



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบ ที่พัฒนาในประเทศไทย

The Potential on Development of cassava combine harvester in Thailand

มนตรี ทาสันเทียะ¹ และ ชัยยันต์ จันทร์ศิริ^{2*}Montree Thasontea¹ and Chaiyan chansiri^{2*}

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Received: September 2015

Accepted: January 2016

บทคัดย่อ

ปัญหาด้านการขาดแคลนแรงงานเป็นปัญหาสำคัญในกระบวนการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง ปัจจุบันวิธีที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังคือการใช้เครื่องจักรและการใช้แรงงานคนทำงานร่วมกัน การพัฒนาเป็นเครื่องเก็บเกี่ยวคือการออกแบบให้เครื่องขุด ลำเลียง สับเหง้า และขนย้ายไปพร้อมกันแต่จากข้อจำกัดด้านปัจจัยในการเก็บเกี่ยวจึงทำให้เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมานั้นยังไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังมีผู้สนใจทำการศึกษาเป็นจำนวนมาก การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการรวบรวมข้อมูลการพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวในประเทศไทยมาทำการประเมินเพื่อใช้เป็นกำหนดรูปแบบของการพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในอนาคต ผลการประเมินพบว่ารูปแบบของเครื่องเก็บเกี่ยวในอนาคตจะมีลักษณะเป็นการทำงานของเครื่องจักรและคนทำงานร่วมกัน รวมถึงการพัฒนาอุปกรณ์การทำงานให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

คำหลัก: มันสำปะหลัง เครื่องขุดมันสำปะหลัง เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

Abstract

The labor is crucial problem in harvest process of cassava. Nowadays, the machinery jointing with laborer is normally used for cassava harvesting. The development of cassava harvest to design digging, conveying, separating and transferring all working together in one of machinery. However, the limitation of harvest parameter to decreased actually works preferment on developed machinery. The development of cassava combine harvester to popularity on studying. The objective of this study

on information from develop cassava combine harvester in Thailand for comparison as a defining model of cassava combine harvester in the future. The result form comparison found the defining model of cassava combine harvester is used machinery jointing with laborer. To Include development of equipment to be suitable in working on cassava harvest.

keyword: cassava , cassava digging ,cassava combine harvester

*ติดต่อ: montreeth1980@gmail.com

1. บทนำ

การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังประกอบด้วยขั้นตอน ประกอบด้วย การตัดต้น การขุดรวมกอง ตัดแยกเหง้า และการขนส่งลำเลียงขึ้นรถบรรทุก ปัจจุบันพบว่าการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังมีการทำงานร่วมกันระหว่างเครื่องจักรต้นกำลังและการใช้แรงงานคน ซึ่งถือได้ว่าการขบวนการเก็บเกี่ยว เป็นขั้นตอนตอนที่ใช้ต้นทุนและเวลาสูง [5] ปัจจุบันปัญหาด้านการขาดแคลนแรงงานในภาคเกษตรกรรมมีแนวโน้มทวีความรุนแรงมากขึ้น ส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนในการผลิตของเกษตรกรผู้ผลิตมันสำปะหลัง จึงได้มีการศึกษาและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเป็นจำนวนมาก เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาให้กับเกษตรกรและเป็นการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีทางการเกษตรของไทย

การพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังต้นแบบในประเทศไทยส่วนใหญ่ได้รับการพัฒนามาจากเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบติดตั้งในรถแทรกเตอร์ซึ่งแบ่งออกได้ตามลักษณะของการทำงานคือ แบบที่มีเครื่องขุดเพียงอย่างเดียว คือการนำหัวขุดหรือผานขุดติดตั้งในโครงโกที่สร้างขึ้นและเชื่อมต่อกับรถแทรกเตอร์ทำหน้าที่ใน

การขุดเปิดร่องแยกมวลดินและเห้งมันสำปะหลังออกจากกัน แต่พบว่าหัวมันสำปะหลังที่ขุดได้บางส่วนยังเหลืออยู่ในดินจำนวนมาก และการขุดในลักษณะดังกล่าวเกิดการทับถมของดินทำให้เกิดความสูญเสียและเพิ่มขั้นตอนการใช้แรงงานคนตามเก็บ จึงได้มีการพัฒนาให้เครื่องขุดแบบมีระบบการคัดแยกดิน [4] ต่อมาเป็นพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวแบบลำเลียงเหง้า โดยระบบลำเลียงออกแบบเป็นลักษณะโซ่ปิกทำงานร่วมกับสายพานหรือแผ่นยางป้องกันการฉีกและช่วยสร้างแรงยึดเกาะ โดยใช้โซ่ปิกจำนวน 2 ชุด ทำงานโดยการหมุนในทิศทางตรงข้ามกันเพื่อการลำเลียงเห้งมันสำปะหลังที่ขุดได้ [3] เมื่อเครื่องขุดแบบมีระบบการลำเลียงเหง้า สามารถทำการขุดมันสำปะหลังพร้อมเห้งทำงานได้แล้ว จึงได้พัฒนาไปยังอุปกรณ์ขนย้ายที่มีลักษณะเป็นกระบะบรรทุกแบบมีล้อ ต่อพ่วงแบบกึ่งลากจูงกับชุดโครงขุดและลำเลียง เมื่อทำการเก็บเกี่ยวจนเต็มกระบะบรรทุกจะทำการเทรวมกองกันไว้เป็นจุดๆ [1] และการพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบมีระบบการขุดลำเลียง และตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเห้งถึง

เป็นกลไกที่มีความสำคัญของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง [2] แต่จากการศึกษาพบว่าเครื่องมือที่ได้รับการพัฒนาดังกล่าวยังมีข้อจำกัดเช่น ความยาวของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ทำการออกแบบส่งผลต่อความสามารถในการทำงานและประสิทธิภาพเชิงเวลา ระบบลำเลียงหลังจากการขุดยังไม่ครอบคลุมการทำงานทั้งหมด รวมถึงการทำงานระหว่างกระบวนการยังคงต้องใช้แรงงานคนในการทำงาน

การศึกษาเรื่องการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบที่พัฒนาในประเทศไทย เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเครื่องขุดมันสำปะหลัง ซึ่งแบ่งออกได้ตามลักษณะของการทำงาน 5 รูปแบบ คือ แบบที่มีเครื่องขุดเพียงอย่างเดียว แบบที่มีการขุดและคัดแยกดิน แบบที่มีการขุดและลำเลียงเหง้ามัน แบบที่มีการขุดและลำเลียงเหง้ามันพร้อมกับขนย้ายเหง้าและหัวมันสำปะหลัง และแบบที่มีการขุด ลำเลียงเหง้า ตัดแยกเหง้าและลำเลียงผลผลิตในเครื่องเดียวกัน มาทำการประเมินประสิทธิภาพของการทำงาน ประกอบด้วยความสามารถในการทำงาน ประสิทธิภาพเชิงเวลา ความสามารถในการลำเลียง เปอร์เซ็นต์ผลผลิตทั้งหมด และเปอร์เซ็นต์ความสูญเสีย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการทำงานหรือการปรับปรุงอุปกรณ์ในการทำงานของเครื่องเก็บเกี่ยวให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

2. วิธีการวิจัย

2.1 การศึกษารูปแบบการทำงานของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบในประเทศไทย

การศึกษาลักษณะและรูปแบบการทำงานของเครื่องรวมถึงอุปกรณ์การทำงานจาก 5 รูปแบบ (ก) คือเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบติดตั้งในรถแทรกเตอร์แบบที่มีเครื่องขุดเพียงอย่างเดียว (ข) แบบที่มีการขุดและคัดแยกดิน [4] (ค) แบบที่มีการขุดและลำเลียงเหง้ามัน [3] (ง) แบบที่มีการขุดและลำเลียงเหง้ามันและขนย้ายและ [1] (จ) แบบที่มีการขุด ลำเลียงเหง้า ตัดแยกเหง้าและลำเลียงผลผลิตในเครื่องเดียว [2]



ก



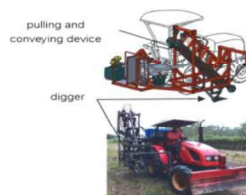
ข



ค



ง



จ

รูปที่ 1 การพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

ทดสอบการทำงานเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่มีอายุระหว่าง 9-12 เดือน ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยลักษณะของดินในแปลงปลูกเป็นดินร่วนปนดินทราย มีลักษณะการปลูกแบบยกร่องระยะห่างระหว่างต้นเฉลี่ยเท่ากับ 70-80 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างต้นเท่ากับ 70-100 เซนติเมตร ลักษณะการทำการขุดเกี่ยวมันสำปะหลังของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบดังกล่าวทั้งหมดทำการเก็บเกี่ยวได้ครั้งละหนึ่งแถวการปลูก

2.2 การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบ

การพิจารณาปัจจัยในการทำงานของเครื่องมือที่ได้รับการพัฒนาดังกล่าวประกอบด้วยความสามารถในการทำงาน ประสิทธิภาพเชิงเวลา ความสามารถในการลำเลียง เปอร์เซ็นต์ผลผลิตทั้งหมด และเปอร์เซ็นต์ความสูญเสีย ซึ่งมีเกณฑ์และวิธีการศึกษาข้อมูลดังนี้

- ความสามารถในการทำงานของเครื่อง (Field Capacity)

ความสามารถในการทำงานของเครื่องหมายถึง การที่เครื่องจักรสามารถปฏิบัติงานในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังได้จริงในพื้นที่ต่อหน่วยเวลา แสดงข้อมูลจากการทำงานเป็น ไร่ต่อชั่วโมง

ความสามารถในการทำงานของเครื่อง

$$= \frac{\text{พื้นที่ทั้งหมดในการเก็บเกี่ยว}}{\text{เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเก็บเกี่ยว}}$$

- ประสิทธิภาพเชิงเวลา (Time Efficiency)

ประสิทธิภาพเชิงเวลาเป็นผลจากการออกแบบอุปกรณ์ที่ทำการติดตั้งในเครื่องขุดหรือเครื่องเกี่ยว โดยประสิทธิภาพเชิงเวลาของเครื่องจักรที่ทำการออกแบบสามารถพิจารณาได้จากสมการ

ประสิทธิภาพเชิงเวลา =

$$\frac{\text{เวลาทั้งหมดของการเก็บเกี่ยว} - \text{เวลาจริงในการทำงาน}}{\text{เวลาทั้งหมดในการเก็บเกี่ยว}} \times 100$$

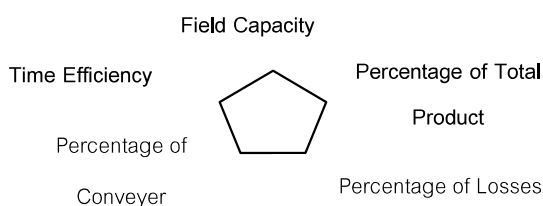
- ความสามารถในการลำเลียง (Percentage of Conveyor)

เนื่องจากเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในขนาดจำเป็นต้องมีการลำเลียงผลผลิตที่ทำการขุดได้ไปยังอุปกรณ์การทำงานอื่นๆ เช่น กระบะบรรจุทุก อุปกรณ์การสับแยกเหง้าเป็นต้น [1] ดังนั้นความสามารถในการลำเลียงจึงมีความสำคัญซึ่งต้องครอบคลุมผลผลิตทั้งหมดที่ทำการขุดได้ ทั้งในส่วนของหัวมันสำปะหลังพร้อมเหง้า และหัวมันสำปะหลังอื่นๆ ที่ผ่านการขุด นอกจากนี้กระบวนการลำเลียงนี้เป็นขั้นตอนสำคัญที่สอดคล้องกับการลดการใช้แรงงานในการทำงาน

- เปอร์เซ็นต์ผลผลิตทั้งหมด และ เปอร์เซ็นต์ความสูญเสีย (Percentage of Total Product and Losses)

ปัจจัยสำคัญในการออกแบบการทำงาน รวมถึงอุปกรณ์ในการทำงาน ซึ่งการทำงานของเครื่องจักรที่ทำการออกแบบต้องสามารถทำการขุดเก็บมันสำปะหลังเพื่อให้ได้ผลผลิตหรือเปอร์เซ็นต์ผลผลิตทั้งหมดมากที่สุดและมีความสูญเสียหรือเปอร์เซ็นต์ความสูญเสียในรูปหัวมันสำปะหลังที่เหลือในดินน้อยที่สุด

การประเมินประสิทธิภาพของการพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเป็นการนำข้อมูลของการทำงานมาทำการสังเคราะห์ในรูปแบบ Radar graph โดยนำปัจจัยต่างๆที่เป็นข้อมูลจากการผลการทดสอบมาทำการเปรียบเทียบกันในแต่ละปัจจัยที่กล่าวมาแล้วข้างต้น



รูปที่ 2 การประเมินประสิทธิภาพของการพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง แบบเรดาร์กราฟ (Radar graph)

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

- การศึกษารูปแบบการทำงานของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบในประเทศไทย

การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังมีกระบวนการทำงานหลายขั้นตอน ได้แก่ การตัดต้นมันสำปะหลัง การขุด การรวมกองเพื่อการแยกเหง้าและหัวมันสำปะหลัง การลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก เกษตรกรจะเริ่มทำการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเมื่อมีอายุตั้งแต่ 8 เดือนขึ้นไป หรืออยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายน [3]

การพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในปัจจุบันเริ่มต้นด้วยระบบการขุดเป็นการนำหัวขุดหรือผลขุดติดตั้งในโครงโกที่สร้างขึ้นและเชื่อมต่อกับรถแทรกเตอร์ทำหน้าที่ในการขุดเปิดร่องแยกมวลดินและเหง้ามันสำปะหลังออกจากกัน

เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบติดตั้งในรถแทรกเตอร์แบบที่มีเครื่องขุดเพียงอย่างเดียวเนื่องจากเครื่องขุดแบบ ใช้การลากจูงมีข้อจำกัดในด้านการทำงานคือ พบว่าหัวมันสำปะหลังที่ขุดได้บางส่วนยังเหลืออยู่ในดินจำนวนมาก และการขุดในลักษณะดังกล่าวเกิดการทับถมของดินทำให้เกิดความสูญเสียและเพิ่มขั้นตอนการใช้แรงงานคนตามเก็บ [4]



รูปที่ 3 เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบติดตั้งในรถแทรกเตอร์แบบ ที่มีเครื่องขุดเพียงอย่างเดียว

แบบที่มีการขุดและคัดแยกดินเนื่องจากเครื่องขุดแบบใช้การลากจูงมีข้อจำกัดในด้านการทำงานคือ พบว่าหัวมันสำปะหลังที่ขุดได้บางส่วนยังเหลืออยู่ในดินจำนวนมาก และการขุดในลักษณะดังกล่าวเกิดการทับถมของดินทำให้เกิดความสูญเสียและเพิ่มขึ้นตอนการใช้แรงงานคนตามเก็บ จึงได้มีการพัฒนาให้เครื่องขุดมีระบบการคัดแยกดิน [1]



รูปที่ 4 แบบที่มีการขุดและคัดแยกดิน

แบบที่มีการขุดและลำเลียงเห้งงำมันพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวแบบลำเลียงเห้งงำ โดยระบบลำเลียงออกแบบเป็นลักษณะใช้ปิกทำงานร่วมกับสายพานหรือแผ่นยางป้องกันการลื่นและช่วยสร้างแรงยึดเกาะ โดยใช้ใช้ปิกจำนวน 2 ชุด ทำงานโดยการหมุนในทิศทางตรงข้ามกัน[1]



รูปที่ 5 แบบที่มีการขุดและลำเลียงเห้งงำมัน

แบบที่มีการขุดและลำเลียงเห้งงำมันและขนย้าย มีลักษณะเป็นกระเบบรทุกแบบมีล้อต่อพ่วงแบบกึ่งลากจูงกับชุดโครงขุดและลำเลียงหรือไม่มีล้อบรรทุกเป็นต้น เมื่อทำการเก็บเกี่ยวจนเต็มกระเบบรทุกจะทำการเทรวมกองกันไว้เป็นจุดๆ [1]



รูปที่ 6 แบบที่มีการขุดและลำเลียงเห้งงำมันและขนย้าย

แบบที่มีการขุด ลำเลียงเหง้า ตัดแยกเหง้าและลำเลียงผลผลิตในเครื่องเดียว การพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้าถือเป็นกลไกที่มีความสำคัญของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเนื่องจากเครื่องเก็บเกี่ยวที่กล่าวมาข้างต้นยังคงต้องใช้แรงงานคนในการตัดแยกเหง้าและยังไม่สามารถทำงานได้จริงอย่างต่อเนื่อง [2]



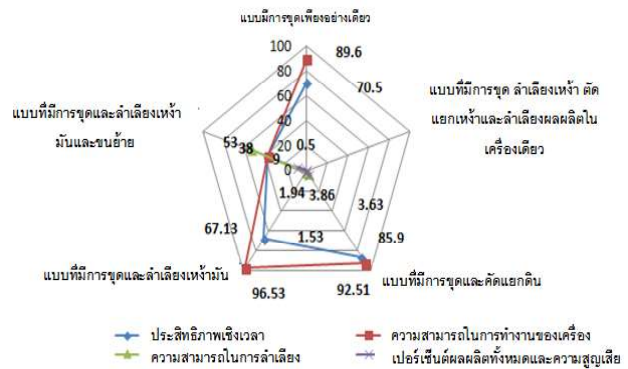
รูปที่ 7 แบบที่มีการขุด ลำเลียงเหง้า ตัดแยกเหง้าและลำเลียงผลผลิตในเครื่องเดียว

การศึกษารวบรวมข้อมูลพบว่าปัจจุบันยังไม่พบเครื่องเก็บเกี่ยวที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือทำงานเองได้อัตโนมัติ ยังคงต้องใช้คนทำงานหลังจากเครื่องจักรทำงานเสร็จหรือเชื่อมต่อบางกระบวนการ และเป็นเหตุผลให้ผู้ที่มีความสนใจที่จะศึกษาพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังสามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการพัฒนาต่อในอนาคต ซึ่งจากผลการศึกษารูปแบบของเครื่องเก็บเกี่ยวที่จะพัฒนาขึ้นควรมีลักษณะเป็นเครื่องขุด แบบมีระบบคัดแยกดินเพื่อเก็บหัวมันสำปะหลังที่ปะปนอยู่ในดิน มีระบบการลำเลียงเหง้าเพื่อให้สามารถป้อนเข้าสู่กระบวนการตัดแยกเหง้าและหัวมันสำปะหลังออกจากกัน รวมถึงต้องมีอุปกรณ์เพื่อรองรับและขนย้าย

ผลผลิตไปส่งให้กับรถบรรทุก นอกจากเครื่องเก็บเกี่ยวที่พัฒนาขึ้นจำเป็นจะต้องมีอุปกรณ์ในการทำงานกะทัดรัดไม่มีการต่อพ่วงยาวจนเกินไป เพราะจะส่งผลกระทบต่ออัตราการทำงานและประสิทธิภาพเชิงเวลา

การประเมินประสิทธิภาพของการพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

แบบเรดาร์กราฟ (Radar graph)



รูปที่ 8 การประเมินประสิทธิภาพของการพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง แบบ Radar graph

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาการประเมินประสิทธิภาพของการพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง สามารถนำมาเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการทำงานหรือการปรับปรุงอุปกรณ์ในการทำงานของเครื่องเก็บเกี่ยวให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพของผู้ที่จะทำการศึกษาในลำดับต่อไป

4. สรุป

การศึกษาเรื่องการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต้นแบบ รูปแบบ (ก) คือเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบติดตั้งในรถแทรกเตอร์แบบที่มีเครื่องขุดเพียงอย่างเดียว เป็นเครื่องมือต้นแบบที่เกษตรกร ใช้งานอยู่ในปัจจุบันอย่างกว้างขวางแต่ยังคงต้องใช้แรงงานในการทำงานร่วมกับการทำงานของเครื่องขุดจำนวนมาก (ข) แบบที่มีการขุดและคัดแยกดินเป็นเครื่องมือที่ได้รับการพัฒนาให้สามารถเก็บและรวบรวมผลผลิตหลังการขุดทั้งในส่วนหัวมันสำปะหลังพร้อมเหง้า และหัวมันสำปะหลังขาดที่ขุดได้ทำให้เกิดความสะดวกในการตามเก็บผลผลิตซึ่งจะถูกลำเลียงออกด้านข้างและวางเป็นแถว (ค) แบบที่มีการขุดและลำเลียงเหง้ามัน เป็นเครื่องมือที่มีระบบการทำงานโดยการลำเลียงเฉพาะเหง้ามันส่วนหัวมันสำปะหลังที่ขาดไม่สามารถลำเลียงได้จึงต้องมีแรงงานตามเก็บ (ง) แบบที่มีการขุดและลำเลียงเหง้ามันและขนย้าย เป็นเครื่องมือที่ทำการพัฒนาต่อยอดจากระบบที่กล่าวมาแล้ว แต่ประสบปัญหาด้านการเลี้ยวหัวงานทำให้ประสิทธิภาพเชิงเวลาลดลง (จ) แบบที่มีการขุด ลำเลียงเหง้า ตัดแยกเหง้าและลำเลียงผลผลิตในเครื่องเดียว เป็นเครื่องต้นแบบที่ได้รับการพัฒนาให้สามารถทำงานเบ็ดเสร็จในเครื่องเดียว ยังคงพบปัญหาด้านความต่อเนื่องกันจากระบบหนึ่งมายังอีกระบบหนึ่ง

ผลการประเมินศักยภาพของการพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวในประเทศไทยพบว่า ในแง่ของอัตราการทำงาน เครื่องเก็บเกี่ยวที่ได้มีการพัฒนาขึ้นมีความสามารถในการทำงานลดลงเกือบทั้งหมด เนื่องจากต้องมียกลไกรอื่นมาทำงานร่วมกันหลายขั้นตอน จึงทำให้เครื่องมือที่ทำการพัฒนาทำงานช้าลง เพื่อให้ชิ้นส่วนอื่นๆ ทำงานได้ทันตามผลผลิตที่ทำการขุดได้ ความเร็วในการทำการเก็บเกี่ยวมีแนวโน้มลดลงมากที่สุดเพราะต้องทำการเก็บเกี่ยวอย่างแม่นยำมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องลดการทำความเร็วเพื่อให้ครอบคลุมการเก็บเกี่ยวต้นมันสำปะหลังให้ได้ทุกต้น ประสิทธิภาพเชิงเวลาพบว่าการมีอุปกรณ์การทำงานมากขึ้นทำให้เครื่องมือที่ออกแบบมา มีความยาวมากขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงเวลาลดลงเพราะความยาวของอุปกรณ์ทำให้เครื่องมือที่พัฒนาต้องใช้เวลาในการเลี้ยวหัวแปลง ขณะทำการเก็บเกี่ยวเป็นเวลานาน ส่วนเปอร์เซ็นต์ของผลผลิตดีหรือหัวมันสำปะหลังที่ขุดได้ ผลการศึกษาพบว่าเครื่องขุดมันสำปะหลังที่ทำการพัฒนาขึ้นส่วนใหญ่สามารถทำการเก็บเกี่ยวได้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้นและลดเปอร์เซ็นต์ของเหง้าและหัวมันที่ไม่ถูกลำเลียงรวมถึงลดเปอร์เซ็นต์ของหัวมันสำปะหลังที่เหลือในดิน โดยเฉพาะเครื่องขุดแบบมีระบบการคัดแยกดิน และเครื่องขุดแบบมีระบบการลำเลียงเหง้า ส่วนเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบที่มีการขุด ลำเลียงเหง้า ตัดแยกเหง้าและลำเลียงผลผลิตในเครื่องเดียวซึ่งอยู่ระหว่างการพัฒนาและมีศึกษาอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

สามารถทำงานได้ แต่ยังคงความต่อเนื่องระหว่างการทำงานของแต่ละกระบวนการ ซึ่งอาจเกิดจากหลายปัจจัยเช่นลักษณะทางกายภาพของเหง้าและหัวมันสำปะหลังที่ไม่มีรูปแบบคงที่ ลักษณะการปลูกที่มีระยะไม่แน่นอน จึงทำให้เครื่องจักรที่ทำการพัฒนาดังที่กล่าวมาแล้วมีประสิทธิภาพในการทำงานต่ำกว่ารูปแบบที่มีการใช้คนกับเครื่องจักรทำงานร่วมกัน ดังนั้นจากข้อมูลทั้งหมดที่ได้ทำการศึกษาสามารถนำเอาข้อมูลจากการทำงานในแต่ละรูปแบบมาทำการพิจารณาถึงข้อดีและข้อเสียของเครื่องมือที่ทำการศึกษามาแล้วนี้ นำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกรูปแบบของการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูง เช่นระบบการขุดลำเลียง ตัดแยกเหง้า และขนย้ายผลผลิตมาทำการพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้นและใช้งานได้จริงสามารถลดการใช้แรงงานคนในกระบวนการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังต่อไปในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาและวิจัยได้รับการสนับสนุนจากกลุ่มวิจัยฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัยขอนแก่น, ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ประสาท แสงพันธุ์ตา. การออกแบบและพัฒนาเครื่องขุดและรวบรวมหัวมันสำปะหลัง. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2548.
- [2] พยุงศักดิ์ จุลยุเสน และคณะ. การพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบตัดหัวมันสำปะหลังออกจากเหง้า. วิทยาศาสตร์เกษตร. 2557; 353-356.
- [3] วิชา หนั้นทำการ. เครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน; 2552 [เข้าถึงเมื่อ 30 ก.ค. 2553]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.rdi.ku.ac.th>
- [4] ศุภวัฒน์ ปากเมย. การออกแบบและประเมินเครื่องขุดมันสำปะหลัง. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2540.
- [5] ศักดา อินทวิชัย และคณะ. เครื่องจักรกลเกษตรที่ใช้ในการเพาะปลูกมันสำปะหลัง: เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ ฉบับที่ 6. กรุงเทพฯ: บริษัท เจ พีเอ็ม โปรเซส จำกัด; 2542.

- [6] สามารถ บุญอาจ. การออกแบบและพัฒนา
เครื่องเก็บหัวมันสำปะหลังแบบติดพ่วงกับรถ
แทรกเตอร์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรม
ศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ :
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2543.