



การพัฒนาเครื่องตัดหญ้าเดินตามขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สาย

The Development of Walking Mower with Cordless Electric Driving System

คมกริช จิตตา¹, ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์^{1*}, สิรินาถ น้อยพิทักษ์¹

Komgrit Jitta¹, Siwalak Pathaveerat^{1*}, Sirinad Noypitak¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 73140

¹Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University - Kamphaengsaen, Nakhon Pathom, 73140

* Corresponding author: Tel: +66-8-6147-2656, Fax: +66-0-3435-1896, E-mail: fengslp@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องตัดหญ้าเดินตามขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สาย เพื่อช่วยลดภาระการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งประกอบด้วย 5 ส่วนหลัก คือ 1) ชุดต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 2) ชุดเฟืองทด และเฟืองโซ่ส่งกำลัง 3) ชุดสไปรอลคลัทช์ และมือบีบ 4) ชุดเพลาล้อหลัง เพลาล้อหน้า และที่ปรับระดับของใบมีดเครื่องตัดหญ้า 5) ชุดโครงเครื่องยนต์ของเครื่องตัดหญ้า และใบมีดตัดหญ้านำกว้างในการตัด 50 cm เงื่อนไขในการทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1500 2000 และ 2500 rpm ทำการทดสอบในสนามหญ้า และสวนผลไม้แบบยกร่อง ตามลำดับ ผลการทดสอบพบว่า เงื่อนไขที่เครื่องตัดหญ้าเดินตามขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สาย สามารถทำงานได้ดีที่สุด คือ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2500 rpm ทั้งในสนามหญ้า และในสวนผลไม้แบบยกร่อง มีความเร็วการเคลื่อนที่ 2.64 และ 1.78 km h⁻¹ ตามลำดับ อัตราการใช้ไฟฟ้าต่อหน่วย 0.70 และ 1.58 kWh rai⁻¹ ตามลำดับ อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 1.10 และ 1.49 L rai⁻¹ ตามลำดับ ความสามารถในการทำงานต่อไร่ 0.68 และ 0.46 rai h⁻¹ ตามลำดับ จากการทดสอบพบว่า เครื่องตัดหญ้าเดินตามขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สาย ช่วยลดการใช้แรงงานกายของผู้ปฏิบัติงาน โดยที่ผู้ปฏิบัติงานไม่ต้องออกแรงผลักในขณะที่ตัดหญ้า เนื่องจากมีชุดสไปรอลคลัทช์ ช่วยในการบังคับเลี้ยว ทำให้การบังคับเลี้ยวทำได้ง่ายขึ้นจึงสามารถลดภาระการทำงานของผู้ปฏิบัติงานได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: เครื่องตัดหญ้าเดินตาม, ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สาย, สไปรอลคลัทช์

Abstract

The objective of this research aims to develop the walking mower with cordless electric driving system to reduce the workload of the operator. This mower consists of 5 main parts are 1) power source from a DC motor 2) gear reducer and transmission chain 3) spiral clutch and control lever 4) rear wheel and adjustable front wheel for adjust the cutting height 5) engine to drive cutting blade with 50 cm cutting width. The test conditions with blade rotating speed were 1500, 2000 and 2500 rpm. The experiment was tested at field grass and orchards, respectively. The results showed that the optimum condition of rotating speed of engine was 2500 rpm in both field grass and orchard. The moving speed of the mower were 2.64 and 1.78 km h⁻¹, respectively. The electric consumption was 0.70 and 1.58 kWh rai⁻¹, respectively. The fuel consumption rate was 1.10 and 1.49 L rai⁻¹, respectively. The working capacity of this mower were 0.68 and 0.46 rai h⁻¹, respectively. The result found that the walking lawn mower of cordless electric driving system reduced operating work and help operator pushing machine. This mower reduced cost of cutting grass in the orchard. The spiral clutch made the mower easy turning. Therefore, it can reduce the workload of the operator as well

Keywords: Walking mower, Cordless electric driving system, Spiral clutch

Received: August 19, 2021

Revised: September 11, 2021

Accepted: September 24, 2021

Available online: February 1, 2022

1 บทนำ

วัชพืช หมายถึง พืชที่ขึ้นในที่ที่ไม่ต้องการให้ขึ้น ไม่มีประโยชน์ โดยที่จะทำความเสียหายพืชที่ปลูก มีคุณสมบัติในการขยายพันธุ์ แพร่พันธุ์ได้ดี และทนทานต่อการควบคุมกำจัด (พรชัย, 2540) วัชพืช เป็นพืชที่ขึ้นมาเองตามธรรมชาติในไร่นา โดยที่ผู้ดูแลไม่ต้องการ ส่วนใหญ่ไม่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ หรือมีน้อยมาก มักสร้างความเสียหายให้พืชหลัก เช่น แย่งอาหาร บังแสงแดด เป็นที่อยู่อาศัยของแมลง และโรคพืช ทั้งยังทำให้การทำงานในสวนมีความลำบาก อย่างไรก็ตาม วัชพืชที่ไม่ต้องการนั้นก็อาจจะอุดมไปด้วยธาตุอาหารต่างๆ ทั้งธาตุหลัก และ ธาตุรองอย่างครบถ้วน อีกทั้งยังสามารถตัดมาหมักเพื่อทำปุ๋ยได้ (พิสุทธ์, 2553) วัชพืช เป็นปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งในการทำสวนผลไม้ เนื่องจากวัชพืชเป็นต้นไม่มีชีวิตเช่นเดียวกับพืชปลูก ฉะนั้นย่อมต้องการปุ๋ย น้ำ แสงสว่าง เพื่อการเจริญเติบโตเช่นเดียวกัน วัชพืชที่ขึ้นในสวนผลไม้จะทำให้ผลผลิตลดลงถึงร้อยละ 30 - 35 เนื่องจากวัชพืชมีการแย่งธาตุอาหารในดิน ทำให้พืชที่ปลูกได้ปุ๋ยและน้ำน้อยลง ไม่เจริญเติบโต ทำให้ผลผลิตไม่สมบูรณ์ (อำไพ, 2520) วัชพืชมีการพัฒนาตนเองเพื่อให้สามารถเจริญเติบโตและสามารถขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว และยังสามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดี (รัชดากร, 2551)

ในการกำจัดวัชพืชนั้น สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การกำจัดวัชพืชโดยใช้สารเคมี การกำจัดวัชพืชโดยการเผา (Burning) การกำจัดวัชพืชโดยการคลุมดิน (Mulching) การกำจัดวัชพืชโดยการปล่อยน้ำท่วม (Flooding) การกำจัดวัชพืชโดยใช้ชีวอินทรีย์ (Biological Methods) การกำจัดวัชพืชโดยใช้วิธีกล (Mechanical Methods) เป็นต้น ซึ่งการกำจัดวัชพืชโดยใช้วิธีกล เป็นการควบคุมกำจัดโดยใช้เครื่องมือต่างๆ ไปจนถึงการใช้เครื่องจักรกลต่างๆ (รัชดากร, 2551) โดยเครื่องจักรกลที่เป็นที่นิยมในการใช้กำจัดวัชพืช คือ เครื่องตัดหญ้า เครื่องตัดหญ้าที่ใช้ตัดหญ้าในปัจจุบันมีหลายแบบ เช่น เครื่องตัดหญ้าแบบสะพาย เครื่องตัดหญ้าชนิดใช้แรงคนเข็น เครื่องตัดหญ้าชนิดนั่งขับ เครื่องตัดหญ้าชนิดติดพ่วงรถแทรกเตอร์ โดยการใช้เครื่องตัดหญ้าแบบสะพาย เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมจากเกษตรกรผู้ทำสวนผลไม้แบบยกร่องมากที่สุด แต่เกษตรกรผู้ปฏิบัติงานต้องใช้แรงงานในการตัดหญ้ามาก และเครื่องตัดหญ้าชนิดนั่งขับไม่สามารถเข้าไปทำงานได้เนื่องจากในสวนผลไม้แบบยกร่องมีพื้นที่ในการทำงานจำกัด

การใช้งานเครื่องตัดหญ้าที่มีขายในท้องตลาด และเครื่องตัดหญ้าที่พัฒนาขึ้นในอดีตเกษตรกรต้องออกแรงเข็นในการทำงานตัดหญ้าทำให้ต้องใช้แรงงานมากในการทำงานบางเครื่องมีขนาดใหญ่ และมีน้ำหนักมากทำให้การทำงานในสวนผลไม้แบบยกร่องยากลำบากเนื่องจากในสวนผลไม้ไม่มีพื้นที่การทำงานจำกัด ประกอบกับต้องใช้การดูแลรักษาที่ยุ่งยาก ทั้งยังมีราคาที่สูง ในอดีต มงคล (2537) ได้ออกแบบและสร้างรถตัดหญ้านั่งขับขนาดเล็กมีเกียร์เดินหน้า 2 เกียร์ ถอยหลัง 1 เกียร์ ใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาด 10 hp เป็นต้นกำลัง ความเร็วเดินหน้าขณะทำงานอยู่ที่ 4

km h⁻¹ หน้ากว้างการทำงาน 80 cm มีความสามารถในการทำงาน 1.4 rai h⁻¹ เป็นรถตัดหญ้านั่งขับขนาดใหญ่ไม่สามารถทำงานในสวนผลไม้แบบยกร่องได้ สกล (2548) ได้ออกแบบและสร้างรถตัดหญ้าควบคุมด้วยวิทยุบังคับโดยใช้เครื่องยนต์เบนซินเป็นต้นกำลัง สามารถตัดหญ้าในสนามหญ้าได้ 400 m² h⁻¹ โดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 1 L แต่มีข้อจำกัดที่สามารถควบคุมการทำงานของรถตัดหญ้าได้ในรัศมีไม่เกิน 50 m วรภูมิ และคณะ (2549) ได้พัฒนาเครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามสำหรับสวนผลไม้ มีความเร็วขับเคลื่อน 2.4 km h⁻¹ ใช้ใบมีดตัดหญ้าขนาด 60, 52 และ 48 cm ในการทดสอบ สามารถปฏิบัติงานได้ 0.9, 0.78, และ 0.72 rai h⁻¹ ตามลำดับ เครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามสำหรับสวนผลไม้ไม่มีชุดขับเคลื่อนที่ใหญ่ มีน้ำหนักมาก และชุดส่งกำลังหลายชิ้นส่วนซึ่งยากต่อการซ่อมบำรุง ศรีณย์ (2552) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตามเพื่อเกษตรกรรายเล็ก มีความเร็วเคลื่อนที่สูงสุดคือ 1.7 km h⁻¹ ความสามารถในการทำงานอยู่ที่ 0.6 rai h⁻¹ อัตราการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิง 2.7 L h⁻¹ หน้ากว้างการทำงาน 40 cm เครื่องตัดหญ้ามี่ขนาดใหญ่ไม่สามารถทำงานในสวนผลไม้แบบยกร่องได้ Nkakini and Yabefa (2014) ได้ออกแบบสร้าง เครื่องตัดหญ้าใบมีดเกลียว มีหน้ากว้างในการตัดหญ้า 40 cm ทำการทดสอบตัดหญ้าในสนาม มีความเร็วเคลื่อนที่ 2.88 km h⁻¹ มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 0.46 rai h⁻¹ ที่ความเร็วรอบ 1500 rpm เจนวิทย์ (2560) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องตัดหญ้าเดินตามในสวนผลไม้ ที่มีหน้ากว้างในการทำงาน 60 cm มีความสามารถในการทำงานสูงสุดเฉลี่ย 0.88 rai h⁻¹ ความเร็วเคลื่อนที่สูงสุดเฉลี่ย 2.89 km h⁻¹ อัตราการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 1 L h⁻¹ สามารถปรับความเร็วรอบเครื่องยนต์ และความเร็วเคลื่อนที่ได้หลายระดับ ทำให้ชุดขับเคลื่อนมีชิ้นส่วนมาก ตัวเครื่องมีขนาดใหญ่ มีน้ำหนักมาก Adubika and Adebayo (2020) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ มีหน้ากว้างในการตัดหญ้า 40 cm ความเร็วในการเคลื่อนที่ 1.08 km h⁻¹ สามารถทำงานได้ 0.68 rai h⁻¹ ที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ 3000 rpm ตัวเครื่องมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากเนื่องจากต้องติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ กนก กัญญากร และคณะ (2563) ได้สร้างรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ โดยใช้เครื่องตัดหญ้าแบบเหวี่ยง เครื่องยนต์ 4 จังหวะ 3.5 hp เป็นต้นกำลัง หน้ากว้างในการตัด 42 cm สามารถทำงานได้เฉลี่ย 0.24 rai h⁻¹ มีรัศมีในการบังคับที่ 80 m ซึ่งการทำงานตัดหญ้าในสวนผลไม้แบบยกร่องนั้นเกษตรกรต้องควบคุมเครื่องตัดหญ้าอยู่ตลอดเวลาทำให้ทำงานในสวนผลไม้แบบยกร่องได้ไม่สะดวก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องตัดหญ้าเดินตามขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สาย ที่มีความเหมาะสมสำหรับการทำงานในสวนผลไม้แบบยกร่องมากกว่า และยังสามารถทำงานในสนามหญ้าที่มีความหนาแน่นของวัชพืชได้เป็นอย่างดี ใช้งานง่าย เพราะ มีกลไกการทำงานไม่ยุ่งยาก ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าในการขับเคลื่อน สามารถปรับความเร็วในการเคลื่อนที่ได้ ทำให้ช่วยลดภาระในการออกแรงเข็นเครื่องตัดหญ้าแบบก่อนๆได้ และมี

ชุดสไปรอลคลัทช์ ช่วยในการบังคับเลี้ยว ทำให้สามารถบังคับเลี้ยวได้ง่าย ตัวเครื่องมีขนาดเล็ก และน้ำหนักเบาว่า ทั้งยังมีราคาไม่แพง ทำให้การพัฒนาเครื่องตัดหญ้าเดินตามขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สาย มีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อเกษตรกรผู้ปฏิบัติงาน

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การออกแบบและสร้างเครื่องตัดหญ้าเดินตามขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สาย

เครื่องตัดหญ้าเดินตามขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สาย (Figure 1) มีความกว้าง 75 cm ความยาว 110 cm ความสูง 120 cm ถูกออกแบบโดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ 5 ส่วน คือ

2.1.1 ต้นกำลังขับเคลื่อนจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 24 V 250 W 300 rpm โดยรับกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ชนิดแห้งขนาด 12 V 10 Ah 2 ก้อน ต่ออนุกรมกัน ควบคุมความเร็วของมอเตอร์โดยชุดควบคุมความเร็ว รุ่น 10-50V/40A/2000W (DC motor speed control, Shenzhen electronics shop, China) (Figure 2) ด้วยการหมุนที่สวิตช์ปรับความเร็ว

2.1.2 ชุดส่งกำลังรับกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้าไปยังชุดเฟืองทดที่มีอัตราทดที่ 5:1 (Figure 3a) จากนั้นส่งไปยังเฟืองขับที่มีเฟือง 15 ฟัน ส่งกำลังผ่านโซ่ไปยังเฟืองตามที่มีฟันเฟือง 30 ฟัน (Figure 3b) ที่ติดกับเพลาส่งกำลังไปยังล้อขับเคลื่อน

2.1.3 ชุดสไปรอลคลัทช์ และมือบีบสำหรับช่วยบังคับเลี้ยว (Figure 4) ใช้สำหรับส่งกำลัง และตัดกำลังจากเพลาลูกโซ่ไปยังล้อ สามารถปลดกำลังโดยการบีบชุดมือบีบที่ติดตั้งเพื่อเพิ่มความสะดวกในการทำงาน

2.1.4 ชุดล้อขับเคลื่อนใช้ล้อแบบสับลมขนาด 13 inch (Figure 5a) ล้อหน้าใช้ล้อแบบยางตันขนาด 8 inch ติดตั้งตัวปรับระดับความสูงของเครื่องตัดหญ้าสามารถปรับระดับความสูงของใบมีดตัดหญ้าได้ตั้งแต่ 2-7 cm โดยการคลายตัวล็อกเพื่อหมุนปรับระดับความสูงของเครื่องตัดหญ้า (Figure 5b)

2.1.5 ตัวเครื่องตัดหญ้านั้นดัดแปลงจากเครื่องตัดหญ้าสนาม Honda GXV 160 5.5 Hp (Figure 6a) เสริมความแข็งแรงของโครงรถโดยการเพิ่มโครงเหล็กรอบคัน เพื่อให้สามารถทำงานในสวนผลไม้แบบยกทรงได้ ติดตั้งใบมีดตัดหญ้าขนาด กว้าง 5.5 cm ยาว 50 cm (Figure 6b)

2.1.6 ทำการทดสอบตัดหญ้าในสนามหญ้า (Figure 7a) และสวนผลไม้แบบยกทรง (Figure 7b) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์สำหรับขับใบมีดตัดหญ้า 1500, 2000 และ 2500 rpm ตามลำดับ จำนวน 3 ซ้ำ

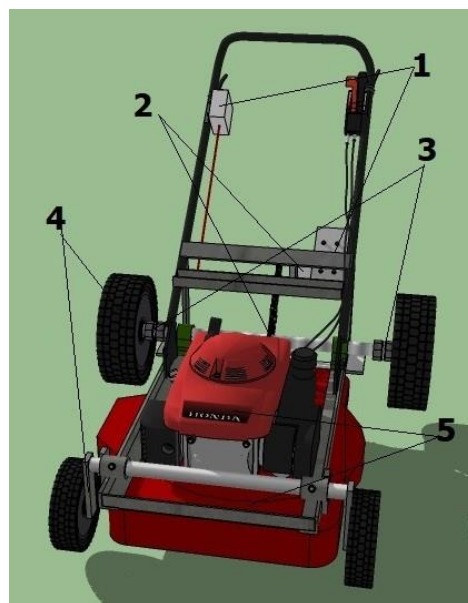


Figure 1 Walking mower with cordless electric driving system. 1) power system 2) transmission system 3) spiral clutch 4) wheel and leveler 5) engine mower and grass cutting blade.



Figure 2 Speed control unit.

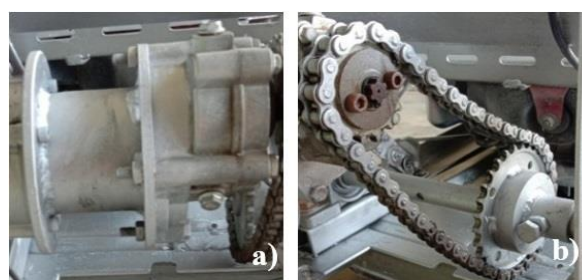


Figure 3 Transmission system a) gear reducer b) chain and sprocket.



Figure 4 a) spiral clutch b) hand squeeze.



Figure 5 Wheel a) rear wheel b) front wheel and level adjustable.



Figure 6 a) 5.5 hp engine b) grass cutting blade.



Figure 7 a) cutting at filed grass b) cutting at orchard.

2.2 ทฤษฎีการออกแบบ

ในการคำนวณการออกแบบอัตราทด (M_w) กำหนดความเร็วรอบของมอเตอร์ขับเคลื่อน ในการคำนวณอัตราทดของชุดขับเคลื่อนอยู่ที่ 350 rpm ผ่านชุดทดเกียร์ที่มีอัตราทด 5:1 ได้ความเร็วรอบที่ออกจากชุดทดเกียร์ 70 rpm ส่งกำลังต่อมาที่ชุดเฟืองโซ่ที่มีเฟืองขับ 15 ฟัน เฟืองตาม 30 ฟัน เผลาขับเคลื่อนจะหมุนด้วยความเร็วรอบ 35 rpm ส่งกำลังไปยังล้อขับเคลื่อนขนาด

13x3 inch ซึ่งเมื่อล้อหมุน 1 รอบ ได้ระยะทางประมาณ 1.04 m หาอัตราทด (M_w) ได้จากสมการที่ (1)

$$M_w = \frac{D_2}{D_1} = \frac{N_1}{N_2} \quad (1)$$

เมื่อ M_w = อัตราทด

D_1 = เส้นผ่านศูนย์กลางของฟูลี่ตัวขับ หรือ

จำนวนฟันเฟืองตัวขับ

D_2 = เส้นผ่านศูนย์กลางของฟูลี่ตัวตาม

หรือ จำนวนฟันเฟืองตัวตาม

N_1 = ความเร็วรอบของตัวขับ

N_2 = ความเร็วรอบของตัวตาม

$$M_w = \frac{30T}{15T} = 2$$

$$N_2 = \frac{70\text{rpm}}{2} = 35\text{ rpm}$$

หาความเร็วในการเคลื่อนที่ (V_f) โดยใช้สมการที่ (2)

$$V_f = \frac{s}{t} \quad (2)$$

เมื่อ V_f = ความเร็วในการเคลื่อนที่ (km h^{-1})

s = ระยะทาง (m)

t = เวลา (s)

$$V_f = \frac{35\text{ rpm} \times 1.04\text{ m} \times 60\text{ min h}^{-1}}{1000\text{ m km}^{-1}}$$

$$= 2.18\text{ km h}^{-1}$$

หากำลังงานขับเคลื่อน (P_M) ของมอเตอร์ไฟฟ้าจากสมการที่ (3)

$$P_M = \frac{2\pi NT}{60} \quad (3)$$

เมื่อ P_M = กำลังของมอเตอร์ (W)

N = ความเร็วรอบมอเตอร์ (rpm)

T = แรงบิด (Nm)

$$T = \frac{(250\text{w})(60)}{2\pi \times 350\text{rpm}} = 6.28\text{ Nm}$$

แรงบิดที่ได้จะช่วยให้เครื่องตัดหญ้าเดินทางตามแบบไฟฟ้าไร้สาย มีอัตราเร่งที่ดีกว่าการใช้แรงจากมอเตอร์อย่างเดียวโดยไม่มีอัตราทด ไม่มีแรงบิด ทำให้สามารถทำงานในพื้นที่ที่มีหญ้าหนาและสูงได้ดี

2.3 การออกแบบและการทำงานของชุดสไปรอลคลัตช์ ในเครื่องตัดหญ้าเดินทางขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สาย

ชุดสไปรอลคลัตช์ สำหรับบังคับเลี้ยวออกแบบให้มีลักษณะเป็นเฟืองแบบฟันปลาขบกัน สามารถหมุนฟรีอิสระจากกันได้ 1 ทิศทางป้องกันเครื่องตัดหญ้าถอยหลังเพื่อความปลอดภัยในการทำงานในขณะส่งกำลังเฟืองฟันปลาจะขบกันทำหน้าที่ส่งกำลังจากเพลาลูกโซ่ไปยังล้อขับเคลื่อน (Figure 8a) เมื่อต้องการบังคับเลี้ยวด้านใดด้านหนึ่งสามารถใช้มือบีบด้านที่ต้องการเลี้ยวขึ้นเพื่อปลดกำลังจากชุดสไปรอลคลัตช์ ทำให้เฟืองฟันปลาจากกันกำลังที่ถูกส่งมาจากเพลาลูกโซ่จะไม่สามารถส่งไปยังล้อขับเคลื่อนได้ ความเร็วของล้อด้านที่ใช้มือบีบจะเป็น 0 rpm ทำให้ความเร็วของล้อทั้งสองข้างไม่เท่ากัน ทำให้เครื่องตัดหญ้าเดินทางขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สายสามารถเลี้ยวได้โดยสะดวกในขณะทำงาน (Figure 8b) เครื่องตัดหญ้าแบบไฟฟ้าไร้สายจะสามารถถอยหลังได้โดยการออกแรงดึงถอยหลังในขณะที่ปลดกำลังของสไปรอลคลัตช์ทั้งสองข้าง

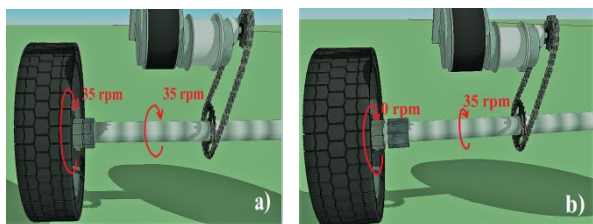


Figure 8 The work of spiral clutch show a) engage transmission b) disengage transmission.

2.4 การทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องตัดหญ้าเดินทางขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สาย

ทดสอบโดยทำการเก็บค่าความหนาแน่นของวัชพืชในแปลงทดสอบในสนามหญ้า และแปลงทดสอบแบบสวนผลไม้แบบกร่องโดยใช้กรอบสี่เหลี่ยมขนาด 50 x 50 cm ทำการสุ่มนับจำนวนต้นของวัชพืช 3 ซ้ำ ต่อการทดลองมาหาค่าเฉลี่ยวัดระยะทางในการทดสอบเป็นระยะทาง 20 m ติดตั้งไซริงค์ (Syringe) ขนาด 60 ml ที่ถังน้ำมันเพื่อวัดอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องตัดหญ้า และวัดอัตราการใช้ไฟฟ้าจากโดยใช้แอมป์มิเตอร์พร้อมทั้งจับเวลาในการทดสอบในแต่ละรอบ ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง โดยการทดสอบใช้ผู้ปฏิบัติงานคนเดียวกันหาความเร็วในการเคลื่อนที่ (V_f) ในการทดสอบแต่ละรอบจากสมการที่ (2)

หาปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อไร่ (F_c) ของชุดตัดหญ้าจากสมการที่ (4)

$$F_c = \frac{F_{cr}}{F_w} \quad (4)$$

เมื่อ F_c = ปริมาณใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ($L \text{rai}^{-1}$)

F_{cr} = อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ($L \text{h}^{-1}$)

F_w = ความสามารถในการทำงานต่อไร่ (rai h^{-1})

นำผลที่ได้จากการทดสอบมาคำนวณหาความสามารถในการทำงานต่อไร่ (F_w) จากสมการที่ (5)

$$F_w = \left(\frac{V_f \times 1000 \times w}{1600} \right) (E_{fc}) \quad (5)$$

เมื่อ V_f = ความเร็วเคลื่อนที่ขณะตัด (km h^{-1})

w = ความกว้างในการตัด (m)

E_{fc} = ประสิทธิภาพการทำงาน (%)

กำหนดให้ $E_{fc} = 0.825$

วัดอัตราการใช้ไฟฟ้าของมอเตอร์ชุดขับเคลื่อนของรถตัดหญ้าโดยใช้แอมป์มิเตอร์วัด และหาค่ากำลังไฟฟ้า (P) จากสมการที่ (6)

$$P = EI \quad (6)$$

เมื่อ P = กำลังไฟฟ้า (W)

I = กระแสไฟฟ้า (A)

E = แรงดันไฟฟ้า (V)

หาการใช้หน่วยไฟฟ้า (E_u) จากสมการที่ (6) จากนั้นหาค่าไฟฟ้าที่ใช้ ($Baht$) จากสมการที่ (7)

$$E_u = P_t \quad (7)$$

เมื่อ E_u = หน่วยการใช้ไฟฟ้า (kWh)

P = กำลังไฟฟ้า (W)

t = เวลา (h)

หาค่าไฟฟ้า (E_b) จากสมการที่ (8)

$$E_b = E_u E_c \quad (8)$$

เมื่อ E_b = ค่าไฟฟ้า (bath)

E_u = หน่วยการใช้ไฟฟ้า (kWh)

E_c = ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย (bath kWh^{-1})

2.5 การประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

วันชัย และขุ่ม (2538) กล่าวว่าเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเป็นการวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกโครงการ หรือบริการ ซึ่งมีความมุ่งหมายเพื่อประหยัดทรัพยากร โดยเน้นความคุ้มค่า และก่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุด แต่เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด เป็นการประเมินต้นทุนเทียบกับผลตอบแทนที่ได้รับการลงทุน การประเมินค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องตัดหญ้าเดินตามขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สายในที่นี้คิดเฉพาะราคาที่จัดซื้อ หรือไม่คิดค่าที่ดิน โรงเรือน ค่าประกัน โรงเรือน และอื่น ๆ

2.5.1. ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น (First Cost) ต้นทุนเริ่มแรก คือ ค่าใช้จ่ายสำหรับลงทุนเริ่มต้น เช่น เครื่องจักร ที่ดิน เป็นต้น

2.5.2 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (Operating Cost) ต้นทุนในการดำเนินการ คือค่าใช้จ่ายที่ต้องเตรียมไว้เพื่อดำเนินการกับทรัพย์สินที่ต้องลงทุนไปเพื่อให้เกิดผลผลิต

1) ค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed Cost; FC) คือค่าที่คงที่ไม่แปรไปตามปริมาณการผลิต เช่น ค่าเสื่อมราคา ค่าเสียโอกาสของทุน ในเครื่องกำจัดวัชพืชในแปลงตัดหญ้า

2) ค่าใช้จ่ายผันแปร (Variable Cost; VC) คือค่าใช้จ่าย ที่แปรไปตามปริมาณการผลิตเช่น ค่าไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะแปรเปลี่ยนตามปริมาณวัชพืชที่กำจัดด้วยเครื่องกำจัดวัชพืชในแปลงตัดหญ้า

2.5.3. ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นเฉลี่ย (Average Cost; AC) ในการกำจัดวัชพืชในแปลงตัดหญ้า

$$AC = FC + VC \quad (9)$$

เมื่อ AC = ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการกำจัดวัชพืช (Baht Year⁻¹)

FC = ค่าเสื่อมราคาของเครื่องกำจัดวัชพืชในแปลงตัดหญ้า (D) + ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)

VC = ค่าจ้างแรงงาน (W) + ค่าไฟฟ้า (E) + ค่าบำรุงรักษา (M) ค่าเสื่อมราคา (คิดวิธีเส้นตรง)

$$D = \frac{(P - S)}{L} \quad (10)$$

ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)

$$R = \left(\frac{(P + S)}{2} \right) \times i \quad (11)$$

โดยที่ P = ราคาซื้อหรือสร้างเครื่องกำจัดวัชพืช (Baht)

L = อายุการใช้งานเครื่องกำจัดวัชพืช = 10 (year)

S = ราคาเครื่องมือใช้งานครบ 10 ปี = 0.1P (Baht)

D = ค่าเสื่อมราคาต่อปี (Baht year⁻¹)

R = ค่าเสียโอกาสในการลงทุนต่อปี (Baht year⁻¹)

i = อัตราดอกเบี้ยที่ 10% ต่อปี

2.5.4. จุดคุ้มทุน

Blank and Tarquin (1998) เสนอสมการหาจุดคุ้มทุนไว้ดังนี้

$$BEPS = \frac{FC}{(SUU - VCU)} \quad (12)$$

เมื่อ BEPS = จุดคุ้มทุน (rai year⁻¹)

VCU = ค่าใช้จ่ายแปรผันต่อหน่วย (Baht year⁻¹)

SUU = ค่าจ้างต่อหน่วย (Baht rai⁻¹)

2.5.5. ระยะเวลาในการคืนทุน

$$PBP = \frac{MC}{p} \quad (13)$$

เมื่อ PBP = ระยะเวลาในการคืนทุน (year)

MC = ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสร้างเครื่อง (Baht)

p = กำไร (Baht)

2.6 การวิเคราะห์ผลการทดสอบของเครื่องตัดหญ้าเดินตามขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สายด้วยวิธีทางสถิติ

การประเมินคุณภาพของระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สายในรถตัดหญ้าเดินตามพิจารณาจากความเร็วรอบของใบมีดตัดหญ้า ความเร็วการเคลื่อนที่ (V_f) ความสามารถในการทำงานต่อไร่ (F_w) และค่าใช้จ่ายต่อไร่ ด้วยการวิเคราะห์แบบ Completely Randomized Design (CRD) และทดสอบค่าเฉลี่ยด้วยการทดสอบแบบ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยโปรแกรม SPSS version 11.5

3 ผลและวิจารณ์

3.1 ผลการทดสอบการตัดหญ้าของเครื่องตัดหญ้าเดินตามขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สาย

จากการสุ่มนับความหนาแน่นของวัชพืชในแปลงทดสอบสนามหญ้า และในสวนผลไม้แบบยกทรง มีความหนาแน่นอยู่ที่ 968 plant m⁻² โดยส่วนใหญ่จะเป็นหญ้าหนวดฤๅษี และหญ้าตีนกา มีความสูงตั้งแต่ 20 – 50 cm และ 1114 plant m⁻² โดยส่วนใหญ่จะเป็นหญ้าตีนกา หญ้ากะเม็ง และหญ้าเถาต่างๆ มีความสูงตั้งแต่ 20 – 60 cm ตามลำดับ จาก Table 1 พบว่าความเร็วเครื่องยนต์สำหรับขับใบมีดตัดหญ้าที่ 2500 rpm เครื่องตัดหญ้าเดินตามขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สาย สามารถทำงานตัดหญ้าได้ดีที่สุด เพราะตัดหญ้าขาดได้เรียบรอยสม่ำเสมอที่สุด ทั้งการตัดในสนามหญ้า และสวนผลไม้แบบยกทรง แต่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ในการตัดในสนามหญ้าที่เหมาะสมที่สุด คือ 2000

rpm เนื่องจากการใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ 2500 rpm จะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเชื้อเพลิงในการทำงานมากเกินความจำเป็น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ปฏิบัติงาน

3.2 ผลการทดสอบความสามารถในการทำงานต่อไร่ของเครื่องตัดหญ้าเดินตามขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สาย

จากผลการทดสอบการทำงานที่ดีที่สุดของเครื่องตัดหญ้าเดินตามด้วยไฟฟ้าไร้สายในสนามหญ้า และในสวนผลไม้แบบยกทรงที่เงื่อนไขความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 2500 rpm มีความเร็วการเคลื่อนที่ คือ 2.64 และ 1.78 km h⁻¹ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลการทดสอบทางสถิติ พบว่าค่าความเร็วการเคลื่อนที่ที่มีความแตกต่างกันแบบมีนัยสำคัญ การทดสอบในสนามเป็นพื้นที่เรียบทำให้สามารถใช้ความเร็วได้ดี และสามารถปรับความสูงของเครื่องตัดหญ้าให้สามารถตัดหญ้าได้สั้นมากกว่าการทดสอบในสวนผลไม้แบบยกทรง และเนื่องจากแปลงทดสอบในสวนผลไม้แบบยกทรงเป็นพื้นที่ที่ยากต่อการทำงานทำให้การใช้ความเร็วในการทำงานได้ช้าลง แต่ก็สามารถทำงานได้ดี พร้อมทั้งสามารถตัดหญ้าที่มีความสูง และมีความหนาแน่นได้ดี

ผลการทดสอบอัตราการใช้ไฟฟ้าสำหรับการเคลื่อนที่ของรถตัดหญ้าเดินตามแบบไฟฟ้าไร้สายในสนามหญ้า และในสวนผลไม้แบบยกทรง ที่เงื่อนไขความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 2500 rpm คือ 0.70 และ 1.58 kWh rai⁻¹ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลการทดสอบทางสถิติ อัตราการใช้ไฟฟ้าต่อไร่ มีความแตกต่างกันแบบมีนัยสำคัญ อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง คือ 0.71 และ 1.36 L rai⁻¹ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลการทดสอบทางสถิติ พบว่าอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง มีความแตกต่างกันแบบไม่มีนัยสำคัญ ผลการทดสอบความสามารถในการทำงานต่อไร่ คือ 0.68 และ 0.46 rai h⁻¹ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลการทดสอบทางสถิติ พบว่าความสามารถในการทำงานต่อไร่มีความแตกต่างกันแบบไม่มีนัยสำคัญ (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องตัดหญ้าเดินตามแบบระบบส่งกำลังการขับเคลื่อนจากเครื่องยนต์ ที่มีขนาด กว้าง 117 cm ยาว 210 cm สูง 116 cm ซึ่งมีระบบเกียร์ส่งกำลังหลายชั้น มีขนาดใหญ่ และมีน้ำหนักมาก ทำงานไม่คล่องตัว ความเร็วการเคลื่อนที่สูงสุดที่ 1.039 km h⁻¹ สามารถทำงานได้ได้สูงสุดที่ 0.38 rai h⁻¹ (ศรีณย์, 2552) เปรียบเทียบกับเครื่องตัดหญ้าใบมีดเกลียว มีหน้ากว้างในการตัดหญ้า 40 cm ความเร็วการเคลื่อนที่ 2.88 km h⁻¹ มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 0.46 rai h⁻¹ ที่ความเร็วรอบ 1500 rpm ในปี 2557 (Nkakini and Yabefa, 2014) พบว่าเครื่องตัดหญ้าเดินตามขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สายนี้ มีขนาดเล็กกว่าและสามารถทำงานได้ดีกว่าและเมื่อเปรียบเทียบกับ รถตัดหญ้าบังคับวิทยุ โดยใช้เครื่องตัดหญ้าแบบเหวี่ยง เครื่องยนต์ 4 จังหวะ 3.5 hp เป็นต้นกำลัง หน้ากว้างการตัด 42 cm สามารถทำงานได้เฉลี่ย 0.24 rai h⁻¹ (นกนกัญญากร และคณะ, 2563) ที่มีรัศมีในการควบคุมเป็นข้อจำกัดในการ

ทำงาน และไม่สามารถบังคับให้ทำงานในสวนผลไม้แบบยกทรงได้ เนื่องจากการทำงานในสวนผลไม้แบบยกทรงมีความจำเป็นที่เกษตรกรต้องควบคุมเครื่องตัดหญ้าในระยะใกล้อยู่ตลอดเวลาในการทำงาน

3.3 ผลการคำนวณค่าใช้จ่ายของเครื่องตัดหญ้าเดินตามขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สาย

ผลการคำนวณค่าใช้จ่ายต่อไร่ในการทำงานที่ดีที่สุดของเครื่องตัดหญ้าเดินตามขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สายในสนามหญ้า และสวนผลไม้แบบยกทรง ที่เงื่อนไขความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 2500 rpm มีค่าใช้จ่ายรวมต่อไร่ คือ 25.66 และ 34.37 baht rai⁻¹ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลการทดสอบทางสถิติ พบว่าค่าใช้จ่ายรวมต่อไร่ ในการตัดหญ้าในสนามที่ระดับความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2500 rpm สูงกว่าการใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2000 และ 1500 rpm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ค่าใช้จ่ายรวมต่อไร่ในการตัดหญ้าในสวนผลไม้แบบยกทรงของการใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ทั้ง 3 ระดับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การตัดในสวนผลไม้แบบยกทรง มีอุปสรรคในการทำงานมาก เช่น สภาพพื้นผิวในการเคลื่อนที่ไม่สม่ำเสมอ หญ้าขึ้นหนา ขนาดของร่องสวนแคบ มีกิ่งไม้ รากของต้นไม้เป็นจำนวนมาก การใช้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์สำหรับขับใบมีดตัดหญ้าที่สูง จะให้คุณภาพในการตัดหญ้าได้ดีกว่าการใช้ความเร็วรอบที่ต่ำ การตัดด้วยความเร็วรอบของเครื่องยนต์สำหรับขับใบมีดตัดหญ้าที่ต่ำในบางครั้งไม่สามารถตัดวัชพืชให้ขาดได้

เมื่อพิจารณาค่าไฟฟ้าระบบขับเคลื่อนของเครื่องตัดหญ้า จากการทำงานในสวนผลไม้แบบยกทรง เครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบ 2500 และ 2000 rpm นั้น ประหยัดกว่าการใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1500 rpm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่อัตรา 1.06, 1.05 และ 1.08 baht rai⁻¹ ตามลำดับ หากพิจารณาจากค่าใช้จ่ายภาพรวมพบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าไฟฟ้าจากความเร็วรอบของเครื่องยนต์สำหรับขับใบมีดตัดหญ้าที่สูงสามารถเคลื่อนที่ได้ไวกว่าเพราะสามารถตัดวัชพืชให้ขาดได้ดีกว่าและค่าน้ำมันเชื้อเพลิงมีผลในการคิดค่าใช้จ่ายมากกว่าค่าไฟฟ้า (Table 3)

3.4 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

จากผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม โดยคิดที่ราคาในการสร้างเครื่องตัดหญ้าเดินตามขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สาย 21,800 Baht (Table 4) ได้รับการประเมินจากผู้ผลิตเครื่องตัดหญ้า (Table 1) อายุการใช้งานของเครื่องตัดหญ้าเดินตามขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สาย พิจารณาที่ 10 year โดยการประเมินอัตราดอกเบี้ย 10% ค่าเสื่อมราคา 1962 Baht year⁻¹ คิดเป็นค่าใช้จ่ายคงที่หรือต้นทุนคงที่ 3161 Baht year⁻¹ จากการทดสอบผู้ใช้ 1 คน สามารถทำงานในสนามหญ้าและในสวนผลไม้แบบยกทรง 0.68 และ 0.46 rai h⁻¹ ตามลำดับ อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า 0.70 และ 1.58 kWh h⁻¹ ตามลำดับ อัตราการใช้น้ำมัน

เชื้อเพลิง 1.10 และ 1.49 L rai⁻¹ ตามลำดับ คิดค่าไฟฟ้าต่อหน่วย ที่หน่วยละ 5 Bath ค่าน้ำมันลิตรละ 30 Baht ทำงานวันละ 8 h ปีละ 300 day ค่าจ้างแรงงานในการรับจ้างตัดหญ้าวันละ 300 Baht หรือเท่ากับ 90,000 Baht year⁻¹ ค่าไฟฟ้า 5,712 และ 8,722 Baht year⁻¹ ตามลำดับ ค่าน้ำมัน 53,856 และ 49,349 Baht year⁻¹ ตามลำดับ คิดเป็นค่าใช้จ่ายผันแปรหรือต้นทุนผันแปร 153,408 และ 151,911 Baht year⁻¹ ตามลำดับ ดังนั้น ต้นทุนรวมของเครื่องทั้งหมด 156,569 และ 155,072 Baht

year⁻¹ ตามลำดับ นำเครื่องตัดหญ้าเดินตามซบเคลื่อนด้วยไฟฟ้า ไร่สายนี้ไปรับจ้างทำงานตัดหญ้า กำหนดให้ค่ารับจ้างในการตัดหญ้า 220 และ 300 Baht rai⁻¹ ตามลำดับ จะได้ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่อง 512 และ 507 Bath day⁻¹ ตามลำดับ ระยะเวลาคืนทุน 41 และ 46 day ตามลำดับ และจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 30 และ 19.5 rai year⁻¹ ตามลำดับ

Table 1 Grass cutting efficiency of walking lawn mower cordless electric driving system.

Test Area	Engine speed (rpm)	(Grass cutting efficiency)		
		Result 1	Result 1	Result 1
Field Grass	1500	1	2	2
	2000	2	3	3
	2500	3	3	3
Raised Orchards	1500	1	2	1
	2000	2	3	2
	2500	3	3	3

Note: level 1 not cut; level 2 rouhty cut; level 3 clean cut

Table 2 Ability to work of cordless electric driving system for walking mower.

Test Area	Engine speed (rpm)	Parameter (unit)			
		Movement speed (km h ⁻¹)	Ability to Work (rai h ⁻¹)	Fuel consumption (L rai ⁻¹)	Electricity consumption (kWh rai ⁻¹)
Field Grass	1500	2.02±0.12 ^a	0.52±0.03 ^a	0.71±0.12 ^a	1.15±0.15 ^b
	2000	2.18±0.07 ^a	0.56±0.02 ^a	0.84±0.11 ^a	1.01±0.07 ^b
	2500	2.64±0.12 ^b	0.68±0.03 ^b	1.10±0.11 ^b	0.70±0.06 ^a
Raised Orchards	1500	1.23±0.07 ^a	0.32±0.02 ^a	1.36±0.20 ^a	3.34±0.28 ^c
	2000	1.42±0.09 ^b	0.37±0.03 ^a	1.42±0.11 ^a	2.41±0.31 ^b
	2500	1.78±0.13 ^c	0.46±0.04 ^b	1.49±0.30 ^a	1.58±0.23 ^a

Note: Difference lowercase superscripts in the same column are significantly difference (p<0.05) by Duncan's multiple range test

Table 3 Cost of cordless electric driving system for walking mower.

Test Area	Engine speed (rpm)	Parameter (unit)		
		Fuel cost (baht rai ⁻¹)	Electricity cost (baht rai ⁻¹)	Total cost (L rai ⁻¹)
Field Grass	1500	16±2.31 ^a	1.00±0.01 ^a	16.93±2.51 ^a
	2000	19±2.89 ^a	1.04±0.01 ^b	19.86±2.50 ^a
	2500	25±2.31 ^b	1.04±0.015 ^b	25.66±2.50 ^b
Raised Orchards	1500	30±4.50 ^a	1.08±0.02 ^b	31.49±4.32 ^a
	2000	32±2.89 ^a	1.05±0.02 ^{ab}	32.90±2.52 ^a
	2500	33±6.66 ^a	1.06±0.01 ^a	34.37±6.63 ^a

Note: Difference lowercase superscripts in the same column and are significantly difference (p<0.05) by Duncan's multiple range test

Table 4 Cost of making a prototype cordless electric walk-behind mower.

Item	Cost (Baht)
Lawn mower frame and engine	13,000
Two 12 V 10 Ah dry batteries	1,300
24 V electric motor	850
Two 13 inch rubber wheels	700
Two 8 inch rubber wheels	600
Two wheels axle	600
Motor speed control	250
Transmission chain sprocket and spiral clutch	3,000
Other expenses	1,500
ToTal	21,800

4 สรุป

เครื่องตัดหญ้าเดินตามขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สาย สามารถปฏิบัติงานได้ดีทั้งสนามหญ้า และในสวนผลไม้แบบยกทรง มีความสามารถในการทำงานที่ดีที่สุดที่เงื่อนไขความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2500 rpm มีความเร็วเคลื่อนที่ 2.64 และ 1.78 km h⁻¹ ตามลำดับ ความสามารถในการทำงานต่อไร่ 0.68 และ 0.46 rai h⁻¹ ตามลำดับ มีค่าใช้จ่ายในการทำงานต่อไร่ 25.66 และ 34.37 baht rai⁻¹ ตามลำดับ และการทดสอบในสนามหญ้าสามารถใช้ความเร็วเครื่องยนต์ที่ 2000 rpm เป็นความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการทำงานเพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายลงได้อีกโดยมีค่าใช้จ่ายต่อไร่คือ 19.86 baht rai⁻¹ และเป็นความเร็วที่เพียงพอในการทำงานในสนามหญ้า แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานในการเลือกใช้ซึ่งค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทำงานต่อไร่ นั้น เป็นค่าใช้จ่ายที่น้อยมาก ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม พบว่าใน 1 year เครื่องตัดหญ้าเดินตามขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สายทำงาน 2400 h มีค่าใช้จ่ายจากการทำงานในสนามหญ้า และสวนผลไม้แบบยกทรง 156,569 และ 155,072 Baht year⁻¹ ตามลำดับ ระยะเวลาในการคืนทุน 41 และ 46 day ตามลำดับ และการใช้งานที่จุดคุ้มทุน 30 และ 19.5 rai year⁻¹ ตามลำดับ เครื่องตัดหญ้าเดินตามขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้านี้ ยังช่วยลดการใช้แรงงานของเกษตรกรผู้ปฏิบัติงานได้ เพราะไม่ต้องออกแรงขึ้นในขณะทำงาน มีชุดสไปรอลคลัทช์ และมือบีบช่วยในการบังคับเลี้ยวและถอยหลัง จึงช่วยผ่อนแรงและอำนวยความสะดวกของเกษตรกรผู้ปฏิบัติงาน ทำให้ทำงานได้คล่องตัวมากขึ้น อีกทั้งตัวเครื่องตัดหญ้ามี่ขนาดเล็ก จึงสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายไปทำงาน

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

6 เอกสารอ้างอิง

- กนกกัญญากรณ์ พรพราชจรกุล, ชาญวิทย์ ราชกระโทก, เตมีย์ วงษ์ศรี, ศุภวัชร นิยมพันธุ์. 2563. รถตัดหญ้าบังคับวิทยุ. วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. 5(2), 51-60.
- เจนวิทย์ จิตรใจเย็น. 2560. การพัฒนาเครื่องตัดหญ้าเดินตามสำหรับสวนผลไม้. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร มหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. 2540. วัชพืชศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ลิ้นคอรัน.
- พิสุทธ์ เอกอานวย. 2553. โรคและแมลงศัตรูพืชที่สำคัญ. เชียงใหม่: สวนสัตว์แมลงสยาม พิมพ์ครั้งที่ 3
- มงคล กวางวโรภาส. 2537. การวิจัยและพัฒนารถตัดหญ้าชนิดนั่งขับขนาดเล็ก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์. 28(4), 608-615.
- รัชดากร พลภักดี. 2551. เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีการป้องกันการกำจัดศัตรูพืช ภาคทฤษฎี. ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- วันชัย ริจิรวนิช, ช่อม พลอยมีค่า. 2538. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม พิมพ์ครั้งที่ 3 โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.
- วรวิทย์ แก่นแก้ว, เวชพล ตันเจริญ, อุทัย สันบุญ. 2549. การพัฒนาเครื่องตัดหญ้าเดินตามสำหรับสวนผลไม้. โครงการวิศวกรรมเกษตร. คณะวิศวกรรมศาสตร์. นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขต กำแพงแสน.
- ศรัณย์ ธงสันเทียะ. 2552. การศึกษาและพัฒนาเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตามเพื่อเกษตรกรรายเล็ก. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สกล นันทศรีวิวัฒน์. 2548. การพัฒนารถตัดหญ้าควบคุมด้วยวิทยุ
บังคับ. งานวิจัยคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยราช
ภัฏเทพสตรี.

อำไพ ยงบุญเกิด. 2520. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนไทยโดย
พระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เล่มที่ 3 เรื่อง
ที่ 8 วัชพืช ความเสียหายที่เกิดจากวัชพืช.

Adebika, O.A., Adebayo, S.D. 2020. Design and fabrication
of a solar operated lawn mower. International Journal
of Innovative Science and Research Technology.
Journal of Stored Products Research 5, 1161-1166.

Blank, L.T., Tarquin, A.J. 1998. Engineering economy, (4th
ed.). McGraw-hill, Singapore.

Nkakini, S.O., Yabefa, B.E. 2014. Design fabrication and
evaluation of a spiral blade lawn mower, Faculty of
Engineering, Nigeria: Rivers State University of Science
and Technology.