การออกแบบ สร้าง และประเมินสมรรถนะเครื่องย่อยกิ่งไม้ที่ใช้จานตัด 2 ใบมีด 3 ใบมีด และ 4 ใบมีด

ประเสริฐ วิโรจน์ชีวัน ณทพร จินดาประเสริฐ ฐณพล เวียงทอง และ ปฏิภาณ ถิ่นพระบาท*

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

รับบทความ 14 กุมภาพันธ์ 2567 แก้ไขบทความ 6 มิถุนายน 2567 ตอบรับบทความ 11 กรกฎาคม 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบ สร้าง และประเมินสมรรถนะเครื่องย่อยกิ่งไม้ขนาดเล็กที่มีความสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย ทำการศึกษาผลของจำนวนใบมีดที่มีต่อความสามารถในการย่อยกิ่งไม้ ทดสอบกับการย่อยกิ่งไม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 70 มิลลิเมตร โดยใช้กิ่งไม้สดและกิ่งไม้แห้งปริมาณ 15 กิโลกรัม ต่อการทดสอบ และใช้ชุด จานตัด 2 ใบมีด 3 ใบมีด และ 4 ใบมีด คมของใบมีดตัด 45 องศา ความยาวของใบมีด 105 มิลลิเมตร ทำการทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3,400 รอบต่อนาที ผลการทดสอบพบว่า เครื่องย่อยกิ่งไม้สามารถย่อยกิ่งไม้สดได้เร็วกว่ากิ่งไม้แห้งและการเพิ่มจำนวนใบมีดตัดทำให้อัตราการย่อยกิ่งไม้ลดลง โดยอัตราการย่อยกิ่งไม้สดและกิ่งไม้แห้งของจานตัด 2 ใบมีด อยู่ที่ 274.3 และ 221.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ จานตัด 3 ใบมีด สามารถย่อยกิ่งไม้สดและกิ่งไม้แห้งได้ในอัตราการย่อยที่ 250 และ 216.3 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และในส่วนของจานตัด 4 ใบมีด สามารถย่อยกิ่งไม้สดและกิ่งไม้แห้งได้ในอัตราการย่อยที่ 221.7 และ 178.6 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ แต่การเพิ่มจำนวนใบมีดส่งผลให้เศษไม้หลังผ่านการย่อยมีขนาดเล็กและละเอียดมากกว่า ขนาดสูงสุดของเศษไม้หลังผ่านการย่อยอยู่ที่ 15x25, 10x15 และ 7x10 มิลลิเมตร สำหรับจานตัด2 ใบมีด 3 ใบมีด และ 4 ใบมีด ตามลำดับ และพบว่าอัตราการย่อยกิ่งไม้ของเครื่องย่อยกิ่งไม้ที่ใช้จานตัด 4 ใบมีด มีค่าน้อยกว่าเครื่องย่อยกิ่งไม้ที่ใช้จานตัด 2 ใบมีด

คำสำคัญ : กิ่งไม้; เครื่องย่อยกิ่งไม้; จานตัด; ใบมีด

** ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +66 2665 3777 ต่อ 8361, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: padipan.t@rmutp.ac.th*

Design, Fabrication, and Performance Evaluation of Wood Shredder Using 2-Blade, 3-Blade, and 4-Blade Cutting Discs

Prasert Wirotecheewan Nataporn Chindaprasert Thanaphon Wiangthong and Padipan Tinprabath*

Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
1381 Pracharat 1 Road, Wong Sawang, Bang Sue, Bangkok, 10800

Received 14 February 2024; Revised 6 June 2024; Accepted 11 July 2024

Abstract

This research aims to design, fabrication, and test a mobile wood shredder. The effect of the number of blades on the ability to shred wood branches was studied. Testing was conducted on wood pieces with a diameter not exceeding 70 millimeters, using both fresh and dry wood branches weighing 15 kilograms per test. Three sets of blades were utilized: 2-blade, 3-blade, and 4-blade sets, with a cutting angle of 45 degrees and a blade length of 105 millimeters. The tests were conducted at an engine speed of 3,400 revolutions per minute. The test results revealed that the wood shredder could shred fresh wood faster than dry wood, and increasing the number of cutting blades reduced the shredding rate. The shredding rates for fresh and dry wood with the 2-blade cutting discs were 274.3 and 221.4 kg/h, respectively, followed by the 3-blade cutting discs at 250 and 216.3 kg/h and the 4-blade at 221.7 and 178.6 kg/h, respectively. Moreover, increasing the number of blades resulted in smaller and finer wood chips, with the maximum sizes after shredding being 15x25, 10x15, and 7x10 mm for the 2-blade, 3-blade, and 4-blade cutting discs, respectively. Additionally, it was found that the wood shredder with 4-blade cutting discs had lower shredding rates compared to the shredder with 2-blade cutting discs.

Keywords : Wood branches; Wood shredder; Cutting disc; Blades

** Corresponding Author. Tel.: +66 2665 3777 Ext. 8361, E-mail Address: padipan.t@rmutp.ac.th*

1. บทนำ

จากสถานการณ์ภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมถึงปัญหามลพิษทางอากาศและฝุ่น PM 2.5 ในปัจจุบัน หลายประเทศทั่วโลกมีโครงการเพิ่มพื้นที่สีเขียวเพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและช่วยลดปัญหาดังกล่าวข้างต้น การสร้างและพัฒนาสวนสาธารณะ สวนป่าหรือเขตพื้นที่อนุรักษ์สิ่งแวดล้อมตามเป้าหมายของสหประชาชาติ (UN) ที่ได้กำหนดเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development Goal) เป้าหมายที่ 11.7 จัดให้มีการพัฒนาและการเข้าถึงพื้นที่สาธารณะสีเขียวที่ปลอดภัย ครอบคลุมและเข้าถึงได้โดยถ้วนหน้า นอกจากนี้แล้วการเพิ่มพื้นที่สีเขียวยังมีผลดีต่อสุขภาพจิตของมนุษย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่งผลที่ดีต่อสุขภาพจิตของผู้สูงอายุในเมืองอีกด้วย [1]

พื้นที่สีเขียว (Green spaces) หมายถึง พื้นที่กลางแจ้งและกึ่งกลางแจ้งที่ปกคลุมไปด้วยต้นไม้ พุ่มไม้ ไม่คลุมดิน หญ้า และอาจมีสิ่งปลูกสร้างรวมอยู่ด้วย มีไว้เพื่อพักผ่อนหย่อนใจหรือเพื่อความสวยงามของเมือง [2] สำหรับประเทศไทย โดยเฉพาะกรุงเทพมหานครได้มีการส่งเสริมและพัฒนาโครงการเพิ่มจำนวนพื้นที่สีเขียวอย่างต่อเนื่อง จากข้อมูลสำนักงานสวนสาธารณะและสิ่งแวดล้อมกรุงเทพมหานครได้ทำการสำรวจปริมาณพื้นที่สีเขียวในเขตกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2549 มีจำนวนพื้นที่สีเขียวต่อจำนวนประชากรอยู่ที่ 3.17 ตารางเมตร ต่อคน หรือมีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 18,059,773 ตารางเมตร และในปี พ.ศ. 2563 ได้มีจำนวนพื้นที่สีเขียวต่อจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นเป็น 7.07 ตารางเมตร [3] และยังมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพื้นที่สีเขียวอย่างต่อเนื่องอีกด้วย อย่างไรก็ตามการจัดการและดูแลพื้นที่สีเขียวเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่ทำให้พื้นที่สีเขียวมีความยั่งยืนและไม่กลายเป็นแหล่งเสื่อมโทรม ดังนั้นการตัดแต่งกิ่งไม้ภายในพื้นที่สีเขียวจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง นอกจากจะทำให้เกิดความสวยงาม เป็นระเบียบและได้ต้นไม้ที่มีรูปทรงตามที่ต้องการแล้ว ยังช่วยแก้ปัญหาอื่น ๆ อีกด้วย อาทิ ปัญหากิ่งไม้บดบังแสงสว่างจากหลอดไฟทำให้แสงสว่างไม่เพียงพอต่อการมองเห็นและการทำกิจกรรมต่าง ๆ ภายในสวนสาธารณะ เช่น การออกกำลังกายในเวลาค่ำ [4] ปัญหาการคุกคามของต้นไม้ในงานภูมิทัศน์ถนน [5] เป็นต้น

การตัดแต่งกิ่งไม้ เป็นขั้นตอนในการดูแลรักษาต้นไม้ โดยการตัดแต่งกิ่งไม้สามารถจำแนกออกเป็น การตัดแต่งกิ่งไม้ที่แห้งตาย กิ่งไม้ที่เป็นโรค กิ่งไม้ที่เจริญเติบโตผิดปกติ กิ่งไม้ที่เลยแนวสายไฟ เป็นต้น ผลจากการตัดแต่งกิ่งไม้จะทำให้มีเศษกิ่งไม้ที่มีจำนวนมาก ทำให้เสียพื้นที่ในการจัดเก็บเศษกิ่งไม้เพื่อรอการกำจัด โดยวิธีการกำจัดเศษกิ่งไม้ใบไม้โดยทั่วไปคือการเผาทำลาย เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายรวดเร็วที่สุด อย่างไรก็ตามการเผาทำลายทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศ ที่เป็นสาเหตุของปัญหาโลกร้อน อีกทั้งยังเป็นวิธีที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ ในทางกลับกันการนำเศษกิ่งไม้เหล่านั้นมาใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย อาทิ ทำปุยชีวภาพ ใช้ปลูกต้นไม้ ทำอาหารสัตว์ และเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล เปนตน [6]

อย่างไรก็ตามการใช้ประโยชน์จากเศษกิ่งไม้ข้างต้นก็มีข้อจำกัดในด้านขนาดของกิ่งไม้ เช่น การทำปุ๋ยชีวภาพ หากใช้กิ่งไม้ขนาดใหญ่จะทำให้การย่อยสลายของสารอินทรีย์นั้นใช้เวลานาน อาจใช้เวลาหลายเดือนหรือเป็นปี [7] ดั้งนั้นการทำให้เศษของกิ่งไม้เล็กลงด้วยเครื่องย่อยกิ่งไม้ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อลดขนาดของกิ่งไม้ให้เล็กลง อีกทั้งยังมีความรวดเร็วกว่าการย่อยหรือสับ เพื่อที่จะนำไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ ต่อไป

จากการศึกษาวรรณกรรมพบว่ามีการวิจัยในด้านการออกแบบ การสร้าง และการพัฒนาเครื่องย่อยไม้ซึ่งมีข้อมูลน่าสนใจดังนี้ อนุรักษ์ มะโนมัย และ รพีพรรณ เหล็กหมื่นไวย [7] ได้ออกแบบและสร้างเครื่องย่อยไม้ ใช้ชุดใบมีดตัด จำนวน 2 ใบ โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลทางการเกษตรขนาด 11 แรงม้า แรงบิดสูงสุดอยู่ที่ความเร็ว

2,450 รอบต่อนาที เป็นต้นกำลังและใช้สายพานเป็นตัวส่งกำลังไปยังชุดย่อยไม้ พบว่าการใช้ความเร็วรอบสูงสามารถย่อยไม้กระถิน ไม้ตะขบ ไม้สะเดา และไม้กระถินณรงค์ ได้ละเอียดและใช้เวลาน้อยกว่าเมื่อเทียบกับความเร็วรอบอื่น ๆ ที่ต่ำกว่า อย่างไรก็ตามการใช้ความเร็วรอบที่สูงส่งผลให้อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเพิ่มสูงมากขึ้นด้วย และต่อมา พรชัย แย้มบาน และคณะ [6] ได้พัฒนาเครื่องย่อยกิ่งไม้และใบไม้ ใช้ชุดใบมีดตัดจำนวน 3 ใบ โดยใช้เครื่องยนต์ขนาด 5.5 แรงม้า แรงบิดสูงสุดอยู่ที่ความเร็ว 2,500 รอบต่อนาที สามารถย่อยกิ่งไม้เนื้อแข็งปานกลางและกิ่งไม้เนื้ออ่อน ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกิ่งไม้อยู่ระหว่าง 30-50 มิลลิเมตร ผลการทดสอบพบว่าสามารถย่อยกิ่งไม้สดได้มากกว่ากิ่งไม้แห้ง ใบไม้สดและใบไม้แห้ง และจากงานวิจัยของ สิงห์รัญ ชารี และคณะ [8] ได้ศึกษา ผลของความชื้นใบอ้อยและความเร็วเชิงเส้นปลายใบมีดที่มีต่อสมรรถนะของชุดสับใบอ้อย ใช้ชุดใบมีดสับ จำนวน 3 ใบ ชุดสับใบอ้อยประกอบด้วย ชุดป้อนวัสดุ หัวสับ ช่องทางออกของวัสดุ ระบบถ่ายทอดกำลัง และโครงชุดสับ ปัจจัยที่ใช้ศึกษาคือ ความชื้นใบอ้อย 3 ระดับ ได้แก่ 10 30 และ 50 % (มาตรฐานเปียก) และความเร็วเชิงเส้นปลายใบมีด 4 ระดับ คือ 3.7 5.2 6.8 และ 8.4 เมตรต่อวินาที ผลการศึกษาพบว่า ใบอ้อยที่มีความชื้นร้อยละ 10 และความเร็วเชิงเส้นปลายใบมีด 8.4 เมตรต่อวินาที มีความเหมาะสมในการสับใบอ้อย จากการศึกษางานวิจัยของ กฤตภาส หอมระรื่น [9] ได้ออกแบบและสร้างเครื่องสับต้นข้าวโพด ใช้เครื่องยนต์เล็กขนาด 5.5 แรงม้า ใบตัดหนา 4 มิลลิเมตร จำนวน 4 ใบ พบว่าสามารถสับต้นข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวของเกษตรกรได้ การสับย่อยเป็นอาหารสัตว์ สามารถสับต้นข้าวโพดให้มีความละเอียดตามความต้องการได้เป็นอย่างดี อีกทั้งพบว่า ปริมาณการสับจะเพิ่มขึ้นตามเวลาในการสับ และจากการศึกษางานวิจัยของ สิงห์รัญ ชารี [10] ได้ศึกษาผลของจำนวนใบมีดและความเร็วใบมีดสับที่มีผลต่อพลังงานในการสับใบอ้อย ใช้จำนวน ใบมีด 4 และ 5 ใบ ใบอ้อยที่ใช้ทดสอบมีความชื้น 17.73 % (มาตรฐานเปียก) ความเร็วรอบใบมีดสับมี 3 ระดับ คือ 800, 950 และ 1,100 รอบต่อนาที ผลการทดสอบพบว่าใบมีด 5 ใบมีด กำลังที่ใช้ในการสับ และพลังงานจำเพาะในการสับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากใบมีด 5 ใบจะทำเกิดแรงต้านทานการเฉือนระหว่างใบมีดกับวัสดุ มากกว่าจำนวนใบมีด 4 ใบมีด ยิ่งเพิ่มความเร็วในการสับเพิ่มมากขึ้นแรงต้านจากการสับทำให้เกิดแรงบิดก็เพิ่มตามด้วย ทำให้กำลังที่ใช้ในการสับเพิ่มขึ้นเช่นกัน ในงานวิจัยนี้สรุปว่าจำนวนใบมีด 5 ใบมีด ที่ความเร็วใบมีด 950-1,100 รอบต่อนาที มีความเหมาะสมในการสับใบอ้อยมากกว่าสภาวะอื่น ๆ จากงานวิจัยของ ชัยณรงค์ หล่มช่างคำ และคณะ [11] ได้ศึกษาสมบัติเชิงกลของต้นข้าวโพดเพื่อออกแบบเครื่องสับต้นข้าวโพด ใช้ใบมีดสับ จำนวน 5 ใบ มุมคมใบมีด คือ 30 40 50 60 และ 70 องศา โดยกำหนดอัตราการเคลื่อนที่ของใบมีดสับ 5 ระดับ คือ 10 20 40 60 และ 100 มิลลิเมตรต่อนาที จากผลการทดสอบพบว่า ใบมีดสับที่ทำมุม 30 ในทุกอัตราการเคลื่อนที่ของใบมีดสับจะใช้แรงสับเฉือนสูงสุด ความเค้นเฉือนสูงสุด และพลังงานสับจำเพาะสูงสุด น้อยกว่าทุกมุมคมของใบมีดสับ

งานวิจัยฉบับนี้จึงได้เสนอการออกแบบ สร้างและประเมินสมรรถนะของเครื่องย่อยไม้ ที่ใช้จานตัดแบบ 2 ใบ 3 ใบ และ 4 ใบ โดยนำกิ่งไม้สดและกิ่งไม้แห้งที่เหลือทิ้งจากการตัดแต่งกิ่งของเขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร มาทำการทดสอบ โดยมุ่งออกแบบให้เครื่องย่อยกิ่งไม้นี้มีขนาดเล็ก ทำงานได้ดี และเคลื่อนย้ายได้สะดวก ง่ายต่อการใช้งาน

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 ขอบเขตการวิจัย

1. สร้างเครื่องย่อยกิ่งไม้ที่สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก
2. ใช้ต้นกำลังเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ 8.5 แรงม้า
3. ใช้ชุดใบมีดแบบจาน 2 ใบ 3 ใบ และ 4 ใบมีด

4. สามารถย่อยไม้เนื้ออ่อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ที่สุด 70 มิลลิเมตร
5. กิ่งไม้ที่ทำการศึกษาหมายถึงทั้งกิ่งไม้และใบไม้รวมกัน

2.2 การออกแบบเครื่องย่อยกิ่งไม้

2.2.1 การเลือกเครื่องยนต์ต้นกำลัง

ในการออกแบบ เครื่องย่อยกิ่งไม้ในงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะกระบอกสูบเดียววาล์วเหนือลูกสูบ (OHV) วางเอียง ของฮอนด้า รุ่น GX270 ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยมีข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องยนต์ ดังแสดงในตารางที่ 1

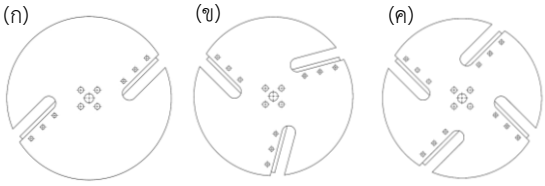
รูปที่ 1 เครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ 8.5 แรงม้า [12]

2.2.2 จานตัดและใบมีด

คณะผู้วิจัยกำหนดขนาดของจานตัดและใบมีด โดยเลือกจากขนาดของจานตัดและใบมีดที่ใช้ในเครื่องย่อยกิ่งไม้ขนาดเล็กในท้องตลาด โดยใบมีดมีขนาดความกว้างจากคมมีด 33.7 มิลลิเมตร ความยาวของใบมีด 105 มิลลิเมตร และความหนาของใบมีด 0.7 มิลลิเมตร จานตัดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 350 มิลลิเมตร ความหนาของจานตัด 10 มิลลิเมตร โดยที่จุดยึดระหว่างใบมีดกับจานตัดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร และมีความยาวร่องใบมีด 92.3 มิลลิเมตร จานตัดถูกออกแบบ 3 รูปแบบ (1) จานตัด 2 ใบมีด (2) จานตัด 3 ใบมีด และ (3) จานตัด 4 ใบมีด ดังแสดงในรูปที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของจานตัดทั้ง 3 รูปแบบ ในการย่อยกิ่งไม้

ตารางที่ 1 ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องยนต์ [12]

รายละเอียด	ข้อมูล
ปริมาตร / ความจุกระบอกสูบ	230 ซีซี.
กระบอกสูบ x ระยะชัก (มม.)	70.0 x 58.0 มม.
กำลังเครื่องยนต์แบบสุทธิ	8.5 แรงม้า 3,000 รอบต่อนาที
แรงบิดสูงสุดแบบสุทธิ	1.94 กิโลกรัม – เมตร 2,500 รอบต่อนาที
ความจุถังน้ำมันเชื้อเพลิง	4.8 ลิตร
ความจุน้ำมันเครื่อง	0.6 ลิตร
อัตราส่วนกำลังอัด	8.5:1
ระบบกรองอากาศ	ไส้กรองอากาศแบบธรรมดา
ระบบสตาร์ทเครื่องยนต์	เชือกดึงสตาร์ต



รูปที่ 2 (ก) จานตัด 2 ใบมีด, (ข) จานตัด 3 ใบมีด และ (ค) จานตัด 4 ใบมีด

หลังจากกำหนดขนาดของเครื่องยนต์ จานตัดและใบมีดแล้วจากนั้นนำข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องยนต์ และขนาดของจานตัด ไปคำนวณและกำหนดขนาดของเพลา และมู่เล่ ในหัวข้อ 2.2.3 และ 2.2.4 ต่อไป

2.2.3 การคำนวณหาขนาดเพลา

เพลาเป็นชิ้นส่วนสำคัญของเครื่องย่อยกิ่งไม้ มีหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลังจากเครื่องต้นกำลัง และทำให้เกิดการหมุนของใบมีดเพื่อใช้ในการตัดเพื่อลดขนาดกิ่งไม้ ในการคำนวณหาขนาดเพลาได้ดำเนินการตามข้อกำหนดสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา (ASME code) ซึ่งวิธีดังกล่าวเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตยศาสตร์ และใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด โดยไม่พิจารณาความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้น [13]

การคำนวณหาแรงต้านต่อการตัดสับของกิ่งไม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 มม. โดยการใช้ตาชั่งสปริงดึงจานตัดสับของกิ่งไม้จนกระทั่งกิ่งไม้ขาด ได้แรงดึงสูงสุด 22.36 กิโลกรัม แล้วนำไป หาแรงบิดของเพลา และการคำนวนขนาดเพลาจานตัด ดังสมการที่ (1)

$$d^3 = \frac{16}{\pi t_{max}}[(C_m M)^2 + (C_t T)^2]^{1/2} \qquad (1)$$

โดยที่

d = ขนาดของเพลา (เมตร)

t_{max}= ความเค้นเฉือนสูงสุด (นิวตันต่อตารางเมตร)

C_m = ตัวประกอบจากการล้าเนื่องจากการดัด

C_t = ตัวประกอบจากการล้าเนื่องจากการบิด

M = โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในเพลา (นิวตัน-เมตร)

T = แรงบิดของเพลา (นิวตัน-เมตร)

จากสมการที่ (1) สามารถคำนวณหาขนาดของเพลาได้ 0.25 เมตร หรือ 25 เซนติเมตร

2.2.4 การคำนวณหาขนาดของมู่เล่

ในเครื่องย่อยกิ่งไม้ มู่เล่มีหน้าที่เป็นส่วนหนึ่งในการส่งกำลังจากเครื่องยนต์ไปสู่จานตัด ดังแสดงในรูปที่ 3 การหาอัตราทดของมู่เล่เพื่อให้ได้ความเร็วรอบที่ต้องการ สามารถหาได้จากสมการที่ (2)

$$\text{อัตราทด} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{n_1}{n_2} \qquad (2)$$

โดยที่

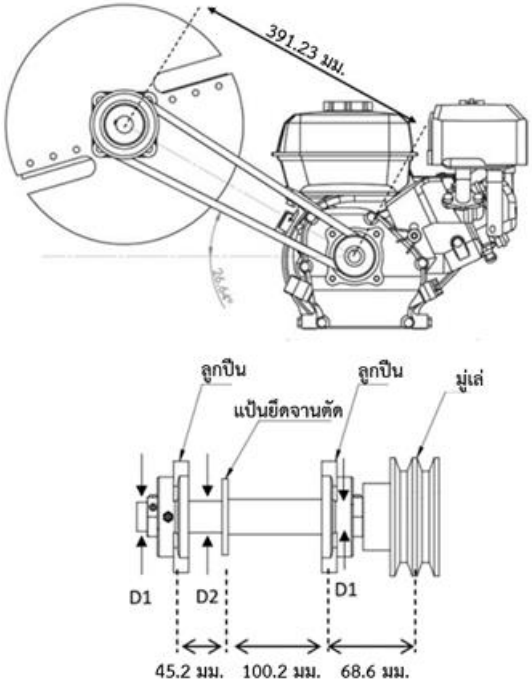
D_1= เส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เล่ขับ (เมตร)

D_2= เส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เล่ตัวตาม (เมตร)

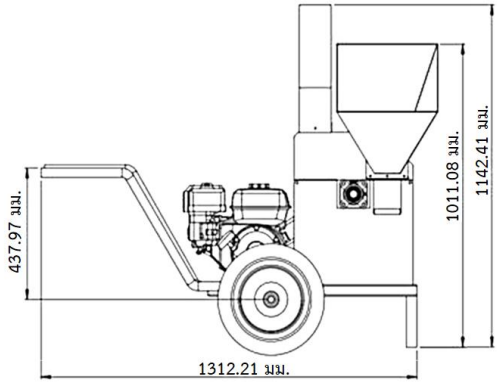
n_1 = ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)

n_2 = ความเร็วรอบของเพลาจานตัด (รอบต่อนาที)

จากสมการที่ (2) สามารถคำนวณหาขนาดของมู่เล่ของเพลาข้อเหวี่ยงเครื่องยนต์ ได้ 0.1016 เมตร หรือ 10.16 เซนติเมตร ขนาดของมู่เล่ตัวตาม หรือมู่เล่จานตัดได้ 0.2087 เมตร หรือ 20.87 เซนติเมตร



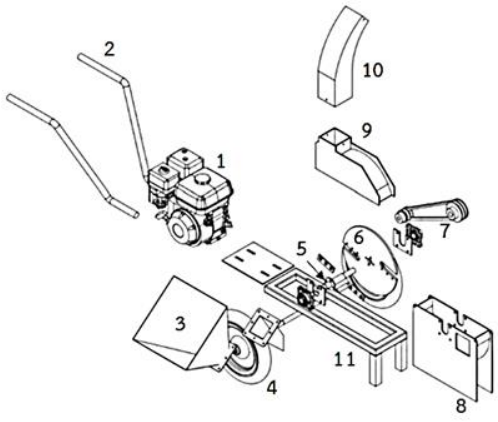
รูปที่ 3 การส่งกำลังเครื่องยนต์ผ่านสายพาน



รูปที่ 4 รูปแบบโครงสร้างเครื่องย่อยกิ่งไม้

2.2.5 ออกแบบเครื่องย่อยกิ่งไม้

หลังจากเลือกเครื่องยนต์ กำหนดขนาดของจานตัด คำนวณหาขนาดเพลาและส่วนประกอบอื่น ๆ แล้ว ได้ทำการออกแบบและกำหนดขนาดของเครื่องย่อยกิ่งไม้ดังแสดงในรูปที่ 4 และ 5



รูปที่ 5 ส่วนประกอบของเครื่องย่อยกิ่งไม้

จากรูปที่ 5 แสดงส่วนประกอบของเครื่องย่อยกิ่งไม้ โดยที่

1. เครื่องยนต์
2. ด้ามจับ
3. ช่องใส่กิ่งไม้
4. ล้อ
5. เพลา
6. จานตัดและใบมีด
7. สายพานและมู่เล่
8. ตัวถังครอบจานตัดด้านข้าง
9. ตัวถังครอบจานตัดด้านบน
10. ท่อทิ้งเศษกิ่งไม้ที่ย่อยแล้ว
11. โครงเครื่องและขาตั้ง

เครื่องย่อยกิ่งไม้มีความยาว 1310 มิลลิเมตร ความกว้าง 600 มิลลิเมตร และความสูง 1140 มิลลิเมตร ซึ่งถือว่ามีขนาดเล็กและสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย เพื่อนำไปใช้งานในสถานที่ต่าง ๆ

2.2.3 วิธีการทดสอบ

การทดสอบได้แบ่งออกเป็น 2 การทดสอบ

การทดสอบที่ 1 เป็นการทดสอบเพื่อหาความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่สามารถย่อยกิ่งไม้ ขนาด 70 มิลลิเมตร ได้ โดยการทดสอบนี้ใช้จานตัด 2 ใบมีด เพื่อย่อยกิ่งไม้เนื้ออ่อนที่ได้จากการตัดแต่งกิ่งไม้ของกรุงเทพมหานคร โดยใช้กิ่งไม้สด และกิ่งไม้แห้ง ในการทดสอบ ครั้งละ 15 กิโลกรัม ดังแสดงในรูปที่ 6 และใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระหว่าง 1,000 ถึง 3,400 รอบต่อนาที โดยใช้เครื่องวัดความเร็วรอบ (Tachometer) แบบเลเซอร์ในการวัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ การทดสอบถูกทำซ้ำ 3 ครั้ง แล้วนำผลมาหาค่าเฉลี่ย หลังจากทราบความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่สามารถย่อยกิ่งไม้ตามขนาดที่ต้องการได้แล้ว จะนำผลที่ได้ใช้ในการทดสอบที่ 2 ต่อไป

การทดสอบที่ 2 เป็นการทดสอบเพื่อประเมินสมรรถนะการย่อยกิ่งไม้ของเครื่องย่อยกิ่งไม้ที่มีจานตัด 2 ใบมีด 3 ใบมีด และ 4 ใบมีด โดยการทดสอบนี้ใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่หาได้จากการทดสอบที่ 1 ในการย่อยกิ่งไม้เนื้ออ่อนที่ได้จากการตัดแต่งกิ่งไม้ของกรุงเทพมหานคร โดยใช้กิ่งไม้สด และกิ่งไม้แห้ง จำนวน 15 กิโลกรัม และจับเวลาที่ใช้ในการย่อยกิ่งไม้เพื่อนำไปหาอัตราการย่อยกิ่งไม้ต่อไป โดยการทดสอบทั้งหมดทำซ้ำกัน 3 ครั้ง แล้วนำผลมาหาค่าเฉลี่ย

รูปที่ 6 กิ่งไม้สดและกิ่งไม้แห้งก่อนผ่านเครื่องย่อย

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 การทดสอบความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เหมาะสม

การทดสอบความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่มีผลต่อขนาดของกิ่งไม้ที่สามารถย่อยได้ ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 2 สำหรับการย่อยกิ่งไม้สด และในตารางที่ 3 สำหรับการย่อยกิ่งไม้แห้ง

ตารางที่ 2 เส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดของกิ่งไม้สดที่สามารถย่อยได้ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่าง ๆ

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	เส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดของกิ่งไม้สดที่สามารถย่อยได้ (มม.)
1,000	26
1,400	35
1,800	40
2,200	48
2,600	55
3,000	58
3,400	73

ตารางที่ 3 เส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดของกิ่งไม้แห้งที่สามารถย่อยได้ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่าง ๆ

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	เส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดของกิ่งไม้แห้งที่สามารถย่อยได้ (มม.)
1,000	20
1,400	30
1,800	38
2,200	44
2,600	50
3,000	55
3,400	70

จากตารางที่ 2 พบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางของกิ่งไม้สดที่สามารถย่อยได้ อยู่ระหว่าง 26 ถึง 73 มิลลิเมตร ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ ระหว่าง 1,000 ถึง 3,400 รอบต่อนาที โดยที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,000 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ต่ำสุด สามารถย่อยกิ่งไม้สดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงที่สุดที่ 26 มิลลิเมตร สังเกตได้ว่าเมื่อเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์แล้ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกิ่งไม้สดที่สามารถย่อยได้จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานของ อนุรักษ์ มะโนมัย และ รพีพรรณ เหล็กหมื่นไวย [7] ที่ทำการทดสอบเครื่องย่อยไม้ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ 1,150 1,800 และ 2,450 รอบต่อนาที โดยทำการย่อยไม้กระถิน ไม้ตะขบ ไม้สะเดา และไม้กระถินณรงค์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 เซนติเมตร พบว่าเมื่อใช้ความเร็วรอบต่ำที่สุดของการทดสอบ เครื่องย่อยไม้ไม่สามารถย่อยไม้สะเดาและไม้กระถินณรงค์ได้ อีกทั้งเครื่องยนต์ยังเกิดการกระตุกจนดับไป แต่เมื่อเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์จึงสามารถย่อยไม้ดังกล่าวได้

ตารางที่ 3 แสดงเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดของกิ่งไม้แห้งที่สามารถย่อยได้ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่าง ๆ จากผลการทดลองพบว่า ในกรณีเดียวกันกับกิ่งไม้สด ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,000 รอบต่อนาที เส้นผ่านศูนย์กลางของกิ่งไม้แห้งที่สามารถย่อยได้เท่ากับ 20 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของกิ่งไม้แห้งที่สามารถย่อยได้ที่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับความเร็วรอบเครื่องยนต์อื่น ๆ และเมื่อเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์พบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกิ่งไม้แห้งที่สามารถย่อยได้เพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของกิ่งไม้ที่สามารถย่อยได้ของกิ่งไม้สดและกิ่งไม้แห้งพบว่า ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เท่ากัน เครื่องย่อยกิ่งไม้สามารถย่อยกิ่งไม้สดที่มีขนาดใหญ่กว่ากิ่งไม้แห้งได้ โดยที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงสุดของการทดลอง ที่ 3,400 รอบต่อนาที พบว่า เครื่องย่อยกิ่งไม้สามารถย่อยกิ่งไม้สดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดที่ 74 เซนติเมตร และสามารย่อยกิ่งไม้แห้งที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดที่ 70 เซนติเมตร ซึ่งเป็นค่าที่กำหนดไว้ในขอบเขตการศึกษา โดยการทดสอบเปรียบเทียบอัตราการย่อยกิ่งไม้ของจานตัด 2 ใบมีด 3 ใบมีด และ 4 ใบมีด จะใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่ 3,400 รอบต่อนาที ในการทดสอบต่อไป

ความชื้นเป็นปัจจัย สำคัญที่ส่งผลต่อความแข็งแรงและสภาพยืดหยุ่นของกิ่งไม้ เมื่อเนื้อไม้มี

ความชื้นเพิ่มขึ้นความแข็งและสภาพยืดหยุ่นของกิ่งไม้จะลดลง [9] อีกทั้งความชื้นยังเป็นสารหล่อลื่นที่ช่วยในการย่อยกิ่งไม้ [6] เนื่องจากกิ่งไม้แห้งมีปริมาณความชื้นน้อยกว่ากิ่งไม้สดทำให้กิ่งไม้แห้งมีความแข็งมากกว่ากิ่งไม้สด จึงส่งผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดของกิ่งไม้แห้งที่สามารถย่อยได้มีค่าน้อยกว่ากิ่งไม้สด

3.2 การเปรียบเทียบอัตราการย่อยกิ่งไม้ของจานตัด 2 ใบมีด 3 ใบมีด และ 4 ใบมีด

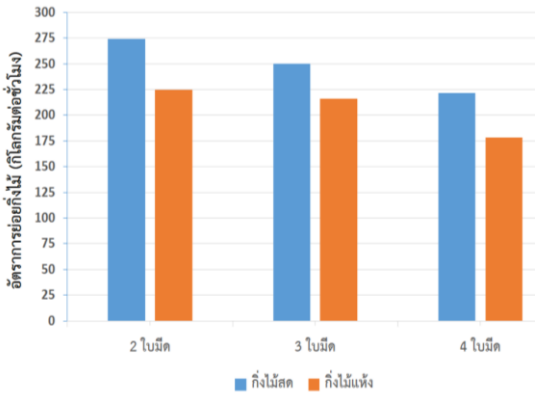
รูปที่ 7 กิ่งไม้สด และกิ่งไม้แห้งหลังผ่านการย่อยด้วยเครื่องย่อย

ในการทดลองการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของจานตัด 2 ใบมีด จานตัด 3 ใบมีด และจานตัด 4 ใบมีด จะทำการทดลองโดยใช้กิ่งไม้สดและกิ่งไม้แห้ง และจับเวลาที่ใช้ในการย่อยกิ่งไม้เพื่อนำไปหาอัตราการย่อยกิ่งไม้ โดยเลือกทำการทดลองที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3,400 รอบต่อนาที เนื่องจากที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ดังกล่าว เครื่องย่อยกิ่งไม้สามารถย่อยกิ่งไม้ที่มีขนาดสูงสุดไม่เกิน 70 มิลลิเมตรได้ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 อัตราการย่อยกิ่งไม้สดและกิ่งไม้แห้งของจานตัด 2 ใบมีด จานตัด 3 ใบมีด และ จานตัด 4 ใบมีด ที่ความเร็วเครื่องยนต์ 3,400 รอบต่อนาที

ชนิดของจานตัด	ชนิด	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	เวลาที่ใช้ในการย่อย (นาที)	อัตราการย่อยกิ่งไม้ (กก./ชม.)
2 ใบมีด	กิ่งไม้สด	15	3.28	274.3
	กิ่งไม้แห้ง	15	4.01	224.4
3 ใบมีด	กิ่งไม้สด	15	3.60	250.0
	กิ่งไม้แห้ง	15	4.16	216.3
4 ใบมีด	กิ่งไม้สด	15	4.06	221.7
	กิ่งไม้แห้ง	15	5.04	178.6

จากผลการทดลองพบว่าอัตราการย่อยกิ่งไม้สดและกิ่งไม้แห้งของจานตัด 2 ใบมีด อยู่ที่ 274.3 และ 221.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ จานตัด 3 ใบมีด สามารถย่อยกิ่งไม้สดและกิ่งไม้แห้งได้ในอัตราการย่อยที่ 250 และ 216.3 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และในส่วนของจานตัด 4 ใบมีด สามารถย่อยกิ่งไม้สดและกิ่งไม้แห้งได้ในอัตราการย่อยที่ 221.7 และ 178.6 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ จากการสังเกตพบว่าการเพิ่มใบมีดส่งผลให้อัตราการย่อยของทั้งกิ่งไม้สดและกิ่งไม้แห้งลดลง ในความเร็วรอบเครื่องยนต์เท่ากัน



รูปที่ 8 อัตราการย่อยกิ่งไม้ (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

อย่างไรก็ตามเมื่อสังเกตเศษไม้หลังการย่อย ดังแสดงในรูปที่ 7 พบว่าขนาดสูงสุดของเศษไม้หลังผ่านการย่อยด้วยจานตัด 2 ใบมีดอยู่ที่ 15x25 มิลลิเมตร ขนาดสูงสุดของเศษไม้หลังผ่านการย่อยด้วยเครื่องย่อยกิ่งไม้ที่มีจานตัด 3 ใบมีด อยู่ที่ 10x15 มิลลิเมตร และขนาดสูงสุดของเศษไม้หลังผ่านการย่อยด้วยเครื่องย่อยไม้ที่มีจานตัด 4 ใบมีด อยู่ที่ 7x10 มิลลิเมตร โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างจานตัด 3 ชนิดพบว่า เครื่องย่อยไม้ที่ใช้จานตัด 2 ใบมีดมีอัตราการย่อยที่ดีกว่า อย่างไรก็ตามเครื่องย่อยกิ่งไม้ที่ใช้จานตัด 4 ใบมีด สามารย่อยกิ่งไม้ได้ละเอียดกว่าจานตัด 2 ใบมีด และ 3 ใบมีด ผลการทดลองสอดคล้องกับผลการทดลองของ ชนินทร์ อุปถัมป์ และคณะ [10] ที่ได้ศึกษาอิทธิพลของจำนวนใบมีดและความเร็วเชิงเส้นของใบมีดสับที่มีผลต่อสมรรถนะของชุดสับลดขนาดลำต้นมันสำปะหลัง โดยใช้จานสับ 2, 3 และ 4 ใบมีด พบว่า ที่ความเร็วเชิงเส้นที่เท่ากัน การเพิ่มจำนวนใบมีดส่งผลให้อัตราการสับต้นมันสำปะหลังลดลงเนื่องจากการเพิ่มจำนวนใบมีดทำให้จังหวะของการสับลดน้อยลง แต่ต้นมันสำปะหลังหลังผ่านการสับลดขนาด มีความละเอียดและขนาดเล็กกว่ามีเพิ่มจำนวนใบมีด

4. สรุป

จากการทดสอบเครื่องย่อยกิ่งไม้ขนาดเล็กพบว่าการเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์เป็นผลให้เครื่องสามารถย่อยกิ่งไม้ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นได้ และเครื่องย่อยกิ่งไม้สามารถย่อยกิ่งไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 70 มิลลิเมตรได้ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงสุดที่เลือกใช้ 3,400 รอบต่อนาที

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างจานตัด 2 ใบมีด จานตัด 3 ใบมีด และจานตัด 4 ใบมีด พบว่า อัตราการย่อยกิ่งไม้สดมีค่ามากกว่าอัตราการย่อยกิ่งไม้แห้ง จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าความชื้นในกิ่งไม้มีอิทธิพลอย่างมากต่ออัตราการย่อยกิ่งไม้ เนื่องจากความชื้นเป็นสารหล่อลื่นที่ช่วยในการย่อยกิ่งไม้และทำให้อัตราการย่อยสูงขึ้น การเพิ่มจำนวนใบมีด ทำให้ไม้หลังผ่านการย่อยมีขนาดที่เล็กและละเอียดกว่า ดังนั้นการเลือกใช้จานตัด 2 ใบมีด จานตัด 3 ใบมีด หรือจานตัด 4 ใบมีด จึงขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการใช้งาน หากต้องการขนาดของกิ่งไม้ที่มีความละเอียดมากการใช้จานตัด 4 ใบมีดจะเหมาะสมกว่า แต่หากต้องการความรวดเร็วในการย่อยไม้ควรเลือกใช้จานตัด 2 ใบมีด

อย่างไรก็ตามยังมีตัวแปรอื่นที่ยังต้องนำมาศึกษาเพื่อพัฒนาเครื่องย่อยกิ่งไม้ขนาดเล็กต่อไป เช่น การคำนวณความสิ้นเปลืองทางด้านพลังงานเพื่อนำมาคำนวณต้นทุนในการย่อยกิ่งไม้ การศึกษาอิทธิพลของมุมการติดตั้งของใบมีดและมุมของคมมีดตัดต่อการย่อยกิ่งไม้เพื่อให้เครื่องย่อยกิ่งไม้มีประสิทธิภาพสูงสุด

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนเครื่องมือในการวิจัย นายนันทวัฒน์ ชื่นจรูญ นายปฏิพล ทรัพย์รุ่งโรจน์ นายรักษวัน ชูชื่น นายธนภัทร์ เสรีธนโรจน์ นายพาณุวิชญ์ พลภักดี นายรณรณัฐ รอดชีวิต ที่ช่วยเหลือในการทดสอบ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] N. Nimnuan, “Urban Public Space Management for Sustainable and Equitable Development,” *Humanities and Social Sciences Nakhonsawan Rajabhat University Academic Journal*, vol. 9 , no.1, pp. 45–58, Jan. – Jun. 2022.

[2] U. Buarapa, “Developing rural green areas for sustainability,” *Journal of Architecture, Design and Construction*, vol. 4, no.1, pp. 27–37, Jan. – Apr. 2022.

[3] Department of Environment, Bangkok Metropolitan Administration, “Annual

operational plan," [Online]. Available: https://webportal.bangkok.go.th/upload/user/00000231/data/plan64/plan2564.pdf. [Accessed: Jan. 10, 2024].

[4] J. Sompong and W. Khongouan, "The role of Lumipini park, Bangkok, and its developing plan," *Journal of the Faculty of Architecture King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang*, vol. 22, no. 1, pp. 56–69, Jan. – Jun. 2016.

[5] S. Choothong, J. Hatthong, W. Na Nakon, and P. Sinumporn, "Study of species and threat status of street trees in an urban landscape in Nakhon Si Thammarat Province", *Rajabhat Chiang Mai Research Journal*, vol. 23, no. 1, pp. 198–212, Jan. – Apr. 2022.

[6] P. Yaemban, C. Thuaichan, and S. Luechanda, "Development leaves chipper creating machine," *Vocational Education Innovation and Research Journal,* vol. 1 , no. 1, pp. 19-26, Jan. – Jun. 2017.

[7] A. Manomai and R. Leakmuinwai, "Design and construction of a wood chipper," *Journal of Vongchavalitkul University*, vol. 33, no. 2, pp. 86-94, Jul.-Dec. 2020.

[8] S. Charee, S. Sudajan, and N. Khongthon, "Effects of Moisture Content and Blade Cutting Velocity on the Performance of a Sugarcane Leaf Chopping Unit," in *Proceeding of the 2 5th TSAE National Conference*, Chiang Mai, Thailand, 2012, pp. 291-297.

[9] *Research report*, The design and build machines from corn, Research and Development Institute, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, 2014.

[10] S. Charee, S. Bumrungkeeree, C. Upatum and K. Doungpueng, "Effect of blade number and blade cutting speeds on the chopping energy of sugarcane leaves," *Agricultural Science Journal,* vol. 53, no. 3 (Suppl.), pp. 132-136, 2022.

[11] C. Lomchangkum, C. Junsiri, P. Jomlaperatikul, A. Jomlaperatikul, D. Manklang, and P. Sopa, "A study on the mechanical properties of maize plant for design cutting machine of maize plant," *FEAT JOURNAL*, vol. 8, no. 2, pp. 169-178, Jul-Dec. 2022.

[12] Eu Honda Motor Co., Inc., "Specification engine Honda GX270," [Online]. 2020. Available: https://www.honda-engines-eu.com/en/products/engines/gx270. [Accessed: Feb. 2, 2024].

[13] W. Uengphakon and C. Thanadngarn, *Machine Design 1*. 1st ed. Bangkok: Se-education, 2013