# รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. **แผนงานวิจัย** : แผนบูรณาการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ สู่การเกษตรที่มั่นคงและยั่งยืน

2. **ชุดโครงการวิจัย** : โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์พืชไร่

   **โครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาเครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั่นของขาขุดด้วยระบบอัตโนมัติแบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์

   **กิจกรรม** : การออกแบบและสร้างเครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสง ที่ควบคุมการสั่นของขาขุดด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์

3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : การออกแบบ และสร้างต้นแบบ เครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสง ที่ควบคุมการสั่นของขาขุดด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์

   **ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ):** Design and prototyping of Peanut Combine Harvester with Automatic Control of Digger Leg Vibration Attached to a Small Tractor for Seed Production

4. **คณะผู้ดำเนินงาน**


| | | |
|---|---|---|
| **หัวหน้าการทดลอง** | : นายศักดิ์ชัย อาษาวัง | ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น |
| **ผู้ร่วมงาน** | : นายเวียง อากรชี | ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น |
| | : นายวุฒิพล จันทร์สระคู | ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น |
| | : นายเอกภาพ ป้านภูมิ | ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น |
| | : นายตฤณสิษฐ์ ไกรสินบุรศักดิ์ | สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม |
| | : นายสิทธิพงษ์ ศรีสว่างวงศ์ | ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชขอนแก่น |


กรมวิชาการเกษตร

**5. บทคัดย่อ** : การออกแบบ และสร้างต้นแบบเครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสง ใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 21 แรงม้า เป็นต้นกำลังสำหรับลากโครงขุดแบบตรง ซึ่งประกอบด้วย ขาขุด โซ่หนีบลำเลียงต้นถั่ว และชุดปลิดฝักทรงกระบอกคู่ที่มีเหล็กเส้นกลมติดตั้งไว้โดยรอบ โครงขุดติดตั้งไว้ด้านข้างของแทรกเตอร์ ฝักถั่วลิสงที่ถูกปลิดแล้วถูกเก็บไว้ในกระบะบรรทุกที่ติดตั้งไว้ด้านหลัง ต้นถั่วที่ถูกปลิดฝักออกแล้วจะถูกทิ้งลงแปลงทางด้านท้าย การทดสอบการทำงานของต้นแบบจะเริ่มทดสอบเป็นการทดลองที่ 2 ในปีงบประมาณถัดไป

**คำสำคัญ :** ถั่วลิสง เครื่องขุด เครื่องเก็บเกี่ยว ระบบควบคุมอัตโนมัติ

**Abstract** : Design and prototype of digger and peanut pod pick off use a 21 horsepower tractor etc. Power for dragging the digging frame which consists of a leg digging a chain for clamping nuts and a pair of cylindrical sheath sets with round bars installed around. The digging frame is installed on the side of the tractor. The fused peanut pod was stored in a truck mounted rear. The stripped pea plants are thrown down to the field at the end. The prototype testing will begin as the second trial in the following financial year.

**Keywords:** Peanut Digger harvester machine Automatic Control

**6. คำนำ**: ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์พืชที่มีศักยภาพของภูมิภาคเอเชีย ทั้งการเป็นผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ที่พัฒนาเองในประเทศ และผลิตเมล็ดพันธุ์ที่มีการพัฒนามาจากต่างประเทศ ซึ่งขณะนี้ต่างชาติเข้ามาลงทุนผลิตเมล็ดพันธุ์พืชในไทยเพื่อการส่งออกมากขึ้น การผลิตเมล็ดพันธุ์พืชของประเทศไทยมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ หน่วยงานภาครัฐเป็นผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์พืชที่เป็นความมั่นคงทางด้านอาหารของประเทศ เช่น ข้าว พืชตระกูลถั่วต่าง ๆ ส่วนภาคเอกชนจะเป็นผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมเปิดเพื่อการค้า เช่น ข้าวโพด ทานตะวัน และพืชผักต่าง ๆ ในแต่ละปีมีการส่งออกค่อนข้างมาก โดยส่งออกเมล็ดพันธุ์พืชมากกว่า 30 ชนิด ปริมาณรวมมากกว่า 25,000 ตัน สร้างรายได้เข้าประเทศตั้งแต่ปี 2557 ถึง 2559 มีมูลค่าไม่น้อยกว่า 5,000 ล้านบาทต่อปี โดยเฉพาะเมล็ดพันธุ์ผักและพืชไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560)

เนื่องจากรัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมการปลูกพืชที่ใช้น้ำน้อยทดแทนการปลูกข้าวนาปรัง ซึ่งถั่วลิสงเป็นพืชหนึ่งที่มีศักยภาพและมีความเหมาะสม เพราะเป็นพืชที่ใช้น้ำตลอดฤดูปลูกน้อยกว่าข้าว และตลาดมีความต้องการมาก จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรปี พ.ศ. 2558 พบว่าประเทศไทยมีความต้องการเมล็ดถั่วลิสงปริมาณมากถึง 164,595 ตัน แต่ผลิตได้เพียง 36,337 ตัน ส่งผลให้มีการนำเข้าถั่วลิสงจากต่างประเทศมากถึง 79,784 ตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 1,100 ล้านบาท สาเหตุที่ทำให้ผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการเนื่องจากเนื้อที่เพาะปลูกลดลง และผลผลิตต่อไร่ของประเทศอยู่ในระดับต่ำ พืชกลุ่มถั่วเศรษฐกิจมี

กรมวิชาการเกษตร

พื้นที่ปลูกไม่มากนัก โดยถั่วเหลืองมีไม่ถึง 2 แสนไร่ ถั่วเขียวมีประมาณ 8.5 แสนไร่ และถั่วลิสงมีประมาณ 1.5 แสนไร่ ส่วนความต้องการเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ถั่วเขียว และถั่วลิสง มีประมาณ 7,300 4,200 และ 3,000 ตัน ตามลำดับ แต่หน่วยงานต่าง ๆ ผลิตได้เพียง 812 617 และ 267 ตัน เท่านั้น หรือคิดเป็นร้อยละ 11 15 และ 9 ตามลำดับ ทำให้เมล็ดพันธุ์มีราคาแพงขึ้น และส่งผลทำให้ต้นทุนการผลิตถั่วลิสงสูงขึ้น

การแก้ไขปัญหาความขาดแคลนเมล็ดพันธุ์คุณภาพดีของเกษตรกรนั้น กรมวิชาการเกษตรได้ทำการผลิตเมล็ดพันธุ์หลักของพันธุ์ที่รัฐบาลแนะนำและส่งเสริมไปให้สหกรณ์การเกษตร กลุ่มเกษตรกร และผู้ประกอบการรายย่อย ที่มีอยู่เป็นจำนวนมากทำการขยายพันธุ์ภายใต้การดูแลและแนะนำของเจ้าหน้าที่ที่มีความชำนาญด้านการขยายพันธุ์พืชที่มีอยู่ตามศูนย์วิจัยต่าง ๆ นอกจากนี้ยังควรมีการส่งเสริมเทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวที่ลดการสูญเสีย และประหยัดแรงงาน โดยเฉพาะการส่งเสริมการใช้เครื่องจักรกลการเกษตรขนาดเล็กที่เหมาะสม มีความแม่นยำ ในการปลูกและเก็บเกี่ยวแล้วนำไปจำหน่ายให้แก่เกษตรกรตามแหล่งเพาะปลูกสำคัญ ไชยยงค์ (2543) ได้ทดสอบเครื่องขุดถั่วลิสงแบบพ่วงท้ายแทรกเตอร์ขนาด 81 แรงม้า ที่มีใบมีดขุด แยกดิน และโรยตากต้นถั่ว แต่ยังไม่มีระบบการปลิดฝัก โดยทดสอบกับถั่วลิสง พันธุ์ขอนแก่น 60-3 ที่ปลูกในสภาพดินร่วนปนทราย ระยะปลูก 20 x 20 เซนติเมตร พบว่าเมื่อใช้ความเร็วแทรกเตอร์ในแปลงเก็บเกี่ยว 0.81 เมตรต่อวินาที เครื่องขุดมีความสามารถในการทำงาน 2.41 ไร่ต่อชั่วโมง ส่วนการถอนโดยใช้แรงงานคน พบว่าทำงานได้เพียง 0.018 ไร่ต่อชั่วโมง จึงเห็นได้ว่า การใช้เครื่องขุดถั่วลิสงมีความสามารถในการทำงานมากกว่าการใช้แรงงานคนราว 133 เท่า และหากเพิ่มให้มีระบบการปลิดฝักจะเป็นการลดทั้งเวลา และขั้นตอนในการเก็บเกี่ยวได้มากขึ้น จึงเป็นการจูงใจและช่วยสนับสนุนการเพิ่มพื้นที่ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงของกลุ่มเกษตรกรเครือข่ายที่ร่วมโครงการผลิตเมล็ดพันธุ์ ซึ่งส่วนมากแล้วมีพื้นที่ปลูกรายละประมาณ 5 ไร่ ให้สามารถเพิ่มพื้นที่การปลูกได้ไม่ต่ำกว่ารายละ 20 ไร่ ขึ้นไปได้

เครื่องเก็บเกี่ยวถั่วลิสงที่มีการวิจัยมาก่อนหน้านี้ของกรมวิชาการเกษตรมีขนาดใหญ่ ที่มีระบบขับเคลื่อนตัวเองในตัวแบบตีนตะขาบ ซึ่งเหมาะกับการเก็บเกี่ยวในแปลงปลูกขนาดใหญ่ ที่เน้นการเก็บเกี่ยวถั่วลิสงเพื่อนำเข้าสู่กระบวนการแปรรูปในโรงงานขนาดใหญ่ จึงยังไม่เหมาะกับการใช้งานในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะกับการใช้แทรกเตอร์ขนาดเล็กเป็นต้นกำลังลากพ่วงมากกว่า และยังมีผลต่อการเกิดการอัดตัวของดินในแปลงปลูกน้อยกว่า อีกทั้งการใช้เครื่องขนาดเล็กยังสามารถจัดการทางด้านคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ได้ง่ายกว่า

การเก็บเกี่ยวถั่วลิสงแบบดั้งเดิมใช้แรงงานในการเก็บเกี่ยวจำนวนมาก โดยเฉพาะค่าแรงงานคิดเป็น 60 % ของต้นทุนการผลิตถั่วลิสงทั้งหมด อีกทั้งยังทำให้เกิดความเหนื่อยล้าอย่างมาก ปัจจุบันแรงงานด้านการเกษตรขาดแคลนมากขึ้นและมีอายุเฉลี่ยราว 40 ปี และแรงงานคนรุ่นใหม่ที่เข้าสู่ภาคการเกษตรมีน้อยลงอย่างมาก เครื่องเก็บเกี่ยวถั่วลิสงขนาดเล็กที่เหมาะสม และมีความแม่นยำ จึงควรประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติหรือสมองกลฝังตัว ดังนั้นควรมีการวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดถั่วลิสงแบบต่อพ่วงแทรกเตอร์

กรมวิชาการเกษตร

ขนาดเล็กที่มีขนาดตั้งแต่ 21 – 24 แรงม้า ซึ่งมีใช้ค่อนข้างมาก และเหมาะกับพื้นที่การปลูกของเกษตรกรรายย่อยที่เป็นเครือข่ายปลูกถั่วลิสงเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ และควรมีการทำงานทั้งการขุด เขย่าดินที่ติดฝักออกได้ และปลิดฝักพร้อมเก็บฝักในกระบะบรรทุก

การวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดถั่วลิสงดังกล่าวจะเป็นการเพิ่มขีดความสามารถทางเศรษฐกิจของประเทศ และรับมือต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในอนาคต เป็นการเพิ่มขีดความสามารถแข่งขันให้กับการผลิตเมล็ดพันธุ์พืชของไทย เพื่อผลักดันให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางเมล็ดพันธุ์พืช (Seed Hub) ของอาเซียนและเอเชียในอนาคต ตามแผนแม่บทยุทธศาสตร์ศูนย์กลางเมล็ดพันธุ์ พ.ศ. 2558-2567 ในการพัฒนาเครื่องมือในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานสนับสนุนการผลิตเมล็ดพันธุ์ (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2559) โดยกรมวิชาการเกษตรได้รับมอบหมายจากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ อีกทั้งยังตอบสนองโมเดลนโยบายพัฒนาเศรษฐกิจของรัฐบาลยุค Thailand 4.0 ที่ยึดหลัก “มั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน” โดยเศรษฐกิจจะถูกขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม เน้นเทคโนโลยี และความคิดสร้างสรรค์ เพื่อเพิ่มมูลค่าของสินค้าและการแข่งขันทางเศรษฐกิจ ซึ่งในกลุ่มของอาหารและการเกษตรก็เป็นกลุ่มเป้าหมายหลักในนโยบายนี้

**6.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย**

เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสง ที่ควบคุมการสั่นของขาขุดด้วยระบบอัตโนมัติแบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ของเกษตรกรรายย่อยที่เป็นเครือข่ายผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสง

**6.2 ขอบเขตของโครงการวิจัย**

1. วิจัยและพัฒนาเครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสง ที่ควบคุมการสั่นของขาที่ยึดผาลขุดด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการสั่นอัตโนมัติของขาขุด ให้เหมาะสมกับการเคลื่อนที่ของรถ เพราะการสั่นจะช่วยลดแรงต้านการเคลื่อนที่ของชุดขุด ซึ่งจะทำให้ดินแตกตัวได้ดีไม่ติดฝักถั่ว ส่วนซี่ตะแกรงร่อนดินจะมีการสั่นที่เหมาะสมกับชุดขาขุด และมีชุดหนีบลำเลียงต้นถั่วด้วยสายพานนำไปปลิดฝักด้วยชุดปลิดฝักแบบทรงกระบอกคู่ที่มีซี่เหล็กกลมติดตั้งไว้โดยรอบ ฝักถั่วลิสงที่ปลิดแล้วจะถูกเก็บไว้ในส่วนกระบะบรรทุกที่อยู่ในชุดเดียวกันกับชุดปลิดฝัก ต้นถั่วที่ถูกปลิดฝักออกแล้วจะถูกทิ้งลงแปลงทางด้านท้ายเครื่องในลำดับต่อไป

2. วิจัยและพัฒนาเครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่เหมาะกับพื้นที่การปลูกของเกษตรกรรายย่อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่เป็นเครือข่ายปลูกถั่วลิสงเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ ซึ่งมีขนาดพื้นที่ปลูกรายละประมาณ 5 ไร่ ทั้งการปลูกแบบยกร่องในสภาพไร่และไม่ยกร่องในสภาพนา ซึ่งการใช้เครื่องจักรอาจช่วยเพิ่มพื้นที่การปลูกเป็นรายละ 20 ไร่

กรมวิชาการเกษตร

3. ทดสอบการขุดถั่วลิสงในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ปลูกเพื่อทำเมล็ดพันธุ์ อย่างน้อยสามพันธุ์ เช่น พันธุ์ไทนาน 9 พันธุ์ขอนแก่น 6 และพันธุ์ขอนแก่น 5 หรือ พันธุ์ขอนแก่น 84-7 หรือขอนแก่น 84-8 เนื่องจากเป็นพันธุ์รับรองของกรมวิชาการเกษตร และได้รับการส่งเสริมให้มีการผลิตเพื่อเป็นเมล็ดพันธุ์ โดยทดสอบในสภาพดินร่วนปนทรายซึ่งเป็นสภาพดินปลูกโดยทั่วไปในพื้นที่ และเปรียบเทียบกับการทดสอบในสภาพดินเหนียวหรือร่วนปนเหนียว โดยในการทดสอบต้องทดสอบผลทั้งด้านการเพิ่มความสามารถในการทำงาน และเพิ่มคุณภาพการผลิตเมล็ดพันธุ์

**6.3 การทบทวนวรรณกรรม**

กรอบแนวคิดในการวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดถั่วลิสง เริ่มจากการศึกษาวิธีการเก็บเกี่ยวถั่วลิสง และการศึกษาเครื่องขุดถั่วลิสง และเครื่องจักรอื่นที่มีการทำงานคล้ายกัน ทั้งจากต่างประเทศและในประเทศไทย แล้วนำข้อดีต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ ซึ่งคาดหวังว่า เครื่องต้นแบบที่ได้จะเพิ่มความศักยภาพในการผลิตเมล็ดพันธุ์ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ ช่วยลดต้นทุนแรงงานลงได้อย่างเหมาะสม ซึ่งพบว่าวิธีการเก็บเกี่ยวถั่วลิสงโดยทั่วไปประกอบด้วย 1) การถอนหรือดึงด้วยแรงงานคน นิยมใช้กับแปลงที่มีดินร่วนซุย ไม่แน่นทึบ แต่วิธีนี้ยังมีประสิทธิภาพการทำงานต่ำ ฝักมักขาดติดดิน ทำให้ไม่สามารถขยายพื้นที่เพาะปลูกได้ 2) การขุดด้วยจอบ วิธีนี้พบโดยทั่วไปในประเทศไทย ใช้กับแปลงที่ดินแน่นทึบ แข็งหรือแห้งเกินไป ซึ่งหากถอนด้วยมืออย่างเดียวฝักจะขาดติดดินมาก จึงใช้จอบขุดและเขย่าดินออกปรกติทำงานได้ช้ากว่าการถอนด้วยมือ และหากพื้นที่ขนาดใหญ่จะมีความเหนื่อยล้าสะสม จึงเป็นการสิ้นเปลืองเวลาและแรงงานมาก 3) การใช้เครื่องขุดถั่วลิสงทั้งต้น เครื่องจะขุดยกดินและต้นถั่วให้ลอยพ้นหัวขุดแล้วทิ้งกลับลงไปในแปลง เพื่อให้ดินรอบต้นถั่วแตกตัวหรือหลวมฟูขึ้น ทำให้ใช้แรงงานถอนดึงได้ง่ายและสะดวกขึ้น มีข้อดีคือ อัตราการทำงานสูง ใช้ได้กับดินที่แน่นทึบหรือร่วนปนทรายก็ได้ แต่ยังสิ้นเปลืองแรงงานคนมาก และต้นถั่วที่ทิ้งลงมีการกระจัดกระจายไม่เป็นระเบียบ และมีบางส่วนถูกดินทับไว้ 4) เครื่องขุดและแยกดินแบบไม่มีการเขย่า เครื่องแบบนี้จะต่างกับแบบขุดทั้งต้น โดยจะแยกดินออกจากต้นถั่วได้มากขึ้นด้วยกลไกที่ไม่ซับซ้อน โดยเครื่องจะขุดถั่วทั้งต้นขึ้นมาพร้อมกับดิน และส่งเข้ากลไกสำหรับแยกดิน มีการวางต้นถั่วได้ดีขึ้น โดยปล่อยต้นถั่วลงบนมูลดินที่ถูกแยกออกมาก่อนแล้ว ทำให้โอกาสถูกดินทับน้อยลงแต่ความสามารถในการทำงานน้อย และใช้ได้กับแปลงที่ปลูกแบบยกร่องเท่านั้น 5) การใช้เครื่องขุด พร้อมเขย่าแยกดินที่ขุดลำเลียงและโรยตากต้นถั่ว (Groundnut digger – shaker windrower) มีชุดหัวขุดทำหน้าที่ตัดรากถั่วลิสงที่ระดับต่ำกว่าฝักแล้วยกถั่วลิสงทั้งต้นขึ้นมาพร้อมกับดิน ขณะเดียวกันดินรอบต้นถั่วจะแตกตัวก่อนถูกส่งขึ้นสายพานลำเลียง การสั่นสะเทือนอันเนื่องมาจากการทำงานของชุดเครื่องมือจะช่วยให้ดินเกิดการแยกตัวได้ดียิ่งขึ้น ส่วนต้นถั่วที่แยกดินออกไปแล้วจะถูกโรยทิ้งลงบนมูลดินที่ด้านหลังของสายพานลำเลียงเพื่อตากให้แห้ง 6) การใช้เครื่องขุดพร้อมเขย่าที่ขุดลำเลียงและโรยตากต้นถั่วแบบพลิกกลับ (Inverters ) มีอุปกรณ์เพิ่มเข้ามาที่ส่วนท้ายของสะพานลำเลียง เพื่อทำหน้าที่พลิกกลับต้นถั่วให้ฝักหงายขึ้นด้านบน ซึ่งทำให้ฝักตากแห้งได้เร็วขึ้น 7) การใช้เครื่องเก็บเกี่ยวและนวดถั่วลิสง ซึ่งเป็นเครื่องที่ทำงานในขั้นตอนต่อจากเครื่องขุดต้นถั่วลิสงซึ่งต้นถั่วถูกขุดและโรยตากไว้เป็นแนวยาวในแปลงจนแห้งดีแล้ว เครื่องถูกลากจูงด้วยแทรกเตอร์ กลไกการทำงานต่าง ๆ ทำงานโดยการถ่ายทอดกำลังขับจากเพลาอำนวยกำลัง กลไกการทำงานค่อนข้างซับซ้อน มีส่วนประกอบหลัก เช่น หัวเก็บต้นถั่ว เกลียวป้อน ชุดลูกโม่ปลิดฝัก พัดลมทำความสะอาด ตะแกรงทำความสะอาดแยกเศษต้นถั่วและสิ่งเจือปน และมีถังบรรจุฝักถั่วลิสง เป็นต้น เครื่องแบบนี้ถูกพัฒนาขึ้นใช้งานในประเทศสหรัฐอเมริกา เหมาะกับการใช้งานในพื้นที่เพาะปลูกขนาดใหญ่เพื่อป้อนโรงงานอุตสาหกรรม แต่ยังมีข้อจำกัดเนื่องจาก ชนิดของดิน อากาศ ลักษณะ และปริมาณน้ำฝน อาจ

กล่าวได้ว่าเครื่องแบบนี้เหมาะกับการใช้งานในประเทศสหรัฐอเมริกาเท่านั้น นอกจากนี้ยังได้ศึกษาถึงเครื่องเก็บเกี่ยวอื่น ๆ ที่มีการทำงานคล้ายกัน เช่นเครื่องขุดมันฝรั่ง โดยทั่วไปจะมีชุดขุด และชุดลำเลียงที่เป็นสายพานแบบตะแกรงร่อนดิน และครื่องขุดขนาดเล็กแบบขาขุดไม่สั่นแต่มีการสั่นที่ซี่ร่อนดินควบคุมด้วยกลไก แต่การใช้กลไกยังไม่สามารถปรับค่าการสั่นที่เหมาะสมกับความเร็วการเคลื่อนที่ของรถทำให้การร่อยแยกดินยังไม่ดีพอ แต่สามารถนำหลักการสั่นของซี่ร่อนดินมาประยุกต์ใช้ได้

จากการศึกษาอาจสรุปได้ว่า เครื่องจากต่างประเทศมักมีขนาดใหญ่เช่น เครื่องขุดถั่วลิสงทั้งต้น เครื่องขุดแบบเขย่าที่ชุดลำเลียงและโรยตากแบบพลิกกลับ (Inverters ) ซึ่งใช้ร่วมกับเครื่องเก็บเกี่ยวและนวดถั่วลิสงแต่เหมาะกับการใช้งานในพื้นที่ปลูกขนาดใหญ่เท่านั้น และเนื่องจากปัญหาฐานล้อที่กว้างและมีการเหยียบต้นถั่ว จึงไม่เหมาะกับการผลิตเมล็ดพันธุ์ในประเทศไทย ซึ่งส่วนมากแปลงปลูกมีขนาดเล็ก

เครื่องขุดถั่วลิสงขนาดเล็กของประเทศญี่ปุ่นโดยทั่วไปมีการขุดโดยไม่มีการสั่นของขาขุด แล้วเก็บรวบรวมด้วยแรงงานคนนำไปตากให้แห้ง ก่อนนำไปปลิดฝักด้วยเครื่องปลิด และยังมีเครื่องขุดอีกแบบหนึ่งที่ใช้กลไกควบคุมการสั่นที่ขาขุด แต่การใช้กลไกยังไม่สามารถปรับค่าการสั่นที่เหมาะสมกับความเร็วการเคลื่อนที่ของรถเช่นกัน ทำให้มีดินอัดที่หน้าขาขุดได้นอกจากนี้ยังไม่พบว่ามีการสั่นของชุดซี่ร่อนเศษดินแต่สามารถนำหลักการสั่นของขาขุดมาประยุกต์ใช้ได้

เครื่องขุดถั่วลิสงขนาดเล็กของประเทศจีนมักเป็นแบบ เครื่องขุด เขย่าแยกดินที่ชุดลำเลียงและโรยตากต้นถั่วไว้ในแปลง แล้วเก็บรวบรวมด้วยแรงงานคนนำไปนำไปปลิดฝักด้วยเครื่องปลิด และยังมีเครื่องขุดอีกแบบหนึ่งซึ่งมีซี่ร่อนเศษดินติดกับขาขุดแต่ทั้งขาขุดและซี่ร่อนดินไม่มีการสั่นแต่มีชุดลำเลียงต้นถั่วขึ้นจากดินหลังการขุดที่เป็นสายพานลวดถัก และปล่อยต้นถั่วตากไว้ให้แห้งที่แปลง นอกจากนี้ยังพบว่ามีการใช้เครื่องนวดปลิดฝักขนาดใหญ่ที่ใช้งานในแปลงได้โดยยังคงใช้แรงงานในการป้อนต้นถั่วที่ตากไว้เข้าไปปลิดฝักอย่างไรก็ตามเครื่องขุดขนาดเล็กของจีนนั้นมีขนาดและระบบลำเลียงต้นถั่วที่เหมาะกับการประยุกต์ใช้ผลิตเมล็ดพันธุ์ในประเทศไทยได้

เครื่องขุดถั่วลิสงจากประเทศไต้หวัน มีขนาดค่อนข้างใหญ่ ขับเคลื่อนด้วยระบบล้อตีนตะขาบ มีระบบขุดแล้วยกต้นถั่วขึ้นเหนือใบขุดแล้วชุดสายพานหนีบลำลียงต้นถั่วเข้าสู่ส่วนการปลิดฝัก และเก็บฝักถั่วไว้ในถังเก็บ แต่เนื่องจากมีขนาดค่อนข้างใหญ่จึงยังไม่เหมาะกับการใช้ในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์เช่นกันแต่ระบบลำเลียงและระบบการปลิดฝักสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้

เครื่องขุดถั่วลิสงจากประเทศจากไทยขนาดเล็กที่เคยมีการวิจัยและใช้งานเป็นเครื่องขุดและแยกดินแบบไม่มีการเขย่า แต่ยังมีปัญหาเรื่องมีเศษดินติดกับต้นถั่ว นอกจากนี้การควบคุมยังไม่สะดวก เพราะต้นถั่วหล่นลงมาขวางทางเดินของผู้ควบคุมเครื่อง รวมถึงการมีเถาวัลย์และวัชพืชเกาะติดที่ขาขุดมากหากแปลงปลูกมีวัชพืชส่วนเครื่องขนาดใหญ่ที่มีใช้งานในแปลงปลูกขนาดใหญ่ ซึ่งมีระบบลำเลียงต้นถั่วด้วยตะแกรงสายพานแต่ก็เหมาะกับการการใช้งานในแปลงขนาดใหญ่ที่ปลูกเพื่อส่งผลผลิตเข้าสู่โรงงานแปรรูป จึงยังไม่เหมาะกับการเก็บเกี่ยวเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ในแปลงขนาดเล็ก สำหรับเครื่องปลิดฝักถั่วลิสงที่มีรายงานการใช้งานในประเทศไทยเป็นแบบทำงานอยู่กับที่ ลูกปลิดมีลักษณะเป็นทรงกระบอกคู่ที่มีซี่เหล็กเส้นวางรอบแกนทรงกระบอกและหมุนเข้าหากันเพื่อปลิดฝัก และแบบลูกกลิ้งที่มีขดลวดเชื่อมติดผิวด้านนอกในการหมุนปลิด

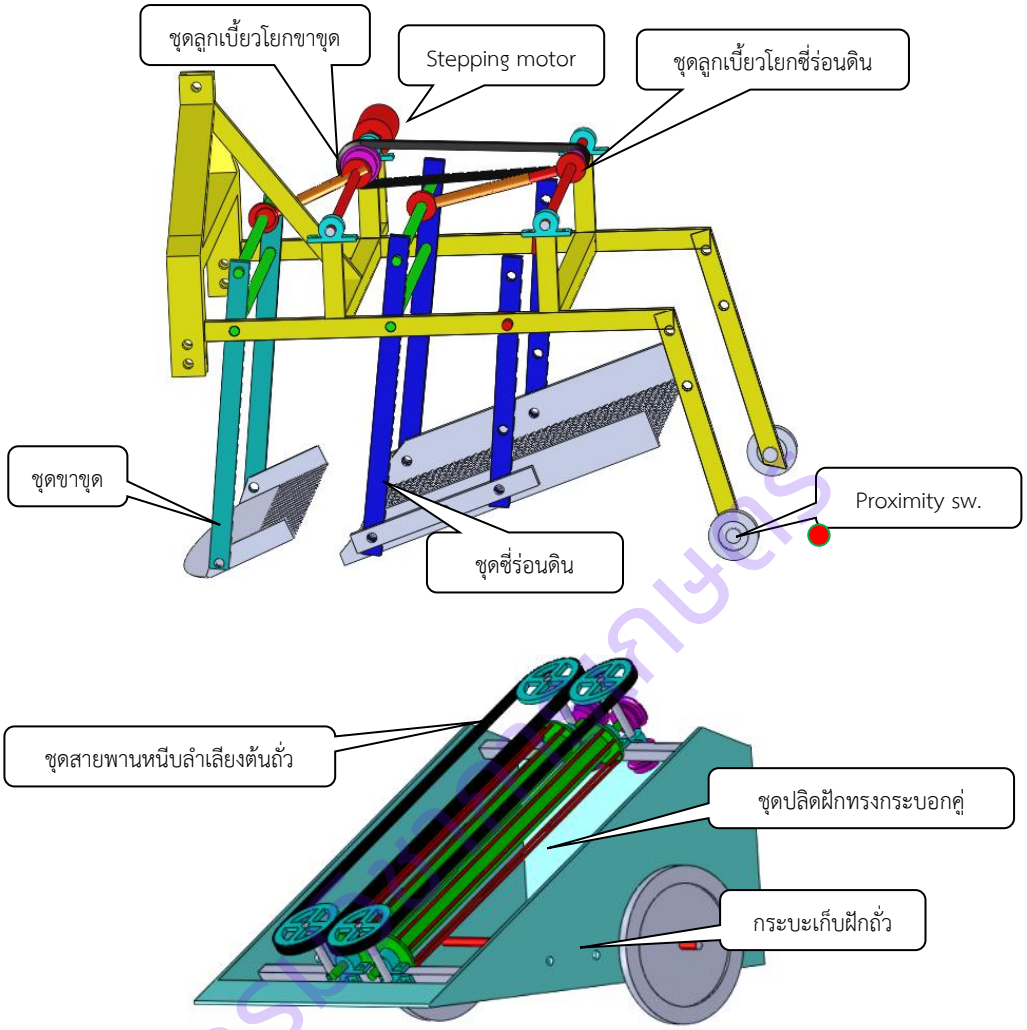
ฝัก นอกจากนี้ยังพบว่ามีเครื่องปลิดแบบแถบยางมีริมเป็นรอยหยักฟันเลื่อย และแบบท่อนเหล็กหุ้มด้วยสายยางท่อน้ำ โดยติดตั้งเครื่องปลิดฝักที่ด้านหน้ารถไถเดินตาม แต่จากความต้องการที่ให้มีการปลิดอย่างต่อเนื่องตลอดการขุด จึงเห็นว่าชุดปลิดฝักแบบทรงกระบอกเหมาะสมกับการปลิดฝักแบบต่อเนื่องได้

กรอบการวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดเก็บ และปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั่นของขาและผาลขุดด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ จึงไม่น่าเลือกรูปแบบเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ เพราะ ฐานล้อที่กว้างอาจมีการเหยียบต้นถั่วได้ รวมถึงปัญหาการอัดตัวของดินจากน้ำหนักรถขนาดใหญ่ จึงควรเลือกรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก โดยชุดขุดควรมีการสั่นของขาขุด และมีการสั่นของซี่ร่อนเศษดิน ควรมีระบบสายพานหนีบลำเลียงต้นถั่วเข้าสู่ส่วนการปลิดฝักแบบทรงกระบอกคู่ที่มีซี่ปลิดรอบแกนพร้อมกับการจัดเก็บฝักที่ปลิดแล้วในกระบะบรรทุกโดยนำรูปแบบเครื่องจักรต่างๆ มาประยุกต์ใช้ ดังภาพที่ 1

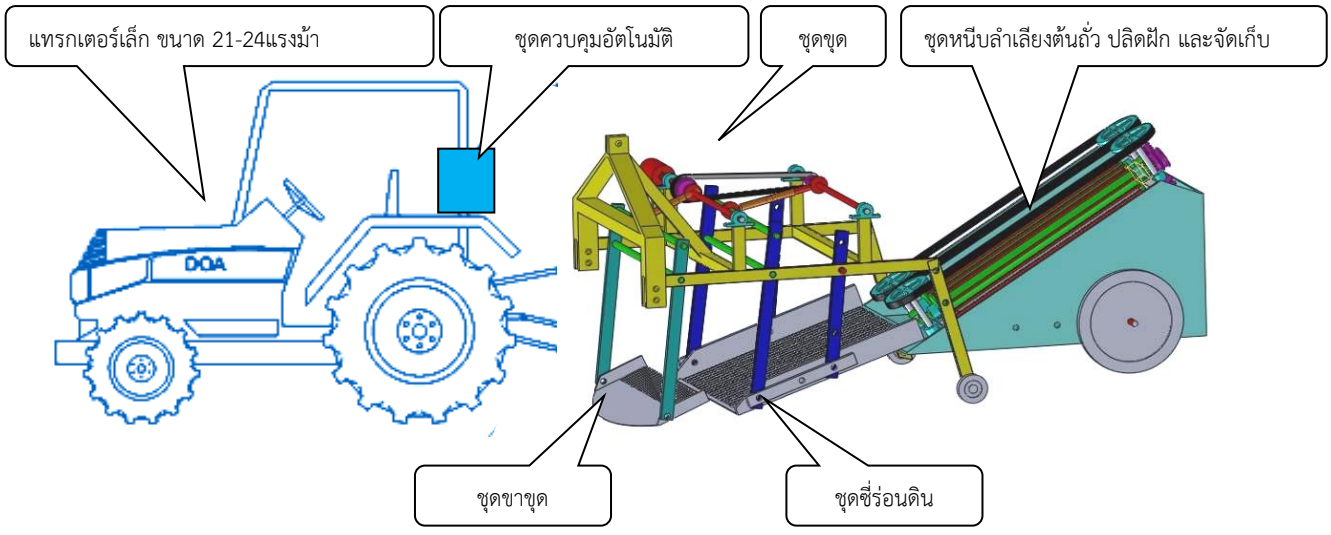
**ภาพที่ 1** กรอบแนวคิดการนำหลักการของเครื่องจักรต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้เพื่อการวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั่นของขาและผาลขุดด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์เล็ก

การวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั่นของขาและผาลขุด ด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะกับพื้นที่การปลูกของเกษตรกรรายย่อยที่ปลูกถั่วลิสงเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ ควรประกอบด้วย 1) ส่วนชุดขาขุด ซึ่งจะมีไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการสั่นของขาและผาลขุด ที่สามารถปรับค่าการสั่นโดยอัตโนมัติที่เหมาะสมกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถ แสดงดังภาพที่ 2 ซึ่งจะทำให้ดินแตกตัวได้ดีไม่ติดฝัก 2) ส่วนซี่ร่อนเศษดินจะมีการควบคุมการสั่นที่เหมาะสมกับการสั่นของขาขุด ซึ่งจะทำให้แยกดินออกได้ดี 3) ชุดหนีบลำเลียงต้นถั่วด้วยสายพานและชุดปลิด

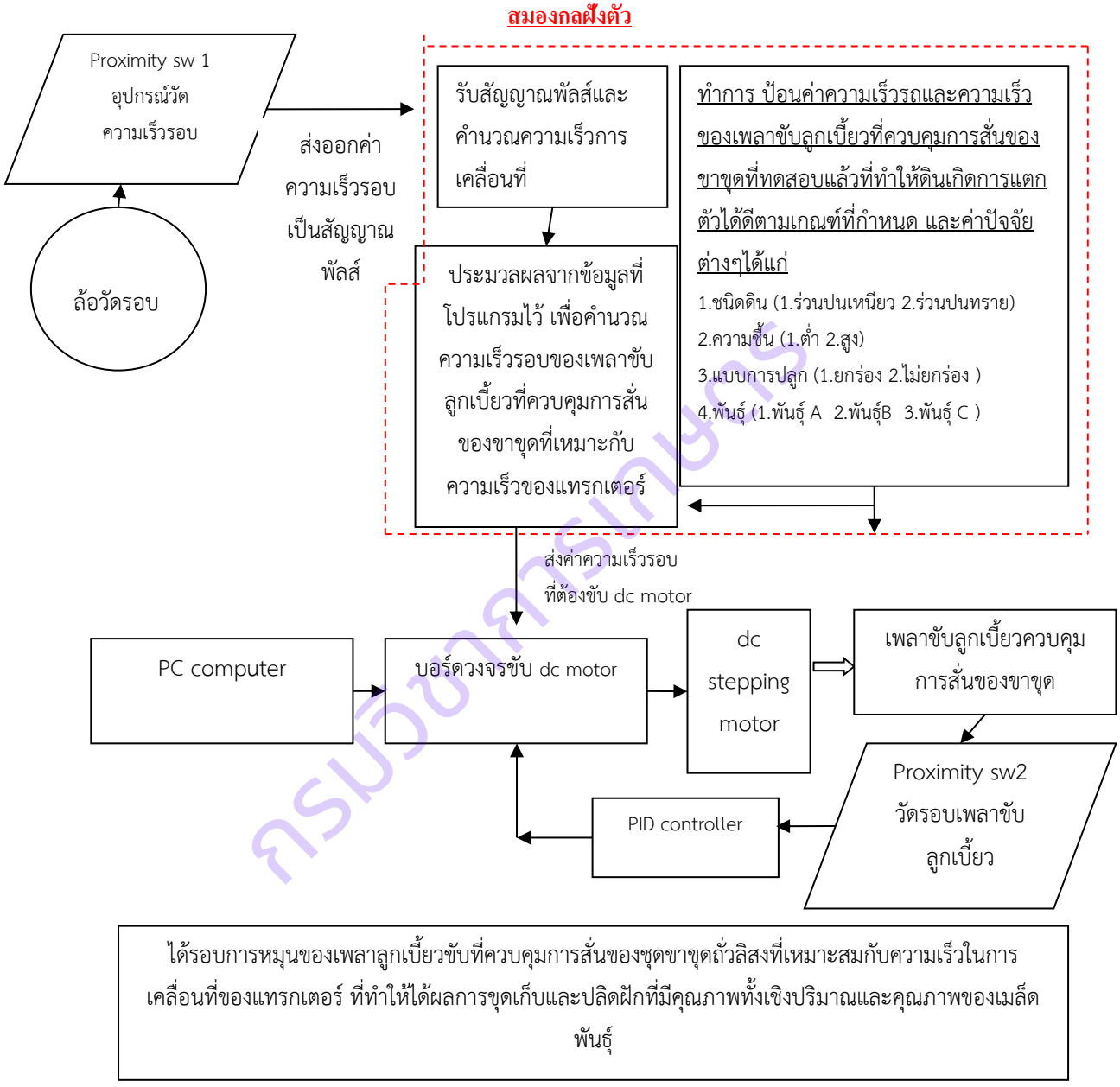
ฝักแบบทรงกระบอกคู่ที่มีซี่เหล็กกลมติดตั้งไว้โดยรอบ ฝักถั่วลิสงที่ปลิดแล้วจะถูกเก็บไว้ในส่วนกระบะบรรทุกที่อยู่ในชุดเดียวกันกับชุดปลิดฝัก ต้นถั่วที่ถูกปลิดฝักออกแล้วจะถูกทิ้งลงแปลงทางด้านท้ายเครื่องในลำดับต่อไป ดังภาพที่ 3 และกรอบแนวความคิดในการควบคุมอัตโนมัติ แสดงดังภาพที่ 4




**ภาพที่ 2** กรอบแนวความคิดชุดขาขุดถั่วลิสงที่ควบคุมการสั่นของขาและผาลขุดด้วยระบบอัตโนมัติ และชุดปลิดฝัก แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก



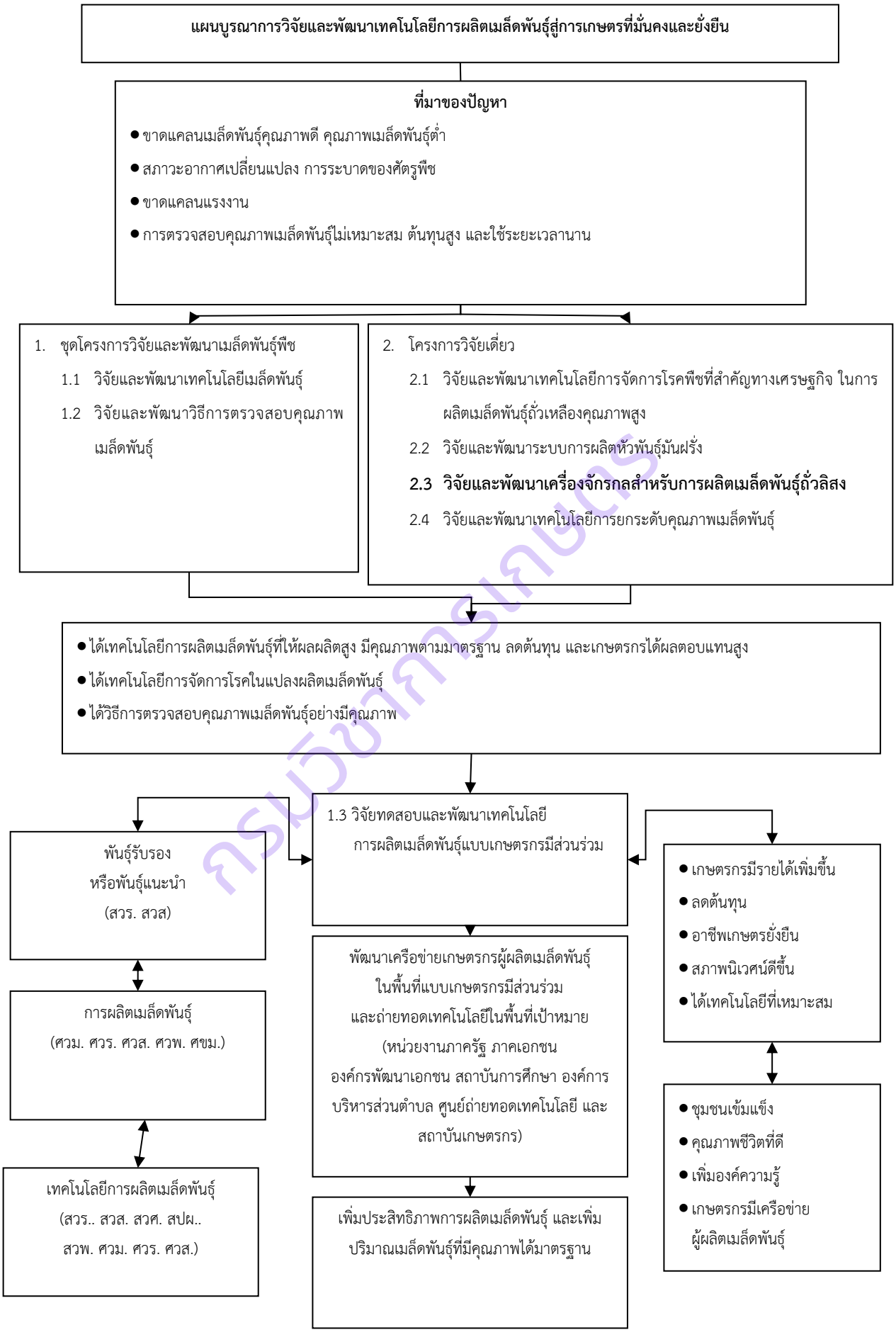
**ภาพที่ 3** กรอบแนวความคิดเครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั่นของขาและผาลขุดด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กพร้อมชุดการหนีบลำเลียงต้นถั่วเพื่อปลิดฝักพร้อมเก็บที่ส่วนกระบะบรรทุก




**ภาพที่ 4** กรอบแนวความคิดในการควบคุมอัตโนมัติ เครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั่นของขาและผาลขุดด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

แผนภาพความเชื่อมโยงของแต่ละโครงการภายใต้แผนบูรณาการแสดงดังแผนภาพด้านล่าง ซึ่งโครงการนี้อยู่ในหัวข้อ 2.3 วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสง

กรมวิชาการเกษตร



กรมวิชาการเกษตร

หมายเหตุ

สวร. -สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน ศวม.-ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช
สวส. -สถาบันวิจัยพืชสวน สวพ.-สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร
สวศ. -สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ศขม.-ศูนย์ขยายเมล็ดพันธุ์พืช
สปผ. -สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ศวพ.-ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตร

**6.3.1 การจำแนกถั่วลิสง**

**การจำแนกถั่วลิสงตามลักษณะทางพฤกษศาสตร์**

คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา (2542) ได้จำแนกถั่วลิสงตามลักษณะทางพฤกษศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. **Virginia Type** มีลำต้นเป็นพุ่มเลื้อยไปตามผิวดิน ใบสีเขียวเข้ม เมล็ดและฝักมีขนาดใหญ่ เปลือกของเมล็ดมีสีน้ำตาลแดง ฝักหนึ่งๆ มี 2-3 เมล็ด เมล็ดมีการพักตัวสูง มีน้ำมัน 38-47 เปอร์เซ็นต์ อายุเก็บเกี่ยว 120-180 วัน เช่น พันธุ์ขอนแก่น 60-3

2. **Spanish Type** มีลำต้นตรง มีกิ่งก้านสาขามาก ใบสีเขียวจาง ฝักและเมล็ดมีขนาดเล็กและสั้นป้อม เยื่อหุ้มเมล็ดมีสีจางหรือขาว เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง 47-50 เปอร์เซ็นต์ อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 120-135 วัน

3. **Valencia Type** มีลำต้นเป็นพุ่ม กิ่งค่อนข้างโต มีกิ่งก้านน้อย ใบมีขนาดใหญ่สีเขียวเข้ม ฝักมีขนาดใหญ่ ลายบนฝักเห็นได้ชัดเจน ฝักหนึ่งๆ มี 3 เมล็ดเมล็ดมีทั้งแบบป้อมและยาวรี เยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงแดงและสีน้ำตาลอ่อนอายุเก็บเกี่ยวสั้นกว่าถั่วลิสงชนิดอื่นๆ เมล็ดไม่มีการพักตัว เช่น พันธุ์สข. 38 และพันธุ์ลำปาง

**การจำแนกถั่วลิสงตามขนาดของเมล็ด**

ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น (2542) ได้จำแนกถั่วลิสงตามขนาดของเมล็ดออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่

1. **ถั่วลิสงเมล็ดโต** เป็นถั่วลิสงที่มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อ 100 เมล็ด หนัก 60 กรัมขึ้นไป ได้แก่ถั่วลิสงประเภท Virginia เป็นถั่วลิสงที่เจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูงเมื่อปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างดี ถั่วลิสงประเภทนี้ปลูกกันน้อยในประเทศไทย เนื่องจากแหล่งปลูกที่สำคัญมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ ทำให้เมล็ดลีบมาก ถั่วลิสงพันธุ์รับรองและแนะนำในกลุ่มนี้ได้แก่พันธุ์ขอนแก่น 60-3 เกษตรศาสตร์ 50 เกษตร 1 มข. 72-1 และ มข.72

กรมวิชาการเกษตร

2. **ถั่วลิสงเมล็ดปานกลาง** เป็นถั่วลิสงที่มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อ 100 เมล็ด หนัก 35-60 กรัมได้แก่ ถั่วลิสงประเภท Valencia และ ประเภท Spanish เป็นถั่วลิสงที่เจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูงในสภาพการปลูกในประเทศไทย ถั่วลิสงพันธุ์รับรองและแนะนำในกลุ่มนี้ ได้แก่ พันธุ์ไทนาน 9สข. 38 ลำปาง ขอนแก่น 60-1 ขอนแก่น 4 และขอนแก่น 5 โดยถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 เป็นพันธุ์ที่ปลูกกันมากที่สุดในประเทศไทย

3. **ถั่วลิสงเมล็ดเล็ก** เป็นถั่วลิสงที่มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อ 100 เมล็ด หนักต่ำกว่า 35 กรัม ได้แก่ถั่วลิสงประเภท Spanish เป็นส่วนใหญ่ สามารถเจริญเติบโตได้ดี และให้ผลผลิตสูงในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ ถั่วลิสงกลุ่มนี้ ได้แก่ ถั่วลิสงพันธุ์พื้นเมืองต่างๆ

**6.3 2 การปลูกถั่วลิสง**

กรมส่งเสริมการเกษตร (2551) ได้แนะนำระยะการปลูกถั่วลิสงที่เหมาะสมโดยทั่วไป คือ ระยะระหว่างแถว 40 – 60 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 10 – 20 เซนติเมตร จำนวนต้น 1 – 3 ต้นต่อหลุม หรือระยะ 1 เมตร ควรกระจายตัวอยู่ 10 ต้น ใช้เมล็ดพันธุ์ประมาณ 20 – 25 กิโลกรัมฝักแห้งต่อไร่

**6.3.3 การแบ่งระดับชั้นของเมล็ดพันธุ์**

สำนักงานพัฒนาการวิจัย (องค์การมหาชน) (2561) ได้แบ่งเมล็ดพันธุ์แบ่งออกเป็น 4 ชั้น ตามลำดับได้แก่

1. **เมล็ดพันธุ์คัด** คือเมล็ดพันธุ์ที่ได้จากการผสมพันธุ์ หรือปรับปรุงพันธุ์โดยนักวิชาการเกษตร การผลิตอยู่ภายใต้การดำเนินงานของผู้คัดเลือกสายพันธุ์โดยตรง และอยู่ภายใต้การควบคุมของหน่วยงานที่ได้รับการรับรองจากกรมวิชาการเกษตร ตามพระราชบัญญัติพันธุ์พืช พ.ศ. 2518 เมล็ดพันธุ์ชั้นนี้จะนำไปขยายเป็นเมล็ดพันธุ์หลัก

2. **เมล็ดพันธุ์หลัก** คือเมล็ดพันธุ์ที่ผลิตจากเมล็ดพันธุ์คัด ให้มีลักษณะสายพันธุ์และความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์เดิมมากที่สุด การผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมของผู้คัดเลือกพันธุ์ หรือหน่วยงานที่รับผิดชอบเมล็ดพันธุ์ชั้นนี้จะนำไปขยายเป็นเมล็ดพันธุ์ขยาย

3. **เมล็ดพันธุ์ขยาย** คือเมล็ดพันธุ์ที่ผลิตจากเมล็ดพันธุ์หลัก โดยต้องรักษาและตรวจสอบคุณลักษณะทางสายพันธุ์ รวมทั้งความบริสุทธิ์ตามมาตรฐานที่กรมวิชาการเกษตรกำหนดไว้

4. **เมล็ดพันธุ์จำหน่าย** คือเมล็ดพันธุ์ที่ผลิตจากเมล็ดพันธุ์ขยาย โดยต้องรักษาและตรวจสอบคุณลักษณะทางสายพันธุ์ รวมทั้งความบริสุทธิ์ตามมาตรฐานที่กรมวิชาการเกษตรกำหนดไข

กรมวิชาการเกษตร

**6.3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสง**

คุณภาพของเมล็ดพันธุ์เป็นดัชนีที่บ่งชี้ถึงศักยภาพในการงอก และการเจริญเติบโตของถั่วลิสงเมื่อนำไปใช้ปลูก ปัจจัยที่ทำให้เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพแตกต่างกันมีหลายประการ พันธุกรรมเป็นปัจจัยสำคัญประการแรกที่เป็นตัวกำหนดหรือบ่งบอกถึงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบอีกหลายประการที่ทำให้เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพแตกต่างกัน ได้แก่ อายุ (maturity) ของเมล็ดหรือฝัก ความเก่าใหม่ (age) ของเมล็ดหรือฝัก ความชื้นของเมล็ด (seed moisture) และขนาดของเมล็ด (seed size) (จวงจันทร์, 2529 ก)

**6.3.5 ลักษณะสำคัญที่แสดงหรือบ่งชี้ถึงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์**

ประกอบด้วย ความบริสุทธิ์ของสายพันธุ์ (varietal purity) ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ (physical purity) ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (germination) และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ (seed vigor) ทั้งนี้ ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ เป็นลักษณะสำคัญที่สุดที่บ่งชี้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ (จวงจันทร์, 2529 ก; Delouche, 1971) การปลูกถั่วลิสงที่ใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูงจะทำให้ได้จำนวนต้นกล้าที่งอกในไร่สูง ต้นกล้าถั่วลิสงมีการเจริญเติบโตเร็วในระยะแรกและให้ผลผลิตสูงกว่าถั่วลิสงที่ปลูกจากเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงต่ำ (อุดม, 2530)

ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ความแข็งแรงทางพันธุกรรม (genetic vigor) เป็นลักษณะดีเด่นของเมล็ดพันธุ์ที่มีผลมาจากพันธุกรรม ส่วนความแข็งแรงทางสรีรวิทยา (physiological vigor) เป็นความแข็งแรงที่มีผลอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่มีต่อเมล็ดพันธุ์ตั้งแต่ปลูกไปจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ตาก ขนย้าย ตลอดจนเก็บรักษา (จวงจันทร์, 2529 ก) การประเมินความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยทั่วไปมักใช้วิธีการเร่งอายุของเมล็ด (accelerated aging test) ซึ่งทำได้ง่ายและสะดวก และประเมินผลได้ชัดเจน นอกจากนี้ยังสามารถใช้ประเมินความสามารถในการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ (seed storability) ได้เหมือนกับการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ นานประมาณ 12-18 เดือน

ผลของการเร่งอายุมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ กล่าวคือ เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุแล้วยังมีความงอกสูง แสดงว่าเมล็ดพันธุ์นั้นสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุแล้วมีความงอกต่ำ แสดงว่าเมล็ดพันธุ์นั้น เก็บรักษาไว้ได้ไม่นาน (จวงจันทร์, 2529 ก; Delouche and Baskin, 1973)

กรมวิชาการเกษตร

**6.3.6 ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์**

ประกอบด้วยลักษณะทางพันธุกรรม สภาพแวดล้อมระหว่างการพัฒนาเมล็ด การสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์ เวลาและวิธีเก็บเกี่ยว การตาก การปรับปรุงสภาพ และการเก็บรักษา *ผลเสียหายจากการใช้เครื่องจักรกล (mechanical damage)* ขนาดและน้ำหนักของเมล็ดพันธุ์ ความเก่าใหม่ และการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ (deterioration) โรคและแมลงที่ติดมากับเมล็ด (จวงจันทร์, 2529 ก; Delouche, 1973) การเก็บเกี่ยวฝักถั่วลิสงที่สุกแก่ทางสรีรวิทยาเมล็ดจะมีความงอกและความแข็งแรงสูงสุด (Dey et al., 1999) สุดถนอม (2527) รายงานว่าการเก็บเกี่ยวถั่วลิสงที่เร็วเกินไปมีผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดต่ำ เนื่องจากมีฝักอ่อนมาก ฝักที่สุกแก่น้อย ส่วนการเก็บเกี่ยวช้าเกินไปทำให้ผลผลิตลดลง เนื่องจากมีฝักสุกแก่เกินไปมาก มีฝักหลุดร่วงในดินและงอกคาต้น

**6.3.7 วิธีการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์**

**1. ความเสียหายที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าของเมล็ดถั่วลิสงที่สมบูรณ์ไม่แตกหัก** ตรวจสอบโดยวิธี Fast green test ตามวิธีการของจวงจันทร์ (2529 ค) ใช้สารละสาย Fast green 0.1 % ละลายสาร Fast green 1 กรัมในน้ำกลั่น 1 ลิตร สุ่มนับเมล็ดถั่วลิสงตัวอย่างละ 300 เมล็ดแบ่งเป็น 3 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด ใส่ในบีกเกอร์ 500 มิลลิลิตร เทสารละลาย Fast green ให้ท่วมเมล็ดพันธุ์และคนเมล็ดพันธุ์กับสารละลาย Fast green ทิ้งไว้ 2 นาที เทสารละลาย Fast green ออกแล้วล้างด้วยน้ำสะอาด นำเมล็ดถั่วลิสง มาผึ่งให้แห้งบนกระดาษซับ ตรวจนับเมล็ดที่มีสีติดบริเวณเยื่อหุ้มเมล็ดเกิน 50 เปอร์เซ็นต์

**2. ความงอกของเมล็ดถั่วลิสงที่สมบูรณ์ไม่แตกหัก** ตรวจวัด ตามวิธีของจวงจันทร์ (2529 ค) โดยสุ่มนับเมล็ดถั่วลิสงตัวอย่างละ 100 เมล็ดจำนวน 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำแบ่งเป็น 2 ชุด ๆ ละ 50 เมล็ด เพาะเมล็ดในกล่องพลาสติกใสขนาด 18x27x10 เซนติเมตร โดยใช้ทรายละเอียดเป็นวัสดุเพาะ รดน้ำให้มี ความชื้นประมาณ 70 % วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง ตรวจนับความงอกครั้งแรกที่ 5 วัน และครั้งสุดท้ายที่ 10 วันหลังเพาะ โดยนับต้นกล้าถั่วลิสงที่โผล่พ้นวัสดุเพาะ มีใบเลี้ยงแผ่กาง และใบจริงคลี่ออกให้เห็นอย่างน้อย 2 ใบ เปอร์เซ็นต์ความงอกคำนวณจากจำนวนต้นกล้าที่งอกปกติเท่านั้น

**3. ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ (seed vigor test)** ตรวจวัดความแข็งแรงของเมล็ดถั่วลิสง ที่สมบูรณ์ไม่แตกหัก โดยวิธีการเร่งอายุของเมล็ด (accelerated aging test). ระบุไว้ว่า สุ่มเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงแต่ละตัวอย่างจำนวน 300 เมล็ด แบ่งเป็น 3 ซ้ำ ๆ ละ 100 เมล็ด แต่ละซ้ำแบ่งเป็น 2 ชุด ๆ ละ 50 เมล็ด ใส่ในตะแกรงลวดเสตนเลสรูปทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร ขาตั้งสูง 3 เซนติเมตร นำตะแกรงลวดใส่ในขวดเร่งอายุที่บรรจุน้ำ 100 มิลลิลิตร ที่ก้นขวดตะแกรงลวดที่มีขาสูง 3 เซนติเมตร จะทำให้

กรมวิชาการเกษตร

เมล็ดพันธุ์อยู่สูงกว่าระดับน้ำในขวด 2-3 เซนติเมตร ปิดฝาขวดให้สนิทเพื่อให้ความชื้นสัมพัทธ์ในขวดโหลเท่ากับ100 เปอร์เซ็นต์ นำไปเร่งอายุในตู้อบที่อุณหภูมิ 42°C เป็นเวลา 96 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุไปทดสอบความงอกตามวิธีที่ระบุไว้

**6.3.8 พันธุ์ถั่วลิสงรับรอง และพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการ**

| ลำดับ | ชื่อพืช | วันที่รับรอง | ประเภทพันธุ์ |
|---|---|---|---|
| 1 | • ถั่วลิสง ขอนแก่น 84-8 | วันที่รับรอง : 13 กันยายน 2554 | ประเภทพันธุ์ : พันธุ์รับรอง |
| 2 | • ถั่วลิสง ขอนแก่น 84-7 | วันที่รับรอง : 30 มิถุนายน 2554 | ประเภทพันธุ์ : พันธุ์รับรอง |
| 3 | • ถั่วลิสง ขอนแก่น 6 | วันที่รับรอง : 20 พฤษภาคม 2547 | ประเภทพันธุ์ : พันธุ์รับรอง |
| 4 | • ถั่วลิสง ขอนแก่น | วันที่รับรอง : 09 กรกฎาคม 2546 | ประเภทพันธุ์ : พันธุ์แนะนำ |
| 5 | • ถั่วลิสง กาฬสินธุ์ 2 | วันที่รับรอง : 09 มีนาคม 2544 | ประเภทพันธุ์ : พันธุ์แนะนำ |
| 6 | • ถั่วลิสง กาฬสินธุ์ 1 | วันที่รับรอง : 09 มีนาคม 2544 | ประเภทพันธุ์ : พันธุ์แนะนำ |
| 7 | • ถั่วลิสง ขอนแก่น 5 | วันที่รับรอง : 18 มีนาคม 2541 | ประเภทพันธุ์ : พันธุ์รับรอง |
| 8 | • ถั่วลิสง ขอนแก่น 4 | วันที่รับรอง : 15 ธันวาคม 2537 | ประเภทพันธุ์ : พันธุ์รับรอง |
| 9 | • ถั่วลิสง ขอนแก่น 60-3 | วันที่รับรอง : 14 กันยายน 2531 | ประเภทพันธุ์ : พันธุ์รับรอง |
| 10 | • ถั่วลิสง ขอนแก่น 60-2 | วันที่รับรอง : 30 กันยายน 2530 | ประเภทพันธุ์ : พันธุ์รับรอง |

กรมวิชาการเกษตร

**6.3.9 วิธีการเก็บเกี่ยวถั่วลิสง**

การเก็บเกี่ยวมีสำคัญมากขั้นตอนหนึ่ง เนื่องจากถั่วลิสงมีลักษณะเฉพาะที่สำคัญอยู่หลายประการที่แตกต่างจากพืชชนิดอื่น และมีผลกระทบโดยตรงต่อกระบวนการของการเก็บเกี่ยว เช่นการงอกใต้ดินของเมล็ด การขาดของฝัก และการมีช่วงการสุกแก่สั้น เป็นต้น (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2537) เครื่องมือเก็บเกี่ยวเป็นเครื่องจักรกลที่มีความซับซ้อนและทำงานอย่างเป็นระบบ ช่วยให้เก็บเกี่ยวได้ทันฤดูกาล ทำให้ผลผลิตพ้นความเสียหายทางธรรมชาติได้ (มงคล, 2530) เครื่องเก็บเกี่ยวมีหลายชนิดขึ้นกับชนิดของพืช เช่นเครื่องเก็บเกี่ยวพืชหัวใต้ดิน เครื่องเก็บเกี่ยวฝ้าย และเครื่องเก็บเกี่ยวธัญพืช เป็นต้น เครื่องเก็บเกี่ยวถั่วลิสง จัดได้ว่าเป็นเครื่องมือที่มีราคาแพง และมีลักษณะเฉพาะเช่นเดียวกันกับเครื่องมือเพื่อการเก็บเกี่ยวหัวผักกาดหวาน ข้าวโพด ฝ้าย ผลไม้ และพืชผักต่าง ๆ (Hunt, 1995) โดยที่เครื่องเก็บเกี่ยวถั่วลิสงจะมีลักษณะแตกต่างกันไปขึ้นกับภูมิประเทศของแต่ละท้องถิ่น ขนาดพื้นที่ และวัตถุประสงค์การใช้งาน แต่โดยทั่วไปจะมีกลไกขุดยกต้นถั่ว

ขึ้นมาพร้อมกับดินรอบ ๆ ต้น และมีกลไกแยกดินออกก่อนโรยตากถั่วลิสงไว้ในแปลง อย่างไรก็ตามเครื่องบางรุ่นก็ไม่ได้ออกแบบให้ทำงานครบทุกขั้นตอน หรือมีลักษณะแตกต่างกันออกไปบ้างประสิทธิภาพและความสามารถในการทำงานของเครื่องเก็บเกี่ยวขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย (FMO, 1981) เช่นสภาพของแปลงทดสอบ ความกว้างและความเร็วในการทำงาน เป็นต้น โดยที่สภาวะการทำงานที่ดีจะต้องมีการสูญเสียและการเสียหายของผลผลิตต่ำที่สุด ความเร็วของเครื่องเก็บเกี่ยวทุกประเภทควรอยู่ระหว่าง 4 – 7.25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (1 – 2 เมตรต่อวินาที) อาจแบ่งวิธีการเก็บเกี่ยวถั่วลิสงดังกล่าวออกเป็นกลุ่มตามลักษณะการทำงานดังนี้

**การถอนดึงด้วยแรงงานคน**

เป็นวิธีหลักที่ทำมานานและยังถือปฏิบัติอยู่ โดยเกษตรกรจะใช้มือรวบต้นถั่วลิสงในกอเดียวกันเข้าด้วยกัน แล้วถอนดึงขึ้นตรง ๆ พร้อมกันทั้งกอ หากกอใดมีต้นล้มอยู่จะเสียเวลารวมกอมาก เมื่อถอนขึ้นมาแล้วจะเขย่าให้ดินแยกออก และปลิดฝักออกทันทีในกรณีต้องการขายฝักสด หากต้องการขายฝักแห้งจะวางตากทั้งต้นไว้ในแปลงประมาณ 2 วัน และนำขึ้นตากบนลานอีก 7 – 10 วัน รอให้แห้งสนิทก่อน หากต้องการเก็บเป็นเมล็ดพันธุ์จะตากต่อให้แห้งสนิทจริง ๆ เพื่อไม่ให้เชื้อราและแมลงเข้าทำลายได้ง่าย เพราะจะทำให้มีอัตราการงอกต่ำ การเก็บเกี่ยวด้วยวิธีนี้นิยมใช้กับแปลงที่มีดินร่วนซุย ไม่แน่นทึบ และขณะถอนดึงดินต้องมีความชื้นพอสมควรจึงจะถอนได้ง่ายและฝักขาดติดดินน้อย วิธีนี้ยังมีประสิทธิภาพการทำงานต่ำ ฝักขาดติดดินเสมอ ทำให้ไม่สามารถขยายพื้นที่เพาะปลูกได้

**การขุดด้วยจอบ**

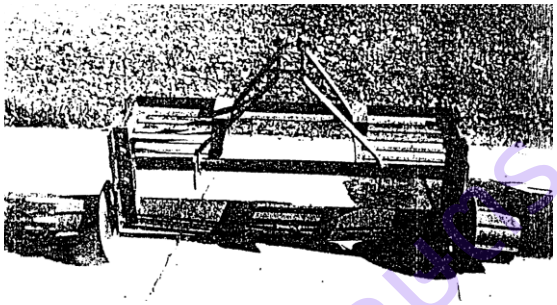
วิธีนี้พบโดยทั่วไปในประเทศไทย ใช้กับแปลงที่ดินแน่นทึบ แข็งหรือแห้งเกินไป ซึ่งหากถอนด้วยมืออย่างเดียวฝักจะขาดติดดินมาก จึงใช้จอบขุดและเขย่าดินออก (อารีย์, 2527) ปรกติทำงานได้ช้ากว่าการถอนด้วยมือเพราะมีหลายขั้นตอนและฝักถั่วมักเสียหายจากการถูกสับและกระทบจากจอบ และเกิดความเหนื่อยล้าแก่ผู้ปฏิบัติงานมากกว่า และหากพื้นที่ขนาดใหญ่จะมีความเหนื่อยล้าสะสม จึงเป็นการสิ้นเปลืองเวลาและแรงงานมาก

**เครื่องขุดถั่วลิสงทั้งต้น**

เป็นเครื่องที่คล้ายการขุดด้วยจอบ แต่ใช้เครื่องยนต์เป็นต้นกำลังแทนแรงงานคน สามารถขุดได้ทั้งแถวเดียวและหลายแถวพร้อมกัน เครื่องจะขุดยกดินและต้นถั่วให้ลอยพ้นหัวขุดแล้วทิ้งกลับลงไปในแปลงอย่างเดิม เพื่อให้ดินรอบต้นหรือกอถั่วแตกตัวหรือหลวมฟูขึ้น ทำให้ใช้แรงงานถอนดึงได้ง่ายและสะดวกขึ้น จึงมีข้อดี อัตราการทำงานสูง ใช้ได้กับดินที่แน่นทึบหรือร่วนปนทรายก็ได้ แต่ยังสิ้นเปลืองแรงงานคนมาก และต้นถั่ว

กรมวิชาการเกษตร

ที่ทิ้งลงมีการกระจัดกระจายไม่เป็นระเบียบ บางส่วนถูกดินทับไว้ ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ ตัวอย่างเครื่องแบบนี้คือ groundnut digger ซึ่งเป็นเครื่องขุดถั่วลิสงที่พัฒนาขึ้นในประเทศปากีสถาน (RNAM, 1991). ใช้กับแทรกเตอร์ขนาด 60 - 80 แรงม้า ใช้การต่อพ่วงแบบสามจุด หัวขุดเป็นเหล็กแผ่นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า วางขวางทิศทางการทำงานหรือแถวปลูก มีความสามารถในการทำงาน 0.25 – 0.30 เฮกแตร์ต่อชั่วโมง (1.5 -1.8 ไร่ต่อชั่วโมง) ความเร็วในการทำงาน 2 – 2.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ฝักเสียหาย 30 % ทั้งนี้เหมาะกับดินสภาพค่อนข้างแห้ง แต่ยังต้องใช้แรงงานจำนวนมากเข้าร่วมทำงาน ต้นถั่วที่ทิ้งลงมีการกระจัดกระจายไม่เป็นระเบียบ บางส่วนถูกดินทับไว้ ดังภาพที่5



**ภาพที่ 5** เครื่องขุดถั่วลิสงทั้งต้นแบบgroundnut digger

ที่มา: RNAM, 1991

**เครื่องขุดและแยกดิน**

เครื่องแบบนี้จะต่างกับแบบขุดทั้งต้น โดยจะแยกดินออกจากต้นถั่วได้มากขึ้นด้วยกลไกที่ไม่ซับซ้อน โดยเครื่องจะขุดถั่วทั้งต้นขึ้นมาพร้อมกับดิน และส่งเข้ากลไกสำหรับแยกดิน และมีการวางต้นถั่วได้ดีขึ้น โดยปล่อยต้นถั่วลงบนมูลดินที่ถูกแยกออกมาก่อนแล้ว ทำให้โอกาสถูกดินทับน้อยลง ตัวอย่างของเครื่องแบบนี้คือ เครื่องขุดถั่วลิสงพ่วงรถไถเดินตาม ซึ่งออกแบบและสร้างขึ้นโดย สุรเวทย์ (2528) แสดงดังภาพที่ 6 ตัวใบมีดขุดมีคานเชื่อมต่อเข้ากับจุดต่อพ่วงของรถไถเดินตาม ใบมีดเป็นแผ่นเหล็กคล้ายไถหัวหมูซึ่งวางทำมุมในแนวราบกับการเคลื่อนที่และมีมุมขุดเล็กน้อย หางใบมีดมีเหล็กเส้นต่อยาวออกไปด้านหลัง และทำมุมให้โค้งลงด้านหลังเพื่อทำหน้าที่แยกดินออกและวางต้นถั่วลิสง ในขณะทำงานใบมีดจะยกดินและถั่วทั้งต้นขึ้นมาทีละแถว เละเลื่อนผ่านใบมีดและซี่เหล็กไปหล่นลงด้านหลังใบมีดในลักษณะคล้ายไถหัวหมูแต่ไม่พลิกดิน ดินรอบ ๆ ต้นถั่วจะแตกออกและหล่นลอดซี่เหล็กลงพื้นก่อน จึงเสมือนต้นถั่วถูกถอนด้วยมือคนแล้ววางรายลงเหนือดินที่บริเวณเดิม แล้วใช้แรงงานคนตามเก็บภายหลัง ทำให้สะดวกพอสมควร เพราะไม่ต้องออกแรงถอนต้นถั่วมากนัก เครื่องนี้ถูกออกแบบให้ใช้งานในแปลงปลูกแบบยกร่อง และสภาพดินค่อนข้างแห้ง ใช้แรงงานเพียงคนเดียวในการควบคุมการทำงาน สามารถทำงานได้ 0.35 – 0.5 ไร่/คน/วัน ใช้ความเร็วในการทำงาน 1.2 – 2.0

กรมวิชาการเกษตร

กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีฝักเสียหาย 5 – 7 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเครื่องขุดนี้จึงมีข้อดี คือใช้งานได้ในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะดินร่วนปนทราย เครื่องมีขนาดเล็ก น้ำหนักน้อย ใช้กับต้นกำลังขนาดเล็กได้ ทดแทนแรงงานคนได้ดีพอสมควร แต่ยังมีข้อด้อยคือ ความสามารถในการทำงานน้อย และใช้ได้กับแปลงที่ปลูกแบบยกร่องเท่านั้น และหากพื้นที่ไม่ราบเรียบใบมีดจะเอียง ทำให้ประสิทธิภาพการขุดเปลี่ยนไป รวมถึงยังแยกดินออกจากต้นและฝักถั่วได้ไม่ดีนัก เพราะยังต้องใช้แรงงานตามเก็บและเขย่าดินออกจากต้นถั่ว นอกจากนี้การควบคุมยังไม่สะดวก เพราะต้นถั่วหล่นลงมาขวางทางเดินของผู้ควบคุมเครื่อง รวมถึงการมีเถาวัลย์และวัชพืชเกาะติดที่ขาขุดมาก หากแปลงปลูกมีวัชพืชซึ่งต้นแบบมีการพัฒนาและใช้งานในเขตจังหวัดอุดรธานีและจังหวัดใกล้เคียง

**ภาพที่ 6** เครื่องขุดและแยกดิน: เครื่องขุดถั่วลิสงแบบติดท้ายรถไถเดินตาม

ที่มา: สุรเวทย์ (2528)

เครื่องขุดและแยกดินของ Nguyen (2004) VIAEP (HCM city) ซึ่งศึกษาเครื่องขุดถั่วลิสงรุ่น DL -0.3 ดังภาพที่ 7 ติดตั้งกับแทรกเตอร์รุ่น MTZ -50 ส่วนชุดขุดหลักมีใบมีดขุดวางไว้สองด้าน หลังจากขุดเสร็จแล้ว ขั้นตอนการรวบรวมจะทำด้วยมือ ตอบสนองความต้องการในการผลิตและทำงานได้ดีในพื้นที่แห้งผลผลิตสูง 0.3-0.4 เฮกตาร์/ชม. สูญเสีย < 1 %

**ภาพที่ 7** เครื่องขุดดินถั่วลิสงรุ่น DL -0.3

ที่มา: Nguyen (2004)

เครื่องขุดถั่วลิสงขนาดเล็กแบบขุดและแยกดินของประเทศญี่ปุ่น โดยทั่วไปมีการขุดโดยไม่มีการสั่นของขาขุด แล้วเก็บรวบรวมด้วยแรงงานคนนำไปตากให้แห้ง ก่อนนำไปปลิดฝักด้วยเครื่องปลิด และยังมีอีกแบบหนึ่งที่ใช้กลไกควบคุมการสั่นที่ขาขุด แต่การใช้กลไกยังไม่สามารถปรับค่าการสั่นที่เหมาะสมกับความเร็วการเคลื่อนที่ของรถ ทำให้มีดินอัดที่หน้าขาขุดได้ นอกจากนี้ยังไม่พบว่ามีการสั่นของชุดซี่ร่อนเศษดินแสดงดังภาพที่ 8 และภาพที่ 9

**ภาพที่ 8** เครื่องขุดถั่วลิสงขนาดเล็กของประเทศญี่ปุ่น

**ภาพที่ 9** เครื่องขุดถั่วลิสงขนาดเล็กของประเทศญี่ปุ่น แบบใช้กลไกควบคุมการสั่นที่ขาขุด

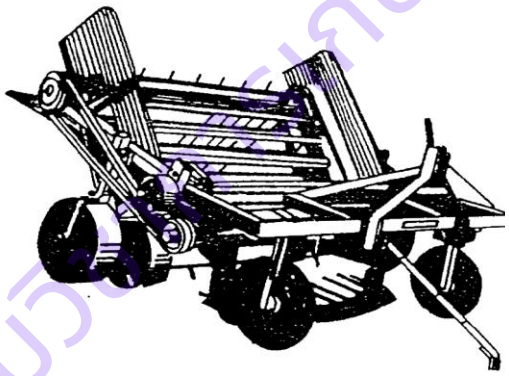
**เครื่องขุดพร้อมเขย่าแยกดิน และโรยตากต้นถั่ว**

เครื่องแบบนี้ถือได้ว่าได้รับการพัฒนาความสามารถที่จะทำงานได้ครบถ้วนตามขั้นตอน ของกระบวนการของการเก็บเกี่ยวมากที่สุด โดยไม่ต้องใช้แรงงานในการถอนดึงเพื่อตากต้นถั่วหลังการทำงาน ซึ่งเครื่องสามารถขุด แยกดิน และตากต้นถั่วได้เองจากการทำงานเพียงรอบเดียว ซึ่งถือเป็นข้อดีที่ต่างจากแบบอื่นมาก โดยทั่วไปเครื่องจะมีส่วนประกอบที่คล้ายคลึงกันคือ มีชุดหัวขุดทำหน้าที่ตัดรากถั่วลิสงที่ระดับต่ำกว่าฝักแล้วยกถั่วลิสงทั้งต้นขึ้นมาพร้อมกับดิน ขณะเดียวกันดินรอบต้นถั่วจะแตกตัวก่อนถูกส่งขึ้นสายพานลำเลียงการสั่นสะเทือนอันเนื่องมาจากการทำงานของชุดเครื่องมือจะช่วยให้ดินเกิดการแยกตัวได้ดียิ่งขึ้น ส่วนต้นถั่วที่แยกดินออกไปแล้วจะถูกโรยทิ้งลงบนมูลดินที่ด้านหลังของสายพานลำเลียงเพื่อตากให้แห้ง ตัวอย่างเครื่องมือแบบนี้ได้แก่ Groundnut digger – shaker windrower และ Inverter ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

กรมวิชาการเกษตร

1.Groundnut digger – shaker windrower

เป็นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นในประเทศอินเดีย (RNAM, 1991) เป็นอุปกรณ์ติดตั้งเข้ากับชุดพ่วงแบบสามจุดของแทรกเตอร์ขนาด 25 แรงม้า ขึ้นไป สามารถทำงานได้ 0.15 – 0.25 แฮกแตร์ต่อชั่วโมง มีฝักเสียหาย 20 % เครื่องรุ่นนี้เป็นเครื่องที่นิยมแพร่หลายและมีการพัฒนาขึ้นมาใช้งานในหลายประเทศพอสมควร ดังภาพที่10 ตัวเครื่องประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นใบมีดแบบแผ่นเหล็กแบนยาว มีซี่เหล็กต่อยื่นออก (radder bar) มาทางด้านหลังเหมือนเครื่องขุดถั่วลิสงติดรถไถเดินตามของไทย ใบมีดมีหน้าที่ขุดตัดรากถั่วลิสงที่ระดับต่ำกว่าฝัก แล้วยกขึ้นมาพร้อมกับดิน ดินรอบ ๆ ต้นถั่วจะแตกตัวและแยกออกไปบางส่วน แล้วต้นถั่วจะถูกวางไว้เหนือดินด้านหลังหัวขุด ส่วนที่สองเป็นสายพานลำเลียง มีหน้าที่เกี่ยวดึงต้นถั่วที่ถูกทิ้งไว้ขึ้นมาให้เคลื่อนที่ผ่านสายพานขึ้นไปแล้วโรยทิ้งด้านหลัง ในระหว่างการลำเลียงดินที่ติดมาจะแตกตัวหล่นลง การสั่นสะเทือนอันเนื่องมาจากการทำงานจะช่วยให้ดินแตกตัว และแยกออกจากต้นถั่วได้ดีขึ้น เครื่องบางแบบอาจมีการออกแบบให้ส่วนที่สองรับเอาต้นถั่วก่อนที่จะทิ้งลงแปลง และบางรุ่นอาจมี windrower ซึ่งเป็นอุปกรณ์บังคับให้ต้นถั่วรวมกันก่อนโรยลงด้านหลังของสายพานช่วยให้กองตากไว้อย่างเป็นระเบียบมากขึ้น โดยจะโรยกองยาวตามแนวการทำงานของเครื่อง ทำให้ง่ายต่อการจัดการในขั้นตอนต่อไป

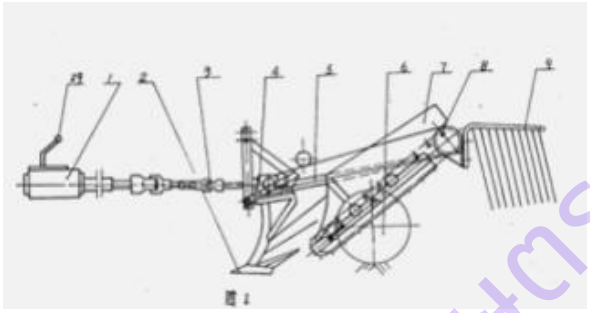


**ภาพที่ 10** เครื่องเก็บเกี่ยวถั่วลิสงแบบขุด เขย่า และโรยตาก(Groundnut digger – shaker windrower)

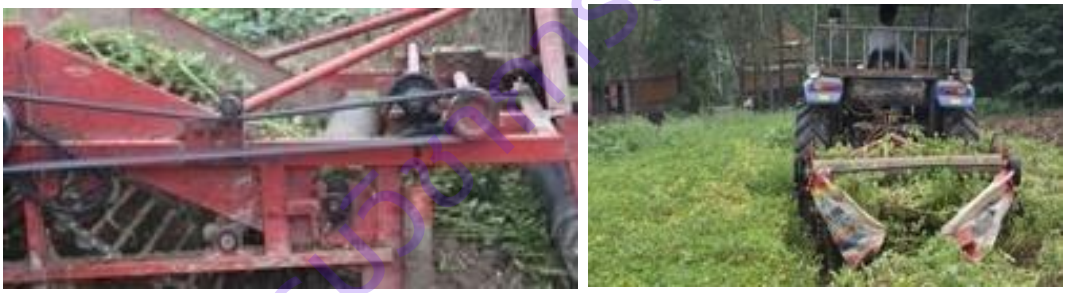
ที่มา: RNAM, 1991

เครื่องขุดถั่วลิสงขนาดเล็กแบบขุดและเขย่าแยกดินของประเทศจีน จะมีการขุด โรยตากไว้ในแปลง แล้วเก็บรวบรวมด้วยแรงงานคนนำไปนำไปปลิดฝักด้วยเครื่องปลิด แสดงดังภาพที่ 11 และแบบขาขุดมีซี่ร่อนเศษดินติดกับขาขุดแต่ไม่มีการสั่น และมีชุดลำเลียงต้นถั่วขึ้นจากดินหลังการขุดที่เป็นสายพานลวดถัก แต่ยังปล่อยตากไว้ให้แห้งที่แปลง ดังภาพที่ 12 และ ภาพที่ 13 ซึ่งพบว่าเครื่องขุดของจีนมีขนาดและระบบลำเลียงต้นถั่วที่เหมาะกับการประยุกต์ใช้ผลิตเมล็ดพันธุ์ในประเทศไทยได้

**ภาพที่ 11** เครื่องขุดถั่วลิสงขนาดเล็กของประเทศจีน



**ภาพที่ 12** เครื่องขุดถั่วลิสงขนาดเล็กของประเทศจีนแบบซี่ติดกับขาขุดและมีชุดลำเลียงต้นถั่ว



**ภาพที่ 13** เครื่องขุดถั่วลิสงขนาดกลางของประเทศจีนแบบซี่ติดกับขาขุดและมีชุดลำเลียงต้นถั่ว

เครื่องขุดถั่วลิสงขนาดใหญ่แบบขุดและเขย่าแยกดินพร้อมโรยตาก ที่มีใช้ในประเทศจากไทย ใช้งานในแปลงปลูกขนาดใหญ่เพื่อส่งผลผลิตเข้าสู่โรงงานแปรรูป ดังภาพที่ 14 ซึ่งมีระบบลำเลียงต้นถั่วด้วยตะแกรงสายพาน แต่ยังไม่เหมาะกับการเก็บเกี่ยวเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ในแปลงขนาดเล็ก ส่วนเครื่องขุดขนาดเล็ก วินิต (2545) ทำการศึกษาและการพัฒนาเครื่องขุด เครื่องปลิด และเครื่องกะเทาะถั่วลิสงเมล็ดโตสำหรับการผลิตรายย่อย โดยได้พัฒนาเครื่องขุดถั่วลิสงเมล็ดโตสำหรับต่อพ่วงเข้ากับรถไถเดินตามและรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก แสดงดังภาพที่ 15

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

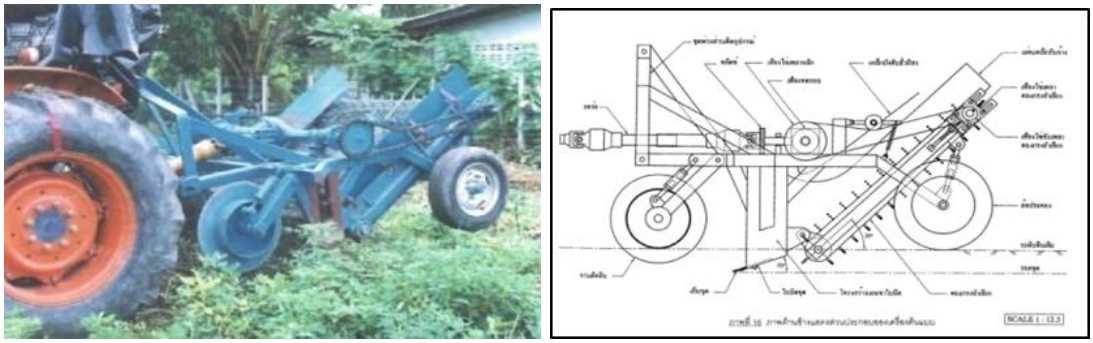
**ภาพที่ 14** เครื่องขุดถั่วลิสงขนาดใหญ่ในประเทศไทย ที่ใช้ขุดถั่วลิสงเพื่อส่งโรงงานแปรรูป

**ภาพที่ 15** แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องขุดถั่วลิสงเมล็ดโต

ที่มา: วินิต (2545)

ไชยยงค์ (2543) วิจัยและสร้างเครื่องเก็บเกี่ยวถั่วลิสงพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ แบบใบมีดขุด แยกดิน และโรยตาก แสดงดังภาพที่ 16 เครื่องมีขนาด 2.09 x 2.35 x 1.51 เมตร หนัก 651.3 กิโลกรัม หน้ากว้างการทำงาน 1.40 เมตร มีส่วนประกอบสำคัญคือ จานตัดดิน ใบมีดขุด ตะแกรงลำเลียงและแยกดิน และล้อประคอง ผลการทดสอบในแปลงถั่วลิสงตัวอย่างซึ่งดินเป็นดินร่วนปนทราย cone index 6.57 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ความชื้น 8.66 % ฐานแห้ง พบว่า ความเร็วที่เหมาะสมต่อการใช้งานคือ 2.92 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีความสามารถในการทำงานจริง 2.41 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพเชิงเวลา 92.99 % มีอัตราการสูญเสียถั่วลิสงฝักสดโดยน้ำหนัก 11.96 % ใช้แรงฉุดลากเฉลี่ย 0.37 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร และต้องการกำลังเพื่อใช้ในการทำงาน 4.04 กิโลวัตต์ แต่เครื่องนี้ยังไม่มีการสั่นของขาขุด อาจทำให้ดินแตกตัวได้ไม่ดีนัก แต่สามารถนำข้อมูลเรื่องมุมผาลขุด และการจัดวางอุปกรณ์ โดยการนำชุดหนีบจับและชุดปลิดฝักมาประยุกต์ใช้แทนตะแกรงลำเลียงและแยกดินได้

กรมวิชาการเกษตร

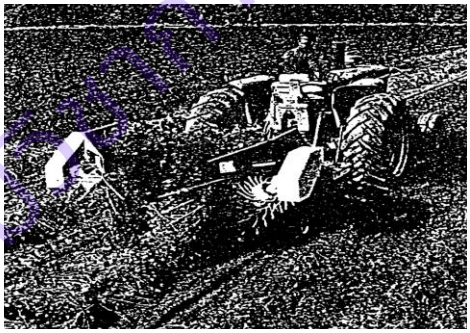


**ภาพที่ 16** เครื่องเก็บเกี่ยวถั่วลิสงพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ แบบใบมีดขุด แยกดินและโรยตาก

ที่มา: ไชยยงค์ ( 2543)

**เครื่องขุดเขย่า และโรยตากแบบพลิกกลับ (Inverters )**

เป็นเครื่องที่ทำงานเหมือนกับเครื่องแบบ Groundnut digger – shaker windrower แต่มีอุปกรณ์เพิ่มเข้ามาที่ส่วนท้ายของสะพานลำเลียง เพื่อทำหน้าที่พลิกกลับต้นถั่วให้ฝักหงายขึ้นด้านบน ซึ่งทำให้ฝักตากแห้งได้เร็วขึ้น ช่วยลดปัญหาอันเนื่องมาจากความชื้นได้ (Clinton and William, 1983) ดังภาพที่ 17 ภาพการทำงานในแปลงขนาดใหญ่ แสดงดังภาพที่ 18



**ภาพที่ 17** เครื่องขุดเขย่า และโรยตากแบบพลิกกลับ (Inverters)

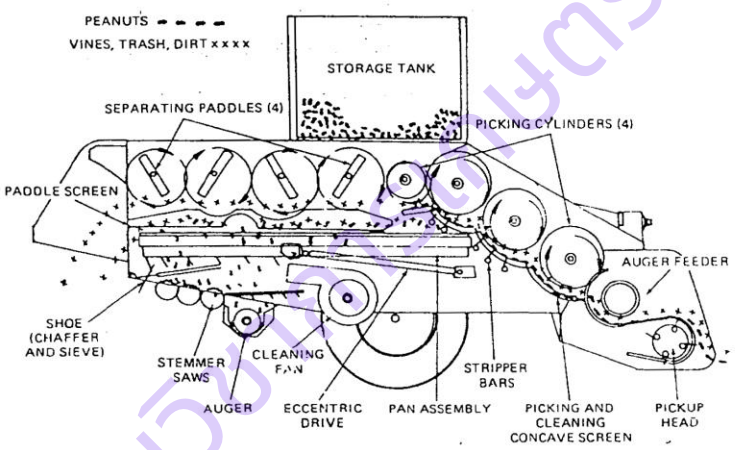
ที่มา: Clinton and William (1983)

**ภาพที่ 18** เครื่องขุดถั่วลิสงขนาดใหญ่ขุดเขย่า และโรยตากแบบพลิกกลับของต่างประเทศ

กรมวิชาการเกษตร

**เครื่องเก็บเกี่ยวและนวดถั่วลิสง**

เป็นเครื่องที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อทำงานในขั้นตอนต่อจากเครื่องขุดต้นถั่วลิสง ซึ่งถูกขุดและโรยตากไว้เป็นแนวยาวในแปลงจนแห้งดีแล้ว เครื่องถูกลากจูงด้วยแทรกเตอร์ กลไกการทำงานต่าง ๆ ทำงานโดยการถ่ายทอดกำลังขับจากเพลาอำนวยกำลัง กลไกการทำงานค่อนข้างซับซ้อน มีส่วนประกอบหลัก เช่น หัวเก็บต้นถั่ว เกลียวป้อน ชุดลูกโม่ปลิดฝัก พัดลมทำความสะอาด ตะแกรงทำความสะอาดแยกเศษต้นถั่วและสิ่งเจือปน และมีถังบรรจุฝักถั่วลิสง เป็นต้น เครื่องแบบนี้ถูกพัฒนาขึ้นใช้งานในประเทศสหรัฐอเมริกา เหมาะกับการใช้งานในพื้นที่เพาะปลูกขนาดใหญ่เพื่อป้อนโรงงานอุตสาหกรรม แสดงดังภาพที่ 19 แต่ยังมีข้อจำกัดเนื่องจาก ชนิดของดิน อากาศ ลักษณะ และปริมาณน้ำฝน อาจกล่าวได้ว่าเครื่องแบบนี้เหมาะกับการใช้งานในประเทศสหรัฐอเมริกาเท่านั้น (Clinton and William, 1983) การเก็บเกี่ยวในแปลงขนาดใหญ่ แสดงดังภาพที่ 20




**ภาพที่ 19** ภาพตัดแสดงกลไกภายในและการทำงานของเครื่องเก็บและนวดถั่วลิสง

ที่มา: Clinton and William (1983)

**ภาพที่ 20** การตากถั่วลิสงหลังการขุด เครื่องเก็บและปลิดถั่วลิสงขนาดใหญ่ของต่างประเทศ

เครื่องปลิดฝักขนาดใหญ่ของประเทศจีน ที่ใช้งานในแปลงและใช้แรงงานในการป้อนต้นถั่วเข้าเครื่องและบางครั้งมีการนำไปปลิดฝักในโรงงาน ดังภาพที่ 21

**ภาพที่ 21** เครื่องปลิดถั่วลิสงในแปลงของประเทศจีนการนำไปปลิดฝักในโรงงาน

**เครื่องขุดเก็บพร้อมปลิดฝักถั่วลิสง**

เครื่องขุดและเก็บถั่วลิสงยี่ห้อ Kending จากประเทศไต้หวัน สามารถรวมขั้นตอนการขุดและปลิดฝักสดเข้าไว้ด้วยกัน ดังภาพที่ 22 โดยจะมีรุ่นหลักอยู่ 2 รุ่นคือ Kending Model 43 และ Model CF525 แตกต่างกันตรงที่รุ่น CF525 สามารถยกถังเก็บเพื่อถ่ายผลผลิตสู่รถบรรทุกได้สูงกว่า ส่วนของขนาดตัวรถและต้นกำลังนั้นมีขนาดเท่ากัน โดยมีขนาด 4000 x 2000 x 2600 mm ใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาด 43 แรงม้า สี่สูบ 2,000 cc มีระบบไฮดรอลิคควบคุมการทำงานในส่วนต่าง ๆ ซึ่งเครื่องมีขนาดใหญ่และราคาค่อนข้างแพง จึงไม่เหมาะกับแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ขนาดเล็ก

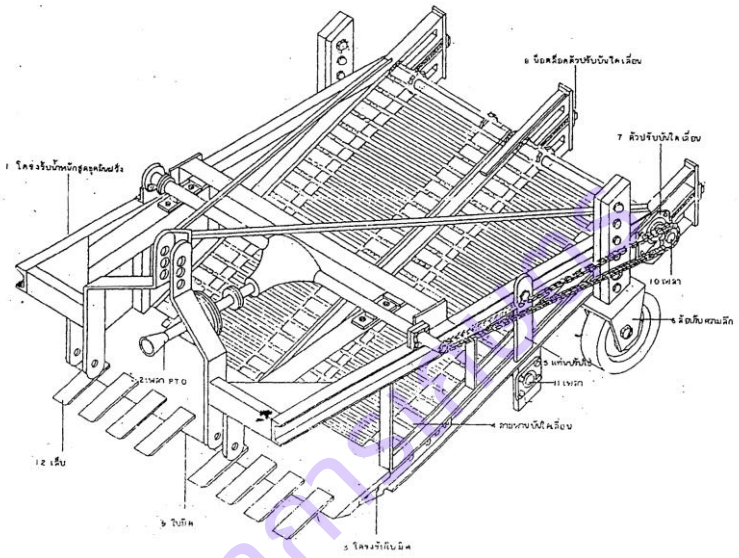
**ภาพที่ 22** เครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงยี่ห้อ Kending จากประเทศไต้หวัน

**เครื่องเก็บเกี่ยวชนิดอื่นที่คล้ายคลึงกับเครื่องเก็บเกี่ยวถั่วลิสง**

เนื่องจากถั่วลิสงเป็นพืชหัวใต้ดินเช่นเดียวกับมันฝรั่ง แครอท และพืชหัวอื่น ๆ ซึ่งเครื่องเก็บเกี่ยวทั้งหมดจะมีลักษณะการทำงานและกลไกที่ทำหน้าที่คล้ายคลึงกัน เช่น Elevator – digger, Complete potato harvester (Culpin, 1986) และเครื่องขุดมันฝรั่ง เป็นต้น ปราโมทย์ และคณะ (2538) ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องขุดมันฝรั่งติดท้ายแทรกเตอร์ ขนาด 60 – 70 แรงม้า ติดตั้งเข้าด้วยจุดต่อแบบสามจุด เพื่อใช้

กรมวิชาการเกษตร

งานในพื้นที่การผลิตของไทย ดังภาพที่ 23 ใบมีดขุดเป็นแผ่นเหล็กสี่เหลี่ยมผืนผ้า หน้ากว้างการทำงาน 1.6 เมตร มุมขุด 20 องศา มีเล็บขุดติดตั้งไว้หน้าใบมีด 12 ชิ้น ขณะทำงานใบมีดจะขุดยกดินพร้อมมันฝรั่งขึ้นและส่งต่อไปสายพานลำเลียงซึ่งถ่ายทอดกำลังมาจากเพลาอำนวยกำลัง ทำหน้าที่แยกดินให้หล่นลงด้านล่าง แล้วจึงปล่อยมันฝรั่งออกด้านท้ายตะแกรงวางบนมูลดินที่แยกออกมาก่อนแล้ว ผลการทดสอบในแปลง ที่ความเร็ว 2.67 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สามารถทำงานได้ 1.81 ไร่ต่อชั่วโมง มันฝรั่งแตกหัก 0.61 เปอร์เซ็นต์ มันฝรั่งหลงเหลือในดิน 0.99 เปอร์เซ็นต์ หัวมันถูกฝังกลบ 1.81 เปอร์เซ็นต์ ใช้แรงฉุดลากเฉลี่ย 4.69 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร



**ภาพที่ 23** เครื่องขุดมันฝรั่งแบบติดพ่วงรถแทรกเตอร์

ที่มา: ปราโมทย์ และคณะ (2538)

เครื่องขุดมันฝรั่งขนาดเล็กไม่มีการสั่นที่ขาขุด แต่มีการสั่นที่ตะแกรงร่อนเศษดิน ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ ดังภาพที่ 24

**ภาพที่ 24** เครื่องขุดมันฝรั่งขนาดเล็กของต่างประเทศ ที่มีการสั่นที่ซี่ร่อนเศษดิน

### 6.3.10 ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System)

ระบบสมองกลฝังตัว หมายถึง ระบบคอมพิวเตอร์ขนาดจิ๋วที่ใช้อุปกรณ์ควบคุม ได้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และไมโครโพรเซสเซอร์ โดยนำไปฝังไว้ในอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ไฟฟ้า และเครื่องเล่นอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ทั้งนี้เพื่อเพิ่ม ความฉลาดและความสามารถต่างๆให้กับอุปกรณ์เหล่านั้น ระบบสมองกลฝังตัวแม้ไม่ใช่เครื่องคอมพิวเตอร์ แต่ก็มีระบบคอมพิวเตอร์อยู่ภายในอาจจะเป็นเพียงไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessor) หรือ ชิป (Chip) ธรรมดาหรือโพรเซสเซอร์ (Processor) ที่ประกอบด้วยชิป ที่มีวงจรซับซ้อน โดยจะมีหลักการทำงาน คือมีสัญญาณข้อมูลเข้า (Input) จากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ (Sensor) เข้าสู่ระบบและมีสัญญาณผลลัพธ์ (Output) ของระบบไปควบคุมบังคับ (Actuator) สวิตซ์ของเครื่องควบคุมต่างๆ เช่น สวิตซ์เครื่องจักรหรือวาล์วควบคุมทิศทางการไหลของท่อต่างๆ

**ระบบปฏิบัติการสำหรับสมองกลฝังตัว**

ในการพัฒนาระบบสมองกลฝังตัวอาจจะมีการใช้ระบบปฏิบัติการเป็นแกนหลักในการพัฒนาหรือไม่มีการใช้ในการพัฒนาก็ได้ ระบบปฏิบัติการสำหรับระบบสมองกลฝังตัวมีหลายประเภทมากตั้งแต่ RTOS, UcOS-II จนไปถึงระบบปฏิบัติการที่มีขนาดใหญ่ขึ้นมาเช่น Linux, Windows CE จนถึงระบบปฏิบัติการสมัยใหม่ที่มีการพัฒนา เช่น MeeGo Android

**ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาของระบบสมองกลฝังตัว**

ในปัจจุบันมีภาษาโปรแกรมต่างๆมากมายที่ใช้ในการพัฒนาระบบสมองกลฝังตัวเช่นภาษา Assembly ภาษา C, C++ หรือภาษาระดับสูงที่ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาระบบสมองกลฝังตัวที่มีระบบปฏิบัติการเช่น JAVA หรือ Python โดยผู้ใช้สามารถเลือกใช้ภาษาในการพัฒนาระบบสมองกลฝังตัวได้ตามความเหมาะสม

**การควบคุมอัตโนมัติ**

การควบคุม หมายถึงการกระทำเพื่อให้สิ่งที่ต้องการเพื่อให้สิ่งที่ถูกควบคุมเป็นไปตามที่ต้องการ แต่ในบางครั้งสิ่งที่ถูกควบคุมอาจจะไม่เป็นไปตามที่ต้องการ ซึ่งอาจจะเป็นผลมากจากวิธีการหรือตัวควบคุมที่ใช้นั้นยังไม่เหมาะสมกับสิ่งที่ถูกควบคุม โดยทั่วไปแล้วมีอยู่ 2 ปัจจัยหลักที่จะช่วยให้สามารถเลือกวิธีการหรือตัวควบคุมได้อย่างเหมาะสมคือ 1) ความเข้าใจในธรรมชาติของสิ่งหรือระบบที่จะควบคุมเช่น ความรู้ความเข้าใจในการทำงานและข้อจำกัดของเครื่องจักรที่ต้องการควบคุม และ 2) ความเข้าใจในวิธีการหรือตัวควบคุมนั้นเอง

กรมวิชาการเกษตร

เช่น ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีการควบคุมอย่างเพียงพอที่จะสามารถออกแบบการควบคุมหรือเลือกวิธีการควบคุมให้เหมาะสมกับเครื่องจักรได้ (สุวัฒน์, 2552)

ระบบควบคุม (Control System) อาจประกอบด้วยหลายระบบย่อยรวมเข้าด้วยกัน โดยแต่ละส่วนของแต่ละระบบย่อยอาจประกอบด้วยชิ้นส่วนและกลไกลทางกล อุปกรณ์ทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หรืออุปกรณ์ในการวัด โดยทั่วไปการควบคุมนิยมพิจารณาส่วนประกอบของระบบควบคุม (Control System Element) ตามหน้าที่การทำงานเป็นหลัก ซึ่งสามารถจำแนกส่วนประกอบเป็น 6 ส่วนหลักๆ ดังนี้

1. สัญญาณอ้างอิง (Reference Signal) ของการควบคุม ในที่นี้แทนด้วยตัวแปร r(t) เป็นสัญญาณรับเข้า (input) ของระบบควบคุมเพื่อกำหนดาเป้หมายการควบคุม ตัวอย่างสัญญาณอ้างอิง เช่น การควบคุมให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบคงที่ 1,000 รอบต่อนาที จะกำหนดให้ r(t) = 1,000 รอบต่อนาที เป็นต้น

2. ตัวควบคุม (Controller) ทำหน้าที่ควบคุมระบบให้มีผลลัพธ์สอดคล้องกับค่าสัญญาณอ้างอิงหรือเป็นไปตามเป้าหมายของการควบคุม

3. สัญญาณควบคุม (Control Command) เป็นค่าส่งออก (output) ของตัวควบคุมที่ใช้เป็นคำสั่งหรือสัญญาณรับเข้าให้กับระบบที่ถูกควบคุม ในที่นี้แทนด้วยสัญลักษณ์ u(t) โดยที่ค่าของสัญญาณจะถูกกำหนดโดยกฎการควบคุม (Control Law)

4. กระบวนการหรือระบบที่ถูกควบคุม (Controlled System or Process)

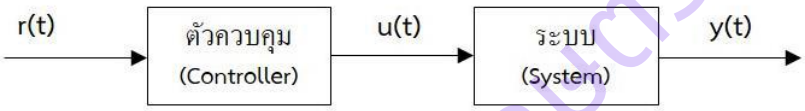
5. สัญญาณรบกวน (Disturbance) เป็นสัญญาณรับเข้าที่ไม่พึงปรารถนาในการควบคุมระบบ ในที่นี้แทนด้วยสัญลักษณ์ d(t) ตัวอย่างเช่น ในการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ อาจจะมีแรงเสียดทานต่างๆ ซึ่งถือว่าเป็นสัญญาณรบกวน เป็นต้น

6. ผลลัพธ์การควบคุม (Control Output) เป็นสัญญาณส่งออกแสดงค่าตัวแปรที่ถูกควบคุมหรือผลการตอบสนองของระบบควบคุม เช่น ค่าความเร็วรอบจริงของมอเตอร์ โดยในที่นี้จะแทนด้วยสัญลักษณ์ y(t) และโดยทั่วไปวัตถุประสงค์ของการควบคุมจะต้องการใช้ค่าผลลัพธ์ y(t) นี้เท่ากับสัญญาณอ้างอิง r(t) โดยที่ค่าผลต่าง
e(t) = r(t)-y(t) จะเป็นตัวบ่งบอกว่าตัวควบคุมทำงานได้บรรลุวัตถุประสงค์มากน้อยเพียงใด

กรมวิชาการเกษตร

ระบบควบคุมสามารถแบ่งตามโครงสร้างลักษณะการทำงานของการควบคุมได้ เป็นระบบควบคุมวงเปิด (Open Loop Control) และระบบควบคุมวงปิด (Closed Loop Control System) โดยมีรายละเอียดดังนี้

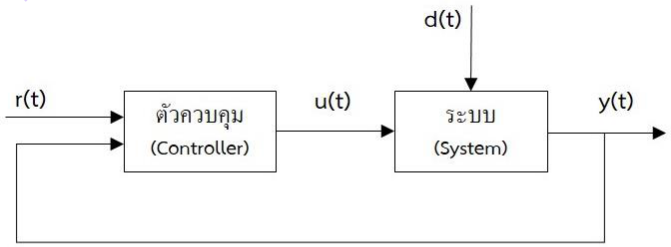
**การควบคุมวงเปิด (Open Loop Control)**อาศัยหลักการความรู้ความเข้าใจที่ทราบหรือคาดคะเนไว้ล่วงหน้าเกี่ยวกับระบบในการออกแบบกฎการควบคุมและกำเนิดสัญญาณควบคุม โดยที่ผลลัพธ์ของการควบคุมที่เกิดขึ้นจริงขณะระบบทำงานไม่ถูกนำมาใช้หรือมีส่วนเกี่ยวข้องกับการสร้างหรือปรับแต่งสัญญาณควบคุมในขณะนั้นเลย ดังแสดงแผนภาพการทำงานในภาพที่ 25โดยระบบควบคุมวงเปิดนี้จะมีปัญหาเกี่ยวกับสัญญาณรบกวนที่ไม่ทราบล่วงหน้ามากระทำกับระบบ อาจจะทำให้ระบบได้ผลลัพธ์ที่ไม่ถูกต้องตามที่ต้องการและอาจจะสูญเสียเสถียรภาพการควบคุมในที่สุด




**ภาพที่ 25** ระบบควบคุมวงเปิด (Open Loop)

ที่มา : สุวัฒน์ (2552)

**การควบคุมแบบวงปิด (Close Loop Control)** คือการควบคุมที่มีการป้อนกลับค่าสัญญาณของผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริงมาที่ตัวควบคุม เพื่อให้ตัวควบคุมสามารถแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้ทันท่วงทีดังแสดงในภาพที่ 26 ซึ่งโดยทั่วไปจะเรียกชื่อการควบคุมวงปิดว่า การควบคุมป้อนกลับ (Feedback Control)



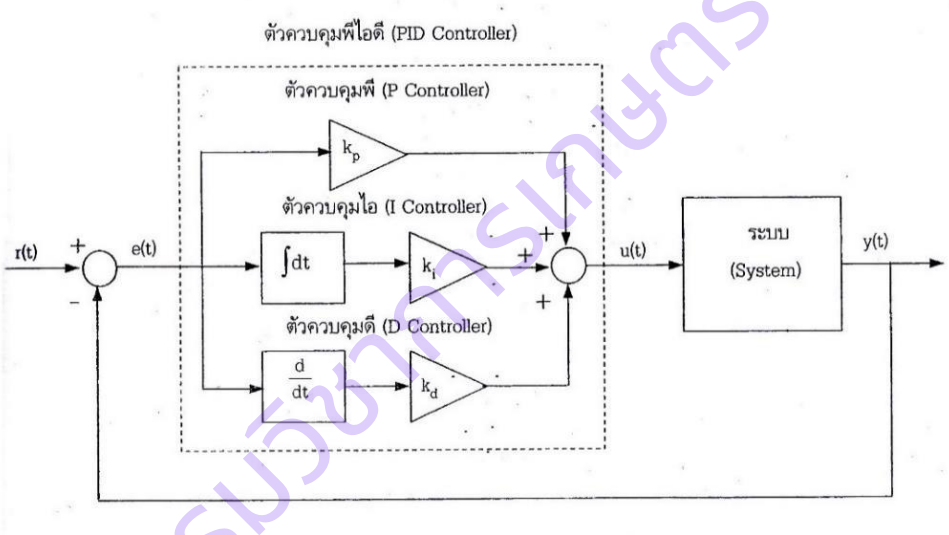

**ภาพที่ 26** ระบบควบคุมวงปิด (Close Loop)

ที่มา : สุวัฒน์ (2552)

กรมวิชาการเกษตร

**การออกแบบการควบคุมประเภทพีไอดี**

การควบคุมประเภทพีไอดี (PID, Proportional Integral Derivative) เช่น ตัวควบคุมพีไอดี ตัวควบคุมพีไอ และตัวควบคุมพีดี ซึ่งเป็นตัวควบคุมที่ให้สัญญาณควบคุมเป็นแบบมีค่าต่อเนื่อง ปัจจุบันได้รับความนิยมและใช้งานอย่างแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรม โดยส่วนใหญ่จะเป็นการใช้งานประเภทพีไอ การควบคุมประเภทพีไอดีมีจุดเด่นหลักคือ การหาค่าคัวแปรของการควบคุมสามารถทำได้ง่ายโดยการทดลองปรับแต่งหาค่าในระหว่างการควบคุมระบบจริงได้เลย และไม่ต้องใช้ทฤษฎีการควบคุมมากแต่ให้ผลลัพธ์ในระดับที่ดี แผนผังอย่างง่ายของระบบแสดงดังภาพที่ ซึ่งตัวควบคุมประกอบไปด้วยตัวควบคุมพี (P, Proportional) ตัวควบคุมไอ (I, Integral) และตัวควบคุมดี (D, Derivative) รวมกันอยู่โดยมีตัวขยายพี (kp) อัตราขยายไอ (ki) และอัตราขยายดี (kd) เป็นตัวแปรของการควบคุมแสดงดังภาพที่ 27




**ภาพที่ 27** แผนผังอย่างง่ายของการควบคุมประเภทพีไอดี

ที่มา : สุวัฒน์, 2552

ตัวแปร $k_p$ คือ ค่าอัตราการขยายในส่วนของกฎการควบคุมแบบพี (P Control Law) โดยสัญญาณส่งออกของตัวควบคุมพีจะแปรผันโดยตรงกับค่าผลต่างของค่า e(t) โดยมีค่าคงที่ของการแปรผันคือ $k_p$ ซึ่งถ้าค่าผลต่างมีขนาดมากสัญญาณควบคุมก็จะมีค่ามากเพื่อแก้ไขให้ค่าผลต่างลดลง ถึงอย่างไรก็ตามค่าผลต่าง e(t) ที่เกิดจากอิทธิพลของตัวควบคุมของตัวควบคุมพีหลังจากที่ระบบเข้าสู่สถานะคงตัว (Steady State) และส่วนใหญ่ค่าผลต่างนี้จะไม่สามารถขจัดให้เป็นศูนย์ได้ ซึ่งการเพิ่มค่าขยาย $k_p$ สูงขึ้นจะช่วยให้ขนาดของค่าผลต่างที่สถานะคงตัว (Steady State Error)ลดลงได้มาก แต่สัญญาณส่งออกอาจจะเกิดการพุ่งเกิน (Overshoot) หรือ

กรมวิชาการเกษตร

ระบบมีพฤติกรรมเกิดการสั่นได้ นอกจากนี้แล้วการที่ใช้ค่า $k_p$ ที่อัตราการขยายสูงเกินไปอาจจะทำให้ระบบสูญเสียเสถียรภาพการควบคุมได้

ตัวแปร $k_i$ คือ ค่าอัตราการขยายในส่วนของกฎการควบคุมแบบไอ (I Control Law) ใช้ในการขจัดหรือลดค่าผลต่างที่สถานะคงตัวของการควบคุม สัญญาณส่งออกในส่วนของตัวควบคุมไอจะแปรผันโดยตรงกับค่าปริพันธ์ซึ่งก็คือค่าผลรวมของค่าผลต่างจากอดีตจนถึงปัจจุบัน โดยที่มี $k_i$ เป็นค่าคงที่ของการแปรผัน ตัวควบคุมไอมีแนวโน้มที่จะส่งผลทำให้ระบบเข้าสู่สถานะคงตัวช้าลงและเกิดการพุ่งเกิน (Overshoot) มากขึ้น และถ้าเพิ่มอัตราการขยายมากเกินไปจะทำให้ระบบสูญเสียเสถียรภาพในที่สุด

ตัวควบคุม $k_d$ คือ ค่าอัตราการขยายในส่วนของกฎการควบคุมแบบดี (D Control Law) ซึ่งสัญญาณส่งออกของตัวควบคุมดีแปรผันโดยตรงกับค่าอนุพันธ์หรือการเปลี่ยนแปลงของค่าผลต่างโดยมี $k_d$ เป็นค่าคงที่ของการแปรผัน โดยทั่วไปตัวควบคุมดีจะทำหน้าที่เป็นตัวลดการเกิดการพุ่งเกิน (Overshoot) เป็นการเพิ่มเสถียรภาพของระบบควบคุม อย่างไรก็ตามในบางระบบถ้ากำหนดค่าตัวแปร $k_d$ สูงเกินไป อาจจะทำให้เกิดการพุ่งเกินเพิ่มขึ้นได้เช่นกัน นอกจากนี้ถ้าระบบมีการหน่วงเวลา (Time Delay) สูง จะส่งผลทำให้ระบบควบคุมสูญเสียเสถียรภาพได้

ตัวควบคุมพีไอดีนี้ถือว่าเป็นตัวควบคุมวงจรปิด (Closed Loop Controller) ที่มีการใช้ทั้งข้อมูลจากอดีต ปัจจุบัน และแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นอนาคตมาใช้ในการประมวลผลการควบคุม กล่าวคือตัวควบคุมพีตอบสนองกับค่าผลต่างในสภาวะปัจจุบัน ในขณะที่ตัวควบคุมไอจะทำหน้าที่รวมค่าผลต่างในอดีตจนถึงปัจจุบันเปรียบเสมือนการพิจารณาข้อมูลในอดีตทั้งหมดเพื่อใช้ในการควบคุม และในส่วนของตัวควบคุมดีเป็นการหาอนุพันธ์ของผลต่างซึ่งเปรียบเสมือนการพิจารณาทิศทางการเปลี่ยนแปลงที่จะเดินขึ้นในอนาคต

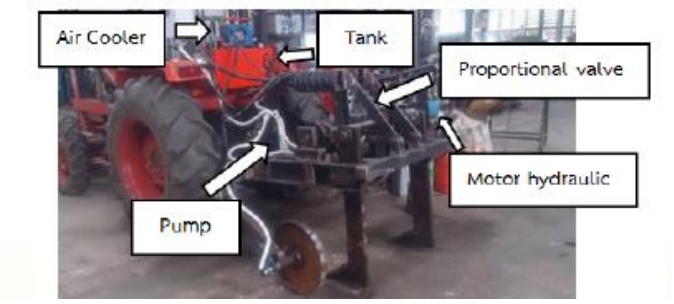
กรมวิทยาศาสตร์

**6.3.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

Nyamapa และ Salokhe (2000) ศึกษาถึงพื้นที่การแตกตัวของดินและกำลังของอุปกรณ์แบบสั่นสะเทือนในพื้นที่ดินร่วนปนทราย พบว่าการแตกตัวของดินมีการแตกตัว การฟู และการยกตัวตามลักษณะของการสั่นสะเทือนของอุปกรณ์ และความหนาแน่นโดยรวมของดินหลังผ่านการไถด้วยอุปกรณ์การไถแบบสั่นสะเทือนมีค่าลดลงมากกว่าการไถแบบไม่สั่นสะเทือน 70 – 270 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถนำข้อดีของการสั่น ที่ทำให้ดินแตกตัวได้ดี มาประยุกต์ใช้กับการสั่นของขาขุดถั่วลิสงได้

ตฤณสิษฐ์ (2560) ได้วิจัยไถระเบิดดินดานชนิดสั่นที่ขา 2 ขา แบบมีชุดควบคุมความถี่ในการสั่น ดังภาพที่ 28 ช่วยให้การสั่นของไถดินดานคงที่ตลอดการไถ ส่งผลให้ไถดินดานมีสมรรถนะการทำงานสูงสุด

และเปลี่ยนระบบถ่ายทอดกำลังทางกลเป็นระบบถ่ายทอดกำลังอุทกสถิต เพื่อลดการสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อคนขับ ชุดถ่ายทอดกำลัง และความคงทนของอุปกรณ์ในรถแทรกเตอร์ การควบคุมความถี่ในการสั่นใช้ตัวควบคุมแบบฟัซซี มีลักษณะการทำงานโดยการป้อนความถี่ที่ต้องการควบคุมผ่านตัวควบคุมแบบฟัซซี ตัวควบคุมแบบฟัซซีจะไปเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลให้น้ำมันไฮดรอลิกไปขับมอเตอร์ไฮดรอลิกซึ่งต่ออยู่กับชุดสั่นสะเทือนของไถระเบิดดินดานทำให้เกิดการสั่นขึ้น โดยใช้สัญญาณป้อนกลับเป็นอุปกรณ์วัด และประมวลผลเป็นความถี่ที่ติดตั้งไว้ ทำการทดสอบในพื้นที่ดินร่วนเหนียวปนทราย ความชื้นดินเฉลี่ย 20.60 % db ความหนาแน่นดินสภาวะแห้งเฉลี่ย 1.66 g $cm^{-3}$ และค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินเฉลี่ย 2.58 MPa ที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ 2 ระดับ คือ 1.39 และ 2.09 km $h^{-1}$ ความถี่ในการสั่น 4 ระดับ คือ 0 7 9 และ 11 Hz และความลึกในการไถ 2 ระดับ คือ 30 และ 40 cm โดยมีความกว้างในการสั่นที่ปลายขาไถคงที่ 36.5 mm และประเมิลผลโดยพิจารณาเลือกปัจจัยทดสอบที่เหมาะสมในการไถระเบิดดินดานจากแบบสอบถามระดับความสำคัญของผลการทดสอบ และระดับความพึงพอใจของผลการทดสอบโดยใช้วิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตแบบถ่วงน้ำหนัก พบว่า ปัจจัยทดสอบที่เหมาะสมในการไถระเบิดดินดานคือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ 2.09 km $h^{-1}$ ความลึกในการไถ 30 cm และความถี่ในการสั่น 9 Hz ให้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตแบบถ่วงน้ำหนักมากที่สุด 3.170 นอกจากนี้สามารถลดการสั่นสะเทือนต่อคนขับลงได้ 31.74 % -33.95 % ที่ความถี่ในการสั่น ความลึกในการไถ และความเร็วในการเคลื่อนที่เดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบกับไถระเบิดดินดานชนิดสั่นที่ขา 2 ขาแบบใช้ระบบถ่ายทอดกำลังทางกล ส่วนผลการควบคุมพบว่า การสั่นของขาไถเริ่มสั่นจาก 0 Hz จนถึง 9 Hz ใช้ช่วงเวลา Response Time เท่ากับ 14 ms ช่วงเวลา Delay Time เท่ากับ 6 ms ช่วงเวลา Rise Time เท่ากับ 11 ms และช่วงเวลา Setting Time เท่ากับ 13 ms ไม่เกิดค่าพุ่งเกิน ความถี่ในการสั่น 9 - 9.05 Hz ตลอดการไถ จากงานวิจัยนี้ได้นำหลักการควบคุมความถี่ให้คงที่ และเหมาะสมกับการเคลื่อนที่ของแทรกเตอร์มาประยุกต์ใช้ และจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นส่วนทำงาน ที่ผ่านการประมวลผลด้วยสมองกล เพื่อควบคุมความเร็วรอบของชุดลูกเบี้ยวควบคุมการสั่นของขาขุดได้




**ภาพที่ 28** ไถระเบิดดินดานชนิดสั่นที่ขา 2 ขา แบบมีชุดควบคุมความถี่ในการสั่น

ที่มา: ตฤณสิษฐ์ (2560)

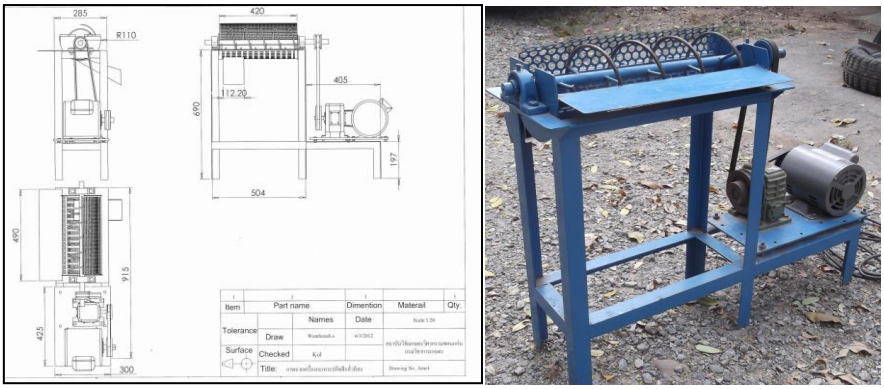
ประสาทและคณะ (2556) ได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดเก็บมันสำปะหลัง แบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขึ้น ดังภาพที่ 30 เพื่อเป็นการสนับสนุนการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และลดต้นทุนการผลิตมันสำปะหลัง ตลอดจนการแก้ปัญหาขาดแคลนแรงงานในระบบการเก็บเกี่ยว ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบหลักๆ 4 ส่วน ได้แก่1. ส่วนที่เป็นผาลขุด ทำหน้าที่ขุดมันสำปะหลังขึ้นมาจากร่องปลูก 2. ส่วนที่เป็นระบบลำเลียง ทำหน้าที่ลำเลียงมันสำปะหลังที่ขุดขึ้นมาแล้วออกจากแนวร่องดิน 3. ส่วนเป็นกระบะรถบรรทุกชนิดพ่วง เมื่อเหง้ามันสำปะหลังถูกขุดด้วยส่วนผาลขุดแล้ว ส่วนที่เป็นระบบลำเลียง ก็จะหนีบจับตอของเหง้า แล้วลำเลียงส่งมายังรถกระบะบรรทุก เพื่อเก็บรวบรวมและนำมาลงเป็นกองไว้ เพื่อง่ายในการตัดหัวมันสำปะหลังและลำเลียงขึ้นรถบรรทุก 4. เป็นส่วนที่เป็นโครงสร้างหลักรองรับส่วนต่างๆหลักการทำงานของเครื่องขุดมันสำปะหลัง เมื่อนำเครื่องขุดมาพ่วงต่อกับรถแทรกเตอร์ และเมื่อส่วนผาลขุดได้ขุดมันสำปะหลังขึ้นมา เหง้ามันสำปะหลังจะถูกหนีบลำเลียงขึ้นมารวบรวมไว้บนกระบะรถบรรทุก แล้วนำไปกองรวมไว้ที่หัวแปลง เพื่อง่ายในการตัดหัวมันและลำเลียงขึ้นรถบรรทุกต่อไป ซึ่งสามารถนำหลักการของการใช้สายพานหนีบจับมาประยุกต์ใช้หนีบจับต้นถั่วป้อนเข้าสู่ส่วนการปลิดฝักอย่างต่อเนื่องได้

**ภาพที่ 30** เครื่องขุดเก็บมันสำปะหลัง

ที่มา: ประสาท และคณะ (2556)

กลวัชร และคณะ (2556) ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องปลิดฝักถั่วลิสง ดังภาพที่ 31 โดยเครื่องมีความสามารถในการทำงานได้วันละไม่เกิน 200 กิโลกรัมต่อวัน มีเปอร์เซ็นต์ขั้วติดประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ และฝักแตกหักไม่เกิน 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสายพันธุ์ถั่วลิสงแต่ละชนิดมีขนาดฝักที่แตกต่างกัน ขั้วติดฝักมีความเหนียวแตกต่างกันมีผลต่อความสามารถในการปลิดฝักของเครื่องปลิด

กรมวิชาการเกษตร



**ภาพที่ 31** เครื่องปลิดฝักถั่วลิสง

ที่มา: กลวัชร และคณะ (2556)

เครื่องปลิดฝักถั่วลิสงแบบแถบยางมีริมเป็นรอยหยักฟันเลื่อย ดังภาพที่ 32 ได้สร้างและทดสอบเครื่องปลิดฝักและทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงที่จังหวัดอุบลราชธานี โดยสร้างเครื่องปลิดฝักสองแบบคือ แบบแถบยางมีริมเป็นรอยหยักฟันเลื่อย และแบบท่อนเหล็กหุ้มด้วยสายยางท่อน้ำ ติดตั้งเครื่องปลิดฝักที่ด้านหน้ารถไถเดินตามโดยอาศัยเครื่องยนต์ของรถไถเป็นต้นกำลัง ทดสอบเครื่องปลิดฝักกับถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 และสข. 38 อายุ 110 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบกับการปลิดฝักด้วยมือที่เป็นมาตรฐาน หลังจากนั้นนำฝักที่ปลิดได้ไปเก็บรักษาในสภาพเปิดระยะเวลาต่าง ๆ แล้วทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์โดยการทดสอบความงอก การติดสีเตตระโซเลียม และการนำไฟฟ้าของน้ำแช่เมล็ดพันธุ์ ผลการทดสอบพบว่า เครื่องปลิดทั้งทั้งสองแบบสามารถปลิดเฉลี่ยได้ฝักดีไม่มีขั้วประมาณร้อยละ 80 ฝักดีแต่มีขั้วประมาณร้อยละ 9 ฝักแตกร้าวประมาณร้อยละ 4 และส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 7 เป็นฝักอ่อน คุณภาพภายนอกของฝักที่ปลิดได้ยังไม่สูงพอสำหรับมาตรฐานเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากยังมีขั้วติดอยู่ (วารสารวิชาการเกษตร, 2555)

**ภาพที่ 32** แสดงลักษณะการทำงานของการนวดถั่วลิสงเมล็ดโต

ที่มา: วารสารวิชาการเกษตร, 2555

เครื่องปลิดฝักถั่วลิสง Groundnut picker BL-2T ดังภาพที่ 33 ใช้ต้นกำลังไฟ 3 กิโลวัตต์ หรือเครื่องยนต์ดีเซล 6 แรงม้า ความสามารถของเครื่องผลผลิต 150 - 200 กก. / ชม. ถั่วลิสงไม่แตกและหัก (น้อย

กรมวิชาการเกษตร

กว่า 4 % และ < 0.5% ตามลำดับ) สามารถแทนที่คนงานได้ 10 ถึง 15 คน ซึ่งหลักการของชุดปลิดจากงานวิจัยนี้จะนำไปประยุกต์ใช้ในชุดปลิดฝักแบบต่อเนื่อง โดยมีชุดสายพานหนีบจับและป้อนแบบต่อเนื่องได้

**ภาพที่ 33**เครื่อง Groundnut picker BL-2T

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงมีกรอบการวิจัยเรื่อง การวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั่นของขาและผาลขุด ด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ ที่เหมาะกับพื้นที่การปลูกของเกษตรกรรายย่อยที่ปลูกถั่วลิสงเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ ควรประกอบด้วย 1) ส่วนชุดขาขุด ซึ่งจะมีไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการสั่นของขาและผาลขุด ที่สามารถปรับค่าการสั่นโดยอัตโนมัติที่เหมาะสมกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถ ซึ่งจะทำให้ดินแตกตัวได้ดีไม่ติดฝัก 2) ส่วนซี่ร่อนเศษดินจะมีการควบคุมการสั่นที่เหมาะสมกับการสั่นของขาขุด ซึ่งจะทำให้แยกดินออกได้ดี 3) ชุดหนีบลำเลียงต้นถั่วด้วยสายพานและชุดปลิดฝักแบบทรงกระบอกคู่ที่มีซี่เหล็กกลมติดตั้งไว้โดยรอบ ฝักถั่วลิสงที่ปลิดแล้วจะถูกเก็บไว้ในส่วนกระบะบรรทุกที่อยู่ในชุดเดียวกันกับชุดปลิดฝัก ต้นถั่วที่ถูกปลิดฝักออกแล้วจะถูกทิ้งลงแปลงทางด้านท้ายเครื่องในลำดับต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

## 7. วิธีดำเนินการ:

**กิจกรรมที่ 1** การออกแบบและสร้างเครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั่นของขาขุดด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์

**การทดลองที่ 1.1** การออกแบบ และสร้างต้นแบบ เครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสง ที่ควบคุมการสั่นของขาขุดด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์

**สิ่งที่ใช้ในการทดลองที่ 1.1**

คอมพิวเตอร์

ทฤษฎีการออกแบบกลไกทางวิศวกรรม

เครื่องมือวัดขนาด ต่าง ๆ

เหล็กและชิ้นส่วนสำหรับสร้างต้นแบบ

เครื่องมือและอุปกรณ์งานช่างโรงงาน

ชุดบอร์ดสมองกลแบบฝังตัวและอุปกรณ์ต่อพ่วงต่าง ๆ

DC stepping motor

บอร์ดวงจรขับ DC

stepping motorชุด

PID controller

Proximity switch

เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

**แบบและวิธีการทดลองที่ 1.1**

การทดลองนี้เป็นการนำแนวคิดที่ได้จากการประมวลการทำงานของเครื่องขุดและเครื่องปลิดฝักถั่วลิสงที่มีใช้งานทั้งในประเทศและต่างประเทศ แล้วนำข้อดีมาประยุกต์ใช้ และหลีกเลี่ยงปัญหาหรือข้อเสียต่าง ๆ นำมาออกแบบกลไก สร้างเครื่องต้นแบบ และทดสอบผลการทำงาน ในพื้นที่ที่ยังไม่มีการปลูกถั่วลิสง ซึ่งเป็นการทดสอบหาการแตกตัวของดินร่วนปนทราย ซึ่งเป็นสภาพดินที่ปลูกถั่วลิสงโดยทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และเปรียบเทียบกับดินร่วนปนเหนียว หลังจากนั้นเป็นการออกแบบ ติดตั้ง ระบบควบคุมอัตโนมัติ และทดสอบผลการทำงานเบื้องต้นในพื้นที่ที่ยังไม่มีการปลูกถั่วลิสงเช่นเดียวกับเครื่องต้นแบบที่ใช้กลไกควบคุมการทำงาน แล้วปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ ให้พร้อมในการทดสอบในแปลงปลูกถั่วลิสงในปี 2564 ต่อไป

**วิธีปฏิบัติการทดลองที่ 1.1**

1. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของถั่วลิสงที่ปลูกเพื่อทำเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ รูปแบบการปลูก (ระยะห่างระหว่างแถว ทั้งแบบแถวเดี่ยว แถวคู่ การปลูกแบบยกร่อง ไม่ยกร่อง ) สัณฐานต่างๆ เช่น รูปทรงพุ่ม ความสูง ความกว้างการแผ่ของฝัก ความลึก ชนิดดินปลูก ความชื้นดิน ความหนาแน่นรวมของดิน ความต้านทานการแทงทะลุของดิน เป็นต้น

2. ศึกษาขนาดความสูง ความกว้าง ของจุดยึดแบบ 3 จุด ของแทรกเตอร์ ขนาด 21 – 24 แรงม้า เพื่อใช้ออกแบบระยะหูยึด ความสูง ความกว้างของชุดโครงเครื่องขุด รวมถึงระยะห่างด้านในและด้านนอกของล้อหน้าและล้อหลัง เพื่อเลี่ยงปัญหาการเหยียบต้นถั่วขณะเครื่องทำงาน

3. ออกแบบความกว้าง ความยาว มุมขุด และรูปทรงใบผาลขุดเพื่อให้เหมาะกับระยะการปลูกและความต้านทานของดินแต่ละชนิด

4. ออกแบบชุดขาขุดแบบสั่นและเลือกชุดลูกเบี้ยวที่มีระยะเยื้องที่เหมาะสม เพื่อให้มีการสั่นขณะทำงาน และไม่ส่งผลการสั่นไปยังโครงขุดและตัวรถแทรกเตอร์

5. ออกแบบชุดซี่ร่อนเศษดินออกจากต้นถั่ว พร้อมเลือกชุดลูกเบี้ยวที่มีระยะเยื้องที่เหมาะสมกับการสั่นของขาชุดตะแกรงร่อนดิน

6. ออกแบบและเลือกเกียร์ทด ที่ต่อพ่วงกับเพลาอำนวยกำลัง เพื่อใช้ในการส่งกำลังและกำหนดความเร็วการหมุนของเพลาชุดลูกเบี้ยวควบคุมการสั่นขาขุด และชุดซี่ร่อนเศษดิน

กรมวิชาการเกษตร

7. ออกแบบชุดสายพานหนีบลำเลียงต้นถั่วหลังการร่อนจากชุดซี่ร่อนเศษดิน ให้มีความเร็วของชุดลำเลียง ที่เหมาะสมกับปริมาณต้นถั่วที่ลำเลียงในแต่ละความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์

8. ออกแบบชุดปลิดฝัก และกระบะเก็บฝักหลังการปลิด ให้เหมาะสมกับปริมาณต้นถั่วในการทำงานในแปลงปลูกเมล็ดพันธุ์

9. ประกอบติดตั้งกลไก และชุดอุปกรณ์ต่อพ่วง และทดสอบการทำงานของแต่ละส่วน และการทำงานในลักษณะการต่อพ่วงทั้งชุดโดยต้องคำนึงถึง ขนาด น้ำหนัก ของแต่ละชุดต่อพ่วงที่เหมาะสมกับการต่อพ่วงกับแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

10. ใช้ประแจวัดแรงบิด (ประแจปอนด์) วัดแรงบิดที่ต้องการของเพลาขับลูกเบี้ยวควบคุมการสั่นของขาขุดแล้วเพิ่มค่าเผื่อความปลอดภัย (3 – 4 เท่า) จะได้เป็นแรงบิดที่ DC stepping motor ต้องการในการทำงาน แล้วนำไปเลือกขนาด DC stepping motor

11. ประกอบ ติดตั้งชุดระบบควบคุมเข้ากับต้นแบบเครื่องขุด

12. ทดสอบการทำงานของเครื่องขุด ที่ประกอบระบบควบคุมแล้วในห้องปฏิบัติการ เพื่อดูผลการตอบสนองของระบบควบคุม และทำการปรับค่าระบบเพื่อให้ได้ผลการควบคุมที่เหมาะสมโดยค่าที่ป้อนได้แก่ ค่าความเร็วรอบเพลาลูกเบี้ยวที่ควบคุมการสั่นของขาขุดที่เลือกไว้ (Ns1 Ns2 Ns3) ค่าความเร็วรอบเพลาลูกเบี้ยวที่ควบคุมการสั่นของซี่ร่อนเศษดินที่เลือกไว้ ที่ทำให้ดินแตกตัวได้ดีสำหรับแต่ความเร็วของแทรกเตอร์ (V1ns1 V2ns2 V3ns3) ความชื้นดิน (Mc1 Mc2) และรูปแบบการปลูก (ยกร่อง และไม่ยกร่อง)

13. ทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบในพื้นที่ที่ยังไม่ปลูกถั่วลิสง และปรับปรุงแก้ไข โดยทดสอบการทำงานของแต่ละส่วน และการทำงานในลักษณะการต่อพ่วงทั้งชุด

**ปัจจัยการทดลองที่ 1.1**

เมื่อทดสอบการทำงานของกลไกเครื่องต้นแบบ จะทดสอบแยกแต่ละส่วนก่อน ได้แก่ 1) ทดสอบส่วนชุดขุด 2) ทดสอบส่วนชุดซี่ร่อนเศษดิน 3) ทดสอบชุดสายพานหนีบลำเลียงต้นถั่วและชุดปลิดฝัก 4) ทดสอบการทำงานของระบบแบบต่อพ่วงเป็นชุด แต่ละการทดสอบทำ 3 ซ้ำ หลังจากนั้นจะเป็นการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งมีปัจจัยหลักของแต่ละการทดสอบดังนี้

**1) ปัจจัยการทดสอบกลไกส่วนชุดขุด**

1. ความเร็วในการเคลื่อนที่ของแทรกเตอร์ มี 3 ระดับได้แก่ ความเร็วต่ำ ($V_1$-เกียร์-$L_2$-1,200 Rpm) ความเร็วปานกลาง ($V_2$-เกียร์-$L_3$ -1,200 Rpm) และความเร็วสูง ($V_3$ -เกียร์ $L_4$ -1,200 Rpm)

2. ความเร็วการหมุนเพลาลูกเบี้ยวควบคุมการสั่นขาขุด มี 3 ระดับ ได้แก่ ความเร็วต่ำ ($N_1$–600 Rpm) ความเร็วปานกลาง ($N_2$–800 Rpm) และความเร็วสูง ($N_3$–1,000 Rpm) ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้การเปลี่ยนขนาดพุลเล่ย์ขับที่ต่อพ่วงจากชุดเกียร์ของเพลาอำนวยกำลัง

3. ความชื้นดินปลูกมี 2 ระดับ ได้แก่ความชื้นต่ำ ($mc_1$<= 8 % wb) และความชื้นสูง ($mc_2$ > 8%wb)

4. ประเภทดินปลูกมี 2 ระดับ ได้แก่ ดินร่วนปนทราย และดินร่วนปนเหนียว

5. ลักษณะการปลูก มี 2 ระดับ ได้แก่ การปลูกแบบยกร่อง และไม่ยกร่อง

โดยมีข้อมูลที่เก็บเพิ่มเพื่อเป็น**ปัจจัยรอง** ประกอบด้วย ความหนาแน่นรวมของดิน ความต้านทานการแทงทะลุของดิน และความลึกของการขุดโดยเฉลี่ยแผนการทดสอบแสดงดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** แผนการทดสอบ กลไกชุดขาขุดถั่วลิสง

| ลำดับที่ | การสั่นของขาขุด | ดินร่วนปนทราย | | | | ดินร่วนปนเหนียว | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ยกร่อง | | ไม่ยกร่อง | | ยกร่อง | | ไม่ยกร่อง | |
| | | Mc 1 | Mc 2 | Mc 1 | Mc 2 | Mc 1 | Mc 2 | Mc 1 | Mc 2 |
| 1 | ไม่สั่น | $V_1$ | $V_1$ | $V_1$ | $V_1$ | $V_1$ | $V_1$ | $V_1$ | $V_1$ |
| 2 | | $V_2$ | $V_2$ | $V_2$ | $V_2$ | $V_2$ | $V_2$ | $V_2$ | $V_2$ |
| 3 | | $V_3$ | $V_3$ | $V_3$ | $V_3$ | $V_3$ | $V_3$ | $V_3$ | $V_3$ |
| 7 | สั่น | $V_1N_1$ | $V_1N_1$ | $V_1N_1$ | $V_1N_1$ | $V_1N_1$ | $V_1N_1$ | $V_1N_1$ | $V_1N_1$ |
| 8 | | $V_1N_2$ | $V_1N_2$ | $V_1N_2$ | $V_1N_2$ | $V_1N_2$ | $V_1N_2$ | $V_1N_2$ | $V_1N_2$ |
| 9 | | $V_1N_3$ | $V_1N_3$ | $V_1N_3$ | $V_1N_3$ | $V_1N_3$ | $V_1N_3$ | $V_1N_3$ | $V_1N_3$ |
| 10 | สั่น | $V_2N_1$ | $V_2N_1$ | $V_2N_1$ | $V_2N_1$ | $V_2N_1$ | $V_2N_1$ | $V_2N_1$ | $V_2N_1$ |
| 11 | | $V_2N_2$ | $V_2N_2$ | $V_2N_2$ | $V_2N_2$ | $V_2N_2$ | $V_2N_2$ | $V_2N_2$ | $V_2N_2$ |
| 12 | | $V_2N_3$ | $V_2N_3$ | $V_2N_3$ | $V_2N_3$ | $V_2N_3$ | $V_2N_3$ | $V_2N_3$ | $V_2N_3$ |
| 13 | สั่น | $V_3N_1$ | $V_3N_1$ | $V_3N_1$ | $V_3N_1$ | $V_3N_1$ | $V_3N_1$ | $V_3N_1$ | $V_3N_1$ |
| 14 | | $V_3N_2$ | $V_3N_2$ | $V_3N_2$ | $V_3N_2$ | $V_3N_2$ | $V_3N_2$ | $V_3N_2$ | $V_3N_2$ |
| 15 | | $V_3N_3$ | $V_3N_3$ | $V_3N_3$ | $V_3N_3$ | $V_3N_3$ | $V_3N_3$ | $V_3N_3$ | $V_3N_3$ |

กรมวิชาการเกษตร

**ค่าชี้ผลการทดสอบส่วนกลไกชุดขุด**

ค่าชี้ผลการทดสอบส่วนชุดขุด ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การแตกตัวของดินโดยเปรียบเทียบขนาดก้อนดินในร่องขุด ในพื้นที่การขุด 1 ตารางเมตรโดยแบ่งเป็น

เปอร์เซ็นต์ของก้อนดินขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย > 10 เซนติเมตร)

เปอร์เซ็นต์ของก้อนดินขนาดกลาง (เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ตั้งแต่ 2 - 10 เซนติเมตร)

และเปอร์เซ็นต์ของก้อนดินขนาดเล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย < 2 เซนติเมตร)

**การบันทึกข้อมูลการทดสอบกลไกส่วนชุดขุด**

1) น้ำหนักของกลุ่มขนาดดินหลังการขุด ที่แบ่งเป็นขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก (กิโลกรัม) ในการสุ่มในพื้นที่ขุด 1 ตารางเมตร

2) ความเร็วในการเคลื่อนที่ของแทรกเตอร์($V_1$, $V_2$, $V_3$)

3) ความเร็วการหมุนเพลาลูกเบี้ยวควบคุมการสั่นขาขุด ($N_1$, $N_2$, $N_3$)

4) ความหนาแน่นรวมของดิน ($Kg/m^3$)

5) ความต้านทานการแทงทะลุของดิน($Kg/m^2$)

6) ความลึกของการขุดโดยเฉลี่ย (เซนติเมตร)

**การวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบส่วนกลไกชุดขุด**

จากผลการทดสอบที่แต่ละความเร็วรถแทรกเตอร์ ($V_1$, $V_2$, $V_3$) เลือกค่าความเร็วรอบการหมุนที่ต่ำที่สุดของเพลาขับลูกเบี้ยวควบคุมการสั่นของขาขุดที่ทำให้เกิดการแตกตัวของดินที่เหมาะสม ($Ns_1$ $Ns_2$ $Ns_3$) เพื่อใช้เป็นกรอบในการทดสอบชุดซี่ร่อนเศษดินในลำดับต่อไป ซึ่งค่าที่เลือกจะเหลือปัจจัยที่จะทดสอบ 3 treatment ได้แก่ $V_1Ns_1$ $V_2Ns_2$ และ $V_3Ns_3$

**2) ปัจจัยการทดสอบกลไกส่วนชุดซี่ร่อนเศษดิน**

1 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของแทรกเตอร์ มี 3 ระดับได้แก่ ความเร็วต่ำ ($V_1$ - เกียร์ $L_2$ - 1,200 Rpm) ความเร็วปานกลาง ($V_2$ - เกียร์ $L_3$ - 1,200 Rpm) และความเร็วสูง ($V_3$ - เกียร์ $L_4$ - 1,200 Rpm)

2 ความเร็วการหมุนเพลาลูกเบี้ยวควบคุมการสั่นของขาขุดที่เลือกไว้แล้วสำหรับแต่ละความเร็วการเคลื่อนที่ของแทรกเตอร์ ที่ทำให้ดินมีการแตกตัวที่เหมาะสม (Ns) มี 3 ระดับ ได้แก่ $Ns_1$ สำหรับ $V_1$ $Ns_2$ สำหรับ $V_2$ และ $Ns_3$ สำหรับ $V_3$

3 ความเร็วการหมุนเพลาลูกเบี้ยวควบคุมการสั่นชุดซี่ร่อนเศษดิน มี 3 ระดับ ได้แก่ ความเร็วต่ำ ($n_1$ = 600 Rpm ) ความเร็วปานกลาง ($n_2$ = 800 Rpm ) และความเร็วสูง ($n_3$ = 1,000 Rpm ) ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้การเปลี่ยนขนาดพุลเล่ย์ขับที่ต่อพ่วงจากเพลาขับลูกเบี้ยวที่ควบคุมการสั่นของขาขุด

4 ความชื้นดินปลูกมี 2 ระดับ ได้แก่ความชื้นต่ำ ($mc_1$<= 8 % wb ) และความชื้นสูง ($mc_2$ > 8 % wb)

5 ลักษณะการปลูก มี 2 ระดับ ได้แก่ การปลูกแบบยกร่อง และไม่ยกร่อง

6 ประเภทดินปลูกมี 2 ระดับ ได้แก่ ดินร่วนปนทราย และดินร่วนปนเหนียว

โดยมีข้อมูลที่เก็บเพิ่มเพื่อเป็น **ปัจจัยรอง** ประกอบด้วย ความหนาแน่นรวมของดิน ความต้านทานการแทงทะลุของดิน และความลึกของการขุดโดยเฉลี่ยซึ่งแผนการทดสอบแสดงดังตาราง ที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร

**ตารางที่ 2** แผนการทดสอบ กลไกชุดซี่ร่อนเศษดิน

| ลำดับที่ | การสั่นของซี่ร่อนเศษดิน | ดินร่วนปนทราย | | | | ดินร่วนปนเหนียว | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ยกร่อง | | ไม่ยกร่อง | | ยกร่อง | | ไม่ยกร่อง | |
| | | Mc 1 | Mc 2 | Mc 1 | Mc 2 | Mc 1 | Mc 2 | Mc 1 | Mc 2 |
| 1 | ไม่สั่น | $V_1$ | $V_1$ | $V_1$ | $V_1$ | $V_1$ | $V_1$ | $V_1$ | $V_1$ |
| 2 | | $V_2$ | $V_2$ | $V_2$ | $V_2$ | $V_2$ | $V_2$ | $V_2$ | $V_2$ |
| 3 | | $V_3$ | $V_3$ | $V_3$ | $V_3$ | $V_3$ | $V_3$ | $V_3$ | $V_3$ |
| 7 | สั่น | $V_1Ns_1n_1$ | $V_1Ns_1n_1$ | $V_1Ns_1n_1$ | $V_1Ns_1n_1$ | $V_1Ns_1n_1$ | $V_1Ns_1n_1$ | $V_1Ns_1n_1$ | $V_1Ns_1n_1$ |
| 8 | | $V_1Ns_1n_2$ | $V_1Ns_1n_2$ | $V_1Ns_1n_2$ | $V_1Ns_1n_2$ | $V_1Ns_1n_2$ | $V_1Ns_1n_2$ | $V_1Ns_1n_2$ | $V_1Ns_1n_2$ |
| 9 | | $V_1Ns_1n_3$ | $V_1Ns_1n_3$ | $V_1Ns_1n_3$ | $V_1Ns_1n_3$ | $V_1Ns_1n_3$ | $V_1Ns_1n_3$ | $V_1Ns_1n_3$ | $V_1Ns_1n_3$ |
| 10 | สั่น | $V_2Ns_2n_1$ | $V_2Ns_2n_1$ | $V_2Ns_2n_1$ | $V_2Ns_2n_1$ | $V_2Ns_2n_1$ | $V_2Ns_2n_1$ | $V_2Ns_2n_1$ | $V_2Ns_2n_1$ |
| 11 | | $V_2Ns_2n_2$ | $V_2Ns_2n_2$ | $V_2Ns_2n_2$ | $V_2Ns_2n_2$ | $V_2Ns_2n_2$ | $V_2Ns_2n_2$ | $V_2Ns_2n_2$ | $V_2Ns_2n_2$ |
| 12 | | $V_2Ns_2n_3$ | $V_2Ns_2n_3$ | $V_2Ns_2n_3$ | $V_2Ns_2n_3$ | $V_2Ns_2n_3$ | $V_2Ns_2n_3$ | $V_2Ns_2n_3$ | $V_2Ns_2n_3$ |
| 13 | สั่น | $V_3Ns_3n_1$ | $V_3Ns_3n_1$ | $V_3Ns_3n_1$ | $V_3Ns_3n_1$ | $V_3Ns_3n_1$ | $V_3Ns_3n_1$ | $V_3Ns_3n_1$ | $V_3Ns_3n_1$ |
| 14 | | $V_3Ns_3n_2$ | $V_3Ns_3n_2$ | $V_3Ns_3n_2$ | $V_3Ns_3n_2$ | $V_3Ns_3n_2$ | $V_3Ns_3n_2$ | $V_3Ns_3n_2$ | $V_3Ns_3n_2$ |
| 15 | | $V_3Ns_3n_3$ | $V_3Ns_3n_3$ | $V_3Ns_3n_3$ | $V_3Ns_3n_3$ | $V_3Ns_3n_3$ | $V_3Ns_3n_3$ | $V_3Ns_3n_3$ | $V_3Ns_3n_3$ |

**ค่าชี้ผลการทดสอบกลไกส่วนชุดซี่ร่อนเศษดิน**

ค่าชี้ผลการทดสอบส่วนชุดซี่ร่อนเศษดิน ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การแตกตัวของดินโดยเปรียบเทียบขนาดก้อนดินในร่องขุด ในพื้นที่การขุด 1 ตารางเมตรโดยแบ่งเป็น

เปอร์เซ็นต์ของก้อนดินขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย > 10 เซนติเมตร)

เปอร์เซ็นต์ของก้อนดินขนาดกลาง (เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ตั้งแต่ 2 - 10 เซนติเมตร)

และเปอร์เซ็นต์ของก้อนดินขนาดเล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย < 2 เซนติเมตร)

**การบันทึกข้อมูลการทดสอบกลไกส่วนชุดซี่ร่อนเศษดิน**

1) น้ำหนักของกลุ่มขนาดดินที่ร่วงลงพื้นหลังชุดซี่ร่อนเศษดิน ที่แบ่งเป็นขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก (กิโลกรัม) ในการสุ่มในพื้นที่ขุด 1 ตารางเมตร

2) ความเร็วในการเคลื่อนที่ของแทรกเตอร์ ($V_1$,$V_2$, $V_3$)

3) ความเร็วการหมุนเพลาลูกเบี้ยวควบคุมการสั่นขาขุดที่เลือกไว้ ได้แก่ $Ns_1$ สำหรับ $V_1$ $Ns_2$ สำหรับ $V_2$ และ $Ns_3$ สำหรับ $V_3$

4) ความเร็วการหมุนเพลาลูกเบี้ยวควบคุมการสั่นชุดซี่ร่อนเศษดิน ($n_1$, $n_2$, $n_3$)

กรมวิชาการเกษตร

5) ความหนาแน่นรวมของดิน ความต้านทานการแทงทะลุของดิน และความลึกของการขุดโดยเฉลี่ย

**การวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบกลไกส่วนชุดซี่ร่อนเศษดิน**

จากผลการทดสอบ ที่แต่ละค่าความเร็วรถแทรกเตอร์ และค่าความเร็วรอบการหมุนของเพลาขับลูกเบี้ยวควบคุมการสั่นของขาขุดที่เลือกไว้ ($V_1Ns_1$ $V_2Ns_2$ และ $V_3Ns_3$ ) ให้เลือกค่าความเร็วการหมุนเพลาลูกเบี้ยวควบคุมการสั่นชุดซี่ร่อนเศษดิน ที่ทำให้ดินแตกตัวได้เหมาะสม (ns) ซึ่งได้แก่ $V_1Ns_1ns_1$ $V_2Ns_2ns_2$ และ $V_3Ns_3ns_3$ เพื่อใช้เป็นกรอบในการทดสอบชุดสายพานหนีบลำเลียงต้นถั่วขึ้นไปปลิดฝัก และเก็บในกระบะบรรทุกต่อไป ซึ่งในส่วนชุดสายพานหนีบลำเลียงต้นถั่วขึ้นไปปลิดฝักนี้จะเลือกค่าความเร็วชุดลำเลียงที่ใช้ทดสอบเป็น 1 เท่า 1.5 เท่า และ 2.0 เท่า ของความเร็วของชุดซี่ร่อนเศษดินที่เลือกไว้ แต่จะทำการทดสอบในตอนที่ทดสอบในแปลงปลูกถั่วลิสงต่อไป

การทดสอบทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติเครื่องต้นแบบ จะทดสอบแยกแต่ละส่วนก่อน ได้แก่ 1) ทดสอบส่วนชุดขุด 2) ทดสอบส่วนชุดซี่ร่อนเศษดิน 3) ทดสอบชุดสายพานหนีบลำเลียงต้นถั่วขึ้นไปปลิดฝักและเก็บในกระบะ 4) ทดสอบการทำงานของระบบแบบต่อพ่วงเป็นชุด โดยแต่ละการทดสอบทำ 3 ซ้ำ ซึ่งแต่ละการทดสอบมีปัจจัยหลักที่ทดสอบประกอบด้วย

**3) ปัจจัยการทดสอบระบบควบคุมอัตโนมัติส่วนชุดขุด**

1. ความเร็วในการเคลื่อนที่ของแทรกเตอร์ และความเร็วการหมุนเพลาลูกเบี้ยวควบคุมการสั่นขาขุดที่เลือกไว้ มี 3 ระดับได้แก่ ($V_1Ns_1$ $V_2Ns_2$ และ $V_3Ns_3$) โดยควบคุมความเร็วเพลาลูกเบี้ยวด้วยการปรับค่าความถี่ของ DC stepping motor
2. ความชื้นดินปลูกมี 2 ระดับได้แก่ความชื้นต่ำ ($mc_1$<= 8%wb ) และความชื้นสูง ($mc_2$ >8% wb)
3. ลักษณะการปลูก มี 2 ระดับ ได้แก่ การปลูกแบบยกร่อง และไม่ยกร่อง
4. ชนิดดินปลูกมี 2 ระดับ ได้แก่ ดินร่วนปนทราย และดินร่วนปนเหนียว

โดยมีข้อมูลที่เก็บเพิ่มเพื่อเป็น**ปัจจัยรอง** ประกอบด้วย ความหนาแน่นรวมของดิน ความต้านทานการแทงทะลุของดิน และความลึกของการขุดโดยเฉลี่ยแผนการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** แผนการทดสอบ ระบบควบคุมอัตโนมัติชุดขาขุดถั่วลิสง

| ลำดับที่ | การสั่นของขาขุด | ดินร่วนปนทราย | | | | ดินร่วนปนเหนียว | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ยกร่อง | | ไม่ยกร่อง | | ยกร่อง | | ไม่ยกร่อง | |
| | | Mc 1 | Mc 2 | Mc 1 | Mc 2 | Mc 1 | Mc 2 | Mc 1 | Mc 2 |
| 1 | ไม่สั่น | $V_1$ | $V_1$ | $V_1$ | $V_1$ | $V_1$ | $V_1$ | $V_1$ | $V_1$ |
| 2 | | $V_2$ | $V_2$ | $V_2$ | $V_2$ | $V_2$ | $V_2$ | $V_2$ | $V_2$ |
| 3 | | $V_3$ | $V_3$ | $V_3$ | $V_3$ | $V_3$ | $V_3$ | $V_3$ | $V_3$ |
| 7 | สั่น | $V_1Ns_1$ | $V_1Ns_1$ | $V_1Ns_1$ | $V_1Ns_1$ | $V_1Ns_1$ | $V_1Ns_1$ | $V_1Ns_1$ | $V_1Ns_1$ |
| 8 | | $V_2Ns_2$ | $V_2Ns_2$ | $V_2Ns_2$ | $V_2Ns_2$ | $V_2Ns_2$ | $V_2Ns_2$ | $V_2Ns_2$ | $V_2Ns_2$ |
| 9 | | $V_3Ns_3$ | $V_3Ns_3$ | $V_3Ns_3$ | $V_3Ns_3$ | $V_3Ns_3$ | $V_3Ns_3$ | $V_3Ns_3$ | $V_3Ns_3$ |

ศูนย์วิทยทรัพยากร

**ค่าชี้ผลการทดสอบระบบควบคุมอัตโนมัติส่วนชุดขุด**

ค่าชี้ผลการทดสอบระบบควบคุมอัตโนมัติส่วนชุดขุด ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การแตกตัวของดินโดยเปรียบเทียบ ขนาดก้อนดินในร่องขุด ในพื้นที่การขุด 1 ตารางเมตร โดยแบ่งเป็น

เปอร์เซ็นต์ของก้อนดินขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย > 10 เซนติเมตร)

เปอร์เซ็นต์ของก้อนดินขนาดกลาง (เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ตั้งแต่ 2 - 10 เซนติเมตร)

และเปอร์เซ็นต์ของก้อนดินขนาดเล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย < 2 เซนติเมตร)

**การบันทึกข้อมูลการทดสอบระบบควบคุมอัตโนมัติส่วนชุดขุด**

1) น้ำหนักของกลุ่มขนาดดินหลังการขุด ที่แบ่งเป็นขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก (กิโลกรัม) ในการสุ่มในพื้นที่ขุด 1 ตารางเมตร

2) ความเร็วในการเคลื่อนที่ของแทรกเตอร์ ($V_1$ $V_2$ และ $V_3$)

3) ความเร็วการหมุนเพลาลูกเบี้ยวควบคุมการสั่นขาขุดที่เลือกไว้ ($Ns_1$ $Ns_2$ $Ns_3$)

4) ความหนาแน่นรวมของดิน ($kg/m^3$)

5) ความต้านทานการแทงทะลุของดิน ($Kg/m^2$)

6) ความลึกของการขุดโดยเฉลี่ย (เซนติเมตร)

**การวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบระบบควบคุมอัตโนมัติส่วนชุดขุด**

จากผลการทดสอบ ที่แต่ละค่าความเร็วรถแทรกเตอร์ ($V_1$, $V_2$, $V_3$) และค่าความเร็วรอบการหมุนที่เลือกไว้ของเพลาขับลูกเบี้ยวควบคุมการสั่นของขาขุดที่ทำให้เกิดการแตกตัวของดินที่เหมาะสมได้แก่ $V_1Ns_1$ $V_2Ns_2$ $V_3Ns_3$ ให้ทำการเปรียบเทียบกับสภาวะตอนที่ต้นแบบยังไม่ได้ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ แล้วทำการปรับค่าให้เหมาะสม

**4) ปัจจัยการทดสอบระบบควบคุมอัตโนมัติส่วนชุดชี่ร่อนเศษดิน**

1. ความเร็วในการเคลื่อนที่ของแทรกเตอร์ มี 3 ระดับได้แก่ ความเร็วต่ำ ($V_1$) ความเร็วปานกลาง ($V_2$) และความเร็วสูง ($V_3$)

2. ความเร็วการหมุนเพลาลูกเบี้ยวควบคุมการสั่นของขาขุดที่เลือกไว้ ที่ทำให้ดินมีการแตกตัวที่เหมาะสม (Ns) มี 3 ระดับ ได้แก่ $Ns_1$ สำหรับ $V_1Ns_2$ สำหรับ $V_2$ และ $Ns_3$ สำหรับ $V_3$

3. ความเร็วการหมุนเพลาลูกเบี้ยวควบคุมการสั่นชุดชี่ร่อนเศษดินที่เลือกไว้ ที่เหมาะกับความเร็วแทรกเตอร์แต่ละระดับ ได้แก่ $ns_1$ สำหรับ $V_1$ $ns_2$ สำหรับ $V_2$ และ $ns_3$ สำหรับ $V_3$ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้การเปลี่ยนขนาดพุลเล่ย์ขับที่ต่อพ่วงจากเพลาขับลูกเบี้ยวที่ควบคุมการสั่นของขาขุด

4. ความชื้นดินปลูกมี 2 ระดับได้แก่ความชื้นต่ำ (mc1 <= 8 % wb ) และความชื้นสูง (mc2 > 8% wb)

5. ลักษณะการปลูก มี 2 ระดับ ได้แก่ การปลูกแบบยกร่อง และไม่ยกร่อง

6. ชนิดดินปลูกมี 2 ระดับ ได้แก่ ดินร่วนปนทราย และดินร่วนปนเหนียว

กรมวิชาการเกษตร

โดยมีข้อมูลที่เก็บเพิ่มเพื่อเป็น**ปัจจัยรอง** ประกอบด้วย ความหนาแน่นรวมของดิน ความต้านทานการแทงทะลุของดิน และความลึกของการขุดโดยเฉลี่ยซึ่งแผนการทดสอบแสดงดังตาราง ที่ 4

**ตารางที่ 4** แผนการทดสอบ ระบบควบคุมอัตโนมัติชุดซี่ร่อนเศษดิน

| ลำดับที่ | การสั่นของซี่ร่อน | ดินร่วนปนทราย | | | | ดินร่วนปนเหนียว | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ยกร่อง | | ไม่ยกร่อง | | ยกร่อง | | ไม่ยกร่อง | |
| | | Mc 1 | Mc 2 | Mc 1 | Mc 2 | Mc 1 | Mc 2 | Mc 1 | Mc 2 |
| 1 | ไม่สั่น | $V_1Ns_1$ | $V_1Ns_1$ | $V_1Ns_1$ | $V_1Ns_1$ | $V_1Ns_1$ | $V_1Ns_1$ | $V_1Ns_1$ | $V_1Ns_1$ |
| 2 | | $V_2Ns_2$ | $V_2Ns_2$ | $V_2Ns_2$ | $V_2Ns_2$ | $V_2Ns_2$ | $V_2Ns_2$ | $V_2Ns_2$ | $V_2Ns_2$ |
| 3 | | $V_3Ns_3$ | $V_3Ns_3$ | $V_3Ns_3$ | $V_3Ns_3$ | $V_3Ns_3$ | $V_3Ns_3$ | $V_3Ns_3$ | $V_3Ns_3$ |
| 7 | สั่น | $V_1Ns_1ns_1$ | $V_1Ns_1ns_1$ | $V_1Ns_1ns_1$ | $V_1Ns_1ns_1$ | $V_1Ns_1ns_1$ | $V_1Ns_1ns_1$ | $V_1Ns_1ns_1$ | $V_1Ns_1ns_1$ |
| 8 | | $V_2Ns_2ns_2$ | $V_2Ns_2ns_2$ | $V_2Ns_2ns_2$ | $V_2Ns_2ns_2$ | $V_2Ns_2ns_2$ | $V_2Ns_2ns_2$ | $V_2Ns_2ns_2$ | $V_2Ns_2ns_2$ |
| 9 | | $V_3Ns_3ns_3$ | $V_3Ns_3ns_3$ | $V_3Ns_3ns_3$ | $V_3Ns_3ns_3$ | $V_3Ns_3ns_3$ | $V_3Ns_3ns_3$ | $V_3Ns_3ns_3$ | $V_3Ns_3ns_3$ |

**ค่าชี้ผลการทดสอบระบบควบคุมอัตโนมัติส่วนชุดซี่ลำเลียงเศษดิน**

ค่าชี้ผลการทดสอบส่วนชุดซี่ลำเลียงเศษดิน ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การแตกตัวของดินโดยเปรียบเทียบขนาดก้อนดินที่ร่วงลงพื้นหลังชุดซี่ร่อนเศษดิน ในพื้นที่ 1 ตารางเมตร โดยแบ่งเป็น

เปอร์เซ็นต์ของก้อนดินขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย > 10 เซนติเมตร)

เปอร์เซ็นต์ของก้อนดินขนาดกลาง (เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ตั้งแต่ 2 - 10 เซนติเมตร)

และเปอร์เซ็นต์ของก้อนดินขนาดเล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย < 2 เซนติเมตร)

**การบันทึกข้อมูลการทดสอบระบบควบคุมอัตโนมัติส่วนชุดซี่ลำเลียงเศษดิน**

1) น้ำหนักของกลุ่มขนาดดินที่ร่วงลงพื้นหลังชุดซี่ร่อนเศษดิน ที่แบ่งเป็นขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก (กิโลกรัม) ในการสุ่มในพื้นที่ขุด 1 ตารางเมตร

2) ความเร็วในการเคลื่อนที่ของแทรกเตอร์ ($V_1$ $V_2$ $V_3$)

3) ความเร็วการหมุนเพลาลูกเบี้ยวควบคุมการสั่นขาขุดที่เลือกไว้ ได้แก่ $Ns_1$ สำหรับ $V_1$ $Ns_2$ สำหรับ $V_2$ และ $Ns_3$ สำหรับ $V_3$

4) ความเร็วการหมุนเพลาลูกเบี้ยวควบคุมการสั่นชุดซี่ร่อนเศษดินที่เลือกไว้ ( $ns_1$ $ns_2$ $ns_3$)

5) ความหนาแน่นรวมของดิน ความต้านทานการแทงทะลุของดิน และความลึกของการขุดโดยเฉลี่ย

**การวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบระบบควบคุมอัตโนมัติส่วนชุดซี่ลำเลียงเศษดิน**

จากผลการทดสอบ ที่แต่ละค่าความเร็วรถแทรกเตอร์ ค่าความเร็วรอบการหมุนของเพลาขับลูกเบี้ยวควบคุมการสั่นของขาขุดที่เลือกไว้ และค่าความเร็วการหมุนเพลาลูกเบี้ยวควบคุมการสั่นชุดซี่ร่อนเศษดิน

กรมวิชาการเกษตร

ที่เลือกไว้ ได้แก่ $V_1Ns_1ns_1$ $V_2Ns_2ns_2$ และ $V_3Ns_3ns_3$ ให้ทำการเปรียบเทียบกับสภาวะตอนที่ต้นแบบยังไม่ได้ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ แล้วทำการปรับค่าให้เหมาะสม เพื่อใช้เป็นกรอบในการทดสอบชุดสายพานหนีบลำเลียงต้นถั่วขึ้นปลิดฝักและเก็บในกระบะต่อไป ซึ่งในส่วนนี้จะเลือกค่าความเร็วชุดลำเลียงที่ใช้ทดสอบเป็น 1 เท่า 1.5 เท่า และ 2.0 เท่า ของความเร็วของชุดซี่ร่อนเศษดินที่เลือกไว้ แต่จะทำการทดสอบในตอนที่ทดสอบในแปลงปลูกถั่วลิสงเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ต่อไป

**8. ผลการทดลองและวิจารณ์**

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของถั่วลิสง พบว่า มีการปลูกทั้งแบบไม่ยกร่อง ดังภาพที่ 34 และแบบยกร่อง ดังภาพที่ 35 โดยแบบยกร่อง มีความกว้างของสันร่อง 80-100 ซม. สูง 20-25 ซม. แถวปลูก 2-3 แถว/สันร่อง และระยะห่างระหว่างต้น 25-30 ซม. การวัดความสูงต้น สำหรับพันธุ์ไทนาน 9 ขอนแก่น 6 มีความสูงต้น ความสูงพุ่ม ตั้งแต่ 25-30 ซม. เมื่อขุดขึ้นมาแล้วดึงยืดออกสูงสุด 80-100 ซม. ระยะแผ่ของฝักถั่ว 40-50 ซม. ส่วนลักษณะดินเป็นดินร่วนปนทราย ดังภาพที่ 36

ภาพที่ 34 การปลูกถั่วลิสงแบบไม่ยกร่อง

ภาพที่ 35 การปลูกถั่วลิสงแบบยกร่อง

ภาพที่ 36 ต้นถั่วลิสงที่ขุดขึ้นมาจากแปลง

ผลการสำรวจการใช้เครื่องเก็บเกี่ยวถั่วลิสงในแปลงของเกษตรกร โดยการประสานงานกับเจ้าหน้าที่ของสำนักงานเทศบาล ต.นาเลียง อ.นาแก จ.นครพนม ดังภาพที่ 37 พบว่าเกษตรกร ต. นาเลียง อ.นาแก จ. นครพนม ปลูกถั่วลิสงหลังฤดูทำนามาแล้ว 15 ปี ในพื้นที่ปลูกปัจจุบันจำนวน 150 ไร่ โดยใช้เมล็ดพันธุ์ขอนแก่น 5 ตามความต้องการของตลาด ด้วยความที่เพาะปลูกถั่วลิสงมาอย่างสม่ำเสมอ ทำให้เป็นที่รู้จักของผู้ซื้อจำนวนมาก เกิดโอกาสในการซื้อขายคล่องตัว มีพ่อค้ามารอรับซื้อถั่วลิสงแบบฝักสดที่หน้าแปลง และยังขายให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปถั่วลิสงในพื้นที่ (ทำถั่วคั่วทราย) จำนวน 2 แห่ง คือวิสาหกิจแปรรูปถั่วลิสง บ้านสองคอน ต.พระซอง อ.นาแก และวิสาหกิจชุมชนแปรรูปถั่วลิสงบ้านต้นผึ้ง ต.นาแก อ.นาแก โดยผลผลิตถั่วลิสง

ของเกษตรกรสามารถทำกำไรได้ถึง 7,000 – 20,000 บาทต่อไร่ จากผลผลิตถั่วลิสงฝักสด 1,000 – 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ สภาพแปลงปลูกโดยทั่งไปแสดงดังภาพที่ 38

ภาพที่ 37 เจ้าหน้าที่ของสำนักงานเทศบาลตำบลนาเลียง อ.นาแก จ.นครพนม ที่ประสานงานในพื้นที่

ภาพที่ 38 สภาพแปลงปลูกถั่วลิสง ในต. นาเลียง อ.นาแก จ.นครพนม

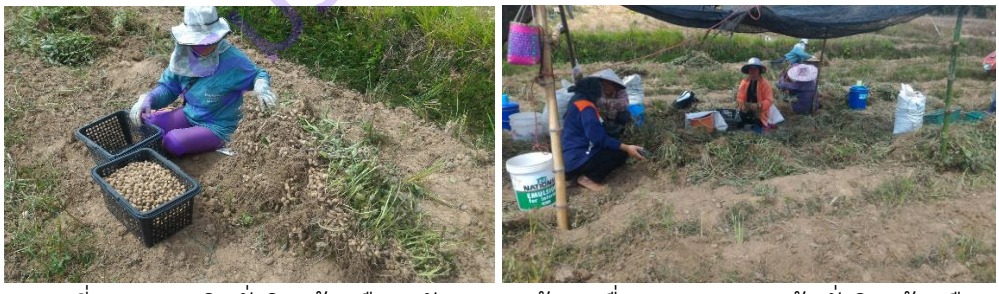
ผลการสำรวจการใช้เครื่องขุดเก็บถั่วลิสงในพื้นที่ที่สำรวจ พบว่ามีเกษตรกรใช้ผาลขุดถั่วลิสงที่ซื้อจากอู่ในท้องถิ่น นำมาพ่วงกับรถไถเดินตาม จำนวน 3 ราย แสดงดังภาพที่ 39 -41 แต่ยังพบปัญหาการขุดเก็บไม่หมดเมื่อดินปลูกแข็งและแห้ง จึงยังมีการใช้จอบและเสียมช่วยขุดและใช้มือดึงต้นถั่วขึ้นจากดิน แสดงดังภาพที่ 42 ส่วนการปลิดฝักถั่วลิสงนั้น ยังใช้แรงงานปลิดด้วยมือ ดังภาพที่ 43 ซึ่งต้องใช้แรงงาน และใช้เวลาในการปลิดจำนวนมาก เกษตรกรจึงอยากให้มีเครื่องขุดเก็บที่ปลิดฝักในตัวที่ทำงานในสภาพดินที่แข็งและแห้ง โดยไม่ต้องฉีดน้ำในแปลงก่อนการเก็บเกี่ยว หรือต้องการเครื่องปลิดฝักที่แยกต่างหาก แต่มีขนาดกะทัดรัด ราคาไม่แพงมาก ซึ่งจะช่วยให้มีการผลิตถั่วลิสงในพื้นที่เพิ่มขึ้นได้

ภาพที่ 39 เครื่องขุดเก็บถั่วลิสงของเกษตรกรในพื้นที่ ต.นาเลียง รายที่ 1

ภาพที่ 40 เครื่องขุดเก็บถั่วลิสงของเกษตรกรในพื้นที่ ต.นาเลียง รายที่ 2

ภาพที่ 41 เครื่องขุดเก็บถั่วลิสงของเกษตรกรในพื้นที่ ต.นาเลียง รายที่ 3

ภาพที่ 42 การใช้จอบ และเสียมช่วยขุดเก็บถั่วลิสงและการดึงด้วยมือ กรณีดินแข็ง



ภาพที่ 43 การปลิดถั่วลิสงด้วยมือ หลั งการขุดด้วยเครื่องขุด และถอนต้นถั่วลิสงด้วยมือ

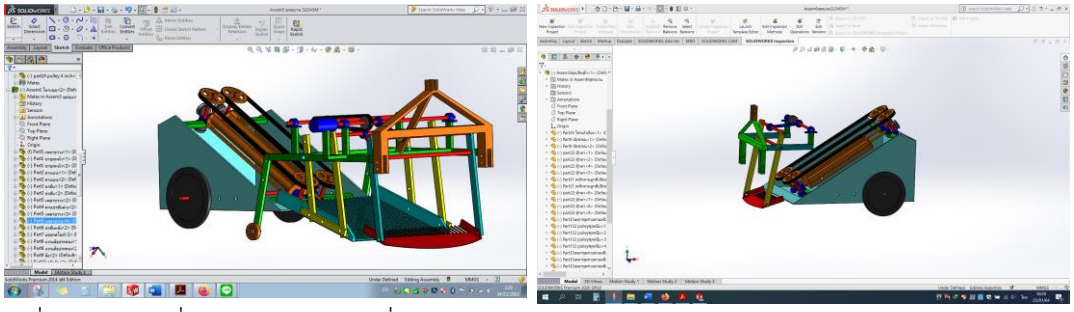
ผลการศึกษาการทำงานเครื่องขุดและปลิดฝักถั่วลิสงของเอกชนที่นำเข้าจากไต้หวัน ดังรูปที่ 44 และเครื่องขุดและตากไว้ในแปลงโดยไม่มีการปลิดฝักของโรงงานท้องถิ่น ดังภาพที่ 45 ภาพที่ 46 และศึกษาขนาดความสูง ความกว้าง ของจุดยึดแบบ 3 จุด ของแทรกเตอร์ ขนาด 21 – 24 แรงม้า เพื่อใช้ออกแบบระยะหูยึดความสูง ความกว้างของชุดโครงเครื่องขุด

ภาพที่ 44 ใบขุด และโซ่หนีบต้นถั่ว และชุดปลิดฝัก ของเครื่องขุดถั่วลิสงจากไต้หวัน

ภาพที่ 45 เครื่องขุดถั่วลิสงแบบมีโซ่หนีบต้นถั่วของโรงงานท้องถิ่น

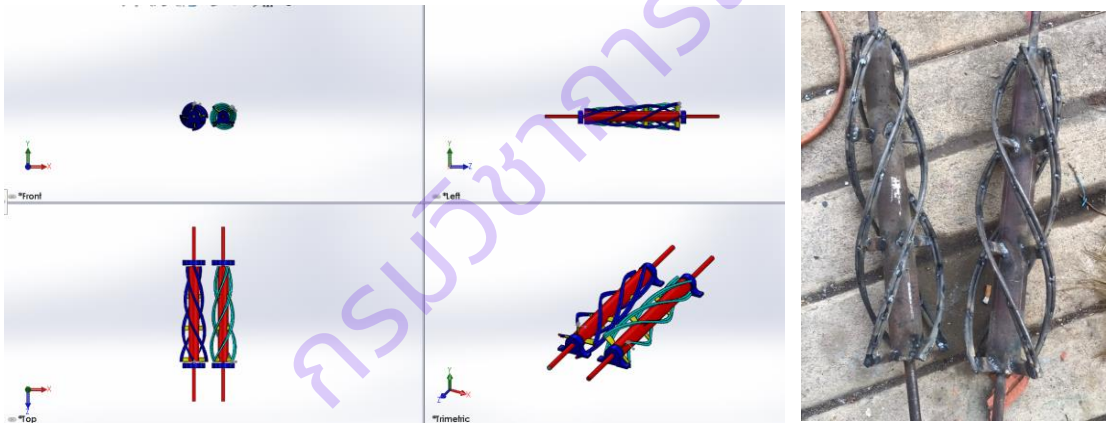
ภาพที่ 46 เครื่องขุดถั่วลิสงแบบมีชุดลำเลียงต้นถั่วแล้วตากไว้ในแปลง ของโรงงานท้องถิ่น

ผลการออกแบบความกว้าง ความยาว มุมขุด และรูปทรงใบผาลขุด ซึ่งผาลขุดถั่วของเครื่องที่มีใช้อยู่ใน จ.สกลนคร มีลักษณะคล้ายใบมีด ยาว 40 ซม กว้าง 15 ซม. ทำหน้าที่ยกดินใต้รากถั่วให้สูงขึ้นพอดีกับโซ่หนีบก็จะถูกหนีบขึ้นไปปลิดฝักต่อไป แต่จากการพิจารณาพบว่าตะแกรงร่อนเศษดิน ดังภาพที่ 47 (ก) ทำให้ต้นถั่วล้ม และไม่ถูกโซ่หนีบเข้าไปสู่ส่วนปลิดฝัก จึงได้ตัดส่วนตะแกรงร่อนเศษดินออกไป ดังภาพที่ 47 (ข)



ภาพที่ 47 แบบเครื่องขุดและปลิดฝักถั่วลิสง (ก)มีตะแกรงร่อนเศษดิน และ (ข) ไม่มีตะแกรงร่อนเศษดิน

ออกแบบชุดขาขุดแบบสั่นและเลือกชุดลูกเบี้ยวที่มีระยะเยื้องที่เหมาะสม กับการสั่นของขาขุด ออกแบบและเลือกเกียร์ทด ที่ต่อพ่วงกับเพลาอำนวยกำลัง เพื่อใช้ในการส่งกำลังและกำหนดความเร็วการหมุนของเพลาชุดลูกเบี้ยวควบคุมการสั่นขาขุด และชุดซี่ร่อนเศษดิน ออกแบบชุดโซ่หนีบลำเลียงต้นถั่ว ซึ่งโซ่หนีบต้นถั่วเป็นโซ่ที่มีลักษณะเฉพาะ มีลักษณะเป็นฟัน ซึ่งจะพบได้ในรถเกี่ยวนวดข้าวญี่ปุ่นมือสองในส่วนของชุดหนีบคอรวง แต่ละข้อยาว 33 มม. เมื่อนำมาต่อกันจะมีลักษณะเป็นโซ่ยาว ออกแบบชุดปลิดฝัก ดังภาพที่ 48 เป็นแกนทรงกระบอก 2 แกน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 0.6 เมตร ติดตั้งอยู่ด้านล่างของโซ่หนีบ แต่ละแกนมีเหล็กเส้นกลมล้อมรอบแบบเป็นเกลียววน และแกนทำมุมกับแนวโซ่หนีบต้นถั่ว เพื่อปลิดต้นถั่วได้สูงขึ้นเรื่อย ๆ ตั้งแต่ทางเข้าและปลิดถึงโคนต้นที่ทางออก และมีกระบะเก็บฝักอยู่ใต้ชุดปลิดฝัก



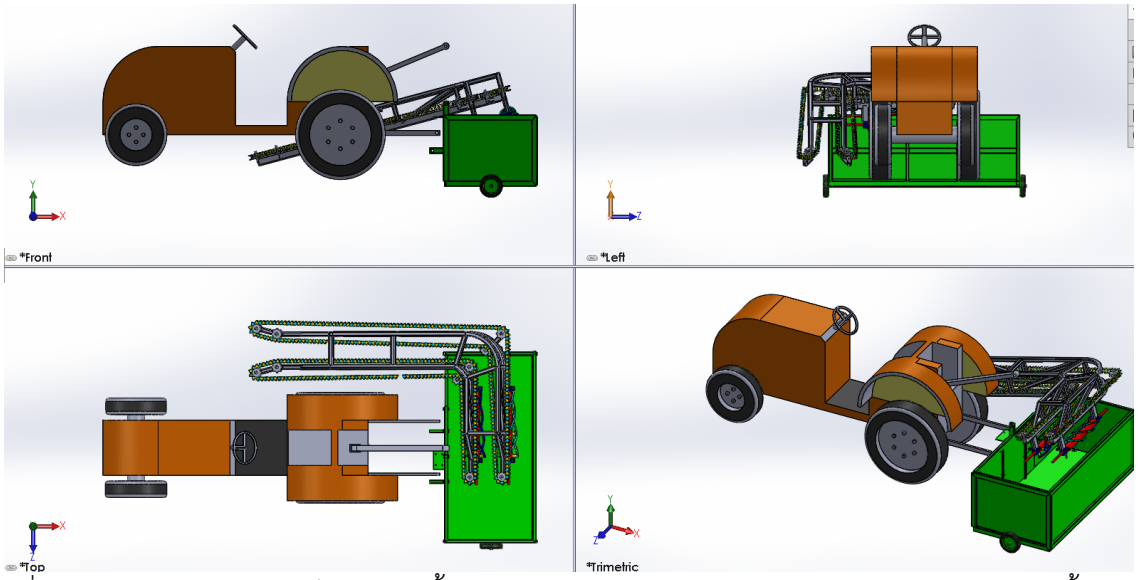

ภาพที่ 48 การออกแบบชุดปลิดฝัก

ผลการสร้างเครื่องต้นแบบ แสดงดังภาพที่ 49 ได้ต้นแบบเครื่องจักรที่ใช้รถแทรกเตอร์ ขนาด 21 แรงม้า เป็นต้นกำลังสำหรับลากชุดขุดและปลิดฝักถั่วลิสงที่ประกอบด้วย ชุดขาขุดที่ ชุดโซ่หนีบลำเลียงต้นถั่ว และชุดปลิดฝักแบบทรงกระบอกคู่ที่มีซี่เหล็กเส้นติดตั้งไว้โดยรอบ ฝักถั่วลิสงที่ถูกปลิดแล้วเก็บไว้ในส่วนกระบะบรรทุกที่อยู่ในชุดเดียวกันกับชุดปลิดฝัก ต้นถั่วที่ถูกปลิดฝักออกแล้วจะถูกทิ้งลงแปลงทางด้านท้ายเครื่อง ส่วนชุดร่อนเศษดินได้ตัดส่วนนี้ออกไปเนื่องจากทดสอบเบื้องต้นแล้วทำให้ต้นถั่วที่ถูกขุดแล้วล้มไม่สามารถเข้าสู่ชุดหนีบเพื่อนำเข้าส่วนปลิดฝัก

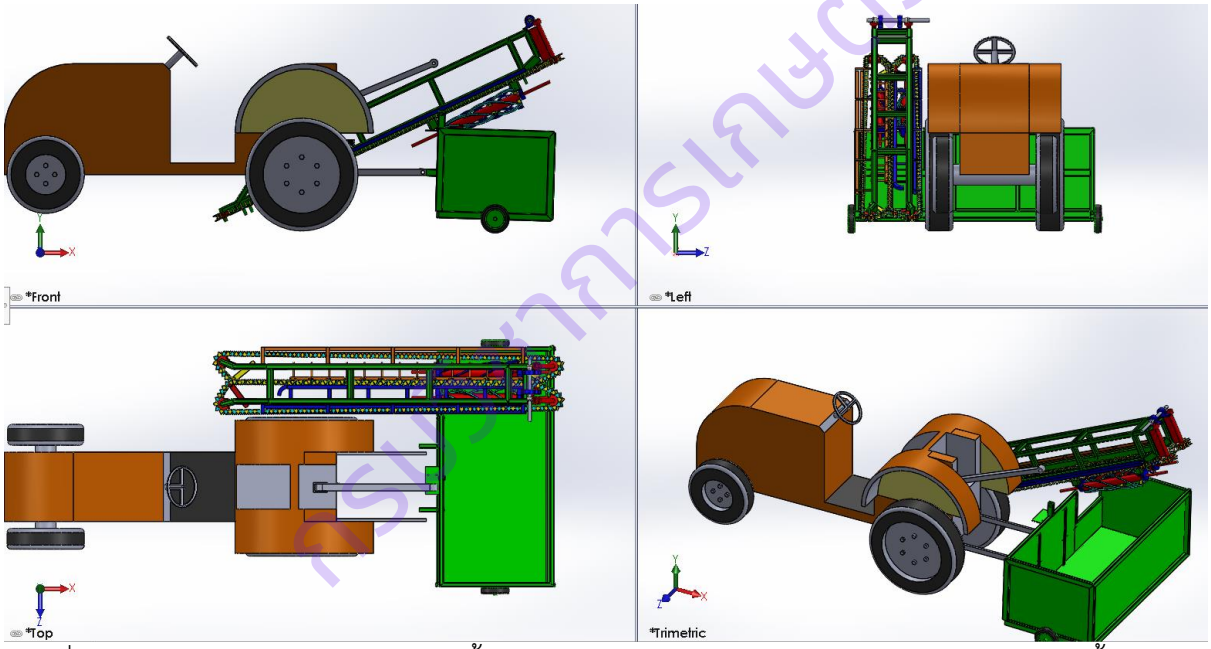
กรมวิชาการเกษตร

**ภาพที่ 49** ต้นแบบ เครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสง ที่ควบคุมการสั่นของขาขุดด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์

ผลการทดสอบต้นแบบเบื้องต้นพบว่า การติดตั้งชุดขุดเก็บและปลิดฝักไว้ท้ายแทรกเตอร์ ทำให้มีปัญหาในการยกของแขนยก และการเลี้ยวหัวแปลง เนื่องจากความยาวและน้ำหนักของชุดเครื่องจักร จึงได้แก้ไขการออกแบบโดยให้มีการติดตั้งไว้ด้านข้างแทรกเตอร์แทน และมีชุดโซ่หนีบที่โค้งมาด้านหลังแทรกเตอร์ และติดตั้งลูกปลิดไว้ด้านหลัง ดังภาพที่ 50 เมื่อทำการสร้างต้นแบบพบว่าการหนีบจับต้นถั่วของชุดโซ่หนีบมีความยุ่งยากในการสร้างประกอบ และมีช่องว่างระหว่างโซ่หนีบในบริเวณที่เป็นส่วนโค้ง ทำให้หนีบจับต้นถั่วได้ไม่ดี จึงได้แก้ไขการออกแบบอีกครั้ง โดยติดตั้งชุดขุดเก็บและปลิดฝักไว้ด้านข้างเช่นเดิม แต่ให้โครงของชุดโซ่หนีบต้นถั่วเป็นแบบตรง และชุดลูกปลิดติดตั้งในแนวขนานกับตัวแทรกเตอร์ ส่วนกระบะเก็บฝักอยู่ด้านหลัง ดังภาพที่ 51 โครงโซ่หนีบต้นถั่วและปลิดฝักแบบตรงที่สร้างขึ้น แสดงดังภาพที 52 ส่วนผลการทดสอบ จะเริ่มทดสอบต้นแบบหลังการแก้ไข ในการทดลองที่ 2 ในปีงบประมาณ 2564




ภาพที่ 50 การออกแบบชุดขุดเก็บแบบติดตั้งไว้ด้านข้างแทรกเตอร์ และมีชุดโซ่หนีบแบบโค้ง และติดตั้งลูกปลิดไว้ด้านหลังแทรกเตอร์




ภาพที่ 51 การออกแบบชุดขุดเก็บแบบติดตั้งไว้ด้านข้างแทรกเตอร์ แต่มีชุดโซ่หนีบแบบตรง และติดตั้งลูกปลิดขนานด้านข้างของแทรกเตอร์

ภาพที่ 52 โครงโซ่หนีบต้นถั่วและปลิดฝักถั่วลิสง แบบตรงที่แก้ไข

**9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ**

ต้นแบบเครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงใช้รถแทรกเตอร์ ขนาด 21 แรงม้า เป็นต้นกำลังสำหรับลากโครงชุดขุดและปลิดฝักถั่วลิสงแบบโครงตรง และติดตั้งด้านข้างแทรกเตอร์ ประกอบด้วย ชุดขาขุด ชุดโซ่หนีบลำเลียงต้นถั่วและชุดปลิดฝักแบบทรงกระบอกคู่ที่มีซี่เหล็กเส้นกลมติดตั้งไว้โดยรอบ ฝักถั่วลิสงที่ถูกปลิดแล้วเก็บไว้ในส่วนกระบะบรรทุกที่อยู่ในชุดเดียวกันกับชุดปลิดฝัก ต้นถั่วที่ถูกปลิดฝักออกแล้วจะถูกทิ้งลงแปลงทางด้านท้ายเครื่อง ผลการทดสอบการทำงานจะเริ่มทดสอบต้นแบบหลังการแก้ไข ซึ่งเป็นการทดลองที่ 2 ในปีงบประมาณ 2564

**10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์**

ได้แบบการสร้างและต้นแบบเครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ใช้รถแทรกเตอร์ ขนาด 21 แรงม้า เป็นต้นกำลัง สำหรับการทดสอบการทำงานในแปลงปลูกถั่วลิสง เพื่อให้ได้เงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์ในปีงบประมาณ 2564

**11. คำขอบคุณ**

**12. เอกสารอ้างอิง**

กลวัชร ทิมินกุล, มงคล ตุ่นเฮ้า, และรังสิต ศิริมาลา. 2556. วิจัยและพัฒนาเครื่องปลิดฝักถั่วลิสงในระดับเกษตรกร. ประชุมวิชาการพืชไร่วงศ์ถั่ว.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2551. คู่มือนักส่งเสริมการเกษตร “ถั่วลิสง”. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 32 หน้า.

คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา. 2542. พฤกษศาสตร์พืชเศรษฐกิจ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529 ก. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. กลุ่มหนังสือเกษตร, กรุงเทพฯ.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529 ข. การสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 และ สข.38, น. 504-509. ในรายงานการสัมมนา เรื่อง งานวิจัยถั่วลิสง ครั้งที่ 5.ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และสถานีทดลองข้าวไร่และธัญพืชเมืองหนาว สะเมิง, เชียงใหม่.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา 2529 ค. การตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์. กลุ่มหนังสือเกษตร, กรุงเทพฯ.

ไชยยงค์ หาราช. 2543. การวิจัยและพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวถั่วลิสงพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 117 หน้า.

ตฤณสิษฐ์ ไกรสินบุรศักดิ์, ดนัย ศาลทูลพิทักษ์, อนุชา เชาว์โชติ, นิวัติ บำรุงกิจ, สนทนา อุเทนสุด, อดิศักดิ์ เกิดบุญนิรันดร์, ปิยะ เวณุจันทร์, สิรภพ พวงทอง, สมนึก ใจดี, มงคล ตุ่นเฮ้า, กลวัชร ทิมินกุล, พุทธนันท์ จารุวัฒน์, พีรพงษ์ เชาวพงษ์, อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์, จิระวีณ์ มหิทธิธนาศักดิ์ และ

กรมวิชาการเกษตร

กันต์ธกรณ์ เขาทอง. 2560. ออกแบบและพัฒนาไถระเบิดดินดานชนิดสั่นที่ขา 2 ขา แบบมีชุดควบคุมความถี่ในการสั่น, น. 117-121. ในรายงาน การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 18 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 10 ประจำปี 2560. ณ ไบเทคบางนา, กรุงเทพฯ.

ธัญญา นิยมาภา และ รัตนา การุญบุญญานันท์. Naresuan University Engineering Journal, Vol.10, No.1, January - June 2015, pp. 40-49.

ปราโมทย์ คำเมือง, ฐานิสร นาคเกื้อ, สุกรี นันตะสุคนธ์ และ สุนทร จ้อยพจน์. 2538. รายงานการวิจัยออกแบบและพัฒนาเครื่องขุดมันฝรั่งติดท้ายรถแทรกเตอร์ (ทะเบียนวิจัยเลขที่ 37 08 001 010) กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 53 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2561. ระบบพันธุ์พืชรับรอง (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.doa.go.th/cv/search_list.php. (เข้าถึงเมื่อ 4 พฤษภาคม 2561).

มงคล กวางวโรภาส. 2530. เครื่องทุ่นแรงในฟาร์ม (Farm machinery). สำนักพิมพ์ลิน, กรุงเทพฯ.

วินิต ชินสุวรรณ. 2545. พัฒนาเครื่องขุด ปลิด และกะเทาะถั่วลิสงเมล็ดโตสำหรับการผลิตรายย่อย

ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น. 2542. เอกสารวิชาการถั่วลิสง. ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น กรมวิชาการเกษตร, ขอนแก่น.

สถาบันวิจัยพืชไร่. 2537. การปลูกพืชไร่. เอกสารวิชาการ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 180 หน้า.

สุดถนอม หอมดอก. 2527. ผลของวันเก็บเกี่ยวที่มีต่อคุณภาพและผลผลิตของเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชไร่. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 120 หน้า.

สุรเวทย์ กฤษณะเศรณี. 2528. เครื่องขุดถั่วลิสง, น. 62-64. ใน กองเกษตรวิศวกรรม. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. *ปริมาณและมูลค่าการส่งออกเมล็ดพันธุ์พืชควบคุมเพื่อการค้าปี 2553-2559*. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/download/FactorOfProduct/ValueExportSeed47-52.html. (เข้าถึงเมื่อวันที่ 26 พฤษภาคม 2560).

อารีย์ วรัญญูวัฒก์. 2527. ถั่วลิสง. น. 224-264.ใน: วัชรินทร์ บุญวัฒน์ (ผู้รวบรวม). พืชเศรษฐกิจ เล่ม 1. (พิมพ์
ครั้งที่ 5). ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อุดม พฤกษานุศักดิ์. 2530. อิทธิพลของความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วลิสง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชไร่. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ.

Clinton, O.J. and R.H. William. 1983. Agricultural Power and Machinery. McGraw Hill, Inc., America. 472 p.

Culpin, C. 1986. Farm Machinery. 11th ed., Collins Professional and Technical Book., London. 450 p.

กรมวิชาการเกษตร

Delouche, J.C. 1971. Determinants of seed quality, pp. 53-68.In Proc. Short Course for Seedsmen. Mississippi State University, Mississippi

Delouche, J.C. and C.C. Baskin.1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. Seed Sci. and Technol. 1: 427-452.

Dey G., R. K. Mukherjee and S. Bal. 1999. Influence of harvest and post-harvest conditions on the physiology and germination of peanut kernels. Peanut Sci. 26: 64-68.

Fundamentals of Machinery Operation (FMO). 1981. Combine Harvesting, Fundamental of Machinery Operation. 2nd ed., John Deer Technical Service, Illinois, USA.212 p.

Hunt, D. 1995. Farm Power and Machinery Management. 9th ed., lowa., USA. 363 p.

Nyamapa, T and V.M Salokhe. 2000. Soil disturbance and force mechanics of vibrating tillage tool. Journal of Terramechanics. 37(3): 151 – 166.

RNAM.1991. Regional Catologue Agricultural Machinery. Economic and Social Commission for Asia and Pacific Regional network for Agricultural Machinery, Bangkok, Thailand. 672 p.

Paul Sumner. 2012. Peanut Digger and Combine Efficiency

P.K.Padmanathan. 2006. Design, Development and Evaluation of Tractor Operated Groundnut Combine Harvester

กรมวิชาการเกษตร

13ภาคผนวก

กรมวิชาการเกษตร