

บทที่ 4

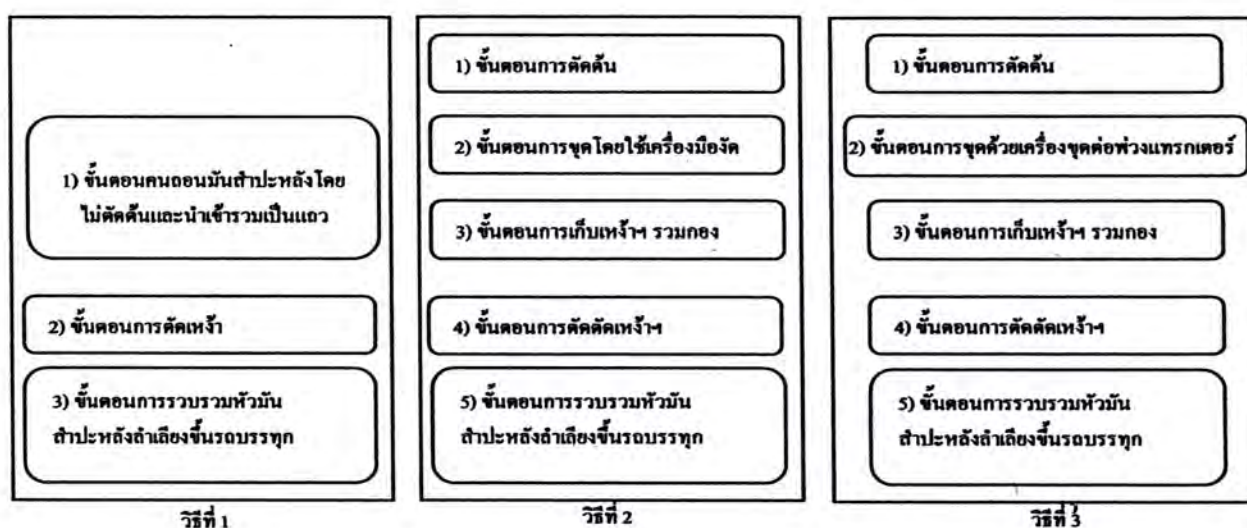
ผลการดำเนินการศึกษาและอภิปรายผล

การศึกษาเพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังต้นแบบ ได้ดำเนินการศึกษามาเป็นลำดับดังวิธีการศึกษาที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ซึ่งวิธีการศึกษาประกอบด้วย 1) การศึกษาความสามารถในการชุดและเก็บรวบรวมเหง้า ด้วยวิธีการที่เกษตรกรนิยมใช้โดยทั่วไป 2) การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของพืชและดินที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบชุดชุดเหง้ามันสำปะหลัง ชุดลำเลียงเหง้ามันสำปะหลังขึ้นจากดินไปยังอุปกรณ์เก็บรวบรวมเหง้า และอุปกรณ์เก็บรวบรวมและเทกองเหง้า 3) การวิเคราะห์รูปแบบการทำงานของเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้า เพื่อกำหนดกรอบการออกแบบ 4) การพัฒนาหลักการทำงานของชุดชุดเหง้ามันสำปะหลัง การพัฒนาหลักการทำงานของชุดลำเลียงเหง้ามันสำปะหลังจากพื้นดินไปยังอุปกรณ์เก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลัง และกำหนดกรอบการออกแบบ 5) การออกแบบและสร้าง ชุดชุดเหง้ามันสำปะหลัง ชุดลำเลียงเหง้ามันสำปะหลังจากพื้นดินไปยังอุปกรณ์เก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลัง อุปกรณ์เก็บรวบรวมและเทกองเหง้ามันสำปะหลัง และสร้างเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังต้นแบบ 6) การทดสอบ และประเมินความสามารถในการทำงานของเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังต้นแบบ และ 7) การเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานของเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังต้นแบบ กับความสามารถในการชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลัง ด้วยวิธีการที่เกษตรกรนิยมใช้โดยทั่วไป และการประเมินเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายเบื้องต้นนั้น เนื้อหาของบทนี้จะได้กล่าวถึงผลการศึกษาในหัวข้อที่กล่าวมาข้างต้นนี้ ดังรายละเอียดผลการศึกษาดังนี้

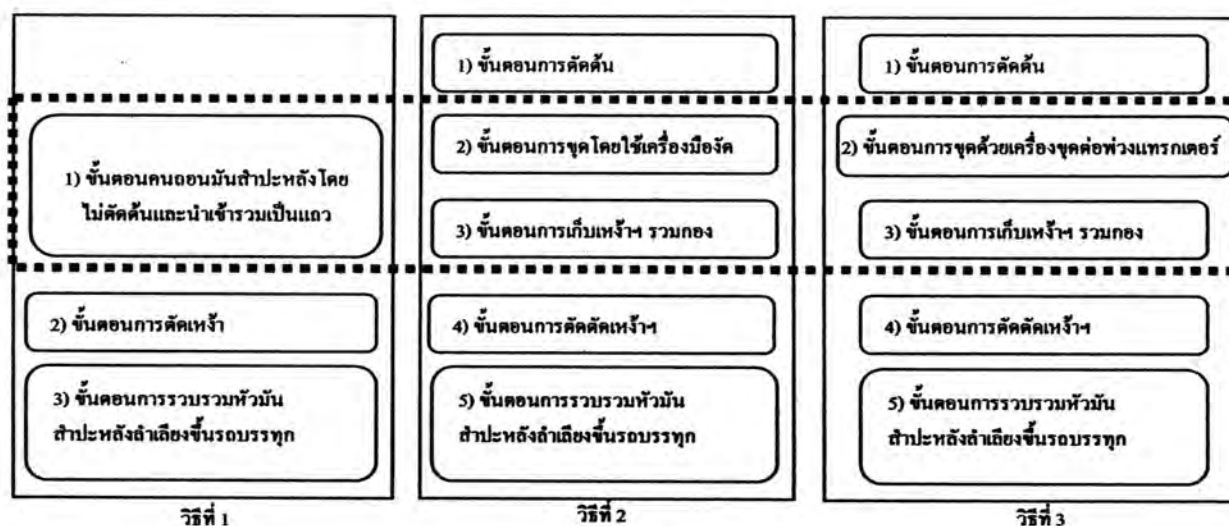
4.1 ผลการศึกษาความสามารถในการชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังด้วยวิธีการที่เกษตรกรนิยมใช้โดยทั่วไป

การศึกษาในหัวข้อนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังด้วยวิธีการที่เกษตรกรนิยมใช้โดยทั่วไป เพื่อให้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับเปรียบเทียบกับความสามารถในการทำงานของเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังต้นแบบต่อไป ผลการศึกษาวิธีการชุดหรือถอนเหง้ามันสำปะหลังด้วยวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้ทั่วไป พบว่ามี 3 วิธีหลักๆ (ภาพที่ 4.1) ได้แก่ วิธีที่ 1 ประกอบด้วยขั้นตอนย่อยดังนี้ 1) ขั้นตอนการใช้คนถอนเหง้า

ทั้งต้นพร้อมกับนำวางรวมแล้ว 2) ขั้นตอนการตัดเหง้าฯ และ 3) ขั้นตอนการลำเลียงหัวมันฯ ขึ้นรถบรรทุกเพื่อนำไปจำหน่าย วิธีที่ 2 ประกอบด้วยขั้นตอนย่อยดังนี้ 1) ขั้นตอนการตัดต้นฯ 2) ขั้นตอนการขุดเหง้าฯ โดยใช้เครื่องมือจัด 3) ขั้นตอนการเก็บเหง้าฯ รวมกอง 4) ขั้นตอนการตัดเหง้าฯ และ 5) ขั้นตอนการลำเลียงหัวมันฯ ขึ้นรถบรรทุกเพื่อนำไปจำหน่าย และ วิธีที่ 3 ประกอบด้วยขั้นตอนย่อยดังนี้ 1) ขั้นตอนการตัดต้นมันฯ 2) ขั้นตอนการขุดเหง้าฯ ด้วยเครื่องขุดพ่วงท้ายแทรกเตอร์ 3) ขั้นตอนการเก็บเหง้าฯ รวมกอง 4) ขั้นตอนการตัดเหง้าฯ และ 5) ขั้นตอนการลำเลียงหัวมันฯ ขึ้นรถบรรทุกเพื่อนำไปจำหน่าย ในการศึกษาครั้งนี้จึงดำเนินการศึกษาโดยการสุ่มเก็บข้อมูลจากแปลงมันสำปะหลังที่เกษตรกรกำลังเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในแต่ละวิธีการดังกล่าว โดยไม่รบกวนการทำงานปกติของเกษตรกร และการศึกษาจึงได้สุ่มศึกษากับวิธีการเก็บเกี่ยวทั้ง 3 วิธีดังกล่าว โดยเน้นเฉพาะช่วงการขุด และการรวมกองเหง้ามันสำปะหลังเท่านั้นดังภาพที่ 4.2 ซึ่งรายละเอียดผลการศึกษามีดังนี้



ภาพที่ 4.1 แผนผังวิธีการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่เกษตรกรนิยมใช้โดยทั่วไป



ภาพที่ 4.2 ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวของเกษตรกรที่ศึกษาความสามารถในการทำงาน (กรอบเส้นประ)

4.1.1 ผลการศึกษาความสามารถในการขุดหรือถอนเหง้ามันสำปะหลังด้วยวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้ทั่วไป

ความสามารถในการขุดหรือถอนมันสำปะหลังจากดินในแต่ละวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้ได้สุ่มศึกษาในแปลงทดสอบความยาว 50 เมตร ความกว้างขึ้นอยู่กับระยะการรวมกองของเกษตรกร ซึ่งในแต่ละวิธีเกษตรกรมีรวมกองจาก 3 – 6 แถวเป็น 1 แถว ดังนั้นในขั้นตอนการขุดจึงสุ่มศึกษาความกว้างอิงจำนวนแถวตามที่เกษตรกรนิยมปฏิบัตินั้นๆ สำหรับผลการศึกษาความสามารถในการขุดหรือถอนแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1.1 ผลการศึกษาความสามารถในการถอนมันสำปะหลังในแบบวิธีที่ 1 จากการสุ่มศึกษาการเก็บเกี่ยวของเกษตรกรพื้นที่ อ.เมือง จังหวัดขอนแก่น ซึ่งมีขั้นตอนการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังประกอบด้วยขั้นตอนย่อยๆ ดังนี้ 1) ขั้นตอนการถอนมันสำปะหลังทั้งต้น โดยไม่มีการตัดต้นออกก่อน พร้อมกับนำทั้งต้นและเหง้ามันสำปะหลังวางรวมเป็นแถว จาก 3 – 4 แถว เป็น 1 แถว (ภาพที่ 4.3) คลอดตามความยาวของแถวที่เก็บเกี่ยว 2) ขั้นตอนการตัดเหง้ามันสำปะหลัง จะดำเนินการหลังจากการถอนและรวบรวมแถวเสร็จแล้ว เกษตรกรจะเดินเข้าตัดเหง้ามันสำปะหลังโดยที่หัวมันสำปะหลังร่วงอยู่บนพื้นตามแนวแถวที่รวมแถวไว้ตั้งแต่แรก และ 3) ขั้นตอนการเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังลำเลียงขึ้นรถบรรทุกเพื่อนำไปจำหน่าย โดยเกษตรกรนำรถบรรทุกเข้าแปลงและเก็บรวบรวมหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกเพื่อนำไปจำหน่ายต่อไป ในการเก็บเกี่ยวเกษตรกรจะถอนมันสำปะหลังประมาณช่วงเช้าถึงเที่ยง ส่วนช่วงบ่ายเป็นการตัดเหง้า และลำเลียงขึ้นรถบรรทุก ซึ่งเกษตรกรจะสามารถเก็บเกี่ยวได้พอดีกับการนำไปจำหน่ายจำนวน 1 เที่ยวต่อวัน

และการถอนมันสำปะหลังจะไม่มีการถอนไว้ข้ามคืน โดยให้เหตุผลด้านคุณภาพของหัวมันสำปะหลังสด สำหรับความสามารถในการถอนและเก็บรวบรวมกองเหง้ามันสำปะหลังพบว่าความสามารถถอนและรวมกองเหง้ามันสำปะหลังของเกษตรกรดังกล่าวที่ ก.1 ซึ่งความสามารถในการทำงานด้วยอัตราเฉลี่ย 0.05 ไร่/คน-ชั่วโมง หรือคิดเป็น 0.37 ไร่/คน-วัน (ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง)



ภาพที่ 4.3 วิธีการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังด้วยการถอนมันสำปะหลังทั้งต้นพร้อมกับเก็บรวมแถว

4.1.1.2 ผลการศึกษาความสามารถในการใช้เครื่องมือจัดมันสำปะหลังในการเก็บเกี่ยวแบบวิธีที่ 2 จากการสุ่มศึกษาการเก็บเกี่ยวของเกษตรกรพื้นที่ อ.หนองบุญนากร จังหวัด นครราชสีมา ซึ่งมีขั้นตอนการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังประกอบด้วยขั้นตอนย่อยๆ ดังนี้ 1) ขั้นตอนการตัดต้นมันสำปะหลัง โดยเกษตรกรจะตัดต้นมันสำปะหลังสูงจากพื้นประมาณ 25 – 30 เซนติเมตร เมื่อตัดเสร็จจะดำเนินการขั้นที่ 2 คือไป 2) ขั้นตอนการขุดเหง้ามันสำปะหลังขึ้นจากดิน เกษตรกรจะใช้เครื่องมือจัดในการจัดเหง้ามันสำปะหลังขึ้นจากดินดังภาพที่ 4.4 ซึ่งผู้ที่จัดเหง้ามันสำปะหลังจะดำเนินการจัดทีละเหง้าไปเรื่อยๆ จนสุดแปลงโดยไม่เก็บเหง้า 3) ขั้นตอนการเก็บเหง้ามันสำปะหลังรวมกอง จะมีเกษตรกรอีกชุดหนึ่งเดินเก็บเหง้ามันสำปะหลังที่เกษตรกรชุดก่อนได้จัดขึ้นไว้แล้วเก็บรวบรวมเป็นกอง โดยรวมจาก 3 – 6 แถวมันสำปะหลัง ที่จัดไว้รวมเป็น 1 แถว โดยโยนรวมกองกันเป็นระยะๆ ตลอดความยาวแถว และไม่มีกำหนดระยะแน่นอนอนด้ายตัวขึ้นอยู่กั ระยะโยนได้สะดวกเท่านั้น ซึ่งพบว่าระยะระหว่างกองเหง้ามันสำปะหลังมีระยะประมาณ 3 – 5 เมตร 4) ขั้นตอนการตัดเหง้ามันสำปะหลัง หลังจากเกษตรกรเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังเข้าเป็น กองๆ เสร็จทั้งแปลงแล้ว เกษตรกรทั้ง 2 ชุดนั้นจะเริ่มตัดเหง้ามันสำปะหลังในแต่ละกองเรียงกันไป ทีละกอง จนเมื่อเสร็จทั้งแปลงแล้วจึงดำเนินการขั้นตอนที่ 5 5) ขั้นตอนการเก็บหัวมันสำปะหลังขึ้น

รถบรรทุกเพื่อนำไปจำหน่าย เกษตรกรจะนำรถบรรทุกเข้ามาในแปลงที่เก็บเกี่ยวแล้วโดยให้รถวิ่งข้างแนวกองหัวมันสำปะหลังโดยจะหยุดรอการลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้นรถเป็นระยะๆ ทุกๆ ประมาณ 6 – 7 กอง แล้วเกษตรกรจะรวบรวมหัวมันสำปะหลังใส่เข่งลำเลียงขึ้นรถบรรทุกจนเต็ม ซึ่งรถจะต้องวนหลายแถวของกองมันสำปะหลัง

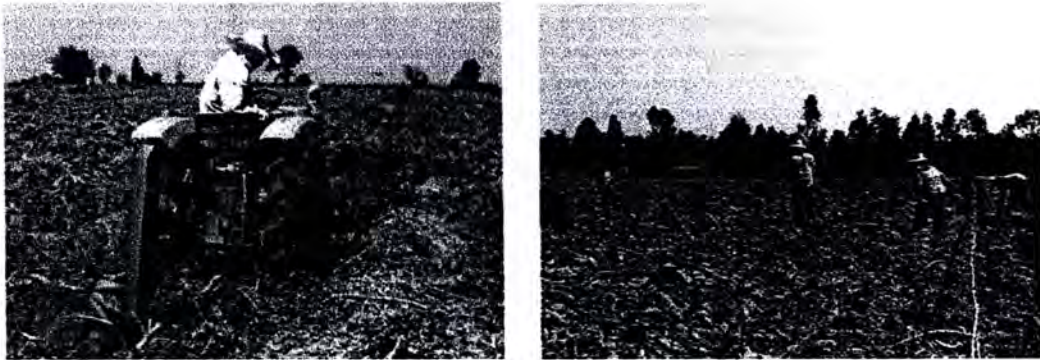


ภาพที่ 4.4 การใช้เครื่องมือจัดในการถอนเหง้ามันสำปะหลัง

จากการสัมภาษณ์เกษตรกรกลุ่มนี้พบว่าจะเริ่มเก็บเกี่ยวตั้งแต่ช่วงเช้าประมาณ 7.00 น. เพราะแดดยังไม่ร้อน และเก็บขึ้นรถเสร็จประมาณ 16.30 – 17.00 น. จะเก็บเกี่ยวได้หัวมันสำปะหลังสด 1 รถบรรทุกขนาด 6 ล้อ ซึ่งผลผลิตจะได้ประมาณ 10 – 12 ตันต่อวัน โดยอาศัยประสบการณ์ในการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังเกษตรกรกลุ่มนี้จะจัดเหง้ามันสำปะหลังเพียงช่วงเช้าเท่านั้นโดยประมาณว่าให้ได้พอดีกับการขนส่งไปจำหน่ายวันต่อวัน จะไม่จัดเหง้ามันสำปะหลังขึ้นเพื่อไว้มากๆ เนื่องจากเหตุผลด้านการสูญเสียน้ำหนักของหัวมันสำปะหลังสด สำหรับความสามารถในการขุดรายละเอียดดังตารางที่ ก.2 พบว่ามีความสามารถเฉลี่ย 0.07 ไร่/คน-ชั่วโมง หรือ 0.58 ไร่/คน-วัน

4.1.1.3 ผลการศึกษาความสามารถในการขุดมันสำปะหลังในแบบวิธีที่ 3 (ภาพที่ 4.5) จากการสุ่มศึกษาการเก็บเกี่ยวของเกษตรกรพื้นที่ อ.ด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งมีขั้นตอนการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังประกอบด้วยขั้นตอนย่อยๆ ดังนี้ 1) ขั้นตอนการตัดต้น 2) ขั้นตอนการขุดเหง้ามันสำปะหลังด้วยเครื่องขุดพ่วงท้ายแทรกเตอร์ 3) ขั้นตอนการเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังรวมกอง โดยรวมกองจากแถวขุด 6 แถวขุด เป็น 1 แถวกองมันสำปะหลัง และ 4) ขั้นตอนการเก็บรวบรวมหัวมันสำปะหลังลำเลียงขึ้นรถบรรทุกเพื่อนำไปจำหน่าย โดยเกษตรกรนำรถบรรทุกเข้าแปลงและเก็บรวบรวมหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกเพื่อนำไปจำหน่ายต่อไป ใน

การเก็บเกี่ยวเกษตรกรจะขุดสำปะหลังประมาณช่วงเช้า ส่วนช่วงบ่ายเป็นการตัดเหง้า และลำเลียงขึ้นรถบรรทุก ซึ่งเกษตรกรจะสามารถเก็บเกี่ยวได้พอดีกับการนำไปจำหน่ายจำนวน 2 เทียวต่อวัน และการขุดมันสำปะหลังจะไม่มีการขุดไว้ข้ามคืน โดยให้เหตุผลด้านคุณภาพของหัวมันสำปะหลังสด สำหรับความสามารถในการขุดมันสำปะหลังดังรายละเอียดตารางที่ ก.3 พบว่ามีความสามารถขุดเฉลี่ย 1.28 ไร่/คน-ชั่วโมง หรือ 10.24 ไร่/คน-วัน



ภาพที่ 4.5 การขุดด้วยเครื่องขุดพ่วงท้ายแทรกเตอร์ (ซ้าย) และการเก็บรวมกองเหง้ามันสำปะหลัง (ขวา)

จากการสุ่มศึกษาความสามารถในการขุดมันสำปะหลังของเกษตรกรเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการเปรียบเทียบกับความสามารถทำงานของเครื่องขุดและเก็บรวบรวมกองเหง้ามันสำปะหลังต้นแบบ ที่จะได้วิจัพัฒนาขึ้น พบว่าเกษตรกรมีแนวคิดในการขุดมันสำปะหลังที่สอดคล้องกันตรงที่การขุดจะขุดให้พอดีกับการทำงานและจำหน่ายวันต่อวัน ไม่มีการขุดให้ตกค้างข้ามคืน ทั้งนี้ด้วยเหตุผลเพื่อรักษาคุณภาพของมันสำปะหลัง และอาศัยทั้งประสบการณ์และจำนวนแรงงานที่มีอยู่อย่างจำกัดที่จะประมาณการพื้นที่ที่จะขุดในแต่ละวัน ที่จะต้องจำกัดการขุดลงให้พอดีกับความสามารถในการทำงานขั้นตอนหลังจากการขุดให้เสร็จสิ้นวันต่อวันดังกล่าว ถึงแม้ว่าขั้นตอนการขุดจะสามารถทำงานได้รวดเร็วจากการมีเครื่องทุ่นแรงในการขุดมาช่วยงานแล้วก็ตาม แต่ความสามารถในการเก็บเกี่ยวในภาพรวมถูกจำกัดด้วยขั้นตอนการเก็บรวบรวมกองเหง้าฯ ขั้นตอนการตัดเหง้า และขั้นตอนการลำเลียงขึ้นรถบรรทุก ที่ยังต้องใช้แรงงานคนเป็นหลัก ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ จารุวัฒน์ มงคลธนทรศ และอนุชิต ฉ่ำสิงห์ (2550)

ทั้งนี้จากการพิจารณาขั้นตอนย่อยในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังพบว่าในขั้นตอนย่อยๆ เหล่านั้น มีการทำงานแบบต่อเนื่องกันเป็นอนุกรม กล่าวคือจะต้องทำงานในแต่ละขั้นตอนเก็บเกี่ยวให้แล้วเสร็จก่อนจึงจะสามารถทำงานในขั้นตอนต่อไป และที่สำคัญที่สุดคือทุกขั้นตอน

จะต้องทำให้แล้วเสร็จภายในหนึ่งวัน หรือการเก็บเกี่ยวจะต้องส่งหวัมนำปะหลังไปสู่ภาคการแปรรูปวันต่อวัน ซึ่งเป็นผลให้เป็นคอขวดในการทำงานได้ แม้ว่าจะมีขั้นตอนใดที่มีอัตราการทำงานสูงก็就会被จำกัดการทำงานลงด้วยขั้นตอนหลังการขุดที่เหลืออื่นๆ

จากการสำรวจความสามารถในการขุดหรือถอนเหง้ามันสำปะหลังด้วยวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้ทั่วไปทั้ง 3 วิธีดังกล่าวสามารถสรุปความสามารถในการขุดได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สรุปความสามารถในการขุดหรือถอนเหง้ามันสำปะหลังด้วยวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้ทั่วไป

วิธีการเก็บเกี่ยว	ความสามารถในการขุด (ไร่/คน-ชั่วโมง)
วิธีที่ 1 ใช้คนถอนทั้งต้น	0.05
วิธีที่ 2 ใช้เครื่องมือจัด	0.07
วิธีที่ 3 ใช้เครื่องขุดแบบพ่วงท้ายแทรกเตอร์	1.28

ซึ่งข้อมูลนี้เป็นการศึกษาข้อมูลความสามารถในการขุดหรือถอนที่เกษตรกรปฏิบัติจริงในการเก็บเกี่ยวในลักษณะเชิงสำรวจ เพราะแต่ละวิธีการเก็บเกี่ยวนั้นเป็นการเก็บเกี่ยวจากต่างพื้นที่กันและต่างเวลากัน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาพร้อมกับข้อมูลจากการสืบค้นเอกสาร ในด้านความสามารถในการขุดด้วยแรงงานคนของเกษตรกรพบว่าจากการศึกษาของศักดา อินทรวิชัย, ธัญญะ เกียรติวัฒน์ (2541) และ เสรี วงศ์พิเชษฐ (2551) เท่ากับ 0.04 และ 0.08 ไร่/คน-ชั่วโมง และ การศึกษาความสามารถในการทำงานของเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายแทรกเตอร์แบบต่างๆ นั้นพบว่า Odigboh, Ahmed. (1982) เครื่องขุดมีความสามารถ 0.94 ไร่/ชั่วโมง ประสาทแสงพันธุ์ดา (2548) ได้ศึกษารวบรวมผลการทดสอบความสามารถในการทำงานเครื่องขุดมันสำปะหลังและรายงานไว้ว่าอยู่ในช่วง 0.83 – 4.15 ไร่/ชั่วโมง นั้น พบว่าการศึกษาความสามารถในการทำงานของเครื่องขุดในวิธีการขุดของเกษตรกรวิธีที่ 3 เองก็สอดคล้องกับกลุ่มข้อมูลดังกล่าว

4.1.2 ผลการศึกษาความสามารถในการเก็บรวบรวมกองเหง้ามันสำปะหลังด้วยวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้ทั่วไป

การศึกษาศักยภาพในการเก็บรวบรวมกองเหง้ามันสำปะหลังเป็นการจับเวลาในการทำงานในแปลงสุ่มขนาดความยาวแปลง 50 เมตร ส่วนจำนวนแถวที่ขึ้นอยู่กับวิธีที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติในพื้นที่นั้นๆ เมื่อเกษตรกรทำงานเสร็จแล้วจึงจะคำนวณความสามารถในการ

เก็บรวบรวมกองเห้งน้ำมันสำปะหลังด้วยสมการที่ จากการศึกษาพบว่าในแต่ละวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติในการทำงานนั้นสามารถทำงานได้ดังรายละเอียดดังนี้

4.1.2.1 สำหรับวิธีการเก็บเกี่ยวในแบบวิธีที่ 1 ซึ่งเกษตรกรใช้วิธีการถอนมันสำปะหลังด้วยมือพร้อมกับนำดินมันสำปะหลังไปรวมแฉะนั้น ในขั้นตอนการเก็บรวมกองไม่ได้ศึกษาแยกการรวมกองออกมา แต่ได้บันทึกเวลาการทำงานรวมเป็นการถอนและรวมกองไปพร้อมกันสืบเนื่องจากวิธีที่ทำงานดังกล่าวจึงต้องปรับการคำนวณให้เหมาะสมเป็นการถอนและรวมกอง

4.1.2.2 ผลการศึกษาความสามารถในการเก็บรวบรวมกองเห้งน้ำมันสำปะหลังในการเก็บเกี่ยวแบบวิธีที่ 2 หลังจากเกษตรกรได้จัดมันสำปะหลังขึ้นจากดิน ดังภาพที่ 4.4 จนเสร็จ และเกษตรกรเริ่มเก็บรวบรวมกองเห้งน้ำมันสำปะหลังจึงได้เริ่มจับเวลาการทำงานและวัดขนาดพื้นที่ และพบว่าการรวมกองเห้งน้ำมันสำปะหลังของเกษตรกรจะเก็บเห้งน้ำมันสำปะหลังที่ละเห้งไฮนเข้ารวมกันเป็นกองๆ ระยะระหว่างกองไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับความสะดวกในการไฮน ส่วนใหญ่มีระยะห่างระหว่างกองช่วง 3 – 5 เมตร โดยรวมจาก 5 แถวที่จัดเห้งฯ ไว้แล้วเป็น 1 แถวกองเห้งฯ โดยมีแรงงานเดินเก็บเห้งรวมกองชุดละ 4 คน โดยทั่วไปแรงงานกลุ่มนี้จะใช้แรงงานหญิงเป็นหลักโดยให้เหตุผลว่าเป็นงานที่เบาแรง ตรงกันข้ามกับขั้นตอนการจัดที่จะใช้แรงงานชายเป็นหลัก ผลการศึกษาพบว่าความสามารถในการเก็บรวบรวมกองเห้งน้ำมันสำปะหลังเฉลี่ย 0.25 ไร่/คน-ชั่วโมง หรือ 2.02 ไร่/คน-วัน

4.1.2.3 ผลการศึกษาความสามารถในการเก็บรวบรวมกองเห้งน้ำมันสำปะหลังในการเก็บเกี่ยวแบบวิธีที่ 3 หลังจากเกษตรกรได้ใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายแทรกเตอร์ขุดมันสำปะหลังขึ้นจากดิน ดังภาพที่ 4.5 (ซ้าย) จนเสร็จ และเกษตรกรเริ่มเก็บรวบรวมกองเห้งน้ำมันสำปะหลังจึงได้เริ่มจับเวลาการทำงานและวัดขนาดพื้นที่ และพบว่าการรวมกองเห้งน้ำมันสำปะหลังของเกษตรกรกลุ่มนี้จะเก็บเห้งน้ำมันสำปะหลังที่ละเห้งไฮนเข้ารวมกันเป็นกองๆ ระยะระหว่างกองไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับความสะดวกในการไฮนส่วนใหญ่มีระยะห่างระหว่างกองช่วง 3 – 5 เมตร โดยรวมจาก 6 แถวที่ขุดไว้แล้วเป็น 1 แถว กองเห้งฯ โดยมีแรงงานเดินเก็บเห้งรวมกองชุดละ 6 คน ซึ่งแรงงานกลุ่มนี้จะใช้แรงงานหญิงเป็นหลัก จากการศึกษาพบว่ามีความสามารถในการเก็บรวบรวมกองเห้งฯ ได้เฉลี่ย 0.25 ไร่/คน-ชั่วโมง หรือคิดเป็น 1.58 ไร่/คน-วัน

4.1.3 ผลการศึกษาความสูญเสียในการขุดหรือถอนห้วมันสำปะหลังด้วยวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้ทั่วไป

ผลการศึกษาความสูญเสียมันสำปะหลังในการขุดมันสำปะหลังด้วยวิธีที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ โดยหลังจากเกษตรกรได้ขุดหรือถอนมันสำปะหลังจากแปลงทดสอบหมดแล้ว ได้สุ่มพื้นที่ขนาด 1×3 เมตร ตามแนวยาวของแถว แปลงทดสอบละ 2 ซ้ำ ขุดหาห้วมันสำปะหลังหลงเหลือตกค้างในดิน เพื่อคำนวณร้อยละของความสูญเสียมันสำปะหลังจากการขุดซึ่งผลการศึกษา มีรายละเอียดดังตารางที่ ก.1 – ก.3 และสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สรุปความสูญเสียจากขั้นตอนการขุดมันสำปะหลังด้วยวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้ทั่วไป

วิธีการเก็บเกี่ยว	ความสูญเสียจากการขุดหรือถอน (ร้อยละ)
วิธีที่ 1 ใช้คนถอนทั้งต้น	0
วิธีที่ 2 ใช้เครื่องมือจัด	0
วิธีที่ 3 ใช้เครื่องขุดแบบพ่วงท้ายแทรกเตอร์	11.27

จากผลการศึกษาความสูญเสียจากการขุดมันสำปะหลังของเกษตรกรดังแสดงในตารางที่ 4.1 นั้น ความสูญเสียในการเก็บเกี่ยวใน 2 วิธีการเก็บเกี่ยวแรก ได้แก่ ความสูญเสียจากการถอน และความสูญเสียใช้เครื่องมือจัดมีค่าเป็นศูนย์ทั้ง 2 วิธี นั้น มีข้อสังเกตว่าการถอนหรือใช้เครื่องมือจัดด้วยแรงงานคนของเกษตรกรนั้นเป็นการถอนที่ละเอียด โดยในขณะที่การถอนถ้าเกษตรกรพบว่ามีห้วมันสำปะหลังขาดหลงเหลือในดิน เกษตรกรผู้ถอนนั้นจะหยุดการทำงานแล้วใช้จอบขุดเก็บห้วมันสำปะหลังที่ขาดหลงเหลือในดินทันที ดังนั้นสันนิษฐานว่าสาเหตุที่ไม่พบความสูญเสียมันสำปะหลังจากการถอนเพราะวิธีการเก็บเกี่ยวตามที่อธิบายมานี้ แต่อย่างไรก็ตาม การหยุดการทำงานเพื่อขุดหาห้วมันสำปะหลังที่หลงเหลือในดินทันทีที่พบว่ามีห้วมันสำปะหลังขาดก็จะส่งผลให้ความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ลดลงเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามจากการสืบค้นเอกสารพบว่าการรายงานความสูญเสียในการขุดหรือถอนด้วยแรงงานคนที่ศึกษาในการเก็บเกี่ยวช่วงฤดูแล้งและช่วงฤดูฝนไว้ว่ามีความสูญเสียจากการขุดไม่หมดเท่ากับร้อยละ 7.23 และ 6.81 ตามลำดับ (เสรี วงศ์พิเชษฐ, 2551) ในขณะที่วิธีการเก็บเกี่ยวแบบวิธีที่ 3 นั้นเกษตรกรใช้เครื่องจักรทุ่นแรงเข้ามาช่วยทำงานในขั้นตอนการขุด ซึ่งพบว่ามีความสูญเสียมันสำปะหลังจากการไม่ถูกขุดเกิดขึ้นถึงร้อยละ 11.27 โดยการสืบค้นเอกสารพบว่าการใช้เครื่องขุดนั้น สมนึก ชุติลปี (2537) รายงานว่ามีความสูญเสียร้อยละ 15 ประสาท แสงพันธุ์ดา (2548) รวบรวมเอกสารรายงานความสูญเสียจากการทำงานของเครื่องขุดไว้ว่ามีความสูญเสียในช่วงร้อยละ 2.27 – 15.69 ซึ่งจากการ

สัมพันธภาพเกษตรกรเจ้าของแปลงที่เก็บเกี่ยวในการศึกษานี้พบว่าเกษตรกรจะไม่มี การขุดเพื่อเก็บหัวมันสำปะหลังที่หลงเหลือหลังจากการใช้เครื่องขุดอีก แต่จะเก็บหัวมันสำปะหลังที่ขุดได้เข้ารวมกอง และทำงานในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวหลังการขุดต่อไปจนสิ้นสุด ด้วยเหตุผลด้านจำนวนแรงงานที่มีอย่างจำกัดไม่สามารถแบ่งแรงงานเข้ามาขุดเก็บมันสำปะหลังที่หลงเหลือได้เพราะจะสูญเสียเวลาในการทำงานมาก และหัวมันสำปะหลังที่ขาดจากการใช้เครื่องขุดไม่สามารถหาตำแหน่งที่แน่นอนได้ การจะขุดหาจะเสียเวลาในการหามากและจำนวนมันสำปะหลังที่เก็บรวบรวมและลำเลียงขึ้นรถบรรทุกในภาพรวมของวันจะได้น้อยลง จึงจำเป็นต้องยอมรับในความสูญเสียบางส่วนนั้น แต่ชดเชยด้วยการขุดได้พื้นที่มากขึ้นแทน

4.1.4 ผลการศึกษาความสูญเสียในการเก็บรวมกองหัวมันสำปะหลังด้วยวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้ทั่วไป

ผลการศึกษาความสูญเสียมันสำปะหลังในการเก็บรวมกองมันสำปะหลังด้วยวิธีที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติในแต่ละวิธีการเก็บเกี่ยวนั้น หลังจากเกษตรกรได้เก็บหัวมันสำปะหลังรวมกองจากแปลงทดสอบหมดแล้ว ได้สุ่มพื้นที่ขนาด 1×3 เมตร ตามแนวยาวของแถว แปลงทดสอบละ 2 ซ้ำ เก็บข้อมูลหัวมันสำปะหลังหลงเหลือบนผิวดิน เพื่อคำนวณร้อยละของความสูญเสียมันสำปะหลังจากการเก็บรวมกอง ซึ่งผลการศึกษา มีรายละเอียดดังตารางที่ ก.1 – ก.3 ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สรุปความสูญเสียจากขั้นตอนการเก็บรวมกองหัวมันสำปะหลังด้วยวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้ทั่วไป

วิธีการเก็บเกี่ยว	ความสูญเสียจากการเก็บรวมกอง (ร้อยละ)
วิธีที่ 1 ใช้คนถอนทั้งคัน	0
วิธีที่ 2 ใช้เครื่องมือจัด	0
วิธีที่ 3 ใช้เครื่องขุดแบบพ่วงท้ายแทรกเตอร์	0

จากผลการศึกษาความสูญเสียจากการเก็บรวมกองหัวมันสำปะหลังของเกษตรกร ดังแสดงในตารางที่ 4.2 นั้น ความสูญเสียจากการเก็บรวมกองมีค่าเป็นศูนย์ทั้ง 3 วิธี นั้น มีข้อสังเกตว่าการเก็บรวมกองด้วยแรงงานคนของเกษตรกรนั้นเป็นการเดินเก็บทีละเหง้า โดยในขณะที่เดินเก็บเกษตรกรมักเดินเรียงหน้ากระดานเก็บหัวมันสำปะหลัง 1 แถว แล้วโยนเข้ารวมกองเป็นระยะๆ ตามความยาวของแถวมันสำปะหลัง ดังนั้นสันนิษฐานว่าสาเหตุที่ไม่พบความสูญเสียมันสำปะหลัง

จากการทำงานเพราะวิธีการเก็บเกี่ยวตามที่อธิบายมานี้ ซึ่งเป็นการทำงานแบบประณีตนั้นเอง ซึ่งจากการสัมภาษณ์เกษตรกรพบว่าอาจมีเหตุจูงใจจากวิธีการจ้างเก็บเกี่ยวด้วยส่วนหนึ่งคือ ค่าจ้างเหมาเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังนั้นจะเป็นการแบ่งส่วนรายได้จากการจำหน่ายหัวมันสำปะหลังในแต่ละวันเป็นค่าจ้างในการเก็บเกี่ยว ดังนั้นการทำงานประณีตและรวดเร็วจะสามารถเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในแต่ละวันได้มากเมื่อแบ่งส่วนแบ่งจากการจำหน่ายก็จะส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้ในแต่ละวันมากขึ้นด้วย

4.1.5 สรุปผลการศึกษาความสามารถในการขุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังด้วยวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้โดยทั่วไป

จากการศึกษาวิธีการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่นิยมปฏิบัติทั่วไปของเกษตรกรเฉพาะจากขั้นตอนการขุดถึงการรวมกองนั้น พบว่าเกษตรกรนิยมเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง 3 วิธี ประกอบด้วย 1) การใช้แรงงานคนถอนมันสำปะหลังโดยไม่ตัดต้นพร้อมกับนำไปรวมเป็นแถว ซึ่งเป็นวิธีที่มีความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ 2) เกษตรกรตัดต้นมันสำปะหลัง แล้วใช้เครื่องมือจัด (แมคโครหรือแบคโฮ) ในการจัดเหง้ามันสำปะหลังขึ้นจากดิน ก่อนเดินเก็บเหง้ามันสำปะหลังรวมกองเป็นระยะๆ จาก 3 – 4 แถวเหง้ามันสำปะหลังเป็น 1 แถวกองเหง้าๆ และ 3) เกษตรกรจะตัดต้นมันสำปะหลัง แล้วใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายแทรกเตอร์ในการขุดเหง้ามันสำปะหลังขึ้นจากดิน แล้วจึงใช้แรงงานคนเดินเก็บเหง้ามันสำปะหลังเข้ารวมกองเป็นระยะๆ จาก 6 แถวเหง้ามันสำปะหลัง เป็น 1 แถวกองเหง้าๆ อย่างไรก็ตามแม้ว่าวิธีการขุดจะมีการพัฒนาให้มีความสามารถสูงขึ้นโดยใช้เครื่องทุ่นแรงทั้งแบบใช้เครื่องมือจัด จนถึงเครื่องขุดแบบพ่วงท้ายแทรกเตอร์ก็ตาม แต่ความสามารถโดยรวมยังไม่สามารถเพิ่มได้สูงมากนักเนื่องจากขั้นตอนอื่นยังต้องใช้แรงงานคนเป็นหลักจึงส่งผลให้ความสามารถโดยรวมถูกจำกัดดังตารางที่ 4.4 ถ้าสามารถพัฒนาให้เครื่องขุดสามารถช่วยงานอย่างอื่นได้มากกว่าขุดอย่างเดียวก็จะเป็นการลดการพึ่งแรงงานคนโดยตรงก็จะสามารถเพิ่มความสามารถการทำงานได้สูงขึ้นอีกแนวทางหนึ่ง



ตารางที่ 4.4 ผลการศึกษาความสามารถในการขุดและเก็บรวบรวมกองเห้ง้ำมันสำปะหลังด้วยวิธีที่
เกษตรกรนิยมใช้โดยทั่วไป

ข้อมูล	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3
	เกษตรศาสตร์	เกษตรศาสตร์	เกษตรศาสตร์
พันธุ์	50	50	50
อายุเก็บเกี่ยว (เดือน)	13	12	12
พื้นที่ทดสอบ (ตารางเมตร)	294.30	150.00	315.00
เวลาทำงาน (วินาที)	4784.70	2323.70	555.90
จำนวนคนขุด (คน)	3	2	1
จำนวนคนรวมกอง (คน)	0	2	6
มันสำปะหลังที่ขุดได้ (กก)	520.70	296.90	615.70
สรุป			
ความสามารถในการขุดและรวมกอง (ไร่/คน-ชั่วโมง)	0.05	0.06	0.21
ความต้องการแรงงานในการขุดและรวมกอง (คน-ชั่วโมง/ไร่)	21.68	17.73	4.82
ร้อยละความสูญเสียจากการขุด	0.00	0.00	11.27
ร้อยละความสูญเสียจากการรวมกอง	0.00	0.00	0.00

4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของพืชและดินที่เกี่ยวข้องกับการ ออกแบบขุดขุดเห้ง้ำมันสำปะหลัง (Digging Unit) ขุดลำเลียงเห้ง้ำมันสำปะหลัง (Conveying Unit) ขึ้นจากดินไปยังอุปกรณ์เก็บรวบรวมเห้ง้ำมันสำปะหลัง และอุปกรณ์ เก็บรวบรวมและเทกองเห้ง้ำมันสำปะหลัง

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของมันสำปะหลังและ
ดินที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอุปกรณ์ขุดและเตรียมเห้งน้ำมันฯ คุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของ
มันสำปะหลังที่จะทำการศึกษาประกอบด้วย ระยะระหว่างคันมันสำปะหลัง ระยะระหว่างแถวมัน
สำปะหลัง ระยะความเบี่ยงเบนของคันมันสำปะหลังจากแนวถึงกลางแถวปลูก ความกว้างและ
ความยาวของเห้งน้ำมันสำปะหลัง ความลึกการหยั่งของหัวมันสำปะหลัง น้ำหนักเห้งน้ำมันสำปะหลัง
มุมเสียดทานสถิตของเห้งน้ำมันสำปะหลัง และความหนาแน่นปรากฏของเห้งน้ำมันสำปะหลัง
สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของดินที่จะทำการศึกษาประกอบด้วย ชนิดเนื้อดิน ความชื้น
ของดินในวันเก็บเกี่ยว ความหนาแน่นของดิน และแรงด้านการแทงทะลุของดิน ซึ่งคุณสมบัติ
ทางกายภาพทั้งหมดนี้จะสุ่มศึกษาจากแปลงมันสำปะหลังในวันที่เกษตรกรทำการเก็บเกี่ยว โดยสุ่ม
จากพื้นที่จำนวน 7 ตำบล ของ 4 อำเภอที่มีพื้นที่การปลูกมันสำปะหลังมากกว่า 10000 ไร่ ของ

จังหวัดปราจีนบุรี เป็นตัวอย่างที่จะศึกษาลักษณะทางกายภาพพื้นฐานของมันเป็นสำปะหลังและลักษณะทางกายภาพพื้นฐานของดินในวันเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง รายละเอียดการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพประกอบด้วย

4.2.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของมันสำปะหลังเพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบชุดชุดเหง้ามันสำปะหลัง

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของมันสำปะหลังเพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบชุดชุดเหง้ามันสำปะหลัง ประกอบด้วยคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ ดังตารางที่ ข.1 – ข.2 สรุปรายละเอียดประกอบด้วย

4.2.1.1 ระยะระหว่างคันมันสำปะหลัง โดยวัดระยะจากแนวศูนย์กลางคันถึงแนวศูนย์กลางคันถัดไปที่อยู่ในแถวเดียวกันในแนวระนาบ พบว่าระยะระหว่างคันมันสำปะหลังในแปลงสุ่มเก็บข้อมูลอยู่ในช่วง 414 – 1100 มิลลิเมตร และสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ระยะระหว่างคันของมันสำปะหลังเป็นมิลลิเมตร

ระยะระหว่างคัน	ความถี่	ความถี่สะสม	เปอร์เซ็นต์ไทด์
400 - 490	18	18	8.5
491 - 590	51	69	32.5
591 - 690	36	105	49.5
691 - 790	34	139	65.6
791 - 890	52	191	90.1
891 - 990	14	205	96.7
991 - 1090	6	211	99.5
1091 - 1190	1	212	100.0

หมายเหตุ: $n \geq 91$ ($\mu = 880.00$, $\sigma = 213.89$)

4.2.1.2 ระยะระหว่างแถวของมันสำปะหลัง จะวัดระยะจากแนวกึ่งกลางคันร่องถึงแนวกึ่งกลางกลางคันร่องถัดไปที่อยู่บนแถวปลูกติดกันในแนวระนาบและตั้งฉากกับแถวมันสำปะหลัง พบว่าระยะระหว่างแถวมันสำปะหลังในแปลงสุ่มเก็บข้อมูลอยู่ในช่วง 800 – 1460 มิลลิเมตร และสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ระยะระหว่างแถวของม้นสำปะหลังเป็นมิลลิเมตร

ระยะระหว่างแถว	ความถี่	ความถี่สะสม	เปอร์เซ็นต์ไทล์
790 - 870	61	61	28.8
871 - 960	62	123	58.0
961 - 1050	43	166	78.3
1051 - 1140	20	186	87.7
1141 - 1230	12	198	93.4
1231 - 1320	9	207	97.6
1321 - 1410	4	211	99.5
1411 - 1500	1	212	100.0

หมายเหตุ : $n \geq 39$ ($\mu = 926.00$, $\sigma = 146.22$)

4.2.1.3 ระยะเบี่ยงเบนของคันม้นสำปะหลังจากแนวกึ่งกลางแถว โดยการชิงเส้นเอ็นในลอนในแนวกึ่งกลางคันร่อง แล้ววัดระยะจากแนวศูนย์กลางคันม้นสำปะหลังถึงเส้นเอ็นในลอนในแนวระนาบตั้งฉากกับเส้นเอ็นในลอน พบว่าระยะเบี่ยงคันม้นฯ จากแนวกึ่งกลางแถวปลูกในแปลงสุ่มเก็บข้อมูลอยู่ในช่วง 0 – 113 มิลลิเมตร และสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ระยะเบี่ยงของคันม้นสำปะหลังจากแนวกึ่งกลางแถวเป็นมิลลิเมตร

ระยะเบี่ยงของคันม้นฯ	ความถี่	ความถี่สะสม	เปอร์เซ็นต์ไทล์
0 - 14	70	70	33.0
15 - 29	49	119	56.1
30 - 44	47	166	78.3
45 - 59	16	182	85.8
60 - 74	15	197	92.9
75 - 89	5	202	95.3
90 - 104	9	211	99.5
105 - 119	1	212	100.0

หมายเหตุ: $n \geq 181$ ($\mu = 16.00$, $\sigma = 5.48$)

4.2.1.4 ความกว้างและความยาวของเหง้ามันสำปะหลัง วัดความกว้างการแผ่ของเหง้ามันสำปะหลังในแนวตั้งฉากกับแถวปลูกโดยวัดในแนวระนาบจากปลายสุดของหัวมันสำปะหลังถึงปลายสุดของหัวมันสำปะหลังอีกด้านหนึ่ง และวัดความยาวการแผ่ของเหง้ามันสำปะหลังในแนวของแถวปลูก ซึ่งจะวัดจากปลายสุดของหัวมันสำปะหลังถึงปลายสุดของหัวมันสำปะหลังเช่นกัน พบว่าความกว้างและความยาวของเหง้ามันสำปะหลังในแปลงสุ่มเก็บข้อมูลอยู่ในช่วง 50 – 1069 และ 100 – 880 มิลลิเมตร คมลำดับ และสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.8 และ 4.9

ตารางที่ 4.8 ความกว้างเหง้ามันสำปะหลังเป็นมิลลิเมตร

ความกว้างเหง้า	ความถี่	ความถี่สะสม	เปอร์เซ็นต์ไทล์
40 - 170	9	9	4.2
180 - 310	60	69	32.5
320 - 450	88	157	74.1
460 - 590	36	193	91.0
600 - 730	8	201	94.8
740 - 870	5	206	97.2
880 - 1010	2	208	98.1
1020 - 1150	4	212	100.0

Remark: $n \geq 54$ ($\mu = 520.00$, $\sigma = 96.95$)

ตารางที่ 4.9 ความยาวเหง้ามันสำปะหลังเป็นมิลลิเมตร

ความยาวเหง้า	ความถี่	ความถี่สะสม	เปอร์เซ็นต์ไทล์
100 - 200	28	28	13.2
210 - 310	74	102	48.1
320 - 420	65	167	78.8
430 - 530	28	195	92.0
540 - 640	11	206	97.2
650 - 750	5	211	99.5
760 - 860	0	211	99.5
870 - 970	1	212	100.0

Remark: $n \geq 54$ ($\mu = 520.00$, $\sigma = 96.95$)

4.2.1.5 ความลึกการหยั่งหัวมันสำปะหลัง เป็นการวัดระยะความลึกที่สุดที่หัวมันสำปะหลังหยั่งหัวลงในดิน โดยวัดระยะจากสันร่องลงในแนวดิ่ง พบว่าเหง้ามันสำปะหลังหยั่งหัวมันสำปะหลังลงเป็นแนวเฉียงออกจากตำแหน่งของดินที่อยู่กลางสันร่องปลูกมีความลึกช่วง 40 – 250 มิลลิเมตร (ตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.10 ความลึกเหง้ามันสำปะหลังวัดขนาดในแนวดิ่งเป็นมิลลิเมตร

ความลึก	ความถี่	ความถี่สะสม	เปอร์เซ็นต์ไทล์
40 - 70	7	7	3.3
80 - 110	37	44	20.8
120 - 150	69	113	53.3
160 - 190	45	158	74.5
200 - 230	45	203	95.8
240 - 270	9	212	100.0

Remark: $n \geq 74$ ($\mu = 118.00$, $\sigma = 25.88$)

4.2.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของมันสำปะหลัง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบชุดลำเลียงเหง้ามันสำปะหลังขึ้นจากดินไปยังอุปกรณ์เก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลัง

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของมันสำปะหลัง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบอุปกรณ์เก็บลำเลียงเหง้ามันสำปะหลังขึ้นจากดินไปยังอุปกรณ์เก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังนี้ ข้อมูลบางส่วนใช้ข้อมูลจากข้อ 4.2.1 และมีข้อมูลที่ต้องศึกษาเพิ่มเติมคือ น้ำหนักเหง้ามันสำปะหลังแต่ละเหง้า โดยหลังจากชุดเหง้ามันสำปะหลังขึ้นจากดินและแยกเศษดินออกแล้วจะชั่งน้ำหนักของเหง้ามันสำปะหลังทีละเหง้า พบว่าเหง้ามันสำปะหลังแต่ละเหง้ามีน้ำหนักอยู่ในช่วง 0.4 – 7.6 กิโลกรัม (ตารางที่ 4.11) ซึ่งแปรผันตามจำนวนและขนาดของหัวมันสำปะหลังในแต่ละเหง้า นั่นๆ ซึ่งบางเหง้าแม้หัวมันสำปะหลังมีขนาดเล็กแต่มีจำนวนหัวมาก เหง้ามันสำปะหลังก็จะมีน้ำหนักมาก หรือบางกรณีหัวมันสำปะหลังมีจำนวนน้อยแต่หัวมันสำปะหลังมีขนาดใหญ่ก็ส่งผลให้เหง้ามันสำปะหลังมีน้ำหนักโดยรวมมาก

ตารางที่ 4.11 น้ำหนักเหง้ามันสำปะหลังสดเป็นกิโลกรัม

น้ำหนักเหง้า	ความถี่	ความถี่สะสม	เปอร์เซ็นต์ไทล์
0.3 - 1.3	16	16	7.5
1.4 - 2.4	86	102	48.1
2.5 - 3.5	73	175	82.5
3.6 - 4.6	24	199	93.9
4.7 - 5.7	8	207	97.6
5.8 - 6.8	3	210	99.1
6.9 - 7.9	2	212	100.0

Remark: $n \geq 120$ ($\mu = 2.26$, $\sigma = 0.63$)

4.2.3 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของมันสำปะหลัง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบอุปกรณ์เก็บรวบรวมและเทกองเหง้ามันสำปะหลัง

การศึกษาคูสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของมันสำปะหลัง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบอุปกรณ์เก็บรวบรวมและเทกองเหง้ามันสำปะหลัง ข้อมูลบางส่วนใช้ข้อมูลจากข้อ 4.2.1 – 4.2.2 และมีข้อมูลที่ต้องศึกษาเพิ่มเติม ดังนี้

4.2.3.1 มุมเสียดทานสถิตบนพื้นเหล็ก จะแบ่งด้านของเหง้ามันสำปะหลังเป็น 4 ด้านในแนวระนาบ ดังจากกัน จากนั้นจึงทดสอบมุมเสียดทานสถิตที่ละด้านของแต่ละเหง้าบนพื้นเหล็ก โดยทุกเหง้าจะทดสอบด้วยการวางหันแต่ละด้านเข้าหาจุดหมุน เพื่อศึกษามุมเสียดทานสถิตแล้วค่อยๆ เอียงพื้นเหล็กจนกระทั่งเหง้ามันสำปะหลังเริ่มไถลลงจากพื้นจึงอ่านมุมเอียง พบว่าเหง้ามันสำปะหลังมีมุมเสียดทานสถิตอยู่ในช่วง 10 – 36 องศา (ตารางที่ 4.12) ทั้งนี้ตามแนวคิดในการออกแบบเครื่องชุดและรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังจะมีชิ้นส่วนของอุปกรณ์ชุดและเตรียมเหง้าๆ ที่ทำหน้าที่ลำเลียงในลักษณะเอียงทำมุมกับแนวระนาบจึงทำการศึกษามุมเอียงที่เหมาะสมในการลำเลียงขึ้น ซึ่งมุมเอียงที่สูงมากจะทำให้เหง้ามันสำปะหลังไถลลงมาจนไม่สามารถลำเลียงขึ้นได้

ตารางที่ 4.12 มุมเสียดทานสถิตของเหม้ามันสำปะหลังบนพื้นเหล็กเป็นองศา

มุมเสียดทานสถิต	ความถี่	ความถี่สะสม	เปอร์เซ็นต์ไทล์
10 - 13	64	64	7.5
14 - 17	38	102	12.0
18 - 21	499	601	70.9
22 - 25	219	820	96.7
26 - 29	26	846	99.8
30 - 33	1	847	99.9
34 - 37	1	848	100.0

Remark: $n \geq 20$ ($\mu = 20.20$, $\sigma = 2.28$)

4.2.3.2 ความหนาแน่นปรากฏของเหม้ามันสำปะหลัง ข้อมูลความหนาแน่นปรากฏของเหม้ามันสำปะหลังจะใช้สำหรับการออกแบบอุปกรณ์เก็บรวบรวมและเทกองเหม้ามันสำปะหลัง ซึ่งจะศึกษาโดยสร้างกล่องขนาด กว้าง $\times$ ยาว $\times$ สูง เท่ากับ $1 \times 1 \times 1$ เมตร แล้วเลียนแบบการปล่อยเหม้าจากอุปกรณ์เก็บลำเลียงเหม้าจากคินขึ้นปล่อยลงกระบะรวบรวม โดยใช้คนโยนเหม้ามันสำปะหลังใส่กล่องจากระยะห่างจากกล่อง 1 เมตร เมื่อโยนเหม้ามันสำปะหลังลงเต็มกล่องแล้วจึงนำเหม้ามันสำปะหลังออกมาชั่งน้ำหนักที่ละเอียดเพื่อคำนวณความหนาแน่นปรากฏของเหม้ามันสำปะหลัง พบว่าน้ำหนักเหม้ามันสำปะหลังใน 1 ลูกบาศก์เมตรมีน้ำหนักในช่วง 171 - 207 กิโลกรัม (ตารางที่ 4.13) เพราะจำนวนเหม้ามันสำปะหลังที่โยนลงบรรจุในกล่องเป็นการ โยนแบบสุ่มไม่ได้มีการจัดเรียง ซึ่งเลียนแบบการลำเลียงเหม้ามันสำปะหลังลงบรรจุในกระบะบรรจุทุกซึ่งไม่มีการจัดเรียงเช่นกันก็จะได้ข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบขนาดกระบะบรรจุทุกเหม้ามันสำปะหลังต่อไป

ตารางที่ 4.13 น้ำหนักเหง้ำมันสำปะหลังที่บรรจุได้ในกล่องขนาด 1 ลูกบาศก์เมตรเป็นกิโลกรัม

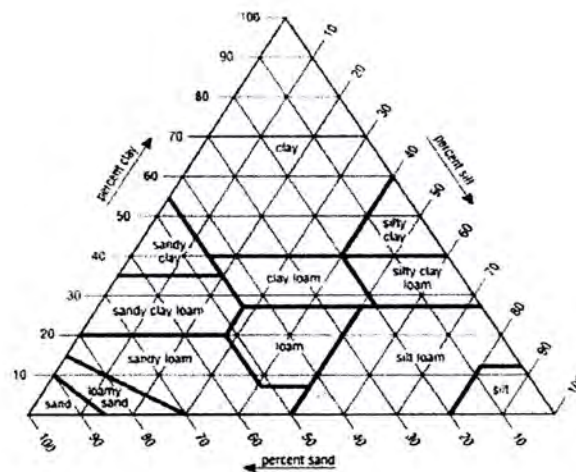
น้ำหนักเหง้า	ความถี่	ความถี่สะสม	เปอร์เซ็นต์ไทล์
171 - 175	1	1	4.0
176 - 180	2	3	12.0
181 - 185	5	8	32.0
186 - 190	9	17	68.0
191 - 195	2	19	76.0
196 - 200	3	22	88.0
201 - 205	2	24	96.0
206 - 210	1	25	100.0

Remark: $n \geq 4$ ($\mu = 194.40$, $\sigma = 8.79$)

4.2.4 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของดิน เพื่อใช้ในการออกแบบชุดชุดเหง้ำมันสำปะหลัง

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของดิน เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการออกแบบอุปกรณ์อุปกรณ์ทำงาน และเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ำมันสำปะหลังดินแบบ ได้สุ่มศึกษาข้อมูลจากแปลงที่เกษตรกรกำลังเก็บเกี่ยวจริง จำนวนทั้งหมด 14 แปลง แปลงละ 3 จ้ำ ดังตารางที่ ข.3 – ข.7 รายละเอียดคุณสมบัติทางกายภาพของดินที่ศึกษาประกอบด้วย

4.2.4.1 ผลการศึกษานิคเนื้อดิน โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างเนื้อดินจากสันร่องที่ปลูกมันสำปะหลัง เพื่อในมาวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ดินทราย (Sand) ตะกอนทราย (Silt) และดินเหนียว (Clay) ด้วยวิธีการตกตะกอน (Ted Sammis, 2007) แล้วจึงเทียบกับตารางสามเหลี่ยมเนื้อดินของ USDA (ภาพที่ 4.6) เพื่อระบุชนิดเนื้อดิน จากการสุ่มศึกษาจากแปลงที่เกษตรกรกำลังเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังจำนวน 14 แปลงพบข้อมูลดังตารางที่ 4.14



ภาพที่ 4.6 ตารางสามเหลี่ยมจำแนกเนื้อดินของ USDA
(USDA, 2011)

ตารางที่ 4.14 ชนิดเนื้อดินในแปลงเก็บข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของดิน

แปลงที่	ร้อยละอนุภาค			ชนิดเนื้อดิน
	ทราย	ตะกอนทราย	ดินเหนียว	
1	56.15	33.07	10.79	sandy loam
2	57.06	40.61	2.33	sandy loam
3	74.19	14.83	10.98	sandy loam
4	84.27	13.39	2.34	loamy sand
5	54.08	30.00	15.92	sandy loam
6	62.58	37.42	0.00	sandy loam
7	83.68	14.14	2.18	loamy sand
8	78.62	10.56	10.82	sandy loam
9	52.94	38.69	8.36	sandy loam
10	50.21	36.12	13.67	loam
11	55.25	42.85	1.90	sandy loam
12	55.83	43.02	1.16	sandy loam
13	65.94	13.53	20.52	sandy clay loam
14	87.15	11.39	1.46	sand

4.2.4.2 ผลการศึกษาความชื้นดิน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินจากสันร่องที่ปลูกมันสำปะหลังโดยเก็บตัวอย่างลึกจากผิวดินประมาณ 10 เซนติเมตร แปลงละ 3 จ้ำ โดยเก็บรวบรวมใส่ถุงพลาสติกมัดปากถุงให้แน่นป้องกันการสูญเสียความชื้น แล้วจึงนำมาชั่งน้ำหนักและอบลดความชื้นในห้องปฏิบัติการ(RNAM Test Code and Procedure for Farm Machinery, 1995) ผลการศึกษาดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ความชื้นของดินในแปลงเก็บข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของดิน

แปลงที่	ความชื้นดินเฉลี่ย (% wb)
1	3.93
2	4.13
3	3.88
4	6.49
5	9.80
6	11.50
7	13.06
8	15.08
9	5.14
10	6.20
11	4.40
12	4.98
13	8.65
14	15.79

4.2.4.3 ผลการศึกษาความหนาแน่นของดิน โดยเก็บตัวอย่างดินจากสันร่องที่ปลูกมันสำปะหลังลึกจากผิวดินประมาณ 10 เซนติเมตร ใช้จอบขุดเปิดหน้าดินแล้วใช้กระบอกลบเก็บตัวอย่างดินตอกเก็บตัวอย่างแปลงละ 3 จ้ำ เมื่อขุดเก็บกระบอกลบขึ้นมาแล้วจะใส่ถุงพลาสติกมัดปากถุงให้แน่นเพื่อป้องกันการความชื้นสูญเสีย แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก อบลดความชื้น และคำนวณความหนาแน่นของดิน ในห้องปฏิบัติการ(RNAM Test Code and Procedure for Farm Machinery, 1995) พบว่าความหนาแน่นของดินในแปลงมันสำปะหลังของพื้นที่ 14 แปลงที่ศึกษาสรุปดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ความหนาแน่นของดินในแปลงเก็บข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของดิน

แปลงที่	ความหนาแน่นของดินเฉลี่ย (กรัม/ลบ.ซม.)
1	1.83
2	1.89
3	1.46
4	1.69
5	1.59
6	1.51
7	1.87
8	2.09
9	2.00
10	1.92
11	2.06
12	1.92
13	2.01
14	1.93

4.2.4.4 ผลการวัดค่าแรงด้านการแทงทะลุของดิน ซึ่งสัมพันธ์แรงด้านการแทงทะลุของดินบนสันร่องที่ปลูกมันสำปะหลัง โดยวัดจากผิวดินสันร่องจนถึงความลึกประมาณ 25 เซนติเมตร แปลงละ 3 ซ้ำ ด้วยเครื่องมือกดวัดแรงด้านการแทงทะลุของดิน ยี่ห้อ Eijkelkamp รุ่น 060126 โดยวิธีการวัดจะอ้างอิงตาม ASAE S313.2 (ASAE STANDARD, 1994) พบว่าค่าแรงด้านการแทงทะลุของดินที่สามารถวัดได้มีค่าในช่วง 4 - 65 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร แต่ที่ความลึก 25 เซนติเมตร เป็นต้นไปส่วนมากมีค่าแรงด้านที่สูงมากกว่าเครื่องจะวัดค่าได้ ดังรายละเอียดตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 แรงด้านการแทงทะลุของดินในแปลงเก็บข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของดิน

แปลงที่	แรงด้านการแทงทะลุของดิน (กก./ตร.ซม.) ที่ความลึก (ซม.)					
	5	10	15	20	25	30
1	4.17	12.02	26.70	30.04	NA	NA
2	19.19	27.54	31.29	NA	NA	NA
3	7.66	16.65	33.29	53.93	NA	NA
4	3.33	14.98	30.29	44.94	55.26	64.92
5	17.31	26.63	28.63	46.61	NA	NA
6	14.15	21.97	28.63	37.62	41.28	43.28
7	8.32	19.31	22.17	50.60	NA	NA
8	7.32	21.97	45.94	52.60	NA	NA
9	14.69	20.86	31.88	37.55	NA	NA
10	32.38	43.40	NA	NA	NA	NA
11	9.01	13.19	29.04	NA	NA	NA
12	9.18	15.86	24.70	26.70	61.16	NA
13	3.34	6.68	8.68	10.68	14.69	33.64
14	4.17	6.68	8.51	10.35	16.02	NA

หมายเหตุ: NA ค่าแรงด้านการแทงทะลุของดินสูงเกินกว่าเครื่องจะวัดค่าได้
 หัวกดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.41 มิลลิเมตร

จากข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของมันสำปะหลังและดิน ในแปลงที่สุ่มศึกษาในวันเก็บเกี่ยวของเกษตรกรที่ได้มานี้จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ออกแบบเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังดินแบบต่อไป

4.3 ผลการวิเคราะห์รูปแบบการทำงานของเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลัง เพื่อกำหนดกรอบการออกแบบ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์รูปแบบการทำงาน ซึ่งประกอบด้วย การเคลื่อนที่ทางตรงระหว่างการชุดและการเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังลงในกระบะ การเทกองเหง้ามันสำปะหลัง และการเลี้ยวหัวแปลง ผลการวิเคราะห์รูปแบบการทำงานที่เป็นไปได้จะนำไปใช้ในการกำหนดกรอบการออกแบบต่อไป โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แผนผัง ซึ่งประกอบด้วยสองส่วนหลัก ได้แก่ รูปแบบแผนผังการรวมกองเหง้ามันสำปะหลังในแปลงเพื่อลดการทำงานซ้ำซ้อนลง และรูปแบบแผนผังการทำงานของเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลัง โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 ผลการวิเคราะห์แผนผังรูปแบบการกองเห้งมัดมัดสำหรับปลั๊ก

การเก็บเกี่ยวมัดมัดสำหรับปลั๊กของเกษตรกรเป็นการขุดมัดมัดสำหรับปลั๊กขึ้นจากดินและส่งจำหน่ายสู่ภาคการแปรรูป ดังนั้นการเก็บเกี่ยวจึงหมายถึงการเก็บเกี่ยวมัดมัดสำหรับปลั๊กออกจากแปลงเพาะปลูก ซึ่งในการเก็บเกี่ยวเกษตรกรนิยมปฏิบัติ 3 วิธี (ภาพที่ 4.1) โดยแต่ละวิธียังแบ่งเป็นขั้นตอนย่อยหลักๆ ได้แก่ ขั้นตอนคัดคั้น ขั้นตอนการขุด ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวมัดมัด รวมกอง ขั้นตอนการตัดเห้งมัดมัด และขั้นตอนการเก็บรวบรวมขึ้นรถบรรทุกไปจำหน่าย แต่ละขั้นตอนย่อยที่เกษตรกรปฏิบัติเป็นการทำงานแบบอนุกรม ที่จะต้องทำให้เสร็จทีละขั้นตอนจะข้ามขั้นตอนไม่ได้ เกษตรกรจะต้องเดินเข้าไปทำงานทีละขั้นตอนกับมัดมัดสำหรับปลั๊กที่อยู่ในแปลงซึ่งเกษตรกรต้องเดินเข้าออกแปลงหลายครั้งซ้ำๆ กันจนกว่ามัดมัดสำหรับปลั๊กที่เก็บเกี่ยวจะถูกรวบรวมลำเลียงขึ้นรถบรรทุกออกจากแปลง ซึ่งการเดินเป็นความจำเป็นสำหรับการทำงานแต่ก็เป็นการทำงานที่ไม่เกิดผลงาน ถ้าเกษตรกรสามารถลดระยะทางการเดิน หรือลดจำนวนรอบการเดินได้ ก็จะลดเวลาในการทำงานที่ไม่เกิดผลงาน จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานอีกทางหนึ่ง

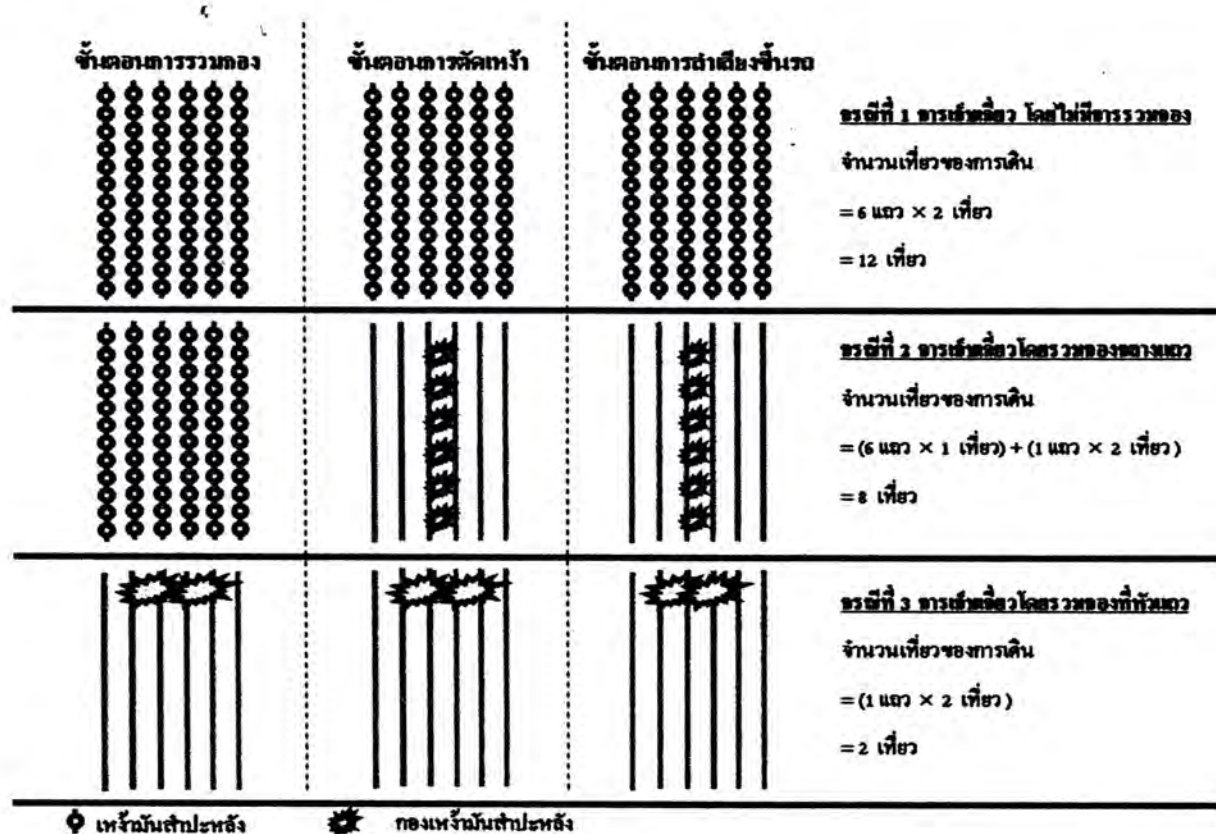
ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์รูปแบบการทำงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน โดยลดการทำงานที่ไม่เกิดผลงาน ซึ่งได้แก่ระยะทางการเดินระหว่างการทำงานในการรวมกองเห้งมัดมัดสำหรับปลั๊ก การเดินในการตัดเห้งมัดมัดสำหรับปลั๊ก และการเดินขณะลำเลียงขึ้นรถบรรทุก ซึ่งการวิเคราะห์แยกเป็น 3 กรณี ได้แก่ การเก็บเกี่ยวแบบไม่มีการรวมกอง การเก็บเกี่ยวแบบรวมกองกลางแถวตามความยาวของแปลง และการรวมกองที่หัวแถว โดยวิเคราะห์หลังจากขั้นตอนการขุดเป็นต้นไป จากจำนวนแถวปลูก 6 แถว (ภาพที่ 4.7) พบว่า

กรณีที่ 1 การเก็บเกี่ยวโดยไม่มีการรวมกอง หลังจากเกษตรกรขุดเห้งมัดมัดสำหรับปลั๊กขึ้นจากดินแล้ว ในขั้นตอนการรวมกองไม่มีการรวมกองเห้งมัดมัดสำหรับปลั๊ก จึงไม่ต้องนับเที่ยวการเดินในขั้นตอนการรวมกอง ขั้นตอนการตัดเห้งมัดมัดสำหรับปลั๊ก เกษตรกรต้องเดินเข้าตัดเห้งมัดมัดสำหรับปลั๊ก ทีละแถวเก็บเห้งมัดมัดสำหรับปลั๊กขึ้นมาตัดเห้งซึ่งเห้งมัดมัดสำหรับปลั๊กจะร่วงลงพื้นดิน เมื่อตัดเห้งที่ 1 เสร็จแล้วก็จะเดินไปเก็บเห้งมัดมัดสำหรับปลั๊กไปขึ้นมาตัด และกระทำซ้ำๆ ค่อยไปเรื่อยๆ จากแถวที่ 1 ไปสู่แถวที่ 2 และแถวถัดไปจนเสร็จทั้งแปลงซึ่งต้องเดินครบทั้ง 6 แถว ขั้นตอนสุดท้ายจึงเป็นการนำรถบรรทุกเข้าแปลงเมื่อเก็บเห้งมัดมัดสำหรับปลั๊กขึ้นรถบรรทุก ซึ่งเกษตรกรต้องเดินเก็บเห้งมัดมัดสำหรับปลั๊ก ทีละแถว ทั้ง 6 แถวอีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นรวมทั้ง 2 ขั้นตอน แล้วเกษตรกรต้องเดินทั้งหมด 12 เที่ยว

กรณีที่ 2 การเก็บเกี่ยวแบบรวมกองกลางแถว ซึ่งเป็นรูปแบบที่เกษตรกรปฏิบัติเป็นการทั่วไปอยู่แล้ว ขั้นตอนการรวมกอง หลังจากเกษตรกรขุดเห้งมัดมัดสำหรับปลั๊กขึ้นมาแล้ว เกษตรกรจะเดินลงแปลงเพื่อเก็บเห้งมัดมัดสำหรับปลั๊กจากจำนวน 6 แถวปลูก โยนรวมกอง เป็น 1 แถวเป็นระยะๆ ตลอดความยาวแถว รวมเกษตรกรต้องเดิน 6 แถวในขั้นตอนการรวมกองฯ ขั้นตอน

การตัดเห้งม้นฯ เกษตรกรต้องเดินเข้าไปตัดเห้งม้นสำปะหลังในแถวที่กองเห้งม้นฯ เป็นระยะๆ ไร่เพียง 1 แถว และขั้นตอนสุดท้ายจึงเป็นการนำรถบรรทุกเข้าแปลงเมื่อเก็บเห้งม้นสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกซึ่งเก็บรวบรวมจาก 1 แถว ดังนั้นรวมแล้วเกษตรกรต้องเดินทั้งหมด 8 เทียว

กรณีที่ 3 การเก็บเกี่ยวแบบรวมกองที่หัวแถวด้วยเครื่องจักรกลเกษตร ในกรณีนี้ในขั้นตอนการขุดและเก็บรวบรวมเห้งม้นฯ จะถูกทดแทนด้วยเครื่องจักรและการเทรวมกองเห้งม้นฯ ที่หัวแปลงจะสามารถช่วยลดงานเกษตรกรได้ ซึ่งเกษตรกรลดการเดินลงแปลงในการรวมกองเห้งม้นสำปะหลัง เกษตรกรเพียงเดินที่หัวแปลงในขั้นตอนการตัดเห้งม้นสำปะหลังที่เครื่องขุดและเก็บรวบรวมเห้งม้นฯ ได้นำมารวมไว้ที่หัวแถวแล้ว 1 เทียว และขั้นตอนการเก็บรวบรวมเห้งม้นสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก 1 เทียว ดังนั้นเกษตรกรต้องเดินทั้งหมดเพียง 2 เทียว



ภาพที่ 4.7 การวิเคราะห์จำนวนรอบการเดินกรณีไม่รวมกองและกรณีรวมกองเห้งม้นสำปะหลังแบบต่างๆ

สรุป เนื่องจากการวิเคราะห์นี้จึงสรุปได้ว่าการรวมกองเห้งม้นสำปะหลังที่หัวแถวปลูกเห้งม้นสำปะหลังสามารถลดจำนวนรอบการเดินของเกษตรกรซึ่งเป็นการทำงานที่

ไม่เกิดผลงานลงและขณะเดียวกันก็เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังได้ด้วย ซึ่งการรวมกองเหง้ามันฯ ได้กองใหญ่มาก ก็จะลดการเดินย้ายกองได้มาก เกษตรกรจะทำงานได้สะดวกมากยิ่งขึ้นด้วย ดังนั้นจึงจะนำแนวทางนี้เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องทุ่นแรงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บเกี่ยวต่อไป

4.3.2 ผลการวิเคราะห์แผนผังรูปแบบการทำงานของเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลัง

การวิเคราะห์แผนผังรูปแบบการทำงานของเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลัง เพื่อทราบรูปแบบและขนาดของขบวนเก็บเกี่ยวที่เป็นไปได้ในกรณีต่างๆ แล้วใช้กำหนดกรอบและแนวทางการออกแบบเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลัง ที่มีขนาดกระทัดรัดที่สุดต่อไป

สำหรับข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ ประกอบด้วย

- 1) ขนาดรถแทรกเตอร์ดันทิ้ง ใช้ขนาดของรถแทรกเตอร์ขนาด 70 – 90 แรงม้า
- 2) ขนาดของไถชุด ใช้ขนาดของไถชุดมันสำปะหลัง มข. 46
- 3) ขนาดของรถบรรทุกเหง้ามันสำปะหลังภายหลังการชุด ใช้ขนาดของรถซาเล่ฟ่วงรถไถเดินตาม รถเทรลเลอร์สำหรับฟ่วงรถแทรกเตอร์ รถเกษตรกร(รถอีแต่น) รถบรรทุก 6 ล้อ และรถบรรทุก 10 ล้อ

โดยการสมมติรูปแบบการทำงานแบบต่างๆ ที่คาดว่าจะเป็นไปได้ จากนั้นจึงวิเคราะห์แผนผังการทำงานแต่ละรูปแบบ เพื่อประเมิน

- 1) ขนาดความกว้างและความยาวของขบวน
- 2) ขนาดความยาวแปลง
- 3) ระยะเลี้ยวหัวแปลง

4.3.2.1 เงื่อนไขการพิจารณาประกอบด้วย

- 1) ขนาดชุดเครื่องมือ ใช้ตัวเลขมิติของเครื่องมือที่มีใช้ปัจจุบันเป็นฐานการคิดความยาวของชุดเครื่องเก็บเกี่ยวในการวางแผนผังเบื้องต้น โดยเริ่มต้นที่สมมติฐานว่า

1.1) รถแทรกเตอร์ขนาด 70 – 90 แรงม้า เป็นเครื่องดันทิ้งซึ่งมีมิติความกว้างและความยาวของรถประมาณ 2,090 และ 3,602 มม.

1.2) เครื่องชุดแบบ มข.46 ซึ่งมีความยาว 1,500 มม.

1.3) รถบรรทุก 5 แบบ ประกอบด้วย รถไถนาเดินตามฟ่วงซาเล่ รถแทรกเตอร์ฟ่วงเทรลเลอร์ รถเกษตรกร(อีแต่น) รถบรรทุก 6 ล้อ และ รถบรรทุก 10 ล้อ ซึ่งมีความกว้างรวม

ความยาวรวม และความสูงขอบกระเบาะจากพื้น เท่ากับ 1300 x 5000 x 1300 มม. 2090 x 7600 x 1550 มม. 1550 x 4800 x 2250 มม. 2000 x 5900 x 2900 มม. และ 2450 x 8000 x 3000 มม. ตามลำดับ

2) ขนาดของเครื่องมือเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลัง แบ่งขนาดเป็น 5 กรณี ตามขนาดความสูงของขอบกระเบาะรถที่ใช้บรรทุกเหง้ามันสำปะหลัง ซึ่งมีผลต่อขนาดและความสูงของเครื่องเก็บรวบรวม โดยเบื้องต้นตั้งสมมติฐานมุมลำเลียงเหง้ามันสำปะหลังขึ้นด้วยมุม 45 องศา กับพื้นราบ เครื่องเก็บเหง้ามันสำปะหลังควรมีความสูงด้านปลายยกพื้นขอบกระเบาะบรรทุก อีก 500 มิลลิเมตร ดังนั้น

2.1) รถไถเดินตามพ่วงเสาตี ความสูงขอบกระเบาะบรรทุก 1,300 มิลลิเมตร ดังนั้น ความยาวเครื่องเก็บเหง้ามันสำปะหลังเบื้องต้นควรมีความยาวประมาณ 1,800 มิลลิเมตร

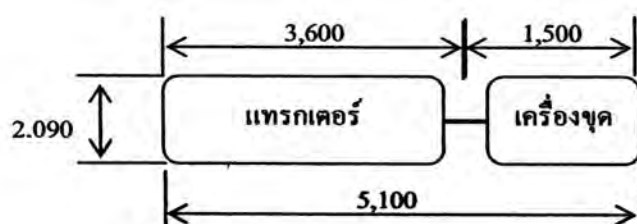
2.2) รถแทรกเตอร์พ่วงเทรลเลอร์ ความสูงขอบกระเบาะบรรทุก 1,550 มิลลิเมตร ความยาวเครื่องเก็บเหง้ามันสำปะหลังเบื้องต้นควรมีความยาวประมาณ 2,050 มิลลิเมตร

2.3) รถบรรทุกเกษตรกร (รถอีแต๋น) ความสูงขอบกระเบาะบรรทุก 2,250 มิลลิเมตร ความยาวเครื่องเก็บเหง้ามันสำปะหลังเบื้องต้นควรมีความยาวประมาณ 2,750 มิลลิเมตร

2.4) รถบรรทุกขนาดกลาง (6 ล้อ) ความสูงขอบกระเบาะบรรทุก 2,900 มิลลิเมตร ความยาวเครื่องเก็บเหง้ามันสำปะหลังเบื้องต้นควรมีความยาวประมาณ 3,500 มิลลิเมตร

2.5) รถบรรทุกขนาดใหญ่ (10 ล้อ) ความสูงขอบกระเบาะบรรทุก 3,000 มิลลิเมตร ความยาวเครื่องเก็บเหง้ามันสำปะหลังเบื้องต้นควรมีความยาวประมาณ 3,500 มิลลิเมตร

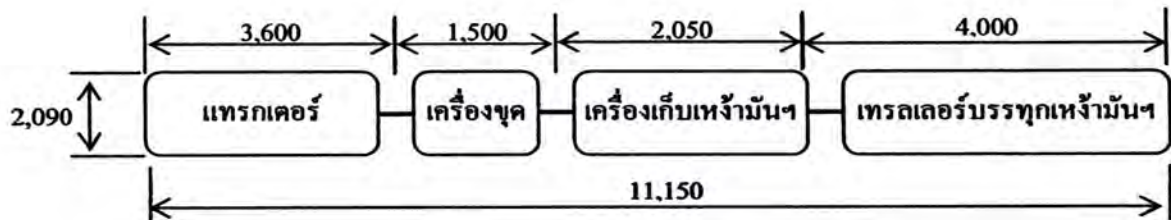
4.3.2.2 ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของรูปแบบการทำงาน วิเคราะห์ขนาดมิติของชุดเครื่องมือเมื่อต้องเข้าทำงานในแปลง ซึ่งมีเงื่อนไขว่าเป็นแปลงปลูกมันสำปะหลังแบบที่นิยมปลูกทั่วไปคือยกร่องแถวเดี่ยว ปลูกบนสันร่อง โดยแบ่งได้ตามลักษณะของการเข้าทำงานในแต่ละรูปแบบที่จะเกิดขึ้น ตามข้อจำกัดเบื้องต้นขนาดของรถแทรกเตอร์เมื่อพ่วงเครื่องชุดแล้ว จะมีความกว้าง 2,090 และความยาวรวม 5,100 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 ขนาดมิติของแทรกเตอร์เมื่อพ่วงเครื่องชุด มข. 46

ดังนั้นในกรณีการเข้าทำงานในพื้นที่เก็บเกี่ยวในแต่ละรายกรณีขนาดของขบวนเครื่องมือเก็บเกี่ยวจะมีขนาดแตกต่างกัน ประกอบด้วย

กรณีที่ 1 ใช้แทรกเตอร์ดันกำลังพ่วงเครื่องชุด พ่วงเครื่องเก็บเหง้ามันสำปะหลัง พ่วงเทรลเลอร์บรรทุกเหง้ามันสำปะหลัง พบว่า ความกว้างและความยาวของขบวนรวมเท่ากับ $2,090 \times 11,150$ มิลลิเมตร ดังภาพที่ 4.9



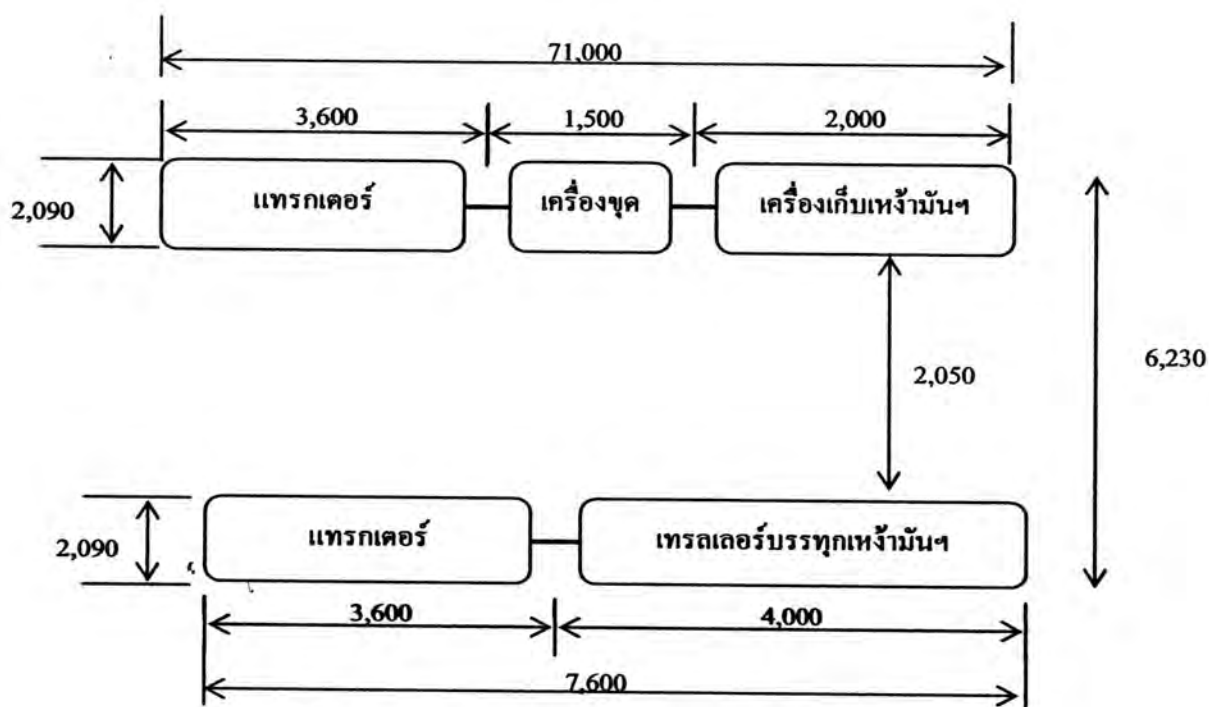
ภาพที่ 4.9 มิติของขบวนเก็บเหง้ามันสำปะหลัง

กรณีที่ 2 ใช้แทรกเตอร์ดันกำลังพ่วงเครื่องเก็บเหง้ามันสำปะหลังพ่วงเทรลเลอร์บรรทุกเหง้ามันสำปะหลัง เพื่อวิ่งเก็บเหง้ามันสำปะหลังหลังจากที่เครื่องชุดได้ชุดขึ้นจากพื้นดินและวางบนผิวดินแล้ว พบว่ามิติของขบวน มีขนาดความกว้างและความยาวเท่ากับ $2,090 \times 9,650$ มิลลิเมตร ดังภาพที่ 4.10



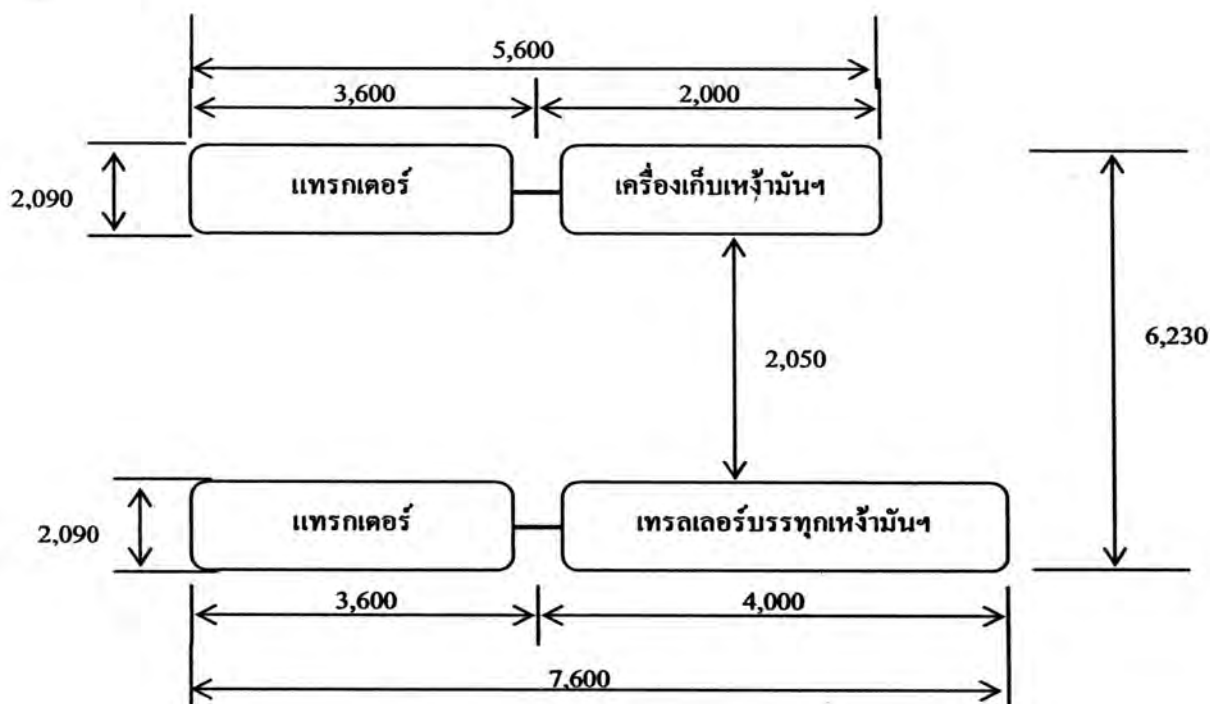
ภาพที่ 4.10 มิติของขบวนเก็บเหง้ามันสำปะหลัง กรณีแทรกเตอร์พ่วงเครื่องเก็บและเทรลเลอร์บรรทุกเหง้ามันฯ

กรณีที่ 3 ใช้แทรกเตอร์ดันกำลังพ่วงเครื่องชุดพ่วงเครื่องเก็บเหง้ามันสำปะหลัง แล้วใช้แทรกเตอร์ดันกำลังอีก 1 คัน พ่วงเทรลเลอร์บรรทุกเหง้ามันสำปะหลังวิ่งประกบด้านข้างเพื่อรับเหง้ามันสำปะหลังจากเครื่องเก็บ พบว่ามิติของขบวนทำงานมีความกว้างและความยาว เท่ากับ $6,230 \times 7,600$ มิลลิเมตร ดังภาพที่ 4.11



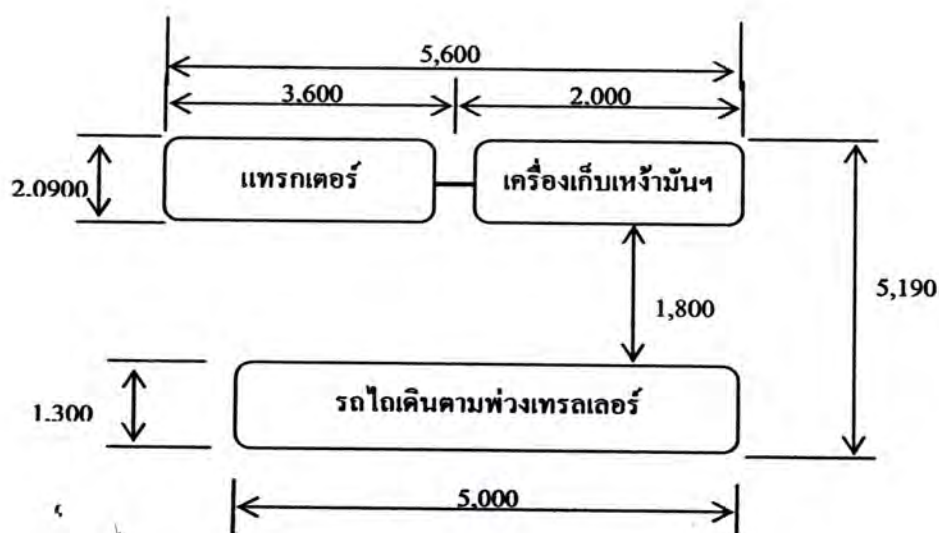
ภาพที่ 4.11 มิติของขบวนเก็บเหง้ามันสำปะหลัง กรณีแทรกเตอร์พ่วงเครื่องชุดและเครื่องเก็บเหง้ามันสำปะหลังและแทรกเตอร์พ่วงเทรลเลอร์บรรทุกเหง้ามันฯ วิ่งขนาน

กรณีที่ 4 ใช้แทรกเตอร์คันกำลังพ่วงเครื่องเก็บเหง้ามันสำปะหลัง แล้วใช้แทรกเตอร์คันกำลังอีก 1 คันพ่วงเทรลเลอร์บรรทุกเหง้ามันสำปะหลังวิ่งประกบด้านข้างเพื่อรับเหง้ามันสำปะหลังจากเครื่องเก็บ พบว่ามิติของขบวนทำงานมีความกว้างและความยาว เท่ากับ 6,230 x 7,600 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 4.12

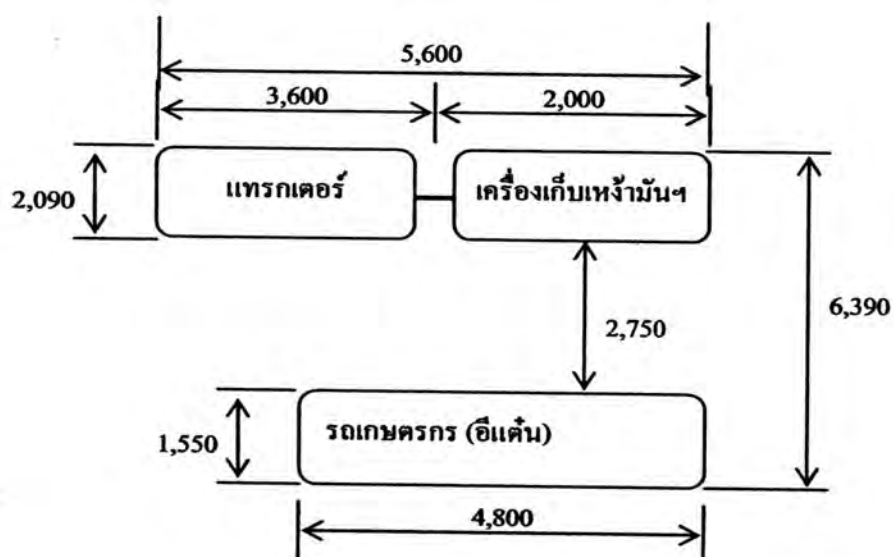


ภาพที่ 4.12 มิติของขบวนเก็บเหง้ามันสำปะหลัง กรณีแทรกเตอร์พ่วงเครื่องเก็บเหง้ามันสำปะหลัง และแทรกเตอร์พ่วงเทรลเลอร์บรรทุกเหง้ามันฯ วิ่งขนาน

กรณีที่ 5 ใช้แทรกเตอร์ดันกำลังพ่วงเครื่องเก็บเหง้ามันสำปะหลัง แล้วใช้รถบรรทุกวิ่งประกบด้านข้างเพื่อรับเหง้ามันสำปะหลังจากเครื่องเก็บเหง้ามันฯ พบว่ามิติของขบวนทำงานมีความกว้างและความยาว เท่ากับ 5,600 x 5,190 มิลลิเมตร 5,600 x 6,390 มิลลิเมตร 5,900 x 7,590 มิลลิเมตร และ 8,200 x 8,040 มิลลิเมตร เมื่อรถบรรทุกที่วิ่งประกบด้านข้างเป็น รถไถเดินตามพ่วงเทรลเลอร์ รถเกษตรกร (อีแต่น) รถบรรทุก 6 ล้อ และรถบรรทุก 10 ล้อ ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.13

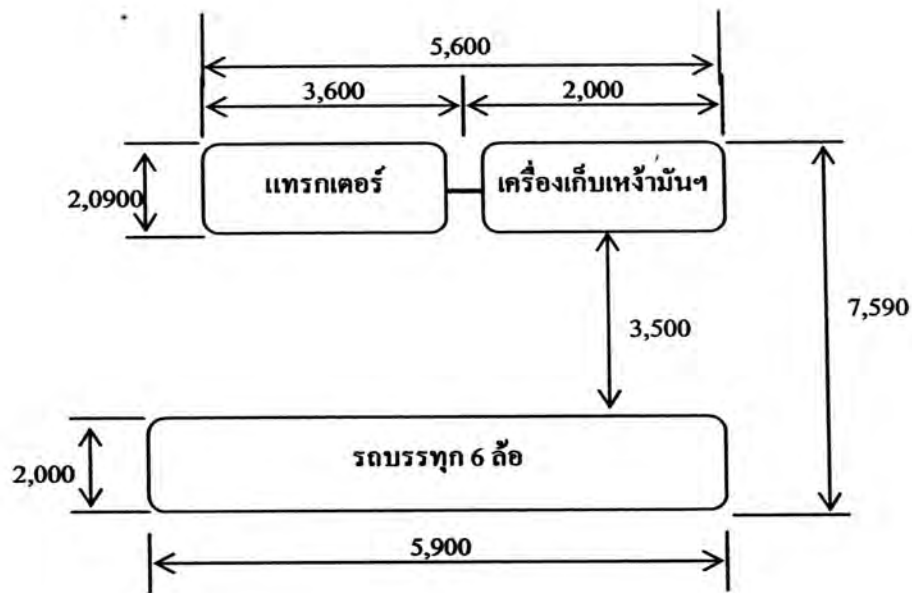


ก

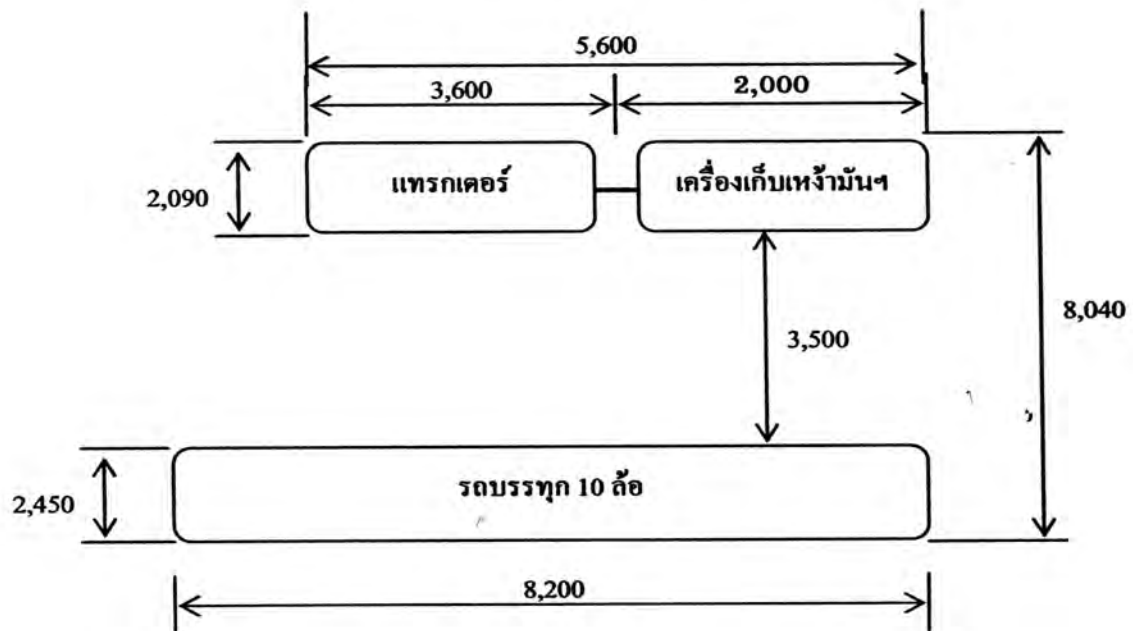


ข

ภาพที่ 4.13 มิติของขบวนเก็บเหง้ามันสำปะหลัง กรณีแทรกเตอร์พ่วงเครื่องเก็บเหง้าฯ และใช้รถบรรทุกแบบต่างๆ วิ่งขนาน
 ก. รถไถเดินตามพ่วงเทรลเลอร์ ข. รถเกษตรกร ค. รถบรรทุก 6 ล้อ
 ง. รถบรรทุก 10 ล้อ



ค



ง

ภาพที่ 4.13 มิติของขบวนเก็บเห้งน้ำมันสำหรับหลัง กรณีแทรกเตอร์พ่วงเครื่องเก็บเห้ง
และใช้รถบรรทุกแบบต่างๆ วิ่งขนาน (ต่อ)

ก. รถไถเดินตามพ่วงเทรลเลอร์ ข. รถเกษตรกร ค. รถบรรทุก 6 ล้อ

ง. รถบรรทุก 10 ล้อ

สรุป ขนาดมิติของขบวนเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้าฯ จากการทำงานในรูปแบบต่างๆ ข้างต้นได้ดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 สรุปขนาดมิติของขบวนเครื่องเก็บเกี่ยวในการทำงานรูปแบบต่างๆ

รูปแบบการทำงาน	ขนาดมิติของขบวน กว้าง×ยาว (มม.)
กรณีที่ 1 แทรกเตอร์+เครื่องชุด+เครื่องเก็บเหง้า+ทรลเลอร์บรรทุก	2090 × 11150
กรณีที่ 2 แทรกเตอร์+เครื่องเก็บเหง้า+ทรลเลอร์บรรทุก	2090 × 9650
กรณีที่ 3 แทรกเตอร์+เครื่องชุด+เครื่องเก็บเหง้า และแทรกเตอร์+ทรลเลอร์ประกบด้านข้าง	6230 × 71000
กรณีที่ 4 แทรกเตอร์+เครื่องเก็บเหง้า และแทรกเตอร์+ทรลเลอร์ประกบด้านข้าง	6230 × 7600
กรณีที่ 5 ก. แทรกเตอร์+เครื่องเก็บเหง้า และรถไถเดินตามพ่วงทรลเลอร์ประกบด้านข้าง	5190 × 5600
ข. แทรกเตอร์+เครื่องเก็บเหง้า และรถเกยตรกร(อีแต่น)ประกบด้านข้าง	6390 × 5600
ค. แทรกเตอร์+เครื่องเก็บเหง้า และรถบรรทุกขนาดกลาง (6 ล้อ) ประกบด้านข้าง	7590 × 5900
ง. แทรกเตอร์+เครื่องเก็บเหง้า และรถบรรทุกขนาดใหญ่ (10 ล้อ) ประกบด้านข้าง	8040 × 8200

4.3.2.3 ขนาดของแปลง จากแนวคิดของ หลักเกณฑ์ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่โดยทั่วไปของเครื่องเก็บเกี่ยวพืชหัว (มันฝรั่ง) มีประสิทธิภาพการทำงานร้อยละ 50 – 70 เฉลี่ยร้อยละ 60 (ASAE Standard, 1994) ดังนั้นบนสมมติฐานเครื่องชุดมีประสิทธิภาพการทำงานร้อยละ 60 ช่วงเครื่องมือทำงาน 60 ส่วนและส่วนเครื่องมือเกี่ยวหัวแปลง 40 ส่วนแต่หัวแปลง 2 ด้านๆ ละ 20 ส่วน หัวแปลงด้านหนึ่งๆ มีความยาวอย่างน้อยต้องให้ขบวนเกี่ยวได้ จากการทดลองเบื้องต้นในการหาค่ารัศมีวงเกี่ยวของแทรกเตอร์และแทรกเตอร์พ่วงทรลเลอร์โดยไม่ใช้เบรกช่วยเกี่ยว พบว่าเมื่อขบวนยาวขึ้นรัศมีวงเกี่ยวมากขึ้น โดยแทรกเตอร์ตัวเปล่ายาว 3.8 เมตรมีรัศมีวงเกี่ยว 5.6 เมตร แต่เมื่อพ่วงทรลเลอร์แล้วมีความยาวรวม 7.8 เมตร มีรัศมีวงเกี่ยวเพิ่มเป็น 8.3 เมตร นั่นคือเมื่อความยาวเพิ่มขึ้นร้อยละ 116.67 รัศมีวงเกี่ยวเพิ่มขึ้นร้อยละ 48.21 ดังนั้นถ้าใช้ความยาวแทรกเตอร์เป็นฐานในการคำนวณรัศมีวงเกี่ยวที่ต้องการของขบวนการทำงานตามข้อ 4.3.2.2 ควรมีพื้นที่รองรับการเกี่ยวที่หัวแปลงในแต่ละรูปแบบ ดังตารางที่ 4.19



ตารางที่ 4.19 ประมาณการ ระยะรัศมีวงเลี้ยวของขบวนเครื่องมือเก็บเกี่ยว

รูปแบบขบวน	ความยาวขบวน (ม.)	ระยะรัศมีวงเลี้ยว (ม.)
กรณีที่ 1 แทรกเตอร์+เครื่องขุด+เครื่องเก็บเหง้า+ แทรลเลอร์บรรทุก	11.15	10.45
กรณีที่ 2 แทรกเตอร์+เครื่องเก็บเหง้า+แทรลเลอร์บรรทุก	9.65	9.48
กรณีที่ 3 แทรกเตอร์+เครื่องขุด+เครื่องเก็บเหง้า และแทรกเตอร์+แทรลเลอร์ประกบด้านข้าง	7.60	8.17
กรณีที่ 4 แทรกเตอร์+เครื่องเก็บเหง้า และแทรกเตอร์+แทรลเลอร์ประกบด้านข้าง	7.60	8.17
กรณีที่ 5 ก. แทรกเตอร์+เครื่องเก็บเหง้า และรถไถเดินตามพ่วงแทรลเลอร์ประกบด้านข้าง	5.60	6.80
ข. แทรกเตอร์+เครื่องเก็บเหง้า และรถเกษตรกร(อีแคน)ประกบด้านข้าง	5.60	6.80
ค. แทรกเตอร์+เครื่องเก็บเหง้า และรถบรรทุกขนาดกลาง (6 ล้อ) ประกบด้านข้าง	5.90	7.08
ง. แทรกเตอร์+เครื่องเก็บเหง้า และรถบรรทุกขนาดใหญ่ (10 ล้อ) ประกบด้านข้าง	8.20	8.56

ความยาวแปลงที่จะทำให้ขบวนสามารถทำงานได้ที่ประสิทธิภาพร้อยละ 60 แสดงว่าเวลาทำงาน 60 ส่วน เวลาเลี้ยวหัวแปลง 40 ส่วน จากการทดสอบเวลาการเลี้ยวของแทรกเตอร์พ่วงแทรลเลอร์ยาว 7.8 เมตรใช้เวลาเลี้ยวรอบวงกลม 142 วินาที เทียบเป็น 40 ส่วนเมื่อคำนวณย้อนกลับว่าเวลาทำงาน 60 ส่วนจะเป็นเวลาการทำงาน 213 วินาที เมื่อเครื่องจักรทำงานที่ความเร็วเบื้องต้น 1 กม./ชม. แล้วจะใช้ระยะทางทำงานเท่ากับ 59 เมตร สำหรับกรณีการทำงานตามเงื่อนไขข้อ 4.3.2.2 แล้ว เวลาที่จะใช้ในการเลี้ยวเทียบ 40 ส่วนซึ่งสัมพันธ์กับความยาวขบวนคำนวณจากสมการที่ 4.1

เวลาในการเลี้ยวของขบวน

$$= \frac{\text{เวลาเลี้ยวของขบวนยาว 7.8 เมตร} \times \text{ระยะเลี้ยวของขบวนที่ต้องการทราบ}}{\text{ระยะเลี้ยวของขบวน 7.8 เมตร}} \quad \dots(4.1)$$

และเวลาทำงาน 60 ส่วน คำนวณจากสมการที่ 4.2

$$\text{เวลาทำงาน 60 ส่วน (วินาที)} = \frac{\text{เวลาเลี้ยว 1 วงกลม} \times 60}{40} \times \frac{1000}{3600} \quad \dots(4.2)$$

ดังนั้นประมาณการเวลาเลี้ยวและเวลาทำงานควรเป็นดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ประมาณการเวลาเดิน และเวลาทำงานของขบวนฯ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพ
ร้อยละ 60

ความยาวขบวน (เมตร)	เวลาเดิน (วินาที)	เวลาทำงาน (วินาที)
11.15	178.78	268.17
9.65	162.19	243.28
7.60	139.78	209.66
7.60	139.78	209.66
5.60	116.34	174.51
5.60	116.34	174.51
5.90	121.13	181.69
8.20	146.45	219.67

และเมื่อได้เวลาการเดินและเวลาในการทำงานเบื้องต้นแล้วก็จะสามารถคำนวณหาความยาวแปลงที่เหมาะสมกับขนาดของขบวนได้จากระยะทางทำงาน รวมกับระยะหัวแปลงโดยระยะทำงานคำนวณจากสมการที่ 4.3

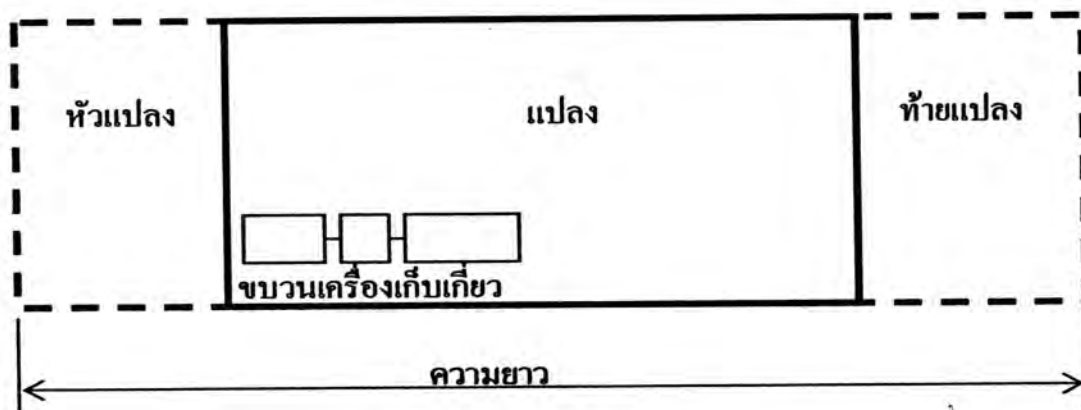
$$\text{ความยาวแปลง (เมตร)} = \text{ระยะหัวแปลง (เมตร)} + \text{ระยะท้ายแปลง (เมตร)} + \text{ระยะทางทำงาน (เมตร)} \quad \dots(4.3)$$

$$\text{ระยะทางทำงาน(เมตร)} = \text{เวลาทำงาน (วินาที)} \times \text{ความเร็วทำงาน (เมตร/วินาที)} \quad \dots(4.3.1)$$

ซึ่งประมาณการความยาวแปลงสำหรับขบวนเครื่องเก็บเกี่ยวที่มีความยาวต่างกันที่สามารถทำงานด้วยประสิทธิภาพร้อยละ 60 เหมือนกันด้วยความเร็วเบื้องต้น 1 กม./ชั่วโมง ควรมีความยาวดังตารางที่ 4.21 โดยมีแผนผังดังภาพที่ 4.14

ตารางที่ 4.21 ประมาณการความยาวอย่างน้อยของแปลง เพื่อให้ขบวนฯ ทำงานได้ประสิทธิภาพ ร้อยละ 60

ความยาวขบวน (เมตร)	ระยะหัวแปลง (เมตร)	ระยะแปลง (เมตร)	ความยาวแปลงรวม (เมตร)
11.15	10.45	74.49	95.39
9.65	9.48	67.58	86.54
7.60	8.17	58.24	74.58
7.60	8.17	58.24	74.58
5.60	6.80	48.47	62.07
5.60	6.80	48.47	62.07
5.90	7.08	50.47	64.63
8.20	8.56	61.02	78.14



ภาพที่ 4.14 รูปแบบแปลง

4.3.2.4 ผลการตรวจสอบขนาดของรถบรรทุกทุกแห่งมันสำปะหลังที่ได้รับเหมาจากเครื่องเก็บรวบรวมเหมามันสำปะหลัง ตามรูปแบบเงื่อนไขการทำงานในข้อ 4.3.2.2 นั้น ในแต่ละกรณี ใช้รถบรรทุกแตกต่างกัน ซึ่งปริมาตรการบรรทุกต่างกันด้วย จากการทดสอบเบื้องต้นของความหนาแน่นปรากฏของเหมามันสำปะหลังต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร พบดังตารางที่ 4.13 และจากการศึกษาระยะเวลาการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรดังตารางที่ 4.5

พิจารณาปริมาตรความจุของรถบรรทุกที่ใช้ในแต่ละเงื่อนไขตามข้อ 4.3.2.2 พบว่ารถบรรทุกแต่ละแบบมีปริมาตรไม่เท่ากันเมื่อวิเคราะห์ ความยาวแปลงที่เหมาะสมในการทำงานตามตารางที่ 11 เลือกใช้ความหนาแน่นปรากฏของเหมามันสำปะหลังที่ครอบคลุมตำแหน่งเปอร์เซ็นต์

ไทม์ 90 จากตารางที่ 4.13 และน้ำหนักเหง้ามันสำปะหลังเท่ากับ 4.1 กิโลกรัม (ตารางที่ 4.11) ประกอบกับพิจารณาจากระยะห่างระหว่างต้นมันสำปะหลังที่เกษตรกรนิยมปลูกตามตารางที่ 4.5 ดังนั้นปริมาณของรถบรรทุกเหง้ามันสำปะหลังซึ่งคำนวณตามสมการที่ 4.4 ควรเป็นดังตารางที่ 4.22

ปริมาตรกระบะบรรทุก (ลูกบาศก์เมตร)

$$= \frac{\text{ระยะทางเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม (เมตร)}}{\text{ระยะห่างระหว่างต้น (เมตร)}} \div \text{จำนวนเหง้ามันสำปะหลัง/ลูกบาศก์เมตร} \dots(4.4)$$

ตารางที่ 4.22 ผลการพิจารณาปริมาตรความจุรถบรรทุกเหง้ามันสำปะหลัง

ความยาวขบวน (เมตร)	ชนิดของรถบรรทุก	มิติกระบะบรรทุก ก.ข ย.ข ค. (ม.)	ปริมาตรกระบะ (ลบ.ม.)	ปริมาตรกระบะที่ ต้องการ (ลบ.ม.)	ความเป็นไปได้ใน การบรรทุก
11.15	เทรลเลอร์พ่วง	1.80 x 3.00 x 0.60	3.24	1.09	ได้
9.65	เทรลเลอร์พ่วง	1.80 x 3.00 x 0.60	3.24	0.99	ได้
7.60	เทรลเลอร์พ่วง	1.80 x 3.00 x 0.60	3.24	0.85	ได้
7.60	เทรลเลอร์พ่วง	1.80 x 3.00 x 0.60	3.24	0.85	ได้
5.60	รถไถเดินตามพ่วง	1.50 x 2.50 x 0.60	2.25	0.71	ได้
5.60	รถอีแต่น	1.55 x 1.20 x 2.90	5.40	0.71	ได้
5.90	รถบรรทุก 6 ล้อ	2.00 x 1.70 x 4.40	14.96	0.74	ได้
8.20	รถบรรทุก 10 ล้อ	2.25 x 6.00 x 2.00	27.0	0.89	ได้

จากการวิเคราะห์ข้างต้น สามารถอนุมานได้ว่ารูปแบบการทำงานของขบวนเครื่องมือเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังควรชุดแล้วเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังไปรวมกองที่หัวแปลง ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถลดการทำงานที่ไม่เกิดผลงานของเกษตรกร ได้ดีกว่าการรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังเป็นแถวยาวตามแนวแปลง

จากการวิเคราะห์การทำงานเมื่อขบวนเครื่องมือมีความยาวมากขึ้นก็สามารถทำงานให้ได้ประสิทธิภาพเป็นที่ยอมรับได้ ขนาดกระบะที่จะใช้รวบรวมเหง้ามันสำปะหลังจากการเก็บเกี่ยวก็ใช้ขนาดของเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์เบื้องต้นสามารถรองรับเหง้ามันสำปะหลังได้เพียงพอ และถ้าสามารถขยายขนาดได้ก็จะเพิ่มระยะทางเก็บเกี่ยวได้มากขึ้น ซึ่งจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้อีกส่วนหนึ่งเมื่อชุดเครื่องเก็บเกี่ยวสามารถเก็บเกี่ยวได้หลายเที่ยว ลดเวลาหยุดเทเหง้ามันสำปะหลัง

4.4 ผลการพัฒนาหลักการทำงานของชุดชุด (Digging Unit) ชุดลำเลียงเหง้ามันลำปะหลัง (Conveying Unit) จากพื้นดินไปยังอุปกรณ์เก็บรวบรวมเหง้ามันลำปะหลัง และกรอบการออกแบบ

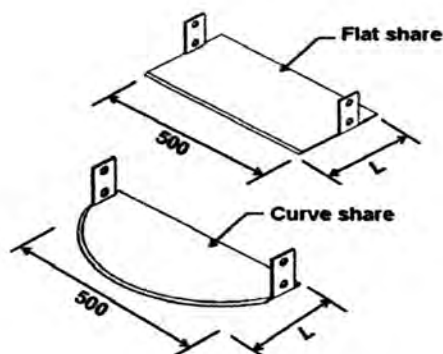
การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหลักการทำงานของชุดชุดและพัฒนาหลักการทำงานของชุดลำเลียงเหง้ามันลำปะหลังจากพื้นดินไปยังอุปกรณ์เก็บรวบรวมเหง้ามันลำปะหลัง ทั้งนี้เพื่อให้อุปกรณ์ทำงานสามารถทำงานได้ราบรื่นป้องกันปัญหาที่เคยเกิดกับ Odigboh และ Moreira (2002 a) เพื่อให้ความยาวของเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันลำปะหลังในภาพรวมมีขนาดสั้นที่สุดเมื่อวัดความยาวตามแนวราบ จึงเลือกใช้กระพ้อลำเลียงเป็นอุปกรณ์ในการลำเลียงเหง้ามันลำปะหลังขึ้นจากดินไปยังอุปกรณ์เก็บรวบรวมเหง้ามันลำปะหลัง เนื่องจากกระพ้อลำเลียงสามารถลำเลียงวัสดุขึ้นแนวดิ่งโดยใช้ระยะทางแนวราบที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการใช้สายพานลำเลียง ดังนั้นเพื่อให้การลำเลียงเหง้ามันฯ จากพื้นดินขึ้นไปยังกระบะรวบรวมเหง้าฯ สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงต้องมีการชุดและเตรียมเหง้ามันลำปะหลังให้เหมาะสมต่อการดักลำเลียงเหง้าฯ ด้วยกระพ้อลำเลียง พร้อมกับการพัฒนาการดักด้วยกระพ้อลำเลียงที่เหมาะสมด้วย ด้วยแนวคิดนี้จึงจำเป็นต้องออกแบบพัฒนาใน 2 ประเด็นหลักได้แก่ การออกแบบพัฒนาชุดชุดเหง้ามันลำปะหลัง และออกแบบพัฒนาชุดลำเลียงเหง้ามันลำปะหลังจากพื้นดินไปยังอุปกรณ์เก็บรวบรวมเหง้ามันลำปะหลัง และกำหนดกรอบการออกแบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.4.1 ผลการพัฒนาหลักการทำงานของชุดชุดเหง้ามันลำปะหลัง

การพัฒนาหลักการทำงานของชุดชุด (Digging Unit) มีวัตถุประสงค์เพื่อชุดเหง้ามันลำปะหลังขึ้นจากดิน และจัดเตรียมเหง้ามันลำปะหลังภายหลังการชุดให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการดักขึ้นจากพื้นดินด้วยกระพ้อลำเลียงที่ติดตั้งอยู่ด้านหลังชุดชุด การจัดเตรียมเหง้ามันลำปะหลังหลังการชุดในการศึกษารั้งนี้ใช้วิธีการข่อยดินรอบๆ เหง้าฯ ให้แตกข่อยเป็นก้อนเล็กๆ ระหว่างที่ทำการชุดเหง้ามันลำปะหลังขึ้นจากดิน จากนั้นจึงลำเลียงเหง้ามันลำปะหลังไปปล่อยไว้บนผิวดินที่ถูกข่อยแล้วที่ด้านหลังชุดชุดและเตรียมเหง้ามันลำปะหลังในแนวกึ่งกลางแถว

4.4.1.1 ผลการศึกษาทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลชุด เพื่อเลือกรูปแบบของผลชุดที่สามารถชุดและยกเหง้ามันลำปะหลังขึ้นจากดินโดยที่เมื่อชุดแล้วเหง้ามันลำปะหลังจะต้องวางอยู่ในแนวกึ่งกลางแถวปลูกเช่นเดิม ไม่ปิดเหง้ามันฯ ออกด้านใดด้านหนึ่ง พร้อมกับข่อยดินรอบๆ เหง้าให้แตกเป็นก้อนเล็กๆ และวางเหง้ามันลำปะหลังบนดินในแนวกลางแถวที่กระพ้อลำเลียงจะสามารถดักเก็บเหง้ามันลำปะหลังได้สะดวกต่อไป ยังไม่พบว่ามีการพัฒนาในแนวทางดังกล่าว จึงได้ออกแบบอุปกรณ์ชุดและเตรียมเหง้ามันลำปะหลังให้ใช้ผลชุดที่มีผนังด้านข้างทั้ง

สองข้าง เพื่อให้เกิดการย่อยดินรอบๆ เหม้ามันสำปะหลังให้แตกย่อยเป็นก้อนเล็กๆ ระหว่างที่ทำการขุดเหง้าขึ้นจากดิน อย่างไรก็ตามรูปแบบของผลชูดังกล่าวจะก่อให้เกิดปัญหาการเคลื่อนที่ของดินและเหง้าในขณะที่เคลื่อนที่ข้ามผลชูด กล่าวคือ พนักทั้งสองข้างจะเพิ่มแรงเสียดทานระหว่างดินที่อยู่บนผลชูดกับตัวผลชูด ทำให้ดินอัดแน่นอยู่บนผลชูดแตกย่อยเป็นก้อนเล็กๆ และดินที่อัดแน่นดังกล่าวจะขัดขวางการเคลื่อนที่ของดินและเหง้า ในการเคลื่อนที่ข้ามผลชูดตามความยาวของผลชูด ซึ่งค่าความยาวของผลชูดสามารถหาค่าที่เหมาะสมด้วยการทดลอง ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดในขั้นตอนถัดไป และเพื่อให้ผลชูด ขุดเหง้า ขึ้นมาในแนวเส้นตรงไม่ปิดเหง้าฯ ออกด้านข้างซึ่งจะเป็นปัญหากับการคัดลำเดียวในขั้นตอนต่อไป จึงเลือกใช้ผลชูดแบบแผ่นเรียบ ซึ่งสอดคล้องกับ Kanafojski, Karwowski, (1796) และ Suryawanshi, et al, (2009) ประกอบกับผลการศึกษาของ สมนึก และ เสรี, (2545) เสรี และ สมนึก, (2548) เสรี และ คำนิง, (2550) เสรี, (2551) อนุชิต และคณะ, (2551) ซึ่งศึกษาออกแบบเครื่องขุดมันสำปะหลัง และรวบรวมข้อมูลของเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบโลหัทหม ที่มีรูปแบบใบชูดแบบต่างๆ นั้น พบว่าการทำงานของเครื่องขุดฯ จะปิดเหง้าออกด้านข้างเป็นหลักซึ่งไม่สอดคล้องกับแนวคิดการทำงานของขุดขุดเหง้ามันสำปะหลังที่วางกรอบแนวคิดไว้ ดังนั้นลักษณะผลชูดเหล่านั้นจึงไม่น่ามาศึกษาต่อไป ฉะนั้นรูปแบบผลชูดที่จะทดสอบจึงมีเพียง 2 แบบได้แก่ ผลชูดแบบหน้าตัดตรง และผลชูดแบบหน้าตัดโค้ง ดังภาพที่ 4.15



ภาพที่ 4.15 ลักษณะผลชูดที่ศึกษาการทำงานบนรางดิน

เมื่อได้รูปแบบผลชูดที่จะศึกษาแล้ว จึงออกแบบพัฒนาตะแกรงแยกดินที่จะประกอบด้วยอุปกรณ์ขุดและเตรียมเหง้ามันสำปะหลังหลังผลชูด โดยขนาดของตะแกรงแยกดินที่ออกแบบ หลังจากทราบค่าความยาวผลชูดที่เหมาะสมที่ดินภายหลังการขุดยังสามารถเคลื่อนที่ข้ามได้ จะเลือกใช้ผลที่มีความยาวดังกล่าว แล้วติดตั้งตะแกรงแยกดินไว้ที่บริเวณด้านหลังของผลชูด

โดยติดตั้งให้อยู่ชิดกับด้านหลังของผล มีมุมเอียงเท่ากับมุมของผลชุด และผนังด้านข้างทั้งสองข้างของตะแกรงเป็นผนังทึบ สายพานดังกล่าวจะทำหน้าที่แยกดินที่ถูกย่อยแล้วออกจากดินที่อยู่บนผลและตกลงในร่องที่ชุด ส่วนดินก้อนใหญ่ที่เลื้อบบนตะแกรงจะถูกอัดแน่นโดยตรงเนื่องจากมีผนังสองข้างจนกลายเป็นดินก้อนเล็กทั้งหมดและแยกตัวตกลงในร่องที่ชุด ในระหว่างที่เกิดกระบวนการลดขนาดดินดังกล่าววัสดุบนตะแกรงเช่นเหง้ามันฯ และดินก้อนใหญ่ยังคงเคลื่อนที่ไปยังด้านหลังเนื่องจากตะแกรงมีการเคลื่อนที่ เมื่อเหง้าฯ เคลื่อนที่ไปสู่ปลายตะแกรงจะตกลงและวางตัวอยู่บนผิวดินที่ถูกย่อยเป็นก้อนเล็กๆ เหง้ามันฯ จะอยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการดักขึ้นจากพื้นดินด้วยกระพ้อลำเลียงต่อไป โดยตะแกรงแยกดินออกแบบใช้เหล็กเหลากกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร เชื่อมยึดกับโซ่เบอร์ 60 ที่วางคู่ขนานด้านข้างๆ ละ 1 เส้น ระยะห่างระหว่างเหล็กเหลากกลมเท่ากับ 75 มิลลิเมตร ซึ่งอิงจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวมันสำปะหลังที่จะไม่หลุดลงไประหว่างตะแกรงนี้ และกำหนดให้ตะแกรงนี้เคลื่อนที่ลำเลียงเหง้ามันสำปะหลังมาด้านหลังของผลชุดด้วยความเร็ว 1.9 เท่าของความเร็วการเคลื่อนที่การชุด สอดคล้องกับ รัตทิพัทธ์ สุธรรมวิทย์, ศุภฤกษ์ จิโนคุณ (2547)

ผลการออกแบบชุดชุดเหง้ามันฯ จากแนวคิดข้างต้นจึงได้แบบชุดชุดเหง้ามันสำปะหลัง ดังภาพที่ 4.16 ซึ่งประกอบด้วยผลชุดเหง้ามันสำปะหลัง และตะแกรงแยกดิน ที่ทำหน้าที่ชุดและเตรียมเหง้ามันสำปะหลัง สำหรับขั้นตอนการลำเลียงขึ้นกระบะรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังต่อไป



ภาพที่ 4.16 ภาพร่างแนวคิดตะแกรงแยกดิน (ซ้าย) และชุดอุปกรณ์ชุดและเตรียมเหง้ามันสำปะหลัง (ขวา)

4.4.1.2 หลังจากการออกแบบแนวคิดของผลชุดของชุดชุดเห้งจ้านสำปะหลังข้างต้น จึงได้สร้างชุดทดสอบแนวคิดเพื่อทดสอบการทำงานบนรางดินโดยสร้างชุดทดสอบมีหน้ากว้างการชุด 500 มิลลิเมตร ความยาวผลชุด (L ในภาพที่ 4.15) 3 ระดับ ประกอบด้วย 200 250 และ 300 มิลลิเมตร และทดสอบการชุดโดยการปรับมุมผลชุด 2 ระดับ ประกอบด้วย 20 และ 25 องศา กับแนวราบ ชุดด้วยความเร็ว 0.69 เมตร/วินาที (อิงการเคลื่อนที่ของแทรกเตอร์ในการทำงาน 2.5 กิโลเมตร/ชั่วโมง) เพื่อสังเกตการเคลื่อนตัวของดินข้ามผลชุด ซึ่งรางดินมีความยาวการทำงาน 5000 มิลลิเมตร พบว่าผลชุดแบบหน้าตัดตรงจะมีการเคลื่อนตัวของดินข้ามผลชุดได้ดีกว่าผลชุดแบบหน้าตัดโค้ง ในขณะที่มุมของผลชุดก็แสดงอิทธิพลต่อการไหลข้ามของดินในทำนองเดียวกันคือเมื่อใช้มุมผลชุดสูงขึ้นการไหลข้ามผลชุดของดินจะยากขึ้น โดยสังเกตจากระยะทางการทำงานของผลชุดจะสั้นลงเพราะมีดินกองอยู่หน้าผลชุดจนเกิดการเกินกำลังและต้องหยุดการทำงานของผลชุด ระยะการทำงานของผลชุดแต่ละรูปแบบแสดงในตารางที่ 4.23 สำหรับลักษณะการกองของดินหน้าผลชุดแสดงในภาพที่ 4.17 เนื่องจากผลการทดสอบดังกล่าวนี้จึงเลือกใช้ผลชุดแบบหน้าตัดตรงซึ่งสอดคล้องกับ (Suryawanshi, et al, 2009) สำหรับขนาดความยาวผลชุดจะเลือกใช้ความยาว 200 มิลลิเมตร และกำหนดมุมชุดของผลชุด 20 องศาจากแนวราบ เป็นผลชุดที่จะพัฒนาต่อไป

ตารางที่ 4.23 ผลการทดสอบความสามารถในการชุดลำเลียงดินด้วยผลชุด 2 แบบ

ลักษณะผา	มุมผา (องศา)	ความยาวผา (มม.)	ระยะทางการเคลื่อนที่ของผาเฉลี่ย (มม.)
หน้าตัดตรง	20	200	> 5000 *
		250	3283
		300	2820
	25	200	3767
		250	2103
		300	1067
หน้าตัดโค้ง	20	200	2500
		250	1900
		300	1607
	25	200	1430
		250	1323
		300	1217

หมายเหตุ: * จากการสังเกตพบว่าผลชุดยังสามารถชุดต่อไปได้โดยไม่มีดินกองหน้าใบชุด แต่ต้องหยุดเนื่องจากสู่ระยะการทำงานของรางดิน



ภาพที่ 4.17 ลักษณะของคิงกองหน้าผลสดโดยไม่ไหลข้ามผลสด เมื่อมองด้านหน้า (ซ้าย) และมองด้านข้าง (ขวา)

4.4.2 ผลการพัฒนาหลักการการทำงานของชุดลำเลียงเหง้ามันสำปะหลังจากพื้นดินไปยังอุปกรณ์เก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลัง

ข้อพิจารณาในการพัฒนาชุดลำเลียงเหง้ามันสำปะหลังจากพื้นดินไปยังอุปกรณ์เก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลัง จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 พบว่ามีการศึกษาการลำเลียงเหง้ามันสำปะหลังหลังการชุด 3 วิธี ประกอบด้วย 1) การใช้สายพานกวาดพาเหง้ามันสำปะหลังขึ้นไปบนพื้นเอียง โดยสามารถบุญอาจ (2543) 2) การใช้วิธีโซ่หนีบดินมันสำปะหลังแล้วลำเลียงเอียงขึ้นไปยังกระเบบบรรทุกที่ศึกษาโดยประสาธ แสงพันธุ์ตา (2548) และ 3) การลำเลียงโดยใช้กระพ้อดักโดย Odigboh, Moreira (2002) ซึ่งจากการวิเคราะห์หลักวิธีการลำเลียงเหง้ามันสำปะหลังที่ 3 วิธีดังกล่าวพบว่ามีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกันไป สำหรับแนวคิดในการออกแบบเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังคันแบบเครื่องนี้ ต้องการขนาดโดยรวมของเครื่องที่มีความยาวน้อยที่สุดเพื่อให้สามารถกลับเลี้ยวที่บริเวณหัวแปลงและท้ายแปลงมีความคล่องตัวมากที่สุดซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลาสูงขึ้น และการลำเลียงจะต้องสามารถทำงานด้วยความเร็วสูงซึ่งจะส่งผลต่อความเร็วในการทำงานของเครื่องชุดฯ คันแบบสูงเป็นผลให้ความสามารถในการทำงานสูงด้วย ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากวิธีการลำเลียงเหง้ามันสำปะหลังทั้งสามวิธีการนี้ในด้านระยะทางทางราบแล้วการใช้พื้นเอียงในวิธีที่หนึ่งนั้นเมื่อพิจารณาตามข้อมูลการศึกษาในข้อที่ 4.3.2.1 มุมเสียดทานสถิตของเหง้ามันสำปะหลังบนพื้นเหล็กพบว่ามุมที่เหง้ามันสำปะหลังจำนวนที่ตำแหน่ง 90 องศาจะไม่ไถลงมีมุมเอียงช่วงไม่เกิน 14 องศาจากแนวราบ ดังนั้นการจะลำเลียงเหง้ามันสำปะหลังขึ้นสูงถึง 1.50 เมตรจะต้องใช้ระยะทางราบถึง 6.0 เมตร หรือแม้จะเพิ่มมุมให้สูงขึ้น 2 เท่าเป็น 30 องศา ก็ยังต้องใช้ระยะทางราบถึง 2.6 เมตร

ในทางตรงกันข้ามกรณีที่ใช้กระพ้อลำเลียงแล้วสามารถตั้งมุมในแนวดิ่งได้และสมมติให้ขนาด ลูกกระพ้อเท่ากับควมกว้างของเหง้ามันสำปะหลังแล้ว ระยะทางราบของกระพ้อก็จะไม่มากกว่า 1.5 เมตร ซึ่งจะลดระยะทางราบลงถึง 1.7 – 4 เท่า ในทำนองเดียวกันกับวิธีที่ 2 การใช้โซ่หนึบที่มี ข้อจำกัดด้านมุมเอียงขึ้นคล้ายกับวิธีที่ 1 ดังที่กล่าวมาแล้ว นอกจากนั้นยังมีปัญหาในการทำงานที่ใช้ คนรวมถึง 8 คน โดยเป็นคนขับแทรกเตอร์ 1 คน และคนงาน 7 คนในการขุดและเก็บเหง้ามัน สำปะหลัง ประกอบกับมีความสูญเสียจากหัวมันสำปะหลังหลงเหลือร้อยละ 15.38 เพื่อหลีกเลี่ยง ปัญหาดังกล่าวทั้งหมดข้างต้น ผู้วิจัยจึงเลือกที่จะพัฒนาชุดลำเลียงโดยใช้กระพ้อลำเลียง ซึ่งจะ สามารถสร้างชุดลำเลียงเหง้ามันสำปะหลังจากพื้นดินไปยังอุปกรณ์เก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลัง โดยใช้การลำเลียงแนวดิ่งได้มากกว่า เป็นผลให้ระยะทางทางราบที่ใช้จะน้อยกว่า 2 แบบแรกมาก ซึ่งจะส่งผลให้เครื่องขุดฯ ดันแบบ มีขนาดสั้นลงซึ่งจะมีความล่องตัวในการทำงานในแปลง จึง เลือกใช้กระพ้อลำเลียงในการพัฒนาชุดลำเลียงเหง้ามันสำปะหลัง (Conveying Unit) ดังกล่าวต่อไป

ในการขุดและเตรียมเหง้ามันสำปะหลังของเครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้ามัน สำปะหลังดันแบบ จะทำงานโดยการขุดและเตรียมเหง้ามันฯ อย่างต่อเนื่องไปพร้อมกับการลำเลียง เหง้ามันสำปะหลังขึ้นจากพื้นดินไปยังอุปกรณ์เก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลัง ซึ่งได้เลือกใช้ กระพ้อลำเลียงด้วยเหตุผลที่สามารถลำเลียงวัสดุขึ้นที่สูงโดยใช้ระยะทางราบน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับ สายพานลำเลียงดังได้กล่าวไปแล้วนั้น ดังนั้นความเร็วการขุดและเตรียมเหง้ามันฯ ความเร็วการคัด เก็บเหง้ามันสำปะหลัง และระยะระหว่างลูกกระพ้อต้องสัมพันธ์กัน ถ้าการดักช้าเกินไปจะเกิดการ เคลื่อนที่ผ่านเหง้ามันฯ โดยไม่ดักเก็บเหง้า ในทางกลับกันการดักเก็บด้วยความเร็วสูงลูกกระพ้อ สามารถดักเก็บได้หลายครั้งหลีกเลี่ยงการข้ามได้ก็จริง แต่ความเร็วลูกกระพ้อที่สูงอาจกระทบกับ พื้นดินหรือกระแทกเหง้ามันฯ ส่งผลให้ไม่สามารถดักเก็บเหง้ามันสำปะหลังได้ การวิเคราะห์นั้น จะต้องเริ่มต้นจากขนาดของลูกกระพ้อที่จะใช้ในการดักเก็บเหง้ามันสำปะหลัง ดังนั้นจึงทำการ ออกแบบกระพ้อลำเลียงที่เหมาะสมโดยมีขั้นตอนดังนี้

4.4.2.1 ผลการออกแบบขนาดลูกกระพ้อ และระยะห่างระหว่างลูกกระพ้อ การ ออกแบบอุปกรณ์ทำงานของเครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังดันแบบ ในการศึกษา นี้ จะใช้คุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานต่างๆ ของมันสำปะหลังที่ตำแหน่ง 90 องศาในเส้นในการ ออกแบบ สำหรับกระพ้อลำเลียงนั้นจากปัญหาของ Odigboh, Moreira (2002 a) ที่กระพ้อลำเลียง ดักเก็บเหง้ามันสำปะหลังไม่ได้ จากปัญหาของน้ำหนักรวมของลูกกระพ้อ เหง้ามันฯ และดิน ใน ลูกกระพ้อ การแก้ปัญหาดังกล่าวจึงได้ออกแบบลูกกระพ้อเป็นลูกกระพ้อโปร่งเพื่อลดน้ำหนัก ลูกกระพ้อ การทำงานออกแบบให้ดักเฉพาะเหง้ามันฯ และมีความสามารถแยกดินออกให้ได้มากที่สุด ทั้งนี้เพื่อลดน้ำหนักรวมของลูกกระพ้อขณะทำงาน สำหรับขนาดลูกกระพ้อที่ต้องดักเหง้าฯ ที่อยู่

บนผิวดินหลังจากการเตรียมเหง้าฯ ของชุดชุดเหง้ามันสำปะหลังก่อนหน้าซึ่งเหง้ามันสำปะหลังจะอยู่บนผิวดินโดยไม่สามารถระบุได้ว่าจะหันด้านกว้างหรือด้านยาวให้กับลูกกระท้อจึงออกแบบให้ลูกกระท้อมีหน้ากว้างมากที่สุดที่จะตัดเหง้ามันสำปะหลังได้ ซึ่งเท่ากับหน้ากว้างของชุดชุดเหง้ามันสำปะหลัง สำหรับความกว้างปากกระท้อ เนื่องจากจังหวะการตัดเหง้ามันสำปะหลังนั้น เหง้ามันสำปะหลังจะตั้งบนผิวดินดังนั้นปากกระท้อต้องกว้างมากกว่าความลึกของเหง้ามันสำปะหลังที่จะตัด จึงจะสามารถตัดเหง้ามันสำปะหลังได้ดังภาพที่ 4.18 (ขวา) ประกอบกับคำแนะนำของ Alexandrov, (1981) จึงออกแบบให้ความกว้างปากกระท้อมีขนาด 2 เท่าของความลึกเหง้ามันสำปะหลังซึ่งเท่ากับ 400 มิลลิเมตร และออกแบบความลึกลูกกระท้อให้ลึก 2 ใน 3 ของความกว้างหรือความยาวของเหง้ามันสำปะหลังขึ้นอยู่กับด้านใดมีขนาดมากกว่า เพื่อหลีกเลี่ยงการกระดกของเหง้ามันสำปะหลังตกจากลูกกระท้อ ซึ่งได้ขนาดความลึกลูกกระท้อเท่ากับ 377 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 4.18



ภาพที่ 4.18 ลักษณะลูกกระท้อที่ออกแบบ (ซ้าย) จังหวะการตัดเหง้าฯ (ขวา)

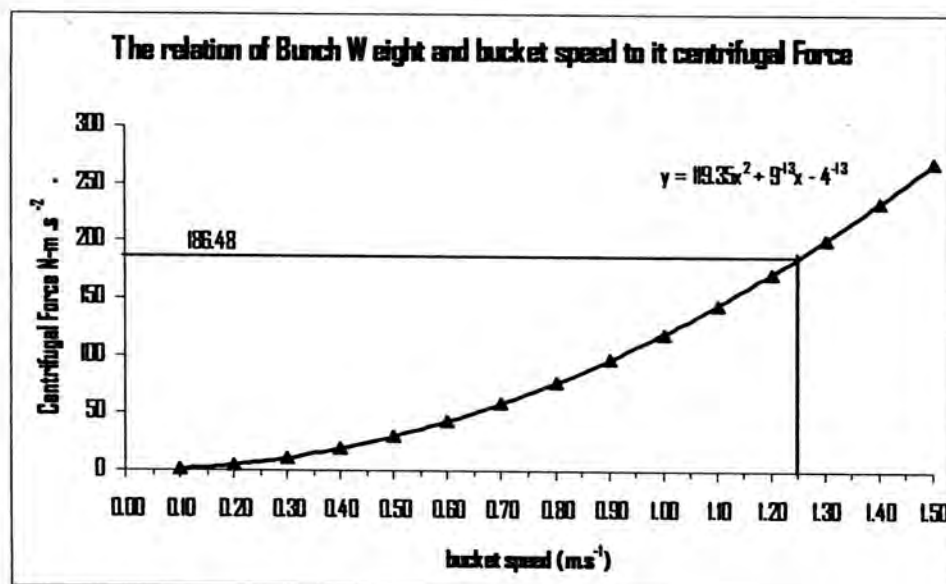
ในการออกแบบระยะห่างระหว่างลูกกระท้อในกระท้อลำเลียงแบบมีระยะห่างของลูกกระท้อนั้น Alexandrov (1981) แนะนำว่าควรใช้ระยะห่าง 2 – 3 เท่าความลึกลูกกระท้อ ในเบื้องต้นของการศึกษานี้จึงเลือกใช้ระยะห่างระหว่างลูกกระท้อเท่ากับ 3 เท่าของความลึกลูกกระท้อ หรือ 3 เท่าของ 377 มิลลิเมตรซึ่งได้ขนาดเท่ากับ 1131 มิลลิเมตร

4.4.2.2 ผลการทดสอบหาความเร็วลูกกระท้อที่เหมาะสม ในการทำงานของกระท้อลำเลียงเหง้ามันสำปะหลังนั้นกระท้อจะตัดเหง้ามันสำปะหลังจากดิน ซึ่งความเร็วการตกที่สูงจะเกิดการกระแทกของลูกกระท้อกับเหง้ามันสำปะหลังจนกระเด็นออกจากลูกกระท้อ ซึ่งเกิดจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่ลูกกระท้อกระทำกับเหง้ามันสำปะหลัง จากผลการวิเคราะห์ระยะห่างระหว่างลูกกระท้อข้างต้น ได้ระยะห่างระหว่างลูกกระท้อเบื้องต้น 1131 มิลลิเมตร จึงวิเคราะห์

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลูกกระพ้อกับแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ตามสมการที่ 4.4 ซึ่งพบว่าความเร็วการตกสูงจะเกิดแรงเหวี่ยงสูงด้วยดังภาพที่ 4.19

$$\text{Centrifugal force (N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}) = \frac{\text{mass of cassava bunch (N)} \times (\text{linear speed of bunch (m} \cdot \text{s}^{-1})^2}{\text{radius of center of gravity of bunch from center of shaft (m)}} \quad \dots(4.4)$$

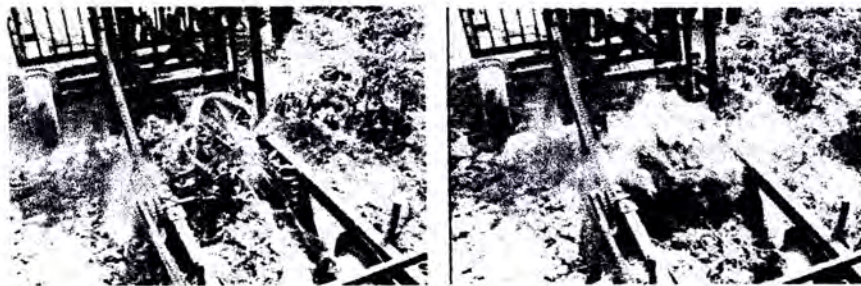
จากคำแนะนำของ Alexandrov (1981) กรณีที่กระพ้อติดกับโซ่ความเร็วของกระพ้อไม่ควรมากกว่า 1.25 เมตร/วินาที ดังนั้นจะวิเคราะห์หาแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางของเหง้าที่จะเกิดขึ้น โดยใช้น้ำหนักเหง้ามันสำปะหลังที่ตำแหน่ง 90 องศาเซ็นติไทล์ (4.1 กิโลกรัม) ซึ่งได้ความสัมพันธ์ดังภาพที่ 4.19 ถ้าใช้ความเร็วลูกกระพ้อที่ 1.25 เมตร/วินาที จะเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่เหง้ามันสำปะหลังซึ่งบรรจุอยู่ในลูกกระพ้อเท่ากับ 186.48 เมตร/วินาที-วินาที ดังนั้นในการออกแบบชิ้นต่อๆ ไปจะต้องออกแบบให้เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่เหง้ามันสำปะหลังไม่มากกว่าค่านี้



ภาพที่ 4.19 ความสัมพันธ์ของน้ำหนักเหง้ามันสำปะหลังและความเร็วของลูกกระพ้อต่อแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่กระทำกับเหง้า

1) จากการวิเคราะห์ความเร็วข้างต้นจึงสร้างชุดทดสอบและทำการทดสอบความเร็วการตกของลูกกระพ้อที่จะสามารถตกได้โดยเหง้าไม่กระเด็นออกจากลูกกระพ้อ โดยการ

ให้ลูกกระพ้อทำงานอย่างต่อเนื่องแล้วสู่วางเหง้าฯ ในตำแหน่งดักเก็บเหง้าฯ ทีละเหง้าให้กระพ้อ ดักด้วยความเร็ว 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 และ 3.0 เมตร/วินาที ความเร็วละ 30 ชั่วโมง (เหง้า) ซึ่งอิงระยะ การขุดในแปลงเท่ากับ 25 เมตร แล้วบันทึกการดักเหง้ามั่นสำปะหลังของลูกกระพ้อ ผลการศึกษา พบว่า การใช้ความเร็วลูกกระพ้อสูงจะเกิดการกระแทกของลูกกระพ้อกับดินหรือเหง้ามั่นสำปะหลัง จนกระเด็นหลุดจากลูกกระพ้อ ดังภาพที่ 4.20 เป็นผลให้ลูกกระพ้อไม่สามารถดักเหง้ามั่น สำปะหลังได้ ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาที่ Odigboh, Moreira (2002 a) ประสบปัญหาจนต้องยุติวิธีการ นี้ แต่เมื่อลดความเร็วลงจะสามารถดักได้ กอปรกับการเตรียมเหง้ามั่นสำปะหลังให้วางอยู่บนผิวดิน และดินรอบๆ เหง้ามั่นฯ ร่วนเป็นเม็ดเล็กๆ และกระพ้อโปร่งตามที่ออกแบบ ทำให้สามารถดักเก็บ เหง้าฯ โดยที่ปลายลูกกระพ้อสามารถจิกผ่านดินได้โดยไม่เกิดการกระแทกและเกินกำลังของโซ่ที่ จะก่อให้เกิดความเสียหายกับโซ่ สำหรับข้อมูลการทดสอบการดักเหง้ามั่นสำปะหลังสรุปดังตาราง ที่ 4.24



ภาพที่ 4.20 การกระแทกของลูกกระพ้อเมื่อใช้ความเร็วสูงทำให้เหง้ามั่นกระเด็น (ซ้าย) หรือดิน กระเด็น (ขวา)

ตารางที่ 4.24 สรุปผลการทดสอบความสามารถดักเหง้ามั่นสำปะหลังของกระพ้อ

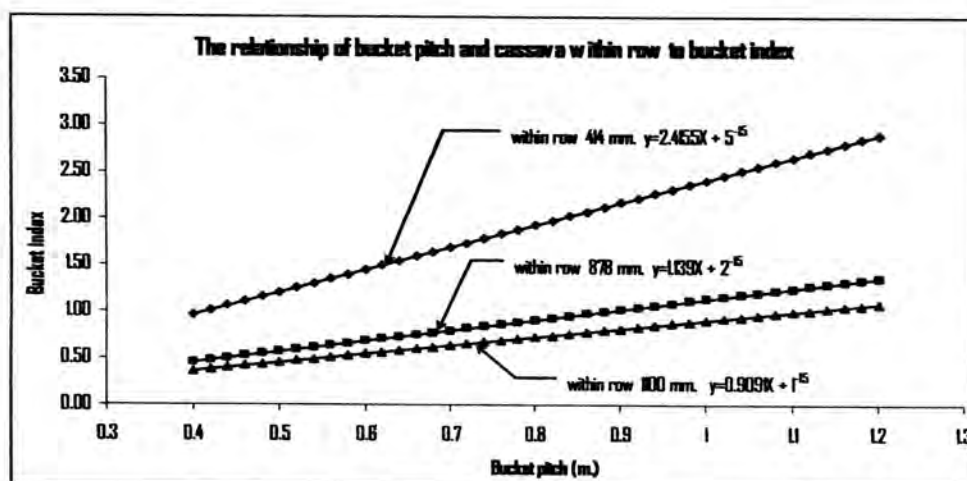
รายการ	ความเร็วลูกกระพ้อ (เมตร/วินาที)					
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
	ความสามารถดักเหง้ามั่นสำปะหลัง					
จำนวนเหง้ามั่นสำปะหลังที่ทดสอบทั้งหมด	35	35	35	35	35	35
จำนวนเหง้ามั่นสำปะหลังที่ดักได้	34	30	28	23	21	17
ร้อยละของเหง้ามั่นสำปะหลังที่ดักได้	97.14	85.71	80.00	65.71	60.00	48.57

ดังนั้นในการออกแบบการทำงานของเครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลัง จึงกำหนดให้ความเร็วการทำงานของลูกกระพ้อไม่เกิน 1.50 เมตร/วินาที ในการออกแบบสร้างเครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังต่อไป

2) ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเร็วของกระพ้อในการดักเก็บเหง้ามันสำปะหลัง จากข้อมูลการวิเคราะห์และการทดสอบการทำงานเบื้องต้นข้างต้นนี้จึงคำนวณค่าดัชนีการดักเก็บเหง้า ของกระพ้อลำเลียงในกรณีการดักลำเลียงเหง้ามันสำปะหลังจากพื้นดิน โดยค่าดัชนีการดักคำนวณด้วยสมการที่ 4.5

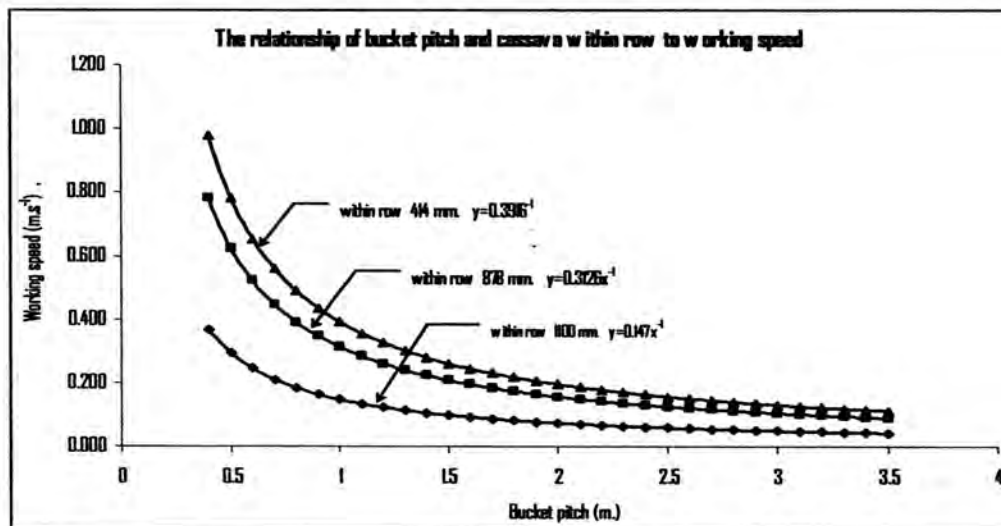
$$\text{ค่าดัชนีการดักของกระพ้อ} = \frac{\text{ความเร็วการเคลื่อนที่ของลูกกระพ้อ (เมตร/วินาที)}}{\text{ความเร็วการทำงานของเครื่องขุด (เมตร/วินาที)}} \quad \dots(4.5)$$

แต่อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์ครั้งนี้มีหลักการคิดว่า เมื่ออุปกรณ์ขุดและเตรียมเหง้ามันฯ ขุดเหง้ามันสำปะหลังขึ้นจากดินและวาง ลงบนผิวดินแล้ว ลูกกระพ้อที่เป็นอุปกรณ์เก็บลำเลียงเหง้าฯ จะต้องเข้ามาดักเก็บเหง้าในจังหวะพอดีกันด้วย เพราะมันสำปะหลังปลุกโดยมีระยะห่างระหว่างต้น ดังนั้นการวางเหง้าบนผิวดิน จะเว้นระยะระหว่างเหง้าตามระยะระหว่างต้นที่เกษตรกรปลูกด้วย ถ้าจังหวะการดักของลูกกระพ้อดักตรงกับช่วงที่ไม่มีเหง้ามันสำปะหลัง การทำงานของเครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันฯ จะเกิดความสูญเสียทันที จากหลักคิดนี้จึงพบว่าความเร็วของลูกกระพ้อสามารถปรับเปลี่ยนได้ระดับเมื่อระยะห่างระหว่างลูกกระพ้อเปลี่ยนไป จึงมีความสัมพันธ์ดังสมการที่ 3.11 หลังจากการคำนวณแล้วจึงพบว่าค่าดัชนีการดักของกระพ้อเป็นดังภาพที่ 4.21



ภาพที่ 4.21 ค่าดัชนีการดักเก็บเหง้ามันสำปะหลังของกระพ้อเมื่อเปลี่ยนระยะห่างลูกกระพ้อ

3) ผลการวิเคราะห์หาความเร็วที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังเมื่อทำงานร่วมกับกระพ้อลำเลียง จากผลการออกแบบและผลการทดสอบหาความเร็วที่เหมาะสมของลูกกระพือดังกล่าวข้างต้น วิเคราะห์หาความเร็วที่เหมาะสมในการขุดมันสำปะหลังด้วยสมการที่ 3.12 ด้วยระยะห่างระหว่างคันมันสำปะหลังจากข้อมูลที่พบ 3 ระยะ ได้แก่ ระยะชิดที่สุด ระยะที่ตำแหน่ง 90 เปอร์เซนต์ไทล์ และระยะห่างมากที่สุด เท่ากับ 414 878 และ 1100 มิลลิเมตร ตามลำดับ พบว่าความเร็วที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องขุดก็จะเปลี่ยนแปลงไปเช่นกันดังภาพที่ 4.22



ภาพที่ 4.22 ความสัมพันธ์ความเร็วในการทำงานของเครื่องขุดที่เหมาะสมเมื่อมีการปรับระยะห่างระหว่างลูกกระพือ และระยะระหว่างคันมันสำปะหลังเปลี่ยนไป

4.4.3 สรุปข้อกำหนดกรอบการออกแบบชุดลำเลียงเหง้ามันสำปะหลัง

จากผลการวิเคราะห์และศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ตามข้อ 4.4.1 และ 4.4.2 จึงกำหนดกรอบการออกแบบอุปกรณ์เก็บลำเลียงเหง้ามันสำปะหลังของเครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้าฯ ดังแบบ ดังนี้

4.4.3.1 ขนาดลูกกระพือ กำหนดความกว้างของปากกระพือและความลึกของลูกกระพือเท่ากับ 400 และ 377 มิลลิเมตรตามลำดับ โดยมีหน้ากว้างการทำงานเท่ากับหน้ากว้างใบขุด

4.4.3.2 ระยะห่างระหว่างลูกกระพือ กำหนดให้มีระยะห่าง 3 เท่าของความลึกเท่ากับ 1131 มิลลิเมตร

4.4.3.3 ความเร็วการดักเก็บเหง้าฯ ของลูกกระท้อเบื้องต้นไม่เกิน 1.50 เมตร/วินาที เนื่องจากเป็นความเร็วต่ำ ดังนั้นในจังหวะการเตะเฉียงเสากระท้อไปด้านหลัง 10 องศาจากแนวดิ่ง เพื่อให้กระท้อเหง้าฯ ตกจากลูกกระท้อด้วยแรงโน้มถ่วงสามารถตกลงในกระบะได้

4.4.3.4 ความเร็วการทำงานของเครื่องชุดฯ เพื่อให้จังหวะการขุดและวางเหง้ามันสำปะหลัง กับจังหวะการดักของลูกกระท้อพอดีกัน โดยที่ความเร็วของลูกกระท้อไม่สูงจนเกิดการกระแทกเหง้าให้กระเด็นหลุดจากลูกกระท้อในจังหวะการดัก จากระยะห่างลูกกระท้อเท่ากับ 1131 มิลลิเมตร และระยะห่างระหว่างคันมันสำปะหลังเท่ากับ 878 มิลลิเมตรจึงได้ความเร็วการทำงานของเครื่องชุดที่ 0.27 เมตร/วินาที

4.5 ผลการออกแบบและสร้าง ชุดขุดเหง้ามันสำปะหลัง (Digging Unit) ชุดลำเลียงเหง้ามันสำปะหลัง (Conveying Unit) จากพื้นดินไปยังอุปกรณ์เก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลัง อุปกรณ์เก็บรวบรวมและเทกองเหง้ามันสำปะหลัง และสร้างเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังต้นแบบ

การออกแบบอุปกรณ์การทำงาน และสร้างเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังต้นแบบ จะใช้ข้อมูลและกรอบแนวทางที่ได้วิเคราะห์ไว้ข้างต้นทั้งหมดในการออกแบบเครื่องชุดฯ ต้นแบบ ซึ่งจะเน้นการออกแบบเชิงการทำงาน ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่ 1)ออกแบบชุดขุดเหง้ามันสำปะหลัง 2)ออกแบบชุดลำเลียงเหง้ามันสำปะหลังจากพื้นดินไปยังอุปกรณ์เก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลัง 3)ออกแบบอุปกรณ์เก็บรวบรวมและเทกองเหง้ามันสำปะหลัง โดยจะทำการออกแบบอุปกรณ์หลักแต่ละส่วนให้เสร็จแล้วจึงจะออกแบบส่วนประกอบอื่นๆ ที่จำเป็นเพื่อประกอบเป็นเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังต้นแบบต่อไป สำหรับส่วนประกอบหลักแต่ละส่วนมีรายละเอียดผลการออกแบบดังนี้

4.5.1 ผลการออกแบบชุดขุดเหง้ามันสำปะหลัง

การออกแบบชุดขุดเหง้ามันสำปะหลัง ได้ใช้ข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของมันสำปะหลังและข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของดินจากผลการศึกษาในข้อ 4.2 โดยแนวคิดหลักการทำงานของชุดขุดเหง้าฯ จะขุดเหง้ามันสำปะหลังขึ้นจากดิน แล้ววางเหง้ามันสำปะหลังบนผิวดิน โดยที่เหง้ามันสำปะหลังจะต้องวางกลางแนวของแถวที่ขุดให้มากที่สุด จากนั้นชุดลำเลียงเหง้าฯ โดยกระท้อลำเลียงจึงจะดักเก็บเหง้าฯ ขึ้นจากผิวดินใส่กระบะรวบรวมเหง้าฯ ต่อไป เมื่อพิจารณาเงื่อนไขการทำงานของชุดขุดทั้งชุดพบว่ามีความจำเป็นในการทำงานประกอบด้วย

หน้ากว้างการขุดจะต้องกว้างมากพอที่จะไม่ทำความเสียหายให้เหง้า ความลึกการขุดที่จะต้องขุดดินให้ลึกได้เหง้ามันๆ แต่ต้องให้น้อยที่สุดเพื่อลดภาระการทำงานของเครื่องขุด พร้อมทั้งต้องข้อย และแยกดินออกจากเหง้าๆ ด้วย การออกแบบจึงมีรายละเอียดที่ต้องพิจารณาดังนี้

4.5.1.1 ผลการออกแบบหน้ากว้างผลาผลขุด ของชุดขุดเหง้าๆ เนื่องจากหัวมันๆ มีระยะการแผ่หัวมันๆ ไม่เท่ากันดังผลการศึกษาในข้อ 4.2 แล้วนั้น การจะขุดเหง้าๆ ขึ้นจากดินโดยไม่ก่อความเสียหายให้กับเหง้ามันๆ นั้น หน้ากว้างผลาผลขุดจะต้องเท่ากับหรือมากกว่าความกว้างของเหง้าๆ ในเบื้องต้นของการออกแบบเครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้าๆ ดันแบบ ครั้งนี้จะออกแบบให้ครอบคลุมความกว้างเหง้ามันๆ ที่ตำแหน่ง 90 เปอร์เซ็นต์ไทล์ ซึ่งเท่ากับ 566 มิลลิเมตร และในการออกแบบหน้ากว้างของผลาผลขุดนั้นมีข้อคำนึงอื่นๆ ประกอบได้แก่ ระยะเบี่ยงเบนของดินมันสำปะหลังจากแนวกึ่งกลางแถวปลูก และความคลาดเคลื่อนในการควบคุมแนวเครื่องขุดๆ ให้ได้กึ่งกลางแถวมันสำปะหลังของผู้ควบคุม ซึ่งจะต้องออกแบบเผื่อความกว้างของผลาผลขุดเศษให้กว้างขึ้นแต่ต้องไม่มากเกินไป อย่างไรก็ตามในการคำนวณความกว้างของผลาผลขุดนั้น Kanafojski, Karwowski, (1976) ซึ่งแนะนำการคำนวณหน้ากว้างผลาผลขุดมันฝรั่ง ซึ่งมีลักษณะเป็นพืชหัวและปลูกบนแถวที่ยกร่องเช่นเดียวกันกับมันสำปะหลัง ได้แนะนำว่าขนาดหน้ากว้างผลาผลขุดควรที่ประกอบด้วยผลรวมของ ค่าเฉลี่ยความกว้างของการแผ่ของหัวมันฝรั่ง รวมกับค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยความกว้างการแผ่ๆ ค่าเฉลี่ยระยะเบี่ยงเบนของดินมันฝรั่งจากแนวกึ่งกลางแถวปลูก และค่าความเผื่อความคลาดเคลื่อนในการควบคุมแนวเครื่องขุดออกจากแนวกึ่งกลางแถวของผู้ควบคุมเครื่องซึ่งโดยอนุโลมเท่ากับระยะเบี่ยงเบนดินมันจากแนวกึ่งกลางแถว ดังนั้นในการคำนวณออกแบบหน้ากว้างของผลาผลขุดมันสำปะหลัง จะออกแบบอิงวิธีการคิดดังกล่าวโดยครอบคลุมที่ความกว้างเหง้ามันสำปะหลังที่ตำแหน่ง 90 เปอร์เซ็นต์ไทล์ จะสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 4.6

$$\begin{aligned} \text{ความกว้างผลาผลขุด (ม.)} &= \text{ความกว้างการแผ่เหง้ามันๆ ที่ } P90 (ม.) + \text{ค่าเฉลี่ยระยะเบี่ยงเบนดินมันๆ จากแนวกึ่งกลางแถวที่ } P90 (ม.) \\ &+ \text{ระยะเผื่อความคลาดเคลื่อนการควบคุมเครื่องขุด (ม.)} \end{aligned} \quad \dots(4.6)$$

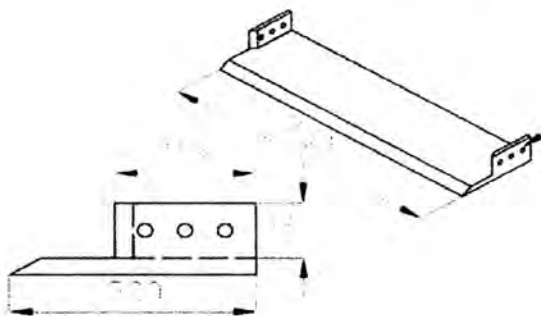
ดังนั้นความกว้างของผลาผลขุดจึงเท่ากับ

$$\text{ความกว้างผลาผลขุด (ม.)} = 0.56 + 0.07 + 0.07$$

$$\text{ความกว้างผลาผลขุด (ม.)} = 0.70$$

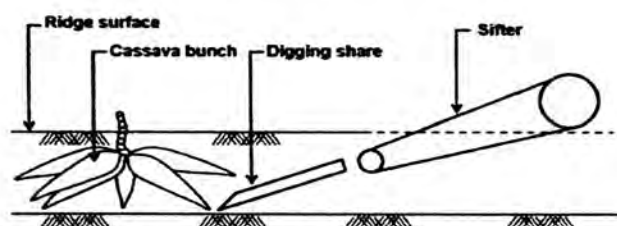
ฉะนั้นหน้ากว้างของผลาผลขุดมันสำปะหลังที่ออกแบบจึงเท่ากับ 700 มิลลิเมตร โดยความยาวของผลาผลขุดนั้นจากการทดสอบบนรางดินในข้อ 4.4 จึงพบว่า ความยาวของผลาผลขุดที่

มากกว่า 200 มิลลิเมตร จะเกิดปัญหาการเคลื่อนตัวของดินข้ามผลซุดทำให้ดินกองหน้าผลซุด จึงออกแบบใช้ความยาวผลซุด 200 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 4.23



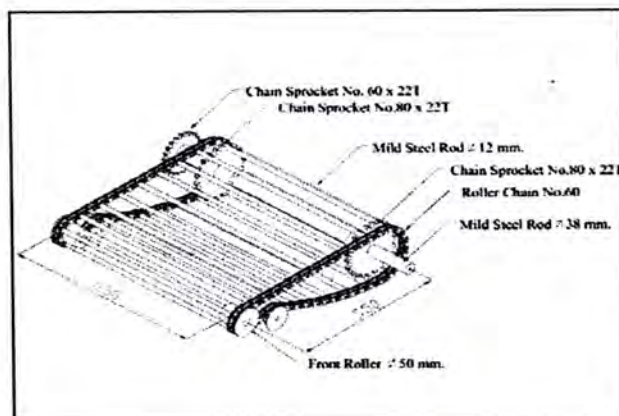
ภาพที่ 4.23 ภาพร่างลักษณะและขนาด ผลซุดที่ออกแบบ

ความลึกการซุดของผลซุด หลังจากได้น้ำกว้างการซุดและความยาวผลซุดแล้ว เมื่อพิจารณาการซุดเหง้ามันฯ ให้ลึกจากสันร่อง 210 มิลลิเมตร พบว่า ความยาวผลซุด 200 มิลลิเมตรนั้นเมื่อเอียงทำมุมซุด 20 องศา กับแนวระนาบแล้วพบว่าความยาวของผลซุดไม่สูงพอที่จะยกเหง้าขึ้นมาวางบนผิวดิน (ภาพที่ 4.24) แต่การที่จะเพิ่มความยาวของผลซุดให้มากกว่านี้ จะเกิดปัญหาดินไม่ไหลข้ามผลซุดเช่นกัน จึงมีความจำเป็นต้องออกแบบชิ้นส่วนเพิ่ม ให้สามารถยกเหง้ามันฯ ขึ้นมาวางบนผิวดิน ซึ่งพบว่า การใช้รางแบบขับเคลื่อนมารับช่วงต่อจากผลซุดจะสามารถช่วยส่งเหง้ามันฯ ขึ้นมาบนผิวดินได้ แต่รางจะพาเดินรอบๆ เหง้ามันฯ ที่ผลซุดมาด้วยทั้งหมด ซึ่งจะทำให้เหง้าถูกดินกลบเช่นเดิมและจะกระทบต่อการทำงานของกระท้อลำเลียง การวางเหง้าบนผิวดินจะต้องไม่มีดินกลบ จึงต้องแยกดินออกไปด้วย ดังนั้นการใช้ตะแกรงคัดแยกดิน จึงเป็นแนวทางที่เลือกใช้ต่อไป



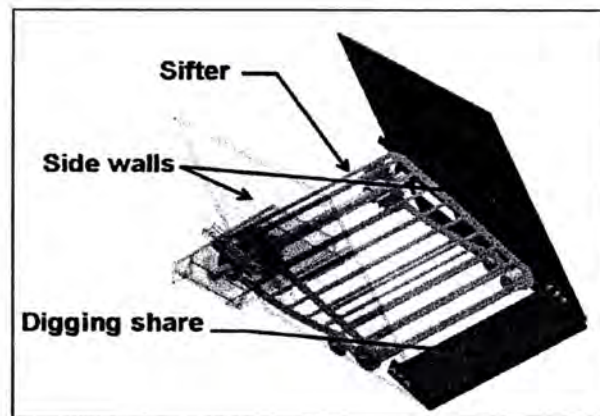
ภาพที่ 4.24 ภาพร่างหลักการซุดเหง้ามันสำปะหลังขึ้นจากดิน

4.5.1.2 ผลการออกแบบตะแกรงแยกดินและเตรียมดินรอบๆ เหม้ามันสำปะหลัง ให้เหมาะสมกับการดักของกระพ้อ ดังอธิบายรายละเอียดในข้อ 4.4. แล้วนั้น จึงออกแบบโดยใช้ โซ่ลูกกลิ้งเบอร์ 60 วางขนานกันสองเส้นแล้วใช้เหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร เชื่อมระหว่างโซ่สองเส้นนี้เป็นตะแกรงมีหน้ากว้างเท่ากับผลขนาดภาพที่ 4.25 ชุด ตะแกรงนี้จะขดเป็นวง ด้านหน้าของตะแกรงที่จะต้องติดตั้งให้ชิดกับหลังผลชุดจึงออกแบบให้ คล้องกับลูกกลิ้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ในขณะที่ด้านหลังของตะแกรงคล้องเข้ากับ เฟืองโซ่เบอร์ 80 ขนาด 22 ฟัน โดยเฟืองโซ่ด้านหลังนี้จะไม่ขบกับโซ่ แต่จะขบกับเหล็กเพลากลมที่เชื่อมระหว่างโซ่เบอร์ 60 แทน เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดินอุดตันร่องโซ่ ทั้งนี้เพราะชุด ตะแกรงนี้จะต้องทำงานโดยมีดินจำนวนมากที่เคลื่อนที่ข้ามผลชุดมาจะต้องเคลื่อนที่ข้ามตะแกรงนี้ ด้วย



ภาพที่ 4.25 ภาพร่างตะแกรงแยกดิน

เมื่อออกแบบชิ้นส่วนทั้งสองชิ้นนี้แล้วจึงประกอบรวมกันเป็นชุดชุดเหม้ามัน สำปะหลัง (ภาพที่ 4.26) โดยมีรูปแบบสอดคล้องตามที่ได้ออกแบบพัฒนาไว้แล้วในข้อ 4.4 ที่นำมา ขยายขนาดขึ้นเพื่อใช้ในสภาพแปลงทดสอบ

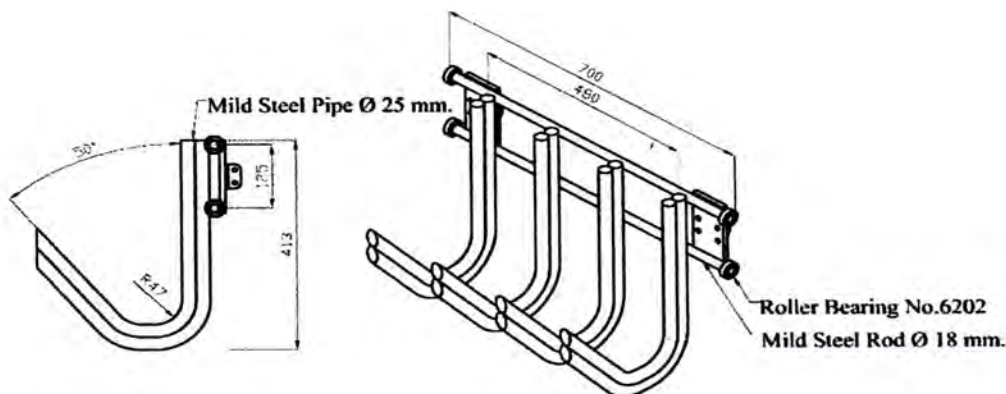


ภาพที่ 4.26 ภาพร่างชุดขุดเหง้ามันสำปะหลัง (Digging Unit)

4.5.2 ผลการออกแบบชุดลำเลียงเหง้ามันสำปะหลังขึ้นกระบะรวบรวม

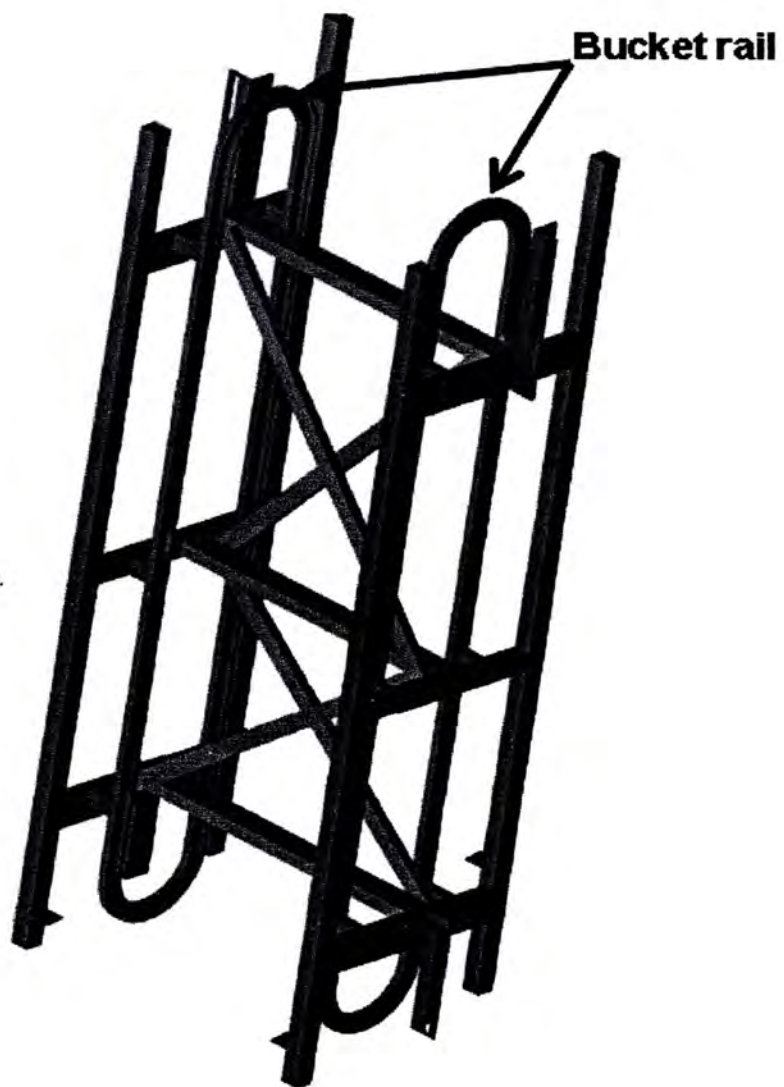
การออกแบบชุดลำเลียงเหง้าฯ ใช้ข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพของเหง้ามันสำปะหลังและข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพของดินจากผลการศึกษาในข้อ 4.2 และผลการวิเคราะห์ในข้อ 4.3 การออกแบบลูกกระพ้อ ในการออกแบบพัฒนาลูกกระพ้อที่อธิบายรายละเอียดการออกแบบไปแล้วในข้อ 4.4. ซึ่งประกอบด้วยขนาดปากลูกกระพ้อ หน้ากว้างลูกกระพ้อ ความลึกลูกกระพ้อ และระยะห่างระหว่างลูกกระพ้อ ซึ่งมีขนาดเท่ากับ 400 700 377 1130 มิลลิเมตร ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามจากปัญหาของ Odigboh และ Moriera (2002 a) ประสบปัญหาน้ำหนักของลูกกระพ้อและวัสดุในลูกกระพ้อ ที่ทำให้ข้อต่อชำรุดเสียหาย และการเคลื่อนที่ของลูกกระพ้อติดขัดนั้น เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว จึงออกแบบลูกกระพ้อแบบโปร่ง เพื่อให้จังหวะการดักเหง้าฯ ที่จะต้องจิกลงไปดินนั้นมีแรงต้านจากดินน้อยลง และเมื่อดักเหง้าฯ และดินขึ้นมาแล้ว ดินที่อยู่รอบๆ เหง้าฯ ซึ่งถูกเตรียมให้แตกย่อยเป็นก้อนเล็กๆ แล้วจะถูกแยกด้วยลูกกระพ้อออกไปเหลือเฉพาะเหง้าฯ เท่านั้น ซึ่งจะลดน้ำหนักวัสดุในลูกกระพ้อได้ส่วนหนึ่ง ในส่วนของน้ำหนักตัวลูกกระพ้อถูกลดด้วยการใช้ท่อเหล็กเหนียวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร คัดโค้งประกบเพิ่มความแข็งแรงเป็นลูกกระพ้อดังภาพที่ 4.27

นอกจากลดน้ำหนักวัสดุในลูกกระพ้อและน้ำหนักลูกกระพ้อด้วยวิธีข้างต้นแล้วยังมีปัญหาการบิดตัวของลูกกระพ้อและโซ่กระพ้อ จึงออกแบบลูกกระพ้อให้มีลูกกลิ้งประคองและรางประคองป้องกันการบิดตัวของลูกกระพ้อ เพื่อให้โซ่กระพ้อไม่ต้องรับแรงบิดจากน้ำหนักลูกกระพ้อและวัสดุในลูกกระพ้อ

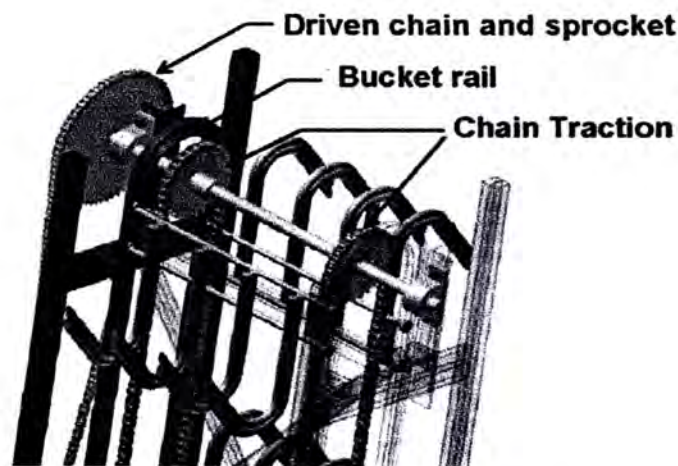


ภาพที่ 4.27 ภาพร่างลูกกระพ้อแบบโปร่ง และมีลูกกลิ้งประกอบด้านข้าง

การออกแบบเสากระพ้อ เนื่องจากกระพ้อลำเลียงที่ออกแบบได้ออกแบบให้ลูกกระพ้อมีลูกกลิ้งประกอบป้องกันการบิดตัวของลูกกระพ้อที่จะรั้งบิดโซ่กระพ้อ ดังนั้นชุดเสากระพ้อจึงต้องออกแบบให้มีรางประกอบลูกกระพ้อด้วย ซึ่งรางประกอบนี้จะทำหน้าที่รับแรงบิดรั้งของลูกกระพ้อและน้ำหนักวัสดุแทนโซ่กระพ้อ ทำให้ตัวโซ่กระพ้อทำหน้าที่รับแรงดึงจากน้ำหนักของลูกกระพ้อและวัสดุในลูกกระพ้อเท่านั้น ลักษณะเสากระพ้อและรางประกอบลูกกระพ้อแสดงในภาพที่ 4.28 นอกจากนั้นสำหรับเสากระพ้อได้ออกแบบให้มีมุมเอียงจากแนวดิ่งไปทางด้านหลัง 10 องศา เนื่องจากความเร็วการทำงานของลูกกระพ้อต่ำ ในจังหวะการเทเหง้ามันสำปะหลังออกจากลูกกระพ้อบางครั้งที่เหง้ามันสำปะหลังมีขนาดเล็ก แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางมีน้อยการเหวี่ยงส่งเหง้ามันสำปะหลังออกจากลูกกระพ้อมีน้อย เกิดการเทเหง้ามันสำปะหลังแบบใช้แรงโน้มถ่วงแทนการเทเหง้าฯ แบบแรงเหวี่ยง การตั้งเสาแบบแนวดิ่งจะทำให้เหง้าหล่นออกนอกกระบะรวบรวมได้ จึงมีความจำเป็นต้องเอียงเสากระพ้อดังกล่าว และเมื่อประกอบกับลูกกระพ้อแล้วลูกกลิ้งของลูกกระพ้อจะวิ่งในรางดังภาพที่ 4.28 และการส่งกำลังขับเคลื่อนที่เพลาลูกกระพ้อ (ภาพที่ 4.29) ซึ่งเป็นด้านรับแรงดึงจากน้ำหนักลูกกระพ้อและวัสดุที่ลำเลียงโดยตรง ทำให้ระบบส่งกำลังอยู่ห่างจากดินเป็นการแก้ปัญหาดินอุดตันร่องโซ่และเฟืองโซ่ส่งกำลังได้ในคราวเดียวกัน



ภาพที่ 4.28 เสากระพ้อ และรางประคองลูกกระพ้อทั้งด้านซ้ายและขวา



ภาพที่ 4.29 ลูกกระพ้อที่มีลูกกลิ้งวิ่งในรางประคอง และการส่งกำลังที่เพลาหัวกระพ้อ

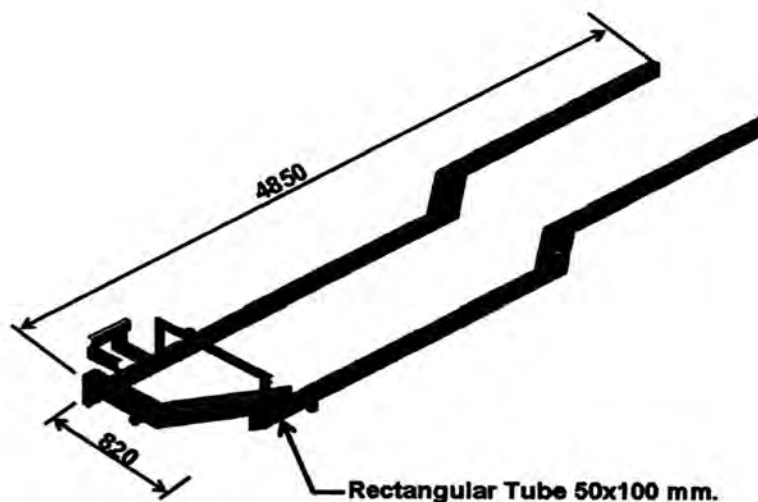
4.5.3 ผลการออกแบบรตพ่วงสำหรับการรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังและการเทกอง

ในขณะที่เครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังทำงาน กระบวนการทำงานจะประกอบด้วย การขุดเหง้ามันฯ ขึ้นจากดินและเตรียมเหง้ามันฯ ให้พร้อมสำหรับกระพ้อลำเลียง จากนั้นกระพ้อจะเก็บลำเลียงเหง้ามันฯ จากพื้นที่ที่ถูกเตรียมไว้ขึ้นไปรวบรวมในกระเบรรวบรวมเหง้ามันฯ ก่อนที่จะลำเลียงเหง้าไปเทกองที่หัวแถว ดังที่วิเคราะห์ไว้ในข้อ 4.3.1 ซึ่งขนาดความจุของกระเบรรวบรวมขนาดใหญ่จะสามารถรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังได้จำนวนมาก สามารถทำงานต่อเนื่องได้นานก่อนที่จะต้องเทเหง้าลงรวมกองในแต่ละครั้ง ในทางตรงกันข้ามขนาดกระเบรรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังที่ใหญ่ก็จะใช้พื้นที่จำนวนมาก ขนาดของเครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้าฯ ในภาพรวมก็จะใหญ่ขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อความคล่องตัวในการทำงานของเครื่องขุดฯ ดันแบบ ด้วยเช่นกัน ในเบื้องต้นนี้จึงกำหนดเงื่อนไขการออกแบบดังนี้ ความกว้างของกระเบรรวบรวมเหง้าต้องไม่กว้างกว่าขนาดความกว้างของแทรกเตอร์ดันกำลัง ความสูงขอบกระเบรสูงที่สุดเท่าที่จะทำได้แต่ต้องไม่ขัดขวางการเคลื่อนที่ของลูกกระพ้อ และความยาวของกระเบรจะต้องเพียงพอที่จะรับเหง้ามันสำปะหลังที่ถูกเหวี่ยงออกจากหัวกระพ้อในกรณีที่กระพ้อเทเหง้าออกด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง และจากการวิเคราะห์รูปแบบการทำงานของเครื่องเก็บเกี่ยวในข้อที่ 4.3.2 ถ้าให้เครื่องขุดฯ มีประสิทธิภาพในการทำงานร้อยละ 60 เครื่องจะต้องทำงานในแปลงที่มีความยาวการทำงานอย่างน้อย 59 เมตร ดังนั้นถ้าจะต้องเทกองเหง้าฯ ที่หัวแปลงแล้ว กระเบรรวบรวมเหง้าฯ จะต้องรองรับเหง้าฯ ได้ไม่น้อยกว่า 118 เมตร (จากการขุดเที่ยวไปและกลับ) ด้วยเหตุนี้เมื่อคำนวณจากระยะห่างระหว่างคันมันสำปะหลังเท่ากับ 878 มิลลิเมตรแล้ว ระยะทาง 118 เมตรจะมีเหง้าฯ ทั้งหมดเท่ากับ 134 เหง้า หรือคิดเป็นน้ำหนักเหง้าฯ เท่ากับ 549 กิโลกรัม และจากการศึกษาความ

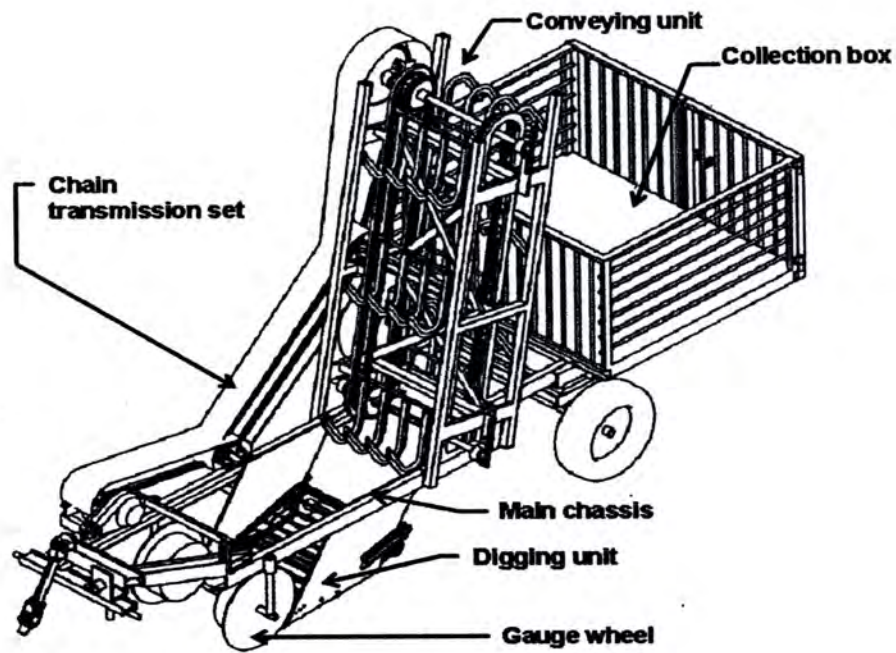
หนาแน่นปรากฏของเหง้ามันสำปะหลังพบว่า มีความหนาแน่นเท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรแล้ว ถ้ามันสำปะหลังจำนวน 134 เหง้าจะต้องใช้ปริมาตรความจุเท่ากับ 2.7 ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นในเบื้องต้นนี้จึงออกแบบขนาดกระบะรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังให้มีความกว้าง ยาว และสูง เท่ากับ $1800 \times 1500 \times 1000$ มิลลิเมตร

4.5.4 ผลการสร้างเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังต้นแบบและทดสอบการทำงานเบื้องต้น

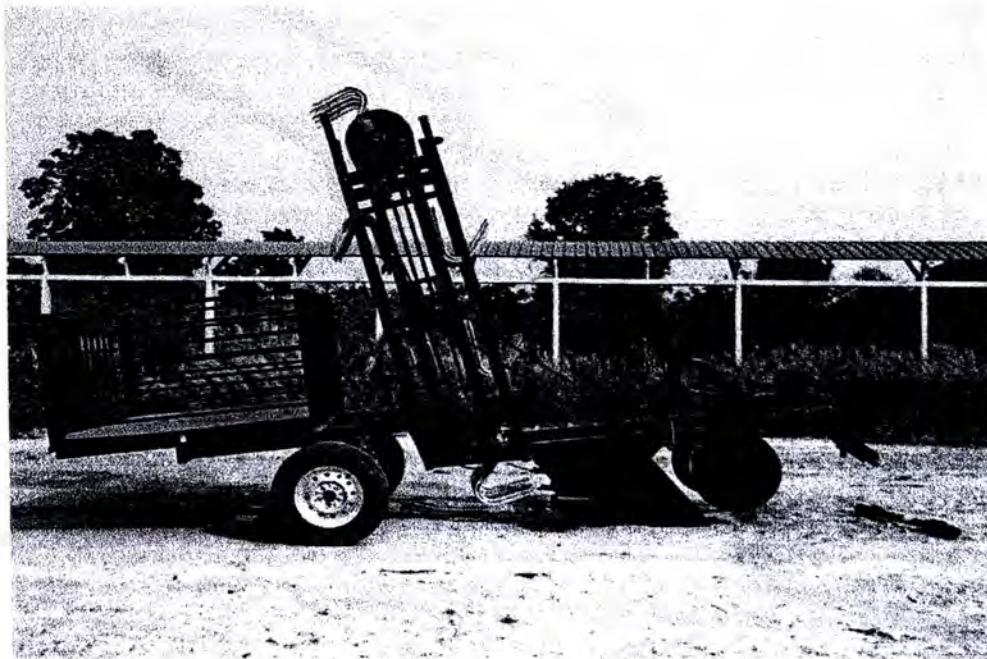
หลังจากการออกแบบอุปกรณ์การทำงานต่างๆ ของเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังแล้วจึงสร้างเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังต้นแบบขึ้นตามแนวทางข้างต้น โดยอุปกรณ์ทำงานต่างๆ จะติดตั้งอยู่บนโครงสร้างหลัก (ภาพที่ 4.30) ซึ่งภาพรวมของเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังต้นแบบ ประกอบด้วยอุปกรณ์ทำงานต่างๆ ดังภาพที่ 4.31 เมื่อนำผลการออกแบบทั้งหมดสร้างเครื่องต้นแบบแล้วเสร็จได้เครื่องต้นแบบดังภาพที่ 4.32



ภาพที่ 4.30 โครงสร้างหลักของเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังต้นแบบ



ภาพที่ 4.31 ภาพร่างเครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังคันแบบ



ภาพที่ 4.32 เครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังคันแบบ

4.6 ผลการทดสอบ และประเมินความสามารถในการทำงานของเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังต้นแบบ

ฤดูกาลเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังของเกษตรกรส่วนใหญ่อยู่ระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวดินมีความชื้นแตกต่างกัน ในการทดสอบครั้งนี้จะสุ่มเลือกทดสอบในช่วงเวลาดังกล่าวจำนวน 5 ช่วงเวลา หรือทำการทดสอบในช่วงการเก็บเกี่ยวหลักของเกษตรกรจำนวน 5 ไร่ ครอบคลุมช่วงการเก็บเกี่ยวหลักของเกษตรกรดังกล่าว และการทดสอบแต่ละเช้าจะใช้พื้นที่ไม่น้อยกว่า 400 ตารางเมตร โดยมีรายละเอียดผลการทดสอบดังตารางที่ ค.1 – ค.15 ซึ่งจากการทดสอบการทำงานจริงในสภาพแปลงในเช้าที่ 1 ในช่วงเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงที่ยังมีฝนอยู่เป็นระยะๆ และดินยังมีความชื้นสูง (เฉลี่ย 25 % wb) พบว่าเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังสามารถชุดเหง้ามันสำปะหลังขึ้นจากดินได้ง่าย เนื่องจากดินยังไม่แห้งแข็ง แต่กลับประสบปัญหาการคัดแยกดินออกจากเหง้า แม้ว่าหลังใบชุดได้มีอุปกรณ์เตรียมเหง้ามันสำปะหลังเพื่อการลำเลียงเหง้ามันฯ ขึ้นจากดิน ซึ่งจะช่วยให้แยกดินออกจากเหง้าและวางเหง้าบนผิวดิน ตลอดทั้งถูกกระท้อก็ได้ออกแบบให้ช่วยแยกดิน โดยออกแบบเป็นลูกกระท้อแบบโปร่งให้คัดเก็บเฉพาะเหง้ามันสำปะหลังแล้วก็ตาม แต่ด้วยความชื้นดินที่สูงอยู่ ส่งผลให้การชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังของเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังไม่สามารถแยกดินได้หมด กระท้อจึงเก็บลำเลียงดินและเหง้ามันสำปะหลังขึ้นกระบะรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังด้วยดังภาพที่ 4.33 ส่งผลให้มีวัสดุเต็มความจุของกระบะรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังเร็วกว่าปกติ และส่งผลกระทบต่อขั้นตอนการเก็บเกี่ยวขั้นตอนต่อไปเนื่องจากเมื่อเทเหง้ามันสำปะหลังรวมกองแล้วจะมีดินกลบฝังเหง้ามันสำปะหลัง เป็นผลให้เกษตรกรต้องชุดแยกเหง้ามันสำปะหลังจากดินที่กลบฝังนั้น ดังนั้นจึงยกเลิกการทดสอบและไม่เก็บข้อมูลการทดสอบในกรณีนี้ต่อไป





ภาพที่ 4.33 เครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังคันแบบ ไม่สามารถแยกดินออกจากเหง้ามันสำปะหลังได้เมื่อดินมีความชื้นสูง

หลังจากทดสอบช่วงเดือนตุลาคมที่ติดปัญหาการทำงานดังกล่าวข้างต้นจึงเว้นระยะการทดสอบเพื่อให้ดินมีความชื้นลดลง แล้วเลือกช่วงการทดสอบเป็นซ้ำๆ โดยเว้นระยะแต่ละเดือนในช่วงการเก็บเกี่ยวหลัก แล้วทดสอบการทำงานของเครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังคันแบบในซ้ำถัดไป ซึ่งเครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังสามารถทำงานได้เมื่อความชื้นลดลง ดังแสดงในภาพที่ 4.34 และสรุปผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 4.25



ภาพที่ 4.34 การชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลัง (ซ้าย) และการเทกองเหง้ามันสำปะหลัง (ขวา)

ตารางที่ 4.25 ผลการทดสอบสมรรถนะการขุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังของเครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังต้นแบบ

รายการ	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3
พันธุ์	เกษตรศาสตร์ 50	เกษตรศาสตร์ 50	เกษตรศาสตร์ 50
อายุเก็บเกี่ยว (เดือน)	11	12	13
ระยะระหว่างคันเฉลี่ย (ม.)	92.47	81.13	83.20
ระยะระหว่างแถวเฉลี่ย (ม.)	97.40	92.80	93.93
ความกว้าง (ม.)	6	6	6
ความยาว (ม.)	70	70	70
พื้นที่ทดสอบ (ตร.ม.)	420	420	420
เวลาทำงาน (วินาที)	2766.00	2797.50	2851.00
จำนวนคนทำงาน (คน)	2	2	2
ความชื้นดินที่ความลึก 10 ซม.เฉลี่ย (% wb)	11.91	7.00	3.80
ความหนาแน่นดินเฉลี่ย (g/cm-3)	1.72	1.63	1.61
แรงด้านการแทงทะลุของดิน(กก./ตร.ซม.)	23.97	39.28	56.59
ผลการทดสอบ			
มันสำปะหลังที่ขุดได้ (กก.)	687.00	949.50	903.60
มันสำปะหลังที่ไม่ถูกขุดเฉลี่ย (กก.)	0.00	0.00	0.00
มันสำปะหลังที่ไม่ถูกถ้ำเฉลี่ยเฉลี่ย (กก.)	21.00	26.60	30.80
ร้อยละประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลา	60.09	57.94	58.79
ร้อยละอัตราการสิ้นไถลเฉลี่ย	4.01	3.35	2.38
ความสามารถเชิงพื้นที่(ไร่/คน-ชั่วโมง)	0.34	0.34	0.33
ความต้องการแรงงาน (คน-ชั่วโมง/ไร่)	5.85	5.92	6.03
ร้อยละหวัมนสูญเสียจากการทำงาน	3.12	2.86	3.48

จากการทดสอบเครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังต้นแบบนอกจากประสบปัญหาในการทดสอบในช่วงเดือนตุลาคมจากเหตุที่ดินยังมีความชื้นสูงแล้ว ในช่วงเดือนพฤศจิกายน ธันวาคม และมกราคม สามารถทดสอบการทำงานของเครื่องได้ดังตารางที่ 4.24

ข้างต้นนี้ และการทดสอบในครั้งที่ 5 ซึ่งเป็นช่วงต้นเดือนกุมภาพันธ์ที่ดินแห้งและแข็งมากแล้ว (ความชื้นดิน 0.5 % wb) การทดสอบเครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังได้ประสบปัญหา การทดสอบอีกครั้งหนึ่งได้แก่ปัญหาดินแห้งและแข็งจนเครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังไม่สามารถขุดดินได้ แม้จะวางแผนลากจูงของแทรกเตอร์ต่ำสุดแล้วก็ตาม ผลขุดของเครื่องขุดฯ ก็ไม่สามารถขุดดินได้ดังภาพที่ 4.35



ภาพที่ 4.35 สภาพดินแห้งแข็งเครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังไม่สามารถขุดเหง้ามันสำปะหลังได้

ดังนั้นในครั้งที่ 5 นี้จึงไม่เก็บข้อมูลการทดสอบต่อไป อย่างไรก็ตามยังคงมีข้อมูลการทดสอบการทำงานของเครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังจำนวน 3 ครั้งที่สามารถทำการทดสอบและเก็บข้อมูลได้ ในช่วงเดือนพฤศจิกายน ธันวาคม และมกราคม ซึ่งในช่วง 3 เดือนนี้เป็นช่วงที่เกษตรกรเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังมากที่สุด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) ดังนั้นในเบื้องต้นนี้การออกแบบการทำงานของเครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังต้นแบบยังสามารถทำงานครอบคลุมช่วงการเก็บเกี่ยวหลักของเกษตรกรได้และจะใช้ข้อมูลที่ทำทดสอบได้นี้ใน 3 ครั้งการทดสอบนี้เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานระหว่างเครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังต้นแบบ กับความสามารถในการขุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติทั่วไป เพื่อการประเมินศักยภาพในการพัฒนาเครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังต่อไป

4.7 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานของเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังคันแบบ กับความสามารถในการชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังด้วยวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้ทั่วไป และการประเมินเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายเบื้องต้น

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานของเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังคันแบบกับความสามารถในการชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังของเกษตรกรที่ได้ศึกษาเป็นข้อมูลพื้นฐานไว้ในข้อที่ 4.1 เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินศักยภาพในการทำงานและการพัฒนาปรับปรุงของเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังต่อไป อย่างไรก็ตามข้อมูลการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้ทั่วไปแต่ละวิธีที่นำมาใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลสมรรถนะการทำงานของเครื่องชุดคันแบบ เป็นข้อมูลเชิงการสำรวจความสามารถในการทำงาน ดังนั้นการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในแต่ละวิธีที่เกษตรกรนิยมนั้นจึงเก็บข้อมูลจากคนละพื้นที่ดังรายละเอียดที่กล่าวไปแล้ว และข้อมูลคนละพื้นที่กับที่ทดสอบเครื่องชุดคันแบบ ฉะนั้นผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติจึงเป็นการใช้สถิติช่วยจำแนกความต่างค่าเฉลี่ยอย่างหยาบ ทั้งนี้เพื่อให้การวิเคราะห์และประกอบการคาดการณ์เบื้องต้นเท่านั้น ผลการเปรียบเทียบในแต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การเปรียบเทียบอัตราการทำงานระหว่างอัตราการชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังด้วยแรงงานคนของเกษตรกรด้วยวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้กันทั่วไปแต่ละวิธี กับเครื่องชุดและเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังคันแบบ พบว่าการชุดและรวมกองเหง้าด้วยวิธีที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติในสามวิธีการนั้น ความสามารถในการชุดและรวมกองมันสำปะหลังแต่ละวิธีมีความสามารถในการทำงานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยเมื่อนำแต่ละวิธีการชุดและรวมกองเหง้ามาเทียบกับการใช้เครื่องชุดคันแบบ พบว่ามีความสามารถในการทำงานแตกต่างกันในแต่ละวิธีการชุดและเก็บรวมกองเหง้าอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน โดยพบว่าความสามารถในการปฏิบัติงานสามารถเรียงลำดับจากสูงสุดไปหาค่าสุดดังนี้คือ วิธีที่ 3 เครื่องชุดคันแบบ วิธีที่ 2 และวิธีที่ 1 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบในแง่ความต้องการแรงงานพบว่า วิธีการชุดและเก็บรวบรวมเหง้าที่นิยมปฏิบัติของเกษตรกรทั้งสามวิธีมีความต้องการแรงงานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน โดยสามารถเรียงลำดับความต้องการแรงงานจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และวิธีที่ 3 ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อเทียบความความต้องการแรงงานกับเครื่องชุดคันแบบพบว่า ความต้องการแรงงานในการทำงานของเครื่องชุดคันแบบนี้ต่ำกว่าวิธีการชุดและเก็บรวมกองเหง้า วิธีที่ 1 และ วิธีที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่เมื่อเทียบกับวิธีการชุดและ

เก็บรวมกองเหง้าฯ วิธีที่ 3 มีความต้องการแรงงานไม่แตกต่างกัน ซึ่งรายละเอียดผลการเปรียบเทียบ ดังตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานและความต้องการแรงงานในการทำงานระหว่างการขุดและเก็บรวบรวมกองด้วยวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้ทั่วไป กับการใช้เครื่องขุดฯ ดันแบบ

วิธีการขุดและเก็บรวบรวมเหง้าฯ	ความสามารถ (ไร่/คน-ชั่วโมง)	ความต้องการแรงงาน (คน-ชั่วโมง/ไร่)
วิธีที่เกษตรกรนิยมใช้ทั่วไป		
วิธีที่ 1	0.05 a	21.68 a
วิธีที่ 2	0.06 b	17.73 b
วิธีที่ 3	0.21 d	4.82 c
การใช้เครื่องขุดฯ ดันแบบ	0.17 c	5.94 c

หมายเหตุ: ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่งไม่มีความแตกต่างกันที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากผลการเปรียบเทียบบ่งชี้ได้ว่าเครื่องขุดฯ ดันแบบมีแนวโน้มเหมาะสมที่จะพัฒนาต่อไป เนื่องจากในการทำงานมีความต้องการแรงงานน้อยกว่าวิธีการขุดและเก็บรวบรวมเหง้าฯ ที่เกษตรกรนิยมใช้ทั่วไป ซึ่งเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการทำงานในสภาวะขาดแคลนแรงงานภาคเกษตรกรรมในปัจจุบัน และมีแนวโน้มว่าปัญหาการขาดแคลนจะรุนแรงยิ่งขึ้นต่อไปอีกด้วย โดยพบว่าเมื่อเทียบความสามารถของเครื่องขุดฯ ดันแบบ กับวิธีการขุดและเก็บรวบรวมเหง้าฯ ของเกษตรกร 2 วิธีแรกที่ใช้คนทำงานทั้งหมดนั้น เครื่องขุดฯ ดันแบบมีความสามารถสูงกว่าถึง 3.28 เท่า หรือคิดเป็นการใช้แรงงานลดลงถึงร้อยละ 66.43

การเปรียบเทียบร้อยละความสูญเสียในการทำงานขุดและเก็บรวบรวมเหง้าฯ ของเกษตรกรด้วยวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้กันทั่วไปแต่ละวิธี กับเครื่องขุดฯ ดันแบบ พบว่าเมื่อแยกพิจารณาในแต่ละขั้นตอน ในขั้นตอนการขุดนั้น มีเพียงวิธีที่ 3 ที่ใช้เครื่องขุดพ่วงท้ายแทรกเตอร์ในการขุดเท่านั้นที่มีความสูญเสียสูงกว่าวิธีการขุดวิธีอื่นๆ ถึงร้อยละ 11.27 ซึ่งมากกว่าวิธีการอื่นๆ ที่ไม่มีความสูญเสียเลยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ในขั้นตอนการเก็บรวมกองเหง้าฯ นั้นลำปะหลังนั้นพบว่ามีเพียงการใช้เครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้าฯ ดันแบบเท่านั้นที่มีความสูญเสียในการทำงานร้อยละ 3.16 ซึ่งเป็นความสูญเสียจากการลำเลียงเก็บลำเลียงเหง้าฯ ลำปะหลังของกระพ้อลำเลียง ซึ่งจากการสังเกตการณ์ปฏิบัติงานในแปลงนั้น การคัดลำเลียงไม่ได้เกิดขึ้นกับหัวมันลำปะหลังขนาดเล็กหรือหัวมันที่หักหลุดออกจากเหง้าเท่านั้นที่หลุดออกจากซี่ของลูกกระพ้อเนื่องจากการออกแบบลูกกระพ้อโปร่งเพื่อช่วยคัดแยกดินออกไปนั่นเอง อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาความสูญเสียจากการ

ทำงานในภาพรวมของการขุดและเก็บรวบรวมเหง้าฯ กลับพบว่าเครื่องขุดฯ ดันแบบ ยังมีความสูญเสียน้อยกว่าวิธีการเก็บเกี่ยวแบบที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 ผลการเปรียบเทียบความสูญเสียในการทำงานระหว่างการขุดและเก็บรวบรวมกองด้วยวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้ทั่วไป กับการใช้เครื่องขุดฯ ดันแบบ

วิธีการเก็บเกี่ยว	ร้อยละของความสูญเสีย		
	ขั้นตอนการขุด	ขั้นตอนการเก็บรวบรวมเหง้าฯ	ขั้นตอนการขุดและการเก็บรวบรวมเหง้าฯ
การเก็บเกี่ยวด้วยวิธีของเกษตรกร			
วิธีที่ 1	0.00 a	0.00 a	0.00 a
วิธีที่ 2	0.00 a	0.00 a	0.00 a
วิธีที่ 3	11.27 b	0.00 a	11.27 c
การใช้เครื่องขุดฯ ดันแบบ	0.00 a	3.16 b	3.16 b

หมายเหตุ: ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่งไม่มีความแตกต่างกันที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เนื่องจากเครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้าฯ มีประสิทธิภาพสูงในการมุ่งพัฒนาให้เครื่องขุดฯ ดันแบบ สามารถทำงานได้ต่อเนื่อง จากปัญหาการทำงานที่สามารถขุดเหง้าฯ ได้แล้วแต่ยังไม่สามารถเก็บลำเลียงเหง้าฯ ขึ้นกระบะรวบรวมเหง้าฯ ได้ (Odigboh , Moriera, 2002 a, 2002 b) ประกอบกับในการพิจารณาการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังซึ่งเป็นการเก็บมันสำปะหลังขึ้นจากดิน รวมถึงการขนส่งออกจากแปลงแล้ว การเก็บเกี่ยวจึงประกอบด้วยขั้นตอนย่อยต่างๆ ที่ประกอบด้วย 1) ขั้นตอนการตัดดิน 2) ขั้นตอนการขุดเหง้าฯ ขึ้นจากดิน 3) ขั้นตอนการเก็บรวมกองเหง้าฯ 4) ขั้นตอนการตัดเหง้าฯ และ 5) ขั้นตอนการรวบรวมและขนหัวมันฯ ขึ้นรถบรรทุก ซึ่งเมื่อกระบวนการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเป็นเช่นนี้แล้ว ในการทำงานของเครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้าฯ มีประสิทธิภาพสูง ดังนั้นจึงเป็นการช่วยทำงานเพียง 2 ขั้นตอนเท่านั้นได้แก่ ขั้นตอนการขุดเหง้าฯ และขั้นตอนการเก็บรวมกองเหง้าฯ เท่านั้น ดังนั้นการจะวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องขุดและเก็บรวบรวมเหง้าฯ มีประสิทธิภาพสูงหรือไม่เหมาะสม

แต่อย่างไรก็ตามเพื่อประโยชน์ในการประเมินศักยภาพและเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไปจึงจะประเมินค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของการใช้งานเปรียบเทียบกับวิธีการขุดและเก็บรวมกองเหง้าฯ ด้วยวิธีของเกษตรกร โดยตั้งอยู่บนสมมติฐานดังนี้ 1) อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 3.50 ลิตรต่อชั่วโมง ราคา 30 บาทต่อลิตร ค่าจ้างเหมาแทรกเตอร์และคนขับ และค่าจ้างแรงงานเท่ากับ 200 และ 25 บาทต่อชั่วโมงตามลำดับ เครื่องดันแบบในขณะนี้ทำงานด้วยความเร็ว เฉลี่ย 0.26 เมตร

ต่อวินาที หรือความสามารถในการทำงาน 0.35 ไร่ต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นความเร็วที่ต่ำมากและสามารถพัฒนาเพิ่มความเร็วการทำงานเพิ่มขึ้นได้อีกนั้น จะพบว่าค่าใช้จ่ายในการขุดและเก็บรวบรวมกองเหง้าฯ ประมาณ 1023 บาทต่อไร่ เปรียบเทียบกับวิธีการขุดและเก็บรวบรวมกองเหง้าฯ ของเกษตรกรวิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และวิธีที่ 3 ที่มีค่าใช้จ่ายเป็น 541 422 และ 112 บาทต่อไร่แล้วยังมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าวิธีปฏิบัติของเกษตรกร แต่ถ้าสามารถเพิ่มความเร็วการทำงานของเครื่องขึ้นเป็น 0.72 เมตรต่อวินาที หรือคิดเป็นความสามารถ 0.97 ไร่ต่อชั่วโมงแล้ว ค่าใช้จ่ายในการขุดและเก็บรวบรวมกองเหง้าฯ ของเครื่องขุดฯ ดันแบบ จะเท่ากับค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายของวิธเกษตรกรทันที ซึ่งแสดงถึงศักยภาพการทำงาน of เครื่องขุดฯ ดันแบบสมควรแก่การพัฒนาอย่างยิ่ง

นอกจากการพิจารณาในด้านค่าใช้จ่ายในการทำงานแล้ว สำหรับการพิจารณาด้านจำนวนแรงงานที่ต้องปฏิบัติงานจริงพบว่าเครื่องขุดฯ ดันแบบต้องใช้คนปฏิบัติงาน 2 คนได้แก่คนขับแทรกเตอร์คันกำลัง 1 คน และคนงานโกยเหง้าฯ มาใส่หลังลงจากกระบะรวบรวมเหง้าฯ 1 คน รวมเป็น 2 คน ในขณะที่วิธีการขุดและเก็บรวบรวมกองเหง้าฯ ของเกษตรกรต้องใช้แรงงานจำนวนมากว่า ตั้งแต่ 3 – 6 คนแล้ว ในอนาคตเกษตรกรจะยังประสบปัญหาในการรวบรวมจำนวนคนงานจำนวนมากมาทำงานพร้อมกันได้ ในทางตรงกันข้ามเครื่องขุดฯ ดันแบบยังสามารถลดจำนวนคนปฏิบัติงานให้เหลือเพียงหนึ่งคนได้ด้วยการพัฒนาระบบการเทกองเหง้าฯ ด้วยระบบไฮดรอลิกจากแทรกเตอร์คันกำลังก็จะยังเพิ่มความสะดวกและศักยภาพการทำงานที่สูงขึ้นได้อีกทางหนึ่ง

