รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. **แผนงานวิจัย** : วิจัยและพัฒนากาแฟ
2. **โครงการวิจัย** : วิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟระดับเกษตรกร

   กิจกรรม : ศึกษาและพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด

   กิจกรรมย่อย (ถ้ามี): -
3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : ศึกษาและพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด

   ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Study and Development of a Coffee Harvester by Stripping Method

4. **คณะผู้ดำเนินงาน**

หัวหน้าการทดลอง :	นายมานพ รักญาติ	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
ผู้ร่วมงาน :	นายปรีชา อานันท์รัตนกุล	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
	นายเกรียงศักดิ์ นักผูก	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
	นายจิรวัสส์ เจียตระกูล	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	นายสุเมธ กาศสกุล	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
	นายพงษ์ระวี นามวงค์	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	นางสาวฉัตรนภา ข่มอาวุธ	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่
	นางสาวปานหทัย นพชินวงศ์	สังกัด ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร
	นายสนอง อมฤกษ์	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
	นายวิบูลย์ เทเพนทร์	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	นายนิทัศน์ ตั้งพินิจกุล	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

5. **บทคัดย่อ**

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด ลักษณะตัวเครื่องเป็นแบบพกพาได้ ต้นแบบประกอบด้วยก้านรูดผลกาแฟ 2 ก้าน ยาว 100 มิลลิเมตร หมุนสวนทางกัน ด้านข้างติดเส้น

ลวด 2 เส้น สำหรับรูดผลกาแฟออกจากต้น ก้านรูดผลกาแฟทำงานที่ความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อนาที ถ่ายทอดกำลังด้วยเฟือง ต้นกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ 6 วัตต์ ใช้แบตเตอรี่แห้ง 12 โวลต์ ให้กำลังไฟฟ้า โดยรอบตัวเครื่องติดริ้วพลาสติกเพื่อป้องกันผลกาแฟกระเด็นออกจากที่รองรับ ผลการทดสอบการใช้งานเครื่องต้นแบบในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟพันธุ์โรบัสตา และพันธุ์อะราบิกา ใช้ตาข่ายไนล่อนขนาด 1.2 x 1.5 เมตร รองรับผลกาแฟขณะเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยวผลกาแฟพันธุ์โรบัสตาใช้วิธีการเก็บเกี่ยวทั้งต้นเนื่องจากแปลงที่ทดสอบผลกาแฟสุกแก่พร้อมกัน ผลการทดสอบเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 85.19 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ ร้อยละ 1.47 การเก็บด้วยแรงงานคนมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 46.91 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ ร้อยละ 0.77 เครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บ 1.82 เท่า และในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟพันธุ์อะราบิกาใช้วิธีการเลือกเก็บเนื่องจากแปลงที่ทดสอบผลกาแฟสุกแก่ไม่พร้อมกัน พบว่าเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 30.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ ร้อยละ 1.33 มีผลกาแฟสีเขียวปนร้อยละ 2.66 การใช้แรงงานคนเก็บมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 15.00 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ ร้อยละ 0.66 มีผลกาแฟสีเขียวปนร้อยละ 1.68 เครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บ 2.04 เท่า

Abstract

The objective of this research were to study and develop a cherry stripper for harvesting coffee cherry. The Prototype is portable, consists of two 100 mm long rotary stripper shafts rotating in opposite direction. Shaft mount with 2 wire for strip coffee cherries off. Prototype operates at linear speed 4.18 m/s and transmits by gear trains, Power by 12-volt battery. Plastic curtain was installed to reduce losses. Test prototype by harvesting of Robusta and Arabica coffee by using nylon net 1.2 x 1.5 meter as the receiver. Robusta was whole harvested because coffee cherries ripe simultaneously. Result showed that average working capacity of the stripper was 85.19 kg/hr, loss 1.47%. Working capacity of hand stripping by worker was averaged 46.91 kg/hr, loss 0.77%. Harvesting by the stripper was faster than the hand stripping 1.82 times. The Arabica coffee was tested by select ripened coffee cherries. Found that the stripper average working capacity of 30.54 kg/hr, loss 1.33% and green cherry mixed 2.66%. While manual stripping was 15.00 kg/hr and loss 0.66% and green cherry mixed 1.68%. The stripper was faster than the hand stripping 2.04 times.

6. คำนำ

กาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทยที่ทำรายได้ให้เกษตรกรปีละประมาณ 5,500 ล้านบาท โดยในช่วงปี 2554-2558 ตลาดกาแฟมีการขยายตัวอย่างมาก ทำให้ความต้องการใช้เมล็ดกาแฟของโรงงานแปรรูปกาแฟในประเทศเพิ่มขึ้น จาก 61,480 ตัน ในปี 2554 เป็น 80,000 ตันในปี 2558 ในปี 2558 ประเทศไทยมีผลผลิตกาแฟ 26,089 ตัน และในปี 2559 มีผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 30,579 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560ก) มูลค่าการส่งออก 124 ล้านบาท และ 122 ล้านบาท ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560ข)

การเก็บเกี่ยวผลกาแฟเป็นขั้นตอนที่มีค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนอยู่ในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบกับขั้นตอนการผลิตอื่นๆ ในประเทศที่มีพื้นที่แปลงเพาะปลูกขนาดใหญ่ เช่น บราซิล มีการใช้รถเก็บเกี่ยวผลกาแฟ ซึ่งเป็นเครื่องขนาดใหญ่ โดยการตีผลให้ร่วงและลำเลียงเข้าถังพัก หรือลำเลียงขึ้นรถบรรทุกที่วิ่งคู่ขนาน (Efico Seabridge, 2010) สำหรับประเทศไทยการใช้รถเก็บเกี่ยวผลกาแฟไม่มีความคุ้มค่า เนื่องจากสวนกาแฟของไทยมีพื้นที่ขนาดเล็ก นอกจากนี้สวนกาแฟร้อยละ 70 ของกาแฟโรบัสตายังเป็นสวนผสม สำหรับบางพื้นที่ก็มีข้อจำกัดไม่สามารถใช้รถเก็บเกี่ยวได้ เช่น กาแฟอะราบิกาที่ปลูกตามดอย หรือพื้นที่ลาดเอียง

รูปที่ 1 การเก็บเกี่ยวผลกาแฟของประเทศบราซิล

ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม ควรเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่มีความสุกแก่เหมาะสม โดยเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่มีสีแดงหรือสีเหลือง หรือสีส้มแดง (ขึ้นอยู่กับพันธุ์) ไม่น้อยกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวทั้งผล ไม่ควรเก็บผลอ่อนที่มีสีเขียว ผลร่วง หรือผลกาแฟที่สุกเกินไป ผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้ไม่ควรมีผลกาแฟที่สุกแก่ไม่เหมาะสมเกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ของผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมด (กรมวิชาการเกษตร 2553) การเก็บเกี่ยวผลกาแฟใช้แรงงานคนเป็นขั้นตอนที่มีต้นทุนการผลิตสูง นอกจากนี้ในช่วงฤดูเก็บเกี่ยวมักประสบปัญหาขาดแคลนแรงงาน ในประเทศเวียดนามมีการผลิตและใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ (Vinh Ha Thanh, 2013) ทำงานได้รวดเร็ว โดยการรูดผลกาแฟให้หลุดออกจากกิ่งให้ร่วงหล่นบนพื้นซึ่งปูด้วยวัสดุรองรับ (รูปที่ 2) ผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้มีความสุกแก่คละปะปนกัน หากมีการศึกษาพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ และนำมาใช้เก็บเกี่ยวในช่วงเวลาที่เหมาะสมหรือการเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้าย จะเป็นทางหนึ่งในการช่วยลดต้นทุนการผลิตและแก้ปัญหาขาดแคลนแรงงานได้

รูปที่ 2 เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟของเวียดนาม

กาแฟไทยได้รับการยอมรับในด้านคุณภาพเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ แต่ต้นทุนการผลิตของไทยอยู่ในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบกับคู่แข่ง ทำให้แข่งขันกับประเทศคู่แข่งไม่ได้ในเรื่องราคาเมล็ดกาแฟ สาเหตุที่ต้นทุนของไทยสูงเนื่องจากมีผลผลิตต่อไร่ต่ำกว่า ประกอบกับค่าแรงของไทยสูงกว่าของเวียดนามและประเทศเพื่อนบ้าน การเก็บเกี่ยวประสบปัญหาค่าแรงงานสูงและขาดแคลนแรงงาน การนำเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟมาใช้ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวเป็นทางหนึ่งที่สามารถลดต้นทุนได้

7. วิธีดำเนินการ :

7.1 อุปกรณ์

1) เครื่องมือเก็บเกี่ยวกาแฟโดยวิธีรูดแบบพกพาของเวียดนาม
2) วัสดุสำหรับสร้างเครื่องต้นแบบ
3) เครื่องวัดความเร็วรอบ
4) นาฬิกาจับเวลา
5) เครื่องชั่ง
6) ที่รองรับผลกาแฟขณะเก็บเกี่ยว

7.2 วิธีการ

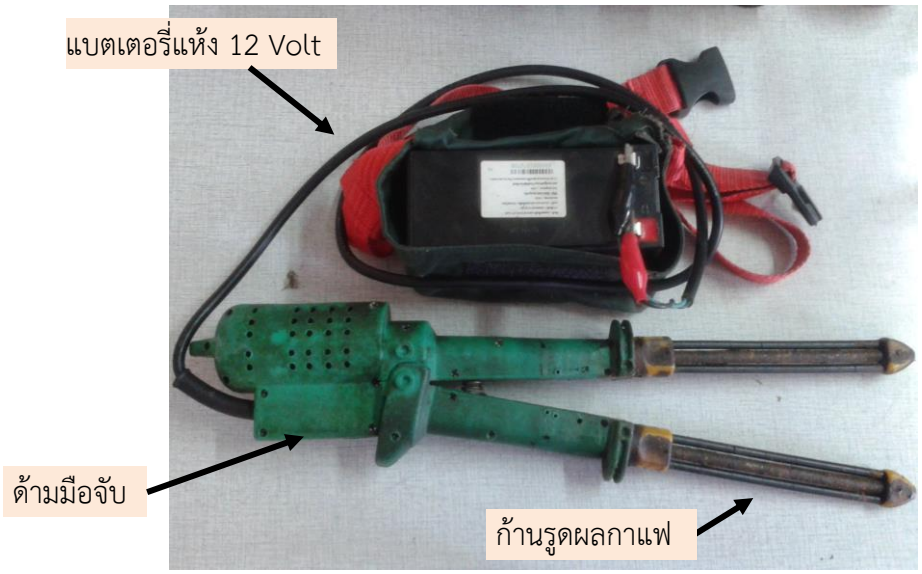
1) ศึกษาและทดสอบการใช้งานเครื่องมือเก็บเกี่ยวกาแฟโดยวิธีรูดแบบพกพาของเวียดนาม
2) ออกแบบพัฒนาสร้างต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ
3) ทดสอบเบื้องต้น แก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบ
4) ทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ความสามารถในการทำงาน และศึกษาผลกระทบของการใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวต่อการให้ผลผลิตกาแฟในฤดูต่อไป
5) วิเคราะห์ผลการทดสอบและสรุปผล

7.3 เวลาและสถานที่ ตุลาคม 2559 – กันยายน 2561

- กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี
- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
- ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร
- ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)
- แปลงเกษตรกรในพื้นที่เป้าหมาย

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

8.1 ศึกษาและทดสอบการใช้งานเครื่องมือเก็บเกี่ยวกาแฟโดยวิธีรูดแบบพกพาของเวียดนาม



รูปที่ 3 ส่วนประกอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟด้วยวิธีรูดของเวียดนาม

เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟด้วยวิธีรูดของเวียดนาม (รูปที่ 3) มีก้านหมุน 2 ก้าน หมุนในทิศทางตรงข้ามการใช้งานเครื่องให้ก้านหมุนทั้งสอง คร่อมกิ่งผลกาแฟบีบก้านหมุน 2 ก้านเข้าหากันแล้วรูดเครื่องเข้าหาตัวผู้ใช้งานตรงขั้วก้านหมุนมีสปริงทำหน้าที่ให้ก้านหมุนคืนตัวในขณะบีบและปล่อย ขนาดก้านรูดผลกาแฟกว้าง 21 มิลลิเมตร ยาว 14 เซนติเมตร ปลายเหลม ด้านข้างทั้งสองของชุดรูดผลกาแฟติดเส้นพลาสติกสีดำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร สวมอยู่บนเพลากลม ขณะที่เครื่องทำงานพลาสติกสีดำจะช่วยลดแรงกระแทกระหว่างก้านหมุนกับผลกาแฟ เครื่องขับด้วยมอเตอร์กระแสตรงรอบหมุน 13,500 รอบต่อนาที กำลังขนาด 6 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ ส่งต่อกำลังด้วยเพลาพลาสติกขับเฟืองก้านรูดผลกาแฟอัตราทด 1:3 ก้านรูดผลกาแฟหมุนด้วยความเร็วรอบ 4,500 รอบ/นาที แหล่งจ่ายไฟให้กับเครื่องใช้แบตเตอรี่แห้ง 12 โวลต์ ความจุแบตเตอรี่ 9 แอมแปร์-ชั่วโมง ตัวเครื่องรูดผลกาแฟมีน้ำหนัก 0.9 กิโลกรัม ส่วนแบตเตอรี่กับสายสะพายมีน้ำหนัก 3.1 กิโลกรัม

จากนั้นได้นำเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูดของเวียดนามไปทดสอบการใช้งานที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร ทดสอบความสามารถการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเปรียบเทียบกับการเก็บเกี่ยวด้วยคน ความสูงต้นกาแฟ 1.5-2 เมตร ระยะห่างระหว่างต้นกาแฟ 3 เมตร วิธีการเก็บเกี่ยวใช้ที่รองรับกว้าง 1.2 เมตร ยาว 1.5 เมตร สูง 0.60 เมตร รองรับผลกาแฟขณะทำการเก็บเกี่ยว (รูปที่ 4) จับเวลาการเก็บเกี่ยวผลกาแฟครั้งละ 10 นาที จำนวน 10 ซ้ำ

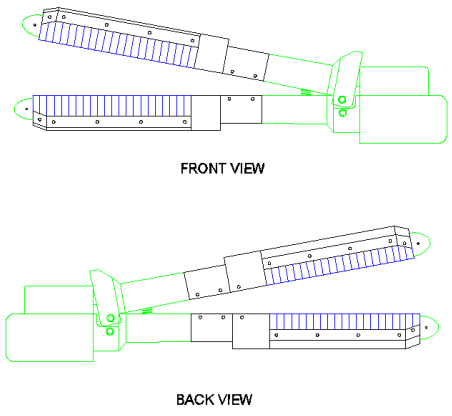
รูปที่ 4 ที่รองรับผลกาแฟขณะทำการเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวของเวียดนามเปรียบเทียบกับการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน

ซ้ำ	เครื่องเวียดนาม		คนเก็บ	
	ความสามารถ	สูญเสีย	ความสามารถ	สูญเสีย

	(กิโลกรัม/ชั่วโมง)	%	(กิโลกรัม/ชั่วโมง)	%
1	85.20	37.68	64.20	1.06
2	89.40	38.37	55.80	1.70
3	94.80	39.56	81.60	0.48
4	90.00	39.67	67.20	0.35
5	93.00	39.46	55.80	1.09
6	91.80	39.22	61.80	0.95
7	82.80	39.01	79.20	0.94
8	80.40	38.81	57.00	0.75
9	83.40	38.97	79.80	0.69
10	78.00	39.23	72.60	0.24
เฉลี่ย	86.88	39.00	67.50	0.83

ผลการทดสอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวกาแฟด้วยวิธีรูดของเวียดนาม เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 86.88 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ขณะทำการเก็บเกี่ยวมีผลผลิตสูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 39% คนเก็บมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 67.50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการสูญเสียเท่ากับ 0.83% เมื่อเปรียบเทียบความสามารถการทำงานเครื่องมีความสามารถสูงกว่าคนเก็บประมาณ 1.29 เท่า แต่ขณะเก็บเกี่ยวมีผลผลิตกระเด็นออกนอกที่รองรับค่อนข้างมาก จึงได้ออกแบบสร้างหน้ากากกันผลกาแฟกระเด็น โครงสร้างหน้ากากทำจากเหล็กบาง ม้วนพับขึ้นรูป ตำแหน่งด้านหน้าและด้านหลังหน้ากากติดม่านพลาสติกใสครอบทั้ง 2 ก้าน ตัวเครื่องมีน้ำหนัก 1.4 กิโลกรัม



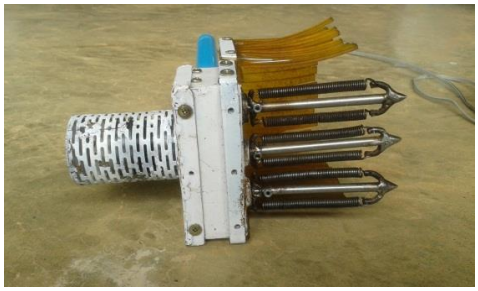
รูปที่ 5 ปรับปรุงเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟของเวียดนาม

ผลการทดสอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟของเวียดนามปรับปรุงแก้ไข ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร จับเวลาการเก็บเกี่ยวผลกาแฟครั้งละ 10 นาที จำนวน 10 ซ้ำ เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 46.7 กิโลกรัม/ชั่วโมง มีอัตราการสูญเสีย 1.47% และคนเก็บมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 36.48 กิโลกรัม/ชั่วโมง อัตราการสูญเสีย 0.83 % ความสามารถการทำงานสูงกว่าคนเก็บ 1.28 เท่า และเครื่องยังมีข้อบกพร่อง คือผู้ใช้งานเครื่องเกิดความเมื่อยล้าเนื่องจากต้องบีบก้านรูดผลกาแฟตลอดเวลาขณะเก็บเกี่ยว

8.2 ออกแบบพัฒนาสร้างต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ

ผลการทดสอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟของเวียดนามปรับปรุงแก้ไข พบว่าเครื่องมีความสามารถสูงกว่าคนเก็บ 1.28 เท่า แต่เครื่องยังมีข้อบกพร่อง คือ ผู้ใช้งานเครื่องเกิดความเมื่อยล้าเนื่องจากต้องบีบก้านรูดผลกาแฟขณะเก็บเกี่ยวตลอดเวลา จึงได้ทำการออกแบบพัฒนาและสร้างต้นแบบเบื้องต้น (รูปที่ 6) เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าว จากการทดสอบการใช้งานเบื้องต้นเครื่องยังมีข้อบกพร่องบางประการที่ต้องปรับปรุง แก้ไข เช่น ระบบต้นกำลัง ระบบส่งต่อกำลัง และก้านรูดผลกาแฟมีจำนวนมากเกินไปทำให้การเก็บเกี่ยวไม่คล่องตัว

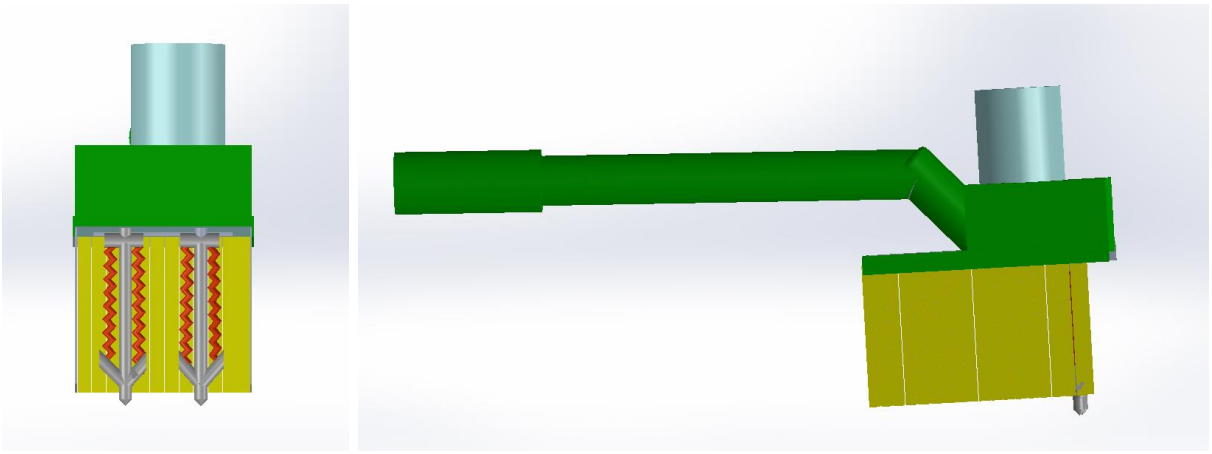
รูปด้านข้าง



รูปด้านหน้า

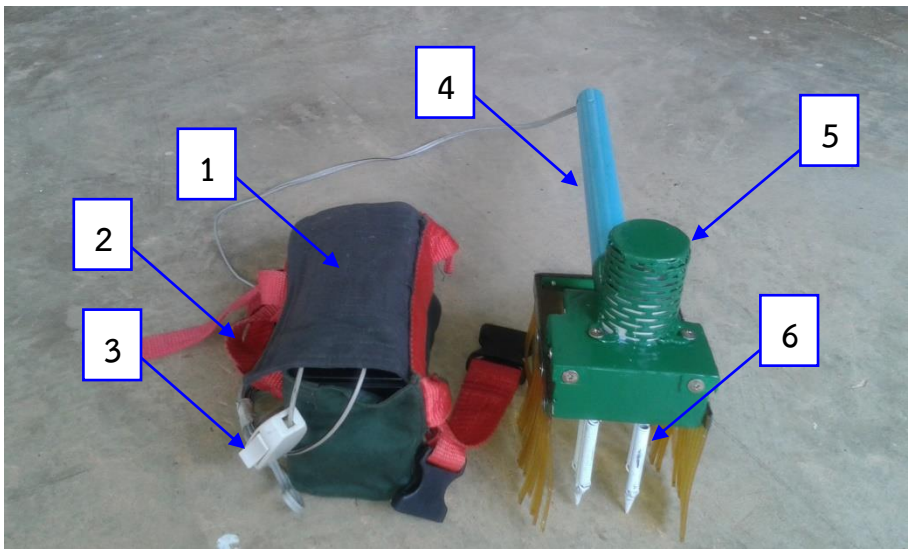
รูปที่ 6 ต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟด้วยวิธีรูดต้นแบบเบื้องต้น

จากข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบเบื้องต้น จึงได้ทำการออกแบบพัฒนาและสร้างเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ออกแบบต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟด้วยวิธีรูด

รูปที่ 8 สร้างเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟด้วยวิธีรูด



รูปที่ 9 ต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟด้วยวิธีรูด

ส่วนประกอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด หมายเลข 1 แบตเตอรี่แห้ง 12 โวลต์ หมายเลข 2 สายสะพายแบตเตอรี่ หมายเลข 3 สวิตซ์ไฟ หมายเลข 4 ด้ามจับ หมายเลข 5 มอเตอร์กระแสตรง หมายเลข 6 ก้านรูดผลกาแฟแบบใช้สปริงดึง ตัวเครื่องมีน้ำหนัก 0.95 กิโลกรัม

8.3 ทำการทดสอบเบื้องต้น แก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบ

เมื่อสร้างต้นแบบเสร็จได้นำเครื่องไปทดสอบเพื่อหาความเร็วเชิงเส้นที่เหมาะสมสำหรับใช้เก็บเกี่ยวผลกาแฟ ทำการทดสอบที่ความเร็วเชิงเส้น 2.62, 3.14, 3.67, 4.18 และ 4.71 เมตรต่อวินาที พันธุ์กาแฟที่ใช้ทดสอบเลือกใช้พันธุ์โรบัสตา เนื่องจากขั้วผลจะเหนียวกว่าพันธุ์อะราบิกา การทดสอบใช้วิธีรูดกิ่งผลกาแฟที่สุกแก่ทั้งกิ่ง นับผลกาแฟก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว โดยเลือกความเร็วเชิงเส้นค่าต่ำที่สุดที่เก็บเกี่ยวผลกาแฟได้ทั้งหมดไม่มีค้างกิ่งผล เนื่องจากถ้าความเร็วเชิงเส้นก้านรูดยิ่งสูงมากผลกาแฟจะกระเด็นมากตามไปด้วย ผลการทดสอบดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบหาความเร็วเชิงเส้นของก้านรูดผลกาแฟ

ซ้ำที่	2.62 m/s		3.14 m/s		3.67 m/s		4.18 m/s		4.71 m/s	
	เก็บเกี่ยวผลกาแฟได้ (%)	ผลกาแฟค้างกิ่งผล(%)	เก็บเกี่ยวผลกาแฟได้ (%)	ผลกาแฟค้างกิ่งผล (%)	เก็บเกี่ยวผลกาแฟได้ (%)	ผลกาแฟค้างกิ่งผล (%)	เก็บเกี่ยวผลกาแฟได้ (%)	ผลกาแฟค้างกิ่งผล (%)	เก็บเกี่ยวผลกาแฟได้ (%)	ผลกาแฟค้างกิ่งผล (%)
1	96.30	3.70	98.95	1.05	99.05	0.95	100.00	0.00	100.00	0.00
2	96.36	3.64	97.78	2.22	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
3	98.08	1.92	99.10	0.90	99.11	0.89	100.00	0.00	100.00	0.00
4	98.67	1.33	97.92	2.08	99.15	0.85	100.00	0.00	100.00	0.00
5	97.30	2.70	98.95	1.05	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
เฉลี่ย	**97.34**	**2.66**	**98.54**	**1.46**	**99.46**	**0.54**	**100.00**	**0.00**	**100.00**	**0.00**

ผลการทดสอบความเร็วของก้านรูดผลกาแฟความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อวินาที ให้ผลการทดสอบดีที่สุด เนื่องจากเป็นความเร็วเชิงเส้นค่าต่ำที่สุดที่เครื่องสามารถเก็บผลกาแฟได้ทั้งหมดโดยไม่มีค้างกิ่งผล

เมื่อได้ความเร็วเชิงเส้นที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟแล้ว ได้นำเครื่องไปทดสอบการใช้งานเบื้องต้นที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร และที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ครั้งละ 10 นาที ผลการทดสอบดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบเบื้องต้นเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด เปรียบเทียบกับการเก็บเกี่ยวด้วยคน (พันธุ์กาแฟโรบัสตา) ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร

ซ้ำที่	เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องรูด		เก็บเกี่ยวด้วยคน	
	ความสามารถ (กก./ชม)	% สูญเสีย	ความสามารถ (กก./ชม)	% สูญเสีย
1*	103.80	0.0005	44.40	0.00
2	68.40	0.0013	33.00	0.00
3	53.40	0.0010	39.60	0.00
4	63.00	0.0022	28.20	0.00
5*	246.00	0.0002	108.00	0.00
เฉลี่ย	**106.92**	**0.0010**	**50.64**	**0.00**

***ผลผลิตต่อต้นค่อนข้างมาก

จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบเบื้องต้นเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ครั้งละ 10 นาที ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร ความสูงต้นกาแฟ 1.6- 2 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 1.2-1.5 เมตร การทดสอบใช้วิธีเก็บเกี่ยวทั้งต้น เนื่องจากผลกาแฟสุกแก่พร้อมกัน พบว่าเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 106.92 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 0.001% และคนเก็บเกี่ยวมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 50.64 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ไม่มีสูญเสีย เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานแล้วเครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บเกี่ยว 2.11 เท่า

เก็บเกี่ยวด้วยคน

เก็บเกี่ยวด้วยเครื่อง

รูปที่ 10 ทดสอบเบื้องต้นเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร

และได้นำเครื่องมือเก็บเกี่ยวกาแฟโดยวิธีรูดไปทดสอบการใช้งานในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟพันธุ์อะราบิกา ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ครั้งละ 10 นาที การเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องใช้ตาข่ายไนล่อนขนาด 1.2 x 1.5 เมตร รองรับผลกาแฟขณะเก็บเกี่ยว เปรียบเทียบกับวิธีเก็บเกี่ยวของเกษตรกร การทดสอบใช้วิธีเลือกเก็บเนื่องจากผลกาแฟสุกแก่ไม่พร้อมกัน ผลการทดสอบดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบเบื้องต้นเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด เปรียบเทียบกับการเก็บเกี่ยวด้วยคน (พันธุ์กาแฟอะราบิกา) ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)

ซ้ำที่	**เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องรูด**			**เก็บเกี่ยวด้วยคน**		
	ความสามารถทำงาน (กก./ชม)	% สูญเสีย	% ผลเขียวปน	ความสามารถทำงาน (กก./ชม)	% สูญเสีย	% ผลเขียวปน
1	19.20	0.00	0.00	10.20	0.39	0.00
2	45.00	0.03	11.27	9.60	0.31	0.00
3	31.80	0.17	21.17	8.40	0.00	0.00
4	31.20	0.40	21.38	21.60	0.59	0.00
5	36.00	0.60	3.63	7.80	0.98	0.00
เฉลี่ย	**32.64**	**0.24**	**11.49**	**11.52**	**0.45**	**0.00**

ผลการทดสอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวกาแฟโดยวิธีรูด ในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟพันธุ์อะราบิกา ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ความสูงต้นกาแฟ 1.7- 2 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 1.4-1.6 พบว่าเครื่องความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 32.64 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 0.24% มีกาแฟผลสีเขียวปนเฉลี่ย 11.49% และคนเก็บมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 11.52 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียร่วงหล่นนอกตะกร้า 0.45% ไม่มีกาแฟผลสีเขียวปน เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานแล้วเครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บเกี่ยว 2.83 เท่า

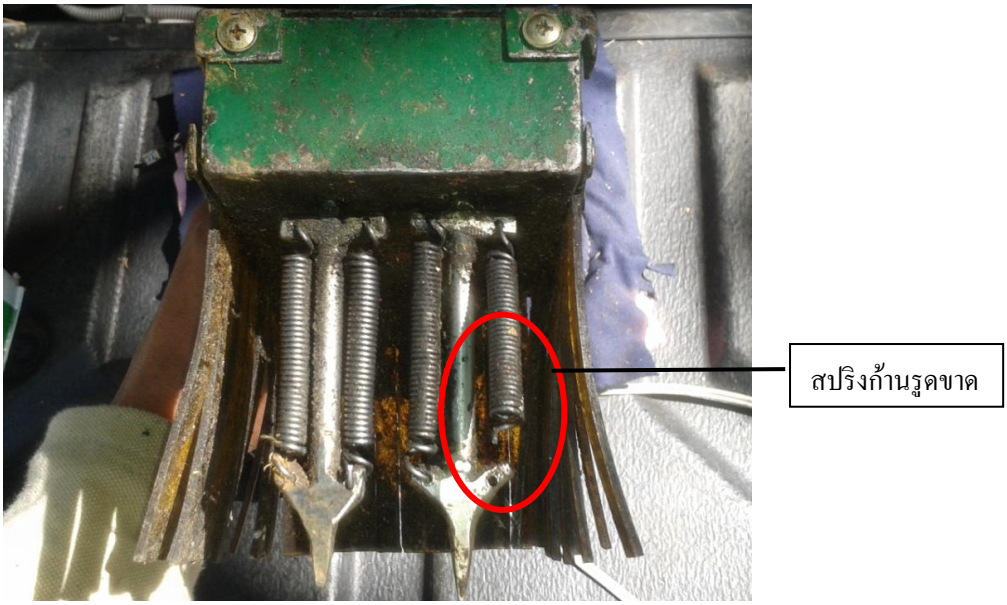
เก็บเกี่ยวด้วยแรงงาน

เก็บเกี่ยวด้วยเครื่อง

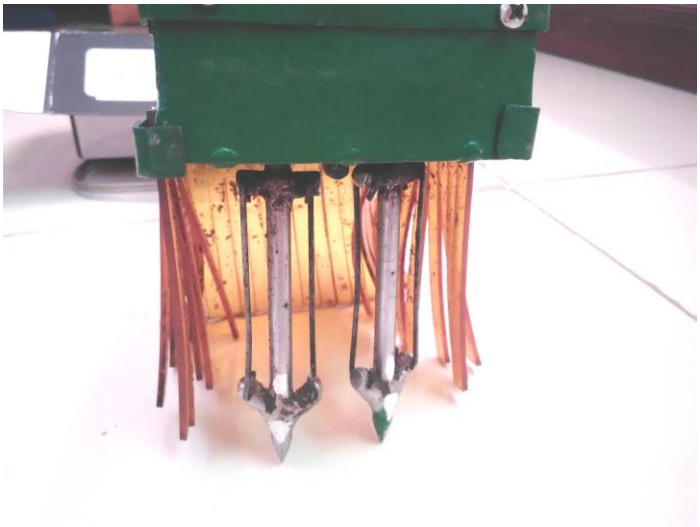
รูปที่ 11 ทดสอบการใช้งานเบื้องต้นเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)

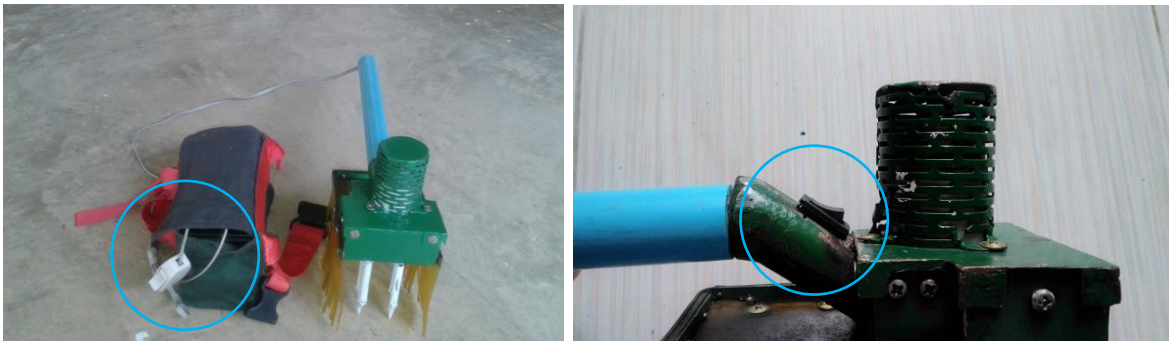
รูปที่ 12 ผลกาแฟอะราบิกาที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่อง

จากการทดสอบการใช้งานเครื่องเบื้องต้น พบว่าเครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บเกี่ยวประมาณ 2 เท่า แต่พบปัญหาคือสปริงก้านรูดผลกาแฟขาดบ่อย ขณะใช้งานต่อเนื่อง (รูปที่ 13) จึงได้ทำการออกแบบปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องโดยเปลี่ยนก้านรูดจากเดิมใช้สปริงดึง มาเป็นแบบใช้เส้นลวดสปริงและปรับเปลี่ยนตำแหน่งสวิทซ์ปิด-เปิด จากอยู่ตำแหน่งนอกตัวเครื่องมาอยู่ที่ตำแหน่งด้ามจับของเครื่อง (รูปที่ 14)



รูปที่ 13 ปัญหาสปริงก้านรูดกาแฟขาดขณะใช้งาน





รูปที่ 14 ปรับปรุงก้านรูดแบบสปริงดึงเป็นแบบใช้เส้นลวดสปริง และเปลี่ยนตำแหน่งสวิทซ์

รูปที่ 15 ต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่ทำการปรับปรุงแก้ไขแล้ว

8.4) ทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ความสามารถในการทำงาน และศึกษาผลกระทบของการใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวต่อการให้ผลผลิตกาแฟในฤดูต่อไป

เมื่อปรับปรุงแก้ไขเครื่องจนได้ต้นแบบที่สมบูรณ์แล้ว ได้นำต้นแบบเครื่องมือเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูดไปทดสอบการใช้งานที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร ใช้วิธีเก็บเกี่ยวทั้งต้นเนื่องจากผลกาแฟสุกแก่พร้อมกัน ทำการทดลอง 10 ซ้ำ ครั้งละ 10 นาที ผลการทดสอบดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูดที่ปรับปรุงแก้ไข เทียบกับการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน (พันธุ์กาแฟโรบัสตา) ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร

ซ้ำที่	เก็บเกี่ยวด้วยเครื่อง	เก็บเกี่ยวด้วยคน

	ความสามารถ (กก./ชม)	% สูญเสีย	ความสามารถ (กก./ชม)	% สูญเสีย
1	78.00	0.78	47.76	0.75
2	82.80	0.49	60.75	1.19
3	77.14	0.93	50.09	1.03
4	82.80	2.18	51.89	0.84
5	95.29	3.00	41.74	0.59
6	88.16	1.68	45.78	0.82
7	91.91	2.50	43.57	0.73
8	94.74	1.27	38.73	0.51
9	80.00	0.81	48.81	0.76
10	81.00	1.06	40.00	0.46
เฉลี่ย	**85.19**	**1.47**	**46.91**	**0.77**

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูดที่ปรับปรุงแก้ไข ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร ความสูงต้นกาแฟ 1.6- 2.2 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 1.2-1.5 เมตร เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 85.19 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 1.47% และคนเก็บเกี่ยวมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 46.91 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 0.77% เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานแล้วเครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บเกี่ยว 1.82 เท่า

เก็บเกี่ยวด้วยเครื่อง

เก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน

รูปที่ 16 ทดสอบการใช้งานต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร

รูปที่ 17 ผลกาแฟโรบัสตาที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่อง

และนำเครื่องไปทดสอบการใช้งานในพื้นที่ไร่เกษตรกร บ้านปางม่วง ต. แจ้ซ้อน อ. เมืองปาน จ.ลำปาง การทดสอบใช้วิธีการเลือกเก็บเนื่องจากผลกาแฟสุกแก่ไม่พร้อมกัน ผลการทดสอบดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด เทียบกับการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน (พันธุ์กาแฟอะราบิกา) ที่ไร่เกษตรกร บ้านปางม่วง ต.แจ้ซ้อน อ.เมืองปาน จ.ลำปาง

ซ้ำที่	เก็บเกี่ยวด้วยเครื่อง			เก็บเกี่ยวด้วยคน		
	ความสามารถ (กก./ชม)	ผลเขียวปน (%)	สูญเสีย (%)	ความสามารถ (กก./ชม)	ผลเขียวปน (%)	สูญเสีย (%)
1	29.10	2.58	1.11	16.20	2.79	0.91
2	36.60	2.29	1.26	13.20	1.65	0.80
3	32.40	1.80	1.48	14.70	1.66	0.69
4	28.80	3.01	1.43	15.90	1.16	0.39
5	25.80	3.60	1.38	15.00	1.15	0.51
เฉลี่ย	**30.54**	**2.66**	**1.33**	**15.00**	**1.68**	**0.66**

จากตารางที่ 6 ผลทดสอบการใช้งานเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ ที่บ้านปางม่วง ต.แจ้ซ้อน อ.เมืองปาน จ. ลำปาง ทำการทดสอบจำนวน 5 ซ้ำ ครั้งละ 10 นาที ความสูงต้นกาแฟ 1.6- 2.0 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 1.0-1.5 เมตร พบว่าเครื่องความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 30.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีผลเขียวปน 2.66% สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 1.33% และคนเก็บเกี่ยวมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 15.00 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีผลเขียวปน 1.68% สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 0.66% เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานแล้วเครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บเกี่ยว 2.04 เท่า

ทำการเก็บข้อมูลศึกษาผลกระทบของการใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูดที่จะให้ผลผลิตในฤดูกาลถัดไป พบว่า ต้นกาแฟที่เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องออกผลเป็นปกติ กิ่งก้านที่ออกผลไม่ได้รับความเสียหายจากการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่อง ดังรูปที่ 18

รูปที่ 18 ต้นกาแฟที่เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องต้นแบบ

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูดที่ออกแบบพัฒนาขึ้น ตัวเครื่องประกอบด้วยก้านรูดผลกาแฟ 2 ก้าน ยาว 100 มิลลิเมตร หมุนสวนทางกัน ด้านข้างติดเส้นลวด 2 เส้น สำหรับรูดผลกาแฟออกจากต้น ก้านรูดผลกาแฟทำงานที่ความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อนาที ถ่ายทอดกำลังด้วยเฟือง ต้นกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ 6 วัตต์ ใช้แบตเตอรี่แห้ง 12 โวลต์ ให้กำลังไฟฟ้า โดยรอบตัวเครื่องติดริ้วพลาสติกเพื่อป้องกันผลกาแฟกระเด็นออกที่รองรับ

ผลการทดสอบการใช้งานต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ ใช้ตาข่ายไนล่อนขนาด 1.2 x 1.5 เมตร รองรับผลกาแฟขณะเก็บเกี่ยว ในการเก็บเกี่ยวกาแฟพันธุ์โรบัสตา และพันธุ์อะราบิกา การเก็บเกี่ยวผลกาแฟพันธุ์โรบัสตาใช้วิธีการเก็บเกี่ยวทั้งต้นเนื่องจากแปลงที่ทดสอบผลกาแฟสุกแก่พร้อมกัน ผลการทดสอบเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 85.19 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 1.47 เปอร์เซ็นต์ การเก็บด้วยแรงงานคนมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 46.91 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 0.77 เปอร์เซ็นต์ เครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บ 1.82 เท่า และในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟพันธุ์อะราบิกาใช้วิธีการเลือกเก็บเนื่องจากแปลงที่ทดสอบผลกาแฟสุกแก่ไม่พร้อมกัน ผลการทดสอบพบว่าเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 30.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 1.33 เปอร์เซ็นต์ มีผลกาแฟสีเขียวปน 2.66 เปอร์เซ็นต์ และคนเก็บเกี่ยวมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 15.00 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 0.66 เปอร์เซ็นต์ มีกาแฟผลสีเขียวปน 1.68 เปอร์เซ็นต์ เครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บ 2.04 เท่า ซึ่งถ้าเกษตรกรจะนำเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟไปใช้งาน ควรใช้เก็บเกี่ยวในช่วงเวลาที่เหมาะสม คือ ผลกาแฟสุกแก่ทั้งต้นหรือสุกแก่มากกว่า 70 % ของต้น จะทำให้เก็บเกี่ยวได้รวดเร็ว ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการขาดแคลนแรงงาน และลดต้นทุนการผลิตกาแฟได้

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ปัจจุบันได้นำต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยไปวิธีรูดไปเผยแพร่ให้กับเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟพันธุ์อะราบิกาในภาคเหนือ ผู้ปลูกกาแฟพันธุ์โรบัสตาในพื้นที่ภาคใต้ และปัจจุบันมีเกษตรกรสนใจนำเครื่องต้นแบบไปใช้งานระยะยาวในพื้นที่

11. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จ.ปทุมธานี และศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ในการสร้างและทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบ ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) และเกษตรกร ต.แจ้ซ้อน อ.เมืองปาน จ.ลำปาง ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทดลอง และอำนวยความสะดวกในการทดสอบเครื่องในพื้นที่ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

12. เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2553. เทคโนโลยีการผลิตกาแฟแบบครบวงจร. เอกสารวิชาการการจัดการองค์ความรู้ของสถาบันวิจัยพืชสวนในปี 2553.

ยุทธศาสตร์กาแฟ ปี 2560-2564. 2560. ยุทธศาสตร์กาแฟ. แหล่งที่มา : http://www.natres.psu.ac.th/Department/PlantScience/RoC-R/doc/RU-60-v1-04.pdf. (สืบค้นเมื่อวันที่ 4 ธ.ค. 2561)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560ก. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร กาแฟ. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/download/prcai/farmcrop/coffee.pdf. (สืบค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2561)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560ข. สถิติการส่งออกกาแฟ. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export.php. (สืบค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2561)

Efico Seabridge. 2010. Picking Methods Machines. แหล่งที่มา: https://www.youtube.com/watch?v=RjTNcA1ImD4&t=29s. (สืบค้นเมื่อวันที่ 11 ต.ค. 2559)

Vinh Ha Thanh. 2013. Coffee Picker Latest Innovations. แหล่งที่มา:
https://www.youtube.com/watch?v=qgC0kZ8qpx0&t=15s. (สืบค้นเมื่อวันที่ 3 ธ.ค. 2561)

13. ภาคผนวก

-