



รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั่นของขาขุด
ด้วยระบบอัตโนมัติแบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก
เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์

Research and Development of Peanut Combine Harvester with
Automatic Control of Digger Leg Vibration Attached to
a Small Tractor for Seed Production

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นายศักดิ์ชัย อาษาวัง

Mr. Sakchai Arsawang

ปี พ.ศ. 2564



รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั่นของขาขุด
ด้วยระบบอัตโนมัติแบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก
เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์

Research and Development of Peanut Combine Harvester with
Automatic Control of Digger Leg Vibration Attached to
a Small Tractor for Seed Production

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นายศักดิ์ชัย อาษาวัง

Mr. Sakchai Arsawang

ปี พ.ศ. 2564

คำปรารภ (Foreword หรือ Preface)

งานวิจัยด้านเครื่องจักรกลการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทำเกษตรแบบแม่นยำในยุคการเกษตร 4.0 มีความสำคัญต่อการพัฒนาและการแข่งขันเพื่อพัฒนาศักยภาพทางด้านการเกษตรของประเทศไทย เพื่อเพิ่มขีดความสามารถแข่งขันให้กับการผลิตเมล็ดพันธุ์พืชและผลักดันให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางเมล็ดพันธุ์พืช (Seed Hub) ของอาเซียนและเอเชียในอนาคต ซึ่งโครงการ “วิจัยและพัฒนาเครื่องชุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั้นของขาชุดด้วยระบบอัตโนมัติแบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์” เป็นงานวิจัยตามแผนแม่บทยุทธศาสตร์ศูนย์กลางเมล็ดพันธุ์ พ.ศ. 2558-2567 ในการพัฒนาเครื่องมือในกระบวนการผลิตซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานสนับสนุนการผลิตเมล็ดพันธุ์ (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2559) ที่กรมวิชาการเกษตรได้รับมอบหมายภารกิจจากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

คณะผู้วิจัยจึงได้จัดทำผลงานวิจัยเรื่องเต็มของโครงการวิจัยดังกล่าวนี้ เพื่อหวังว่าองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่ได้จากผลงานวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร นักวิชาการในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชน รวมถึงผู้ที่สนใจ

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	1
ผู้วิจัย.....	2
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	3
บทนำ.....	4
บทคัดย่อ.....	5
กิจกรรมที่ 1: การออกแบบและสร้างเครื่องชุดเก็บและปลดฝักถั่วลิสง ที่ควบคุมการสั่นของขาชุดด้วยระบบอัตโนมัติแบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์.....	7
กิจกรรมที่ 2: การทดสอบเครื่องชุดเก็บและปลดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั่นของขาชุด ด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กเพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์.....	7
บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	55
บรรณานุกรม.....	56
ภาคผนวก	58

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชขอนแก่น ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น รวมถึงเกษตรกรในพื้นที่ ที่เอื้อเพื่อแปลงวิจัยสำหรับการทดสอบเครื่องชุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั้นของขาชุดด้วยระบบอัตโนมัติแบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ และรวมถึง เจ้าหน้าที่ และพนักงานจ้างเหมาทุกท่านที่มีได้เอื้อนาม ที่ช่วยเหลือร่วมมือในการสร้าง และการทดสอบต้นแบบในภาคสนาม

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

นายศักดิ์ชัย อาษาวัง

สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

นายเวียง อากรชี

สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น

นายวุฒิพล จันทร์สระคู

สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมสุราษฎร์ธานี

นายเอกภาพ ป้านภูมิ

สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น

นายตฤณสิษฐ์ ไกรสินบุรีศักดิ์

สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

นายสิทธิพงษ์ ศรีสว่างวงศ์

สังกัด ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชขอนแก่น

กรมวิชาการเกษตร

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

- A คือ น้ำหนักฝักถั่วทั้งหมดในพื้นที่ทดสอบ (กิโลกรัม)
- B คือ น้ำหนักฝักถั่วที่ไม่ถูกขูด และฝังอยู่ใต้ดินในพื้นที่ทดสอบ (กิโลกรัม)
- C คือ น้ำหนักฝักถั่วที่ถูกขูด และร่วงบนดินในพื้นที่ทดสอบ (กิโลกรัม)
- D คือ น้ำหนักฝักถั่วที่ผลิตได้ในพื้นที่ทดสอบ และอยู่ในกระบะเก็บฝัก (กิโลกรัม)
- E คือ น้ำหนักฝักถั่วที่ไม่ถูกผลิต ติดไปกับต้นถั่ว ในพื้นที่ทดสอบ (กิโลกรัม)
- F คือ น้ำหนักฝักถั่วสภาพสมบูรณ์คัดจากกระบะ ในพื้นที่ทดสอบ (กิโลกรัม)
- G คือ น้ำหนักฝักถั่วที่แตกหักคัดจากกระบะ ในพื้นที่ทดสอบ (กิโลกรัม)
- H คือ น้ำหนักฝักถั่วสภาพสมบูรณ์ที่มีข้อติดฝักคัดจากกระบะในพื้นที่ทดสอบ (กิโลกรัม)
- I คือ น้ำหนักข้อจากฝักที่มีข้อติดฝักจากกระบะในพื้นที่ทดสอบ (กิโลกรัม)
- J คือ น้ำหนักต้นถั่วในพื้นที่ทดสอบ (กิโลกรัม)
- K คือ น้ำหนักฝักถั่วที่ผลิตได้ในพื้นที่ทดสอบ และถูกจัดเก็บในกระบะ (กิโลกรัม)
- L_B คือ ความสูญเสียฝักถั่วลิสงจากการไม่ถูกขูดและฝังอยู่ใต้ดิน (%)
- L_C คือ ความสูญเสียฝักถั่วลิสงจากการถูกขูดและร่วงอยู่บนดิน (%)
- L_E คือ ความสูญเสียฝักถั่วลิสงจากการไม่ถูกผลิตและติดไปกับต้นถั่ว (%)
- L_G คือ ความสูญเสียฝักถั่วลิสงจากการแตกหัก (%)
- K_e คือ ประสิทธิภาพในการผลิตฝักถั่วลิสง (%)
- H_e คือ ประสิทธิภาพในการผลิตข้อจากฝักถั่วลิสง (%)
- I_e คือ การคัดแยกข้อออกจากฝักถั่วลิสง (%)
- L1 คือ เกียร์ Low 1 ของแทรกเตอร์
- L2 คือ เกียร์ Low 2 ของแทรกเตอร์
- L3 คือ เกียร์ Low 3 ของแทรกเตอร์
- H1 คือ เกียร์ High 1 ของแทรกเตอร์

บทนำ

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 โดยพืชกลุ่มถั่วเศรษฐกิจมีพื้นที่ปลูกไม่มากนัก 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

การแก้ปัญหาขาดแคลนเมล็ดพันธุ์คุณภาพดี กรมวิชาการเกษตรได้ผลิตเมล็ดพันธุ์หลักที่รัฐบาลแนะนำ และส่งเสริมไปให้สหกรณ์การเกษตร กลุ่มเกษตรกร และผู้ประกอบการรายย่อยที่มีอยู่เป็นจำนวนมากทำการขยายพันธุ์ ภายใต้การดูแลและแนะนำของเจ้าหน้าที่ที่มีความชำนาญด้านการขยายพันธุ์พืชที่มีอยู่ตามศูนย์วิจัยต่างๆ นอกจากนี้ยังส่งเสริมเทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวที่ลดการสูญเสีย และประหยัดแรงงาน เนื่องจากเครื่องชุดถั่วลิสงสามารถทำงานได้มากกว่าการใช้แรงงานคนราว 133 เท่า แต่เครื่องเก็บเกี่ยวถั่วลิสงขนาดใหญ่ที่มีระบบขับเคลื่อนตัวเองในตัวแบบตีนตะขาบนั้นเหมาะกับการเก็บเกี่ยวในแปลงปลูกขนาดใหญ่เพื่อนำเข้าสู่กระบวนการแปรรูปในโรงงานขนาดใหญ่ จึงยังไม่เหมาะกับการใช้งานในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ซึ่งเหมาะกับการใช้แทรกเตอร์ขนาดเล็กเป็นต้นกำลังลากพ่วงมากกว่า อีกทั้งการใช้เครื่องขนาดเล็กยังสามารถจัดการทางด้านคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ได้ง่ายกว่า ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาเครื่องชุดเก็บและผลิตฝักถั่วลิสง ที่ควบคุมการสั่นของขาชุดด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กและมีระบบการปลิดฝักจะเป็นการลดทั้งเวลาและขั้นตอนในการเก็บเกี่ยวได้มากขึ้น จึงเป็นการจูงใจและช่วยสนับสนุนการเพิ่มพื้นที่ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงของกลุ่มเกษตรกรเครือข่ายที่ร่วมโครงการผลิตเมล็ดพันธุ์ ซึ่งส่วนมากแล้วมีพื้นที่ปลูกรายละเอียดประมาณ 5 ไร่ ให้สามารถเพิ่มพื้นที่การปลูกได้ไม่ต่ำกว่ารายละเอียด 20 ไร่ จึงเป็นการช่วยลดปัญหาการขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ทั้งด้านปริมาณและคุณภาพได้

บทคัดย่อ

เครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสิ้นของขาขุดด้วยระบบอัตโนมัติแบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กเพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ ใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 21 แรงม้าเป็นต้นกำลัง โช้หนีบตันถั่วติดตั้งในแนวขนานกับตัวแทรกเตอร์และมีชุดลูกปลิดอยู่ที่โช้หนีบ ส่วนกระบะจัดเก็บฝักถั่วลิสงติดตั้งอยู่ด้านหลังเครื่องต้นแบบที่ไม่สิ้นชุดขามีการสูญเสียรวมต่ำกว่าแบบสัน โดยควรเลือกใช้งานที่เกียร์ L2 รอบเครื่องยนต์ 1,000 หรือ 1,200 รอบต่อนาที การสูญเสียจากฝักที่ไม่ถูกขุด ฝักร่วงบนดิน และการแตกหักก็น้อย และมีการสูญเสียรวมในช่วง 9 %- 11.8 % ความสามารถในการทำงาน 0.334 ไร่ / ชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.31 ลิตร / ไร่ ประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ 83.33 % มีจุดคุ้มทุน (Break-even Point, BEP) เท่ากับ 45.89 ไร่ / ปี หากมีการรับจ้าง 200 ไร่ / ปี ที่ราคาจ้างประมาณ 800 บาท / ไร่ จำนวนวันขั้นต่ำที่ต้องปฏิบัติงานเท่ากับ 17 วันต่อปี ระยะเวลาคืนทุน 1.43 ปี

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

Peanut Combine Harvester with Automatic Vibration Control of Digger Leg attached to a Small Tractor for Seed Production using a 21 hp tractor. The nut keeping chain is mounted parallel beside to the tractor and has a set of peanut pods pick off located under the chain and peanut pod storage pickup is located at the back. Prototype that doesn't shake the legs show lower total loss than oscillating type. It is preferable to use the L2 gear at 1,000 or 1,200 rpm, which has a total loss in the range of 9% - 11.8%, but losses from unearthed pods, pod fall on the ground and breakage are minimal. Capacity 0.334 rai / h, fuel consumption 2.31 liters / rai, spatial efficiency 83.33%, break-even point (BEP) equal to 45.89 rai / year, if there is a contract of 200 rai / year at the contract price about 800 baht / rai, the minimum number of days The required work time is 17 days per year, payback period 1.43 years.

คณะวิศวกรรมศาสตร์

กิจกรรมที่ 1

การออกแบบและสร้างเครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั่นของขาขุดด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์

Design and prototyping of Peanut Combine Harvester with Automatic Control of Digger Leg Vibration Attached to a Small Tractor for Seed Production

กิจกรรมที่ 2

การทดสอบเครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั่นของขาขุดด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์

Testing of Peanut Combine Harvester with Automatic Control of Digger Leg Vibration Attached to a Small Tractor for Seed Production

ศักดิ์ชัย อาษาวิ้ง, เวียง อากรซี, วุฒิพล จันทร์สระคู, เอกภาพ ป้านภูมิ,
ตฤณสิทธิ์ ไกรสินบุรศักดิ์, สิทธิพงษ์ ศรีสว่างวงศ์,

คำสำคัญ (Key words)

ถั่วลิสง เครื่องขุด เครื่องเก็บเกี่ยว ระบบควบคุมอัตโนมัติ
Peanut Digger harvester machine Automatic Control

บทคัดย่อ

เครื่องชุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั่นของขาชุดด้วยระบบอัตโนมัติแบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กเพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ ใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 21 แรงม้าเป็นต้นกำลัง โซ่หนึบต้นถั่วติดตั้งในแนวขนานกับตัวแทรกเตอร์และมีชุดลูกปลิดอยู่ใต้โซ่หนึบ ส่วนกระบะจัดเก็บฝักถั่วลิสงติดตั้งอยู่ด้านหลังเครื่องต้นแบบที่ไม่สั่นชูดขามีการสูญเสียรวมต่ำกว่าแบบสัน โดยควรเลือกใช้งานที่เกียร์ L2 รอบเครื่องยนต์ 1,000 หรือ 1,200 รอบต่อนาที การสูญเสียจากฝักที่ไม่ถูกชุด ฝักร่วงบนดิน และการแตกหักมีน้อย และมีการสูญเสียรวมในช่วง 9 %- 11.8 % อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.31 ลิตร / ไร่ ประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ 83.33 % มีจุดคุ้มทุน (Break-even Point, BEP) เท่ากับ 45.29 ไร่ / ปี หากมีการรับจ้าง 200 ไร่ / ปี ที่ราคาจ้างประมาณ 800 บาท / ไร่ จำนวนวันขั้นต่ำที่ต้องปฏิบัติงานเท่ากับ 17 วันต่อปี ระยะเวลาคืนทุน 1.55 ปี

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

Peanut Combine Harvester with Automatic Vibration Control of Digger Leg attached to a Small Tractor for Seed Production using a 21 hp tractor. The nut keeping chain is mounted parallel beside to the tractor and has a set of peanut pods pick off located under the chain and peanut pod storage pickup is located at the back. Prototype that doesn't shake the legs show lower total loss than oscillating type. It is preferable to use the L2 gear at 1,000 or 1,200 rpm, which has a total loss in the range of 9% - 11.8%, but losses from unearthed pods, pod fall on the ground and breakage are minimal. Fuel consumption 2.31 liters / rai, spatial efficiency 83.33%, break-even point (BEP) equal to 45.89 rai / year, if there is a contract of 200 rai / year at the contract price about 800 baht / rai, the minimum number of days The required work time is 17 days per year, payback period 1.43 years.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ (Introduction)

ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์พืชที่มีศักยภาพของภูมิภาคเอเชีย ทั้งการเป็นผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ที่พัฒนาเองในประเทศ และผลิตเมล็ดพันธุ์ที่มีการพัฒนามาจากต่างประเทศ ซึ่งขณะนี้ต่างชาติเข้ามาลงทุนผลิตเมล็ดพันธุ์พืชในไทยเพื่อการส่งออกมากขึ้น การผลิตเมล็ดพันธุ์พืชของประเทศไทยมีอยู่ 2 ลักษณะคือ หน่วยงานภาครัฐเป็นผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์พืชที่เป็นความมั่นคงทางด้านอาหารของประเทศ เช่น ข้าว พืชตระกูลถั่วต่าง ๆ ส่วนภาคเอกชนจะเป็นผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์พืชเพื่อการค้า 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 พืชกลุ่มถั่วเศรษฐกิจมีพื้นที่ปลูกไม่มากนัก 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 นอกจากนี้ยังควรจะมีการส่งเสริมเทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวที่ลดการสูญเสียและประหยัดแรงงาน โดยเฉพาะการส่งเสริมการใช้เครื่องจักรกลการเกษตรขนาดเล็กที่เหมาะสม มีความแม่นยำในการปลูกและเก็บเกี่ยวแล้วนำไปจำหน่ายให้แก่เกษตรกรตามแหล่งเพาะปลูกสำคัญ ไชยงค์ (2543) ได้ทดสอบเครื่องขุดถั่วลิสงแบบพวงท้ายแทรกเตอร์ขนาด 81 แรงม้า ที่มีใบมีดขุด แยกดิน และโรยตากต้นถั่ว แต่ยังไม่มียุทธศาสตร์การผลิตฝัก โดยทดสอบกับถั่วลิสง พันธุ์ขอนแก่น 60-3 ที่ปลูกในสภาพดินร่วนปนทราย ระยะปลูก 20 x 20 เซนติเมตร พบว่าเมื่อใช้ความเร็วแทรกเตอร์ในแปลงเก็บเกี่ยว 0.81 เมตรต่อวินาที เครื่องขุดมีความสามารถในการทำงาน 2.41 ไร่ต่อชั่วโมง ส่วนการถอนโดยใช้แรงงานคน พบว่าทำงานได้เพียง 0.018 ไร่ต่อชั่วโมง จึงเห็นได้ว่าการใช้เครื่องขุดถั่วลิสงมีความสามารถในการทำงานมากกว่าการใช้แรงงานคนราว 133 เท่า และหากเพิ่มให้มีระบบการผลิตฝักจะเป็นการลดทั้งเวลา และขั้นตอนในการเก็บเกี่ยวได้มากขึ้น จึงเป็นการจูงใจและช่วยสนับสนุน

การเพิ่มพื้นที่ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงของกลุ่มเกษตรกรเครือข่ายที่ร่วมโครงการผลิตเมล็ดพันธุ์ ซึ่งส่วนมากแล้วมีพื้นที่ปลูกรายละเอียดประมาณ 5 ไร่ ให้สามารถเพิ่มพื้นที่การปลูกได้ไม่ต่ำกว่ารายละเอียด 20 ไร่ ขึ้นไปได้

เครื่องเก็บเกี่ยวถั่วลิสงที่มีการวิจัยมาก่อนหน้านี้ของกรมวิชาการเกษตรมีขนาดใหญ่ ที่มีระบบขับเคลื่อนตัวเองในตัวแบบตีนตะขาบ ซึ่งเหมาะกับการเก็บเกี่ยวในแปลงปลูกขนาดใหญ่ ที่เน้นการเก็บเกี่ยวถั่วลิสงเพื่อนำเข้าสู่กระบวนการแปรรูปในโรงงานขนาดใหญ่ จึงยังไม่เหมาะกับการใช้งานในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมกับการใช้แทรกเตอร์ขนาดเล็กเป็นต้นกำลังลากพ่วงมากกว่า และยังมีผลต่อการเกิดการอัดตัวของดินในแปลงปลูกน้อยกว่า อีกทั้งการใช้เครื่องขนาดเล็กยังสามารถจัดการทางด้านคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ได้ง่ายกว่า

การเก็บเกี่ยวถั่วลิสงแบบดั้งเดิมใช้แรงงานในการเก็บเกี่ยวจำนวนมาก โดยเฉพาะค่าแรงงานคิดเป็น 60 % ของต้นทุนการผลิตถั่วลิสงทั้งหมด อีกทั้งยังทำให้เกิดความเหนื่อยล้าอย่างมาก ปัจจุบันแรงงานด้านการเกษตรขาดแคลนมากขึ้นและมีอายุเฉลี่ยราว 40 ปี และแรงงานคนรุ่นใหม่เข้าสู่ภาคการเกษตรมีน้อยลงอย่างมาก เครื่องเก็บเกี่ยวถั่วลิสงขนาดเล็กที่เหมาะสม และมีความแม่นยำ จึงควรประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติหรือสมองกลฝังตัว ดังนั้นควรมีการวิจัยและพัฒนาเครื่องชุดถั่วลิสงแบบต่อพ่วงแทรกเตอร์ขนาดเล็กที่มีขนาดตั้งแต่ 21 – 24 แรงม้า ซึ่งมีใช้ค่อนข้างมาก และเหมาะกับพื้นที่การปลูกของเกษตรกรรายย่อยที่เป็นเครือข่ายปลูกถั่วลิสงเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ และควรมีการทำงานทั้งการชุด เขย่าดินที่ติดฝักออกได้ และปลิดฝักพร้อมเก็บฝักในกระบะบรรจุทุก

การวิจัยและพัฒนาเครื่องชุดถั่วลิสงดังกล่าวจะเป็นการเพิ่มขีดความสามารถทางเศรษฐกิจของประเทศ 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

การทบทวนวรรณกรรม

กรอบแนวคิดในการวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดถั่วลิสง เริ่มจากการศึกษาวิธีการเก็บเกี่ยวถั่วลิสง และการศึกษาเครื่องขุดถั่วลิสง และเครื่องจักรอื่นที่มีการทำงานคล้ายกัน ทั้งจากต่างประเทศและในประเทศไทย แล้วนำข้อดีต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ ซึ่งคาดหวังว่า เครื่องต้นแบบที่ได้จะเพิ่มผลผลิตในการผลิตเมล็ดพันธุ์ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ ช่วยลดต้นทุนแรงงานลงได้อย่างเหมาะสม ซึ่งพบว่าวิธีการเก็บเกี่ยวถั่วลิสงโดยทั่วไปประกอบด้วย 1) การถอนหรือดึงด้วยแรงงานคน นิยมใช้กับแปลงที่มีดินร่วนซุย ไม่แน่นทึบ แต่วิธีนี้ยังมีประสิทธิภาพการทำงานต่ำ ฝักมักขาดติดดิน ทำให้ไม่สามารถขยายพื้นที่เพาะปลูกได้ 2) การขุดด้วยจอบ วิธีนี้พบโดยทั่วไปในประเทศไทย ใช้กับแปลงที่ดินแน่นทึบ แข็งหรือแห้งเกินไป ซึ่งหากถอนด้วยมืออย่างเดียวฝักจะขาดติดดินมาก จึงใช้จอบขุดและเขี่ยดินออกปรกติทำงานได้ช้ากว่าการถอนด้วยมือ และหากพื้นที่ขนาดใหญ่จะมีความเหนื่อยล้าสะสม จึงเป็นการสิ้นเปลืองเวลาและแรงงานมาก 3) การใช้เครื่องขุดถั่วลิสงทั้งต้น เครื่องจะขุดยกดินและต้นถั่วให้ลอยพ้นหัวขุดแล้วทิ้งกลับลงไปแปลง เพื่อให้ดินรอบต้นถั่วแตกตัวหรือหลวมฟูขึ้น ทำให้ใช้แรงงานถอนได้ง่ายและสะดวกขึ้น มีข้อดีคือ อัตราการทำงานสูง ใช้ได้กับดินที่แน่นทึบหรือร่วนปนทรายก็ได้ แต่ยังไม่สิ้นเปลืองแรงงานคนมาก และต้นถั่วที่ทิ้งลงมีการกระจายไม่เป็นระเบียบ และมีบางส่วนถูกดินทับไว้ 4) เครื่องขุดและแยกดินแบบไม่มีการเขี่ย เครื่องแบบนี้จะต่างกับแบบขุดทั้งต้น โดยจะแยกดินออกจากต้นถั่วได้มากขึ้นด้วยกลไกที่ไม่ซับซ้อน โดยเครื่องจะขุดถั่วทั้งต้นขึ้นมาพร้อมกับดิน และส่งเข้ากลไกสำหรับแยกดิน มีการวางต้นถั่วได้ดีขึ้น โดยปล่อยต้นถั่วลงบนมูลดินที่ถูกแยกออกมาก่อนแล้ว ทำให้โอกาสถูกดินทับน้อยลงแต่ความสามารถในการทำงานน้อย และใช้ได้กับแปลงที่ปลูกแบบยกร่องเท่านั้น 5) การใช้เครื่องขุด พร้อมเขี่ยแยกดินที่ขุดลำเลียงและโรยตากต้นถั่ว (Groundnut digger – shaker windrower) มีชุดหัวขุดทำหน้าที่ตัดรากถั่วลิสงที่ระดับต่ำกว่าฝักแล้วยกถั่วลิสงทั้งต้นขึ้นมาพร้อมกับดิน ขณะเดียวกันดินรอบต้นถั่วจะแตกตัวก่อนถูกส่งขึ้นสายพานลำเลียง การสั่นสะเทือนอันเนื่องมาจากการทำงานของชุดเครื่องมือจะช่วยให้ดินเกิดการแยกตัวได้ดียิ่งขึ้น ส่วนต้นถั่วที่แยกดินออกไปแล้วจะถูกโรยทิ้งลงบนมูลดินที่ด้านหลังของสายพานลำเลียงเพื่อตากให้แห้ง 6) การใช้เครื่องขุดพร้อมเขี่ยที่ขุดลำเลียงและโรยตากต้นถั่วแบบพลิกกลับ (Inverters) มีอุปกรณ์เพิ่มเข้ามาที่ส่วนท้ายของสายพานลำเลียง เพื่อทำหน้าที่พลิกกลับต้นถั่วให้ฝักหงายขึ้นด้านบน ซึ่งทำให้ฝักตากแห้งได้เร็วขึ้น 7) การใช้เครื่องเก็บเกี่ยวและนวดถั่วลิสง ซึ่งเป็นเครื่องที่ทำงานในขั้นตอนต่อจากเครื่องขุดต้นถั่วลิสงซึ่งต้นถั่วถูกขุดและโรยตากไว้เป็นแนวยาวในแปลงจนแห้งดีแล้ว เครื่องถูกลากจูงด้วยแทรกเตอร์ กลไกการทำงานต่าง ๆ ทำงานโดยการถ่ายทอดกำลังขับเคลื่อนจากเพลลาอำนาจกำลัง กลไกการทำงานค่อนข้างซับซ้อน มีส่วนประกอบหลัก เช่น หัวเก็บต้นถั่ว เกลียวป้อน ชุดลูกไม่ผลิตฝัก พัดลมทำความสะอาด ตะแกรงทำความสะอาดแยกเศษต้นถั่วและสิ่งเจือปน และมีถังบรรจุฝักถั่วลิสง เป็นต้น เครื่องแบบนี้ถูกพัฒนาขึ้นใช้งานในประเทศสหรัฐอเมริกา เหมาะกับการใช้งานในพื้นที่เพาะปลูกขนาดใหญ่เพื่อป้อนโรงงานอุตสาหกรรม แต่ยังมีข้อจำกัดเนื่องจาก ชนิดของดิน อากาศ ลักษณะ และปริมาณน้ำฝน อาจกล่าวได้ว่าเครื่องแบบนี้เหมาะกับการใช้งานในประเทศสหรัฐอเมริกาเท่านั้น นอกจากนี้ยังได้ศึกษาถึงเครื่องเก็บเกี่ยวอื่น ๆ ที่มีการทำงานคล้ายกัน เช่นเครื่องขุดมันฝรั่ง โดยทั่วไปจะมีชุดขุด และชุดลำเลียงที่เป็นสายพานแบบตะแกรงร่อนดิน และเครื่องขุดขนาดเล็กแบบขาขุดไม่สั่นแต่มีการสั่นที่ซีร่อนดินควบคุมด้วยกลไก แต่การใช้กลไกยังไม่สามารถปรับค่าการสั่นที่เหมาะสมกับความเร็วการเคลื่อนที่ของรถทำให้การร่อนแยกดินยังไม่ดีพอ แต่สามารถนำหลักการสั่นของซีร่อนดินมาประยุกต์ใช้ได้

จากการศึกษาอาจสรุปได้ว่า เครื่องจากต่างประเทศมักมีขนาดใหญ่เช่น เครื่องชุดถั่วลิสงทั้งต้นเครื่องชุดแบบเขย่าที่ชุดลำเลียงและโรยตากแบบพลิกกลับ (Inverters) ซึ่งใช้ร่วมกับเครื่องเก็บเกี่ยวและขนาดถั่วลิสงแต่เหมาะกับการใช้งานในพื้นที่ปลูกขนาดใหญ่เท่านั้น และเนื่องจากปัญหาล้อที่กว้างและมีการเหยียบต้นถั่ว จึงไม่เหมาะกับการผลิตเมล็ดพันธุ์ในประเทศไทย ซึ่งส่วนมากแปลงปลูกมีขนาดเล็ก

เครื่องชุดถั่วลิสงขนาดเล็กของประเทศญี่ปุ่นโดยทั่วไปมีการชุดโดยไม่มีการสั่นของขาชุด แล้วเก็บรวบรวมด้วยแรงงานคนนำไปตากให้แห้ง ก่อนนำไปปลิดฝักด้วยเครื่องปลิด และยังมีเครื่องชุดอีกแบบหนึ่งที่ใช้กลไกควบคุมการสั่นที่ขาชุด แต่การใช้กลไกยังไม่สามารถปรับค่าการสั่นที่เหมาะสมกับความเร็วการเคลื่อนที่ของรถเช่นกัน ทำให้มีดินอัดที่หน้าขาชุดได้นอกจากนี้ยังไม่พบว่ามีการสั่นของชุดซึ่งร้อนเศษดินแต่สามารถนำหลักการสั่นของขาชุดมาประยุกต์ใช้ได้

เครื่องชุดถั่วลิสงขนาดเล็กของประเทศจีนมักเป็นแบบ เครื่องชุด เขย่าแยกดินที่ชุดลำเลียงและโรยตากต้นถั่วไว้ในแปลง แล้วเก็บรวบรวมด้วยแรงงานคนนำไปนำไปปลิดฝักด้วยเครื่องปลิด และยังมีเครื่องชุดอีกแบบหนึ่งซึ่งมีซึ่งร้อนเศษดินติดกับขาชุดแต่ทั้งขาชุดและซึ่งร้อนดินไม่มีการสั่นแต่มีชุดลำเลียง ต้นถั่วขึ้นจากดินหลังการชุดที่เป็นสายพานลวดถัก และปล่อยต้นถั่วตากไว้ให้แห้งที่แปลง นอกจากนี้ยังพบว่ามีการใช้เครื่องนวดปลิดฝักขนาดใหญ่ที่ใช้งานในแปลงได้โดยยังคงใช้แรงงานในการป้อนต้นถั่วที่ตากไว้เข้าไปปลิดฝักอย่างไรก็ตามเครื่องชุดขนาดเล็กของจีนนั้นมีขนาดและระบบลำเลียงต้นถั่วที่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้ผลิตเมล็ดพันธุ์ในประเทศไทยได้

เครื่องชุดถั่วลิสงจากประเทศไต้หวัน มีขนาดค่อนข้างใหญ่ ขับเคลื่อนด้วยระบบล้อตีนตะขาบ มีระบบชุดแล้วยกต้นถั่วขึ้นเหนือใบชุดแล้วชุดสายพานหนีปลิดฝักต้นถั่วเข้าสู่ส่วนการปลิดฝัก และเก็บฝักถั่วไว้ในถังเก็บ แต่เนื่องจากมีขนาดค่อนข้างใหญ่จึงยังไม่เหมาะกับการใช้ในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์เช่นกันแต่ระบบลำเลียงและระบบการปลิดฝักสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้

เครื่องชุดถั่วลิสงจากประเทศจากไทยขนาดเล็กที่เคยมีการวิจัยและใช้งานเป็นเครื่องชุดและแยกดินแบบไม่มีการเขย่า แต่ยังมีปัญหาเรื่องมีเศษดินติดกับต้นถั่ว นอกจากนี้การควบคุมยังไม่สะดวก เพราะต้นถั่วหล่นลงมาขวางทางเดินของผู้ควบคุมเครื่อง รวมถึงการมีเกอวัลย์และวัชพืชเกาะติดที่ขาชุดมากหากแปลงปลูกมีวัชพืชส่วนเครื่องขนาดใหญ่ที่มีใช้งานในแปลงปลูกขนาดใหญ่ ซึ่งมีระบบลำเลียงต้นถั่วด้วยตะแกรงสายพานแต่ก็เหมาะกับการใช้งานในแปลงขนาดใหญ่ที่ปลูกเพื่อส่งผลผลิตเข้าสู่โรงงานแปรรูป จึงยังไม่เหมาะกับการเก็บเกี่ยวเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ในแปลงขนาดเล็ก สำหรับเครื่องปลิดฝักถั่วลิสงที่มีรายงานการใช้งานในประเทศไทยเป็นแบบทำงานอยู่กับที่ ลูกปลิดมีลักษณะเป็นทรงกระบอกคู่ที่มีซี่เหล็กเส้นวางรอบแกนทรงกระบอกและหมุนเข้าหากันเพื่อปลิดฝักและแบบลูกกลิ้งที่มีขดลวดเชื่อมติดผิวด้านนอกในการหมุนปลิดฝัก นอกจากนี้ยังพบว่าเครื่องปลิดแบบแถบยางมีริมเป็นรอยหยักฟันเลื่อย และแบบท่อนเหล็กหุ้มด้วยสายยางท่อน้ำ โดยติดตั้งเครื่องปลิดฝักที่ด้านหน้ารถไถเดินตาม แต่จากความต้องการที่ให้มีการปลิดอย่างต่อเนื่องตลอดการชุด จึงเห็นว่าชุดปลิดฝักแบบทรงกระบอกเหมาะสมกับการปลิดฝักแบบต่อเนื่องได้

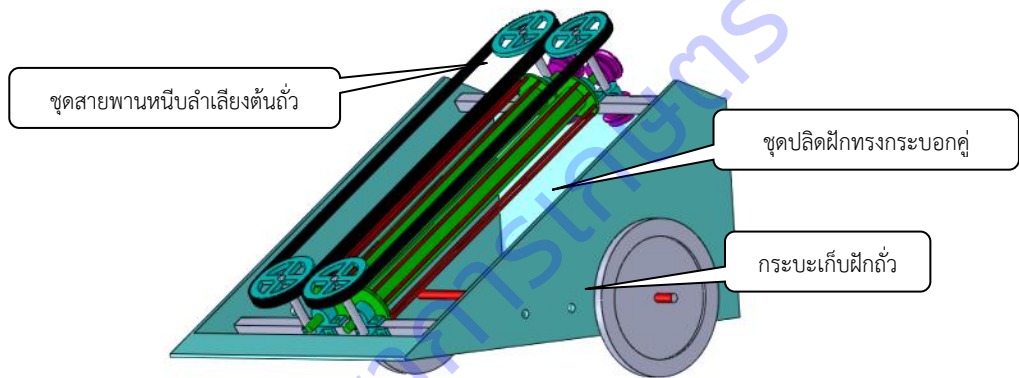
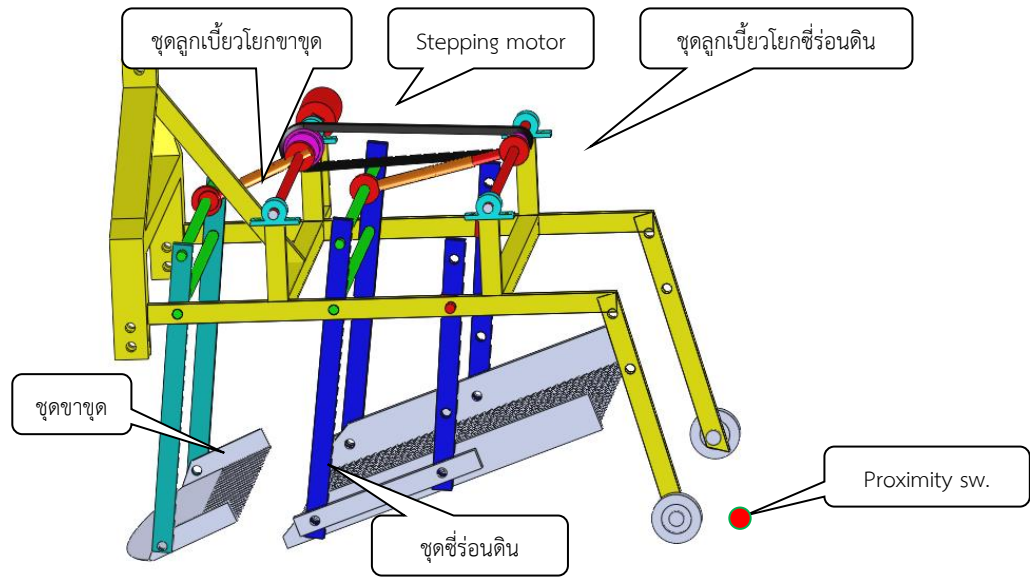
กรอบการวิจัยและพัฒนาเครื่องชุดเก็บ และปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั่นของขาและผลชุดด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ จึงไม่น่าเลือกรูปแบบเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ เพราะล้อที่กว้างอาจมีการเหยียบต้นถั่วได้ รวมถึงปัญหาการอัดตัวของดินจากน้ำหนักรถขนาดใหญ่ จึงควรเลือกรถ

แทรกเตอร์ขนาดเล็ก โดยชุดชุดควรมีการสั้นของขาชุด และมีการสั้นของซีร่อนเศษดิน ควรมีระบบสายพานหนีบลำเลียงต้นถั่วเข้าสู่ส่วนการปลิดฝักแบบทรงกระบอกคู่ที่มีซี่ปลิดรอบแกนพร้อมกับการจัดเก็บฝักที่ปลิดแล้วในกระบะบรรทุกโดยนำรูปแบบเครื่องจักรต่างๆ มาประยุกต์ใช้ ดังภาพที่ 1

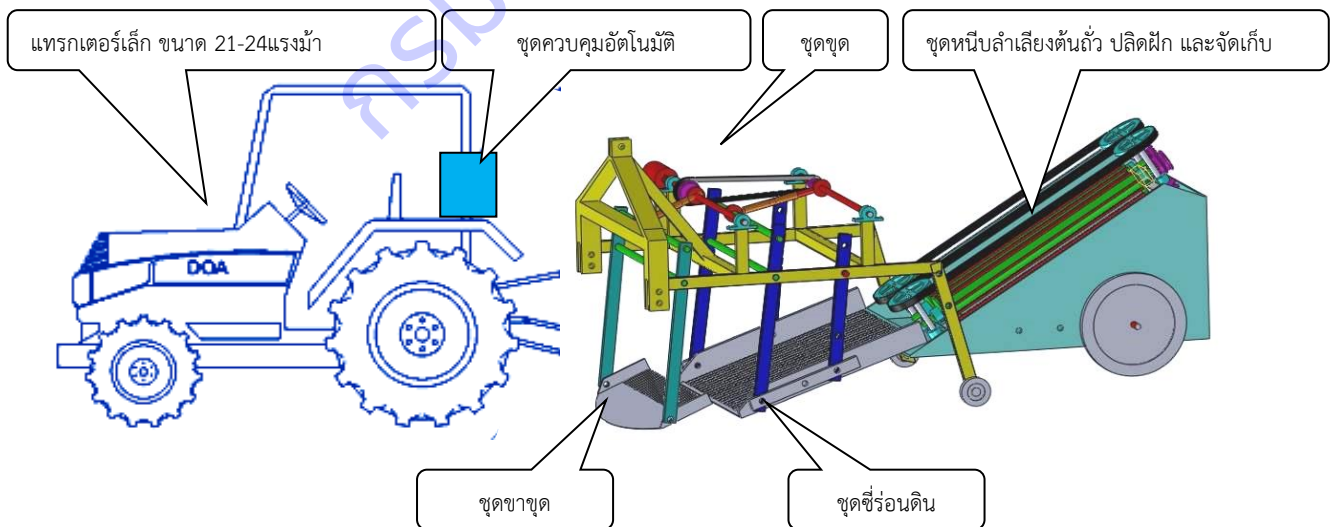


ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการนำหลักการของเครื่องจักรต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้เพื่อการวิจัยและพัฒนาเครื่องชุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั้นของขาและผลชุดด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์เล็ก

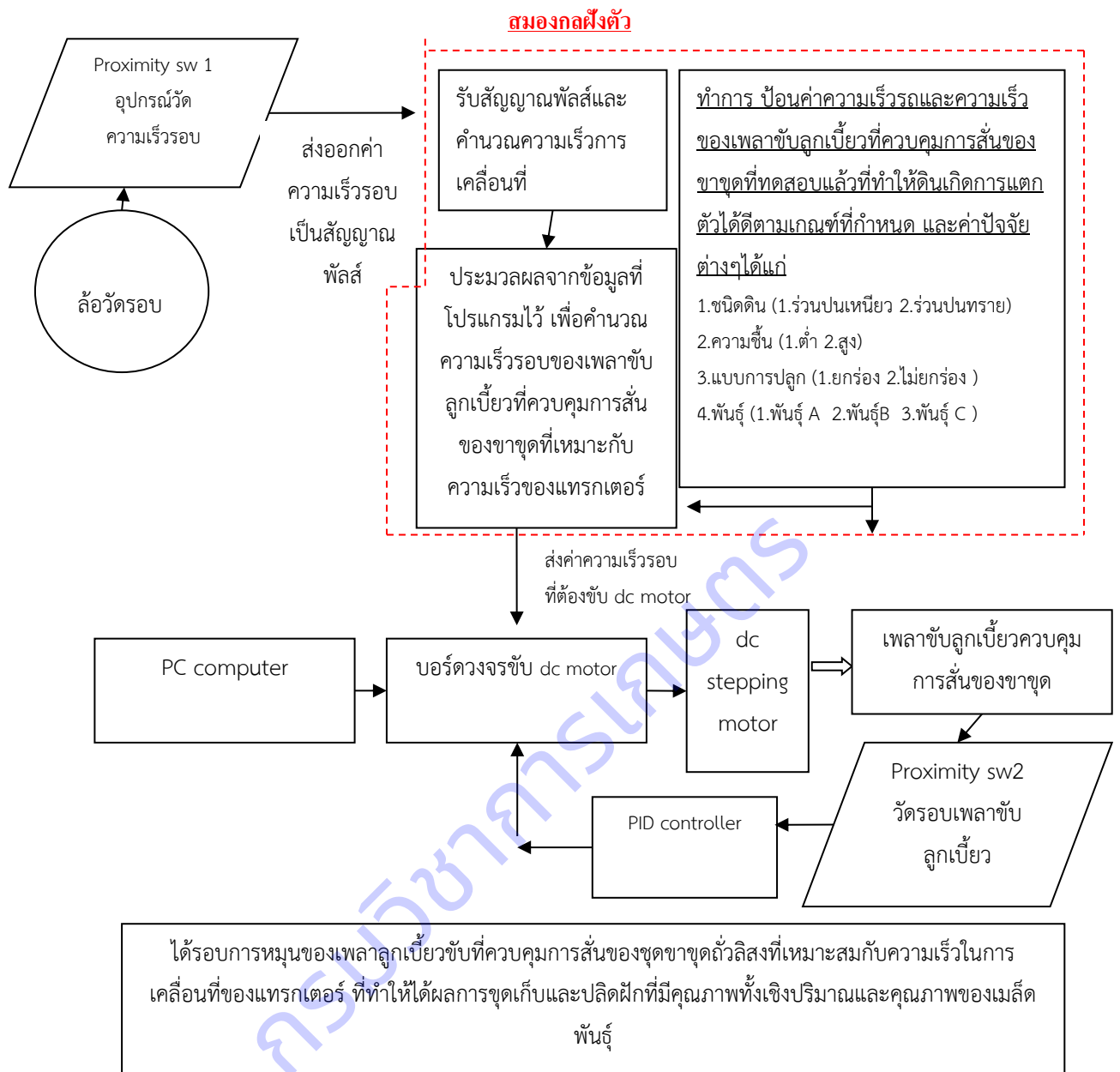
การวิจัยและพัฒนาเครื่องชุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั้นของขาและผลชุด ด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมกับพื้นที่การปลูกของเกษตรกรรายย่อยที่ปลูกถั่วลิสงเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ ควรประกอบด้วย 1) ส่วนชุดขาชุด ซึ่งจะมีไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการสั้นของขาและผลชุด ที่สามารถปรับค่าการสั้นโดยอัตโนมัติที่เหมาะสมกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถ แสดงดังภาพที่ 2 ซึ่งจะทำให้ดินแตกตัวได้ดีไม่ติดฝัก 2) ส่วนซีร่อนเศษดินจะมีการควบคุมการสั้นที่เหมาะสมกับการสั้นของขาชุด ซึ่งจะทำให้แยกดินออกได้ดี 3) ชุดหนีบลำเลียงต้นถั่วด้วยสายพานและชุดปลิดฝักแบบทรงกระบอกคู่ที่มีซี่เหล็กกลมติดตั้งไว้โดยรอบ ฝักถั่วลิสงที่ปลิดแล้วจะถูกเก็บไว้ในส่วนกระบะบรรทุกที่อยู่ในชุดเดียวกันกับชุดปลิดฝัก ต้นถั่วที่ถูกปลิดฝักออกแล้วจะถูกทิ้งลงแปลงทางด้านท้ายเครื่องในลำดับต่อไปดังภาพที่ 3 และกรอบแนวคิดในการควบคุมอัตโนมัติ แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 2 กรอบแนวความคิดชุดขาชุดถั่วลิสงที่ควบคุมการสั่นของขาและผลชุดด้วยระบบอัตโนมัติ และชุดปลัดฝัก แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก



ภาพที่ 3 กรอบแนวความคิดเครื่องชุดเก็บและปลัดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั่นของขาและผลชุดด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กพร้อมชุดการหนีบลำเลียงต้นแก้วเพื่อปลัดฝักพร้อมเก็บที่ส่วน กระบะบรรจุทุก



ภาพที่ 4 กรอบแนวความคิดในการควบคุมอัตโนมัติ เครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั่นของขาและ
ผลชุดด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

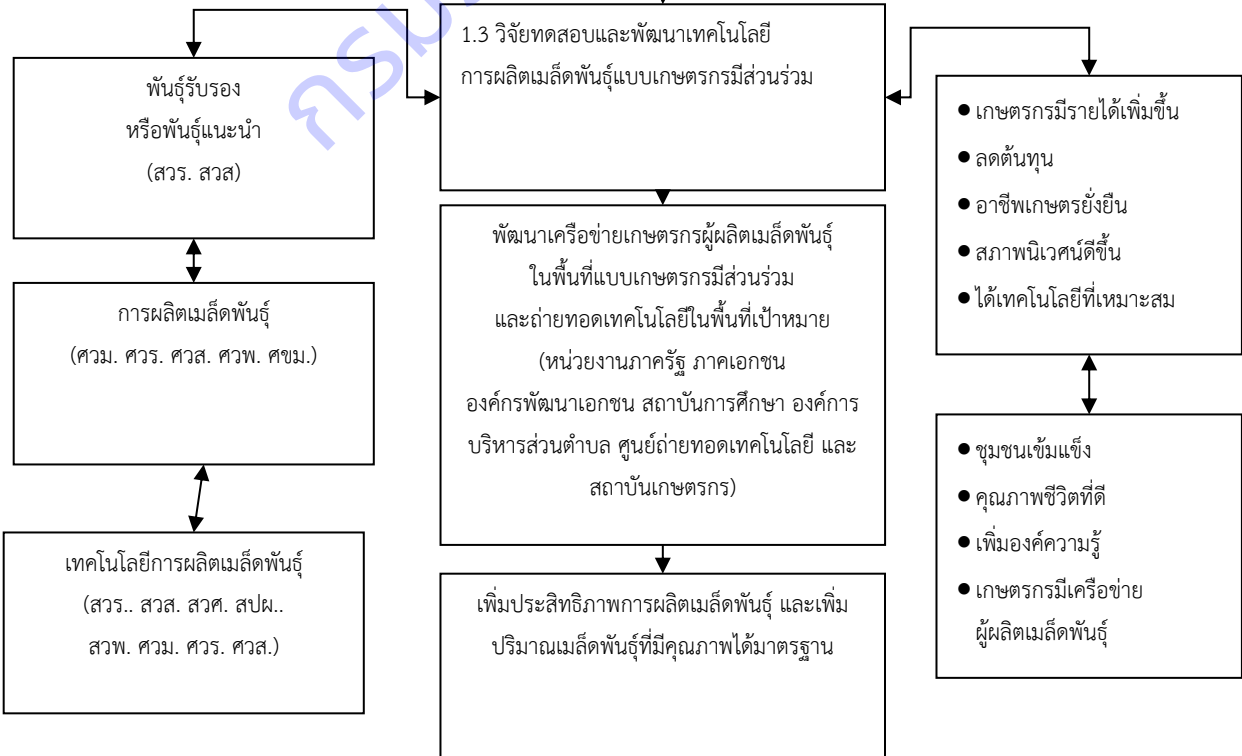
แผนภาพความเชื่อมโยงของแต่ละโครงการภายใต้แผนบูรณาการแสดงดังแผนภาพด้านล่าง ซึ่งโครงการนี้อยู่ใน
หัวข้อ 2.3 วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสง

แผนบูรณาการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์การเกษตรที่มั่นคงและยั่งยืน

- ที่มาของปัญหา**
- ขาดแคลนเมล็ดพันธุ์คุณภาพดี คุณภาพเมล็ดพันธุ์ต่ำ
 - สภาพอากาศเปลี่ยนแปลง การระบาดของศัตรูพืช
 - ขาดแคลนแรงงาน
 - การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ไม่เหมาะสม ต้นทุนสูง และใช้เวลานาน

1. ชุดโครงการวิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช
 - 1.1 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์
 - 1.2 วิจัยและพัฒนาวิธีการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์
2. โครงการวิจัยเดี่ยว
 - 2.1 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการโรคพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจ ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองคุณภาพสูง
 - 2.2 วิจัยและพัฒนาระบบการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง
 - 2.3 วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสง
 - 2.4 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์

- ได้เทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง มีคุณภาพตามมาตรฐาน ลดต้นทุน และเกษตรกรได้ผลตอบแทนสูง
- ได้เทคโนโลยีการจัดการโรคในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์
- ได้วิธีการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์อย่างมีคุณภาพ



หมายเหตุ

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

การจำแนกถั่วลิสงตามลักษณะทางพฤกษศาสตร์

คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่ (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 เมล็ด เมล็ดมีทั้งแบบป้อมและยาวรี เยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงแดงและสีน้ำตาลอ่อน อายุเก็บเกี่ยวสั้นกว่าถั่วลิสงชนิดอื่นๆ 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

2. **ถั่วลิสงเมล็ดปานกลาง** เป็นถั่วลิสงที่มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อ 100 เมล็ด หนัก 35-60 กรัม ได้แก่ ถั่วลิสงประเภท Valencia และ ประเภท Spanish เป็นถั่วลิสงที่เจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูงในสภาพการปลูกในประเทศไทย ถั่วลิสงพันธุ์รับรองและแนะนำในกลุ่มนี้ได้แก่ 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 ถั่วลิสงกลุ่มนี้ได้แก่ ถั่วลิสงพันธุ์พื้นเมืองต่างๆ

การปลูกถั่วลိสง

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

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 รวมทั้งความบริสุทธิ์ตามมาตรฐานที่กรมวิชาการเกษตรกำหนดไว้

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วลိสง

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

ลักษณะสำคัญที่แสดงหรือบ่งชี้ถึงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

ประกอบด้วย ความบริสุทธิ์ของสายพันธุ์ (varietal purity) ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ (physical purity) ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (germination) และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ (seed vigor) ทั้งนี้ ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ เป็นลักษณะสำคัญที่สุดที่บ่งชี้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ (จวงจันท์, 2529 ก; Delouche, 1971) การปลูกถั่วลิสงที่ใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูงจะทำให้ได้จำนวนต้นกล้าที่งอกในไร่สูง ต้นกล้าถั่วลิสงมีการเจริญเติบโตเร็วในระยะแรกและให้ผลผลิตสูงกว่าถั่วลิสงที่ปลูกจากเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงต่ำ (อุดม, 2530) ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ความแข็งแรงทางพันธุกรรม (genetic vigor) เป็นลักษณะดีเด่นของเมล็ดพันธุ์ที่มีผลมาจากพันธุกรรม ส่วนความแข็งแรงทางสรีรวิทยา (physiological vigor) เป็นความแข็งแรงที่มีผลอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่มีต่อเมล็ดพันธุ์ตั้งแต่ปลูกไปจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ตาก ขนย้าย ตลอดจนเก็บรักษา (จวงจันท์, 2529 ก) การประเมินความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยทั่วไปมักใช้วิธีการเร่งอายุของเมล็ด (accelerated aging test) ซึ่งทำได้ง่ายและสะดวก และประเมินผลได้ชัดเจน นอกจากนี้ยังสามารถใช้

ประเมินความสามารถในการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ (seed storability) ได้เหมือนกับการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ นานประมาณ 12-18 เดือน

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

ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

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

วิธีการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

1. ความเสียหายที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าของเมล็ดถั่วลิสงที่สมบูรณ์ไม่แตกหัก ตรวจสอบโดยวิธี Fast green test ตามวิธีการของจวงจันท์ (2529 ค) ใช้สารละลาย Fast green 0.1 % ละลายสาร Fast green 1 กรัม ในน้ำกลั่น 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 ตรวจสอบเมล็ดที่มีสีติดบริเวณเยื่อหุ้มเมล็ดเกิน 50 เปอร์เซ็นต์

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

3. ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ (seed vigor test) ตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดถั่วลิสง ที่สมบูรณ์ไม่แตกหัก โดยวิธีการเร่งอายุของเมล็ด (accelerated aging test). ระบุไว้ว่า สุ่มเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงแต่ละตัวอย่างจำนวน 300 เมล็ด แบ่งเป็น 3 ซ้ำ ๆ ละ 100 เมล็ด แต่ละซ้ำแบ่งเป็น 2 ชุด ๆ ละ 50 เมล็ด ใส่ในตะแกรงลวดสแตนเลสรูปทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร ขาตั้งสูง 3 เซนติเมตร นำตะแกรงลวดใส่ในขวดเร่งอายุที่บรรจุน้ำ 100 มิลลิลิตร ที่ก้นขวดตะแกรงลวดที่มีขาสูง 3 เซนติเมตร จะทำให้เมล็ดพันธุ์อยู่สูงกว่าระดับน้ำในขวด 2-3 เซนติเมตร ปิดฝาขวดให้สนิทเพื่อให้ความชื้นสัมพัทธ์ในขวดไหลเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ นำไปเร่งอายุในตู้อบที่อุณหภูมิ 42°C เป็นเวลา 96 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุไปทดสอบความงอกตามวิธีที่ระบุไว้

พันธุ์ถั่วลိสงรับรอง และพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการ

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

วิธีการเก็บเกี่ยวถั่วลิสง

การเก็บเกี่ยวมีความสำคัญมากขึ้นตอนหนึ่ง เนื่องจากถั่วลิสงมีลักษณะเฉพาะที่สำคัญอยู่หลายประการที่แตกต่างจากพืชชนิดอื่น และมีผลกระทบโดยตรงต่อกระบวนการของการเก็บเกี่ยว เช่นการงอกใต้ดินของเมล็ด การขาดของฝัก และการมีช่วงการสุกแก่สั้น เป็นต้น (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2537) เครื่องมือเก็บเกี่ยวเป็นเครื่องจักรกลที่มีความซับซ้อนและทำงานอย่างเป็นระบบ ช่วยให้เก็บเกี่ยวได้ทันฤดูกาล ทำให้ผลผลิตพันความเสียหายทางธรรมชาติได้ (มงคล, 2530) เครื่องเก็บเกี่ยวมีหลายชนิดขึ้นกับชนิดของพืช เช่นเครื่องเก็บเกี่ยวพืชหัวใต้ดิน เครื่องเก็บเกี่ยวฝ้าย และเครื่องเก็บเกี่ยวธัญพืช เป็นต้น เครื่องเก็บเกี่ยวถั่วลิสง จัดได้ว่าเป็นเครื่องมือที่มีราคาแพง และมีลักษณะเฉพาะเช่นเดียวกับกับเครื่องมือเพื่อการเก็บเกี่ยวหัวผักกาดหวาน ข้าวโพด ฝ้าย ผลไม้ และพืชผักต่าง ๆ (Hunt, 1995) โดยที่เครื่องเก็บเกี่ยวถั่วลิสงจะมีลักษณะแตกต่างกันไปขึ้นกับภูมิประเทศของแต่ละท้องถิ่น ขนาดพื้นที่ และวัตถุประสงค์การใช้งาน แต่โดยทั่วไปจะมีกลไกชุดยกต้นถั่วขึ้นมาพร้อมกับดินรอบ ๆ ต้น และมีกลไกแยกดินออกก่อนโรยตากถั่วลิสงไว้ในแปลง อย่างไรก็ตามเครื่องบางรุ่นก็ไม่ได้ออกแบบให้ทำงานครบทุกขั้นตอน หรือมีลักษณะแตกต่างกันออกไปบ้างประสิทธิภาพและความสามารถในการทำงานของเครื่องเก็บเกี่ยวขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย (FMO, 1981) เช่นสภาพของแปลงทดสอบ ความกว้างและความเร็วในการทำงาน เป็นต้น โดยที่สภาวะการทำงานที่ดีจะต้องมีการสูญเสียและการเสียหายของผลผลิตต่ำที่สุด ความเร็วของเครื่องเก็บเกี่ยวทุกประเภทควรอยู่ระหว่าง 4 – 7.25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (1 – 2 เมตรต่อวินาที) อาจแบ่งวิธีการเก็บเกี่ยวถั่วลิสงดังกล่าวออกเป็นกลุ่มตามลักษณะการทำงานดังนี้

การถอนต้นด้วยแรงงานคน

เป็นวิธีหลักที่ทำมานานและยังถือปฏิบัติอยู่ โดยเกษตรกรจะใช้มือรวบต้นถั่วลิสงในกอเดียวกันเข้าด้วยกันแล้วถอนต้นขึ้นตรง ๆ พร้อมกันทั้งกอ หากกอใดมีต้นล้มอยู่จะเสียเวลารวมกอมาก เมื่อถอนขึ้นมาแล้วจะเขย่าให้

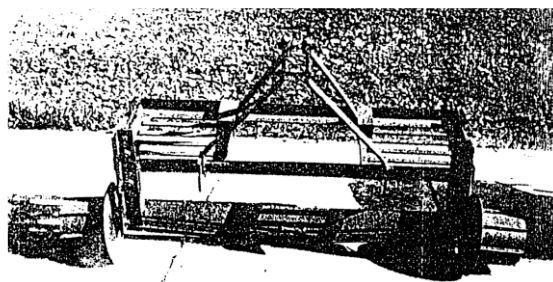
ดินแยกออก และปลิดฝักออกทันทีในกรณีที่ต้องการขายฝักสด หากต้องการขายฝักแห้งจะวางตากทั้งต้นไว้ในแปลง ประมาณ 2 วัน และนำขึ้นตากบนลานอีก 7 - 10 วัน รอให้แห้งสนิทก่อน หากต้องการเก็บเป็นเมล็ดพันธุ์จะตาก ต่อให้แห้งสนิทจริง ๆ เพื่อไม่ให้เชื้อราและแมลงเข้าทำลายได้ง่าย เพราะจะทำให้มีอัตราการงอกต่ำ การเก็บเกี่ยว ด้วยวิธีนี้นิยมใช้กับแปลงที่มีดินร่วนซุย ไม่แน่นทึบ และขณะถอนดินต้องมีความชื้นพอสมควรจึงจะถอนได้ง่าย และฝักขาดติดดินน้อย วิธีนี้ยังมีประสิทธิภาพการทำงานต่ำ ฝักขาดติดดินเสมอ ทำให้ไม่สามารถขยายพื้นที่ เพาะปลูกได้

การขุดด้วยจอบ

วิธีนี้พบโดยทั่วไปในประเทศไทย ใช้กับแปลงที่ดินแน่นทึบ แข็งหรือแห้งเกินไป ซึ่งหากถอนด้วยมืออย่าง เดียวฝักจะขาดติดดินมาก จึงใช้จอบขุดและเขี่ยดินออก (อารีย์, 2527) ประสิทธิภาพได้ต่ำกว่าการถอนด้วยมือ เพราะมีหลายขั้นตอนและฝักถั่วมักเสียหายจากการถูกสับและกระทบจากจอบ และเกิดความเหนียวล้าแก่ ผู้ปฏิบัติงานมากกว่า และหากพื้นที่ขนาดใหญ่จะมีความเหนียวล้าสะสม จึงเป็นการสิ้นเปลืองเวลาและแรงงานมาก

เครื่องขุดถั่วลิสงทั้งต้น

เป็นเครื่องที่คล้ายการขุดด้วยจอบ แต่ใช้เครื่องยนต์เป็นต้นกำลังแทนแรงงานคน สามารถขุดได้ทั้งแถว เดียวและหลายแถวพร้อมกัน เครื่องจะขุดยกดินและต้นถั่วให้ลอยพ้นหัวขุดแล้วทิ้งกลับลงไปแปลงอย่างเดิม เพื่อให้ดินรอบต้นหรือถั่วแตกตัวหรือหลวมฟูขึ้น ทำให้ใช้แรงงานถอนได้ง่ายและสะดวกขึ้น จึงมีข้อดี อัตรา การทำงานสูง ใช้ได้กับดินที่แน่นทึบหรือร่วนปนทรายก็ได้ แต่ยังสิ้นเปลืองแรงงานคนมาก และต้นถั่วที่ทิ้งลงมีการ กระจายกระจายไม่เป็นระเบียบ บางส่วนถูกดินทับไว้ ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ ตัวอย่างเครื่องแบบนี้คือ groundnut digger ซึ่งเป็นเครื่องขุดถั่วลิสงที่พัฒนาขึ้นในประเทศปากีสถาน (RNAM, 1991) ใช้กับแทรกเตอร์ ขนาด 60 - 80 แรงม้า ใช้การต่อพ่วงแบบสามจุด หัวขุดเป็นเหล็กแผ่นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า วางขวางทิศทางการทำงาน หรือแถวปลูก มีความสามารถในการทำงาน 0.25 - 0.30 เฮกแตร์ต่อชั่วโมง (1.5 - 1.8 ไร่ต่อชั่วโมง) ความเร็วในการ ทำงาน 2 - 2.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ฝักเสียหาย 30 % ทั้งนี้เหมาะกับดินสภาพค่อนข้างแห้ง แต่ยังคงใช้แรงงาน จำนวนมากเข้าร่วมทำงาน ต้นถั่วที่ทิ้งลงมีการกระจายไม่เป็นระเบียบ บางส่วนถูกดินทับไว้ ดังภาพที่ 5

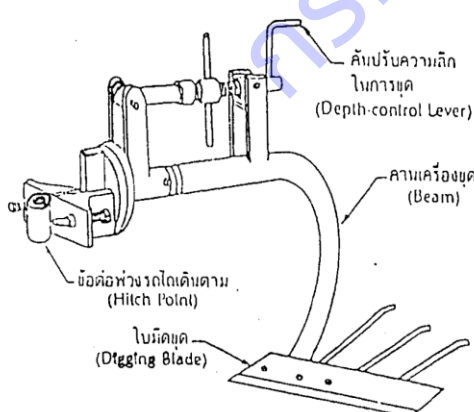


ภาพที่ 5 เครื่องขุดถั่วลิสงทั้งต้นแบบgroundnut digger

ที่มา: RNAM, 1991

เครื่องขุดและแยกดิน

เครื่องแบบนี้จะต่างกับแบบขุดทั้งต้น โดยจะแยกดินออกจากต้นแล้วได้มากขึ้นด้วยกลไกที่ไม่ซับซ้อน โดยเครื่องจะขุดแล้วทั้งต้นขึ้นมาพร้อมกับดิน และส่งเข้ากลไกสำหรับแยกดิน และมีการวางต้นแล้วได้ดีขึ้น โดยปล่อยต้นแล้วลงบนมูลดินที่ถูกแยกออกมาแล้ว ทำให้โอกาสถูกดินทับน้อยลง ตัวอย่างของเครื่องแบบนี้คือ เครื่องขุดแล้วลิสฟ่วงรถไถเดินตาม ซึ่งออกแบบและสร้างขึ้นโดย สุรเวทย์ (2528) แสดงดังภาพที่ 6 ตัวไ้บมีดขุดมีคานเชื่อมต่อเข้ากับจุดต่อฟ่วงของรถไถเดินตาม ไ้บมีดเป็นแผ่นเหล็กคล้ายไ้บหัวหมูซึ่งวางทำมุมในแนวราบกับการเคลื่อนที่และมีมุมขุดเล็กน้อย ทางไ้บมีดมีเหล็กเส้นต่อยาวออกไปด้านหลัง และทำมุมให้โค้งลงด้านหลังเพื่อทำหน้าที่แยกดินออกและวางต้นแล้วลิส ในขณะทำงานไ้บมีดจะยกดินและแล้วทั้งต้นขึ้นมาทีละแถว ละเลื่อนผ่านไ้บมีดและซี่เหล็กไปหล่นลงด้านหลังไ้บมีดในลักษณะคล้ายไ้บหัวหมูแต่ไม่พลิกดิน ดินรอบ ๆ ต้นแล้วจะแตกออกและหล่นลอดซี่เหล็กลงพื้นก่อน จึงเสมือนต้นแล้วถูกถอนด้วยมือคนแล้ววางรายลงเหนือดินที่บริเวณเดิม แล้วใช้แรงงานคนตามเก็บภายหลัง ทำให้สะดวกพอสมควร เพราะไม่ต้องออกแรงถอนต้นแล้วมากนัก เครื่องนี้ถูกออกแบบให้ใช้งานในแปลงปลูกแบบยกร่อง และสภาพดินค่อนข้างแข็ง ใช้แรงงานเพียงคนเดียวในการควบคุมการทำงาน สามารถทำงานได้ 0.35 – 0.5 ไร่/คน/วัน ใช้ความเร็วในการทำงาน 1.2 – 2.0 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีฝักเสียหาย 5 – 7 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเครื่องขุดนี้จึงมีข้อดี คือใช้งานได้ในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะดินร่วนปนทราย เครื่องมีขนาดเล็ก น้ำหนักน้อย ใช้กับต้นกำลังขนาดเล็กได้ ทดแทนแรงงานคนได้ดีพอสมควร แต่ยังมีข้อด้อยคือ ความสามารถในการทำงานน้อย และใช้ได้กับแปลงที่ปลูกแบบยกร่องเท่านั้น และหากพื้นที่ไม่ราบเรียบไ้บมีดจะเอียง ทำให้ประสิทธิภาพการขุดเปลี่ยนไป รวมถึงยังแยกดินออกจากต้นและฝักแล้วได้ไม่ดึนิก เพราะยังต้องใช้แรงงานตามเก็บและเขยาดินออกจากต้นแล้ว นอกจากนี้การควบคุมยังไม่สะดวก เพราะต้นแล้วหล่นลงมาขวางทางเดินของผู้ควบคุมเครื่อง รวมถึงการมีเถาวัลย์และวัชพืชเกาะติดที่ขาขุดมากหากแปลงปลูกมีวัชพืชซึ่งต้นแบบมีการพัฒนาและใช้งานในเขตจังหวัดอุดรธานีและจังหวัดใกล้เคียง



ภาพที่ 6 เครื่องขุดและแยกดิน: เครื่องขุดแล้วลิสแบบติดท้ายรถไถเดินตาม
ที่มา: สุรเวทย์ (2528)

เครื่องขุดและแยกดินของ Nguyen (2004) VIAEP (HCM city) ซึ่งศึกษาเครื่องขุดแล้วลิสรุ่น DL -0.3 ดังภาพที่ 7 ติดตั้งกับแทรกเตอร์รุ่น MTZ -50 ส่วนขุดหลักมีไ้บมีดขุดวางไว้สองด้าน หลังจากขุดเสร็จแล้วขั้นตอนการ

รวบรวมจะทำด้วยมือ ตอบสนองความต้องการในการผลิตและทำงานได้ดีในพื้นที่แห่งผลผลิตสูง 0.3-0.4 เฮกตาร์/ชม. สูญเสีย < 1 %



ภาพที่ 7 เครื่องขุดดินถั่วลิสงรุ่น DL -0.3

ที่มา: Nguyen (2004)

เครื่องขุดถั่วลิสงขนาดเล็กแบบขุดและแยกดินของประเทศญี่ปุ่น โดยทั่วไปมีการขุดโดยไม่มีการสั่นของขาขุด แล้วเก็บรวบรวมด้วยแรงงานคนนำไปตากให้แห้ง ก่อนนำไปผลิตฝักด้วยเครื่องผลิต และยังมีอีกแบบหนึ่งที่ใช้กลไกควบคุมการสั่นที่ขาขุด แต่การใช้กลไกยังไม่สามารถปรับค่าการสั่นที่เหมาะสมกับความเร็วการเคลื่อนที่ของรถ ทำให้มีดินอัดที่หน้าขาขุดได้ นอกจากนี้ยังไม่พบว่ามีการสั่นของชุดซีร่อนเศษดินแสดงดังภาพที่ 8 และภาพที่ 9



ภาพที่ 8 เครื่องขุดถั่วลิสงขนาดเล็กของประเทศญี่ปุ่น



ภาพที่ 9 เครื่องขุดถั่วลิสงขนาดเล็กของประเทศญี่ปุ่น แบบใช้กลไกควบคุมการสั่นที่ขาขุด

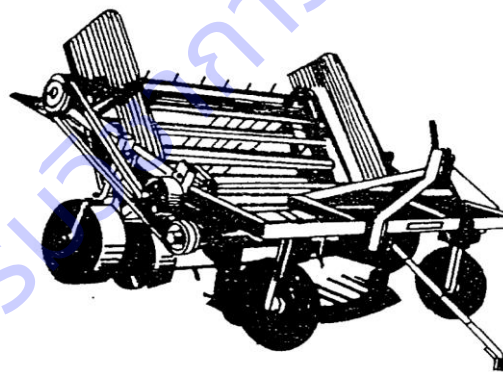
เครื่องขุดพร้อมเขย่าแยกดิน และโรยตากต้นถั่ว

เครื่องแบบนี้ถือได้ว่าได้รับการพัฒนาความสามารถที่จะทำงานได้ครบถ้วนตามขั้นตอน ของกระบวนการของการเก็บเกี่ยวมากที่สุด โดยไม่ต้องใช้แรงงานในการถอนดินเพื่อตากต้นถั่วหลังการทำงาน ซึ่งเครื่องสามารถขุดแยกดิน และตากต้นถั่วได้เองจากการทำงานเพียงรอบเดียว ซึ่งถือเป็นข้อดีที่ต่างจากแบบอื่นมาก โดยทั่วไปเครื่องจะมีส่วนประกอบที่คล้ายคลึงกันคือ มีชุดหัวขุดทำหน้าที่ตัดรากถั่วลิสงที่ระดับต่ำกว่าฝักแล้วยกถั่วลิสงทั้งต้นขึ้นมาพร้อมกับดิน ขณะเดียวกันดินรอบต้นถั่วจะแตกตัวก่อนถูกส่งขึ้นสายพานลำเลียง การสั่นสะเทือนอันเนื่องมาจาก

การทำงานของชุดเครื่องมือจะช่วยให้ดินเกิดการแยกตัวได้ดียิ่งขึ้น ส่วนต้นกล้าที่แยกดินออกไปแล้วจะถูกโรยทิ้งลงบนมูลดินที่ด้านหลังของสายพานลำเลียงเพื่อตากให้แห้ง ตัวอย่างเครื่องมือแบบนี้ได้แก่ Groundnut digger – shaker windrower และ Inverter ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. Groundnut digger – shaker windrower

เป็นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นในประเทศอินเดีย (RNAM, 1991) เป็นอุปกรณ์ติดตั้งเข้ากับชุดพวงแบบสามจุดของแทรกเตอร์ขนาด 25 แรงม้า ขึ้นไป สามารถทำงานได้ 0.15 – 0.25 แยกแตรต่อชั่วโมง มีฝักเสียหาย 20 % เครื่องรุ่นนี้เป็นเครื่องที่นิยมแพร่หลายและมีการพัฒนาขึ้นมาใช้งานในหลายประเทศพอสมควร ดังภาพที่ 10 ตัวเครื่องประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นใบมีดแบบแผ่นเหล็กแบนยาว มีซี่เหล็กต่อยื่นออก (radder bar) มาทางด้านหลังเหมือนเครื่องชุดถั่วลิสงติดรถไถเดินตามของไทย ใบมีดมีหน้าที่ขุดตัดรากถั่วลิสงที่ระดับต่ำกว่าฝัก แล้วยกขึ้นมาพร้อมกับดิน ดินรอบ ๆ ต้นถั่วจะแตกตัวและแยกออกไปบางส่วน แล้วต้นถั่วจะถูกวางไว้เหนือดินด้านหลังหัวชุด ส่วนที่สองเป็นสายพานลำเลียง มีหน้าที่เกี่ยวดึงต้นถั่วที่ถูกทิ้งไว้ขึ้นมาให้เคลื่อนที่ผ่านสายพานขึ้นไปแล้วโรยทิ้งด้านหลัง ในระหว่างการลำเลียงดินที่ติดมาจะแตกตัวหล่นลงการสั่นสะเทือนอันเนื่องมาจากการทำงานจะช่วยให้ดินแตกตัว และแยกออกจากต้นถั่วได้ดีขึ้น เครื่องบางแบบอาจมีการออกแบบให้ส่วนที่สองรับเอาต้นถั่วก่อนที่จะทิ้งลงแปลง และบางรุ่นอาจมี windrower ซึ่งเป็นอุปกรณ์บังคับให้ต้นถั่วรวมกันก่อนโรยลงด้านหลังของสายพานช่วยให้กองตากไว้อย่างเป็นระเบียบมากขึ้น โดยจะโรยกองยาวตามแนวการทำงานของเครื่อง ทำให้ง่ายต่อการจัดการในขั้นตอนต่อไป



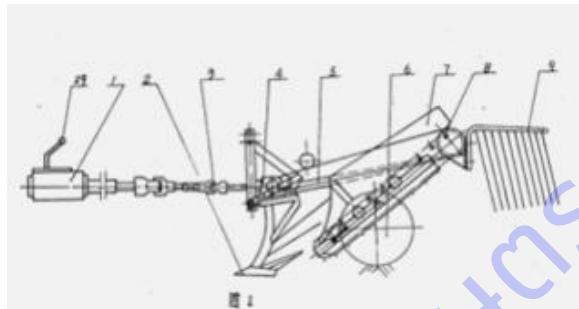
ภาพที่ 10 เครื่องเก็บเกี่ยวถั่วลิสงแบบชุด เขย่า และโรยตาก(Groundnut digger – shaker windrower)

ที่มา: RNAM, 1991

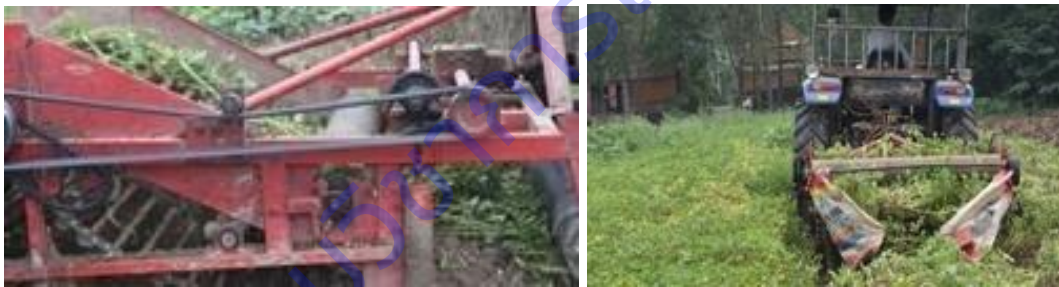
เครื่องชุดถั่วลิสงขนาดเล็กแบบชุดและเขย่าแยกดินของประเทศจีน จะมีการชุด โรยตากไว้ในแปลง แล้วเก็บรวบรวมด้วยแรงงานคนนำไปนำไปปลิดฝักด้วยเครื่องปลิด แสดงดังภาพที่ 11 และแบบขาชุดมีซีร่อนเศษดินติดกับขาชุดแต่ไม่มีการสั่น และมีชุดลำเลียงต้นถั่วขึ้นจากดินหลังการชุดที่เป็นสายพานลวดถัก แต่ยังไม่ค่อยตากไวให้แห้งที่แปลง ดังภาพที่ 12 และ ภาพที่ 13 ซึ่งพบว่าเครื่องชุดของจีนมีขนาดและระบบลำเลียงต้นถั่วที่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้ผลิตเมล็ดพันธุ์ในประเทศไทยได้



ภาพที่ 11 เครื่องซุดถั่วลิสงขนาดเล็กของประเทศจีน



ภาพที่ 12 เครื่องซุดถั่วลิสงขนาดเล็กของประเทศจีนแบบซึดกับขาซุดและมีซุดลำเลียงต้นถั่ว



ภาพที่ 13 เครื่องซุดถั่วลิสงขนาดกลางของประเทศจีนแบบซึดกับขาซุดและมีซุดลำเลียงต้นถั่ว

เครื่องซุดถั่วลิสงขนาดใหญ่แบบซุดและเขย่าแยกดินพร้อมโรยตาก ที่มีใช้ในประเทศจากไทย ใช้งานในแปลงปลูกขนาดใหญ่เพื่อส่งผลผลิตเข้าสู่โรงงานแปรรูป ดังภาพที่ 14 ซึ่งมีระบบลำเลียงต้นถั่วด้วยตะแกรงสายพาน แต่ยังไม่เหมาะกับการเก็บเกี่ยวเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ในแปลงขนาดเล็ก ส่วนเครื่องซุดขนาดเล็ก วินิต (2545) ทำการศึกษาและการพัฒนาเครื่องซุด เครื่องปลิด และเครื่องกะเทาะถั่วลิสงเมล็ดโตสำหรับการผลิตรายย่อย โดยได้พัฒนาเครื่องซุดถั่วลิสงเมล็ดโตสำหรับต่อพ่วงเข้ากับรถไถเดินตามและรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก แสดงดังภาพที่ 15

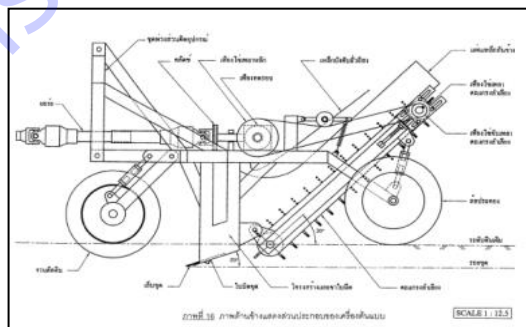


ภาพที่ 14 เครื่องซุดถั่วลิสงขนาดใหญ่ในประเทศไทย ที่ใช้ซุดถั่วลิสงเพื่อส่งโรงงานแปรรูป



ภาพที่ 15 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องชุดถั่วลิสงเมล็ดโต
ที่มา: วินิต (2545)

ไชยยงค์ (2543) วิจัยและสร้างเครื่องเก็บเกี่ยวถั่วลิสงพวงท้ายรถแทรกเตอร์ แบบใบมีดชุด แยกดิน และโรยตาก แสดงดังภาพที่ 16 เครื่องมีขนาด 2.09 x 2.35 x 1.51 เมตร หนัก 651.3 กิโลกรัม หน้ากว้างการทำงาน 1.40 เมตร มีส่วนประกอบสำคัญคือ จานตัดดิน ใบมีดชุด ตะแกรงลำเลียงและแยกดิน และล้อประกอบ 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 แต่เครื่องนี้ยังไม่มีคันของขาชุด อาจทำให้ดินแตกตัวได้ไม่ตึ้นัก แต่สามารถนำข้อมูลเรื่องมุมผลชุด และการจัดวางอุปกรณ์ โดยการนำชุดหนีบจับและชุดปลิดฝักมาประยุกต์ใช้แทนตะแกรงลำเลียงและแยกดินได้

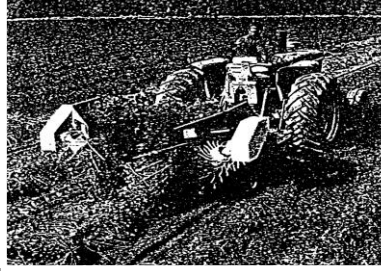


ภาพที่ 16 เครื่องเก็บเกี่ยวถั่วลิสงพวงท้ายรถแทรกเตอร์ แบบใบมีดชุด แยกดินและโรยตาก

ที่มา: ไชยยงค์ (2543)

เครื่องชุดเขย่า และโรยตากแบบพลิกกลับ (Inverters)

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



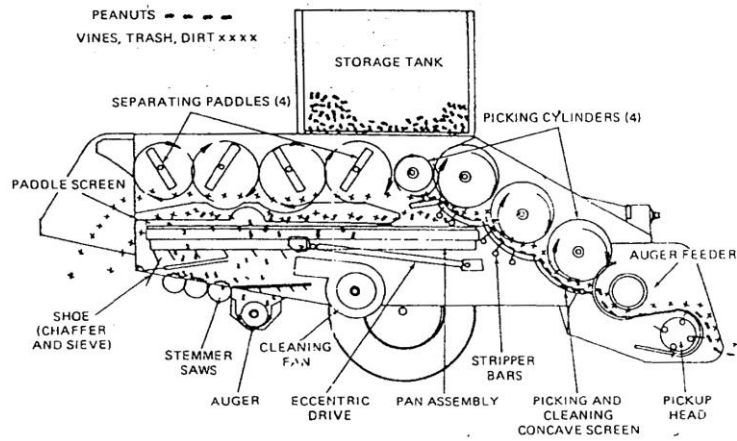
ภาพที่ 17 เครื่องชุดเขี่ย และโรยตากแบบพลิกกลับ (Inverters)
ที่มา: Clinton and William (1983)



ภาพที่ 18 เครื่องชุดถั่วลิสงขนาดใหญ่ชุดเขี่ย และโรยตากแบบพลิกกลับของต่างประเทศ

เครื่องเก็บเกี่ยวและนวดถั่วลิสง

เป็นเครื่องที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อทำงานในขั้นตอนต่อจากเครื่องชุดต้นถั่วลิสง ซึ่งถูกชุดและโรยตากไว้เป็นแนวยาวในแปลงจนแห้งดีแล้ว เครื่องถูกลากจูงด้วยแทรกเตอร์ กลไกการทำงานต่าง ๆ ทำงานโดยการถ่ายทอดกำลังขับจากเพลาอำนวยกำลัง กลไกการทำงานค่อนข้างซับซ้อน มีส่วนประกอบหลัก เช่น หัวเก็บต้นถั่ว เกลียวป้อน ชุดลูกม่ปัดฝัก พัดลมทำความสะอาด ตะแกรงทำความสะอาดแยกเศษต้นถั่วและสิ่งเจือปน และมีถังบรรจุฝักถั่วลิสง เป็นต้น เครื่องแบบนี้ถูกพัฒนาขึ้นใช้งานในประเทศสหรัฐอเมริกา เหมาะกับการใช้งานในพื้นที่เพาะปลูกขนาดใหญ่ เพื่อป้อนโรงงานอุตสาหกรรม 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 เครื่องเก็บและผลิตถั่วลิสงขนาดใหญ่ของต่างประเทศ

เครื่องผลิตฝักขนาดใหญ่ของประเทศจีน ที่ใช้งานในแปลงและใช้แรงงานในการป้อนต้นถั่วเข้าเครื่องและบางครั้งมีการนำไปผลิตฝักในโรงงาน ดังภาพที่ 21



ภาพที่ 21 เครื่องผลิตถั่วลิสงในแปลงของประเทศจีนการนำไปผลิตฝักในโรงงาน

เครื่องขุดเก็บพร้อมปลิดฝักถั่วลิสง

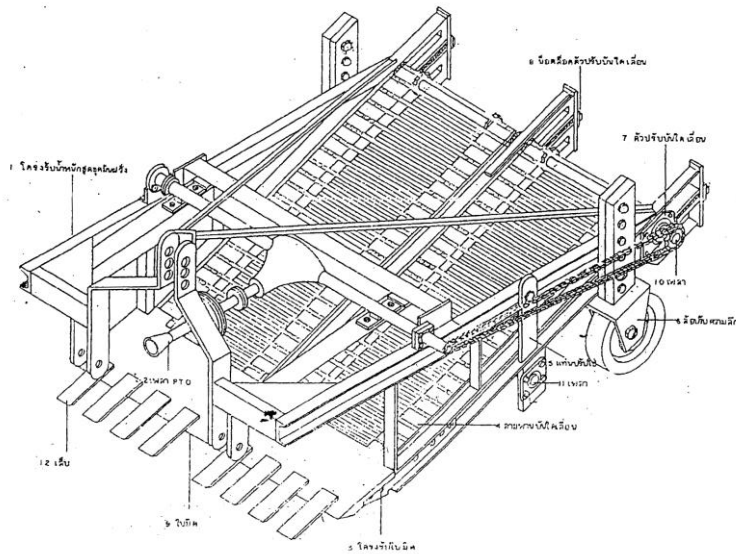
เครื่องขุดและเก็บถั่วลิสงยี่ห้อ Kending จากประเทศไต้หวัน สามารถรวมขั้นตอนการขุดและปลิดฝักสดเข้าไว้ด้วยกัน ดังภาพที่ 22 โดยจะมีรุ่นหลักอยู่ 2 รุ่นคือ Kending Model 43 และ Model CF525 แตกต่างกันตรงที่รุ่น CF525 สามารถยกถังเก็บเพื่อถ่ายผลผลิตสู่รถบรรทุกได้สูงกว่า ส่วนของขนาดตัวรถและต้นกำลังนั้นมีขนาดเท่ากัน โดยมีขนาด 4000 x 2000 x 2600 mm ใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาด 43 แรงม้า สูบ 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 เพื่อใช้งานในพื้นที่การผลิตของไทย ดังภาพที่ 23 ใบมีดขุดเป็นแผ่นเหล็กสี่เหลี่ยมผืนผ้า หน้ากว้างการทำงาน 1.6 เมตร มุมขุด 20 องศา มีเล็บบขุดติดตั้งไว้หน้าใบมีด 12 ชิ้น ขณะทำงานใบมีดจะขุดยกดินพร้อมมันฝรั่งขึ้นและส่งต่อไปสายพานลำเลียงซึ่งถ่ายทอดกำลังมาจากเพลาอำนาจกำลัง 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 เครื่องขุดมันฝรั่งแบบติดพวงรถแทรกเตอร์
ที่มา: ปราโมทย์ และคณะ (2538)

เครื่องขุดมันฝรั่งขนาดเล็กไม่มีการสั่นที่ขาขุด แต่มีการสั่นที่ตะแกรงร่อนเศษดิน ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ ดังภาพที่ 24



ภาพที่ 24 เครื่องขุดมันฝรั่งขนาดเล็กของต่างประเทศ ที่มีการสั่นที่ร่อนเศษดิน

ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System)

ระบบสมองกลฝังตัว หมายถึง ระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ใช้อุปกรณ์ควบคุม ได้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และไมโครโพรเซสเซอร์ โดยนำไปฝังไว้ในอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ไฟฟ้า และเครื่องเล่นอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ทั้งนี้ เพื่อเพิ่ม ความฉลาดและความสามารถต่างๆให้กับอุปกรณ์เหล่านั้น ระบบสมองกลฝังตัวแม้ไม่ใช่เครื่องคอมพิวเตอร์ แต่ก็มีระบบคอมพิวเตอร์อยู่ในอาจะจะเป็นเพียงไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessor) หรือ ชิพ (Chip) ธรรมดาหรือโพรเซสเซอร์ (Processor) ที่ประกอบด้วยชิพ ที่มีวงจรซับซ้อน โดยจะมีหลักการทำงาน คือมีสัญญาณข้อมูลเข้า (Input) จากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ (Sensor) เข้าสู่ระบบและมีสัญญาณผลลัพธ์ (Output) ของระบบไปควบคุมบังคับ (Actuator) สวิตซ์ของเครื่องควบคุมต่างๆ เช่นสวิตซ์เครื่องจักรหรือวาล์วควบคุมทิศทางการไหลของท่อต่างๆ

ระบบปฏิบัติการสำหรับสมองฝังตัว

ในการพัฒนาระบบสมองฝังตัวอาจจะมีการใช้ระบบปฏิบัติการเป็นแกนหลักในการพัฒนาหรือไม่มีการใช้ในการพัฒนาก็ได้ ระบบปฏิบัติการสำหรับระบบสมองฝังตัวมีหลายประเภทมากตั้งแต่ RTOS, uC/OS-II จนไปถึงระบบปฏิบัติการที่มีขนาดใหญ่ขึ้นมาเช่น Linux, Windows CE จนถึงระบบปฏิบัติการสมัยใหม่ที่มีการพัฒนาเช่น MeeGo Android

ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาของระบบสมองฝังตัว

ในปัจจุบันมีภาษาโปรแกรมต่างๆมากมายที่ใช้ในการพัฒนาระบบสมองฝังตัวเช่นภาษา Assembly ภาษา C, C++ หรือภาษาระดับสูงที่ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาระบบสมองฝังตัวที่มีระบบปฏิบัติการเช่น JAVA หรือ Python โดยผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้ภาษาในการพัฒนาระบบสมองฝังตัวได้ตามความเหมาะสม

การควบคุมอัตโนมัติ

การควบคุม หมายถึงการกระทำเพื่อให้สิ่งที่ต้องการเพื่อให้สิ่งที่ถูกควบคุมเป็นไปตามที่ต้องการ แต่ในบางครั้งสิ่งที่ถูกควบคุมอาจจะไม่เป็นไปตามที่ต้องการ ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากวิธีการหรือตัวควบคุมที่ใช้กันยังไม่เหมาะสมกับสิ่งที่ถูกควบคุม โดยทั่วไปแล้วมีอยู่ 2 ปัจจัยหลักที่จะช่วยให้สามารถเลือกวิธีการหรือตัวควบคุมได้อย่างเหมาะสมคือ 1) ความเข้าใจในธรรมชาติของสิ่งหรือระบบที่จะควบคุมเช่น ความรู้ความเข้าใจในการทำงานและข้อจำกัดของเครื่องจักรที่ต้องการควบคุม และ 2) ความเข้าใจในวิธีการหรือตัวควบคุมนั่นเอง เช่น ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีการควบคุมอย่างเพียงพอที่จะสามารถออกแบบการควบคุมหรือเลือกวิธีการควบคุมให้เหมาะสมกับเครื่องจักรได้ (สุวัฒน์, 2552)

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

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

2. ตัวควบคุม (Controller) ทำหน้าที่ควบคุมระบบให้มีผลลัพธ์สอดคล้องกับค่าสัญญาณอ้างอิงหรือเป็นไปตามเป้าหมายของการควบคุม

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

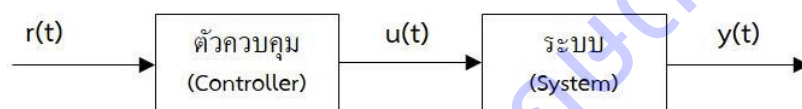
4. กระบวนการหรือระบบที่ถูกควบคุม (Controlled System or Process)

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

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

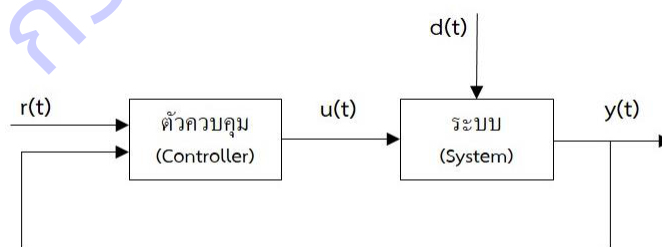
การควบคุมวงเปิด (Open Loop Control) อาศัยหลักการความรู้ความเข้าใจที่ทราบหรือคาดคะเนไว้ล่วงหน้าเกี่ยวกับระบบในการออกแบบกฎการควบคุมและกำเนิดสัญญาณควบคุม โดยที่ผลลัพธ์ของการควบคุมที่เกิดขึ้นจริงขณะระบบทำงานไม่ถูกนำมาใช้หรือมีส่วนเกี่ยวข้องกับการสร้างหรือปรับแต่งสัญญาณควบคุมในขณะนั้นเลย ดังแสดงแผนภาพการทำงานในภาพที่ 25 โดยระบบควบคุมวงเปิดนี้จะมีปัญหาเกี่ยวกับสัญญาณรบกวนที่ไม่ทราบล่วงหน้ามากระทำกับระบบ อาจจะทำให้ระบบได้ผลลัพธ์ที่ไม่ถูกต้องตามที่ต้องการและอาจจะมีเสถียรภาพการควบคุมในที่สุด



ภาพที่ 25 ระบบควบคุมวงเปิด (Open Loop)

ที่มา : สุวัฒน์ (2552)

การควบคุมแบบวงปิด (Close Loop Control) คือการควบคุมที่มีการป้อนกลับค่าสัญญาณของผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริงมาที่ตัวควบคุม เพื่อให้ตัวควบคุมสามารถแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้ทันที่ซึ่งที่แสดงในภาพที่ 26 ซึ่งโดยทั่วไปจะเรียกชื่อการควบคุมวงปิดว่า การควบคุมป้อนกลับ (Feedback Control)



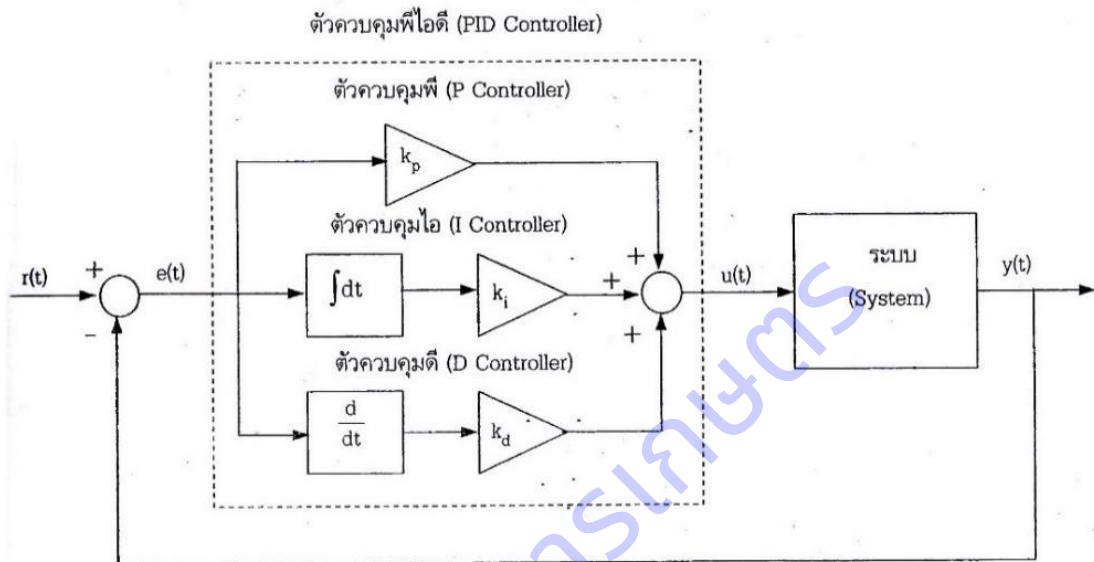
ภาพที่ 26 ระบบควบคุมวงปิด (Close Loop)

ที่มา : สุวัฒน์ (2552)

การออกแบบการควบคุมประเภทพีไอดี

การควบคุมประเภทพีไอดี (PID, Proportional Integral Derivative) เช่น ตัวควบคุมพีไอดี ตัวควบคุมพีไอ และตัวควบคุมพีดี ซึ่งเป็นตัวควบคุมที่ให้สัญญาณควบคุมเป็นแบบมีค่าต่อเนื่อง ปัจจุบันได้รับความนิยมและใช้

งานอย่างแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรม โดยส่วนใหญ่จะเป็นการใช้งานประเภทพีไอ การควบคุมประเภทพีไอดีมีจุดเด่นหลักคือ การหาค่าคัวแปรของการควบคุมสามารถทำได้ง่ายโดยการทดลองปรับแต่งหาค่าในระหว่างการควบคุมระบบจริงได้เลย และไม่ต้องใช้ทฤษฎีการควบคุมมากแต่ให้ผลลัพธ์ในระดับที่ดี แผนผังอย่างง่ายของระบบแสดงดังภาพที่ ซึ่งตัวควบคุมประกอบไปด้วยตัวควบคุมพี (P, Proportional) ตัวควบคุมไอ (I, Integral) และตัวควบคุมดี (D, Derivative) รวมกันอยู่โดยมีตัวขยายพี (k_p) อัตราขยายไอ (k_i) และอัตราขยายดี (k_d) 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) หรือระบบมีพฤติกรรมเกิดการสั่นได้ นอกจากนี้แล้วการใช้ค่า k_p ที่อัตราการขยายสูงเกินไปอาจจะทำให้ระบบสูญเสียเสถียรภาพการควบคุมได้

ตัวแปร k_i คือ ค่าอัตราการขยายในส่วนของกฎการควบคุมแบบไอ (I Control Law) ใช้ในการขจัดหรือลดค่าผลต่างที่สถานะคงตัวของการควบคุม สัญญาณส่งออกในส่วนของตัวควบคุมไอจะแปรผันโดยตรงกับค่าปริพันธ์ ซึ่งก็คือค่าผลรวมของค่าผลต่างจากอดีตจนถึงปัจจุบัน โดยที่มี k_i เป็นค่าคงที่ของการแปรผัน ตัวควบคุมไอนี้แนวโน้มที่จะส่งผลทำให้ระบบเข้าสู่สถานะคงตัวช้าลงและเกิดการพุ่งเกิน (Overshoot) มากขึ้น และถ้าเพิ่มอัตราการขยายมากเกินไปจะทำให้ระบบสูญเสียเสถียรภาพในที่สุด

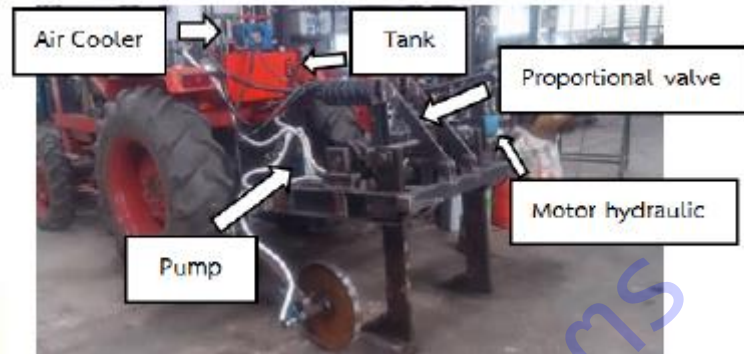
ตัวควบคุม k_d คือ ค่าอัตราการขยายในส่วนของการควบคุมแบบดี (D Control Law) ซึ่งสัญญาณส่งออกของตัวควบคุมดีแปรผันโดยตรงกับค่าอนุพันธ์หรือการเปลี่ยนแปลงของค่าผลต่างโดยมี k_d เป็นค่าคงที่ของการแปรผัน โดยทั่วไปตัวควบคุมดีจะทำหน้าที่เป็นตัวลดการเกิดการพุ่งเกิน (Overshoot) เป็นการเพิ่มเสถียรภาพของระบบควบคุม อย่างไรก็ตามในบางระบบถ้ากำหนดค่าตัวแปร k_d สูงเกินไป อาจจะทำให้เกิดการพุ่งเกินเพิ่มขึ้นได้เช่นกัน นอกจากนี้ถ้าระบบมีการหน่วงเวลา (Time Delay) สูง จะส่งผลทำให้ระบบควบคุมสูญเสียเสถียรภาพได้ ตัวควบคุมพีไอดีนี้ถือว่าเป็นตัวควบคุมวงจรมหัพิด (Closed Loop Controller) ที่มีการใช้ทั้งข้อมูลจาก อดีต ปัจจุบัน และแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในอนาคตมาใช้ในการประมวลผลการควบคุม กล่าวคือตัวควบคุมพีไอดีตอบสนองกับค่าผลต่างในสภาวะปัจจุบัน ในขณะที่ตัวควบคุมไอจะทำหน้าที่รวมค่าผลต่างในอดีตจนถึงปัจจุบันเปรียบเสมือนการพิจารณาข้อมูลในอดีตทั้งหมดเพื่อใช้ในการควบคุม และในส่วนของตัวควบคุมดีเป็นการหาอนุพันธ์ของผลต่างซึ่งเปรียบเสมือนการพิจารณาทิศทางการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Nyamapa และ Salokhe (2000) ศึกษาถึงพื้นที่การแตกตัวของดินและกำลังของอุปกรณ์แบบสันสะเทือนในพื้นที่ดินร่วนปนทราย พบว่าการแตกตัวของดินมีการแตกตัว การฟู และการยกตัวตามลักษณะของการสันสะเทือนของอุปกรณ์ และความหนาแน่นโดยรวมของดินหลังผ่านการไถด้วยอุปกรณ์การไถแบบสันสะเทือนมีค่าลดลงมากกว่าการไถแบบไม่สันสะเทือน 70 – 270 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถนำข้อดีของการสัน ที่ทำให้ดินแตกตัวได้ดี มาประยุกต์ใช้กับการสันของชาชุดถั่วลิสงได้

ตฤณสิษฐ์ (2560) ได้วิจัยไถระเบิดดินดานชนิดสันที่ขา 2 ขา แบบมีชุดควบคุมความถี่ในการสัน ดังภาพที่ 28 ช่วยให้การสันของไถดินดานคงที่ตลอดการไถ ส่งผลให้ไถดินดานมีสมรรถนะการทำงานสูงสุด และเปลี่ยนระบบถ่ายทอดกำลังทางกลเป็นระบบถ่ายทอดกำลังอุทกสถิต เพื่อลดการสันสะเทือนที่ส่งผลต่อคนขับ ชุดถ่ายทอดกำลังและความคงทนของอุปกรณ์ในรถแทรกเตอร์ การควบคุมความถี่ในการสันใช้ตัวควบคุมแบบพีซีซี มีลักษณะการทำงานโดยการป้อนความถี่ที่ต้องการควบคุมผ่านตัวควบคุมแบบพีซีซี ตัวควบคุมแบบพีซีซีจะไปเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลให้น้ำมันไฮดรอลิกไปขับมอเตอร์ไฮดรอลิกซึ่งต่ออยู่กับชุดสันสะเทือนของไถระเบิดดินดานทำให้เกิดการสันขึ้น 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 ความถี่ในการสัน 4 ระดับ คือ 0 7 9 และ 11 Hz และความลึกในการไถ 2 ระดับ คือ 30 และ 40 cm โดยมีความกว้างในการสันที่ปลายขาไถคงที่ 36.5 mm และประเมินผลโดยพิจารณาเลือกปัจจัยทดสอบที่เหมาะสมในการไถระเบิดดินดานจากแบบสอบถามระดับความสำคัญของผลการทดสอบ และระดับความพึงพอใจของผลการทดสอบโดยใช้วิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตแบบถ่วงน้ำหนัก พบว่า ปัจจัยทดสอบที่เหมาะสมในการไถระเบิดดินดานคือความเร็วในการเคลื่อนที่ 2.09 km h⁻¹ ความลึกในการไถ 30 cm และความถี่ในการสัน 9 Hz ให้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตแบบถ่วงน้ำหนักมากที่สุด 3.170 นอกจากนี้สามารถลดการสันสะเทือนต่อคนขับลงได้ 31.74 % -33.95 % ที่ความถี่ในการสัน ความลึกในการไถ และความเร็วในการเคลื่อนที่เดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบกับไถระเบิดดินดาน

ชนิดสั้นที่ขา 2 ขาแบบใช้ระบบถ่ายทอดกำลังทางกล ส่วนผลการควบคุมพบว่า การสั่นของขาไถเริ่มสั้นจาก 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 และเหมาะสมกับการเคลื่อนที่ของแทรกเตอร์ มาประยุกต์ใช้ และจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็น ส่วนทำงาน ที่ผ่านการประมวลผลด้วยสมองกล เพื่อควบคุม ความเร็วรอบของชุดลูกเบี้ยวควบคุมการสั้นของขาชุดได้



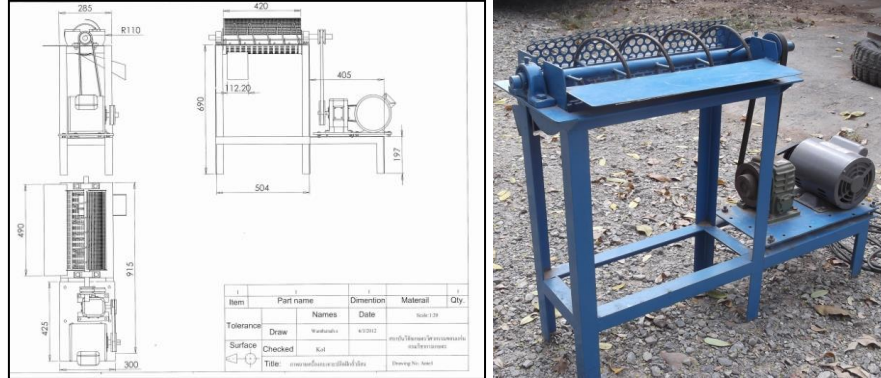
ภาพที่ 28 ไถระเบิดดินดานชนิดสั้นที่ขา 2 ขา แบบมีชุดควบคุมความถี่ในการสั้น
ที่มา: ตฤณสิษฐ์ (2560)

ประสาธและคณะ (2556) ได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องชุดเก็บมันสำปะหลัง แบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขึ้น ดังภาพที่ 30 เพื่อเป็นการสนับสนุนการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และลดต้นทุนการผลิตมันสำปะหลัง ตลอดจนการแก้ปัญหาขาดแคลนแรงงานในระบบการเก็บเกี่ยว ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบหลักๆ 4 ส่วน ได้แก่ 1. ส่วนที่เป็นผลาลชุด ทำหน้าที่ชุดมันสำปะหลังขึ้นมาจากร่องปลูก 2. ส่วนที่เป็นระบบลำเลียง ทำหน้าที่ลำเลียงมันสำปะหลังที่ชุดขึ้นมาแล้วออกจากแนวร่องดิน 3. ส่วนเป็นกระบะรถบรรทุกชนิดพ่วง เมื่อหม้อมันสำปะหลังถูกชุดด้วยส่วนผลาลชุดแล้ว ส่วนที่เป็นระบบลำเลียง ก็จะหนีบจับตอของเหง้า แล้วลำเลียงส่งมายังรถกระบะรถบรรทุก เพื่อเก็บรวบรวมและนำมาลงเป็นกองไว้ เพื่อง่ายในการตัดหัวมันสำปะหลังและลำเลียงขึ้นรถบรรทุก 4. เป็นส่วนที่เป็นโครงสร้างหลักรองรับส่วนต่างๆ หลักการทำงานของเครื่องชุดมันสำปะหลัง เมื่อนำเครื่องชุดมาพ่วงต่อกับรถแทรกเตอร์ และเมื่อส่วนผลาลชุดได้ชุดมันสำปะหลังขึ้นมา หม้อมันสำปะหลังจะถูกหนีบลำเลียงขึ้นมารวบรวมไว้บนกระบะรถบรรทุก แล้วนำไปกองรวมไว้ที่หัวแปลง เพื่อง่ายในการตัดหัวมันและลำเลียงขึ้นรถบรรทุกต่อไป ซึ่งสามารถนำหลักการของการใช้สายพานหนีบจับมาประยุกต์ใช้หนีบจับต้นถั่วป้อนเข้าสู่ส่วนการผลิตฝักอย่างต่อเนื่องได้



ภาพที่ 30 เครื่องชุดเก็บมันสำปะหลัง
ที่มา: ประสาธ และคณะ (2556)

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



ภาพที่ 31 เครื่องปลิดฝักถั่วลิสง
ที่มา: กลวัชร และคณะ (2556)

เครื่องปลิดฝักถั่วลิสงแบบแถบยางมีริมเป็นรอยหยักฟันเลื่อย ดังภาพที่ 32 ได้สร้างและทดสอบเครื่องปลิดฝักและทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงที่จังหวัดอุบลราชธานี โดยสร้างเครื่องปลิดฝักสองแบบคือ แบบแถบยางมีริมเป็นรอยหยักฟันเลื่อย และแบบท่อนเหล็กหุ้มด้วยสายยางท่อน้ำ ติดตั้งเครื่องปลิดฝักที่ด้านหน้ารถไถเดินตาม โดยอาศัยเครื่องยนต์ของรถไถเป็นต้นกำลัง ทดสอบเครื่องปลิดฝักกับถั่วลิสงพันธุ์โพนาน 9 และสข. 38 อายุ 110 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบกับ การปลิดฝักด้วยมือที่เป็นมาตรฐาน หลังจากนั้นนำฝักที่ปลิดได้ไปเก็บรักษาในสภาพเปิดระยะเวลาต่าง ๆ แล้วทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์โดยการทดสอบความงอก การตีสีเตตระโซเลียม และการนำไฟฟ้าของน้ำแช่เมล็ดพันธุ์ ผลการทดสอบพบว่า เครื่องปลิดทั้งทั้งสองแบบสามารถปลิดเฉลี่ยได้ฝักดีไม่มีข้าวประมาณร้อยละ 80 ฝักดีแต่มีข้าวประมาณร้อยละ 9 ฝักแตกร้าวประมาณร้อยละ 4 และส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 7 เป็นฝักอ่อน คุณภาพภายนอกของฝักที่ปลิดได้ยังไม่สูงพอสำหรับมาตรฐานเมล็ดพันธุ์เนื่องจากยังมีข้าวติดอยู่ (วารสารวิชาการเกษตร, 2555)



ภาพที่ 32 แสดงลักษณะการทำงานของกรรณวดถั่วลิสงเมล็ดโต
ที่มา: วารสารวิชาการเกษตร, 2555

เครื่องปลิดฝักถั่วลิสง Groundnut picker BL-2T ดังภาพที่ 33 ใช้ต้นกำลังไฟ 3 กิโลวัตต์ หรือเครื่องยนต์ดีเซล 6 แรงม้า ความสามารถของเครื่องผลิต 150 - 200 กก. / ชม. ถั่วลิสงไม่แตกและหัก (น้อยกว่า 4 % และ

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



ภาพที่ 33 เครื่อง Groundnut picker BL-2T

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงมีกรอบการวิจัยเรื่อง การวิจัยและพัฒนาเครื่องชุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั่นของขาและผลชุด ด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ ที่เหมาะกับพื้นที่การปลูกของเกษตรกรรายย่อยที่ปลูกถั่วลิสงเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ ควรประกอบด้วย 1) ส่วนชุดขาชุด ซึ่งจะมีไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการสั่นของขาและผลชุด ที่สามารถปรับค่าการสั่นโดยอัตโนมัติที่เหมาะสมกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถ ซึ่งจะทำให้ดินแตกตัวได้ดีไม่ติดฝัก 2) ส่วนซีร่อนเศษดินจะมีการควบคุมการสั่นที่เหมาะสมกับการสั่นของขาชุด ซึ่งจะทำให้แยกดินออกได้ดี 3) ชุดหนีบลำเลียงต้นถั่วด้วยสายพานและชุดปลิดฝักแบบทรงกระบอกคู่ที่มีซี่เหล็กกลมติดตั้งไว้โดยรอบ ฝักถั่วลิสงที่ปลิดแล้วจะถูกเก็บไว้ในส่วนกระเบบรทุกที่อยู่ในชุดเดียวกันกับชุดปลิดฝัก ต้นถั่วที่ถูกปลิดฝักออกแล้วจะถูกทิ้งลงแปลงทางด้านท้ายเครื่องในลำดับต่อไป

เป้าหมายการวิจัย

1. ได้ต้นแบบเครื่องชุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั้นของขาชุดด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมกับพื้นที่การปลูกของเกษตรกรรายย่อยที่เป็นเครือข่ายปลูกถั่วลิสงเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ ที่มีขนาดพื้นที่ปลูกประมาณรายละ 5 ไร่ ทั้งการปลูกแบบยกร่องในสภาพไร่ และไม่ยกร่องในสภาพนา อย่างน้อยสามพันธุ์ ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น พันธุ์เทนาน 9 พันธุ์ขอนแก่น 6 และพันธุ์ขอนแก่น 5 หรือ พันธุ์ 84-7 หรือ 84-8 ซึ่งผ่านทดสอบผลทั้งด้านความสามารถในการทำงาน และผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์
2. ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชของกรมวิชาการเกษตร และกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์พันธุ์สามารถนำเครื่องต้นแบบนี้ไปเพิ่มความสามารถในการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ เพื่อใช้ในขยายพันธุ์และจำหน่ายได้ โดยช่วยส่งเสริมพื้นที่การปลูกจากผลการลดการใช้แรงงานและเก็บเกี่ยวทันต่อฤดูกาล โดยเพิ่มพื้นที่การปลูกจากรายละประมาณ 5 ไร่ เป็นรายละ 20 ไร่
3. ผู้ประกอบการภาคเอกชนสามารถนำเครื่องต้นแบบไปผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องชุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสง ที่ควบคุมการสั้นของขาชุดด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ของเกษตรกรรายย่อยที่เป็นเครือข่ายผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสง

ขอบเขตของการวิจัย

1. วิจัยและพัฒนาเครื่องชุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสง ที่ควบคุมการสั้นของขาที่ยึดมาชุดด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการสั้นอัตโนมัติของขาชุด ให้เหมาะสมกับการเคลื่อนที่ของรถ เพราะการสั้นจะช่วยลดแรงต้านการเคลื่อนที่ของชุดชุด ซึ่งจะช่วยให้ดินแตกตัวได้ดีไม่ติดฝัก ถั่ว ส่วนซีตตะแกรงร่อนดินจะมีการสั้นที่เหมาะสมกับชุดขาชุด และมีชุดหนีบลำเลียงต้นถั่วด้วยสายพานนำไปปลิดฝักด้วยชุดปลิดฝักแบบทรงกระบอกคู่ที่มีซี่เหล็กกลมติดตั้งไว้โดยรอบ ฝักถั่วลิสงที่ปลิดแล้วจะถูกเก็บไว้ในส่วนกระบะบรรจุทุกที่อยู่ในชุดเดียวกันกับชุดปลิดฝัก ต้นถั่วที่ถูกปลิดฝักออกแล้วจะถูกทิ้งลงแปลงทางด้านท้ายเครื่องในลำดับต่อไป

2. วิจัยและพัฒนาเครื่องชุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่เหมาะสมกับพื้นที่การปลูกของเกษตรกรรายย่อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่เป็นเครือข่ายปลูกถั่วลิสงเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ ซึ่งมีขนาดพื้นที่ปลูกประมาณ 5 ไร่ ทั้งการปลูกแบบยกร่องในสภาพไร่และไม่ยกร่องในสภาพนา ซึ่งการใช้เครื่องจักรอาจช่วยเพิ่มพื้นที่การปลูกเป็นรายละ 20 ไร่

3. ทดสอบการชุดถั่วลิสงในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ปลูกเพื่อทำเมล็ดพันธุ์ อย่างน้อยสามพันธุ์ เช่น พันธุ์เทนาน 9 พันธุ์ขอนแก่น 6 และพันธุ์ขอนแก่น 5 หรือ พันธุ์ขอนแก่น 84-7 หรือขอนแก่น 84-8 เนื่องจากเป็นพันธุ์รับรองของกรมวิชาการเกษตร และได้รับการส่งเสริมให้มีการผลิตเพื่อเป็นเมล็ดพันธุ์ โดยทดสอบในสภาพดินร่วนปนทรายซึ่งเป็นสภาพดินปลูกโดยทั่วไปในพื้นที่ และเปรียบเทียบกับทดสอบในสภาพดินเหนียวหรือร่วนปนเหนียว โดยในการทดสอบต้องทดสอบผลทั้งด้านการเพิ่มความสามารถในการทำงาน และเพิ่มคุณภาพการผลิตเมล็ดพันธุ์

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

กิจกรรมที่ 1 การออกแบบและสร้างเครื่องชุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั้นของขาชุดด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ (ดำเนินการปีงบประมาณ 2563)

กิจกรรมที่ 2 การทดสอบเครื่องชุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั้นของขาชุดด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ (ดำเนินการปีงบประมาณ 2564)

อุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์
2. เครื่องมือวัดขนาด ต่าง ๆ เทปวัดระยะ ตลับเมตร นาฬิกาจับเวลา หล็กโพลีกระยะ
3. เหล็กและชิ้นส่วนสำหรับสร้างต้นแบบ เครื่องมือและอุปกรณ์งานช่างโรงงาน
4. รถแทรกเตอร์คูโบต้า รุ่น B2140 ขนาด 21 แรงม้า
5. ปีกเกอร์สำหรับวัดอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ตาชั่งพิกัด 60 กิโลกรัม และตาชั่งพิกัด 6 กิโลกรัม ทศนิยมอย่างน้อย 2 ตำแหน่ง ค่าความละเอียด 1 กรัม
6. แปลงปลุกถั่วลิสงเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ ซึ่งปลุกถั่วลิสงพันธุ์ไททานิก 9 พันธุ์ขอนแก่น 6 และพันธุ์ขอนแก่น 5 หรือ พันธุ์ 84-7 หรือ 84-8

วิธีการ

1. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของถั่วลิสงที่ปลุกเพื่อทำเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ รูปแบบการปลุก สัณฐานต่าง ๆ
2. ศึกษาขนาดความสูง ความกว้าง ของจุดยึดแบบ 3 จุด ของแทรกเตอร์ ขนาด 21 - 24 แรงม้า เพื่อใช้ออกแบบระยะหุ้ยัด ความสูง ความกว้างของชุดโครงเครื่องชุด รวมถึงระยะห่างด้านในและด้านนอกของล้อหน้า และล้อหลัง เพื่อเลี่ยงปัญหาการเหยียบต้นถั่วขณะเครื่องทำงาน ออกแบบความกว้าง ความยาว มุมชุด และรูปทรงใบผลชุดเพื่อให้เหมาะกับระยะการปลุก และความต้านทานของดินแต่ละชนิด
3. ออกแบบชุดขาชุดแบบไม่สั้น และแบบสั้น เลือกชุดลูกเบี้ยวที่มีระยะเยื้องที่เหมาะสม และเลือกเกียร์ทดต่อพ่วงกับเพลอาำนวยกำลัง ออกแบบชุดโซ่หนีบลำเลียงต้นถั่ว ให้มีความเร็วของชุดลำเลียง ที่เหมาะสมกับปริมาณต้นถั่วที่ลำเลียงในแต่ละความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ ออกแบบชุดปลิดฝัก และกระบะเก็บฝัก หลังการปลิด ประกอบติดตั้งกลไก และชุดอุปกรณ์ต่อพ่วง ทดสอบการทำงานในห้องปฏิบัติการ ของแต่ละส่วน และการทำงานในลักษณะการต่อพ่วงทั้งชุดที่ และทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบในพื้นที่ที่ยังไม่ปลุกถั่วลิสง ปรับปรุงแก้ไข

4. เวียนทดสอบในแปลงปลุกถั่วลิสงที่มีอายุเก็บเกี่ยวตามข้อเสนอแนะของกรมวิชาการเกษตร เก็บข้อมูลผลการชุดเก็บและปลิดฝัก ได้แก่ ความสูญเสียต่าง ๆ ความเสียหายต่อเมล็ด โดยสุ่มเช็คในพื้นที่ 4 x 0.6 ตารางเมตร จำนวน 3 ซ้ำ ในการทดสอบแต่ละแบบการทดสอบ มีรายละเอียดดังนี้

เมื่อกำหนดให้

- | | | |
|---|-----|--|
| A | คือ | น้ำหนักฝักถั่วทั้งหมดในพื้นที่ทดสอบ (กิโลกรัม) |
| B | คือ | น้ำหนักฝักถั่วที่ไม่ถูกชุด และฝังอยู่ใต้ดินในพื้นที่ทดสอบ (กิโลกรัม) |
| C | คือ | น้ำหนักฝักถั่วที่ถูกชุด และร่วงบนดินในพื้นที่ทดสอบ (กิโลกรัม) |

- D คือ น้ำหนักฝักถั่วที่ผลิตได้ในพื้นที่ทดสอบ และอยู่ในกระบะเก็บฝัก (กิโลกรัม)
- E คือ น้ำหนักฝักถั่วที่ไม่ถูกปลิด ติดไปกับต้นถั่ว ในพื้นที่ทดสอบ (กิโลกรัม)
- F คือ น้ำหนักฝักถั่วสภาพสมบูรณ์คัดจากกระบะ ในพื้นที่ทดสอบ (กิโลกรัม)
- G คือ น้ำหนักฝักถั่วที่แตกหักคัดจากกระบะ ในพื้นที่ทดสอบ (กิโลกรัม)
- H คือ น้ำหนักฝักถั่วสภาพสมบูรณ์ที่มีข้อติดฝักคัดจากกระบะในพื้นที่ทดสอบ (กิโลกรัม)
- I คือ น้ำหนักข้อจากฝักที่มีข้อติดฝักจากกระบะในพื้นที่ทดสอบ (กิโลกรัม)
- J คือ น้ำหนักต้นถั่วในพื้นที่ทดสอบ (กิโลกรัม)
- K คือ น้ำหนักฝักถั่วที่ผลิตได้ในพื้นที่ทดสอบ และถูกจัดเก็บในกระบะ (กิโลกรัม)
- L_B คือ ความสูญเสียฝักถั่วลิสงจากการไม่ถูกขุดและฝังอยู่ใต้ดิน (%)
- L_C คือ ความสูญเสียฝักถั่วลิสงจากการถูกขุดและร่วงอยู่บนดิน (%)
- L_E คือ ความสูญเสียฝักถั่วลิสงจากการไม่ถูกปลิดและติดไปกับต้นถั่ว (%)
- L_G คือ ความสูญเสียฝักถั่วลิสงจากการแตกหัก (%)
- K_e คือ ประสิทธิภาพในการปลิดฝักถั่วลิสง (%)
- H_e คือ ประสิทธิภาพในการปลิดข้อจากฝักถั่วลิสง (%)
- I_e คือ การคัดแยกข้อออกจากฝักถั่วลิสง (%)

$$A = B + C + D + E \quad (1)$$

$$K = F + G \quad (2)$$

$$L_B = B * 100 / A \quad (3)$$

$$L_C = C * 100 / A \quad (4)$$

$$L_E = E * 100 / A \quad (5)$$

$$L_G = G * 100 / K \quad (6)$$

$$K_e = K * 100 / (K + E) \quad (7)$$

$$H_e = H * 100 / F \quad (8)$$

$$I_e = I * 100 / F \quad (9)$$

เวลาและสถานที่

ระยะเวลา

เริ่มต้นเดือนตุลาคม 2562 สิ้นสุดเดือนกันยายน 2564

สถานที่ดำเนินการ

ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชขอนแก่น

และแปลงเกษตรกรในพื้นที่

ผลการวิจัยและอภิปรายผล (Results and Discussion)

ผลการศึกษาศาสตร์ทางกายภาพของถั่วลิสงและสภาพการปลูก พบว่ามีการปลูกทั้งแบบไม่ยกร่อง ดังภาพที่ 34 และแบบยกร่อง ดังภาพที่ 35 ลักษณะดินเป็นดินร่วนปนทราย โดยแบบยกร่อง มีความกว้างของสันร่อง 80-100 ซม. สูง 20-25 ซม. ปลูก 2-3 แถว / สันร่อง โดยมีระยะห่างระหว่างต้น 25-30 ซม. การวัดความสูงต้น สำหรับพันธุ์ไทนาน 9 ขอนแก่น 6 มีความสูงต้น ความสูงพุ่ม ตั้งแต่ 25-30 ซม. เมื่อชุดขึ้นมาแล้วตั้งยี่ดออกสูงสุด 80-100 ซม. ระยะแผ่ของฝักถั่ว 40-50 ซม. ส่วน ดังภาพที่ 36



ภาพที่ 34 การปลูกถั่วลิสงแบบไม่ยกร่อง



ภาพที่ 35 การปลูกถั่วลิสงแบบยกร่อง



ภาพที่ 36 การวัดขนาดต่าง ๆ และต้นถั่วลิสงที่ชุดขึ้นมาจากแปลง

ผลการสำรวจการใช้เครื่องเก็บเกี่ยวถั่วลิสงในแปลงของเกษตรกร โดยการประสานงานกับเจ้าหน้าที่ของสำนักงานเทศบาล ต.นาเลียง อ.นาแก จ.นครพนม ดังภาพที่ 37 พบว่าเกษตรกรปลูกถั่วลิสงหลังฤดูทำนามาแล้ว 15 ปี ในพื้นที่ปลูกปัจจุบันจำนวน 150 ไร่ โดยใช้เมล็ดพันธุ์ ขอนแก่น 5 ตามความต้องการของตลาด เป็นที่รู้จักของผู้ซื้อจำนวนมาก เกิดโอกาสในการซื้อขายคล่องตัว มีพ่อค้ามารับซื้อถั่วลิสงแบบฝักสดที่หน้าแปลง และยังขายให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปถั่วลิสงในพื้นที่ (ทำถั่วคั่วทราย) จำนวน 2 แห่ง คือวิสาหกิจแปรรูปถั่วลิสง บ้านสองคอน ต.พระซอง อ.นาแก และวิสาหกิจชุมชนแปรรูปถั่วลิสงบ้านต้นผึ้ง ต.นาแก อ.นาแก โดยผลผลิตถั่วลิสงของเกษตรกรสามารถทำกำไรได้ถึง 7,000 – 20,000 บาทต่อไร่ จากผลผลิตถั่วลิสงฝักสด 1,000 – 2,000 กิโลกรัมต่อไร่



ภาพที่ 37 เจ้าหน้าที่ของสำนักงานเทศบาลตำบลนาเลียง อ.นาแก จ.นครพนม ที่ประสานงานในพื้นที่

ผลการสำรวจการใช้เครื่องขุดเก็บถั่วลิสงในพื้นที่ พบว่ามีเกษตรกรใช้ผลผลิตถั่วลิสงที่ซื้อจากอุ้มในท้องถิ่นนำมาพ่วงกับรถไถเดินตาม จำนวน 3 ราย แสดงดังภาพที่ 38 แต่ยังมีปัญหาการขุดเก็บไม่หมดเมื่อดินปลูกแข็งและแห้ง จึงยังมีการใช้จอบและเสียมช่วยขุดและใช้มือดึงต้นถั่วขึ้นจากดิน แสดงดังภาพที่ 39 ส่วนการปลิดฝักถั่วลิสงนั้น ยังใช้แรงงานปลิดด้วยมือ ดังภาพที่ 40 ซึ่งต้องใช้แรงงาน และใช้เวลาในการปลิดจำนวนมาก เกษตรกรจึงอยากให้มียุทธจักรขุดเก็บที่ปลิดฝักในตัวที่ทำงานในสภาพดินที่แข็งและแห้ง โดยไม่ต้องฉีดน้ำในแปลงก่อนการเก็บเกี่ยว หรือต้องการเครื่องปลิดฝักที่แยกต่างหาก แต่มีขนาดกะทัดรัด ราคาไม่แพงมาก ซึ่งจะช่วยให้มีการผลิตถั่วลิสงในพื้นที่เพิ่มขึ้นได้



ภาพที่ 38 เครื่องขุดเก็บถั่วลิสงของเกษตรกรในพื้นที่ ต.นาเลียง อ.นาแก จ.นครพนม



ภาพที่ 39 การใช้จอบ และเสียมช่วยขุดเก็บถั่วลิสงและการดึงด้วยมือ กรณีดินแข็ง



ภาพที่ 40 การปลิดถั่วลิสงด้วยมือ

ผลการศึกษาการทำงานเครื่องชุดและปลิดฝักถั่วลิสงของเอกชนที่ผลิตถั่วลิสงอบกรอบโกโก้ พบว่านำเข้ามาจากไต้หวัน ดังภาพที่ 41 และเครื่องชุดและตากถั่วไว้ในแปลงแต่ไม่มีการปลิดฝักของโรงงานท้องถิ่น ดังภาพที่ 42 และภาพที่ 43



ภาพที่ 41 ใบชุด และโซ่หนีบต้นถั่ว และชุดปลิดฝัก ของเครื่องชุดถั่วลิสงจากไต้หวัน

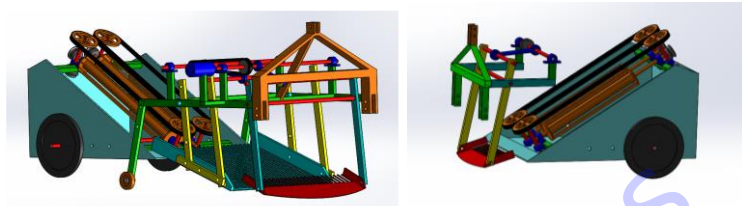


ภาพที่ 42 เครื่องชุดถั่วลิสงแบบมีโซ่หนีบต้นถั่วของโรงงานท้องถิ่น



ภาพที่ 43 เครื่องชุดถั่วลิสงแบบมีชุดลำเลียงต้นถั่วแล้วตากไว้ในแปลง ของโรงงานท้องถิ่น

ศึกษาขนาดความสูง ความกว้าง ของจุดยึดแบบ 3 จุด ของแทรกเตอร์ ขนาด 21 แรงม้า เพื่อใช้ออกแบบ ระยะหยุด ความสูง ความกว้างของชุดโครงเครื่องชุด ผลการออกแบบความกว้าง ความยาว มุมชุด และรูปทรงใบ ผลชุด ในเบื้องต้นออกแบบตามผลชุดของเครื่องชุดถั่วลิสงแบบมีโซ่หนีบต้นถั่วของโรงงานท้องถิ่นที่มีอยู่ใน จ.สกลนคร มีลักษณะคล้ายใบมีด ยาว 40 ซม กว้าง 15 ซม. ซึ่งผลชุดนี้ทำหน้าที่ยกดินไถรากลั่วให้สูงขึ้นให้พอดีกับโซ่หนีบต้นถั่วขึ้นไปปลิดฝักต่อไป และจากการพิจารณาพบว่าการใช้ตะแกรงร่อนเศษดิน ดังภาพที่ 44 (ก) ทำให้ต้นถั่วล้ม และไม่ถูกโซ่หนีบเข้าไปสู่ส่วนปลิดฝัก จึงได้ตัดส่วนตะแกรงร่อนเศษดินออกไป ดังภาพที่ 44 (ข)



ภาพที่ 44 แบบเครื่องชุดและปลิดฝักถั่วลิสง (ก)มีตะแกรงร่อนเศษดิน และ (ข)ไม่มีตะแกรงร่อนเศษดิน

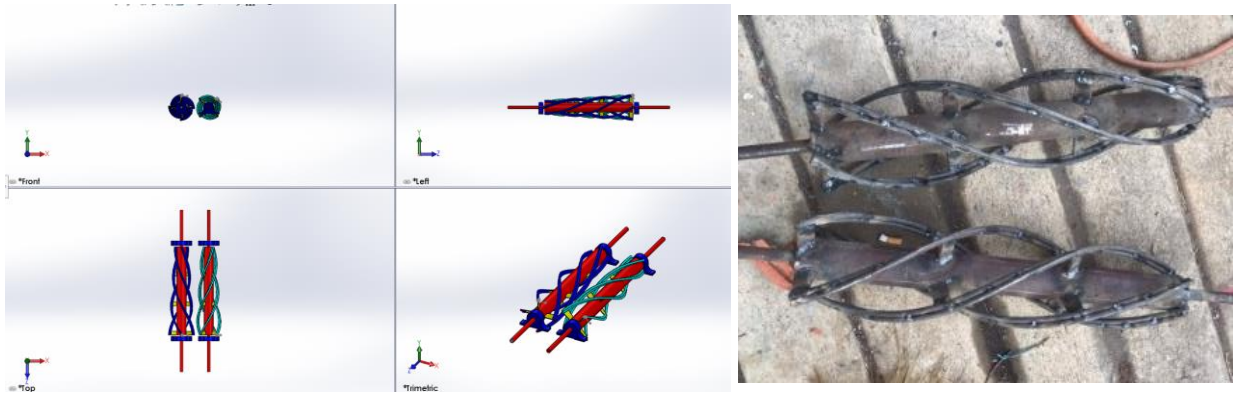
ออกแบบชุดขาชุดแบบสั้นและเลือกชุดลูกเบี้ยวที่มีระยะเยื้องที่เหมาะสม กับการสั้นของขาชุดออกแบบ และเลือกเกียร์ทด ที่ต่อพ่วงกับเพลาอำนาจกำลัง เพื่อใช้ในการส่งกำลังและกำหนดความเร็วการหมุนของเพลาชุด ลูกเบี้ยวควบคุมการสั้นขาชุด ดังภาพที่ 45 ออกแบบชุดโซ่หนีบลำเลียงต้นถั่ว ซึ่งโซ่หนีบต้นถั่วเป็นโซ่ที่มีลักษณะเฉพาะ มีลักษณะเป็นฟัน ซึ่งจะพบได้ในรถเกี่ยวขนาดข้าวญี่ปุ่นมือสองในส่วนของชุดหนีบคอรวง แต่ละข้อยาว 33 มม. เมื่อนำมาต่อกันจะมีลักษณะเป็นโซ่ยาว ดังภาพที่ 46 ออกแบบชุดปลิดฝัก ดังภาพที่ 47 เป็นแกนทรงกระบอก 2 แกน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 0.6 เมตร ติดตั้งอยู่ด้านล่างของโซ่หนีบ แต่ละแกนมีเหล็กเส้นกลมล้อมรอบแบบเป็นเกลียววน และแกนทำมุมกับแนวโซ่หนีบต้นถั่ว เพื่อปลิดต้นถั่วได้สูงขึ้นเรื่อย ๆ ตั้งแต่ทางเข้าและปลิดถึงโคนต้นที่ทางออก และมีกระบะเก็บฝักอยู่ใต้ชุดปลิดฝัก



ภาพที่ 45 ลูกเบี้ยวและเกียร์ทด

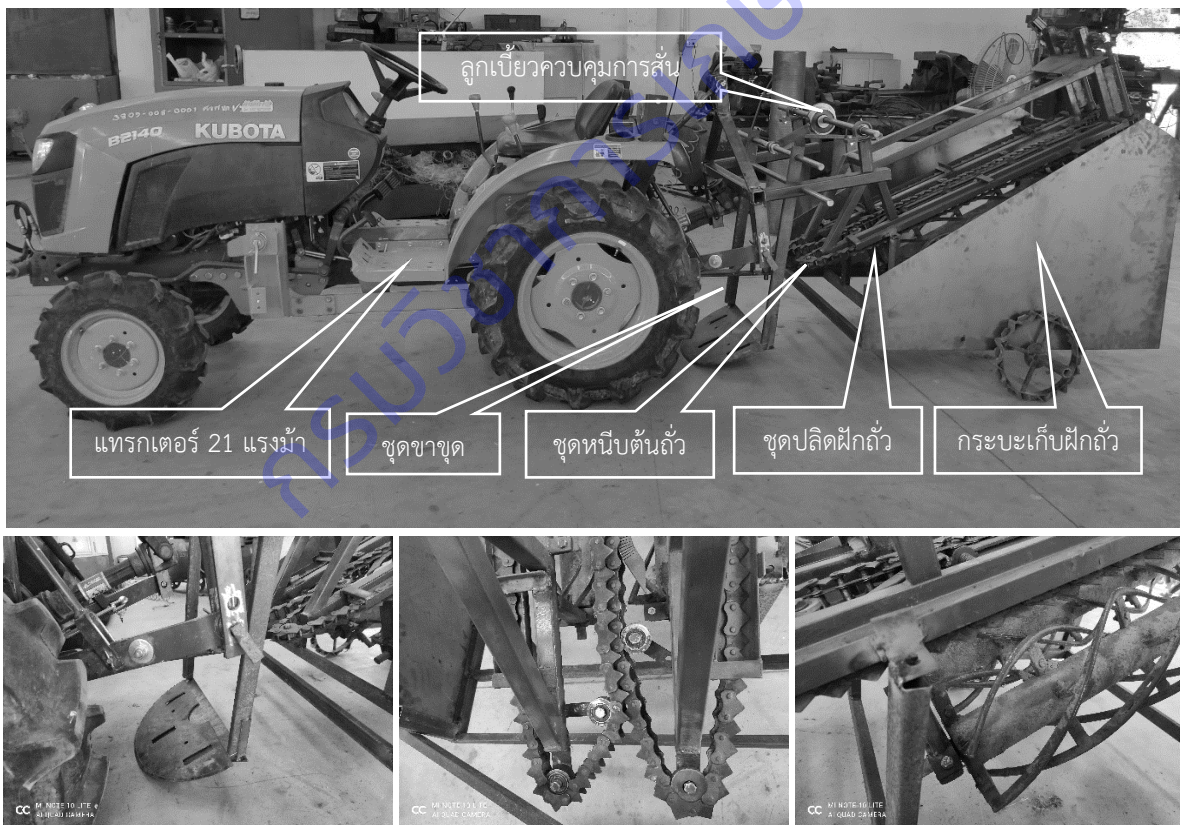


ภาพที่ 46 ชุดโซ่หนีบต้นถั่ว



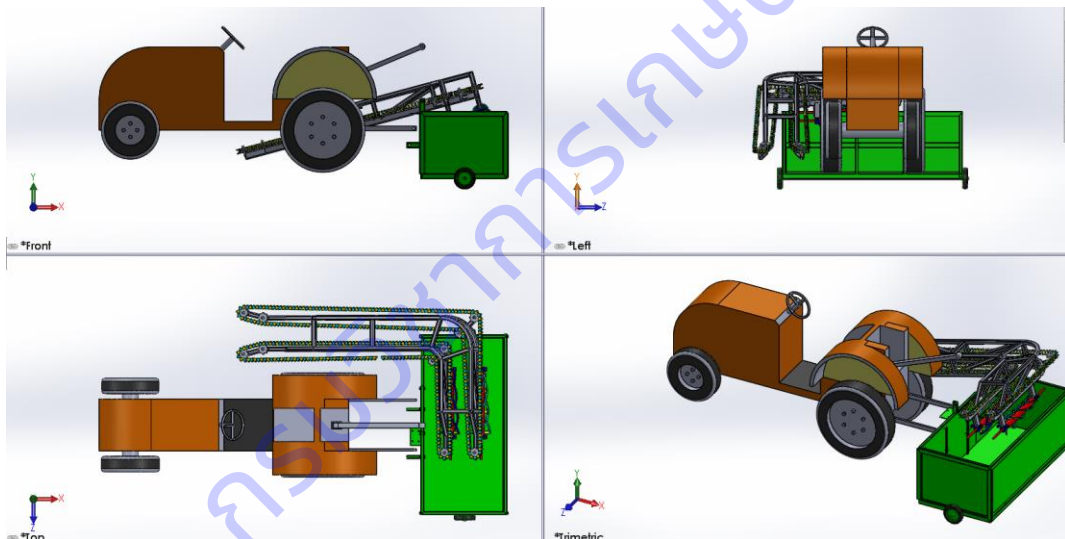
ภาพที่ 47 แบบชุดปลิดฝัก และชุดปลิดฝักที่สร้างขึ้น

ผลการสร้างเครื่องต้นแบบแรก แสดงดังภาพที่ 48 ใช้รถแทรกเตอร์ ขนาด 21 แรงม้า เป็นต้นกำลังสำหรับ ลากชุดชุดและปลิดฝักถั่วลิสงที่ประกอบด้วย ชุดขาชุด ชุดโซ่หนีบถั่วและชุดปลิดฝัก ฝักถั่วลิสงที่ถูกปลิด แล้วเก็บไว้ในส่วนกระบะบรรจุทุกที่อยู่ในชุดเดียวกันกับชุดปลิดฝัก ส่วนต้นถั่วที่ถูกปลิดฝักออกแล้วจะถูกทิ้งลงแปลง ทางด้านท้ายเครื่อง

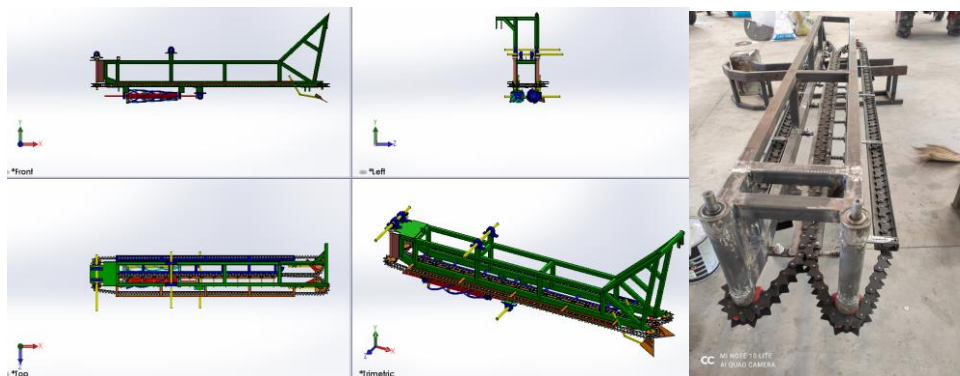


ภาพที่ 48 ต้นแบบแรก เครื่องชุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสง ที่ควบคุมการสั่นของขาชุดด้วยระบบอัตโนมัติ แบบติดตั้ง ท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์

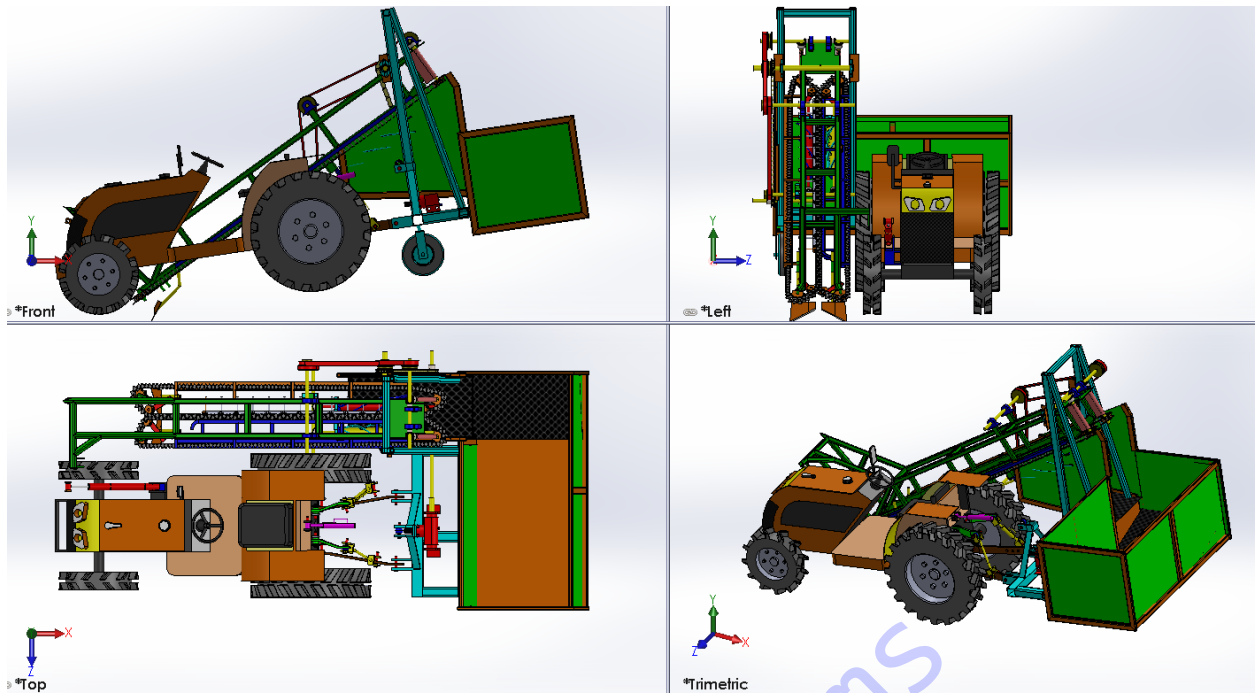
ผลการทดสอบต้นแบบเบื้องต้นพบว่า การติดตั้งชุดชุดเก็บและปลิดฝักไว้ท้ายแทรกเตอร์ ทำให้มีปัญหาในการยกของแขนยก และการเลี้ยวหัวแปลง เนื่องจากความยาวและน้ำหนักของชุดเครื่องจักร จึงได้แก้ไขการออกแบบโดยให้มีการติดตั้งไว้ด้านข้างแทรกเตอร์แทน และมีชุดโซ่หนีบที่โค้งมาด้านหลังแทรกเตอร์ และติดตั้งลูกปลิดไว้ด้านหลังใต้ชุดโซ่หนีบต้นถั่ว ดังภาพที่ 49 เมื่อทำการสร้างต้นแบบพบว่าการหนีบจับต้นถั่วของชุดโซ่หนีบมีความยุ่งยากในการสร้าง และมีช่องว่างระหว่างโซ่หนีบในบริเวณที่เป็นส่วนโค้ง ทำให้หนีบจับต้นถั่วได้ไม่ดี จึงได้แก้ไขการออกแบบอีกครั้ง โดยติดตั้งชุดชุดเก็บและปลิดฝักไว้ด้านข้างเช่นเดิม แต่ให้โครงของชุดโซ่หนีบต้นถั่วเป็นแบบตรง และชุดลูกปลิดฝักติดตั้งใต้โซ่หนีบในแนวขนานกับตัวแทรกเตอร์ ส่วนกระบะเก็บฝักอยู่ด้านหลัง ดังภาพที่ 51 โครงโซ่หนีบต้นถั่วและปลิดฝักแบบตรงที่สร้างขึ้น แสดงดังภาพที่ 50 โดยต้นแบบที่สร้างขึ้นแสดงดังภาพที่ 52 ซึ่งชุดขุดดินมีทั้งแบบอยู่กับที่ และแบบสั้น และจากการทดสอบการขุดดินเบื้องต้น พบว่า ผลชุดแบบไวมัดขุดดินและคายดินได้ไม่ดี มีดินดันหนูนหน้าใบขุดและโซ่หนีบต้นถั่วติดขัดได้ง่าย จึงเปลี่ยนใช้ใบผลาคัดท้ายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 นิ้ว นำมาผ่าครึ่งวงกลม พบว่าขุดดินได้ดี แต่ยังมีดินสะสมหน้าผลาคุด จึงเจาะช่องบริเวณตรงกลางใบผลา ทำให้คายดินได้ดี แต่ชุดโซ่หนีบยังหนีบจับต้นถั่วได้ดี จึงเลือกใช้ผลาคุดนี้กับเครื่องต้นแบบ ดังภาพที่ 53



ภาพที่ 49 แบบชุดชุดเก็บแบบติดตั้งไว้ด้านข้างแทรกเตอร์ที่มีชุดโซ่หนีบแบบโค้ง ไปด้วยด้านหลังแทรกเตอร์



ภาพที่ 50 โครงโซ่หนีบต้นถั่วและปลิดฝักถั่วลิสง แบบตรงติดตั้งข้างแทรกเตอร์



ภาพที่ 51 แบบชุดชุดเก็บและปลิดฝักแบบติดตั้งไว้ด้านข้างแทรกเตอร์ ที่มีชุดโซ่หนีบแบบตรง และติดตั้งลูกปลิดได้
โซ่หนีบต้นถั่วในแนวขนานด้านข้างแทรกเตอร์



ภาพที่ 52 เครื่องต้นแบบที่มีขาชุดแบบไม่สั้น และแบบมีขาชุดแบบสั้น



ภาพที่ 53 ผลชุดแบบใบมีด แบบผลคัตทำยแทรกเตอร์ผ่าครึ่งวงกลมแบบไม่เจาะและเจาะช่องคายดินกลางผล

ผลการทดสอบการปลิดฝักของชุดปลิดในห้องปฏิบัติการ เมื่อความเร็วโซ่หนีบต้นถั่ว 1.053 ม. / วินาที ความเร็วเชิงเส้นชุดปลิดฝัก 4.20ม. / วินาที (534.2 รอบ / นาที) ดังภาพที่ 54 พบว่ามีประสิทธิภาพในการปลิดฝักเฉลี่ย 94.71 % ฝักแตกหัก 0.98 % ดังตารางที่ 1 จากนั้นนำเครื่องต้นแบบไปทดสอบภาคสนาม ดังภาพที่ 55 พบว่าเกียร์ L1 และ L2 ซึ่งมีความเร็วในการเคลื่อนที่ ตั้งแต่ 0.11 – 0.18 เมตร / วินาที มีอัตราการสิ้นเปลืองต่ำกว่า เกียร์ L3 และเกียร์ H1 เนื่องจากมีความเร็ว แรงบิด และกำลังจากเครื่องยนต์ที่เหมาะสมกว่า จึงเลือกที่เกียร์นี้ไปทดสอบในแปลงปลูกถั่วลิสงสภาพดินร่วนปนทราย ดังภาพที่ 56 ซึ่งเป็นถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 5 อายุ 95 วัน ปลูกแบบยกร่อง 2 แถวต่อร่อง ระยะห่างต้นในแนวขวางร่อง 18 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างต้นในแนวนานร่อง 20 เซนติเมตร ผลการทดสอบแบบไม่สิ้นซากชุด แสดงดังตารางที่ 2



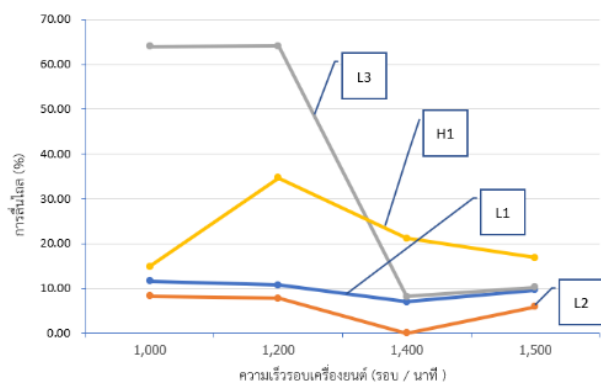
ภาพที่ 54 การทดสอบการปลิดฝักของชุดปลิดในห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 1 ผลทดสอบปลิดฝักของชุดปลิดในห้องปฏิบัติการที่ความเร็วโซ่หนีบต้นถั่ว 1.053 ม. / วินาที

ซ้ำที่	อัตราส่วน ฝักต่อต้นถั่ว	อัตราส่วน	ความสามารถ การทำงานเชิงวัสดุที่ป้อน (กก./ชม.)	ความสามารถ ในการปลิดฝัก (กก./ชม.)	ประสิทธิภาพ การปลิดฝัก (%)	ฝักแตกหัก (%)	ข้าวติดฝัก (%)
1	1:	6.3	756.30	97.18	93.45	1.21	0.001
2	1:	5.0	712.87	112.28	94.03	0.64	0.001
3	1:	4.2	671.64	125.93	96.65	1.09	0.001
เฉลี่ย	1:	5.1	713.61	111.80	94.71	0.98	0.001



ภาพที่ 55 การทดสอบและผลทดสอบการสิ้นเปลืองของแทรกเตอร์





ภาพที่ 56 การขนย้ายเครื่องต้นแบบ สภาพแปลงทดสอบ และการทดสอบเครื่องต้นแบบในแปลงปลูกถั่วลิสง

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงในแปลงปลูกของเครื่องต้นแบบ แบบไม่สั้นขาขุด

เกียร์ / ความเร็วรอบ	อัตราส่วน ฝักต่อต้นถั่ว	ความสูญเสีย (%)					คุณภาพ การปลิดฝัก (%)	ความสะอาดของการ ปลิดขั้ว		
		จากการขุด		การปลิด				ของฝักที่สมบูรณ์ (%)		
		ฝักถั่ว	ต้นถั่ว	ฝักไม่ถูกขุด	ฝักร่วงบนดิน	ฝักติดต้น	รวม	ฝักสมบูรณ์	ฝักแตก	ขั้วติดฝัก
L1/1000	1:	1.93	4.7	3.5	15.9	24.1	99.36	0.64	0.92	
L1/1200	1:	1.78	3.1	3.8	17.1	23.9	99.17	0.83	0.35	
L1/1400	1:	2.43	3.5	1.3	29.5	34.2	95.59	4.41	0.52	
L2/1000	1:	1.67	2.1	2.4	7.3	11.8	99.80	0.20	0.51	
L2/1200	1:	2.83	3.3	2.7	3.0	9.0	99.20	0.80	0.26	
L2/1400	1:	1.72	4.8	2.7	16.4	23.8	99.21	0.79	0.45	

ผลการทดสอบการขุดเก็บและปลิดฝักแบบไม่สั้นขาขุด จากตารางที่ 1 พบว่า เกียร์ L2 ได้ผลการขุดเก็บและปลิดฝักที่ดี จึงเลือกใช้ความเร็วนี้สำหรับการทดสอบแบบการสั้นขาขุด โดยรอบการสั้นของขุดขาขุดแปรผันตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพูลเลย์ที่ขับเคลื่อนขุดขาขุดซึ่งมีค่า 4 นิ้ว 5 นิ้ว และ 6 นิ้ว ตามลำดับ และใช้ความเร็วเครื่องยนต์ที่ 1,000 1,200 และ 1,400 รอบต่อนาที ผลการทดสอบการขุดโดยการการสั้นขุดขาขุดแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการขูดเก็บและผลิตฝักถั่วลิสงในแปลงปลูกของเครื่องต้นแบบ แบบมีการสั้นขูดขาขูด

เกียร์ / ความเร็วรอบ / พูลเลย์ขั้วขาขูด	ความสูญเสีย (%)			รวม	คุณภาพ		ความสะอาดของการผลิตข้าว ของฝักที่สมบูรณ์ (%)
	จากการขูด		จากการผลิต		การผลิตฝัก (%)		
	ฝักไม่ถูกขูด	ฝักร่วงบนดิน	ฝักติดต้น		ฝักสมบูรณ์	ฝักแตก	
L2/1000/4"	3.7	4.6	11.8	20.1	99.83	0.17	0.52
L2/1200/4"	2.2	2.9	38.9	44.0	99.66	0.34	0.72
L2/1400/4"	3.6	3.2	20.0	26.8	97.50	2.50	0.67
L2/1000/5"	1.5	2.5	22.0	25.9	99.56	0.44	0.58
L2/1200/5"	5.1	2.3	15.9	23.3	96.30	3.70	0.62
L2/1400/5"	3.9	4.8	16.7	25.4	99.62	0.38	0.31
L2/1000/6"	3.6	2.7	28.8	35.0	99.06	0.94	0.54
L2/1200/6"	3.5	2.3	26.3	32.1	98.28	1.72	0.47
L2/1400/6"	4.1	1.9	24.7	30.8	96.92	3.08	0.62

ผลทดสอบการขูดเก็บและผลิตฝักแบบสั้นขูดขาขูด จากตารางที่ 2 พบว่า เมื่อใช้เกียร์ L2 ที่ทุกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพูลเลย์ที่ขั้วขูดขาขูดซึ่งมีค่า 4 นิ้ว 5 นิ้ว และ 6 นิ้ว ตามลำดับ และทุกความเร็วเครื่องยนต์ที่ 1,000 1,200 และ 1,400 รอบต่อนาที มีความสูญเสียจากฝักไม่ถูกขูด ฝักร่วงบนดิน และฝักแตกน้อย แต่ยังมีฝักไม่ถูกผลิตและสูญเสียจากฝักติดต้นทิ้งไปมาก เนื่องจากการสั้นของขาขูดทำให้ชุดโครงโซ่หนีบต้นถั่วสั้นแรงมาก จึงหนีบจับต้นถั่วที่ระยะความสูงไม่สม่ำเสมอ ชุดลูกผลิตจึงทำงานไม่มีประสิทธิภาพ เพราะมีระยะห่างจากโซ่หนีบต้นถั่วคงที่ ทำให้มีการสูญเสียจากการผลิตฝักสูง ตั้งแต่ 15.9 % - 38.9 % และความสูญเสียรวมสูงตั้งแต่ 20.1 % - 44 % จึงเห็นว่าเครื่องต้นแบบที่ไม่สั้นขูดขาขูดทำงานได้ดีกว่า เพราะการสั้นของชุดโซ่หนีบต้นถั่วมีน้อยมาก จึงมีการสูญเสียจากฝักไม่ถูกขูด ฝักร่วงบนดิน ฝักไม่ถูกผลิต และความสูญเสียรวมต่ำ โดยควรเลือกใช้งานที่เกียร์ L2 รอบเครื่องยนต์ 1,000 หรือ 1,200 รอบต่อนาที ซึ่งมีการสูญเสียรวมในช่วง 9 %- 11.8 % ดังตารางที่ 1 ส่วนผลการทดสอบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง พบว่ามีผลการสิ้นเปลืองที่ 2.31 ลิตร / ไร่ มีประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ 83.33 % ความสามารถในการทำงาน 0.334 ไร่ / ชม. ดังนั้นจึงเห็นว่าไม่ต้องสร้างระบบควบคุมการสั้นของขาขูดเพราะเครื่องต้นแบบที่ไม่มีการสั้นขูดขาขูดทำงานได้ดีกว่าต้นแบบที่มีการสั้นของขูดขาขูด

9. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ประเมินค่าใช้จ่ายในการสร้างต้นแบบ โดยต้นทุนเครื่องต้นแบบมีราคาประมาณ 100,000 บาท แทรกเตอร์ขนาด 21 แรงม้า ราคาประมาณ 235,00 บาท (แต่ประมาณการมาใช้ในกิจกรรมขูดถั่วลิสง 20 %) จึงรวมเป็น 147,000 บาท และนำค่าใช้จ่ายต่าง ๆ มาวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่ามีจุดคุ้มทุน (Break-even Point, BEP) เท่ากับ 45.89 ไร่ / ปี กล่าวคือ เกษตรกรที่จะซื้อเครื่องไปใช้งานหรือนำไปรับจ้างควรมีพื้นที่การใช้งานไม่น้อยกว่า 45.89 ไร่ และใช้งานอย่างน้อยเป็นระยะเวลา 8 ปี จึงจะคุ้ม และหากมีเกษตรกรในกลุ่ม จำนวน 20 ราย แต่ละรายมีพื้นที่ปลูกไร่ละ 10 ไร่ ดังนั้นหากมีการรับจ้าง 200 ไร่ / ปี ที่ราคาจ้าง

ประมาณ 800 บาท / ไร่ จะมีจำนวนวันขั้นต่ำที่ต้องปฏิบัติงาน 17 วันต่อปี ระยะเวลาคืนทุน 1.43 ปี โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

1. ต้นทุนคงที่ (Fixed cost)

1.1 ค่าเสื่อมราคา (Depreciation, DP) คิดค่าเสื่อมราคาแบบ Straight-line method $DP = (P - S) / L$ โดยที่ P คือราคาซื้อเครื่องจักร (บาท) S คือราคาขายหรือคงเหลือเมื่อเครื่องหมดอายุการใช้งานแล้ว (บาท) และ L คืออายุการใช้งานของเครื่องจักร (ปี)

1.1.1) จากราคาเครื่องต้นแบบที่ได้ประเมินไว้เท่ากับ 100,000 บาท มูลค่าของเครื่องเมื่อครบอายุการใช้งาน 8 ปีมีค่าเหลือ 20 % ของราคาซื้อเครื่อง ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{ราคาเครื่องคงเหลือ} &= (100,000 \times 20) / 100 \\ &= 20,000 \text{ บาท} \\ \text{ค่าเสื่อมราคา (DP)} &= (100,000 - 20,000) / 8 \\ &= 10,000 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

1.1.2) ในการคำนวณ กำหนดราคารถแทรกเตอร์เท่ากับ 235,000 บาท มูลค่าของรถแทรกเตอร์เมื่อครบอายุการใช้งาน 8 ปีมีค่าเหลือ 20% ของราคาซื้อ ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{ราคาคงเหลือเครื่อง} &= (235,000 \times 20) / 100 \\ &= 47,000 \text{ บาท} \\ \text{ค่าเสื่อมราคา (DP)} &= (235,000 - 47,000) / 8 \\ &= 23,500 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

เนื่องจากรถแทรกเตอร์มีการใช้งานหลายกิจกรรมในการผลิตถั่วลิสง ในที่นี้ประมาณว่ามีการนำรถแทรกเตอร์มาใช้ในกิจกรรมการเก็บเกี่ยวประมาณ 20% ของการใช้รถแทรกเตอร์ทั้งปี จึงคิดต้นทุนคงที่ของรถแทรกเตอร์ในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเท่ากับ 20% ของต้นทุนของรถแทรกเตอร์ทั้งปี ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{ค่าเสื่อมราคา (DP)} &= (23,500 \times 20) / 100 \\ &= 4,700 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

1.2 ดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส (Interest on Investment) คิดค่าเสียโอกาสจากสมการ $(I) = (P+S)/2 \times i/100$ โดยที่ i คืออัตราดอกเบี้ยต่อปี (เปอร์เซ็นต์) กำหนดให้อัตราดอกเบี้ยต่อปี เท่ากับ 10% ดังนั้น

1.2.1) ค่าเสียโอกาสสำหรับการซื้อเครื่องชุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสง

$$\begin{aligned} \text{ค่าเสียโอกาสต่อปี} &= (100,000 + 20,000) / 2 \times 10 / 100 \\ &= 6,000 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

1.2.2) ค่าเสียโอกาสสำหรับการซื้อรถแทรกเตอร์เพื่อใช้งานกับเครื่องชุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสง

$$\begin{aligned} \text{ค่าเสียโอกาสต่อปี} &= (235,000 + 23,500) / 2 \times 10 / 100 \times 20 / 100 \\ &= 2,585 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นรวมต้นทุนคงที่ทั้งหมด (Fixed cost)} &= 10,000+4,700 +6,000+2,585 \\ &= 23,285 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

2. ต้นทุนแปรผัน (Variable cost)

2.1 ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (Repair and maintenance) ของรถแทรกเตอร์คิดเฉลี่ยโดยเท่ากับ 0.1% ของราคาเครื่อง/100 ชั่วโมงการทำงาน(Hunt,1983) ดังนั้นมีค่าเท่ากับ $(0.001 \times 235,000)/100 = 2.35$ บาท/ชั่วโมง ของเครื่องชุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงคิดเฉลี่ย เท่ากับ 0.5% ของราคาเครื่อง/100ชั่วโมงการทำงาน ดังนั้นมีค่าเท่ากับ $(0.005 \times 100,000)/100 = 5$ บาทต่อชั่วโมง รวมค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาทั้งหมดเท่ากับ $2.35+5 = 7.35$ บาทต่อชั่วโมง

2.2 ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง จากการทดสอบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 2.31 ลิตรต่อไร่ เครื่องทำงานได้ 0.33 ไร่ต่อชั่วโมง และราคาน้ำมันประมาณ 30 บาทต่อลิตร ดังนั้นค่าน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีค่าเท่ากับ $2.31 \times 0.33 \times 30 = 22.87$ บาทต่อชั่วโมง

2.3 ค่าน้ำมันหล่อลื่น จารบี คิดโดยประมาณ 10% ของค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 2.29 บาทต่อชั่วโมง

2.4 ค่าแรงงานคนขับ จำนวน 1 คนวันละประมาณ 400 บาท ทำงานวันละ 8 ชั่วโมงดังนั้นคิดเป็น $400/8 = 50$ บาทต่อชั่วโมง

2.5 ค่าขนย้าย ค่านายหน้า และค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดอื่น ๆ = 13 บาทต่อชั่วโมง

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นรวมต้นทุนแปรผันทั้งหมด (Variable cost)} &= 7.35 + 22.87 + 2.29 + 50 + 13 \\ &= 95.51 \text{ บาทต่อชั่วโมง} \end{aligned}$$

เมื่อกำหนดให้ ค่ารับจ้างชุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ 800 บาทต่อไร่ โดยเครื่องต้นแบบมีความสามารถในการทำงานที่ 0.334 ไร่ต่อชั่วโมง หรือ 2.67 ไร่ต่อวัน

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นรวมต้นทุนแปรผันทั้งหมด (Variable cost)} &= 95.51 / 0.334 \\ &= 285.95 \text{ บาทต่อไร่} \end{aligned}$$

สมมติให้ทำงานที่ A ไร่ต่อปี

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นมีจุดคุ้มทุนเมื่อ รายได้ต่อปี} &= \text{รายจ่ายคงที่ต่อปี} + \text{รายจ่ายแปรผันต่อปี} \\ (800 \text{ บาทต่อไร่}) \times (A \text{ ไร่ต่อปี}) &= 23,285 \text{ บาทต่อปี} + (285.95 \text{ บาทต่อไร่}) \times (A \text{ ไร่ต่อปี}) \end{aligned}$$

$$800A = 23,285 + 285.95A$$

$$A = 23,285 / (800 - 285.95)$$

$$= 45.89$$

$$\begin{aligned} \text{หรือมีจำนวนวันขั้นต่ำที่ต้องปฏิบัติงาน} &= (45.89 \text{ ไร่ต่อปี}) / (2.67 \text{ ไร่ต่อวัน}) \\ &= 16.9 \text{ วันต่อปี หรือประมาณ 17 วันต่อปี} \end{aligned}$$

หากว่ามีกลุ่มเกษตรกรจำนวน 20 รายปลูกถั่วลิสงรายละ 10 ไร่ จะมีพื้นที่ในการทำงานรวม 200 ไร่ต่อปี
จะมีระยะเวลาคืนทุนที่ Y ปี = เงินลงทุนครั้งแรก / เงินสดเข้าสุทธิต่อปีหลังหักภาษี

$$\begin{aligned} Y &= (100,000 + 235,000 \times 20 / 100) / \{(800 - 285.950) \times 200 - (5,500 + 2,585)\} \\ &= 1.55 \end{aligned}$$

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

เครื่องขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงแบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ ใช้รถแทรกเตอร์ ขนาด 21 แรงม้า เป็นต้นกำลัง โซ่หนีบต้นถั่วที่มีชุดลูกปลิดอยู่ใต้โซ่หนีบติดตั้งในแนวขนานกับตัวแทรกเตอร์ และกระบะเก็บฝักอยู่ด้านหลัง เครื่องต้นแบบที่ไม่สิ้นชุดขา มีการสูญเสียรวมต่ำกว่าแบบสัน โดยควรเลือกใช้งานที่เกียร์ L2 รอบเครื่อง 1,000 หรือ 1,200 รอบต่อนาที ซึ่งมีการสูญเสียรวมในช่วง 9 %- 11.8 % แต่การสูญเสียจากฝักไม่ถูกขูด ฝักร่วงบนดิน และการแตกหักมีน้อย ความสามารถในการทำงาน 0.334ไร่ / ชั่วโมง สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.31 ลิตร / ไร่ ประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ 83.33 % มีจุดคุ้มทุน (Break-even Point, BEP) เท่ากับ 45.89 ไร่ / ปี หากมีการรับจ้าง 200 ไร่ / ปี ที่ราคารับจ้างประมาณ 800 บาท / ไร่ จะมีจำนวนวันขั้นต่ำที่ต้องปฏิบัติงาน 17 วันต่อปี ระยะเวลาคืนทุน 1.43 ปี เนื่องจากสถานการณ์โรคระบาดโควิด 19 ทำให้เครื่องต้นแบบเสร็จช้ากว่ากำหนดจึงไม่สามารถเดินทางออกทดสอบในแปลงปลูกถั่วลิสงหลายพื้นที่ หากสถานการณ์การระบาดคลี่คลายควรมีการทดสอบการทำงานเพิ่มเติม

กรมวิชาการเกษตร

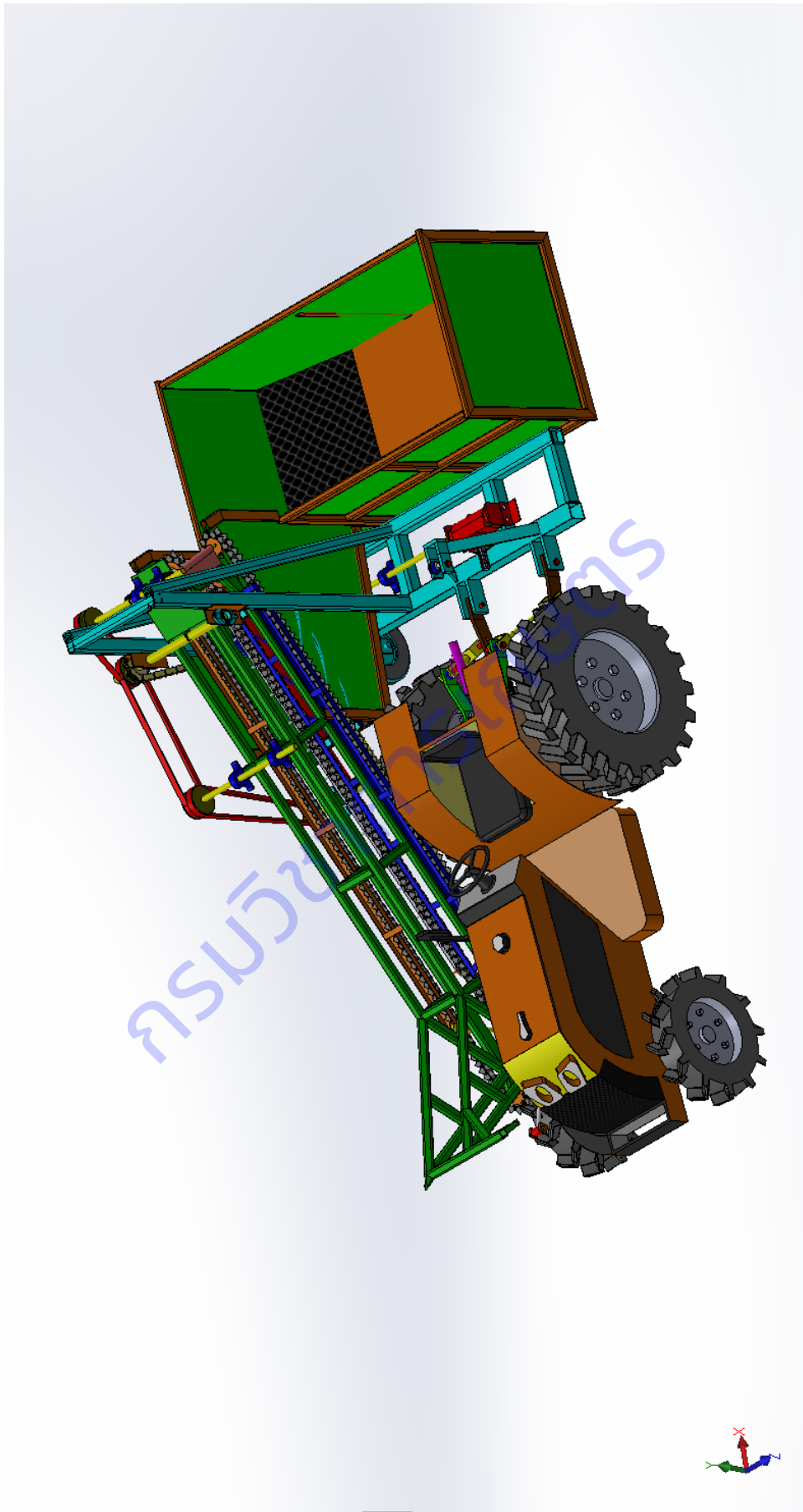
บรรณานุกรม

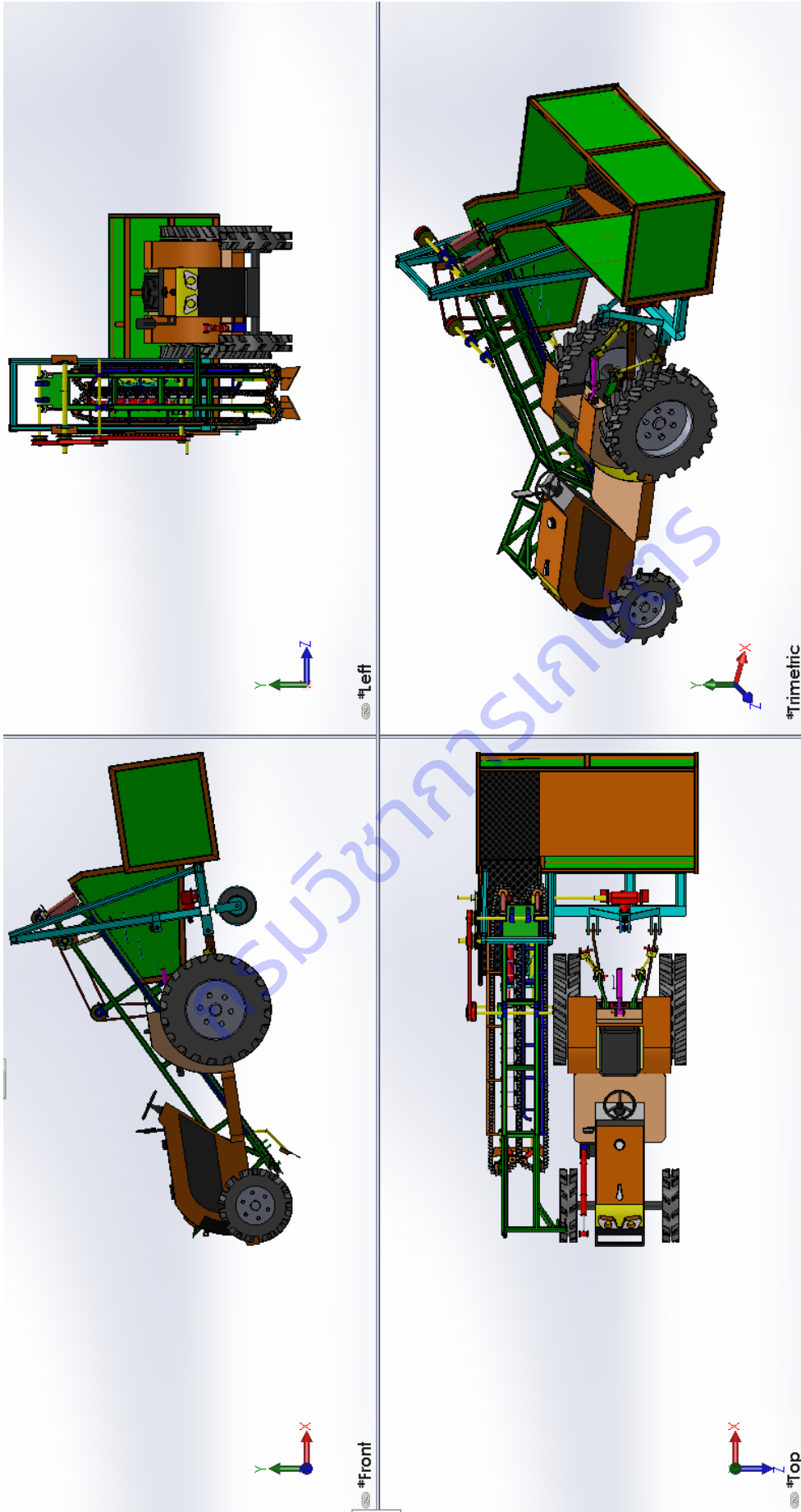
- กลวัชร ทิมีนกุล, มงคล ตุ่นเฮ้า, และรังสิต ศิริมาลา. 2556. วิจัยและพัฒนาเครื่องผลิตฝักถั่วลิสงในระดับเกษตรกร. ประชุมวิชาการพืชไร่วงศ์ถั่ว.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2551. คู่มือนักส่งเสริมการเกษตร “ถั่วลิสง”. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 32 หน้า.
- คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่. 2542. พฤกษศาสตร์พืชเศรษฐกิจ. 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. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และสถานีทดลองข้าวไร่และธัญพืชเมืองหนาว สะเมิง, เชียงใหม่.
- จวงจันทร์ ดวงพัตรา 2529 ค. การตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์. กลุ่มหนังสือเกษตร, กรุงเทพฯ.
- ไชยยงค์ หาราช. 2543. การวิจัยและพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวถั่วลิสงพวงทำรถแทรกเตอร์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 117 หน้า.
- ตฤณสิทธิ์ ไกรสินบุรศักดิ์, ดนัย ศาลทูลพิทักษ์, อนุชา เชาวโรหิต, นิวัติ บำรุงกิจ, สนทนา อุเทนสุด, อติศักดิ์ เกิดบุญนิรันดร์, ปิยะ เวณัจฉ์, สิริภาพ พวงทอง, สมนึก ใจดี, มงคล ตุ่นเฮ้า, กลวัชร ทิมีนกุล, พุทธนันท์ จารุวัฒน์, พีรพงษ์ เชาวพงษ์, อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์, จิระวิทย์ มหิตธิธนาศักดิ์ และกันต์ธกรณ์ เขาทอง. 2560. ออกแบบและพัฒนาไถระเบิดดินดานชนิดสันที่ขา 2 ขา แบบมีชุดควบคุมความถี่ในการสั่น, น. 117-121. ในรายงาน การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 18 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 10 ประจำปี 2560. ณ ไบเทคบางนา, กรุงเทพฯ.
- ธัญญา นิยามภา และ รัตนา การุญบุญญานันท์. Naresuan University Engineering Journal, Vol.10, No.1, January - June 2015, pp. 40-49.
- ปราโมทย์ คำเมือง, ฐานิสร นาคเกื้อ, สุกรี นันตะสุนันท์ 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 ผลิต 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.

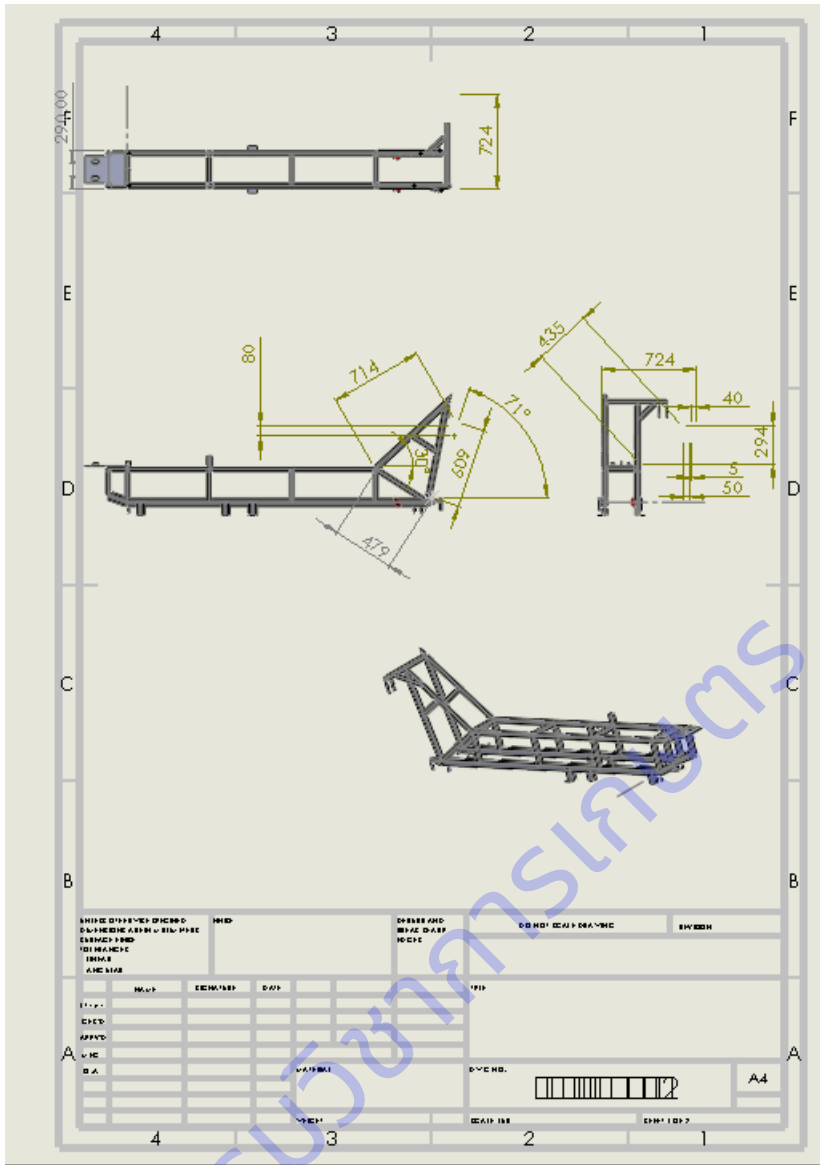
- สุรเวทย์ กฤษณะเศรษฐี. 2528. เครื่องชุดถั่วลิสง, น. 62-64. ใน กองเกษตรวิศวกรรม. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. ปริมาณและมูลค่าการส่งออกเมล็ดพันธุ์พืชควบคุมเพื่อการค้าปี 2553-2559. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://www.oae.go.th/download/FactorOfProduct/ValueExportSeed47-52.html>. (เข้าถึงเมื่อวันที่ 26 พฤษภาคม 2560).
- อารีย์ วรรณวัฒน์. 2527. ถั่วลิสง. น. 224-264. ใน: วชิรินทร์ บุญวัฒน์ (ผู้รวบรวม). พืชเศรษฐกิจ เล่ม 1. (พิมพ์ครั้งที่ 5). ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อุดม พุกษานุกศักดิ์. 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.
- 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 Deere Technical Service, Illinois, USA. 212 p.
- Hunt, D. 1995. Farm Power and Machinery Management. 9th ed., Iowa., 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 Catalogue 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

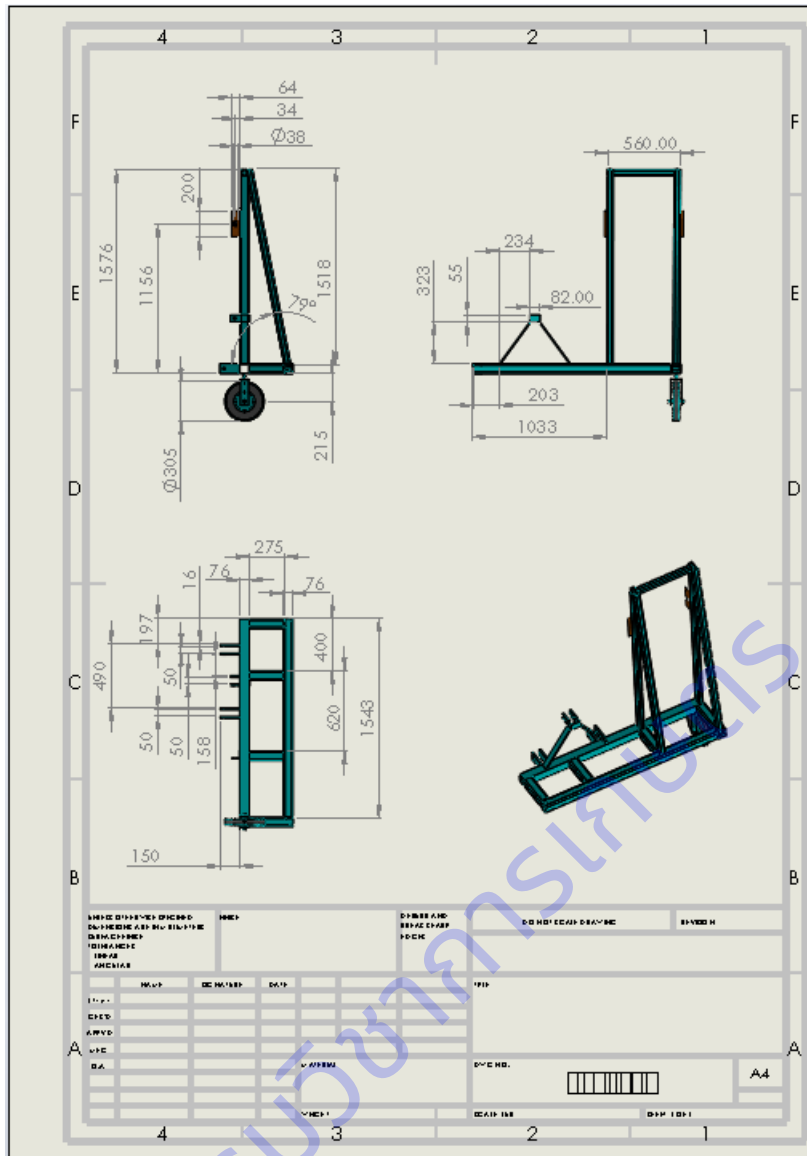
ภาคผนวก ก.

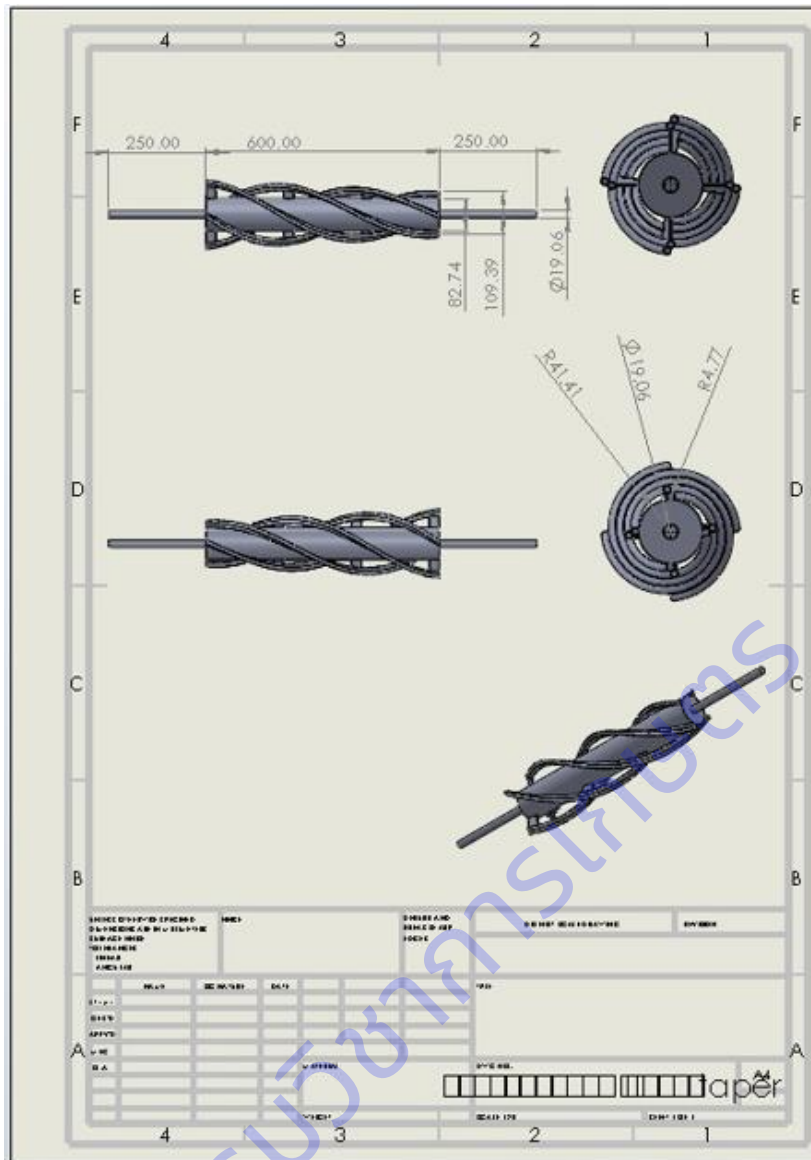
แบบเครื่องชุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสิ้นของชาชุดด้วยระบบอัตโนมัติแบบติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์
ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์









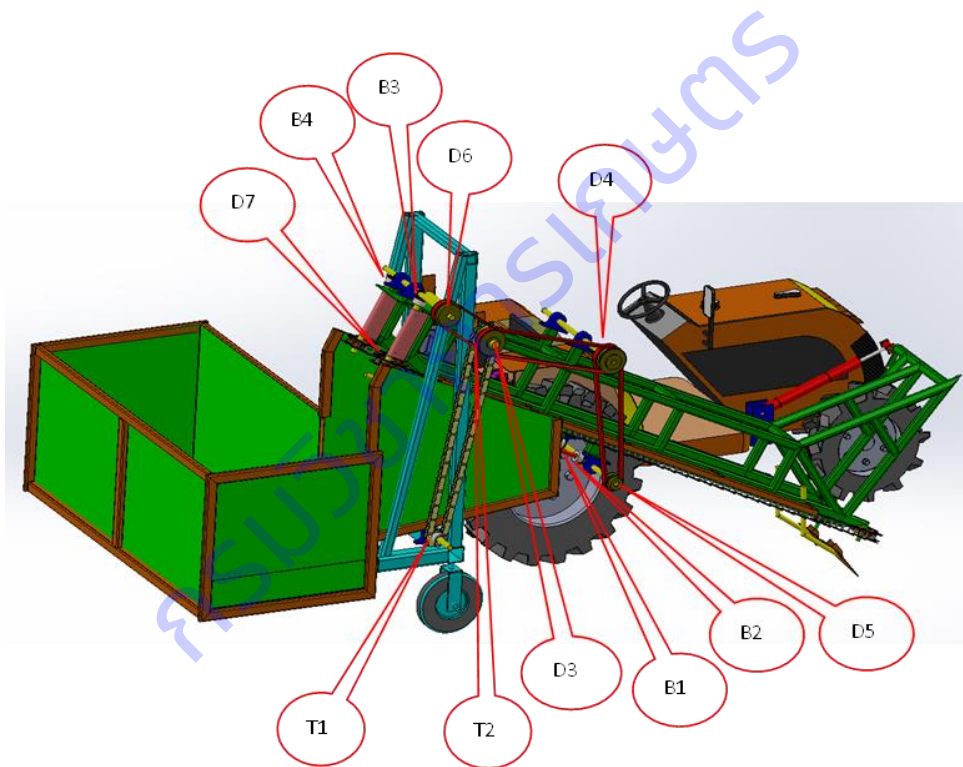


ภาคผนวก ข.

ข้อมูลแสดงผลการทดสอบเครื่องชุดเก็บและผลิตฝักถั่วลิสงที่ควบคุมการสั้นของขาชุดด้วยระบบอัตโนมัติแบบ
ติดตั้งท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์

ตารางที่ ฃ1 ข ขนาดและความเร็วของพุลเลย์ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบ

ที่	จำนวนฟัน และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพุลเลย์ตำแหน่งต่างๆ											ความเร็ว													
	T1	T2	D3	D4	D5	B1	B2	D6	B3	B4	D7	ความเร็วของพุลเลย์ตำแหน่งต่างๆ													
	(ฟัน)	(ฟัน)	(นิ้ว)	(นิ้ว)	(นิ้ว)	ขับ	ตาม	ขับ	ขับโซ่	ตามโซ่	ตาม	เครื่องยนต์	N1	N2	N3	N4	N5	NB1	NB2	N6	NB3	NB4	N7	Vt7	VtB2
					(ฟัน)	(ฟัน)	(นิ้ว)	(ฟัน)	(ฟัน)	(นิ้ว)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(m/s)	(m/s)
1	12	18	5	5	3	20	20	6	20	20	4	1,000	434.5	289.7	289.7	289.9	470.2	470.2	470.2	234.6	234.6	234.6	234.6	1.23	3.69
2	12	18	5	5	3	20	20	6	20	20	4	1,000	434.6	289.7	289.7	290.8	471.0	471.0	471.0	235.3	235.3	235.3	235.3	1.23	3.70
3	12	18	5	5	3	20	20	6	20	20	4	1,000	435.9	290.6	290.6	291.1	472.6	472.6	472.6	238.2	238.2	238.2	238.2	1.25	3.71
4	12	18	5	5	3	20	20	6	20	20	4	1,000	436.1	290.7	290.7	289.8	473.9	473.9	473.9	242.5	242.5	242.5	242.5	1.27	3.72
5	12	18	5	5	3	20	20	6	20	20	4	1,000	435.3	290.2	290.2	290.5	471.5	471.5	471.5	243.5	243.5	243.5	243.5	1.28	3.70
avg	12	18	5	5	3	20	20	6	20	20	4	1,000	435.3	290.2	290.2	290.4	471.8	471.8	471.8	238.8	238.8	238.8	238.8	1.25	3.71
7	12	18	5	5	3	20	20	6	20	20	4	1,200	494.3	329.5	329.5	329.2	536.3	536.3	536.3	268.2	268.2	268.2	268.2	1.40	4.21
8	12	18	5	5	3	20	20	6	20	20	4	1,200	497.4	331.6	331.6	326.4	535.8	535.8	535.8	272.5	272.5	272.5	272.5	1.43	4.21
9	12	18	5	5	3	20	20	6	20	20	4	1,200	501.2	334.1	334.1	329.7	532.1	532.1	532.1	295.3	295.3	295.3	295.3	1.55	4.18
10	12	18	5	5	3	20	20	6	20	20	4	1,200	500.2	333.5	333.5	326.3	533.1	533.1	533.1	317.9	317.9	317.9	317.9	1.66	4.19
11	12	18	5	5	3	20	20	6	20	20	4	1,200	500.0	333.3	333.3	326.9	533.5	533.5	533.5	317.9	317.9	317.9	317.9	1.66	4.19
avg	12	18	5	5	3	20	20	6	20	20	4	1,200	498.6	332.4	332.4	327.7	534.2	534.2	534.2	294.4	294.4	294.4	294.4	1.54	4.20



ตารางที่ ฃ2 ข ความเร็วเชิงเส้นของโซ่หนีบต้นถั่วลิสง

ความเร็วโซ่หนีบต้นถั่วลิสง									
เส้นผ่านศูนย์กลาง พุลเลย์ขับ	ความเร็วเครื่องยนต์ (รอบ / นาที)	ความยาวโซ่ (ม. / รอบ)	การเคลื่อนที่ (รอบ)	เวลาการเคลื่อนที่ (วินาที)				ความเร็วเชิงเส้นโซ่ลำเลียง (ม./วินาที)	
				ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย		
	1,000	5.40	10	53.442	58.816	58.556	56.938	0.948	
6	1,200	5.40	10	51.261	51.267	51.284	51.271	1.053	
	1,400	5.40	10	44.450	44.392	44.790	44.544	1.212	

ตารางที่ ผ3 ข การลื่นไถลของแทรกเตอร์ในแปลงทดสอบ

การลื่นไถลของแทรกเตอร์ในแปลงทดสอบ					
ที่	เกียร์	ความเร็ว เครื่องยนต์	ความเร็วการเคลื่อนที่ (ม./วินาที)		การลื่นไถล (%)
			ไม่มีภาระ	มีภาระ	
1		1,000	0.11	0.10	11.70
2	L1	1,200	0.13	0.12	10.74
3		1,400	0.15	0.14	6.99
4		1,500	0.16	0.15	9.68
5		1,000	0.16	0.15	8.33
6	L2	1,200	0.18	0.17	7.85
7		1,400	0.22	0.22	0.03
8		1,500	0.23	0.22	5.95
9		1,000	0.29	0.11	64.05
10	L3	1,200	0.33	0.12	64.07
11		1,400	0.39	0.36	8.18
12		1,500	0.42	0.38	10.32
13		1,000	0.81	0.69	14.94
14	H1	1,200	1.19	0.78	34.66
15		1,400	1.20	0.95	21.20
16		1,500	1.22	1.01	16.89

ตารางที่ ผ4 ข ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบในแปลงปลูก แบบไม่สั้นชุดขาชุด

ความเร็วรอบ	เกียร์ / แทรกเตอร์	ความเร็ว (m/s)	อัตราส่วน ฝักต่อต้นถั่ว	ความสามารถในการทำงาน เชิงวัสดุที่ป้อน (กก./ชม.)	ความสามารถ ในการขุดและปลิดฝัก (กก./ชม.)	ความสูญเสีย (%)				คุณภาพ การปลิดฝัก (%)	ความสะอาดของการ ปลิดข้าว ของฝักที่สมบูรณ์ (%)			
						จากการขุด			รวม		การปลิดฝัก (%)		ฝักมีข้าวติด	ข้าวติดฝัก
						ฝักไม่ถูกขุด	ฝักร่วงบนดิน	ฝักติดต้น			ฝักสมบูรณ์	ฝักแตก		
L1/1000	avg	0.091	1: 1.93	186.93	48.05	4.7	3.5	15.9	24.1	99.36	0.64	14.49	0.92	
L1/1200	avg	0.124	1: 1.78	215.20	58.60	3.1	3.8	17.1	23.9	99.17	0.83	8.94	0.35	
L1/1400	avg	0.116	1: 2.43	202.85	39.96	3.5	1.3	29.5	34.2	95.59	4.41	8.91	0.52	
L2/1000	avg	0.132	1: 1.67	231.87	78.28	2.1	2.4	7.3	11.8	99.80	0.20	10.45	0.51	
L2/1200	avg	0.145	1: 2.83	248.38	58.50	3.3	2.7	3.0	9.0	99.20	0.80	9.20	0.26	
L2/1400	avg	0.131	1: 1.72	305.28	85.18	4.8	2.7	16.4	23.8	99.21	0.79	10.97	0.45	

ตารางที่ ๕ ข ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบในแปลงปลูก แบบสั้นชุดชาชุด

เกียร์ / ความเร็วรอบ / พูลเลอรีซ์ชาชุด	ความเร็ว		อัตราส่วน	ความสามารถในการ		ความสูญเสีย (%)			คุณภาพ	ความสะอาดของการบดข้าว					
	ลูกบด	โหลหนีบ		แทรกเตอร์	ฝักข้าวต่อต้นข้าว	ชุดและบดฝัก	จากการชุด	จากการบด		รวม	การบดฝัก (%)	ของฝักที่สมบูรณ์ (%)			
	(rpm)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	ฝักข้าว	ต้นข้าว	(กก./ชม.)	ฝักไม่ถูกชุด	ฝักร่วงบนดิน	ฝักติดต้น	ฝักสมบูรณ์	ฝักแตก	ฝักมีข้าวติด	ข้าวติดฝัก	
L2/1000/4"	471.8	3.71	0.95	0.103	1:	2.06	164.06	3.7	4.6	11.8	20.1	99.83	0.17	8.87	0.52
L2/1200/4"	513.4	4.04	1.02	0.174	1:	2.79	138.17	2.2	2.9	38.9	44.0	99.66	0.34	10.34	0.72
L2/1400/4"	596.6	4.69	1.12	0.183	1:	5.44	118.51	3.6	3.2	20.0	26.8	97.50	2.50	9.65	0.67
L2/1000/5"	471.8	3.71	0.95	0.102	1:	3.23	124.06	1.5	2.5	22.0	25.9	99.56	0.44	5.68	0.58
L2/1200/5"	513.4	4.04	1.02	0.177	1:	3.78	170.45	5.1	2.3	15.9	23.3	96.30	3.70	7.62	0.62
L2/1400/5"	596.6	4.69	1.12	0.166	1:	3.11	199.34	3.9	4.8	16.7	25.4	99.62	0.38	4.44	0.31
L2/1000/6"	471.8	3.71	0.95	0.141	1:	2.83	182.68	3.6	2.7	28.8	35.0	99.06	0.94	7.29	0.54
L2/1200/6"	513.4	4.04	1.02	0.166	1:	2.63	209.26	3.5	2.3	26.3	32.1	98.28	1.72	7.45	0.47
L2/1400/6"	596.6	4.69	1.12	0.181	1:	2.85	215.31	4.1	1.9	24.7	30.8	96.92	3.08	30.94	0.62

ตารางที่ ๕ ข เปรียบเทียบผลการใช้เครื่องต้นแบบในการเก็บเกี่ยวเทียบกับการใช้แรงงานคน

รายการ	ข้อมูล	หน่วย	หมายเหตุ
ผลผลิตข้าวสีฝักสดเฉลี่ย	650	กก./ไร่	
ความสามารถในการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน	49.5	กก./วัน	5.5 ปี๊บ/วัน ปี๊บ ละ 9 กก.
เวลาในการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคนต่อวัน	8	ชม./วัน	
ความสามารถในการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานต่อคน	0.01	ไร่/ชม.	
ต้องใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานต่อคน	13.1	วัน/ไร่	
ต้องใช้จำนวนแรงงานคนในการเก็บเกี่ยวต่อวัน	13.1	คน/ไร่	
อัตราค่าจ้างเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน	5.6	บาท/กก.	50 บาท/ปี๊บ
สรุปค่าจ้างเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคนต่อไร่	3,611	บาท/ไร่	
ความสามารถการทำงานของเครื่องต้นแบบ	0.334	ไร่/ชม.	
เครื่องต้นแบบทำงานได้เร็วกว่าการใช้แรงงาน	35.1	เท่า	
ที่จุดคุ้มทุน เมื่อเครื่องต้นแบบทำงาน 45.89 ไร่ มีค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยว	800	บาท/ไร่	
ที่จุดคุ้มทุน เมื่อใช้แรงงานเก็บเกี่ยว 45.89 ไร่ มีค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยว	3,611	บาท/ไร่	
ที่จุดคุ้มทุน เครื่องต้นแบบมีค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวน้อยกว่าการใช้แรงงาน	4.5	เท่า	