

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปราย

จากที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 การศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับมันสำปะหลัง การศึกษารูปแบบอุปกรณ์การขุดมันสำปะหลัง การศึกษาองค์ประกอบในการออกแบบ และการทดสอบประเมินผลเชิงสมรรถนะเครื่องขุดมันสำปะหลัง การประเมินผลการใช้เครื่องให้ผลการศึกษาซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับมันสำปะหลัง

การศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาพิจารณาประกอบการใช้ และ / หรือการออกแบบและปรับปรุงเครื่องขุดมันสำปะหลังที่เหมาะสมรายละเอียดเกี่ยวกับมันสำปะหลังที่เน้นศึกษาในครั้งนี้คือ ระยะห่างระหว่างแถว และระยะห่างระหว่างต้นของการปลูกความกว้างที่หัวมันสำปะหลังแพร่กระจายด้านข้าง และความลึกของหัวมันสำปะหลังในแนวตั้งมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 1 (พันธุ์พื้นเมือง) จำนวน 2 แปลงที่ได้รับการศึกษารายละเอียดคือ

1. ที่บ้านดงน้อย ตำบลลาดใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ
2. ที่บ้านดง ตำบลโคกสำราญ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

4.1.1 ผลการศึกษาระยะห่างระหว่างแถวและระยะห่างระหว่างต้นของการปลูก

การวัดระยะห่างระหว่างแถว และระยะห่างระหว่างต้นของการปลูก ได้ผลการวัดระยะระหว่างต้นในแปลงที่ 1 มีค่าในช่วง 60 - 100 เซนติเมตร (เฉลี่ย 81 เซนติเมตร) และระยะระหว่างแถวมีค่าในช่วง 55 - 125 เซนติเมตร (เฉลี่ย 76 เซนติเมตร) (ตารางภาคผนวก จ 1) ผลการวัดระยะระหว่างต้นในแปลงที่ 2 มีค่าในช่วง 70 - 100 เซนติเมตร (เฉลี่ย 82 เซนติเมตร) และระยะระหว่างแถวมีค่าในช่วง 50 - 120 เซนติเมตร (เฉลี่ย 74 เซนติเมตร) (ตารางภาคผนวก จ 2) ระยะระหว่างต้นและระยะระหว่างแถวมีผลต่อการปฏิบัติงาน เนื่องจากล้อหลังของรถแทรกเตอร์มีความกว้าง 45 เซนติเมตร ถ้าระยะห่างเฉลี่ยระหว่างแถวต่ำสุด 74 เซนติเมตร หากผู้ขับขีไม่มี ความชำนาญพอ จะทำให้เหยียบคันมันสำปะหลังที่ยังไม่ถูกขุดได้ ถ้าระยะห่างระหว่างแถวมากขึ้นแทรกเตอร์จะไม่เหยียบคันมันสำปะหลังที่ยังไม่ถูกขุด การที่ระยะห่างระหว่างแถวที่มีระยะไม่เท่ากันในแต่ละพื้นที่นั้น ขึ้นอยู่กับเครื่องมือที่นำมาใช้สำหรับขุดร่อน ถ้าใช้แรงงานของรถ

ไถเดินตามอาจทำให้ไถร่องที่มีระยะไม่สม่ำเสมอ เครื่องมือขกร่องที่ติดท้ายรถไถเดินตามจะทำให้ระยะระหว่างแถวมีระยะที่น้อยกว่า การใช้เครื่องขกร่องที่ติดท้ายรถแทรกเตอร์ ในการออกแบบเครื่องขุดมันสำปะหลังควรออกแบบให้สามารถใช้ขุดมันสำปะหลังที่มีระยะระหว่างแถวเฉลี่ยตั้งแต่ 74 - 76 เซนติเมตร

4.1.2 ผลการศึกษาการแพร่กระจายรอบโคนต้น

ผลจากการวัดการแพร่กระจายหัวมันสำปะหลังพบว่า หัวมันสำปะหลังมีลักษณะการแพร่กระจายออกไปทางด้านข้างขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการปลูก ถ้าปลูกแบบตั้งตรงหัวมันสำปะหลังจะกระจายโดยรอบลำต้นในรัศมีใกล้เคียงกัน ถ้าปลูกแบบวางเอียงหัวมันสำปะหลังจะแพร่กระจายและยาวทางด้านมุมป้านของการปักมากกว่าทางด้านมุมแหลม ส่วนการปลูกแบบวางนอน หัวมันสำปะหลังจะกระจายตามแนวความยาวที่วางท่อนพันธุ์มากกว่าทางด้านข้าง ผลการศึกษาทำในพื้นที่เดียวกับข้อ 4.1.1 (ตารางภาคผนวก จ8 - จ9) มีรายละเอียดดังนี้คือ ความกว้างของหัวมันสำปะหลังในแนวตั้งฉากกับร่องการแพร่กระจายอยู่ระหว่าง 35 - 100 เซนติเมตร ส่วนในแนวนานกับร่อง อยู่ระหว่าง 40 - 120 เซนติเมตร ความกว้างของการแพร่กระจายสูงสุดในแนวตั้งฉากกับร่อง 100 เซนติเมตร จึงควรใช้ในการออกแบบความกว้างของหัวขุดมันสำปะหลัง ให้มีความกว้างในการขุดมันสำปะหลังได้หมด ส่วนการแพร่กระจายของหัวมันสำปะหลังในแนวนานกับร่อง ไม่มีผลต่อการออกแบบความกว้างของหัวขุด

4.1.3 ผลการศึกษาความลึกของหัวมันสำปะหลังในแนวดิ่ง

วัตถุประสงค์ของการศึกษาความลึกของหัวมันสำปะหลังในแนวดิ่ง เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบหัวขุด ให้สามารถขุดได้ลึกถึงบริเวณที่มีหัวมันสำปะหลังแพร่ลึกในแนวดิ่งได้ซึ่งความลึกที่ใช้ขุดหัวมันสำปะหลัง จะต้องขุดได้ลึกมากกว่าบริเวณปลายหัวมันสำปะหลัง เพื่อไม่ให้อุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง ตัดหัวมันสำปะหลังในดิน ผลการศึกษาได้กระทำในพื้นที่เช่นเดียวกับข้อ 4.1.1 (ตารางภาคผนวก จ8 - จ9) ซึ่งได้ผลดังนี้ความลึกของหัวมันสำปะหลังในพื้นที่ทดสอบเบื้องต้นเพื่อนำข้อมูลไปออกแบบเครื่องอยู่ระหว่าง 18 - 35 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ย 24 - 26 เซนติเมตรตามลำดับ ค่าความลึกของหัวมันสำปะหลังสูงสุดเป็น 35 เซนติเมตร ในการออกแบบหัวขุดควรให้มีการปรับการขุดลึกได้ไม่น้อยกว่า 35 เซนติเมตร

4.2 ผลการทดสอบรูปแบบอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลัง

การทดสอบในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบว่าอุปกรณ์ชุดมันสำปะหลังแบบใด เป็นแบบที่ควรนำมาใช้สำหรับชุดมันสำปะหลัง ทำการทดสอบอุปกรณ์ชุดมันสำปะหลัง 4 แบบ ให้ผลดังต่อไปนี้

4.2.1 ผลการทดสอบอุปกรณ์ชุดมันสำปะหลังแบบหัวหมู

อุปกรณ์ชุดมันสำปะหลังแบบหัวหมู ถูกออกแบบและสร้าง โดยมีขนาดความกว้างของการชุด 80 เซนติเมตร นำมาทดลองชุดมันสำปะหลัง โดยติดเข้ากับสามจุดท้ายรถแทรกเตอร์ ขณะปฏิบัติงานพบปัญหาล้อหน้ายกการปฏิบัติงานไม่สะดวกเนื่องจากอุปกรณ์อยู่ด้านหลังผู้ปฏิบัติงาน ไม่สามารถมองเห็นอุปกรณ์ชุดมันสำปะหลังขณะปฏิบัติงาน ทำให้ยากต่อการควบคุมความลึกของหัวชุดอุปกรณ์ชุดแบบนี้ไม่มีล้อคัดท้ายทำให้คนขับรถแทรกเตอร์ควบคุมรถแทรกเตอร์ทำได้ยาก หากการเก็บหัวมันสำปะหลังที่ถูกชุดกระทำได้ไม่หมดหรือไม่ทัน จะมีผลทำให้รถแทรกเตอร์เหยียบเมื่อมีการชุดในรอบต่อไป ทำให้หัวมันสำปะหลังแตกหัก หัวมันสำปะหลังบางส่วนดินพลิกกลับ การที่ดินกลับหัวมันสำปะหลังที่ถูกชุดทำให้โอกาสที่หัวมันสำปะหลังหลงเหลือในดินมีมาก

4.2.2 ผลการทดสอบหัวชุดมันสำปะหลังรูปตัวยู

อุปกรณ์ชุดมันสำปะหลังแบบตัวยูติดตั้งอยู่ด้านหน้ารถแทรกเตอร์ โดยประกอบเข้ากับแขนใบมีดเกรดดิน การควบคุมความลึกใช้ไฮดรอลิก ผลการทดสอบพบว่าขณะปฏิบัติงานสามารถควบคุมอุปกรณ์ชุดมันสำปะหลังได้ หัวมันสำปะหลังพร้อมดินโดยรอบถูกยกขึ้นโดยล้อหลังยกขึ้นทำให้แยกหัวมันสำปะหลังออกจากดินได้ แต่เมื่อกลับลงสู่พื้นดินภายหลังการชุดทำให้บางส่วนของหัวมันสำปะหลังยังอยู่ในดินแยกออกจากดินได้เล็กน้อย การเก็บรวบรวมหัวมันสำปะหลังกระทำได้ง่ายกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ชุดมันสำปะหลังแบบหัวหมู จากการสังเกตพบว่าหัวมันสำปะหลังขาดหลงเหลือในดินมีมากในสภาพดินที่แข็ง การลดอุปกรณ์ชนิดนี้ให้ต่ำเพื่อให้ชุดได้ลึก ทำให้ล้อหน้ารถแทรกเตอร์ถูกยกและล้อหลังมีการลื่นไถล

4.2.3 ผลการทดสอบหัวชุดมันสำปะหลังรูปสี่เหลี่ยม

ผลการทดสอบพบว่าอุปกรณ์ชุดมันสำปะหลังแบบนี้มีปัญหาเช่นเดียวกับหัวชุดรูปตัวยู หัวชุดแบบนี้เป็นแบบที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ติดด้านหน้ารถแทรกเตอร์ ยึดติดเช่นเดียวกับหัวชุดรูปตัวยู จากการทดสอบพบว่า ขณะปฏิบัติงานสามารถชุดหัวมันสำปะหลังได้ แต่ปัญหาที่พบมีหัวมันสำปะหลังขาด และหลงเหลืออยู่ในดินเป็นจำนวนมาก ไม่สามารถแยกดินออกจากหัวมันสำปะหลังได้

4.2.4 ผลการทดสอบหัวชุดมันสำปะหลังรูปสามเหลี่ยม

หัวขุดมันสำปะหลังรูปสามเหลี่ยม เป็นหัวขุดที่ติดอยู่ด้านหน้าของรถแทรกเตอร์ ผลการทดสอบพบว่าสามารถขุดมันสำปะหลังได้ โดยมีหัวมันสำปะหลังขาดและหลงเหลืออยู่ในดินน้อยกว่าแบบอื่น ๆ เนื่องจากหัวขุดชนิดนี้มีลักษณะปลายแหลมและมีสันนูน การขุดดินทำให้ดินแตก หลังจากนั้นซึ่งเหล็กจะทำการแยกดินหัวมันสำปะหลังออกจากดินได้ดีกว่าหัวขุดแบบอื่น ๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้นจึงเป็นแบบที่ควรพัฒนาเพื่อใช้เป็นหัวขุดมันสำปะหลัง

4.3 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องขุดมันสำปะหลัง

ในการออกแบบเครื่องขุดมันสำปะหลัง ได้ใช้ข้อมูลจากการทดสอบข้อ 4.1 รูปแบบอุปกรณ์ขุดมันสำปะหลังข้อ 4.2 และเงื่อนไขการออกแบบและสร้างเครื่องขุดมันสำปะหลังข้อ 3.3 โดยได้ทำการออกแบบส่วนหลัก ๆ คือ

1. หัวขุดมันสำปะหลัง
 2. อุปกรณ์ลำเลียงหัวมันสำปะหลัง
 3. ระบบถ่ายทอดกำลังพร้อมเครื่องต้นกำลังที่ใช้กับอุปกรณ์ลำเลียง
 4. โครงรองรับเครื่องขุดมันสำปะหลัง
- ซึ่งให้ผลดังต่อไปนี้

4.3.1 ผลการออกแบบหัวขุดมันสำปะหลัง

หัวขุดมันสำปะหลังมีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว มีมุมที่ปลายหัวขุด 85 องศา ตรงกลางออกแบบให้มีสันนูนสูงขึ้นมา 6 เซนติเมตร มีมุมยกที่ปลายหัวขุด 10 องศา มุมที่สันนูนของหัวขุด 150 องศา ความกว้างของหัวขุดมันสำปะหลังเท่ากับ 100 เซนติเมตร (ภาพภาคผนวก ก 8) ความสูงของหัวขุด 38 เซนติเมตร (ภาพภาคผนวก ก 9) หัวขุดแบบนี้จะติดอยู่ด้านหน้ารถแทรกเตอร์ การปรับขึ้นลงใช้ไฮดรอลิกของรถแทรกเตอร์

ในการออกแบบครั้งนี้นำผลการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับมันสำปะหลัง รูปแบบอุปกรณ์ที่นำมาใช้ขุดมันสำปะหลัง แต่ยังพบข้อจำกัดอยู่หลายประการคือ มีหัวมันสำปะหลังขาดและหลงเหลืออยู่ในดินสูง ล้อหน้าของแทรกเตอร์ยกเมื่อใช้งานสภาพดินแข็งเมื่อต้องการปรับหัวขุดให้ต่ำลงและมีวัชพืชติดที่โครงของผานหัวขุด จากข้อจำกัดและข้อสรุปในข้อหัวข้อ 4.1, 4.2 ดังกล่าวได้นำมาเป็นข้อพิจารณา ในการออกแบบเครื่องขุดมันสำปะหลังโดยมีหลักการคือใช้หัวขุดรูปสามเหลี่ยมติดที่ด้านหน้าของแทรกเตอร์โดยยึดติดกับแกนยึดใบมีดเกรดดินมีการลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้น และลำเลียงหัวมันสำปะหลังออกโดยใช้โซ่ลำเลียง การศึกษาระยะระหว่างแถวของการปลูกมันสำปะหลังมีค่าตั้งแต่ 55 - 125 เซนติเมตรในแปลงที่ 1 และ 50 - 120 เซนติเมตรใน

แปลงที่ 2 (รายละเอียดข้อ 4.1.1) อนึ่งยางล้อหลังรถแทรกเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบมีหน้ากว้าง 45 เซนติเมตร ถ้าการใช้งานรถแทรกเตอร์โดยมีอุปกรณ์ชุดอยู่ด้านหลัง และล้อรถแทรกเตอร์ถูกบังคับให้อยู่ในร่องที่ปลูกมันสำปะหลังจึงสร้างความเสียหายให้กับหัวมันสำปะหลังได้ตั้งแต่ยังไม่ถูกชุด ถ้าหากระยะระหว่างแถวแคบ การออกแบบใช้งานเครื่องชุดมันสำปะหลัง โดยเครื่องชุดประกอบติดด้านหน้ารถแทรกเตอร์น่าจะแก้ปัญหาในด้านข้อจำกัดเรื่องระยะระหว่างแถวขณะใช้งาน จึงน่าจะให้ผลดีกว่ากรณีเครื่องชุดอยู่ด้านหลัง และเครื่องชุดที่ประกอบอยู่ด้านหน้ารถแทรกเตอร์ ควรวางตำแหน่งให้ชิดทางด้านแถวที่ยังไม่ได้ชุดให้มากที่สุด เพื่อไม่ให้ล้อรถแทรกเตอร์เหยียบหัวมันสำปะหลังในแถวที่ยังไม่ได้ชุด จากการทดสอบเบื้องต้น การใช้อุปกรณ์ชุดรูปแบบต่าง ๆ (ข้อ 3.2) ดังรายละเอียดข้อ 4.2.4 พบว่า หัวชุดแบบสามเหลี่ยมประกอบติดด้านหน้าให้ผลดีกว่าหัวชุดที่กล่าว 3 แบบ เมื่อพิจารณาในด้านหัวมันสำปะหลังขาด หัวมันสำปะหลังหลงเหลือในดิน และการบังคับรถแทรกเตอร์ แต่ยังมีปัญหาหัวมันสำปะหลังที่ชุดแล้ว ถูกล้อรถแทรกเตอร์เหยียบเสียหาย ดังนั้นจึงควรมีอุปกรณ์ลำเลียงหัวมันสำปะหลังที่ถูกชุดให้ออกไปด้านข้างให้พ้นแนวล้อของรถแทรกเตอร์ไปทางบริเวณพื้นที่ทำการชุดมันสำปะหลังแล้ว ซึ่งเครื่องชุดมันสำปะหลัง มีลักษณะดังแสดงในภาพที่ภาคผนวก ก 1 ถึง ก 3 (ภาคผนวก ก.) หัวชุดมันสำปะหลัง มีลักษณะดังแสดงในภาพที่ ก 4 (ภาคผนวก ก.)



ภาพที่ 4.1 แสดงหัวชุดมันสำปะหลังรูปสามเหลี่ยม

เหล็กที่ใช้ทำการสร้างหัวขุดมันสำปะหลังเป็นเหล็กแบน ออกแบบให้มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยม ความหนาของเหล็กแผ่น 10 มิลลิเมตร ความกว้างของหัวขุด 100 เซนติเมตร ออกแบบให้มีสันนูนเป็นรูปสามเหลี่ยม ประกอบด้วย

1. แขนข้างมีรูสำหรับปรับมุมของการขุด ความกว้างของแขนข้างเท่ากับ 12 เซนติเมตร ความสูงของแขนข้างเท่ากับ 38 เซนติเมตร การปรับแขนข้างขึ้นหรือลงโดยการเปลี่ยนรูน็อต
2. แขนยึดจุดหมุนประกอบด้วย แขนจุดหมุน สลักหมุนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 32 มิลลิเมตร ความกว้างของแขนจุดหมุน 18 เซนติเมตร ความสูงของแขนจุดหมุน 35 เซนติเมตร ประกอบเข้ากับโครงเหล็กยึดติดด้านหน้า
3. ซึ่งเหล็กยกมันสำปะหลังมีความกว้าง 10 เซนติเมตร วางห่างกัน 20 เซนติเมตร มี 3 ชุด ใช้สำหรับยกหัวมันสำปะหลังขึ้นและแยกดินบางส่วนออกจากหัวมันสำปะหลัง

การนำหัวขุดเข้ามาติดตั้งเข้ากับเครื่อง สามารถถอดประกอบได้ง่าย ดังภาพที่ 4.1 แสดงหัวขุดที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้น

4.3.2 ผลการออกแบบอุปกรณ์ลำเลียงหัวมันสำปะหลัง

อุปกรณ์ในการลำเลียงหัวมันสำปะหลัง มีวัตถุประสงค์เพื่อลำเลียงหัวมันสำปะหลังที่ถูกขุดออกจากแนวร่อง เพื่อมิให้รถแทรกเตอร์เหยียบ (ภาพภาคผนวก ก 2) จะมีอุปกรณ์ลำเลียง 2 ชุด คือ อุปกรณ์ลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้นและอุปกรณ์ลำเลียงหัวมันสำปะหลังออก (ภาพภาคผนวก ก 2 และ ก 3)

อุปกรณ์ลำเลียงขึ้น (ดังภาพที่ 4.2) ประกอบด้วยชุดโซ่ลำเลียงจำนวนสองเส้นแต่ละเส้นมีความกว้างของชุดโซ่ลำเลียง 80 เซนติเมตร ความยาวของชุดโซ่ลำเลียง 120 เซนติเมตร อุปกรณ์ลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้น มีความยาว 95 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตรกระทำเป็นมุมเอียงจากแนวราบ 30 องศา ประกอบด้วย

1. โซ่ลำเลียงโซ่โซ่ (Pulton C 2060) ยาว 260 เซนติเมตร จำนวน 2 เส้น
2. ที่โซ่ลำเลียงติดเหล็กดาดำยความกว้าง 90 เซนติเมตร (ภาพภาคผนวก ก 5, ก 6) เพื่อใช้รองรับและลำเลียงมันสำปะหลังขึ้นและให้ทำหน้าที่แยกดินออกจากหัวมันสำปะหลัง เพื่อไม่ให้ดินและทรายที่ถูกขุดเข้าไปในร่องเพื่องับโซ่ลำเลียง จึงใช้เหล็กแผ่นปิดกั้นดินและทราย ตลอดความยาวโซ่ลำเลียง
3. เหล็กบังโซ่และโครงเหล็กยึดเพลาลูกโซ่ใช้ยึดเพลาลูกโซ่และปิดกั้นดินและทราย
4. เพลาลูกโซ่ใช้ขับเคลื่อนโซ่ลำเลียงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร

5. เพลาปรับความตึงเพลาชั้ล้าเลียงขนาด 15.63 X 150 มิลลิเมตร ใช้ปรับเพลาชั้ล้าให้ชั้ล้าเลียงขึ้นให้ทำงานได้สะดวก



ภาพที่ 4.2 แสดงชุดล้าเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้น

อุปกรณ์ล้าเลียงหัวมันสำปะหลังออกมีความยาว 200 เซนติเมตรกว้าง 60 เซนติเมตรใช้โช้ (Pulton C 2060) ยาว 420 เซนติเมตร จำนวน 2 เส้น และเหล็กด้ายเช่นเดียวกับชุดโช้ล้าเลียงขึ้น เพื่อให้หัวมันสำปะหลังตกห่างจากแนวของล้อรถแทรกเตอร์ เพื่อไม่ให้ล้อรถแทรกเตอร์เหยียบแตกหักเสียหาย

การศึกษามุมของอุปกรณ์ล้าเลียงขึ้น จากการศึกษพบว่ามุมที่ต่ำกว่า 30 องศา ใช้ในการล้าเลียงหัวมันสำปะหลังได้ดี กล่าวคือไม่มีการล้นไถลของหัวมันสำปะหลังบนโช้ล้าเลียง แต่ทำให้การขึ้นของหัวชุดมันสำปะหลัง ต้องขึ้นไปข้างหน้ามาก ทำให้แขนจับยึดเครื่องรับแรงมากทั้ง

แรงกดเนื่องจากน้ำหนักและแรงดึงซึ่งจะมีผลต่อความแข็งแรงของโครงเครื่องชุดมันสำปะหลัง และมุมที่ต่ำมากเกินไปทำให้การติดตั้งชุดอุปกรณ์ลำเลียงหัวมันสำปะหลังออกไม่สามารถทำได้ เพราะส่วนล่างของโซ่ลำเลียงจะสัมผัสกับดิน ส่วนมุมที่สูงขึ้นเกิน 30 องศาจากการทดลองนำเครื่องไปลองชุดพบว่ามันสำปะหลังไม่สามารถลำเลียงขึ้นมาได้เพราะหัวมันสำปะหลังลื่นไถลลง จากการทดลองนำหัวมันสำปะหลังมาทดสอบหาค่ามุมของชุดลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้น พบว่ามุมอุปกรณ์ลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้นที่มากกว่า 30 องศา หัวมันสำปะหลังมีการลื่นไถลลง และการทดลองที่มุม 30 องศา สามารถลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้นได้ จึงออกแบบให้ชุดอุปกรณ์ลำเลียงใช้มุมดังกล่าว

การศึกษาวัสดุทำตะแกรงสำหรับลำเลียงหัวมันสำปะหลังได้ทดลองใช้วัสดุหลายรูปแบบ มาทดลองสร้างและนำไปใช้งาน มีการใช้เหล็กท่อกมขนาด 18.75 มิลลิเมตร เหล็กท่อกมที่ใช้ทดลองทำชุดลำเลียง โดยวางให้เหล็กท่อกมแต่ละท่อนห่างกัน 50 มิลลิเมตร มีวัตถุประสงค์เพื่อให้แยกดินออกจากหัวมันสำปะหลังและลำเลียงหัวมันสำปะหลังได้ และจากการนำไปทดลองชุดพบว่าลำเลียงได้ไม่ดี เพราะมันสำปะหลังจะลื่นไถล ถ้าหากชุดลำเลียงอยู่ในแนวแนวระนาบซึ่งเป็นชุดลำเลียงของอุปกรณ์ลำเลียงออกสามารถลำเลียงมันสำปะหลังออกได้ จากปัญหาดังกล่าว จึงได้เปลี่ยนมาเป็นเหล็กฉากแนวตั้งขนาด 25 มิลลิเมตร พบว่าอุปกรณ์ลำเลียงสามารถลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้นมาได้ แต่จะทำให้หัวมันสำปะหลังเป็นแผล เนื่องจากการเสียดสีกับเหล็กฉาก จึงได้เปลี่ยนเป็นเหล็กฉากคว่ำลงขนาด 25 มิลลิเมตร เมื่อนำไปทดลองใช้ลำเลียงหัวมันสำปะหลังพบว่าสามารถลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้นมาได้ แต่มีปัญหาเช่นเดียวกับเหล็กฉากตั้ง คือมีการเสียดสีหัวมันสำปะหลังทำให้เป็นรอยและเป็นแผลเป็นจำนวนมาก จึงไม่นำเหล็กดังกล่าวมาทำเป็นเหล็กตะแกรงชุดลำเลียง จากปัญหาที่พบจึงได้ทดลองนำเหล็กตะแกรงสำหรับม้วนประตูเหล็กซึ่งมีลักษณะเป็นตะแกรงตาข่าย มาทำการทดลองใช้เป็นเหล็กตะแกรงชุดลำเลียง พบว่าหัวมันสำปะหลัง สามารถลำเลียงได้ดีและแยกดินออกได้ดีกว่าเหล็กหลายแบบที่กล่าวมา ฉะนั้นในการออกแบบตะแกรงชุดลำเลียงซึ่งใช้เหล็กตะแกรงตาข่ายประตูเหล็กม้วนมาทำเป็นเหล็กตะแกรงชุดลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้นและลำเลียงหัวมันสำปะหลังออก

การศึกษาโซ่ชุดลำเลียงได้ทดลองใช้โซ่หลายชนิดคือ โซ่โซ่ถ่ายทอดกำลังเบอร์ 60 มาทดลองขณะที่ยังไม่นำไปใช้ในแปลงมันสำปะหลังสามารถหมุนชุดอุปกรณ์ลำเลียงได้ แต่เมื่อนำไปใช้ในพื้นที่ยังมีปัญหาทรายเข้าไปอุดช่องฟันเฟือง ทำให้เฟืองไม่สามารถหมุนขับโซ่ลำเลียงได้ จากปัญหาดังกล่าวจึงได้นำโซ่ถ่ายทอดกำลังอื่น ๆ (เบอร์ 80 มาทดลอง) ก็ยังพบปัญหาเช่นเดิม เพราะทรายจะติดขัดในช่องฟันเฟืองกับตัวโซ่ ทำให้ชุดอุปกรณ์ลำเลียงไม่สามารถหมุนได้ จาก

นั้นได้ทดลองนำโซ่ลำเลียงที่มีระยะร่องห่าง (โซ่ลำเลียง Pulton c 2060) มีระยะพิทช์ 1.5 มาทดลองใช้งานพบว่าสามารถใช้งานในพื้นที่ได้ไม่มีการอุดตันของทรายในร่องฟันเฟือง ในการออกแบบโซ่ชุดลำเลียงจึงเลือกใช้โซ่ชนิดนี้มาทำเป็นโซ่ชุดลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้น และโซ่ชุดลำเลียงหัวมันสำปะหลังออก

โครงอุปกรณ์ลำเลียงหัวมันสำปะหลังทำขึ้นด้วยเหล็กแบนหนา 10 มิลลิเมตร กว้าง 12 มิลลิเมตร ยาว 95 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร มีมุมเอียง 30°

ที่ชุดโซ่ลำเลียงจะมีเหล็กค้ำสำหรับลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้นเหล็กค้ำชุดลำเลียงใช้เหล็กค้ำชุดประตูลูกมีความกว้าง 8 เซนติเมตรความยาว 10 เซนติเมตร สอดอยู่บนเพลาลูกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาว 80 เซนติเมตร เหล็กเพลาค้ำชุดเหล็กค้ำจะเชื่อมติดอยู่กับโซ่ชุดลำเลียงห่างกัน 8 เซนติเมตร

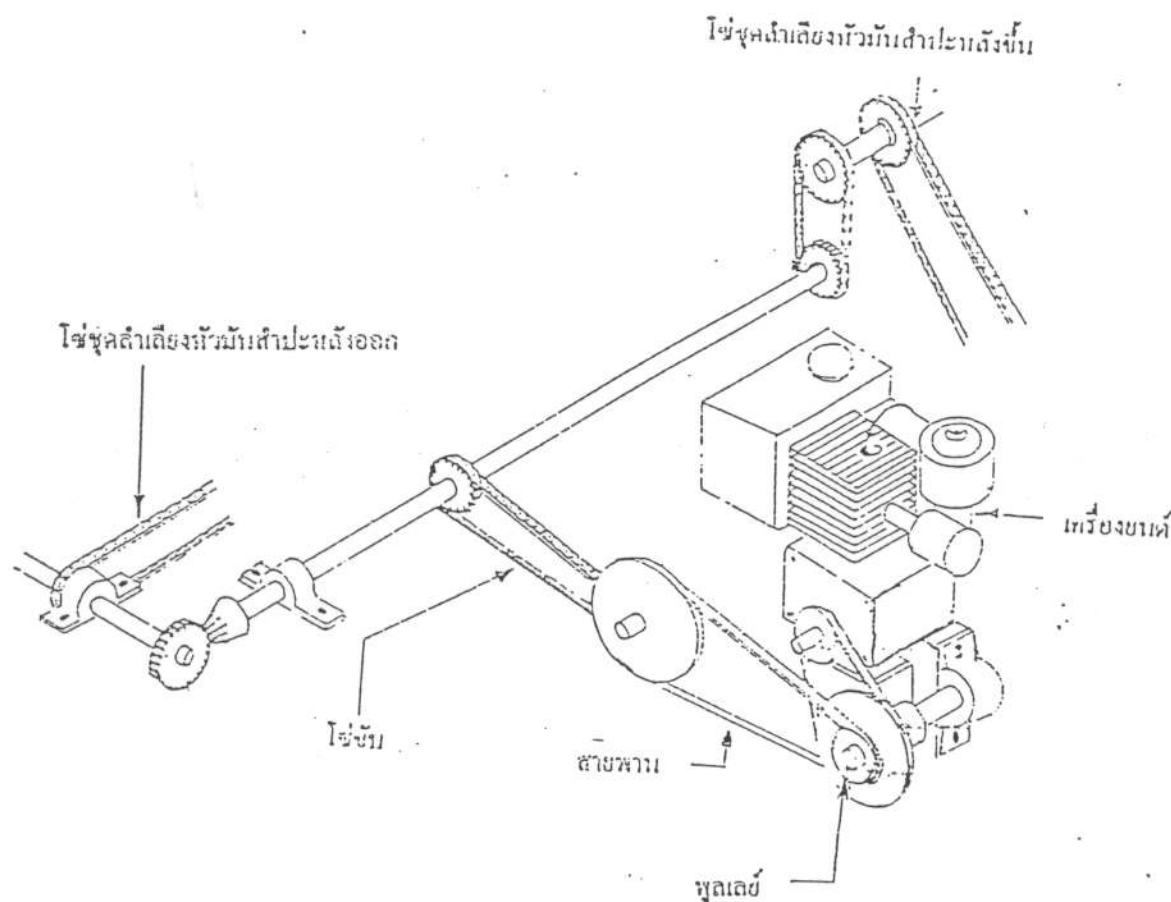
โครงอุปกรณ์ลำเลียงหัวมันสำปะหลังออก (ดังภาพที่ 4.3) ทำจากเหล็กตัวยูกว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 200 เซนติเมตร สูง 15 เซนติเมตร ที่ปลายเหล็กตัวยูติดตั้งลูกปืนตุ้กด้า 4 ตัว เป็นที่สำหรับติดตั้งเพลาค้ำเฟืองโซ่ชุดลำเลียงออก ที่ปลายด้านที่หัวมันสำปะหลังตกออกจะมีสกรูสำหรับปรับความตึงของโซ่ชุดลำเลียงออกขนาด 15.63 X 150 มิลลิเมตร เพลาค้ำเฟืองโซ่ชุดลำเลียงออกเป็นเพลาค้นเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ที่เพลามีเฟืองขับโซ่ชุดลำเลียงขนาด 10 ฟัน เส้นผ่าศูนย์กลาง 125 มิลลิเมตร มีเฟืองจำนวน 4 ตัว นอกจากนั้นยังประกอบด้วยชุดโซ่ลำเลียง (Pulton C 2060) จำนวน 2 เส้นแต่ละเส้นยาว 420 เซนติเมตร ที่ชุดโซ่ลำเลียงออกจะมีเหล็กค้ำสำหรับลำเลียงหัวมันสำปะหลังออก เหล็กค้ำชุดลำเลียงออกใช้เหล็กค้ำชุดประตูลูก มีลักษณะเดียวกับโซ่ชุดลำเลียงขึ้น อุปกรณ์ลำเลียงออกจะวางอยู่ในแนวราบ ทำการรับหัวมันสำปะหลังจากโซ่ชุดลำเลียงขึ้นและลำเลียงออกทางด้านข้างให้ตกออกห่างจากแนวของล้อรถแทรกเตอร์หัวมันสำปะหลังจะตกออกทางด้านขวาของรถแทรกเตอร์



ภาพที่ 4.3 แสดงชุดลำเลียงหัวมันสำปะหลังออก

4.3.3 ผลการออกแบบระบบถ่ายทอดกำลังพร้อมเครื่องยนต์ดันกำลังที่ใช้กับอุปกรณ์ ลำเลียง

การออกแบบระบบถ่ายทอดกำลังมีวัตถุประสงค์เพื่อนำกำลังจากเครื่องยนต์ดันกำลังมาใช้ขับเคลื่อนลำเลียงหัวมันสำปะหลังทั้ง 2 ชุด เครื่องยนต์ดันกำลังใช้เครื่องยนต์เบนซิน ภาพที่ 4.4 แสดงส่วนประกอบในระบบถ่ายทอดกำลัง ที่เพลาเครื่องยนต์ดันกำลัง (เพลาตัวที่ 1) ติดตั้งพูลเลย์ (D1) ขนาด 75 มิลลิเมตร การถ่ายทอดกำลังโดยสายพานวี เข้าสู่พูลเลย์ (D2) ขนาด 250 มิลลิเมตร เพลาพูลเลย์ D2 ใช้ขนาด 25 มิลลิเมตร ที่เพลาตัวที่ 2 ติดตั้งพูลเลย์ (D2.1) ขนาด 75 มิลลิเมตร ถ่ายทอดกำลังสู่เพลาตัวที่ 3 ขนาด 25 มิลลิเมตร โดยสายพานวี ผ่านพูลเลย์ D3 ขนาด 250 มิลลิเมตร ที่เพลาตัวที่ 3 ติดตั้งเฟืองสเตอร์ขนาด 100 มิลลิเมตร เพื่อถ่ายทอดกำลังโดยโซ่ถ่ายทอดกำลัง (เบอร์ 80) ไปยังเพลาตัวที่ 4 ผ่านเฟืองสเตอร์ขนาด 125 มิลลิเมตร ที่ปลายเพลาตัวที่ 4 ด้านหลังติดตั้งเฟืองสเตอร์ขนาด 9 ฟัน ถ่ายทอดกำลังโดยใช้โซ่ (เบอร์ 80) เข้าสู่เพลาขับเคลื่อนลำเลียงหัวมันสำปะหลัง ซึ่งผ่านเฟืองสเตอร์ (Z5) ขนาด 18 ฟัน ที่ปลายอีกด้านหนึ่งของเพลาตัวที่ 4 ติดตั้งเฟืองคอกจอกขนาด 10 ฟัน



ภาพที่ 4.4 แสดงส่วนประกอบของอุปกรณ์ลำเลียง

ถ่ายทอดกำลังสู่เพลาลำเลียงหัวมันสำปะหลังผ่านเฟืองคอกจอก (Z5.1) ขนาด 18 ฟัน การทดสอบอุปกรณ์ถ่ายทอดกำลังพบว่าเมื่อเครื่องยนต์ต้นกำลังมีความเร็วรอบ 2,400 รอบ / นาที อุปกรณ์ชุดลำเลียงขึ้นจะมีความเร็วรอบ 108 รอบ / นาที อุปกรณ์ชุดลำเลียงออกจะมีความเร็วรอบ 120 รอบ / นาที ความเร็วเชิงเส้นอุปกรณ์ลำเลียงขึ้น 42.17 เมตร/นาที ความเร็วเชิงเส้นอุปกรณ์ลำเลียงออก 47.13 เมตร/นาที

ระบบการทำงานของอุปกรณ์ชุดลำเลียงและเครื่องยนต์ต้นกำลังขับเคลื่อนชุดลำเลียงดังแสดงในภาพที่ ก 5 ถึง ก 7 (ภาคผนวก ก.) มีข้อพิจารณาหรือเกณฑ์ในการออกแบบคือ ให้มีการทำงานอย่างง่าย ๆ มีชิ้นส่วนและกลไกไม่ซับซ้อนสามารถถ่ายทอดกำลังโซ่ลำเลียงได้อย่างต่อเนื่อง ต้องมีความ

สะดวกในการบำรุงรักษา อุปกรณ์ชิ้นส่วนที่ชำรุดสามารถถอดเปลี่ยนได้ ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้โดยสะดวก การออกแบบถ่ายทอดกำลังนี้จึงใช้ทั้ง ระบบสายพาน โซ่ และเฟือง

เครื่องยนต์ด้นกำลังชุดลำเลียงหัวมันสำปะหลังใช้เครื่องยนต์เบนซินขนาด 7.46 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์เมื่อรอบสูงสุด 3,600 รอบต่อนาที วัตถุประสงค์ที่ใช้เครื่องยนต์สำหรับขับโซ่ลำเลียงเนื่องจากต้องการให้ความเร็วของโซ่ลำเลียงเป็นอิสระจากความเร็วการเคลื่อนที่ ซึ่งสามารถแปรความเร็วของโซ่ลำเลียงได้ในการทดสอบ การใช้เครื่องยนต์เบนซินเพราะมีน้ำหนักเบาเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซล ชุดทดรอบจากเครื่องยนต์ใช้ระบบสายพานวี จากการทดสอบพบว่าที่ความเร็วต่ำเกินไปเมื่อใช้งานเครื่องจะดับ หากความเร็วสูงเกินไปเครื่องจะสั่น ถ้าใช้ความเร็ว 2,400 รอบ/นาทีสามารถใช้งานได้ การหาความเร็วของเพลาลำเลียงชั้น (N5) และโซ่ลำเลียงออก (N6) โดยใช้สมการที่ 3.1 แสดงดังสมการที่ 4.1 และ 4.2

$$N5 = \frac{N1 \times D1}{D2} \times \frac{D2.1}{D3} \times \frac{Z3}{Z4.1} \times \frac{Z4.2}{Z5} \dots\dots\dots (4.1)$$

$$N6 = \frac{N1 \times D1}{D2} \times \frac{D2.1}{D3} \times \frac{Z3}{Z4.1} \times \frac{Z4.3}{Z5} \dots\dots\dots (4.2)$$

เมื่อกำหนดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ด้นกำลังเท่ากับ 2,400 รอบต่อนาที และเลือกใช้ขนาดของพูลเลย์, เฟืองสเตอร์ และเฟืองคอกจอก ตามที่ได้เลือกใช้ในการออกแบบดังตัวอย่าง แทนค่าสมการที่ 4.1 และ 4.2 เพราะฉะนั้น

$$N5 = 2400 \times \frac{75}{250} \times \frac{75}{250} \times \frac{100}{100} \times \frac{9}{18} = 108 \text{ รอบต่อนาที}$$

$$N6 = 2400 \times \frac{75}{250} \times \frac{75}{250} \times \frac{100}{100} \times \frac{10}{18} = 120 \text{ รอบต่อนาที}$$

เพราะฉะนั้นอุปกรณ์ลำเลียงชั้นจะมีความเร็ว = 108 รอบ/นาที

$$\text{ความเร็วเชิงเส้น} = \pi DN$$

$$D = \text{เส้นผ่าศูนย์กลางล้อ} = 125 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$N = 108 \text{ รอบ / นาที}$$

$$\begin{aligned} \text{ความเร็วเชิงเส้นอุปกรณ์ลำเลียงขึ้น} &= 3.142 \times 125 \times 108 \\ &= 42 \text{ เมตร / นาที} \end{aligned}$$

$$\text{สำหรับความเร็วอุปกรณ์ลำเลียงออก} = 120 \text{ รอบ / นาที}$$

$$\begin{aligned} \text{ความเร็วเชิงเส้นอุปกรณ์ลำเลียงออก} &= 3.142 \times 125 \times 120 \\ &= 47 \text{ เมตร / นาที} \end{aligned}$$

ความเร็วของรถแทรกเตอร์จะต้องช้ากว่าความเร็วเชิงเส้นของอุปกรณ์ลำเลียงถ้าหากความเร็วของรถแทรกเตอร์สูง จะทำให้การควบคุมไครดอลิคทำได้ยาก หากความเร็วของรถแทรกเตอร์ต่ำเกินไป ดินจะขึ้นมามากจนเกินไปทำให้เครื่องขุดตื้น อัตราส่วนความเร็วของชุดอุปกรณ์ลำเลียงขึ้นและลำเลียงออกเท่ากับ 1.11 ความเร็วชุดลำเลียงออกต้องมากกว่าชุดลำเลียงขึ้นเสมอ เพราะฉะนั้นการลำเลียงออกจะลำเลียงได้ไม่ทัน (สำหรับอุปกรณ์ลำเลียงที่ได้ออกแบบและสร้างนี้ ใช้อัตราส่วน 1.11 คือใช้ความเร็วเชิงเส้นอุปกรณ์ลำเลียงออกหารด้วยความเร็วเชิงเส้นอุปกรณ์ลำเลียงขึ้น เท่ากับ 120/108)

4.3.4 ผลการออกแบบโครงรองรับเครื่องขุดมันสำปะหลัง

โครงรองรับเครื่องขุดมันสำปะหลัง เป็นอุปกรณ์ที่นำชิ้นส่วนอื่นมาประกอบเข้าใช้หลักตัวขนาด 120 มิลลิเมตร ยาว 2,000 มิลลิเมตรกว้าง 1,600 มิลลิเมตรเป็นโครงรองรับอุปกรณ์เครื่องขุดมันสำปะหลัง ประกอบเข้ากับแขนยึดใบมีดเกรดดินของรถแทรกเตอร์ ด้วยสลักยึดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร (ภาพภาคผนวก ก.1)

หนึ่งแทรกเตอร์ต้นกำลังที่ใช้ในการติดตั้งเครื่องขุดมันสำปะหลังเป็นรถแทรกเตอร์ฟอร์ด รุ่น 6610 (FORD 6610) ขนาด 52.22 กิโลวัตต์ เป็นรถแทรกเตอร์ที่ติดใบเกรดดินด้านหน้า ใช้งานในภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น การนำเครื่องขุดมันสำปะหลัง มาติดตั้งด้านหน้าจะต้องถอดใบมีดเกรดหน้าออก เพื่อให้ถอดประกอบง่ายจึงใช้จุดต่อพ่วงแบบสลักเช่นเดียวกับชุดใบเกรดหน้า เมื่อไม่ต้องการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังก็สามารถนำสลักยึดออกแล้วนำชุดใบมีดเกรดดินติดตั้งเข้าที่เดิมได้

4.3.5 ผลการสร้างเครื่องขุดมันสำปะหลัง

จากการออกแบบเครื่องขุดมันสำปะหลัง ในหัวข้อ 3.4 ได้สร้างเครื่องขุดมันสำปะหลัง ในปี พ.ศ. 2536 ที่ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จำนวนวัสดุที่ใช้พร้อมราคาแสดงดังตารางภาคผนวก ข เครื่องขุดมันสำปะหลังมีราคา 15,616 บาท ไม่รวมค่าแรงในการสร้าง เครื่องยนต์ดีเซลกำลังซึ่งมีราคา 5,500 บาท (ดังตารางภาคผนวก ข)

4.4 ผลการทดสอบการขุดมันสำปะหลังในพื้นที่ต่างกัน 4 แปลง

4.4.1 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องขุดมันสำปะหลังในพื้นที่ต่างกัน

ผลการทดสอบและรายละเอียดการปลูก ลักษณะดิน ความแข็งของดิน ได้แสดงในตารางภาคผนวก ง 1 พื้นที่ทำการทดสอบขุดมันสำปะหลังโดยเครื่องขุดมันสำปะหลัง ได้ทำการทดสอบ 4 พื้นที่ที่แตกต่างกันคือ แปลงที่ 1 ทำการทดสอบที่ตำบลท่าพระ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น แปลงที่ 2 ที่ตำบลภูเงิน อำเภอกันทรลักษ์ จังหวัดศรีสะเกษ แปลงที่ 3 ที่ตำบลลาดนาเพียง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น แปลงที่ 4 ที่ตำบลบ้านค้อ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ลักษณะของดินที่ใช้ปลูก แปลงที่ 1, 3 และ 4 เป็นดินร่วนปนทราย ส่วนแปลงที่ 2 เป็นดินเหนียว พันธุ์มันสำปะหลังที่ใช้ปลูกในแปลงที่ 1, 3 และ 4 เป็นมันสำปะหลังพันธุ์พื้นเมือง แปลงที่ 2 เป็นมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 90 ความแข็งของดินในแปลงที่ 1, 2, 3 และ 4 ที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตรเท่ากับ 3.61, 7.49, 7.55 และ 3.92 นิวตันต่อตารางเซนติเมตรตามลำดับ ที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตรเท่ากับ 11.62, 12.05, 14.32 และ 9.14 นิวตันต่อตารางเซนติเมตรตามลำดับ ความชื้นของดินในแปลงที่ 1, 2, 3 และ 4 ที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตรมีค่าใกล้เคียงกันคือ เท่ากับ 19.32, 21.44, 18.78 และ 20.87 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร เท่ากับ 18.88, 18.31, 17.56 และ 18.87 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ความหนาแน่นของดินในแปลงที่ 1, 2, 3 และ 4 ที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตร เท่ากับ 1.51, 1.52, 1.42 และ 1.35 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรตามลำดับ ที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร เท่ากับ 1.53, 1.54, 1.44 และ 1.37 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรตามลำดับ (ดังตารางภาคผนวก ค 1)

การปลูกมันสำปะหลังในแปลงที่ 1, 3 และ 4 เป็นการปลูกแบบยกร่อง ส่วนในแปลงที่ 2 ปลูกบนพื้นที่ราบไม่มีการยกร่อง ระยะระหว่างแถวเฉลี่ยของมันสำปะหลังในแปลงที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 0.67, 1.05, 0.96 และ 1.11 เมตร ตามลำดับ ระยะระหว่างต้น ของมันสำปะหลังในแปลงที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 0.81, 0.95, 0.83 และ 0.97 เมตรตามลำดับ อายุของมันสำปะหลังในแปลงที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 9, 9, 11 และ 11 เดือนตามลำดับ (ตารางภาคผนวก ค 1 และ ง 1)

ช่วงระยะเวลาที่ทดสอบแปลงที่ 1 ทำการทดสอบในวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2538 แปลงที่ 2 ทำการทดสอบในวันที่ 13 ธันวาคม 2537 แปลงที่ 3 ทำการทดสอบ วันที่ 24 มีนาคม 2538 แปลงที่ 4 ทำการทดสอบในวันที่ 30 มีนาคม 2538 ขนาดพื้นที่ในแปลงที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 300, 400, 1,320 และ 800 ตารางเมตร ขนาดพื้นที่กว้าง x ยาว ในแปลงที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 10×30 , 10×40 , 22×60 และ 10×80 ตารางเมตรตามลำดับ (ตารางภาคผนวก ง 1)

ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องขุดมันสำปะหลังได้ใช้ความเร็วของเครื่องยนต์เบนซิน เท่ากับ 2400 รอบต่อนาที ทุกการทดลองความเร็วของแทรกเตอร์ระหว่างการขุดมันสำปะหลังของแปลงที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 24, 20.8, 31.73 และ 28.53 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) ค่าความเร็วแทรกเตอร์แตกต่างกัน เนื่องจากการทดสอบได้ทำการทดลองหาความเร็วของแทรกเตอร์ ที่ทำให้มีการขุดมันสำปะหลังได้ เงื่อนไขที่ใช้ทำการทดสอบคือ มีการล่ำเลียงมันสำปะหลังได้ โดยไม่มีลักษณะการทำให้หัวมันสำปะหลังเป็นแผล และสามารถแยกดินได้ จากการสังเกตพบว่า ถ้าความเร็วรถแทรกเตอร์ต่ำ หัวมันสำปะหลังบางส่วนถูกขุด ในขณะที่บางส่วนไม่ถูกขุด หัวมันสำปะหลังที่ถูกขุด ถูกตะแกรงของโซ่ล่ำเลียงขุดหัวมันสำปะหลังเป็นแผลหรือขาด เนื่องจากความเร็วของโซ่ล่ำเลียง ถูกกำหนดให้คงที่ ถ้าความเร็วแทรกเตอร์สูงไม่ทำให้หัวมันสำปะหลังถูกขุด แต่โซ่ล่ำเลียงไม่สามารถ แยกดินและหรือทรายได้ เมื่อได้ค่าความเร็วของรถแทรกเตอร์ ที่สามารถใช้ในการขุดมันสำปะหลังได้ จึงใช้ค่าความเร็วของรถแทรกเตอร์ตลอดการทดสอบ ขุดของแปลงนั้น ดังนั้นค่าความเร็วรถแทรกเตอร์ จึงเป็นค่าความเร็วที่ใช้ทดสอบเฉพาะแปลงที่ทดสอบ

ตารางที่ 4.1 แสดงการทดสอบสมรรถนะเครื่องขุดมันสำปะหลังในพื้นที่ต่างกัน 4 แปลง *

รายละเอียด	แปลงที่ 1	แปลงที่ 2	แปลงที่ 3	แปลงที่ 4
ขนาดพื้นที่กว้าง x ยาว (เมตร)	10 x 30	10 x 40	22 x 60	10 x 80
ระยะระหว่างแถวเฉลี่ย (เมตร)	0.67	1.05	0.96	1.11
ลักษณะดิน	ดินร่วนปนทราย	ดินเหนียว	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนปนทราย
เวลาในการทำงานทั้งหมด (นาท)	33.19	42.28	45.32	42.00
เวลาในการทำงานทั้งหมด (นาท)	42.31	53.00	82.00	54.00
เวลาสูญเสีย (นาท)	9.20	10.54	36.47	12.00
ความเร็วในการขุด (เมตร/นาท)	24	20.8	31.73	28.53
ความสามารถของคนในการตัดต้นมันสำปะหลังและ ขนออกจากพื้นที่ (ไร่/คน/ชั่วโมง)	0.056	0.054	0.065	0.061
อัตราการทำงานเชิงพื้นที่ (ไร่/ชั่วโมง)	0.27	0.28	0.60	0.56
ความสามารถของคนในการตัดเหง้า (ไร่/คน/ชั่วโมง)	0.061	0.045	0.056	0.056
ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ของเครื่อง (%)	30.0	35.9	50.8	52.8
เปอร์เซ็นต์การขุดได้โดยเครื่อง (%)	96.19	75.27	91.42	96.99
เปอร์เซ็นต์การขาดและหลงเหลือในดิน (%)	3.81	24.73	9.58	3.01

*แปลงที่ 1 ที่ตำบลท่าพระ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

แปลงที่ 2 ที่ตำบลภูเงิน อำเภอกันทรลักษ์ จังหวัดศรีสะเกษ

แปลงที่ 3 ที่ตำบลลาดนาเพียง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

แปลงที่ 4 ที่ตำบลบ้านค้อ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

เปรียบเทียบแปลงที่ 1 กับแปลงที่ 2 อัตราการทำงานเชิงพื้นที่ของแปลงที่ 1 (0.27 เมตรต่อไร่) มีค่าใกล้เคียงกับแปลงที่ 2 (0.28 เมตรต่อไร่) ในขณะที่ความสามารถทางทฤษฎีของแปลงที่ 1 มีค่า (0.90 ไร่ต่อชั่วโมง) มีค่ามากกว่าแปลงที่ 2 (0.78 ไร่ต่อชั่วโมง) ทั้งนี้เพราะระยะระหว่างแถวของแปลงที่ 1 (0.67 เมตร) มีค่าน้อยกว่าแปลงที่ 2 (1.05 เมตร) ในการขุดมันสำปะหลังแม้ว่าออกแบบให้หัวขุดมีความกว้างของการขุด 1 เมตร แต่เมื่อนำมาใช้ในการขุดมันสำปะหลังที่มีระยะห่างระหว่างแถวน้อยกว่า 1 เมตร (0.67 เมตร) เมื่อเครื่องทำงานในแถวต่อไปมีค่าในระหว่างแถวถูกขุดซ้ำ ค่าดังกล่าวคือความกว้างของหัวขุดลบด้วยระยะระหว่างแถว จากการขุดซ้ำทำให้เพิ่มเวลาในการทำงานต่อพื้นที่ที่มีผลทำให้อัตราการทำงานเชิงพื้นที่ต่ำ ในทางตรงกันข้าม เมื่อระยะห่างแถวแปลงที่มีระยะห่างแถวเฉลี่ยมีค่ามาก (แปลงที่ 2) กว้างของหัวขุด ในการขุดแถวต่อไปมีค่าในระหว่างแถวไม่ถูกขุด ค่าดังกล่าวคือระยะห่างแถวลบความกว้างของหัวขุด ทำให้ใช้เวลาน้อยในการทำงานต่อพื้นที่ มีผลให้อัตราการทำงานเชิง

พื้นที่มีค่ามากขึ้น เมื่อพิจารณาขนาดของแปลงที่ทดสอบแปลงที่ 1 (10 X 30 ตารางเมตร) มีลักษณะสั้นกว่าแปลงที่ 2 (10 X 40 ตารางเมตร) แปลงลักษณะสั้น ความต่อเนื่องในการขุดจะน้อยกว่าแปลงที่มีลักษณะยาว กล่าวคือต้องใช้เวลาในการเลี้ยวรถแทรกเตอร์มากกว่า เมื่อแปลงที่ปลูกมีเงื่อนไข การปลูกเหมือนกันและขนาดพื้นที่เท่ากัน ผลของขนาดแปลงและระยะระหว่างแถว น่าจะมีผลทำให้อัตราการทำงานเชิงพื้นที่ของแปลงที่ 1 และแปลงที่ 2 มีค่าใกล้เคียงกัน แม้ว่าความเร็วที่ใช้ขุดของแปลงที่ 2 มีค่าน้อยกว่าความเร็วที่ใช้ขุดแปลงที่ 1 จากการที่ใช้ความเร็วของการขุดแปลงที่ 1 และแปลงที่ 2 เท่ากับ 24 และ 20.8 เมตรต่อนาที ทำให้ค่าความสามารถทางทฤษฎีของแปลงที่ 1 และ 2 เท่ากับ 0.90 และ 0.78 ไร่ต่อชั่วโมง จากการที่อัตราการทำงานเชิงพื้นที่ของแปลงที่ 2 (0.28 ไร่ต่อชั่วโมง) ใกล้เคียงกับแปลงที่ 1 (0.27 ไร่ต่อชั่วโมง) ในขณะที่ความสามารถทางทฤษฎีของแปลงที่ 2 (0.78 ไร่ต่อชั่วโมง) น้อยกว่าแปลงที่ 1 (0.90 ไร่ต่อชั่วโมง) ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ของแปลงที่ 2 (35.9 เปอร์เซ็นต์) มีค่ามากกว่าแปลงที่ 1 (30.0 เปอร์เซ็นต์)

การทดลองในแปลงที่ 1 และ 2 ได้อัตราการทำงานเชิงพื้นที่ที่มีค่าต่ำเนื่องจากการใช้ความเร็วของรถแทรกเตอร์ต่ำเกินไป ดังนั้นในการทดสอบแปลงที่ 3 และ 4 ได้ทดลองเพิ่มความเร็วของรถแทรกเตอร์มากขึ้น โดยการพิจารณาจากผลการทำงานได้เช่นเดียวกับกรณีทดสอบแปลงที่ 1 และแปลงที่ 2 ผลการทดสอบแปลงที่ 3 และ 4 ให้อัตราการทำงานเชิงพื้นที่เท่ากับ 0.60 และ 0.56 ไร่ต่อชั่วโมง เมื่อใช้ความเร็วของการขุดเท่ากับ 31.73 และ 28.53 เมตรต่อนาทีตามลำดับลักษณะของแปลงที่ 4 (10 X 80 ตารางเมตร) ยาวกว่าแปลงที่ 3 (22 X 60 ตารางเมตร) และระยะระหว่างแถวของแปลงที่ 4 (1.11 เมตร) มากกว่าแปลงที่ 3 (0.96 เมตร) ทำให้ประสิทธิภาพในการขุดของแปลงที่ 4 (52.8 เปอร์เซ็นต์) มีค่ามากกว่าแปลงที่ 3 (50.8 เปอร์เซ็นต์) แม้ว่าความสามารถเชิงทฤษฎีของแปลงที่ 4 (1.06 ไร่ต่อชั่วโมง) น้อยกว่าแปลงที่ 3 (1.18 ไร่ต่อชั่วโมง) ก็ตาม เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ ของแปลงที่ 3 และ 4 กับแปลง 1 และ 2 พบว่าแปลงที่ 3 และ 4 (50.8 และ 52.8 เปอร์เซ็นต์) มีค่ามากกว่าแปลงที่ 1 และ 2 (30.0 และ 35.8 เปอร์เซ็นต์) ทั้งนี้อาจเนื่องจากความยาวของแปลงมากกว่าทำให้การขุดกระทำได้อย่างต่อเนื่อง

ห้วงมันสำปะหลังที่ขุดได้ของแปลงที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 96, 75, 91 และ 96 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) จากผลที่ได้พบว่าแปลงที่ 1, 3 และ 4 ได้ผลการขุดที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เพราะสภาพดินใกล้เคียงกันคือเป็นดินร่วนปนทรายและการปลูกเป็นการปลูกแบบขกร่อง และพันธุ์มันสำปะหลังที่ปลูกเป็นพันธุ์เดียวกัน (พันธุ์พื้นเมือง) ส่วนแปลงที่ 2 การปลูก

ปลูกบนพื้นที่ราบไม่มีการขร่รง ฉะนั้นในการนำเครื่องเข้าไปขุดแปลงที่มีการปลูกแบบขร่รง เปอร์เซ็นต์การขุดได้โดยเครื่องจึงมีค่ามากกว่าแปลงที่ไม่มีการขร่รง แปลงที่ 2 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การขุดมันสำปะหลังได้เพียง 75 เปอร์เซ็นต์อาจเนื่องมาจากการปลูกบนพื้นที่ราบและดินที่ปลูกเป็นดินเหนียว ในแปลงที่ 2 หัวมันสำปะหลังถูกหัวขุดตัดหัวมันสำปะหลังขาดและหลงเหลืออยู่ในดินมากเนื่องจากการปลูกไม่ขร่รง นอกจากนั้นยังมีวัชพืชและต้นมันสำปะหลังที่ถูกตัดแล้วแต่ยังไม่ได้ขนออกจากพื้นที่ก็ขัดขวางการทำงานของเครื่องขุดมันสำปะหลัง ทำให้การควบคุมการทำงานของเครื่องขุดทำได้ยาก จึงทำให้การขุดมันสำปะหลังโดยเครื่องในแปลงที่ 2 ได้เปอร์เซ็นต์การขุดมันสำปะหลังได้ต่ำกว่าการขุดในสามแปลงที่กล่าวมาแล้วคือ แปลงที่ 1, 3 และ 4

เปอร์เซ็นต์การขาดและหลงเหลือในดินของหัวมันสำปะหลังที่ขุดโดยเครื่อง แปลงที่ 2 มีการขาดและหลงเหลือของหัวมันสำปะหลังสูงถึง 24 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าแปลงที่ 1, 3 และ 4 เพราะแปลงที่ 2 การปลูกบนพื้นที่ราบซึ่งไม่มีการขร่รง ฉะนั้นการนำเครื่องเข้าไปขุดมันสำปะหลังจะต้องกดให้หัวขุดมันสำปะหลังกดได้ลึกถึงบริเวณปลายราก ซึ่งลักษณะดังกล่าวเมื่อเครื่องทำงานดินที่ถูกขุดขึ้นมามีลักษณะเป็นก้อนโต ทำให้การแยกดินออกจากหัวมันสำปะหลังโดยโซ่ลำเลียงทำงานได้ไม่สะดวก การกีดขวางของต้นมันสำปะหลังที่ถูกตัดและไม่ได้ขนออกจากพื้นที่ และเศษวัชพืชทำให้ผลการขาดของหัวมันสำปะหลังในแปลงที่ 2 สูงกว่าแปลงที่ 1, 3 และ 4 ส่วนเปอร์เซ็นต์การขาดและหลงเหลือในดินในแปลงที่ 1, 3 และ 4 ได้ผลเท่ากับ 3.81, 9.58, และ 3.01 ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้รับมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากการปลูกแบบขร่รง และดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังเป็นดินชนิดเดียวกัน คือดินร่วนปนทราย ซึ่งลักษณะดินดังกล่าว ทำให้การขุดมันสำปะหลังทำได้ง่าย และสามารถแยกดินออกจากหัวมันสำปะหลังด้วยตะแกรงเหล็กโซ่ลำเลียงขึ้นได้ จากผลการทดสอบสมรรถนะของคนในแปลงที่ 1, 2, 3 และ 4 พบว่าความสามารถของคนในการตัดเหง้าเท่ากับ 0.061, 0.045, 0.056 และ 0.056 ไร่ต่อชั่วโมงตามลำดับ ความสามารถในการตัดและขนต้นมันสำปะหลังออกจากพื้นที่เท่ากับ 0.056, 0.054, 0.065 และ 0.061 ไร่ต่อชั่วโมงตามลำดับ

4.4.2 ผลการทดสอบการขุดมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคนในพื้นที่ต่างกัน

สภาพพื้นที่ของแปลงปลูกมันสำปะหลัง ดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังในแปลงที่ 2 เป็นดินเหนียว ส่วนแปลงที่ 1, 3 และ 4 เป็นดินร่วนปนทราย การปลูกในแปลงที่ 2 เป็นการปลูกบนพื้นที่ราบ ไม่มีการขร่รง ส่วนแปลงที่ 1, 3 และ 4 เป็นการปลูกแบบขร่รง

อายุมันสำปะหลังที่ทำการทดสอบ พบว่าอยู่ในช่วงอายุระหว่าง 9 ถึง 11 เดือน พันธุ์มันสำปะหลังที่ทำการทดสอบ ในแปลงที่ 2 เป็นพันธุ์ระยอง 90 ส่วนในแปลงที่ 1, 3 และ 4 เป็น

พันธุ์พื้นเมือง (ดังตารางที่ ๓1) ระยะระหว่างแถวในแปลงที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 0.67, 1.05, 0.96 และ 1.11 เมตรตามลำดับ (ดังตารางที่ 4.2) ระยะระหว่างต้นเฉลี่ยในแปลงที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 0.81, 0.95, 0.83 และ 0.97 เมตรตามลำดับ (ดังตารางที่ 4.2) ช่วงระยะเวลาที่ขุด แปลงที่ 1 ทำการทดสอบในเดือนกุมภาพันธ์ 2538 แปลงที่ 2 ทำการทดสอบในเดือนธันวาคม 2537 แปลงที่ 3 ทำการทดสอบ ในเดือน มีนาคม 2538 แปลงที่ 4 ทำการทดสอบในเดือน มีนาคม - เมษายน 2538 ขนาดพื้นที่ของแปลงที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 12 X 34, 5 X 10, 7 X 43 และ 12 X 40 เมตรตามลำดับหรือ(ดังตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการทำงานของคนในการขุดมันสำปะหลังในพื้นที่ต่างกัน 4 แปลง *

รายละเอียด	แปลงที่ 1	แปลงที่ 2	แปลงที่ 3	แปลงที่ 4
ขนาดพื้นที่ขุดมันสำปะหลัง กว้าง X ยาว (เมตร)	12 X 34	5 X 10	7 X 43	12 X 40
ระยะระหว่างแถวเฉลี่ย (เมตร)	0.67	1.05	0.96	1.11
ระยะระหว่างต้นเฉลี่ย (เมตร)	0.81	0.95	0.83	0.97
ลักษณะดิน	ดินร่วนปนทราย	ดินเหนียว	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนปนทราย
ความสามารถของคนในการขุดมันสำปะหลัง (ไร่/คน/ชั่วโมง)	0.041	0.035	0.046	0.038
ความสามารถของคนในการตัดเหง้า (ไร่/คน/ชั่วโมง)	0.061	0.045	0.056	0.056
เปอร์เซ็นต์หัวมันสำปะหลังที่ขุดได้ด้วยคน (%)	89.2	87.7	92.9	93.1
เปอร์เซ็นต์หัวมันสำปะหลังที่ขาดและหลงเหลือในดิน (%)	10.8	16.3	7.1	6.9

*แปลงที่ 1 ที่ตำบลท่าพระ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

แปลงที่ 2 ที่ตำบลภูเงิน อำเภอกันทรลักษ์ จังหวัดศรีสะเกษ

แปลงที่ 3 ที่ตำบลลาดนาเพียง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

แปลงที่ 4 ที่ตำบลบ้านค้อ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

จากผลการทดสอบ สมรรถนะของคนในแปลงที่ 1, 2, 3 และ 4 พบว่า ความสามารถในการขุดมันสำปะหลังได้โดยใช้แรงงานคนมีค่าเท่ากับ 0.041, 0.035, 0.046 และ 0.038 ไร่ต่อชั่วโมงตามลำดับ ความสามารถของคนในการตัดเหง้าเท่ากับ 0.061, 0.045, 0.056 และ 0.056 ไร่ต่อชั่วโมงตามลำดับ

รายละเอียดการทดสอบสมรรถนะ การขุดมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคนในพื้นที่ต่างกัน 4 แปลง แสดงดังตารางภาคผนวก ๓ 1 ผลการทดสอบหาเปอร์เซ็นต์ของหัวมันสำปะหลังที่ขุดได้ในแปลงที่ 1, 2, 3 และ 4 ได้ผลเท่ากับ 89.2, 87.7, 92.9 และ 93.1 ตามลำดับ จากผลที่ได้พบว่าในแปลงที่ 2 ได้ค่าเปอร์เซ็นต์การขุดน้อยกว่าแปลงที่ 1, 3 และ 4 เพราะดินที่ปลูกเป็นดิน

เหนียว การขุดมันสำปะหลังโดยคนทำการทดสอบช่วง เดือนธันวาคม ความแข็งของดิน ที่ระดับ 10 และ 20 เซนติเมตร เท่ากับ 7.49 และ 12.05 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ความชื้นของดินที่ระดับ 10 และ 20 เซนติเมตร เท่ากับ 21.44 และ 18.31 เปอร์เซ็นต์ (ตารางภาคผนวก ค 1) การปลูกมันสำปะหลังในดินเหนียว และปลูกแบบไม่ยกร่อง หากทำการขุดในฤดูแล้ง จะมีหัวมันสำปะหลังขาดและหลงเหลืออยู่ภายในดินสูง ส่วนเปอร์เซ็นต์การขุดมันสำปะหลังได้ในแปลงที่ 1 , 3 และ 4 มีเปอร์เซ็นต์ขุดได้ใกล้เคียงกัน เนื่องจากดินที่ปลูกเป็นดินชนิดเดียวกัน คือดินร่วนปนทราย และการปลูกเป็นแบบยกร่อง

เปอร์เซ็นต์ขาด และหลงเหลือในดิน ของหัวมันสำปะหลังที่ขุดได้ โดยคนในแปลงที่ 1 , 2 , 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 10.8 , 16.3 , 7.1 และ 6.9 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) แปลงที่มีเปอร์เซ็นต์การขาดสูงคือแปลงที่ 2 เนื่องจากแปลงปลูกเป็นดินเหนียว ทำให้การขุดหัวมันสำปะหลังไม่สะดวก เนื่องจากดินแข็งมาก (ความแข็งของดินที่ระดับ 10 และ 20 เซนติเมตรเท่ากับ 7.49 และ 12.05 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) การปลูกมันสำปะหลังบนพื้นที่ราบ ไม่มีการยกร่อง ซึ่งลักษณะการแพร่กระจาย ของหัวมันสำปะหลังจะไม่ดีเหมือนการปลูกแบบยกร่อง เปอร์เซ็นต์การขาดและหลงเหลือในดินของแปลงที่ 1 , 3 และ 4 มีค่าใกล้เคียงกันคือ 10.8, 7.1 และ 6.9 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เพราะอาจจะปลูกบนดินชนิดเดียวกัน และการปลูก เป็นการปลูกแบบยกร่อง

4.4.3 การเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของเครื่องกับคน

จากผลการทดสอบที่กล่าวมาแล้ว อัตราการทำงานเชิงพื้นที่ของเครื่องในพื้นที่แตกต่างกัน 4 แปลงคือแปลงที่ 1 , 2 , 3 และ 4 ได้ผลเท่ากับ 0.27 , 0.28 , 0.60 และ 0.56 ไร่ต่อชั่วโมง (ตารางที่ 4.1) ความสามารถของคนในการขุดมันสำปะหลัง , การตัดเหง้า , การตัดมันสำปะหลัง และขนออกจากพื้นที่ ความสามารถในการตัดเหง้าเท่ากับ 0.061 , 0.045 , 0.056 และ 0.056 ไร่ต่อชั่วโมงตามลำดับ (ดังตารางที่ 4.2)

เปอร์เซ็นต์การขุดมันสำปะหลังได้โดยเครื่อง ของแปลงมันสำปะหลัง แปลงที่ 1 , 2 , 3 และ 4 เท่ากับ 96.19 , 75.27 , 91.42 และ 96.99 เปอร์เซ็นต์การขุดมันสำปะหลังได้โดยคน แปลงที่ 1 , 2 , 3 และ 4 เท่ากับ 89.2 , 87.7 , 92.9 และ 93.1 เปอร์เซ็นต์การขาดและหลงเหลือในดิน ที่ขุดโดยเครื่องของแปลงที่ 1 , 2 , 3 และ 4 เท่ากับ 3.81 , 24.73 , 9.58 และ 3.01 ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การขาดและหลงเหลือในดิน ที่ขุดโดยใช้แรงงานคนของแปลงที่ 1 , 2 , 3 และ 4 เท่ากับ 10.8 , 16.3 , 7.1 และ 6.9 ตามลำดับ ความสามารถในการตัดต้นและขนออกจากพื้นที่ เท่ากับ 0.056 , 0.054 , 0.065 และ 0.061 ไร่/คน/ชั่วโมงตามลำดับ