Agricultural Sci. J. 50 : 3 (Suppl.) : 316-319 (2019) ว. วิทย. กษ. 50 : 3 (พิเศษ) : 316-319 (2562)

การประเมินปัจจัยทางกลสำหรับการพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวกาแฟสายพันธุ์โรบัสต้าแบบพกพาต้นแบบ

Evaluation of Mechanical Factors for Developing a Prototype Portable Robusta Coffee Beans Harvesting Machine

ณัฐพงศ์ รัตนเดช[1] วฤกษ์ สุขสวัสดิ์[1] และ รณชาติ มั่นศิลป์[2]
Nuttapong Ruttanadech[1], Waruek Suksawat[1] and Ronnachart Munsin[2]

Abstract

This research study aims to evaluate the mechanical factors relating to the development of a prototype portable Robusta coffee beans harvesting machine. The study was divided into 2 main parts including the influences of the types of rotating brush and its movement on the harvesting of coffee beans. The use of PVC flexible and oil pipes as the material for building brush with the length of 3 and 4 cm were studied. Linear movements of the brush of 0.04 and 0.08 m/s with its rotating speeds of 500, 600, 700 and 800 rpm each were also studied. The results showed that harvesting coffee beans with the brush equipped with 4 cm PVC flexible pipe, and moving linearly and rotating at 0.4 m/s and 600 rpm, respectively was the best condition with displaying the harvesting efficiency of 54.96%.

Keywords: Portable coffee harvesting, Robusta coffee, Efficiency

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปัจจัยทางกลสำหรับการพัฒนาเครื่องต้นแบบของเครื่องเก็บเกี่ยวกาแฟสายพันธุ์โรบัสต้าแบบพกพา โดยใช้หลักการแบบแปรงหมุนเข้าหากัน การศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ 1) ชนิดของวัสดุทำขนแปรง คือ ท่ออ่อนพีวีซี (PVC flexible pipe) และท่อน้ำมัน (Oil pipe) และความยาวขนแปรงที่ 3 และ 4 เซนติเมตร 2) ความเร็วเชิงเส้นในการเคลื่อนที่ของชุดแปรง ที่ 0.04 และ 0.08 เมตรต่อวินาที และความเร็วรอบของชุดแปรงหมุน ที่ 500 600 700 และ 800 รอบต่อนาที ผลการทดสอบพบว่า วัสดุทำแปรงที่เหมาะสมคือท่ออ่อนพีวีซี (PVC flexible pipe) ที่ความยาว 4 เซนติเมตร โดยความเร็วเคลื่อนที่และความเร็วรอบของชุดแปรงหมุนที่เหมาะสมคือ 0.04 เมตรต่อวินาที และ 600 รอบต่อนาที ตามลำดับ ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพการเก็บเกี่ยวรวมสูงสุดคือ 54.96 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: เครื่องเก็บเกี่ยวกาแฟแบบพกพา กาแฟโรบัสต้า ประสิทธิภาพ

คำนำ

ประเทศไทยมีแหล่งปลูกกาแฟที่สาคัญของไทยอยู่ในภาคใต้ ซึ่งเป็นแหล่งปลูกกาแฟพันธุ์โรบัสต้า เป็นพันธุ์ที่ต้องการความชุ่มชื้นสูง ปลูกง่าย ให้ปริมาณผลผลิตมาก สามารถปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูงตั้งแต่ 500–600 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล จังหวัดที่มีการปลูก ได้แก่ จังหวัดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช ส่วนทางภาคเหนือมีแหล่งปลูกกาแฟพันธุ์อราบิก้า จังหวัดที่สำคัญที่มีการปลูก ได้แก่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน โดยร้อยละ 79 ของผลผลิตทั้งหมดเป็นพันธุ์โรบัสต้า และอีกร้อยละ 21 เป็นพันธุ์อราบิก้า (อภิญญา, 2557) กาแฟเป็นพืชเศรษกิจที่สร้างรายได้ให้กับประเทศกว่า 1,189,962,107 บาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559ข) มีพื้นที่ปลูกกาแฟในภาคใต้ที่ให้ผลผลิตในปี 2559 มีเนื้อที่ 184,704 ไร่ ผลผลิตต่อเนื้อที่ 115 kg ต่อไร่ มีแนวโน้มผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้นและจังหวัดชุมพรเป็นหนึ่งในจังหวัดที่มีการปลูกต้นกาแฟกว่า 126,638 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559ก) ซึ่งกาแฟสำเร็จรูปเป็นกาแฟที่คนไทยส่วนใหญ่นิยมบริโภค จะเป็นสายพันธุ์โรบัสต้า การเก็บกาแฟที่พบมีหลายวิธี เช่น เขย่าลำต้น, เก็บด้วยมือ หรือ ใช้รถเก็บขนาดใหญ่ครอบต้นกาแฟและจะมีส่วนที่ยื่นออกมาปัดที่ลำต้น แต่ในประเทศไทยนั้น ส่วนใหญ่จะเก็บด้วยมือที่มีการเลือกเฉพาะผลสุก ซึ่งเป็นการเก็บที่มีประสิทธิภาพ แต่ถ้าหากเก็บแบบรวดเร็วจะทำให้มีผลเขียวที่ไม่ต้องการหลุดปนมาด้วยซึ่งเป็นการเก็บที่มีประสิทธิภาพต่ำ ในการเก็บเกี่ยวเฉลี่ยแล้วมีค่าใช้จ่ายสูงถึง 1652.44 บาท/ไร่ (อภิญญา, 2557)

ดังนั้นเพื่อเป็นการส่งเสริมความสามารถเก็บเกี่ยวกาแฟได้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้นจึงทำการศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องเก็บเกี่ยวกาแฟแทนการใช้แรงงานคน จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับเครื่องเก็บเกี่ยวกาแฟแทนการใช้มือเก็บพบว่า (Castillo *et al.*, 2015) ทำการออกแบบและสร้างเครื่องเก็บเกี่ยวกาแฟสายพันธ์อาราบิกาในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้

---

[1]ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร 86160
[1]Department of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus, Chumphon 86160
[2]วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 98 หมู่ 8 ตำบลป่าป้อง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ 50220
[2]College of Integrated Science and Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, 98 Papong, Doisaket, Chiangmai, 50220

หลักการหมุนของทรงกระบอกอลูมิเนียมกลวงโดยมีสปริงติดอยู่ด้านใน โดยมุ่งเน้นไปที่อัตราผลแดงที่หลุดออกมาผลแดงหลุดออกมาอยู่ที่ 58 % (Mbuge and Langat, 2008) ได้สร้างเครื่องเก็บเกี่ยวกาแฟโดยใช้หลักการเขย่าลำต้นกาแฟ โดยต่อพ่วงเพลา PTO ของรถแทรกเตอร์ ได้ประสิทธิภาพไม่เกิน 45% โดยผลที่เก็บได้จะมีผลสุกและผลแห้งเป็นส่วนใหญ่ แต่เมื่อพิจารณาภูมิประเทศพื้นที่ที่ปลูกต้นกาแฟส่วนใหญ่ในจังหวัดชุมพร นั้นจะมีระยะห่างระหว่างต้นน้อยและพื้นที่ไม่ราบเรียบ ทำให้ไม่สามารถนำเครื่องจักรขนาดใหญ่เข้าไปได้ จึงเป็นเหตุให้สร้างเครื่องเก็บเกี่ยวแบบพกพา โดยเครื่องเก็บผลกาแฟนั้นมุ่งเน้นที่จะเก็บผลแดงได้มากโดยที่มีผลเขียวหลุดน้อย การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ ออกแบบและสร้างเครื่องเก็บเกี่ยวกาแฟแบบพกพา โดยใช้หลักการแบบแปรงหมุนปัดให้ผลกาแฟหลุดออกจากกิ่ง โดยมีขอบเขตของการทดสอบคือทดลองกับกาแฟสายพันธ์โรบัสต้า และเก็บเกี่ยวในพื้นที่จังหวัดชุมพร

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาลักษณะพวงกาแฟบนกิ่ง

ศึกษาลักษณะของพวงกาแฟ ได้แก่ ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างพวง (A) และเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของพุ่มกาแฟใหญ่สุด (D_{max}) เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของพวงกาแฟเล็กสุด (D_{min}) สำหรับเป็นข้อมูลเพื่อออกแบบชุดแปรงปัดที่เหมาะสม (Figure 1)

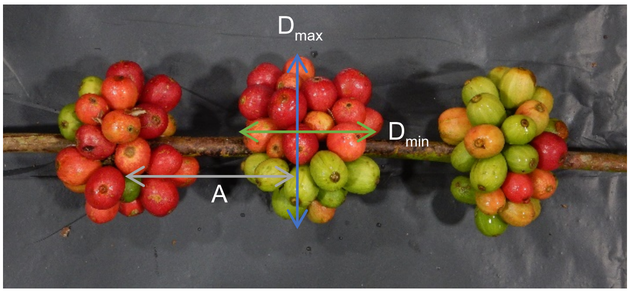


Figure 1 Dimension of coffee branch

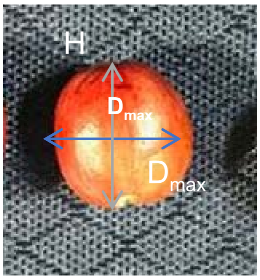


Figure 2 Dimension of coffee

2. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของผลกาแฟ

หาสมบัติทางกายภาพของผลกาแฟ ได้แก่ ขนาด น้ำหนัก และ สี ของผลกาแฟ โดยหาความสูงผล (H) เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยสูงสุด (D_{max}) และต่ำสุด ของผลกาแฟ (D_{min}) (Figure 2) สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการเลือกวัสดุที่จะนำมาทำแปรงปัด

3. การทดสอบแรงที่ทำให้ผลหลุดออกจากขั้ว

การทดสอบทำโดยใช้เครื่องวัดแรง (Force Measurement) ยี่ห้อ AMETEK รุ่น DFX II ทำการดึงผลกาแฟออกจากกิ่งทดสอบที่ 10 ต้น ต้นละ 3 กิ่ง จำนวนผลแดงและผลเขียวอย่างละ 5 ผล และใช้เครื่องวัดสียี่ห้อ Konica Minolta รุ่น CR-400 ทำการวัดค่าสีของผลเพื่อระบุค่า L*, a* และ b*

4. ออกแบบและสร้างเครื่อง

การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ อาศัยหลักการหมุนของแปรงหมุนปัดให้ผลกาแฟที่เป็นสีแดงหลุดออกจากกิ่งกาแฟ และกาแฟสีเขียวยังคงติดอยู่กับต้นให้ได้มากที่สุด โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพของผลกาแฟที่ได้ทดสอบเบื้องต้น โดยใช้หลักทางวิศวกรรมและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ ซึ่งเครื่องต้นแบบเพื่อใช้ในการทดสอบในห้องปฏิบัติการประกอบด้วย ส่วนหลักๆ คือ 1) โครงของเครื่อง 2) แปรงหมุนปัด 2 ชุด หมุนเข้าหากันเพื่อปัดผลกาแฟ 3) รางยึดแปรงที่สามารถเคลื่อนที่ ไป-กลับ ได้ 4) ชุดจับยึดกิ่งกาแฟ ดัง Figure 3

5. ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบ

เครื่องต้นแบบจะถูกทดสอบและประเมินผลเพื่อหาประสิทธิภาพในการเก็บเกี่ยวและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดซึ่งคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

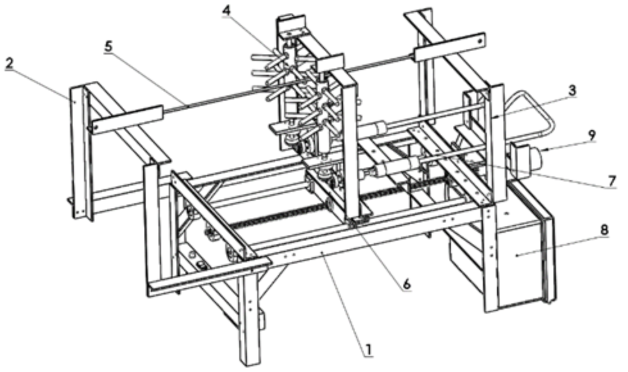
1) ประสิทธิภาพการเก็บเกี่ยว

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{จำนวนผลแดงที่หลุด}}{\text{[illegible]}} \times 100 \quad (1)$$

2) เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด

$$\%\ \text{ความผิดพลาด} = \frac{\text{จำนวนผลเขียวที่หลุด}}{\text{[illegible]}} \times 100 \quad (2)$$

ทดสอบกับกิ่งกาแฟที่ตัดมาให้มีลักษณะเหมือนกันคือแต่ละกิ่งจะมีจำนวนพวงกาแฟ 3 พวงติดกัน โดยทำการนับจำนวนผลกาแฟสีแดงและผลสีเขียวของพวงกาแฟเริ่มต้น และสิ้นสุดเมื่อผ่านการทดสอบ ที่เงื่อนไขคือความเร็วรอบของแปรงหมุนที่ 500, 600, 700 และ 800 rpm ความเร็วเชิงเส้นในการเคลื่อนที่ที่ใช้คือ 0.04 และ 0.08 m/s วัสดุที่ใช้ทำแปรงหมุนคือท่ออ่อนพีวีซีและท่อน้ำมัน และความยาวของขนแปรงที่ 3 และ 4 cm ตามลำดับโดยจะทำการทดสอบ จำนวน 3 ซ้ำและบันทึกจำนวนผลที่หลุดเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณ เพื่อหาประสิทธิภาพการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมคือให้การเก็บเกี่ยวผลแดงหลุดมาก แต่ผลเขียวหลุดน้อย



1) Structure
2) Handle for the top coffee branch
3) Handle for the base coffee branch
4) Brush
5) Wire rod
6) Brush frame
7) Flexible shaft
8) Control box
9) Motor

Figure 3 Design of Prototype machine

(a) (b)

Figure 4 (a) PVC flexible pipe (b) oil pipe

ผลและวิจารณ์ผล

1. ลักษณะของผลกาแฟบนกิ่ง

พบว่าพวงกาแฟมีเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดเฉลี่ยที่ 42.96 mm และเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่างขั้วเฉลี่ย 33.18 mm มีระยะห่างระหว่างพวงเฉลี่ย 66.77 mm ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวจึงได้ออกแบบชุดแปรงปัด ให้มีระยะแกนแปรงกว้างกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพวงกาแฟไม่มากจนเกินไป

2. สมบัติทางกายภาพของผลกาแฟ

จากการทดสอบพบว่าผลแดงมีค่าเฉลี่ยของ L*, a* และ b* คือ 37.29, 26.97 และ 15.77 ตามลำดับ ผลมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.58 กรัม และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ย 15.11 และ 11.74 mm ตามลำดับ ส่วนผลเขียว มีค่าเฉลี่ยของ L*, a* และ b* คือ 53.35, -12.67 และ 34.07 ตามลำดับ ผลมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.36 กรัม และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ย 14.73 และ 11.23 mm ตามลำดับ

3. แรงที่ทำให้ผลหลุดออกจากขั้ว

ผลของการทดสอบแรงดึงผลพบว่าแรงดึงผลสีแดงมีค่าเฉลี่ย 5.41 N และ ผลสีเขียวมีค่าเฉลี่ย 9.87 N

4. ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพ

จาก Figure 5 แสดงค่าประสิทธิภาพของการเก็บเกี่ยวผลกาแฟ และเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ของการเก็บเกี่ยว (มีผลเขียวหลุด) โดยเปรียบเทียบ ชนิดของขนแปรง ความยาวของขนแปรง ความเร็วรอบของการหมุนแปรง และความเร็วในการเคลื่อนที่

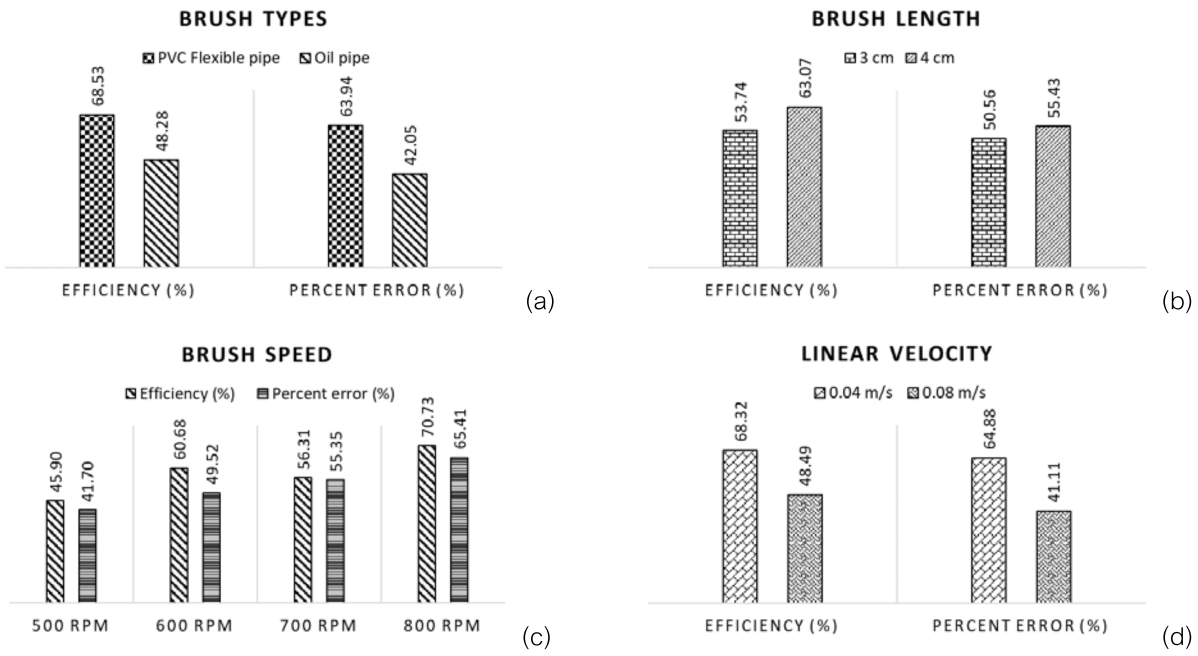


Figure 5 The relationship of percentage ; a) Brush types b) Brush length c) Brush speed and d) linear velocity

พิจารณา Figure 5 พบว่าวัสดุท่ออ่อนพีวีซี (PVC fiexible pipe) มีความสามารถในการปัดผลกาแฟได้สูง ซึ่งส่งผลให้ทั้งผลแดงและผลเขียวหลุดเยอะ โดยให้ประสิทธิภาพสูง 68.53% และ ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด สูงคือ 63.94% สำหรับความยาวของแปรงพบว่าที่ความยาวแปรง 4 cm ให้ประสิทธิภาพสูงกว่า 3 cm คือ 63.07% และมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสูงขึ้นเช่นกันคือร้อยละ 55.43 เมื่อพิจารณา ความเร็วเชิงเส้นที่ 0.08 m/s มีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อยกว่าที่ 0.04 m/s เนื่องมาจากที่ความเร็วที่มากกว่าทำให้โอกาสปัดผลน้อยกว่าทำให้ค่าประสิทธิภาพน้อยกว่าที่ความเร็วต่ำกว่า เมื่อพิจารณาความเร็วรอบที่ 600 และ 800 rpm ให้ประสิทธิภาพที่สูงแต่ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ 600 rpm น้อยกว่าที่ 800 rpm

สรุป

ความเร็วรอบของแปรงหมุน ความเร็วเชิงเส้นในการเคลื่อนที่ ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำแปรงหมุน และความยาวของขนแปรงหมุนส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟ โดยที่ประสิทธิภาพที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟ จะใช้ความเร็วรอบของแปรงหมุนที่ 600 rpm ความเร็วเชิงเส้นในการเคลื่อนที่ที่ 0.04 m/s ใช้ท่ออ่อนพีวีซี และความยาวของขนแปรงที่ 4 cm

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คุณธุวานนท์ ขวัญเกื้อ และคุณศิรวิชญ์ จันทร์ชุม ที่ช่วยดำเนินงานวิจัยและเก็บข้อมูล ขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทำงาน การใช้เครื่องมือ รวมถึงเงินสนับสนุนในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559ก. เนื้อที่ยืนต้น เนื้อที่ให้ผล ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ปี 2557-2559. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/download/prcai/farmcrop/coffee.pdf. (24 เมษายน 2560).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559ข. สถิติการส่งออกกาแฟ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export.php. (25 เมษายน 2560).

อภิญญา หวังยีเส็น. 2557. ต้นทุน ผลตอบแทนและประสิทธิภาพการผลิตกาแฟโรบัสต้าในจังหวัดชุมพร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, กรุงเทพฯ. 118 น.

Castillo, J., K. Ward and B. Willin. 2015. Arabica coffee cherry harvester. Final report. Department of Mechanical and Materials Engineering. Florida International University, USA. 114 p.

Mbuge, D.O. and P.K. Langat. 2008. Principles of a mechanical shaker for coffee harvesting. Agricultural Engineering International the CIGR Ejournal X: 1-15.