



การเปรียบเทียบวัสดุประสานรอยต่อผ้าใบคอนกรีตเพื่อลดการรั่วซึมในการลาดสระเก็บน้ำ

Comparison of Joint Bonding Materials of Concrete Fabric to Reduce Seepage of Ponds Lining

ลิขพัฒน์ สุขกันตะ^{1*}, สมชาย ดอนเจดีย์¹, เกศวรา สิทธิโชค²

Sikkaphat Sukhanta^{1*}, Somchai Donjadee¹, ketvara Sittichok²

¹มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, จังหวัดนครปฐม, 73140

¹Kasetsart University Kamphaengsaen Campus, Nakhonpathom, 73140

* Corresponding author: Tel.: +66-8-5570-4800, +66-8-9836-3644, E-mail: fengscd@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาวัดวัสดุประสานรอยต่อผ้าใบคอนกรีตเพื่อลดการรั่วซึมมีความจำเป็นอย่างมากต่อการนำผ้าใบคอนกรีตไปใช้เพื่อลาดบ่อเก็บน้ำ งานการวิจัยนี้ศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุที่นำมาใช้ประสานรอยต่อแผ่นผ้าใบคอนกรีต โดยเลือกวัสดุประสานที่สามารถหาได้ทั่วไปทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ ผงปูนซีเมนต์ ซีเมนต์เพส มอร์ตาร์ และปูนขาว โดยนำวัสดุประสานแต่ละชนิดมาทดสอบ พบว่า การรั่วซึมจากบ่อผ้าใบที่ใช้ซีเมนต์เพส มอร์ตาร์ ผงปูนซีเมนต์และปูนขาวเท่ากับ 0.30 0.14 0.19 และ 0.02 L hr⁻¹ m⁻¹ ตามลำดับแล้วนำวัสดุประสาน 2 ชนิด ได้แก่ ผงปูนซีเมนต์และปูนขาว เนื่องจากเป็นวัสดุประสาน 2 ชนิดที่ให้ผลการรั่วซึมสูงที่สุดและต่ำที่สุด มาใช้ทดลองในบ่อเก็บน้ำจริง อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการลดอัตราการรั่วซึมของรอยต่อจะลดลงเมื่อถูกความร้อนจากแสงแดด โดยการรั่วซึมจากบ่อผ้าใบที่ใช้ซีเมนต์เพส มอร์ตาร์ ผงปูนซีเมนต์และปูนขาวเพิ่มเป็น 4.88 4.81 6.63 และ 0.92 L hr⁻¹ m⁻¹ ตามลำดับ ผลงานวิจัยยังชี้ให้เห็นว่าการเชื่อมต่อผ้าใบด้วยผงซีเมนต์และปูนขาวใช้ลาดสระเก็บน้ำจริงมีประสิทธิภาพสูง โดยสามารถลดการรั่วซึมของน้ำในบ่อดินจาก 160 mm day⁻¹ เป็น 19.0 และ 2.6 mm day⁻¹ สำหรับ ตามลำดับ

คำสำคัญ: ผ้าใบคอนกรีต, บ่อเก็บน้ำ, การลดการรั่วซึม

Abstract

The study of material at the joint of concrete fabric is very essential for paving a pond. This research is to investigate the efficiency of the material at the joint of concrete fabric for paving a pond by using 4 materials for the joint including cement powder, cement plate, mortar, and cement tile adhesive and each joint material was tested. It was found that cement plate, mortar, cement powder and cement tile adhesive showed the leakage rate at 0.3, 0.14, 0.19 and 0.02 L hr⁻¹ m⁻¹, respectively. Then the cement powder and cement tile adhesive were used in the real pond for they provided the maximum and minimum leakage rates. However, after the joint of concrete fabric was heated by the sun the leakage rate at the joint was higher where the leakage rate for the cement plate, mortar, cement powder and cement tile adhesive increased to 4.88 4.81 6.63 and 0.92 L hr⁻¹ m⁻¹, respectively. The result of this research also indicated that the use of cement powder and cement tile adhesive on the concrete fabric for paving a pond had high efficiency for reducing leakage rate in earth ponds from 160.0 mm day⁻¹ to 19.0 and 2.6 mm day⁻¹, respectively.

Received: September 29, 2022

Revised: February 7, 2023

Accepted: February 9, 2023

Available online: July 31, 2023

1 บทนำ

ปัญหาขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรเป็นปัญหาหลักของเกษตรกรไทยเสมอมา ในหลายพื้นที่พบว่า ช่วงฤดูฝนมีปริมาณน้ำมาก ในขณะที่ในฤดูแล้งกลับมีน้ำไม่เพียงพอต่อการเพาะปลูก (ต๋อง, 2564; ชัยยะ, 2563) หน่วยงานของภาครัฐได้เข้ามาแก้ไขปัญหาดังกล่าวนี้โดยพยายามสร้างแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรขนาดเล็กให้กระจายตามพื้นที่เกษตรกรรม โดยต้องการครอบคลุมพื้นที่เพาะปลูกให้มากที่สุด เช่น พ.ศ. 2561 กรมพัฒนาที่ดินวางแผนขุดสระเก็บน้ำขนาด 1,260 m³ จำนวนถึง 45,000 บ่อ ในเขตพื้นที่นอกเขตชลประทาน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561) นอกจากนี้เกษตรกรสมัยใหม่เองก็มีแนวคิดที่จะพัฒนาพื้นที่ตนเองให้มีความยั่งยืนและมีความหลากหลายในพื้นที่ เช่น การทำโคกหนองนาโมเดล ซึ่งเป็นโมเดลที่กำลังได้รับความนิยมและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โดยที่สระเก็บน้ำก็เป็นส่วนหนึ่งของโคกหนองนาโมเดล การขุดสระเก็บน้ำจะได้ผลดีนั้นต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายอย่าง เช่น ตำแหน่งและขนาดต้องมีความเหมาะสมและเพียงพอที่จะเก็บน้ำไว้ในช่วงการขาดแคลนน้ำ (Bouwer et al., 2001) อย่างไรก็ตาม จากการประเมินโครงการขุดสระเก็บน้ำในไร่นานอกเขตชลประทาน พบว่า ร้อยละ 18 ของสระที่ขุดไปไม่สามารถเก็บกักน้ำไว้ใช้ได้ตลอดทั้งปี (สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2559 อ้างอิงจาก สหทัย, 2562) พื้นที่ส่วนใหญ่มีลักษณะของดินไม่เหมาะสมต่อการขังน้ำไว้ทำให้น้ำมีการรั่วซึมมาก (สหทัย, 2562) ดังนั้น หากสามารถแก้ปัญหาการรั่วซึมนี้ได้ก็จะเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บน้ำได้มาก การลดอัตราการรั่วซึมสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การดาดสระ (ponds lining) ซึ่งคือการนำวัสดุที่ทนน้ำหรือวัสดุที่สามารถลดอัตราการรั่วซึมของน้ำ และป้องกันการพังทลายของหน้าดิน ซึ่งสามารถทำได้ด้วยวัสดุหลายชนิด เช่น แผ่นพลาสติก ยางพารา คอนกรีต ดินซีเมนต์ หรือเบนโทไนท์ (โกวิทย์, 2544; ชัชชัย, 2545; Shasid et al., 1996) อย่างไรก็ตาม หลายวิธีมีความยุ่งยากในการใช้งาน รวมทั้งยังต้องใช้เครื่องมือพิเศษและช่างฝีมือในการติดตั้ง เช่น การใช้ความร้อนเชื่อมรอยต่อพลาสติกประเภทพอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE) หรือการดาดคอนกรีตก็จำเป็นต้องใช้เครื่องจักรและแรงงานมากและไม่สามารถทำงานได้ในช่วงฝนตก เป็นต้น นอกจากนี้ วัสดุต่าง ๆ ที่เคลือบผิวสระไม่สามารถทนต่อของแหลมคมได้ เช่น ยางพาราและพลาสติก HDPE ดังนั้น หากมีวัสดุที่มีสมบัติในการลดการรั่วซึมได้ดีเหมือน

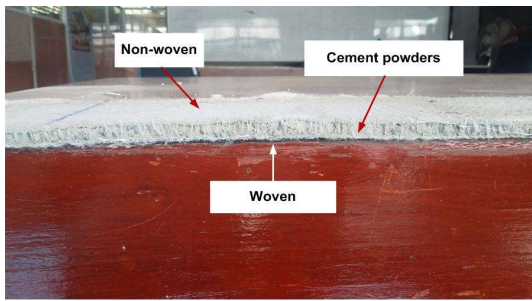
การดาดคอนกรีต และติดตั้งมากได้ง่ายโดยใช้แรงงานเพียง 1-2 คน ก็จะทำให้เกษตรกรสามารถนำมาใช้งานและติดตั้งได้เอง ซึ่งปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เรียกว่า ผ้าใบคอนกรีต (concrete fabric) ที่มีความทึบน้ำสูงเหมือนคอนกรีต (สมชายและคณะ, 2559) สามารถนำมาใช้ดาดสระเก็บน้ำได้ (สมชาย, 2560) อย่างไรก็ตาม การนำไปใช้ดาดสระเก็บน้ำต้องคำนึงถึงการรั่วซึมผ่านรอยต่อของผ้าใบคอนกรีต หากมีการเชื่อมรอยต่อไม่ดีก็จะให้น้ำซึมผ่านรอยต่อและทำให้ประสิทธิภาพของผ้าใบคอนกรีตในการเก็บกักน้ำลดลงอย่างมาก งานวิจัยนี้จึงได้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเหมาะสมของวัสดุเชื่อมรอยต่อของผ้าใบคอนกรีตเพื่อลดการรั่วซึมของน้ำผ่านรอยต่อแผ่นผ้าใบคอนกรีต โดยพิจารณาจากวัสดุที่สามารถหาได้ง่ายตามท้องตลาดทั่วไป

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 อุปกรณ์

2.1.1 ผ้าใบคอนกรีต

การศึกษครั้งนี้ใช้ผ้าใบคอนกรีตที่มีความกว้าง 1 m ยาว 5 m และหนา 9 mm ตัวผ้าใบคอนกรีตเป็นวัสดุที่ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วนดัง รูปที่ 1 ได้แก่ ชั้นบนเป็นเส้นใยสังเคราะห์ประเภทประสาน (Non-woven geotextiles) ชั้นกลางเป็นผงปูนซีเมนต์ และชั้นล่างเป็นเส้นใยสังเคราะห์ประเภทถักทอ (Woven geotextiles) เมื่อทำปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration) ระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ที่อยู่ในชั้นกลางของผ้าใบคอนกรีต จะทำให้ผ้าใบคอนกรีตคงรูปและมีสมบัติที่ทนน้ำและทนไฟได้ (Crawford, 2008) โดยมีสมบัติที่ไปของผ้าใบคอนกรีตจากผู้ผลิตแสดงดัง ตารางที่ 1



รูปที่ 1 ส่วนประกอบหลักของผ้าใบคอนกรีต

ตารางที่ 1 สมบัติทั่วไปของผ้าใบคอนกรีตจากผู้ผลิต

สมบัติ	มาตรฐาน	อายุ 7 วัน
ความต้านทานแรงดัด	BS EN	9.4
Flexural Strength (MPa)	12467	
มอดุลัสของสภาพยืดหยุ่น	BS EN	5479
Modulus of Elasticity (MPa)	12467	
ความต้านทานแรงดึง	ASTM	21.3
Tensile Strength (kN m ⁻¹)	D6768	
การซึมผ่านของน้ำ	BS EN	0
Water Impermeability (cm ³ sec ⁻¹)	12467	
ความหนา	ASTM	9
Thickness (mm)	D5199	

ที่มา: อาปีดิน และคณะฯ (2561)

2.1.2 วัสดุประสาน

ในการเชื่อมรอยต่อผ้าใบคอนกรีตด้วยการทาแบบซ้อนกันของผ้าใบ 2 แผ่นด้วย โดยความกว้างของรอยทาเท่ากับ 10 cm ทำการเลือกวัสดุประสาน 4 ชนิดที่สามารถหาได้ตามท้องตลาดทั่วไป โดยมีปริมาณการใช้งานต่อความยาว 1 m ดังนี้ ชนิดที่ 1 คือผงปูนซีเมนต์ธรรมดา (cement powder) ปริมาณ 800 g ซึ่งเป็นวิธีที่ทำได้ง่าย เวลาใช้งานเพียงแคโรยผงปูนไปบริเวณรอยต่อผ้าใบจากนั้นนำผ้าใบอีกแผ่นมาทาได้เลย จากวัสดุชนิดที่ 1 ซึ่งผงปูนซีเมนต์เกิดการสูญเสียปริมาณของผงปูนซีเมนต์เนื่องจาก

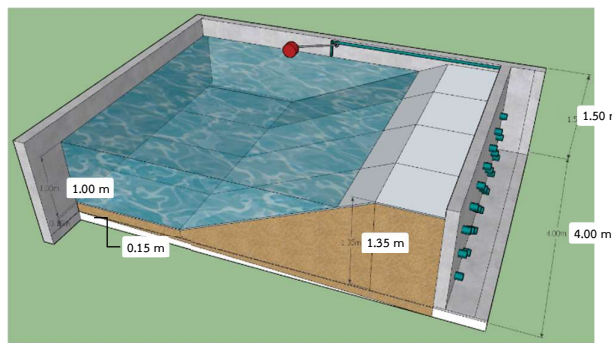
การติดตั้งจึงได้ดำเนินการนำผงปูนซีเมนต์มาผสมน้ำซึ่งเรียกว่าซีเมนต์เพสต์ (cement paste) เป็นวัสดุประสานชนิดที่ 2 โดยมีส่วนผสมนี้ผงปูนซีเมนต์ชนิดที่ 1 จำนวน 800 g ผสมน้ำ 300 cm³ ชนิดที่ 3 คือปูนมอร์ตาร์ (mortar) ที่ขายตามท้องตลาดทั่วไปซึ่งมีราคาถูกกว่าปูนซีเมนต์ชนิดที่ 1 โดยมีส่วนผสมของปูนมอร์ตาร์ 800 g ผสมน้ำ 180 cm³ และ ชนิดที่ 4 ปูนกาว (cement tile adhesive) (ซึ่งมีสมบัติช่วยยึดเกาะมากขึ้น) 800 g ผสมน้ำ 230 cm³

2.2 วิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนคือทำการทดลองในบ่อทดลองและในสระเก็บน้ำของจริง โดยการทดลองในบ่อทดลองจะสามารถควบคุมการติดตั้งและควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้ดีกว่าในสระเก็บน้ำของจริงโดยมีรายละเอียดดังนี้

การทดลองในบ่อทดลอง

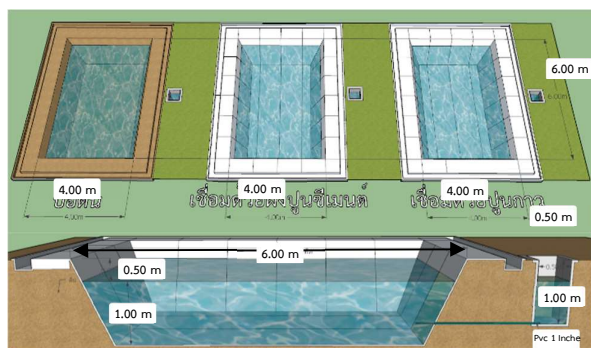
การทดลองได้ดำเนินการดัดตั้งเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ทั้งหมดลงไปในบ่อทดลองดัง รูปที่ 2 จากนั้นทำการบดอัดทรายละเอียด เมื่อทำการบดอัดเสร็จแล้วดำเนินการเก็บตัวอย่างไปวัดความหนาแน่นในห้องปฏิบัติการ โดยการทดลองนี้มีค่าความหนาแน่นของทรายละเอียดบดอัดอยู่ระหว่าง 1.42-1.58 g cm⁻³ จากนั้นทำการปูผ้าใบคอนกรีตโดยใช้วัสดุประสานเริ่มจากชนิดที่ 1 (จากทั้งหมด 4 ชนิด) กำหนดความกว้างของรอยต่อ 10 cm และทำการรดน้ำลงไปยังแผ่นผ้าใบคอนกรีตให้แผ่นผ้าใบคอนกรีตเปียกน้ำตลอดทั้งแผ่นและปล่อยทิ้งไว้ 24 hr เริ่มทำการทดสอบอัตราการรั่วซึมโดยการชั่งน้ำให้คงที่ด้วยระดับความลึก 1 m และรักษาระดับน้ำให้คงที่โดยใช้ลูกลอย วัดอัตราการรั่วซึมของน้ำผ่านรอยต่อผ้าใบคอนกรีตจากมิเตอร์น้ำเป็นเวลา 5 days ต่อเนื่องกัน หลังจากนั้นทำการระบายน้ำทิ้งออกจนหมดและตากบ่อทดลองที่มีผ้าใบคอนกรีตทิ้งไว้ 3 days จากนั้นได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของรอยต่อหลังจากการผ่านการตากแดดมา 3 days โดยเริ่มทำการทดลองเหมือนเดิมตั้งแต่การชั่งน้ำให้คงที่ที่ระดับ 1 m และเก็บข้อมูลการรั่วซึมเป็นเวลา 5 days ต่อเนื่อง หลังจากทดลองวัสดุประสานชนิดที่ 1 แล้วเสร็จได้ดำเนินการทดสอบวัสดุประสานชนิดที่ 2 3 และ 4 ตามลำดับ โดยงานวิจัยนี้จะดำเนินการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ



รูปที่ 2 บ่อทดสอบแบบจำลอง

การทดลองเปรียบเทียบกับสระเก็บน้ำจริง

การศึกษานี้ได้เลือกวิธีการเชื่อมต่อผ้าใบคอนกรีตโดยใช้ผงปูนซีเมนต์ (ชนิดที่ 1) และ ปูนขาว (ชนิดที่ 4) มาทำการทดสอบจริงในสนามโดยทำการศึกษาร่วมกับบ่อที่ไม่ได้ติดตั้งผ้าใบคอนกรีต (บ่อดิน) ดัง รูปที่ 3



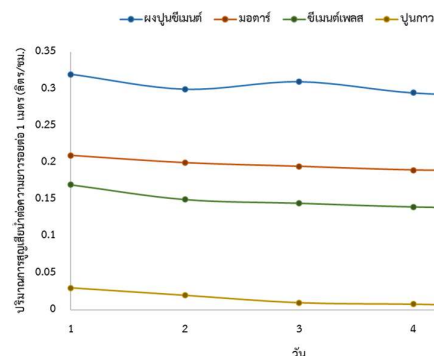
รูปที่ 3 บ่อทดสอบการรั่วซึมของน้ำสำหรับการทดสอบจริง

การทดลองได้ดำเนินการดังนี้ โดยติดตั้งเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ทั้งหมดลงในบ่อทดลองดัง รูปที่ 3 จากนั้นทำการปูผ้าใบคอนกรีตโดยใช้วัสดุประสานเริ่มจากชนิดที่ 1 (จาก 2 ชนิด ผงปูนซีเมนต์ และ ปูนขาว) กำหนดความกว้างของรอยต่อ 10 cm และทำการรดน้ำลงไปยังแผ่นผ้าใบคอนกรีตให้แผ่นผ้าใบคอนกรีตให้เปียกน้ำตลอดทั้งแผ่นและปล่อยทิ้งไว้ 24 hr เริ่มทำการทดสอบอัตราการรั่วซึมโดยการชั่งน้ำให้คงที่ด้วยระดับความลึก 1 m เริ่มทดลองโดยการอ่านค่าระดับน้ำเริ่มต้นจากบ่อน้ำนิ่ง ณ. เวลา 12.00 น. และดำเนินการอ่านระดับน้ำในบ่อน้ำนิ่งปริมาณฝนจากถังวัดน้ำฝน อัตราการระเหยจากภาควัดการระเหยทุกวันในเวลา 12.00 น. เป็นเวลา 15 days ต่อเนื่องกัน หลังจากนั้นทำการระบายน้ำทิ้งออกจนหมดและรื้อผ้าใบออกตากบ่อทดลองให้แห้ง และดำเนินการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

3 ผลและวิจารณ์

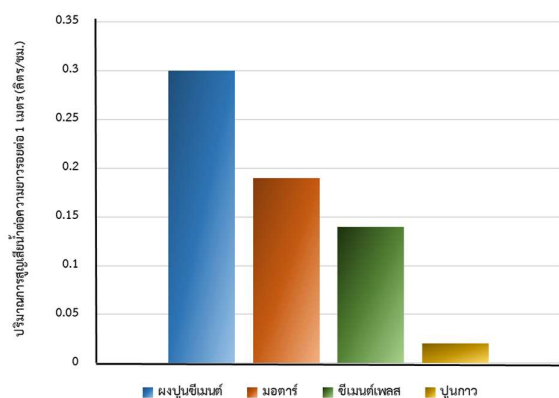
งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพื่อหาวัสดุเพื่อนำมาเชื่อมรอยต่อผ้าใบคอนกรีตโดยได้คัดเลือกวัสดุ 4 ชนิดได้แก่ ผงซีเมนต์

(cement powder) ซีเมนต์เพสต์ (cement paste) ปูนมอตา (mortar) และปูนขาว (cement tile adhesive) โดยมีระยะทางต่อผ้าใบกว้าง 10 cm พบว่า



รูปที่ 4 การรั่วซึมของน้ำผ่านบ่อผ้าใบคอนกรีตสำหรับการประสานรอยต่อผ้าใบคอนกรีตชนิดต่าง ๆ

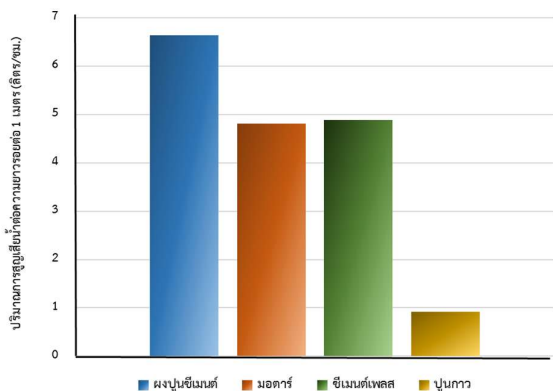
จากกราฟ รูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่าการรั่วซึมของน้ำผ่านผ้าใบคอนกรีตที่เชื่อมด้วยวัสดุประสานชนิดต่าง ๆ จะมีปริมาณมากในวันที่ 1 และหลังจากวันที่ 2 เป็นต้นไปการรั่วซึมผ่านรอยต่อผ้าใบมีแนวโน้มคงที่ การใช้ผงปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสานรอยต่อให้ปริมาณการรั่วมากที่สุด รองลงมาคือปูนมอตา ซีเมนต์เพสต์ และปูนขาวตามลำดับ จากนั้นได้นำค่าเฉลี่ยของการรั่วซึมในช่วงที่มีความคงที่มาแสดงในกราฟแท่งดัง รูปที่ 5



รูปที่ 5 ค่าเฉลี่ยจากทั้ง 5 วัน ในการทดลองการรั่วซึมของน้ำผ่านบ่อผ้าใบคอนกรีตสำหรับการประสานรอยต่อผ้าใบคอนกรีตชนิดต่าง ๆ

จากกราฟแท่ง รูปที่ 5 พบว่าปูนขาวมีความสามารถในการประสานรอยต่อได้ดีที่สุด เนื่องจากสมบัติในการยึดเกาะกับวัสดุมีประสิทธิภาพที่สูงกว่าวัสดุประสานประเภทอื่นๆ โดยมีค่าการรั่วซึมผ่านรอยต่อผ้าใบคอนกรีตน้อยที่สุดในปริมาณ $0.02 \text{ L hr}^{-1} \text{ m}^{-1}$ รองลงมาคือ ซีเมนต์เพสต์ ซึ่งปูนซีเมนต์เกิดจากหินปูน ดินเหนียว และวัสดุธรรมชาติอื่นๆ ผสมเข้าด้วยกัน เมื่อเทียบกับปูนขาวที่

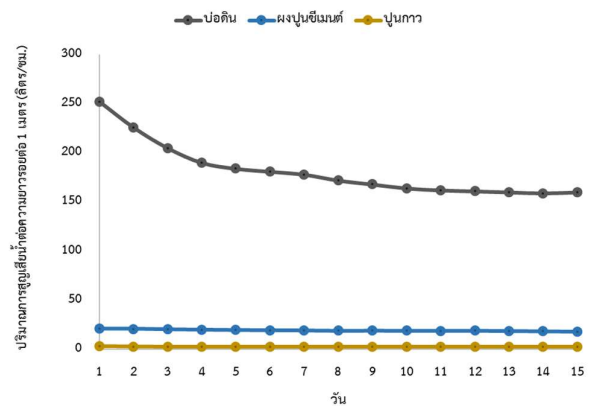
เกิดจากปูนและดินทรายคุณภาพสูงมาผสมรวมกันนั้น ปูนซีเมนต์ จึงเกิดช่องว่างระหว่างวัสดุในการประสานที่มากกว่าปูนกาวจึงทำให้เกิดอัตราการรั่วซึมที่สูงกว่าปูนกาว โดยมีการรั่วซึมผ่านรอยต่อ $0.14 \text{ L hr}^{-1} \text{ m}^{-1}$ และ $0.19 \text{ L hr}^{-1} \text{ m}^{-1}$ สำหรับการรั่วซึมผ่านรอยต่อที่ประสานด้วยปูนมอร์ตาร์ซึ่งเกิดจากปูนซีเมนต์ผสมกับทรายทำให้เกิดช่องว่างระหว่างวัสดุในการประสานที่มากกว่าปูนกาว และซีเมนต์เพสต์ ส่วนการใช้ผงปูนซีเมนต์ให้ค่าการรั่วซึมผ่านรอยต่อมากที่สุดเท่ากับ $0.30 \text{ L hr}^{-1} \text{ m}^{-1}$ ถึงแม้ผงปูนซีเมนต์จะมีความละเอียดที่สูงกว่ามอร์ตาร์แต่เนื่องจากวิธีการผสมผสานรอยต่อด้วยผงปูนซีเมนต์นั้น จะเกิดการสูญเสียปริมาณผงปูนซีเมนต์เป็นจำนวนมากจากการที่ผงปูนซีเมนต์จะไหลไปกับน้ำที่ใช้ในการประสาน ซึ่งต่างจากซีเมนต์เพสต์ ที่ผสมน้ำก่อนแล้วจึงนำไปใช้ทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณผงปูนซีเมนต์น้อยกว่า อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ได้ตั้งสมมติฐานว่า กรณีที่ไม่มีการเก็บน้ำ แสงแดดอาจทำให้รอยต่อเสื่อมประสิทธิภาพลงดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงได้ทำการระบายน้ำออกจากบ่อทดลองและปล่อยบ่อทดลองให้แห้งตากแดดไว้ อีก 3 วันโดยอุณหภูมิอากาศช่วง 12.00 ตลอดการทดลองเท่ากับ $29.2\text{--}34.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ หลังจากนั้นได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพรอยต่อผ้าใบคอนกรีตชนิดต่าง ๆ อีกครั้งผลการทดลองแสดงดัง รูปที่ 6



รูปที่ 6 ปริมาณการรั่วซึมผ่านรอยต่อผ้าใบคอนกรีตหลังจากโดนแดด

รูปที่ 6 ชี้ให้เห็นว่าหากนำน้ำออกจากบ่อจนหมดและทำการตากแดดจะพบว่าประสิทธิภาพในการลดการรั่วซึมของน้ำด้วยผ้าใบคอนกรีตลดลง เนื่องจากรอยต่อมีการแตกร้าวเนื่องจากการตากแดด เป็นผลมาจากความเสื่อมสภาพของวัสดุประสานที่โดนแดดเผา โดยรอยต่อที่ใช้ผงปูนซีเมนต์เชื่อมต้อมีอัตราการรั่วซึมสูงถึง $6.63 \text{ L hr}^{-1} \text{ m}^{-1}$ และการรั่วซึมผ่านรอยต่อที่ประสานด้วยปูนกาวมีค่าน้อยที่สุด $0.92 \text{ L hr}^{-1} \text{ m}^{-1}$ สำหรับการรั่วซึมผ่านรอยต่อผ้าใบคอนกรีตที่ประสานด้วยซีเมนต์เพสต์และปูนมอร์ตาร์มี

แนวโน้มการรั่วซึมที่ใกล้เคียงกัน โดยบ่อผ้าใบคอนกรีตที่ใช้ซีเมนต์เพสต์ในการประสานรอยต่อมีการรั่วซึม $4.88 \text{ L hr}^{-1} \text{ m}^{-1}$ และ มีการรั่วซึม $4.81 \text{ L hr}^{-1} \text{ m}^{-1}$ สำหรับการประสานรอยต่อด้วยปูนมอร์ตาร์ ดังนั้นการทดลองชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการประสานรอยต่อด้วยปูนกาวมีประสิทธิภาพสูงสุด และการใช้ผงปูนซีเมนต์มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ใช้วัสดุประสาน 2 ชนิดนี้ไปทำการทดลองกับสระเก็บน้ำที่ขุดขึ้นใหม่จริง โดยชนิดดินที่ขุดสระนั้นเป็นดินร่วนปนทราย ผลการทดลองแสดงดังกราฟรูปที่ 7



รูปที่ 7 การรั่วซึมของน้ำผ่านสระเก็บน้ำชนิดต่าง ๆ

ผลการทดลองพบว่าอัตราการรั่วซึมในสระดินมีค่าสูงมากประมาณ $252.3 \text{ mm day}^{-1}$ ในวันที่ขังน้ำวันที่ 1 เนื่องจากเป็นบ่อขุดใหม่และเป็นบ่อที่อยู่สูงกว่าระดับน้ำใต้ดิน และลดลงจนมีค่าเกือบคงที่ในวันที่ 11 ที่อัตราการซึมผ่าน $160.0 \text{ mm day}^{-1}$ สำหรับสระเก็บน้ำผ้าใบคอนกรีตที่ที่ประสานรอยต่อด้วยผงปูนซีเมนต์พบว่ามีการรั่วซึมประมาณ 21.0 mm day^{-1} ในวันที่ 1 และลดลงจนมีค่าเกือบคงที่ในวันที่ 8 ที่อัตราการซึมผ่าน 19.0 mm day^{-1} ส่วนสำหรับสระเก็บน้ำผ้าใบคอนกรีตที่ประสานรอยต่อด้วยปูนกาวพบว่ามีการรั่วซึมประมาณ 3.2 mm day^{-1} ในวันที่ 1 และลดลงจนมีค่าเกือบคงที่ 2.6 mm day^{-1} ในวันที่ 3 สำหรับการทดลองชี้ให้เห็นว่า การใช้วัสดุประสานรอยต่อทั้งผงปูนซีเมนต์และปูนกาวเมื่อนำไปปฏิบัติจริงพบว่าประสิทธิภาพลดลงเนื่องจากการเมื่อนำไปใช้จริงความประณีตในการติดตั้งจะลดลงไปด้วย อย่างไรก็ตามการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าการนำผ้าใบคอนกรีตไปใช้ตามสระเก็บน้ำมีประสิทธิภาพสูงสำหรับช่วยในการลดการรั่วซึมของน้ำ

4 สรุป

จากการทดลองพบว่าผลการลดการรั่วซึมผ่านรอยต่อในบ่อน้ำที่ปูด้วยผ้าใบคอนกรีตโดยใช้วัสดุประสานได้แก่ ผงปูนซีเมนต์

ซีเมนต์เพสต์ ปูนมอตาร์ และปูนขาว พบว่า การใช้ผงปูนซีเมนต์ เป็นวัสดุประสานรอยต่อให้ปริมาณการรั่วซึมที่สุทธองลงมากคือ ปูนมอตาร์ ซีเมนต์เพสต์ และปูนขาว หากมีการระบายน้ำออก จากบ่อทดลองและตากแดดไว้เป็นเวลา 3 days พบว่า ประสิทธิภาพในการลดการรั่วซึมของน้ำด้วยผ้าใบคอนกรีตลดลง เนื่องจากรอยต่อมีการแตกร้าวเนื่องจากความเสื่อมสภาพของ วัสดุประสานที่โดนความร้อนจากแสงแดด จากผลการทดลอง พบว่าการนำผ้าใบคอนกรีตมาใช้เพื่อคาดสระเก็บน้ำนั้นมีความ เหมาะสมที่จะนำมาใช้จริง แต่อัตราการรั่วซึมนั้นก็ยังขึ้นอยู่กับ ความปรารถนาในการติดตั้งและประสานรอยต่อของผู้ติดตั้งอีกด้วย

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท สยามวิจัยและนวัตกรรม จำกัด ในเครือ ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) ที่สนับสนุนผลิตภัณฑ์และ งบประมาณสำหรับการวิจัย และขอขอบคุณภาควิชา วิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ปฏิบัติ การ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

6 เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2561. โครงการแหล่งน้ำในไร่นา นอกเขต ชลประทาน.
- โกวิท ทัศนศิริ. 2544. สมบัติการไหลซึมของของไหลที่มีสาร ปนเปื้อนผ่านวัสดุผสมระหว่างทรายกับเบนโทไนต์บดอัด. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- ซัชชัย พิรภม. 2545. การประยุกต์ใช้ดินซีเมนต์เพื่อการคาดคลุม น้ำชลประทาน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชัยยะ พิงโพธิ์สก. 2563. การบริหารจัดการน้ำครบวงจรอย่าง ยั่งยืนพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ต้อง พันธงาม, ณภัทร น้อยน้ำใส, นิรันดร์ คงฤทธิ์. 2564. การ วิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่สำหรับการบริหารจัดการ ทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืนเขตลุ่มน้ำลำเชียงไกรตอนล่าง ด้วย ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. วารสารวิจัยวิชาการ 4(2), 74-84.
- สมชาย ดอนเจดีย์, สหัชชัย ปรีวัตรพันธ์, นิมิตร เติตฉันทิพัฒน์. 2563. การลดค่าความนำคลศาสตร์ของดินทรายที่มีขนาด คละไม่ดี ด้วยเบนโทไนท์. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 15(1), 108-119.

- สมชาย ดอนเจดีย์, อาบิดิน จิเหลา, นิธิรัชต์ สงวนเดือน, นันทวัฒน์ ขมหวาน, จิระกานต์ ศิริวิชัยไมตรี, นิมิตร เติต ฉันทิพัฒน์. 2561. การประยุกต์ใช้ผ้าใบคอนกรีตในงานสระ เก็บน้ำทางการเกษตร. การประชุมวิชาการคอนกรีตแห่งชาติ ประจำปี ครั้งที่ 13 ประจำปี 2561. พัทยา, ชลบุรี.
- สมชาย ดอนเจดีย์. 2560. การศึกษาและวิจัยเพื่อนำผ้าใบ คอนกรีตไปประยุกต์ใช้กับสระเก็บน้ำ. ภาควิชาวิศวกรรม ชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. โครงการขุดสระน้ำในไร่นา นอกเขตชลประทาน ปี พ.ศ. 2548-2550. กระทรวง เกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. สถิติการเกษตรของ ประเทศไทย ปี 2559. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและ สหกรณ์.
- Bouwer, H., J. Ludke, R. C. Rice. 2001. Sealing pond bottom with muddy water. Ecological Engineering 18, 233-238.
- Crawford, W. 2008. Concrete cloth - Flexible fibrous cement. Concrete (London) 42, 15-16.
- Shahid, A., M. Aslam, M. Shafiq. 1996. Reducing water seepage from earthen ponds. Agricultural Water Management 30, 69-76.



Study on an automatic roller-type equipment for seed drilling into seedling trays

อัจฉรา จันทร์ผิง^{1,2*}, อาทิตยา คเวศก์สกุล², ณัฐพงษ์ ทุนอินทร์², จีรภัทร ปัญญาเย็น², นิวัฒน์พงษ์ คำสนธิ², ณัฐพงษ์ บำรุง², จักรรินทร์ ถิ่นนคร³

Autchara Junphong^{1,2*}, Arthiditaya Kawetsukul², Natthaphong Thonin², Jeeraphat Panyuen², Natthapong Bamrung², Niwatpong Kamsanit², Jakkarin Thinnakorn³

¹หน่วยวิจัยและพัฒนาคุณสมบัติวัสดุทางการเกษตรและพลังงานชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, เชียงใหม่, 50300

²หลักสูตรวิศวกรรมเกษตรและชีวภาพ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, เชียงใหม่, 50300

³หลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และระบบอัตโนมัติ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, เชียงใหม่, 50300

¹Research and Development Unit for Agricultural Materials and Bio-Energy Properties, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai, 50300

²Agricultural and Biological Engineering, Department of Mechanical Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai, 50300

³Electronics Engineering and Automatic Control Systems, Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai, 50300

*Corresponding Author: Tel: +668 9759 8846, E-mail: Autchara11@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาอุปกรณ์หยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าแบบอัตโนมัติด้วยหัวหยอดแบบลูกกลิ้ง ซึ่งประกอบด้วยชุดปล่อยดิน ชุดเจาะดิน และลูกกลิ้งหัวหยอดเมล็ดด้วยระบบสุญญากาศ ใช้ระบบควบคุมโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์เป็นชุดคำสั่งการทำงานของเครื่อง โดยเลือกใช้เมล็ดกรีนโอ๊คชนิดเคลือบเป็นวัสดุทดสอบ จากการศึกษา พบว่า เครื่องหยอดเมล็ดอัตโนมัติที่ใช้ชุดคำสั่งและนำเซนเซอร์เข้ามาช่วยในการทำงานของระบบชุดปล่อยดินสามารถปั้นดินที่มีความชื้นได้ดี โดยความชื้นที่เหมาะสมอยู่ที่ร้อยละ 40 ที่ความเร็วมอเตอร์ 18.11 rpm การเจาะดินใช้กระบอกสูบลมที่ความดัน 1 MPa สำหรับเจาะดินเพื่อทำให้ดินในหลุมถูกกดทับให้มีความหนาแน่นมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาตรดินในหลุมลดลงร้อยละ 2.6 สำหรับชุดลูกกลิ้งหัวหยอดเมล็ดด้วยระบบสุญญากาศ ศึกษาผลของแรงดูดสุญญากาศที่ 5 10 และ 15 in. Hg พบว่า แรงดูดสุญญากาศ 10 in. Hg เป็นแรงดูดที่ดีที่สุด โดยมีจำนวนเมล็ดที่ตกลงตรงหลุมร้อยละ 57.92 ความแม่นยำของการตกของเมล็ด 3 ถึง 5 seeds hole⁻¹ คิดเป็นร้อยละ 68 และสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ 2.6 เท่าเมื่อเทียบกับแรงงานคน โดยใช้เวลาในการทำงาน 20 s tray⁻¹

คำสำคัญ: เครื่องหยอดเมล็ดอัตโนมัติ, แรงดูดสุญญากาศ, ลูกกลิ้งหัวหยอดเมล็ด

Abstract

The present research studied automatic roller-type equipment for seed drilling into seedling trays. The equipment consists of a soil release set, a soil drill set and a vacuum-operated sowing roller. Programmable logic controller was programmed as a set of operating instructions for the equipment; coated green oak kernels were used as the test material. Using PLC commands and sensors in conjunction with the system, the soil release unit could spin the soil at 40 percent moisture content at a motor speed of 18.11. As for soil drilling, an air cylinder operated at 1 MPa was used to penetrate the soil, causing the soil in the hole to be compressed to a higher density. As a result, the volume of the soil in the hole was reduced by 2.6 percent. As for the roller set, the sowing head with the vacuum system was used; the effect of vacuum suction force at 5, 10 and 15 in. Hg was studied. It was found that the vacuum suction force of 10 in. Hg was the most optimal suction force. The number of seeds

Received: September 29, 2022

Revised: April 26, 2023

Accepted: April 26, 2023

Available online: August 30, 2023

falling in the center of the hole was 57.92% and the accuracy of filling 3-5 seeds hole⁻¹ was 68%. The production capacity could be increased to 2.6 times that the human labor. The required operating time was 20 s tray⁻¹.

Keywords: Automatic sowing machine, vacuum pressure, head roller

1 บทนำ

ในปัจจุบัน การบริโภคประเภทผักสลัดเป็นที่นิยมอย่างมาก โดยมีผู้รับประทานเพื่อช่วยในการควบคุมน้ำหนัก และการดูแลสุขภาพ อีกทั้งช่วยในการตกแต่งจานอาหารเพื่อเพิ่มความสวยงาม ทำให้ผักสลัดเป็นที่ต้องการของตลาดตลอดทั้งปี จากความต้องการของตลาดอย่างต่อเนื่อง เกษตรกรจึงให้ความสำคัญต่อวิธีการเพาะกล้ากลุ่มผักสลัดให้มีกำลังการผลิตเพียงพอต่อความต้องการ โดยในกระบวนการเพาะปลูกของเกษตรกร ต้องมีการเตรียมดินกล่าก่อนที่จะลงในแปลงเพาะปลูก ซึ่งปัจจุบันดินกล่าไม่เพียงพอต่อปริมาณความต้องการ ซึ่งในแต่ละครั้งของการเพาะปลูกเกษตรกรจะต้องอาศัยแรงงานคนในการหยอดเมล็ดลงในถาดเพาะเป็นหลัก การใช้แรงงานคนหยอดลงในถาดเพาะได้เพียงวันละ 400 trays day⁻¹ และมักเกิดความเมื่อยล้าและความเหลื่อมล้ำจากผู้ชำนาญและไม่ชำนาญ ส่งผลให้เกิดความไม่สม่ำเสมอในการทำงาน อีกทั้งการหยอดเมล็ดจากการใช้แรงงานคนมีอัตราการสูญเสียของเมล็ดที่ค่อนข้างมาก ทำให้เกษตรกรมีต้นทุนในการเพาะปลูกเพิ่มมากขึ้น

ที่ผ่านมา อีรพงศ์และกฤษณ์ (2556) ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าโดยใช้วงจรนิวเมติก ส่วนเกรียงไกรและเกียรติศักดิ์ (2557) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ผักคะน้าประสิทธิภาพสูง ซึ่งออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของเกษตรกรผู้ปลูกผักคะน้า ทั้งสองงานใช้การควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) ส่วนการออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพืชลงถาดเพาะของ ศรณรินทร์และคณะ (2553) ใช้ถาดที่มีหลุมเพาะกล้าขนาด 105 holes โดยมีการออกแบบส่วนของการเลื่อนถาดเพาะกล้าร่วมกับการกดเมล็ดพืชลงหลุม พบว่า สามารถทำงานได้และมีความสามารถในการผลิต 138 trays hr⁻¹ หรือคิดเป็น 14,490 holes hr⁻¹ การสูญเสียของเมล็ดเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 12.48 เมื่อเปรียบเทียบกับกรหยอดโดยใช้แรงงานคนสำหรับหยอดเมล็ดพืชลงถาดเพาะกล้า

จากการศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาเหล่านี้ จึงรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการตัดสินใจออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดโดยออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดแบบอัตโนมัติซึ่งประกอบไปด้วยชุดปล่อยดิน ชุดเจาะดิน และลูกกลิ้งหัวหยอดเมล็ดด้วยระบบสุญญากาศ โดยใช้ระบบควบคุมโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์เป็นชุดคำสั่งการทำงานของเครื่องและเลือกใช้เมล็ดกรีนโอ๊คชนิดเคลือบเป็นเมล็ดที่ใช้ในการทดสอบและอ้างผลการศึกษาความแม่นยำของจรัสชัย (2562) ซึ่งศึกษาความแม่นยำในการหยอดของเครื่องย้ายเมล็ดพันธุ์ลงในถาดเพาะกล้าต้นแบบ ดังนั้นจึงศึกษาอุปกรณ์หยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าแบบอัตโนมัติด้วยหัวหยอดแบบลูกกลิ้งและศึกษาผลของแรงดูด

ของสุญญากาศของปั๊มลมที่ทำให้การหยอดเมล็ดมีความแม่นยำในการหยอดเมล็ดให้ตกตามตำแหน่งที่ต้องการ โดยมีเป้าหมายในการหยอดเมล็ดอยู่ระหว่าง 3 ถึง 5 seeds (กลุ่มเกษตรกรชุมชนแม่แจ่ม) เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตและลดต้นทุนแรงงานในการหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า

2 การออกแบบเครื่องหยอดเมล็ดแบบอัตโนมัติ

ขั้นตอนการทำงานของเกษตรกรมีวิธีการที่เรียบง่าย โดยเริ่มจากการเตรียมดินใส่ลงในถาดหลุมจากนั้นจะทำการเจาะดินให้มีความลึกที่เหมาะสมกับชนิดของพืชที่ต้องการเพาะกล้า และทำการหยอดเมล็ดลงไปตามด้วยการรดน้ำ ดังแสดงรูปที่ 1

จากการทำงานของเกษตรกรการเพาะต้นกล้าทำให้เกิดปัญหาความเมื่อยล้าและมีกำลังการผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด ดังนั้นจึงทำการออกแบบเครื่องหยอดเมล็ดแบบอัตโนมัติโดยทำการออกแบบ 3 ส่วน ประกอบไปด้วย 1)การออกแบบชุดปล่อยดิน(ก) 2)การออกแบบชุดเจาะดิน(ก) 3)การออกแบบลูกกลิ้งหัวหยอดเมล็ดและการออกแบบระบบสุญญากาศ(ข) ดังแสดงรูปที่ 2

การออกแบบเครื่องและวิธีการเขียนชุดคำสั่งการทำงานโดยใช้ภาษาแลดเดอร์ที่ใช้สำหรับการศึกษาลงถึงการทำงานที่กำหนดขอบเขตไว้เพียงเท่านั้น การทำงานของเครื่องเจาะดินในถาดหลุมในแต่ละส่วนจะถูกควบคุมโดยชุดคำสั่ง ในส่วนแรกคือการปล่อยดินจากฮอปเปอร์ และส่วนของการเจาะดินใช้ลมอัดกระบอกสูบลมเพื่อเป็นตัวเจาะดินในถาดเพาะ หลังจากนั้นจะส่งไปตามสายพานเพื่อเข้าสู่ระบบการหยอดเมล็ดแบบลูกกลิ้ง โดยจะสามารถหยอด 3 ถึง 5 seeds round⁻¹ ตามลำดับ

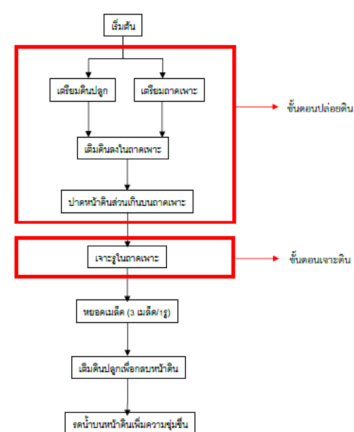
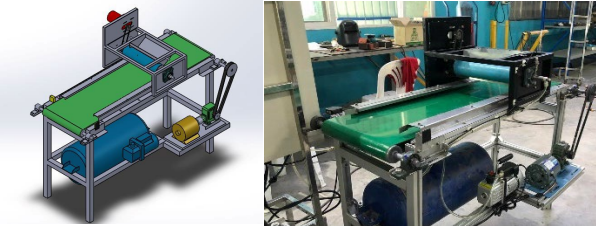


Figure 1 The work of farmers in cultivating seedlings.



ก.ชุดปล่อยดินและเจาะดิน



ข.ลูกกลิ้งหัวหยอดเมล็ดแบบระบบสุญญากาศ

Figure 2 Automatic sowing machine

2.1 การออกแบบชุดปล่อยดิน

จากการศึกษางานวิจัยของ ตะวันฉาย (2560) ซึ่งศึกษางานวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของฮอปเปอร์รูปปลีต่อการติดขัดของวัสดุเม็ด 2 มิติภายใต้การสั่นแนวตั้งอนุภาคทรงกระบอก ดังนั้นในการออกแบบชุดปล่อยดินที่ทำหน้าที่บรรจุดินปลูกเพื่อกักเก็บและสามารถจ่ายดินปลูกที่ถูกเก็บไว้ ในการออกแบบตัวฮอปเปอร์ต้องคำนึงสัดส่วนและปริมาตรที่ถาดเพาะสามารถรองรับได้ ดังนั้นขนาดรูปร่างของฮอปเปอร์ควรมีการบรรจุดินปลูกที่มีมากกว่าปริมาตรที่ถาดเพาะรองรับได้ โดยถาดหลุมสามารถรองรับปริมาตรดินได้ $4,038.825 \text{ cm}^3$ ต่อถาด จึงทำให้สามารถออกแบบขนาดและรูปร่างของฮอปเปอร์ที่มีขนาดความกว้าง 24 cm ความยาว 27 cm และความสูง 40 cm ที่สามารถบรรจุดินได้ $20,520 \text{ cm}^3$ แสดงดังรูปที่ 3 อีกทั้งมีมอเตอร์เป็นตัวส่งกำลังและตัวปรับความเร็วรอบของฮอปเปอร์ซึ่งสามารถเปิด-ปิด เพื่อหยุดการปล่อยดินได้ และยังทำการปั่นดินสำหรับดินที่เป็นก้อน โดยใช้ความเร็วรอบที่ 18 rpm

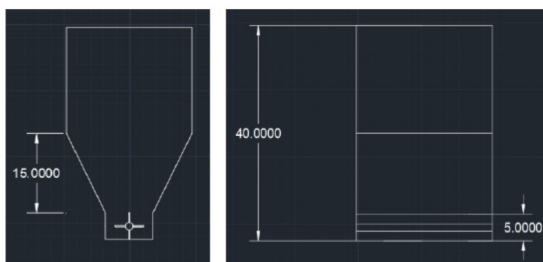


Figure 3 The hopper layout design of the soil launcher.

2.2 การออกแบบชุดเจาะดิน

จากการศึกษางานวิจัยของ อนันต์ และคณะ (2559) การพัฒนาการผลิตต้นกล้าลิเซียนทิสต้นใหญ่เพื่อการส่งเสริมเกษตรกรโครงการหลวง มีผลการทดลอง การเพาะกล้าในถาดเพาะมีอัตราการเกิดของต้นกล้าเฉลี่ย 84.33% ดังนั้นการเลือกขนาดของถาดเพาะกล้าจึงเป็นส่วนสำคัญของการกำหนดขนาด

โครงสร้างหลักของเครื่องเจาะดินในถาดหลุม เราจึงเลือกใช้ถาดเพาะ 105 holes โดยขนาดของตัวถาดเพาะมีความกว้าง 27.5 cm ความยาว 53 cm มีเส้นผ่านศูนย์กลางของหลุมที่ 3.5 cm และลึก 4 cm การออกแบบชุดเจาะให้มีการเจาะรูในถาดเพาะเพียงครั้งเดียวต่อการทำงาน 1 round หรือ 105 holes round⁻¹ โดยกำหนดหัวเจาะต้องคำนึงถึงรูหลังการเจาะว่ามีการเจาะที่ลึกมากเกินไปหรือน้อยไม่ ดังนั้นเราจึงมีการออกแบบหัวเจาะและชุดเจาะดิน แสดงดังรูปที่ 4 โดยรูปหัวเจาะนั้นจะมีขนาดที่เล็กกว่ารูของถาดหลุม ซึ่งรูหลังการเจาะมีขนาดความลึกและความกว้างเท่ากับ 1 cm

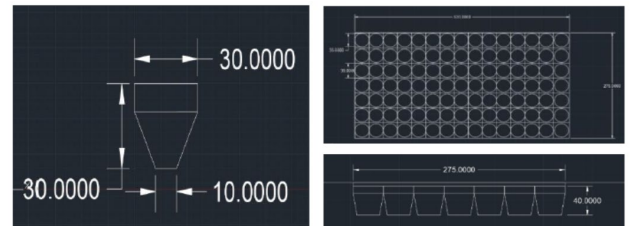


Figure 4 Design of the drill head and the soil drill set

2.3 การออกแบบลูกกลิ้งหัวหยอดเมล็ด

จากการออกแบบขนาดลูกกลิ้งหัวหยอดเมล็ด เพื่อออกแบบให้เหมาะสมกับขนาดของถาดเพาะเมล็ด 105 holes ซึ่งลักษณะของตัวลูกกลิ้งมีขนาด กว้าง 88 และ ยาว 3.50 cm และขนาดของรูที่เจาะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 mm เจาะ 3 รู ระยะห่างของรูมีขนาด กว้าง 5.2 mm สูง 4.5 mm เหมาะสมกับขนาดของเมล็ดผักกาดเขียวปลีมีเส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ดอยู่ที่ 2 mm และมีการเจาะรู 4 แถว แถวละ 7 จุด เพื่อให้ได้จำนวนเมล็ดที่ตกลงไปในแต่ละหลุมให้มีจำนวนเมล็ดที่เท่ากันหลุมละ 3 seeds แสดงดังรูปที่ 5

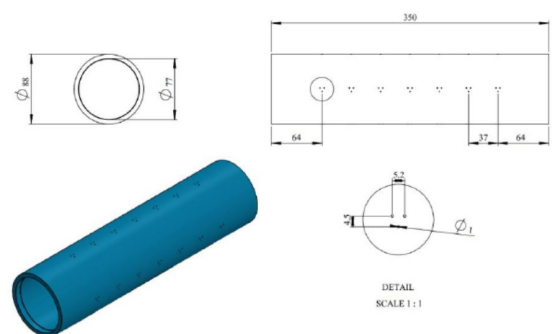


Figure 5 The design of the sowing head rollers.

2.4 การออกแบบระบบสุญญากาศ

การเลือกใช้ปั๊มสุญญากาศขึ้นอยู่กับขนาดของปริมาตรของตัวลูกกลิ้งหยอดเมล็ด ซึ่งปั๊มที่เลือกใช้มีขนาดการทำงาน $85 \text{ litre min}^{-1}$ มีกำลังในการดูด 10 Pa หรือไม่เกิน 20 in. Hg ดังนั้นจึงทำการศึกษาแรงดูดระหว่างช่วง 5 10 และ 15 in. Hg เพื่อศึกษาการสร้างแรงดูดสุญญากาศสำหรับการดูดเมล็ด โดยลูกกลิ้งมีรูปทรงกระบอกใช้แกนทอสแตนเลสปิดหัวท้ายของตัวลูกกลิ้งหยอด

เมล็ด และใช้ท่อลมขนาด 10 mm และใช้หลักการสูญญากาศ เพื่อดูเมล็ดจากถาดเก็บเมล็ดมายังลูกกลิ้งหยอดเมล็ดทำการ หยอดเมล็ดลงถาดเพาะที่กำหนด แสดงดังรูปที่ 6

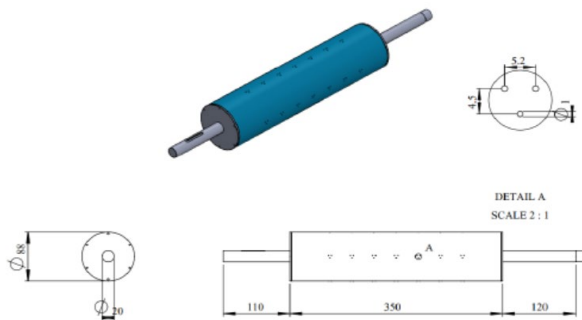


Figure 6 Vacuum system design

3 ชุดคำสั่งในการควบคุมการทำงานของเครื่องหยอดเมล็ดอัตโนมัติ

โปรแกรมเขียน Code หรือคำสั่งควบคุมการทำงาน ใช้ โปรแกรม Siemens Software TIA Portal V13 โดยเขียน ชุดคำสั่ง 3 ชุดคำสั่ง ประกอบไปด้วยชุดคำสั่งในการปล่อยดิน ชุดคำสั่งในการเจาะดินในถาดเพาะ และชุดคำสั่งลูกกลิ้งหยอด เมล็ด

3.1 ชุดคำสั่งในการปล่อยดิน

ส่วนของการปล่อยดินเป็นการเขียนชุดคำสั่งในส่วนของการ สั่งขั้มอเตอร์ให้ทำงานหลังจากเซนเซอร์ตรวจจับเจอ ถาดหลุม และสั่งให้มอเตอร์ขับเฟลาที่ปั่นดินให้หมุนเพื่อปล่อยดินลงในถาด หลุม พร้อมทั้งยังจ่ายไฟให้กับสายพานลำเลียงให้เคลื่อนที่ ต่อไป แม้ว่าเซนเซอร์จะยังไม่ตรวจเจอถาดเพาะ และจ่ายไฟ ให้กับไฟแสดงสถานะสีน้ำเงินให้ทำงาน แสดงดังรูปที่ 7

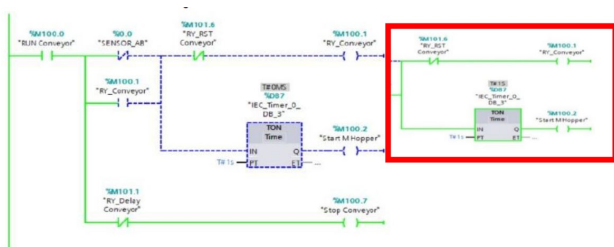


Fig. 7 The circuit before and after the sensor detects the tray.

3.2 ชุดคำสั่งในการเจาะดินในถาดเพาะ

การเจาะดินสามารถทำได้โดยการใช้ลมอัดกระบอกสูบลม หลังจากจ่ายไฟเข้ากระบอกสูบลม การเขียนชุดคำสั่งเพื่อใช้ ควบคุมการทำงานจะต้องใช้ P TIRG เพื่อที่จะควบคุมการจ่ายไฟ เข้าวงจร เนื่องจากสถานะชุดคำสั่งจะมีจ่ายไฟต่อเนื่อง แสดงดัง รูปที่ 8 จะเห็นได้ว่าหลังจาก M101.1 ถูกไฟจ่ายเข้าและเปลี่ยน สถานะเป็น NO จนทำให้ตัดกระแสไฟในระบบ เพื่อสั่งหยุด สายพานลำเลียงให้หยุด หลังจากนั้นช่วงเวลาไว้อีก 1 s เมื่อ

M101.2 ทำงานแล้วจะทำการสั่งให้กระบอกสูบลมเจาะดินใน ถาดเพาะ และช่วงเวลาอีก 0.5 s เพื่อ สั่งให้ M101.6 ทำงาน และเปลี่ยนสถานะเป็น NO และมีหน้าที่คืนค่าการทำงานการ เจาะทั้งหมดรวมทั้งสั่งเดินสายพานลำเลียงอีกครั้ง

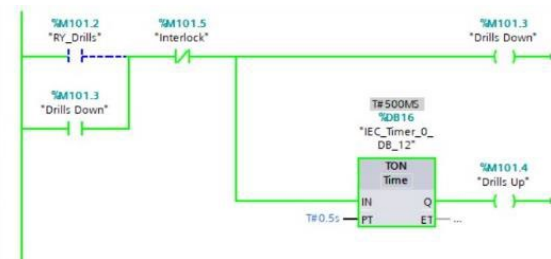


Figure 8 Immediate puncture and recovery operation cycle after another 0.5 s.

3.3 ชุดคำสั่งสายพานและปั๊มสูญญากาศ

การทำงานของสายพานและหัวลูกกลิ้งหยอดเมล็ด ให้ M0.0 เป็นตัว Start และให้ M0.2 เป็นตัว Stop และตัว Output ให้ เป็น M0.1 เมื่อเริ่มกด Start M0.0 จะเป็นตัวสั่งสายพาน ทำงาน และตัวสายพานก็จะหมุนตัว M0.1จะเป็นคำสั่งการทำงานซ้ำ ดังนั้นสายพานก็จะหมุนตลอดจนกว่าจะกดหยุดคำสั่ง M0.2 และ ให้ I0.1 เป็นตัวเซนเซอร์ และตัวคำสั่ง Counter CTU เป็นตัว คำสั่งการนับรอบ ให้คำสั่ง M0.4 ก่อนสายพานทำงานเมื่อตัว ลูกกลิ้งหยอดเมล็ดไม่หยุดตรงเซนเซอร์ จะทำการหมุน 2 รอบใน คำสั่งของ PV เพื่อให้ตรงจุด Center ที่ตั้งไว้ แสดงดังรูปที่ 9

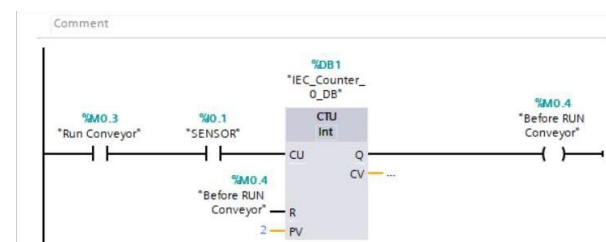
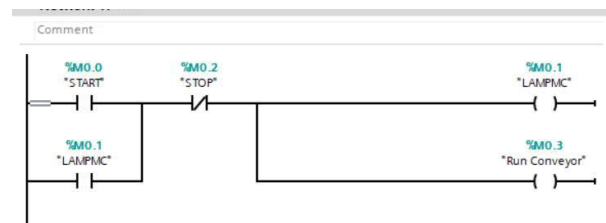


Figure 9 Operational circuit of the conveyor belt and vacuum pump.

3.4 ชุดคำสั่งลูกกลิ้งหยอดเมล็ด

การทำงานของลูกกลิ้งหยอดเมล็ด ให้ M1.2 เป็นตัวหยุด RUN Conveyor ให้คำสั่ง Counter Ton เป็นคำสั่งนับเวลา เมื่อ ถาดมาถึงเซนเซอร์ i0.1 in Counter Ton จะทำการ นับเวลา 3 s และส่งไปยังคำสั่ง Q จะส่งไป M1.2 ตัวลูกกลิ้งเริ่มทำงาน เมื่อ M0.7 ทำงานครบที่กำหนดที่ตั้งไว้ 4 รอบ M1.0 จะทำการตัด

หยุดโดยอัตโนมัติ และทำการรอกาดใหม่เข้ามาและทำงานซ้ำ
คำสั่ง M1.0 Stop Fill Seed แสดงดังรูปที่ 10

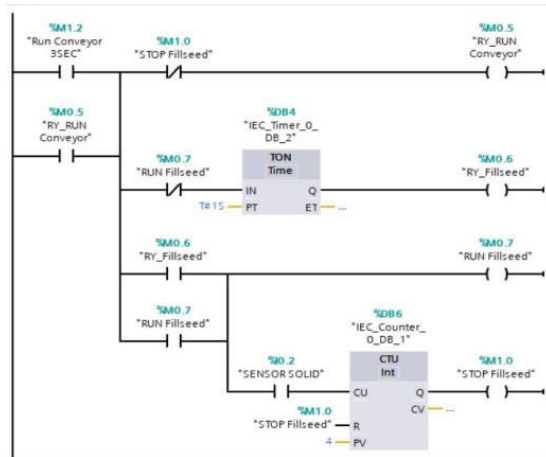


Figure 10 Operation cycle of the vacuum roller

4 ผลและวิจารณ์

4.1 ผลการตกของดินและการเจาะดินในถาดเพาะ

การเติมดินในปริมาณมากลงในฮอปเปอร์จะส่งผลให้เกิดการอัดแน่นและเกาะกันเป็นก้อน ควรมีการบรรจุดิน 16,000 cm³ และความชื้นในดินร้อยละ 40 ส่งผลให้การปล่อยดินจาก ฮอปเปอร์ที่มีการปั่นดินโดยใช้มอเตอร์ส่งกำลังหมุนในระดับความเร็วที่ 18.11 rpm ส่วนการเจาะดินในถาดหลุมนั้นต้องใช้ลมอัดเข้าไปในกระบอกสูบขนาด 1 MPa จึงสามารถเจาะดินลงได้ ในการเจาะดินในถาดหลุมโดยใช้ชุดเจาะที่มีการออกแบบให้มีการเจาะรูในถาดทุกหลุมในครั้งเดียว และปริมาตรของดินจากเดิมที่มีดินอยู่ภายในถาดหลุมที่ 38.465 cm³ hole⁻¹ ในการเจาะดินนั้นจะมีการใช้หัวเจาะทำให้ปริมาณของดินในหลุมจะไม่ลดลง แต่จะถูกกดทับให้มีความหนาแน่นมากขึ้น โดยปริมาตรเดิมจะลดลงร้อยละ 2.6

4.2 ผลการทดลองได้ทำการปรับแรงดูดของปั๊มสุญญากาศ

จากการทดลองการใช้งานของเครื่องหยอดเมล็ดแบบอัตโนมัติ จากการจับเวลาการทำงานของเครื่อง พบว่า 1 min เครื่องสามารถหยอดเมล็ดได้ จากการทดลองหาความเหมาะสมของแรงดูดที่ใช้พบว่า ที่ 5 in. Hg จะมีจำนวนเมล็ดตกลงในหลุมอยู่ในช่วง 0-3 seeds ที่แรงดูด 10 in. Hg และ 15 in. Hg จะมีจำนวนเมล็ดตกลงไปในหลุมอยู่ในช่วง 3-5 seeds แสดงดังรูปที่ 10 11 และ 12

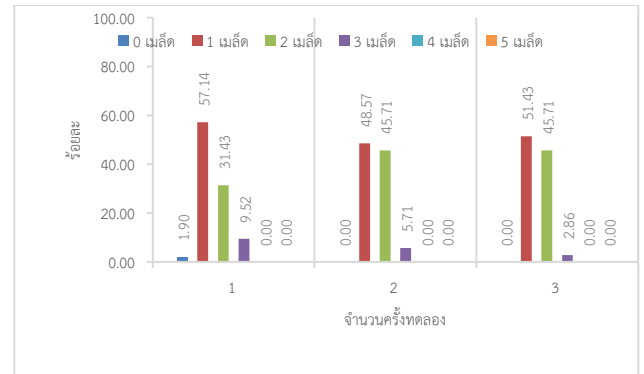


Figure 11 The number of seeds that fell into the tray at a vacuum of 5 in. Hg.

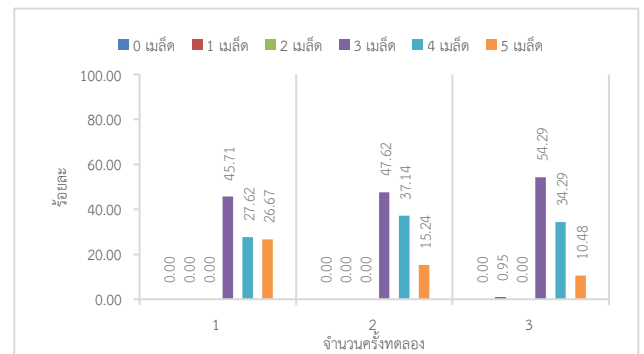


Figure 12 The number of seeds that fell into the tray at a vacuum of 10 in. Hg.

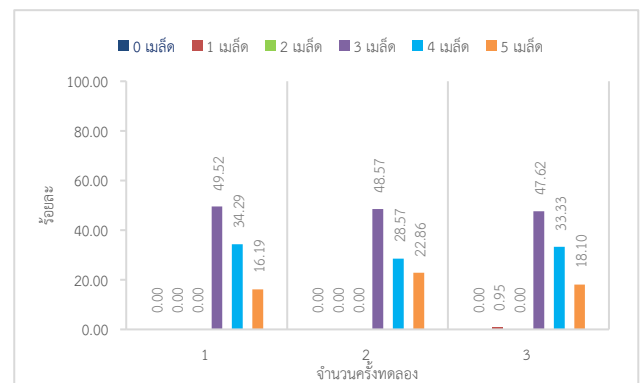
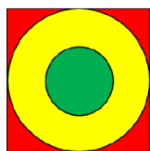


Figure 13 The number of seeds that fell into the tray at a vacuum of 15 in. Hg.

แรงดูดที่ทำให้จำนวนเมล็ดตกลงในถาดมากที่สุดคือ แรงดูดที่ 10 in. Hg และ 15 in. Hg โดยมีจำนวนเมล็ดตกลงในถาดจำนวน 3 เมล็ด คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 49.21 และ 48.57 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าไม่ได้แตกต่างกันมาก ดังนั้นจึงเลือกแรงดูดที่ 10 in. Hg เป็นแรงดูดสุญญากาศที่เหมาะสมสำหรับการทดลองนี้

4.3 ความแม่นยำในการหยอดเมล็ดด้วยระบบสุญญากาศ

ในการทดสอบความแม่นยำได้กำหนดตำแหน่งของพื้นที่เพื่อแสดงความแม่นยำของการตกของเมล็ด โดยทำการแบ่งเป็น 3 พื้นที่ คือ พื้นที่ตรงหลุม พื้นที่ขอบข้างหลุม และพื้นที่ลงหลุม แสดงดังรูปที่ 13



สีแดง = ไม่ลงหลุม
สีเหลือง = ขอบหลุมด้านใน
สีเขียว = ตรงกลางหลุม



Figure 14 Accuracy test with area position

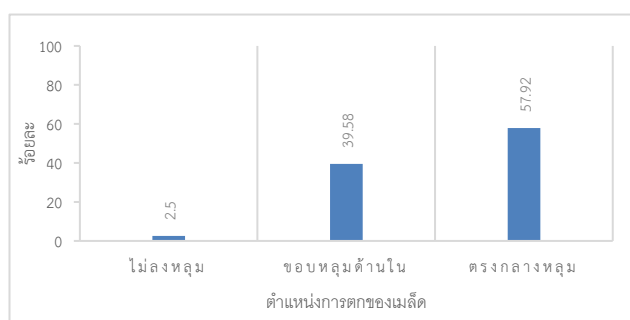


Figure 15 Number of seeds landed in the hole tray area at 10 in. Hg suction

จากการทดลองแรงดูดสุญญากาศ พบว่าแรงดูดที่ทำให้จำนวนเมล็ดตกตรงหลุมพื้นที่สีเขียวที่แรงดูดที่ 10 in.Hg ดีที่สุด โดยมีจำนวนเมล็ดที่ตกตรงกลางหลุมคิดเป็นร้อยละ 57.92 และความแม่นยำของการตกของเมล็ดในพื้นที่สีเขียวและเหลือง(เป็นพื้นที่ดินปลูก) พบว่าสามารถหยอดได้ 1 ถึง 5 seeds คิดเป็นร้อยละ 96 แต่ถ้าหากพิจารณาการหยอดเมล็ดได้ 3 ถึง 5 seeds holes⁻¹ ในพื้นที่ตำแหน่งสีเขียว (ตรงหลุม) คิดเป็นร้อยละ 68

4.4 การเปรียบเทียบผลการทำงานคนและเครื่องหยอดเมล็ดอัตโนมัติ

ในการออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดอัตโนมัติเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตและช่วยในการลดปัญหาจากการใช้แรงงานคนในการหยอดเมล็ดเพื่อเพาะต้นกล้าก่อนลงแปลงผัก ซึ่งจากตารางที่ 1 เห็นได้ว่า เครื่องหยอดเมล็ดอัตโนมัติสามารถหยอดเมล็ดได้ 1 ถึง 5 seeds tray⁻¹ และสามารถหยอดเมล็ดโดยใช้เวลา 3 trays min⁻¹ หรือ 180 trays hr⁻¹ ทำให้มีกำลังการผลิตเป็น 1,440 trays day⁻¹ ส่วนการใช้แรงงานคนนั้นสามารถทำได้เพียง 50 trays day⁻¹ และเมื่อเปรียบเทียบการทำงานระหว่างการใช้แรงงานคนกับเครื่องหยอดอัตโนมัติ ที่ใช้คนทำงาน 1 คน เครื่องหยอดเมล็ดสามารถเพิ่มกำลังการผลิต เป็น 2.6 เท่าเมื่อเทียบกับแรงงานคน

Table 1 Comparison of labor and automatic seeders

รายละเอียด	คน	เครื่องหยอดเมล็ดอัตโนมัติ
จำนวนถาดที่หยอดเมล็ด (tray hr ⁻¹)	50	180
ค่าใช้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (Baht day ⁻¹)	0	64
จำนวนแรงงาน (person)	1	1
เวลาต่อถาด(s tray ⁻¹)	70	20
กำลังการผลิต (tray day ⁻¹)	400	1440

5 สรุป

จากการออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดอัตโนมัติประกอบไปด้วยชุดปล่อยดิน ชุดเจาะดิน และลูกกลิ้งหัวหยอดเมล็ดด้วยระบบสุญญากาศ โดยใช้ระบบควบคุมโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) เป็นชุดคำสั่งการทำงานของเครื่อง โดยเลือกใช้เมล็ดกรีนโอ๊คชนิดเคลือบ เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตและลดต้นทุนแรงงานในการหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าของเกษตรกรชุมชนแม่แจ่ม พบว่า การสร้างเครื่องหยอดเมล็ดอัตโนมัติโดยใช้ชุดคำสั่งและนำเซนเซอร์เข้ามาช่วยการทำงานของระบบของชุดปล่อยดินสามารถปรับดินที่ความชื้นในดินได้ดี โดยมีความชื้นอยู่ที่ ร้อยละ 40 และใช้ความเร็วรอบมอเตอร์ 18.11 rpm ส่วนการเจาะดินใช้กระบอกสุบลมนขนาด 1 MPa สำหรับเจาะดิน ทำให้ปริมาณของดินในหลุมถูกกดทับให้มีความหนาแน่นมากขึ้น ทำให้ปริมาตรดินในหลุมลดลงร้อยละ 2.6 ที่แรงดูดสุญญากาศ 10 in. Hg เป็นแรงดูดที่ดีที่สุด เมื่อเทียบกับแรงดูดที่ 5 in. Hg และ 15 in. Hg และเครื่องหยอดเมล็ดอัตโนมัติสามารถหยอดเมล็ดได้ 3-5 seeds hole⁻¹ คิดเป็นร้อยละ 68 และสามารถเพิ่มกำลังการผลิต เป็น 2.6 เท่าเมื่อเทียบกับแรงงานคน จากการออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดอัตโนมัติยังพบปัญหาจากการใช้ลูกกลิ้งหมุนเนื่องจากการหมุนทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตเกิดขึ้นที่ผิวของลูกกลิ้งส่งผลให้การเชื่อมเมล็ดให้ตกตามเป้าหมายมีความคลาดเคลื่อนได้

6 กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเนื่องจากได้รับการสนับสนุนสถานที่ เครื่องมือ อุปกรณ์ในการวิจัย สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและชีวภาพ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา เชียงใหม่ และกลุ่มเกษตรกรชุมชนบ้านแม่แจ่ม ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิ บุคลากรทุกท่านที่ให้คำแนะนำ ความร่วมมือ และข้อเสนอแนะต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยเป็นอย่างยิ่ง

7 เอกสารอ้างอิง

ธีรพงศ์ ผลโพธิ์, กฤษณ์ ผลโพธิ์. 2556. การพัฒนาเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า. ประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรม

- เกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 14 ประจำปี 2556, 229-234. สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 1-4 เมษายน 2556, ประจวบคีรีขันธ์.
- เกรียงไกร แคมสีม่วง, เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์. 2557. การพัฒนาเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ ผักคะน้าในสภาพเพาะกล้าสำหรับการเพาะกล้า. วารสารวิชาการเกษตร 32(2), 178-187.
- ศรนรินทร์ ทุนไทสง, ศรัณยู บุญประสิทธิ์, โอฟาร ลัดดางาม. 2553. การออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพืชลงสภาพเพาะกล้า. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.
- จรัสชัย เย็นหยับ. 2562. การศึกษาความแม่นยำในการหยอดของเครื่องย้ายเมล็ดลงสภาพเพาะกล้า. วารสารแก่นเกษตร 47(1), 501-506.
- ตะวันฉาย ตุงคะนาคร. 2560. ผลของมุมฮอปเปอร์รูปสี่เหลี่ยมต่อการติดขัดของวัสดุเม็ด 2 มิติภายใต้การสั่นแนวตั้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.
- อนันต์ บุญมี, วชิระ เกตุเพชร, วชิระ พันธุ์ทอง, เรณู อินปัญญา, นุชรัฐ บาลลา. 2559. การพัฒนาการผลิตต้นกล้าลิเซียนท์สตันใหญ่เพื่อการส่งเสริมเกษตรกรโครงการหลวง. มุลนิธิโครงการหลวง.



ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกต่อสมดุลน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำลำเสียวโดยใช้แบบจำลอง SWAT+ Impact of Climate Change on Water Balance in Lam Siao Basin Using SWAT+ Model

อิสเรศ กะการดี¹, เอกสิทธิ์ โสสิตสกุลชัย^{1*}

Isared Kakarndee¹, Ekasit Kositsakulchai^{1*}

¹ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม, 73140

¹Department of Irrigation Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom, 73140

*Corresponding author: Tel: +66-3435-1897, Fax: +66-3435-2053, E-mail: ekasit.k@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ประเมินผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกที่มีต่อสมดุลน้ำระดับลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (ลุ่มน้ำลำเสียว พื้นที่รับน้ำ 4,400 km²) โดยใช้แบบจำลอง SWAT+ ทั้งนี้ ใช้ชุดข้อมูลรายวันของสภาพภูมิอากาศ (ฝน อุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุด) ระยะเวลา 30 ปี (2021–2050) จากโครงการเปรียบเทียบแบบจำลอง (CMIP) ระยะที่ 5 จำนวน 2 ฉากทัศน์ (CMIP5-RCP4.5, CMIP5-RCP8.5) และระยะที่ 6 (CMIP6-SSP5-8.5) แต่ละฉากทัศน์ใช้ชุดข้อมูลจากแบบจำลอง 3 แบบ รวม 9 ชุด ข้อมูล จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบสมดุลน้ำ (การระเหยคายน้ำ น้ำท่า น้ำซึมลงดิน) เปรียบเทียบกับผลจากข้อมูลภูมิอากาศช่วงปีฐาน (1981–2010) ตามกลุ่มฉากทัศน์ที่รวมผลของแต่ละกลุ่มด้วยเทคนิคหลายแบบจำลองร่วมกัน จากข้อมูลสภาพภูมิอากาศ พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณฝนรายปีเพิ่มขึ้น โดยช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน–เมษายน) อุณหภูมิเพิ่มมากกว่าช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม–ตุลาคม) ปริมาณฝนเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝน โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงกลางฤดูฝน (มิถุนายน–สิงหาคม) ขณะที่ช่วงต้นและปลายฤดู การเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอน ข้อมูลฝนจาก CMIP5 (RCP4.5 และ RCP8.5) เพิ่มสูงกว่า CMIP6-SSP5-8.5 จากการวิเคราะห์สมดุลน้ำด้วย SWAT+ พบว่า ปริมาณน้ำท่าและน้ำซึมลงดินเพิ่มขึ้น ส่วนการระเหยคายน้ำลดลง โดยน้ำท่าและน้ำซึมลงดินเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝนและเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยช่วงฤดูแล้ง ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงฝน ส่วนการระเหยคายน้ำลดลงมากในช่วงฤดูแล้งจากการขาดน้ำในดิน ผลจากการเปลี่ยนแปลงสมดุลน้ำอาจทำให้ภัยน้ำท่วมและภัยแล้งมีความรุนแรงมากขึ้น เรื่องเร่งด่วนที่ต้องดำเนินการสำหรับเผชิญความเสี่ยงจากสภาพภูมิอากาศทั้งปัจจุบันและอนาคต ได้แก่ การเพิ่มการเตรียมความพร้อม การกำหนดมาตรการการป้องกันและบรรเทาภัย รวมถึงการหาแนวทางการปรับตัว

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ, สมดุลน้ำ, ลุ่มน้ำลำเสียว, SWAT+

Abstract

Climate change impact on water balance at basin scale was evaluated in Northeast Thailand (Lam Siao basin, with drainage area of 4,400 km²) using SWAT+ model. The daily projected 30-year (2021–2050) climate datasets (rainfall, minimum and maximum temperature) were selected from the Coupled Model Intercomparison Project (CMIP): 2 scenarios from the 5th phase (CMIP5-RCP4.5, CMIP5-RCP8.5) and CMIP6-SSP5-8.5 scenario from the 6th phase. In total, 9 datasets were compiled (3 GCMs for each scenario). Water balance components (evapotranspiration (ET), runoff, percolation) were analyzed and compared with those from the baseline climate period (1981–2010) by scenario groups combined using the multi-model ensemble technique. The projected climate datasets revealed that mean temperature and annual rainfall increased. Temperature rises in dry season (November–April) were higher than those in rainy season (May–October), whereas rainfall increased in rainy season with considerable amount in mid-season (June–August) and arbitrary changes at the beginning and the end of seasons. Datasets from the CMIP5 (RCP4.5 and RCP8.5) showed more increasing rainfall than those from the CMIP6-SSP5-8.5. The water balance analysis using SWAT+ indicated runoff and percolation increases but ET reduction. Runoff and percolation change patterns agreed with the rainfall changes—higher increases in rainy season and

Received: March 24, 2023

Revised: May 11, 2023

Accepted: May 15, 2023

Available online: August 30, 2023

slightly decrease in dry season. The remarkable ET reduction in dry season was due to more soil moisture deficit. Consequently, the changes in water balance components would exacerbate flood and drought hazards. To confront the present and future climate-related risks, it is urgently required to improve preparedness efforts, to establish prevention and mitigation measures and to develop adaptation solutions.

Keywords: Climate change, water balance, Lam Sioa basin, SWAT+

1 บทนำ

ภาวะโลกร้อนที่รับรู้ได้จากอุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้นและสภาพภูมิอากาศที่แปรปรวน (Kumar, 2019) จาก the 5th Assessment Report ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]) คาดว่าภายในปี ค.ศ.2100 ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้น 0.19 m ปริมาณก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้น 40% อุณหภูมิโลกเฉลี่ยเพิ่มมากกว่า 2°C (IPCC, 2014) และจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก (General circulation models [GCMs]) ในโครงการเปรียบเทียบแบบจำลอง (Coupled Model Intercomparison Project [CMIP]) ซึ่งจำลองภายใต้ฉากทัศน์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (representative concentration pathways [RCP]) 4 ระดับ (RCP2.6, RCP4.5, RCP6, RCP8.5) อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกคาดว่าจะสูงขึ้น 1.4°C ถึง 2.6°C (Pielke et al., 2022) ซึ่งความร้อนที่เพิ่มส่งผลให้ในบางพื้นที่ที่มีความแห้งแล้งยาวนานขึ้นหรือเกิดฝนตกหนักมากขึ้น ความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศมีผลกระทบโดยตรงต่อระบบอุทกวิทยา (IPCC, 2014) ที่ผ่านมามีการศึกษาสภาพภูมิอากาศอนาคตทั้งในประเทศไทยและในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Khadka et al., 2021a; Khadka et al., 2021b; Supharatid et al., 2022) โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและปริมาณฝน โดยในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย Khadka et al. (2021b) พบว่า ฤดูฝนอาจมีช่วงเวลาสั้นลง อย่างไรก็ตาม การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อองค์ประกอบอื่น ๆ ของสมมูลน้ำในวัฏจักรทางอุทกวิทยาในประเทศไทยยังมีการศึกษาค่อนข้างจำกัด

การประเมินทางอุทกวิทยาด้วยแบบจำลอง Soil and Water Assessment Tool (SWAT) (Arnold et al., 1998; Neitsch et al., 2005) เป็นหนึ่งในวิธีที่ได้รับการยอมรับและมีการใช้งานแพร่หลายทั่วโลก (Williams et al., 2010) งานศึกษาในประเทศไทย เช่น การศึกษาการตอบสนองทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำห้วยขุนแก้วจากฐานข้อมูลอากาศของทั้งโลก (Chuenchooklin, 2018) การประมาณค่าข้อมูลดินที่ไม่สมบูรณ์เพื่อประเมินอัตราการไหลในลุ่มน้ำกระเสียว (Kakarndee and Kositsakulchai, 2019) การคาดการณ์น้ำท่าผิวดินในอนาคตจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำลำภาชี (Kositsakulchai et al., 2021) การประเมินสมมูลน้ำในนาข้าวในพื้นที่ชลประทาน (Phimchaisai and Kositsakulchai, 2020) เป็นต้น ในปัจจุบันมีการพัฒนา

แบบจำลอง SWAT+ ต่อจากแบบจำลอง SWAT2012 และ QSWAT (Dile and Srinivasan, 2014; Bieger et al., 2017) แบบจำลองนี้เป็นโปรแกรมสารสนเทศ ดาวันโฮลด์ได้จาก <https://swat.tamu.edu/software/plus/> โดยมีการประยุกต์ใช้เพิ่มมากขึ้น อาทิ การประเมินน้ำใต้ดิน (Bailey et al., 2020) การจัดการอ่างเก็บน้ำ (Arnold et al., 2018) และการจำลองในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ส่วนใหญ่เป็นนา (Kakarndee and Kositsakulchai, 2020) จากการใช้งาน SWAT ในงานศึกษาที่ผ่านมา แบบจำลองนี้จึงเป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพสำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบสมมูลน้ำ (Leta et al., 2016)

งานวิจัยนี้ใช้แบบจำลอง SWAT+ ประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกต่อองค์ประกอบสมมูลน้ำระดับลุ่มน้ำในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเลือกลุ่มน้ำลำเสียวเป็นพื้นที่ศึกษา การประเมินใช้ชุดข้อมูลภูมิอากาศอนาคตของโครงการ CMIP ระยะที่ 5 (CMIP5) สองฉากทัศน์ (RCP 4.5, RCP 8.5) และ ระยะที่ 6 (CMIP6) หนึ่งฉากทัศน์ (SSP5-8.5)

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 พื้นที่ศึกษา

ลำเสียว (Figure 1) เป็นลำน้ำสาขาของแม่น้ำมูล มีพื้นที่รับน้ำ 4,400 km² ลำน้ำหลักยาว 245 km ตั้งอยู่ระหว่าง 15.336°N ถึง 16.075°N และ 103.029°E ถึง 104.252°E ในเขตพื้นที่ 4 จังหวัด (จ.มหาสารคาม จ.ร้อยเอ็ด จ.ยโสธร และ จ.ศรีสะเกษ) ภูมิประเทศมีความสูงระหว่าง 110 m -220 m ความลาดชันระหว่าง 0%-10% ภูมิอากาศได้รับอิทธิพลจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดอากาศแห้งและเย็นจากประเทศจีน ช่วงเดือนตุลาคมถึงกุมภาพันธ์ และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดพาอากาศชื้นในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมทำให้มีฝนตกชุก ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยระหว่าง 1,100 mm -1,500 mm มีอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุด 16.9°C ในเดือนมกราคม และสูงสุด 35.7°C ในเดือนเมษายน

2.2 ข้อมูล

ข้อมูล digital elevation model (DEM) ความละเอียด 90 m ดาวันโฮลด์จากเว็บไซต์ srtm.csi.cgiar.org ข้อมูลดิน สมบัติดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในรูปของแผนที่จากกรมพัฒนาที่ดิน ข้อมูลภูมิอากาศรายวัน (ปริมาณฝน อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด) ช่วง 1979-2017 จากสถานีอุตุนิยมวิทยาร้อยเอ็ด กรมอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลน้ำท่ารายวัน ช่วง 2005-2017 ของสถานี M.95A (ต.สระคู อ.สุวรรณภูมิ จ.ร้อยเอ็ด) และข้อมูลความจุอ่างเก็บน้ำ จากกรมชลประทาน

ชุดข้อมูลภาพถ่ายภูมิอากาศโลกช่วงปี 2021–2050 จำนวน 9 ชุดข้อมูล เป็นข้อมูลจากโครงการ CMIP ระยะที่ 5 (CMIP5) สองฉากทัศน์ (RCP 4.5, RCP 8.5) อย่างละ 3 แบบจำลอง (CCSM4, CMCC-CM, MPI-ESM-MR) รวม 6 ชุดข้อมูล และระยะที่ 6 (CMIP6) หนึ่งฉากทัศน์ (SSP5-8.5) จาก 3 แบบจำลอง (EC-Earth3P, EC-Earth3P-HR, HadGem3-GC31-HH) แบบจำลองภูมิอากาศโลกที่เลือกถูกประเมินและจัดทำชุดข้อมูลเป็นกริดความละเอียด 0.25° (25 km²) ในกรอบโครงการวิจัย Enhancing resilience to future hydrometeorological extremes in the Mun River Basin in Northeast of Thailand (Tingsanchali et al., 2022) ซึ่ง Khadka et al. (2021a) ได้รายงานว่าผลจากแบบจำลองมีความสอดคล้องดีกับข้อมูลตรวจวัดของภูมิอากาศในภูมิภาคนี้ โดยฉากทัศน์ในการศึกษานี้ของ CMIP5 เลือกระดับปานกลาง (RCP 4.5) (Thomson et al., 2011) และระดับสูงสุด (RCP 8.5) (Riahi et al., 2011) ส่วน CMIP6 มีข้อมูลเพียงฉากทัศน์เดียวในขณะที่ทำการศึกษาคือ เส้นทางเศรษฐกิจ-สังคมที่ 5 (Shared Socio-Economic Pathways [SSP]) ร่วมกับ RCP 8.5 (SSP5-8.5) (Kriegler et al., 2017)

2.3 วิธีการ

วิธีการดำเนินงาน (Figure 2) ดังนี้ ขั้นแรกเป็นการจัดเตรียมแบบจำลอง SWAT+ เริ่มจากการนำเข้าข้อมูล DEM และ “burn in” ด้วยข้อมูลลำน้ำ จากนั้นวิเคราะห์เพื่อแบ่งขอบเขตลุ่มน้ำ จากนั้น นำเข้าแผนที่ดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrologic Response Unit [HRU]) ใช้แบบ Dominated HRUs และเพิ่มอ่างเก็บน้ำและสภาพการเก็บน้ำในลำน้ำเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพอุทกวิทยาในพื้นที่ ข้อมูลสำหรับปรับพารามิเตอร์แบบจำลองได้ใช้ตรวจวัดช่วง

ปี 2005–2017 ที่สถานีตรวจ M.95A (มีข้อมูลขาดหายปี 2006 และ 2012) การเปรียบเทียบเลือกช่วงปี 2015–2017 ซึ่งเป็นชุดข้อมูลที่ระยะเวลาใกล้เคียงกับสภาพปัจจุบัน ส่วนการทวนสอบเลือกช่วงปี 2009–2011 การประเมินสมรรถนะแบบจำลองใช้วิธีการพิจารณาเปรียบเทียบความสอดคล้องของกราฟระหว่างผลการจำลองกับข้อมูลตรวจวัด (Moriasi et al., 2007) และวิธีพิจารณาดัชนีสมรรถนะ Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) (Nash and Sutcliffe, 1970) ดังสมการ (1), coefficient of determination (r^2) ดังสมการ (2) และ percentage bias (PBIAS) ดังสมการ (3) โดยพิจารณาตามเกณฑ์ใน Table 1 (Gupta et al., 1999; Moriasi et al., 2007) ผลการจำลองอยู่ในระดับน่าพอใจเมื่อ $NSE > 0.5$, $r^2 > 0.60$ และ $PBIAS < \pm 25\%$

$$NSE = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O}_i)^2} \right) \quad (1)$$

$$r^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^n [(O_i - \bar{O}_i)(P_i - \bar{P}_i)]}{\left[\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O}_i)^2 \right]^{0.5} \left[\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P}_i)^2 \right]^{0.5}} \right]^2 \quad (2)$$

$$PBIAS = \sum_{i=1}^n (O_i - P_i) \times 100 / \sum_{i=1}^n O_i \quad (3)$$

โดย O_i คือ ค่าจากข้อมูลตรวจวัด $\bar{O}_i$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลตรวจวัด P_i คือ ค่าจากการจำลอง $\bar{P}_i$ คือ ค่าเฉลี่ยจากการจำลอง

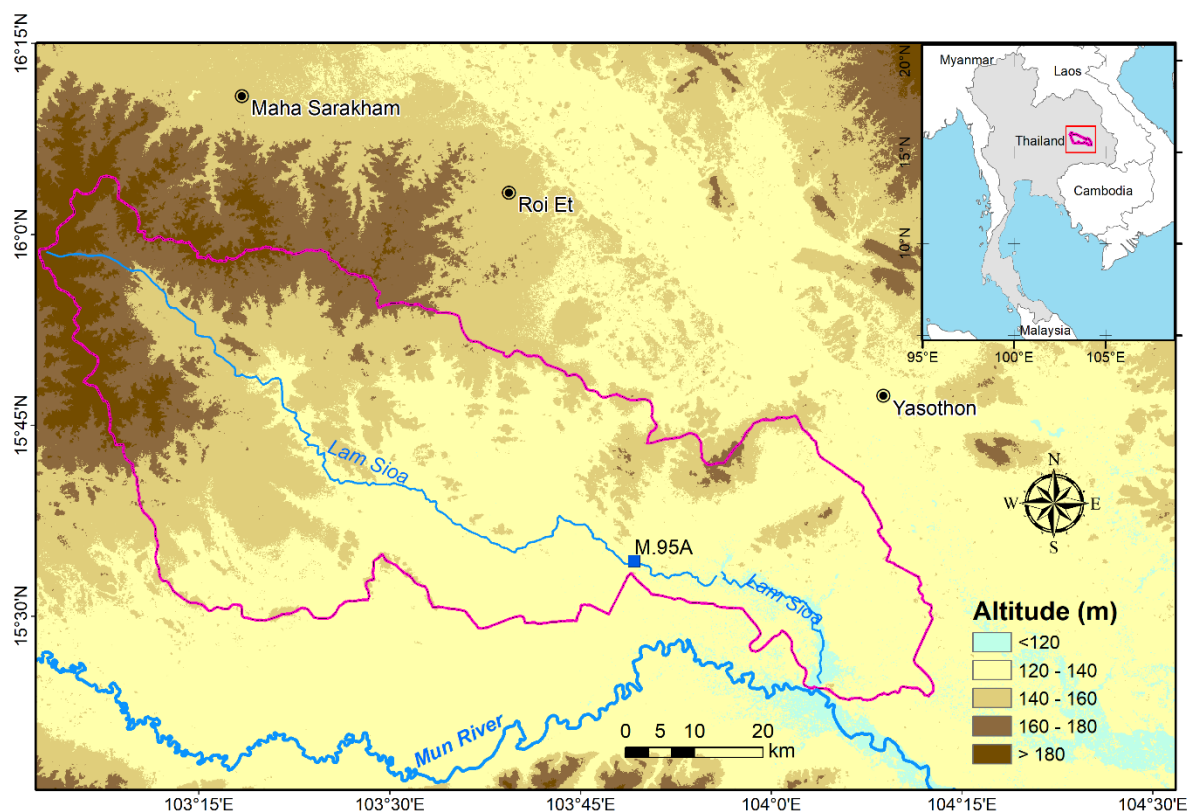


Figure 1 Study area (Lam Sioa basin)

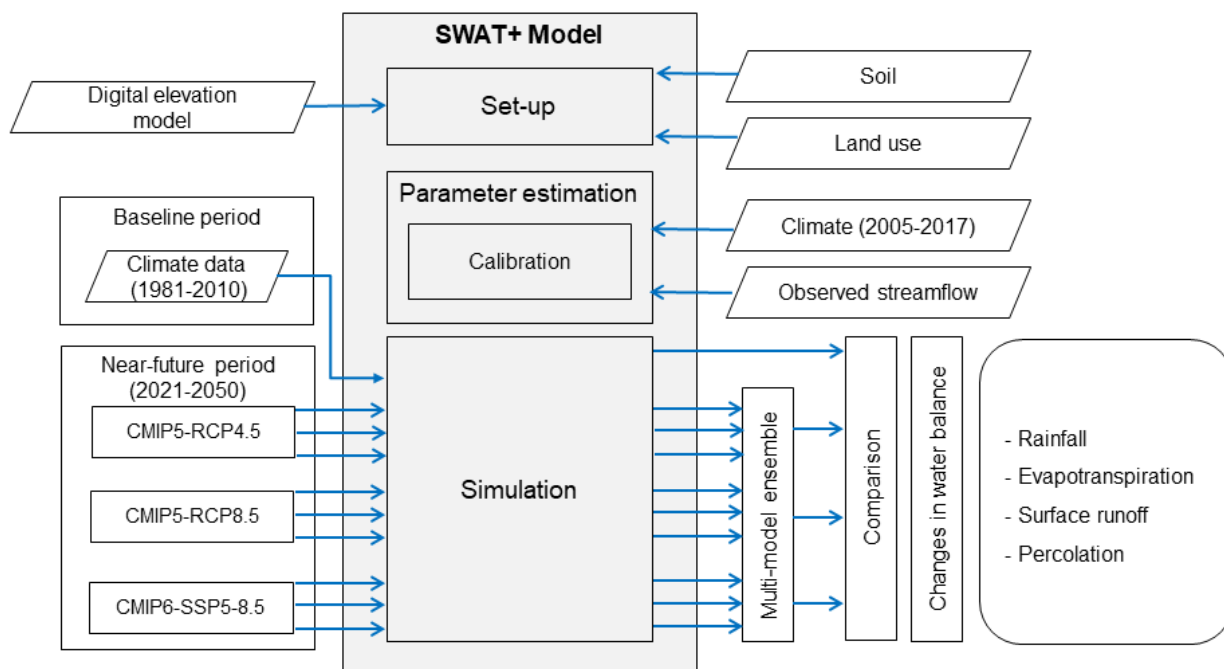


Figure 2 Methodological framework

ขั้นถัดมาเป็นการใช้แบบจำลอง SWAT+ เพื่อประเมินผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกต่อสมดุลน้ำ (ปริมาณฝน การระเหยคายน้ำ น้ำท่า และการซึมลงดิน) โดยจำลองสมดุลน้ำ

ทั้งกลุ่มน้ำด้วยชุดข้อมูลภูมิอากาศจากการตรวจวัดช่วงปีฐาน 30 ปี (1981-2010) เปรียบเทียบผลการจำลองด้วยชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศโลก 30 ปี (2021-2050) 3 กลุ่มฉากทัศน์ กลุ่มละ 3

แบบจำลองภูมิอากาศ รวม 9 ชุดข้อมูล (CMIP5-RCP 4.5 3 ชุด CMIP5-RCP 8.5 3 ชุดและ CMIP6-SSP5-8.5 3 ชุด) การวิเคราะห์ผลแต่ละกลุ่มฉากทัศน์ใช้เทคนิคหลายแบบจำลองร่วมกัน (multi-model ensemble) โดยผลแต่ละกลุ่มฉากทัศน์รวมกันโดยการเฉลี่ยแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก (equal-weight simple arithmetic average) (Wu and Levinson, 2021)

Table 1 Recommended model performance ratings for streamflow (Gupta et al., 1999; Moriasi et al., 2007)

Indicator	Rating	Range
NSE	Very good	$0.75 < \text{NSE} \leq 1.00$
	Good	$0.65 < \text{NSE} \leq 0.75$
	satisfactory	$0.50 < \text{NSE} \leq 0.65$
	Unsatisfactory	$\text{NSE} \leq 0.50$
r^2	Very good	$0.80 < r^2 \leq 1.00$
	Good	$0.70 < r^2 \leq 0.80$
	satisfactory	$0.60 < r^2 \leq 0.70$
	Unsatisfactory	$r^2 \leq 0.60$
PBIAS (%)	Very good	$\text{PBIAS} < \pm 10$
	Good	$\pm 10 \leq \text{PBIAS} < \pm 15$
	satisfactory	$\pm 15 \leq \text{PBIAS} < \pm 25$
	Unsatisfactory	$\text{PBIAS} \geq \pm 25$

3 ผลและวิจารณ์

3.1 การเปรียบเทียบแบบจำลอง

ผลการเปรียบเทียบและทวนสอบแบบจำลองแสดงใน Figure 3 และ Table 2 การเปรียบเทียบอัตราการไหลรายวันจากข้อมูลตรวจวัดกับค่าจากการจำลอง ช่วงปี 2005–2017 พบว่าสมรรถนะการจำลองน้ำท่าของแบบจำลองช่วงการเปรียบเทียบ (2015–2017) อยู่ในระดับดี ($\text{NSE} = 0.76$, $r^2 = 0.69$ และ $\text{PBIAS} = -6.2\%$) (Table 2) ส่วนช่วงการทวนสอบ (2009–2011) ค่า $r^2 > 0.80$ แต่ $\text{NSE} = 0.25$ และ $\text{PBIAS} > \pm 25\%$ ยังไม่อยู่ระดับน่าพอใจ เมื่อพิจารณาแยกเป็นรายปี พบว่า มีปีที่ค่า NSE ที่สูงกว่าหรือใกล้เคียงระดับน่าพอใจ ($\text{NSE} > 0.5$) อยู่ 5 ปี (2005, 2011, 2013, 2016, 2017) ส่วนค่า r^2 อยู่ในระดับดี ($r^2 > 0.70$) มี 6 ปี (2005, 2007, 2008, 2009, 2011, 2017) (Table 2) และใกล้เคียงระดับน่าพอใจ ($r^2 > 0.60$) 2 ปี (2010, 2016) โดยปี 2017 ตัวชี้วัดอยู่ในระดับดีมากทุกเกณฑ์ ($\text{NSE} = 0.86$ $r^2 = 0.79$ $\text{PBIAS} < \pm 5\%$)

ข้อมูลตรวจวัดปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ศึกษามีจำกัดและในปัจจุบัน (พ.ศ.2565) สถานี M.95A ได้หยุดตรวจวัด เนื่องจากการก่อสร้างสะพานขยายถนน นอกจากนี้ การใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นนาข้าวมีสภาพกักเก็บน้ำในพื้นที่ ทำให้การตอบสนองทางอุทกวิทยามีลักษณะเฉพาะต่างจากการใช้ที่ดินประเภทอื่น แบบจำลองมีสมรรถนะดีในการจำลองน้ำท่าในปีที่น้ำมาก ทั้งนี้เมื่อพิจารณาสมรรถนะในภาพรวมทั้งกราฟเปรียบเทียบและค่าดัชนี ผลการจำลองอยู่ในระดับน่าพอใจสำหรับการใช้งานในลำดับต่อไป

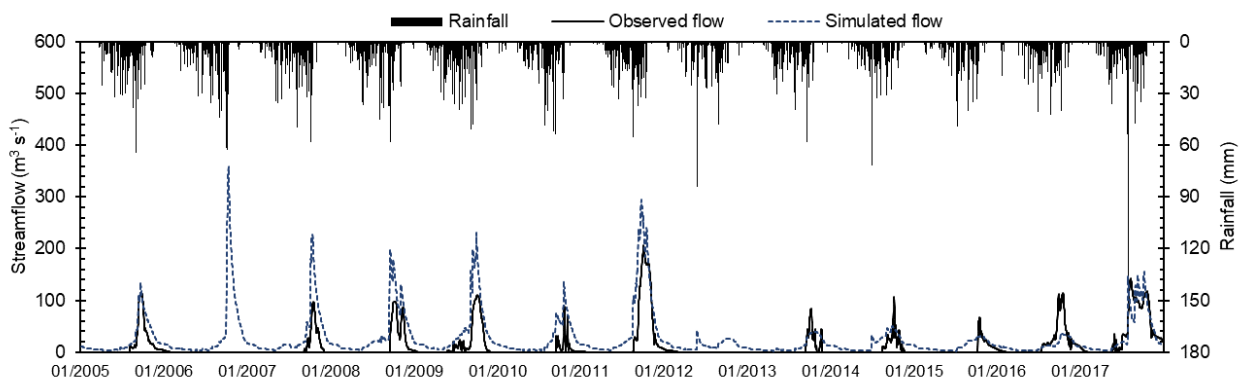


Figure 3 Daily rainfall and observed as well as simulated streamflow at M.95A station (2005–2017)

Table 2 Model performances on streamflow simulation

Year	Performance indicator		
	NSE	r^2	PBIAS
2005	0.80	0.90	-0.71
2006	NA ¹	NA	NA
2007	-1.56	0.91	-2.6
2008	-0.41	0.75	-1.91
2009	0.05	0.88	-1.5
2010	-2.83	0.56	-4.58
2011	0.59	0.83	-0.84
2012	NA	NA	NA
2013	0.43	0.44	-0.78
2014	0.15	0.52	-1.66
2015	0.25	0.43	-1.31
2016	0.54	0.57	0.3
2017	0.86	0.79	-0.05

¹NA = observed data were not available

3.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

Table 3 แสดงข้อมูลอุณหภูมิรายเดือนเฉลี่ยและรายปีเฉลี่ยจากช่วงปีฐาน (Baseline) และภาพฉายภูมิอากาศโลกภายใต้กลุ่มฉากทัศน์ CMIP5-RCP 4.5, CMIP5-RCP 8.5 และ CMIP6-SSP5-8.5 พบว่า อุณหภูมิรายปีช่วงปีฐานเฉลี่ยเท่ากับ 27.7°C ภาพฉายอนาคตมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น +0.9°C ถึง +1.4°C โดย CMIP6-SSP5-8.5 มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นมากที่สุด (+1.4°C) รองลงมา CMIP5-RCP 8.5 (+1.1°C) และ CMIP5-RCP 4.5 (+0.9°C) เมื่อพิจารณาข้อมูลรายเดือนในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน-เมษายน) เทียบกับช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม-ตุลาคม) พบว่า ช่วงฤดูแล้งมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นมากกว่าช่วงฤดูฝน โดยช่วงฤดูแล้งอุณหภูมิปีฐานเฉลี่ยเท่ากับ 26.7°C ภาพฉายอนาคตมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น +1.1°C ถึง +1.5°C โดย CMIP5-RCP8.5 และ CMIP6-SSP-8.5 อุณหภูมิเพิ่มขึ้น +1.5°C ขณะที่ CMIP5-RCP4.5 อุณหภูมิเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย +1.1°C ส่วนช่วงฤดูฝนอุณหภูมิปีฐานเฉลี่ยเท่ากับ 27.9°C ภาพฉายอนาคตมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น +0.8°C ถึง +1.2°C โดย CMIP6-SSP-8.5 อุณหภูมิเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย +1.2°C ขณะที่ CMIP5-RCP4.5 และ CMIP5-RCP8.5 อุณหภูมิเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย +0.8°C

ภาพฉายอุณหภูมิรายปีทั้ง 3 กลุ่มฉากทัศน์เพิ่มขึ้น โดยช่วงฤดูแล้งอุณหภูมิเพิ่มมากกว่าช่วงฤดูฝน ภายใต้ CMIP5-RCP8.5

และ CMIP6-SSP5-8.5 อุณหภูมิเพิ่มสูงกว่า CMIP5-RCP4.5 เนื่องจากเป็นฉากทัศน์ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่า

3.3 การเปลี่ยนแปลงฝน

ฝนรายปี (Table 4) ช่วงปีฐานมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 1,310 mm ฝนจาก CMIP5 เพิ่มขึ้น 59.8 mm (RCP4.5) และ 75.8 mm (RCP8.5) ส่วน CMIP6- SSP5-8.5 เพิ่มขึ้น 17.3 mm โดย CMIP5-RCP8.5 เพิ่มขึ้นมากที่สุด เมื่อพิจารณาข้อมูลรายเดือนพบว่า ปริมาณฝนเพิ่มขึ้นช่วงกลางฤดูฝน (มิถุนายน-สิงหาคม) แต่ช่วงต้นและปลายฤดูฝนมีการเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอน เดือนมิถุนายนฝนเพิ่มขึ้นในสัดส่วนสูง ขณะที่ฝนจาก CMIP6 เพิ่มขึ้นน้อยกว่า CMIP5 ส่วนในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน-เมษายน) ฝนลดลง โดยเฉพาะเดือนมีนาคมและเมษายน ฝนมีค่าเฉลี่ย 36.2 mm และ 76.2 mm ตามลำดับ โดยในเดือนมีนาคม ฝนจาก CMIP5 ลดลง 7.9 mm (RCP4.5) และ 9.4 mm (RCP8.5) ขณะที่ CMIP6-SSP5-8.5 ลดลง 14.9 mm ในเดือนเมษายน

ฝนรายปีจากทั้ง 3 กลุ่มฉากทัศน์มีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยข้อมูลจาก CMIP5 (RCP4.5 และ RCP8.5) เพิ่มสูงกว่า CMIP6-SSP5-8.5 ฝนรายเดือนของ CMIP5 (RCP4.5 และ RCP8.5) เพิ่มมากที่สุดช่วงกลางฤดูฝน (สิงหาคม) ในขณะที่ CMIP6 เพิ่มมากที่สุดช่วงต้นฤดูฝน (มิถุนายน)

3.4 การเปลี่ยนแปลงสมดุลน้ำ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบสมดุลน้ำ ประกอบด้วย การระเหยคายน้ำ (Table 5) น้ำท่า (Table 6) และ น้ำซึมลงดิน (Table 7) โดยแสดงข้อมูลรายเดือนและรายปีเฉลี่ยในช่วงปีฐานและช่วงปีอนาคต ดังนี้

การระเหยคายน้ำ (evapotranspiration) ช่วงปีฐานมีค่าเฉลี่ยรายปี 975.0 mm (Table 5) โดยพบว่า CMIP5 ลดลง 45.3 mm (RCP4.5) และ 35.8 mm (RCP8.5) ส่วน CMIP6-SSP5-8.5 ลดลง 35.5 mm เมื่อพิจารณารายเดือน พบว่า เดือนกันยายนและตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนมีการระเหยคายน้ำเพิ่มขึ้น โดยเดือนกันยายน เท่ากับ 109.3 mm ภายใต้ CMIP5 เพิ่มขึ้น 2.4 mm (RCP 4.5) และ 5.4 mm (RCP 8.5) ส่วน CMIP6-SSP5-8.5 เพิ่มขึ้น 1.6 mm ส่วนเดือนตุลาคม เท่ากับ 95.3 mm ภายใต้ CMIP5 เพิ่มขึ้น 2.0 mm (RCP 4.5) และ 1.8 mm (RCP 8.5) ส่วน CMIP6-SSP5-8.5 เพิ่มขึ้น 1.7 mm ในขณะที่ช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน-เมษายน) การระเหยคายน้ำลดลง (-0.6 mm ถึง -12.8 mm) ทั้ง 3 กลุ่มฉากทัศน์ ยกเว้น CMIP6-SSP5-8.5 เดือนธันวาคม

Table 3 Temperatures of baseline (1981-2010) and projected (2021–2050) climates.

	Temperature (°C)			
	Baseline	CMIP5-RCP4.5	CMIP5-RCP8.5	CMIP6-SSP5-8.5
Jan	24.2	25.5(+1.3)	25.9(+1.8)	25.5(+1.3)
Feb	26.8	27.6(+0.8)	28.1(+1.3)	28.2(+1.5)
Mar	29.2	30.4(+1.2)	30.8(+1.7)	30.7(+1.5)
Apr	30.7	32.0(+1.3)	32.1(+1.4)	32.3(+1.6)
May	30.0	31.0(+1.1)	31.1(+1.2)	31.5(+1.6)
Jun	29.5	30.1(+0.6)	30.1(+0.7)	30.6(+1.2)
Jul	28.9	29.8(+0.8)	29.8(+0.8)	30.3(+1.4)
Aug	28.5	29.2(+0.7)	29.3(+0.7)	29.7(+1.2)
Sep	28.1	28.6(+0.5)	28.7(+0.6)	29.2(+1.1)
Oct	27.2	27.6(+0.5)	28.0(+0.8)	28.3(+1.2)
Nov	25.5	26.3(+0.8)	26.6(+1.1)	27.0(+1.5)
Dec	23.6	24.6(+1.0)	24.6(+1.0)	25.2(+1.6)
Year	27.7	28.6(+0.9)	28.8(+1.1)	29.1(+1.4)

Table 4 Rainfalls of baseline (1981-2010) and projected (2021–2050) climates.

	Rainfall (mm)			
	Baseline	CMIP5-RCP4.5	CMIP5-RCP8.5	CMIP6-SSP5-8.5
Jan	4.0	3.5 (-0.5)	4.3 (+0.3)	2.7 (-1.3)
Feb	15.0	13.9 (-1.1)	12.0 (-3.0)	15.2 (+0.2)
Mar	36.2	28.3 (-7.9)	26.8 (-9.4)	31.9 (-4.3)
Apr	76.2	72.2 (-4.0)	81.9 (+5.7)	61.3 (-14.9)
May	172.3	169.2 (-3.1)	178.8 (+6.5)	174.7 (+2.4)
Jun	182.2	190.0 (+7.8)	212.0 (+29.8)	208.8 (+26.6)
Jul	190.7	209.6 (+18.8)	209.1 (+18.4)	192.6 (+1.9)
Aug	230.3	265.6 (+35.3)	273.6 (+43.3)	242.3 (+12.0)
Sep	261.6	284.5 (+22.9)	255.7 (-5.9)	270.0 (+8.4)
Oct	117.0	112.8 (-4.2)	109.6 (-7.4)	107.9 (-9.1)
Nov	23.1	17.7 (-5.5)	19.8 (-3.3)	17.6 (-5.5)
Dec	1.4	2.6 (+1.3)	2.2 (+0.8)	2.3 (+0.9)
Year	1,310.0	1,369.8 (+59.8)	1,385.8 (+75.8)	1,327.3 (+17.3)

Table 5 Evapotranspiration of baseline (1981-2010) and projected (2021–2050) climates.

	Evapotranspiration (mm)			
	Baseline	CMIP5-RCP4.5	CMIP5-RCP8.5	CMIP6-SSP5-8.5
Jan	44.9	33.8(-11.1)	32.2(-12.8)	34.8(-10.1)
Feb	14.5	13.6(-0.9)	11.6(-2.9)	13.9(-0.6)
Mar	33.0	22.6(-10.4)	23.2(-9.8)	28.3(-4.7)
Apr	59.5	49.2(-10.3)	50.6(-8.9)	49.0(-10.6)
May	110.9	103.5(-7.5)	107.7(-3.2)	101.6(-9.4)
Jun	122.3	122.0(-0.3)	122.9(+0.6)	121.3(-1.0)
Jul	125.1	124.3(-0.8)	125.8(+0.7)	126.2(+1.1)
Aug	122.9	121.7(-1.1)	120.2(-2.6)	120.0(-2.9)
Sep	109.3	111.7(+2.4)	114.7(+5.4)	110.8(+1.6)
Oct	95.5	97.5(+2.0)	97.3(+1.8)	97.2(+1.7)
Nov	72.8	68.8(-4.0)	71.1(-1.7)	70.4(-2.3)
Dec	64.3	60.9(-3.4)	61.9(-2.3)	66.1(+1.8)
Year	975.0	929.7(-45.3)	939.2(-35.8)	939.5(-35.5)

น้ำท่า (runoff) ช่วงปีฐานมีค่าเฉลี่ย 119.6 mm (Table 6) โดย CMIP5 เพิ่มขึ้น 199.6 mm (RCP 4.5) และ 202.8 mm (RCP 8.5) ส่วน CMIP6 เพิ่มขึ้น 36.1 mm (SSP5-8.5) เมื่อพิจารณารายเดือน พบว่า น้ำท่าในช่วงฤดูแล้งภายใต้ 3 ฉากทัศน์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย (0.0 mm ถึง +1.3 mm) โดยเดือนพฤศจิกายนลดลงเล็กน้อย ขณะที่ในช่วงฤดูฝนน้ำท่าเพิ่มขึ้นสูงขึ้น โดยเพิ่มมากในช่วงเดือนกรกฎาคม-กันยายน โดยเดือนกันยายนเพิ่มมากที่สุด ช่วงปีฐานเดือนกรกฎาคมมีน้ำท่าเฉลี่ย 10.9 mm ภายใต้ CMIP5 เพิ่มขึ้น 9.1 mm (RCP4.5) และ 12.3 mm (RCP8.5) ส่วน CMIP6-SSP5-8.5 ลดลง 0.5 mm เดือนสิงหาคมช่วงปีฐานมีน้ำท่าเฉลี่ย 19.8 mm ภายใต้ CMIP5 เพิ่มขึ้น 26.3 mm (RCP4.5) และ 28.4 mm (RCP8.5) ส่วน CMIP6-SSP5-8.5 เพิ่มขึ้น 5.9 mm เดือนกันยายนช่วงปีฐานมีน้ำท่าเฉลี่ย 52.8 mm ภายใต้ CMIP5 เพิ่มขึ้น 37.7 mm (RCP4.5) และ 29.0 mm (RCP8.5) ส่วน CMIP6-SSP5-8.5 เพิ่มขึ้น 21.8 mm

น้ำซึมลงดินผ่านหน้าตัดดิน (percolation) ช่วงปีฐานมีค่าเฉลี่ยรายปี 209.5 mm (Table 7) CMIP5 เพิ่มขึ้น 21.0 mm (RCP 4.5) และ 26.4 mm (RCP 8.5) ส่วน CMIP6-SSP5-8.5 เพิ่มขึ้น 16.8 mm เมื่อพิจารณารายเดือน พบว่า การซึมลงดินภายใต้ 3 กลุ่มฉากทัศน์เพิ่มขึ้นในฤดูฝน (+1.6 mm ถึง +7.4 mm) ส่วนฤดูแล้งมีการเปลี่ยนแปลงน้อย (-0.2 mm ถึง +0.8 mm)

น้ำท่าและน้ำซึมลงดินมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกันเนื่องจาก ช่วงต้นฤดูฝนความชื้นดินมีน้อย ฝนที่ตกสะสมในแหล่งกักเก็บผิวดินและเมื่อน้ำซึมผ่านผิวดิน (infiltration) สะสมในดินมีผลให้ส่วนเกินของน้ำฝนที่ทำให้เกิดน้ำท่ามีน้อยและน้ำซึมลงดินผ่านหน้าตัดดินน้อย การเปลี่ยนแปลงของฝนช่วงต้นฤดูจึงมีผลต่อน้ำท่าและน้ำซึมลงดินน้อย ในขณะที่ช่วงกลางถึงปลายฤดูฝนปริมาณน้ำสะสมในแหล่งกักเก็บใกล้จุดอ้อมตัว ฝนที่ตกลงมาส่วนใหญ่ทำให้เกิดน้ำท่าและน้ำซึมลงดินผ่านหน้าตัดดิน ดังนั้น ฝนที่เพิ่มขึ้นจึงทำให้น้ำท่าและน้ำซึมลงดินเพิ่มขึ้นในสัดส่วนที่มากกว่าการเพิ่มขึ้นในช่วงต้นฤดูฝน

การระเหยคายน้ำเพิ่มขึ้นจากปริมาณฝนที่เพิ่มขึ้นช่วงฤดูฝนเช่นเดียวกัน ส่วนในช่วงฤดูแล้งองค์ประกอบของสมมูลน้ำลดลงทั้งการระเหยคายน้ำ น้ำท่าและน้ำซึมลงดิน โดยการระเหยน้ำลดลงมากช่วงฤดูแล้งเนื่องจากฝนที่ลดลงทำให้ขาดแคลนน้ำในดิน

มากขึ้น ส่วนองค์ประกอบอื่นลดลงเล็กน้อยเนื่องจากปริมาณฝนน้อย การเปลี่ยนแปลงฝนในช่วงฤดูแล้งจึงมีผลต่อองค์ประกอบสมมูลน้ำน้อยกว่าช่วงฤดูฝน

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในแต่ละภูมิภาคของโลกมีสภาพต่างกัน ทำให้ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบสมมูลน้ำต่างกันตามภูมิภาค อาทิ กลุ่มน้ำในประเทศจีน (Liu et al., 2020) ประเทศเอธิโอเปีย (Alehu and Bitana, 2023) หรือที่ฮาวาย (Leta et al., 2016) ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการศึกษากรณีเฉพาะในแต่ละพื้นที่ตามสภาพภูมิอากาศ

4 สรุป

การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อสมมูลน้ำด้วย SWAT+ โดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศโลก 3 กลุ่มฉากทัศน์ (CMIP5-RCP4.5, CMIP5-RCP8.5, CMIP6-SSP5-8.5) เทียบกับภูมิอากาศช่วงปีฐาน สรุปได้ดังนี้ ข้อมูลจากสภาพภูมิอากาศทั้ง 3 กลุ่มฉากทัศน์แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและปริมาณฝนเพิ่มขึ้น โดยช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน-เมษายน) อุณหภูมิเพิ่มมากกว่าช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม-ตุลาคม) ส่วนปริมาณฝนลดลงในช่วงฤดูแล้งแต่เพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝน โดยเพิ่มขึ้นช่วงกลางฤดูฝน (มิถุนายน-สิงหาคม) ขณะที่ช่วงต้นและช่วงปลายฤดูฝนการเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอน ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจาก CMIP5 (RCP4.5 และ RCP8.5) มีปริมาณฝนเพิ่มขึ้นมากกว่า CMIP6-SSP5-8.5 จากผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมมูลน้ำพบว่า ปริมาณน้ำท่าและน้ำซึมลงดินเพิ่มขึ้น ส่วนการระเหยคายน้ำลดลง โดยน้ำท่าและน้ำซึมลงดินเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงฝนซึ่งเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝนและเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยช่วงฤดูแล้ง ส่วนการระเหยคายน้ำลดลงมากในช่วงฤดูแล้งมีสาเหตุจากการขาดน้ำในดิน จากการเปลี่ยนแปลงสมมูลน้ำน้ำท่าเพิ่มมากขึ้นในช่วงฤดูฝนเป็นสาเหตุให้ภัยน้ำท่วมอาจรุนแรงมากขึ้น ส่วนช่วงฤดูแล้งการระเหยคายน้ำที่ลดลงจากการขาดน้ำในดินเป็นตัวชี้ว่าภัยแล้งอาจรุนแรงมากขึ้น การเพิ่มการเตรียมความพร้อม การกำหนดมาตรการการป้องกันและบรรเทาภัย และการหาแนวทางการปรับตัว อาทิ การจัดหาแหล่งน้ำ การปรับเปลี่ยนรูปแบบการเพาะปลูก ซึ่งถือได้ว่าเป็นเรื่องเร่งด่วนที่ต้องดำเนินการเพื่อเผชิญกับภัยทั้งในปัจจุบันและในอนาคตอันใกล้

Table 6 Runoffs of baseline (1981-2010) and projected (2021-2050) climates.

	Runoff (mm)			
	Baseline	CMIP5-RCP4.5	CMIP5-RCP8.5	CMIP6-SSP5-8.5
Jan	0.0	0.0(+0.0)	0.0(+0.0)	0.0(+0.0)
Feb	0.1	0.2(+0.1)	0.2(+0.2)	0.2(+0.1)
Mar	0.2	0.2(+0.0)	0.2(+0.0)	0.2(+0.0)
Apr	0.8	1.4(+0.6)	2.1(+1.3)	0.8(+0.0)
May	2.4	3.4(+1.0)	5.6(+3.3)	5.6(+3.3)
Jun	5.4	6.4(+1.0)	11.2(+5.8)	10.8(+5.4)
Jul	10.9	20.1(+9.1)	23.2(+12.3)	10.4(-0.5)
Aug	19.8	46.1(+26.3)	48.3(+28.4)	25.7(+5.9)
Sep	52.8	90.5(+37.7)	81.8(+29.0)	74.6(+21.8)
Oct	26.3	30.8(+4.5)	29.6(+3.3)	27.0(+0.7)
Nov	1.0	0.6(-0.4)	0.6(-0.5)	0.3(-0.7)
Dec	0.0	0.0(+0.0)	0.0(0.0)	0.0(+0.0)
Year	119.6	199.6(+80.0)	202.8(+83.2)	155.8(36.1)

Table 7 Percolation of baseline (1981-2010) and projected (2021-2050) climates.

	Percolation (mm)			
	Baseline	CMIP5-RCP4.5	CMIP5-RCP8.5	CMIP6-SSP5-8.5
Jan	9.9	9.8(-0.1)	9.8(-0.2)	9.9(-0.1)
Feb	7.7	7.6(-0.1)	7.6(-0.1)	7.7(+0.0)
Mar	7.5	7.5(+0.0)	7.5(+0.0)	7.6(+0.1)
Apr	6.8	7.2(+0.3)	7.4(+0.6)	6.8(+0.0)
May	9.1	10.5(+1.4)	10.3(+1.2)	9.1(+0.0)
Jun	14.4	17.3(+2.9)	20.6(+6.2)	21.0(+6.6)
Jul	19.7	23.2(+3.5)	25.4(+5.7)	22.4(+2.7)
Aug	26.4	30.5(+4.1)	33.9(+7.4)	28.3(+1.9)
Sep	38.1	43.1(+5.1)	42.4(+4.4)	41.4(+3.4)
Oct	35.1	38.1(+3.0)	36.6(+1.6)	37.4(+2.3)
Nov	21.2	22.0(+0.8)	21.1(-0.1)	21.2(+0.0)
Dec	13.6	13.7(+0.1)	13.4(-0.2)	13.5(-0.1)
Year	209.5	230.6(+21.0)	235.9(+26.4)	226.3(+16.8)

5 กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและนวัตกรรม จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ ขอขอบคุณหน่วยงานที่ให้ความอนุเคราะห์ ข้อมูล ประกอบด้วย กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน กรมพัฒนาที่ดิน กรมทรัพยากรน้ำ

6 เอกสารอ้างอิง

Alehu B.A., Bitana S.G. 2023. Assessment of climate change impact on water balance of Lake Hawassa catchment. Environmental Processes 10(1).

- Arnold, J.G., Bieger, K., White, J.M., Srinivasan, R., Dunbar, A.J., Allen, M.P. 2018. Use of decision tables to simulate management in SWAT+. Water, 10(6).
- Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S., Williams, J.R. 1998. Large area hydrologic modeling and assessment part I: Model development. Journal of the American Water Resources Association 34(1), 73-89.
- Bailey, R. T., Park, S., Bieger, K., Arnold, J. G., Allen, P. M. 2020. Enhancing SWAT+ simulation of groundwater flow and groundwater-surface water interactions using MODFLOW routines. Environmental Modelling & Software 126, 104660.
- Bieger, K., Arnold, J. G., Rathjens, H., White, M. J., Bosch, D. D., Allen, P. M., Volk, M., Srinivasan, R. 2017.

- Introduction to SWAT+, a completely restructured version of the soil and water assessment tool. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* 53(1), 115-130.
- Chuenchooklin, S. 2018. Hydrological study using SWAT and global weather, a case study in the Huai Khun Kaeo watershed in Thailand. *International Journal of Environmental Protection and Policy* 6(2), 36-41.
- Dile, Y. T., Srinivasan, R. 2014. Evaluation of CFSR climate data for hydrologic prediction in data-scarce watersheds: an application in the Blue Nile River Basin. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* 50(5), 1226-1241.
- Gupta, H. V., Sorooshian, S., Yapo Patrice, O. 1999. Status of automatic calibration for hydrologic models: Comparison with multilevel expert calibration. *Journal of Hydrologic Engineering* 4(2), 135-143.
- IPCC. 2014. Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
- Kakarndee, I., Kositsakulchai, E. 2019. Estimation of streamflow with incomplete soil dataset in Krasioa basin using soil-landscape evaluation approach and SWAT model. *Applied Environmental Research* 41(3), 1-13.
- Kakarndee, I., Kositsakulchai, E. 2020. Comparison between SWAT and SWAT+ for simulating streamflow in a paddy field dominated basin, northeast Thailand. *E3S Web of Conferences* 187, 06002.
- Khadka, D., Babel, M. S., Abatan, A. A., Collins, M. 2021a. An evaluation of CMIP5 and CMIP6 climate models in simulating summer rainfall in the Southeast Asian monsoon domain. *International Journal of Climatology* 42(2), 1181-1202.
- Khadka, D., Babel, M. S., Collins, M., Shrestha, S., Virdis, S. G. P., Chen, A. S. 2021b. Projected changes in the near-future mean climate and extreme climate events in northeast Thailand. *International Journal of Climatology* 42(4), 2470-2492.
- Kositsakulchai, E., Phankamolail, Y., Yodjaroen, S. 2021. Future runoff projections based on land change using integrated Markov-Cellular Automata model and Soil Water Assessment Tool in Lam Pachi Basin, Thailand. *Agriculture and Natural Resources* 55(5), 807-816.
- Kriegler, E., Bauer, N., Popp, A., Humpenöder, F., Leimbach, M., Strefler, J., Baumstark, L., Bodirsky, B. L., Hilaire, J., Klein, D., Mouratiadou, I., Weindl, I., Bertram, C., Dietrich, J.-P., Luderer, G., Pehl, M., Pietzcker, R., Piontek, F., Lotze-Campen, H., Biewald, A., Bonsch, M., Giannousakis, A., Kreidenweis, U., Müller, C., Rolinski, S., Schultes, A., Schwanitz, J., Stevanovic, M., Calvin, K., Emmerling, J., Fujimori, S., Edenhofer, O. 2017. Fossil-fueled development (SSP5): An energy and resource intensive scenario for the 21st century. *Global Environmental Change* 42, 297-315.
- Kumar, J. 2019. Review of literature of climate change on GCM, RCM, RCP scenarios. *International Journal of Applied Research* 5(4), 139-141.
- Leta O.T., El-Kadi A.I., Dulai H., Ghazal K.A. 2016. Assessment of climate change impacts on water balance components of Heeia watershed in Hawaii. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 8, 182-197.
- Liu J., Xue B., A Y., Sun W., Guo Q. 2020. Water balance changes in response to climate change in the upper Hailar River Basin, China. *Hydrology Research* 51(5), 1023-1035.
- Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., Veith, T. L. 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE* 50(3), 885-900.
- Nash, J. E., Sutcliffe, J. V. 1970. River flow forecasting through conceptual model part I—A discussion of principles. *Journal of Hydrology* 10(3), 282-290.
- Neitsch, S., Arnold, J., Kiniry, J., Williams, J., King, K. 2005. Soil and Water Assessment Tool. Theoretical Documentation Version 2005. Temple, Texas: Texas A&M University.
- Pielke, R., Burgess, M. G., Ritchie, J. 2022. Plausible 2005-2050 emissions scenarios project between 2°C and 3°C of warming by 2100. *Environmental Research Letters* 17, 024027.
- Phimchaisai N., Kositsakulchai E. 2020. Evaluation of SWAT model in water balance simulation of paddy field in the Greater Mae Klong Irrigation Project. In: *Proceeding of the 13th TSAE International*

- Conference & the 21st TSAE National Conference, July 30-31, 2017, Nakhon Ratchasima, Thailand. (in Thai)
- Riahi, K., Rao, S., Krey, V., Cho, C., Chirkov, V., Fischer, G., Kindermann, G., Nakicenovic, N., Rafaj, P. 2011. RCP 8.5—A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. *Climatic Change* 109(1-2), 33-57.
- Supharatid, S., Nafung, J., Aribarg, T. 2022. Projected changes in temperature and precipitation over mainland Southeast Asia by CMIP6 models. *Journal of Water and Climate Change* 13(1), 337-356.
- Thomson, A. M., Calvin, K. V., Smith, S. J., Kyle, G. P., Volke, A., Patel, P., Delgado-Arias, S., Bond-Lamberty, B., Wise, M. A., Clarke, L. E., Edmonds, J. A. 2011. RCP4.5: a pathway for stabilization of radiative forcing by 2100. *Climatic Change* 109(1-2), 77-94.
- Tingsanchali, T., Babel, M. S., Shrestha, S. 2022. Enhancing resilience to future hydrometeorological extremes in the Mun River Basin in Northeast of Thailand (ENRICH). Bangkok, Thailand: Thailand Science Research and Innovation and National Research Council of Thailand.
- Williams, J. R., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., Gassman, P. W., Green, C. H. 2010. History of model development at Temple, Texas. *Hydrological Sciences Journal* 53(5), 948-960.
- Wu, H., Levinson, D. 2021. The ensemble approach to forecasting: A review and synthesis. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 132, 103357.



การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอัดขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโค

Study of Factors Affecting the Compression of Urea Molasses Mineral Blocks for Cows

สุกัญญา ทองโยธี^{1*}, ปรีชา จุพันธ์¹, ปากิน วงษ์นาหล้า¹

Sukanya Thongyothee^{1*}, Preecha Chunan¹, Pakin Vongnala¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000

¹Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan Campus Khonkaen, Khonkaen 40000, Thailand

*Corresponding author: Tel: +66-8-1444-0833, E-mail: Sukanya.tn@rmuti.ac.th, jelly_to@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตและลักษณะทางกายภาพของก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโค โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอัดขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโค รวมทั้งทดสอบและประเมินผลเครื่องอัดขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมจากการศึกษากระบวนการผลิตของเกษตรกร พบว่า วัตถุดิบและส่วนผสม ได้แก่ กากน้ำตาล 40 kg รำละเอียด 36 kg แร่ธาตุฟอสฟอรัส 5 kg ปูนซีเมนต์ 10 kg ปูนขาว 4 kg และปุ๋ยยูเรีย 5 kg ก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.80 cm ความสูง 9.09 cm น้ำหนัก 2.14 kg Block⁻¹ ค่าการสูญเสียโดยน้ำหนัก 2.72% เกษตรกรสามารถผลิตก้อนแร่ธาตุได้เดือนละ 3,840 Blocks จากนั้นได้ออกแบบเครื่องอัดขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโค โดยมีส่วนประกอบหลัก คือ ชุดโครงสร้าง ชุดกระบอกบรรจุ ชุดไฮดรอลิก และชุดต้นกำลัง จากการทดสอบประเมินผลการทำงานของเครื่องอัดขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโค พบว่า เกจวัดแรงดันไฮดรอลิกที่เหมาะสมอยู่ที่ 1,800 psi ใช้เวลาเฉลี่ยในการอัดขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุ 91.30 s Block⁻¹ ค่าการสูญเสียโดยน้ำหนัก 1.5% เมื่อประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ในแง่ของการรับจ้างอัดขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมที่ก้อนละ 2 Baht ได้จุดคุ้มทุนที่ 29,606 kg year⁻¹ หรือ 640 Block day⁻¹

คำสำคัญ: กระบวนการผลิต, วัตถุดิบ, ก้อนแร่ธาตุอาหารเสริม

Abstract

The objective of the present research was to study the production process and physical characteristics of Urea Molasses Mineral Blocks for cows. This included the study on factors affecting the compression of Urea Molasses Mineral Blocks for cows, as well as testing and assessing the performance of the compression machine. Based on conventional procedures of farmers, each batch of raw materials consist of 40 kg of molasses, 36 kg of rice bran, 5 kg of mineral premix, 10 kg of cement, 4 kg of lime, and 5 kg of urea fertilizer. The average dimensions of a sample is 12.80 cm in diameter and 9.09 cm in height, with the weight of 2.14 kg Block⁻¹; time for bridging loss is 2.72%. Around 3,840 block month⁻¹ mineral blocks could be produced by farmers. For the machine, it consists of for making the mineral blocks for cows is developed. The structural components of the machine consist of frame-the main structure, filling cylinder, hydraulics system, and power unit. Optimal hydraulic compression force for mineral blocks is noted to be 1,800 psi; the productivity is 91.30 s Block⁻¹ and weight loss is 1.5%. Based on economic evaluation, if the operating cost is 2.0 Baht, the break-even point would be at the production capacity of 29,606 kg year⁻¹ or 640 Block day⁻¹.

Keywords: Production process, Raw materials, Urea Molasses Mineral Blocks

Received: August 5, 2022

Revised: December 21, 2022

Accepted: January 16, 2023

Available online: August 30, 2023

1 บทนำ

ปัจจุบันเกษตรกรหันมาเลี้ยงโคเพื่อการค้ามากขึ้น จึงจำเป็นต้องมีความรู้ด้านโภชนาการอาหาร เพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนตามสภาวะอาหารและความต้องการของโค อาหารจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเลี้ยงโค (ชัยพร, 2562) มักพบปัญหาการขาดแคลนอาหารในฤดูแล้ง ช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนเมษายน จะมีการให้หญ้าสดสลับกับหญ้าแห้ง จากเดิมที่ให้เฉพาะหญ้าสดทำให้อาหารมีคุณภาพต่ำ และมีคุณค่าทางอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการของโค ส่งผลให้โคขาดการเจริญเติบโต ให้ผลผลิตไม่สมบูรณ์ การผลิตก้อนแร่ธาตุคุณภาพสูง UMMB : Urea Molasses Mineral Block เป็นอาหารเสริมช่วยในการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะ ทำให้การย่อยและการใช้ประโยชน์จากอาหารหยาบดีขึ้น เกษตรกรจึงหันมาใช้ก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมขายตามท้องตลาด จากการศึกษาก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโคขายตามท้องตลาดราคา 45 Baht Block⁻¹ ก้อนละ 2 kg ซึ่งทางศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์มหาสารคาม ตั้งอยู่ที่อำเภอเชียงยืน มีส่วนส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมใช้เอง โดยใช้สูตรแร่ธาตุอาหารเสริม UMMB : Urea Molasses Mineral Block เป็นชนิดก้อนสำหรับให้โคเลี้ยงกินช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหาร และขดเคี้ยวอาหารที่ขาดในหญ้า ในการผลิตก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมใช้เอง เพื่อลดการจัดซื้อก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมขายตามท้องตลาด ในกระบวนการผลิตใช้วิธีนำแร่ธาตุอาหารเสริมลงในบล็อกแล้วอัดให้แน่น และนำก้อนแร่ธาตุที่ได้ไปตากแดดให้แห้งใช้เวลาประมาณ 1-2 วัน ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ใช้เวลาในกระบวนการผลิตก้อนแร่ธาตุ 150 s Block⁻¹ หรือ 192 day⁻¹ แต่เกษตรกรมีความต้องการก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมเดือนละ 5,000 Block (จักรพรรณ และคณะ, 2555) โดยแขวนก้อนแร่ธาตุให้สัตว์เลี้ยงกินได้ตลอดเวลา จะเห็นได้ว่าก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมไม่เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกร (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์มหาสารคาม, 2562)

จากการศึกษาข้อมูลดังกล่าวจึงมีแนวคิดศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโค เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มผลผลิตก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโคให้เพียงพอต่อความต้องการของฟาร์มและเกษตรกร โดยศึกษาส่วนผสมที่มีความเหมาะสม, ความชื้นของส่วนผสมแต่ละอย่าง, กระบวนการผลิตก้อนแร่ธาตุอาหารเสริม และแรงที่ใช้ในการกดต่อการขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุอาหารเสริม เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการทำงาน และประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ให้กับกลุ่มสมาชิกเกษตรกรในชุมชน

2 อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาระบวนการผลิต และลักษณะทางกายภาพก้อนแร่ธาตุอาหารเสริม ซึ่งศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์มหาสารคาม ส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมใช้เอง จากสูตร

UMMB: Urea Molasses Mineral Block ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอัดขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโค ทดสอบและประเมินผลเครื่องอัดก้อนแร่ธาตุอาหารเสริม โดยมีชุดไฮดรอลิกในการอัดก้อนแร่ธาตุและใช้เกจวัดแรงดันเป็นค่าในการขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุ ซึ่งมีวิธีการและอุปกรณ์ดังนี้

2.1 ศึกษากระบวนการผลิตของเกษตรกร

เพื่อให้ทราบถึง ความสามารถการทำงาน of เกษตรกรในการผลิต และลักษณะทางกายภาพของก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโค โดยศึกษาค่าแรงกดของก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโคขายตามท้องตลาดเป็นมาตรฐานของก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมเพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมของเกษตรกร และก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมของเครื่องขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโค ใช้ตัวอย่างก้อนแร่ธาตุจำนวน 5 ตัวอย่าง ทำการทดสอบ 3 ซ้ำและใช้เกจวัดแรงดันเริ่มค่าที่ 1,500-2,000 psi ในการทดสอบจึงมีรายละเอียดการศึกษาส่วนผสม โดยการนำวัสดุซึ่งน้ำหนักตามสูตรแร่ธาตุอาหารเสริมคือ ส่วนผสมของกากน้ำตาล ยูเรีย และแร่ธาตุเป็นอาหารเสริมที่ทำให้โคมีสุขภาพดีเป็นสูตรที่เหมาะสม ประหยัด หาแหล่งวัตถุดิบง่าย ขั้นตอนการผสมไม่ยุ่งยาก มีรายละเอียดดังนี้ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์มหาสารคาม, 2562)

กากน้ำตาล เป็นผลพลอยได้จากโรงงานมีความเหนียวไม่ผสมน้ำช่วยผสมส่วนผสมให้เข้ากัน ทั้งยังมีกลิ่นหอมหวาน

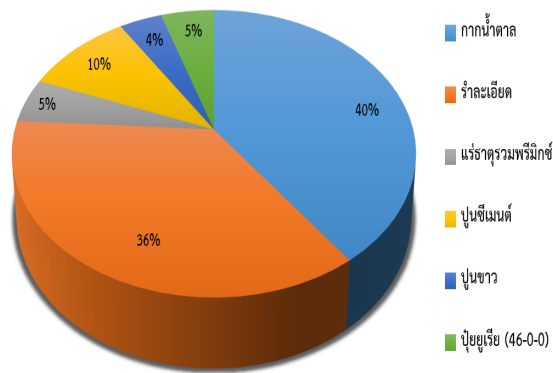
รำละเอียด เป็นตัวดูดซับกากน้ำตาลช่วยให้แข็งตัวเร็วขึ้น มีคุณสมบัติเกาะยึดได้ดี ทำให้อัดก้อนเรียบแน่น และเป็นแหล่งพลังงานเพิ่มคุณค่าทางอาหาร

แร่ธาตุรวมพรีเม็กซ์ เป็นแร่ธาตุผสมประกอบด้วยแร่ธาตุตามความต้องการของโค

ปูนซีเมนต์ ปูนขาว ใช้เป็นตัวผสมเพื่อให้ส่วนผสมจับตัวเป็นก้อนแข็ง รวมทั้งเป็นแหล่งแร่ธาตุบางตัว เช่น แคลเซียม เหล็ก แมกนีเซียม เป็นต้น

ยูเรีย เป็นแหล่งโปรตีนในการให้อาหารยูเรียร่วมกับหญ้าแห้ง วัตถุดิบและอัตราส่วนผสมของก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโคมีดังนี้ ดัง

1. กากน้ำตาล	จำนวน 40 kg
2. รำละเอียด	จำนวน 36 kg
3. แร่ธาตุรวมพรีเม็กซ์	จำนวน 5 kg
4. ปูนซีเมนต์	จำนวน 10 kg
5. ปูนขาว	จำนวน 4 kg
6. ยูเรีย หรือ ปุ๋ยยูเรีย สูตร (46-0-0)	จำนวน 5 kg



ก) Mixture ratio of Urea Molasses Mineral Blocks

Figure 1 Materials and mixture of Urea Molasses Mineral Blocks



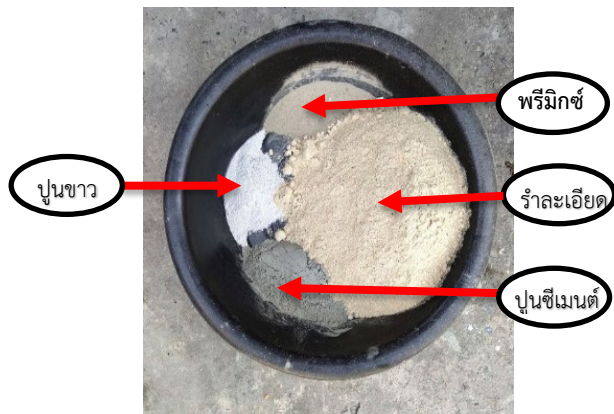
Figure 2 Urea Molasses Mineral Blocks



ข) Weight mixture ratio of Urea Molasses Mineral Blocks



Figure 3 Dimensions of Urea Molasses Mineral Block samples



ค) Mixture ratio of Urea Molasses Mineral Blocks

การทดสอบแรงกด (Compression test) เป็นการทดสอบการตอบสนองของวัสดุเมื่อมีแรงกด (Compression force) มากระทำ การทดสอบแรงกดเป็นวิธีที่ใช้การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analysis) ของวัสดุ โดยการใช้แรงกดหรือแรงอัดในแนวตรง ทำให้วัสดุเปลี่ยนรูปร่าง (Deformation) มีความสูงหรือความยาวหดสั้นเข้าตามทิศทางของแรงที่กระทำ ดังแสดง Figure 4 (Panmanas, 2022) การทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยการกดใช้หัววัดที่มีลักษณะเป็นจานแบนกดลงบนตัวอย่าง หัววัดใช้ในการทดสอบมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของตัวอย่าง วางขึ้นทดสอบให้อยู่กึ่งกลางของหัววัดจะใช้หลักการเพิ่มแรง (Force, N) หรือความเค้นกดอย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอ จากนั้นวัดค่าการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Deformation, mm) ซึ่งก่อนแร่ธาตุเป็นวัสดุที่มีความเหนียว เกิดการโป่งพองออกด้านข้างไม่มีการปราชัยและแตกหัก ดังแสดง Figure 5



ง) Mixture ratio of Urea Molasses Mineral Blocks

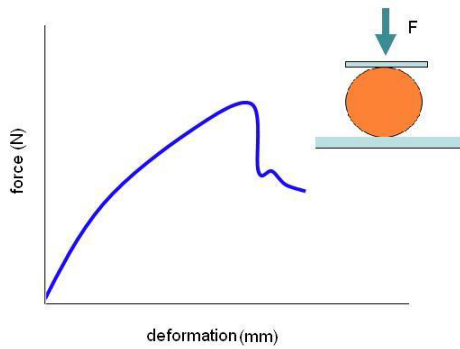


Figure 4 Concept of compression test

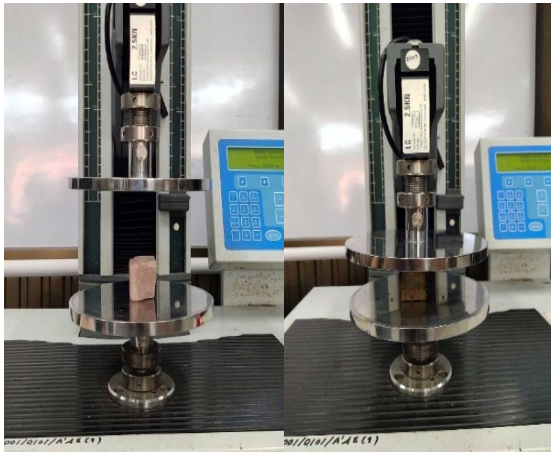


Figure 5 Universal testing of Urea Molasses Mineral Blocks

2.2 การออกแบบเครื่องอัดขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโค

ได้นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโคของเกษตรกร ทำการออกแบบเครื่องอัดขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโคประกอบด้วย 4 ส่วน คือ 1) ชุดโครงสร้าง 2) ชุดกระบอบกรู 3) ชุดไฮดรอลิก 4) ชุดต้นกำลัง ดังแสดง Figure 6 และก้อนแร่ธาตุให้มีลักษณะทางกายภาพ และความหนาแน่น โดยพิจารณาจากปริมาณน้ำหนักรที่ใกล้เคียงกับก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมของเกษตรกร



Figure 6 Mineral briquette production machine

2.3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ใช้การประเมินจุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุนเป็นตัวชี้วัด ซึ่งวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของจุดคุ้มทุนรายได้และกำไร และผันแปรไปตามปริมาณการผลิต (กฤษณ์, 2561) โดยคำนวณราคาแรงซื้อของเครื่องและค่าเสื่อมราคา ต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปร และค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง

3 ผลและวิจารณ์

3.1 ผลการศึกษากระบวนการผลิต

ส่วนผสมโดยน้ำหนักซึ่งน้ำหนัก ตามสูตรแร่ธาตุอาหารเสริม คือ ส่วนผสมของกากน้ำตาล ยูเรีย และแร่ธาตุ เป็นอาหารเสริมที่ทำให้โคมีสุขภาพดี เป็นสูตรที่เหมาะสม ประหยัด หาแหล่งวัตถุดิบง่าย ก้อนแร่ธาตุมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.80 cm ความสูง 9.09 cm และน้ำหนัก 2 kg ความสามารถของเกษตรกร 150 s Block⁻¹ สามารถผลิตก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมได้วันละ 192 Block day⁻¹ หรือ 3,840 Block month⁻¹ ส่วนการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องใช้เวลาเฉลี่ย

91.30 s ได้ 640 Block day⁻¹ โดยทำงานวันละ 8 h และความสามารถในการทำงาน 80 Block h⁻¹ ดังแสดง Figure 7 เครื่องสามารถขึ้นรูปได้มากกว่าการอัดขึ้นรูปของเกษตรกร

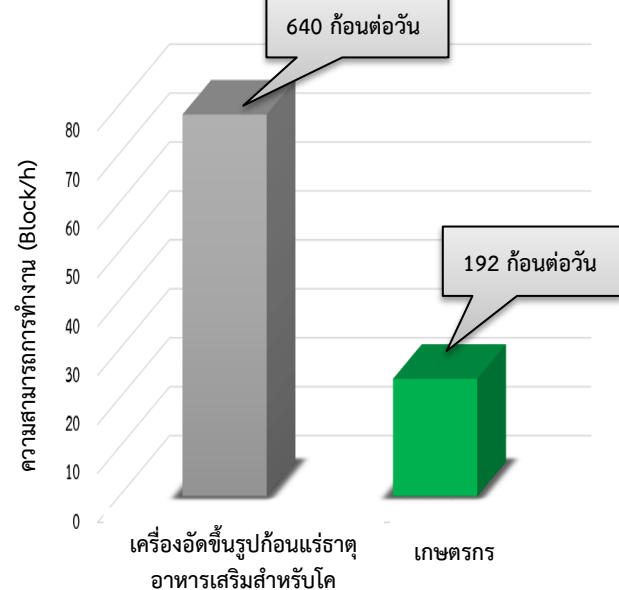


Figure 7 Comparison of results by machine and farmers

3.2 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอัดขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุอาหารเสริม

สำหรับโคใช้ก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมจำนวน 5 ตัวอย่างและค่าแรงจืดแรงดันที่เหมาะสม โดยค่าแรงจืดแรงดัน 1,500-2,000 psi (เพิ่มค่าแรงจืดแรงดันครั้งละ 100 psi) ได้ค่าความแข็งของก้อนแร่ธาตุ 14.14 HB ที่แรงจืดแรงดัน 1,800 psi ค่าที่ได้จากการอัดขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโค มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกัน

ใกล้เคียงกับค่าที่ขายตามท้องตลาดของบริษัท บิ๊ก เคมีคอล ดังแสดง Figure 8, Table 1, Table 2

Table 1 Hardness of commercial Urea Molasses Mineral Blocks

ก้อนแร่ธาตุ	ค่าความแข็งของก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมขายตามท้องตลาด (HB)
1	14.86
2	14.82
3	14.75
4	14.83
5	14.81
ค่าต่ำสุด	14.77
ค่าสูงสุด	14.86
ค่าเฉลี่ย	14.82

(บริษัท บิ๊ก เคมีคอล จำกัด, 2562)

Table 2 Hardness of Urea Molasses Mineral Blocks of this study

เกจวัดแรงดัน (psi)	ค่าเฉลี่ยความแข็งก้อนแร่ธาตุของเครื่องอัดขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโค (HB)
1,500	8.60
1,600	9.85
1,700	12.16
1,800	14.14
1,900	15.95
2,000	17.89

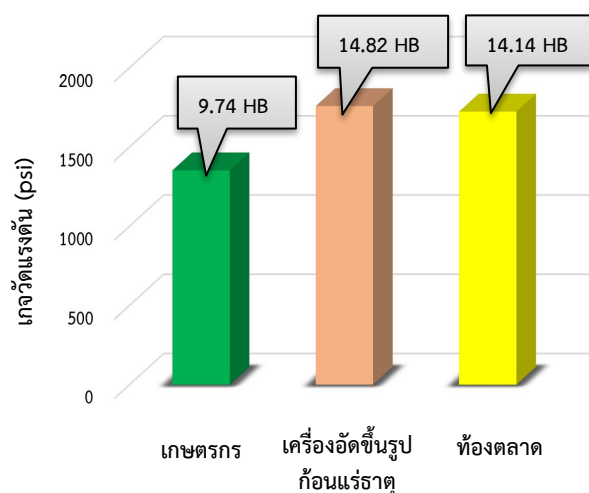


Figure 8 Hardness values of Urea Molasses Mineral Blocks

ผลการศึกษาค่าการสูญเสียการขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุของเครื่องอัดก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโค โดยน้ำหนักแร่ธาตุอาหารเสริมก่อนอัด 2 kg พบว่าน้ำหนักก้อนแร่ธาตุหลังอัด 1.97 kg มีค่าการสูญเสียโดยน้ำหนัก 1.5% ก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมติดค้าง

ภายในกระบอบบรรจุ และค่าการสูญเสียก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโคของเกษตรกรอัดขึ้นรูป มีค่าการสูญเสียโดยน้ำหนัก 2.72% ซึ่งค่าการสูญเสียโดยน้ำหนักการอัดขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุของเครื่องจะน้อยกว่าค่าการสูญเสียการอัดขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุของเกษตรกร ดังแสดง Figure 9

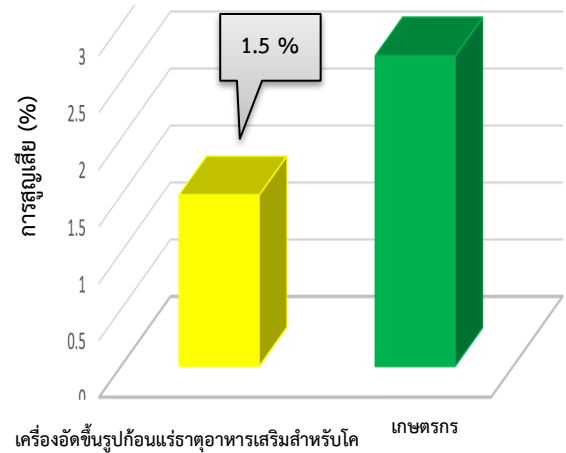


Figure 9 Comparison of Losses of Urea Molasses Mineral Blocks produced by machine and farmers.

3.3 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

โดยคิดราคาค้นทุนเครื่อง 18,100 Baht และค่าเสื่อมราคาของเครื่องพบว่าจะระยะเวลาค้นทุน จากการรับจ้างอัดขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโคก้อนละ 2 Baht สามารถคืนทุนได้ 29,606 kg year⁻¹ หรือ 70 day ดังแสดง Figure 10

จุดคุ้มทุนเชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุ

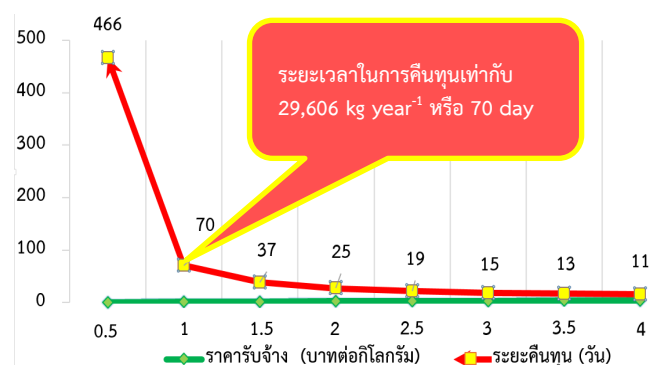


Figure 10 Break even-point

4 สรุป

การศึกษาระบบการผลิตและลักษณะทางกายภาพก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโค มีส่วนประกอบของวัตถุดิบและส่วนผสมที่เหมาะสม ผลการทดสอบและประเมินผลเครื่องอัดขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโค พบว่าใช้เวลาในการอัดขึ้นรูปเฉลี่ย 91.30 s Block⁻¹ หรือ 640 Block day⁻¹ ได้ค่าความชื้นมาตรฐานแห้ง 12.18% ทำให้การอัดขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุอาหาร

เสริมมีความหนาแน่นเกาะตัวกันดี และสามารถลดการสูญเสียการอัดขึ้นรูปของเครื่องโดยน้ำหนัก 1.5% การประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ 29,606 kg year⁻¹, ความสามารถเครื่อง 1 year รายได้จากการรับจ้าง 188,160 Baht year⁻¹, กำไร 111,564 Baht year⁻¹ รับจ้างอัดขึ้นรูปก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมก้อนละ 2 Baht ระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 29,606 kg year⁻¹ หรือ 70 days

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่นที่สนับสนุนสถานที่ และเครื่องมือในการทำวิจัย

6 เอกสารอ้างอิง

- ภุชงค์ คงเจริญ. 2561. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์. แหล่งข้อมูล: <https://research.ku.ac.th/forest/Search.aspx?keyword>. เข้าถึงเมื่อ 12 มกราคม 2564.
- จักรพรรณ แสนแก้ว, ภัทรพล พาคำ, อภิสิทธิ์ โพธิ์หล้า. 2555. เครื่องอัดธาตุอาหารเสริมก้อน. ปรินิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น.
- ชัยพร ดอกสี. 2562. การเลี้ยงโค. แหล่งข้อมูล: <https://www.technology.chaoban.com>. เข้าถึงเมื่อ 12 มกราคม 2564.
- บริษัท บิ๊ก เคมีคอล จำกัด. 2562. ก้อนแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโค. แหล่งข้อมูล: <https://www.Kokointertrade.com>. เข้าถึงเมื่อ 12 มกราคม 2564.
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์มหาสารคาม. 2562. แร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโค UMMB : Urea Molasses Mineral Block ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์มหาสารคาม ถนนขอนแก่น-ยางตลาด ตำบลเชียงยืน อำเภอเชียงยืน จังหวัดมหาสารคาม. เอกสารคู่มือแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับโค กลุ่มเกษตรกร ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ มหาสารคาม.
- Panmanas Sirisomboon. เอกสารประกอบการบรรยาย เรื่อง Mechanical Properties of Biological Materials, Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand. แหล่งข้อมูล: <https://www.foodnetworksolution.com>. เข้าถึงเมื่อ 5 กันยายน 2565.



การประเมินประสิทธิภาพเครื่องเจาะและผ่าผลมะม่วงหาวมะนาวโห่

Performance Evaluation of Karanda Punching and Splitting Machine

กนกพล ศักดิ์ชัยนันท์¹, อีรพงศ์ ผลโพธิ์^{1*}

Kanokpol Sakchainun¹, Teerapong Pholpo^{1*}

¹ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ 10520

¹Department of Agricultural Engineering, School of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

*Corresponding author: Tel.: +66-9-2283-0803, E-mail: 62010006@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการออกแบบ สร้างและประเมินประสิทธิภาพเครื่องเจาะและผ่าผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ โดยตัวเครื่องเจาะและผ่าผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ ประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ คือ 1.โครงเครื่อง 2.ชุดแท่นกด และ 3.ชุดหัวกดกลไกการทำงานประกอบไปด้วย หัวกด ชุดใบมีด ที่ดันเมล็ด และเบ้ารองรับผล มีหลักการทำงานของเครื่องโดยการนำ ผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ มาวางบนเบ้าในแนวตั้งและใช้แรงกดจากคันโยก ทำให้หัวกดสามารถเจาะเพื่อนำเมล็ดออกและทำการผ่าครึ่งเวลาเดียวกัน ซึ่งทำการเปรียบเทียบการผ่าและนำเมล็ดออก โดยการทำงานของเครื่องเจาะและผ่าผลมะม่วงหาวมะนาวโห่จำนวน 30 ครั้ง และการทำงานของคนจำนวน 30 ครั้ง จากนั้นทำการจับเวลา แล้วนำผลมาชั่งน้ำหนัก จากผลการทดลอง พบว่า เครื่องฯ มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1.08 kg hr^{-1} มีประสิทธิภาพในการทำงานเฉลี่ย 60.29% ในการผ่าและคว้านเมล็ดโดยใช้แรงงานคน มีความสามารถในการผลิตเฉลี่ย 0.57 kg hr^{-1} และมีประสิทธิภาพในการผลิตเฉลี่ย 86.58% จะเห็นว่าความสามารถในการผลิตเฉลี่ยของเครื่องเจาะและผ่าผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ เมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคนเพิ่มขึ้น 0.51 kg hr^{-1} ขณะที่ประสิทธิภาพในการผลิตเฉลี่ยจากการใช้เครื่องฯ เมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคนลดลง 26.29% ผลจากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์พบว่าเครื่องเจาะและผ่าผลมะม่วงหาวมะนาวโห่มีจุดคุ้มทุนเท่ากับ 47.95 kg และสามารถคืนทุนได้ในเวลา 6 day

คำสำคัญ: เครื่องเจาะและผ่า, ผลมะม่วงหาวมะนาวโห่

Abstract

The purpose of this research is to design Build and evaluate the performance of a Karanda punching and splitting machine. The machine consists of 3 main parts: 1. Machine frame, 2. Pressing plate set, and 3. Pressing headset. The working mechanism consists of press head, blade assembly, seed pusher and fruit holder. There is a working principle of the machine by bringing the results. Let's put it on the socket vertically. And applying pressure from the lever. This allows the indented to be drilled to remove the seed and cut in half at the same time. Which compares the dissection and removal of the seeds by running the machine 30 times and working people 30 times then make a timer Then bring the results to weight. From the results of the experiment, it was found that the machine has an average working capacity of 1.08 kg hr^{-1} . The average work efficiency is 60.29% in manual cutting and boring of seeds. It has an average production capacity of 0.57 kg hr^{-1} . And with an average production efficiency of 86.58%, it can be seen that the average production capacity of the machine Compared to manual labor, an increase of 0.51 kg hr^{-1} . While the average production efficiency from using the machine compared to manual labor, it was reduced by 26.29%. The results of an economic analysis showed that the break-even point was 47.95 kg. and payback was possible in 6 days.

Keywords: Punching and Splitting Machine, Karanda Fruit

Received: April 02, 2022

Revised: May 19, 2023

Accepted: May 19, 2023

Available online: December 22, 2023

1 บทนำ

ประเทศไทยถือได้ว่าเป็นประเทศที่มีทรัพยากร ธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ เนื่องจากสภาพภูมิศาสตร์ที่เหมาะสมแก่การประกอบอาชีพทางเกษตรกรรม ที่สำคัญยังเป็นที่รู้จักของชาวต่างชาติในเรื่องของผลไม้ที่มีให้เลือกสรรตลอดทั้งปี มีความหลากหลายทั้งด้านรสชาติและสรรพคุณ อย่างไรก็ตามเพื่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม จึงควรมีการส่งเสริมการวิจัยในด้านการเกษตรให้มากขึ้น ทางด้านการผลิตเพื่อให้มีผลผลิตเพียงพอต่อความต้องการการแปรรูปผลผลิตเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายและมีคุณภาพ และการตลาดเพื่อสร้างกลยุทธ์ทางการตลาดของผลิตภัณฑ์ (สกุลกานต์, 2559)

มะม่วงหาวมะนาวโห่ [*Carissa carandas L.*] เป็นพืชที่ได้รับความนิยมมากในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มีถิ่นกำเนิดจากประเทศอินเดีย พบมากในประเทศไทย กัมพูชา เวียดนาม และแอฟริกา เป็นผลไม้ที่ออกดอกและออกผลในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ซึ่งในประเทศไทยจะนิยมปลูกในจังหวัดสมุทรปราการและจังหวัดราชบุรี จัดเป็นผลไม้พื้นบ้านของไทย เป็นไม้พุ่มยืนต้นดอกมีสีชมพูหรือแดงอ่อน และมีกลิ่นหอมอ่อน ผลมีรสเปรี้ยว แต่เมื่อผลสุกเต็มที่จะเปลี่ยนเป็นสีดำและมีรสเปรี้ยวอมหวาน มีเนื้อสัมผัสที่ให้ความกรอบ เป็นพืชที่ทนแล้ง และสามารถเติบโตเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี จึงมีการปลูกกันอย่างแพร่หลายในทุกพื้นที่ (MGR Online, 2557)

มะม่วงหาวมะนาวโห่เป็นพืชที่มีศักยภาพในการนำมาเป็นผลไม้เพื่อสุขภาพ หรือเป็นสมุนไพร ในปัจจุบันมีการนำผลผลิตมะม่วงหาวมะนาวโห่ไปแปรรูปแบบอุตสาหกรรมในครัวเรือนซึ่งนิยมนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย เช่น แห้วม น้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ แยม ไวน์ เป็นต้น ผลของมะม่วงหาวมะนาวโห่ ถือได้ว่าให้สรรพคุณทางยาในหลายด้าน โดยเฉพาะเปลือกที่เต็มไปด้วยสารแอนโทไซยานินจำนวนมาก รวมถึงส่วนของเนื้อที่อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุอื่น ๆ อีกหลายชนิด ซึ่งสารเหล่านี้มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ดี จึงมีประโยชน์ต่อร่างกายหลายด้าน เช่น ช่วยต่อต้านเซลล์มะเร็ง ช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพของเซลล์ และช่วยลดไขมันใน เส้นเลือด เป็นต้น (จุฑามาส และคณะ, 2556)

การนำผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ไปแปรรูปนั้นมีขั้นตอนที่สำคัญคือการนำเมล็ดออก ซึ่งในปัจจุบันยังคงใช้แรงงานคนในการผ่าผลและคว้านเมล็ดออก ทำให้ใช้เวลานานและแรงงานคนจำนวนมาก และต้องอาศัยความชำนาญ เพื่อให้ได้เนื้อมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่เหมาะสมสำหรับการนำไปแปรรูปต่อไป วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อออกแบบ สร้างเครื่องเจาะและผ่าผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ ซึ่งจะลดขั้นตอนและระยะเวลาในการทำงาน ได้เนื้อมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีคุณภาพดีสม่ำเสมอ สามารถเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรและสามารถนำไป แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ต่อไป

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 ออกแบบและสร้างเครื่องเจาะและผ่าผลมะม่วงหาว มะนาวโห่

โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องเจาะและผ่า ผลมะม่วงหาวมะนาวโห่มีลักษณะดังแสดงใน Figure 1

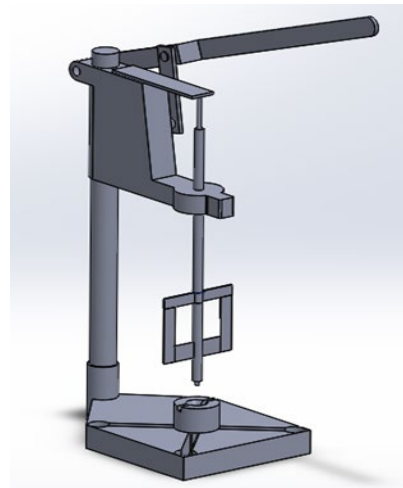


Figure 1 Machine components.



Figure 2 Karanda Punching and Splitting Machine.

2.2 ออกแบบวิธีการทดลอง

ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties) ของมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่เป็นปัจจัยสำหรับการออกแบบการทดสอบเครื่องเจาะและผ่าผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ ประเมินจากข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ขนาดรูปร่าง เปอร์เซ็นต์ของเนื้อ เปอร์เซ็นต์ของเนื้อติดเมล็ด เปอร์เซ็นต์ของเมล็ด ความสามารถและประสิทธิภาพในการผลิต

ในการทดสอบ ซึ่งจับเวลาในการผ่าและนำเมล็ดออกภายในเวลา 1 hr โดยมีผู้ทดลองจำนวน 5 คน ทำการทดลองอย่างละ 60 ครั้ง แบ่งเป็นการทดลองโดยใช้เครื่องเจาะและผ่าผลมะม่วงหาวมะนาวโห่จำนวน 30 ครั้ง และการทดลองโดยใช้แรงงานคน

จำนวน 30 ครั้ง จากนั้นนำผลมะม่วงหาวมะนาวโห่มาซึ่งน้ำหนักบนเครื่องชั่งดิจิตอลและบันทึกผล

3 ผลและวิจารณ์

จากผลการทดลองของเครื่องเจาะและผ่าผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ พบว่า เปอร์เซ็นต์ของเนื้อแบบคละขนาดเฉลี่ย เท่ากับ 61.14% เปอร์เซ็นต์ของเนื้อติดเมล็ดแบบคละขนาดเฉลี่ย เท่ากับ 22.11% เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดแบบคละขนาดเฉลี่ย เท่ากับ 10.58% และพบว่าเปอร์เซ็นต์ของเนื้อแบบคัตขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 64.62% เปอร์เซ็นต์ของเนื้อติดเมล็ด แบบคัตขนาดเฉลี่ย เท่ากับ 17.69% เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดแบบคัตขนาดเฉลี่ย เท่ากับ 10.86% ซึ่งรูปร่างของผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ มีลักษณะกลมรีมีขนาดเฉลี่ย ยาวxกว้างxหนา เท่ากับ 2.5 cm x 1.8 cm x 1.8 cm ตามลำดับ

จากผลการออกแบบ สร้างเครื่องเจาะและผ่าผลมะม่วงหาวมะนาวโห่แสดงดัง Figure 2 จากการทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้น แสดงตัวอย่างเนื้อของผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ได้จากเครื่องต้นแบบ ซึ่งเป็นแบบคละขนาดตั้งแต่ 2.00-6.00 g แสดงดัง Figure 3 และแบบคัตขนาดตั้งแต่ 3.00-6.00 g แสดงดัง Figure 4 โดยค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของเนื้อ เปอร์เซ็นต์ของเนื้อ ที่ติดเมล็ด เปอร์เซ็นต์ของเมล็ด ที่ได้จากการทดลองเครื่องต้นแบบแสดงดัง Table 1



Figure 3 Samples of flesh obtained from the prototype machine of assorted sizes.



Figure 4 Samples of flesh obtained from the prototype machine of size grading.

Table 1 Test results of splitting process by prototype machine.

Indicative value	Assorted size	Size grading	Standard Deviation
Flesh obtained (%)	61.14	64.62	2.46
Wasted flesh (%)	22.11	17.69	3.13
Seed (%)	10.58	10.86	0.19
Others (%)	6.17	6.83	0.47
Sum (%)	100	100	0

3.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผ่าและนำเมล็ดออกโดยใช้เครื่องเจาะและผ่าผลมะม่วงหาวมะนาวโห่กับการใช้แรงงานคน

การทดสอบความสามารถในการผลิตและประสิทธิภาพในการผลิต ใช้วิธีการนำผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ได้ในเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งน้ำหนักเปรียบเทียบระหว่างการเจาะและผ่าเมล็ดโดยใช้เครื่องฯกับการใช้แรงงานคน โดยทำการทดลองอย่างละ 30 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย และนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาคำนวณหาความสามารถในการผลิตและประสิทธิภาพในการผลิตของเครื่องเจาะและผ่าผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ จากสมการที่ 1 และ 2

$$\text{ความสามารถในการผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักเนื้อผลที่ได้}}{\text{ชั่วโมง}} \quad (1)$$

$$\text{ประสิทธิภาพการทำงาน} = \frac{\text{ประสิทธิภาพที่ได้}}{\text{กิโลกรัม}} \times 100 \quad (2)$$

จากการเก็บข้อมูล นำค่ามาแทนในสมการที่ 1 และ 2 ได้ดังนี้

1) ความสามารถในการผลิต จากสมการที่ (1) จะได้

1.1) ความสามารถในการผลิตเฉลี่ยจากการใช้เครื่องฯ

$$= 1.08 \text{ kg hr}^{-1}$$

1.2) ความสามารถในการผลิตเฉลี่ยจากการใช้แรงงานคน

$$= 0.57 \text{ kg hr}^{-1}$$

2) ประสิทธิภาพในการผลิต จากสมการที่ (2) จะได้

2.1) ประสิทธิภาพในการผลิตเฉลี่ยจากการ ใช้เครื่องฯ

$$= 60.29\%$$

2.2) ประสิทธิภาพในการผลิตเฉลี่ยจากการใช้แรงงานคน

$$= 86.58\%$$

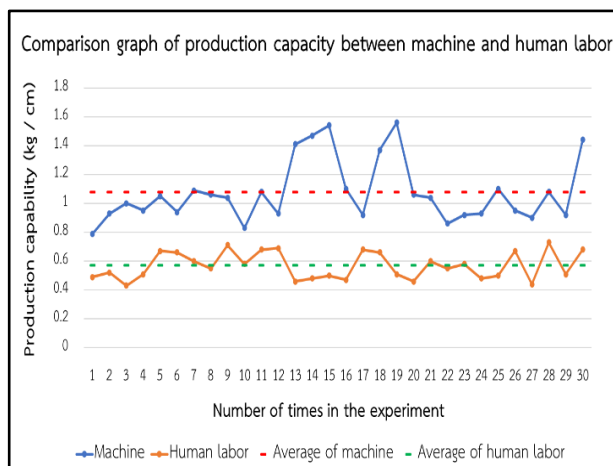


Figure 5 Comparison graph of production capacity between machines and human labor.

จาก Figure 5 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการผลิตระหว่างเครื่องฯกับแรงงานคนพบว่าความสามารถในการผลิตของเครื่องฯ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.08 kg hr^{-1} และความสามารถในการผลิตของแรงงานคนได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.57 kg hr^{-1}

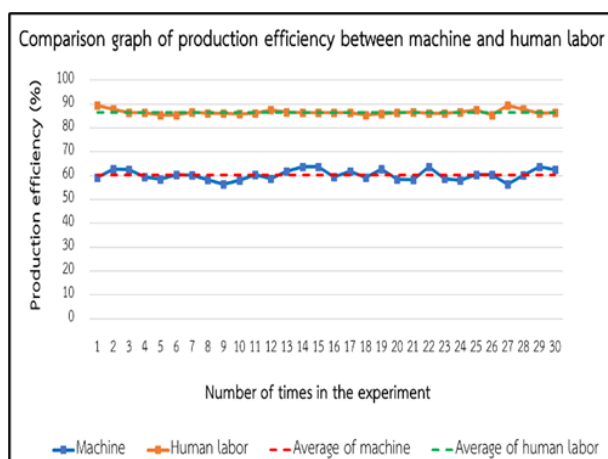


Figure 6 Comparison graph of production efficiency between machines and human labor.

จาก Figure 6 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตระหว่างเครื่องฯกับแรงงานคน พบว่าประสิทธิภาพ ในการผลิตจากการใช้เครื่องฯเฉลี่ยเท่ากับ 60.29% และประสิทธิภาพ ในการผลิตจากการใช้แรงงานคนเฉลี่ยเท่ากับ 86.58%

จากผลการทดลองพบว่าความสามารถในการผลิตจากการใช้เครื่องฯเฉลี่ยเมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคนเพิ่มขึ้น 0.51 kg hr^{-1} และประสิทธิภาพในการผลิตจากการ ใช้เครื่องฯเฉลี่ยเมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคนลดลง 26.29%

3.2 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

เครื่องเจาะและผ่าผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ มีต้นทุนของผลผลิต $1445.60 \text{ Baht day}^{-1}$ จากราคามะม่วงหาวมะนาวโห่ กิโลกรัมละ 80 Baht มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ยที่ใช้ 1.79 kg hr^{-1} และค่าแรงงานคน $300 \text{ Baht person}^{-1} \text{ day}^{-1}$ เมื่อเครื่องฯ

ทำงานได้ผลผลิตที่แกะเมล็ดแล้วเฉลี่ย 1.08 kg hr^{-1} ราคาขาย 230 Baht kg^{-1} จะได้ราคาขายผลผลิต $1987.2 \text{ Baht day}^{-1}$ ดังนั้นจะได้กำไรจากการขาย $541.6 \text{ Baht day}^{-1}$ เมื่อต้นทุนในการสร้างเครื่องจำนวน 3000 Baht จะใช้เวลาประมาณ 6 day ในการคืนทุน แสดงดังFigure7

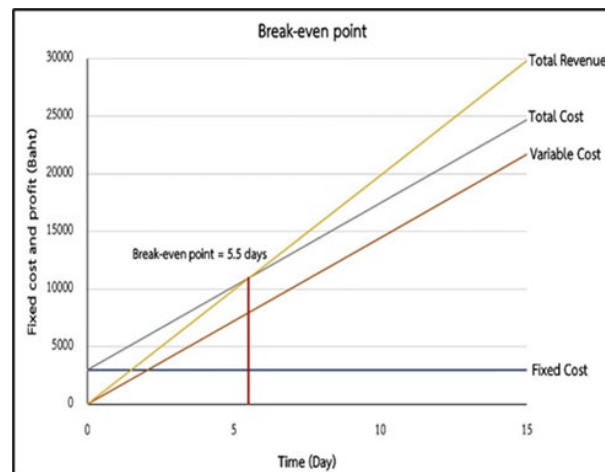


Figure 7 break-even point of Karanda seed splitting and punching machine.

4 สรุป

จากผลการทดลองของเครื่องผ่าและเจาะเมล็ดมะม่วงหาวมะนาวโห่ พบว่าความสามารถในการผลิตจากการใช้เครื่องฯเฉลี่ยเท่ากับ 1.08 kg hr^{-1} ประสิทธิภาพในการผลิตจากการใช้เครื่องฯ เฉลี่ย 60.29% ความสามารถในการผลิตจากการใช้แรงงานคนเฉลี่ย 0.57 kg hr^{-1} และประสิทธิภาพในการผลิตจากการใช้แรงงานคนเฉลี่ย 86.58% ซึ่งเครื่องผ่าและเจาะเมล็ดมะม่วงหาวมะนาวโห่ มีต้นทุนในการสร้างเครื่องเครื่องละ 3,000 Baht กำไรจากการขายหักต้นทุนแปรผันแล้วเท่ากับ $540.768 \text{ Baht day}^{-1}$ จะสามารถคืนทุนเมื่อขายมะม่วงหาวมะนาวโห่ได้ในระยะเวลา 6 day หรือ 47.952 kg

5 กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จขึ้นมาได้ ต้องขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ให้ทุนในการทำวิจัยด้วยงบประมาณเงินรายได้ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ และอาจารย์ปรึกษาจาก ผศ.ดร.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ รวมทั้งคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ที่ช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

6 เอกสารอ้างอิง

จุฑามาส สื่อประสาร, ทานตะวัน พิทักษ์, ศิริพร เรียบร้อย. 2556. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดสารแอนโทไซยานินจากผลหนามแดง. เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51: สาขาส่งเสริมการเกษตร

และคหกรรมศาสตร์, สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. 193-200.

กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 5-7 ก.พ. 2556, กรุงเทพฯ.

สกุลกานต์ สิมลา. 2559. มะนาวโห่: พืชในวรรณคดีไทยที่มากมายด้วยประโยชน์. แก่นเกษตร 44(ฉบับพิเศษ 3), 557-566.

MGR Online. 2557. มาแรงจริง “มะม่วงหาว มะนาวโห่” มหัศจรรย์สมุนไพรแบบไม่ประดับ (มุมเกษตร). แหล่งข้อมูล: <https://mgronline.com/smes/detail/9570000096581>. เข้าถึงเมื่อ 19 พฤษภาคม 2566.



การวิจัยและพัฒนาเครื่องปลูกกระชับสำหรับผลิตต้นอ่อน

Research and Development on Rough Cocklebur Planters for Producing Sprouts

อนุสรณ์ สุวรรณเวียง^{1*}, พุทธินันท์ จารุวัฒน์¹, บัณฑิต จิตจุมนอง¹, ธนาวัฒน์ ทิพย์ชิต², ประวีณา ศรีวงเขต¹

Anusorn Suwanviang^{1*}, Puttinun Jaruwat¹, Bundit Jitjumnong¹, Thanawat Tipchit², Praweena Sriwangkhet¹

¹ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี, สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม, กรมวิชาการเกษตร, จันทบุรี 22000

¹Chanthaburi Agricultural Engineering Research Center, Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture, Chanthaburi 22000

²ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมสุราษฎร์ธานี, สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม, กรมวิชาการเกษตร, สุราษฎร์ธานี 84170

²Suratthani Agricultural Engineering Research Center, Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture, Suratthani 84170

*Corresponding author: Tel.: 039-609652, Fax: 039-609652, E-mail: Anusorn6083@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนาเครื่องปลูกกระชับสำหรับผลิตต้นอ่อนสามารถลดการใช้แรงงานคน ระยะเวลาการทำงาน และเพิ่มกำลังการผลิตในปลูกกระชับสำหรับผลิตต้นอ่อน เครื่องปลูกกระชับสำหรับผลิตต้นอ่อนมีขนาด (กว้างxยาวxสูง) 3x1x1.8 m ประกอบด้วยชุดหลัก 3 ชุด ได้แก่ ชุดโรยดิน ชุดโรยเมล็ด และชุดโรยทราย ใช้มอเตอร์ขนาด 0.75 kW เป็นต้นกำลังหลัก ผลการทดสอบ พบว่าความเร็วรอบเหมาะสมสำหรับชุดโรยดิน โรยเมล็ด และโรยทราย เป็น 3.55 rpm 5.96 rpm และ 2.13 rpm ตามลำดับ เครื่องต้นแบบมีความสามารถในการทำงานที่ 92 tray hr⁻¹ ซึ่งสูงกว่าการใช้แรงงานคนปลูกประมาณ 13 เท่า โดยขนาดและน้ำหนักของต้นอ่อนกระชับที่ผลิตได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าคิดเป็น 1.54 kW hr⁻¹ ใช้แรงงานประจำเครื่อง 1 คน ใช้เมล็ดกระชับในการปลูก 0.54 kg tray⁻¹ ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมชี้ให้เห็นว่าการใช้เครื่องต้นแบบมีต้นทุนค่าใช้จ่าย 5.30 Baht kg_{seeds}⁻¹ และ 2.86 Baht tray⁻¹ มีจุดคุ้มทุนเมื่อปลูกกระชับเพื่อผลิตต้นอ่อน 123 kg_{seeds} year⁻¹ และ 225 tray year⁻¹ มีระยะเวลาคืนทุน 0.24 year

คำสำคัญ: กระชับ, เครื่องปลูกกระชับสำหรับผลิตต้นอ่อน, ต้นอ่อน

Abstract

Research and development of rough cocklebur planters for producing sprout can reduce labor, working time, and increase production capacity for producing sprout. The machine is 3x1x1.8 m (width x length x height) and consists of 3 main sets: a soil sprinkling, seed sprinkling and sand sprinkling. It uses a 0.75 kW motor as the main power source. The test results found that the optimum speed for the soil sprinkling, seed sprinkling and sand sprinkling were 3.55 rpm, 5.96 rpm, and 2.13 rpm, respectively. The prototype has a working capacity of 92 trays hr⁻¹, which is about 13 times higher than labor method. The size and weight of the rough cocklebur sprout are not significantly different. The electricity consumption rate is 1.54 kW hr⁻¹. One worker is required to operate the machine. 0.54 kg of rough cocklebur sprout are required tray⁻¹. The economic engineering analysis shows that the use of the prototype has a cost of 5.30 Baht kg_{seeds}⁻¹ and 2.86 Baht tray⁻¹. The break-even point is reached when 123 kg_{seeds} year⁻¹ and 225 trays year⁻¹. The payback period is 0.24 years.

Keywords: Rough Cocklebur, Rough cocklebur planters for producing sprout, sprout

Received: October 12, 2022

Revised: June 28, 2023

Accepted: June 28, 2023

Available online: December 22, 2023

1 บทนำ

กระชับ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Xanthium strumarium* L. จัดอยู่ในวงศ์ทานตะวัน (Asteraceae หรือ Compositae) (ชุมชนคนรักพรรณไม้, 2559) ผักกระชับมีชื่อท้องถิ่นอื่น ๆ ว่า ชีครอก (ราชบุรี), หย้าผมยุง (เชียงใหม่), เกียงนา มะขิดน้ำ มะขะนัดน้ำ (ภาคเหนือ), เกียงน้ำ ชีอัน ชีอันดอน ชีอันน้ำ (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ), ชางเอ้อจื่อ (จีนกลาง) เป็นต้น (Figure 1) กระชับจัดเป็นพรรณไม้ล้มลุก มีอายุราว 1 year มีความสูงของต้นประมาณ 40-100 cm ลำต้นตั้งตรง ผิวต้นหยาบ มีลายเส้นเป็นเหลี่ยม ๆ ทั้งต้นมีขนสีขาว ๆ ขึ้นอยู่ประปราย ผิวโคนต้นเป็นสีม่วง ส่วนพืวด้านบนของลำต้นเป็นสีเขียวแต้มด้วยสีน้ำตาลดำ แตกกิ่งก้านได้มาก ใบเป็นใบเดี่ยวออกเรียงสลับ ลักษณะของใบเป็นรูปสามเหลี่ยม เว้าลึกเป็นแฉก 3-5 แฉก แผ่นใบยาวประมาณ 9-25 cm ปลายใบแหลม โคนใบเป็นรูปหัวใจตั้งหรือกลม ขอบใบเป็นซี่ฟันปลาหรือหยักเป็นฟันเลื่อยแบบไม่เป็นระเบียบ ออกดอกเป็นช่อกระจุกแน่น ช่อดอกที่ดอกย่อยมีก้าน แกนกลางไม่แตกแขนง ดอกมีจำนวนมาก ดอกเพศผู้และดอกเพศเมียจะอยู่บนต้นเดียวกัน โดยดอกเพศผู้จะออกที่ปลายกิ่ง มีวงใบประดับ 1 วง ลักษณะเป็นรูปขอบขนาน ยาวประมาณ 2.2 cm กาบด้านนอกเป็นรูปขอบขนาน กาบด้านในมีลักษณะเป็นรูปใบหอก ยาวประมาณ 2 mm กลีบดอกเป็นสีขาว ปลายเป็นจัก 5 จัก มีเกสรเพศผู้จำนวน 5 อัน เชื่อมติดกันอยู่ ส่วนช่อดอกเพศเมียจะออกตามซอกใบ มีวงใบประดับอยู่ 1 วง ลักษณะเป็นรูปขอบขนาน โดยใบประดับด้านในจะเชื่อมติดกับกาบด้านนอก ส่วนเกสรเพศเมีย ปลายแยกเป็น 2 แฉก กระชับเป็นผักพื้นบ้านที่พบในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยเฉพาะในแถบลุ่มน้ำประแส เขตตำบลทางเกวียน (บ้านทะเลน้อย) ตำบลพังราด ตำบลคลองปูน และตำบลทุ่งควายกิน จ.ระยอง จะเกิดขึ้นหลังการทำนาในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน และเจริญเติบโตในช่วงฤดูแล้ง นิยมกินในจังหวัดระยอง จนเป็นอาหารที่ขึ้นชื่อของจังหวัด ต้นอ่อนของกระชับมีลักษณะคล้ายถั่วอก (Figure 2) ลำต้นเป็นสีขาว ใบสีเขียว นำมารับประทานรสชาตอร่อยถูกปาก ที่สำคัญมีความหอม เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว สามารถนำมาทำเป็นอาหารได้หลายชนิด เช่น ยำกับหมูสับใส่กุ้ง เรียกว่ายำผักกระชับสด นำมาแกงส้มผักกระชับ กินดิบกับน้ำพริกกะปิ แต่ก็มีข้อควรระวังเพราะเมล็ดมีสาร Xanthostrumarin glycoside ซึ่งเป็นสารที่มีพิษต่อสัตว์ สารนี้จะคงอยู่จนถึงระยะที่เมล็ดงอกเป็นต้นอ่อนมีใบเลี้ยงติดอยู่ (ประมาณ 5-7 day หลังจากเพาะเมล็ด) เมื่อใบแท้เริ่มมีการเจริญเติบโต โกลโคไซด์จะลดลงอย่างรวดเร็ว โดยสารพิษชนิดนี้จะไม่สลายตัวแม้จะนำมาตากแดดให้แห้งแล้วก็ตาม (หนังสือพิมพ์เดลินิวส์, 2561) อายุการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนกระชับหลังการเพาะเมล็ดจะอยู่ที่ 8-10 day กระชับมีสรรพคุณทางยาที่หลากหลาย เช่น ช่วยกระชับมดลูก แก่ปวดประจำเดือน ขับเหงื่อ ขับปัสสาวะ ระบายประสาท แก่โรคมะเร็งเรื้อรัง ไซข้ออักเสบ กระเพาะอักเสบ แก่ปวดกล้ามเนื้อ รวมทั้งใบและลำต้นนำมาตำ

ให้ละเอียด ใช้พอกแผลแก้ปวดบวม แผลงัดต่อย รักษาโรคหิด หรือนำมาต้มเอาน้ำมาล้างแผลแก้ปวดศีรษะ ปวดหู แก่หวัดได้ ทั้งนี้ได้มีการแนะนำให้รับประทานเป็นอาหาร โดยทุกส่วนของผักกระชับสามารถนำมาใช้ได้ทั้งหมด ปัจจุบันมีการเพาะต้นอ่อนของผักกระชับออกจำหน่ายในราคากิโลกรัมละ 120-150 Baht โดยเฉพาะที่หมู่ที่ 6 บ้านทะเลน้อย ตำบลทางเกวียน อำเภอกลาง จังหวัดระยอง มีประชาชนประกอบอาชีพเพาะผักชนิดนี้หลายราย สร้างรายได้ไม่ต่ำกว่าค่าครัวเรือนละ 20,000-30,000 Baht month⁻¹ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับพืชผักชนิดต่างๆในท้องถิ่นพบว่ากระชับมีราคาสูงและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค นอกจากนั้นยังเป็นพืชที่มีโรคและแมลงศัตรูรบกวน จึงสามารถที่จะทำการผลิตเป็นพืชอินทรีย์ได้และมีต้นทุนต่ำ และเป็นพืชท้องถิ่นที่มีศักยภาพในการส่งเสริมเพื่อผลิตทางการค้า ปัจจุบันการผลิตต้นอ่อนผักกระชับของเกษตรกร จะใช้แรงงานคน ซึ่งมีขั้นตอนตั้งแต่การเตรียมดินปลูก การปลูกเรียงเมล็ดกระชับในแปลงเพาะ การโรยทรายทับเมล็ดกระชับ และการรดน้ำ โดยพบปัญหาที่สำคัญคือ ความสามารถในการทำงานต่ำ เกิดความเหนื่อยล้าและขาดแคลนแรงงาน การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องจักรกลทางการเกษตร สำหรับนำมาใช้ในกระบวนการปลูกกระชับสำหรับการผลิตต้นอ่อน เพื่อเพิ่มความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงาน จากรายงานของ (เกรียงไกรและเกียรติศักดิ์, 2557) เครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ผักคะน้าประสิทธิภาพสูงสำหรับการเพาะกล้า การทำงานของเครื่องแบ่งออกเป็น ส่วนที่ 1 ชุดส่งกำลัง ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.37 kW ต่อเข้ากับชุดเกียร์ทดรอบเพื่อขับโซ่ลำเลียง ส่วนที่ 2 ชุดบรรจุดิน จะบรรจุดินลงในถาดเพาะมาตรฐานขนาด 105 hole มีตัวคลุกคล้า และกวาดดินทำให้ดินไหลลงสู่ถาดเพาะได้ในปริมาณที่กำหนด และส่วนที่ 3 ชุดหยอดเมล็ดจะหยอดเมล็ดพันธุ์ลงในถาดเพาะจำนวน 4 seed hole⁻¹ แบบทำงานต่อเนื่อง และจากรายงานของ (บรรลุและคณะ, 2563) ที่ได้ออกแบบและสร้างเครื่องโรยข้าวเมล็ดเดียวแบบอัตโนมัติ โดยมีส่วนประกอบหลักได้แก่ 1. ชุดโครงสร้าง 2. ชุดลำเลียงถาดปลูก 3. ชุดป้อนวัสดุปลูก (ก่อนโรย) 4. ชุดโรยข้าวเมล็ดเดียว 5. ชุดป้อนวัสดุปลูก(หลังโรย) และ 6. ชุดควบคุมการทำงานอัตโนมัติ ซึ่งเครื่องต้นแบบสามารถโรยเมล็ดข้าวหนึ่งเมล็ดต่อหนึ่งหลุม และสามารถนำไปใช้ร่วมกับเครื่องหย่อนกล้า นาโยนที่ได้มีการพัฒนาก่อนหน้านี้ แต่ด้วยสรีระทางกายภาพของเมล็ดผักคะน้าและเมล็ดข้าว กับเมล็ดกระชับมีความแตกต่างกัน เพราะเมล็ดกระชับจะมีขนปลายงอกที่สามารถเกาะเกี่ยวติดกันเป็นกลุ่มก้อน เครื่องหยอดและเครื่องโรยเมล็ดที่มีการวิจัยก่อนหน้านี้ ไม่เหมาะสมกับการนำมาใช้ในการปลูกเมล็ดกระชับเพื่อผลิตต้นอ่อน ผู้วิจัยจึงต้องทำการวิจัยและพัฒนาเครื่องปลูกให้เหมาะสมสำหรับการปลูกเมล็ดกระชับโดยเฉพาะ



Figure 1 Rough cocklebur.



Figure 2 Rough cocklebur sprouts.

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 อุปกรณ์

เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล เครื่องวัดความเร็วรอบ เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า เวอร์เนียคาร์ลิเปอร์และนาฬิกาจับเวลา

2.2 วิธีการ

2.2.1 ศึกษาวิธีการปลูกกระชับในแปลงเพาะต้นอ่อนขนาดแปลงปลูก 1×1.5 m ของเกษตรกร

2.2.2 ออกแบบและสร้างเครื่องปลูกต้นแบบ ทดสอบเครื่องต้นแบบเบื้องต้น ปรับปรุงแก้ไขเครื่องให้สมบูรณ์

2.2.3 การเตรียมเมล็ดพันธุ์กระชับและการเตรียมดินปลูก

ใช้เมล็ดพันธุ์กระชับที่เก็บเกี่ยวจากแปลงนา และผ่านการแช่น้ำเป็นเวลา 60 day เพื่อทำลายโครงสร้างเปลือกแข็งภายนอกเมล็ด ดินปลูกใช้ดินร่วนที่ร่อนผ่านตะแกรงคัดดินขนาด 4×4 mm ความชื้นดินไม่เกิน 8%

2.2.4 นำเครื่องต้นแบบไปทดสอบเก็บข้อมูลจริงที่พื้นที่เกษตรกร

ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการปลูกกระชับสำหรับผลิตต้นอ่อนแบบวิธีใช้แรงงานของเกษตรกรและการใช้เครื่องต้นแบบ โดยทั้ง 2 วิธี ใช้ถาดสำหรับปลูกกระชับขนาด $30 \times 60 \times 3.5$ cm (กว้าง $\times$ ยาว $\times$ สูง) มีหัวข้อในการเก็บข้อมูลดังนี้ ความสามารถในการทำงาน (Working capacity) (tray hr^{-1}), น้ำหนักเมล็ดกระชับ

หลังการแช่น้ำที่ใช้ (Weight of seeds) (g tray^{-1}), ผลผลิตต้นอ่อนกระชับ (Total yield) (g tray^{-1}), สัดส่วนผลผลิต (Ratio of yield seeds $^{-1}$) ใช้น้ำหนักผลผลิตต้นอ่อนต่อน้ำหนักเมล็ดกระชับหลังการแช่น้ำ จำนวน 10 tray และหาค่าเฉลี่ยความสูงและขนาดของต้นอ่อนกระชับ การใช้พลังงานไฟฟ้าต้นกำลัง (kW hr^{-1})

2.2.5 วิเคราะห์ผลการทดสอบและวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

3 ผลและวิจารณ์

ผลการศึกษาวิธีการปลูกกระชับในแปลงเพาะต้นอ่อนของเกษตรกร เกษตรกรเริ่มขั้นตอนแรกโดยนำดินนาที่เตรียมไว้มาร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่อง 2 cm ลงในแปลงเพาะและเกลี่ยดินให้เสมอ มีความหนา 25 mm จากนั้นนำเมล็ดกระชับที่ผ่านการแช่น้ำอย่างน้อย 60 day ใส่ตะแกรงโรยเมล็ด และใช้มือเกลี่ยเมล็ด ให้เมล็ดผ่านตะแกรงลงจนทั่วแปลงเพาะ จากนั้นทำการเรียงเมล็ดช่องว่างเพื่อให้เมล็ดชิดกันมากที่สุด ใช้ไม้แผ่นเรียบตีกดเมล็ดให้เสมอกันและรดน้ำในแปลงเพาะให้ทั่วใช้น้ำประมาณ 3.5 l จากนั้นโรยทรายหยาบลงในแปลงเพาะหนา 10 mm และคลุมผิวหน้าแปลงเพาะด้วยถุงพลาสติก จึงเสร็จขั้นตอนการปลูก

เครื่องปลูกกระชับสำหรับผลิตต้นอ่อนต้นแบบ (Figure 3) มีขนาด $1.0 \times 3.0 \times 1.8$ m ใช้มอเตอร์ขนาด 0.75 kW เป็นต้นกำลังความเร็วสายพานลำเลียงถาดเพาะ 1.5 m min^{-1} มีการทำงานที่ต่อเนื่องกันตั้งแต่การโรยดิน โรยเมล็ดและโรยทราย จนเสร็จขั้นตอนการปลูกลงบนถาดเพาะ เครื่องต้นแบบประกอบด้วยชุดย่อย 3 ชุด ดังนี้

1. ชุดโรยดิน (Figure 4) มีปริมาตรของถังบรรจุดิน 0.045 m^3 ใช้ลูกกลิ้งรูปร่างคล้ายฟันเฟือง ทำหน้าที่หมุนควบคุมการโรยดินปลูก ดินในแปลงนาต้องผ่านตะแกรงคัดดินขนาด 4×4 mm ความชื้นดินไม่เกิน 8% ลงบนถาดเพาะ และมีขั้นตอนการรดน้ำลงดินด้วยท่อที่เจาะรูขนาด 2 mm ระยะห่างระหว่างรู 12 mm

2. ชุดโรยเมล็ด (Figure 5) มีปริมาตรของถังบรรจุเมล็ดกระชับ 0.032 m^3 ประกอบด้วยลูกกลิ้ง 2 ลูก หมุนเข้าหากัน ทำหน้าที่ควบคุมการโรยของเมล็ดกระชับลงถาดเพาะ เพื่อให้เมล็ดกระชับเคลื่อนที่ให้ชิดกัน ก่อนลงถาดเพาะที่เคลื่อนที่ผ่านการโรยดินจากชุดโรยดินบนสายพานลำเลียง จากนั้นจะมีการกดเมล็ดด้วยลูกกลิ้งกลมผิวเรียบ ให้เมล็ดจมดินปลูก เพื่อป้องกันเมล็ดถูกดันลอยขึ้นจากดินปลูกขณะต้นอ่อนงอก

3. ชุดโรยทราย (Figure 6) มีปริมาตรของถังบรรจุทราย 0.045 m^3 ใช้ลูกกลิ้งรูปร่างคล้ายฟันเฟือง ทำหน้าที่หมุนควบคุมการโรยทรายลงบนถาดเพาะ ที่ได้ผ่านการโรยดินและโรยเมล็ดมาแล้ว จากนั้นจะมีใบปาดทรายให้เรียบเสมอกันทั้งถาดเพาะ (Figure 7) โดยทรายต้องผ่านตะแกรงคัดดินขนาด 4×4 mm

ความชื้นทรายที่ใช้ไม่เกิน 8% เป็นการเสร็จสิ้นการทำงานของเครื่องต้นแบบ

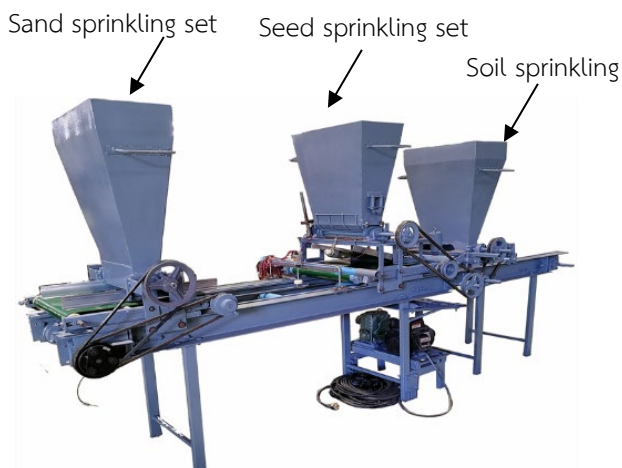


Figure 3 The prototype machine.



Figure 4 Soil sprinkling set.



Figure 5 Seed sprinkling set.



Figure 6 Sand sprinkling set.



Figure 7 Cocklebur planters for producing saplings.

ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบ พบว่า ความเร็วรอบเหมาะสมของชุดโรยดิน 3.55 rpm มีความหนาของดิน 24.6 mm ใกล้เคียงกับความหนาดินที่ต้องการ 25 mm ความเร็วรอบเหมาะสมของชุดโรยเมล็ด 5.96 rpm ความเร็วรอบเหมาะสมของชุดโรยทราย 2.13 rpm มีความหนาของทราย 9.9 mm ใกล้เคียงกับความหนาทรายที่ต้องการ 10 mm ผลการทดสอบปลูกกระชับสำหรับผลิตต้นอ่อนด้วยวิธีใช้เครื่องต้นแบบ เปรียบเทียบกับวิธีใช้แรงงานคน (Table 1) พบว่าเครื่องปลูกกระชับมีความสามารถในการทำงาน 92 tray hr^{-1} มากกว่าวิธีการใช้แรงงานซึ่งทำงานได้ 7 tray hr^{-1} มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 1.54 kW hr^{-1} ใช้แรงงานประจำเครื่อง 1 คน ใช้เมล็ดกระชับหลังการแช่น้ำเป็นระยะเวลา 60 day ในการปลูกทั้งสองวิธี โดยน้ำหนักเมล็ดกระชับเฉลี่ยต่อถาดเพาะของเครื่องต้นแบบ 540.84 g ใกล้เคียงกับวิธีใช้แรงงาน ซึ่งมีน้ำหนักเมล็ดกระชับเฉลี่ยต่อถาดเพาะ 565 g ผลการศึกษาเปรียบเทียบขนาดและน้ำหนักของต้นอ่อนกระชับอายุเก็บเกี่ยว 9 day โดยนำค่าเฉลี่ยจากการเก็บข้อมูลจำนวน 10 tray ที่ปลูกด้วยวิธีการใช้แรงงานและวิธีการใช้เครื่องต้นแบบ พบว่าความสูงต้นอ่อนกระชับ ขนาดของลำต้นอ่อนกระชับ และสัดส่วนผลผลิตต้นอ่อนกระชับต่อเมล็ดกระชับหลังการแช่น้ำที่ใช้ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติ (T-TEST)

ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม พบว่าเครื่องปลูกกระชับสำหรับผลิตต้นอ่อน มีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการทำงาน $5.30 \text{ Baht kg}_{\text{seeds}}^{-1}$ และ $2.86 \text{ Baht tray}^{-1}$ มีจุดคุ้มทุนสำหรับการผลิตต้นอ่อน $123 \text{ kg}_{\text{seeds}} \text{ year}^{-1}$ และ $225 \text{ tray year}^{-1}$ มีระยะเวลาคืนทุน 0.24 year

Table 1 Comparative testing results of rough cocklebur planting for producing sprouts by labor and by machine prototype.

Method	Working capacity (tray hr ⁻¹)	Weight of seeds (g tray ⁻¹) ^{ns}	Total yield (g tray ⁻¹) ^{ns}	Ratio of yield/seeds (g g ⁻¹) ^{ns}	Hight of rough cocklebur sprout (mm) ^{ns}	Diameter of rough cocklebur sprout (mm) ^{ns}	Electricity Consumption (kw hr ⁻¹)
labor	7 ^b	565	727	1.29	154	1.9	-
Machine	92 ^a	540	615	1.14	166	2.0	1.54

a,b = significant (p < 0.05) by independent sample t-test, ns = not significant

4 สรุป

เครื่องปลูกกระชับสำหรับผลิตต้นอ่อนมีขนาด (กว้างxยาวxสูง) 3x1x1.8 m ปลูกต้นอ่อนกระชับลงภาชนะขนาด 30x60x3.5 cm ความเร็วลำเลียงภาชนะปลูก 1.5 m min⁻¹ มีการทำงานที่ต่อเนื่องกัน ประกอบด้วยชุดหลัก 3 ชุดคือ ชุดโรยดิน ชุดโรยเมล็ดและชุดโรยทราย มีมอเตอร์ขนาด 0.75 kW เป็นต้นกำลังหลัก ความเร็วรอบของชุดโรยดิน 3.55 rpm มีความหนาของดิน 24.6 mm ชุดโรยเมล็ดมีความเร็วรอบ 5.96 rpm ใช้ น้ำหนักเมล็ดเฉลี่ย 540.84 g ความเร็วรอบของชุดโรยทราย 2.13 rpm มีความหนาของทราย 9.9 mm เครื่องต้นแบบมีความสามารถในการทำงาน 92 tray hr⁻¹ มากกว่าการใช้แรงงานคนปลูกประมาณ 13 เท่า (วิธีเกษตรกร มีความสามารถในการทำงาน 9 tray hr⁻¹) มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 1.54 kW hr⁻¹ ใช้แรงงานประจำเครื่อง 1 คน โดยความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น น้ำหนักการใช้เมล็ดกระชับแช่น้ำ น้ำหนักผลผลิตต้นอ่อนและสัดส่วนผลผลิตต้นอ่อน ที่อายุการเก็บเกี่ยว 9 day ไม่แตกต่างกันทั้ง 2 วิธี ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เครื่องปลูกกระชับสำหรับผลิตต้นอ่อน มีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการทำงาน 5.30 Baht kg_{seeds}⁻¹ และ 2.86 Baht tray⁻¹ มีจุดคุ้มทุนสำหรับการผลิตต้นอ่อน 123 kg_{seeds} year⁻¹ และ 225 tray year⁻¹ มีระยะเวลาคืนทุน 0.24 year

5 กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะผู้ร่วมงานและเจ้าหน้าที่ทุกท่านของ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมกรมวิชาการเกษตร ที่มีส่วนช่วยในการพัฒนางานวิจัยนี้ให้สำเร็จ ล่วงได้ดีด้วยดี และขอขอบคุณกลุ่มเกษตรกรบ้านทะเลน้อย จ.ระยอง สำหรับการอำนวยความสะดวกในเรื่องของสถานที่ทดสอบและคำแนะนำต่างๆ ตลอดจนความสนใจในการนำไปใช้งานจริงต่อไป

6 เอกสารอ้างอิง

- เกรียงไกร แซมสีม่วง, เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์. 2557. การออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ ผักคะน้าประสิทธิภาพสูงสำหรับการเพาะกล้า. วารสารวิชาการเกษตร 32(2), 178-187.
- ชุมชนคนรักขมิ้น. 2559. ผักกระชับ. แหล่งข้อมูล: <https://www.facebook.com/ChumchnKhnraksPhrrnMi/post/s/1213515792004110/>. เข้าถึงเมื่อ 26 กรกฎาคม 2565.
- หนังสือพิมพ์เดลินิวส์. 2561. วิจัยและพัฒนาการปลูกกระชับ. แหล่งข้อมูล: <https://d.dailynews.co.th/agriculture/643928/>. เข้าถึงเมื่อ 26 กรกฎาคม 2565.



การวิจัยและพัฒนาการขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสง

Research and Development of a Peanut Combined Harvester

เอกภาพ ปานภูมิ^{1*}, วิชัย โอภาณุกุล¹, เวียง อากรชิ¹, วุฒิพล จันทรสระคู¹, สราวุธ ปานทน¹, ธนพงศ์ แสนจุ่ม¹, อานนท์ สายคำฟู¹, พงษ์วี นามวงศ์¹, วรณะ สมนึก¹, ภิรมย์ แก้วเพี้ย¹, เฉลิมพล แสงเรณู¹

Akkaparp Panpoom^{1*}, Wichai Opanukul¹, Weang Arekornchee¹, Wuttiphol Chansrakool¹, Sarawuth Parnthon¹, Tanapong Sanchum¹, Arnon Saicomfu¹, Pongrawee Namwong¹, Wanthanah Somnuk¹, Pirom Tawpea¹, Chalermpon Sangraynoo¹

¹สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม, กรมวิชาการเกษตร, กทม. 10900

¹Agricultural Engineer, Agricultural Engineering Research Institute Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok 10900

*Corresponding author: Tel.: +66-8-7946-9151, E-mail: Superboomae@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยและพัฒนาการขุดเก็บและปลิดถั่วลิสงสำหรับเก็บเกี่ยวถั่วลิสงในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อทดแทนแรงงานและลดต้นทุนในการปลูกถั่วในแปลงขนาดใหญ่ ดำเนินการสร้างอุปกรณ์ให้สามารถทำงานในกระบวนการขุด หีบ เก็บต้นถั่ว ปลิดฝัก และทำความสะอาดฝักถั่ว ดำเนินการทดสอบชุดและปลิดถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 6 อายุเก็บเกี่ยว 131 day ความชื้นต้นถั่ว 39% w.b ความชื้นฝักถั่ว 25% w.b. ความชื้นดิน 72% w.b. (ที่ความลึก 30 cm) โดยใช้ความเร็วรถที่ 2.46 m s⁻¹ ความเร็วเชิงเส้นของโซ่หีบที่ 10 m s⁻¹ ความเร็วเชิงเส้นของชุดปลิด 3.75 m s⁻¹ พบว่าอุปกรณ์มีความสามารถเชิงพื้นที่ในการขุดและปลิดฝักที่ 0.77 Rai hr⁻¹ ความสามารถเชิงวัสดุในการขุดที่ 221 kg hr⁻¹ ประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ 87% ประสิทธิภาพการปลิด 88.26% ประสิทธิภาพชุดทำความสะอาด 82.77% มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันที่ 0.36 Litre hr⁻¹ ผลการวิเคราะห์คุณภาพหลังการปลิด ได้ฝักสมบูรณ์ 67.6% ฝักแตก 1.7% ติดหัว 9.4% และเมล็ดลีบเน่า 21.3%

คำสำคัญ: ถั่วลิสง, เก็บเกี่ยว, รถเก็บเกี่ยว

Abstract

The objective of this research was to develop for peanut harvesting in the Northeastern region. To replace labor and reduce the cost of planting beans in large areas. Building equipment process of digging, collecting, removing pods and cleaning the pods in one machine. Testing and evaluation of machinery with Khon Kaen Peanuts 6, the harvest age 131 days, plant moisture 39% w.b. pod moisture 25% w.b. soil moisture 72% w.b. (at a depth of 30 cm) using a vehicle speed of 2.46 m s⁻¹ linear velocity of Chain clamping at 10 m s⁻¹ Linear velocity of the closing unit 3.75 m s⁻¹ The field capacity of machine is 0.77 Rai hr⁻¹, tillage capacity is 221 kg hr⁻¹, Field efficiency 87%, shedding efficiency 88.26%, cleaning set efficiency 82.77%, oil consumption rate of 0.36 Liter hr⁻¹, good pods 67.6% 1.7% broken pods, 9.4% pole attached, and 21.3% rotted seeds.

Keywords: Peanut, Harvest, Combined Harvester

1 บทนำ

ถั่วลิสงเป็นพืชตระกูลถั่วที่ปลูกได้ตลอดปี มีการปลูกกระจายแพร่หลายทั่วทุกภาคของไทย ผลผลิตนำมาประกอบเป็นอาหารและใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลายรูปแบบ จากสถิติในปี 2565 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูก

ถั่วลิสง ประมาณ 107,712 Rai ผลผลิตรวมประมาณ 35,544 tons ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 330 kg Rai⁻¹ (สำนักงานส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร, 2545) เนื่องจากมีการขยายตัวของอุตสาหกรรมแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพิ่มขึ้น ทำให้มีความต้องการใช้ถั่วลิสงสูงถึงปีละ 100,000 tons เป็นผลทำให้

Received: August 03, 2022

Revised: May 22, 2023

Accepted: June 28, 2023

Available online: December 22, 2023

ผลผลิตไม่เพียงพอกับความต้องการใช้ จึงมีการนำเข้าจากต่างประเทศ (วรยุทธ, 2559) แต่ยังมีปัญหาการผลิต คือต้นทุนการเก็บเกี่ยวสูง โดยเฉพาะค่าแรงงานที่ใช้ในการเก็บเกี่ยว (ค่าจ้างแรงงานการขุด ปลิด และคัดแยกทำความสะอาด) คิดเป็น 60% ของต้นทุนทั้งหมด ในปัจจุบันแรงงานภาคเกษตรกรรมลดลง ทำให้ค่าจ้างมีแนวโน้มสูงขึ้น การทดแทนแรงงานด้วยเครื่องจักรจึงเป็นทางแก้ปัญหา

ทำการศึกษาและการพัฒนาเครื่องขุด ปลิด และกะเทาะหัวลิสงเมล็ดโตสำหรับการผลิตรายย่อย โดยได้พัฒนาเครื่องขุดหัวลิสงเมล็ดโตสำหรับต่อพ่วงเข้ากับรถไถเดินตามและรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก และพัฒนาเครื่องปลิดฝักหัวลิสงเมล็ดโตแบบจับยึดลำต้นและหรือแบบป้อนเข้าไปทั้งต้น โดยใช้เครื่องยนต์ขนาดเล็กที่เกษตรกรมีอยู่แล้วเป็นต้นกำลัง (วินิต, 2545)

ปัจจุบันมีผู้ประกอบการแปรรูปหัวลิสงได้ซื้อเครื่องเกี่ยวหวดหัวลิสงจากต่างประเทศมาใช้ รถขุดและเก็บหัวลิสงจากประเทศไต้หวัน เป็นรถขุดเก็บที่สามารถรวมขั้นตอนการขุดและปลิดฝักสดเข้าไว้ด้วยกัน โดยจะมีรุ่นหลักอยู่ 2 รุ่นคือ Model 43 และ Model 601 แตกต่างกันตรงที่รุ่น 601 สามารถยกถังเก็บเพื่อถ่ายผลผลิตสู่รถบรรทุกได้สูงกว่า ส่วนของขนาดตัวรถและต้นกำลังนั้นมีขนาดเท่ากัน โดยมีขนาด 4300 x 2100 x 2600 mm เครื่องยนต์ดีเซลขนาด 43 hp สี่สูบ 2000 cc มีระบบไฮดรอลิคควบคุมการทำงานในส่วนต่างๆ (Yun Chuan, 2019) โดยมาช่วยเหลือเกษตรกรลูกไร่ใช้ในการเก็บเกี่ยวให้ทันเวลา แต่ยังมีราคาสูงเกินไปที่เกษตรกรจะซื้อเป็นของตัวเองและยังไม่เหมาะสมกับขนาดแปลงเกษตรกรในปัจจุบัน สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตรได้พัฒนารถขุดเก็บและปลิดฝักหัวลิสง พัฒนาเพื่อให้เครื่องจักรเหมาะกับแปลงเกษตรกร ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งประกอบด้วย ชุดขับเคลื่อน ทำหน้าที่ขับเคลื่อนรถให้มีความเร็วที่เหมาะสม สามารถบังคับเลี้ยวได้ โดยประกอบด้วยเครื่องยนต์และชุดวางจอยไฮดรอลิค เพื่อส่งกำลังไปยังล้อตีนตะขาบ ชุดขุดเก็บลำเลียงและปลิดฝักสด จะมีใบมีดขุดเพื่อขุดต้นส่งไปที่โซ่ลำเลียงโดยการหนีบต้นหัว จากนั้นต้นหัวจะถูกลำเลียงผ่านชุดลำเลียง ชุดปลิดฝักสดหัวที่หลุดจากฝักจะถูกทำความสะอาดโดยตะแกรงคัดแยก ส่วนต้นหัวจะถูกลำเลียงออกทางท้ายเครื่อง (Figure 1, Figure 2) โดยมีรายละเอียดตามหมายเลขดังต่อไปนี้

- (1) ถังเก็บเมล็ดหัว
- (2) ล้อขับเคลื่อนแบบตีนตะขาบ
- (3) ห้องควบคุมการขับเคลื่อน
- (4) ฝาหลัง
- (5) โซ่ลำเลียง
- (6) ส่วนหน้าของโซ่หนีบต้นหัวลิสง
- (7) ชุดปลิดหัวฝักสด
- (8) ตะแกรงคัดแยกและทำความสะอาด
- (9) ช่องปล่อยเศษต้นหลังการปลิด
- (10) กะพ้อลำเลียงเมล็ดหัว

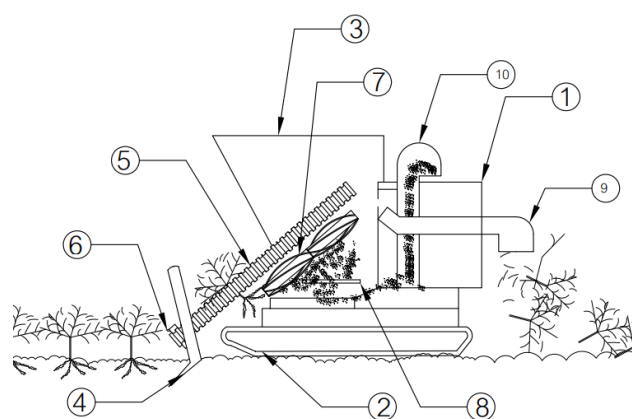


Figure 1 Design of the Peanut combined harvester (Side view).

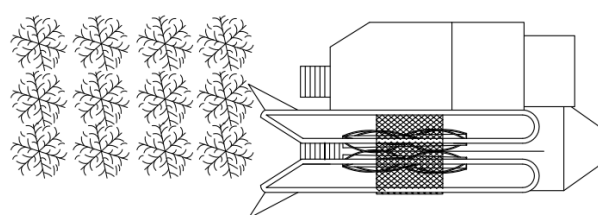


Figure 2 Design of the Peanut combined harvester (top view).

2 อุปกรณ์และวิธีการ

ออกแบบและสร้างชุดขับเคลื่อน โดยใช้ต้นกำลังเป็นเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 35 hp ส่งกำลังไป 2 ส่วนหลัก คือ ระบบไฮดรอลิกของชุดขับเคลื่อน และเพลาลำเลียงลำเลียงในตัวรถ โดยออกแบบชุดขับเคลื่อนให้เป็นล้อตีนตะขาบ ยาว ตั้งระยะห่างระหว่างล้อแทร็คคือ 0.97 m ที่จะสามารถใช้กับแถวปลูกที่มีระยะห่าง 60-80 cm ได้พอดี (Figure 3)

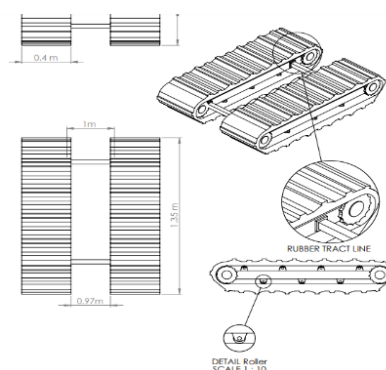


Figure 3 Design of the rubber crawler wheels.

ออกแบบและสร้างฝาลงหัว เป็นลักษณะใบมีดสี่เหลี่ยม 2 ด้าน ซึ่งเป็นแบบที่นิยมในรถขุดหัวต่างประเทศแบบที่ใช้ชุดขุดด้านข้างตัวรถ เพราะจะทำให้เกิดแรงปฏิกิริยาต่อตัวรถน้อย การควบคุมรถทำได้ง่าย ฝาลงหัวติดตั้งอยู่ด้านหน้า ทางซ้ายของตัวเครื่อง ทำหน้าที่ขุดและยกต้นหัวขึ้นเล็กน้อย ก่อนที่ลำต้นจะโดนดูดขึ้นไปโดยโซ่ลำเลียง (Figure 4)



Figure 4 Build the digger for peanut.

ปรับตั้งผลชุดดิน (Figure 5) ให้สามารถกินดินได้ลึกกว่าความยาวของรากถั่วเล็กน้อย คือ 20 cm โดยทดสอบและปรับให้ผลสามารถขุดก่อนที่จะมีการหนีบต้นถั่ว เพื่อป้องกันการขาดของต้นถั่ว



Figure 5 Measure the plowing depth.

ออกแบบและสร้างโซ่หนีบเพื่อลำเลียงต้นถั่ว (Figure 6) ทำหน้าที่ดูดจับต้นถั่วให้แน่น และลำเลียงเข้าไปสู่เกลียวสำหรับการปลิด เป็นฟันโซ่หนีบนิยมใช้ในของรถเกี่ยวนาวดข้าวคอรวง ซึ่งมีลักษณะเป็นฟันแหลมความกว้างข้อ 3 mm ทำให้สามารถยึดต้นถั่วเมื่อให้โซ่หนีบเข้าหากัน ทำการทดสอบจากรถไถเดินตามให้ความเร็วเชิงเส้นของโซ่หนีบคือ 10 m s^{-1}

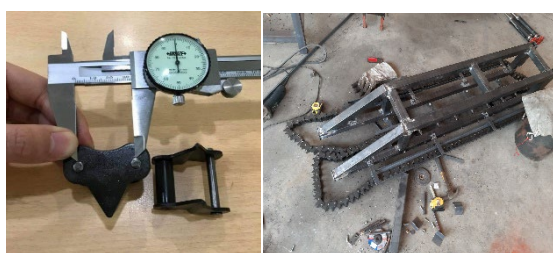


Figure 6 Build the peanut clamp conveyor chain.

เกลียวปลิดฝักถั่ว มีลักษณะเป็นเกลียวทำด้วยเหล็กเส้น 5 ซี หมุนรอบเพล 3 inches ในลักษณะแบบ Spiral แต่ละซี่จะบิดไปอีกด้านในมุม 72° (Figure 7) อุปกรณ์นี้พัฒนาจากรถขุดเก็บและปลิดถั่วลิสงแบบล้อตีนตะขาบจากประเทศไต้หวัน เดิมมีขนาดเพล 4 inches และมีซี่เหล็ก 6 ซี่ล้อมรอบ มีน้ำหนักมากและสิ้นเปลืองพลังงาน ชุดปลิดจะประกอบด้วยเกลียวปลิด 2 อันหันคนละด้าน แต่หมุนเข้าหากัน ทำให้เกิดการดูดฝักถั่วเข้าไปปลิด โดยไม่ถูกตีออก

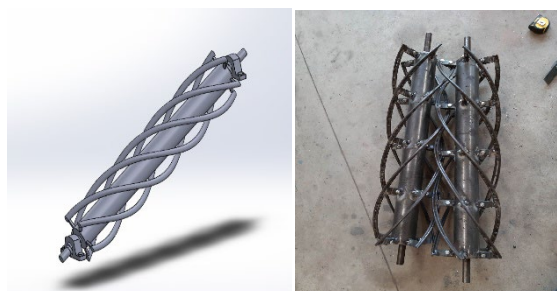


Figure 7 Design of spiral spoke for separate peanut pod.

ออกแบบและสร้างชุดต้นแบบการทำความสะอาดถั่วลิสง โดยเลือกตะแกรงเป็นซี่เหล็กแนวยาว (Figure 8) การทำงานเป็น slider crank คั่นโยก จะทำให้ถั่วตกไปกลับ ช่วยในการร่อนดินออก พัดลมทำความสะอาดเป็นพัดลมที่ใช้กับรถเกี่ยวข้าวของบริษัทเกษตรพัฒนานำมาปรับรอบความสัมพันธ์หาความเร็วด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการ

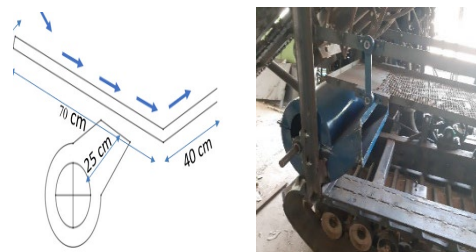


Figure 8 Build the cleaning sieve with blower.

การศึกษาการลำเลียงฝักถั่วเพื่อลำเลียงสู่ถังเก็บโดยใช้เกลียวลำเลียง พบว่าไม่เหมาะสมที่จะนำมาลำเลียงฝักถั่ว เนื่องจากเกลียวลำเลียงมีการบีบอัดฝักถั่วจนแตกในช่วงทางเลี้ยว จึงมีการออกแบบกะพ้อเพื่อลำเลียงฝักถั่ว โดยออกแบบให้เหมาะสมกับขนาดตัวรถและกะพ้อตกที่สามารถหาซื้อได้ในท้องตลาด (Figure 9) ต้นแบบรถขุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสง ดังแสดง (Figure 10)

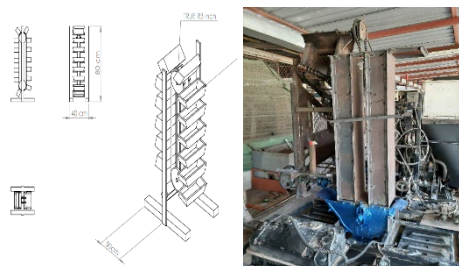


Figure 9 Build the bucket elevator.



Figure 10 prototype of a peanut combined harvester.

ทดสอบแต่ละส่วนในห้องปฏิบัติการและนำมาทดสอบรวมทั้งระบบในแปลงปฏิบัติการและภาคสนาม โดยหาความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่การขุด ความสามารถเชิงวัสดุการปลิด การทำความสะอาด และความสามารถรวมของการทดสอบรวมทั้งระบบ โดยวางแผนการทดสอบรถขุดเก็บและปลิดถั่วลิสง และเปรียบเทียบกับรถปลิดฝักถั่วจากต่างประเทศ ใช้แปลงตัวอย่างขนาดไม่น้อยกว่า 14 x 25 m ระยะที่ต้องเก็บผล ใช้คนอย่างน้อย 5 คน จับเวลา สังเกตดูโพล โดย เมื่อรถขุดวิ่งผ่านโพลที่ 2 ชูมือให้สัญญาณและวิ่งไปรอโพลที่ 3 เมื่อรถเกี่ยวผ่านโพลที่ 3 เอามือลง นั่งบนรถเอาถุงรองผลผลิต สังเกตจากคนจับเวลา เมื่อผ่านโพลที่ 2 เปิดปากถุง เมื่อผ่านโพลที่ 3 ปิดปากถุง นำกรอบขนาด 1x2 m สุ่มวางขวาง 3 จุด (ระยะหัวแปลง กลางแปลง ท้ายแปลง) แล้วเก็บเมล็ดที่ร่วงตามพื้นในกรอบทุกเมล็ด เก็บฝักถั่วที่ติดต้น หลังจากการผลิตมาหาน้ำหนัก

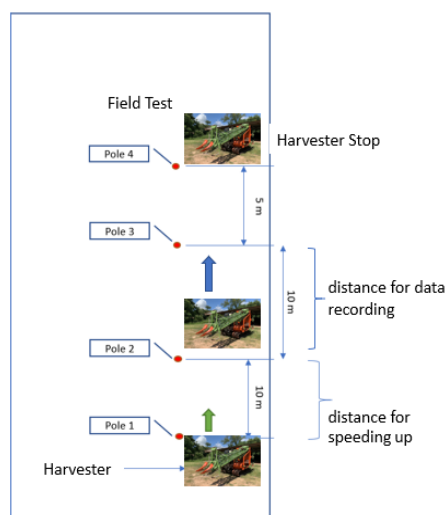


Figure 11 The field test plan

การคำนวณหาประสิทธิภาพ (P.K.Padmanathan 2006) ประสิทธิภาพการเก็บเกี่ยว (%) หาได้จากสูตรดังนี้

$$E_h = \frac{W_p \times 100}{W_p + W_s} \quad (1)$$

E_h = ประสิทธิภาพการเก็บเกี่ยว (%)

W_p = น้ำหนักของถั่วลิสงที่อุปกรณ์เก็บเกี่ยวได้ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (kg)

W_s = น้ำหนักของฝักถั่วลิสงที่ไม่ถูกเก็บเกี่ยวที่ตกบนพื้นดินต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (kg)

ประสิทธิภาพการปลิดฝัก (%) หาได้จากสูตรดังนี้

$$E_s = \frac{W_o \times 100}{W_o + W_t} \quad (2)$$

E_s = ประสิทธิภาพการปลิดฝัก (%)

W_o = น้ำหนักของฝักถั่วลิสงที่ถูกปลิดจากต้นต่อหนึ่งหน่วยเวลา (kg)

W_t = น้ำหนักของฝักถั่วลิสงที่ไม่ถูกปลิดต่อหนึ่งหน่วยเวลา (kg)

ประสิทธิภาพการทำความสะอาด (%) หาได้จากสูตรดังนี้

$$E_c = \frac{W_f \times 100}{W_f + W_m} \quad (3)$$

E_c = ประสิทธิภาพการทำความสะอาด (%)

W_f = น้ำหนักของฝักถั่วลิสงที่ถูกทำความสะอาด (kg)

W_m = น้ำหนักของสิ่งเจือปนเก็บจากปากทางออกสิ่งเจือปน (kg)

เปอร์เซ็นต์ของฝักแตกหัก (%) หาได้จากสูตรดังนี้

$$E_b = \frac{W_a \times 100}{W_a + W_b} \quad (4)$$

E_b = ประสิทธิภาพและเปอร์เซ็นต์ของฝักแตกหัก (%)

W_a = น้ำหนักของฝักถั่วลิสงทั้งหมดที่ผ่านการปลิดและทำความสะอาด (kg)

W_b = น้ำหนักของฝักถั่วลิสงที่แตกหักเกิน 80% (kg)

3 ผลและวิจารณ์

การทดสอบการขุดในแปลงปฏิบัติการ โดยแบ่งแปลงให้เหมาะกับลักษณะการเกี่ยว เพื่อจุดกลับรถบริเวณมุมของแปลง เปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำหนักฝักกับการขุดด้วยมืออย่างปรานีต ผลการทดสอบเครื่องสามารถทำงานเบื้องต้นได้ที่มีความลึกการขุดอยู่ที่ 15-17 cm เพียงพอที่จะงัดต้นถั่วขึ้นมา ก่อนที่ต้นถั่วจะถูกดึงขึ้นไปกับโซ่ โดยมีความเร็วรถสูงสุดที่สามารถทำการเก็บถั่วได้ 5.12 km hr⁻¹ แต่จะมีประสิทธิภาพเพียง 65% เนื่องจากต้นถั่วขาด ในการใช้ Gear 2 จึงเหมาะสมสำหรับการขุดมากกว่า (Table 1)

Table 1 travelly speed and pretest result

Gear	km hr ⁻¹	Rai hr ⁻¹	kg hr ⁻¹	Eh (%)
Gear 1	0.59	0.18	52.982	87.50
Gear 2	2.46	0.77	279.746	86.01
Gear 3	5.12	1.6	459.776	65.25



Figure 12 After the pod separation.

ผลการดำเนินการทดสอบการปลิดฝักถั่วโดยกำหนดตัวแปรควบคุมคือพันธุ์ถั่วลิสง อายุเก็บเกี่ยวและความเร็วเชิงเส้นของโซ่หนีบ กำหนดตัวแปรอิสระคือ ความเร็วเชิงเส้นของชุดปลิด มีสามระดับคือ 3 3.75 และ 4.5 m s⁻¹ ผลการทดสอบปลิดถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 6 เมื่อใช้มอเตอร์ไฟฟ้าควบคุมความเร็วเชิงเส้นของโซ่หนีบที่ 10 m s⁻¹ ป้อนต้นถั่ว อายุเก็บเกี่ยว 122 day ความชื้นต้นถั่ว 48% ความชื้นฝักถั่ว 25% พบว่าที่ความเร็วเชิงเส้นของชุดปลิด 3.75 m s⁻¹ ฝักถั่วลิสงมีการแตกน้อยที่สุด อุปกรณ์มีความสามารถในการปลิดฝักในท้องปฏิบัติการที่ 143.75 km hr⁻¹ (Table 2)

Table 2 The separator peanut pod separator test results.

Spiral linear velocity m s ⁻¹	Eb (%)	Stick rod (%)	Es (%)
3	1.9	7	99
3.75	1.7	9.4	100
4.5	3.3	7.7	100

การทดสอบการทำความสะอาดด้วยตะแกรง ทำการปลิดและนำฝักถั่วที่ปลิดได้มาแยกสิ่งเจือปนแล้วชั่งน้ำหนัก และแกะฝักที่ติดกับต้นออกด้วยมือ ชั่งน้ำหนัก พบว่าสิ่งเจือปน 13.76% สิ่งเจือปนยังถือว่าสูง (Table 3) ควรต่ำกว่า 10% แนวทางคือต้องปรับพดลัมให้พอเหมาะ แต่ถ้าลมแรงเกินไปลมจะพัดฝักที่มีเมล็ดเต็มออกมาด้วย จึงต้องมีการพัฒนาต่อไป กระพ้อมีอัตราการการทำงาน 0.061 kg s⁻¹

Table 3 Shows the results of testing of the separated and cleaning sieve system.

repetitions	Contaminants (kg)
1	0.056
2	0.048
3	0.086
4	0.04
5	0.037
Average	0.267
E _c (%)	13.76

ได้ดำเนินการทดสอบในแปลงจริงก่อนเก็บผลการทดลอง โดยในแต่ละครั้งติดปัญหาตามสภาพแปลงจริง และมีการแก้ไขอย่างต่อเนื่อง ผลดำเนินการทดสอบภาคสนามการทดสอบการทำงานกับชุดและปลิดฝักถั่วจากต่างประเทศ และเกษตรกรที่สามารถทำงานได้ 30 kg day⁻¹

โดยรถชุดและปลิดถั่วจากต่างประเทศ Kending model-43 มีความสามารถเชิงพื้นที่ในการชุดและปลิดฝักที่ 1.5 Rai hr⁻¹ ความสามารถเชิงวัสดุในการชุด ที่ 389 kg hr⁻¹ ประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ 83% มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันที่ 0.45 Litre hr⁻¹



Figure 13 The imported peanut combined harvester.

รถชุดเก็บและปลิดฝักถั่วที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถเชิงพื้นที่ในการชุดและปลิดฝักที่ 0.77 Rai hr⁻¹ ความสามารถเชิงวัสดุในการชุด ที่ 221 kg hr⁻¹ ประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ 87% มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันที่ 0.36 Litre hr⁻¹

อย่างไรก็ตามรถชุดเก็บและปลิดฝักถั่วลิสงที่ผลิตในประเทศไทยมีต้นทุนที่ราคาต่ำกว่าการนำเข้าทั้งคัน หากมีการทดสอบและปรับให้ใช้กับแปลงของเกษตรกรในแต่ละพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม จะเป็นแนวทางของการผลิตเครื่องจักรเก็บเกี่ยวถั่วลิสงเองในประเทศในอนาคต



Figure 14 Peanut combined harvester field test.

4 สรุป

ผลการทดสอบต้นแบบการขุดพบว่าการใช้ Gear 2 ความเร็ว 2.46 km hr^{-1} มีประสิทธิภาพในการขุดสูงและเหมาะสมที่จะเลือกมาใช้ในการขุด

ผลการทดสอบต้นแบบการปลิด เพื่อหาความเร็วการปลิดที่เหมาะสมในห้องปฏิบัติการกับถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 6 พบว่าเมื่อใช้มอเตอร์ไฟฟ้าควบคุมความเร็วเชิงเส้นของโซ่หนีบที่ 10 m s^{-1} พบว่าความเร็วเชิงเส้นของชุดปลิดที่ 3.75 m s^{-1} มีความเหมาะสมในการทำงาน เนื่องจากมีฝักแตกน้อยที่สุด

ผลการทดสอบการทำความสะอาดในห้องปฏิบัติการ สิ่งเจือปน 13.76% สิ่งเจือปนยังถือว่าสูง ควรต่ำกว่า 10% แนวทางคือต้องปรับพดลให้พอเหมาะ ถ้ามล แรงเกินไปลมจะพัดฝักที่มีเมล็ดเต็มออกมาด้วย

ผลการดำเนินการทดสอบขุดและปลิดถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 6 อายุเก็บเกี่ยว 131 day ความชื้นต้นถั่ว 37% ความชื้นฝักถั่ว 28% ความชื้นในดิน 75% (ที่ความลึก 30 cm) โดยใช้ความเร็วรถที่ 2.46 m s^{-1} ความเร็วเชิงเส้นของโซ่หนีบที่ 10 m s^{-1} ความเร็วเชิงเส้นของชุดปลิด 3.75 m s^{-1} อุปกรณ์มีความสามารถเชิงพื้นที่ในการขุดและปลิดฝักที่ 0.77 Rai hr^{-1} ความสามารถเชิงวัสดุในการขุด ที่ 221 kg hr^{-1} ประสิทธิภาพการขุด 87% ประสิทธิภาพการปลิด 88.26% ประสิทธิภาพขุดทำความสะอาด 82.77% มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันที่ $0.36 \text{ litre hr}^{-1}$ ผลการวิเคราะห์คุณภาพหลังการปลิด ได้ฝักสมบูรณ์ 67.6% ฝักแตก 1.7% ฝักติดหนวด 9.4% และเมล็ดลีบเน่า 21.3%

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการสร้างอุปกรณ์ต่างๆ

ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดสอบเครื่องจักร

บริษัทแม่รวมการเกษตร ที่อำนวยความสะดวกในการทดสอบเครื่องจักรและให้ความรู้ในการผลิตถั่วลิสง

นายวิชัย โอภาณุกุล ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ที่ช่วยให้คำแนะนำในการทำงาน ตั้งแต่ออกแบบเริ่มทำงานจนสำเร็จลุล่วง

6 เอกสารอ้างอิง

- วรยุทธ ศิริชุมพันธ์. 2559. วิจัยและพัฒนาถั่วลิสง. รายงานชุดโครงการวิจัย. กรมวิชาการเกษตร.
- วินิต ชินสุวรรณ. 2545. พัฒนาเครื่องขุด ปลิด และกะเทาะถั่วลิสง เมล็ดโตสำหรับการผลิตรายย่อย.
- สำนักงานส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร. 2545. สถานการณ์การผลิตพืช 2564/65. แหล่งข้อมูล: <http://www.agriman.doae.go.th/home/news/of9%20newsyear%202564.html>. เข้าถึงเมื่อ 20 พฤษภาคม 2566.
- Padmanathan, P.K., Kathirvel, K., Manian, R., Duraisamy, V.M. 2006. Design, development, and evaluation of tractor operated ground nut combine harvester. Journal of Applied Sciences Research 12(2), 1338-1341.
- Yun Chuan. 2019. Peanut Harvester Machinery Model 601 Peanut Harvesting Machine. Available at: <http://www.yc-ph.com/portfolio/other-models>. Accessed on 20 May 2023.