

วิจัยและพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ

Research and Development of a Coffee Harvester

มานพ รักญาติ¹ สนอง อมฤกษ์¹ ปรีชา อนันต์รัตนกุล² พงษ์วี นามวงศ์¹ ปานหทัย นพชินวงศ์³

ฉัตรตนา ข่มอาวุธ⁴ นิติ ผูกจิต¹ ทศพร จันทรเดช¹ สมชาย ปินใจกุล¹

Manop Rakyat¹ Sanong Amarook¹ Preecha Ananratanakul² Pongrawee Namwong¹

Parnhathai Nopchinwong³ Chatnapa Khomarwut⁴ Niti Phookjit¹

Tossaporn Chandech¹ Somchai Pinjaikul¹

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟแบบพกพา ตัวเครื่องประกอบด้วย แกนหมุน 2 แกน ยาว 100 มิลลิเมตร หมุนสวนทางกัน ด้านข้างแกนหมุนติดเส้นลวดสปริง 2 เส้น สำหรับรูดผลกาแฟออกจากกิ่ง ก้านรูดผลกาแฟทำงานที่ความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อวินาที ส่งต่อกำลังด้วยเฟือง ต่อกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ 6 วัตต์ ใช้แบตเตอรี่ขนาดเล็ก 12 โวลต์ให้กำลังไฟฟ้า โดยรอบตัวเครื่องติดตั้งพลาสติกตัดเรียงเป็นเส้นเพื่อป้องกันผลกาแฟกระเด็นออกจากที่รองรับ ผลทดสอบการใช้งานเครื่องต้นแบบในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตาจากต้นที่สูงแก่พร้อมกัน ใช้ดาข่ายในลอนขนาด 1.20x1.50x0.50 เมตร รองรับผลกาแฟขณะเก็บเกี่ยว ผลการทดสอบเครื่องสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตเฉลี่ย 85.18 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับเฉลี่ย 1.47 เปอร์เซ็นต์ การเก็บด้วยแรงงานคนได้ผลผลิตเฉลี่ย 46.91 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับเฉลี่ย 0.77 เปอร์เซ็นต์ เครื่องมีความสามารถการทำงานมากกว่าคนเก็บ 1.81 เท่า และในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟอะราบิกาจากต้นที่มีความสุกแก่ 80 เปอร์เซ็นต์ เครื่องมีความสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตเฉลี่ย 30.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับเฉลี่ย 1.33 เปอร์เซ็นต์ มีผลกาแฟสีเขียวปนเฉลี่ย 2.66 เปอร์เซ็นต์ การใช้แรงงานคนเก็บได้ผลผลิตเฉลี่ย 15.00 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับเฉลี่ย 0.66 เปอร์เซ็นต์ มีผลกาแฟสีเขียวปนเฉลี่ย 1.68 เปอร์เซ็นต์ เครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บ 2.04 เท่า ปัจจุบันมีบริษัทเอกชน

¹ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ 235 ม. 3 ต. แม่เหียะ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50100

¹ Chiang Mai Agricultural Engineering Research Center 235 Moo 3, Mae Hia, Muang, Chiang Mai, 50100

² กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม 12 ม. 13 ต. คลองหนึ่ง อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12120

² Postharvest Engineering Research Group, Agricultural Engineering Research Institute, 12, Moo 13, Klong Nung, Klong Luang, Pathum Thani, 12120

³ ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร 70 ม. 2 ต. วิสัยใต้ อ. สวี จ. ชุมพร 86130

³ Chumphon Horticultural Research Center 70 Moo 2 Wisai Tai, Sawi, Chumphon 86130

⁴ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรแพร่ 205 ม. 5 ต. วังหงส์ อ. เมืองแพร่ จ. แพร่ 54000

⁴ Phrae Agricultural Research and Development Center 205 Moo 5 Wang Hong, Mueang, Phrae 54000

มาขอแบบพิมพ์เขียวไปผลิตจำหน่ายเชิงพาณิชย์ให้แก่เกษตรกรใช้งานแล้วมากกว่า 15 เครื่อง ในราคาเครื่องละ 4,900 บาท

คำสำคัญ: การเก็บเกี่ยวผลกาแฟ เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ กาแฟโรบัสตา กาแฟอะราบิกา

ABSTRACT

The objective of this research is to investigate and develop a portable stripper for harvesting coffee cherries. It consisted of two 100 mm long shafts rotating in opposite direction. Two spring wires were attached parallel to each shaft for stripping cherry off at the linear speed 4.18 m/s. The stripper was driven by a 6-watt dc motor, power by a 12-volt battery. The plastic band curtain was installed by surround the stripper shaft to reduce fruit losses. During harvesting test, a nylon net receptacle sized 1.20x1.50x0.50 m was used for collecting harvested cherries coffee. For Robusta coffee, all cherries were stripped off owing to uniform ripening. Test results showed that average working capacity of the stripper was 85.18 kg/hr with 1.47% loss and faster than hand stripping 1.81 times. For arabica coffee, only mature cherries were stripped off, average working capacity was 30.54 kg/hr with 1.33% loss and mixed green cherry 2.66%. The stripper was faster than the hand stripping 2.04 times. At present, more than 15 machines have been produced and distributed to the farmers by the private sector at a price of 4,900 baht per unit.

Keywords: coffee harvesting, coffee harvesters, robusta coffee, arabica coffee

คำนำ

กาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทย ทำรายได้ให้เกษตรกรแต่ละปีมากกว่า 5,500 ล้านบาท กาแฟที่ปลูกในประเทศไทยมี 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์อะราบิกาปลูกมากในพื้นที่ภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง น่าน แม่ฮ่องสอน และตาก ส่วนพันธุ์โรบัสตาปลูกมากในพื้นที่ภาคใต้ ได้แก่ ชุมพร ระนอง และนครศรีธรรมราช ปี พ.ศ. 2564 มีพื้นที่ปลูก 268,211 ไร่ ผลผลิต 21,773 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ในปี พ.ศ. 2559 - 2563 ตลาดกาแฟมีการขยายตัวเป็นอย่างมากทำให้ความต้องการใช้เมล็ดกาแฟของโรงงานแปรรูปในประเทศเพิ่มขึ้นจาก 85,000 ตัน ในปี พ.ศ. 2559 เป็น 105,000 ตัน ในปี พ.ศ. 2563 แต่ไทยสามารถผลิตเมล็ดกาแฟดิบได้เพียง 23,000 ตันต่อปี ทำให้ผลผลิตไม่เพียงพอกับความต้องการ จึงต้องพึ่งพาการนำเข้าเมล็ดกาแฟจากต่างประเทศ โดยแต่ละปีมีมูลค่าการส่งออกมากกว่า 6,000 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) อย่างไรก็ตาม การเก็บเกี่ยวผลกาแฟเป็นขั้นตอนที่มีค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนอยู่ในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบกับ

ขั้นตอนการผลิตอื่น ๆ ในประเทศที่มีพื้นที่แปลงเพาะปลูกขนาดใหญ่ เช่น บราซิล มีการใช้รถเก็บเกี่ยวผลกาแฟ เป็นเครื่องขนาดใหญ่โดยการตีผลกาแฟที่อยู่บนต้นให้ร่วง ทำความสะอาดแยกสิ่งเจือปนเบื้องต้นส่งเข้าถังพัก จากนั้นลำเลียงขึ้นรถบรรทุกที่วิ่งคู่ขนานเพื่อเคลื่อนย้ายผลผลิตออกจากแปลงปลูก (Efico, 2010) สำหรับประเทศไทยการใช้รถเก็บเกี่ยวผลกาแฟยังไม่มีมูลค่า เนื่องจากสวนกาแฟของไทยมีพื้นที่ขนาดเล็ก ประกอบกับสวนกาแฟร้อยละ 70 ของกาแฟโรบัสตาเป็นสวนผสม ปลูกร่วมกับพืชอื่น ๆ สวนกาแฟอะราบิกาพื้นที่ส่วนมากปลูกตามดอยหรือพื้นที่ลาดเอียง ได้ร่มเงาต้นไม้บนพื้นที่สูงที่มีอากาศหนาวเย็น (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2553) มีข้อจำกัดไม่สามารถใช้รถเก็บเกี่ยวผลกาแฟได้ ในต่างประเทศ เช่น ประเทศเวียดนามมีการผลิตและใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ โดยการรูดผลกาแฟที่สุกแก่ให้หลุดออกจากกิ่งผล ผลกาแฟจะร่วงหล่นบนพื้นซึ่งปูด้วยผ้าใบใต้ต้นกาแฟที่เก็บเกี่ยว โดยผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้มีความสุกแก่และปะปนกัน (Vinh, 2013)

การเก็บเกี่ยวผลกาแฟในประเทศไทยใช้แรงงานคนเป็นหลัก ซึ่งควรเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่มีความสุกแก่เหมาะสม โดยเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่มีสีแดง หรือสีเหลือง หรือสีส้มแดง (ขึ้นอยู่กับพันธุ์) ไม่น้อยกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวทั้งผล ไม่ควรเก็บผลอ่อนที่มีสีเขียว ผลร่วง หรือผลกาแฟที่สุกเกินไป ผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้ไม่ควรมีผลกาแฟที่สุกแก่ไม่เหมาะสมเกิน 5 เปอร์เซ็นต์ของผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมด (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2553) ทำให้ช่วงเก็บเกี่ยวประสบปัญหาขาดแคลนแรงงาน เนื่องจากแต่ละสวนมีความต้องการแรงงานมากพร้อม ๆ กัน การเก็บผลกาแฟด้วยแรงงานคนมีต้นทุนค่าเก็บประมาณ 5 - 8 บาทต่อกิโลกรัมผลสด (ขึ้นอยู่กับพื้นที่ปลูก) จากที่กล่าวมาด้วยข้อจำกัดเรื่องสภาพพื้นที่ ลักษณะการปลูก และยังไม่มีเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟขนาดเล็กมาช่วยเก็บเกี่ยว ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมจึงดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟขนาดเล็กแบบพกพาที่เหมาะสมกับสภาพการปลูกกาแฟดังกล่าวมาข้างต้น ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิตกาแฟและแก้ปัญหาขาดแคลนแรงงานในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตกาแฟได้

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาสภาพการปลูกกาแฟ วิธีการเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตา และกาแฟอะราบิกา โดยวิธีการค้นคว้าสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนามในพื้นที่ และสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่ภาคใต้ ได้แก่ จังหวัด ชุมพร ระนอง และ สุราษฎร์ธานี จำนวน 3 แห่ง และภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ และลำปาง จำนวน 3 แห่ง
2. ศึกษาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟของต่างประเทศ จำนวน 2 รูปแบบของประเทศเวียดนาม และประเทศจีน และนำเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟของประเทศเวียดนามมาทดสอบใช้งานเบื้องต้น เก็บเกี่ยวกาแฟที่ต้นสูง 1.5 - 2 เมตรเปรียบเทียบกับแรงงานคน (ใช้มือเก็บ) ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จังหวัดชุมพร
3. ออกแบบ และสร้างเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟให้เป็นแบบพกพาได้ โดยคำนึงถึงวิธีการเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่ใช้อยู่ในปัจจุบันที่กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
4. หาความเร็วเชิงเส้นที่เหมาะสมของก้านรูดผลกาแฟ คำนวณหาความเร็วเชิงเส้น ทำการทดสอบเก็บข้อมูลเพื่อนำมาใช้สำหรับเก็บเกี่ยวผลกาแฟของเครื่องต้นแบบ ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร

5. ทดสอบการใช้งานและปรับปรุงต้นแบบ ทดสอบการใช้งานเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟเบื้องต้นที่ ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร และศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ปรับปรุงพัฒนาเครื่องต้นแบบให้ใช้งานได้มีประสิทธิภาพที่ศูนย์วิจัยเกษตรกรรมเชียงใหม่ เก็บข้อมูลการใช้งานเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่ออกแบบพัฒนาขึ้นในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตาและกาแฟอะราบิกาเปรียบเทียบกับ การเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคนที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร (กาแฟโรบัสตา) และแปลงปลูกกาแฟเกษตรกร (กาแฟอะราบิกา) ตำบลแจ้ซ้อนอำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) วิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม และติดตามผลกระทบของการใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟต่อ ต้นกาแฟในการให้ผลผลิตกาแฟในฤดูต่อไป ดำเนินการวิจัยระหว่างเดือนตุลาคม 2558 ถึง เดือนกันยายน 2562

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ศึกษาสภาพการปลูกกาแฟ วิธีการเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตาและกาแฟอะราบิกา

กาแฟโรบัสตา ปลูกมากในพื้นที่ภาคใต้ที่ระดับความสูงไม่เกิน 700 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง อุณหภูมิที่เหมาะสม 20 - 30 องศาเซลเซียส (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2553) การปลูกกาแฟโรบัสตาของเกษตรกรในประเทศไทยมีการปลูกแบบเชิงเดี่ยวและปลูกแซมร่วมกับพืชอื่น การปลูกแบบเชิงเดี่ยว 170 ต้นต่อไร่ การปลูกแบบแซม 100 ต้นต่อไร่ พันธุ์ที่ปลูกมาก ได้แก่ พันธุ์ชุมพร 1 ชุมพร 2 ชุมพร 84 - 4 และชุมพร 84 - 5 ผลผลิตสดต่อไร่ประมาณ 300 - 400 กิโลกรัม ระยะปลูกทั่วไป 2.5x3 3x3 2.5x3.5 3x3.5 3.5x3.5 และ 3x4 เมตร เก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงเดือนตุลาคม - มกราคม

กาแฟอะราบิกา ปลูกมากในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศบนพื้นที่สูงจากระดับความสูงน้ำทะเลปานกลาง 700 เมตรขึ้นไป อุณหภูมิที่เหมาะสม 13 - 25 องศาเซลเซียส เป็นพืชที่ไม่ต้องการแสงแดดมากเกินไป (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2553) การปลูกส่วนใหญ่เกษตรกรจะปลูกได้ร่มเงาไม้ยืนต้น ระยะปลูกทั่วไป 1.5x1.5 1.5x2.0 และ 2.0x2.0 เมตร เริ่มให้ผลผลิตเมื่อต้นอายุตั้งแต่ 2-3 ปี ขึ้นไป ออกดอกในช่วงเดือนมีนาคม - พฤษภาคม เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนตุลาคม - เมษายน สายพันธุ์กาแฟอะราบิกาที่ปลูกมากในพื้นที่ภาคเหนือ คือ พันธุ์เชียงใหม่ 80 มีลักษณะต้นเตี้ย ข้อสั้น ยอดสีเขียว ใบมีขนาดปานกลาง ผลสุกสีแดง ให้ผลผลิตสดต่อไร่ 150 - 300 กิโลกรัม ผลผลิตมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอายุต้นกาแฟ การตัดแต่งกิ่ง และการดูแลใส่ปุ๋ย

ลำต้นกาแฟมีลักษณะเป็นข้อและปล้องตั้งตรง กิ่งผลกาแฟเป็นกิ่งที่แตกออกมาจากลำต้นติดผลตามข้อโดยข้อที่ให้ผลแล้วจะไม่ให้ผลซ้ำ ต้นกาแฟที่มีสภาพสมบูรณ์ดีกิ่งนอนแต่ละกิ่งให้ผลปีละ 6 - 10 ข้อ โดยเริ่มจากโคนกิ่งไปจนถึงปลายกิ่ง ขนาดของกิ่งที่ออกผลมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 3 มิลลิเมตร ไปจนถึง 10 มิลลิเมตร ใบกาแฟเป็นใบเดี่ยว ก้านใบสั้น โคนใบและปลายใบเรียว ผลมีลักษณะกลมรี ขนาดผลกว้างประมาณ 1 - 1.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 1.3 - 1.6 เซนติเมตร สีของผลสุกเป็นสีแดง สีเหลือง สีส้ม หรือแดงจนเกือบดำ ขึ้นอยู่กับพันธุ์ ส่วนสีของผลดิบมีสีเขียว (Figure 1) ลักษณะทรงพุ่มของต้นกาแฟมีขนาด 0.7 - 1.7 เมตร ความสูงต้นกาแฟเฉลี่ย 0.8 - 2.5 เมตร ขึ้นอยู่กับอายุของต้นกาแฟและการตัดแต่งกิ่ง



Figure 1 Robusta coffee (a) and arabica coffee (b)

การเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตา เกษตรกรเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยใช้ภาชนะรองเก็บหรือที่รองรับ ทำจากตาข่ายไนลอน ขนาด 1.20x1.50x0.50 เมตร (กว้างxยาวxสูง) รองรับผลกาแฟขณะเก็บเกี่ยว กรณีต้นสูงจะใช้ตะขอกเกี่ยวโน้มกิ่งลงมา ส่วนการเก็บเกี่ยวกาแฟอาราบิก้า การเก็บเกี่ยวเกษตรกรมักใช้ ตะกร้าพลาสติก ขนาด 12x35x4 เซนติเมตร หรือบางพื้นที่มีการใช้ตะกร้าไม้สานขนาดใกล้เคียงกัน คล้องคอไว้รองรับผลกาแฟขณะเก็บเกี่ยว (Figure 2) การเก็บเกี่ยวผลกาแฟของเกษตรกรทำได้ซ้ำต้อง ใช้แรงงานจำนวนมาก กรณีเก็บเกี่ยวไม่ทันเวลาผลกาแฟจะสุกเกินไปและร่วงหล่นจากต้น



Figure 2 Coffee harvesting by farmer, robusta (a) and arabica (b).

2. ศึกษาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟของต่างประเทศ

ไม้เก็บผลกาแฟจากประเทศจีน ลักษณะตัวเครื่องใช้เครื่องยนต์เบนซิน 2 จังหวะ ขนาด 2.3 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ทำงานที่ความเร็วรอบเพลลา 3,000 รอบต่อนาที ส่งต่อกำลังด้วยเพลลาจาก เครื่องยนต์มายังชุดเก็บเกี่ยวทำจากพลาสติกเป็นเส้นแบนยาวประมาณ 15 เซนติเมตร จำนวน 12 เส้น ให้สั้นและเคลื่อนที่ไปมา ตัวเครื่องมีน้ำหนัก 11 กิโลกรัม โดยบริษัท เบิ้ลท แอนด์ แบร์ริงส์ (2559) ได้นำเข้ามาจำหน่ายในประเทศไทย การเก็บเกี่ยวผลกาแฟต้องปูผ้าใบขนาดใหญ่ใต้ต้นกาแฟ จากนั้นใช้ชุด เก็บเกี่ยวคร่อมกิ่งผลกาแฟที่ต้องการเก็บเกี่ยว รูดผลกาแฟจากโคนกิ่งมายังปลายกิ่ง ให้ผลกาแฟหล่นไป ยังผ้าใบที่ปูไว้ใต้ต้น จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ใช้งาน พบว่า ไม่มีความแตกต่างในด้านความเร็วในการ เก็บเกี่ยวเมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคนเก็บ ทั้งตัวเครื่องยังมีน้ำหนักมากและไม่มีความคล่องตัวในการทำงาน (Figure 3)



Figure 3 Chinese coffee harvester (a) and harvesting coffee by chinese harvester (b).

ประเทศเวียดนามได้มีการผลิตและใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ ตัวเครื่องทำด้วยพลาสติกฉีดขึ้นรูป ประกอบด้วย ก้านรูดผลกาแฟ 2 ก้าน ต้นก้านเครื่องใช้มอเตอร์กระแสตรงแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ ส่งต่อก้านด้วยเพลาพลาสติกขับเคลื่อนของก้านรูดผลกาแฟ แหล่งจ่ายไฟให้กับเครื่องใช้แบตเตอรี่ 12 โวลต์ (Figure 4) การใช้งานเครื่องให้ก้านหมุนทั้งสอง คร่อมกิ่งผลกาแฟที่จะเก็บเกี่ยว บีบก้านหมุน 2 ก้านเข้าหากันแล้วรูดเครื่องเข้าหาตัวผู้ใช้งาน ตรงขั้วก้านหมุนมีสปริงทำหน้าที่ให้ก้านหมุนคืนตัวในขณะบีบและปล่อย (Vinh, 2013) ผลกาแฟจะร่วงหล่นบนผ้าใบขนาดใหญ่ใต้ต้น เช่นเดียวกับเครื่องที่บริษัท เบิ้ลท แอนด์ แบร์ริงส์ จำกัด นำเข้าจากประเทศจีน

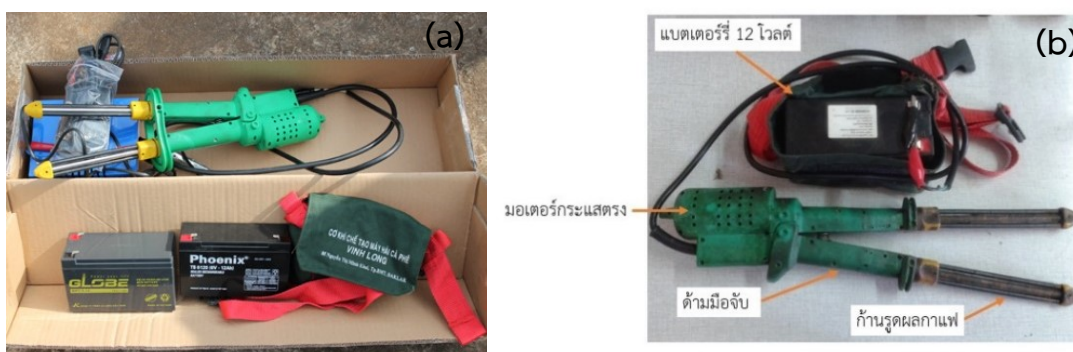


Figure 4 Vietnamese coffee harvester (a) and components (b).

จากนั้นได้นำเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟของประเทศเวียดนามเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตาเปรียบเทียบกับเครื่องมือเก็บ โดยเครื่องเก็บใช้ที่รองรับทำจากตาข่ายไนลอน กว้าง 1.2 เมตร ยาว 1.5 เมตร สูง 0.50 เมตร รองรับผลกาแฟขณะทำการเก็บเกี่ยวเช่นเดียวกับการเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตาของพื้นที่ภาคใต้ ผลการทดสอบการใช้งานเครื่องมือเก็บเกี่ยวกาแฟโดยวิธีรูดของเวียดนาม มีความสามารถสูงกว่าคนเก็บ 1.29 เท่า มีผลกาแฟสูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับเฉลี่ย 39 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ค่อนข้างสูง จึงได้ออกแบบปรับปรุงเครื่องมือ โดยสร้างหน้ากากกันผลกาแฟกระเด็นครอบก้านรูดผลกาแฟของเวียดนาม โครงสร้างหน้ากากทำจากเหล็กบางม้วนพับขึ้นรูป ตำแหน่งด้านหน้าและด้านหลังหน้ากากติดม่านพลาสติกครอบทั้ง 2 ก้าน ตัวเครื่องมีน้ำหนัก 1.4 กิโลกรัม (Figure 5)

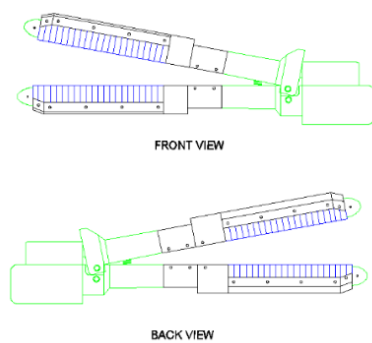


Figure 5 Improved Vietnamese coffee harvester.

ผลการทดสอบใช้งานเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟของเวียดนามหลังปรับปรุงกับกาแฟโรบัสตา เก็บข้อมูลเช่นเดียวกับการทดสอบก่อนการปรับปรุงโดยจับเวลาเก็บเกี่ยวผลกาแฟครั้งละ 10 นาที จำนวน 10 ซ้ำ พบว่า เครื่องมือมีความสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิต 46.68 ± 3.28 กิโลกรัมต่อชั่วโมง กระเด็นออกนอกที่รองรับ 1.47 ± 0.50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนคนเก็บมีความสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิต 36.48 ± 3.39 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ไม่มีการสูญเสีย เครื่องมีความสามารถทำงานสูงกว่าคนเก็บ 1.28 เท่า มีผลกาแฟสูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับขณะเก็บเกี่ยวลดลง ส่วนความสามารถเก็บเกี่ยวไม่มีความแตกต่างกัน แต่ผู้ใช้งานเครื่องเกิดความเมื่อยล้าหากทำงานติดต่อกัน เนื่องจากขณะเก็บเกี่ยวต้องบีบกำน รูดผลกาแฟตลอดเวลา

3. ออกแบบ และสร้างเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟให้เป็นแบบพกพา

ต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นมีขนาดกว้าง 7 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร (Figure 6) มีส่วนประกอบหลักดังนี้ คือ

3.1 ก้านหมุนรูดเก็บเกี่ยวผลกาแฟ มีจำนวน 2 ก้าน ยาว 10 เซนติเมตร ปลายแหลมเพื่อให้สามารถเข้าถึงก้านกาแฟได้สะดวก ด้านข้างหมุนติดลวดสปริง 2 เส้น ระยะห่างของเส้นลวด 2 เซนติเมตร สำหรับรูดผลกาแฟออกจากกิ่งผล และออกแบบเส้นลวดของก้านรูดผลกาแฟทั้ง 2 ก้าน ให้มีระยะห่าง 15 เซนติเมตร มากกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางกิ่งผลเพื่อป้องกันไม่ให้กิ่งผลกาแฟได้รับความเสียหายขณะเก็บเกี่ยว

3.2 ต้นก้านเลือกใช้มอเตอร์กระแสตรง กำลังไฟฟ้า 6 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์

3.3 แหล่งให้กำลังไฟฟ้า เลือกใช้แบตเตอรี่ชนิดแห้งขนาดเล็ก แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ ความจุแบตเตอรี่ 9 แอมแปร์ชั่วโมง เนื่องจากต้องการให้เครื่องมีน้ำหนักเบาและเป็นแบบพกพาได้

3.4 ระบบส่งต่อกำลัง เลือกการส่งต่อกำลังด้วยเฟืองพลาสติกวิศวกรรม ประเภทเทอร์โมพลาสติก polyformaldehyde (POM) ซึ่งมีค่า tensile strength สูง มีความแข็งแรงทนต่อการเสียดสี ยืดหยุ่นได้ดีทั้งอุณหภูมิสูงและต่ำ อีกทั้งยังมีน้ำหนักเบา การออกแบบมอเตอร์ต้นก้านเบื้องต้นเลือกใช้มอเตอร์กระแสตรง รอบหมุน 12,000 รอบต่อนาที เลือกใช้เฟืองขับมีจำนวน 10 ฟัน กำหนดให้ความเร็วรอบก้านรูดผลกาแฟของเครื่องต้นแบบทำงานที่ความเร็วรอบสูงสุด 5,000 รอบต่อนาที คำนวณหาจำนวนฟันเฟืองตาม จากสมการ (1)

$$\frac{n1}{n2} = \frac{N2}{N1} \quad (1)$$

เมื่อ $n1$ คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์ (รอบต่อนาที)

$n2$ คือ ความเร็วรอบของก้านรูดผลกาแฟ (รอบต่อนาที)

$N1$ คือ จำนวนฟันเฟืองขับ (ฟัน)

$N2$ คือ จำนวนฟันเฟืองตาม (ฟัน)

ได้จำนวนฟันเฟืองตาม 24 ฟัน ก้านรูดผลกาแฟของเครื่องต้นแบบทำงานที่ความเร็วรอบสูงสุด ได้ 5,000 รอบต่อนาที

3.5 ด้ามมือจับเครื่องต้นแบบ เลือกใช้เป็นพลาสติก PVC ขนาด 3/4 นิ้ว เป็นขนาดที่จับได้พอดีมือ ไม่เล็กหรือใหญ่จนเกินไป อีกทั้งยังสามารถหาซื้อตามท้องตลาดได้ง่ายเมื่อชำรุดเสียหาย

3.6 รอบตัวเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่ออกแบบพัฒนาขึ้น ติดตั้งแผ่นป้องกันผลกาแฟกระเด็น ออกนอกที่รองรับ โดยใช้รี้วพลาสติกตัดเรียงเป็นเส้นระยะห่าง 1 เซนติเมตร เพื่อให้มีความอ่อนตัว สามารถเข้าถึงก้านผลของต้นกาแฟที่จะเก็บเกี่ยวได้สะดวก

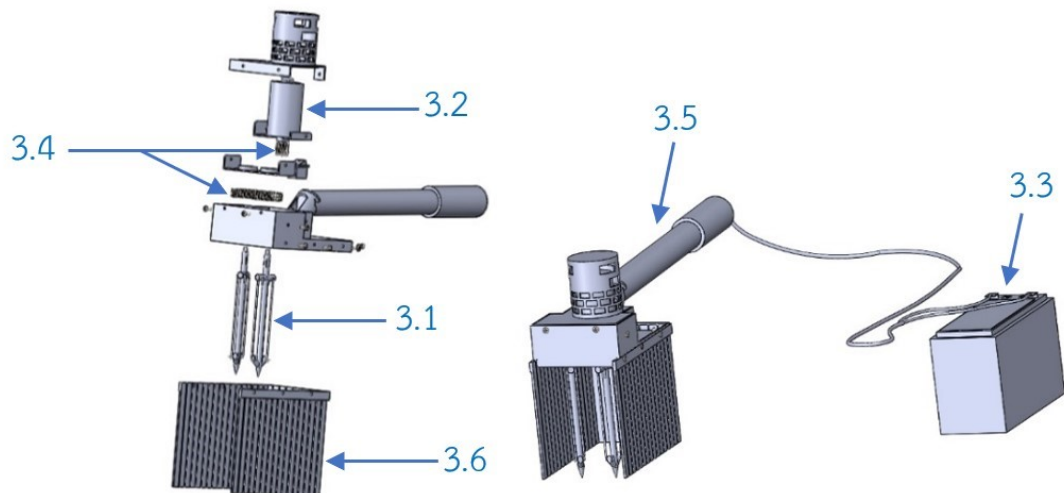


Figure 6 Assembly drawing of the coffee harvester prototype.

จากนั้นดำเนินการสร้างต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ โดยตัวเครื่องทำจากเหล็กแผ่นบาง พับม้วนขึ้นรูป เครื่องต้นแบบที่สร้างแล้วเสร็จมีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม มีสวิตช์เปิด - ปิดเครื่อง ติดตั้งอยู่นอกตัวเครื่อง มีถุงผ้าใส่แบตเตอรี่พร้อมสายสะพานและสายรัดเอว (Figure 7)



Figure 7 The first coffee harvester prototype.

4. หาความเร็วเชิงเส้นที่เหมาะสมของก้านรูดผลกาแฟ

การทดสอบเก็บข้อมูลเพื่อหาความเร็วเชิงเส้นที่เหมาะสมของก้านรูดเก็บเกี่ยวผลกาแฟของเครื่องต้นแบบ กับกาแฟโรบัสตา เนื่องจากข้อผลจะเหนียวกว่ากาแฟอะราบิกา การทดสอบใช้วิธีรูดกิ่งผลกาแฟที่สุกแก่ทั้งกิ่ง นับผลกาแฟก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว โดยเลือกความเร็วเชิงเส้นค่าต่ำสุดที่เก็บเกี่ยวผลกาแฟได้ทั้งหมดไม่ค้ำกิ่งผล เนื่องจากถ้าความเร็วเชิงเส้นของก้านรูดผลกาแฟยิ่งสูงมากจะทำให้ผลกาแฟกระเด็นออกนอกที่รองรับมากตามไปด้วย การปรับความเร็วรอบก้านรูดผลกาแฟให้วงจรปรับความเร็วรอบมอเตอร์กระแสตรงเพื่อควบคุมความเร็วรอบหมุนของมอเตอร์ขับ คำนวณหาความเร็วเชิงเส้นของก้านรูดผลกาแฟ จากสูตร (2)

$$\text{ความเร็วเชิงเส้น (m/s)} = \frac{\text{ระยะทางเส้นลวดก้านรูดเคลื่อนที่ 1 รอบ (เมตร)} \times \text{ความเร็วรอบก้านรูด (รอบต่อนาที)}}{60} \quad (2)$$

การทดสอบกำหนดให้ก้านรูดผลกาแฟทำงานที่ความเร็วรอบ 2,500 3,000 3,500 4,000 และ 4,500 รอบต่อนาที ระยะทางที่เส้นลวดของก้านรูดผลกาแฟเคลื่อนที่ 1 รอบ มีค่า 0.0628 เมตร ได้ความเร็วเชิงเส้นของก้านรูดผลกาแฟ 2.62 3.14 3.67 4.18 และ 4.71 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ จากการทดสอบหาความเร็วเชิงเส้นที่เหมาะสมของก้านรูดผลกาแฟ พบว่า ความเร็วเชิงเส้นของก้านรูดผลกาแฟสำหรับใช้เก็บเกี่ยวผลกาแฟของเครื่องต้นแบบที่ความเร็วเชิงเส้น 4.18 และ 4.71 เมตรต่อวินาที สามารถเก็บเกี่ยวผลกาแฟได้ทั้งหมด 100 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลค้ำกิ่ง (Table 1) ดังนั้นจึงเลือกความเร็วเชิงเส้นของก้านรูดผลกาแฟที่ 4.18 เมตรต่อวินาที มาใช้งานเก็บเกี่ยวผลกาแฟของเครื่องต้นแบบ และจากการคำนวณหาจำนวนฟันเฟืองตามของเครื่องต้นแบบให้ก้านรูดผลกาแฟทำงานที่ความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อวินาที (ความเร็วเชิงมุม 4,000 รอบต่อนาที) เลือกใช้มอเตอร์ 12 โวลต์ 6 วัตต์ รอบหมุน 12,000 รอบต่อนาที จำนวนเฟืองขับ 10 ฟัน แทนค่าในสมการที่ 1 ได้จำนวนฟันเฟืองตาม 30 ฟัน ก้านรูดผลกาแฟของเครื่องต้นแบบจะทำงานที่ความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อวินาที โดยเครื่องที่ออกแบบพัฒนาขึ้นแตกต่างจากเครื่องของประเทศเวียดนามก่อนและหลังปรับปรุง ทั้งรูปแบบของตัวเครื่อง ลักษณะก้านรูดผลกาแฟ และความเร็วรอบหมุนก้านรูดที่ใช้เก็บเกี่ยวผลกาแฟ ส่วนแหล่งให้กำลังไฟฟ้าใช้แบตเตอรี่ชนิดแห้ง แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ ซึ่งสะดวกสำหรับพกพา

Table 1 Results of the linear velocity test on harvesting coffee

Velocity (m/s)	Harvest cherry (%)	
	$\bar{X}$	SD
2.62	97.34	±1.04
3.14	98.54	±0.63
3.67	99.46	±0.49
4.18	100.00	±0.00
4.71	100.00	±0.00

5. ทดสอบการใช้งานและปรับปรุงต้นแบบ

จากการทดสอบใช้งานเบื้องต้นในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟในแปลง พบว่า เครื่องสามารถเก็บเกี่ยวผลกาแฟได้แต่ไม่สะดวกเรื่องสวิทช์เปิด - ปิดเครื่องที่อยู่นอกตัวเครื่อง เนื่องจากขณะทำงานเก็บเกี่ยวผลกาแฟต้องเปิด - ปิดสวิทช์เครื่องบ่อยครั้ง จึงได้ย้ายตำแหน่งสวิทช์จากอยู่นอกตัวเครื่องมาอยู่ที่ตำแหน่งด้ามจับของเครื่องเพื่อให้สะดวกในการใช้งานมากขึ้น ในส่วนของแบตเตอรี่ของเครื่องในงานวิจัยนี้ใช้แบตเตอรี่ชนิดแห้งขนาดเล็กความจุ 9 แอมป์แปร์ชั่วโมง พบว่า สามารถใช้งานเครื่องได้ 2 วัน (ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง) หรือประมาณ 16 ชั่วโมง ต่อการชาร์ต 1 ครั้ง เครื่องทำงานได้สะดวกมีความคล่องตัว เครื่องต้นแบบที่ปรับปรุงมีแกนหมุน 2 แกน หมุนสวนทางกัน ด้านข้างแกนหมุนติดลวดสปริง 2 เส้น สำหรับรูดผลกาแฟออกจากกิ่ง ต้นกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ 6 วัตต์ ใช้แบตเตอรี่ขนาดเล็กให้กำลังไฟฟ้า ก้านรูดผลกาแฟทำงานที่ความเร็วเชิงเส้น 3.14 เมตรต่อวินาที รอบตัวเครื่องติดรี้วพลาสติกตัดเรียงเป็นเส้น และตำแหน่งสวิทช์เปิด - ปิดเครื่องอยู่ตรงด้ามมือจับ (Figure 8)

**Figure 8** The visualized of portable coffee harvester

เมื่อนำเครื่องไปทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานเปรียบเทียบกับวิธีของเกษตรกร ในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตาในพื้นที่ภาคใต้และกาแฟอะราบิกาในพื้นที่ภาคเหนือ เก็บข้อมูลความสามารถในการทำงาน การสูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ การปนของผลกาแฟสีเขียว และติดตามผลกระทบของการใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวต่อการให้ผลผลิตกาแฟในฤดูต่อไป การเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตาได้นำต้นแบบเครื่องมือเกี่ยวผลกาแฟไปทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร ความสูงต้นกาแฟ 1.6 - 2.2 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 1.2 - 1.5 เมตร การเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องใช้ตะกร้าตาข่ายในลอนขนาดกว้าง 1.20 เมตร ยาว 1.50 เมตร สูง 0.50 เมตร รองรับผลกาแฟขณะเก็บเกี่ยว (Figure 9)



Figure 9 Machine harvesting (a) and hand harvesting (b) for robusta coffee.

ผลการทดสอบเก็บข้อมูลการเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตาใช้วิธีเก็บเกี่ยวทั้งต้นเนื่องจากแปลงกาแฟที่ทดสอบผลกาแฟสุกแก่พร้อมกันทำการทดลอง 10 ซ้ำ ครั้งละ 10 นาที ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร โดยการเก็บเกี่ยวทั้งต้นเนื่องจากผลกาแฟสุกแก่พร้อมกัน พบว่า ค่าเฉลี่ยของผลกาแฟโรบัสตามีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เครื่องมีความสามารถในการเก็บผลผลิตเฉลี่ย 85.18 ± 6.83 กิโลกรัมต่อชั่วโมง กระเด็นออกนอกที่รองรับเฉลี่ย 1.47 ± 0.84 เปอร์เซ็นต์ แรงงานคนมีความสามารถเก็บผลผลิต 46.91 ± 6.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง กระเด็นออกนอกที่รองรับเฉลี่ย 0.77 ± 0.22 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบความสามารถทำงานการเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตา เครื่องมีความสามารถทำงานมากกว่าคนเก็บ 1.81 เท่า

Table 2 Comparison between the portable coffee harvester and hand-picked to harvested robusta coffee at Chumphon Horticultural Research Center.

Test	Methods	$\bar{X}$	SD	t-test	P-value
Capacity (kg/hr)	Machine	85.18	6.83	12.803*	0.000
	Hand-picked	46.91	6.54		
Loss (%)	Machine	1.47	0.84	2.559*	0.028
	Hand-picked	0.77	0.22		

* Significance level of 0.05.

สำหรับการเก็บเกี่ยวผลกาแฟอาราบิกา ใช้วิธีการเลือกเก็บเนื่องจากแปลงที่ทดสอบผลกาแฟสุกแก่ไม่พร้อมกัน ในแปลงของเกษตรกร ตำบลแจ้ซ้อน อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง ความสูงต้นกาแฟ 1.6 - 2.0 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 1.0 - 1.5 เมตร เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องใช้ตะกร้าตาข่ายไนลอนขนาดกว้าง 1.20 เมตร ยาว 1.50 เมตร สูง 0.50 เมตร รongรับผลกาแฟขณะเก็บเกี่ยวเช่นเดียวกับการเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตาในพื้นที่ภาคใต้ ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ครั้งละ 10 นาที พบว่า ค่าเฉลี่ยผลกาแฟอาราบิกาจากการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องและการเก็บด้วยแรงงานคนให้ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทั้งด้านความสามารถในการเก็บเกี่ยว และผลกาแฟกระเด็นออกที่รองรับเช่นเดียวกับการเก็บเกี่ยวกาแฟโรบัสตา เครื่องมีความสามารถเก็บผลผลิตเฉลี่ย 30.54 ± 4.12 กิโลกรัมต่อชั่วโมง กระเด็นออกนอกที่รองรับเฉลี่ย 1.33 ± 0.15 เปอร์เซ็นต์ มีผลกาแฟสีเขียวปนเฉลี่ย 2.66 ± 0.69 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแรงงานคนเก็บได้ผลิตเฉลี่ย 15.00 ± 1.18 กิโลกรัมต่อชั่วโมง กระเด็นออกนอกที่รองรับเฉลี่ย 0.66 ± 0.21 เปอร์เซ็นต์ มีกาแฟผลสีเขียวปนเฉลี่ย 1.68 ± 0.67 เปอร์เซ็นต์ และผู้ใช้งานเครื่องไม่เมื่อยล้าเนื่องจากไม่ต้องปีนกิ่งารุดขณะเก็บเกี่ยวผลกาแฟ (Table 3) เก็บเกี่ยวได้สูงกว่าการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน แต่ไม่แตกต่างกันในด้านผลสีเขียวปน เครื่องมีความสามารถมากกว่าคนเก็บ 2.04 เท่า ใกล้เคียงกับเครื่องเก็บเกี่ยวผลกาแฟแบบพกพาของประเทศบราซิล (Fabrício *et al.*, 2015) ที่มีความสามารถมากกว่าคนเก็บ 2.06 เท่า

จากผลผลิตกาแฟอาราบิกาที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องและเก็บด้วยแรงงานมีค่าต่ำกว่ากาแฟโรบัสตาเนื่องจากกาแฟอาราบิกาผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นต่ำกว่ากาแฟโรบัสตา และแปลงกาแฟอาราบิกาที่ทดสอบเก็บข้อมูลผลกาแฟสุกแก่ไม่พร้อมกันจึงใช้วิธีการเลือกเก็บจึงมีผลสีเขียวปนแต่ไม่เกินค่ามาตรฐานของกรมวิชาการเกษตรที่แนะนำ คือ ไม่ควรเกิน 5 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม การเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตาและกาแฟอาราบิกาเครื่องมีความสามารถในการเก็บเกี่ยวสูงกว่าคนเก็บ 1.81 – 2.04 เท่า ซึ่งความสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตจะขึ้นอยู่กับผู้ปฏิบัติงานถ้าผู้ปฏิบัติงานมีความชำนาญในการใช้เครื่องจะสามารถเก็บเกี่ยวผลกาแฟได้รวดเร็ว (Felipe *et al.*, 2018)

Table 3 Comparison between the portable coffee harvester and hand-picked to harvested arabica coffee in coffee plantations in Mueang Pan district, Lampang province.

Test	Methods	$\bar{X}$	SD	t-test	P-value
Capacity (kg/hr)	Machine	30.54	4.12	8.116*	0.001
	Hand-picked	15.00	1.18		
Loss (%)	Machine	1.33	0.15	5.820*	0.000
	Hand-picked	0.66	0.21		
Green cherry mixed (%)	Machine	2.66	0.69	2.273*	0.053
	Hand-picked	1.68	0.67		

* Significance level of 0.05.

การติดตามผลกระทบของต้นกาแฟจากการใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ พบว่า หลังการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องกิ่งผลไม่ได้รับความเสียหายและยังมีข้อผลติดอยู่ที่กิ่งผล ส่วนใบที่ติดกิ่งผลสุกจะร่วงหล่นปนกับผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้ (Figure 10) การให้ผลผลิตกาแฟในฤดูกาลถัดไปของต้นกาแฟที่เก็บเกี่ยวด้วยเครื่อง พบว่า ต้นกาแฟที่เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องแตกใบและออกผลเป็นปกติ (Figure 11)



Figure 10 Coffee cherries harvested by the machine, robusta (a) arabica (b).



Figure 11 The coffee plant harvested by portable coffee harvester.

วิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเพื่อหาจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟมีราคา 4,900 บาท ราคาซาก 1 เปอร์เซ็นต์ของค่าเครื่อง ดอกเบี้ยเงินกู้ 10 เปอร์เซ็นต์ ต่อปี ค่าซ่อมบำรุง 1 เปอร์เซ็นต์ของราคาเครื่อง 4,900 บาท/100 ชั่วโมงทำงาน เครื่องมีอายุใช้งาน 5 ปี ใช้เครื่องทำงานวันละ 8 ชั่วโมง ความสามารถเก็บผลผลิต 30.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ค่ารับจ้างเก็บ 5 บาทต่อกิโลกรัม คำนวณค่าเสื่อมราคาใช้วิธีแบบเส้นตรง มีต้นทุนคงที่ 1,217.65 บาทต่อปี ต้นทุนผันแปรต่อกิโลกรัมผลกาแฟที่เก็บได้ 1.24 บาทต่อกิโลกรัม สามารถคำนวณหาต้นทุนการใช้งานต่อปีของเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟต่อหนึ่งกิโลกรัมผลกาแฟที่เก็บได้ พบว่า มีจุดคุ้มทุนที่ 323.84 กิโลกรัม/ปี ดังนั้น เกษตรกรที่จะซื้อเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟไปใช้งานหรือนำไปรับจ้าง ควรนำไปใช้งานเก็บเกี่ยวไม่น้อยกว่า 323.84 กิโลกรัม/ปี เป็นระยะเวลา 5 ปี จึงจะคุ้มทุนการใช้งานหรือรับจ้างเก็บเกี่ยวผลกาแฟ และระยะเวลาคืนทุน (payback period) ในการใช้งานเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ พบว่า ระยะเวลาคืนทุนขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้ ถ้าเกษตรกรซื้อเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟไปใช้งาน

หรือนำไปรับจ้างต้องการคืนทุนภายใน 1 ปี ควรเก็บผลผลิตกาแฟให้ได้ปริมาณ 1,500 กิโลกรัม (Figure 12)

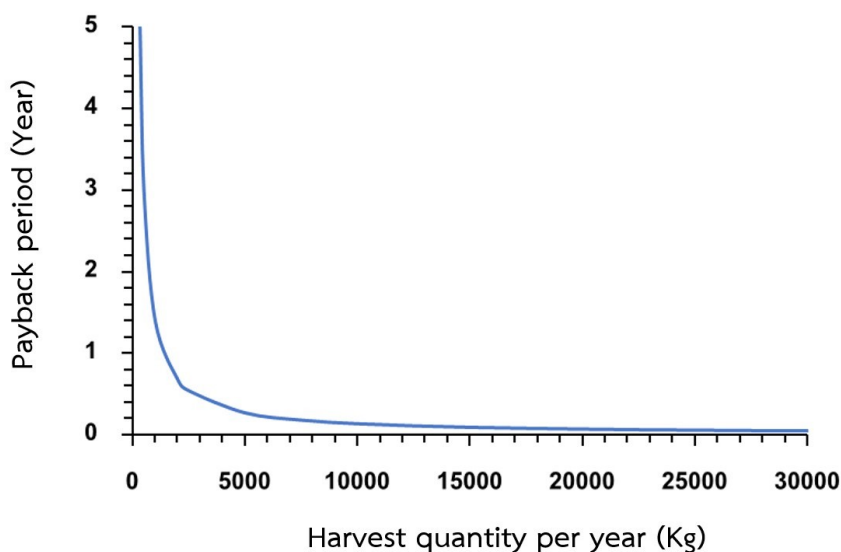


Figure 12 Payback period of portable coffee harvester.

สรุปผลการทดลอง

ต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่ออกแบบพัฒนาขึ้น ผลิตจากเหล็กแผ่นบางพับขึ้นรูป เครื่องมีขนาดกว้าง 7 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร เป็นแบบพกพาได้ ตัวเครื่องประกอบด้วยแกนหมุน 2 แกน ยาว 100 มิลลิเมตร หมุนสวนทางกัน ด้านข้างแกนหมุนติดเส้นลวดสปริง 2 เส้น สำหรับรูดผลกาแฟออกจากกิ่ง ก้านรูดผลกาแฟทำงานที่ความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อวินาที ถ่ายทอดกำลังด้วยเฟืองพลาสติก ต้นกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ กำลังไฟฟ้า 6 วัตต์ ใช้แบตเตอรี่แห้ง 12 โวลต์ ให้กำลังไฟฟ้า โดยรอบตัวเครื่องติดตั้งพลาสติกเพื่อป้องกันผลกาแฟกระเด็นออกนอกที่รองรับ ผลการทดสอบการใช้งานต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ ใช้ดาข่ายในลอนขนาด กว้าง 1.20 เมตร ยาว 1.50 เมตร สูง 0.50 เมตร รองรับผลกาแฟขณะเก็บเกี่ยวเช่นเดียวกับการเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตาในพื้นที่ภาคใต้ ในการทดสอบเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตาเครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บ 1.81 เท่า และในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟอะราบิกา เครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บ 2.04 เท่า เครื่องมีราคา 4,900 บาท อายุการใช้งาน 5 ปี ผลวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมมีจุดคุ้มทุน 323.84 กิโลกรัม/ปี

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ปัจจุบันได้มีบริษัทเอกชนนำต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นไปผลิตขายในเชิงพาณิชย์ ตัวเครื่องที่ผลิตขายทำจากพลาสติกฉีดขึ้นรูปมีน้ำหนักเบา จำหน่ายให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟในประเทศใช้งานแล้วมากกว่า 15 เครื่อง ในราคาเครื่องละ 4,900 บาท การนำเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟไปใช้งาน ควรใช้เก็บเกี่ยวในช่วงเวลาที่เหมาะสม คือ ผลกาแฟสุกแก่เต็มที่

หรือสูงกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ของต้น และควรตัดแต่งลำต้นกาแฟไม่ให้สูงเกิน 1.60 เมตร ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ซึ่งจะทำให้เก็บเกี่ยวผลกาแฟได้รวดเร็ว ช่วยลดปัญหาการขาดแคลนแรงงาน และลดต้นทุนการผลิตกาแฟในประเทศได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม และศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร ในการสร้างและร่วมทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบ ขอขอบคุณศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร และเกษตรกร ตำบลแจ้ซ้อน อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทดลอง และอำนวยความสะดวกในการทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบ จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

เอกสารอ้างอิง

- เบิ้ลท แอนด์ แบร์ริงส์. 2559. ไม้เก็บผลกาแฟ. แหล่งข้อมูล: <https://www.beltandbearings.co.th>. สืบค้น: 25 พฤศจิกายน 2560.
- สถาบันวิจัยพืชสวน 2553. *การจัดการความรู้เทคโนโลยีการผลิตกาแฟครบวงจร*. ห้างหุ้นส่วนจำกัดรักษ์พิมพ์ กรุงเทพฯ. 84 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564ก. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร กาแฟ. แหล่งข้อมูล: <https://www.oae.go.th/view/1/ตารางแสดงรายละเอียดกาแฟ/TH-TH>. สืบค้น: 20 มีนาคม 2564.
- Efico, S. 2010. Picking Methods Machines. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=RjTNcA1ImD4&t=29s>. Accessed: September 9, 2015.
- Fabrício, M.S. César, A.K. André, G.M. Suzana de, S.M. and Luiz, F.F. 2015. Yield of portable harvester in the harvesting of coffee arabica cultivars. *In* : 9th Brazilian Coffee Research Symposium. Jun. 24-26, 2015. Curitiba.
- Felipe, S., P.S. Rouverson, F.E.S. Caio, A.R.G. Victor, D.S. Carlos, and S. Roberto 2018. Comparative performance of commonly used portable coffee harvesters. *African Journal of Agricultural Research*. 14(3): 168-172.
- Vinh Ha Thanh. 2013. Coffee Picker Latest Innovations. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=qgC0kZ8qpx0&t=15s>. Accessed: September 9, 2015.