

วิจัยและพัฒนาเครื่องลำเลียงผลสับปะรดพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์
Research and Development of a Pineapple Boom Harvester
Attached to a Four-Wheel Tractor

ขนิษฐ หว่านณรงค์ อัศพล เสนาณรงค์ อานนท์ สายคำฟู สุชาติ สุขนิยม
Khanit Wannaronk Akkapol Senanarong Amon Saicomfu Suchat Sukniyom

คำสำคัญ (keywords) : เครื่องลำเลียงผลสับปะรด การเก็บเกี่ยวสับปะรด รถแทรกเตอร์

Keywords : Pineapple boom harvester, Harvesting pineapple, Tractor

บทคัดย่อ

เครื่องลำเลียงผลสับประดียวาว 12 เมตร ลากพ่วงโดยรถแทรกเตอร์ขนาด 80 แรงม้า ถูกออกแบบมาเพื่อช่วยลดเวลาในการลำเลียงผลสับประดอกจากแปลงปลูก โดยคนเก็บสับประดจะยืนเรียงแถวหน้ากระดานเพื่อตัดสับประดและวางบนสายพานลำเลียง สับประดจะถูกลำเลียงมาลงในกระบะที่อยู่ด้านหลังรถแทรกเตอร์ เครื่องต้นแบบประกอบด้วยโครงสร้างหลัก ลักษณะคล้ายรถเทรลเลอร์ 4 ล้อ ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ ซึ่งใช้วางกระบะขนาด 1x2x0.6 เมตร (กว้างxยาวxสูง) สำหรับบรรจุผลสับประด และโครงสร้างสำหรับติดตั้งสายพานลำเลียงขนาด 0.3x12x0.3 เมตร (กว้างxยาวxสูง) ซึ่งต่อเข้ากับโครงสร้างหลักโดยใช้สลิงยึด สายพานลำเลียงขนาดกว้าง 10 นิ้ว ใช้ไฮดรอลิกมอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนสายพาน ความเร็วเชิงเส้นของสายพานประมาณ 0.5 เมตร/วินาที เครื่องต้นแบบสามารถพับขณะเดินทาง และยึดออกเพื่อทำงานในแปลงสับประด อีกทั้งยังสามารถทำงานในแปลงซึ่งมีลักษณะเป็นเนินเขาและไหล่เขาได้ โดยใช้ไฮดรอลิกมอเตอร์ขับเคลื่อน

จากการทดสอบในแปลงสับประด จ. ประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งวางผังปลูกสับประดแบบโรงงาน คือแถวของต้นสับประดยาวขนานกับถนนในแปลง คนเก็บสับประดสามารถเดินไปตามร่องปลูกตามการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ได้ ใช้แรงงานคนเก็บผลสับประด 11 คน พบว่า ความสามารถการทำงานเฉลี่ย 2.10 ไร่/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย 77.01% อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 0.67 ลิตร/ไร่ จากการทดสอบในแปลงปลูกสับประดที่วางผังปลูกแบบเกษตรกร คือแถวของต้นสับประดตั้งฉากกับถนนในแปลง คนเก็บสับประดต้องเดินข้ามร่องปลูกเพื่อเก็บสับประดตามแนวการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ ใช้แรงงานคนเก็บผลสับประด 5 คน พบว่า ความสามารถการทำงาน 0.81 ไร่/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงาน 89.47% อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 1.14 ลิตร/ไร่

Abstract

A 12-m pineapple boom harvester attached to a 4-wheel tractor was researched and developed in order to convince timeliness of pineapple harvesting process. By using this prototype, the worker decrown and place the pineapple on a conveyor boom which extends across the rows and carries the fruits to a container. The main frame was designed to be a trailer with 4 tires attached to a 4-wheel tractor. A 1x2x0.6 m (WxLxH) pineapple container established on the main frame. The boom harvester structure was size 0.3x12x0.3 m (WxLxH). It was connected to the main frame by iron slings. The 10-inch belt conveyor was driven by a hydraulic motor at driven speed of 0.5 m/s. The prototype can be kept while transporting and stretched while working. Moreover it can be work in slope area by using a hydraulic motor for lifting boom harvester structure according to slope land.

Testing were conducted in pineapple field at Prachuapkhirikhan Province. Testing results in industry pineapple plant pattern which planted along with the road in the field. It was found that average field capacity was 2.10 rai/h, field efficiency was 77.01%, fuel consumption was 0.67 lit/rai by using 11 workers for harvesting. Testing results in normal pineapple plant pattern which plant perpendicular with the road in the field. It was found that the field capacity were 0.81 rai/h, field efficiency was 89.47%, fuel consumption was 1.14 lit/rai by using 5 workers for harvesting.

บทนำ

สับปะรดนับเป็นพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจ ประเทศไทยมีพื้นที่ผลิตสับปะรด 619,020 ไร่ คิดเป็นผลผลิตประมาณ 2.076 ล้านตันต่อปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) ในปี 2555 ประเทศไทยผลิตสับปะรดมากเป็นอันดับหนึ่งของโลก และส่งออกสับปะรดสดกระป๋องมากเป็นอันดับหนึ่งของโลกประมาณ 0.64 ล้านตัน ซึ่งคิดเป็นมูลค่าราว 22,000 ล้านบาท (FAO, 2014)

การปลูกสับปะรดในประเทศไทย ส่วนใหญ่จะเป็นการใช้แรงงานในการดำเนินงานเกือบทั้งหมด ยกเว้นขั้นตอนการเตรียมดินซึ่งใช้รถแทรกเตอร์ติดพลาจัน ส่วนการใส่ปุ๋ย การขนย้ายหน่อสับปะรด การปลูก การเก็บเกี่ยว ล้วนแต่ใช้แรงงานในการดำเนินงานซึ่งเสียเวลาและสิ้นเปลืองแรงงานค่อนข้างมาก ปัจจุบันแรงงานในภาคการเกษตรมีจำนวนลดลง และค่าแรงมีแนวโน้มเพิ่มสูงมากขึ้น ค่าแรงงานต่างๆในขั้นตอนการผลิตสับปะรดคิดเป็น 37% ของต้นทุนค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผลิตสับปะรด โดยคิดเป็นต้นทุนค่าแรงงานในการเก็บเกี่ยวสับปะรดถึง 65% ของต้นทุนค่าแรงทั้งหมด ต้นทุนค่าแรงงานปลูก 9% และต้นทุนค่าแรงงานในการเตรียมดิน 8% (Seree, 1998)

การเก็บเกี่ยวสับปะรดในปัจจุบันยังต้องใช้แรงงานคน เนื่องจากสับปะรดจะสุกแก่ไม่พร้อมกันต้องใช้คนพิจารณาเลือกตัดลูกที่สุก และไว้หน่อสำหรับรุ่นต่อไป เกษตรกรจะตัดสับปะรดและใส่ไว้ในกระสอบหรือเข่งจนเต็ม แล้วนำไปเทกองเป็นกลุ่มบริเวณริมถนนในแปลง (รูปที่ 3)

จากนั้นรถบรรทุกจะวิ่งเข้าไปเก็บขึ้นรถ สับปะรดจะถูกจัดเรียงบนรถบรรทุกให้แน่น เพื่อป้องกันการกระทบกระเทือนกันระหว่างขนส่ง บางพื้นที่จะตัดและกองไว้ในแปลงเป็นกลุ่มๆ และมีคนแบกออกมาจากแปลงไปที่รถบรรทุกอีกที เนื่องจากไม่มีรถบรรทุกหรือรถไถเดินตามซึ่งสามารถเข้าไปเก็บผลผลิตในแปลงสับปะรดได้ ทำให้เสียเวลาและค่าแรงงานมาก



รูปที่ 3 การเก็บเกี่ยวและขนย้ายสับปะรดออกจากแปลง

ในต่างประเทศที่มีแปลงปลูกสับปะรดขนาดใหญ่ จะมีเครื่องมือที่ช่วยทำให้กระบวนการลำเลียงสับปะรดออกจากแปลงทำได้เร็วขึ้น โดยการใช้ระบบลำเลียงติดกับโครงเหล็กซึ่งสามารถยื่นเข้าไปในแปลง เพื่อให้คนที่ตัดสับปะรดสามารถตัดสับปะรดใส่ในสายพานลำเลียงและถูกลำเลียงขึ้นรถบรรทุก ในประเทศไทยมีการนำเข้าเครื่องจักรกลดังกล่าวมาใช้เฉพาะในแปลงขนาดใหญ่ของบริษัทผู้ผลิตสับปะรดแปรรูปเท่านั้น เนื่องจากมีราคาแพงและมีเทคโนโลยีที่ซับซ้อน รูปที่ 4 แสดงเครื่องลำเลียงผลสับปะรดของโรงงานแปรรูปสับปะรด

สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมจึงได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องลำเลียงสับปะรดที่สามารถช่วยให้กระบวนการลำเลียงสับปะรดจากแปลงขึ้นบนรถบรรทุกทำได้เร็วขึ้น จะทำให้การขนย้ายสับปะรดในแปลงทำได้เร็วขึ้น ประหยัดแรงงาน และช่วยลดต้นทุนการผลิตสับปะรดลงได้



รูปที่ 4 เครื่องลำเลียงผลสับปะรดของโรงงานแปรรูปสับปะรด

การทบทวนวรรณกรรม

1.1 การปลูกสับปะรด

สับปะรดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจำพวกไม้เนื้ออ่อนที่มีอายุหลายปี สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี ปลูกได้ในดินแทบทุกแห่งในประเทศไทย มีช่อดอกที่ส่วนยอดของลำต้น ซึ่งเมื่อเจริญเป็นผลแล้วจะเจริญต่อไปโดยตาที่ลำต้น จะเติบโตเป็นต้นใหม่ได้อีก

พันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทยแบ่งออกได้เป็น 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ปัตตาเวีย พันธุ์อินทรีชิต พันธุ์ขาว พันธุ์ภูเก็ตหรือสวี และพันธุ์นางแลหรือน้ำผึ้ง สับปะรดที่ปลูกเพื่อส่งโรงงานอุตสาหกรรม คือ พันธุ์ปัตตาเวีย พันธุ์นี้รู้จักแพร่หลายในนามสับปะรดศรีราชา แหล่งปลูกที่สำคัญคือจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชลบุรี เพชรบุรี ลำปาง และนิยมปลูกกันทั่วไปเพื่อขายผลสด เพราะมีรสหวานฉ่ำมีน้ำมาก น้ำหนักผลอยู่ระหว่าง 2-6 กิโลกรัม แต่โดยปกติทั่วไปประมาณ 2.5 กิโลกรัม เปลือกผลเมื่อดิบสีเขียวคล้ำ เมื่อแก่จัดจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้มทางด้านล่างของผลประมาณครึ่งผล ก้านผลสั้น มีไส้ใหญ่เนื้อเหลืองอ่อนแต่จะเปลี่ยนเป็นสีเข้มในฤดูร้อน รสชาติดี

ในประเทศไทยสามารถปลูกสับปะรดได้เกือบตลอดปี ยกเว้นช่วงฝนตกหนักติดต่อกันหลายวันเพราะจะเกิดโรคน้ำ การปลูกเพื่อขายผลสดมักใช้ระยะต้นในแถวคู่ห่างกัน 25-30 เซนติเมตร ระยะแถว 50 เซนติเมตร เว้นทางเดินระหว่างแถวกว้าง 100 เซนติเมตร ใช้หน่อพันธุ์ 7,000-8,000 หน่อต่อไร่ หรือใช้ระยะต้นในแถวคู่ห่างกัน 25-30 เซนติเมตร ระยะแถว 60 เซนติเมตร เว้นทางเดินระหว่างแถวกว้าง 90 เซนติเมตร ใช้หน่อพันธุ์ 6,000-7,000 หน่อต่อไร่ การปลูกเพื่อส่งโรงงานบรรจุกระป๋อง จะรัน

ระยะปลูกและเพิ่มจำนวนหน่อพันธุ์ที่ใช้ปลูกให้มากขึ้นเป็นการจำกัดขนาดของผลไม้ใหญ่เกินไป และไม่ให้มีส่วนเกินที่ไร้ประโยชน์เพิ่มขึ้น คือ ใช้ระยะต้นในแถวคู่ห่างกัน 22 เซนติเมตร ระยะแถว 45 เซนติเมตร เว้นทางเดินระหว่างแถวกว้าง 75 เซนติเมตร ซึ่งต้องใช้หน่อพันธุ์มากถึง 12,000-13,000 หน่อต่อไร่ (นิรนาม, 2553)

1.2 การเก็บเกี่ยวสับปะรด

ในประเทศไทยการปลูกสับปะรดสามารถทำได้เกือบตลอดปี ดังนั้นการเก็บผลสับปะรดก็สามารถทำได้เกือบตลอดทั้งปีเช่นกัน แต่ที่สับปะรดให้ผลชุกที่สุดมี 2 ช่วง คือ ช่วงสับปะรดปี ซึ่งจะเก็บผลได้มากกว่าสับปะรดทะวายประมาณ 3 เท่า ช่วงนี้จะอยู่ระหว่างเดือนเมษายนถึงมิถุนายน และช่วงสับปะรดทะวายซึ่งออกในเดือนตุลาคมถึงธันวาคม

การเก็บผลเพื่อบริโภคผลสด ใช้มีดตัดที่ก้านผลให้เหลือข้อติดผลไว้บ้างและคงให้มีจุดติดอยู่กับผลเพื่อป้องกันการเน่าของผล อันเนื่องจาก ผลที่เกิดจากการปลิดจุกหรือข้อผลออก หลังจากตัดผลแล้วให้ใช้มีดฟันใบต้น เดิมออกเสียบ้าง เพื่อให้หน่อได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่ และเหลือหน่อดินไว้แทนต้นเดิม 1-2 หน่อเท่านั้น ส่วนหน่อที่เหลือก็ขุดหรือปลิดออกจากต้นนำไปปลูกขยายเนื้อที่หรือจำหน่าย ต่อไปได้ พันธุ์ภูเก็ต จะนิยมปลิดจุกตั้งแต่ผลมีอายุประมาณ 2 เดือน ส่วนพันธุ์อินทรีชิต และพันธุ์ขาว จะตัดจุกทิ้งประมาณ 1/2 ส่วน ในเวลาที่เก็บผลจำหน่าย

การเก็บผลเพื่อส่งโรงงานอุตสาหกรรม ก็จะปลิดผลออกจากก้านเท่านั้น หรืออาจจะปลิดจุกออกด้วย ลักษณะของผลสับปะรดที่โรงงานต้องการคือผลต้องไม่แก่จัดเกินไป ผลทรงกระบอกแกนเล็ก เส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 4-6 นิ้ว หรือมีน้ำหนักผลอยู่ระหว่าง 0.8-3.0 กิโลกรัม ลักษณะผลเช่นนี้จะได้ราคาดี

การเก็บผลสับปะรดให้ได้คุณภาพดีควรเก็บ 3 ครั้ง โดยครั้งแรก จะเก็บได้ประมาณ 20-25% ของผลทั้งหมดในแปลง ครั้งที่สอง เก็บหลังจากครั้งแรกประมาณ 5 วัน จะเก็บได้ประมาณ 40-60% ของผลทั้งหมด ครั้งสุดท้าย เก็บหลังจากครั้งที่สองประมาณ 5-7 วัน โดยเก็บผลที่เหลือทั้งหมด (นิรนาม, 2553)

1.3 เครื่องมือลำเลียงสับปะรดของต่างประเทศ (Pineapple boom harvester)

ในต่างประเทศแปลงสับปะรดขนาดใหญ่มีการใช้เครื่องมือลำเลียงสับปะรด (รูปที่ 5) โดยใช้สายพานลำเลียงพร้อมโครงสร้างยื่นเข้าไปในแปลง โดยมีคนตัดสับปะรดยื่นเรียงตามแถวปลูก เพื่อตัดผลสับปะรดและวางบนสายพานลำเลียง สับปะรดจะถูกลำเลียงไปบนสายพานลงสู่รถบรรทุกใหญ่



รูปที่ 5 เครื่องลำเลียงสำหรับสับปรดของต่างประเทศ
ที่มา: www.bathurst.co.za/Pineapples.htm

ระเบียบวิธีการวิจัย

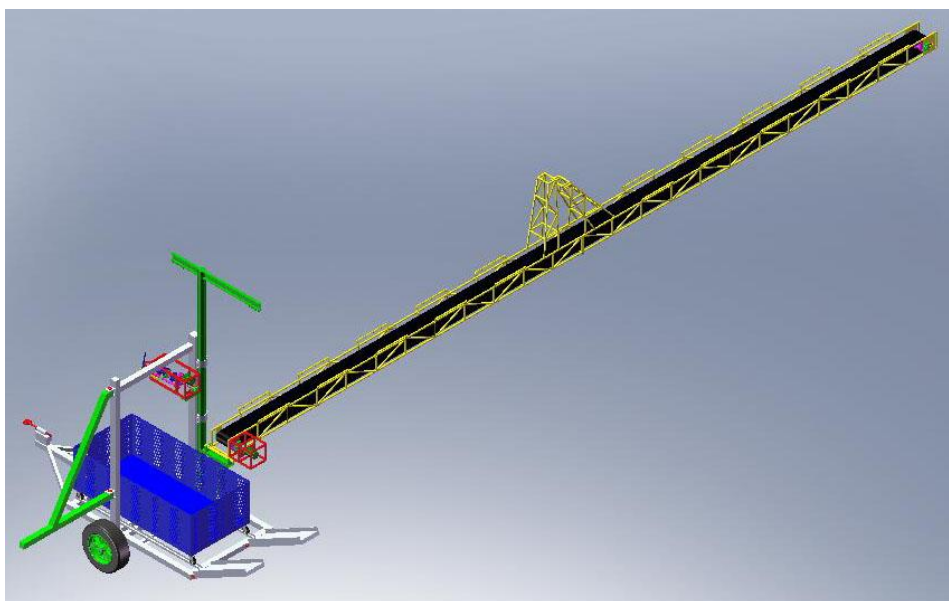
เครื่องลำเลียงผลสับปรดติดพวงรถแทรกเตอร์ได้ถูกออกแบบ สร้าง และทดสอบ ในช่วง ตุลาคม 2554 - กันยายน 2556 รวม 2 ปี โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้ ตรวจสอบเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อออกแบบเครื่องต้นแบบ ดำเนินการสร้างต้นแบบ และทดสอบการทำงานเบื้องต้นจนได้แบบที่เหมาะสม จากนั้นจึงทดสอบการทำงานจริงในสนาม เพื่อหาความสามารถการทำงาน ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ และการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ตามวิธีของ RNAM Test Code (Anon, 1995) จากนั้นจึงวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบ และวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การออกแบบและการทดสอบการทำงานเบื้องต้น

1.1 การออกแบบต้นแบบที่ 1

ได้ออกแบบเครื่องลำเลียงผลสับปะรดสำหรับเกษตรกรรายย่อย (รูปที่ 6) โดยมีโครงสร้างหลักติดพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาด 80 แรงม้า (ตารางผนวก 1-ก) และโครงสร้างสำหรับติดตั้งสายพานลำเลียง ซึ่งจะต่อกับโครงสร้างหลักโดยลวดสลิง โครงสร้างสายพานยื่นเข้าไปในแปลงสับปะรด 12 เมตร หลักการทำงานคือ คนเก็บสับปะรดจะยืนแถวหน้ากระดานตลอดความยาวสายพาน สับปะรดที่ถูกตัดแล้วจะถูกวางบนสายพาน และถูกลำเลียงเข้ามาใส่ในกระบะที่อยู่บนโครงสร้างหลัก เมื่อบรรจุสับปะรดจนเต็ม กระบะจะถูกเข็นลงและวางกระบะใหม่แทนที่ โครงสร้างสำหรับติดตั้งสายพานลำเลียงถูกออกแบบให้สามารถพับเก็บได้ขณะเดินทาง และยืดออกเพื่อทำงานในแปลงได้โดยใช้ไฮดรอลิกมอเตอร์ขับเคลื่อนด้วยน้ำมัน



รูปที่ 6 แบบของเครื่องลำเลียงผลสับปะรด

ต้นแบบที่ 1 ประกอบด้วย

1. โครงสร้างหลักออกแบบเป็นรถเทรลเลอร์ 2 ล้อ มีพื้นที่สำหรับวางกระบะขนาด 1x2x0.6 เมตร (กว้างxยาวxสูง) เพื่อใช้บรรจุผลสับปะรด
2. โครงสร้างสายพานลำเลียง ใช้ไฮดรอลิกมอเตอร์ขนาด 160 ซีซี/รอบ เป็นตัวขับเคลื่อนสายพาน ข้อมูลทางเทคนิคของไฮดรอลิกมอเตอร์ ดังแสดงในตารางผนวก 1-ข ใช้

สายพานลำเลียงหน้ากว้าง 10 นิ้ว หนา 2 ชั้น คำนวณความเร็วเชิงเส้นของสายพาน 0.5 เมตร/วินาที ใช้ไฮดรอลิกมอเตอร์ขนาด 250 ซีซี/รอบ เป็นตัวขับเคลื่อนผ่านเกียร์สลิง เพื่อให้โครงสร้างสายพานสามารถพับเก็บได้ขณะเดินทาง

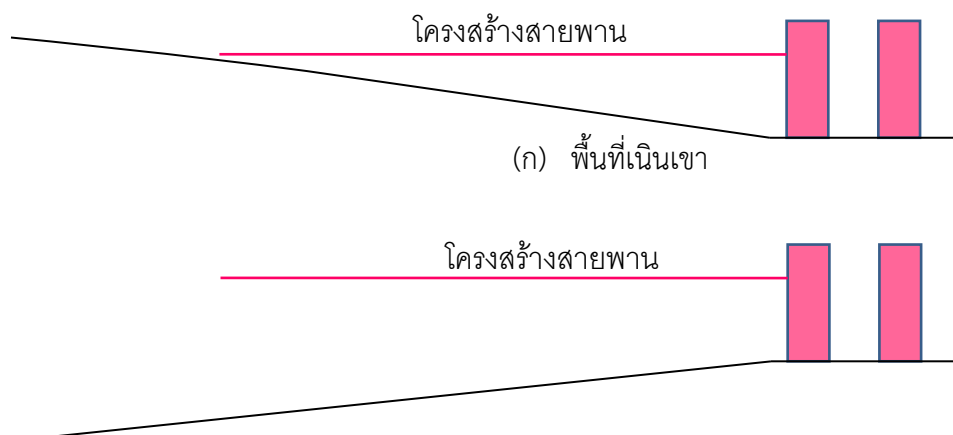
3. ชุดถ่วงน้ำหนักเพื่อให้โครงสร้างสายพานสมดุล โดยใช้ก้อนซีเมนต์น้ำหนักรวม 560 กิโลกรัม

จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่า เครื่องต้นแบบสามารถทำงานวิ่งในแปลงที่มีสภาพพื้นที่เรียบได้ดี โดยเครื่องมีความสมดุลผู้ขับรถแทรกเตอร์สามารถควบคุมรถแทรกเตอร์ได้ โดยใช้ความเร็วรถแทรกเตอร์ต่ำสุดประมาณ 0.14 เมตร/วินาที อย่างไรก็ตามยังพบข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบซึ่งต้องดำเนินการแก้ไข ดังนี้

1. เครื่องต้นแบบค่อนข้างสั่นสะเทือนมากขณะวิ่งในพื้นที่ขรุขระ เนื่องจากโครงสร้างสายพานซึ่งยาวมาก
2. โครงสร้างสายพานไม่สามารถปรับสูง-ต่ำได้ ทำให้เมื่อทำงานบนแปลงที่มีสภาพเป็นเนินเขา ปลายของโครงสร้างสายพานจึงชนกับต้นสับปะรด (รูปที่ 7) และถ้าทำงานในที่ไหล่เขา ปลายของโครงสร้างสายพานจะสูงเกินไป สำหรับคนเก็บผลสับปะรดที่ยืนอยู่ ปลายโครงสร้างสายพาน รูปที่ 8 แสดงรูปถ่ายสายปัญหาที่พบในการทำงานของเครื่องต้นแบบในสภาพพื้นที่ต่างกัน



รูปที่ 7 การทดสอบเบื้องต้นพบปัญหาการทำงานบนพื้นที่เนินเขา



(ข) พื้นไหลเขา

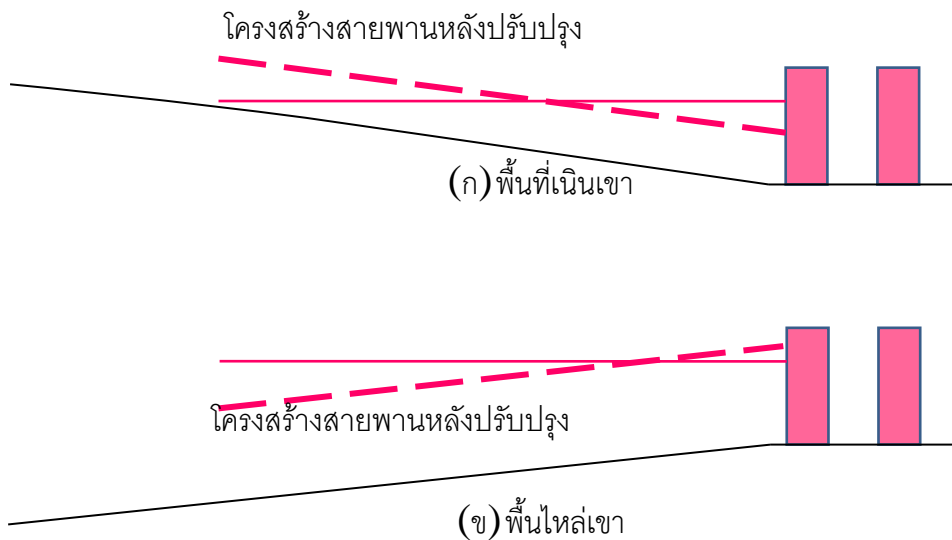
รูปที่ 8 ไลน์แสดงปัญหาที่พบในการทำงานของเครื่องต้นแบบในสภาพพื้นที่ต่างกัน

1.2 การออกแบบต้นแบบที่ 2

จากปัญหาที่พบ ได้ทำการออกแบบแก้ไขต้นแบบใหม่ ดังนี้

1. ได้แก้ไขส่วนโครงสร้างหลักจาก 2 ล้อเป็น 4 ล้อ เพื่อให้โครงสร้างหลักมีความมั่นคงลดการสั่นสะเทือนของโครงสร้างสายพาน
2. ได้เพิ่มกลไกให้เครื่องต้นแบบสามารถทำงานในพื้นที่เอียงได้หรือบนเนินเขาได้ โดยเครื่องต้นแบบสามารถยกขึ้น-ลงเพื่อไม่ให้โครงสร้างสายพานไปโดนต้นสับปรดได้ ใช้ไฮดรอลิก มอเตอร์ขนาด 250 ซีซี/รอบ จำนวน 1 ตัว สำหรับขับเคลื่อนสลิงเพื่อยกโครงสร้างสายพาน ขึ้น-ลง เมื่อทำงานในพื้นที่เนินเขา รูปที่ 9 แสดงรูปไลน์ของโครงสร้างสายพานหลังปรับปรุงในสภาพพื้นที่ต่างกัน

จากการแก้ไขต้นแบบและนำไปทดสอบการวิ่งในแปลงอีกครั้ง พบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานวิ่งในแปลงได้ดี ทั้งในพื้นที่ที่เป็นเนินเขา และไหลเขา รูปที่ 10 แสดงเครื่องลำเลียงผลสับปรดขณะเดินทาง รูปที่ 11 แสดงเครื่องลำเลียงผลสับปรดขณะทำงาน และรูปที่ 12 แสดงเครื่องลำเลียงผลสับปรดขณะทำงานบนพื้นที่เชิงเขา



รูปที่ 9 ไลน์แสดงโครงสร้างสายพานหลังปรับปรุงในสภาพพื้นที่ต่างกัน



รูปที่ 10 เครื่องลำเลียงผลสับประดขณะเดินทาง



รูปที่ 11 เครื่องลำเลียงผลสับประดขณะทำงาน

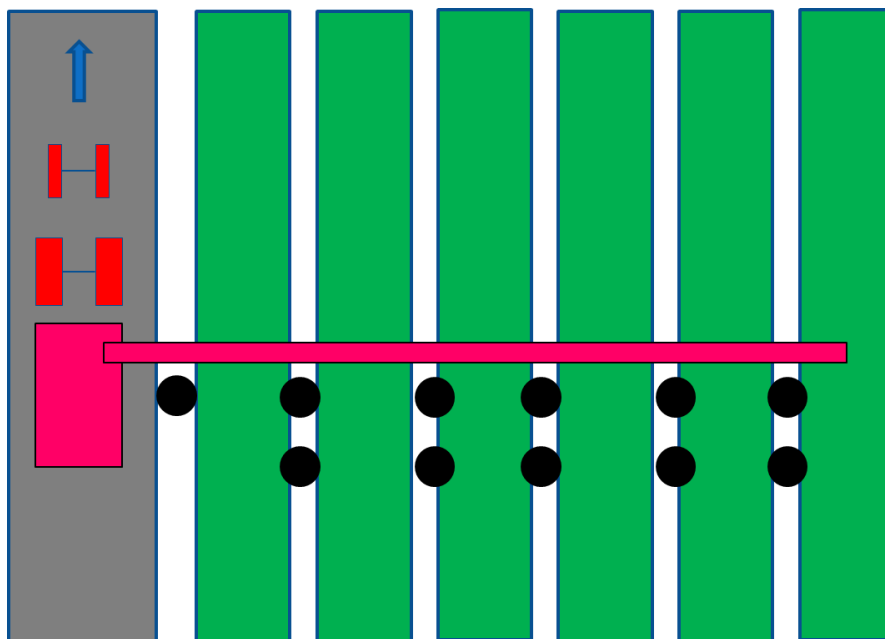


รูปที่ 12 เครื่องลำเลียงผลสับประดขณะทำงานบนพื้นที่เนินเขา

2. การทดสอบการทำงาน

2.1 ทดสอบในแปลงสับประรดที่วางผังปลูกแบบโรงงาน

ได้นำเครื่องต้นแบบไปทดสอบเก็บสับประรด ในแปลงปลูกสับประรดที่วางผังปลูกแบบโรงงานที่ อ. ห้วยมงคล จ. ประจวบคีรีขันธ์ โดยเป็นแปลงที่ปลูกต้นสับประรดยาวนานกับถนนในแปลง คนเก็บสับประรดสามารถเดินเก็บไปตามร่องปลูกตามการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ได้ (รูปที่ 13) ใช้รถแทรกเตอร์ยี่ห้อแลนด์โรว์รุ่น 8860 ขนาด 80 แรงม้า เป็นต้นกำลัง (ตารางผนวก-ก) ใช้ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ต่ำสุดที่เกียร์ 1 Low และขณะทดสอบต้องมีการหยุดรอเพื่อให้คนงานเก็บผลสับประรดได้ทัน แปลงสับประรดที่ทำการทดสอบเป็นการเก็บครั้งที่ 4 ในรอบปี ซึ่งจะมีสับประรดประมาณ 1 ตัน/ไร่ ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบในแปลงทดสอบดังแสดงใน ตารางที่ 1



รูปที่ 13 เครื่องลำเลียงผลสับประรดขณะทำงานในแปลงสับประรดแบบโรงงาน (ด้านหน้า)

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบเครื่องต้นแบบในแปลงทดสอบ

	แปลงที่ 1	แปลงที่ 2	แปลงที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ความสามารถการทำงาน (ไร่/ชั่วโมง)	2.42	2.15	1.74	2.10
ประสิทธิภาพการทำงาน (%)	76.42	69.71	84.91	77.01
การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่)	0.58	0.69	0.75	0.67

จากการทดสอบการทำงานจริง พบว่าเครื่องลำเลียงผลสับประรดมีความสามารถการทำงานเฉลี่ย 2.10 ไร่/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย 77.01% อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

เฉลี่ย 0.67 ลิตร/ไร่ ใช้แรงงานคนเก็บผลสับปะรด 11 คน รูปที่ 14 และ 15 แสดงเครื่องลำเลียงผลสับปะรดขณะทำงานในแปลงสับปะรดแบบโรงงาน ด้านหน้าและด้านหลัง



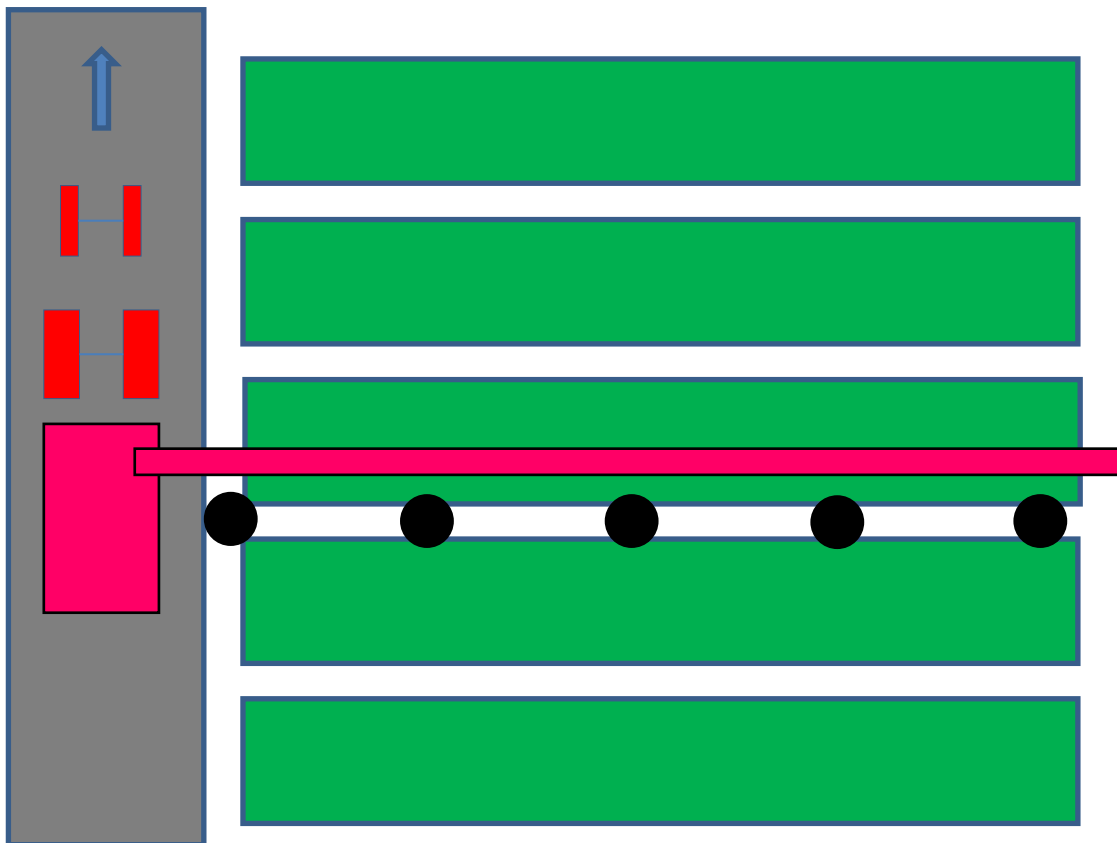
รูปที่ 14 เครื่องลำเลียงผลสับปะรดขณะทำงานในแปลงสับปะรดแบบโรงงาน (ด้านหน้า)



รูปที่ 15 เครื่องลำเลียงผลสับปะรดขณะทำงานในแปลงสับปะรดแบบโรงงาน (ด้านหลัง)

3.1 ทดสอบในแปลงที่วางผังปลูกแบบเกษตรกร

ได้นำเครื่องต้นแบบไปเก็บสับปรดในแปลงปลูกสับปรดที่วางผังปลูกแบบเกษตรกร กล่าวคือแถวของต้นสับปรดตั้งฉากกับถนนในแปลง คนเก็บสับปรดต้องเดินข้ามร่องปลูก เพื่อให้เก็บสับปรดตามแนวการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ (รูปที่ 16) ใช้รถแทรกเตอร์ยี่ห้อแลนดิเนอร์รุ่น 8860 ขนาด 80 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ใควมเร็วการเคลื่อนของรถแทรกเตอร์ต่ำสุดที่เกียร์ 1 Low และขณะทดสอบต้องมีการหยุดรอเพื่อให้คนงานเก็บผลสับปรดได้ทัน แปลงสับปรดที่ทำการทดสอบเป็นการเก็บครั้งที่ 2 ในรอบปี ซึ่งจะมีสับปรดประมาณ 3 ตัน/ไร่ จากการทดสอบพบว่า ความสามารถการทำงาน 0.81 ไร่/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงาน 89.47% อัตราการสิ้นเปลือง น้ำมันเชื้อเพลิง 1.84 ลิตร/ไร่ ใช้แรงงานคนเก็บผลสับปรด 5 คน เครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ แต่การปฏิบัติงานไม่สะดวกเนื่องจากต้องเดินข้ามร่องปลูกทำให้ความสามารถการทำงานต่ำ อย่างไรก็ตามการใช้เครื่องลำเลียงผลสับปรดช่วยในการกระบวนการเก็บเกี่ยวต้องวางผังการปลูกสับปรดให้เหมาะสมกับการใช้เครื่อง เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด

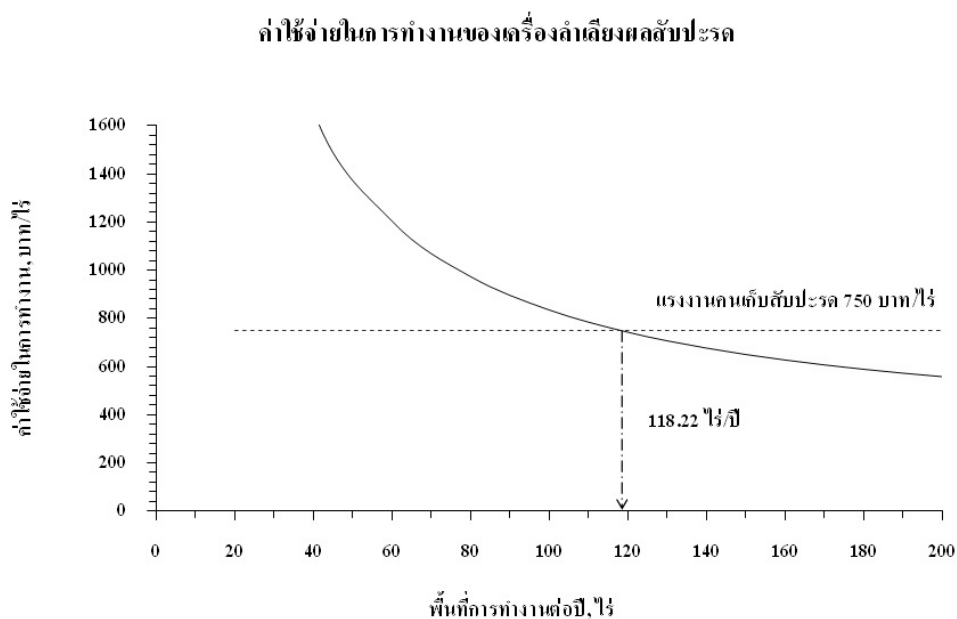


รูปที่ 16 เครื่องลำเลียงผลสับปรดขณะทำงานในแปลงสับปรดแบบเกษตรกร

3. การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์

คำนวณหาจุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ โดยเปรียบเทียบการเก็บสับปะรดโดยใช้เครื่องลำเลียงผลสับปะรดติดรถแทรกเตอร์ และการใช้แรงงานคนเก็บสับปะรด โดยคำนวณในกรณีที่เกษตรกรหรือผู้รับจ้างต้องซื้อรถแทรกเตอร์ และเครื่องเก็บสับปะรดมาใช้งานหรือใช้รับจ้าง กำหนดให้ราคาของรถแทรกเตอร์เท่ากับ 950,000 บาท และการใช้งานรถแทรกเตอร์เพื่อเก็บสับปะรดประมาณ 25% ของการใช้งานทั้งหมด เครื่องลำเลียงผลสับปะรดราคา 180,000 บาท และนำมาใช้งานหรือรับจ้างในแปลงปลูกสับปะรดแบบโรงงาน (ภาคผนวก-ข)

จากการคำนวณสามารถเขียนกราฟแสดงความความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการใช้งานเครื่องลำเลียงผลสับปะรดติดรถแทรกเตอร์ และการเก็บสับปะรดโดยแรงงานคน ได้ดังรูปที่ 17



รูปที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่การใช้งานต่อปี กับค่าใช้จ่ายในการใช้งาน

จากรูปที่ 17 จะเห็นว่าต้นทุนในการใช้งานของเกษตรกรจะลดลงเมื่อพื้นที่การใช้งานมากขึ้น เกษตรกรสามารถพิจารณาได้ว่าควรซื้อรถแทรกเตอร์พร้อมเครื่องลำเลียงผลสับปะรดมาใช้งานหรือไม่ โดยพิจารณาจากต้นทุนในการใช้งานเครื่องลำเลียงผลสับปะรดติดรถแทรกเตอร์ ซึ่งควรจะต่ำกว่าราคาจ้างค่าจ้างแรงงานเก็บเกี่ยวสับปะรดในปัจจุบัน

ค่าจ้างในการเก็บผลสับปะรดด้วยแรงงานคน ซึ่งมีความสามารถการทำงาน 0.55 ไร่/ชั่วโมง ค่าแรงงานคนเก็บผลสับปะรด 300 บาท/วัน/คน โดยใช้คนงานเก็บ 11 คน จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเก็บสับปะรด 750 บาท/ไร่ จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่การใช้งานต่อปี กับต้นทุนในการทำงาน จะเห็นว่าที่ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการทำงาน 750 บาท/ไร่ พื้นที่การใช้งานเท่ากับ 118.22 ไร่/ปี ดังนั้นเกษตรกรที่จะซื้อรถแทรกเตอร์พร้อมเครื่องลำเลียงผลสับปะรดมาใช้งานหรือรับจ้างควรมีพื้นที่

การเก็บเกี่ยวสับประรดไม่ต่ำกว่า 118.22 ไร่/ปี เป็นเวลา 7 ปี จึงจะคุ้มต่อการซื้อรถแทรกเตอร์พร้อมพร้อมเครื่องลำเลียงผลสับประรดมาใช้งาน

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมได้ออกแบบเครื่องลำเลียงผลสับประรดยาว 12 เมตร ลากพ่วงโดยรถแทรกเตอร์ขนาด 75 แรงม้า ถูกออกแบบมาเพื่อช่วยลดเวลาในการลำเลียงผลสับประรดออกจากแปลงปลูก โดยคนเก็บสับประรดจะยืนเรียงแถวหน้ากระดานเพื่อตัดสับประรดและวางบนสายพานลำเลียง สับประรดจะถูกลำเลียงมาลงในกระบะที่อยู่ด้านหลังรถแทรกเตอร์ เครื่องต้นแบบประกอบด้วยโครงสร้างหลัก ออกแบบคล้ายรถเทรลเลอร์ 4 ล้อ ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ ซึ่งใช้วางกระบะขนาด 1x2x0.6 เมตร (กว้างxยาวxสูง) สำหรับบรรจุผลสับประรด โครงสร้างสำหรับติดตั้งสายพานลำเลียงขนาด 0.3x12x0.3 เมตร (กว้างxยาวxสูง) ซึ่งต่อเข้ากับโครงสร้างหลักโดยใช้สลิงยึด สายพานลำเลียงขนาดกว้าง 10 นิ้ว ใช้ไฮดรอลิกมอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อน ซึ่งความเร็วเชิงเส้นของสายพานประมาณ 0.5 เมตร/วินาที เครื่องต้นแบบสามารถปรับขณะเดินทาง ยึดออกเพื่อทำงานในแปลงสับประรด และสามารถทำงานในแปลงซึ่งมีลักษณะเป็นเนินเขาได้โดยใช้ ไฮดรอลิกมอเตอร์ยกโครงสร้างสายพานให้เอียงตามพื้นที่

จากการทดสอบในแปลงสับประรด จ. ประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งวางผังปลูกสับประรดแบบโรงงานคือแถวของต้นสับประรดยาวขนานกับถนนในแปลง คนเก็บสับประรดสามารถเดินไปตามร่องปลูกตามการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ได้ ใช้แรงงานคนเก็บผลสับประรด 11 คน พบว่า ความสามารถการทำงานเฉลี่ย 2.10 ไร่/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย 77.01% อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 0.67 ลิตร/ไร่ จากการทดสอบในแปลงปลูกสับประรดที่วางผังปลูกแบบเกษตรกร คือแถวของต้นสับประรดตั้งฉากกับถนนในแปลง คนเก็บสับประรดต้องเดินข้ามร่องปลูกเพื่อเก็บสับประรดตามแนวการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ ใช้แรงงานคนเก็บผลสับประรด 5 คน พบว่า ความสามารถการทำงาน 0.81 ไร่/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงาน 89.47% อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 1.14 ลิตร/ไร่ จากการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนพบว่า เกษตรกรที่จะซื้อรถแทรกเตอร์พร้อมเครื่องลำเลียง

ผลสัมฤทธิ์มาใช้งานหรือรับจ้างควรมีพื้นที่การเก็บเกี่ยวสับประดไม่ต่ำกว่า 118.22 ไร่/ปี เป็นเวลา 7 ปี จึงจะคุ้มต่อการซื้อรถแทรกเตอร์พร้อมพร้อมเครื่องลำเลียงผลสัมฤทธิ์มาใช้งาน

เครื่องลำเลียงผลสัมฤทธิ์จะช่วยให้การเก็บเกี่ยวสับประดทำได้เร็วขึ้น จึงช่วยลดค่าแรงงานในการเก็บเกี่ยวสับประด โดยต้นแบบที่ได้พัฒนามีราคาไม่แพงสามารถผลิตได้ในประเทศ บำรุงรักษาง่าย อย่างไรก็ตามการใช้เครื่องลำเลียงผลสัมฤทธิ์ควรที่จะวางแผนการปลูกให้เหมาะสมกับความยาวของโครงสร้างสายพานลำเลียง ซึ่งแต่ละแปลงควรมีหน้ากว้างประมาณ 24 เมตร ปลูกแนวยาวตามถนนในแปลง และมีถนนในแปลงซึ่งรถแทรกเตอร์สามารถวิ่งเก็บได้ จึงจะทำให้การใช้เครื่องลำเลียงพวงรถแทรกเตอร์มีประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้เครื่องลำเลียงสับประดสามารถนำไปดัดแปลงใช้กับกิจกรรมอื่นในการผลิตสับประดได้อีก อาทิเช่น การเก็บหน่อและจุกสับประด เพื่อนำไปทำพันธุ์

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมได้ออกแบบเครื่องลำเลียงผลสัมฤทธิ์ยาว 12 เมตร ลากพวงโดยรถแทรกเตอร์ขนาด 75 แรงม้า ถูกออกแบบมาเพื่อช่วยลดเวลาในการลำเลียงผลสัมฤทธิ์ออกจากแปลงปลูก โดยคนเก็บสับประดจะยืนเรียงแถวหน้ากระดานเพื่อตัดสับประดและวางบนสายพานลำเลียง สับประดจะถูกลำเลียงมาลงในกระบะที่อยู่ด้านหลังรถแทรกเตอร์ เครื่องต้นแบบประกอบด้วยโครงสร้างหลัก ออกแบบคล้ายรถเทรลเลอร์ 4 ล้อ ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ ซึ่งใช้วางกระบะขนาด 1x2x0.6 เมตร (กว้างxยาวxสูง) สำหรับบรรจุผลสัมฤทธิ์ โครงสร้างสำหรับติดตั้งสายพานลำเลียงขนาด 0.3x12x0.3 เมตร (กว้างxยาวxสูง) ซึ่งต่อเข้ากับโครงสร้างหลักโดยใช้สลิงยึด สายพานลำเลียงขนาดกว้าง 10 นิ้ว ใช้ไฮดรอลิกมอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อน ซึ่งความเร็วเชิงเส้นของสายพานประมาณ 0.5 เมตร/วินาที เครื่องต้นแบบสามารถปรับขณะเดินทาง ยึดออกเพื่อทำงานในแปลงสับประด และสามารถทำงานในแปลงซึ่งมีลักษณะเป็นเนินเขาได้โดยใช้ ไฮดรอลิกมอเตอร์ยกโครงสร้างสายพานให้เอียงตามพื้นที่

จากการทดสอบในแปลงสับประด จ. ประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งวางแผนปลูกสับประดแบบโรงงานคือแถวของต้นสับประดยาวขนานกับถนนในแปลง คนเก็บสับประดสามารถเดินไปตามร่องปลูกตาม

การเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ได้ ใช้แรงงานคนเก็บผลสับปะรด 11 คน พบว่า ความสามารถการทำงานเฉลี่ย 2.10 ไร่/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย 77.01% อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 0.67 ลิตร/ไร่ จากการทดสอบในแปลงปลูกสับปะรดที่วางผังปลูกแบบเกษตรกร คือ แถวของต้นสับปะรดตั้งฉากกับถนนในแปลง คนเก็บสับปะรดต้องเดินข้ามร่องปลูกเพื่อเก็บสับปะรดตามแนวการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ ใช้แรงงานคนเก็บผลสับปะรด 5 คน พบว่า ความสามารถการทำงาน 0.81 ไร่/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงาน 89.47% อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 1.14 ลิตร/ไร่ จากการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนพบว่า เกษตรกรที่จะซื้อรถแทรกเตอร์พร้อมเครื่องลำเลียงผลสับปะรดมาใช้งานหรือรับจ้างควรมีพื้นที่การเก็บเกี่ยวสับปะรดไม่ต่ำกว่า 118.22 ไร่/ปี เป็นเวลา 7 ปี จึงจะคุ้มต่อการซื้อรถแทรกเตอร์พร้อมพร้อมเครื่องลำเลียงผลสับปะรดมาใช้งาน

เครื่องลำเลียงผลสับปะรดจะช่วยให้การเก็บเกี่ยวสับปะรดทำได้เร็วขึ้น จึงช่วยลดค่าแรงงานในการเก็บเกี่ยวสับปะรด โดยต้นแบบที่ได้พัฒนามีราคาไม่แพงสามารถผลิตได้ในประเทศ บำรุงรักษาง่าย อย่างไรก็ตามการใช้เครื่องลำเลียงผลสับปะรดควรที่จะวางผังการปลูกให้เหมาะสมกับความยาวของโครงสร้างสายพานลำเลียง ซึ่งแต่ละแปลงควรมีหน้ากว้างประมาณ 24 เมตร ปลูกแนวยาวตามถนนในแปลง และมีถนนในแปลงซึ่งรถแทรกเตอร์สามารถวิ่งเก็บได้ จึงจะทำให้การใช้เครื่องลำเลียงผลสับปะรดมีประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้เครื่องลำเลียงสับปะรดสามารถนำไปดัดแปลงใช้กับกิจกรรมอื่นในการผลิตสับปะรดได้อีก อาทิเช่น การเก็บหน่อและจุกสับปะรด เพื่อนำไปทำพันธุ์

บรรณานุกรม

บทที่ 1

นิรนาม. 2553. การปลูกสับปะรด. สืบค้นจาก:

<http://web.ku.ac.th/agri/pineapple.htm> [พ.ศ. 2553].

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. สับปะรดโรงงาน. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร. สืบค้นจาก:

<http://www.oae.go.th/download/prcai/DryCrop/pineapple.pdf> [ม.ค. 2557].

FAO. 2014. Agriculture exports and imports. Retrieved January 13, 2014,

from <http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>

RNAM (1995). Test Codes and Procedures for Farm Machinery. Technical Series,

No.12, Regional Network for Agricultural Machinery, Bangkok, Thailand.

Seree Wongpichet. 1998. Design and Development of Pineapple Transplanter. Thesis (Ph.D.). Asian Institute of Technology. Thailand. 139 p.

ภาคผนวก-ก

ตารางผนวก 1-ก ข้อมูลจำเพาะของรถแทรกเตอร์ต้นกำลัง

Tractor Landini Model		8860
Engine direct-injection Perkins engine		1104A-44

max. power ISO	hp/kW	83.6 / 61.5
max. torque	lb. (Nm)	213 (289)
displacement/nr. of cylinders cu. in.	(cm ³)	268.5 (4400) / 4
fuel tank capacity	gal. (lt)	23 (86)
Clutch		
independent dry dual clutch	in. (mm)	12 (3048)
Transmission		
base gearbox: 12FWD + 4REV		○
reverse shuttle + base gearbox: 12FWD + 12REV		●
reverse shuttle + base gearbox + creeper: 24FWD + 12REV		○
Power take-off		
2 speeds 540/750 rpm		●
2 speeds 540/1000 rpm		○
ground speed PTO	hp/kW	●
net PTO power ISO		76 / 56
4WD front axle		
4WD mechanical engagement		●
maximum steering angle		55°
Twin-Lock hydraulic diff lock		○
Brakes		
oil-bath graphite-coated rear brakes - 10 discs		●
hydraulic trailer braking system		○
Hydraulic power lift		
STD lifting power	lb. (kg)	
lifting power with 2 additional cylinders	lb. (kg)	5700 (2600)
hydraulic flow @ remote	GPM (lt/min)	8140 (3700) ○
total hydraulic flow	GPM	13.8 (52.3)
Standard auxiliary valves STD / OPT	(lt/min)	20.2 (76.5)
		1 / 2
Tractor Landini Model		8860
Driver seat and cab		
seat deluxe for cab		○
standard sprung seat		●
analog control panel		●

Weights and dimensions (in running order)		
rear tyres 4WD		18.4 – 30
A total length without ballast	in. (mm)	150 (3810)
B minimum width	in. (mm)	73.6 (1870)
C wheelbase 2WD/4WD	in. (mm)	92.1 / 91.2 (2340 / 2316)
D height to steering wheel	in. (mm)	67.7 (1720)
E max ground clearance 4WD	in. (mm)	19.9 (430)
F height to ROPS	in. (mm)	102 (2590)
F height to top of cab	in. (mm)	102 (2590)
weight (without ballast) 4WD	lb. (Kg)	6923 (3147)

Key: ● standard ○ option – not available **8860**

ตารางผนวก 1-ข ข้อมูลจำเพาะของไฮดรอลิกมอเตอร์

Specification Data for MR 160 and MR 250 motors with C shafts.

Type	MR	
	Hydraulic motor for belt conveyor (model MR160C)	Hydraulic motor for Driving winch (model MR250)
Displacement, (cm ³ /rev.)	159,6	250,1
Max.Speed, (RPM)	cont.	375
	int.*	470
Max.Torque (daNm)	cont.	39
	int.*	43
	Peak**	46
Max.Output, (kW)	cont.	11,5
	int.*	14
Max.Pressure Drop (bar)	cont.	175
	int.*	200
	Peak**	225
Max.Oil Flow (l/min)	cont.	60
	int.*	75
Max.Inlet Pressure (bar)	cont.	175
	int.*	200
	Peak**	225
Max.Return Pressure with Drain Line (bar)	cont.	175
	int.*	200
	Peak**	225
Max.Starting Pressure with Unloaded Shaft, (bar)	7	4
Min.Starting Torque (daNm)	at max.press drop cont.	32
	at max.press drop int.	37
Min.Speed***, (RPM)	10	10
Weight, avg. (kg) For rear ports: +0,650 kg	7,5	8,4

* Intermittent operation: the permissible values may occur for max. 10% of every minute.

** Peak load: the permissible values may occur for max. 1% for every minute.

*** For speed of 10 rpm or lower, consult factory or your regional manager.

ภาคผนวก-ข

การคำนวณจุดคุ้มทุน

กำหนดให้ราคาารถแทรกเตอร์เท่ากับ 950,000 บาท เครื่องลำเลียงผลสับประรด ราคา 180,000 บาท รวมราคาทั้งหมด 1,130,000 บาท โดยใช้งานรถแทรกเตอร์ 10 ปี และอุปกรณ์ 7 ปี

ค่าในการคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายของแทรกเตอร์ต้นกำลัง

ราคาารถแทรกเตอร์, P	= 950,000	บาท
ราคาซาก, S	= 20 %ของ P	บาท
อายุการใช้งาน, N	= 10	ปี
อัตราดอกเบี้ย, i	= 5.5	เปอร์เซ็นต์/ปี
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	= 30 (ม.ค. 2556)	บาท/ลิตร
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	= 0.67	ลิตร/ไร่
ค่าน้ำมันหล่อลื่น	= 10% ของค่าน้ำมัน	
ค่าแรงขับรถแทรกเตอร์และคนงานรวม 13 คน	= 300	บาท/วัน/คน
ค่าบำรุงรักษารถแทรกเตอร์	= 0.50% ของP/100 ชั่วโมง	บาท/ชั่วโมง

ค่าในการคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องลำเลียงผลสับประรด

ราคา, P ₁	180,000	บาท
ราคาซาก, S ₁	10%ของ P ₁	บาท
อายุการใช้งาน, N ₁	7	ปี
อัตราดอกเบี้ย, i ₁	5.5	เปอร์เซ็นต์ต่อปี
ค่าบำรุงรักษา	0.5% ของ P ₁ /100ชั่วโมง	บาท/ชั่วโมง
ความสามารถการทำงาน	2.10	ไร่/ชั่วโมง
พื้นที่ทำงานต่อปี	A	ไร่

การคำนวณต้นทุนต่อปีของรถแทรกเตอร์

ราคาารถแทรกเตอร์	950,000	บาท
<u>ค่าต้นทุนคงที่:</u>		
ค่าเสื่อมราคา	76,000	บาท/ปี
ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน	31,350	บาท/ปี
รวมต้นทุนคงที่	107,350	บาท/ปี
ต้นทุนคงที่ในการเป็นต้นกำลังของเครื่องเก็บสับปะรด (หนึ่งในสี่ของค่าใช้จ่ายคงที่รวม)	26,837.50	บาท/ปี
<u>ค่าต้นทุนผันแปร:</u>		
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	42.21	บาท/ชั่วโมง
ค่าน้ำมันหล่อลื่น	4.22	บาท/ชั่วโมง
ค่าแรงขับรถแทรกเตอร์และคนงานรวม 13 คน	487.50	บาท/ชั่วโมง
ค่าบำรุงรักษารถแทรกเตอร์	47.50	บาท/ชั่วโมง
รวมค่าต้นทุนผันแปรของรถแทรกเตอร์	581.43	บาท/ชั่วโมง
การคำนวณต้นทุนต่อปีของเครื่องเก็บสับปะรด		
ราคา, P	180,000	บาท
<u>ค่าต้นทุนคงที่:</u>		
ค่าเสื่อมราคา	23,142.86	บาท/ปี
ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน	5,445.00	บาท/ปี
ค่าต้นทุนคงที่ของรถแทรกเตอร์	26,837.50	บาท/ปี
รวมค่าต้นทุนคงที่	55,425.36	บาท/ปี
<u>ค่าต้นทุนผันแปร:</u>		
ค่าบำรุงรักษาเครื่องเก็บสับปะรด	9.00	บาท/ชั่วโมง
ค่าต้นทุนผันแปรของรถแทรกเตอร์	581.43	บาท/ชั่วโมง
รวมค่าต้นทุนผันแปร	590.43	บาท/ชั่วโมง
ความสามารถการทำงาน	2.10	ไร่/ชั่วโมง
รวมค่าต้นทุนผันแปร	281.16	บาท/ไร่

ความสัมพันธ์ของต้นทุนต่อปีในการใช้เครื่องเก็บผลสับปะรดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่(A)
สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนต่อปีในการใช้เครื่องเก็บผลสับปะรด, บาท/ไร่} &= \text{ต้นทุนคงที่} + \text{ต้นทุนผันแปร} \\ &= (55,425.36/A) + 281.16 \end{aligned} \quad (1)$$

ค่าใช้จ่ายในการเก็บผลสับปะรดด้วยแรงงานคน

กำหนดให้ค่าใช้จ่ายในการเก็บสับปะรด โดยใช้คนงานเก็บ 11 คน ความสามารถ
การทำงาน 0.55 ไร่/ชั่วโมง ค่าแรงงานคนเก็บผลสับปะรด 300 บาท/วัน/คน

$$\text{ค่าใช้จ่ายในการเก็บสับปะรด โดยใช้คนงาน} = (11 \times 300)/(8 \times 0.55) = 750 \text{ บาท/ไร่}$$

จุดที่คุ้มทุนของการใช้งานเครื่องเก็บผลสับปะรด สามารถคำนวณได้เมื่อต้นทุนในการใช้งาน
เครื่องเก็บผลสับปะรด (1) เท่ากับค่าจ้างแรงงานคนเก็บผลสับปะรด 750 บาท/ไร่

$$\text{ต้นทุนในการใช้งานเครื่องเก็บผลสับปะรด} = \text{ค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงาน}$$

$$(55,425.36/A)+281.16 = 750$$

$$A = 118.22 \text{ ไร่/ปี}$$