

## รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

-----

1. **ชุดโครงการวิจัย** ชุดโครงการวิจัยและพัฒนาถั่วเขียว
2. **โครงการวิจัย** โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตรสำหรับการเก็บเกี่ยวและแปรรูปถั่วเขียว
- กิจกรรมที่ 3** วิจัยพัฒนาให้ได้ต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทย ที่สามารถเกี่ยวถั่วเขียวได้
3. **ชื่อการทดลอง** วิจัยพัฒนาให้ได้ต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทย ที่สามารถเกี่ยวถั่วเขียวได้
- ชื่อการทดลอง** Research and Development on Thai Rice Combine Harvester for Harvesting Mungbean
4. **คณะผู้ดำเนินงาน**
- หัวหน้าการทดลอง** นายสาทิส เวณจันทร์ สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
- ผู้ร่วมงาน**
1. นายคณิศร์ศักดิ์ เจียรนัยกุล สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
2. นายมานพ คันธามารัตน์ สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
3. นายมงคล ตุ่นเฮ้า สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
4. นายทรงยศ จันทรมานิตย์ สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
5. นายสุทิน จูฑะสุวรรณ สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

### 5.บทคัดย่อ

ได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดข้าวขนาดเล็กเพื่อใช้เกี่ยวนวดถั่วเขียว โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาด 120 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ความกว้างของหัวเกี่ยว 2.0 เมตร ลูกนวดแบบไหลตามแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 527 มิลลิเมตร ความยาวของลูกนวด 1160 มิลลิเมตร ผลการทดสอบเบื้องต้น พบว่าเครื่องต้นแบบสามารถใช้งานได้แต่เมล็ดที่นวดแล้วมีการแตกหักสูง จึงได้ดำเนินการปรับปรุง แกะไขระบบนวดได้ดำเนินถอดซี่ฟันลูกนวดลดลงประมาณร้อยละ 75 โดยมีระยะห่างระหว่างปลายฟันและตะแกรงรอบลูกนวด (Concave Clearance) 35 มิลลิเมตร จากการนำไปทดสอบเกี่ยวนวดถั่วเขียว สภาพการใช้งานจริง ถั่วเขียว พันธุ์

ชัยนาท 72 ความชื้นเมล็ดถั่วเขียว ร้อยละ 28.3 – 29.4 มาตรฐานเปียก ผลการทดสอบพบว่า สามารถทำงานได้ดี อัตราการทำงาน ระหว่าง 2.46 - 2.50 ไร่ต่อชั่วโมง และความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 4.0 - 4.13 ลิตรต่อไร่ โดยมีการสูญเสียรวม ร้อยละ 1.29 - 1.46

---

ทะเบียนวิจัยเลขที่

## 6. คำนำ

ถั่วเขียวเป็นพืชที่มีศักยภาพการผลิตสูง ทั้งนี้เนื่องจากความต้องการนำไปแปรรูปเพิ่มมากขึ้น เช่น เพาะถั่วออก รุ้นเส้น แป้งถั่วเขียว และขนมหวานต่าง ๆ 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 พิษณุโลก 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 ส่วนถั่วเขียวผิวดำจะปลูกได้เพียงปีละ 1 ครั้ง ซึ่งปลูกพร้อมกับถั่วเขียวผิวมันรุ่นปลายฤดูฝน แต่ถั่วเขียวผิวดำมีความทนทานต่อความแห้งแล้งมากกว่าถั่วเขียวผิวมัน แหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่ สุโขทัย เพชรบูรณ์ ตาก พิจิตร พิษณุโลก กำแพงเพชร น่าน และลพบุรี ปัญหาที่สำคัญที่ทำให้พื้นที่ปลูกถั่วเขียวไม่ขยายตัวเท่าที่ควรคือ ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ค่อนข้างต่ำ ประมาณ 118 กิโลกรัมต่อไร่ เนื่องจากขาดการใช้เมล็ดพันธุ์ดีที่เหมาะสมกับพื้นที่ การใช้เทคโนโลยีในการผลิตยังไม่ถูกต้องกับศักยภาพการผลิตในแต่ละท้องถิ่น และต้นทุนการผลิตสูง เพราะมีการใช้แรงงานในการเก็บเกี่ยวสูง ในระบบการผลิตถั่วเขียวเกษตรกรมักจะใช้เครื่องนวดถั่วเขียวที่มีการใช้ความเร็วรอบสูง เพื่อให้ได้อัตราการทำงานสูง ซึ่งนอกจากจะทำให้เมล็ดบอบช้ำแล้วยังทำให้เกิดการสูญเสียสูงด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตามปัจจุบันมีการใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวเพื่อเกี่ยวนวดถั่วเขียว ทั้งที่ผลิตภายในประเทศและนำเข้าจากต่างประเทศ แต่ประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมยังไม่ดีเท่าที่ควร เพราะมีอัตรา

การแตกหักสูงและมีอัตราการสูญเสียโดยรวมยังสูงอยู่มากเช่นกัน ประเทศไทยมีการคิดค้นประดิษฐ์เครื่องเกี่ยว  
 นวดข้าว “ไทย” ซึ่งมีการใช้และผลิตในประเทศมากกว่า 30 ปีแล้วและสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการ  
 เกษตรได้พัฒนาให้สามารถเกี่ยวนวดได้ทั้งข้าวโพดและทานตะวันด้วย จึงมีความจำเป็นเร่งด่วนที่จะต้องพัฒนา  
 เครื่องเกี่ยวนวดข้าว “ไทย” ให้สามารถใช้เกี่ยวนวดถั่วเขียวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะช่วยให้ประเทศไทย  
 สามารถผลิตถั่วเขียวได้อย่างเพียงพอกับความต้องการภายในประเทศ โดยเกษตรกรสามารถลดค่าใช้จ่ายจากการ  
 เก็บเกี่ยวนวดลดลงได้ ซึ่งส่งผลต่อเนื่องกลับสู่เกษตรกรในลักษณะของการได้รับผลตอบแทนเพิ่มขึ้นจากเดิม

ปัญหาสำคัญของการเพาะปลูกถั่วเขียวในปัจจุบัน คือ การหาแรงงานในการปลิดเก็บฝักถั่วเขียวเป็นปัญหา  
 สำคัญที่เกษตรกรส่วนใหญ่ประสบอยู่ ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บเกี่ยวฝักถั่วเขียวต้องใช้แรงงานคนเป็นจำนวนมาก แต่  
 มีงานวิจัยเรื่องเครื่องนวดและเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเขียวน้อยมาก เกษตรกรจึงต้องดัดแปลงเครื่องนวดข้าวมาใช้  
 นวดถั่วเขียวตามรูปแบบของตนเองในแต่ละท้องถิ่น และใช้เครื่องเกี่ยวนวดทั้งที่ผลิตภายใน ประเทศและนำเข้า  
 จากต่างประเทศมาดัดแปลงใช้ในการเก็บเกี่ยวถั่วเขียว เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการเก็บเกี่ยว

สมชาย และคณะ (2536) ศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวผิวดำที่ผ่านกรรมวิธีหลังการเก็บเกี่ยวต่างกัน  
 (ระยะที่ 1 และ 2) ในการผลิตถั่วเขียวผิวดำเพื่อการส่งออกมักประสบปัญหาที่สำคัญ คือ คุณภาพเมล็ดไม่ดี  
 เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ยังคงปฏิบัติด้วยวิธีดั้งเดิมในช่วงหลังเก็บเกี่ยว ตั้งแต่การนวดและทำความสะอาดเมล็ด  
 ที่ไม่ถูกวิธี ดังนั้นจึงศึกษาถึงกรรมวิธีต่าง ๆ หลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม เพื่อปรับปรุงคุณภาพเมล็ดให้ดีขึ้นตาม  
 ความต้องการของตลาด ดำเนินการทดลองที่แปลงทดลองของสถานีทดลองพืชไร่พิษณุโลกในฤดูฝน (เดือน  
 สิงหาคม-พฤศจิกายน) ปี 2535 และ 2536 ใช้ถั่วเขียวผิวดำพันธุ์พิษณุโลก 2 วางแผนการทดลองแบบ 2x3  
 Factorial in RCB มี 4 ซ้ำ ปัจจัยแรกเป็นวิธีการนวด 2 วิธีคือ นวดบนลานดินด้วยรถไถเดินตามและนวด ด้วย  
 เครื่องนวด ปัจจัยที่สองเป็นวิธีทำความสะอาด 3 วิธีคือ ทำความสะอาดด้วยวิธีกลีกร (ตะแกรงร่อน) เครื่องเป่าลม  
 ขนาดเล็กและเครื่อง Seed processing ผลการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดหลังผ่านกรรมวิธีต่าง ๆ เมื่อเก็บเกี่ยว  
 พบว่าการนวดด้วยเครื่องนวดถั่วเขียวผิวดำให้ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์สูงกว่าการนวดบนลานดินเท่ากับ 98.4  
 และ 97.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การทำความสะอาดเมล็ดโดยใช้เครื่องเป่าลมขนาดเล็กและเครื่อง Seed  
 processing ให้ความบริสุทธิ์ของเมล็ดไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ให้ค่าแตกต่างกับการทำความสะอาดด้วย วิธี  
 เกษตรกรให้ค่าเท่ากับ 98.9, 98.6 และ 79.8 เมื่อเก็บรักษา 0, 3 และ 6 เดือนตามลำดับ สูงกว่าการนวดด้วย  
 เครื่องนวด (เท่ากับ 86.9, 81.3 และ 71.4 เมื่อเก็บรักษา 0, 3 และ 6 เดือน ตามลำดับ) และเมื่ออายุการเก็บ  
 รักษาเพิ่มขึ้นจะทำให้ความงอกของเมล็ดและความแข็งแรงของเมล็ดลดลงตามลำดับ ในกรรมวิธีที่นวดบนลานดิน  
 ผลปรากฏว่าการทำความสะอาดเมล็ดโดยใช้เครื่อง Seed processing ให้ความงอกสูงสุด 86.8 เปอร์เซ็นต์  
 รองลงมาคือวิธีเกษตรกรและเครื่องเป่าลมขนาดเล็กให้ความงอก 75.4 และ 74.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการ

นวดด้วยเครื่อง ปรากฏว่า การทำความสะอาดเมล็ดโดยวิธีเกษตรกรให้ความมอกสูงสุด 81.4 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ เครื่องเป่าลมขนาดเล็กและเครื่อง Seed processing

กิจจาและคณะ (2541) รายงานผลการสำรวจและทดสอบเครื่องเกี่ยวข้าวเกี่ยวข้าววางราย พบว่า การทดสอบใช้เครื่องเกี่ยวข้าววางรายของบริษัทเอกชน เกี่ยวต้นข้าวเกี่ยวพันธุ์ชัยนาท 36 โดยเจ้าหน้าที่ของศูนย์ปฏิบัติการเกษตรวิศวกรรมเขต 2 จังหวัดนครสวรรค์เป็นผู้ขับเครื่อง สภาพโดยทั่วไปของข้าวเกี่ยวเป็นกรเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 เนื่องจากสภาพอากาศเปลี่ยนแปลงฝนตกเร็วกว่ากำหนดทำให้ข้าวเกี่ยวแตกกิ่งก้านและออกดอกเป็นครั้งที่สอง ซึ่งจำนวนฝักมีไม่มากเหมือนครั้งแรก แต่โดยปกติเกษตรกรมักรอให้ข้าวสุกแก่มากที่สุดแล้วเก็บเกี่ยวข้าวที่ เหลือจะโลกลบเพื่อปลูกพืชอื่นต่อไป จากการทดสอบพบว่า เครื่องเกี่ยวข้าววางรายสามารถใช้เกี่ยวข้าวได้ค่อนข้างดีไม่มีปัญหาติดขัดบริเวณหัวเกี่ยว การวางรายเป็นแถวดี แต่ยังไม่มีการเก็บผลการร่วงหล่นของเมล็ดและฝัก ปัญหาที่คาดว่าจะมีผลตามมาคือการตากเพราะเมื่อข้าวเกี่ยวตากแดดจนแห้งจัด ฝักมักแตกและเมล็ดจะร่วงทำให้เกิดการสูญเสีย และการขนย้ายหลังจากเกี่ยววางราย ทำให้ต้องขนย้ายข้าวทั้งต้นและฝักมากกว่าการเก็บที่ละฝักและอาจต้องเสียค่าใช้จ่ายมากขึ้น ส่วนขั้นตอนการนวดและการกะเทาะนั้น การเก็บเกี่ยวข้าวทั้งต้นเป็นสิ่งใหม่คาดว่าจะยังไม่มีเครื่องนวดข้าวที่เกี่ยวที่เหมาะสม พันธุ์ข้าวเกี่ยวฝักมันที่เกษตรกรในแถบจังหวัด นครสวรรค์ปลูกส่วนใหญ่คือพันธุ์ชัยนาท 36 และพันธุ์กำแพงแสน 2 วิธีเก็บเกี่ยวจะเก็บที่ละฝักแล้วตากแดดจนแห้งรอการกะเทาะ ค่าจ้างเก็บราคาประมาณ 2-3 บาท/กิโลกรัม (ฝัก) การกะเทาะจะใช้เครื่องนวดข้าวขนาด ตั้งแต่ 6 ฟุต ถึง 8 ฟุต เครื่องนวดข้าวทั้ง 2 ขนาดมักเป็นชนิดตีตรอยนต์ อัตราค่าจ้างกะเทาะ 40-45 บาท/กระสอบ (ประมาณ 110-115 กิโลกรัม) ลูกนวดข้าวที่ใช้กะเทาะข้าวฝักมันไม่ต้องดัดแปลงขึ้นส่วนก็สามารถใช้ กะเทาะข้าวฝักมันได้เป็นอย่างดี แต่อาจต้องใช้ความชำนาญและประสบการณ์ในการกะเทาะค่อนข้างสูง เนื่องจากลูกนวดที่ใช้มักใช้นวดข้าวในตอนต้นฤดู เมื่อนวดข้าวและธัญพืชอื่น ๆ จนถึงฤดูกะเทาะข้าวฝักมัน ฟันของลูกนวดจะสึกหรองจนเหมาะสำหรับใช้กะเทาะข้าวฝักมัน หากใช้ฟันลูกนวดใหม่ ๆ จะทำให้ข้าวที่ กะเทาะแตกหักสูง ความเร็วรอบของลูกนวดที่ใช้กะเทาะข้าวฝักมันอยู่ในช่วงประมาณ 290-310 รอบ/นาที (วัดจากเครื่องที่สำรวจพบ) ความเร็วรอบที่ใช้จะสูงหรือต่ำขึ้นกับความชื้นของฝักข้าว เกี่ยว จากการสังเกตการ กะเทาะพบว่าประสิทธิภาพการกะเทาะค่อนข้างต่ำ ฝักข้าวเกี่ยวถูกกะเทาะหลายครั้งจึงจะได้เมล็ดข้าวที่สะอาด ซึ่งเมล็ดข้าวที่ผ่านการกะเทาะแล้วจะผ่านการคัดแยกทำความสะอาดโดยตะแกรงโยก จำนวน 4 ครั้ง ครั้งแรก ถูกคัดแยกโดยตะแกรงของเครื่องนวดข้าวที่ติดมากับตัวเครื่อง ส่วนอีก 3 ครั้งผู้ใช้เครื่องจะสร้างตะแกรงคัดแยก เพิ่มอีก 3 ชั้นโดยใช้ตะแกรงรูกกลมขนาดประมาณ 6 มิลลิเมตรติดตั้งด้านข้างเครื่องนวดข้าว และขั้นตอนการคัด แยกนี้ต้องใช้ผู้ปฏิบัติงาน 1 คนสำหรับกวาดฝักที่ไม่ไหลตัวฟันตะแกรงคัดป้องกันการอุดตัน ฝักที่ไม่ถูกกะเทาะ และฝักที่กะเทาะไม่หมดจะถูกลำเลียงกลับเข้าเครื่องกะเทาะโดยใช้แรงงานคน ส่วนฝักที่ไม่ถูกกะเทาะตรงตะแกรง คัดแยกของเครื่องนวดข้าว จะถูกลำเลียงเข้าเครื่องอีกครั้งโดยเก็ยลำนลำเลียง ซึ่งฝักที่ไม่ถูกกะเทาะทั้งสองส่วนนี้จะ

ถูกป้อนเข้าเครื่องทางช่องป้อนโดยแรงงานคน จำนวนผู้ปฏิบัติงานจะใช้ตั้งแต่ 3 คนขึ้นไป ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องที่ใช้เป็นเครื่องขนาดใหญ่มากอัตราการทำงานจึงสูงทำให้ต้องใช้คนทำงานมากเพื่อให้ทันกับการทำงานของเครื่อง เครื่องที่ใช้กะเทาะถั่วเขียวเท่าที่พบผู้ใช้มักปิดปล่องช่องทางออกเพื่อป้องกันการสูญเสียเนื่องจากออกปล่อง อัตราการกะเทาะโดยใช้เครื่องขนาดข้าวขนาด 8 ฟุตประมาณ 1,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

นอกจากนี้สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตรได้รายงานจากการสำรวจผลตกค้างของการใช้สารพาราควอตพ่นเพื่อให้ใบร่วงก่อนเก็บเกี่ยวถั่วเขียว ทำการประเมินผลตกค้างของการใช้สารพาราควอต พ่นเพื่อให้ใบร่วงก่อนเก็บเกี่ยวถั่วเขียวในไร่เกษตรกรจังหวัดสุโขทัยและเพชรบูรณ์ ปี พ.ศ. 2547 ในช่วงเดือนกรกฎาคม ซึ่งเป็นการเก็บเกี่ยวถั่วเขียวที่ปลูกต้นฤดูฝน พบว่า จังหวัดสุโขทัย มีการใช้สารพาราควอตอัตรา 350-540 มิลลิลิตรต่อไร่ พ่นก่อนเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวด จากเกษตรกรที่ใช้สารพาราควอตจำนวน 8 ราย พบสารตกค้างที่เมล็ดเฉลี่ย 0.1-0.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และพบที่เปลือกฝัก 0.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าค่าสูงสุดที่กำหนดให้มีได้โดย Codex คือ 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนที่จังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่า ไม่มีการใช้สารพาราควอตพ่นก่อนการเก็บเกี่ยวและปลิดฝักแก่ด้วยมือนอกจากนี้การใช้สารพาราควอตพ่นก่อนเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวด 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 แต่การใช้สารพาราควอต สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวได้ เพราะทำให้ใบถั่วเขียวแห้ง เครื่องเกี่ยวนวดทำงานได้สะดวก และรวดเร็ว ประหยัดค่าแรงงานในการเก็บเกี่ยว (จารุวัฒน์, 2529) ซึ่งโดยภาพรวมถือว่าเป็นเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเขียวสามารถใช้งานได้ แต่จากการค้นเอกสารยังไม่พบว่ามีผู้นำไปผลิตเชิงพาณิชย์ ซึ่งอาจจะเป็นเพราะว่ามีขนาดไม่เหมาะสมกับสภาพแปลงปลูกของเกษตรกร หรือรูปแบบไม่สอดคล้องกับระบบการผลิตเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทย ที่สำคัญต้นแบบดังกล่าวยังไม่ได้ดำเนินการทดสอบระยะยาว ในสภาพการทำงานจริงในระบบการผลิตถั่วเขียว ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญที่จะศึกษาข้อมูลด้านข้อจำกัดตามสภาพพื้นที่ ลักษณะการปลูก ช่วงเวลาเก็บเกี่ยว การจำหน่าย รวมทั้งข้อจำกัดอื่น ๆ ที่เกษตรกรมีอยู่ งานวิจัยพัฒนาดังกล่าวได้มุ่งเน้นให้เป็นเครื่องจักรกลสำหรับการเก็บเกี่ยว เพื่อลดปัญหาขาดแคลนแรงงานโดยมีการสูญเสียน้อย ซึ่งถ้ามีการวิจัยต่อเนื่องเพื่อพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดข้าวให้สามารถเกี่ยวถั่วเขียวได้ด้วย ก็จะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร และโรงงานผู้ผลิตเครื่องเกี่ยวนวดข้าวในประเทศ ซึ่งจะส่งผลดีต่อทางเศรษฐกิจโดยรวมอย่างแน่นอน จึงมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วนที่ต้องมีการวิจัยพัฒนาเพื่อให้ได้ต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเขียวแบบขับเคลื่อนภายในเครื่องเดียวกัน ที่สามารถผลิตได้ในประเทศ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการแก้ไขปัญหากล่าวเก็บเกี่ยวถั่วเขียวที่เกษตรกรส่วนใหญ่เผชิญอยู่ได้

## 7. วิธีดำเนินการ

### อุปกรณ์

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

และ ตาข่ายสำหรับเก็บรวบรวมตัวอย่างของการทดสอบ เป็นต้น

### วิธีการ

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

### เวลาและสถานที่

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2553 สิ้นสุด กันยายน 2555

สถานที่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จังหวัดลพบุรี จังหวัดนครสวรรค์ และจังหวัด เพชรบุรี

## 8. ผลการทดลองและวิจารณ์

### 1. ทดสอบการใช้เครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียวแบบต่าง ๆ ทั้งที่ผลิตภายในประเทศและนำเข้าจากต่างประเทศ

จากการสำรวจ ติดตาม ทดสอบ และประเมินผลประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียวรับจ้าง ในช่วงเก็บเกี่ยวปี พ.ศ. 2553-2555 ในเขตจังหวัดสุโขทัย นครสวรรค์ และเพชรบูรณ์ พบว่า มีการใช้เครื่องเกี่ยวขนาดข้าวขนาดเล็กแบบญี่ปุ่นและเครื่องเกี่ยวขนาดข้าว “ไทย” ซึ่งมีการดัดแปลงระบบขนาดและระบบคัตทำความสะอาดให้สามารถเกี่ยวขนาดถั่วเขียวได้ ข้อมูลประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียวแต่ละแบบที่ได้ดำเนินการทดสอบและประเมินผล มีดังนี้คือ

ในช่วงเก็บเกี่ยวปี พ.ศ. 2553/2554 ได้ดำเนินการติดตาม ทดสอบ และประเมินผลประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียวรับจ้างในเขตจังหวัดสุโขทัย ซึ่งเป็นการเก็บเกี่ยวถั่วเขียวที่ปลูกต้นฤดูฝน พบว่า จังหวัดสุโขทัย มีการใช้สารพาราควอตอัตรา 2.0-3.0 ลิตรผสมกับน้ำ 200 ลิตร ซึ่งสามารถพ่นได้ประมาณ 4 ไร่พ่นก่อนเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวขนาดเป็นเวลา 5 วัน ถ้าปล่อยทิ้งเกิน 5 วัน จะทำให้ต้นและฝักถั่วแห้งเกินไปอาจทำให้เกิดการสูญเสียจากการร่วงหล่นเกิดขึ้นได้ จากการสอบถามพบว่าเกษตรกรทุกรายในเขตจังหวัดนี้ใช้สารเคมีพ่นยาก่อนใช้เครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียวเก็บเกี่ยว และจากการสังเกตพบว่าพื้นที่ที่มีปริมาณต้นถั่วเขียวหนาแน่น ใบจะแห้งเฉพาะส่วนบนเท่านั้น ใบล่างและลำต้นยังคงเขียวสดอยู่ จากผลการทดสอบการใช้งานของเครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียวรับจ้างพบว่า เครื่องเกี่ยวขนาดข้าว “ไทย” มีอัตราการทำงานสูงมากกว่าเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวแบบญี่ปุ่นทั้งที่ใช้ความเร็วในการเกี่ยวต่ำกว่า ส่งผลทำให้การสูญเสียรวมน้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจากความกว้างของหัวเกี่ยวเครื่องเกี่ยวขนาดข้าว “ไทย” มีขนาดกว้างถึง 2.90 เมตร ขณะที่ความกว้างของหัวเกี่ยวเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวแบบญี่ปุ่นเพียง 1.68 เมตร เมื่อพิจารณาคุ้อัตราความงอกของเมล็ดทั้งที่ได้จากเครื่องและความงอกที่ได้จากการใช้มือแกะพบว่า มีเปอร์เซ็นต์ความงอกที่ได้ต่ำกว่ามาตรฐาน ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการพ่นสารเคมีก่อนใช้เครื่องเกี่ยว รายละเอียดการทดสอบแสดงในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** ผลการทดสอบการเกี่ยวเกี่ยวถั่วเขียวด้วยเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวไทยและเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวแบบญี่ปุ่น โดยมีการฉีดพ่นยาพาราควอตก่อนเก็บเกี่ยว 5 วัน

เครื่องเกี่ยวขนาด ยี่ห้อ/รุ่น	เกษตรกรพัฒนา	คูโบต้า/68 G	คูโบต้า/68 G
แบบหัวเกี่ยว	กรรไกรตัด	กรรไกรตัด	กรรไกรตัด
ปลุกด้วยหว่านด้วยมือ 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	-	-
ฉีดพ่นยาพาราควอท อัตรา 2 ลิตรต่อน้ำ 200 ลิตร	5 วันก่อนเกี่ยว	5 วันก่อนเกี่ยว	5 วันก่อนเกี่ยว

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



ภาพที่ 1 การใช้เครื่องเกี่ยวขนาดเก็บเกี่ยวข้าวสภาพต้นแห้งในแปลงที่พ่นสารเคมีก่อนเก็บเกี่ยว

ต่อมาในช่วงเก็บเกี่ยวปี พ.ศ. 2554/2555 ได้รับทราบข้อมูลจากศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาทว่ามีการใช้งานของเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวรับจ้างในเขตจังหวัดนครสวรรค์ โดยไม่มีการใช้สารเคมีพ่นก่อนเก็บเกี่ยว แต่เนื่องจากต้นข้าวทั้งใบและลำต้นยังคงเขียวสดอยู่ จึงมีความชื้นยังคงสูงมาก และจากการสำรวจ ติดตาม ทดสอบ และประเมินผลประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวรับจ้าง พบว่า มีการใช้ทั้งเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวขนาดเล็กแบบญี่ปุ่นและเครื่องเกี่ยวขนาดข้าว “ไทย” ซึ่งมีการดัดแปลงระบบนวดและระบบคัดทำความสะอาดให้สามารถเกี่ยวขนาดข้าวที่มีความชื้นสูงได้ โดยใช้วิธีใส่เพิ่มชุดตะแกรงคัดแยกตรงทางออกของเมล็ดข้าว เพื่อคัดแยกกากและสิ่งเจือปนออกจากเมล็ดข้าว ก่อนที่เมล็ดข้าวจะไหลลงสู่กระสอบบรรจุ(ภาพที่ 3 ) ชุดตะแกรงกล่าวมีประกอบด้วยตะแกรง 2 ชั้น ชั้นบนเป็นตะแกรงรูกกลมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูตะแกรง 8 มิลลิเมตร ทำหน้าที่คัดแยกกากและสิ่งเจือปนขนาดใหญ่ ซึ่งติดมากับเมล็ดข้าวที่ไหลออกมาจากช่องทางออก



เมล็ดของเครื่องเกี่ยวนวด ส่วนตะแกรงชั้นล่างเป็นเหล็กตะแกรงรูลายขนาดกว้าง 2 มิลลิเมตร X ยาว 12 มิลลิเมตร ทำหน้าที่คัดแยกสิ่งเจือปนขนาดเล็ก ซึ่งหลุดร่วงผ่านตะแกรงชั้นบนปะปนติดมากับเมล็ดข้าวเขียว ก่อนที่เมล็ดข้าวเขียวจะไหลลงสู่กระสอบ จากผลการทดสอบการใช้งานของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวเขียวรับจ้างทั้งสองแบบ พบว่าเครื่องเกี่ยวนวดข้าว “ไทย” มีอัตราการทำงานสูงมากกว่าเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบญี่ปุ่นขณะที่การสูญเสียรวมน้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจากความกว้างของหัวเกี่ยวเครื่องเกี่ยวนวดข้าว “ไทย” มีขนาดกว้างมากกว่าเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบญี่ปุ่น ขณะที่การสูญเสียรวมของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบญี่ปุ่นสูงมาก(7.11 %) ทั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากขาดการปรับแต่งระบบคัดทำความสะอาดไม่ถูกต้องหรือผู้ปฏิบัติงานขาดความรู้ในการใช้เครื่อง เมื่อพิจารณาคุณอัตราความงอกของเมล็ดทั้งที่ได้จากเครื่องทั้งสองแบบและความงอกที่ได้จากการใช้มือแกะพบว่า มีเปอร์เซ็นต์ความงอกที่ได้สูงกว่ามาตรฐาน ความงอกบางตัวอย่างอาจแปรปรวนเนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดแข็งแตกต่างกัน รายละเอียดการทดสอบแสดงในตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** ผลการทดสอบการเก็บเกี่ยวข้าวเขียวด้วยเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยและเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบญี่ปุ่น โดยไม่มีการฉีดพ่นสารเคมีก่อนเก็บเกี่ยว

เครื่องเกี่ยวนวด ยี่ห้อ/รุ่น	คูโบต้า/68 G	ศิริเจริญ	ศิริเจริญ
แบบหัวเกี่ยว	กรรไกรตัด	กรรไกรตัด	กรรไกรตัด
ปลุกด้วยหว่านด้วยมือ ในอัตรา 6-9 กก./ไร่ พันธุ์	กำแพงแสน 2	กำแพงแสน 2	ชัยนาท
สภาพพื้นที่	แห้งมีวัชพืชน้อย	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 สำหรับข้าวเขียวจะงอกภายหลังเก็บรักษา 2-3 เดือน



ภาพที่ 2 การใช้เครื่องเกี่ยวขนาดเก็บเกี่ยวถั่วเขียวต้นสดในแปลงที่ไม่ผ่านการพ่นสารเคมี



ภาพที่ 3 ตำแหน่งที่ติดตั้งเพิ่มเติมของตะแกรงคัดสำหรับเกี่ยวขนาดถั่วเขียว

## 2. การออกแบบระบบขนาดและระบบคัดทำความสะอาดของเครื่องเกี่ยวถั่วเขียวและเครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเขียว

จารุวัฒน์และคณะ (2536) ได้รายงานถึงรายละเอียดของเครื่องเกี่ยวถั่วเขียวฝัวมันที่พัฒนาขึ้นมา ประกอบด้วยระบบกลไกสำคัญ 2 ระบบ คือ ระบบเกี่ยว และ ระบบคัดแยกทำความสะอาด สำหรับระบบเกี่ยวนั้นประกอบด้วยลูกเกี่ยวแบบทรงกระบอกเปิด ประกอบด้วยลูกเกี่ยวแบบผสม คือ มีทั้งแบบแผงเหล็กซี่ฟันรีว และ แบบแกนเหล็กเพลลา (Spike tooth) บริเวณช่องป้อนจะมีซี่เหล็กกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.5 มิลลิเมตร จำนวน 2 แถว เพื่อช่วยพาฝักถั่วเขียวเข้าไปในเครื่อง ตะแกรงรอบลูกเกี่ยวแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนล่าง และ ส่วนบน ตะแกรงล่างมีลักษณะเป็นครึ่งวงกลม บนตะแกรงล่างจะมีเหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร มีแผงเหล็กหล่อติดอยู่ เพื่อทำหน้าที่เพิ่มประสิทธิภาพการเกี่ยว ส่วนตะแกรงบนมีลักษณะเป็นรูปครึ่งวงรี โดยมีส่วนสูงที่สุด 28 เซนติเมตร เป็นตะแกรงรูปกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.5 มิลลิเมตร ส่วนระบบคัดแยกทำความสะอาด แยกเป็น 2 ส่วน คือ ตะแกรงโยกคัด และ พัดลมเป่าทำความสะอาด โดยตะแกรงโยกคัดแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนในซึ่งอยู่ใต้ตะแกรงเกี่ยวล่างจะเป็นเหล็กแผ่นที่บิดม้วน

ลาดลงกับแนวระดับ 10 องศา เพื่อให้เมล็ดและเศษต่าง ๆ ซึ่งลวดตะแกรงส่วนล่างลงมาจำนวนมากให้สามารถเคลื่อนที่ได้สะดวกรวดเร็ว ส่วนนอกเป็นตะแกรงรูกกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.4 มิลลิเมตร ช่วงปลายด้านหน้ายาว 38.5 เซนติเมตร จะทำมุมลาดขึ้นจากแนวระดับ 8 องศา เพื่อชะลอการเคลื่อนตัวของเมล็ดให้ช้าลง และทำให้เมล็ดมีโอกาสลอดรูตะแกรงลงไปทีละเล็กลำเลียงเมล็ดสะอาด 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 พบว่าจำนวนซี่ฟันกะเทาะต้องลดลงครึ่งหนึ่ง และระยะห่างที่เหมาะสม คือ ระหว่าง 30 – 35 มิลลิเมตร ความเร็วรอบของลูกกะเทาะที่เหมาะสม คือ ระหว่าง 500 – 600 รอบต่อนาที (11.94 – 14.33 เมตรต่อวินาที) อัตราการทำงานระหว่าง 850 – 1,100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมล็ดข้าวโพดมีความชื้นประมาณ 28 – 30 % มาตรฐานเปียกโดยใช้ต้นกำลัง 11.5 แรงม้า แต่เมื่อเพิ่มกำลังแรงม้าเป็น 15 แรงม้า ปรากฏว่า อัตราการทำงานเพิ่มขึ้นเป็น 2,000 – 2,500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยมีเมล็ดแตกหักประมาณ 1 – 4 % การสูญเสียรวมต่ำกว่า 1 %

จากข้อมูลรายละเอียดของเครื่องกะเทาะถั่วเขียวผิวมัน ที่พัฒนาขึ้นโดยสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมที่กล่าวมาข้างต้นซึ่งเป็นเครื่องกะเทาะขนาดเล็กเหมาะสำหรับกะเทาะฝักถั่วเขียวที่ผลิตด้วยมือเท่านั้น แต่เงื่อนไขสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาในการออกแบบเพื่อดัดแปลงพัฒนาเครื่องนวดถั่วเขียวที่สามารถนวดได้ทั้งต้น ซึ่งกิจจาและคณะ (2541) รายงานว่า การเก็บเกี่ยวถั่วเขียวทั้งต้นเป็นสิ่งใหม่คาดว่าจะยังไม่มีเครื่องนวดถั่วเขียวที่เหมาะสม ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้เลือกเครื่องนวดข้าว ขนาด 5 ฟุต โดยใช้ต้นกำลังขนาด 15 แรงม้า ซึ่งมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย มาดำเนินการพัฒนาและปรับปรุงเพื่อถั่วเขียวแบบทั้งต้น โดยในขั้นแรกปรับปรุงออกแบบระบบนวดใหม่คล้ายกับระบบกะเทาะข้าวโพดแบบทั้งเปลือก คือ ลูกนวดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 18 นิ้ว มีซี่ฟันลูกนวดจำนวน 8 แถว ความยาวฟันลูกนวดยาว 3 นิ้ว โดยมีจำนวนฟันลูกนวดทั้งหมด 136 ตัว แต่ถอดออกเหลือเพียง 68 ตัว ระยะห่างระหว่างปลายฟันลูกนวดตัวสั้นกับตะแกรงล่างรอบลูกนวด(Concave Clearance) 35 มิลลิเมตร ส่วนด้านปลายของตะแกรงล่างรอบลูกนวดก่อนถึงช่องทางออกฟางได้เพิ่มแผ่นกั้นเมล็ด ซึ่งช่างในท้องถิ่นเรียกว่า “หวีทอง” จำนวน 2 ตัวเพื่อลดการสูญเสียที่ช่องทางออกต้นและเปลือก(Blower Loss) สำหรับระบบคัดแยกทำความสะอาดนั้น ได้เปลี่ยนขนาดของรูตะแกรงที่อยู่ด้านใต้ระบบนวด ซึ่งทำหน้าที่คัดแยกกากและสิ่งเจือปนออกจากเมล็ดข้าว จากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูกกลมของตะแกรง 12 มิลลิเมตร เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางรูกกลมตะแกรง 8 มิลลิเมตร เพื่อให้เหมาะสำหรับทำหน้าที่คัดแยกกากและสิ่งเจือปนออกจากเมล็ดถั่วเขียว โดยในขั้นแรกได้ทดสอบกับถั่วเขียวพันธุ์ กำแพงแสน 2 ที่ผลิตด้วยมือในสภาพที่ไม่พ่นยาแล้วตากให้ฝักแห้ง ความชื้นเมล็ดที่วัดได้อยู่ระหว่าง 11.6-12.3 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเปียก จากการทดสอบ ความเร็วรอบของลูกนวด 550-600 รอบต่อนาที พบว่า การกะเทาะฝักถั่วเขียวที่ผลิตด้วยมือควรใช้ที่ความเร็วรอบ 550 รอบต่อนาที ซึ่งมีการ

สูญเสียรวมและเมล็ดแตกหักน้อยกว่าการใช้ความเร็วรอบของลูกนวด 600 รอบต่อนาที ขณะที่อัตราการทำงานน้อยกว่าเช่นเดียวกัน ส่วนเปอร์เซ็นต์ความงอกที่ได้สูงกว่ามาตรฐานทั้งกะเทาะด้วยเครื่องและแกะด้วยมือ รายละเอียดการทดสอบแสดงในตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะฝักถั่วเขียว ที่เก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคนโดยไม่พ่นยาก่อนเก็บเกี่ยว

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



ภาพที่ 4 การทดสอบเครื่องกะเทาะฝักข้าวเขียว ที่เก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคนโดยไม่พ่นยาก่อนเก็บเกี่ยว

จากผลการทดสอบของเครื่องนวดข้าวขนาด 5 ฟุต ที่ดัดแปลงใช้กะเทาะฝักข้าวเขียวได้อย่างมีประสิทธิภาพ คณะผู้วิจัยจึงได้เลือกเครื่องเกี่ยวขนาดเล็กที่สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการ เกษตรได้พัฒนาให้สามารถเกี่ยวนวดได้ทั้งข้าวโพด และทานตะวันจนประสบความสำเร็จมาแล้ว โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาด 120 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ความกว้างของหัวเกี่ยว 2.0 เมตร ลูกนวดแบบไหลตามแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 527 มิลลิเมตร ความยาวของลูกนวด 1160 มิลลิเมตร ขึ้นต่อไปจึงปรับปรุงออกแบบระบบนวดคล้ายกับระบบกะเทาะข้าวโพดแบบทั้งเปลือกเช่นเดียวกัน และ สำหรับระบบคัดแยกทำความสะอาดนั้น ได้เปลี่ยนขนาดของรูตะแกรงที่อยู่ด้านใต้ระบบนวด ซึ่งทำหน้าที่คัดแยกกากและสิ่งเจือปนออกจากเมล็ดข้าว จากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูกลมของตะแกรง 12 มิลลิเมตร เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางรูกลมตะแกรง 8 มิลลิเมตร ได้

ทดสอบกับถั่วเขียวพันธุ์ ชัยนาท ที่เกี่ยวทั้งต้นด้วยแรงงานคนในสภาพที่พ่นยากรรมมือก่อนการเก็บเกี่ยว 4 วัน ความชื้นเมล็ดที่วัดได้เฉลี่ย 16.35 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเปียก จากการทดสอบเปรียบเทียบที่ความเร็วรอบของลูกนวด 550-600 รอบต่อนาที พบว่า แม้ว่าจะนวดถั่วเขียวทั้งต้นที่ความชื้นเมล็ดเฉลี่ย 16.35 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเปียกซึ่งมีความชื้นค่อนข้างสูง ที่ความเร็วรอบ 550 รอบต่อนาที ให้ผลการการทดสอบดีกว่าการใช้ความเร็วรอบของลูกนวด 600 รอบต่อนาที ซึ่งมีการสูญเสียรวมและเมล็ดแตกหักจะน้อยกว่าเล็กน้อย ขณะที่อัตราการทำงานน้อยกว่าเช่นเดียวกัน ส่วนเปอร์เซ็นต์ความงอกที่ได้ต่ำกว่ามาตรฐานทั้งกะเพาะด้วยเครื่องและกะด้วยมือ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการพ่นสารเคมีก่อนใช้เครื่องเก็บเกี่ยว รายละเอียดการทดสอบแสดงในตารางที่ 4

**ตารางที่ 4** ผลการทดสอบระบบนวดและคัดทำความสะอาดของเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเขียวที่พัฒนาใหม่

เครื่องเกี่ยวนวด ยี่ห้อ/รุ่น	สวศ.	สวศ.
เกี่ยวทั้งต้นด้วย	แรงงานคน	แรงงานคน
ปลุกด้วยหว่านด้วยมือ ในอัตรา 5 กก./ไร่ พันธุ์	ชัยนาท	ชัยนาท
ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	178.52	178.52
ความชื้นเมล็ดเฉลี่ย (%มาตรฐานเปียก)	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
ฉีดพ่นยากรรมมือก่อน	4 วันก่อนเกี่ยว	4 วันก่อนเกี่ยว



**ภาพที่ 5** การทดสอบระบบขนาดและระบบตัดทำความสะอาดของต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเขียว ที่เก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคนโดยพ่นยากรัสมือกโซน ก่อนเก็บเกี่ยว 4 วัน

การทดสอบขั้นต่อไป ได้ดำเนินการทดสอบเก็บเกี่ยวถั่วเขียวด้วยเครื่องเกี่ยวถั่วเหลืองแบบวางราย คูโบต้า AR-120 L ขนาดความกว้างของหัวเกี่ยว 1.20 เมตร จากผลการทดสอบการใช้งานของเครื่องเกี่ยวเมื่อทดสอบเกี่ยวนวดถั่วเขียวพันธุ์ ชัยนาท 72 พบว่า สามารถเกี่ยวถั่วเขียวได้เช่นเดียวกับถั่วเหลืองโดยมีอัตราการทำงาน 1.73 ไร่ต่อชั่วโมง และหลังจากตากแห้งประมาณ 7 วันแล้ว ใช้เครื่องเกี่ยวนวดทดสอบสำหรับนวดถั่วเขียวในแปลงทดสอบที่เกี่ยวข้องทั้งต้นด้วยเครื่องเกี่ยวแบบวางราย ในสภาพที่พ่นยากรัสมือกโซนก่อนการเก็บเกี่ยว 4 วัน จากการทดสอบ พบว่า สามารถนวดถั่วเขียวทั้งต้นได้เช่นเดียวกับที่เกี่ยวข้องทั้งต้นด้วยแรงงานคน แต่การป้อนในแปลงทดสอบจะป้อนช้ากว่าเนื่องจากพอนต้นถั่วเขียวใหญ่มากเกินไป(ภาพที่ 7) ส่งผลให้อัตราการทำงานค่อนข้างต่ำ( 420 กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ส่วนเปอร์เซ็นต์ความงอกที่ได้ต่ำกว่ามาตรฐานทั้งกะเทาะด้วยเครื่องและแกะด้วยมือ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการพ่นสารเคมีก่อนใช้เครื่องเก็บเกี่ยว รายละเอียดผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 5



ภาพที่ 6 การทดสอบการเก็บเกี่ยวถั่วเขียวด้วยเครื่องเกี่ยววางราย



ภาพที่ 7 ทดสอบเครื่องเกี่ยวขนาดสำหรับนวดถั่วเขียวทั้งต้นที่เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยววางราย



ตารางที่ 5 ผลการทดสอบการเก็บเกี่ยวข้าวด้วยเครื่องเกี่ยววางรายและหลังจากตากแห้งแล้ว ใช้เครื่องเกี่ยว  
นวดสำหรับนวดข้าว

เครื่องเกี่ยววางรายและเครื่องเกี่ยวนวด ยี่ห้อ/รุ่น	คูโบต้า AR-120L	สวศ.
แบบหัวเกี่ยว	กรรไกรตัด	กรรไกรตัด
ปลุกด้วยเครื่องปลุก 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

- ทดสอบภาคสนามเบื้องต้น แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องต่าง ๆ

ทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดข้าวในแปลงเกษตรกร ได้ดำเนินการออกแบบและพัฒนา ระบบนวดเมล็ดพืช  
และอุปกรณ์ ที่จำเป็นของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวเพื่อ นำไปใช้ประกอบเป็นต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดข้าว โดยได้  
ทดสอบระบบนวดและเก็บข้อมูลเบื้องต้นด้านประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว โดยทดสอบ  
เกี่ยวนวดข้าวพันธุ์ ชัยนาท 72 ความชื้นเมล็ดเฉลี่ย (%มาตรฐานเปียก) 16.33 ผลการทดสอบพบว่าสามารถ  
เกี่ยวนวดข้าวได้ แต่ยังคงมีบางจุดที่ต้องปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติม จากการทดสอบที่ผ่านมาพบว่า แม้ว่าจะลด  
จำนวนพันลुकนวดเหลือเพียงครั้งหนึ่ง แต่เมล็ดยังมีการแตกหักค่อนข้างสูง(2.94 %) ดังนั้นจึงลดจำนวนพันลुक  
นวดโดยถอดแถบพันลुकนวดจำนวน 2 แถว แล้วจึงทดสอบเก็บข้อมูล ผลการทดสอบพบว่า การแตกหักของเมล็ด  
ลดลงอย่างชัดเจน รายละเอียดผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบเบื้องต้นการเก็บเกี่ยวถั่วเขียวด้วยเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเขียว

เครื่องเกี่ยวนวด ยี่ห้อ/รุ่น	สวศ.	สวศ.
แบบหัวเกี่ยว	กรรไกรตัด	กรรไกรตัด
ปลูกด้วยเครื่องปลูก 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	ถอดฟันลูกนวดครึ่งหนึ่ง	ถอดฟันลูกนวดเพิ่ม 2 แถว



ภาพที่ 8 ทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเขียวในแปลงเกษตรกรที่จังหวัดนครสวรรค์

- ทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดข้าวในสภาพการใช้งานระยะยาวในแปลงทดสอบ

ได้ดำเนินการตามแผนและทดสอบระบบการทำงานของต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่พัฒนาขึ้นใหม่ ตามสภาพการทำงานจริงในพื้นที่ 53 ไร่ ได้ทดสอบและเก็บข้อมูลระบบเกี่ยวดของชุดหัวเกี่ยวข้าว ที่พัฒนาเป็นชุดหัวเกี่ยวข้าวพบว่า มีดินปนต้นข้าวที่ถูกชุดราวใบมีดตัดขาดแล้วบางส่วน และมีการสูญเสียเกิดขึ้นที่ชุดหัวเกี่ยว จึงดำเนินการปรับล้อโน้ม(Reel)ใหม่ให้เหมาะสม จากนั้นได้ดำเนินการทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานของต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดข้าว โดยเก็บข้อมูลการทำงานของระบบเกี่ยวด ระบบนวดและระบบคัดแยกทำความสะอาด เมื่อทดสอบเกี่ยวนวดข้าวพันธุ์ ชัยนาท 72 ความชื้นเมล็ดเฉลี่ย (% มาตรฐานเปียก) 28.3 และ 29.4 ซึ่งเป็นต้นข้าวที่มีความชื้นค่อนข้างสูงมาก ผลการทดสอบพบว่า อัตราการทำงานอยู่ระหว่าง 2.46-2.50 ไร่ต่อชั่วโมง และมีการสูญเสียรวมระหว่าง 1.29 - 1.46 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบการใช้งานจริงพบว่า สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ต้องมีการปรับปรุงระบบคัดทำความสะอาดให้สิ่งเจือปนลดน้อยลง รายละเอียดผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบสภาพใช้งานระยะยาวการเก็บเกี่ยวข้าวด้วยเครื่องเกี่ยวนวดข้าว

เครื่องเกี่ยวนวด ยี่ห้อ/รุ่น	สวศ.	สวศ.
แบบหัวเกี่ยว	กรรไกรตัด	กรรไกรตัด
ปลูกด้วยเครื่องปลูก ในอัตรา 6-9 กก./ไร่ พันธุ์	ชัยนาท72	ชัยนาท72
สภาพพื้นที่	แห้งมีวัชพืชมาก	แห้งมีวัชพืชมาก
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 9 ทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดข้าวในสภาพการใช้งานระยะยาวในแปลงทดสอบ

#### การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายรวมของการเก็บเกี่ยวระหว่างวิธีที่ 1 ใช้แรงงานคนเก็บเกี่ยว+ใช้เครื่องกะเทาะฝัก วิธีที่ 2 ใช้เครื่องเกี่ยวหัวเหลืองแบบวางรายเก็บเกี่ยว+ใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวทั้งต้นและฝักข้าว และวิธีที่ 3 ใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวเก็บเกี่ยวข้าว สรุปลงได้ดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายรวมของการเก็บเกี่ยวข้าวโดยการใช้แรงงานคนในปัจจุบัน และใช้เครื่องกะเทาะฝักข้าว ตามข้อมูลที่ได้สำรวจและทดสอบไว้สามารถสรุป ได้ดังนี้

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

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

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

ง. รวมค่าใช้จ่ายในการใช้คนเก็บเกี่ยวข้าวและใช้เครื่องกะเทาะฝักข้าว

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

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

$$= 2,333 \quad \text{บาทต่อไร่}$$

ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่อง ผลจากการทดสอบและจากการที่โรงงานเอกชนได้ตั้งราคาจำหน่ายเครื่องนวดข้าวขนาด 5 ฟุต รวมเครื่องยนต์ดีเซลตันกำลังขนาด 16 แรงม้า ที่เครื่องละ 217,000 บาท สามารถคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องนวดข้าวที่พัฒนาขึ้นใหม่จากข้อมูลและข้อสมมุติฐานต่าง 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

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

$$\begin{aligned}
 &= 0.149 \quad \text{บาท/กก.} \quad (1) \\
 \text{ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง} &= \frac{\text{อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง} \times \text{ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง}}{\text{อัตราการทำงาน}} \\
 &= \frac{1.0 \times 30}{900} \quad \text{บาท/กก.} \\
 &= 0.033 \quad \text{บาท/กก.} \quad (2) \\
 \text{ค่าเสียโอกาส} &= \frac{\text{ราคาเครื่อง} \times \text{อัตราดอกเบี้ย}}{\text{ปริมาณเมล็ดถั่วเขียวที่กะเทาะได้}} \quad \text{บาท/กก.} \\
 &= \frac{217,000 \times 10}{243,000 \times 100} \quad \text{บาท/กก.} \\
 &= 0.089 \quad \text{บาท/กก.} \quad (3) \\
 \text{ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา} &= \frac{\text{ราคาเครื่อง} \times \text{อัตราการซ่อมแซม}}{\text{ปริมาณเมล็ดถั่วเขียวที่กะเทาะได้}} \quad \text{บาท/กก.} \\
 &= \frac{217,000 \times 5}{243,000 \times 100} \quad \text{บาท/กก.} \\
 &= 0.045 \quad \text{บาท/กก.} \quad (4) \\
 \text{ค่าจ้างแรงงาน 4 คน} &= \frac{\text{ค่าจ้างแรงงาน}}{\text{อัตราการทำงานต่อวัน}} \\
 &= \frac{4 \times 200}{900 \times 6} \quad \text{บาท/กก.} \\
 &= 0.145 \quad \text{บาท/กก.} \quad (5)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าใช้จ่ายในการกะเทาะ} &= (1) + (2) + (3) + (4) + (5) \\
 &= 0.149 + 0.033 + 0.089 + 0.045 + 0.148 \\
 &= 0.464 \text{ บาท/กก. หรือ ประมาณ } 46 \text{ สตางค์/กก.}
 \end{aligned}$$

2. ค่าใช้จ่ายรวมของการเก็บถั่วเขียวโดยการใช้เครื่องเกี่ยวถั่วเหลืองแบบวางราย และใช้เครื่องเกี่ยวนวดถั่วเขียวทั้งต้น ตามข้อมูลที่ได้ทดสอบไว้สามารถสรุป ได้ดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายรวมของการเก็บถั่วเขียวโดยการใช้เครื่องเกี่ยวถั่วเหลืองแบบวางรายแรงงานคนในปัจจุบัน และใช้เครื่องกะเทาะฝักถั่วเขียว ตามข้อมูลที่ได้สำรวจและทดสอบไว้สามารถสรุป ได้ดังนี้

ก. ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่อง 229.3 บาทต่อไร่

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

ค. รวมค่าใช้จ่ายในการใช้คนเก็บเกี่ยวถั่วเขียวและใช้เครื่องกะเทาะฝักถั่วเขียว

$$\begin{aligned}
 &= (ก) + (ข) && \text{บาทต่อไร่} \\
 &= 229.3 + 755.75 && \text{บาทต่อไร่} \\
 &= 985.05 && \text{บาทต่อไร่}
 \end{aligned}$$

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	$6 \times 45$	=	270	ชั่วโมงต่อปี
รวมพื้นที่เกี่ยวถั่วเขียวได้	$270 \times 1.5$	=	405	ไร่ต่อปี
ค่าจ้างผู้ปฏิบัติงาน		=	500	บาทต่อวันต่อคน

ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ คำนวณตามหลักเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นด้านวิศวกรรมได้ ดังต่อไปนี้

ค่าใช้จ่ายคงที่ของเครื่อง	=	$\frac{\text{ราคาเครื่อง}}{\text{อายุการใช้งาน} \times \text{ปริมาณพื้นที่ปลูกถั่วเขียวที่เกี่ยวข้อง}}$	บาท/ไร่
	=	$\frac{100,000}{6 \times 405}$	บาท/ไร่
	=	41.15	บาท/ไร่ (1)
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	=	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง $\times$ ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง	
	=	$1.0 \times 37$	บาท/ไร่
	=	37.0	บาท/ไร่ (2)
ค่าเสียโอกาส	=	$\frac{\text{ราคาเครื่อง} \times \text{อัตราดอกเบี้ย}}{\text{ปริมาณพื้นที่ปลูกถั่วเขียวที่เกี่ยวข้อง}}$	บาท/ไร่
	=	$\frac{100,000 \times 10}{405 \times 100}$	บาท/ไร่
	=	24.69	บาท/ไร่ (3)
ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา	=	$\frac{\text{ราคาเครื่อง} \times \text{อัตราการซ่อมแซม}}{\text{ปริมาณพื้นที่ปลูกถั่วเขียวที่เกี่ยวข้อง}}$	บาท/ไร่



$$\begin{aligned}
 &= \frac{100,000 \times 5}{405 \times 100} && \text{บาท/ไร่} \\
 &= 12.35 && \text{บาท/ไร่ (4)} \\
 \text{ค่าจ้างแรงงาน 2 คน} &= \frac{\text{ค่าจ้างแรงงาน}}{\text{อัตราการทำงานต่อวัน}} && \text{บาท/ไร่} \\
 &= \frac{2 \times 500}{1.5 \times 6} && \text{บาท/ไร่} \\
 &= 111.11 && \text{บาท/ไร่ (5)} \\
 \text{ค่าใช้จ่ายในการกะเทาะ} &= (1) + (2) + (3) + (4) + (5) \\
 &= 44.15 + 37.0 + 24.69 + 12.35 + 111.11 \\
 &= 229.30 && \text{บาท/ไร่}
 \end{aligned}$$

ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่อง ผลจากการทดสอบและจากการที่โรงงานเอกชนได้ตั้งราคาจำหน่ายเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวขนาดความกว้างหัวเกี่ยว 2.0 เมตร เครื่องละ 1,200,000 บาท สามารถคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องเกี่ยวขนาดหัวเขี้ยวที่พัฒนาขึ้นใหม่จากข้อมูลและข้อสมมุติฐานต่าง ๆ 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	$8 \times 45$	=	360	ชั่วโมงต่อปี
รวมปริมาณเมล็ดถั่วเขียวกะเทาะได้	$360 \times 420$	=	151,200	กิโลกรัมต่อปี
ค่าจ้างแรงงาน		=	200	บาทต่อวันต่อคน

ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ คำนวณตามหลักเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นด้านวิศวกรรมได้ ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายคงที่ของเครื่อง} &= \frac{\text{ราคาเครื่อง}}{\text{อายุการใช้งาน} \times \text{ปริมาณเมล็ดถั่วเขียวที่กะเทาะได้}} \text{ บาท/กก.} \\ &= \frac{1,200,000}{8 \times 151,200} \text{ บาท/กก.} \\ &= 0.992 \text{ บาท/กก.} \quad (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง} &= \frac{\text{อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง} \times \text{ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง}}{\text{อัตราการทำงาน}} \\ &= \frac{8.44 \times 30}{420} \text{ บาท/กก.} \\ &= 0.603 \text{ บาท/กก.} \quad (2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าเสียโอกาส} &= \frac{\text{ราคาเครื่อง} \times \text{อัตราดอกเบี้ย}}{\text{ปริมาณเมล็ดถั่วเขียวที่กะเทาะได้}} \text{ บาท/กก.} \\ &= \frac{1,200,000 \times 10}{151,200 \times 100} \text{ บาท/กก.} \\ &= 0.793 \text{ บาท/กก.} \quad (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา} &= \frac{\text{ราคาเครื่อง} \times \text{อัตราการซ่อมแซม}}{\text{ปริมาณเมล็ดถั่วเขียวที่กะเพาะได้}} && \text{บาท/กก.} \\
 &= \frac{1,200,000 \times 5}{151,200 \times 100} && \text{บาท/กก.} \\
 &= 0.397 && \text{บาท/กก.} \quad (4)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าจ้างแรงงาน 4 คน} &= \frac{\text{ค่าจ้างแรงงาน}}{\text{อัตราการทำงานต่อวัน}} \\
 &= \frac{4 \times 200}{420 \times 8} && \text{บาท/กก.} \\
 &= 0.238 && \text{บาท/กก.} \quad (5)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าใช้จ่ายในการนวด} &= (1) + (2) + (3) + (4) + (5) \\
 &= 0.992 + 0.603 + 0.793 + 0.397 + 0.238 \\
 &= 3.023 && \text{บาท/กก.}
 \end{aligned}$$

ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องเกี่ยวถั่วเขียววางรายที่คิดประมาณการมาข้างต้นนี้ ยึดข้อมูลจากพื้นฐานใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุดสำหรับราคาเครื่องเป็นราคาที่ตั้งสมมุติขึ้น เนื่องจากปัจจุบันไม่มีเครื่องใหม่จำหน่ายแล้ว นอกจากเครื่องที่ใช้งานแล้วซึ่งราคาขึ้นอยู่กับสภาพของเครื่อง

ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องเกี่ยวนวดถั่วเขียวที่คิดประมาณการมาข้างต้นนี้ ยึดข้อมูลจากการทดสอบซึ่งในทางปฏิบัติยังไม่มีการใช้เครื่องเกี่ยวนวดเพื่อนำมาใช้นวดถั่วเขียวเพียงอย่างเดียว

3. ค่าใช้จ่ายรวมของการเก็บถั่วเขียวโดยการใช้เครื่องเกี่ยวนวดถั่วเขียว ตามข้อมูลที่ได้ทดสอบไว้สามารถสรุป ได้ดังนี้

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

ราคาเครื่องเกี่ยวขนาดข้าว	=	1,200,000	บาท
อายุการใช้งาน	=	8	ปี
อัตราดอกเบี้ย (ค่าเสียโอกาส)	=	10	เปอร์เซ็นต์ต่อปี
อัตราการทำงานเฉลี่ย	=	2.5	ไร่ต่อชั่วโมง
การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	=	4.13	ลิตรต่อไร่
ค่าน้ำมันดีเซล	=	30	บาทต่อลิตร
ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา	=	5	เปอร์เซ็นต์ต่อปี
การใช้งาน	วันละ	=	8 ชั่วโมง
	ปีละ	=	45 วัน
รวมระยะเวลาทำงาน 8 x 45	=	360	ชั่วโมงต่อปี
รวมพื้นที่เกี่ยวหัวเกี่ยวได้ 360 x 2.5	=	900	ไร่ต่อปี
ค่าจ้างผู้ปฏิบัติงาน	=	30	บาทต่อไร่ต่อคน

ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ คำนวณตามหลักเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นด้านวิศวกรรมได้ ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าใช้จ่ายคงที่ของเครื่อง} &= \frac{\text{ราคาเครื่อง}}{\text{อายุการใช้งาน} \times \text{ปริมาณพื้นที่ปลูกหัวเกี่ยวที่เกี่ยวข้องได้}} && \text{บาท/ไร่} \\
 &= \frac{1,200,000}{8 \times 900} && \text{บาท/ไร่} \\
 &= 166.67 && \text{บาท/ไร่} \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง} &= \text{อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง} \times \text{ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง} \\
 &= 4.13 \times 30 && \text{บาท/ไร่} \\
 &= 123.9 && \text{บาท/ไร่} \quad (2) \\
 \\
 \text{ค่าเสียโอกาส} &= \frac{\text{ราคาเครื่อง} \times \text{อัตราดอกเบี้ย}}{\text{ปริมาณพื้นที่ปลูกข้าวที่เกี่ยวข้องได้}} && \text{บาท/ไร่} \\
 &= \frac{1,200,000 \times 10}{900 \times 100} && \text{บาท/ไร่} \\
 &= 133.33 && \text{บาท/ไร่} \quad (3) \\
 \\
 \text{ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา} &= \frac{\text{ราคาเครื่อง} \times \text{อัตราการซ่อมแซม}}{\text{ปริมาณพื้นที่ปลูกข้าวที่เกี่ยวข้องได้}} && \text{บาท/ไร่} \\
 &= \frac{1,200,000 \times 5}{900 \times 100} && \text{บาท/ไร่} \\
 &= 66.67 && \text{บาท/ไร่} \quad (4) \\
 \\
 \text{ค่าจ้างแรงงาน 2 คน} &= \frac{\text{ค่าจ้างแรงงาน}}{\text{อัตราการทำงานต่อวัน}} && \\
 &= \frac{2 \times 30}{2.5 \times 8} && \text{บาท/ไร่} \\
 &= 3.0 && \text{บาท/ไร่} \quad (5) \\
 \\
 \text{ค่าใช้จ่ายในการเกี่ยวนวด} &= (1) + (2) + (3) + (4) + (5) \\
 &= 166.67 + 123.9 + 133.33 + 66.67 + 3.0 \\
 &= 493.97 && \text{บาท/ไร่}
 \end{aligned}$$

ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่คิดประมาณการมาข้างต้นนี้ ยึดข้อมูลจากพื้นฐานใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุดสำหรับราคาเครื่องเป็นราคาใกล้เคียงกับราคาที่จำหน่ายทั่วไป ซึ่ง สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลการพิจารณาจัดซื้อเครื่องไว้ใช้ทำประโยชน์ได้ ส่วนระยะเวลาคืนทุนนั้นจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับลักษณะของการลงทุนซื้อเครื่องไว้ทำประโยชน์ ซึ่งมีผลต่อระยะเวลาทำงานต่อวันต่อปี และปริมาณพื้นที่ที่เก็บเกี่ยวได้ ซึ่งเป็นปัจจัยเงื่อนไขสำคัญต่อค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่อง และระยะเวลาคืนทุน อาทิเช่น หากซื้อไว้รับจ้าง ก็จำเป็นต้องใช้เครื่องให้เป็นประโยชน์ต่อปีให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ แต่เงื่อนไขสำคัญข้อหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อระยะเวลาการคืนทุนในการใช้งานในลักษณะนี้ ก็คือ อัตราค่ารับจ้างเป็นเท่าไร จึงจะเป็นที่ยอมรับได้สำหรับเกษตรกรผู้ว่าจ้างที่จะได้รับประโยชน์ในแง่ของการลดต้นทุน ความเหนื่อยยากในการเกี่ยวข้าว ซึ่งย่อมจะเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่หนึ่งไปยังอีกพื้นที่หนึ่ง ดังนั้น การพิจารณาลงทุนจากระยะเวลาคืนทุน ผู้ลงทุนจึงควรพิจารณาจากข้อมูลและเงื่อนไขความเป็นจริงในพื้นที่ ปัจจุบันค่ารับจ้างเกี่ยวข้าว 400 – 500 ต่อไร่ ส่วนค่ารับจ้างเกี่ยวข้าว 500 - 600 ต่อไร่ ดังนั้นค่ารับจ้างจึงสูงกว่าการรับจ้างเกี่ยวข้าวประมาณ 100 - 200 บาทต่อไร่

การปรับเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไปใช้ในการเกี่ยวนวดข้าว เครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่ปรับไปเกี่ยวข้าวแล้วสามารถปรับกลับมาเกี่ยวข้าวได้อย่างเดิม จึงเป็นการเพิ่มโอกาสให้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวได้มีวันทำงานเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ค่าเกี่ยวข้าวต่อไร่ยังสูงกว่าค่าเกี่ยวข้าวตามที่กล่าวมาแล้ว ทำให้ได้ผลตอบแทนเพิ่มขึ้นด้วยอย่างแน่นอน ดังนั้นการนำเครื่องเกี่ยวนวดข้าวมาปรับเพื่อใช้เกี่ยวข้าวจึงมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจอย่างแน่นอน

### 9.สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดข้าวนี้พัฒนามาจากเครื่องเกี่ยวนวดข้าวขนาดเล็ก มีระบบขับเคลื่อนภายในตัวเอง ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาด 120 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ความกว้างของหัวเกี่ยว 2.0 เมตร ดำเนินการทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานของต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดข้าว โดยทดสอบเกี่ยวนวดข้าวพันธุ์ ชัยนาท 72 ความชื้นเมล็ดเฉลี่ย (%มาตรฐานเปียก) 28.3 และ 29.4 ซึ่งเป็นต้นข้าวที่มีความชื้นค่อนข้างสูงมาก ผลการทดสอบพบว่า อัตราการทำงานอยู่ระหว่าง 2.46-2.50 ไร่ต่อชั่วโมง และมีการสูญเสียรวมระหว่างร้อยละ 1.29 - 1.46 จากการทดสอบการใช้งานจริงพบว่า สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การเก็บเกี่ยวข้าวที่มีความชื้นสูงควรปรับปรุงระบบคัดทำความสะอาดให้สิ่งเจือปนลดน้อยลง เทคโนโลยีในการพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดข้าวให้ใช้เกี่ยวนวดข้าวได้สามารถเผยแพร่สู่กลุ่มผู้ผลิต และผู้ใช้เป็นการเสริมเพิ่มขีดความสามารถของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวให้ใช้งานได้กว้างขวางขึ้น เกิดประโยชน์ต่อบริษัทเอกชน ผู้ผลิตเครื่องจักรกลเกษตรและผู้ประกอบการบริการรับจ้างด้วยเครื่องเกี่ยวนวด

## 10.การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ได้ต้นแบบเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเขียว แบบที่พัฒนามาจากเครื่องเกี่ยวนวดข้าว มีระบบขับเคลื่อนภายในตัวเอง ที่สามารถเผยแพร่สู่กลุ่มผู้ผลิตและผู้ใช้
- ได้เทคโนโลยีในการพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดข้าวให้ใช้เกี่ยวนวดถั่วเขียวได้ ที่สามารถเผยแพร่สู่กลุ่มผู้ผลิตและผู้ใช้เป็น การเสริมเพิ่มขีดความสามารถของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวให้ใช้งานได้กว้างขวางขึ้น เกิดประโยชน์ต่อบริษัทเอกชนผู้ผลิตเครื่องจักรกลเกษตรและผู้ประกอบการบริการรับจ้างด้วยเครื่องเกี่ยวนวด
- ได้เทคโนโลยีการปรับปรุงระบบหัวเกี่ยว และระบบนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว ให้ใช้เกี่ยวนวดถั่วเขียว ที่สามารถเผยแพร่แนะนำแก่สาธารณชน
- เกษตรกรสามารถใช้เครื่องเกี่ยวนวดถั่วเขียวแทนคน ลดปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ทำให้ได้รับผลตอบแทนจากการปลูกถั่วเขียวเพิ่มขึ้น และช่วยให้การผลิตถั่วเขียวของประเทศเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ได้ประสิทธิผลสูง เพราะสามารถเก็บเกี่ยวถั่วเขียวได้ทันเวลา

หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

บริษัทเอกชนผู้ผลิตเครื่องจักรกลเกษตร ผู้ประกอบการบริการรับจ้างด้วยเครื่องเกี่ยวนวด บริษัทเอกชนผู้ผลิตเครื่องจักรกลเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร กรมส่งเสริมสหกรณ์ องค์การบริหารส่วนตำบล สถาบันเกษตรกรต่าง ๆ หน่วยงานส่งเสริม กลุ่มแม่บ้าน/เกษตรกร โรงเรียนแปรรูปถั่วเขียวขนาดเล็ก โรงงานผู้ผลิตเครื่องจักรกลเกษตร และผู้สนใจ

แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

- ดำเนินงานร่วมกับโรงงานเอกชนที่มีความต้องการ และมีศักยภาพที่จะทำการผลิตเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเขียวเพื่อจำหน่าย ตั้งแต่การเริ่มต้นโครงการวิจัย เพื่อให้มีการถ่ายทอดข้อมูลงานวิจัยสู่โรงงานเอกชนโดยตรง ต้นแบบที่ได้เป็นที่ยอมรับของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ทำให้สามารถเผยแพร่เครื่องต้นแบบได้ทันทีที่เสร็จโครงการ
- ในการดำเนินงานวิจัย มีการทดลองเครื่องต้นแบบในพื้นที่ปลูกถั่วเขียวของเกษตรกรตามสภาพการทำงานจริง เกษตรกรจะมีส่วนร่วมและพบเห็นซึ่งประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง ซึ่งจะเป็นการถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้เครื่องจักรกลเกษตรสำหรับเก็บเกี่ยวและแปรรูปถั่วเขียวโดยตรงและต่อเนื่อง
- ดำเนินการรายงานผลการวิจัยทั้งในแบบ รายงานความก้าวหน้าและรายงานผลการวิจัยตามแบบฟอร์มรายงานของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และกรมวิชาการเกษตร โดยจะรายงานเป็นผลงานวิจัยเรื่องเต็มในแต่ละกิจกรรม และสรุปผลรวมเป็นรายงานของโครงการ ตามแบบการเขียนเอกสารวิชาการ เพื่อใช้ในการนำผลการวิจัยไปเผยแพร่ในการประชุมวิชาการที่จัดขึ้นโดยหน่วยงานภายในกรมวิชาการเกษตรและหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง โดยเสนอในรูปแบบสัมมนา เอกสารหรือสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ วารสารวิชาการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ

การเกษตร หนังสือพิมพ์ โทรทัศน์ เป็นต้น รวมทั้งจัดแสดงแผ่นภาพ และถ่ายทอดโดยตรงต่อเจ้าหน้าที่การเกษตร และผู้ประกอบการบริการรับจ้างด้วยเครื่องเกี่ยวมัดข้าวและกลุ่มเกษตรกรที่เกี่ยวข้อง

### 11.เอกสารอ้างอิง

กิจจา อิมประเสริฐสุข. 2541. สำรวจและทดสอบเครื่องเกี่ยวมัดข้าววางราย. สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จารุวัฒน์ มงคลธนทรศ. 2529. เครื่องนวดเมล็ดพืช. สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จารุวัฒน์ มงคลธนทรศ สายัณห์ ขาวสะอาด สาทิส เวณัจจน์ และกิจจา อิมประเสริฐสุข. 2532. การพัฒนาเครื่องกะเทาะมัดข้าวผิวมัน. สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จารุวัฒน์ มงคลธนทรศ สาทิส เวณัจจน์ และมงคล ตุ่นเฮ้า. 2551. การพัฒนาเครื่องกะเทาะมัดข้าวขนาดเล็ก. สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สมชาย บุญประดับ ธีระพล ศิลกุล เทวา เมฆานนท์ ทอม เตียะเพชร มนตรี ชาตะศิริ และจรัสพร ถาวรสุข.

2535. รายงานประจำปี 2535 ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.