื่องนวดข้าว (อนุสร, 2534) วิธีเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองโดยใช้แรงคน อาจมีผลกระทบต่อผลผลิตและคุณภาพในทางอ้อม เนื่องจากเก็บเกี่ยวช้า ถ้าหากมีผลผลิตในปริมาณมากและขาดแคลนแรงงาน จะทำให้เก็บเกี่ยวไม่ทัน ปัญหาอีกประการหนึ่งที่ทำให้การเก็บเกี่ยวลำบากและล่าช้า คือ การมีวัชพืชในแปลงมาก (นิลุบล และละอองดาว, 2547) นอกจากนี้ ปัญหาการขาดแคลนแรงงานแนวโน้มรุนแรงมากขึ้น และพบว่า ค่าจ้างแรงงานในการเกี่ยวที่ไม่รวมค่าแรงในครอบครัว เป็นค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ในขั้นตอนการผลิต ดังนั้น การนำเครื่องจักรกลเกษตรที่เหมาะสมมาใช้จึงแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยเฉพาะเครื่องที่สามารถดำเนินการได้ทั้งการเกี่ยวและนวดในเวลาเดียวกัน จากการสำรวจพบว่าเกษตรกร 92.7% มีความต้องการเครื่องมือเก็บเกี่ยว แต่มีเงื่อนไขการยอมรับคือ ต้องไม่ทำให้เกิดความสูญเสียและความเสียหายกับผลผลิตมากกว่าที่เกษตรกรยอมรับได้ อัตราค่าจ้างต้องไม่แพงกว่าวิธีการปฏิบัติเดิม และวิธีการปฏิบัติต้องไม่ยุ่งยาก (อนุชิต, 2536) ในการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดี จะต้องคำนึงถึงช่วงอายุการเก็บเกี่ยวและวิธีเก็บเกี่ยวที่ถูกต้องเหมาะสมด้วย (สาทิส และคณะ, 2536)

จากปัญหาการขาดแคลนแรงงานและค่าแรงงานค่อนข้างสูงในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว และลักษณะแปลงถั่วเหลืองมีความหลากหลายไม่เหมาะสมสำหรับการใช้งานของเครื่องจักรขนาดใหญ่ จึงมีความจำเป็นต้องแก้ไขและพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลือง ซึ่งในปัจจุบันเกษตรกรเริ่มหันมาใช้รถแทรกเตอร์ขนาดเล็กกันแพร่หลายและมีการถือครองจำนวนมาก เพื่อเป็นต้นกำลังในการขนย้ายและต่อพ่วงเครื่องมือทุ่นแรงทางการเกษตรต่าง ๆ เพื่อเป็นการเพิ่มอรรถประโยชน์ในการใช้เครื่องมือ การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก และทดสอบประสิทธิภาพการเก็บเกี่ยว เพื่อลดความสูญเสียผลผลิตถั่วเหลือง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

ดำเนินการออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองขนาดเล็กที่ใช้ต้นกำลังในการขับเคลื่อนด้วยรถแทรกเตอร์ ขนาด 21 แรงม้า (รุ่น B2140 บริษัทสยามคูโบต้า ประเทศญี่ปุ่น) มีส่วนประกอบต่าง ๆ ได้แก่ ส่วนที่ทำหน้าที่ในการเก็บเกี่ยวและลำเลียง ส่วนที่ทำหน้าที่นวด และส่วนที่ทำการคัดแยกและทำความสะอาด เพื่อแก้ปัญหาการสูญเสียผลผลิตเนื่องจากการเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง โดยมีหลักการพิจารณาออกแบบเครื่องตามเงื่อนไขและข้อจำกัด ดังนี้ 1) สามารถถอดและประกอบเข้ากับรถแทรกเตอร์ได้สะดวก 2) หน้ากว้างการเกี่ยวไม่กว้างกว่าความกว้างของตัวรถแทรกเตอร์ต้นกำลัง และต้องเกี่ยวถั่วเหลืองแบบปลูกเป็นแถวได้ไม่น้อยกว่าครั้งละ 2 แถว (ระยะห่างระหว่างแถว 50 ซม.,กรมวิชาการเกษตร (2547) 3) ชุดใบมีดตัดและล้อโน้มสามารถปรับให้สูงและต่ำให้เหมาะสมกับความสูงต้นถั่วเหลืองด้วยระบบไฮดรอลิค ระบบลำเลียงต้นถั่วเหลืองมีอัตราการป้อนไม่เกิน 150 กก./ชม. (วุฒิพล และคณะ, 2562) ลูกนวดแบบไหลตามแกนชี่นวดเหล็กกลมลักษณะโปร่งเช่นเดียวกันกับเครื่องนวดข้าวขนาดความยาว 90 ซม. และใช้ความเร็วรอบลูกนวดที่เหมาะสำหรับการนวดถั่วเหลืองในช่วง 400-600 รอบ/นาที (นิลุบล และละอองดาว, 2547)

การออกแบบส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ ส่วนที่ทำหน้าที่ในการเก็บเกี่ยวและลำเลียง (cutting and conveying mechanisms) ส่วนที่ทำหน้าที่นวด (threshing mechanisms) ส่วนที่ทำหน้าที่คัดแยกและทำความสะอาด (separating and cleaning mechanisms)

1.1 ส่วนที่ทำหน้าที่ในการเก็บเกี่ยวและลำเลียง

1) ชุดล้อโน้ม (reel) ทำหน้าที่ในการโน้มหรือดึงต้นถั่วเหลืองเข้ามาหาชุดของใบมีด จะประกอบด้วยราวเหล็ก 6 แถว เรียงกันในแนวรัศมี และมีลวดสปริงหรือหนวดกุ้งติดตั้งอยู่ปลายของล้อโน้ม (Figure 1) และรัศมีการหมุนจะเป็นรูปวงรี ความเร็วรอบในการหมุนของล้อโน้มนี้จะมีความสัมพันธ์กับความเร็วในการเคลื่อนที่ของเครื่องเกี่ยวนวด หรือดัชนีล้อโน้มควรจะมีค่าปรับได้ช่วง 1.0 - 1.5 สำหรับการเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง (อภิชาติ และคณะ, 2549)

2) เกลียวลำเลียงหน้า (auger conveyor) ทำหน้าที่ในการรวบรวมและขนถ่ายส่วนของต้นถั่วเหลืองที่ถูกตัดด้วยชุดใบมีด เพื่อนำไปยังชุดสายพานลำเลียง (Figure 1)

3) ชุดใบมีดตัด (cutter bar) ทำหน้าที่ในการตัดต้นพืชที่จะเก็บเกี่ยวให้ขาดออกจากกัน โดยการป้อนของล้อโน้ม ลักษณะของใบมีดเป็นแบบใบมีดชัก มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ตัวใบมีด ชุดใบมีด ที่รองรับใบมีด และแผ่นกดใบมีด (Figure 2)

4) ชุดสายพานลำเลียง (feeder conveyor) จะทำด้วยชุดโซ่ มีแผ่นเหล็กติดขวางโดยมีระยะห่างเท่า ๆ กัน ทำหน้าที่ในการลำเลียงหรือขนถ่ายส่วนของต้นถั่วเหลืองที่ถูกตัดไปป้อนเข้าส่วนของระบบการนวด (Figure 3)

1.2 ส่วนที่ทำหน้าที่นวด

ระบบนวดเป็นกลไกส่วนที่ทำหน้าที่ปลดเมล็ดให้หลุดออกจากต้นถั่วเหลือง มีส่วนประกอบหลักดังนี้ 1) โครงเหล็กฐานเครื่อง 2) เกลียวลำเลียงเมล็ดดี 3) ชุดพัดลมทำความสะอาด 4) ถาดป้อนวัสดุ (มีเฉพาะเครื่องนวด) 5) ลูกนวดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 ซม. ยาว 90 ซม. 6) ฝาครอบลูกนวดบน 7) ตะแกรงนวดบน 8) เกลียวลำเลียงกลับไปนวดซ้ำ 9) ตะแกรงโยกคัดแยก และ 10) เกลียวลำเลียงเมล็ดท้ายตะแกรง ดังแสดงใน Figure 4

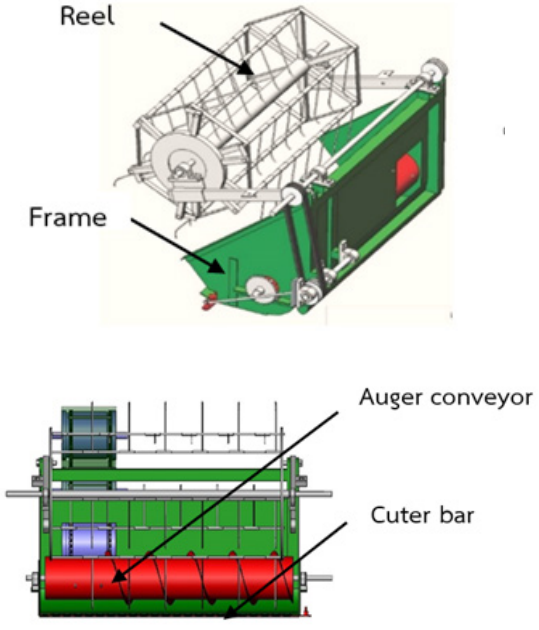

Figure 1 Characteristics components of reel and auger conveyor

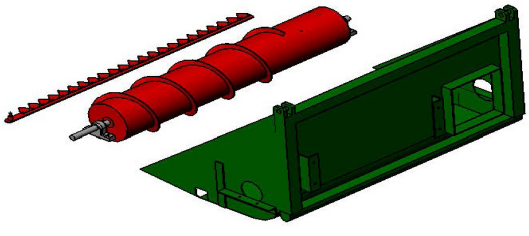

Figure 2 Characteristics components of cutter bar

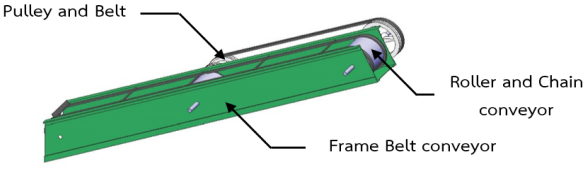

Figure 3 Components of feeder conveyor

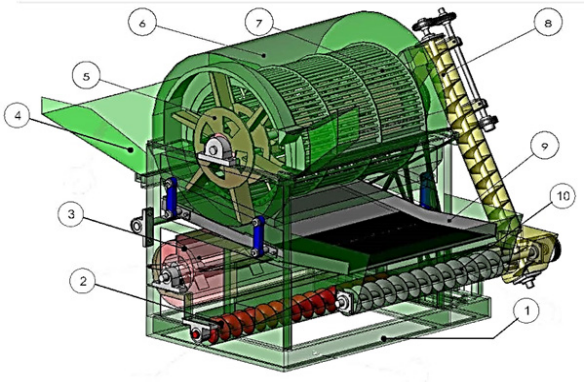

Figure 4 Components of soybean thresher : (1) machine stand (2) clean grain auger (3) cleaning fan (4) feed tray (5) cylinder (6) cover cylinder (7) concave (8) grain return auger (9) cleaning sieve (10) tailings auger

ลูกนวด มีลักษณะเป็นโครงเหล็กทรงกระบอกโปร่งมีแท่งเหล็กหรือซี่นวด ติดอยู่โดยรอบทรงกระบอก (Figure 5) ซี่นวดนี้ทำหน้าที่ขัดสีหรือถูเมล็ดให้หลุดจากฝัก เป็นลูกนวดชนิดเดือยแหลมหรือแบบซี่เหล็กกลม (spike-tooth cylinders) จำนวนซี่นวด และระยะห่างระหว่างซี่นวด ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่ทำการนวด สำหรับระยะห่างระหว่างซี่นวดและตะแกรงนวดล่างจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืชเช่นกัน ส่วนตะแกรงนวดมีลักษณะเป็นซี่ตะแกรงรูปทรงโค้งตามลูกนวด มีความยาวเท่ากับลูกนวด มีตะแกรงนวดบนและล่างแบบถอดประกอบได้ ลักษณะเป็นซี่ตะแกรงรูปทรงโค้งตามลูกนวด ขนาดของซี่ตะแกรงเครื่องนวดถั่วเหลือง ถ้าระยะห่างมากไปจะทำให้นวดไม่หมด ทำให้มีเศษต้นถั่วหรือเศษวัสดุต้นถั่วเหลืองพันรอบลูกนวดได้ และอาจจะทำให้เกิดการอัดแน่นและติดขัดได้ (สมชาย, 2555)

1.3 ส่วนที่ทำการคัดแยกและทำความสะอาด

ประกอบด้วย

1) ตะแกรงโยก ส่วนแรกอยู่ใต้ตะแกรงนวดล่าง เป็นเหล็กแผ่นเรียบเพื่อให้ต้นถั่วเหลืองล้มตัวก่อนเคลื่อนไป ส่วนที่สองซึ่งอยู่ด้านนอกถัดออกไป เป็นตะแกรงรู ตอนหน้าของตะแกรงจะเอียงขึ้นทำมุมแนวราบ 5 องศา เพื่อช่วยไม่ให้เมล็ดกระเด็นออกตอนหน้า โดยจะมีแผ่นกันเมล็ดถั่วเหลืองกระเด็นยึดติดอยู่ตอนหน้าของตะแกรงโยกปรับขึ้นลงได้

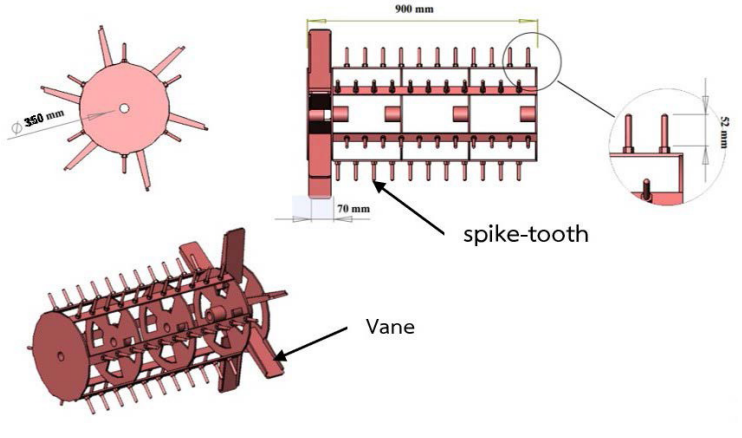

Figure 5 Spike-tooth cylinders

2) พัดลม เป็นแบบหอยโข่ง ทำหน้าที่เป่าลมจากด้านล่างผ่านรูตะแกรงโยก เพื่อให้เมล็ดลีบและเศษฝักถั่วแยกออกจากเมล็ดออกไปทางด้านหน้าตะแกรงโยก พัดลมจะมีแผ่นปรับลมอยู่ด้านข้าง 2 ด้าน ในขณะทำงานจะต้องปรับให้ช่องลมเปิดพอเหมาะ เพื่อให้แรงลมเป่าเฉพาะเมล็ดลีบและเศษฝักถั่วเหลือง

3) ท่อเกลียวดึงเมล็ดลีบหรือเมล็ดที่นวดไม่หมด เป็นท่อมีแผ่นเกลียวยาวตลอดแนว หมุนส่งเมล็ดลีบและเมล็ดที่นวดไม่หมดที่ถูกแยกมาทางด้านหน้าตะแกรงโยกกลับเข้าไปช่องลูกนวด เพื่อแยกเมล็ดที่เหลือออกอีกครั้งหนึ่ง ด้านล่างท่อเกลียวจะเป็นช่องเปิดและมีแผ่นเกลียวโผล่พ้นออกมา

4) ตะแกรงร่อนถั่ว จะมีตะแกรงอยู่ตรงช่องเมล็ดออก ทำหน้าที่แยกเศษฝักถั่ว เมล็ดลีบและสิ่งเจือปนที่ยังเหลือออกจากเมล็ดถั่วครั้งที่สอง

ลักษณะส่วนประกอบของต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองสำหรับติดตั้งกับรถแทรกเตอร์ขนาด 21 แรงม้า ซึ่งมีส่วนที่สำคัญตามภาพประกอบ Figure 6

2. การทดสอบและประเมินผลการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองในภาคสนาม

ทำการทดสอบต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาด 21 แรงม้า ที่ได้ออกแบบและสร้างตามเงื่อนไขการออกแบบดังกล่าวมาแล้วข้างต้น โดยทดสอบการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองในไร่เกษตรกรที่มีสภาพการเพาะปลูก 2 แบบ คือ แบบเป็นแถวและแบบหว่าน

2.1 เก็บข้อมูลสภาพพืชทั่วไป

ทำการเก็บข้อมูล ความสูงตรง ความสูงเอียง ความสูงของฝักแรกจากพื้นดิน ความชื้นฝักและต้นถั่วเหลือง ความหนาแน่นของต้นถั่วเหลือง ผลผลิตต่อพื้นที่ อัตราส่วนเมล็ดต่อวัสดุที่ไม่ใช่เมล็ด และเมล็ดร่วงก่อนการเกี่ยวในแปลง

2.2 ขั้นตอนการทดสอบต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลือง

ประยุกต์ใช้วิธีการทดสอบตาม มอก. 1428-2560 เครื่องเกี่ยวนวดข้าว (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2560) ดังนี้

1) เกี่ยวแต่งขอบแปลงถั่วเหลืองและวัดขนาดพื้นที่แปลงสำหรับการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลือง เพื่อหาสมรรถนะการทำงานของเครื่องต้นแบบ

2) ปักหลักเล็งแนวระยะห่าง 10 ม. สำหรับการจับเวลาหาความเร็วในการขับเคลื่อน

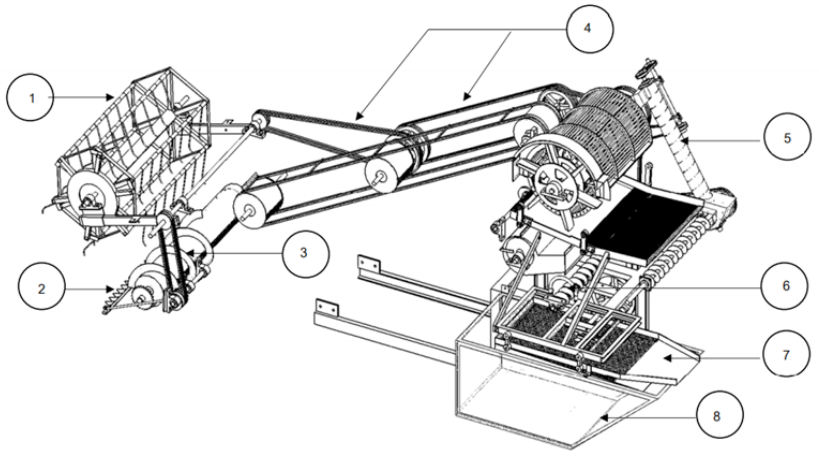

Figure 6 Main components of soybean combine harvester : (1) reel (2) cuter bar (3) front auger (4) feeder conveyor (5) return auger (6) grain auger (7) separating and cleaning sieve (8) grain tank

จำนวน 3 ซ้ำ และเวลาในการทำงานรวมเพื่อหาความสามารถในการทำงาน (ไร่/ชม.)

3) เริ่มให้เครื่องเกี่ยวนวดทำงานตามปกติ พร้อมทั้งเตรียมอุปกรณ์รองรับวัสดุที่พ่นออกด้านท้ายเครื่อง โดยกำหนดพื้นที่สุ่มตัวอย่างในช่วงหลักเล็งแนว 10 ม.

4) คัดแยกเมล็ดถั่วเหลืองเต็มเมล็ดออกจากสิ่งเจือปนที่พ่นออกด้านท้ายเครื่อง เพื่อหาความสูญเสียเนื่องจากการนวดและทำความสะอาดต่อพื้นที่สุ่มตัวอย่าง (หน้ากว้างการเกี่ยว x ระยะทางที่รองรับสิ่งเจือปนท้ายเครื่อง) ทำการเก็บข้อมูลจำนวน 3 ซ้ำ

5) สุ่มตัวอย่างความสูญเสียเนื่องจากการเกี่ยวในพื้นที่เดียวกันกับการสุ่มตัวอย่าง (ก./ตรม.) ทำการเก็บข้อมูลจำนวน 3 ซ้ำ

6) สุ่มตัวอย่างผลผลิตถั่วเหลืองจากถังเก็บ 1 กก. นำไปหาเปอร์เซ็นต์ความสะอาด

2.3 ค่าชี้ผลการทดสอบ

- ความสามารถในการทำงาน (ไร่/ชม.) $= \frac{\text{พื้นที่การทำงานจริง (ไร่)}}{\text{เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด (ชม.)}}$

- ประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ (%) $= \frac{\text{ความสามารถการทำงานจริง (ไร่/ชม.)} \times 100}{\text{ความสามารถการทำงานทางทฤษฎี (ไร่/ชม.)}}$

- ความสูญเสียเนื่องจากการเกี่ยว (%)

$$= \frac{\text{นน. เมล็ดถั่วเหลืองที่ร่วง + นน.เมล็ดถั่วเหลืองที่เกี่ยวไม่หมด} \times 100}{\text{น้ำหนักผลผลิตรวม}}$$

- ความสูญเสียเนื่องจากการนวด (%) $= \frac{\text{นน. เมล็ดถั่วเหลืองที่ติดฝัก} \times 100}{\text{น้ำหนักผลผลิตรวม}}$

- ความสูญเสียรวม (%) = ความสูญเสียจากการเกี่ยว (%) + ความสูญเสียจากการนวด (%)

- ความสะอาด (%) $= \frac{\text{นน. เมล็ดถั่วเหลืองก่อนทำความสะอาด} \times 100}{\text{นน.เมล็ดหลังการทำความสะอาด}}$

- ความเสียหายจากเมล็ดแตกหัก (%) $= \frac{\text{นน.เมล็ดถั่วเหลืองที่แตกหัก} \times 100}{\text{น้ำหนักผลผลิตรวม}}$

3. การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์

1) ค่าเสื่อมราคา คำนวณโดยใช้วิธีแบบเส้นตรง พิจารณาจากอัตราส่วนระหว่างผลต่างของราคาเครื่องจักรและมูลค่าซากของเครื่องจักรต่ออายุการใช้งานของเครื่องจักรดังสมการที่ 1

$$D = (P-S)/L \quad (1)$$

เมื่อ D = ค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักร (บาท/ปี)

P = ราคาเครื่องจักร (บาท)

S = มูลค่าซาก (บาท)

L = อายุการใช้งาน (ปี)

2) ค่าดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส คำนวณได้ดังสมการที่ 2

$$I = (i/100)\ ((P+S)/2) \quad (2)$$

เมื่อ I = ค่าดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส (บาท/ปี)
i = อัตราดอกเบี้ย (%)
P = ราคาเครื่องจักร (บาท)
S = มูลค่าซาก (บาท)

3) จุดคุ้มทุนในการทำงาน คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างต้นทุนคงที่ต่อผลต่างระหว่างการรับจ้างและค่าใช้จ่ายผันแปรดังสมการที่ 3

$$BEP = FC/(B-VC) \quad (3)$$

BEP = จุดคุ้มทุน (ไร่/ปี)
FC = ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท)
B = อัตราการรับจ้าง (บาท/ไร่)
VC = ค่าใช้จ่ายผันแปร (บาท/ไร่)

4) ระยะเวลาคืนทุน คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างราคาเครื่องจักรต่อกำไรสุทธิเฉลี่ยต่อปีดังสมการที่ 4

$$PBP = P/R \quad (4)$$

PBP = ระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องจักร (ปี)
P = ราคาเครื่องจักร (บาท)
R = กำไรสุทธิเฉลี่ยต่อปี (บาท/ปี)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

ต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองที่ใช้รถแทรกเตอร์ขนาดเล็กเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อน มีคุณลักษณะที่สำคัญดังนี้ ชุดหัวเกี่ยวมีขนาดหน้ากว้าง 1.2 ม. ยาว 4.3 ม. และสูง 2.0 ม. ลูกนวดแบบไหลตามแกนมีความยาว 0.9 ม. ซึ่งตัวเครื่องมีขนาดเล็กกว่างานวิจัยของ ฐานิสร (2537) ที่ได้พัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองพ่วงต่อรถแทรกเตอร์ ขนาดของเครื่องมีหน้ากว้าง 1.4 ม. ยาว 5.0 ม. และสูง 2.2 ม. ลูกนวดแบบไหลตามแกนมีความยาว 1.2 ม. โดยรวมแล้วตัวเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นใหม่จะมีขนาดเล็กที่เหมาะกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก 21 hp โดยมีรายละเอียดผลการสร้างเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองต้นแบบดังนี้

1) โครงหัวเกี่ยว มีส่วนประกอบของชุดเกี่ยว ได้แก่ ล้อโน้ม ใบมีดตัด เกลียวลำเลียงหน้าและชุดสายพานลำเลียงด้านหน้าของโครงหัวเกี่ยวจะติดตั้งชุดใบมีดตัด เป็นที่รองรับใบมีดและตัวบังคับการเคลื่อนที่ของใบมีด ด้านหลังของโครงหัวเกี่ยวจะเปิดช่องขนาด 25x40 ซม. เพื่อต่อเข้ากับชุดสายพานลำเลียงต้นถั่วเหลืองเข้าสู่ลูกนวด

2) ล้อโน้ม เนื่องจากต้นถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ซึ่งเกษตรกรนิยมปลูกมากที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีความสูงต้น 30-40 ซม. จึงออกแบบให้มีขนาดรัศมีล้อโน้มเท่ากับ 30 ซม. ค่าดัชนีล้อโน้มไม่เกิน 1.5 จำนวนใบล้อโน้มเป็นแผ่นยางยึดติดกับแกนเหล็กมีจำนวน 6 ใบ ขนาดกว้าง 10 ซม.และสามารถปรับระดับความสูงได้ 0-30 ซม.

3) ใบมีดตัด ตัวใบมีดเป็นแบบมาตรฐานช่วงชักครั้งเดียว มีความกว้างของตัวใบมีดเท่ากับ 7.62 ซม. (3 นิ้ว) ซึ่งมีขายตามท้องตลาด จำนวนใบมีด 4 ใบต่อความยาว 30 ซม.

4) สายพานลำเลียง เป็นโซ่ลำเลียงยึดติดด้วยเหล็กฉากขนาด 3.17 ซม. กั้นเป็นช่วงมีระยะห่างกัน 50 ซม. โซ่ลำเลียงจะถูกขับด้วยเฟืองและลูกกลิ้งทรงกระบอกเป็นตัวตาม ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้ในแนวตามความยาวและแนวตั้งฉากกับท่อลำเลียง โดยมีชุดเกลียวเป็นตัวบังคับ และสามารถปรับความตึงของโซ่และการเคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากด้วยอัตราการป้อน 150-200 กก./ชม.

5) ระบบนวดและทำความสะอาด จะใช้ชุดนวดลักษณะส่วนประกอบคล้ายแบบเครื่องนวดข้าวแบบไหลตามแกนขนาด 90 ซม. ลูกนวดแบบโปร่งมี 6 แถบนวด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพร้อมฟันซี่นวดแบบเหล็ก 48 ซม. ปรับระยะระหว่างซี่นวด 41.4 มม. ระยะห่างตะแกรงนวดล่าง 16 มม. และปรับมุมครีบวงเดือน 80 องศาจากแนวแกนลูกนวด ซึ่งโรงงานท้องถิ่นสามารถสร้างได้ง่าย โดยความเร็วลูกนวด 500 รอบ/นาที

6) ระบบไฮดรอลิค ใช้สำหรับยกชุดหัวเกี่ยว โดยใช้กระบอกไฮดรอลิคของชุดใบมีดดันดินหน้าของรถแทรกเตอร์ขนาด 21 แรงม้า

7) ระบบถ่ายทอดกำลัง จะใช้พูเล่ย์และสายพาน โดยใช้ต้นกำลังจากเพลาอำนวยกำลัง (PTO) ของรถแทรกเตอร์ขนาด 21 แรงม้า ความเร็วรอบ PTO 540 รอบ/นาที

2. ผลการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองแบบติดรถแทรกเตอร์ในภาคสนาม

2.1 ข้อมูลสภาพพืชทั่วไปก่อนการเก็บเกี่ยว

ผลทดสอบการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองในไร่เกษตรกรที่ปลูกถั่วเหลืองแบบเป็นแถว (Figure 7A) เกษตรกรปลูกถั่วเหลืองพันธุ์ศรีสำโรง สภาพพืชทั่วไปมีความสูงต้น 46.4 ซม. ความสูงฝักแรก 13.4 ซม. ระยะระหว่างแถว 47.3 ซม. ระยะห่างต้น 19.2 ซม. และความสูงการตัด 9.8 ซม. ความหนาแน่น 35 ต้น/ตร.ม. อัตราส่วนเมล็ดต่อวัสดุที่ไม่ใช่เมล็ด 1:1.8 ส่วน อายุการเก็บเกี่ยว 77 วัน สภาพแปลงเป็นดินทราย เมล็ดถั่วเหลืองมีความชื้น 18.37% (wb) และมีวัชพืชปานกลาง (Table 1) ขณะที่แปลงถั่วเหลืองปลูกแบบหว่านเกษตรกรปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 (Figure 7B) สภาพพืชทั่วไปจากการสุ่มตัวอย่างวัดค่าโดยเฉลี่ยได้แก่ ความสูงต้น 68.1 ซม. ความสูงฝักแรก 19.6 ซม. และความสูงการตัด 10.4 ซม. ความหนาแน่น 29.33 ต้น/ตร.ม. อัตราส่วนเมล็ดต่อวัสดุที่ไม่ใช่เมล็ด 1:5.5 ส่วน อายุการเก็บเกี่ยว 95 วัน สภาพแปลงเป็นดินทราย เมล็ดถั่วเหลืองมีความชื้น 29.29% (wb) และวัชพืชปานกลาง (Table 1)

2.2 ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบเกี่ยวนวดถั่วเหลือง

แปลงปลูกถั่วเหลืองแบบแถว

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบในแปลงถั่วเหลืองที่ปลูกแบบแถว โดยใช้รถแทรกเตอร์เกียร์ Low 2 ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,200 รอบ/นาที ลูกนวดมีความเร็วรอบ 650 รอบ/นาที ความเร็วล้อโน้ม 29.8 รอบ/นาที สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เฉลี่ย 229.33 กก./ไร่ โดยมีความสามารถในการทำงานจริง 0.32 ไร่/ชม. ความเร็วในการขับเคลื่อน 0.68 กก./ชม. ความสามารถในการทำงานทางทฤษฎี 0.42 ไร่/ชม. ประสิทธิภาพของการทำงานคิดเป็น 74.59% อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 7.57 ล./ไร่ และความสูญเสียเนื่องจากการเกี่ยว 16.98% ความสูญเสียเนื่องจากการนวด 1.88% คิดเป็นความสูญเสียรวม 18.86% เมล็ดถั่วที่ได้มีความสะอาด 85.50% และไม่มีความเสียหายจากเมล็ดแตกหัก (Table 2)

แปลงปลูกถั่วเหลืองรูปแบบหว่าน

การทดสอบโดยใช้รถแทรกเตอร์เกียร์ Low 3 ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,200 รอบ/นาที ลูกนวดมีความเร็วรอบ 550 รอบ/นาที ความเร็วล้อโน้ม 30.5 รอบ/นาที สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เฉลี่ย 105.95 กก./ไร่ มีความสามารถในการทำงานจริง 0.55 ไร่/ชม. ความเร็วในการขับเคลื่อน 1.25 กก./ชม. ความสามารถในการทำงาน

Figure 7 Performance test evaluation of soybean combine harvester in the field (A) row planting (B) board planting

ทางทฤษฎี 0.78 ไร่/ชม. ประสิทธิภาพการทำงาน 70.24% โดยอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 3.45 ล./ไร่ แปลงแบบหว่านเครื่องต้นแบบทำให้เกิดความสูญเสียเนื่องจากการเกี่ยว 5.32% ความสูญเสียเนื่องจากการนวด 4.26% คิดเป็นความสูญเสียรวม 9.58% ผลผลิตที่ได้มีความสะอาด 96.21% และไม่มีความเสียหายจากเมล็ดแตกหัก (Table 2)

จากการทดสอบต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองขนาดเล็กในสภาพการทำงานจริงของแปลงถั่วเหลืองทั้ง 2 แบบ พบปัญหาในระบบการทำงาน เช่น วัชพืชหนาแน่นในบางจุดของแปลงทดสอบ มีผลทำให้ระบบการนวดเกิดการติดขัดในบางขณะช่วงเวลาที่ทำการเกี่ยว แต่สามารถปฏิบัติงานเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองที่มีฝักแรกอยู่ระดับต่ำได้ดี เกษตรกรมีความพึงพอใจกับการใช้เครื่องต้นแบบเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วเหลือง เนื่องจากช่วยลดภาระการใช้แรงงานคน และลดต้นทุนในการเก็บเกี่ยว ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ กัณทิมาและคณะ (2558) ที่นำเครื่องเกี่ยวนวดข้าวมาใช้เกี่ยวนวดถั่วเหลือง เกษตรกรบางส่วนพอใจการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องแต่ยังมีข้อจำกัดในการใช้คือ สภาพแปลงต้องสม่ำเสมอและมีความสูญเสียของผลผลิตเนื่องจากเก็บเกี่ยวไม่หมด มีดินเจือปนในผลผลิต ทำให้เมล็ดหลังจากเกี่ยวนวดมีสีดำ ซึ่งเกิดจากถั่วเหลืองฝักแรกที่อยู่ชิดดิน เพราะเครื่องเกี่ยวนวดทั่วไปไม่สามารถตัดให้ชิดพื้นดินได้ และเมล็ดเกิดการแตกร้าวมากกว่า 7.9 และ 17.4% ขณะที่การใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยวมีความสามารถในการทำงานเพียง 0.05 ไร่/ชม. และประสิทธิภาพในการทำงาน 73.8% (สุวรรณ, 2542)

ประสิทธิภาพต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองแบบติดตั้งกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กที่ออกแบบและสร้างขึ้น ในการวิจัยนี้พบว่า มีความสูญเสียรวมค่อนข้างต่ำ และไม่มีเมล็ดแตกเสียหาย ซึ่งสามารถลดความสูญเสียรวมของผลผลิตจากการเก็บเกี่ยวได้ ซึ่งจากงานวิจัยพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองพ่วงต่อรถแทรกเตอร์ของ ฐานิสร (2537) ที่รายงานว่า มีความสามารถในการทำงาน 0.59 ไร่/ชม. และมีประสิทธิภาพในการทำงาน 42.37% แต่มีการสูญเสียรวมทั้งหมด 19% ขณะที่เครื่องต้นแบบที่พัฒนามีการสูญเสียรวมเพียง 9.58-18.86% อย่างไรก็ตามที่พัฒนาเครื่องต้นแบบนี้ ยังต้องทำการทดสอบกับถั่วเหลืองพันธุ์อื่น ๆ อย่างต่อเนื่องในสภาพพื้นที่ต่างกัน และที่เหมาะสมกับการใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 21 แรงม้า

3. ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองแบบติดรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก พิจารณาจากค่าใช้จ่ายคงที่ และค่าใช้จ่ายผันแปรของเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักรจากอัตราส่วนระหว่างผลต่างของราคาเครื่องจักร และมูลค่าซากของ

Table 1 General information of soybean plants and planting conditions of different planting pattern before testing the developed soybean harvester prototype

Soybean planting performance	Planting pattern	
	Row planting	Board planting
Plant height	46.4 cm	68.1 cm
First pod height	13.4 cm	19.6 cm
Distance between planting rows	47.3 cm	-
Distance between plants	19.2 cm	-
Height after cutting	9.8 cm	10.4 cm
Plant density	35.0 plant/m^2	29.33 plant/m^2
Ratio of grain to non-grain material	1:1.8	1:5.5
Harvesting period	77 day	95 day
Grain moisture content	18.37%(wb)	29.29%(wb)
Weed density	medium	medium

Table 2 Performance and efficacy test of soybean combine harvester prototype in two different soybean planting pattern

Performance Test	Planting pattern	
	Row planting	Board planting
Tractor using gear	Low 2	Low 3
Engine speed	1,200 rpm	1,200 rpm
Rotor speed	650 rpm	550 rpm
Speed of reel	29.8 rpm	30.5 rpm
Field capacity	0.32 rai/hr.	0.55 rai/hr.
Tractor speed	0.68 km/hr.	1.25 km/hr.
Theory capacity	0.42 rai/hr.	0.78 rai/hr.
Field efficiency	74.59%	70.24%
Fuel consumption	7.57 L/rai	3.45 L/rai
Yield crop	229.33 kg/rai	105.95 kg/rai
Harvested loss	16.98%	5.32%
Threshed loss	1.88%	4.26%
Total loss	18.86%	9.58%
Cleaning efficiency	85.50%	96.21%
Grain breakage	none	none

เครื่องจักรต่ออายุการใช้งานของเครื่องจักรเท่ากับ 72,000 บาท/ปี ค่าดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาสเท่ากับ 33,000 บาท/ปี รวมเป็นต้นทุนคงที่ต่อปี 105,000 บาท/ปี ในขณะที่การค่าใช้จ่ายผันแปรประกอบด้วย ค่าความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 86.25 บาท/ไร่ ค่าน้ำมันหล่อลื่นรวมน้ำมันไฮดรอลิคและจาระบี 5 บาท/ไร่ ค่าแรงงาน ค่าซ่อมแซม และบำรุงรักษา 20 บาท/ไร่ ค่าเคลื่อนย้าย 10 บาท/ไร่ ค่าจ้างแรงงาน (2 คน ๆ ละ 300 บาท/วัน) 136.36 บาท/ไร่ ค่านายหน้า 20 บาท/ไร่ และค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด 10 บาท/ไร่ โดยพิจารณาพื้นที่ทำงานแต่ละปีที่คาดหมาย 600 ไร่/ปี อัตราการรับจ้าง 500 บาท/ไร่ อายุการใช้งาน 10 ปี อัตราดอกเบี้ย 7.5% และคำนวณที่ความสามารถในการทำงาน 0.55 ไร่/ชม. (4.4 ไร่/วัน)

ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายและระยะเวลาคืนทุน พบว่า เครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองมีจุดคุ้มทุนที่ 494 ไร่/ปี และมีจำนวนวันปฏิบัติงานขั้นต่ำได้ปีละ 112 วัน (คิดการทำงานวันละ 8 ชม.) จะมีระยะเวลาคืนทุน 8.47 ปี เพราะฉะนั้น การใช้งานเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองต้องคำนึงถึงสภาพพืช สภาพแปลง และความหนาแน่นของวัชพืช เพื่อให้ผู้ขับรถเกี่ยวนวดมีความประณีตในการปฏิบัติงานขณะทำการเก็บเกี่ยว และการเลือกใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ เกียร์รถแทรกเตอร์ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

สรุปผลการทดลอง

ได้ออกแบบและสร้างเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองมีส่วนประกอบ ได้แก่ ชุดหัวเกี่ยวต้นถั่วเหลือง ชุดลำเลียง และชุดนวดพร้อมชุดทำความสะอาดเมล็ดถั่วเหลือง จนเสร็จแล้วนำไปประกอบกับรถแทรกเตอร์ขนาด 21 แรงม้า และจากการนำเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองต้นแบบติดรถแทรกเตอร์ไปทดสอบสมรรถนะการทำงานและประเมินผลของเครื่องต้นแบบการในสภาพไร่ของเกษตรกร โดยแปลงปลูกแบบเป็นแถว พบว่า มีความสามารถในการทำงาน 0.32 ไร่/ชม. ประสิทธิภาพการทำงาน 74.59% ความสูญเสียรวม 18.86% การทำความสะอาด 85.50% และไม่มีเมล็ดแตกหักจากการเก็บเกี่ยว สำหรับแปลงปลูกแบบหว่านพบว่า มีความสามารถในการทำงาน 0.55 ไร่/ชม. ประสิทธิภาพการทำงาน 70.24% ความสูญเสียรวม 9.58% การทำความสะอาด 96.21% และไม่มีเมล็ดแตกหักจากการเก็บเกี่ยว ดังนั้น เครื่องเกี่ยวนวดติดรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กนี้ สามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่โรงงานผลิตเครื่องจักรกลการเกษตร และเกษตรกรรายย่อยที่มีศักยภาพสามารถซื้อไปใช้ได้

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์นิชัย ไทพาณิชย์ ดร.สุทัศน์ สุรวาณิช อาจารย์พุฒนา รุ่งระวี ที่ปรึกษากรมวิชาการเกษตร ที่ให้ความช่วยเหลือแนะนำในทุกขั้นตอนที่ได้ทำการวิจัย ขอขอบพระคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิสุรเวทย์ กฤษณะเศรณี ที่ให้คำแนะนำความรู้ และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ในการเขียนรายงานวิจัย ขอขอบคุณเงินรายได้สนับสนุนโครงการวิจัยด้านการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ให้แล้วเสร็จ

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2547. *ถั่วเหลือง*: เอกสารวิชาการลำดับที่ 10/2547. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

กัณทิมา ทองศรี, นรีลักษณ์ วรรณสาย, นิภาภรณ์ พรรณรา และ สนอง บัวเกตุ. 2558. การศึกษาช่วงอายุเก็บเกี่ยวและวิธีการเก็บเกี่ยวที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง. หน้า 218-225. *ใน:รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่* 53 : 3-6 กุมภาพันธ์ 2558.

ฐานิสร นาคเกื้อ. 2537. *การออกแบบและพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองพ่วงต่อรถแทรกเตอร์*. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.184 หน้า.

นิลุบล ทวีกุล และ ละอองดาว แสงหล้า. 2547. *วิทยาการก่อน และหลังการเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง*. เอกสารวิชาการ ลำดับที่ 10/2547 สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ ; 171 หน้า.

วุฒิพล จันทร์สระคู ศักดิ์ชัย อาษาวัง มงคล ตุ่นเฮ้า วรรธนะ สมนึก เอกภาพ ป้านภูมิ อนุชิต ฉ่ำสิงห์ และสมชาย ชวนอุดม. 2562. ปัจจัยที่มีผลต่อความสูญเสียในเครื่องนวดแบบไหลตามแกนของการนวดถั่วเหลือง. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*. 50(3) (พิเศษ): 292-295.

สาทิส เวณุจันทร์, จารุวัฒน์ มงคลธนทรรศ, สมโภชน์ สำราญ และสังวร สังกะ. 2536. *วิจัยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาการใช้เครื่องนวดข้าวเพื่อใช้เกี่ยวนวดถั่วเหลือง*. รายงานการวิจัย กลุ่มงานทดสอบและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตร กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.

สุวรรณ แซ่ซื้อ. 2542. *ผลกระทบของเครื่องเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองแบบวางรายต่อการสูญเสียผลผลิตถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่* 60. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 87 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2560. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องเกี่ยวนวดข้าว มอก.1428-2560. แหล่งข้อมูล: https://www.tisi.go.th/data/standard/pdf__les/tis/a1428-2560.pdf สืบค้น: 7 มกราคม 2564

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2564. 242 หน้า. แหล่งข้อมูล: https://www.oae.go.th/assets/portals/1/ebookcategory/57__trend-2564/#page=1. สืบค้น: 7 มกราคม 2564

สมชาย ชวนอุดม. 2555. ปัจจัยการทำงานที่มีผลต่อความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวข้าวโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวด. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว : หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัยขอนแก่น ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. แหล่งข้อมูล: https://www.phtnet.org/2012/03/119/.สืบค้น: 16 ตุลาคม 2562.

อนุชิต ฉ่ำสิงห์. 2539. *การศึกษาแนวทางการใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวสำหรับเกี่ยวนวดถั่วเหลือง*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องจักรกลเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ; 160 หน้า.

อนุสร เวชสิทธิ์. 2534. *การศึกษาเปรียบเทียบการนวดถั่วเหลืองด้วยเครื่องนวดแบบไหลตามแกนโดยใช้ซี่เหล็กกลมและแถบเหล็กลูกฟูก*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องจักรกลเกษตร. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 156 หน้า

อภิชาต จิรัฐติยางกูร ฐานิสร นาคเกื้อ ธัญญะ เกียรติวัฒน์ และประเทือง อุษาบริสุทธิ์. 2549. การออกแบบและพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองพ่วงรถแทรกเตอร์. *ว.วิศวกรรมสาร มก.* 58 (19):40-48.

Singh, K. N. and B. Singh. 1981. Effect of crop and machine parameters on threshing effectiveness and seed quality of soybean. *J. Agri. Engineer. Res.* 26(4): 349-355.