

การออกแบบและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชแบบไม่ใช้สารเคมีต่อท้ายรถแทรกเตอร์

Design and Development of a Tractor-attached Non-chemical Weeder

พงศ์พันธุ์ ปันมยุรา^{1/} ประเทือง อุษาบิสุทธิ^{1/*} วัชรชาญ สุขเจริญวิภารัตน์^{1/}

ชัยยะ จันตรา^{1/} วันรัฐ อับดุลลากาซิม^{1/}

Pongphun Panmayura^{1/} Prathuang Usaborisut^{1/*} Watcharachan Sukcharoenvipharat^{1/}

Chaiya Jantra^{1/} Wanrat Abdullakasim^{1/}

Received 6 Jun. 2025/Revised 8 Jul. 2025/Accepted 9 Jul. 2025

ABSTRACT

Sugarcane is an important economic crop in Thailand. Farmers face challenges in weed control due to the limitations of chemical herbicides, which pose health and environmental risks, as well as mechanical methods that are constrained by field conditions and timing. This research aimed to design and develop a tractor-mounted weed control machine utilizing flame and hot water, and to evaluate its performance in sugarcane fields. Two factors were tested: three levels of forward speed and three nozzle heights (10, 20, and 30 cm). Results indicated that the flame-based system, with a nozzle height of 10 cm and a forward speed of 8.89 km/h, achieved the highest weed control efficiency at 100% within 7 days after treatment. The maximum temperature at the sugarcane base reached 48.75°C, while soil moisture decreased by 0.14%. The field capacity was 0.40 rai/h, and the field efficiency was 66.77%. LPG consumption was 10.29 kg/rai, with a break-even point of 12.19 rai/year and a payback point of 67.19 rai. Meanwhile, the hot water system, with a nozzle height of 10 cm and a speed of 8.41 km/h, achieved a maximum weed control efficiency of 93.40% within 7 days. The maximum temperature at the sugarcane base was 33.5°C, while soil moisture increased by 0.35%. The field capacity was 0.40 rai/h, and the field efficiency was 71.27%. LPG consumption was 15.14 kg/rai, with a break-even point of 30.48 rai/year and a payback point of 167.95 rai. These findings suggest that the flame-based weed control machine provides greater efficiency and economic feasibility, making it more suitable for weed management in sugarcane fields.

Keywords: agricultural machinery; thermal weed control; flame weeder; hot water weeder

^{1/} คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

^{1/} Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

* Corresponding author: fengptu@ku.ac.th

บทคัดย่อ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของไทย เกษตรกรประสบปัญหาการกำจัดวัชพืชจากข้อจำกัดของสารเคมีซึ่งเป็นอันตราย และการใช้วิธีเชิงกลมีข้อจำกัดด้านพื้นที่และเวลา งานวิจัยนี้มุ่งออกแบบและพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟและน้ำร้อนแบบต่อท้ายรถแทรกเตอร์ พร้อมศึกษาประสิทธิภาพในแปลงอ้อย โดยใช้ปัจจัยการทดสอบ 2 ตัวแปร คือ ความเร็วการเคลื่อนที่ 3 ระดับ และระยะความสูงหัวพ่น 10 20 และ 30 ซม. ผลการทดสอบพบว่าเครื่องใช้เปลวไฟที่ระยะหัวพ่น 10 ซม. และความเร็วการเคลื่อนที่ 8.89 กม./ชม. มีประสิทธิภาพกำจัดวัชพืชสูงสุดถึง 100% ภายใน 7 วันหลังการทดสอบ อุณหภูมิที่กระทบกออ้อยสูงสุด 48.75°C. ความชื้นดินลดลง 0.14% มีสมรรถนะการทำงานเชิงไร่ 0.40 ไร่/ชม. และประสิทธิภาพเชิงไร่ 66.77% ใช้แก๊สแอลพีจี 10.29 กก./ไร่ จุดคุ้มทุนอยู่ที่ 12.19 ไร่/ปี และจุดคืนทุนที่ 67.19 ไร่ ขณะที่เครื่องใช้น้ำร้อนที่ระยะความสูงหัวพ่น 10 ซม. และความเร็วการเคลื่อนที่ 8.41 กม./ชม. มีประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชสูงสุด 93.40% ภายใน 7 วันหลังการทดลอง อุณหภูมิที่กระทบกออ้อยสูงสุด 33.5°C. ความชื้นดินเพิ่มขึ้น 0.35% มีสมรรถนะการทำงานเชิงไร่ 0.40 ไร่/ชม. และประสิทธิภาพเชิงไร่ 71.27% ใช้แก๊สแอลพีจี 15.14 กก./ไร่ จุดคุ้มทุนอยู่ที่ 30.48 ไร่/ปี และจุดคืนทุนที่ 167.95 ไร่ ผลวิจัยชี้ว่าเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟมีประสิทธิภาพและความคุ้มค่าสูงกว่าสำหรับการจัดการวัชพืชในไร่อ้อย

คำสำคัญ: เครื่องจักรกลการเกษตร; การกำจัดวัชพืชด้วยความร้อน; เครื่องกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟ; เครื่องกำจัดวัชพืชด้วยน้ำร้อน

บทนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย จากรายงานสถานการณ์พื้นที่ปลูกอ้อยในปี พ.ศ. 2566/2567 มีพื้นที่ในการเพาะปลูกอ้อยรวม 11.1 ล้านไร่ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2567) ในขั้นตอนการเพาะปลูกอ้อยมีหลายขั้นตอน เช่น การเตรียมท่อนพันธุ์ การเตรียมดิน การดูแลรักษา การเก็บเกี่ยว (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2564; Gravois et al., 2014) ขั้นตอนการดูแลรักษาอ้อยในแปลงมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะการกำจัดวัชพืชที่จะแย่งแย่งน้ำ แสงแดด และธาตุอาหารพืชในดินที่สำคัญยังเป็นที่อยู่อาศัยของศัตรูอ้อยและพาหะของโรคต่างๆ (Khalik et al., 2018; Selvara et al., 2023) ส่งผลทำให้ออขนั้นไม่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่และผลผลิตลดลง

เกษตรกรมีการใช้สารเคมีในการกำจัดวัชพืช เช่น พาราควอต และไกลโฟเซต โดยภาครัฐมีการจำกัดการใช้เนื่องจากเป็นสารเคมีอันตรายที่ส่งผลเสียต่อเกษตรกรและพืชประธาน (กรมวิชาการเกษตร, 2563) ในทางกลับกันการกำจัดวัชพืชด้วยวิธีเชิงกลด้วยเครื่องมือทางการเกษตร เช่น พรวนกำจัดวัชพืช คราดสปริง (ชลธิชาและธนัชพันธ์, 2566) มีข้อจำกัดการใช้งานในบางพื้นที่และบางช่วงเวลา โดยเฉพาะในแปลงปลูกอ้อยที่มีความชื้นสูง และมีฝนตกอย่างต่อเนื่อง ทำให้เครื่องมือเหล่านี้ไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ จึงต้องหาวิธีการกำจัดวัชพืชด้วยวิธีอื่นมาเพื่อทดแทนวิธีการดั้งเดิม ซึ่งในต่างประเทศได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟและน้ำร้อน ตามงานวิจัยของ Merfield et al. (2017) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการกำจัดวัชพืชด้วยความร้อนด้วยการใช้ไอน้ำและเปลวไฟ อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการศึกษาในบริบทการผลิตอ้อย

ในประเทศไทย ดังนั้นเพื่อลดการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายและลดต้นทุนในการกำจัดวัชพืชในแปลงอ้อยลง จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาการกำจัดวัชพืชด้วยความร้อนที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกอ้อยในประเทศไทย โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟและน้ำร้อนต่อท้ายรถแทรกเตอร์ รวมถึงทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟและน้ำร้อนต่อท้ายรถแทรกเตอร์

อุปกรณ์และวิธีการ

ออกแบบเครื่องกำจัดวัชพืชแบบไม่ใช้สารเคมีต่อท้ายรถแทรกเตอร์ เพื่อใช้กับรถแทรกเตอร์ category 1 ตามมาตรฐาน ASAE (American Society of Agricultural Engineers) ให้สามารถทำงานในพื้นที่ร่องอ้อยที่มีหน้ากว้างของพื้นที่ประมาณ 1.5 ม. ได้แก่ เครื่องกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟ และเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยน้ำร้อน ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชด้วยความร้อนทั้ง

2 รูปแบบ ซึ่งควบคุมการทำงานด้วยระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ และใช้รถแทรกเตอร์ Kubota L2500 ขนาด 27 แรงม้า ในการทดสอบ

1. การออกแบบเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟต่อท้ายรถแทรกเตอร์

เครื่องกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟต่อท้ายรถแทรกเตอร์ (Figure 1) มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่ (1) โครงยึดจุดต่อพวง 3 จุด สำหรับต่อพวงกับรถแทรกเตอร์ตามมาตรฐาน ASAE โดยออกแบบใช้สำหรับรถแทรกเตอร์ category1 (2) ถังแก๊สแอลพีจี สำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงหลักในการกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟ (3) หัวพ่นไฟ มีทั้งหมด 6 หัวพ่นติดตั้งให้ทำมุมเอียง 45° กับแนวระนาบเพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับของแก๊ส และช่วยในการถ่ายเทความร้อนไปยังวัชพืช มีหน้ากว้างในการทำงาน 1 ม. สำหรับการใช้งานในร่องอ้อย ควบคุมการเปิดแก๊ส-ปิดแก๊สด้วยโซลินอยด์วาล์วที่ได้รับคำสั่งจากระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

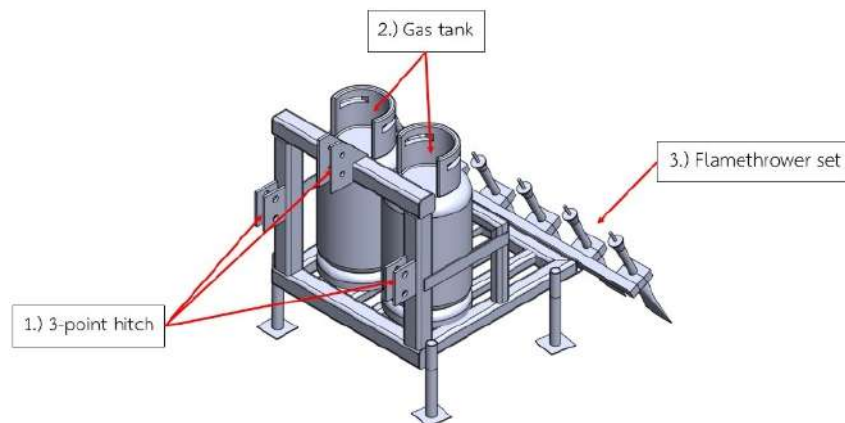


Figure 1 Components of a tractor-mounted flame weeder

2. ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟต่อท้ายรถแทรกเตอร์

ควบคุมการทำงานของเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟโดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 มีสวิตช์สั่งการทำงาน 2 ตัว เมื่อ

กดสวิตช์ตัวที่ 1 จะสั่งให้ relay ตัวที่ 1 ทำงาน และ relay ตัวที่ 2 ไม่ทำงาน ซึ่งทำให้โซลินอยด์ตัวที่ 1 ทำงาน และโซลินอยด์ตัวที่ 2 ไม่ทำงาน ทำให้เปลวไฟที่ออกจากหัวพ่นไฟมีลักษณะเป็นเปลวไฟเลี้ยงอ่อนๆ เมื่อต้องการพ่นไฟกำจัดวัชพืชจึงทำการกดสวิตช์

ตัวที่ 2 สั่งให้ relay ตัวที่ 1 ไม่ทำงาน และ relay ตัวที่ 2 ทำงาน เพื่อสั่งให้โซลินอยด์ตัวที่ 2 ทำงาน และโซลินอยด์ตัวที่ 1 ไม่ทำงาน เป็นการพ่นไฟแบบ เต็มประสิทธิภาพ

3. การออกแบบเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยน้ำร้อน ต่อท้ายรถแทรกเตอร์

เครื่องกำจัดวัชพืชด้วยน้ำร้อนต่อท้ายรถแทรกเตอร์ (Figure 2) มีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ (1) โครงยึดจุดต่อพ่วง ใช้สำหรับต่อพ่วงกับจุดต่อพ่วง 3 จุดของรถแทรกเตอร์ตามมาตรฐาน ASAE โดยออกแบบ ใช้สำหรับรถแทรกเตอร์ Category1(2) ถังแก๊สแอลพีจี

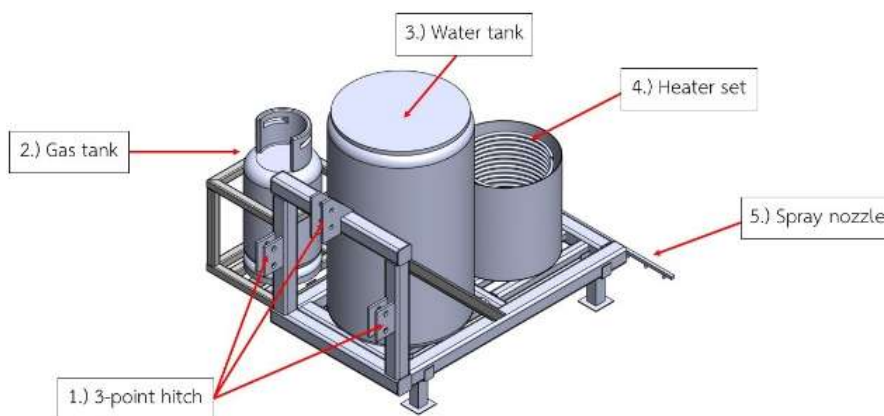


Figure 2 Components of a tractor-mounted hot water weeder

4. ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยน้ำร้อนต่อท้ายรถแทรกเตอร์

ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 ควบคุมการทำงานของระบบ โดยใช้โมดูล เซนเซอร์ MAX6675 คู่กับ thermocouple type K ที่สามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วง -200 ถึง 1,350°ซ. เพื่อวัดอุณหภูมิที่ออกจากชุดทำความร้อนโดย แสดงค่าอุณหภูมิผ่านจอ LCD ใช้การกดสวิตช์เพื่อสั่ง การทำงานของระบบทั้งหมด 3 ตัว ตัวที่ 1 เป็นการ สั่งสลับโหมดการทำงาน 2 โหมดคือ โหมด auto เป็นการสั่งให้ relay module 2 channel ทำงานอัตโนมัติ โดยมีเงื่อนไขในการทำงาน คือ เมื่ออุณหภูมิของน้ำ

ใช้สำหรับเป็นเชื้อเพลิงให้แก่ น้ำร้อนจาก (3) ถึงน้ำ 200 ลิตร ที่จะไหลไปยัง (4) ชุดทำน้ำร้อนโดยภายใน ชุดทำความร้อนจะมีแผงทำความร้อนแบบอินฟราเรด จำนวน 5 แผง ติดตั้งไว้บริเวณโดยรอบของชุดทำ ความร้อนเพื่อให้ความร้อนแก่น้ำที่อยู่ในท่อสแตนเลส ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ความยาว 16 ม. ที่ ขดอยู่ในชุดทำน้ำร้อน โดยมีเซนเซอร์เทอร์โมคัปเปิล (thermocouple) เป็นตัววัดอุณหภูมิ น้ำร้อนที่ทางออก ของชุดทำความร้อน ก่อนทำการฉีดพ่น (5) หัวพ่น แบบ flat fan ความละเอียด 0.66 มม. 65°

ร้อนสูงตั้งแต่ 95°ซ. ขึ้นไป จะสั่งให้ relay ตัวที่ 2 ทำงาน แล้วสั่งให้โซลินอยด์ตัวที่ 2 ทำงาน และ ฉีดน้ำร้อนกำจัดวัชพืช หากอุณหภูมิ น้ำร้อนต่ำกว่า 95°ซ. จะสั่งให้ relay ตัวที่ 1 สั่งโซลินอยด์ตัวที่ 1 ทำงาน น้ำร้อนไหลเวียนกลับเข้าถังน้ำเพิ่มจนอุณหภูมิ ถึงจุดที่กำหนด และโหมด manual เป็นการสั่งการ ด้วยการกดสวิตช์ควบคุมการทำงานของ relay แต่ละตัว โดยเมื่อกดสวิตช์ตัวที่ 2 จะสั่งให้ relay ตัวที่ 1 สั่งให้ โซลินอยด์ตัวที่ 1 ทำงาน ให้น้ำร้อนไหลเวียน กลับเข้าถังน้ำเพิ่มความร้อนให้สูงขึ้น หากกดสวิตช์ ตัวที่ 3 จะสั่งให้ relay ตัวที่ 2 สั่งให้โซลินอยด์ตัวที่ 2 ทำงาน เพื่อทำการฉีดน้ำร้อนกำจัดวัชพืช

5. การทดสอบเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยความร้อนต่อท้ายรถแทรกเตอร์

5.1 ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช

วางแผนการทดสอบแบบแฟคทอเรียล สมบูรณ์ (full factorial design) ทดสอบแยกกันระหว่างเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟต่อท้ายรถแทรกเตอร์ และเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยน้ำร้อนต่อท้ายรถแทรกเตอร์ด้วย manual mode ในพื้นที่เพาะปลูกอ้อย อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ขนาดแปลง 13.5×70 ม. มีระยะระหว่างแถว 1.5 ม. อายุอ้อย 3 เดือน ความหนาแน่นของวัชพืชในพื้นที่ 70% แบ่งพื้นที่เป็นแปลงย่อยขนาด 1.5×20 ม. ปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ 1) ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 3 ระดับ คือ Low1 Low2 และ Low3 โดยใช้การกำหนดเกียร์ของรถแทรกเตอร์ที่ใช้ทดสอบ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,000 รอบ/นาที 2) ระยะความสูงของหัวพ่นไฟ/หัวฉีดพ่นน้ำร้อน จากพื้นดิน 3 ระยะ คือ 10 20 และ 30 ซม. แต่ละเครื่องทำ 3 ซ้ำ รวม 27 การทดสอบ นับจำนวนวัชพืชก่อนและหลังการทดสอบ 1 3 5 7 วัน ซึ่งดัดแปลงจากวิธีการของ Aekrathok et al. (2021)

5.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาพแวดล้อม

ระหว่างการทดสอบ อาจมีผลกระทบต่อพื้นที่โดยรอบ อาทิเช่น พืชประธาน(อ้อย) ความชื้นภายในดิน จึงได้ทำการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม ได้แก่ อุณหภูมิการแผ่ความร้อนของเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยความร้อนด้วยโมดูลเซนเซอร์ MAX6675 คู่กับ thermocouple type K เก็บบันทึกอุณหภูมิลงใน SD card ทุก 1 วินาที โดยติดตั้งไว้แนวเดียวกับแถวที่เพาะปลูกอ้อยซึ่งจะติดตั้งไว้ข้างกออ้อยเพื่อหาอุณหภูมิที่มากกระทบกับอ้อย สุ่มเก็บตัวอย่างหน้าดินก่อนและหลังการทดสอบด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินแบบกระบอก (soil core sampler) ในแปลงทดสอบ

20 ตัวอย่าง/เครื่อง แบ่งเป็นก่อนและหลังการทดสอบละ 10 ตัวอย่าง นำดินมาอบที่อุณหภูมิ 105°C . เป็นเวลา 24 ชม. เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความชื้นที่สูญเสียไปจากหน้าดินภายหลังจากการทดสอบด้วยเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยความร้อน และวัดอุณหภูมิของเปลวไฟกับน้ำร้อนด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด ยี่ห้อ Flir รุ่น C5 ที่มีช่วงการวัดอุณหภูมิอยู่ที่ -20 ถึง 400°C . โดยวัดอุณหภูมิขณะที่เครื่องกำจัดวัชพืชด้วยความร้อนต่อท้ายรถแทรกเตอร์กำลังทำงาน เพื่อนำมาวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่ออ้อย และพื้นที่ที่ใช้ในการทดสอบ

5.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชในการทดสอบ

นับจำนวนวัชพืช โดยใช้กรอบสี่เหลี่ยมขนาด 50 ตร.ซม. สุ่ม 3 กรอบ/1 การทดสอบ 5 ครั้ง คือ ก่อนการทดสอบ 1 3 5 และ 7 วันหลังการทดสอบ ตามวิธีการของ Randell et al. (2020) ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชในแต่ละช่วงวันหลังการทดสอบ และประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช (weeding efficiency) คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\text{Weeding efficiency} = \frac{(N_1 - N_2)}{N_1} \times 100$$

เมื่อ N_1 = จำนวนวัชพืชก่อนทดสอบ (ต้น)

N_2 = จำนวนวัชพืชหลังทดสอบ (ต้น)

5.4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์

วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ กรณีที่มีรถแทรกเตอร์ต้นกำลังแล้ว โดยคิดต้นทุนการทำงานรวม/ปี (total cost) มี 2 ส่วนตาม RNAM test code & procedures for farm machinery (ESCAP and RNAM, 1983) ได้แก่ ต้นทุนคงที่ (fixed cost) ต้นทุนผันแปร (variable cost) ของเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยความร้อนต่อท้ายรถแทรกเตอร์ เพื่อกำหนดหาจุดคุ้มทุน (break-even point) และจุดคืนทุน (payback period)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. เครื่องกำจัดวัชพืชด้วยความร้อนต่อท้ายรถแทรกเตอร์

1.1 เครื่องกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟต่อท้ายรถแทรกเตอร์

เครื่องกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟต่อท้ายรถแทรกเตอร์ (Figure 3) มีขนาดเครื่อง (กว้างxยาวxสูง) 120x95x96.5 ซม. ใช้สำหรับรถแทรกเตอร์ category 1 ที่มีกำลังตั้งแต่ 20-50 แรงม้า ใช้ถังแก๊สแอลพีจี 2 ถัง เพื่อเป็นเชื้อเพลิงให้กับหัวพ่นไฟทั้งหมด 6 หัวเรียงกันในแนวนานกับเครื่อง ซึ่งแต่ละหัวพ่นไฟติดตั้งห่างกัน 20 ซม. โดยใช้โซลินอยด์วาล์วควบคุมแก๊สแอลพีจีที่ถูกส่งไปยังหัวพ่นไฟ มีพื้นที่การพ่นไฟเฉลี่ย 1.2 ม. ค่าความร้อนของเปลวไฟเฉลี่ย 289°ซ.



Figure 3 Tractor-mounted flame weeder

1.2 เครื่องกำจัดวัชพืชด้วยน้ำร้อนต่อท้ายรถแทรกเตอร์

เครื่องกำจัดวัชพืชด้วยน้ำร้อนต่อท้ายรถแทรกเตอร์ (Figure 4) มีขนาดเครื่อง (กว้างxยาวxสูง) 137x139x82 ซม. ใช้สำหรับรถแทรกเตอร์ category 1 ที่มีกำลังตั้งแต่ 20-50 แรงม้า ใช้ถังแก๊สแอลพีจี 1 ถัง เป็นเชื้อเพลิงให้กับแผงทำความร้อนของชุดทำความร้อน ซึ่งมีแผงทำความร้อนแบบอินฟราเรด

ติดตั้งอยู่บริเวณโดยรอบ 5 แผง และภายในมีชุดท่อน้ำสแตนเลส ขนาด 4 นิ้ว ยาว 16 ม. ขดอยู่ภายในชุดทำความร้อน และใช้ถังน้ำ 200 ลิตร เป็นถังบรรจุน้ำ โดยในการฉีดพ่นน้ำร้อนใช้ปั๊ม 12 โวลต์ ดึงน้ำจากถังบรรจุน้ำไปยังชุดทำความร้อน และหัวฉีดพ่นแบบ flat fan 7 หัว ที่ติดตั้งแต่ละหัวห่างกัน 10 ซม. วัชพืชส่วนใหญ่ของเครื่อง โดยมีหน้ากว้างในการฉีดพ่นน้ำร้อน 100 ซม. และอัตราการฉีดพ่นต่อหัว 1.9 ลิตร/นาที่



Figure 4 Tractor-mounted hot water weeder

2. ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชของเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยความร้อนต่อท้ายรถแทรกเตอร์

2.1 เครื่องกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟต่อท้ายรถแทรกเตอร์

ผลการทดสอบพบว่า ความสูงของหัวพ่นไฟที่ระยะ 10 ซม.จากพื้นดิน และความเร็วในการเคลื่อนที่รถแทรกเตอร์ Low1 มีประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชสูงสุดในช่วง 1 3 5 และ 7 วันหลังการทดสอบ อยู่ที่ 86.53 ± 2.07 98.33 ± 2.89 100 ± 0.00 และ $100 \pm 0.00\%$ ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งเป็นระยะความสูงของหัวพ่นไฟที่ต่ำ และความเร็วในการเคลื่อนที่ที่ช้า จึงทำให้ความร้อนจากเปลวไฟมีระยะเวลาที่กระทบกับวัชพืชภายในแปลงมากกว่าวิธีอื่นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Upadhyay et al.

(2024) ที่ได้ประเมินประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟของเครื่องชนิดใช้มือเช่น พบว่า ที่ความเร็วการเคลื่อนที่ 1 กม./ชม. และแรงดันเชื้อเพลิง 40 psi มีประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชสูงสุด 91.1% ซึ่งเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Merfield et al (2017) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชของเครื่องกำจัดวัชพืชแบบเปลวไฟที่ใช้ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 3 4 5 6 และ 7 กม./ชม. มีประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชอยู่ที่ 92 29 4 1 และ 1% ตามลำดับ

2.2 เครื่องกำจัดวัชพืชด้วยน้ำร้อนต่อท้ายรถแทรกเตอร์

พบว่า ระยะหัวพ่นไฟความสูง 10 ซม.จากพื้นดิน ที่ความเร็วในการเคลื่อนที่รถแทรกเตอร์ Low1 มีประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชสูงสุดใน 1 3 5 และ 7 วันหลังการทดสอบ อยู่ที่ 60.51 ± 2.91

82.25 ± 6.40 90.37 ± 4.20 และ $93.40 \pm 2.96\%$ ตามลำดับ (Table 2) โดยมีการวิจัยของ Martelloni et al. (2021) ที่ศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชและประสิทธิภาพการใช้พลังงานของน้ำร้อน และเปลวไฟ ในวัชพืช 4 ชนิด ที่ 3 ช่วงการเจริญเติบโต และกำหนดความเร็วการเคลื่อนที่ที่ใช้ในการทดสอบ 1 1.5 2.5 และ 3.5 กม./ชม. พบว่า น้ำร้อนมีประสิทธิภาพต่ำกว่า 48% แม้จะใช้พลังงานน้อย เมื่อเทียบกับเปลวไฟ ซึ่งเป็นวิธีที่ดีที่สุดทั้งในแง่ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชและประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kristoffersen et al. (2008) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชบนทางเท้าด้วยน้ำร้อน จากความเร็วในการเคลื่อนที่ 1 กม./ชม. พบว่า ปริมาณความหนาแน่นของวัชพืชที่ปกคลุมอยู่ที่ 0.9%

Table 1 Efficiency of weed control with a tractor-mounted flame weeder

Testing factors		Weed control efficiency ^{1/}			
Flamethrower height (cm)	Travel speed (km/h) (Tractor gear)	1 DAT ^{2/}	3 DAT	5 DAT	7 DAT
10	8.89 (Low 1)	86.53 a	98.33 a	100 a	100 a
	13.05 (Low 2)	81.60 ab	89.51 ab	94.32 abc	94.32 ab
	16.16 (Low 3)	74.72 bcd	80.96 b	86.42 cd	87.53 bc
20	8.89 (Low 1)	83.01 a	84.68 b	98.33 ab	92.78 ab
	13.05 (Low 2)	80.34 abc	84.04 b	82.42 de	80.34 c
	16.16 (Low 3)	68.89 de	84.44 b	90.37 bcd	80.74 c
30	8.89 (Low 1)	60.92 f	80.60 b	74.77 e	57.22 de
	13.05 (Low 2)	66.73 ef	90.20 ab	84.79 d	67.27 d
	16.16 (Low 3)	74.00 cd	87.00 b	63.57 f	50.57 e
CV (%)		11.27	6.35	13.49	21.76

^{1/} The values followed by the same lowercase letter in the same column were not significantly different ($p < 0.05$) according to the Duncan's new multiple range test analysis

^{2/} DAT=Days after testing

Table 2 Efficiency of weed control with a tractor-mounted hot water weeder

Testing factors		Weed control efficiency ^{1/}			
Hot water nozzle height (cm)	Travel speed (km/h) (Tractor gear)	1 DAT ^{2/}	3 DAT	5 DAT	7 DAT
10	8.41 (Low 1)	60.51 a	82.25 a	90.37 a	93.40 a
	9.77 (Low 2)	56.44 a	80.40 a	90.10 a	90.51 a
	15.63 (Low 3)	55.51 a	74.89 a	86.25 a	88.81 a
20	8.41 (Low 1)	38.80 b	48.49 b	53.87 b	58.21 b
	9.77 (Low 2)	33.05 b	39.09 c	48.42 bc	57.41 b
	15.63 (Low 3)	18.75 c	30.21 cd	41.67 cd	56.94 b
30	8.41 (Low 1)	14.32 c	24.13 d	36.61 de	42.22 c
	9.77 (Low 2)	13.70 c	23.89 d	28.59 e	38.88 c
	15.63 (Low 3)	12.93 c	23.70 d	28.58 e	37.04 c
CV (%)		58.92	53.11	46.38	36.27

^{1/} The values followed by the same lowercase letter in the same column were not significantly different ($p < 0.05$) according to the Duncan's new multiple range test analysis

^{2/} DAT=Days after testing

3. ผลของปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาพแวดล้อม

อุณหภูมิที่วัดได้จากเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด Flir C5 ระหว่างทำงาน พบว่า อุณหภูมิของเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟที่ทุกระยะความสูงจากพื้นดินของหัวพ่นไฟมีอุณหภูมิบริเวณเปลวไฟที่ปล่อยออกมาจากหัวพ่นเฉลี่ย 288.7°ซ. (Figure 5) และอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ออกจากหัวฉีดพ่นของเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยน้ำร้อนเฉลี่ย 72.25°ซ. (Figure 6) โดยบริเวณภายในของชุดทำความร้อนมีอุณหภูมิเฉลี่ย 225.9°ซ. อุณหภูมิภายนอกอยู่ที่ 223.1°ซ. และอุณหภูมิภายนอกของถังน้ำอยู่ที่ 75.57°ซ.

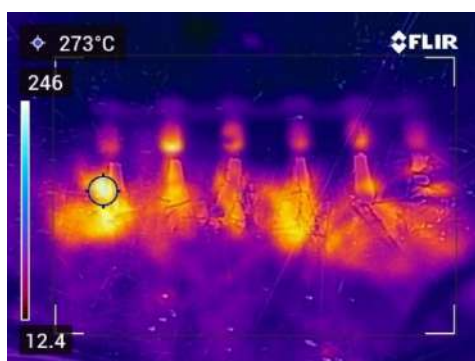


Figure 5 Flame temperature of flame weeder

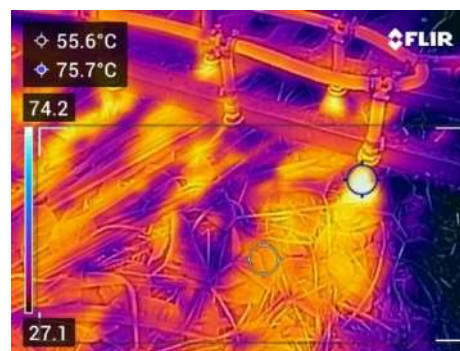


Figure 6 Hot water temperature of hot water weeder

การทดสอบในพื้นที่จริง การเก็บข้อมูลการแผ่ความร้อนของเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยความร้อนต่อท้ายรถแทรกเตอร์ บันทึกค่าอุณหภูมิทุก ๆ 1 วินาที พบว่า อุณหภูมิสูงสุดที่แผ่ไปถึงอ้อยจากเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟต่อท้ายรถแทรกเตอร์เฉลี่ย 48.75°ซ. (Figure 7) อุณหภูมิสูงสุดที่แผ่ไปถึงอ้อยจากเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยน้ำร้อนต่อท้ายรถแทรกเตอร์ 33.50°ซ. (Figure 8) ซึ่งไม่ส่งผลต่ออ้อย และจากงานวิจัยของ Inman-Bamber and Smith (2005) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ

อุณหภูมิที่สูงกับอ้อยและบริเวณโดยรอบที่ได้รับอุณหภูมิสูงเกิน 40°C. เป็นเวลานานจะส่งผลให้อ้อยสูญเสียน้ำที่ใบ และหากดินมีน้ำไม่เพียงพอจะทำให้เกิดความเครียดจากความแห้งแล้ง

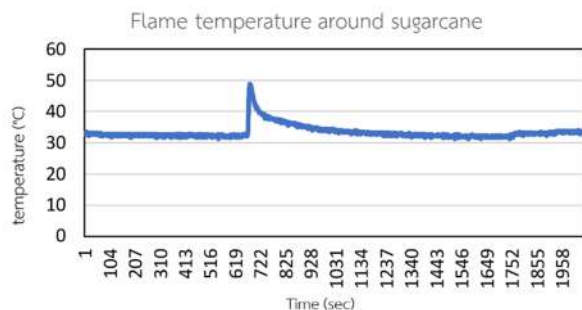


Figure 7 Heat radiation temperature of flame weeder

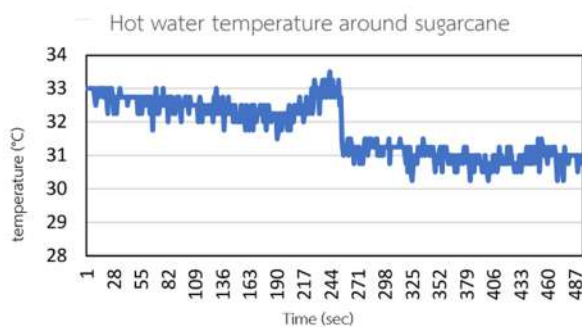


Figure 8 Heat radiation temperature of hot water weeder

เครื่องกำจัดวัชพืชด้วยความร้อนต่อท้ายรถแทรกเตอร์ ใช้ความร้อนที่สูงในการกำจัดวัชพืช ผลการเก็บตัวอย่างดินก่อนและหลังการทดสอบเพื่อหาความชื้นที่อาจสูญเสียไปภายในดิน พบว่า เครื่องกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟต่อท้ายรถแทรกเตอร์มีความชื้นในดินก่อนการทดสอบ 17.31% และหลังการทดสอบ 17.18% ซึ่งลดลงเพียงเล็กน้อย 0.14% ส่วนเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยน้ำร้อนต่อท้ายรถแทรกเตอร์มีความชื้นในดินก่อนการทดสอบ 18.14% และหลังการทดสอบ 18.49% ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นของความชื้นภายในดิน 0.35% (Figure 9)

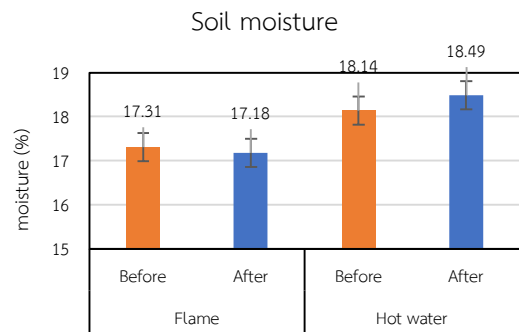


Figure 9 Soil moisture percentage before and after testing

4. ประสิทธิภาพและสมรรถนะการทำงานเชิงไร่

ประสิทธิภาพการทำงานเชิงไร่ และสมรรถนะการทำงานเชิงไร่ ที่ได้มาจากการทดสอบจริงในพื้นที่เพาะปลูกอ้อย เครื่องกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟต่อท้ายรถแทรกเตอร์ มีประสิทธิภาพการทำงานเชิงไร่ $66.77 \pm 0.27\%$ สมรรถนะการทำงานเชิงไร่อยู่ที่ 0.40 ± 0.00 ไร่/ชม. อัตราการใช้แก๊สแอลพีจี 10.29 กก./ไร่ และเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยน้ำร้อนต่อท้ายรถแทรกเตอร์ มีประสิทธิภาพการทำงานเชิงไร่ $71.27 \pm 1.23\%$ สมรรถนะการทำงานเชิงไร่ 0.40 ± 0.01 ไร่/ชม. อัตราการใช้แก๊สแอลพีจี 15.14 กก./ไร่

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์

กรณีมีรถแทรกเตอร์ต้นกำลังแล้ว ต้นทุนแต่ละเครื่องประกอบด้วย เครื่องกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟต่อท้ายรถแทรกเตอร์ ราคาเครื่อง 16,985 บาท เมื่อคิดค่าเสื่อมราคาที่ยอายุการใช้งาน 5 ปี มูลค่า 3,057.3 บาท/ปี เมื่อคิดดอกเบี้ยจากอัตราดอกเบี้ยเงินฝากตามธนาคารแห่งประเทศไทย 0.25% (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2568) มูลค่า 25.05 บาท/ปี รวมต้นทุนคงที่ 3,082.35 บาท/ปี ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง 160.34 บาท/ไร่ ค่าแก๊สแอลพีจี 290.18 บาท/ไร่ ค่าจ้างแรงงาน 93.75 บาท/ไร่ และค่าบำรุงรักษา 2.95 บาท/ไร่ รวมเป็นต้นทุนผันแปร 547.22 บาท/ไร่ หากคิดค่าบริการต่อไร่ 800 บาท

จะมีกำไรต่อไร่ 252.78 บาท จุดคุ้มทุน 12.19 ไร่/ปี (Figure 10) และจุดคืนทุน 67.19 ไร่

เครื่องกำจัดวัชพืชด้วยน้ำร้อนต่อท้ายรถแทรกเตอร์ ราคาเครื่อง 18,840 บาท เมื่อคิดค่าเสื่อมราคาที่ยอายุการใช้งาน 5 ปี มูลค่า 3,391.2 บาท/ปี คิดดอกเบี้ยจากอัตราดอกเบี้ยเงินฝากตามธนาคารแห่งประเทศไทยมีมูลค่า 27.79 บาท/ปี รวมต้นทุนคงที่ 3,418.99 บาท/ปี ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง 163.85 บาท/ไร่ ค่าแก๊สแอลพีจี 426.95 บาท/ไร่ ค่าจ้างแรงงาน 93.75 บาท/ไร่ และค่าบำรุงรักษา 3.27 บาท/ไร่ รวมเป็นต้นทุนผันแปร 687.82 บาท/ไร่ หากค่าบริการต่อไร่ 800 บาท จะมีกำไรต่อไร่ 112.18 บาท จุดคุ้มทุน 30.48 ไร่/ปี (Figure 11) และจุดคืนทุน 167.95 ไร่

ผลการวิจัยพบว่า เครื่องกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟต่อท้ายรถแทรกเตอร์มีประสิทธิภาพที่สูงกว่าเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยน้ำร้อนต่อท้ายรถแทรกเตอร์ ในด้านประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช ต้นทุนของเครื่อง อัตราการสิ้นเปลืองแก๊สแอลพีจี จุดคุ้มทุน และจุดคืนทุน ส่วนเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยน้ำร้อนต่อท้ายรถแทรกเตอร์ในโหมด auto อุณหภูมิที่วัดได้จากเซนเซอร์เทอร์โมคัปเปิล (thermocouple) มีการขยับขึ้น-ลงของอุณหภูมิที่ไม่คงที่จึงทำให้การฉีดพ่นน้ำร้อนที่ออกมายังหัวฉีดพ่นไม่สม่ำเสมอ จึงต้องมีการพัฒนาเพิ่มเติมในด้านการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ เพื่อให้การทำงานของโหมดนี้เสถียรมากขึ้น

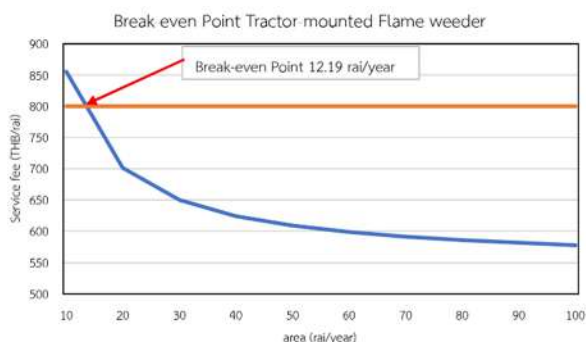


Figure 10 Break-even point tractor-mounted flame weeder

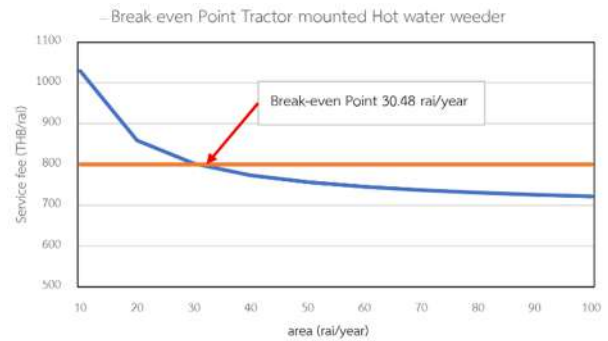


Figure 11 Break-even point tractor-mounted hot water weeder

สรุปผลการทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชด้วยเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยความร้อนต่อท้ายรถแทรกเตอร์ โดยเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟต่อท้ายรถแทรกเตอร์ ที่ความสูงของหัวพ่นไฟที่ระยะ 10 เซนติเมตรจากพื้นดิน และความเร็วในการเคลื่อนที่รถแทรกเตอร์ Low1 มีประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชสูงสุดในช่วง 1 3 5 และ 7 วันหลังการทดสอบ 86.53 ± 2.07 98.33 ± 2.89 100 และ 100% ตามลำดับ โดยมีการแผ่ความร้อนไปยังพืชประมาณ 48.75°C . การสูญเสียความชื้นภายในดิน 0.14% ประสิทธิภาพการทำงานเชิงไร่ $66.77 \pm 0.27\%$ และสมรรถนะการทำงานเชิงไร่ 0.40 ± 0.00 ไร่/ชม. และมีอัตราการใช้เชื้อเพลิง 10.29 กก./ไร่ และเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยน้ำร้อนต่อท้ายรถแทรกเตอร์ ที่ความสูงของหัวพ่นไฟ 10 ซม.จากพื้นดิน และความเร็วในการเคลื่อนที่รถแทรกเตอร์ Low1 มีประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชสูงสุดในช่วง 1 3 5 และ 7 วันหลังการทดสอบ 60.51 ± 2.91 82.25 ± 6.40 90.37 ± 4.20 และ $93.40 \pm 2.96\%$ ตามลำดับ โดยมีการแผ่รังสีความร้อนไปยังพืชประมาณ 33.5°C . การเพิ่มขึ้นของความชื้นภายในดิน 0.35% ประสิทธิภาพการทำงานเชิงไร่ $71.27 \pm 1.23\%$ และสมรรถนะการทำงานเชิงไร่ 0.40 ± 0.01 ไร่/ชม. และมีอัตราการใช้เชื้อเพลิง 15.14 กก./ไร่ จากผลการวิจัยพบว่า

เครื่องกำจัดวัชพืชด้วยเปลวไฟต่อท้ายรถแทรกเตอร์
มีประสิทธิภาพที่สูงกว่าเครื่องกำจัดวัชพืชน้ำร้อน
ต่อท้ายรถแทรกเตอร์ ในด้านประสิทธิภาพการกำจัด
วัชพืช ต้นทุนของเครื่อง อัตราการสิ้นเปลืองแก๊สแอลพีจี
จุดคุ้มทุน และจุดคืนทุน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
โครงการระบบการพัฒนาศักยภาพการวิจัยขั้นสูง
เพื่อการแข่งขันด้านการเกษตรและอาหาร รหัสโครงการ
FF(KU) 51.67 ขอขอบคุณทุนสนับสนุนภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2563. การดำเนินการเกี่ยวกับวัตถุอันตราย
ชนิดที่ ๔ ที่กรมวิชาการเกษตรเป็นผู้รับผิดชอบ. น. 28-29.
ใน: รายงานราชกิจจานุเบกษา 2563. สำนักเลขาธิการ
คณะรัฐมนตรี.
กรมส่งเสริมการเกษตร. 2564. เทคโนโลยีการผลิตอ้อย. กลุ่ม
โรงพิมพ์ สำนักงานพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี
กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
กรุงเทพฯ. แหล่งข้อมูล: <https://esc.doae.go.th/wp-content/uploads/2022/01/A2.pdf>. สืบค้น: 16
มิถุนายน 2568.
ชลธิชา เบิกใจ และธนชสิทธิ์ พูนไพบูลย์พิพัฒน์. 2566. ผล
ของไบออยคลุมดินต่อการจัดการวัชพืชเพื่อประยุกต์ใช้
ในอ้อยอินทรีย์. วารสารเกษตรนเรศวร. 20(1): e0200104.
ธนาคารแห่งประเทศไทย. 2568. อัตราดอกเบี้ยประจำวันของ
ธนาคารพาณิชย์. อัตราดอกเบี้ยเงินฝากสำหรับบุคคลธรรมดา
ของธนาคารพาณิชย์ ประจำวันที่ 30 มิถุนายน 2568.
แหล่งข้อมูล: <https://www.bot.or.th/th/statistics/interest-rate.html>. สืบค้น: 16 มิถุนายน 2568.
สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2567. รายงาน
สถานการณ์การปลูกอ้อยประจำปีการผลิต 2566/2567.
กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กองยุทธศาสตร์
และแผนงาน สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย.
78 หน้า.

Aekrathok, P., P. Songsri, N. Jongrungsklang and
S. Gonkhamdee. 2021. Efficacy of post-emergence
herbicides against important weeds of sugarcane in
North-East Thailand. *Agronomy*. 11(3): 429.
ESCAP and RNAM (Economic and Social Commission
for Asia and the Pacific, Regional Network for
Agricultural Machinery). 1983. RNAM Test codes
and procedures for farm machinery (12): 297. 297 p.
Gravois K., H. Viator, G. Reagan, J. Beuzelin, J. Griffin,
B. Tubana and J. Hoy. 2014. Sugarcane Production
Handbook. Louisiana State University Agricultural
Center Pub. 2859. 84 p.
Inman-Bamber, N. and D. M. Smith. 2005. Water
relations in sugarcane and response to water
deficits. *Field Crops Research*. 92(2-3): 185-202.
Khaliq, A., N. Ahmad, M. S. Afzal, M. Yasin, H. Abdulrauf
and S. Rahseed. 2018. Impact of weed control
methods on yield and quality of sugarcane
crop. *Global Scientific Journal*. 6(11): 464-472.
Kristoffersen, P., A. M. Rask and S. U. Larsen. 2008.
Non-chemical weed control on traffic islands:
A comparison of the efficacy of five weed control
techniques. *Weed Research*. 48(2): 124-130.
Martelloni, L., C. Frascioni, M. Sportelli, M. Fontanelli, M.
Raffaelli and A. Peruzzi. 2021. Hot foam and hot
water for weed control: A comparison. *Journal of
Agricultural Engineering*. 52(3): 1-10.
Merfield, C. N., J. G. Hampton and S. D. Wratten. 2017.
Efficacy of heat for weed control varies with
heat source, tractor speed, weed species and
size. *New Zealand Journal of Agricultural Research*.
60(4): 437-448.
Randell, T. M., L. C. Hand, J. C. Vance and A. S.
Culpepper. 2020. Interval between sequential
glufosinate applications influences weed control in
cotton. *Weed Technology*. 34(4): 528-533.
Upadhyay, A., K. P. Singh, K. B. Jhala, M. Kumar and
A. Salem. 2024. Non-chemical weed management:
Harnessing flame weeding for effective weed
control. *Heliyon*. 10(12): e32776.