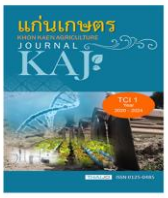
วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj



การศึกษาเวลาและอุปสรรคในการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบในไร่อ้อยด้วยโดรน รถแทรกเตอร์ และแรงงานคน

A study of working time and obstacles on foliar fertilizer spraying in sugarcane fields using drones, tractors and humans

พีส คูณดี[1], ขวัญตรี แสงประชาธนารักษ์[1]*, เสรี วงส์พิเชษฐ[1], มหิศร ว่องผาติ[2], กิตติพิชญ์ อึงสถิตถาวร[3], ศิโรรัตน์ พิลาวุธ[4], อาทิตย์ ภูผาผุด[1], ลลิตา พรรณดวงเนตร[1] และ จีรวัฒน์ โนดไธสง[1]

Peace Koondee[1], Khwantri Saengprachatanarug[1]*, Seree Wongpichet[1], Mahisorn Wongphati[2], Kittiphit Ungsathittavorn[3], Sirorat Pilawut[4], Arthit Phuphaphud[1], Lalita Panduangnate[1] and Cheerawat Nodthaisong[1]

[1] *สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002 ประเทศไทย*
[1] *Curriculum of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand*
[2] *HG Robotics Company Limited, Bangkok Noi, Bangkok, 10700, Thailand*
[3] *Pulsawattavorn Cassava Farm, 55/5 Moo 7, Soi Chalada 11, Kham Hi-Nong Jot Road, Ban Pet Subdistrict Muang, Khon Kaen, 40002, Thailand.*
[4] *Program of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology ISAN Khon kaen Campus, Khon Kaen, Thailand, 40000*

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการปฏิบัติงานฉีดพ่นให้ปุ๋ยทางใบในไร่อ้อยด้วยโดรนกับวิธีฉีดพ่นดั่งเดิมคือ การใช้รถแทรกเตอร์และคน การศึกษานี้ได้ตรวจสอบเวลาในการทำงาน พร้อมทั้งปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติงานฉีดพ่น ผลของการฉีดพ่นถูกเปรียบเทียบโดยใช้ความสูงที่เพิ่มขึ้นของอ้อยในแต่ละวิธี ผลการศึกษาพบว่า โดรนใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุดอยู่ที่ 21.19 นาที ซึ่งเมื่อทำงานซ้ำในพื้นที่เดิมเวลาจะเหลือเพียง 12.91 นาที เนื่องจากไม่จำเป็นต้องสร้างแผนการบินในการทำงานใหม่ รองลงมาคือ รถแทรกเตอร์อยู่ที่ 22.21 นาที และคนอยู่ที่ 39.49 นาที โดยปัญหาและอุปสรรคของโดรนคือ ลักษณะแปลงและอุปสรรคในแปลง ที่ส่งผลให้เวลาในการทำงานเพิ่มขึ้น ในขณะที่รถแทรกเตอร์ มีปัญหาเกี่ยวกับระยะแถวในการทำงาน ความสูงของอ้อยขณะฉีดพ่น และถนนรอบแปลงเพื่อเปลี่ยนแถวในการทำงาน และสุดท้ายคน มักพบปัญหาสารเคมีหมดขณะทำงานในแปลง ความเมื่อยล้า และอันตรายจากการสัมผัสสารเคมีโดยตรง ซึ่งผลวิเคราะห์ความสูงที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละเดือนหลังจากการฉีดพ่นจนถึงเดือนเก็บเกี่ยว พบว่าทั้ง 3 รูปแบบ รวมถึงแปลงที่ไม่มีการฉีดพ่นให้ปุ๋ยทางใบมีการเจริญเติบโตด้านความสูงที่ไม่แตกต่างกัน โดยผลของการศึกษาทั้งหมดชี้ให้เห็นว่าการใช้โดรนในการให้ปุ๋ยเป็นอีกหนึ่งวิธีที่มีความเร็วในการทำงานสูง และให้ผลลัพธ์ของการฉีดพ่นไม่แตกต่างจากวิธีดั้งเดิม

คำสำคัญ : โดรน; สร้างแผนการบิน; การฉีดพ่นปุ๋ย

ABSTRACT: The purpose of this study was to compare the fertilizer spraying methods between brand new and traditional approaches. The brand-new practice is using a drone as sprayer, while the conventional methods are using a tractor and manual application. This research investigated the working time and the problems for application of fertilizer. The performance of each spraying method was evaluated using the different sugarcane's heights

* Corresponding author: khwantri@kku.ac.th

Received: date; August 3, 2021 Accepted: date; November 30, 2021 Published: date; April 1, 2022

between before and after spraying. The results showed that the drone had a minimum working time of 21.19 minutes. Moreover, when it was operated repeatedly on the same field, the working time dropped to 12.91 minutes because the stage of creating the flight planning was excluded. For the traditional methods, the operating times of the spraying applied by tractor and human were 22.21 and 39.49 minutes, respectively. The main factors affecting the working time of spraying drones are the field shape and obstacles in the ground, while tractor has the problems with row spacing, sugarcane's height, and headland turning. Finally, spraying by manual application usually has issues with chemical contaminants and human fatigue. When considering the change in sugarcane's height between the month of growth after spraying, it demonstrated that the shift in sugarcane's height was not significantly different for three types of spraying methods and excluding the spraying method. This result indicated that using the drone for fertilizing provided high field capability and gave similar spraying qualities to the traditional methods.
Keywords: drone; creating the flight planning; fertilizer spraying

บทนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลและพลังงานทดแทน ในปีการผลิตอ้อย 2563/64 มีพื้นที่ปลูกทั่วประเทศมากกว่า 10.8 ล้านไร่ มีผลผลิตรวม 78.69 ล้านตัน และผลผลิตเฉลี่ย 7.21 ตัน/ไร่ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2564) จะเห็นได้ว่าประเทศไทยมีผลผลิตต่อพื้นที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับประเทศคู่แข่งที่สำคัญ เช่น บราซิล ซึ่งมีผลผลิตเฉลี่ย 11.74 ตัน/ไร่ หนึ่งวิธีที่จะช่วยเพิ่มผลผลิตอ้อยนอกจากการเตรียมพื้นที่ปลูกที่เหมาะสม และพันธุ์อ้อยที่มีผลผลิตสูง คือชาวไร่จำเป็นต้องดูแลอารักขาอ้อยเฉพาะในช่วงที่ต้นอ้อยยังสูงไม่มาก (0-5 เดือน) เนื่องจากชาวไร่รู้จักเฉพาะเทคโนโลยีการฉีดพ่นฯที่ใช้คนหรือแทรกเตอร์เป็นต้นกำลัง ซึ่งกิจกรรมดูแลอารักขาอ้อยที่พบในช่วงนี้ คือการฉีดพ่นสารเคมีควบคุมวัชพืชและการให้ปุ๋ย และไม่มีการดูแลอารักขาในช่วงที่ต้นอ้อยสูงมากแล้ว เช่น การให้ปุ๋ยในระยะย่างปล้อง (5-8 เดือน), การให้ฮอร์โมนเร่งความหวานในระยะก่อนเก็บเกี่ยว (8-12 เดือน) เป็นต้น

โดรนเป็นเทคโนโลยีสำคัญชนิดหนึ่งของการทำการเกษตรแบบแม่นยำ (Daponte et al., 2019) (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม, 2558) และเป็นต้นกำลังในการอารักขาอ้อยแบบใหม่ (Lou et al., 2018) ที่เข้ามามีบทบาทในการฉีดพ่นสารเคมีควบคุมวัชพืชและการให้ปุ๋ยแทนการใช้คนหรือรถแทรกเตอร์ได้ (Xue et.al.,2014) เพราะการนำโดรนมาฉีดพ่นสารเคมีมีความปลอดภัย และคุ้มค่ามากกว่า (Kalamkar et al., 2020) โดยในปัจจุบัน มีการศึกษาวิจัยเพื่อนำโดรนมาประยุกต์ (Ahirwar et al., 2019) ใช้สำหรับการทำการเกษตรแบบปัจจุบัน เช่น ในประเทศอินเดียมีการนำโดรนเข้ามาทดลองใช้ฉีดพ่นสารเคมีในแปลงปลูกพืชและสำรวจผลผลิต เพื่อทำงานแทนแรงงานคนและลดปัญหาการได้รับสารเคมีโดยตรง (Mogili & Deepak, 2018) ในประเทศจีนมีการนำโดรนขนาดเล็ก มาทดลองฉีดพ่นสารเคมีในนาข้าว เพื่อศึกษาการตกสะสมของสารเคมีที่ฉีด รวมถึงปรับปรุงการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Wei-Cai et.al., 2016) และในประเทศไทยมีการนำโดรน มาใช้ทดลองฉีดพ่นสารเคมีในพื้นที่พืชสวนและพื้นที่พืชไร่ และพบว่า มีอัตราการทำงาน 3 - 5 นาทีต่อไร่ (วิชัย และคณะ, 2560) และการทดสอบประสิทธิภาพของโดรนในการฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดโรคเมล็ดด่างในนาข้าวเปรียบเทียบกับเครื่องพ่นสารแบบเป้สะพายหลัง ผลการทดลองพบว่า การพ่นด้วยโดรนมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดโรคเมล็ดด่างเทียบเท่ากับวิธีเครื่องพ่นสารแบบเป้สะพาย (Pruetthichat Punyawattoe) แสดงให้เห็นว่า โดรนมีศักยภาพเชิงเทคนิควิศวกรรม สามารถนำมาปรับใช้ในงานฉีดพ่นสารเคมีเพื่อดูแลอารักขาพืช และสามารถฉีดพ่นสารเคมีหรือให้ปุ๋ยทางใบได้ทุกช่วงอายุของพืช เพราะอุปสรรคของต้นพืชไม่เป็นผลต่อการฉีดพ่นของโดรน

แต่การนำโดรนมาฉีดพ่นทางการเกษตรในอ้อย แทนการใช้คนหรือแทรกเตอร์ ยังมีไม่แพร่หลายมากนัก ซึ่งอาจเกิดจากสาเหตุความกังวล และไม่มั่นใจว่าจะทำให้ต้นทุนเพิ่มขึ้นจนไม่คุ้มกับรายได้หรือไม่ โดยการศึกษาของ โสมรัศมิ์ และคณะ (2562) กล่าวว่า การไม่ชอบความเสี่ยง (Risk aversion) การไม่ชอบความสูญเสีย (Loss aversion) และการให้ความสำคัญกับปัจจุบันมากกว่าอนาคต (Present bias) เป็นลักษณะพฤติกรรมสำคัญ (Behavioral insights) ของเกษตรกรไทย และเพื่อให้ทราบถึงอัตราการทำงาน ปัญหาอุปสรรคในการทำงาน และจุดเด่นของการใช้โดรน เพื่อให้เห็นว่าโดรนสามารถทำงานฉีดพ่นได้เช่นเดียวกับการใช้คนเละแทรกเตอร์ และลดความกังวลใจในการการตัดสินใจเลือกใช้โดรน จึงเกิดเป็นวัตถุประสงค์งานวิจัยเพื่อศึกษาเวลาและอุปสรรคในการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบในไร่อ้อยด้วยโดรน รถแทรกเตอร์ และแรงงานคน

วิธีการศึกษา

1 กรอบการทดสอบ

ในการทดสอบเปรียบเทียบการทำงานระหว่างรูปแบบรถแทรกเตอร์-บูมสเปรย์ คน-เป้สะพายหลัง และโดรน จะทำการทดสอบฉีดพ่นปุ๋ยกับอ้อยอายุ 4 เดือน โดยการทำงานแต่ละเครื่องมือจะทำงาน 5 รอบการทำงาน และวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงาน และความสูงอ้อยหลังการฉีดพ่นแต่ละวิธี ซึ่งสามารถสรุปแผนการทดสอบได้ดังแสดงใน **Figure 1**

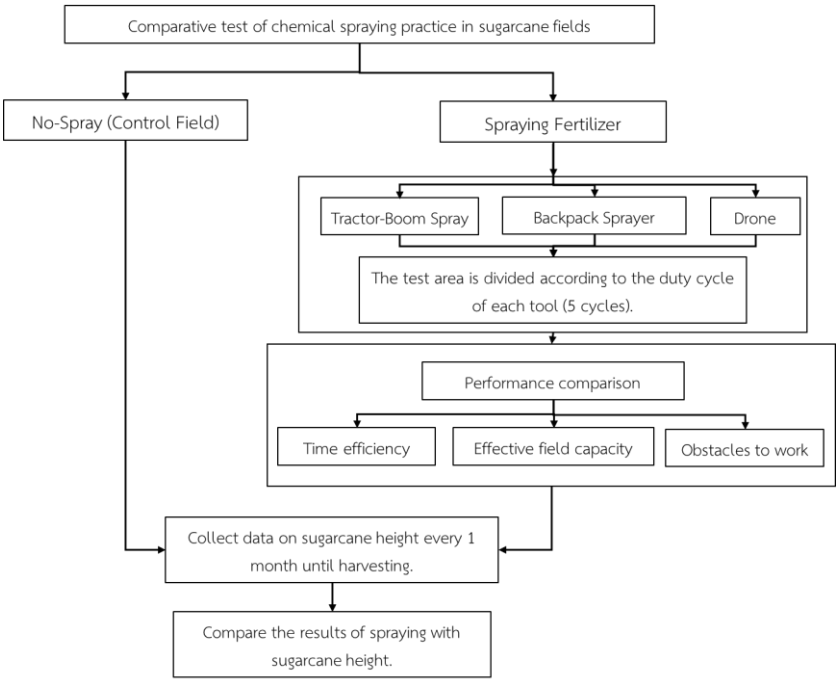


Figure 1 Process of comparative test of chemical spraying practice in sugarcane fields

การทดสอบเปรียบเทียบการปฏิบัติงานฉีดพ่นสารเคมีในไร่อ้อย จะแบ่งการเก็บข้อมูลการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) เก็บข้อมูลเวลากิจกรรมการทำงานและปัญหาอุปสรรคของการทำงานในแปลง 2) ติดตามผลการฉีดพ่นสารเคมีเร่งการเจริญเติบโตในไร่อ้อยช่วงอายุ 4 เดือน ไปจนถึงช่วงเกษตรกรเก็บเกี่ยวการทดสอบนี้จะทดสอบในอ้อยปลูกใหม่พันธุ์ขอนแก่น 3 อายุ 4 เดือน ในเขตพื้นที่อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น จำนวน 1 แปลง ขนาดพื้นที่ 25 ไร่ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 แปลงย่อย ประกอบด้วย แปลงไม่ฉีดพ่นสารเคมี แปลงฉีดพ่นสารเคมีด้วยบูมสเปรย์ต่อพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ แปลงเป้สะพายที่ใช้คนเป็นต้นกำลังในการฉีดพ่น และแปลงฉีดพ่นสารเคมีด้วยโดรน ในการทดสอบแต่ละวิธีจะทดสอบทั้งหมด 5 รอบการทำงาน โดยแต่ละรอบการทำงานคือ 1.เริ่มฉีดพ่น 2.กลับเลี้ยวหัวท้ายแปลง และ3.เริ่มฉีดแถวถัดมา ภายในพื้นที่แปลงทดสอบดังแสดงใน **Figure 2** ซึ่งปุ๋ยที่ใช้คือปุ๋ยที่เร่งการเจริญเติบโตในอัตราผสมที่ใช้ในช่วงอายุอ้อย 4 เดือน ดังแสดงใน Table 1 โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้



Figure 2 Subplots in each test of spraying type and not spraying

Table 1 Fertilizer dose (ml/rai) in 4 months after planting sugarcane

fertilizer formula	Fertilizer dose (ml/rai).
Nitrogen+ (30-0-0)	40
NPK+ (4-18-18)	40
Potassium+ (0-0-28)	35
AG	30
Calcium-Boron	50
APSA-80	3-5

2 กำหนดพื้นที่ทดสอบ

การทดสอบและเก็บข้อมูลเวลากิจกรรมการทำงานและปัญหาอุปสรรคของการทำงานในแปลง จะแบ่งพื้นที่ทดสอบออกเป็น 4 แปลงย่อย โดยการแบ่งแปลงทดสอบออกเป็นแปลงย่อยนั้น จะแบ่งตามรอบการทำงานของแต่ละรูปแบบ ซึ่ง 1 รอบการทำงานนั้นจะเริ่มจากการเข้าไปทำงานในแปลง จนถึงกลับเลี้ยวหัว-ท้ายแปลง และกลับออกมา แต่ละวิธีการฉีดพ่นสารเคมีจะมีรอบการทำงานอยู่ที่ 5 รอบการทำงาน และปฏิบัติงานพร้อมกัน ซึ่งระยะห่างระหว่างแถวอ้อยจะอยู่ที่ 1.65 เมตร โดยการทำงานของรถแทรกเตอร์-บูมสเปรย์จะฉีดพ่น 3 แถว คน-เป้สะพายฉีดพ่น 2 แถว และโดรนฉีดพ่น 3 แถว ดังแสดงใน **Figure 3**

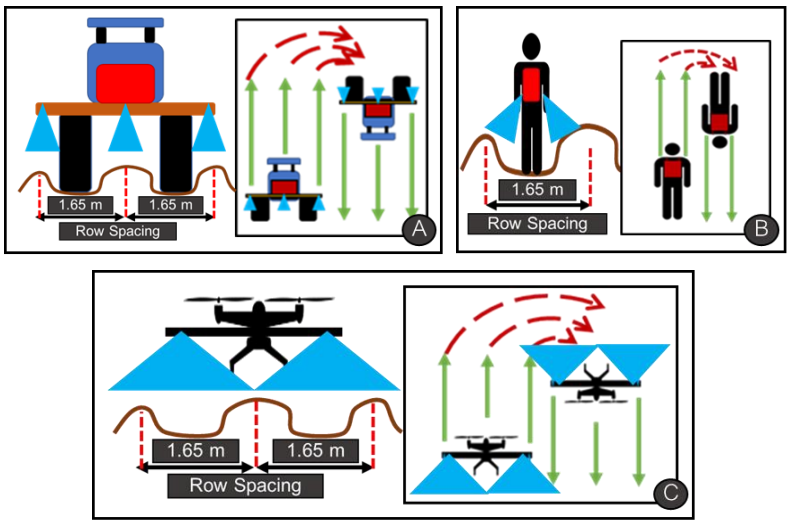


Figure 3 Working pattern 1 cycle of machine for spraying 3 types as tractor-boom sprayer (A), labor - backpack (B) and drone (C)

3 ขั้นตอนการทดสอบ

การทดสอบทั้ง 3 รูปแบบ ประกอบด้วย 1) ฉีดพ่นสารเคมีด้วยบูมสเปรย์ต่อพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ 2) ฉีดพ่นสารเคมีด้วยเป้สะพายหลังที่ใช้แรงงานคนเป็นต้นกำลังในการทำงาน และ 3) ฉีดพ่นสารเคมีด้วยโดรน ดังแสดงใน **Figure 4** โดยมีข้อมูลจำเพาะดังแสดงใน **Table 2**

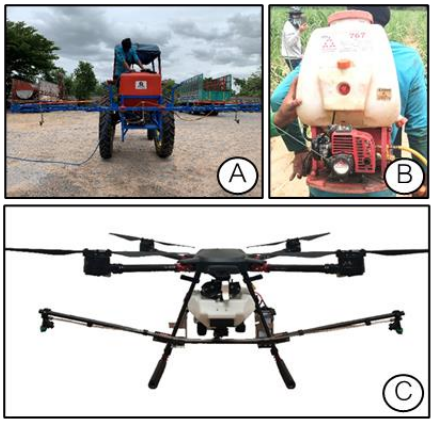


Figure 4 Machinery for spraying, tractor-boom sprayer (A), labor - backpack (B) and drone (C)

Table 2 Specifications of agricultural chemical spraying equipment

	Boom Spray	backpack sprayer	Drone
Rotor	-	-	4
Nozzle type	Fan type	Fan type	Fan type
Numbers of nozzle	3	1	2
Tank capacity (L)	250	25	10
Flow rate nozzle	1 L/min	1 L/min	1 L/min
Spray angle	110˚	110˚	110˚
Work speed (m/s)	3	1	4
Working width (m)	5	3	4

ในการทดสอบจะใช้สารเคมีหรือปุ๋ยเคมีเร่งการเจริญเติบโตของพืชโดยจะผสมในอัตราส่วนความเข้มข้นของสารเคมีต่อน้ำและต่อพื้นที่ ตามที่ผลิตภัณฑ์แนะนำ การทดสอบจะเริ่มทดสอบพร้อมกันและเก็บข้อมูลเวลาในการทำงานในแปลงทั้งหมด พร้อมจดบันทึกอุปสรรคที่เจอในการทำงาน โดยการเก็บข้อมูลเวลาการทำงานทั้งหมดจะใช้นาฬิกาจับเวลา และบันทึกวิดีโอด้วยโทรศัพท์มือถือที่ตำแหน่งหัวแปลง ท้ายแปลง ของแต่ละรูปแบบการทดสอบ

4 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

1 เก็บข้อมูลเวลากิจกรรมการทำงานและปัญหาอุปสรรคของการทำงานในแปลง

ในการเก็บข้อมูลการทดสอบ จะแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) เก็บข้อมูลเวลากิจกรรมการฉีดพ่นสารเคมี 2) บันทึกปัญหาอุปสรรคของการทำงานในแปลง

1) เก็บข้อมูลเวลากิจกรรมการทำงาน

การเก็บข้อมูลเวลากิจกรรมการทำงานของทั้ง 3 รูปแบบการทดสอบ จะทำการบันทึกเวลาในกิจกรรมต่าง ๆ ดังแสดงใน **Table 3**

Table 3 Operating activities of agricultural chemical spraying equipment.

No.	Activities	spray pattern		
		Boom Spray	backpack sprayer	Drone
1	Equipment preparation and full fertilizer chemicals	✓	✓	✓
2	Take off and move to field before spraying	✓	✓	✓
3	Spraying foliar fertilizer	✓	✓	✓
4	Turning in the head fields/end fields	✓	✓	✓
5	Break time	×	✓	×
6	Refill water and fertilizer chemicals	×	✓	×
7	Keep equipment	✓	✓	✓
8	Return to starting point and landing	×	×	✓
9	Flight planning	×	×	✓

2) บันทึกปัญหาและอุปสรรคการทำงานในแปลงของการฉีดพ่นสารเคมีทั้ง 3 รูปแบบ

ในการจดบันทึกปัญหาและอุปสรรคการทำงานในแปลงของการฉีดพ่นสารเคมีทั้ง 3 รูปแบบ จะทำการจดบันทึกเวลาการทำงานโดยจะเบ่งเป็น 2 จุดคือ 1.ตำแหน่งหัวแปลงทดสอบ และ 2.ตำแหน่งท้ายแปลงทดสอบ เพื่อบันทึกเวลาการทำงานทั้งภายนอกแปลงและภายในแปลงทดสอบ เพื่อนำปัญหาและอุปสรรคที่พบไปวิเคราะห์และสรุปให้เห็นการเข้าไปทำงานได้ภายในพื้นที่ของแต่ละรูปแบบการฉีดพ่นสารเคมี เพื่อให้เป็นทางเลือกในการตัดสินใจเลือกใช้รูปแบบการฉีดพ่นแต่ละแบบ ในการทำงานฉีดพ่นสารเคมี

2 เก็บข้อมูลผลการฉีดพ่นสารเคมีเร่งการเจริญเติบโตในไร่อ้อย ช่วงอายุ 4 เดือน ไปจนถึงช่วงเก็บเกี่ยว

การเก็บข้อมูลผลการฉีดพ่นจะเก็บข้อมูลภาพถ่ายด้วยโดรนสำรวจ VespaHex-650 ที่ติดกล้องมัลติสเปกตรัม โดยมีข้อมูลจำเพาะของโดรนที่ใช้ในการบินถ่ายภาพ ดังลิงก์แนบ Vespa Hex – HG Robotics Co.,Ltd. เพื่อวิเคราะห์ความสูงที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละเดือนของการฉีดพ่นสารเคมีเร่งการเจริญเติบโตทั้ง 3 รูปแบบ ซึ่งขั้นตอนการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล จะเริ่มจากใช้โดรนบินถ่ายภาพพื้นที่ทดสอบตั้งแต่อายุอ้อย 4 เดือน ถึง 12 เดือน ขั้นตอนต่อไปจะนำภาพมาประมวลผลด้วยโปรแกรม Pix4D mapper และนำมาวิเคราะห์ความสูงด้วยโปรแกรม QGIS ดังแสดงใน **Figure 5**

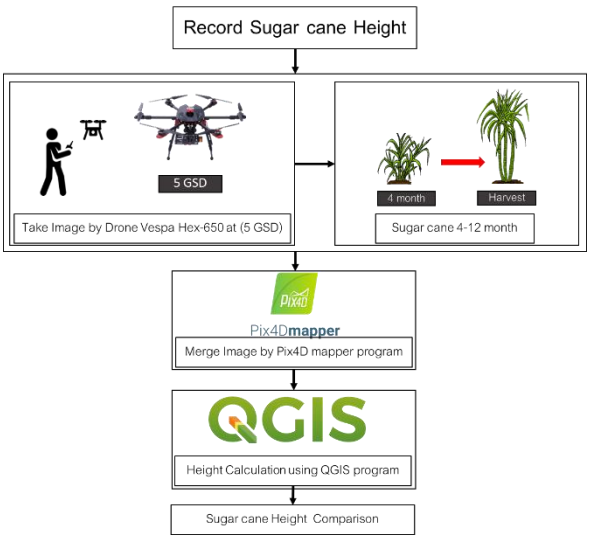


Figure 5 Data collection and analysis of sugarcane height

เมื่อได้ภาพถ่ายจากโดรนที่ประกอบภาพด้วยโปรแกรม Pix4D เรียบร้อยแล้ว จะได้ภาพถ่าย 7 band ประกอบด้วย Blue Green Red Nir Red-Edge DSM และDTM ดังแสดงใน Figure 6 จะนำมาวิเคราะห์ความสูงด้วยโปรแกรม QGIS ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ความสูงนี้อ้างอิงจากอนุสิทธิบัตรเลขที่คำขอ 2103000430 ยื่นขอเมื่อวันที่ 11 ก.พ. 2564 เรื่อง วิธีประมวลผลเพื่อหาความสูงจากผิวดินจากระดับน้ำทะเลที่ปกคลุมด้วยพืชโดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศ โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังแสดงใน **Figure 7**

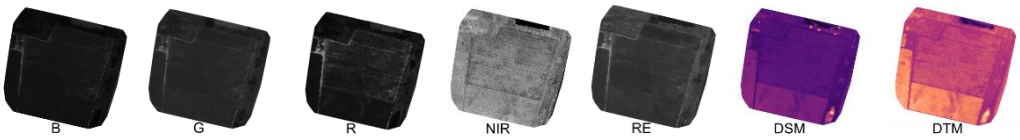


Figure 6 7-band photographs obtained by Pix4D program.

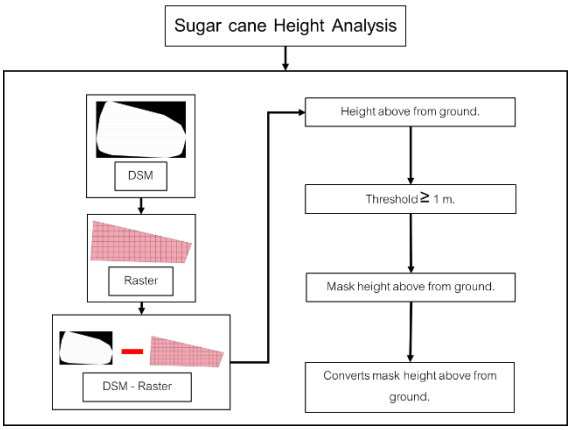


Figure 7 The process of analyzing height with QGIS program

ผลการศึกษา

1) อัตราการทำงานต่อพื้นที่และเวลาในการทำงานแต่ละขั้นตอน

ผลการทดสอบเปรียบเทียบการปฏิบัติงานฉีดพ่นสารเคมีด้วยรถแทรกเตอร์ แรงงานคน และ โดรน ทำให้ทราบถึงเวลาที่ใช้ในการทำงาน โดยเปรียบเทียบเวลาการทำงานที่พื้นที่ 2 ไร่ เนื่องจากการทดสอบคิดตามรอบการทำงานของแต่ละอุปกรณ์ที่ 5 รอบการ

ทำงาน ซึ่งแต่ละรอบการทำงานของการฉีดรูปแบบต่าง ๆ มีหน้ากว้างการฉีดพ่นไม่เท่ากัน จึงยึดพื้นที่การทำงานของการฉีดพ่นด้วยคน ที่มีหน้ากว้างการทำงานน้อยที่สุด ซึ่งเท่ากับพื้นที่ 2 ไร่ ดังแสดงใน **Table 4**

Table 4 Operation time for 3 patterns

No.	Activities	Time (min/field)		
		Boom Spray	Backpack sprayer	Drone
1	Equipment preparation and full fertilizer chemicals	02:38.7	07:29.2	03:57.2
2	Take off and move to field before spraying	01:06.3	05:25.0	00:15.2
3	Spraying foliar fertilizer	13:49.0	17:09.1	05:14.1
4	Turning in the head fields/end fields	02:15.0	00:25.0	00:29.9
5	Break time	00:00.0	02:51.3	00:00.0
6	refill water and fertilizer chemicals	00:00.0	04:05.7	00:00.0
7	Keep equipment	02:32.0	02:24.2	01:27.6
8	Return to starting point and landing	00:00.0	00:00.0	01:27.4
9	Flight planning	00:00.0	00:00.0	08:28.0
	Total time for all steps	**22:21.0**	**39:49.4**	**21:19.3**

จาก **Table 4** พบว่าเวลาในการทำงานแรกเริ่มเมื่อเริ่มทำงานในพื้นที่ใหม่ การฉีดพ่นด้วยเป้สะพาย บูมสเปรย์ และโดรน โดยใช้เวลาอยู่ที่ 39:49, 22:21 และ 21:19 นาที ตามลำดับ แต่การทำงานของโดรนจะเสียเวลาการทำงานในขั้นตอนการสร้างแผนการบินมากที่สุด เนื่องจากจำเป็นต้องกำหนดพื้นที่การทำงานเพื่อให้โดรนทำงานอัตโนมัติ และต้องสำรวจสภาพแวดล้อมทั้งรอบแปลงและในแปลงเพื่อหลีกเลี่ยงอุปสรรคและสิ่งกีดขวาง โดยการสร้างแผนการบินนั้นจะทำเฉพาะครั้งแรกของการทำงานในพื้นที่นั้น ๆ เพราะแผนการบินจะถูกบันทึกไว้สำหรับการบินซ้ำในการทำงานครั้งถัดไป ดังนั้นเมื่อตัดเวลาสร้างแผนการบินออกในการทำงานพื้นที่เดิมครั้งถัดไป จะทำให้เวลารวมในการทำงานของโดรนลดลงได้ เหลือเพียง 12.91 นาที ส่วนการเติมสารเคมีหรือน้ำของโดรนนั้นจะเติมเพียงรอบเดียวต่อการทำงาน เนื่องจากการฉีดพ่นของโดรนใช้น้ำต่อพื้นที่น้อยแต่ยังใช้สารเคมีต่อพื้นที่เท่าเดิมตามคำแนะนำ ในส่วนของรูปแบบการฉีดพ่นด้วยบูมสเปรย์ และเป้สะพาย จะใช้เวลาในการทำงานส่วนใหญ่กับขั้นตอนการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบ เนื่องจากต้องทำงานภายในแปลงอ้อยที่มีอ้อยเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ ซึ่งแตกต่างจากโดรนที่ทำงานเหนือยอดอ้อยภายในแปลง จึงไม่เป็นอุปสรรคต่อการทำงาน ทำให้มีความเร็วในการทำงานคงที่ จึงใช้เวลาในการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบน้อยกว่า

เมื่อเปรียบเทียบเวลาการปฏิบัติงานฉีดพ่นสารเคมีด้วยรถแทรกเตอร์ แรงงานคน และโดรน พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติโดยที่เวลารวมการทำงานทั้งหมด การปฏิบัติงานฉีดพ่นที่สารเคมีด้วยแรงงานคนมีเวลาการทำงานทั้งหมดสูงที่สุดดังแสดงใน **Table 5**

Table 5 Comparison of Working time for each process of three spraying types

treatment	Operation time for 3 patterns (S)								
	a	**b**	**c**	**d**	**e**	**f**	**g**	**h**	**totel time**
Boom Spray	167 b	65.0 b	825.9 b	134.40 a	0.0 b	0.0 b	150.40 a	0.0 b	1342.7 b
Backpack sprayer	438.53 a	271.42 a	1027.3 a	24.74 b	153.98 a	250.79 a	147.13 a	0.0 b	2313.8 a
Drone	214.74 b	15.17 b	313.9 c	29.87 b	0.0 b	0.0 b	84.34 b	88.02 a	746.0 c
T-test	*	*	*	*	*	*	*	*	*
C.V. (%)	33.65	63.57	1.1	12.05	99.22	12.36	15.65	6.84	12.47

ns: no statistically different at P ≤ 0.05, * statistically different at P ≤ 0.05.

note:

a: Equipment preparation and full fertilizer chemicals
b: Take off and move to field before spraying
c: Spraying foliar fertilizer
d: Turning in the head fields/end fields
e: Break time
f: refill water and fertilizer chemicals
g: Keep equipment
h: Return to starting point and landing

เมื่อนำเวลาการทำงานมาคิดเป็นอัตราการทำงานไร่ต่อชั่วโมง พบว่าการฉีดพ่นสารเคมีด้วยบูมสเปรย์ต่อพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์เท่ากับ 5.4 ไร่/ชม. อัตราการทำงานของการฉีดพ่นสารเคมีด้วยเป้สะพายที่ใช้แรงงานคนในการทำงานเท่ากับ 2.97 ไร่/ชม. และอัตราการทำงานของการฉีดพ่นสารเคมีด้วยโดรนเท่ากับ 10 ไร่/ชม. ซึ่งอัตราการทำงานสูงกว่ารูปแบบการฉีดพ่นดั้งเดิมของเกษตรกร ส่งผลให้สามารถทำงานฉีดพ่นต่อวันได้สูงและทันต่อช่วงความต้องการปุ๋ยของพืชได้

2) ปัญหาและอุปสรรคในการเข้าไปทำงาน

ผลการบันทึกปัญหาและอุปสรรคการทำงานในแปลงของการฉีดพ่นสารเคมีทั้ง 3 รูปแบบ สามารถวิเคราะห์และสรุปให้เห็นถึงการเข้าไปทำงานได้ภายในพื้นที่ของแต่ละรูปแบบการฉีดพ่นสารเคมี ดังแสดงใน **Table 6**

Table 6 Problems and obstacles in the work in the plots of the three types of chemical spraying

No.	Chemical spray pattern		
	Tractor-Boom Spray	backpack sprayer	Drone
1. Vehicles for move machines to fields.	Use a truck to transport and require a transit point for the tractor to go up and down.	Use the operator's personal vehicle to transport.	Use the operator's personal vehicle to transport.
2. Trampling in the work area.	The tractor ran between rows of sugarcane in the fields, resulting in compaction of the soil surface.	Workers walked between rows of sugarcane	No trampling in the work area.
3. Difficulties in working spraying.	Sugarcane rows do not match the nozzle distance, causing uneven spraying.	The fatigue of human labor causes uneven spraying.	The wind from the propeller causes the droplets to dissipate causes uneven spraying.
3. Difficulties in working spraying. (Cont.)	Turning in the head fields/end fields makes the driver confusing when changing rows.	Turning in the head fields/end fields makes the driver confusing when changing rows.	Turning in the head fields/end fields is programmed automatically worker not confusing when change working rows.
4. Condition of the field and the weather.	Turning in the head fields/end fields need space to turn.	Turning in the head fields/end fields takes up little space	Turning in the head fields/end fields must not have any trees or obstructions.
4. Condition of the field and the weather. (Cont.)	The shape of the field should be a standard, the length is greater than the width.	The shape of the field should be a small field area.	The shape of the plot area should be large fields have a long row and no tall trees around the fields and within the fields.
4. Condition of the field and the weather. (Cont.)	During the rainy season (after the rain) - Sandy soil - Can go to work - Clay soil - often cause the car to be stuck in the field. if it does not rain again tractor must be parked in the field until the soil freezes for about 2-3 days.	During the rainy season (after the rain) - Sandy soil - Can go to work - Clay soil - labor can work but work less because of soil conditions.	During the rainy season (after the rain) The condition of the area inside the field is not a problem with drones.

Table 6 Problems and obstacles in the work in the plots of the three types of chemical spraying (Cont.)

No.	chemical spray pattern		
	Tractor-Boom Spray	backpack sprayer	Drone
4. Condition of the field and the weather. (Cont.)	Weather - Do not spray when it rains and sunny. - The optimal time for spraying is during the absence of sunlight and after the rain.	weather - Do not spray when it rains and sunny. - The optimal time for spraying is during the absence of sunlight and after the rain.	weather - Do not spray when it rains and sunny. - The optimal time for spraying is during the absence of sunlight and after the rain.
5. Working time	Chemicals can be sprayed in the sugar cane fields until stalk elongation phase.	Chemicals can be sprayed until the time before the sugarcane leaves weave together.	Chemicals can be sprayed at any age of the sugarcane as the drone operates above the sugarcane leaves.
6. Impact on sugarcane	If working during the age of the cane over 4 months would damage the sugarcane from the collision by the tractor.	There was no effect on sugarcane because labor work in the groove between sugarcane rows.	There was no effect on sugarcane because drone work above sugarcane rows.
6. Impact on sugarcane (Cont.)	The distance between the rows uneven, making the tractor stepped on sugarcane while spraying chemicals.	Sugarcane is not affected by labor even if the spacing between the rows is not the same.	Sugarcane is not affected by drone even if the spacing between the rows is not the same.
7. Working energy.	diesel fuel	Gasoline fuel	Uses a 16,000 mAh battery as a power source for work. The battery can be charged from 2 places: - Charge the battery from the housing - Charge the battery with a generator
8. Minimum number of labors.	2 labors	1 labors	1 labors

จาก **Table 6** ปัญหาในการทำงานส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับปัจจัยพื้นที่ในการทำงาน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การฉีดพ่นสารเคมีด้วยบูมสเปรย์ต่อพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ จำเป็นต้องมีพื้นที่ในการขนถ่ายรถแทรกเตอร์ และมีพื้นที่ให้รถแทรกเตอร์กลับเลี้ยวหัวแปลง/ท้ายแปลง ในการทำงาน ที่สำคัญคือระยะแถวในการปลูกต้องสอดคล้องกลับระยะล้อ และระยะหัวฉีดของบูมสเปรย์ เพื่อที่จะให้การฉีดพ่นในรูปแบบนี้ทำงานในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. การฉีดพ่นสารเคมีด้วยเป้สะพายที่ใช้แรงงานคนในการทำงาน เหมาะสำหรับพื้นที่การทำงานขนาดเล็ก และพื้นที่ที่การฉีดพ่นสารเคมีรูปแบบอื่นเข้าถึงได้ยาก สาเหตุเหมาะสำหรับพื้นที่ขนาดเล็ก เพราะการฉีดพ่นสารเคมีด้วยเป้สะพายที่ใช้แรงงานคนในการทำงานนั้นมักจะเกิดความเหนื่อยล้าเนื้องจากการทำงาน และเมื่อสารเคมีหมดระหว่างทำงานจำเป็นต้องเดินกลับมาเติมสารเคมี ทำให้เกิดการทำงานซ้ำซ้อนในพื้นที่ที่ฉีดพ่นสารเคมีไปแล้ว และเสียเวลาในการทำงาน การฉีดพ่นในรูปแบบนี้จึงเหมาะสำหรับพื้นที่ขนาดเล็กหรือเพื่อเก็บรายละเอียดในพื้นที่ที่การฉีดพ่นรูปแบบอื่นเข้าถึงได้ยาก

3. การฉีดพ่นสารเคมีด้วยโดรน พื้นที่ในการทำงานควรจะมีจำนวนต้นไม้สูงทั้งในแปลง และรอบ ๆแปลงน้อย และควรมีพื้นที่การทำงานขนาดใหญ่ ระยะแถวมีความยาว เพื่อให้โดรนสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ลดเวลาการเลี้ยวหัวแปลง/ท้ายแปลง และลดการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ลง หากพื้นที่การทำงานเป็นดังที่กล่าวข้างต้น โดรนจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถทำงานได้ทันตามช่วงเวลาที่เหมาะสมในการฉีดพ่นสารเคมี

3) ผลวิเคราะห์ความสูงที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละเดือนของการฉีดพ่นสารเคมีเร่งการเจริญเติบโตทั้ง 3 แบบ

เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าความสูงของอ้อยแต่ละเดือนหลังการฉีดพ่นทั้ง 3 แบบ และแปลงที่ไม่ฉีดพ่น พบว่าในช่วงอายุอ้อย 4 และ 5 เดือน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยที่ 4 เดือน แปลงที่ไม่ฉีดพ่นมีความสูงอ้อยต่ำที่สุด และที่ 5 เดือน แปลงที่ฉีดพ่นด้วยโดรนมีความสูงอ้อยต่ำที่สุด แต่เมื่อถึงช่วงอายุ 6 – 10 เดือนที่เกษตรเก็บเกี่ยวผลผลิต ความสูงของอ้อยทุกแปลงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังแสดงใน **Table 7**

Table 7 Comparison of sugarcane height between four treatments of spraying types during growth stages

treatment	Sugarcane height (m)						
	4 month	5 month	6 month	7 month	8 month	9 month	10 month
No Spray	1.4772 b	2.2836 a	2.7018	2.6219	2.7545	3.4045	2.8045
Tractor	1.6642 a	2.1918 ab	2.6211	2.9074	2.9357	3.4615	3.1441
Human	1.7393 a	2.1495 ab	2.7932	2.7548	2.8336	3.2593	2.9941
Drone	1.6570 a	1.9612 b	2.6090	2.8260	2.7592	3.2105	2.9212
T-test	*	*	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	4.76	7.89	6.74	13.24	9.20	11.17	10.74

ns: no statistically different at P ≤ 0.05, * statistically different at P ≤ 0.05

จากผลวิเคราะห์ความสูงที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละเดือนหลังจากการฉีดพ่นจนถึงเดือนเก็บเกี่ยวพบว่าการฉีดพ่นทั้ง 3 รูปแบบรวมทั้งแปลงที่ไม่มีการฉีดพ่นสารเคมีเร่งการเจริญเติบโตนั้นมีความสูงที่ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอก และสภาพแวดล้อม ทำให้ความสูงอ้อยในแต่ละรูปแบบการฉีดพ่นนั้นมีความสูงที่ใกล้เคียงกัน ดังแสดงใน **Figure 8**

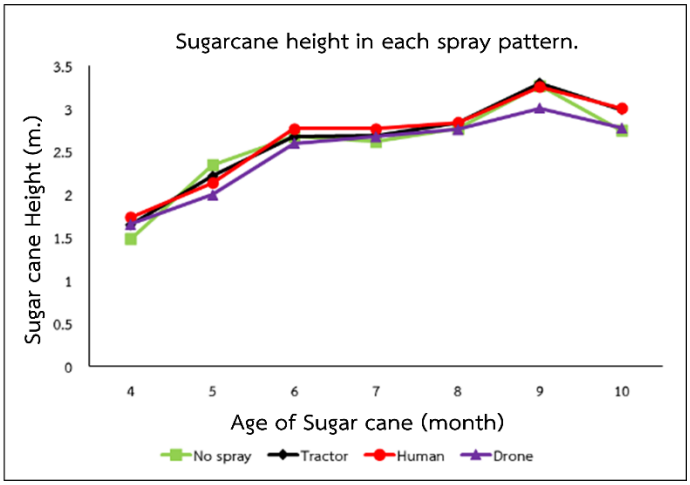


Figure 8 Sugarcane height between four treatments.

ผลและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาการทดสอบเปรียบเทียบการปฏิบัติงานด้วยรถแทรกเตอร์ แรงงานคน และโดรน ทำให้ทราบถึงอัตราการทำงาน ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน โดยผลการศึกษาพบว่า เวลาในการทำงานของโดรนฉีดพ่นทางการเกษตรใช้เวลาในการทำงานน้อยกว่าการฉีดพ่นในรูปแบบดั้งเดิมของเกษตรกร และการฉีดพ่นด้วยโดรนไม่ส่งผลกระทบต่อต้นพืชเพราะไม่มีการเข้าไปเหยียบย่ำภายในแปลง (Wang et al., 2020) โดยขั้นตอนการทำงานที่ใช้เวลาสูงสุดในการทำงานคือ ขั้นตอนการสร้างแผนการบิน แต่จะใช้เวลาในขั้นตอนนี้เพียงแค่ครั้งแรกของการทำงานในพื้นที่เท่านั้น เมื่อเกิดการทำงานซ้ำในพื้นที่เดินครั้งถัดไป จะสามารถใช้แผนการบินเดิมได้โดยไม่ต้องเสียเวลาสร้างแผนการบินใหม่ (Koondee et al., 2019) การฉีดพ่นสารเคมีด้วยโดรนควรมีพื้นที่การทำงานขนาดใหญ่ ระยะแถวยาว และไม่มีต้นไม้ในแปลงและรอบ ๆ แปลง เนื่องจากปัญหาการทำงานของโดรนคือ ต้นไม้สูงและขนาดแปลงเล็กที่ทำให้สูญเสียเวลาในการทำงาน การฉีดพ่นสารเคมีด้วยรถแทรกเตอร์ มีปัญหาเกี่ยวกับระยะแถวในการทำงาน ความสูงของอ้อยขณะฉีดพ่น และถนนรอบแปลงเพื่อเปลี่ยนแถวในการทำงาน เพราะปัญหาเหล่านี้ทำให้การทำงานของรถแทรกเตอร์ไม่เกิดความต่อเนื่อง และคุณภาพการฉีดพ่นสารเคมีลดลง และสุดท้ายการฉีดพ่นสารเคมีด้วยแรงงานคน มักพบปัญหาเกี่ยวกับการเดินกลับมาจุดเติมสารเคมีเมื่อสารเคมีหมดขณะฉีดพ่น และความเมื่อยล้าจากการทำงาน การฉีดพ่นสารเคมีด้วยแรงงานคนจึงเหมาะกับพื้นที่แปลงขนาดเล็กที่การฉีดพ่นด้วยรูปแบบอื่นเข้าถึงได้ยาก โดยเมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการฉีดพ่นปุ๋ย จากความสูงของอ้อยจนถึงช่วงเก็บเกี่ยว พบว่าทั้ง 3 รูปแบบให้ผลลัพธ์ที่ไม่แตกต่างกัน

สรุป

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าโดรนฉีดพ่นปุ๋ยทางใบมีความเหมาะสมในการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบ และเป็นอีก 1 รูปแบบการทำงานที่เป็นทางเลือกให้เกษตรกรเลือกใช้ในการฉีดพ่น เนื่องจากการทำงานที่มีความคล่องตัวสะดวกกว่าการทำงานดั้งเดิม และมีอัตราการทำงานต่อพื้นที่สูงกว่าวิธีดั้งเดิม ซึ่งให้ผลลัพธ์หลังการฉีดพ่นปุ๋ยที่ไม่แตกต่างกันกับวิธีฉีดพ่นแบบดั้งเดิมวิธีอื่น ๆ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยอ้อยและน้ำตาลภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น หมวดพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้คำแนะนำในการทดสอบ กลุ่มวิจัยวิศวกรรมประยุกต์เพื่อพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น บริษัท HG Robotic Thailand ที่สนับสนุนอุปกรณ์ในการทดสอบและคำปรึกษาการวิเคราะห์ข้อมูล ไร่พูลสวัสดิ์ถาวร อ.บ้านไผ่ จ.ขอนแก่น ที่สนับสนุนพื้นที่การทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

โสมรัศมิ์ จันทรัตน์, วิษณุ อรรถวานิช, ภูมิสิทธิ์ มหาสุวีระชัย, กรรณิการ์ ธรรมพานิชวงศ์ และจิรัฐ เจนพึ่งพร. 2562. ภูมิทัศน์ภาคเกษตรไทย จะพลิกโฉมอย่างไรสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน. ใน: งานสัมมนาวิชาการประจำปี 2562 ของธนาคารแห่งประเทศไทย เรื่องพลิกโฉมเศรษฐกิจ พิชิตการแข่งขัน 30 กันยายน – 1 ตุลาคม 2562. โรงแรม Centara Grand at Central World, กรุงเทพมหานคร.

พฤทธิชาติ ปุญวัฒโท, วรวิช สุดจริตธรรมจริยางกูร, นลินา ไชยสิงห์ และสุชาดา สุพรศิลปะ. 2560. ประสิทธิภาพของอากาศยานไร้คนขับ (UAV) สำหรับการป้องกันกำจัดโรคเมล็ดด่างในข้าว. กลุ่มงานวิจัยการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช กลุ่มกีฏและสัตววิทยา. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.). 2558. รายงานประจำปี 2558 แหล่งข้อมูล: https://dl.parliament.go.th/handle/lirt/581089. ค้นเมื่อ 12 ตุลาคม 2564.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2564. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อยปีการผลิต 2563/64. แหล่งข้อมูล: http://www.ocsb.go.th/th/home/index.php. ค้นเมื่อ 12 ตุลาคม 2564.

Ahirwar, S., R. Swarnkar, S. Bhukya, and G. Namwade. 2019. Application of Drone in Agriculture. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 8(01): 2500–2505.

Daponte, P., L. De Vito, L. Glielmo, L. Iannelli, D. Liuzza, F. Picariello, and G. Silano. 2019. A review on the use of drones for precision agriculture. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 275: 1-10.

Kalamkar, R., B., M. Ahire, C. P. A. Ghadge, S. A. Dhenge, and M. S. Anarase. 2020. Drone and its Applications in Agriculture. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 9(6): 3022–3026.

Koondee, P., K. Saengprachathanarug, J. Posom, C. Watyotha, and M. Wongphati. 2019. Study of field capacity and variables of UAV operation time during spraying hormone fertilizer in sugarcane field. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 301: 1-7.

Lou, Z., F. Xin, X. Han, Y. Lan, T. Duan, and W. Fu. 2018. Effect of unmanned aerial vehicle flight height on droplet distribution, drift and control of cotton aphids and spider mites. Agronomy. 8(9): 187.

Micasence. 2021. MicaSence RedEdgeTM 3Multispectral Camera User Manual. Available: https://support.micasense.com/hc/en-us/articles/215261448-RedEdge-User-Manual-PDF-Download. Accessed Oct. 13, 2021.

Mogili, U. R., and B. B. V. L. Deepak. 2018. Review on Application of Drone Systems in Precision Agriculture. Procedia Computer Science. 133: 502–509.

Opanukul W. 2017. Drone Research for Organic Agriculture. In 18th Thai Society of Agricultural Engineering National Conference. 219–23.

Pix4D. 2021. Pix4Dmapper, Photogrammetry software for professional drone-based mapping purely from images. Versions 4.0. Available: https://pix4d.com/product /pix4dmapper-photogrammetry-software/. Accessed Oct. 13, 2021.

Vespa Hex Drone SPECIFICATIONS. Available: https://www.hiveground.com/vespa-drone/vespa-specification/. Accessed Oct. 13, 2021.

Wang, J., Y. Lan, S. Wen, A. Hewitt, J., W. Yao, and P. Chen. 2020. Meteorological and flight altitude effects on deposition, penetration, and drift in pineapple aerial spraying. Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering. 2020: e2382.

Wang, L., D. Chen, Z. Yao, X. Ni, and S. Wang. 2018. ScienceDirect Research on the prediction model and its influencing factors of droplet deposition based factors on UAV Research on based factors on UAV spraying Research on based on UAV spraying Chen environment. IFAC-PapersOnLine. 51: 274–79.

Xue, X., K. Tu, W. Qin, Y. Lan, and H. Zhang. 2014. Drift and deposition of ultra-low altitude andlow volume application in paddy field. International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 7(4): 23-28.