วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 30, ฉบับที่ 1 ม.ค.–มี.ค. 2563
The Journal of KMUTNB., Vol. 30, No. 1, Jan.–Mar. 2020

บทความวิจัย

การพัฒนาเครื่องปลูกอ้อยแบบใหม่สำหรับวัสดุปลูกชนิดชิ้นตาอ้อย

ปิยะพงษ์ ศรีวงษ์ราช* ศุภกิตต์ สายสุนทร และ สิทธิพร มณีวรรณ
ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นิพนธ์ ภูวเกียรติกำจร
ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรเพื่ออุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08 1940 9903 อีเมล: agrpyp@ku.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2019.12.001
รับเมื่อ 13 สิงหาคม 2562 แก้ไขเมื่อ 29 กันยายน 2562 ตอบรับเมื่อ 17 ตุลาคม 2562 เผยแพร่ออนไลน์ 2 ธันวาคม 2562
© 2020 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องปลูกอ้อยแบบใหม่ที่ใช้ชิ้นตาอ้อยเป็นวัสดุปลูกและวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเครื่องปลูกอ้อยฯ ที่พัฒนาขึ้น เครื่องต้นแบบที่พัฒนาใช้งานร่วมกับรถแทรกเตอร์ขนาด 30 แรงม้า และเป็นเครื่องปลูกอ้อยแบบร่องเดี่ยว ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องประกอบด้วย อุปกรณ์เปิดร่อง ท่อนำวัสดุปลูก โครงสร้างเครื่อง ชุดกะพ้อลำเลียง ถังบรรจุวัสดุปลูก ถังบรรจุปุ๋ย อุปกรณ์โรยปุ๋ย ชุดจานกลบดินและล้ออัดดิน โดยก่อนการใช้งานเครื่องปลูกอ้อยฯ จำเป็นจะต้องมีการเตรียมชิ้นตาอ้อยก่อนด้วยการใช้เครื่องตัดชิ้นตาอ้อย จากนั้นนำชิ้นตาอ้อยบรรจุใส่เครื่องปลูกอ้อยฯ เพื่อทำการปลูก จากการทดสอบเครื่องปลูกอ้อยฯ ด้วยการเลือกใช้ความเร็วเคลื่อนที่ของเครื่องปลูกอ้อยฯ แตกต่างกัน 4 ระดับ พบว่าเครื่องปลูกอ้อยฯ เคลื่อนที่และทำงานได้อย่างเหมาะสมที่ความเร็วเคลื่อนที่ที่ระดับเกียร์ต่ำ 3 (3L) ของรถแทรกเตอร์ โดยที่ระดับเกียร์ดังกล่าวทำให้เครื่องปลูกอ้อยฯ มีค่าความสามารถเชิงไร่ทางทฤษฎีเท่ากับ 1.89 ไร่ต่อชั่วโมง ค่าความสามารถเชิงไร่จริงเท่ากับ 1.25 ไร่ต่อชั่วโมง และประสิทธิภาพการทำงานเท่ากับ 66% สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมชี้ให้เห็นว่าต้นทุนในการใช้งานเครื่องปลูกอ้อยฯ มีค่าเท่ากับ 192.9 บาทต่อชั่วโมง จุดคุ้มทุนมีค่าเท่ากับ 92.04 ไร่ต่อปี และระยะเวลาคืนทุนมีค่าเท่ากับ 0.82 ปี

คำสำคัญ: อ้อย ชิ้นตา เครื่องปลูกอ้อย

การอ้างอิงบทความ: ปิยะพงษ์ ศรีวงษ์ราช ศุภกิตต์ สายสุนทร สิทธิพร มณีวรรณ และ นิพนธ์ ภูวเกียรติกำจร, "การพัฒนาเครื่องปลูกอ้อยแบบใหม่สำหรับวัสดุปลูกชนิดชิ้นตาอ้อย," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 30, ฉบับที่ 1, หน้า 4–15, ม.ค.–มี.ค. 2563.

Research Article

Development of a Novel Sugar Cane Planter for Bud Chip as Planting Material

Piyapong Sriwongras*, Supakit Sayasoonthorn and Sittiporn Maneewan
Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, Thailand
Nipon Bhuwakiatkhamjorn
Department of Agricultural Engineering for Industry, Faculty of Industrial Technology and Management, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachinburi Campus, Prachin Buri, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 08 1940 9903, E–mail: agrpyp@ku.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2019.12.001
Received 13 August 2019; Revised 29 September 2019; Accepted 17 October 2019; Published online: 2 December 2019
© 2020 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

The objects of the present research are the development of a novel sugar cane planter for bud chip as planting material and analysis of engineering economics of the developed machine. Technically, the developed machine is operated with a 30-horsepower tractor and it is designed a 1-furrow planter. The main components of the machine consist of a furrow opener, a planting material-sending tube, the mainframe, a bucket conveyor, a planting material hopper, a fertilizer hopper, a fertilizer distributor, covering discs and a press wheel. Before operating the machine, practically, it is necessary to prepare a sugar cane bud chip by using a bud chip cutter developed by our research team. After that, the cut bud chip is loaded into a planting material hopper of the machine to be planted in the field by the machine. According to testing results by operating the machine with four different forward speeds, it was found that the machine was able to move and operate suitably at an operating speed of a 3th-low gear of a tractor. At this operating speed, the developed machine had a theoretical field capacity of 1.89 rai per hour, an effective field capacity of 1.25 rai per hour and a field efficiency of 66%. Regarding engineering economics analysis of the developed machine, it indicated that the cost of using the machine was equal to 192.9 Baht per hour. The break-even point and payback period were equal to 92.04 rai per year and 0.82 years, respectively.

Keywords: Sugar Cane, Bud Chip, Sugar Cane Planter

Please cite this article as: P. Sriwongras, S. Sayasoonthorn, S. Maneewan, and N. Bhuwakiatkhamjorn, "Development of a novel sugar cane planter for bud chip as planting material," *The Journal of KMUTNB*, vol. 30, no. 1, pp. 4–15, Jan.–Mar. 2020 (in Thai).

1. บทนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สามารถนำมาแปรรูปให้เป็นอาหารและพลังงานเชื้อเพลิง [1] ประเทศไทยเป็นแหล่งเพาะปลูกอ้อยเพื่อผลิตน้ำตาลเป็นอันดับที่ 4 ของโลก รองจากบราซิล อินเดียและสหภาพยุโรป [2] ปัจจุบันพื้นที่ปลูกอ้อยในประเทศไทยมีประมาณ 11,000,000 ไร่ [3] การพัฒนาระบบการผลิตอ้อยให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นมีความจำเป็นอย่างมากตั้งแต่กระบวนการปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยว ขั้นตอนการปลูกอ้อยเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ ประเทศไทยได้นำเข้าเครื่องปลูกอ้อยเครื่องแรกจากประเทศออสเตรเลียเมื่อปี พ.ศ. 2516 เพื่อใช้ในการปลูกอ้อยแทนการใช้แรงงานคน [4] ซึ่งในปัจจุบันเครื่องปลูกอ้อยที่ถูกใช้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ เครื่องปลูกอ้อยชนิดป้อนอ้อยในแนวตั้ง เครื่องปลูกอ้อยแบบโรยท่อนพันธุ์ และเครื่องปลูกอ้อยแบบเสียบอ้อยด้านท้าย ดังแสดงในรูปที่ 1 (ก) 1 (ข) และ 1 (ค) ตามลำดับ

(ก) (ข)

(ค)

รูปที่ 1 เครื่องปลูกอ้อยที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน [3]

เครื่องปลูกอ้อยชนิดป้อนอ้อยในแนวตั้งเป็นเครื่องปลูกอ้อยที่นิยมใช้ในประเทศมากที่สุด มีทั้งปลูกอ้อยแถวเดี่ยวและแถวคู่ เครื่องปลูกจะบรรทุกอ้อยปลูกได้ครั้งละประมาณ 200–300 กิโลกรัม และความสามารถเชิงไร่ประมาณ 10 ไร่ต่อวัน [3] เมื่อพิจารณารูปแบบการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยชนิดป้อนอ้อยในแนวตั้ง พบว่าเครื่องจะตัดลำอ้อยให้เป็นท่อนที่มีความยาว 25–30 เซนติเมตร และทำการวางท่อนอ้อยลงในร่องปลูกที่เตรียมไว้ [5] การยกร่องปลูกอ้อยที่ดีของเครื่องปลูกจะส่งผลอย่างมากต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยที่ทำการปลูก [6] บพิตร และคณะ [7] ได้พัฒนาเครื่องปลูกอ้อยชนิดป้อนอ้อยแนวตั้งเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยเครื่องปลูกอ้อยดังกล่าวสามารถปลูกอ้อยโดยไม่ต้องมีการไถเตรียมดินไว้ก่อนและจากการทดสอบพบว่าเครื่องปลูกอ้อยมีความสามารถเชิงไร่เท่ากับ 2.65 ไร่ต่อชั่วโมง ในส่วนของเครื่องปลูกอ้อยแบบโรยท่อนพันธุ์ (Billet Planter) ซึ่งใช้ท่อนพันธุ์ที่ได้จากรถตัดอ้อยมาเป็นวัสดุปลูกมีการรายงานว่า Ariel และคณะ [8] ทำการทดสอบเครื่องปลูกอ้อยแบบโรยท่อนพันธุ์ หลังจากทดสอบพบว่าการเพิ่มความเร็วเคลื่อนที่ปลูกทำให้ปริมาณการใช้ท่อนพันธุ์ลดลง และการเพิ่มความเร็วรอบสายพานลำเลียงท่อนพันธุ์ทำให้ปริมาณการใช้ท่อนพันธุ์สูงขึ้น ขวัญตรี และคณะ [9] พัฒนาชุดครีบลำเลียงท่อนพันธุ์สำหรับเครื่องปลูกอ้อยแบบโรยท่อนพันธุ์จากการทดสอบพบว่าการใช้งานชุดครีบลำเลียงที่พัฒนาขึ้นแบบใหม่มีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์มากยิ่งขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้ชุดครีบลำเลียงท่อนพันธุ์แบบเดิม จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปลูกอ้อยที่มีอยู่ในปัจจุบัน พบว่าวัสดุที่ใช้ในการปลูก คือ ลำอ้อยและท่อนพันธุ์อ้อยเป็นหลัก อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยได้นำเสนอเกี่ยวกับการนำชิ้นตาอ้อยมาเป็นวัสดุปลูก ครรชิต [10] เปรียบเทียบผลผลิตของอ้อยจากการปลูกอ้อยด้วยท่อนพันธุ์ 3 ตา ชิ้นตาอ้อยปลูกโดยตรงในไร่ และชิ้นตาอ้อยเพาะในถุงพลาสติกก่อนแล้วย้ายปลูก ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าผลผลิตอ้อยต่อไร่เมื่ออายุอ้อยครบ 11 เดือน การปลูกอ้อยทั้ง 3 วิธี ให้ผลผลิตอ้อยต่อไร่ไม่ปรากฏความแตกต่างกันในทางสถิติ Radha และคณะ [11] ระบุว่าการปลูกอ้อยด้วยชิ้นตาสามารถลดการใช้วัสดุปลูกได้ถึงร้อยละ 80 และจากการทดลองปลูกอ้อยด้วยชิ้นตาที่มีการแช่สารละลายเร่งการเจริญเติบโตก่อนการปลูก ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้ชิ้นตาในการปลูกอ้อยสามารถเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถลดต้นทุนการผลิตอ้อยได้

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องปลูกอ้อยแบบใหม่ที่ใช้ชิ้นตาอ้อยเป็นวัสดุปลูก เพื่อสร้างเครื่องปลูกอ้อย

ต้นแบบที่สามารถลดการใช้วัสดุปลูกในการปลูกอ้อยและลดจำนวนผู้ปฏิบัติงานร่วมกับเครื่องตลอดจนเพิ่มผลิตผลการผลิตอ้อยให้กับเกษตรกรชาวไร่อ้อยรายย่อยของประเทศอย่างยั่งยืน

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 การพัฒนาและออกแบบเครื่องปลูกอ้อยแบบหยอดชิ้นตาอ้อย

หลักในการพัฒนาและออกแบบเครื่องปลูกอ้อยแบบหยอดชิ้นตาอ้อย คือ เครื่องปลูกอ้อยฯ มีขนาดกะทัดรัด ใช้ผู้ปฏิบัติงานร่วมกับเครื่อง 1 คน และมีกลไกการทำงานไม่ซับซ้อน โดยมีขั้นตอนการทำงานของเครื่องเบื้องต้น คือ เปิดร่องดิน หยอดชิ้นตาอ้อยลงร่อง ใส่ปุ๋ย กลบและอัดดิน ซึ่งเครื่องปลูกอ้อยฯ จะถูกลากดึงด้วยรถแทรกเตอร์ สำหรับการใช้งานเครื่องปลูกอ้อยฯ นี้ จะต้องมีการเตรียมชิ้นตาอ้อยเป็นอันดับแรก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะใช้เครื่องตัดชิ้นตาอ้อยเข้ามาช่วยในการเตรียมวัสดุปลูก

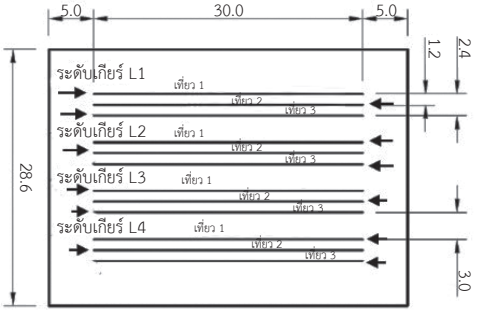
2.2 การเตรียมวัสดุปลูกชิ้นตาอ้อย

ขั้นตอนการเตรียมชิ้นตาคณะผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องตัดชิ้นตาอ้อยดังแสดงในรูปที่ 2 โดยเครื่องตัดชิ้นตามีขนาดความกว้าง 40 เซนติเมตร ยาว 110 เซนติเมตร สูง 80 เซนติเมตร ตัวเครื่องมีน้ำหนัก 45 กิโลกรัม ลักษณะการทำงานจะอาศัยการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของชุดใบมีดที่ถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ซึ่งในกระบวนการตัดชิ้นตาจะต้องอาศัยแรงงานคน 1 คน ในการป้อนลำอ้อยเข้าสู่เครื่องเพื่อตัดลำอ้อยให้เป็นชิ้นตาตามจำนวนที่ต้องการ

2.3 การทดสอบเครื่องปลูกอ้อยแบบหยอดชิ้นตาอ้อย

การทดสอบเครื่องปลูกอ้อยฯ ถูกดำเนินการ ณ สถานีวิจัยและพัฒนาอาชีพแก่เกษตรกร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตำบลเพนียด อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี ลักษณะดินในพื้นที่ทดสอบเป็นดินร่วนปนทรายที่มีความลึกชั้นดินดานเฉลี่ยเท่ากับ 45 เซนติเมตร ถูกไถเตรียมดินด้วยไถจานมาตรฐานและไถผาลพรวนอย่างละ 1 ครั้ง จนทำให้พื้นที่ในการทดสอบมีความราบเรียบสำหรับทดสอบเครื่องจักรกลเกษตร รถแทรกเตอร์ที่ใช้ลากดึงเครื่องปลูกอ้อยฯ คือ รถแทรกเตอร์คูโบต้า รุ่น L3008 ที่มีขนาดเครื่องยนต์ 30.7 แรงม้า น้ำหนักตัวรถรวม 1,115 กิโลกรัม และแรงดันลมยางของล้อหน้าและล้อหลังกำหนดให้เท่ากับ 26 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ตามมาตรฐานกำหนดของผู้ผลิตรถแทรกเตอร์ [12]

รูปที่ 2 เครื่องตัดชิ้นตาอ้อยสำหรับเตรียมวัสดุปลูก



รูปที่ 3 แปลงทดสอบเครื่องปลูกอ้อยฯ

ในการทดสอบเครื่องปลูกอ้อยฯ จะแบ่งการทดสอบออกเป็น 4 ระดับเกียร์การเคลื่อนที่ คือ ระดับเกียร์ต่ำ 1 (L1) ระดับเกียร์ต่ำ 2 (L2) ระดับเกียร์ต่ำ 3 (L3) และระดับเกียร์ต่ำ 4 (L4) โดยทุกระดับเกียร์กำหนดความเร็วรอบการทำงานเครื่องยนต์รถแทรกเตอร์เท่ากับ 1800 รอบต่อนาที และการทดสอบแต่ละระดับเกียร์ เครื่องปลูกอ้อยฯ จะเคลื่อนที่ไป-กลับ 3 เที่ยว บนระยะทางปลูกเที่ยวละ 30 เมตร บนแปลงทดสอบขนาดความยาว 40 และกว้าง 28.9 เมตร ดังรูปที่ 3 โดยในการทดสอบได้อ้างอิงตามมาตรฐานการทดสอบเครื่องจักรกลเกษตรของ RNAM (1983) [13]

ข้อมูลที่ต้องการเก็บรวบรวมประกอบด้วย ระยะการปลูก อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และความเร็วในการเคลื่อนที่ จากนั้นข้อมูลที่บันทึกได้นำมาคำนวณหาค่าความสามารถเชิงไร่ทางทฤษฎี (Theoretical Field Capacity; TFC) ค่าความสามารถเชิงไร่จริง (Effective Field Capacity; EFC) ค่าประสิทธิภาพเชิงไร่ (Field Efficiency; FE) และค่าร้อยละการลื่นไถลล้อรถแทรกเตอร์ (Percentage of Wheel Slip; PWS) โดยมีสูตรคำนวณดังต่อไปนี้ [13]

ก) ความสามารถเชิงไร่ทางทฤษฎี (Theoretical Field Capacity; TFC) ดังสมการที่ (1)

$$TFC = W \times V \quad (1)$$

W = หน้ากว้างทำงานอุปกรณ์ (เมตร)

V = ความเร็วเคลื่อนที่อุปกรณ์ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

ข) ความสามารถเชิงไร่จริง (Effective Field Capacity; EFC) ดังสมการที่ (2)

$$EFC = \frac{A}{T_p + T_l} \quad (2)$$

A = พื้นที่ทำงานทั้งหมด (ตารางเมตร)

T_p = ระยะเวลาเครื่องทำงาน (ชั่วโมง)

T_l = ระยะเวลาเครื่องไม่ได้ทำงาน (ชั่วโมง)

ค) ประสิทธิภาพเชิงไร่ (Field Efficiency; FE) ดังสมการที่ (3)

$$FE = \frac{EFC}{TFC} \quad (3)$$

EFC = ความสามารถเชิงไร่จริง (ตารางเมตรต่อชั่วโมง)

TFC = ความสามารถเชิงไร่ทางทฤษฎี (ตารางเมตรต่อชั่วโมง)

ง) ร้อยละการลื่นไถลล้อรถแทรกเตอร์ (Percentage of Wheel Slip; PWS) ดังสมการที่ (4)

$$PWS = \frac{A - B}{A} \times 100 \quad (4)$$

A = ระยะทางเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ตามจำนวนการหมุนของล้อที่กำหนด (เมตร)

B = ระยะทางเคลื่อนที่รถแทรกเตอร์ที่ต่อพ่วงกับเครื่องปลูกอ้อยฯ ตามจำนวนการหมุนของล้อที่กำหนด (เมตร)

2.4 การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมที่พิจารณาสำหรับการใช้เครื่องปลูกอ้อยแบบหยอดชิ้นตาอ้อยประกอบด้วย คือ ค่าจุดคุ้มทุน (Break-Even Point; BEP) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period; PBP) ดังโดยสูตรคำนวณแสดงได้ดังสมการที่ (5), (6) ต่อไปนี้ [14], [15]

$$\text{จุดคุ้มทุน (BEP)} = \frac{\text{ต้นทุนคงที่ (บาทต่อปี)}}{\text{รายได้ต่อหน่วย-ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย}} \quad (5)$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (PBP)} = \frac{\text{ต้นทุนเครื่อง (บาท)}}{\text{กำไรสุทธิต่อปี (บาทต่อปี)}} \quad (6)$$

3. ผลการพัฒนาและอภิปรายผล

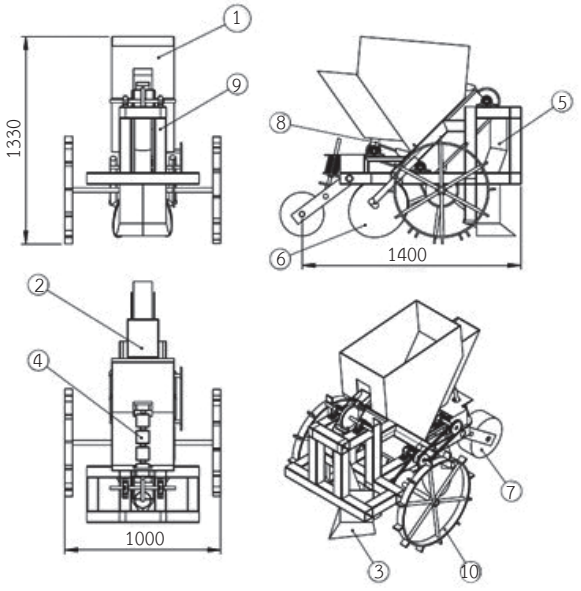
3.1 ผลการพัฒนาและออกแบบเครื่องปลูกอ้อยแบบหยอดชิ้นตาอ้อย

การออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกอ้อยแบบหยอดชิ้นตาอ้อยถูกดำเนินการภายใต้แนวคิดในการพัฒนา คือ เครื่องปลูกอ้อยต้องมีขนาดกะทัดรัด ทำงานได้คล่องแคล่ว และมีกลไกการทำงานไม่ซับซ้อน จากแนวความคิดในการพัฒนาดังกล่าวจึงได้แบบเครื่องปลูกอ้อยฯ ดังแสดงในรูปที่ 4

ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องปลูกอ้อยแบบหยอดชิ้นตาอ้อยมีดังต่อไปนี้

1. ถังบรรจุวัสดุปลูก เป็นถังรูปทรง 5 เหลี่ยม ที่ถูกขึ้นรูปจากเหล็กแผ่นหนา 3 มิลลิเมตร ทำหน้าที่บรรทุกวัสดุปลูก ความสามารถในการบรรทุกชิ้นตาเท่ากับ 4,100 ชิ้น โดยตัวถังบรรจุวัสดุปลูกถูกติดตั้งบนโครงสร้างเครื่อง

2. ถังบรรจุปุ๋ย ทำหน้าที่บรรทุกปุ๋ยเม็ดสำหรับปลูกอ้อย ถูกออกแบบเป็นถังรูปทรง 4 เหลี่ยม ปริมาณความจุปุ๋ยเท่ากับ 25 กิโลกรัม ตัวถังบรรจุปุ๋ยถูกติดตั้งทางด้านหลังของถังบรรจุวัสดุปลูก



รูปที่ 4 แบบเครื่องปลูกอ้อยแบบหยอดชิ้นตาอ้อยต้นแบบ

3. อุปกรณ์เปิดร่อง ถูกติดตั้งอยู่บริเวณหน้าของโครงสร้างเครื่อง ทำหน้าที่เปิดหน้าดินให้เป็นร่อง ถูกขึ้นรูปจากแผ่นเหล็กหนามีลักษณะเป็นผาลไถหัวหมูประกบกันสองด้าน โดยที่ส่วนบนของอุปกรณ์เปิดร่องจะเป็นแผ่นเหล็กหนาเชื่อมติดอยู่ในแนวตั้งทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ดินที่ถูกไถไหลเข้าไปในร่องปลูก

4. ชุดกะพ้อลำเลียง ประกอบด้วย กะพ้อ โซ่ปีก และเฟืองโซ่ ทำหน้าที่ลำเลียงวัสดุปลูกจากถังบรรจุวัสดุปลูกไปยังร่องปลูกผ่านทางท่อนำวัสดุปลูก บนโซ่ปีกจะมีการติดตั้งกะพ้อจำนวน 5 อัน เรียงกันในระยะห่างที่เท่ากัน โดยชุดโซ่ลำเลียงวัสดุปลูกถูกขับเคลื่อนด้วยการส่งกำลังจากล้อเหล็กของเครื่องปลูกอ้อยฯ

5. ท่อนำวัสดุปลูก ทำหน้าที่นำวัสดุปลูกให้ไหลลงสู่ร่องปลูก โดยท่อนำวัสดุถูกติดตั้งอยู่ทางด้านหลังของอุปกรณ์เปิดร่อง

6. ชุดจานกลบดิน ประกอบด้วยจานไถจำนวน 2 จาน ที่หันหน้าจานเข้าหากันทำมุมประมาณ 70 องศา เพื่อกลบดินในร่องอ้อย ชุดจานถูกติดตั้งอยู่ทางด้านข้างของโครงสร้างเครื่องทั้งสองข้าง

7. ล้ออัดดิน เป็นล้อเหล็กที่ถูกติดตั้งทางด้านท้ายของโครงสร้างเครื่อง ล้ออัดดินทำหน้าที่อัดผิวหน้าดินบริเวณร่องปลูกให้แน่น เพื่อให้ข้อชิ้นตาอ้อยได้รับความชื้นจากดินมากที่สุด

8. อุปกรณ์โรยปุ๋ย ทำหน้าที่ลำเลียงปุ๋ยเม็ดจากถังบรรจุปุ๋ยไปยังร่องปลูก อุปกรณ์โรยปุ๋ยถูกขับเคลื่อนด้วยล้อเหล็กลักษณะอุปกรณ์โรยปุ๋ยเป็นแบบสกรูเกลียว

9. โครงสร้างเครื่อง ถูกขึ้นรูปจากเหล็กกล่องสี่เหลี่ยมทำหน้าที่เป็นโครงสร้างหลักสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ

10. ล้อเหล็ก ทำหน้าที่รองรับน้ำหนักเครื่องปลูกอ้อยฯ และทำให้เครื่องปลูกอ้อยฯ สามารถเคลื่อนที่ได้ ล้อเหล็กสร้างจากเหล็กแบนถูกดัดม้วนให้เป็นวงล้อและซี่ล้อถูกขึ้นรูปจากเหล็กเพลากลม

สำหรับขั้นตอนการทำงานเครื่องปลูกอ้อยฯ ต้นแบบเริ่มจากนำชิ้นตาอ้อยที่ได้เตรียมไว้บรรจุใส่ลงในถังบรรจุวัสดุปลูก จากนั้นนำเครื่องปลูกอ้อยฯ ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ เมื่อรถแทรกเตอร์ลากดึงเครื่องปลูกอ้อยฯ ตัวเปิดร่องจะทำการเปิดหน้าดินให้เป็นร่อง ชุดกะพ้อลำเลียงจะลำเลียงชิ้นตาอ้อยจากถังบรรจุวัสดุปลูกไปยังชุดท่อนำวัสดุปลูกเพื่อหยอดชิ้นตาอ้อยลงสู่ร่องปลูก ในขณะเดียวกันอุปกรณ์โรยปุ๋ยจะทำการใส่ปุ๋ยลงในร่องปลูก โดยชุดกะพ้อลำเลียงและอุปกรณ์โรยปุ๋ยจะถูกขับเคลื่อนด้วยล้อเหล็กของเครื่องปลูกอ้อยฯ หลังจากนั้นชุดจานกลบและล้ออัดดินจะทำการกลบและอัดดินให้แน่นเพื่อให้ชิ้นตาอ้อยสามารถได้รับความชื้นจากดินมากที่สุด สำหรับข้อมูลจำเพาะของเครื่องปลูกอ้อยแบบหยอดชิ้นตาอ้อยแสดงดังตารางที่ 1

จากผลการพัฒนาและออกแบบเครื่องปลูกอ้อยแบบหยอดชิ้นตาอ้อย พบว่าเครื่องปลูกอ้อยฯ ที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้กับรถแทรกเตอร์ขนาดกลางที่มีขนาดแรงม้าเครื่องยนต์เท่ากับ 30 แรงม้า ลักษณะการปลูกอ้อยเป็นแบบแถวเดี่ยว ใช้ผู้ปฏิบัติงานในการทำงานร่วมกับเครื่อง 1 คน โดยที่การใช้ชิ้นตาอ้อยเป็นวัสดุปลูกแทนการใช้ลำอ้อยมีข้อดี คือ ทำให้ขนาดของเครื่องปลูกอ้อยมีขนาดเล็กลงและเครื่องปลูกอ้อยสามารถบรรทุกวัสดุปลูกได้มากยิ่งขึ้นส่งผลให้ค่าความสามารถเชิงไร่ของเครื่องปลูกอ้อยสูงขึ้น

ตารางที่ 1 ข้อมูลจำเพาะเครื่องปลูกอ้อยแบบหยอดชิ้นตาอ้อยต้นแบบ

รายการ	รายละเอียด
ขนาดเครื่องปลูกอ้อย	1,000 × 1,330 × 1,400 มม.
รถแทรกเตอร์ที่ใช้ลากดึง	ขนาด 30 แรงม้า ขึ้นไป
จำนวนแถวปลูก	1 แถว
อุปกรณ์เปิดร่อง	แบบผาลไถหัวหมู
ล้อขับ	ล้อเหล็ก จำนวน 2 ล้อ
ระบบขับเคลื่อน	โซ่และเฟืองโซ่
ชุดกะพ้อลำเลียง	โซ่ลำเลียงติดตั้งกะพ้อ 5 อัน
อุปกรณ์โรยปุ๋ย	สกรูเกลียว D = 75 มม., L = 150 มม.
ถังบรรจุวัสดุปลูก	ปริมาตรถัง 140 ลิตร
ถังบรรจุปุ๋ย	ปริมาตรถัง 20 ลิตร

3.2 ผลการเตรียมวัสดุปลูกชิ้นตาอ้อย

พันธุ์อ้อยที่นำมาใช้ในการเตรียมชิ้นตา คือ อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 จากการตัดลำอ้อยให้ได้ชิ้นตาจำนวน 100 ชิ้น ทดสอบ 3 ซ้ำ พบว่าจะต้องใช้ลำอ้อยที่มีน้ำหนักรวมเฉลี่ย 7.27 กิโลกรัม โดยสามารถแบ่งเป็นน้ำหนักชิ้นตามีค่าเฉลี่ย 3.13 กิโลกรัม และน้ำหนักปล้องอ้อยที่เหลือจากการตัดมีค่าเฉลี่ย 4.13 กิโลกรัม หรือคิดเป็น 43.07% และ 56.83% ของน้ำหนักลำอ้อยรวม ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 2 สำหรับความยาวของชิ้นตาอ้อยที่ถูกตัดมีค่าเท่ากับ 5 เซนติเมตร ตามขนาดใบมีดตัด และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นตาเฉลี่ยเท่ากับ 2.89 เซนติเมตร โดยเครื่องตัดชิ้นตาอ้อยมีความสามารถในการทำงานเท่ากับ 1,800 ชิ้นต่อชั่วโมง

ตารางที่ 2 ข้อมูลการตัดลำอ้อยให้ได้ชิ้นตาจำนวน 100 ชิ้น

ครั้งที่	น้ำหนักชิ้นตาอ้อย (กก.)	น้ำหนักปล้องอ้อย (กก.)	น้ำหนักอ้อยรวม (กก.)
1	3.2	3.8	7
2	3.2	4.2	7.4
3	3	4.4	7.4
ค่าเฉลี่ย	3.13±0.09	4.13±0.25	7.27±0.19

รูปที่ 5 เครื่องปลูกอ้อยฯ ที่พัฒนาขึ้นถูกลากดึงด้วยรถแทรกเตอร์ขณะทำการทดสอบ

จากการใช้เครื่องตัดชิ้นตาอ้อยเพื่อเตรียมวัสดุปลูก พบว่าเครื่องตัดชิ้นตาอ้อยสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วและตัดอ้อยได้อย่างสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม ในการใช้เครื่องตัดชิ้นตาอ้อยจำเป็นต้องอาศัยผู้มีประสบการณ์ในการป้อนลำอ้อยเข้าสู่ใบมีดตัด เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการตัดชิ้นตาใกล้กับบริเวณตาอ้อยซึ่งจะทำให้ตาอ้อยเสียหายและส่งผลต่ออัตราการงอกของชิ้นตาได้ สำหรับบริเวณปล้องอ้อยที่ไม่ได้ใช้ในการปลูก เกษตรกรสามารถนำไปจำหน่ายให้กับโรงงานน้ำตาลเพื่อนำไปหีบเป็นน้ำตาลต่อไปได้

3.3 ผลการทดสอบเครื่องปลูกอ้อยแบบหยอดชิ้นตาอ้อย

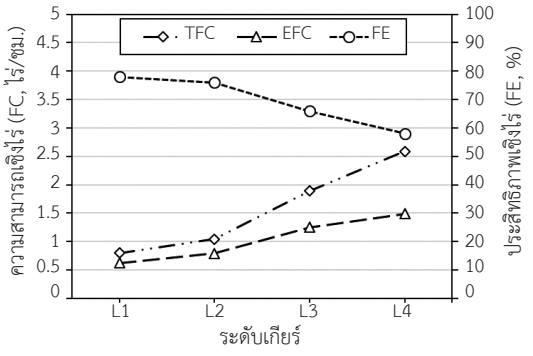
จากการทดสอบเครื่องปลูกอ้อยฯ ในแปลงทดสอบดังรูปที่ 5 ที่ระดับเกียร์การเคลื่อนที่แตกต่างกัน 4 ระดับ พบว่าระยะการปลูกต่างๆ ของแต่ละระดับเกียร์ที่ทำการสุ่มวัด 5 ซ้ำ ในพื้นที่ทดสอบ มีค่าเฉลี่ยระยะห่างระหว่างชิ้นตาอ้อยอยู่ในช่วง 28.33–30.33 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยความลึกของชิ้นตาอ้อยมีค่า 19–20.33 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยระยะห่างระหว่างร่องปลูกมีค่าอยู่ในช่วง 110–115 เซนติเมตร รายละเอียดดังตารางที่ 3 อย่างไรก็ตาม ที่ระดับเกียร์ L4 ไม่สามารถหาค่าเฉลี่ยระยะห่างระหว่างชิ้นตาอ้อยและค่าเฉลี่ยความลึกชิ้นตาอ้อยได้ เนื่องจากที่ระดับเกียร์ L4 รถแทรกเตอร์เคลื่อนที่เร็วเกินไป ทำให้ชุดกะพ้อลำเลียงเกิดการสั่นสะเทือนอย่างมากจนไม่สามารถลำเลียงชิ้นตาอ้อยได้ตามต้องการ

รูปที่ 6 และรูปที่ 7 แสดงข้อมูลค่าความสามารถเชิงไร่ทางทฤษฎี (TFC) ค่าความสามารถเชิงไร่จริง (EFC) ค่าประสิทธิภาพเชิงไร่ (FE) ค่าความเร็วเคลื่อนที่ (V) และค่าร้อยละการลื่นไถล้อรถแทรกเตอร์ (PWS) ของเครื่องปลูกอ้อยฯ ที่ได้

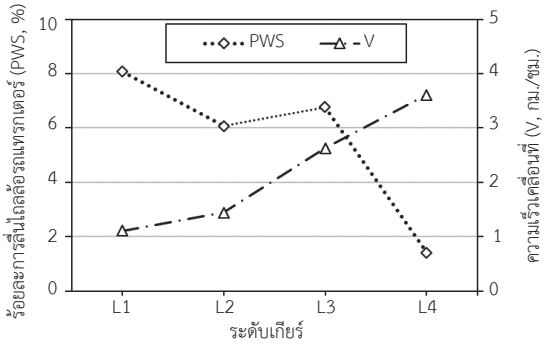
ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยระยะการปลูกต่างๆ ของเครื่องปลูกอ้อยฯ ที่แต่ละระดับเกียร์

ระดับเกียร์	ค่าเฉลี่ยระยะห่างระหว่างชิ้นตาอ้อย (ซม.)	ค่าเฉลี่ยความลึกชิ้นตาอ้อย (ซม.)	ค่าเฉลี่ยระยะห่างระหว่างร่อง (ซม.)
L1	30.33±0.47	20.33±0.47	110±1.72
L2	28.33±1.25	19.67±1.70	115±1.85
L3	29±0.02	19±1.08	114±2.53
L4	-	-	114±2.47

หมายเหตุ: L1 = ระดับเกียร์ต่ำ 1, L2 = ระดับเกียร์ต่ำ 2, L3 = ระดับเกียร์ต่ำ 3, L4 = ระดับเกียร์ต่ำ 4



รูปที่ 6 ค่าความสามารถเชิงไร่และประสิทธิภาพเชิงไร่ที่ระดับเกียร์ต่าง ๆ ของการทดสอบเครื่องปลูกอ้อยฯ



รูปที่ 7 ค่าร้อยละการลื่นไถล้อรถแทรกเตอร์และความเร็วเคลื่อนที่ที่ระดับเกียร์ต่างๆ ของการทดสอบเครื่องปลูกอ้อยฯ

ทำการทดสอบ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าค่าความสามารถเชิงไร่ทางทฤษฎีและค่าความสามารถเชิงไร่จริงมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่าความเร็วเคลื่อนที่ของเครื่องปลูกอ้อยฯ ที่เพิ่มขึ้น แต่ในส่วนค่าประสิทธิภาพเชิงไร่มีค่าลดลงเมื่อค่าความเร็วเคลื่อนที่ของเครื่องปลูกอ้อยฯ มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลมาจากพื้นที่ทดสอบมีขนาดเล็ก จึงทำให้ระยะเวลาในการปลูกอ้อยของเครื่องปลูกอ้อยฯ มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับระยะเวลาที่เครื่องปลูกอ้อยฯ หยุดและเลี้ยวกลับที่หัวแปลงทดสอบ สำหรับอัตราการลื่นไถล้อรถแทรกเตอร์ขณะลากดึงเครื่องปลูกอ้อยฯ พบว่าการเพิ่มความเร็วเคลื่อนที่ของเครื่องปลูกจะทำให้อัตราการลื่นไถล้อรถแทรกเตอร์ลดลง

จากการเก็บข้อมูลและสังเกตการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยฯ ที่ได้ทำการทดสอบ พบว่าเครื่องปลูกอ้อยฯ สามารถเปิดร่อง หยอดชิ้นตาอ้อย กลบและอัดดินได้อย่างต่อเนื่อง โดยระดับเกียร์ที่เหมาะสมในการลากดึงเครื่องปลูกอ้อยฯ ที่ได้พัฒนาขึ้น คือ ระดับเกียร์ต่ำ 3 (L3) ที่รอบเครื่องยนต์ของรถแทรกเตอร์ 1,800 รอบต่อนาที หากเลือกใช้ระดับเกียร์ที่ต่ำกว่า L3 จะทำให้เครื่องปลูกอ้อยเคลื่อนที่ช้าลง ส่งผลให้ความสามารถเชิงไร่เครื่องปลูกอ้อยฯ ลดลง และอัตราการลื่นไถลของล้อรถแทรกเตอร์มีค่าสูงขึ้นทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้นและยังเป็นการเพิ่มระยะเวลาในการปฏิบัติงาน และหากเลือกใช้ระดับเกียร์ที่สูงกว่า L3 จะทำให้เครื่องปลูกอ้อยฯ เคลื่อนที่เร็วเกินไปทำให้ตัวเครื่องเกิดการสั่นสะเทือนมากจนไม่สามารถลำเลียงชิ้นตาอ้อยลงไปในร่องปลูกได้ แต่อย่างไรก็ตาม การสั่นสะเทือนสามารถแก้ไขได้โดยการเตรียมดินในพื้นที่ปลูกให้เรียบมากยิ่งขึ้นซึ่งจะส่งผลให้เครื่องปลูกอ้อยฯ สามารถทำงานได้เร็วขึ้น และหลังจากการทดสอบคณะผู้วิจัยได้ทำการเติมน้ำมันเชื้อเพลิงใส่ให้เต็มถัง เพื่อหาค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องปลูกอ้อยฯ พบว่าเครื่องปลูกอ้อยฯ มีค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 1.3 ลิตรต่อไร่ และในส่วนของจำนวนชิ้นตาที่ใช้สำหรับการปลูกพบว่าจำนวนชิ้นตาที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4,522 ชิ้นตาต่อไร่ หรือ 140 กิโลกรัมต่อไร่ และอัตราการใช้ปุ๋ยเท่ากับ 20 กิโลกรัมต่อไร่ หากเปรียบเทียบน้ำหนักอ้อยที่ใช้ในการปลูกระหว่างเครื่องปลูกอ้อยชนิดป้อนอ้อยในแนวตั้งที่ใช้ปริมาณลำอ้อยในการปลูกเท่ากับ 1,760 กิโลกรัมต่อไร่ [16] และเครื่อง

ปลูกอ้อยที่ได้พัฒนาขึ้น จะเห็นได้ว่าเครื่องปลูกที่พัฒนาขึ้นใช้วัสดุในการปลูกอ้อยน้อยกว่ามาก ซึ่งถือเป็นการประหยัดวัสดุปลูกอ้อยอีกทางหนึ่ง และจากการทดสอบพบว่าค่าความสามารถเชิงไร่ของเครื่องปลูกอ้อยที่พัฒนาขึ้นมีค่าเท่ากับ 10 ไร่ต่อวัน ซึ่งมีค่าความสามารถเชิงไร่เท่ากับค่าความสามารถเชิงไร่ของเครื่องปลูกอ้อยชนิดป้อนอ้อยในแนวตั้งที่นิยมใช้ในปัจจุบัน สำหรับอัตราการงอกของอ้อยที่ปลูกด้วยเครื่องปลูกอ้อยแบบหยอดชิ้นตาอ้อยจะต้องคำนึงถึงการให้น้ำหลังจากการปลูกโดยอาจจะต้องมีการให้น้ำแบบระบบน้ำหยด หรือให้น้ำแบบราด เพราะจากผลการทดสอบในครั้งนี้พื้นที่ทดสอบเป็นดินร่วนปนทรายและมีชั้นดินดาน อีกทั้งแปลงทดสอบไม่ได้ทำการวางระบบน้ำให้กับพืช ทำให้อัตราการงอกของอ้อยที่ปลูกด้วยชิ้นตาอ้อยยังไม่ค่อยดี แต่อย่างไรก็ตาม หากมีการวางระบบน้ำให้แปลงอ้อยและเลือกพื้นที่ปลูกให้เหมาะสมจะทำให้การปลูกชิ้นตาอ้อยมีอัตราการงอกที่ดีได้ตามผลงานวิจัยที่ได้รายงานในงานวิจัยของครรชิต [10] และ Jain และคณะ [11]

ตารางที่ 4 ต้นทุนการใช้งานเครื่องปลูกอ้อยแบบหยอดชิ้นตาอ้อย

รายการ	จำนวน	หน่วย
1. เครื่องปลูกอ้อยฯ		
1.1 ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)		
- ค่าเสื่อมราคา (Depreciation) 10% ของมูลค่าซาก	4,500	บาทต่อปี
- ค่าเสียโอกาส (Investment) อัตราดอกเบี้ยต่อปี เท่ากับ 10%	2,750	บาทต่อปี
- ค่าภาษีประกันและโรงเรือน 2% ของราคาแรกซื้อเครื่องปลูกอ้อยฯ	1,000	บาทต่อปี
รวม	8,250	บาทต่อปี
	(11.46)	บาทต่อชั่วโมง
1.2 ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost)		
- ค่าบำรุงรักษาเครื่องปลูกอ้อยฯ 5% ของราคาแรกซื้อเครื่องปลูกอ้อยฯ	2,500	บาทต่อปี
รวม	2,500	บาทต่อปี
	(3.47)	บาทต่อชั่วโมง
1.3 ต้นทุนรวมการใช้งานเครื่องปลูกอ้อยฯ	14.93	บาทต่อชั่วโมง

3.4 ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ข้อมูลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์การเลือกใช้งานเครื่องปลูกอ้อยฯ มีการพิจารณา ดังนี้ 1) ต้นทุนในการใช้งาน 2) จุดคุ้มทุน และ 3) ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องปลูกอ้อยฯ สำหรับเงื่อนไขในการวิเคราะห์ต้นทุนเครื่องปลูกอ้อยฯ มีดังต่อไปนี้ 1) ความสามารถเชิงไร่เครื่องปลูกอ้อยฯ เท่ากับ 1.25 ไร่ต่อชั่วโมง (1 วัน ทำงาน 8 ชั่วโมง) 2) ราคาเครื่องปลูกอ้อยฯ เท่ากับ 50,000 บาท 3) อายุการใช้งานของเครื่องปลูกอ้อยฯ เท่ากับ 10 ปี และ 4) ชั่วโมงการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยฯ 720 ชั่วโมงต่อปี ตามเงื่อนไขดังกล่าวสามารถคำนวณหาค่าต้นทุนคงที่รวมและต้นทุนแปรผันรวมของเครื่องปลูกอ้อยฯ ได้ดังตารางที่ 4

สำหรับเงื่อนไขในการพิจารณาต้นทุนการใช้งานรถแทรกเตอร์มีดังต่อไปนี้ 1) ราคารถแทรกเตอร์เท่ากับ 406,000 บาท 2) ชั่วโมงการทำงานเท่ากับ 800 ชั่วโมงต่อปี และ 3) อายุการใช้งานรถแทรกเตอร์เท่ากับ 15 ปี [17] จากข้อมูลดังกล่าวสามารถคำนวณหาค่าต้นทุนในการใช้งานรถแทรกเตอร์สำหรับลากดึงเครื่องปลูกอ้อยฯ ดังแสดงได้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ต้นทุนการใช้งานรถแทรกเตอร์ลากดึงเครื่องปลูกอ้อยฯ

รายการ	จำนวน	หน่วย
1. รถแทรกเตอร์		
1.1 ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)		
- ค่าเสื่อมราคา (Depreciation) 10% ของมูลค่าซาก	24,360	บาทต่อปี
- ค่าเสียโอกาส (Investment) อัตราดอกเบี้ยต่อปี เท่ากับ 10%	22,330	บาทต่อปี
- ค่าภาษีประกันและโรงเรือน 2% จากราคาแรกซื้อรถแทรกเตอร์	8,120	บาทต่อปี
รวม	54,810	บาทต่อปี
	(68.51)	บาทต่อชั่วโมง
1.2 ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost)		
- ค่าจ้างแรงงาน 1 คน 400 บาทต่อวัน วันละ 8 ชั่วโมง	50	บาทต่อชั่วโมง
- ค่าบำรุงรักษาเครื่องปลูกอ้อยฯ 5% จากราคาแรกซื้อรถแทรกเตอร์	25.38	บาทต่อชั่วโมง
- ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง 1.3 ลิตรต่อชั่วโมง น้ำมันดีเซล 26.19 บาทต่อลิตร	34.08	บาทต่อชั่วโมง
รวม	109.46	บาทต่อชั่วโมง
1.3 ต้นทุนรวมของการใช้งานรถแทรกเตอร์	177.97	บาทต่อชั่วโมง

จากข้อมูลในตารางที่ 4 และ 5 พบว่าต้นทุนรวมในการใช้งานเครื่องปลูกอ้อยฯ มีค่าเท่ากับ 14.93 บาทต่อชั่วโมง และต้นทุนรวมในการใช้งานรถแทรกเตอร์มีค่าเท่ากับ 177.97 บาทต่อชั่วโมง ดังนั้นต้นทุนรวมทั้งหมดในการใช้งานเครื่องปลูกอ้อยฯ จึงมีค่าเท่ากับ 192.9 บาทต่อชั่วโมง หรือคิดเป็นต้นทุนค่าใช้จ่ายต่อไร่เท่ากับ 154.32 บาทต่อไร่ เมื่อคำนวณหาค่าจุดคุ้มทุน (BEP) และระยะเวลาคืนทุน (PBP) ในกรณีที่อัตราค่าจ้างปลูกอ้อยเท่ากับ 775 บาทต่อไร่ [18] และเครื่องปลูกอ้อยฯ ทำงานปีละ 720 ชั่วโมง พบว่าค่าจุดคุ้มทุนมีค่าเท่ากับ 92.04 ไร่ต่อปี และระยะเวลาคืนทุนมีค่าเท่ากับ 0.82 ปี รายละเอียดข้อมูลในการคำนวณดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ข้อมูลที่ใช้พิจารณาค่าจุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุน

รายการ	จำนวน	หน่วย
ต้นทุนคงที่รวม (A)	63,060	บาทต่อปี
ค่าจ้างต่อไร่ (B)	775	บาทต่อไร่
ต้นทุนแปรผันรวม (C)	89.88	บาทต่อไร่
ราคาเครื่องปลูกอ้อยฯ + ราคารถแทรกเตอร์ (D)	456,000	บาท
รายได้จากการจ้างปลูกอ้อย (E)	697,500	บาทต่อปี
ต้นทุนรวมทั้งหมด (F)	138,888	บาทต่อปี
จุดคุ้มทุน (BEP), $\frac{A}{(B-C)}$	92.04	ไร่ต่อปี
ระยะเวลาคืนทุน (PBP), $\frac{D}{(E-F)}$	0.82	ปี

จากผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์เครื่องปลูกอ้อยฯ ที่ได้พัฒนา แสดงให้เห็นว่าต้นทุนค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่จะอยู่ที่รถแทรกเตอร์ ดังนั้นหากเกษตรกรมีรถแทรกเตอร์อยู่แล้วจะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการใช้งานเครื่องปลูกอ้อยได้อย่างมาก แต่หากเกษตรกรมีความจำเป็นต้องซื้อรถแทรกเตอร์และเครื่องปลูกอ้อยฯ พร้อมกันเพื่อทำการรับจ้างปลูกอ้อย เกษตรกรต้องทำการรับจ้างปลูกอ้อยให้ได้อย่างน้อยปีละ 92.04 ไร่ จึงจะถึงจุดคุ้มทุนการใช้งานเครื่องปลูกอ้อยฯ ในแต่ละปี และหากเกษตรกรสามารถรับจ้างปลูกอ้อยด้วยเครื่องปลูกอ้อยฯ ให้ได้พื้นที่เท่ากับ 900 ไร่ หรือ 720 ชั่วโมงทำงาน จะทำให้ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องปลูกอ้อยฯ มีค่าเท่ากับ 0.82 ปี

4. สรุป

การพัฒนาและออกแบบเครื่องปลูกอ้อยแบบหยอดชิ้นตาอ้อยได้ถูกดำเนินการในงานวิจัยนี้ เพื่อสร้างเครื่องปลูกอ้อยแบบใหม่ที่ใช้ชิ้นตาอ้อยเป็นวัสดุปลูกแทนการใช้ลำอ้อยแบบเดิม โดยเครื่องปลูกอ้อยที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานกับรถแทรกเตอร์ขนาด 30 แรงม้า ปลูกอ้อยแบบแถวเดี่ยว และใช้ผู้ปฏิบัติงานร่วมกับเครื่องจำนวน 1 คน ในการปลูกอ้อยจะต้องมีการตัดชิ้นตาอ้อยเตรียมไว้ก่อนด้วยเครื่องตัดชิ้นตาอ้อย โดยชิ้นตาที่ได้จะถูกนำไปใช้เป็นวัสดุปลูกและส่วนปล้องอ้อยที่เหลือสามารถนำไปจำหน่ายเพื่อหีบเป็นน้ำตาลได้ จากผลการทดสอบเครื่องปลูกอ้อยฯ พบว่าเครื่องปลูกอ้อยฯ ที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้อย่างเหมาะสมที่ระดับเกียร์ต่ำ 3 (3L) ของรถแทรกเตอร์ และการวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์แสดงค่าจุดคุ้มทุนและระยะคืนทุนในการใช้เครื่องปลูกอ้อยฯ นี้ อย่างไรก็ตาม การปลูกอ้อยด้วยชิ้นตาอ้อยจำเป็นต้องคำนึงถึงความชื้นของดินในระยะเริ่มต้นของการปลูก ดังนั้นควรเลือกใช้เครื่องปลูกอ้อยแบบหยอดชิ้นตาอ้อยในพื้นที่เพาะปลูกอ้อยที่มีระบบชลประทานซึ่งมีอยู่ประมาณ 1,100,000 ไร่ [19] สำหรับแนวทางในการพัฒนาเครื่องปลูกอ้อยต้นแบบขั้นต่อไป ควรพัฒนาระบบการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยฯ ให้สามารถทำงานเชิงไร่ได้สูงขึ้นและพัฒนาเครื่องปลูกอ้อยฯ ให้สามารถปลูกอ้อยได้แบบแถวคู่ ซึ่งจะเหมาะสมกับการปลูกอ้อยที่ต้องการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยเครื่องตัดอ้อยต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ช่วยสนับสนุนทุนวิจัย ตลอดจนภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน และคณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี ที่เอื้อเฟื้อบุคลากรและสถานที่ในการดำเนินงานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

[1] P. Pongpat, S. H. Gheewala, and T. Silalertruksa, "An assessment of harvesting practices of sugarcane in the central region of Thailand," *Journal of Cleaner Production*, vol. 142, pp. 1138–1147, 2017.

[2] Foreign Agricultural Service. (2019, May). Sugar: World markets and trade. Department of Agriculture, United States [Online]. Available: https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/sugar.pdf

[3] Office of the Cane and Sugar Board. Sustainable Sugarcane field management. Office of the Cane and Sugar Board. Bangkok, Thailand [Online]. Available: http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/144-4003.pdf

[4] B. S. Bahaloyodhin and S. Leeyavatananupong, "Development of sugarcane planter in Thailand," *KU Engineering Journal*, vol. 5, pp. 136–135, 1988 (in Thai).

[5] B. Saitthiti, *Tropical Farm Machinery*. Bangkok: Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University 2010 (in Thai).

[6] A. Patil, A. K. Dave, and R. N. S. Yadav, "Evaluation of sugarcane cutter planter," *Sugar Tech*, vol. 6, no. 3, pp. 121–125, 2004.

[7] B. Tangwongkit, P. Piya-anat, and R. Tangwongkit, "Development of a sugarcane planter for soil and water conservation," in *Proceedings Kasetsart Conference 53th*, 1997, pp. 516–523.

[8] A. M. Compagnon, C. E. A Furlani, R. P. Silva, M. T. Cassia, and F. H. Arriel, "Billet metering mechanism of a sugarcane planter," *African Journal of Agricultural Research*, vol. 11, no. 38, pp. 3643–3650, 2016.

[9] K. Saengprachatanarug, C. Chaloemthoi, K. Kamwilaisak, P. Kasemsiri, S. C. Udom, and E. Taira, "Effect of metering device arrangement to discharge consistency of sugarcane billet planter," *Engineering in Agriculture*, vol. 11, no. 3, pp. 139–144, 2018.

[10] K. Thammasiri, "Comparison of growth, yield, and yield components of three sugarcane varieties grown from bud chips and three-budded setts," M.S. thesis, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 1981 (in Thai).

[11] R. Jain, S. Solomon, A. K. Shrivastava, and A. Chandra, "Sugarcane bud chips: A promising seed material," *Sugar Tech*, vol. 12, no. 1, pp. 67–69, 2010.

[12] Department of Agriculture Extension. (2013, August). Technique operation and maintenance in farm equipment. Ministry of Agriculture and Cooperatives. Bangkok, Thailand [Online]. Available: http://www.servicelink.doae.go.th/webpage/book_%2024%20guide/17.pdf

[13] *RNAM Test Code & Procedures for Farm Machinery*, Technical Series No. 12, 1983.

[14] P. Sriwongras, S. Intaravichai, and T. Kiatiwat, "Economic analysis of community level small rice mill," *The Journal of KMUTNB*, vol. 29, no.2, pp. 237–246, 2019 (in Thai).

[15] S. Kumar, M. Singh, and B. R. Singh, "Feasibility and economic viability of raised bed planter in western plane zone of Uttar Pradesh, India," *Soil and Tillage Research*, vol. 128, pp. 37–43, 2013.

[16] T. Thienyaem, K. Saengprachatanarug, N. Weerakulwattana, and S. Anutarapongpan, "Study of performance comparison between

sugarcane billet planter and convection sugarcane planter in Khon Kaen province," in *Proceedings The 14th TSAE International Conference*, 2013, pp. 259–261.

[17] D.N. Sharma and S. Mukesh, *Farm Machinery Design*, 2nd ed. India: Jain Brothers, 2010.

[18] C. Kusoncum and K. Sethanan, "A study of costs and returns of sugarcane production sent to the sugar mill for small-scale growers in Buakhao, Kuchinarai district, Kalasin province," in *Proceedings IE Network Conference, Phetchaburi Province*, 2012, pp. 2134–2140.

[19] P. Manivong and E. Bourgois. (2017, February). Thai Sugarcane Sector and Sustainability. FairAgora Asia Co., Ltd. Bangkok, Thailand [Online]. Available: https://www.bonsucro.com/wp-content/uploads/2017/08/Thai-White-Paper-FINAL-LowRes.docx.pdf