



การลดความสูญเสียในการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลชุดแบบจานโค้งชนิดติดท้ายแทรกเตอร์

Reduction of Cassava Tuber Loss during Harvesting by Weight Addition on a Curved-Plate Digger Mounted to a Tractor

เกียรติสุดา สุวรรณปา¹ และ บัณฑิต สุริยวงศ์พงศา^{1*}

Kiatsuda Suvanapa¹ and Bundit Suriyavongpongsa^{1*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ 46000

¹Agricultural Machinery Engineering, Kalasin University, Kalasin 46000

*Corresponding author: Tel.: +66-8-9229-2997, Fax: +66-43-813-070, E-mail: s.bundit1@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลดความสูญเสียในการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังด้วยผลชุดแบบจานโค้งชนิดติดท้ายแทรกเตอร์ด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลชุด ทั้งนี้เก็บข้อมูลในแปลงมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 อายุเก็บเกี่ยว 8 เดือน ซึ่งปลูกและเก็บเกี่ยวด้วยวิธีที่นิยมปฏิบัติของเกษตรกรบ้านนา ตำบลเหนือ อำเภอมือ จังหวัดกาฬสินธุ์ ศึกษาสมบัติทางกายภาพ ด้านความลึกของเหง้ามันสำปะหลังก่อนขุด ความลึกของผลชุดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก (ความลึกที่เกษตรกรใช้ในการเก็บเกี่ยว) และความลึกของผลชุดแบบถ่วงน้ำหนัก 50 kg จากผลการศึกษา พบว่า ความลึกของหัวมันสำปะหลังก่อนขุด เมื่อวัดจากตำแหน่งผิวดินมีค่าเฉลี่ย สูงสุด และต่ำสุด เท่ากับ 20.97 29.30 และ 14.50 cm ตามลำดับ ความลึกของผลชุดแบบไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าเฉลี่ย 19.07 cm (ครอบคลุมความลึกของหัวมันสำปะหลังทั้งแปลงที่ 48.89%) การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลชุด ทำให้ความลึกในการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 3.13 cm หรือเท่ากับ 22.20 cm (ครอบคลุมความลึกของหัวมันสำปะหลังทั้งแปลงที่ 81.11%) ส่งผลให้ความสูญเสียในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังลดลง 0.99% เกษตรกรมีรายรับเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 117.56 Baht Rai¹

คำสำคัญ: การสูญเสียผลผลิต, เหง้ามันสำปะหลัง, ผลชุด

Abstract

This research aimed to study losses reduction in cassava tubers harvesting by using a curved plate ploughed type to increase weight at the position of the digger disc. Data collection was conducted at a cassava field planted with Kasetsart 50 variety and harvested at an age of 8 months. The planting and harvesting methods followed the conventional methods practiced by farmers in Kalasin, Thailand. Physical properties of cassava rhizome before digging depth of digger curved plate without weight (typical depth of digger used by the farmer) and depth of digger curved plate attached with 50 kg weight were determined. The results showed that the depth of cassava tubers buried beneath the soil surface had a mean value of 20.97 cm, the highest value of 29.30 cm and the lowest value of 14.50 cm The depth of the digger curved plate without weight had a mean value of 19.07 cm, covering the depth of cassava tubers beneath the soil surface in the field by 48.89%. Harvesting by adding the

Received: February 21, 2022

Revised: August 31, 2022

Accepted: October 04, 2022

Available Online: March 17, 2023

weight at the digger disc increased the depth of the digger curved plate by 3.13 cm, or equal to the total depth of the digger curved plate of 22.20 cm; this depth covered the depth of cassava tubers beneath the soil surface of the field by 81.11%. Adding the weight at the position of the digger disc reduced the losses in cassava harvesting by 0.99%. This helped increase the income of the farmers at 117.56 Baht Rai¹

Keywords: Yield loss, Cassava Tubers, Digger

1 บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชตระกูลหัวที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ในปี 2564 มีพื้นที่เพาะปลูก 10,919,014 Rai ผลผลิต 35,094,485 ton (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) โดยปลูกกันมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก หรือประมาณ 30% ของพื้นที่ปลูกทั้งหมด ซึ่งเกษตรกรจะนิยมปลูกมันสำปะหลังในช่วงปลายฤดูฝน (ช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน) เนื่องจากดินมีความชื้นสูงที่มีผลต่อการความงอกของท่อนพันธุ์ (ศูนย์วิจัยมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, ม.ป.ป.) และการปลูกมันสำปะหลังในช่วงฤดูฝนจะให้ผลผลิตหัวสดสูงกว่าการปลูกในฤดูแล้ง (ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม). (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี, ม.ป.ป.). การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังของเกษตรกร มี 2 รูปแบบ ได้แก่ 1) การเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคนในทุกกิจกรรม ทั้งการขุด การตัดเหง้าและการขนย้ายหัวมันสดขึ้นรถบรรทุกและ 2) การใช้ผลชุดแบบใช้แทรกเตอร์เป็นต้นกำลังในกิจกรรมการขุด แทนวิธีการขุดด้วยแรงงานคน (เสรีและพิศาล, 2556) และทำการเก็บเกี่ยวระหว่าง 8-18 months ซึ่งขึ้นอยู่กับความจำเป็น เช่น ราคา แรงงาน เป็นต้น ซึ่งอายุที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณแบ่งลดลงตามสัดส่วนของเส้นใยที่สูงขึ้น แต่หากยืดอายุเก็บเกี่ยวออกไปมากจะส่งผลกระทบต่อการฤดูกาลปลูกในปีต่อไป

ปัญหาการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในสภาพที่ดินมีความชื้นต่ำ ที่การถอนหรือขุดด้วยแรงงานคนทำได้ยาก เกษตรกรจะเลือกใช้ผลชุดแบบใช้แทรกเตอร์เป็นต้นกำลัง มาใช้ในกิจกรรมการขุดหรือถอน ซึ่งพบว่า มีการสูญเสียของผลผลิตที่หลงเหลือในดินระหว่าง 2.27-17.04% (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดพะเยา, 2563) เนื่องจากความแข็งดินที่ทำให้ผลชุดไม่สามารถขุดได้ลึกที่ครอบคลุมความลึกของหัวมันสำปะหลังในแปลง

จากการตรวจเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องขุดมันสำปะหลังในประเทศไทย พบว่า ในการทดสอบและพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังให้เหมาะสมกับพื้นที่ในเขตภาคตะวันออก มีการ

สูญเสียของเครื่องขุดที่พัฒนาขึ้น 8.34% ซึ่งเกิดจากปัญหาความสูงของชุดโครงที่ไม่เหมาะสม และไม่สามารถปรับความลึกในการขุดได้ (คุรุวรรณ และคณะ, 2556) และปัญหาการทำงานของเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบไถหัวหมู แบบพวงรถแทรกเตอร์ที่ไม่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และการสูญเสียส่วนใหญ่ (40%) เกิดจากการแตกหักและการหลุดของหัวออกจากลำต้น ซึ่งจะมีความสูญเสียและความเสียหายสูงมาก เมื่อทำการขุดมันสำปะหลังในสภาพดินแห้งและแข็งมาก โดยพบว่า เครื่องขุดแบบจานโค้งสามารถขุดมันสำปะหลังได้ดีกว่าผลชุดภาพแบบอื่น (อนุชิต และคณะ, 2551) และการทำงานของเครื่องขุดและลำเลียงเห้งมันสำปะหลังออกด้านข้างแบบติดท้ายแทรกเตอร์ ซึ่งเป็นผลชุดแบบสามเหลี่ยม พบว่า มีการสูญเสียของหัวมันสำปะหลัง 15% (สมนึก, 2537) ส่วนเครื่องขุดมันสำปะหลัง มข. 46 ที่ใช้แทรกเตอร์ขนาด 65 hp เป็นต้นกำลัง มีปริมาณมันสำปะหลังหลังขุดหลงเหลือในร่องชุด 22-36% ซึ่งต้องใช้แรงงานคนคอยเก็บออกกรองปลูก (เสรีและสมนึก, 2548) ซึ่งพบว่า เครื่องขุดมันสำปะหลังที่ใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง ในพื้นที่ดินเหนียวปนทรายและพื้นที่ดินทรายปนร่วน มีความสูญเสียเฉลี่ยเท่ากับ 8.65 และ 8.30% โดยการสูญเสียส่วนใหญ่เกิดจากผลชุดไปตัดส่วนของหัวมันสำปะหลัง และตกค้างอยู่ในดิน ซึ่งการสูญเสียจะมีค่าสูงมาก เมื่อเก็บเกี่ยวในช่วงฤดูแล้งที่ดินมีความแข็งมาก (เสรี, 2551)

ผลการตรวจเอกสารงานวิจัยในต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบผลชุด พบว่า การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในประเทศกานาด้วยกลไกของผลชุด TEK มีการแตกหักของหัวมันสำปะหลังต่ำสุด 9.91% ที่ความลึกของผลชุด 20.70-30.10 cm (Amponsah, 2011) และการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังของเครื่อง TEK MCH 2 และ TEK MCH 6 เมื่อทดสอบในแปลงมันสำปะหลังพันธุ์ Afisiati และพันธุ์ Bankyehemaa มีการแตกหักของหัวมันสำปะหลัง 16-27% ที่ความลึกในการขุด 13-40 cm (Bobobee et al. 2014) และมีการศึกษาพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบไฮดรอลิกเพื่อลดการสูญเสียของหัวมันสำปะหลังที่เกิดการแตกหักภายหลังการขุดอีกด้วย (Kumar et al. 2021) ซึ่งผลการทดสอบความลึกในการขุดหัวมัน

ลำปะหลังระหว่าง 22.39-26.86 cm พบว่า มีการแตกหักของหัวมันสำปะหลัง 4.32-19.55% (Amponsah et al. 2017) ส่วนผลการทดสอบเครื่องเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในประเทศไนจีเรีย ที่ความลึกในการขุด 13.80 cm ทำให้เกิดการเสียหายของหัวมันสำปะหลัง 43.03% (Isinkaye et al. 2021) ส่วนการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังของประเทศฟิลิปปินส์ที่ความลึกในการขุด 30.00 cm มีประสิทธิภาพในการขุด 96.00% (Mysel et al. 2020) ซึ่งตั้งข้อสังเกตได้ว่า ความลึกในการขุดที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดการเสียหายของหัวมันสำปะหลังลดลง และมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการขุดเพิ่มขึ้น และการทำงานของอุปกรณ์สับใบอ้อย หากนำเหล็กถ่วงน้ำหนักที่อุปกรณ์สับใบอ้อย จะสามารถไถสับใบและเศษซากอ้อยคลุมเคล้าลงดินได้ดี (ไทยเกษตรศาสตร์, ม.ป.ป) การนำน้ำหนักถ่วงที่ขุดผลพลรวม ช่วยให้การพรุนสับใบได้ดีขึ้น (มิตรผลโมเดิร์นฟาร์ม, 2563)

จากปัญหาการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในช่วงเดือนเมษายนของเกษตรกรบ้านหนาด ตำบลเหนือ อำเภอมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ดินมีความชื้นต่ำและแข็งมาก ซึ่งนิยมใช้ผลสดแบบจางกลมที่ติดท้ายแทรกเตอร์ ในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง เนื่องจากการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในสภาวะดังกล่าวไม่สามารถทำการขุดหรือถอนด้วยคนได้ และมักพบปัญหาหัวมันสำปะหลังถูกตัดด้วยผลสดและตกค้างอยู่ในดินจำนวนมาก ซึ่งคาดว่าจะเกิดจากข้อจำกัดของผลสดที่ไม่สามารถขุดได้ครอบคลุมความลึกของหัวมันสำปะหลังในแปลง ซึ่งเกษตรกรนิยมนำกระสอบทราย ล้อรถหรือเหล็กที่มีน้ำหนักมากไปยึดที่ตำแหน่งผลสดเพื่อเพิ่มน้ำหนักแก่ผลสด และทำให้ความลึกในการขุดเพิ่มขึ้น และจากการตรวจสอบเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า รูปแบบการทำงานดังกล่าวยังเป็นการแก้ปัญหาในระดับเกษตรกรแต่ยังไม่มีการศึกษาหรืองานวิจัยเกี่ยวข้องในน้ำหนักไปถ่วงที่ตำแหน่งผลสดที่สัมพันธ์กับความลึกของหัวมันสำปะหลังก่อนขุดในสภาพดินแข็ง เพื่อลดการสูญเสียของหัวมันสำปะหลังในพื้นที่ได้ ดังนั้นในการศึกษานี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาการลดการสูญเสียในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังโดยการนำน้ำหนักไปถ่วงที่ตำแหน่งผลสด ที่สัมพันธ์กับความลึกของหัวมันสำปะหลังก่อนขุดซึ่งคาดว่าจะสามารถลดการสูญเสียของหัวมันสำปะหลัง หลังขุดในแปลงได้ ทำให้เกษตรกรสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้มากขึ้นและมีรายรับเพิ่มขึ้น

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของหัวมันสำปะหลังก่อนขุด

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาสมบัติทางกายภาพของหัวมันสำปะหลังก่อนขุด ได้แก่ ความลึกของหัวมันสำปะหลังก่อนขุดจากตำแหน่งผิวดิน (cm) การแผ่ของหัวมันสำปะหลังจากตำแหน่งกึ่งกลางลำต้น (cm) จำนวนหัวต่อเหง้า (root) และน้ำหนักต่อเหง้า (kg) เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้ไปใช้ในการเลือกใช้

กลุ่มตัวอย่างหัวมันสำปะหลังที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ หัวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (KU 50) ที่ปลูกในพื้นที่ดินทรายปนร่วน อายุในการเก็บเกี่ยว 8 months. ปลูกในพื้นที่ บ้านหนาด ตำบลเหนือ อำเภอมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 90 Rep ที่สุ่มจากตำแหน่งหัวแปลง กลางแปลง และท้ายแปลง เป็นการเก็บข้อมูลแบบเรียงต้น ดังแสดงใน Figure 1

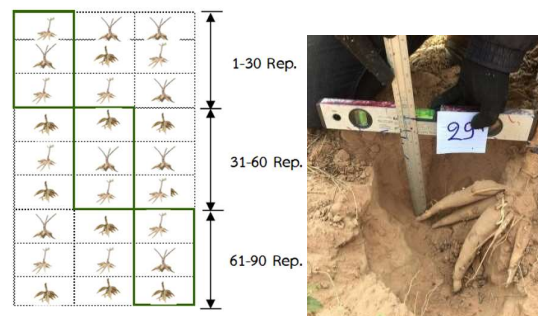


Figure 1 Cassava sampling and depth measurement of cassava before excavation from the soil surface level.

การหาความชื้นของดิน โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 10 cm จากระดับผิวดิน จำนวน 3 Rep ที่ตำแหน่งหัวแปลง กลางแปลง และท้ายแปลง และนำตัวอย่างดินมาอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นระยะเวลา 24 h (RNAM Test Codes & Procedures for Farm Machinery, 1995) พบว่าความชื้นของดินขณะเก็บเกี่ยวมีค่าเฉลี่ย 4.73% M.C._{w.b.}

การเก็บข้อมูลความลึก และการแผ่ของหัวมันสำปะหลังจากตำแหน่งกึ่งกลางลำต้นของหัวมันสำปะหลังก่อนขุด โดยการใช้จอบหรือเสียมค่อยๆ ขุดดินออกจากหัวมันสำปะหลังทีละด้าน โดยไม่ให้ตำแหน่งของหัวมันสำปะหลังเกิดการเปลี่ยนแปลง จากนั้นทำการวัดทีละค่า บันทึกข้อมูลการทดสอบ และนำค่าที่ได้จากการทดสอบไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยการตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูล ด้วย Shapiro-Wilk และ Spearman Rank Correlation

2.2 การศึกษาการลดความสูญเสียด้วยการถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลชุดแบบงานโค้งชนิดติดท้ายแทรกเตอร์ เพื่อเพิ่มระดับความลึกในการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลัง

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาการลดความสูญเสีย ด้วยการถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลชุด เพื่อเพิ่มความลึกในการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (KU 50) อายุเก็บเกี่ยว 8 months. ทดสอบเปรียบเทียบวิธีการไม่ถ่วงน้ำหนัก กับวิธีการถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลชุด ขนาดแปลงมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดสอบ มีขนาด กว้าง×ยาว เท่ากับ 9.90×111.10 m (12 row) ปลุกแบบยกร่อง และปักท่อนพันธุ์แบบปักเอียง มีระยะห่างระหว่างต้นเฉลี่ย 85.50 cm ระยะห่างระหว่างแถวเฉลี่ย 89.28 cm รูปแบบการทำงานเป็นแบบวนซ้ำ (Headland Pattern, From Boundaries)

ใช้แทรกเตอร์ ขนาด 47 hp เป็นต้นกำลัง และต่อพ่วงชุดผลแบบ 3 จุด (Three point hitch) กับผลชุดแบบงานกลม ใช้การควบคุมระดับความลึกของผลชุดแบบไม้อัดโนมิติ (Position Control) ทดสอบการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังโดยใช้เกียร์ H2 (ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,800 rpm) ส่วนผลชุดแบบงานกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 inches ดังแสดงใน Figure 2 มีขนาดโครงชุดโต เท่ากับ 614 ×1,004×1,010 mm มุมเอียงของผลชุดเท่ากับ 18° และมีค่าใช้ผลที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่

1) การสูญเสีย (%) ได้แก่

- การสูญเสียของหัวมันสำปะหลัง (%) หมายถึง สัดส่วนของน้ำหนักของหัวมันสำปะหลังหลังชุดที่ตกค้างอยู่ในแปลงต่อ น้ำหนักมันสำปะหลังทั้งหมด ซึ่งคิดเป็นการสูญเสียโดยน้ำหนักต่อเหง้า

- จำนวนเหง้ามันสำปะหลังที่ชุดไม่หมด (%) หมายถึง สัดส่วนของจำนวนเหง้ามันสำปะหลังที่ชุดไม่หมดต่อจำนวนเหง้ามันสำปะหลังทั้งแปลง ซึ่งคิดเป็นการสูญเสียของจำนวนเหง้าต่อไร่

2) ความลึกในการชุดของผาน (cm) หมายถึง ความลึกของผลชุดที่วัดจากตำแหน่งผานดิน

3) ความสามารถในการทำงาน (Rai h⁻¹) หมายถึง ปริมาณพื้นที่

4) อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (l Rai⁻¹) หมายถึง ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อพื้นที่

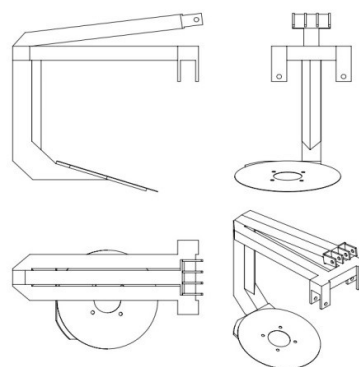


Figure 2 A curved-plate digger used in the study.

ในการศึกษานี้ได้ทำการทดสอบเบื้องต้นโดยใช้น้ำหนักถ่วงที่ตำแหน่งผลชุด เพื่อเพิ่มความลึก โดยใช้น้ำหนักกระสอบทราย 5 ระดับ ได้แก่ 0, 25, 50, 75 และ 100 kg ทำการทดสอบการชุดมันสำปะหลัง จำนวน 3 rep ที่ระยะทาง 30 m และสุ่มวัดความลึกจำนวน 10 point rep⁻¹ ในแต่ละน้ำหนัก เพื่อเลือกน้ำหนักกระสอบทรายที่นำไปถ่วงที่ตำแหน่งผลชุดตลอดการศึกษานี้ ซึ่งเกณฑ์ในการเลือกน้ำหนักถ่วงที่ตำแหน่งผลชุดคือ เลือกน้ำหนักถ่วงที่เกษตรกรยอมรับได้ ไม่เป็นภาระหนักของรถแทรกเตอร์ ดังแสดงใน Figure 3



Figure 3. Preliminary test of weighting at the digger disc position.

2.3 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ โดยเปรียบเทียบของวิธีการไม่ถ่วงน้ำหนักกับวิธีการถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลชุดที่สามารถลดการสูญเสียของหัวมันสำปะหลัง สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้มากขึ้น มีรายรับมากขึ้น และนำมาเปรียบเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อให้เกษตรกรได้เลือกใช้ มีเงื่อนไข ดังนี้

1) อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (l Rai⁻¹)

2) การคำนวณหาต้นทุนการใช้งาน และจุดคุ้มทุนเพื่อเลือกวิธีการในการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลัง (วินิต, 2530) ดังนี้

ก. ต้นทุนคงที่ ได้แก่ ค่าเสื่อมราคา และค่าดอกเบี้ย เท่านั้น ส่วนค่าโรงเรือน ภาษี และค่าประกันไม่นำมาพิจารณา เนื่องจาก

ส่วนใหญ่ไม่มีการสร้างโรงเรือนเพื่อเก็บรักษา ไม่มีการจ่ายภาษี และค่าประกัน ดังสมการ ดังนี้

- ต้นทุนคงที่ = ค่าเสื่อมราคา+ดอกเบี้ย

- ค่าเสื่อมราคา = $(P-S)/L$ (1)

- ค่าดอกเบี้ย = $(P+S)/2 \times (i/100)$ (2)

โดย

P = ราคาซื้อของเครื่องจักร, Baht

S = ราคาซากของเครื่องจักร, Baht

L = อายุการใช้งาน, yr

i = อัตราดอกเบี้ย, % yr⁻¹

ต้นทุนผันแปร เป็นค่าใช้จ่ายที่ขึ้นอยู่กับการทำงาน ได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าน้ำมันหล่อลื่น ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา ค่าจ้างแรงงาน

ค. จุดคุ้มทุน เป็นข้อมูลในการตัดสินใจว่าควรเลือกวิธีการใดในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังด้วยผลขาด เมื่อคำนึงถึงการสูญเสียในพื้นที่ และรายรับที่เพิ่มขึ้น ดังนี้

$$= (Fm \cdot 0.2 + Fi) / A + (Vm + Vi)$$
 (3)

เมื่อ

Fm = ต้นทุนคงที่ของรถแทรกเตอร์, baht yr⁻¹

Fi = ต้นทุนคงที่ของผานชุดแบบจานกลม, baht yr⁻¹

Vm = ต้นทุนผันแปรของรถแทรกเตอร์, baht yr⁻¹

Vi = ต้นทุนผันแปรของผานชุดมันสำปะหลัง, baht tr⁻¹

A = พื้นที่ทำงานต่อปี, rai yr⁻¹

3 ผลและวิจารณ์

3.1 ผลการศึกษาศักยภาพของเหง้ามันสำปะหลังก่อนชุด

3.1.1 ผลการศึกษาความลึกของหัวมันสำปะหลังก่อนชุด

ผลการวัดความลึกของเหง้ามันสำปะหลังก่อนชุดจากตำแหน่งผิวดิน (Figure 4) ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลแบบเรียงเหง้าจำนวน 90 Rep. พบว่า ความลึกของหัวมันสำปะหลังก่อนชุดส่วนใหญ่ (95.56% ของจำนวนเหง้ามันสำปะหลังทั้งหมด) มีค่าระหว่าง 25-26 cm ซึ่งพบว่า ความลึกที่สามารถครอบคลุมจำนวนเหง้ามันสำปะหลังทั้งแปลง (100%) จะต้องให้ความลึกในการชุด

ในช่วง 29-30 cm ดังแสดงใน Table 1 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Mysel et al, 2020)

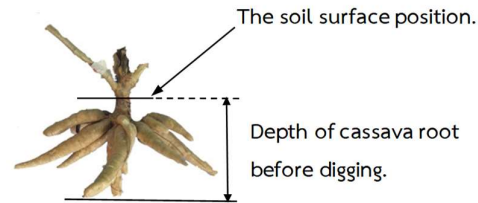


Figure 4 Depth measurement of cassava tubers before digging from soil surface level.

3.1.2 ผลการศึกษาระยะแผ่ของหัวมันสำปะหลัง จำนวนหัวต่อเหง้า และน้ำหนักต่อเหง้ามันสำปะหลัง

ผลการศึกษาระยะแผ่ของหัวมันสำปะหลังจากตำแหน่งกึ่งกลางเหง้า (Figure 5) พบว่า ระยะแผ่ของหัวมันสำปะหลังจากกึ่งกลางลำต้นไปทางด้านซ้ายและขวามีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าระยะแผ่จากกึ่งกลางลำต้นไปทางด้านซ้ายมีค่า สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ย เท่ากับ 30.30, 21.60 และ 26.15 cm ระยะแผ่จากกึ่งกลางลำต้นไปทางด้านขวามีค่า สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ย เท่ากับ 30.70, 20.60 และ 26.98 cm ระยะแผ่รวมของหัวมันสำปะหลัง (ซ้าย+ขวา) มีค่า สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ย เท่ากับ 59.40, 45.40 และ 53.13 cm จำนวนหัวต่อเหง้า มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 7.07 roots และน้ำหนักต่อเหง้าเฉลี่ย เท่ากับ 2.61 kg (Table 2)

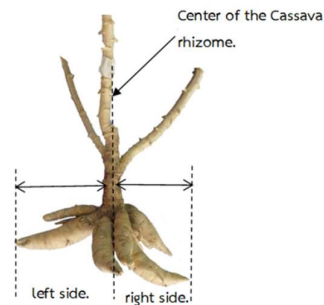


Figure 5 Measurement of the spread of cassava tubers from the stem center position.

จากผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเหง้ามันสำปะหลังก่อนชุด ได้แก่ ความลึกของหัวมันสำปะหลังจากตำแหน่งผิวดิน ระยะแผ่ของหัวมันสำปะหลัง จำนวนหัวต่อเหง้า และน้ำหนักของหัวมันสำปะหลัง มาวิเคราะห์เพื่อแจกแจงข้อมูลด้วย Shapiro-Wilk พบว่า มีค่า P-Value ของตัวแปรบางตัวที่แสดงว่ามีบางข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติ ดังแสดงใน Table

3 และ Table 4 ดังนั้น จึงต้องใช้ Spearman Rank Correlation - ความลึกและจำนวนหัวมันสำปะหลัง มีทิศทางตรงข้ามกัน
ในการวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดังกล่าว ซึ่ง - ความลึกและน้ำหนักของหัวมันสำปะหลังมีทิศทางตรงข้าม
พบว่า กัน
- ความลึกและการแผ่ของหัวมันสำปะหลัง มีความสัมพันธ์ใน
ทิศทางเดียวกัน

Table 1 Depths of Cassava tubers from the soil surface position.

Depth range (cm)	Cumulative number (%)	Cumulative frequency (%)
14-15	1.11	1.11
15-16	8.89	10.00
16-17	1.11	11.11
17-18	7.78	18.89
18-19	3.33	22.22
19-20	17.78	40.00
20-21	8.89	48.89
21-22	11.11	60.00
22-23	10.00	70.00
23-24	11.11	81.11
24-25	8.89	90.00
25-26	5.56	95.56
26-27	1.11	96.67
27-28	1.11	97.78
28-29	1.11	98.89
29-30	1.11	100.00

Table 2 Depth measurement of cassava tuber before digging.

Physical property	Maximum	Minimum	Average	SD
Depth				
The spread of the cassava tuber. (cm)				
- left side	30.30	21.60	26.15	1.81
- right side	30.70	20.60	26.98	2.17
- Total (left + right)	59.40	45.40	53.13	2.98
Number of Cassava Tuber (roots)	9.00	5.00	7.07	1.07
Weight of Cassava Tuber (kg.)	4.28	1.82	2.61	0.57

Table 3 Results on normality test

Variable	R ²	df	P-Value
Depth of cassava tubers (cm)	.985	90	.402
Spanning distance of cassava tubers (cm)	.979	90	.165
Number of cassava tubers (roots)	.905	90	.000
Weight of cassava tubers (kg)	.939	90	.000

Table 4 Results on the analysis for the correlation of the variables

Analysis for the correlation		Spreading distance	Number of root	Weight
Spearman's rho	depth	correlation coefficient	.210	-.020
		Spearman		
		P-value	.047*	.797
	spreading distance	correlation coefficient	-.080	.011
		Spearman		
		P-value	.452	.918
	number of root	correlation coefficient		.207
		Spearman		
		P-value		.050*

3.2 ผลการศึกษาการลดความสูญเสียด้วยการถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลชุดแบบจานโค้งชนิดติดตั้งแทรกเตอร์ เพื่อเพิ่มระดับความลึกในการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลัง

ผลการทดสอบเบื้องต้นในการถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลชุดโดยใช้น้ำหนักกระสอบทราย 5 ระดับ ได้แก่ 0, 25, 50, 75 และ 100 kg พบว่า การถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลชุดเพิ่มขึ้น ในการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังที่ดินมีความแข็งหรือมีความชื้นต่ำ มีผลทำให้ความลึกของผลชุดเพิ่มขึ้น เท่ากับ 19.23, 21.80, 22.50, 23.75 และ 24.74 cm ตามลำดับ ซึ่งเป็นระยะที่ครอบคลุมความลึกของหัวมันสำปะหลังก่อนชุด เท่ากับ 40.00, 60.00, 70.00, 81.11 และ 90.00% ตามลำดับ ซึ่งพบว่า การนำน้ำหนักไปถ่วงที่ตำแหน่งผลชุดที่ 100 kg จะสามารถครอบคลุมความลึกของหัวมันสำปะหลัง ได้ 90.00% และคาดว่าจะป็นน้ำหนักที่ควรนำไปแนะนำให้ใช้ในระดับเกษตรกร และเนื่องจากในการทดสอบเบื้องต้นนี้ ได้ดำเนินการทดสอบในพื้นที่แปลงของเกษตรกร ในขณะที่เก็บเกี่ยวจริง มีโดยเกษตรกรที่มีแทรกเตอร์และผลชุดแบบจานกลมที่เก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังในพื้นที่ตัวเองและรับจ้างในพื้นที่ร่วมทำการทดสอบในครั้งนี้ด้วย ทำให้ผู้วิจัยพบข้อจำกัดในการเลือกใช้งาน คือ เกษตรกรนิยมใช้การควบคุมความลึกของผลชุดแบบไม่อัตโนมัติ (Position Control) และเข้าใจว่าการ

ถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลชุดที่มากเกินไปนอกจากจะทำให้ระบบไฮดรอลิกของแทรกเตอร์รับภาระหนักมาแล้ว ยังอาจส่งผลให้ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษามากขึ้นด้วย โดยน้ำหนักถ่วงที่ตำแหน่งผลชุดที่เกษตรกรยอมรับได้อยู่ที่ 50 kg สำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก (47 hp) ที่เกษตรกรใช้เป็นต้นกำลัง ซึ่งมีผลทำให้ผลชุดสามารถขุดได้ลึกขึ้น และรถแทรกเตอร์ไม่ส่ายหรือดินขณะทำงาน ซึ่งเป็นการรักษาเสถียรภาพของรถแทรกเตอร์ได้เป็นอย่างดี ดังนั้นจึงเลือกน้ำหนักถ่วงที่ตำแหน่งผลชุด 50 kg ตลอดการศึกษาความลึกและความสูญเสียในการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลัง ด้วยวิธีการไม่ถ่วงน้ำหนักเปรียบเทียบกับวิธีการถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลชุด ผลการศึกษามีรายละเอียด ดังนี้

3.2.1 ผลการศึกษาระดับความลึกในการขุดมันสำปะหลัง

ผลการทดสอบเปรียบเทียบความลึกในการขุดมันสำปะหลังด้วยวิธีการไม่ถ่วงน้ำหนักเปรียบเทียบกับวิธีการถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลชุด พบว่า ระดับความลึกของผลชุดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก มีค่าสูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ย เท่ากับ 20.80, 15.40 และ 19.07 cm ตามลำดับ ส่วนการถ่วงน้ำหนัก 50 kg ที่ตำแหน่งผลชุด มีผลทำให้ความลึกในการขุดเพิ่มขึ้น มีค่าสูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ย เท่ากับ 23.60, 20.40 และ 22.20 cm ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 6

และพบว่าค่าระดับความลึกของผลาซุด ดังแสดงใน Figure 7 แบบไม่ถ่วงน้ำหนัก (วิธีการเดิมของเกษตรกร) ที่มีค่าเฉลี่ย 19.07 cm เป็นค่าความลึกที่ครอบคลุมค่าความลึกของหัวมันสำปะหลังก่อนซุดเพียง 40.00% (Table 1) ซึ่งเป็นระดับความลึกในการซุดที่ไม่ลึกเพียงพอในสภาพดินแข็ง ทำให้เกิดการสูญเสีย เนื่องจากผลาซุดไปตัดส่วนของหัวมันสำปะหลังและตกค้างอยู่ในดิน ดังแสดงใน Figure 8 ซึ่งการนำน้ำหนัก 50 kg ไปถ่วงที่ตำแหน่งผลาซุด มีผลทำให้ความลึกในการซุดเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 3.13 cm และครอบคลุมค่าความลึกของหัวมันสำปะหลังก่อนซุดถึง 70.00% โดยมีความลึกของผลาซุดเฉลี่ย 22.20 cm ซึ่งคาดว่าจะได้สามารถลดความสูญเสียได้ 30.00% เมื่อเปรียบเทียบระดับความลึกของหัวมันสำปะหลังก่อนซุดและความลึกในการซุดของผลาซุด

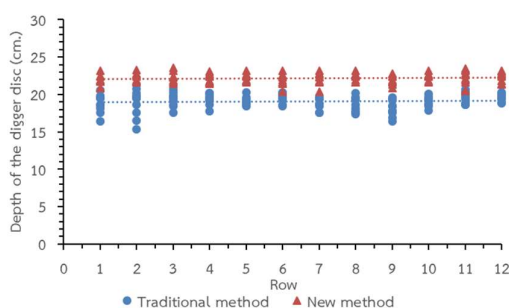


Figure 6 Comparison of depth without weighting and weighting at the digger disc position.

3.2.2 ผลการศึกษาความสูญเสียในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

ผลการทดสอบเปรียบเทียบความสูญเสียในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง (kg Rai^{-1}) ด้วยวิธีการไม่ถ่วงน้ำหนักกับวิธีการถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลาซุด พบว่า การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

แบบไม่ถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลาซุด มีการสูญเสียของหัวมันสำปะหลังที่ซุดไม่หมดเฉลี่ย 1.31% หรือเท่ากับ $62.23 \text{ kg Rai}^{-1}$ และเมื่อนำน้ำหนัก 50 kg มีผลทำให้การสูญเสียของหัวมันสำปะหลังที่ซุดไม่หมดเฉลี่ย 0.32% ซึ่งพบว่า การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังแบบถ่วงน้ำหนัก ทำให้การสูญเสียลดลง 0.99% หรือลดการสูญเสียได้ประมาณ $47.03 \text{ kg Rai}^{-1}$

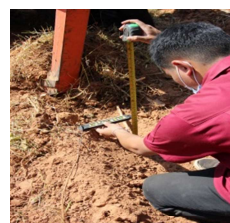


Figure 7 Measurement of the depth of digging with a digger disc



Figure 8 Percentage of harvesting loss when using a digger disc.

จำนวนเหง้ามันสำปะหลังที่ซุดไม่หมด (rhizome Rai^{-1}) โดยการนับจำนวนเหง้าที่ซุดไม่หมดต่อแถว จำนวน 12 row (12 Rep) พบว่า การเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังด้วยผลาซุดแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก และแบบถ่วงน้ำหนัก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 257.48 และ 85.83 rhizome Rai^{-1} หรือเท่ากับ 8.01 และ 2.67% (ของจำนวนเหง้ามันสำปะหลังทั้งหมด) ตามลำดับ ซึ่งพบว่า การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนักทำให้จำนวนเหง้าที่ซุดไม่หมดมีค่าลดลง 5.34% ดังแสดงใน Table 5

Table 5 Comparison study results of cassava harvesting by farmer's practice (traditional method) and by adding weight at the digger disc (new method).

Method	Traditional method	New method
1) Depth of the digger disc.		
Average (cm)	19.07	22.20
maximum (cm)	20.80	23.60
Minimum (cm)	15.40	20.40
2) Loss of Cassava Tuber after digger.		
(%)	1.31	0.32
(kg Rai ⁻¹)	62.23	15.20
3) The number of cassava rhizomes not digger.		
(%)	8.01	2.67
Method	Traditional method	New method
(rhizome Rai ⁻¹)	257.48	85.83
4) Field capacity (Rai hr ⁻¹)	1.08	0.95
5) Fuel consumption		
(l Rai ⁻¹)	2.04	2.18
(Baht Rai ⁻¹)	61.18	65.38
6) Income (rai-1) (yield amount x purchase price) (Baht l ⁻¹)	11,719.44	11,837.00

3.3 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ ในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังของวิธีการไม่ถ่วงน้ำหนักกับวิธีการถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลชุด มีเงื่อนไข ดังนี้

ราคาแทรกเตอร์	602,000 Baht
ราคาผลชุด	10,500 Baht
มูลค่าซากากรถ	10% ของราคาแรกซื้อ
แทรกเตอร์	
มูลค่าซากผลชุด	10% ของราคาแรกซื้อ
L	= อายุการใช้งาน 10 yr
i	= อัตราดอกเบี้ย (10.97%)
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	= 29.99 Baht l ⁻¹
ค่าน้ำมันหล่อลื่น	= 20% ของค่าน้ำมันเชื้อเพลิง
(บาท)	
ค่าจ้างแรงงาน	= 300 Baht persons ⁻¹
ค่าบำรุงรักษาซาก	= 0.50% ของราคาแรกซื้อ
แทรกเตอร์	
ค่าบำรุงรักษาผลชุด	= 3% ของราคาแรกซื้อ

ระยะเวลาในการทำงาน	= 90 d หรือ 720 hr ⁻¹ yr ⁻¹
อัตราค่ารับจ้างชุด	= 400 Baht Rai ⁻¹
ผลผลิตต่อไร่	= 4,750 kg
ราคาซื้อหัวมัน	= 2.50 Baht kg ⁻¹
ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย และระยะเวลาคืนทุน เมื่อคำนึงถึงการสูญเสียในพื้นที่ และรายรับที่เพิ่มขึ้น ในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังด้วยวิธีแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก และการถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลชุด พบว่า	
1) การถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลชุด 50 kg มีผลทำให้อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (l Rai ⁻¹) เพิ่มขึ้น 0.14 l Rai ⁻¹ หรือมีผลทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 4.20 baht Rai ⁻¹ ดังนี้	
ก. วิธีการแบบไม่ถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลชุด	
- การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 2.04 l Rai ⁻¹	
- ค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยว	
$\frac{2.04 \text{ l}}{\text{Rai}} \times \frac{29.99 \text{ Baht}}{\text{l}} = 61.18 \text{ Baht Rai}^{-1}$	
ข. วิธีการแบบถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลชุด	

- การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 2.18 l Rai⁻¹
- ค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยว

$$\frac{2.18 \text{ l}}{\text{Rai}} \times \frac{29.99 \text{ Baht}}{\text{l}} = 65.38 \text{ Baht Rai}^{-1}$$

2) ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย และระยะเวลาคืนทุน เมื่อสามารถลดการสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวได้

การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังด้วยวิธีการที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ (แบบไม่ถ่วงน้ำหนัก) มีจุดคุ้มทุนที่ 777.60 Rai yr⁻¹ และมีจำนวนวันปฏิบัติงานขั้นต่ำได้ปีละ 90 days (คิดการทำงานวันละ 8 hr และช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังของเกษตรกรประมาณ 90 day หรือ 3 months) มีการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว 1.31% หรือ 62.23 kg Rai⁻¹ จะมีระยะเวลาเวลาในการคืนทุน 6.62 yr จึงจะคุ้มกับการลงทุน

และด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลผลิต มีจุดคุ้มทุนที่ 684.00 Rai yr⁻¹ และมีจำนวนวันปฏิบัติงานขั้นต่ำได้ปีละ 90 days (คิดการทำงานวันละ 8 hr และช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังของเกษตรกรประมาณ 90 day หรือ 3 months) ที่มีการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว 0.32% หรือ 15.20 kg Rai⁻¹ จะมีระยะเวลาเวลาในการคืนทุน 5.40 yr จึงจะคุ้มกับการลงทุน จากผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์จะเห็นได้ว่า หากเกษตรกรเลือกใช้รูปแบบการถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลผลิตในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง จะทำให้ระยะเวลาในการคืนทุนเร็วขึ้น 1.23 yr เนื่องจากสามารถลดการสูญเสียและทำให้มีรายรับเพิ่มขึ้น 117.56 Baht Rai⁻¹ มีทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น 60,316.31 Baht yr⁻¹

4 สรุป

จากผลการศึกษาการลดความสูญเสียด้วยการถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลผลิตแบบงานโค้งชนิดติดท้ายแทรกเตอร์ เพื่อเพิ่มระดับความลึกในการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลัง สามารถสรุปได้ดังนี้

1) สมบัติทางกายภาพ ด้านความลึกของหัวมันสำปะหลังก่อนเก็บเกี่ยวจากตำแหน่งผิวดิน พบว่า ที่ระยะความลึก 19-20 cm ซึ่งเป็นระยะขุดด้วยวิธีการที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติโดยทั่วไป (ไม่ถ่วงน้ำหนัก) เป็นระยะที่มีหัวมันสำปะหลังสะสมเพียง 40% ทำให้เกิดความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวไม่หมด ส่วนระยะแผ่ของหัวมันสำปะหลัง ชาย-ขวา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 53.13 ซึ่งเป็นระยะที่อยู่ในช่วงความกว้างของผลผลิต (22 inches)

2) การศึกษาการลดความสูญเสียด้วยการถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลผลิตแบบงานโค้งชนิดติดท้ายแทรกเตอร์ เพื่อเพิ่มระดับความลึกในการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลัง พบว่า การเพิ่มน้ำหนักที่ตำแหน่งผลผลิต ขนาด 50 kg ทำให้ระยะขุดเพิ่มขึ้น 3.13 cm มีผลทำให้การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวลดลง 0.99%

3) จากการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า วิธีการถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลผลิต ทำให้ระยะเวลาในการคืนทุนเร็วขึ้น 1.23 ปี มีรายรับเพิ่มขึ้น 117.56 Baht Rai⁻¹ และเกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น 60,316.31 Baht yr⁻¹

4) แนวทางนำไปประยุกต์ใช้ในระดับเกษตรกร คือ การให้เกษตรกรเลือกใช้ความลึกของผลผลิตที่สัมพันธ์กับความลึกของหัวมันสำปะหลัง โดยการสู่วัดค่าความลึกของหัวมันสำปะหลังจากตำแหน่งผิวดินแบบเรียงต้น และใช้เทคนิคการถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่งผลผลิต จะสามารถลดการสูญเสียของหัวมันสำปะหลังหลังขุดได้

ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อ

- 1) ควรมีการศึกษาระดับความลึกของหัวมันสำปะหลังพันธุ์อื่นๆ และพื้นที่ปลูกอื่นๆ
- 2) ควรมีการศึกษาระดับความลึกของผลผลิตแบบต่างๆ ที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง เพื่อแนะนำการใช้งานของเกษตรกร

5 กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ในการสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

6 เอกสารอ้างอิง

- ศุภวรรณ งามมัตย์ โสภิตา สมคิด อนุชิต ฉ่ำสิงห์. 2556. ทดสอบและพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังให้เหมาะสมกับพื้นที่ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. แหล่งข้อมูล: https://kukr.lib.ku.ac.th/db/index.php?/BKN/search_detail/result/13457
- ไทยเกษตรศาสตร์. ม.ป.ป. เครื่องสับใบและเศษซากอ้อย. แหล่งข้อมูล: <https://www.thaikasetsart.com/>
- มิตรผลโมเดิร์นฟาร์ม. 2563. บำรุงอ้อยด้วยการพรวนหลังตัด. แหล่งข้อมูล: <http://www.mitrpholmodernfarm.com/news/2020/12>
- มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี. ม.ป.ป. ระยะเวลาเพาะปลูก. แหล่งข้อมูล: <https://>

- tapiocathai.org/pdf/Tapioca%20Plan/g_planting%20period.pdf
- วินิต ชินสุวรรณ. 2530. เครื่องจักรกลเกษตรและการจัดการเบื้องต้น. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ศูนย์วิจัยมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. ม.ป.ป. .มันสำปะหลังพันธุ์ใหม่ สำหรับปลูกปลายฝน. แหล่งข้อมูล: http://web.sut.ac.th/cassava/index.php?name=11cas_eseach&file=readknowledge&id=62
- สมนึก ชูศิลป์. 2537. การออกแบบและพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลัง. (แผ่นพับ). กรุงเทพฯ: สำนักส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยี กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. สำนักงานเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดพะเยา. 2563. มันสำปะหลัง จังหวัดพะเยา ปี 2563. แหล่งข้อมูล: <https://www.opsmoacgothphayao-dwl-preview-421491791913>
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. มันสำปะหลังโรงงาน : เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ แยกตามชนิดพันธุ์ ระดับจังหวัด. แหล่งข้อมูล: <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/varitties%20casava63.pdf>
- เสรี วงษ์พิเชษฐ สมนึก ชูศิลป์. 2548. การพัฒนากระบวนการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังด้วยเครื่องขุดมันสำปะหลัง. (รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- เสรี วงษ์พิเชษฐ พิศาล หมั่นแก้ว . 2556. การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในประเทศไทย. แหล่งข้อมูล: <https://www.phtnet.org/2013/06/131/>
- เสรี วงษ์พิเชษฐ. 2551.การวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังโดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง. (รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์). ศูนย์นวัตกรรมและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อนุชิต น้าสิงห์ อัครพล เสนาณรงค์ สุภาจิต เสี่ยมพงษ์ พักตร์วิภา สุทธิวารีย์ ยุทธนา เครือหาญชาญพงศ์ ขนิษฐ หวานณรงค์ ประสาท แสงพันธุ์ตา. 2551. วิจัยและพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบไถหัวหมู.ผลงานวิจัยและพัฒนา ปี 2551.กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม. แหล่งข้อมูล: <https://www.doa.go.th/research/showthread.php?tid=1510>
- Amponsah, Shadrack Kwadwo. 2011. Performance evaluation of the TEK mechanical cassava harvester in three selected locations of Ghana. Available at: <http://ir.knust.edu.gh/handle/123456789/3960>
- E. Y. H. Bobobee, J. B. Okyere, W. A. Agyare, S. K. Amponsah, S. R. King, J. Aveyire, J. Sarkodie-Addo. 2014. Performance evaluation of prototype mechanical cassava harvester in three agro-ecological zones in Ghana. Available at: <https://www.ajol.info/index.php/gjas/article/view/116239>
- Isinkaye O.D., Koyenikan O.O., Osadare T. 2021. DEVELOPMENT OF A CASSAVA HARVESTER. Available at: https://www.researchgate.net/publication/356586856_Development_of_a_Cassava_Harvester.
- K. Pradeep Kumar, Vaishali V., Lakshmi Priya. B, Mohamudha Jumana Hasin. A Logeshwaren. T. 2021. Hydraulic Cassava Harvester. Available at: <https://www.irjet.net/archives/V8/i3/IRJET-V8I3551.Pdf>.
- MYSEL E. TALADHAY. 2020. Design, Fabrication, And Performance Evaluation of a Cassava Digger Attached to A Tractor prime Mover. Available at: <https://repository.cpu.edu.ph/handle/20.500.12852/1190>
- RNAM. 1995. Test Code & Procedures for Farm Machinery. Economic and Social Commission for Asia and Pacific Regional Network for Agricultural Machinery. Bangkok.Thailand.468 p.
- Shadrack Kwadwo Amponsah, Joseph Nketiah Berchie, Joseph Manu-Aduening, Eric Owusu Danquah, Jonas Osei Adu, Adelaide Agyeman Enoch Bessah. 2017. Performance of an improved manual cassava harvesting tool as influenced by planting position and cassava variety. Available at: [https:// academic](https://academic)