

บทที่ 2

วิจัยพัฒนาให้ได้ต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทย ที่สามารถเกี่ยวถั่วเขียวได้

Research and Development on Thai Rice Combine Harvester for Harvesting Mungbean

สาทิส เวณจันทร์

คณิศศักดิ์ เจียรนัยกุล

มานพ คันธามารัตน์

Satit Wenujun

Kanuengsak Chiaranaikul

Manop Kanthamarat

มงคล ตุ่นเฮ้า

ทรงยศ จันทรมานิตย์

สุทิน จูฑะสุวรรณ

Mongkol Tunhaw

Songyos Chantaramanit

Suthin Juthasuwan

คำสำคัญ: ถั่วเขียว เครื่องเกี่ยวนวดถั่วเขียว และเครื่องจักรกลการเกษตร

Key words : Mungbean, Mungbean Combine Harvester, Farm Machinery

บทคัดย่อ

ได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวขนาดเล็กเพื่อใช้เกี่ยวขนาดถั่วเขียว โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาด 120 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ความกว้างของหัวเกี่ยว 2.0 เมตร ลูกนวดแบบไหลตามแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 527 มิลลิเมตร ความยาวของลูกนวด 1160 มิลลิเมตร ผลการทดสอบเบื้องต้นพบว่า เครื่องต้นแบบสามารถใช้งานได้แต่เมล็ดที่นวดแล้วมีการแตกหักสูง จึงได้ดำเนินการปรับปรุง แกะไขระบบนวดได้ดำเนินการถอดซี่ฟันลูกนวดลดลงประมาณร้อยละ 75 โดยมีระยะห่างระหว่างปลายฟันและตะแกรงรอบลูกนวด (Concave Clearance) 35 มิลลิเมตร จากการนำไปทดสอบเกี่ยวขนาดถั่วเขียว สภาพการใช้งานจริง ถั่วเขียว พันธุ์ ชัยนาท 72 ความชื้นเมล็ดถั่วเขียว ร้อยละ 28.3 - 29.4 มาตรฐานเปียก ผลการทดสอบพบว่า สามารถทำงานได้ดี อัตราการทำงานระหว่าง 2.46 - 2.50 ไร่ต่อชั่วโมง และความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 4.0 - 4.13 ลิตรต่อไร่ โดยมีการสูญเสียรวม ร้อยละ 1.29 - 1.46

Abstract

Small rice combine harvester was modified and developed for harvesting mungbean. A 120 hp diesel engine was a prime mover. The length of head 2.35 metre , threshing drum was axial-flow cylinder type 527 mm in diameter by 1160 mm long. Primarily tested results found that prototype operated satisfactory performance but high broken grain. Modification of threshing unit to be done by removed peg teeth about 75 percent and adjusted concave clearance 35 mm. From long run testing with Chainat 72 mungbean variety and moisture content 28.3 - 29.4 % wb found that prototype operated satisfactory performance capacity about 2.46-2.50 rai/h fuel Consumption 4.0 - 4.13 litre/rai and total losses 1.29 - 1.46 %.

บทนำ

ถั่วเขียวเป็นพืชที่มีศักยภาพการผลิตสูง ทั้งนี้เนื่องจากความต้องการนำไปแปรรูปเพิ่มมากขึ้น เช่น เพาะถั่วออก วันเส้น แป้งถั่วเขียว และขนมหวานต่างๆ ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนอกจากใช้ภายในประเทศแล้ว ยังสามารถส่งไปจำหน่ายในตลาดต่างประเทศได้เป็นจำนวนมาก ทำให้การส่งออกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ความต้องการถั่วเขียวในตลาดโลกมีปีละประมาณ 3 ล้านตัน แต่ปริมาณผลผลิตมักไม่เพียงพอต่อความต้องการ ประเทศไทยจัดเป็น 1 ใน 6 ประเทศผู้ผลิตและส่งออกรายใหญ่ และศักยภาพของถั่วเขียวไทยในตลาดโลก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร รายงานว่าถั่วเขียว ปี 2553/54 มีพื้นที่เพาะปลูก 0.951 ล้านไร่ ผลผลิต 0.104 ล้านตัน และผลผลิตต่อไร่ 118 กิโลกรัม เทียบกับปี 2552/53 ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูก 0.854 ล้านไร่ ผลผลิต 0.098 ล้านตัน และผลผลิตต่อไร่ 117 กิโลกรัม เพิ่มขึ้นร้อยละ 10.20 5.77 และ 0.85 ตามลำดับ การปลูกถั่วเขียว มักใช้เป็นพืชเสริมในระบบการปลูกข้าว และข้าวโพด โดยจะแยกเป็นถั่วเขียวผิวมันและถั่วเขียวผิวดำ ถั่วเขียวผิวมันจะปลูกได้ทั้งต้นฤดูฝน ปลายฤดูฝน และในฤดูแล้ง สำหรับในประเทศไทย ถั่วเขียวผิวมันสามารถปลูกได้ในทุกภาค ภาคเหนือ แหล่งปลูกที่สำคัญ ได้แก่ เพชรบูรณ์ สุโขทัย นครสวรรค์ อุทัยธานี กำแพงเพชร น่าน พิจิตร ตาก อุดรดิตถ์ ภาคกลาง แหล่งปลูกที่สำคัญ ได้แก่ ลพบุรี สระบุรี ชัยนาท อ่างทอง สิงห์บุรี และอยุธยา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แหล่งปลูกที่สำคัญ ได้แก่ นครราชสีมา ชัยภูมิ ขอนแก่น เลย อุดรธานี และภาคใต้ แหล่งปลูกที่สำคัญ ได้แก่ นครศรีธรรมราช พัทลุง สงขลา ปัตตานี นราธิวาส ส่วนถั่วเขียวผิวดำ จะปลูกได้เพียงปีละ 1 ครั้ง ซึ่งปลูกพร้อมกับถั่วเขียวผิวมันรุ่นปลายฤดูฝน แต่ถั่วเขียวผิวดำมีความทนทานต่อความแห้งแล้งมากกว่าถั่วเขียวผิวมัน แหล่งปลูกที่สำคัญ ได้แก่ สุโขทัย เพชรบูรณ์ ตาก พิจิตร พิจิตร น่าน และลพบุรี ปัญหาที่สำคัญที่ทำให้พื้นที่ปลูกถั่วเขียวไม่ขยายตัวเท่าที่ควรคือ ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ค่อนข้างต่ำ ประมาณ 118 กิโลกรัมต่อไร่ เนื่องจากขาดการใช้เมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมกับพื้นที่ การใช้เทคโนโลยีในการผลิตยังไม่ถูกต้องกับศักยภาพการผลิตในแต่ละท้องถิ่น และต้นทุนการผลิตสูง เพราะมีการใช้แรงงานในการเก็บเกี่ยวสูง ในระบบการผลิตถั่วเขียวเกษตรกรมักจะใช้เครื่องนวดถั่วเขียวที่มีการใช้ความเร็วรอบสูง เพื่อให้ได้อัตรากาการทำงานสูง ซึ่งนอกจากจะทำให้เมล็ดบอบช้ำแล้วยังทำให้เกิดการสูญเสียสูงด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตามปัจจุบันมีการใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวเพื่อเกี่ยวนวดถั่วเขียว ทั้งที่ผลิตภายในประเทศและนำเข้าจากต่างประเทศ แต่ประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมยังไม่ดีเท่าที่ควร เพราะมีอัตราการแตกหักสูงและมีอัตราการสูญเสียโดยรวมยังสูงอยู่เหมือนกัน ประเทศไทยมีการคิดค้นประดิษฐ์เครื่องเกี่ยวนวดข้าว “ไทย” ซึ่งมีการใช้และผลิตในประเทศมากกว่า 30 ปีแล้วและสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตรได้พัฒนาให้สามารถเกี่ยวนวดได้ทั้งข้าวโพดและทานตะวันด้วย จึงมีความจำเป็นเร่งด่วนที่จะต้องพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดข้าว “ไทย” ให้สามารถใช้เกี่ยว

นวดถั่วเขียวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะช่วยให้ประเทศไทยสามารถผลิตถั่วเขียวได้อย่างเพียงพอกับความต้องการภายในประเทศ โดยเกษตรกรสามารถลดค่าใช้จ่ายจากการเก็บเกี่ยวนวดลดลงได้ ซึ่งส่งผลต่อเนื่องกลับสู่เกษตรกรในลักษณะของการได้รับผลตอบแทนเพิ่มขึ้นจากเดิม

การทบทวนวรรณกรรม

ปัญหาสำคัญของการเพาะปลูกถั่วเขียวในปัจจุบัน คือ การหาแรงงานในการปลิดเก็บฝักถั่วเขียว เป็นปัญหาสำคัญที่เกษตรกรส่วนใหญ่ประสบอยู่ ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บเกี่ยวฝักถั่วเขียวต้องใช้แรงงานคนเป็นจำนวนมาก แต่มีงานวิจัยเรื่องเครื่องนวดและเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเขียวน้อยมาก เกษตรกรจึงต้องตัดแปลงเครื่องนวดข้าวมาใช้นวดถั่วเขียวตามรูปแบบของตนเองในแต่ละท้องถิ่น และใช้เครื่องเกี่ยวนวดทั้งที่ผลิตภายใน ประเทศและนำเข้าจากต่างประเทศมาดัดแปลงใช้ในการเก็บเกี่ยวถั่วเขียว เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการเก็บเกี่ยว

สมชาย และคณะ (2535) ศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวฝักดำที่ผ่านกรรมวิธีหลังการเก็บเกี่ยวต่างกัน (ระยะที่ 1 และ 2) ในการผลิตถั่วเขียวฝักดำเพื่อการส่งออกมักประสบปัญหาที่สำคัญ คือ คุณภาพเมล็ดไม่ดีเนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ยังคงปฏิบัติด้วยวิธีดั้งเดิมในช่วงหลังเก็บเกี่ยว ตั้งแต่การนวดและทำความสะอาดเมล็ดที่ไม่ถูกวิธี ดังนั้นจึงศึกษาถึงกรรมวิธีต่างๆ หลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม เพื่อปรับปรุงคุณภาพเมล็ดให้ดีขึ้นตามความต้องการของตลาด ดำเนินการทดลองที่แปลงทดลองของสถานีทดลองพืชไร่พิษณุโลกในฤดูฝน (เดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน) ปี 2535 และ 2536 ใช้ถั่วเขียวฝักดำพันธุ์พิษณุโลก 2 วางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in RCB มี 4 ซ้ำ ปัจจัยแรกเป็นวิธีการนวด 2 วิธีคือนวดบนลานดินด้วยรถไถเดินตามและนวด ด้วยเครื่องนวด ปัจจัยที่สองเป็นวิธีทำความสะอาด 3 วิธีคือทำความสะอาดด้วยวิธีกลึง (ตะแกรงร่อน) เครื่องเป่าลมขนาดเล็กและเครื่อง Seed processing ผลการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดหลังผ่านกรรมวิธีต่าง ๆ เมื่อเก็บเกี่ยว พบว่าการนวดด้วยเครื่องนวดถั่วเขียวฝักดำให้ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์สูงกว่าการนวดบนลานดินเท่ากับ 98.4 และ 97.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การทำความสะอาดเมล็ดโดยใช้เครื่องเป่าลมขนาดเล็กและเครื่อง Seed processing ให้ความบริสุทธิ์ของเมล็ดไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ให้ค่าแตกต่างกับการทำความสะอาดด้วย วิธีเกษตรกรให้ค่าเท่ากับ 98.9, 98.6 และ 79.8 เมื่อเก็บรักษา 0, 3 และ 6 เดือนตามลำดับ สูงกว่าการนวดด้วยเครื่องนวด (เท่ากับ 86.9, 81.3 และ 71.4 เมื่อเก็บรักษา 0, 3 และ 6 เดือน ตามลำดับ) และเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะทำให้ความงอกของเมล็ดและความแข็งแรงของเมล็ดลดลงตามลำดับ ในกรรมวิธีที่นวดบนลานดิน ผลปรากฏว่าการทำความสะอาดเมล็ดโดยใช้เครื่อง Seed processing ให้ความงอกสูงสุด 86.8 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือวิธีเกษตรกรและเครื่องเป่าลมขนาดเล็กให้ความงอก 75.4 และ 74.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการ

นวดด้วยเครื่อง ปรากฏว่า การทำความสะอาดเมล็ดโดยวิธีเกษตรกรให้ความมอกสูงสุด 81.4 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ เครื่องเป่าลมขนาดเล็กและเครื่อง Seed processing

กิจจา (2541) รายงานผลการสำรวจและทดสอบเครื่องเกี่ยวข้าววางราย พบว่า การทดสอบใช้เครื่องเกี่ยวข้าววางรายของบริษัทเอกชน เกี่ยวต้นข้าวพันธุ์ชัยนาท 36 โดยเจ้าหน้าที่ของศูนย์ปฏิบัติการเกษตรวิศวกรรมเขต 2 จังหวัดนครสวรรค์เป็นผู้ขับเครื่อง สภาพโดยทั่วไปของข้าวเกี่ยวเป็น การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 เนื่องจากสภาพอากาศเปลี่ยนแปลงฝนตกเร็วกว่ากำหนดทำให้ข้าวแตกกิ่งก้าน และออกดอกเป็นครั้งที่สอง ซึ่งจำนวนฝักมีไม่มากเหมือนครั้งแรก แต่โดยปกติเกษตรกรมักรอให้ข้าวสุกแก่มากที่สุดแล้วเก็บเกี่ยวที่เหลืองจะไกลลบเพื่อปลูกพืชอื่นต่อไป จากการทดสอบพบว่า เครื่องเกี่ยวข้าววางรายสามารถใช้เกี่ยวข้าวได้ค่อนข้างดีไม่มีปัญหาติดขัดบริเวณหัวเกี่ยว การวางรายเป็นแถวดี แต่ยังไม่มีการเก็บผลการร่วงหล่นของเมล็ดและฝัก ปัญหาที่คาดว่าจะมีผลตามมาคือการตาก เพราะเมื่อข้าวถูกตากแดดจนแห้งจัด ฝักมักแตกและเมล็ดจะร่วงทำให้เกิดการสูญเสีย และการขนย้ายหลังจากเกี่ยววางราย ทำให้ต้องขนย้ายข้าวทั้งต้นและฝักมากกว่าการเก็บที่ละฝักและอาจต้องเสียค่าใช้จ่ายมากขึ้น ส่วนขั้นตอนการนวดและการกะเทานั้น การเก็บเกี่ยวข้าวทั้งต้นเป็นสิ่งใหม่คาดว่าจะยังไม่มีเครื่องนวดข้าวที่เหมาะสม พันธุ์ข้าวผิวมันที่เกษตรกรในแถบจังหวัดนครสวรรค์ปลูกส่วนใหญ่คือพันธุ์ชัยนาท 36 และพันธุ์กำแพงแสน 2 วิธีเก็บเกี่ยวจะเก็บที่ละฝักแล้วตากแดดจนแห้งรอการกะเทาะ ค่าจ้างเก็บราคาประมาณ 2-3 บาท/กิโลกรัม (ฝัก) การกะเทาะจะใช้เครื่องนวดข้าวขนาดตั้งแต่ 6 ฟุต ถึง 8 ฟุต เครื่องนวดข้าวทั้ง 2 ขนาดมักเป็นชนิดตีครยนต์ อัตราค่าจ้างกะเทาะ 40-45 บาท/กระสอบ (ประมาณ 110-115 กิโลกรัม) ลูกนวดข้าวที่ใช้กะเทาะข้าวผิวมันไม่ต้องดัดแปลงชิ้นส่วนก็สามารถใช้กะเทาะข้าวผิวมันได้เป็นอย่างดี แต่อาจต้องใช้ความชำนาญและประสบการณ์ในการกะเทาะค่อนข้างสูง เนื่องจากลูกนวดที่ใช้มักใช้ขนาดข้าวในตอนต้นฤดู เมื่อนวดข้าวและข้าวฟืนอื่น ๆ จนถึงฤดูกะเทาะข้าวผิวมัน ฟันของลูกนวดจะสึกหรองเหมาะสำหรับใช้กะเทาะข้าวผิวมัน หากใช้ฟันลูกนวดใหม่ ๆ จะทำให้ข้าวที่กะเทาะแตกหักสูง ความเร็วรอบของลูกนวดที่ใช้กะเทาะข้าวผิวมันอยู่ในช่วงประมาณ 290-310 รอบ/นาที (วัดจากเครื่องที่สำรวจพบ) ความเร็วรอบที่ใช้จะสูงหรือต่ำขึ้นกับความชื้นของฝักข้าว จากการสังเกตการกะเทาะพบว่าประสิทธิภาพการกะเทาะค่อนข้างต่ำ ฝักข้าวถูกกะเทาะหลายครั้งจึงจะได้เมล็ดข้าวที่สะอาด ซึ่งเมล็ดข้าวที่ผ่านการกะเทาะแล้วจะผ่านการคัดแยกทำความสะอาดโดยตะแกรงโยก จำนวน 4 ครั้ง ครั้งแรกถูกคัดแยกโดยตะแกรงของเครื่องนวดข้าวที่ติดมากับตัวเครื่อง ส่วนอีก 3 ครั้งผู้ใช้เครื่องจะสร้างตะแกรงคัดแยกเพิ่มอีก 3 ชั้น โดยใช้ตะแกรงรูกกลมขนาดประมาณ 6 มิลลิเมตรติดตั้งด้านข้างเครื่องนวดข้าว และขั้นตอนการคัดแยกนี้ต้องใช้ผู้ปฏิบัติงาน 1 คนสำหรับกวาดฝักข้าวที่ไม่ไหลตัวฟันตะแกรงคัดป้องกันการอุดตัน ฝักที่ไม่

ถูกกะเทาะและฝักที่กะเทาะไม่หมดจะถูกลำเลียงกลับเข้าเครื่องกะเทาะโดยใช้แรงงานคน ส่วนฝักที่ไม่ถูกกะเทาะตรงตะแกรงคัดแยกของเครื่องนวดข้าว จะถูกลำเลียงเข้าเครื่องอีกครั้งโดยเกลิยวลำเลียง ซึ่งฝักที่ไม่ถูกกะเทาะทั้งสองส่วนนี้จะถูกป้อนเข้าเครื่องทางช่องป้อน โดยแรงงานคน จำนวนผู้ปฏิบัติงานจะใช้ตั้งแต่ 3 คนขึ้นไป ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องที่ใช้เป็นเครื่องขนาดใหญ่มากอัตราการทำงานจึงสูงทำให้ต้องใช้คนทำงานมากเพื่อให้ทันกับการทำงานของเครื่อง เครื่องที่ใช้กะเทาะถั่วเขียวเท่าที่พบผู้ใช้มักปิดปล่องช่องทางออกเพื่อป้องกันการสูญเสียเนื่องจากออกปล่อง อัตราการกะเทาะโดยใช้เครื่องนวดข้าวขนาด 8 ฟุตประมาณ 1,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

นอกจากนี้สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตรได้รายงานจากการสำรวจผลตกค้างของการใช้สารพาราควอทพ่นเพื่อให้ใบร่วงก่อนเก็บเกี่ยวถั่วเขียว ทำการประเมินผลตกค้างของการใช้สารพาราควอท พ่นเพื่อให้ใบร่วงก่อนเก็บเกี่ยวถั่วเขียวในไร่เกษตรกรจังหวัดสุโขทัยและเพชรบูรณ์ ปี พ.ศ. 2547 ในช่วงเดือนกรกฎาคม ซึ่งเป็นการเก็บเกี่ยวถั่วเขียวที่ปลูกต้นฤดูฝน พบว่า จังหวัดสุโขทัย มีการใช้สารพาราควอทอัตรา 350-540 มิลลิลิตรต่อไร่ พ่นก่อนเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวด จากเกษตรกรที่ใช้สารพาราควอทจำนวน 8 ราย พบสารตกค้างที่เมล็ด เฉลี่ย 0.1-0.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และพบที่เปลือกฝัก 0.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าค่าสูงสุดที่กำหนดให้มีได้โดย Codex คือ 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนที่จังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่า ไม่มีการใช้สารพาราควอทพ่นก่อนการเก็บเกี่ยวและปลิดฝักแก่ด้วยมือ นอกจากนี้การใช้สารพาราควอทพ่นก่อนเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวด ยังส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ ความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดต่ำที่สุด (90.3, 72.5 และ 35.5 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปลิดฝักแก่ด้วยมือ (99.6, 83.0 และ 65 เปอร์เซ็นต์) และการเกี่ยววางราย (94.9, 78.5 และ 49.5 เปอร์เซ็นต์) ทำให้จำหน่ายได้ในราคาที่ต่ำกว่า 1-2 บาทต่อกิโลกรัม แต่การใช้สารพาราควอท สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวได้ เพราะทำให้ใบถั่วเขียวแห้ง เครื่องเกี่ยวนวดทำงานได้สะดวก และรวดเร็ว ประหยัดค่าแรงงานในการเก็บเกี่ยว (จารุวัฒน์, 2529) ซึ่งโดยภาพรวมถือว่าเป็นเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเขียวสามารถใช้งานได้ แต่จากการค้นเอกสารยังไม่พบว่ามีคนนำไปผลิตเชิงพาณิชย์ ซึ่งอาจจะเป็นเพราะว่ามีขนาดไม่เหมาะสมกับสภาพแปลงปลูกของเกษตรกร หรือรูปแบบไม่สอดคล้องกับระบบการผลิตเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทย ที่สำคัญต้นแบบดังกล่าวยังไม่ได้ดำเนินการทดสอบระยะยาวในสภาพการทำงานจริงในระบบการผลิตถั่วเขียว ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญที่จะศึกษาข้อมูลด้านข้อจำกัดตามสภาพพื้นที่ ลักษณะการปลูก ช่วงเวลาเก็บเกี่ยว การจำหน่าย รวมทั้งข้อจำกัดอื่น ๆ ที่เกษตรกรมีอยู่ งานวิจัยพัฒนาดังกล่าวได้มุ่งเน้นให้เป็นเครื่องจักรกลสำหรับการเก็บเกี่ยว เพื่อลดปัญหาขาดแคลนแรงงานโดยมีการสูญเสียน้อย ซึ่งถ้ามีการวิจัยต่อเนื่องเพื่อพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดข้าวให้สามารถเกี่ยวถั่วเขียวได้ด้วย ก็จะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร และโรงงานผู้ผลิตเครื่องเกี่ยวนวดข้าวในประเทศ ซึ่งจะส่งผลดีต่อทางเศรษฐกิจโดยรวมอย่างแน่นอน จึงมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วนที่ต้องมีการวิจัยพัฒนาเพื่อให้ได้ต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเขียวแบบขับเคลื่อนภายในเครื่องเดียวกัน ที่สามารถผลิตได้ในประเทศ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการแก้ไขปัญหาการเก็บเกี่ยวถั่วเขียวที่เกษตรกรส่วนใหญ่เผชิญอยู่ได้

ระเบียบวิธีการวิจัย

อุปกรณ์

1. เครื่องเกี่ยวถั่วเขียวแบบวางราย
2. เครื่องกะเทาะถั่วเขียว
3. ต้นแบบเครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียวขนาดเล็ก
4. เหล็กรูปพรรณต่าง ๆ เช่น เหล็กเพลลา, เหล็กแผ่น, เหล็กฉาก, เหล็กแบบ, เหล็กรูตัวยู เป็นต้น
5. เครื่องมือวัดทางวิศวกรรม เช่น เครื่องวัดรอบ, นาฬิกาจับเวลา, เทปวัดระยะทาง, เครื่องชั่งน้ำหนัก และ ตาชั่งสำหรับเก็บรวบรวมตัวอย่างของการทดสอบ เป็นต้น

วิธีการ

1. ทดสอบการใช้เครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียวแบบต่าง ๆ ทั้งที่ผลิตภายในประเทศและนำเข้าจากต่างประเทศ
2. ออกแบบระบบขนาดและระบบคัดทำความสะอาดของเครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียวและเครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียว
3. ทดสอบเครื่องกะเทาะถั่วเขียวได้ยัดข้อกำหนดและหลักเกณฑ์ต่าง ๆ ตามเอกสารมาตรฐานเครื่องกะเทาะถั่วเขียวของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.)
4. ทดสอบการเก็บเกี่ยวถั่วเขียวด้วยเครื่องเกี่ยวถั่วเขียวแบบวางราย
5. นำต้นแบบเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวขนาดเล็กมาดำเนินการตัดแปลงสร้างต้นแบบเบื้องต้น โดยออกแบบตัดแปลงเปลี่ยนเฉพาะระบบขนาดและระบบคัดทำความสะอาดให้คล้ายคลึงกับระบบกะเทาะของเครื่องกะเทาะถั่วเขียวของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
6. ทดสอบและปรับปรุงเครื่องต้นแบบจนได้ประสิทธิภาพการทำงานในระดับที่กำหนดไว้ โดยเก็บบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับความชื้นของเมล็ดถั่วเขียว อัตราส่วนระหว่างเมล็ดต่อเปลือก ความเร็วของระบบกลไกสำคัญต่าง ๆ อัตราการทำงาน การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ความสะอาด การสูญเสีย และการแตกหัก
7. ทดสอบภาคสนามเบื้องต้น แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องต่าง ๆ
8. ทดสอบเครื่องต้นแบบระยะยาวในสภาพการใช้งานจริง
9. วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผล และจัดทำรายงานผล

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2553 สิ้นสุด กันยายน 2555

สถานที่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จังหวัดลพบุรี นครสวรรค์ และจังหวัด เพชรบุรี

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ทดสอบการใช้เครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียวแบบต่าง ๆ ทั้งที่ผลิตภายในประเทศและนำเข้าจากต่างประเทศ

จากการสำรวจ ติดตาม ทดสอบ และประเมินผลประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียวรับจ้าง ในช่วงเก็บเกี่ยวปี พ.ศ. 2553-2555 ในเขตจังหวัดสุโขทัย นครสวรรค์ และเพชรบูรณ์ พบว่า มีการใช้เครื่องเกี่ยวขนาดข้าวขนาดเล็กแบบญี่ปุ่นและเครื่องเกี่ยวขนาดข้าว “ไทย” ซึ่งมีการดัดแปลงระบบนวดและระบบคัดทำความสะอาดให้สามารถเกี่ยวขนาดถั่วเขียวได้ ข้อมูลประสิทธิภาพการทำงาน of เครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียวแต่ละแบบที่ได้ดำเนินการทดสอบและประเมินผล มีดังนี้คือ

ในช่วงเก็บเกี่ยวปี พ.ศ. 2553/2554 ได้ดำเนินการติดตาม ทดสอบ และประเมินผลประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียวรับจ้างในเขตจังหวัดสุโขทัย ซึ่งเป็นการเก็บเกี่ยวถั่วเขียวที่ปลูกต้นฤดูฝน พบว่า จังหวัดสุโขทัย มีการใช้สารพาราควอตอัตรา 2.0-3.0 ลิตรผสมกับน้ำ 200 ลิตร ซึ่งสามารถพ่นได้ประมาณ 4 ไร่ พ่นก่อนเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวขนาดเป็นเวลา 5 วัน ถ้าปล่อยทิ้งเกิน 5 วัน จะทำให้ต้นและฝักถั่วแห้งเกินไปอาจทำให้เกิดการสูญเสียจากการร่วงหล่นเกิดขึ้นได้ จากการสอบถามพบว่าเกษตรกรทุกรายในเขตจังหวัดนี้ใช้สารเคมีพ่นยาก่อนใช้เครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียวเก็บเกี่ยว และจากการสังเกตพบว่าพื้นที่ที่มีปริมาณต้นถั่วเขียวหนาแน่น ใบจะแห้งเฉพาะส่วนบนเท่านั้น ใบล่างและลำต้นยังคงเขียวสดอยู่ จากผลการทดสอบการใช้งานของเครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียวรับจ้างพบว่า เครื่องเกี่ยวขนาดข้าว “ไทย” มีอัตราการทำงานสูงมากกว่าเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวแบบญี่ปุ่นทั้งที่ใช้ความเร็วในการเก็บเกี่ยวต่ำกว่า ส่งผลทำให้การสูญเสียรวมน้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจากความกว้างของหัวเกี่ยวเครื่องเกี่ยวขนาดข้าว “ไทย” มีขนาดกว้างถึง 2.90 เมตร ขณะที่ความกว้างของหัวเกี่ยวเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวแบบญี่ปุ่นเพียง 1.68 เมตร เมื่อพิจารณาอัตราการความงอกของเมล็ดทั้งที่ได้จากเครื่องและความงอกที่ได้จากการใช้มือแกะพบว่า มีเปอร์เซ็นต์ความงอกที่ได้ต่ำกว่ามาตรฐาน ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการพ่นสารเคมีก่อนใช้เครื่องเกี่ยว รายละเอียดการทดสอบแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ผลการทดสอบการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนาข้าวไทยและเครื่องเกี่ยวนาข้าวแบบญี่ปุ่น โดยมีการฉีดพ่นยาพาราควอตก่อนเก็บเกี่ยว 5 วัน

เครื่องเกี่ยวนา ยี่ห้อ/รุ่น	เกษตรพัฒนา	คูโบต้า/68 G	คูโบต้า/68 G
แบบหัวเกี่ยว	กรรไกรตัด	กรรไกรตัด	กรรไกรตัด
ปลูกด้วยหว่านด้วยมือ ในอัตรา 7-9 กก./ไร่ พันธุ์	กำแพงแสน 2	กำแพงแสน 2	กำแพงแสน 2
สภาพพื้นที่	แฉะ/มีวัชพืชน้อย	แห้ง/มีวัชพืชน้อย	มีวัชพืชน้อย
ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	166	160	160
ความกว้างของการเกี่ยว (เมตร)	2.90	1.68	1.68
ความชื้นเมล็ด (%มาตรฐานเปียก)	25.47	21.75	17.85
ความเร็วในการเกี่ยว (กม./ชม.)	3.53	3.95	4.95
อัตราการทำงาน (ไร่ต่อชั่วโมง)	4.91	4.27	4.79
การสูญเสียรวม (%)	0.55	1.03	1.73
อัตราความงอกจากการใช้เครื่อง (%)	60	62	67
อัตราความงอกจากการแกะด้วยมือ (%)	71	-	-
ฉีดพ่นยาพาราควอต อัตรา 2 ลิตรต่อน้ำ 200 ลิตร	5 วันก่อนเกี่ยว	5 วันก่อนเกี่ยว	5 วันก่อนเกี่ยว

หมายเหตุ: มาตรฐานข้าวเมล็ดพันธุ์ ชั้นพันธุ์จำหน่าย : ความชื้น $\leq 12\%$ ความบริสุทธิ์ $\geq 98\%$ ความงอก $\geq 75\%$ (ข้อมูลจากศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก กรมวิชาการเกษตร)



ภาพที่ 2.1 การใช้เครื่องเกี่ยวขนาดเก็บเกี่ยวข้าวสภาพต้นแห้งในแปลงที่พันสารเคมีก่อนเก็บเกี่ยว

ต่อมาในช่วงเก็บเกี่ยวปี พ.ศ. 2554/2555 ได้รับทราบข้อมูลจากศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาทว่ามีการใช้งานของเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวรับจ้างในเขตจังหวัดนครสวรรค์ โดยไม่มีการใช้สารเคมีก่อนเก็บเกี่ยว แต่เนื่องจากต้นข้าวทั้งใบและลำต้นยังคงเขียวสดอยู่ จึงมีความชื้นยังคงสูงมาก และจากการสำรวจ ติดตาม ทดสอบ และประเมินผลประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวรับจ้างพบว่า มีการใช้ทั้งเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวขนาดเล็กแบบญี่ปุ่นและเครื่องเกี่ยวขนาดข้าว “ไทย” ซึ่งมีการดัดแปลงระบบขนาดและระบบคัดทำความสะอาดให้สามารถเกี่ยวขนาดข้าวที่มีความชื้นสูงได้ โดยใช้วิธีใส่เพิ่มชุดตะแกรงคัดแยกตรงทางออกของเมล็ดข้าว เพื่อคัดแยกกากและสิ่งเจือปนออกจากเมล็ดข้าว ก่อนที่เมล็ดข้าวจะไหลลงสู่กระสอบบรรจุ (ภาพที่ 2.3) ชุดตะแกรงกล่ามีประกอบด้วย ตะแกรง 2 ชั้น ชั้นบนเป็นตะแกรงรูปกลมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูตะแกรง 8 มิลลิเมตร ทำหน้าที่คัดแยกกากและสิ่งเจือปนขนาดใหญ่ ซึ่งติดมากับเมล็ดข้าวที่ไหลออกมาจากช่องทางออกเมล็ดของเครื่องเกี่ยวขนาด ส่วนตะแกรงชั้นล่างเป็นเล็กตะแกรงรูยาวขนาดกว้าง 2 มิลลิเมตร ยาว 12 มิลลิเมตร ทำหน้าที่คัดแยกสิ่งเจือปนขนาดเล็ก ซึ่งหลุดร่วงผ่านตะแกรงชั้นบนปะปนติดมากับเมล็ดข้าว ก่อนที่เมล็ดข้าวจะไหลลงสู่กระสอบ จากผลการทดสอบการใช้งานของเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวรับจ้างทั้งสองแบบ พบว่า เครื่องเกี่ยวขนาดข้าว “ไทย” มีอัตราการทำงานสูงมากกว่าเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวแบบญี่ปุ่น ขณะที่การสูญเสียรวมน้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจากความกว้างของหัวเกี่ยวเครื่องเกี่ยวขนาดข้าว “ไทย” มีขนาดกว้างมากกว่าเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวแบบญี่ปุ่น ขณะที่การสูญเสียรวมของเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวแบบญี่ปุ่นสูงมาก (7.11%) ทั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากขาดการปรับแต่งระบบคัดทำความสะอาดไม่ถูกต้องหรือผู้ปฏิบัติงานขาดความรู้ในการใช้เครื่อง เมื่อพิจารณาอัตราความงอกของเมล็ดทั้งที่ได้จากเครื่องทั้งสองแบบและความงอกที่ได้จากการใช้มือแกะพบว่า มีเปอร์เซ็นต์ความงอกที่ได้สูงกว่ามาตรฐาน ความงอกบางตัวอย่างอาจแปรปรวนเนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดแข็งแตกต่างกัน รายละเอียดการทดสอบแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ผลการทดสอบการเก็บเกี่ยวถั่วเขียวด้วยเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวไทยและเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวแบบญี่ปุ่น โดยไม่มีการฉีดพ่นสารเคมีก่อนเก็บเกี่ยว

เครื่องเกี่ยวขนาด ยี่ห้อ/รุ่น	คูโบต้า/68 G	ศิริเจริญ	ศิริเจริญ
แบบหัวเกี่ยว	กรรไกรตัด	กรรไกรตัด	กรรไกรตัด
ปลูกด้วยหว่านด้วยมือ ในอัตรา 6-9 กก./ไร่ พันธุ์	กำแพงแสน 2	กำแพงแสน 2	ชัยนาท
สภาพพื้นที่	แห่งมีวัชพืชน้อย	มีวัชพืชน้อย	มีวัชพืชน้อย
ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	199.57	124.96	227.15
ความกว้างของการเกี่ยว (เมตร)	1.77	2.31	2.78
ความชื้นเมล็ด (%มาตรฐานเปียก)	12.73	15.53	15.1
ความเร็วในการเกี่ยว (กม.ต่อชม.)	3.71	3.91	3.84
อัตราการทำงาน (ไร่ต่อชั่วโมง)	3.94	4.35	4.45
การสูญเสียรวม (%)	7.11	1.77	0.21
อัตราความงอกจากการใช้เครื่อง (%)	85.0 (6.5)*	83.5 (4.0)*	79.5 (6.0)*
อัตราความงอกจากการแกะด้วยมือ (%)	84.0 (14.0)*	82.0 (7.5)*	83.0 (16.5)*

หมายเหตุ: *ตัวเลขที่อยู่ในวงเล็บเป็นเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดแข็ง ซึ่งหมายถึง เมล็ดที่มีชีวิตแต่ยังไม่งอก สำหรับถั่วเขียวจะงอกภายหลังเก็บรักษา 2-3 เดือน



ภาพที่ 2.2 การใช้เครื่องเกี่ยวขนาดเก็บเกี่ยวถั่วเขียวต้นสดในแปลงที่ไม่ผ่านการพ่นสารเคมี



ภาพที่ 2.3 ตำแหน่งที่ติดตั้งเพิ่มเติมของตะแกรงคัดสำหรับเกี่ยวขนาดถั่วเขียว

2. การออกแบบระบบขนาดและระบบคัดทำความสะอาดของเครื่องเกี่ยวถั่วเขียวและเครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียว

จารุวัฒน์และคณะ (2532) ได้รายงานถึงรายละเอียดของเครื่องเกี่ยวถั่วเขียวผิวมันที่พัฒนาขึ้นว่า ประกอบด้วยระบบกลไกสำคัญ 2 ระบบ คือ ระบบกะเทาะ และ ระบบคัดแยกทำความสะอาด สำหรับระบบกะเทาะนั้นประกอบด้วยลูกกะเทาะแบบทรงกระบอกเปิด ประกอบด้วยลูกกะเทาะแบบผสม คือ มีทั้งแบบแผงเหล็กซี่ฟันรีว และแบบแกนเหล็กเพลา (Spike tooth) บริเวณช่องป้อนจะมีซี่เหล็กกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.5 มิลลิเมตร จำนวน 2 แถว เพื่อช่วยพาฝักถั่วเขียวเข้าไปในเครื่อง ตะแกรงรอบลูกกะเทาะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนล่าง และ ส่วนบน ตะแกรงล่างมีลักษณะเป็นครึ่งวงกลม บนตะแกรงล่างจะมีเหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร มีแผงเหล็กหล่อติดอยู่เพื่อทำหน้าที่เพิ่มประสิทธิภาพการกะเทาะ ส่วนตะแกรงบนมีลักษณะเป็นรูปครึ่งวงรี โดยมีส่วนสูงสุด 28 เซนติเมตร เป็นตะแกรงรูปกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.5 มิลลิเมตร ส่วนระบบคัดแยกทำความสะอาด แยกเป็น 2 ส่วน คือ ตะแกรงโยกคัด และ พัดลมเป่าทำความสะอาด โดยตะแกรงโยกคัดแบ่ง

ออกเป็น 2 ส่วน ส่วนในซึ่งอยู่ใต้ตะแกรงกะเทาะล่างจะเป็นเหล็กแผ่นที่บดทำมุมลาดลงกับแนวระดับ 10 องศา เพื่อให้เมล็ดและเศษต่าง ๆ ซึ่งลอคตะแกรงส่วนล่างลงมาจำนวนมากให้สามารถเคลื่อนที่ได้สะดวกรวดเร็ว ส่วนนอกเป็นตะแกรงรูปกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.4 มิลลิเมตร ช่วงปลายด้านหน้ายาว 38.5 เซนติเมตร จะทำมุมลาดขึ้นจากแนวระดับ 8 องศา เพื่อชะลอการเคลื่อนตัวของเมล็ดให้ช้าลง และทำให้เมล็ดมีโอกาสลอคตะแกรงลงไปทีละลิ้นลิ้นเมล็ดสะอาด ตะแกรงโยกนี้จะโยกด้วยความถี่ระหว่าง 250 – 300 รอบต่อนาที ด้วยช่วงชักยาว 13 มิลลิเมตร สำหรับพัดลมนี้เป็นแบบแรงเหวี่ยง ใบพัดตรงขนาด 90 x 360 มิลลิเมตร (กว้าง x ยาว) พัดลมจะหมุนด้วยความเร็ว 1,400 – 1,700 รอบต่อนาที ให้ความเร็วเชิงเส้นระหว่าง 2 – 7 เมตรต่อวินาที

สาทิสและคณะ, 2540 ได้ดำเนินการทดสอบเครื่องนวดเมล็ดพืชแบบ กวศ. ที่ดัดแปลงใช้นวดข้าวสาลีมาใช้กะเทาะข้าวโพดที่มีเปลือกหุ้ม ปรากฏว่าเกิดการแตกหักสูง จึงได้ดำเนินการปรับปรุงพัฒนาหาจำนวนซี่ฟันกะเทาะและระยะห่างระหว่างปลายฟัน และตะแกรงรอบลูกกะเทาะ (Concave Clearance) ที่เหมาะสม พบว่า จำนวนซี่ฟันกะเทาะต้องลดลงครึ่งหนึ่ง และระยะห่างที่เหมาะสม คือระหว่าง 30 – 35 มิลลิเมตร ความเร็วรอบของลูกกะเทาะที่เหมาะสม คือ ระหว่าง 500 – 600 รอบต่อนาที (11.94 – 14.33 เมตรต่อวินาที) อัตราการทำงานระหว่าง 850 – 1,100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมล็ดข้าวโพดมีความชื้นประมาณ 28 – 30 % มาตรฐานเปียก โดยใช้ต้นกำลัง 11.5 แรงม้า แต่เมื่อเพิ่มกำลังแรงม้าเป็น 15 แรงม้า ปรากฏว่า อัตราการทำงานเพิ่มขึ้นเป็น 2,000 – 2,500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยมีเมล็ดแตกหักประมาณ 1 – 4 % การสูญเสียรวมต่ำกว่า 1 %

จากข้อมูลรายละเอียดของเครื่องกะเทาะถั่วเขียวผิวมัน ที่พัฒนาขึ้นโดยสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมที่กล่าวมาข้างต้นซึ่งเป็นเครื่องกะเทาะขนาดเล็กเหมาะสำหรับกะเทาะฝักถั่วเขียวที่ปลิดด้วยมือเท่านั้น แต่เงื่อนไขสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาในการออกแบบเพื่อดัดแปลงพัฒนาเครื่องนวดถั่วเขียวที่สามารถนวดได้ทั้งต้น ซึ่งกิจจา (2541) รายงานว่า การเก็บเกี่ยวถั่วเขียวทั้งต้นเป็นสิ่งใหม่คาดว่ายังไม่มีเครื่องนวดถั่วเขียวที่เหมาะสม ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้เลือกเครื่องนวดข้าว ขนาด 5 ฟุต โดยใช้ต้นกำลังขนาด 15 แรงม้า ซึ่งมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย มาดำเนินการพัฒนาและปรับปรุงเพื่อนวดถั่วเขียวแบบทั้งต้น โดยในขั้นแรกปรับปรุงออกแบบระบบนวดใหม่คล้ายกับระบบกะเทาะข้าวโพดแบบทั้งเปลือกคือ ลูกนวดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 18 นิ้ว มีซี่ฟันลูกนวดจำนวน 8 แถว ความยาวฟันลูกนวดยาว 3 นิ้ว โดยมีจำนวนฟันลูกนวดทั้งหมด 136 ตัว แต่ถอดออกเหลือเพียง 68 ตัว ระยะห่างระหว่างปลายฟันลูกนวดตัวต้นกับตะแกรงล่างรอบลูกนวด (Concave Clearance) 35 มิลลิเมตร ส่วนด้านปลายของตะแกรงล่างรอบลูกนวดก่อนถึงช่องทางออกฟางได้เพิ่มแผ่นกั้นเมล็ด ซึ่งช่างในท้องถิ่นเรียกว่า “หวีทอง” จำนวน

2 ตัวเพื่อลดการสูญเสียที่ช่องทางออกต้นและเปลือก (Blower Loss) สำหรับระบบคัดแยกทำความสะอาदनั้ ได้เปลี่ยนขนาดของรูตะแกรงที่อยู่ด้านใต้ระบบนวด ซึ่งทำหน้าที่คัดแยกกากและสิ่งเจือปนออกจากเมล็ดข้าว จากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูกลมของตะแกรง 12 มิลลิเมตร เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางรูกลมตะแกรง 8 มิลลิเมตร เพื่อให้เหมาะสำหรับทำหน้าที่คัดแยกกากและสิ่งเจือปนออกจากเมล็ดถั่วเขียว โดยในขั้นแรกได้ทดสอบกับถั่วเขียวพันธุ์ กำแพงแสน 2 ที่ปลิดด้วยมือในสภาพที่ไม่พ่นยาแล้วตากให้ฝักแห้ง ความชื้นเมล็ดที่วัดได้อู่ระหว่าง 11.6-12.3 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเป็ยก จากการทดสอบ ความเร็วรอบของลูกนวด 550-600 รอบต่อนาที พบว่า การกะเทาะฝักถั่วเขียวที่ปลิดด้วยมือควรรใช้ที่ความเร็วรอบ 550 รอบต่อนาที ซึ่งมีการสูญเสียรวมและเมล็ดแตกหักน้อยกว่าการใช้ความเร็วรอบของลูกนวด 600 รอบต่อนาที ขณะที่อัตราการงานน้อยกว่าเช่นเดียวกัน ส่วนเปอร์เซ็นต์ความงอกที่ได้สูงกว่ามาตรฐาน ทั้งกะเทาะด้วยเครื่องและแกะด้วยมือ รายละเอียดการทดสอบแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะฝักถั่วเขียว ที่เก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน โดยไม่พ่นยาก่อนเก็บเกี่ยว

เครื่องนวดแบบ	สวศ.	สวศ.
ขนาดความยาวลูกนวด (ฟุต)	5	5
ความเร็วรอบลูกกะเทาะ (รอบต่อนาที)	550	600
เก็บเกี่ยวเฉพาะฝักด้วย	แรงงานคน	แรงงานคน
ความชื้นเมล็ด (%มาตรฐานเป็ยก)	12.3	11.6
เมล็ดเต็ม (%)	99.11	96.39
การแตกหักของเมล็ด (%)	0.69	3.51
สิ่งเจือปน (%)	0.20	0.10
การสูญเสียรวม (%)	0.69	1.74
อัตราการงาน (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	852	1,152
อัตราความงอกจากการใช้เครื่อง (%)	88	88
อัตราความงอกจากการแกะด้วยมือ (%)	88	88



ภาพที่ 2.4 การทดสอบเครื่องกะเทาะฝักถั่วเขียว ที่เก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน โดยไม่พ่นยาก่อนเก็บเกี่ยว

จากผลการทดสอบของเครื่องนวดข้าวขนาด 5 ฟุต ที่ดัดแปลงใช้กะเทาะฝักถั่วเขียวได้อย่างมีประสิทธิภาพ คณะผู้วิจัยจึงได้เลือกเครื่องเกี่ยวขนาดเล็ที่สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ได้พัฒนาให้สามารถเกี่ยวขนาดได้ทั้งข้าวโพด และทานตะวันจนประสบความสำเร็จมาแล้ว โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาด 120 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ความกว้างของหัวเกี่ยว 2.0 เมตร ลูกนวดแบบไหลตามแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 527 มิลลิเมตร ความยาวของลูกนวด 1160 มิลลิเมตร ขึ้นต่อไปจึงปรับปรุงออกแบบระบบนวดคล้ายกับระบบกะเทาะข้าวโพดแบบทิ้งเปลือกเช่นเดียวกัน และสำหรับระบบคัดแยกทำความสะอาดนั้น ได้เปลี่ยนขนาดของรูตะแกรงที่อยู่ด้านใต้ระบบนวด ซึ่งทำหน้าที่คัดแยกกากและสิ่งเจือปนออกจากเมล็ดข้าว จากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูกลมของตะแกรง 12 มิลลิเมตร เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางรูกลมตะแกรง 8 มิลลิเมตร ได้ทดสอบกับถั่วเขียวพันธุ์ ชัยนาท ที่เกี่ยวทั้งต้นด้วยแรงงานคนในสภาพที่พ่นยากรมมีอกโชนก่อนการเก็บเกี่ยว 4 วัน ความชื้นเมล็ดที่วัดได้เฉลี่ย

16.35 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเป็ยก จากการทดสอบเปรียบเทียบที่ความเร็วรอบของลูกนวด 550-600 รอบต่อนาที พบว่า แม้ว่าจะนวดด้วยวิธีที่ความถี่ขึ้นเมล็ดเฉลี่ย 16.35 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเป็ยกซึ่งมีความถี่ค่อนข้างสูง ที่ความเร็วรอบ 550 รอบต่อนาที ให้ผลการทดสอบดีกว่าการใช้ความเร็วรอบของลูกนวด 600 รอบต่อนาที ซึ่งมีการสูญเสียรวมและเมล็ดแตกหักจะน้อยกว่าเล็กน้อย ขณะที่อัตราการทำงานน้อยกว่าเช่นเดียวกัน ส่วนเปอร์เซ็นต์ความงอกที่ได้ต่ำกว่ามาตรฐานทั้งกะเพาะด้วยเครื่องและแกะด้วยมือ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการพันสารเคมีก่อนใช้เครื่องเก็บเกี่ยว รายละเอียดการทดสอบแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ผลการทดสอบระบบขนาดและคัดทำความสะอาดของเครื่องเกี่ยวนวดด้วยที่พัฒนาใหม่

เครื่องเกี่ยวขนาด ยี่ห้อ/รุ่น	สวศ.	สวศ.
เกี่ยวทั้งต้นด้วย	แรงงานคน	แรงงานคน
ปลูกด้วยหว่านด้วยมือ ในอัตรา 5 กก./ไร่ พันธุ์	ชัยนาท	ชัยนาท
ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	178.52	178.52
ความถี่เมล็ดเฉลี่ย (%มาตรฐานเป็ยก)	16.35	16.35
การแตกหักของเมล็ด (%)	0.25	0.34
การสูญเสียรวม (%)	1.29	1.46
อัตราการทำงาน (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	618	714
อัตราความงอกจากการใช้เครื่อง (%)	58.0	51.33
อัตราความงอกจากการแกะด้วยมือ (%)	67.0	67.0
ฉีดพ่นยากำมมือก่อน	4 วันก่อนเกี่ยว	4 วันก่อนเกี่ยว



ภาพที่ 2.5 การทดสอบระบบขนาดและระบบคัดทำความสะอาดของต้นแบบเครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียว ที่เก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน โดยพนักยกริมมือโกโซน ก่อนเก็บเกี่ยว 4 วัน

การทดสอบขั้นต่อไป ได้ดำเนินการทดสอบเก็บเกี่ยวถั่วเขียวด้วยเครื่องเกี่ยวถั่วเหลืองแบบวางราย คูโบต้า AR-120 L ขนาดความกว้างของหัวเกี่ยว 1.20 เมตร จากผลการทดสอบการใช้งานของเครื่องเกี่ยวเมื่อทดสอบเกี่ยวขนาดถั่วเขียวพันธุ์ ชัยนาท 72 พบว่า สามารถเกี่ยวถั่วเขียวได้เช่นเดียวกับถั่วเหลือง โดยมีอัตราการทำงาน 1.73 ไร่ต่อชั่วโมง และหลังจากตากแห้งประมาณ 7 วันแล้ว ใช้เครื่องเกี่ยวขนาดทดสอบสำหรับขนาดถั่วเขียวในแปลงทดสอบที่เกี่ยวข้องทั้งต้นด้วยเครื่องเกี่ยวแบบวางราย ในสภาพที่พนักยกริมมือโกโซนก่อนการเก็บเกี่ยว 4 วัน จากการทดสอบ พบว่า สามารถเกี่ยวถั่วเขียวทั้งต้นได้เช่นเดียวกับที่เกี่ยวทั้งต้นด้วยแรงงานคน แต่การป้อนในแปลงทดสอบจะป้อนช้ากว่าเนื่องจากพอนต้นถั่วเขียวใหญ่มากเกินไป (ภาพที่ 2.7) ส่งผลให้อัตราการทำงานค่อนข้างต่ำ (420 กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ส่วนเปอร์เซ็นต์ความงอกที่ได้ต่ำกว่ามาตรฐานทั้งกะเทาะด้วยเครื่องและแกะด้วยมือ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการพ่นสารเคมีก่อนใช้เครื่องเกี่ยว รายละเอียดผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 2.5



ภาพที่ 2.6 การทดสอบการเก็บเกี่ยวถั่วเขียวด้วยเครื่องเกี่ยววางราย



ภาพที่ 2.7 ทดสอบเครื่องเกี่ยวขนาดสำหรับนวดถั่วเขียวทั้งต้นที่เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยววางราย

ตารางที่ 2.5 ผลการทดสอบการเก็บเกี่ยวถั่วเขียวด้วยเครื่องเกี่ยววางรายและหลังจากตากแห้งแล้ว ใช้เครื่องเกี่ยวขนาดสำหรับนวดถั่วเขียว

เครื่องเกี่ยววางรายและเครื่องเกี่ยวขนาด ยี่ห้อ/รุ่น	คูโบต้า AR-120L	สวส.
แบบหัวเกี่ยว	กรรไกรตัด	กรรไกรตัด
ปลูกด้วยเครื่องปลูก ในอัตรา 6-9 กก./ไร่ พันธุ์	ชัยนาท72	ชัยนาท72
สภาพพื้นที่	แห้งมีวัชพืชมาก	แห้งมีวัชพืชมาก
ความกว้างของการเกี่ยว (เมตร)	1.20	-
ความชื้นเมล็ด (%มาตรฐานเปียก)	>30	14.7
ความเร็วในการเกี่ยว (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	2.77	-
อัตราการทำงาน (ไร่ต่อชั่วโมง)	1.73	420 กก./ชม.
การสูญเสียรวม (%)	-	1.42
ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อไร่)	1.0	8.44 ลิตร/ชม.
อัตราความงอกจากการใช้เครื่อง (%)	-	41.67
อัตราความงอกจากการแกะด้วยมือ (%)	-	47.50

3. ทดสอบภาคสนามเบื้องต้น แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องต่างๆ

ทดสอบเครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียวในแปลงเกษตรกร ได้ดำเนินการออกแบบและพัฒนา ระบบขนาดเมล็ดพืช และอุปกรณ์ ที่จำเป็นของเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวเพื่อนำไปใช้ประกอบเป็นต้นแบบเครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียว โดยได้ทดสอบระบบขนาดและเก็บข้อมูลเบื้องต้นด้านประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียว โดยทดสอบเกี่ยวขนาดถั่วเขียวพันธุ์ ชัยนาท 72 ความชื้นเมล็ดเฉลี่ย (%มาตรฐานเปียก) 16.33 ผลการทดสอบพบว่าสามารถเกี่ยวขนาดถั่วเขียวได้ แต่ยังคงมีบางจุดที่ต้องปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมจากการทดสอบที่ผ่านมาพบว่า แม้ว่าจะลดจำนวนพินลูกขนาดเหลือเพียงครึ่งหนึ่ง แต่เมล็ดยังมีการแตกหักค่อนข้างสูง (2.94 %) ดังนั้นจึงลดจำนวนพินลูกขนาดโดยถอดแถบพินลูกขนาดจำนวน 2 แถวแล้วจึงทดสอบเก็บข้อมูล ผลการทดสอบพบว่า การแตกหักของเมล็ดลดลงอย่างชัดเจน รายละเอียดผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ผลการทดสอบเบื้องต้นการเก็บเกี่ยวถั่วเขียวด้วยเครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียว

เครื่องเกี่ยวขนาด ยี่ห้อ/รุ่น	สวศ.	สวศ.
แบบหัวเกี่ยว	กรรไกรตัด	กรรไกรตัด
ปลุกด้วยเครื่องปลูก ในอัตรา 6-9 กก./ไร่ พันธุ์	ชัยนาท72	ชัยนาท72
สภาพพื้นที่	แห้งมีวัชพืชมาก	แห้งมีวัชพืชมาก
ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	166.56	166.56
ความกว้างของการเกี่ยว (เมตร)	1.69	1.83
ความชื้นเมล็ด (%มาตรฐานเปียก)	16.33	16.33
ความเร็วในการเกี่ยว (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	2.30	2.48
อัตราการทำงาน (ไร่ต่อชั่วโมง)	2.48	2.52
การสูญเสียรวม (%)	1.79	1.65
การแตกหักของเมล็ด (%)	2.94	1.53
การปรับแต่ง	ถอดฟันลูกขนาดครึ่งหนึ่ง	ถอดฟันลูกขนาดเพิ่ม 2 แถว



ภาพที่ 2.8 ทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเขียวในแปลงเกษตรกรที่จังหวัดนครสวรรค์

4. ทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเขียวในสภาพการใช้งานระยะยาวในแปลงทดสอบ

ได้ดำเนินการตามแผนและทดสอบระบบการทำงานของต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเขียวที่พัฒนาขึ้นใหม่ตามสภาพการทำงานจริงในพื้นที่ 53 ไร่ ได้ทดสอบและเก็บข้อมูลระบบเกี่ยวตัดของชุดหัวเกี่ยวข้าว ที่พัฒนาเป็นชุดหัวเกี่ยวถั่วเขียวพบว่า มีดินปนต้นถั่วเขียวที่ถูกชุดราวใบมีดตัดขาดแล้วบางส่วน และมีการสูญเสียเกิดขึ้นที่ชุดหัวเกี่ยว จึงดำเนินการปรับล้อโน้ม(Reel)ใหม่ให้เหมาะสม จากนั้นได้ดำเนินการทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานของต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเขียว โดยเก็บข้อมูลการทำงานจากระบบเกี่ยวตัด ระบบนวดและระบบคัดแยกทำความสะอาด เมื่อทดสอบเกี่ยวนวดถั่วเขียวพันธุ์ ชัยนาท 72 ความชื้นเมล็ดเฉลี่ย (%มาตรฐานเปียก) 28.3 และ 29.4 ซึ่งเป็นต้นถั่วเขียวที่มีความชื้นค่อนข้างสูงมาก ผลการทดสอบพบว่า อัตราการทำงานอยู่ระหว่าง 2.46-2.50 ไร่ต่อชั่วโมง และมีการสูญเสียรวมระหว่าง 1.29 - 1.46 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบการใช้งานจริงพบว่า สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ต้องมีการปรับปรุงระบบคัดทำความสะอาดให้สิ่งเจือปนลดน้อยลง รายละเอียดผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ผลการทดสอบสภาพใช้งานระยะยาวการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียว

เครื่องเกี่ยวขนาด ยี่ห้อ/รุ่น	สวศ.	สวศ.
แบบหัวเกี่ยว	กรรไกรตัด	กรรไกรตัด
ปลุกด้วยเครื่องปลูก ในอัตรา 6-9 กก./ไร่ พันธุ์	ชัยนาท72	ชัยนาท72
สภาพพื้นที่	แห้งมีวัชพืชมก	แห้งมีวัชพืชมก
ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	121.08	116.52
ความกว้างของการเกี่ยว (เมตร)	1.67	1.80
ความชื้นเมล็ด (%มาตรฐานเปียก)	28.3	29.4
ความเร็วในการเกี่ยว (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	2.28	2.45
อัตราการทำงาน (ไร่ต่อชั่วโมง)	2.46	2.50
การสูญเสียรวม (%)	0.78	1.54
ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง(ลิตรต่อไร่)	4.0	4.13
อัตราความงอกจากการใช้เครื่อง (%)	53.0	57.0
อัตราความงอกจากการแกะด้วยมือ (%)	59.25	66.5



ภาพที่ 2.9 ทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดข้าวในสภาพการใช้งานระยะยาวในแปลงทดสอบ

5. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายรวมของการเกี่ยวข้าวระหว่างวิธีที่ 1 ใช้แรงงานคนเกี่ยวเกี่ยว+ใช้เครื่องกะเทาะฝัก วิธีที่ 2 ใช้เครื่องเกี่ยวหัวเหลืองแบบวางรายเกี่ยวเกี่ยว+ใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวขนาดทั้งต้น และฝักข้าว และวิธีที่ 3 ใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวเกี่ยวเกี่ยวเกี่ยว สรุปลงได้ดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายรวมของการเกี่ยวข้าวโดยการใช้แรงงานคนในปัจจุบัน และใช้เครื่องกะเทาะฝักข้าว ตามข้อมูลที่ได้สำรวจและทดสอบไว้สามารถสรุป ได้ดังนี้

ก. ค่าจ้างแรงงานคนปลิดฝักเฉลี่ย 6 บาทต่อกิโลกรัมฝัก ผลผลิตข้าวทั้งฝักเฉลี่ย 357 กิโลกรัมต่อไร่ เสียค่าจ้างปลิดฝัก $357 \times 6 = 2142$ บาทต่อไร่

ข. ค่าขนย้ายฝักข้าวออกจากไร่ 15 บาทต่อกระสอบฝัก ใช้กระสอบปานใต้ผลผลิตข้าวทั้งฝัก 5 ใบต่อไร่ เสียค่ากระสอบ $15 \times 5 = 75$ บาทต่อไร่

ค. ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องกะเทาะฝักข้าว 0.46 บาทต่อกิโลกรัมเมล็ด ผลผลิตเมล็ดข้าวเฉลี่ย 250 กิโลกรัมต่อไร่ เสียค่ากะเทาะฝักข้าว $250 \times 0.46 = 116$ บาทต่อไร่

ง. รวมค่าใช้จ่ายในการใช้คนเกี่ยวเกี่ยวเกี่ยวและใช้เครื่องกะเทาะฝักข้าว

$$= (ก) + (ข) + (ค) \quad \text{บาทต่อไร่}$$

$$= 2142 + 75 + 116 \quad \text{บาทต่อไร่}$$

$$= 2,333 \quad \text{บาทต่อไร่}$$

ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่อง ผลจากการทดสอบและจากการที่โรงงานเอกชนได้ตั้งราคาจำหน่ายเครื่อง
 นวดข้าวขนาด 5 ฟุต รวมเครื่องยนต์ดีเซลต้นกำลังขนาด 16 แรงม้า ที่เครื่องละ 217,000 บาท สามารถ
 คำนวณค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องนวดข้าวที่พัฒนาขึ้นใหม่จากข้อมูลและข้อสมมุติฐานต่าง ๆ ได้
 ดังต่อไปนี้

ราคาเครื่องนวดข้าวรวมเครื่องยนต์	=	217,000 บาท
อายุการใช้งาน	=	6 ปี
อัตราดอกเบี้ย (ค่าเสียโอกาส)	=	10 เปอร์เซ็นต์ต่อปี
อัตราการทำงานเฉลี่ย	=	900 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	=	1 ลิตรต่อชั่วโมง
ค่าน้ำมันดีเซล	=	30 บาทต่อลิตร
ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา	=	5 เปอร์เซ็นต์ต่อปี
การใช้งาน	วันละ	= 6 ชั่วโมง
	ปีละ	= 45 วัน
รวมระยะเวลาทำงาน 6 x 45	=	270 ชั่วโมงต่อปี
รวมปริมาณเมล็ดข้าวที่เกะเทาะได้ 270 x 900	=	243,000 กิโลกรัมต่อปี
ค่าจ้างแรงงาน	=	200 บาทต่อวันต่อคน

ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ คำนวณตามหลักเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นด้านวิศวกรรมได้ ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าใช้จ่ายคงที่ของเครื่อง} &= \frac{\text{ราคาเครื่อง}}{\text{อายุการใช้งาน} \times \text{ปริมาณเมล็ดข้าวที่เกะเทาะได้}} \text{ บาท/กก.} \\
 &= \frac{217,000}{6 \times 243,000} \text{ บาท/กก.} \\
 &= 0.149 \text{ บาท/กก.} \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง} &= \frac{\text{อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง} \times \text{ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง}}{\text{อัตราการทำงาน}} \\
 &= \frac{1.0 \times 30 \text{ บาท/กก.}}{900} \\
 &= 0.033 \text{ บาท/กก.} \quad (2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าเสียโอกาส} &= \frac{\text{ราคาเครื่อง} \times \text{อัตราดอกเบี้ย}}{\text{ปริมาณเมล็ดถั่วเขียวที่กะเพาะได้}} \text{ บาท/กก.} \\
 &= \frac{217,000 \times 10 \text{ บาท/กก.}}{243,000 \times 100} \\
 &= 0.089 \text{ บาท/กก.} \quad (3)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา} &= \frac{\text{ราคาเครื่อง} \times \text{อัตราการซ่อมแซม}}{\text{ปริมาณเมล็ดถั่วเขียวที่กะเพาะได้}} \text{ บาท/กก.} \\
 &= \frac{217,000 \times 5 \text{ บาท/กก.}}{243,000 \times 100} \\
 &= 0.045 \text{ บาท/กก.} \quad (4)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าจ้างแรงงาน 4 คน} &= \frac{\text{ค่าจ้างแรงงาน}}{\text{อัตราการทำงานต่อวัน}} \\
 &= \frac{4 \times 200 \text{ บาท/กก.}}{900 \times 6} \\
 &= 0.145 \text{ บาท/กก.} \quad (5)
 \end{aligned}$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายในการกะเพาะ} = (1) + (2) + (3) + (4) + (5)$$

$$= 0.149 + 0.033 + 0.089 + 0.045 + 0.148$$

$$= 0.464 \text{ บาท/กก. หรือ ประมาณ 46 สตางค์/กก.}$$

2. ค่าใช้จ่ายรวมของการเก็บถั่วเขียวโดยการใช้เครื่องเกี่ยวถั่วเหลืองแบบวางราย และใช้เครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียวทั้งต้น ตามข้อมูลที่ได้ทดสอบไว้สามารถสรุป ได้ดังนี้

ค่าใช้จ่ายรวมของการเก็บถั่วเขียวโดยการใช้เครื่องเกี่ยวถั่วเหลืองแบบวางรายแรงงานคนในปัจจุบัน และใช้เครื่องกะเทาะฝักถั่วเขียว ตามข้อมูลที่ได้สำรวจและทดสอบไว้สามารถสรุป ได้ดังนี้

ก. ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่อง 229.3 บาทต่อไร่

ข. ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียว 3.023 บาทต่อกิโลกรัมเมล็ด ผลผลิตเมล็ดถั่วเขียวเฉลี่ย 250 กิโลกรัมต่อไร่ เสียค่ากะเทาะฝักถั่วเขียว $250 \times 3.023 = 755.75$ บาทต่อไร่

ค. รวมค่าใช้จ่ายในการใช้คนเก็บเกี่ยวถั่วเขียวและใช้เครื่องกะเทาะฝักถั่วเขียว

$$= (\text{ก}) + (\text{ข}) \quad \text{บาทต่อไร่}$$

$$= 229.3 + 755.75 \quad \text{บาทต่อไร่}$$

$$= 985.05 \quad \text{บาทต่อไร่}$$

ราคาเครื่องเกี่ยวถั่วเหลืองแบบวางราย = 100,000 บาท

อายุการใช้งาน = 6 ปี

อัตราดอกเบี้ย (ค่าเสียโอกาส) = 10 เปอร์เซ็นต์ต่อปี

อัตราการทำงานเฉลี่ย = 1.55 ไร่ต่อชั่วโมง

การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง = 1 ลิตรต่อชั่วโมง

ค่าน้ำมันเบนซิน = 37 บาทต่อลิตร

ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา = 5 เปอร์เซ็นต์ต่อปี

การใช้งาน วันละ = 6 ชั่วโมง

ปีละ = 45 วัน

รวมระยะเวลาทำงาน 6×45 = 270 ชั่วโมงต่อปี

รวมพื้นที่เกี่ยวถั่วเขียวได้ 270×1.5 = 405 ไร่ต่อปี

ค่าจ้างผู้ปฏิบัติงาน = 500 บาทต่อวันต่อคน

ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ กำหนดตามหลักเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นด้านวิศวกรรมได้ ดังต่อไปนี้

$$\text{ค่าใช้จ่ายคงที่ของเครื่อง} = \frac{\text{ราคาเครื่อง}}{\text{อายุการใช้งาน} \times \text{ปริมาณพื้นที่ปลูกถั่วเขียวที่เกี่ยวข้องได้}} \text{ บาท/ไร่}$$

อายุการใช้งาน x ปริมาณพื้นที่ปลูกถั่วเขียวที่เกี่ยวข้องได้

$$= \frac{100,000}{6 \times 405} \text{ บาท/ไร่}$$

$$= 41.15 \text{ บาท/ไร่} \quad (1)$$

$$\text{ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง} = \text{อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง} \times \text{ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง}$$

$$= 1.0 \times 37 \text{ บาท/ไร่}$$

$$= 37.0 \text{ บาท/ไร่} \quad (2)$$

$$\text{ค่าเสียโอกาส} = \frac{\text{ราคาเครื่อง} \times \text{อัตราดอกเบี้ย}}{\text{ปริมาณพื้นที่ปลูกถั่วเขียวที่เกี่ยวข้องได้}} \text{ บาท/ไร่}$$

ปริมาณพื้นที่ปลูกถั่วเขียวที่เกี่ยวข้องได้

$$= \frac{100,000 \times 10}{405 \times 100} \text{ บาท/ไร่}$$

$$= 24.69 \text{ บาท/ไร่} \quad (3)$$

$$\text{ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา} = \frac{\text{ราคาเครื่อง} \times \text{อัตราการซ่อมแซม}}{\text{ปริมาณพื้นที่ปลูกถั่วเขียวที่เกี่ยวข้องได้}} \text{ บาท/ไร่}$$

ปริมาณพื้นที่ปลูกถั่วเขียวที่เกี่ยวข้องได้

$$= \frac{100,000 \times 5}{405 \times 100} \text{ บาท/ไร่}$$

$$= 12.35 \text{ บาท/ไร่} \quad (4)$$

$$\text{ค่าจ้างแรงงาน 2 คน} = \frac{\text{ค่าจ้างแรงงาน}}{\text{อัตราการทำงานต่อวัน}}$$

อัตราการทำงานต่อวัน

$$= \frac{2 \times 500}{1.5 \times 6} \text{ บาท/ไร่}$$

$$= 111.11 \text{ บาท/ไร่} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายในการกะเทาะ} &= (1) + (2) + (3) + (4) + (5) \\ &= 44.15 + 37.0 + 24.69 + 12.35 + 111.11 \\ &= 229.30 \text{ บาท/ไร่} \end{aligned}$$

ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่อง ผลจากการทดสอบและจากการที่โรงงานเอกชนได้ตั้งราคาจำหน่ายเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวขนาดความกว้างหัวเกี่ยว 2.0 เมตร เครื่องละ 1,200,000 บาท สามารถคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องเกี่ยวขนาดหัวเกี่ยวที่พัฒนาขึ้นใหม่จากข้อมูลและข้อสมมุติฐานต่างๆ ได้ ดังต่อไปนี้

ราคาเครื่องเกี่ยวขนาดข้าว	=	1,200,000 บาท
อายุการใช้งาน	=	8 ปี
อัตราดอกเบี้ย (ค่าเสียโอกาส)	=	10 เปอร์เซ็นต์ต่อปี
อัตราการทำงานเฉลี่ย	=	420 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	=	8.44 ลิตรต่อชั่วโมง
ค่าน้ำมันดีเซล	=	30 บาทต่อลิตร
ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา	=	5 เปอร์เซ็นต์ต่อปี
การใช้งาน	วันละ	= 8 ชั่วโมง
	ปีละ	= 45 วัน
รวมระยะเวลาทำงาน 8 x 45	=	360 ชั่วโมงต่อปี
รวมปริมาณเมล็ดข้าวเกี่ยวกะเทาะได้ 360 x 420	=	151,200 กิโลกรัมต่อปี
ค่าจ้างแรงงาน	=	200 บาทต่อวันต่อคน

ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ กำหนดตามหลักเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นด้านวิศวกรรมได้ ดังต่อไปนี้

$$\text{ค่าใช้จ่ายคงที่ของเครื่อง} = \frac{\text{ราคาเครื่อง}}{\text{อายุการใช้งาน} \times \text{ปริมาณเมตริกซ์ตัวเขียวที่กะเพาะได้}} \text{ บาท/กก.}$$

อายุการใช้งาน x ปริมาณเมตริกซ์ตัวเขียวที่กะเพาะได้

$$= \frac{1,200,000}{8 \times 151,200} \text{ บาท/กก.}$$

$$= \frac{1,200,000}{1,209,600} = 0.992 \text{ บาท/กก.} \quad (1)$$

$$\text{ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง} = \frac{\text{อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง} \times \text{ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง}}{\text{อัตราการทำงาน}}$$

อัตราการทำงาน

$$= \frac{8.44 \times 30}{420} \text{ บาท/กก.}$$

$$= \frac{253.2}{420} = 0.603 \text{ บาท/กก.} \quad (2)$$

$$\text{ค่าเสียโอกาส} = \frac{\text{ราคาเครื่อง} \times \text{อัตราดอกเบี้ย}}{\text{ปริมาณเมตริกซ์ตัวเขียวที่กะเพาะได้}} \text{ บาท/กก.}$$

ปริมาณเมตริกซ์ตัวเขียวที่กะเพาะได้

$$= \frac{1,200,000 \times 10}{151,200 \times 100} \text{ บาท/กก.}$$

$$= \frac{12,000,000}{15,120,000} = 0.793 \text{ บาท/กก.} \quad (3)$$

$$\text{ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา} = \frac{\text{ราคาเครื่อง} \times \text{อัตราการซ่อมแซม}}{\text{ปริมาณเมตริกซ์ตัวเขียวที่กะเพาะได้}} \text{ บาท/กก.}$$

ปริมาณเมตริกซ์ตัวเขียวที่กะเพาะได้

$$= \frac{1,200,000 \times 5}{151,200 \times 100} \text{ บาท/กก.}$$

$$= \frac{6,000,000}{15,120,000}$$

$$= 0.397 \text{ บาท/กก. (4)}$$

$$\text{ค่าจ้างแรงงาน 4 คน} = \frac{\text{ค่าจ้างแรงงาน}}$$

อัตราการทำงานต่อวัน

$$= \frac{4 \times 200}{420 \times 8} \text{ บาท/กก.}$$

$$= 0.238 \text{ บาท/กก. (5)}$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายในการนวด} = (1) + (2) + (3) + (4) + (5)$$

$$= 0.992 + 0.603 + 0.793 + 0.397 + 0.238$$

$$= 3.023 \text{ บาท/กก.}$$

ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องเกี่ยวข้าวเขียววางรายที่คิดประมาณการมาข้างต้นนี้ ยึดข้อมูลจากพื้นฐานใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุดสำหรับราคาเครื่องเป็นราคาที่ตั้งสมมุติขึ้น เนื่องจากปัจจุบันไม่มีเครื่องใหม่จำหน่ายแล้ว นอกจากเครื่องที่ใช้งานแล้วซึ่งราคาขึ้นอยู่กับสภาพของเครื่อง

ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องเกี่ยวขนาดข้าวเขียวที่คิดประมาณการมาข้างต้นนี้ ยึดข้อมูลจากการทดสอบซึ่งในทางปฏิบัติยังไม่มีการใช้เครื่องเกี่ยวขนาดเพื่อนำมาใช้ขนาดข้าวเขียวเพียงอย่างเดียว

3. ค่าใช้จ่ายรวมของการเก็บเกี่ยวข้าวเขียวโดยการใช้เครื่องเกี่ยวขนาดข้าวเขียว ตามข้อมูลที่ได้ทดสอบไว้สามารถสรุป ได้ดังนี้

ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่อง ผลจากการทดสอบและจากการที่โรงงานเอกชนได้ตั้งราคาจำหน่ายเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวขนาดความกว้างหัวเกี่ยว 2.0 เมตร เครื่องละ 1,200,000 บาท สามารถคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องเกี่ยวขนาดข้าวเขียวที่พัฒนาขึ้นใหม่จากข้อมูลและข้อสมมุติฐานต่าง ๆ ได้ ดังต่อไปนี้

$$\text{ราคาเครื่องเกี่ยวขนาดข้าว} = 1,200,000 \text{ บาท}$$

$$\text{อายุการใช้งาน} = 8 \text{ ปี}$$

$$\text{อัตราดอกเบี้ย (ค่าเสียโอกาส)} = 10 \text{ เปอร์เซ็นต์ต่อปี}$$

$$\text{อัตราการทำงานเฉลี่ย} = 2.5 \text{ ไร่ต่อชั่วโมง}$$

$$\text{การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง} = 4.13 \text{ ลิตรต่อไร่}$$

$$\text{ค่าน้ำมันดีเซล} = 30 \text{ บาทต่อลิตร}$$

$$\text{ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา} = 5 \text{ เปอร์เซ็นต์ต่อปี}$$

$$\text{การใช้งาน} \quad \text{วันละ} = 8 \text{ ชั่วโมง}$$

$$\text{ปีละ} = 45 \text{ วัน}$$

$$\text{รวมระยะเวลาทำงาน } 8 \times 45 = 360 \text{ ชั่วโมงต่อปี}$$

$$\text{รวมพื้นที่ที่เกี่ยวถั่วเขียวได้ } 360 \times 2.5 = 900 \text{ ไร่ต่อปี}$$

$$\text{ค่าจ้างผู้ปฏิบัติงาน} = 30 \text{ บาทต่อไร่ต่อคน}$$

ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ กำหนดตามหลักเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นด้านวิศวกรรมได้ ดังต่อไปนี้

$$\text{ค่าใช้จ่ายคงที่ของเครื่อง} = \frac{\text{ราคาเครื่อง}}{\text{อายุการใช้งาน} \times \text{ปริมาณพื้นที่ปลูกถั่วเขียวที่เกี่ยวข้องได้}} \text{ บาท/ไร่}$$

$$= \frac{1,200,000 \text{ บาท/ไร่}}{8 \times 900}$$

$$= 166.67 \text{ บาท/ไร่} \quad (1)$$

$$\text{ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง} = \text{อัตราการใช้สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง} \times \text{ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง}$$

$$= 4.13 \times 30 \text{ บาท/ไร่}$$

$$= 123.9 \text{ บาท/ไร่} \quad (2)$$

$$\text{ค่าเสียโอกาส} = \frac{\text{ราคาเครื่อง} \times \text{อัตราดอกเบี้ย}}{\text{ปริมาณพื้นที่ปลูกถั่วเขียวที่เกี่ยวข้องได้}} \text{ บาท/ไร่}$$

$$= \frac{1,200,000 \times 10}{900 \times 100} \text{ บาท/ไร่}$$

$$= 133.33 \text{ บาท/ไร่}$$

$$= 133.33 \text{ บาท/ไร่} \quad (3)$$

$$\text{ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา} = \frac{\text{ราคาเครื่อง} \times \text{อัตราการซ่อมแซม}}{\text{ปริมาณพื้นที่ปลูกถั่วเขียวที่เกี่ยวข้องได้}} \text{ บาท/ไร่}$$

$$= \frac{1,200,000 \times 5}{900 \times 100} \text{ บาท/ไร่}$$

$$= 66.67 \text{ บาท/ไร่} \quad (4)$$

$$\text{ค่าจ้างแรงงาน 2 คน} = \frac{\text{ค่าจ้างแรงงาน}}{\text{อัตราการทำงานต่อวัน}}$$

$$= \frac{2 \times 30}{2.5 \times 8} \text{ บาท/ไร่}$$

$$= 3.0 \text{ บาท/ไร่} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายในการเกี่ยวนวด} &= (1) + (2) + (3) + (4) + (5) \\ &= 166.67 + 123.9 + 133.33 + 66.67 + 3.0 \\ &= 493.97 \text{ บาท/ไร่} \end{aligned}$$

ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องเกี่ยวนวดถั่วเขียวที่คิดประมาณการมาข้างต้นนี้ ยึดข้อมูลจากพื้นฐานใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุดสำหรับราคาเครื่องเป็นราคาที่ใกล้เคียงกับราคาที่จำหน่ายทั่วไป ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลการพิจารณาจัดซื้อเครื่องไว้ใช้ทำประโยชน์ได้ ส่วนระยะเวลาคืนทุนนั้นจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับลักษณะของการลงทุนซื้อเครื่องไว้ทำประโยชน์ ซึ่งมีผลต่อระยะเวลาทำงานต่อวันต่อปี และปริมาณพื้นที่ที่เก็บเกี่ยวได้ ซึ่งเป็นปัจจัยเงื่อนไขสำคัญต่อค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่อง และระยะเวลาคืนทุน อาทิเช่น หากซื้อไว้รับจ้าง ก็จำเป็นต้องใช้เครื่องให้เป็นประโยชน์ต่อปีให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ แต่เงื่อนไขสำคัญข้อหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อระยะเวลาการคืนทุนในการใช้งานในลักษณะนี้ ก็คือ อัตราค่ารับจ้างเป็นเท่าไร จึงจะเป็นที่ยอมรับได้สำหรับเกษตรกรผู้ว่าจ้างที่จะได้รับประโยชน์ในแง่ของการลดต้นทุน ความเหนื่อยยากในการกะเทาะถั่วเขียว ซึ่งย่อมจะเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่หนึ่งไปยังอีก

พื้นที่หนึ่ง ดังนั้น การพิจารณาลงทุนจากระยะเวลาคืนทุน ผู้ลงทุนจึงควรพิจารณาจากข้อมูลและเงื่อนไขความเป็นจริงในพื้นที่ ปัจจุบันค่ารับจ้างเกี่ยวข้าว 400 – 500 ต่อไร่ ส่วนค่ารับจ้างเกี่ยวถั่วเขียว 500 - 600 ต่อไร่ ดังนั้นค่ารับจ้างจึงสูงกว่าการรับจ้างเกี่ยวข้าวประมาณ 100 - 200 บาทต่อไร่ การปรับเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไปใช้ในการเกี่ยวนวดถั่วเขียว เครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่ปรับไปเกี่ยวถั่วเขียวแล้วสามารถปรับกลับมาเกี่ยวข้าวได้อย่างเดิม จึงเป็นการเพิ่มโอกาสให้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวได้มีวันทำงานเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ค่าเกี่ยวถั่วเขียวต่อไร่ยังสูงกว่าค่าเกี่ยวข้าวตามที่กล่าวมาแล้ว ทำให้ได้ผลตอบแทนเพิ่มขึ้นด้วยอย่างแน่นอน ดังนั้นการนำเครื่องเกี่ยวนวดข้าวมาปรับเพื่อใช้เกี่ยวถั่วเขียวจึงมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจอย่างแน่นอน

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาด 120 แรงม้า เป็นต้นกำลัง การขับเคลื่อนใช้ระบบขับเคลื่อนแบบไฮโดรสแตติก ความกว้างของหัวเกี่ยว 2.0 เมตร ดำเนินการทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานของต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเขียว โดยเก็บข้อมูลการทำงานจากระบบเกี่ยวตัด ระบบนวดและระบบคัดแยกทำความสะอาด เมื่อทดสอบเกี่ยวนวดถั่วเขียวพันธุ์ ชัยนาท 72 ความชื้นเมล็ดเฉลี่ย (%มาตรฐานเปียก) 28.3 และ 29.4 ซึ่งเป็นต้นถั่วเขียวที่มีความชื้นค่อนข้างสูงมาก ผลการทดสอบพบว่า อัตราการทำงานอยู่ระหว่าง 2.46-2.50 ไร่ต่อชั่วโมง และมีการสูญเสียรวมระหว่าง 1.29 - 1.46 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบการใช้งานจริงพบว่า สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ต้องมีการปรับปรุงระบบคัดทำความสะอาดให้สิ่งเจือปนลดน้อยลง อย่างไรก็ตามงานวิจัยครั้งนี้ยังขาดข้อมูลการทดสอบเครื่องต้นแบบในสภาพที่ไม่พ่นสารเคมีก่อนเกี่ยวเกี่ยว เนื่องจากข้อจำกัดด้านระยะเวลาในการวิจัยและปัญหาจากแปลงที่เตรียมการทดสอบจังหวัดนครสวรรค์ถูกน้ำท่วมจากเหตุการณ์มหาอุทกภัยปี 2554