

การประเมินมาตรฐานเครื่องพ่นหมอกควันของหน่วยงานเครือข่ายสาธารณสุข ศูนย์ควบคุมโรคติดต่อนำโดยแมลงที่ 6.5 จังหวัดจันทบุรี

Evaluation of Thermal Foggers of Public Health Network Agencies, Vector-Borne Disease Control Center 6.5 Chanthaburi Province

มณีนรัตน์ สุขจันทร์

Maneerat Sukjan

สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 6 จังหวัดชลบุรี

Office of Disease Prevention and Control Region 6 Chonburi

Corresponding author: popeye2282538@gmail.com

Received: June 29, 2026 Revised: August 24, 2026 Accepted: August 24, 2026

Abstract

Aedes mosquito control can be implemented through various approaches; however, during outbreaks, space spraying of adulticides remains an important measure for reducing disease transmission. This descriptive study aimed to evaluate thermal fogger standards, compare chemical droplet quality according to fogger characteristics, and describe the characteristics of foggers that failed the Volume Median Diameter (VMD) criterion. A total of 131 thermal foggers submitted for evaluation at Vector-Borne Disease Control Center 6.5, Chanthaburi Province, between February and May 2026 were included. The proportions of foggers meeting the VMD criterion ($\leq 30 \mu\text{m}$) were 86.21% in Chanthaburi and 81.82% in Prachinburi. All foggers in both provinces met the droplet uniformity criterion (Span < 2.0). The proportions meeting the chemical flow-rate criterion were 71.26% and 70.45%, while those meeting the nozzle-temperature criterion were 96.55% and 100%, respectively. The Kruskal–Wallis test showed that VMD differed significantly across fogger brands ($H = 15.99$, $df = 8$, $p = 0.043$); however, Bonferroni-adjusted pairwise comparisons showed no significant differences between individual brands. VMD also differed significantly according to nozzle size ($p = 0.003$), with 1.4-mm and 1.2-mm nozzles differing significantly from foggers without a fixed nozzle. Service life and frequency of use were not significantly associated with differences in VMD or Span. Among the 20 foggers that failed the VMD criterion, 55.00% had been in service for ≥ 10 years, 55.00% were used 1–9 times per year, and 50.00% had below-standard flow rates. Therefore, flow rates and VMD should be routinely assessed, foggers should undergo standard evaluation before the outbreak season, and regular maintenance should be performed.

Keywords: Thermal fogger, Nozzle, Chemical aerosol quality, Volume Median Diameter (VMD)

บทคัดย่อ

การควบคุมยุงลายสามารถดำเนินการได้หลายวิธี แต่ในสถานการณ์การแพร่ระบาด การพ่นสารเคมีกำจัดยุงตัวเต็มวัยเป็นมาตรการสำคัญในการลดการแพร่เชื้อ การวิจัยเชิงพรรณานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินมาตรฐานเครื่องพ่นหมอกควัน เปรียบเทียบคุณภาพของสารเคมีตามคุณลักษณะของเครื่องพ่น และวิเคราะห์ลักษณะของเครื่องพ่นที่มีค่า VMD ไม่ผ่านเกณฑ์ ศึกษาเครื่องพ่นหมอกควัน 131 เครื่อง ที่ได้รับการประเมิน ณ ศูนย์ควบคุมโรคติดต่อฯ โดยแมลงที่ 6.5 จังหวัดจันทบุรี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคม 2569 ผลการศึกษาพบว่า เครื่องพ่นในจังหวัดจันทบุรีและปราจีนบุรีมีขนาดของสารเคมี (VMD ≤ 30 ไมครอน) ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 86.21 และ 81.82 ตามลำดับ ความสม่ำเสมอของละออง (Span < 2.0) ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 100 ทั้งสองจังหวัด อัตราการไหลของสารเคมีผ่านเกณฑ์ร้อยละ 71.26 และ 70.45 และอุณหภูมิปลายท่อผ่านเกณฑ์ร้อยละ 96.55 และ 100 ตามลำดับ การทดสอบ Kruskal-Wallis พบว่า VMD แตกต่างกันตามยี่ห้อโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($H = 15.99$, $df = 8$, $p = 0.043$) แต่การเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี Bonferroni ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ขนาดหัวควบคุมอัตราการไหลมีค่า VMD แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.003$) โดยขนาด 1.4 และ 1.2 มิลลิเมตร แตกต่างจากกลุ่มไม่มีหัวกำหนด ส่วนอายุและความถี่การใช้งานมีค่า VMD และ Span ไม่แตกต่างกัน ในกลุ่มที่ VMD ไม่ผ่านเกณฑ์ 20 เครื่อง พบว่า ร้อยละ 55.00 มีอายุการใช้งาน ≥ 10 ปี ร้อยละ 55.00 ใช้งาน 1-9 ครั้ง/ปี และร้อยละ 50.00 มีอัตราการไหลต่ำกว่าเกณฑ์ จึงควรตรวจสอบอัตราการไหลและค่า VMD ประเมินมาตรฐานก่อนฤดูการระบาด และบำรุงรักษาเครื่องพ่นอย่างสม่ำเสมอ

คำสำคัญ : เครื่องพ่นหมอกควัน, หัวควบคุมอัตราการไหล, คุณภาพของสารเคมี, ขนาดของสารเคมี (VMD)

บทนำ

สถานการณ์โรคติดต่อฯ โดยยุงลายเป็นปัญหาสำคัญทางสาธารณสุขของประเทศไทย ซึ่งได้แก่ โรคไข้เลือดออก โรคไข้ปวดข้อยุงลาย และโรคติดเชื้อไวรัสซิกา มีการระบาดยาวนานต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน จนกลายเป็นโรคประจำถิ่นของประเทศไทย ในภาพรวมของประเทศไทยสามารถพบผู้ป่วยได้ตลอดทั้งปี⁽¹⁾ โดยสถานการณ์โรคไข้เลือดออกของประเทศไทยในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา พ.ศ. 2564-2568 ข้อมูลจากการเฝ้าระวังโรคดิจิทัล (Digital Disease Surveillance : DDS) โดยกองระบาดวิทยาพบว่า สถานการณ์โรคไข้เลือดออก มีลักษณะการระบาดไม่แน่นอนโดยเว้นระยะทุก 1 หรือ 2 ปี แนวโน้มการเกิดโรคเพิ่มสูงขึ้นในปี พ.ศ. 2565 จำนวนผู้ป่วย 46,679 ราย (อัตราป่วย 70.59 ต่อประชากรแสนคน) และพบการเกิดโรคสูงสุดในปี พ.ศ. 2566 จำนวนผู้ป่วย 160,841 ราย (243.43) ต่ำสุดในปี พ.ศ. 2564 พบผู้ป่วย 10,617 ราย (16.01) ด้านความรุนแรงของโรค ข้อมูลจากกองโรคติดต่อฯ โดยแมลง พบว่าในช่วงปี พ.ศ. 2564-2568 มีรายงานผู้เสียชีวิตจำนวน 8, 32, 190, 112 และ 61 ราย ตามลำดับ⁽²⁾ เมื่อพิจารณาเชิงพื้นที่ของเขตสุขภาพที่ 6 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2564-2568 ข้อมูลจากการเฝ้าระวังโรคดิจิทัล โดยกองโรคติดต่อฯ โดยแมลง จังหวัดจันทบุรีและจังหวัดปราจีนบุรีมีแนวโน้มและลักษณะการระบาดที่สอดคล้องกับภาพรวมของประเทศ ในจังหวัดจันทบุรี พบผู้ป่วย 23, 222, 3,204, 611 และ 565 ราย อัตราป่วยคิดเป็น 4.28, 41.41, 597.37,

113.92 และ 106.70 ต่อประชากรแสนคน ตามลำดับ จังหวัดปราจีนบุรี พบผู้ป่วย 32, 73, 1,228, 309 และ 123 ราย อัตราป่วยคิดเป็น 4.90, 14.76, 247.31, 62.23 และ 24.73 ต่อประชากรแสนคน ตามลำดับ⁽³⁾ และยังชี้ให้เห็นถึงพื้นที่เสี่ยงสูงที่พบการระบาดอย่างต่อเนื่องหรือซ้ำซากโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน จำแนกเป็นรายอำเภอของจังหวัดจันทบุรี ได้แก่ อำเภอเมืองจันทบุรี ท่าใหม่ สอยดาว นายายอาม และเขาคิชฌกูฏ จังหวัดปราจีนบุรี ได้แก่ อำเภอนาดี และประจันตคาม⁽⁴⁾

ผลกระทบจากการระบาดของโรคไข้เลือดออกดังกล่าว ไม่เพียงแต่ส่งผลต่อมิติทางด้านสาธารณสุขเท่านั้น ยังสร้างภาระทางเศรษฐกิจสูงกว่าต้นทุนการรักษาอย่างมากโดยส่งผลให้ GDP ของประเทศที่มีการระบาดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ตัวอย่างจากไทยและบราซิลชี้ว่าการระบาดปี 2019 ทำให้รายได้ภาคการท่องเที่ยวและผลิตภาพแรงงานหดตัว รวมถึงเกิดการสูญเสียวันทำงานจำนวนมาก จึงจำเป็นต้องบูรณาการมาตรการควบคุมยุง และการฉีดวัคซีนเพื่อลดผลกระทบทางเศรษฐกิจในระยะยาว⁽⁵⁾ การควบคุมพาหะนำโรคอย่างมีประสิทธิภาพเป็นกุญแจสำคัญในการป้องกันและควบคุมโรคไข้เลือดออก องค์การอนามัยโลกส่งเสริมการจัดการพาหะแบบบูรณาการ (Integrated Vector Management : IVM) ทั้งการควบคุมยุงลายตัวอ่อนและตัวเต็มวัยเพื่อตัดวงจรและการฉีดวัคซีนป้องกันไข้เลือดออกเป็นส่วนหนึ่งของกลยุทธ์แบบบูรณาการในการควบคุมโรค⁽⁶⁾ โดยเน้นการสร้างภูมิคุ้มกัน

ระดับบุคคล เพื่อป้องกันการติดเชื้อ ลดความรุนแรงของโรค และลดอัตราการนอนโรงพยาบาลได้⁽⁷⁾ วัคซีนป้องกันโรคไข้เลือดออกชนิด TAK-003 (Q-denga®) ในกลุ่มเด็กอายุ 4-16 ปี พบว่ามีประสิทธิผลในการป้องกันการติดเชื้อเดงกีที่มีอาการ (virologically confirmed dengue : VCD) ได้ร้อยละ 80.2 ในปีแรกเมื่อฉีดวัคซีนครบ และร้อยละ 61.2 ในระยะติดตาม 4.5 ปี อีกทั้งยังป้องกันการนอนโรงพยาบาลจากการติดเชื้อเดงกี (hospitalized VCD) ได้ร้อยละ 84.1⁽⁸⁾ อย่างไรก็ตามวัคซีน ชนิดดังกล่าวในกลุ่มเด็กอายุ 4-16 ปี มีประสิทธิผลในการป้องกันการติดเชื้อระยะยาวประมาณร้อยละ 61.2 จึงยังจำเป็นต้องดำเนินการมาตรการควบคุมพาหะและมาตรการป้องกันโรคอื่นร่วมด้วย การควบคุมและกำจัดยุงลายมีหลายวิธี ได้แก่ วิธีการทางกายภาพ (Physical control) วิธีการทางชีวภาพ (Biological control) วิธีการทางเคมี (Chemical control) และวิธีอื่นๆ การควบคุมด้วยวิธีทางพันธุศาสตร์ (Genetic control) การเลือกใช้ต้องพิจารณาความเหมาะสมกับปัจจัยต่างๆ⁽¹⁾ แม้ว่าการควบคุมยุงลายจะสามารถดำเนินการได้หลายวิธี แต่ในสถานการณ์การแพร่ระบาดที่มีความรุนแรงหรือการควบคุมโรคในภาวะฉุกเฉิน การใช้วิธีทางเคมีโดยเฉพาะการพ่นสารเคมีกำจัดยุงตัวเต็มวัย ยังคงเป็นมาตรการที่ให้ผลลัพธ์ในการตัดวงจรการแพร่เชื้อได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูงสุด ตามมาตรการด้านการป้องกันควบคุมโรค 3-3-1⁽⁹⁾ เครื่องพ่นหมอกควัน (Thermal Fogger) จึงเป็นอุปกรณ์สำคัญที่หน่วยงานสาธารณสุขและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเลือกใช้ เพื่อผลิตละอองสารเคมีให้ลอยตัวในอากาศและสัมผัสกับยุงพาหะในระยะเวลาที่เหมาะสมตามเกณฑ์มาตรฐานขององค์การอนามัยโลก⁽¹⁰⁾ โดยระบุว่าละอองสารเคมีที่ผลิตออกมาต้องละเอียด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดยปริมาตร (Volume Median Diameter: VMD) ไม่เกิน 30 ไมครอน หากเครื่องพ่นผลิตละอองสารเคมีขนาดใหญ่ ละอองจะตกลงสู่พื้นดินอย่างรวดเร็วจึงมีผลต่อแมลงบินน้อย⁽¹¹⁾ อย่างไรก็ตามมีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อประสิทธิภาพเครื่องพ่นหมอกควัน ได้แก่ ด้านเทคนิคและอุปกรณ์ด้านสภาพอากาศ ช่วงเวลา พื้นที่ รวมไปถึงการบำรุงรักษา ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณภาพการผลิตละอองสารเคมี และประสิทธิภาพในการควบคุมยุงพาหะนำโรค⁽¹²⁾ สำหรับการทำงานในพื้นที่จังหวัดจันทบุรีและจังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งมีลักษณะทางภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงลาย รวมไปถึงชุมชนเมืองที่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้สถานการณ์การระบาดของโรคติดต่อมาโดยยุงลายในพื้นที่ดังกล่าวเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีความท้าทายต่อการควบคุมโรคอย่างมีประสิทธิภาพ

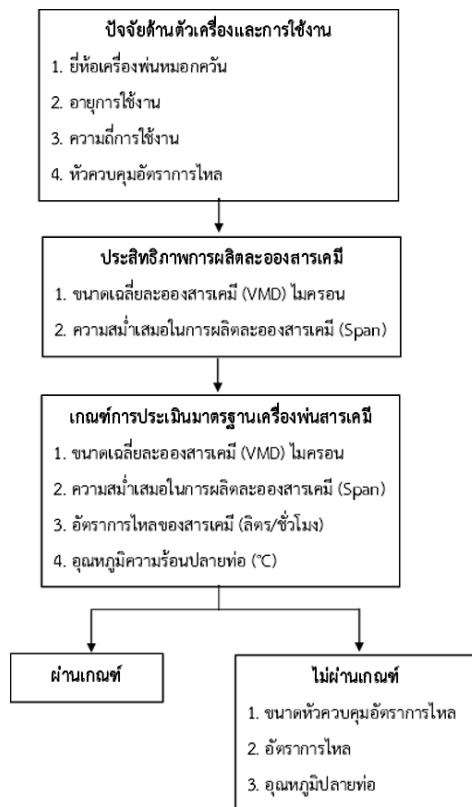
ภายหลังการกระจายอำนาจด้านสาธารณสุขสู่ระดับท้องถิ่น กิจกรรมสำคัญซึ่งมีระบุไว้ในบทบาทหน้าที่ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องโดยตรง คือการป้องกันและระงับโรคติดต่อ ดังนั้นองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) จึงมีบทบาทสำคัญในการดำเนินงานป้องกันควบคุมโรค โดยเฉพาะการใช้เครื่องพ่นสารเคมีกำจัดยุงตัวเต็มวัยเพื่อระงับเหตุการณ์แพร่ระบาดในพื้นที่อย่างเร่งด่วน⁽¹³⁾ ในปัจจุบันองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในจังหวัดจันทบุรีและจังหวัดปราจีนบุรีมีการใช้งานเครื่องพ่นหมอกควันจำนวนมากและต่อเนื่อง แต่ยังไม่มียารายงานประเมินมาตรฐานประสิทธิภาพเครื่องพ่นสารเคมีจำแนกรายพื้นที่จังหวัด รวมทั้งยังไม่มีข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งาน ยี่ห้อ หัวควบคุมอัตราการไหล และความถี่การใช้งานกับประสิทธิภาพของเครื่องพ่น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพละอองสารเคมีและประสิทธิภาพในการควบคุมยุงพาหะนำโรคโดยตรง ข้อมูลดังกล่าวมีความสำคัญต่อการวางแผนซ่อมบำรุง การจัดซื้อครุภัณฑ์ การบริหารจัดการทรัพยากร และการพัฒนาประสิทธิภาพการดำเนินงานควบคุมโรคขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นให้เกิดความคุ้มค่าและยั่งยืน

การประเมินมาตรฐานเครื่องพ่นหมอกควันของหน่วยงานเครือข่ายสาธารณสุข ศูนย์ควบคุมโรคติดต่อมาโดยแมลงที่ 6.5 จังหวัดจันทบุรี จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อประเมินมาตรฐานเครื่องพ่นหมอกควัน เปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตละอองสารเคมี และนำผลการศึกษาไปใช้เป็นข้อมูลในการสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบาย การวางแผนบริหารจัดการเครื่องพ่นสารเคมี และการเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมโรคติดต่อมาโดยยุงลายในพื้นที่ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินมาตรฐานเครื่องพ่นหมอกควันของหน่วยงานเครือข่ายสาธารณสุข ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรีและจังหวัดปราจีนบุรี
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตละอองสารเคมี (VMD และ Span) จำแนกตามปัจจัยด้านคุณลักษณะของเครื่องพ่นหมอกควัน (ได้แก่ ยี่ห้อ, ช่วงอายุการใช้งาน, ความถี่การใช้งาน และขนาดหัวควบคุมอัตราการไหล)
3. เพื่อวิเคราะห์สัดส่วนและลักษณะร่วมทางปัจจัยด้านคุณลักษณะของเครื่องพ่นหมอกควัน (ขนาดหัวควบคุม, อัตราการไหล, และอุณหภูมิความร้อนปลายท่อ, ช่วงอายุการใช้งาน, ความถี่การใช้งาน) ของกลุ่มเครื่องพ่นหมอกควันที่ไม่ผ่านเกณฑ์

กรอบแนวคิด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด

นิยามศัพท์

เครื่องพ่นหมอกควัน หมายถึง เครื่องพ่นสารเคมีชนิดหมอกควันแบบสะพายไหล่ (Hand-carried thermal fogger) เป็นเครื่องพ่นสารเคมีที่ใช้พลังงานความร้อนจากการจุดระเบิดที่มีน้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง เมื่อสารเคมีที่อยู่ในรูปน้ำมันผสมกับตัวทำละลายซึ่งเป็นน้ำมันดีเซลมากระทบกับความร้อนที่ปลายหัวพ่นสารเคมี สารเคมีจะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ และเมื่อพ่นจากปลายท่อของเครื่องพ่นมากระทบกับอากาศเย็นภายนอกจะเกิดการควบแน่นกลายเป็นหมอกขาว

ปัจจัยด้านเครื่องพ่น หมายถึง คุณสมบัติเฉพาะตัวของเครื่องพ่นแต่ละเครื่อง ประวัติการใช้งาน ดังนี้

- ยี่ห้อ หมายถึง ตราสินค้าหรือชื่อผู้ผลิตเครื่องพ่นหมอกควัน
- หัวควบคุมอัตราการไหล (Nozzle) หมายถึง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเปิดบริเวณหัวฉีดที่ติดตั้งในตัวเครื่องเพื่อควบคุมปริมาณสารเคมี (หน่วยเป็นมิลลิเมตร)
- อายุการใช้งาน หมายถึง ระยะเวลาที่หน่วยงานครอบครองเครื่องพ่นหมอกควัน นับตั้งแต่วันที่ตรวจรับพัสดุจนถึงวันที่เข้ารับการประเมินมาตรฐาน โดยมีหน่วยเป็น ปี
- ความถี่ในการใช้งาน หมายถึง จำนวนครั้งเฉลี่ยที่เครื่อง

พ่นหมอกควันถูกนำไปปฏิบัติงานจริงในพื้นที่เพื่อควบคุมโรคหรือกิจกรรมพ่นสารเคมีอื่นๆ ภายในระยะเวลา 1 ปี โดยมีหน่วยเป็นครั้งต่อปี

มาตรฐานเครื่องพ่น หมายถึง การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องพ่นหมอกควันตามเกณฑ์มาตรฐานเชิงองค์ประกอบ 4 ด้านดังนี้

- ขนาดละอองสารเคมี (Droplet Size) หมายถึง ค่ามัธยฐานของเส้นผ่านศูนย์กลางโดยปริมาตรของละอองสารเคมี ซึ่งคำนวณจากการรวบรวมและวิเคราะห์ละอองที่เก็บตัวอย่างได้จากแผ่นสไลด์ทดสอบจำนวน 3 แผ่นต่อการทดสอบ 1 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยขนาดละอองสารเคมี (Volume Median Diameter : VMD) โดยใช้เกณฑ์ขององค์การอนามัยโลก (WHO)⁽¹²⁾ ซึ่งกำหนดให้เครื่องพ่นที่มีประสิทธิภาพดีต้องมีค่า VMD ไม่เกิน 30 ไมครอน

- ความสม่ำเสมอในการผลิตละอองสารเคมี (Span) หมายถึง ค่าการกระจายตัวของขนาดละอองสารเคมี โดยค่า Span ยิ่งต่ำ แสดงว่าละอองมีความสม่ำเสมอสูง โดยใช้เกณฑ์ของ WHO⁽¹²⁾ ซึ่งกำหนดให้มีค่า ไม่เกิน 2.0

- อัตราการไหลของสารเคมี หมายถึง ปริมาณของสารเคมีที่ไหลผ่านหัวควบคุมการไหล (Nozzle) ของเครื่องพ่นหมอกควันออกมาสู่ท่อพ่นต่อหนึ่งหน่วยเวลา โดยวัดเป็นปริมาตร ลิตรต่อชั่วโมง โดยจำแนกเกณฑ์มาตรฐานตามรูปแบบระบบควบคุมการไหล ดังนี้

1. กลุ่มที่มีหัวควบคุมอัตราการไหล ใช้เกณฑ์ของ WHO⁽¹²⁾ โดยมีอัตราการไหลที่เหมาะสมตามขนาดหัวควบคุมการไหล เบอร์ 0.8-1.4 มิลลิเมตร มีปริมาณการไหลโดยประมาณ 8-30 ลิตร/ชั่วโมง

2. กลุ่มที่ไม่มีหัวควบคุมอัตราการไหล ใช้เกณฑ์ของกองโรคติดต่อภายในโดยแมลง กรมควบคุมโรค⁽¹¹⁾ ซึ่งกำหนดอัตราการไหลที่เหมาะสมไว้ในช่วง 15-30 ลิตรต่อชั่วโมง

- อุณหภูมิความร้อนปลายท่อ หมายถึง ระดับความร้อนบริเวณปลายท่อของเครื่องพ่นหมอกควัน ใช้เกณฑ์ของกองโรคติดต่อภายในโดยแมลง กรมควบคุมโรค⁽¹¹⁾ มีค่าระหว่าง 550-1000 °C การทดสอบเครื่องพ่นก่อนการประเมินมาตรฐาน หมายถึง การประเมินสภาพเครื่องพ่นเบื้องต้นว่าสามารถสตาร์ทติด เครื่องเดินสม่ำเสมอ และไม่มีการรั่วซึม เพื่อให้เครื่องอยู่ในสภาพปกติ ก่อนการวัดค่ามาตรฐาน

หน่วยงานเครือข่ายสาธารณสุข หมายถึง องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) และหน่วยงานบริการสาธารณสุขในพื้นที่ จังหวัดจันทบุรีและจังหวัดปราจีนบุรี ที่มีบทบาทรับผิดชอบในการจัดหา บริหารจัดการ และใช้งานเครื่องพ่นหมอกควันเพื่อการควบคุมโรคติดต่อภายในโดยแมลง

วิธีการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาแบบตัดขวาง (Cross-sectional descriptive study)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือเครื่องฟ้นหมอกควันทั้งหมดที่อยู่ในความครอบครองของหน่วยงานเครือข่ายสาธารณสุขในจังหวัดจันทบุรี และปราจีนบุรี ที่นำเครื่องมาเข้ารับการประเมินมาตรฐานเครื่องฟ้นสารเคมีกับศูนย์ควบคุมโรคติดต่อมาโดยแมลงที่ 6.5 จังหวัดจันทบุรี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2569 จำนวน 223 เครื่อง

กลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยคัดกรองเครื่องฟ้นตามเกณฑ์คัดเข้าและเกณฑ์คัดออก โดยคัดออกจำนวน 92 เครื่อง ประกอบด้วย เครื่องฟ้นสารเคมีชนิดอื่นที่ไม่ใช่เครื่องฟ้นหมอกควัน ได้แก่ เครื่องฟ้นฝอยละอองละออง จำนวน 6 เครื่อง เครื่องฟ้นหมอกควันที่ชำรุดหรือไม่สามารถสตาร์ทติดหรือเดินเครื่องได้อย่างสม่ำเสมอ จำนวน 58 เครื่อง และเครื่องฟ้นหมอกควันที่มีข้อมูลไม่ครบถ้วนเกี่ยวกับยี่ห้อ อายุการใช้งาน ความถี่การใช้งาน หรือขนาดหัวควบคุมอัตราการไหล จำนวน 28 เครื่อง จึงมีเครื่องฟ้นหมอกควันที่เข้าเกณฑ์และนำมาวิเคราะห์จำนวนทั้งสิ้น 131 เครื่อง

เกณฑ์ในการคัดเข้าศึกษา (Inclusion criteria) ได้แก่

- 1) เป็นเครื่องฟ้นหมอกควันที่อยู่ในการครอบครอง หรืออยู่ภายใต้การกำกับดูแลของหน่วยงานเครือข่ายสาธารณสุข
- 2) เป็นเครื่องที่สตาร์ทติดและทำงานเป็นปกติ เครื่องเดินเรียบสม่ำเสมอ

เกณฑ์ในการคัดออก (Exclusion criteria) ได้แก่

- 1) เครื่องฟ้นหมอกควันที่ชำรุด/เสีย ไม่สามารถติดเครื่องได้หรือเครื่องติดแต่ไม่สามารถเดินเครื่องได้อย่างสม่ำเสมอ
- 2) เครื่องฟ้นที่มีข้อมูลไม่ครบถ้วนในตัวแปรใดตัวแปรหนึ่ง เช่น ไม่สามารถระบุยี่ห้อ อายุการใช้งาน ความถี่การใช้งาน และหัวควบคุมอัตราการไหลได้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 1) แบบประเมินมาตรฐานเครื่องฟ้นสารเคมีทางสาธารณสุข กรมควบคุมโรค ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเครื่องฟ้นสารเคมี ประกอบด้วย ชื่อและที่อยู่ของหน่วยงาน ชนิดเครื่องฟ้นสารเคมี ยี่ห้อ หมายเลขเครื่อง/Serial number/เลขครุภัณฑ์ อายุการใช้งาน และความถี่การใช้งาน ครั้ง/ปี ส่วนที่ 2 การทดสอบเครื่องฟ้นสารเคมีก่อนการประเมินมาตรฐาน ลักษณะคำตอบผ่านหรือไม่ผ่าน ส่วนที่ 3 ข้อมูลการประเมินมาตรฐานเครื่องฟ้นสารเคมี ประกอบด้วย อุณหภูมิสูงสุดของเครื่องฟ้นสารเคมี ณ จุดปล่อยสารเคมี (Max. Temp) อัตราการไหลของสารเคมี

(Flow Rate) และการวิเคราะห์ขนาดละอองสารเคมี

- 2) ชุดเครื่องมือวัดอัตราการไหลของสารเคมี ได้แก่ กระบอกตวง ประแจ และนาฬิกาจับเวลา

- 3) ชุดเครื่องมือวัดอุณหภูมิปลายท่อ ได้แก่ ประแจ และเครื่องมือวัดอุณหภูมิปลายท่อ ยี่ห้อ Testo รุ่น 925

- 4) ชุดเครื่องมือวัดขนาดเฉลี่ยของละอองสารเคมี ได้แก่ แผ่นสไลด์เคลือบแมกนีเซียม กล้องจุลทรรศน์ ยี่ห้อ zeiss และกล้องบันทึกภาพ ยี่ห้อ ZEISS Axiocam 208 color

การเก็บรวบรวมข้อมูล

- 1) ประสานงานกับสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดจันทบุรี และจังหวัดปราจีนบุรี ประชาสัมพันธ์ให้หน่วยงานเครือข่ายสาธารณสุขในพื้นที่นำเครื่องฟ้นหมอกควันเข้ารับการประเมิน

- 2) คัดเลือกเครื่องฟ้นที่นำมาเข้ารับการประเมินระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2569 ตามเกณฑ์คัดเข้าและคัดออก ได้เครื่องฟ้นหมอกควันที่เข้าเกณฑ์และนำมาวิเคราะห์จำนวน 131 เครื่อง

- 3) บันทึกข้อมูลทั่วไปด้วยแบบประเมินมาตรฐานเครื่องฟ้นสารเคมีทางสาธารณสุข กรมควบคุมโรค ได้แก่ ชนิดและยี่ห้อเครื่องฟ้น หมายเลขเครื่อง/Serial number/เลขครุภัณฑ์ อายุการใช้งาน และความถี่การใช้งาน (ครั้ง/ปี)

- 4) ทำการทดสอบเครื่องฟ้นก่อนการประเมินมาตรฐาน โดยสตาร์ทเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที สังเกตการทำงานของเครื่องยนต์ หากเครื่องทำงานเป็นปกติ เดินเรียบสม่ำเสมอจึงดำเนินการขั้นตอนต่อไป หากเครื่องไม่ผ่านขั้นตอนนี้จะดำเนินการปรับตั้งเครื่องฟ้นเบื้องต้น หากยังใช้งานไม่ได้จะคัดออกจากการศึกษา

- 5) ทำการวัดอุณหภูมิความร้อนปลายท่อ ถอดหัวหดยดสารเคมีบริเวณปลายกระบอกฟ้น สอดโพรบของเครื่องวัดอุณหภูมิเข้าไปบริเวณจุดหดยดสารเคมี อ่านค่าเมื่ออุณหภูมิคงที่ ทำซ้ำ 3 ครั้ง และคำนวณค่าเฉลี่ย

- 6) ทำการวัดอัตราการไหลของสารเคมี ถอดหัวหดยดสารเคมี ตรวจสอบและบันทึกขนาดหัวควบคุมอัตราการไหล จากนั้นสตาร์ทเครื่องประมาณ 1 นาที เปิดวาล์วให้สารเคมีไหลจนคงที่แล้วใช้กระบอกตวงรองรับสารเคมีเป็นเวลา 1 นาที ทำซ้ำ 3 ครั้ง คำนวณอัตราการไหลของสารเคมีตามสูตร ดังนี้ อ้างถึงใน⁽¹⁴⁾

$$\text{อัตราการไหลของสารเคมี (ลิตรต่อชั่วโมง)} = \frac{\text{ปริมาณสารเคมีที่วัดได้ (มิลลิลิตร)}}{1,000} \times 60 \text{ (นาที)}$$

- 7) วัดขนาดเฉลี่ยของละอองสารเคมี (VMD) เตรียมแผ่นสไลด์เคลือบแมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium Oxide-Coated Slides: MgO) โดยรมควันจากหลอดแมกนีเซียมให้เคลือบสไลด์อย่างสม่ำเสมอ จากนั้นสตาร์ทเครื่องฟ้น 5 นาที และเปิดสไลด์ผ่านกลุ่มละอองสารเคมี 1 ครั้ง ที่ระยะ 2 เมตรจากปลายกระบอกฟ้น

จำนวน 3 สไลด์ต่อเครื่อง โดยใช้ไอโมังก์กันลมระหว่างเก็บตัวอย่าง ตรวจละเอียดด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 เท่า บันทึกภาพ และวัดเส้นผ่านศูนย์กลางด้วยโปรแกรม ZEN 3.1 (Blue edition) จำนวน 201 ละอองต่อสไลด์ บันทึกข้อมูลใน Microsoft Excel และวิเคราะห์ด้วยวิธี Probit analysis และอ่านค่า VMD ที่ตาราง Confidence limits ที่ค่า 0.50

8) ค่าการกระจายตัวของเม็ดยาสารเคมี (Span) นำค่าที่ได้จากวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ และใช้วิธี Probit analysis ที่ตาราง Confidence limits อ่านค่า V 0.9 ที่ค่า 0.9 V 0.1 ที่ค่า 0.1 ทารด้วย V0.5 ที่ค่า 0.5 มาคำนวณ โดยใช้สูตร ดังนี้⁽¹⁴⁾

$$\text{ค่าการกระจายตัวของเม็ดยาสารเคมี (Span)} = \frac{V0.9 - V0.1}{V0.5}$$

การวิเคราะห์ข้อมูล

1) สถิติพรรณนา (Descriptive statistic) ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ใช้วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของเครื่องพ่นสารเคมี ใช้สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพเครื่องพ่นเทียบกับค่าตามเกณฑ์ และใช้วิเคราะห์สัดส่วนลักษณะร่วมทางปัจจัยด้านคุณลักษณะของเครื่องพ่นหมอกควันที่ไม่ผ่านเกณฑ์

2) สถิติอนุมาน (inferential statistic) ได้แก่ Kruskal-Wallis Test ใช้เปรียบเทียบค่า VMD และ Span จำแนกตามตัวแปรชนิดต่างๆ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการศึกษา

1. ข้อมูลทั่วไปเครื่องพ่นสารเคมี

เครื่องพ่นสารเคมีที่เข้ารับบริการประเมินมาตรฐานเครื่องพ่น พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ในสองจังหวัด เป็นยี่ห้อ Best fogger มากถึงร้อยละ 55.17 ในจังหวัดจันทบุรี และจังหวัดปราจีนบุรี ร้อยละ 45.46 เครื่องพ่นไม่มีหัวควบคุมอัตราการไหล จังหวัดจันทบุรี ร้อยละ 54.02 จังหวัดปราจีนบุรี ร้อยละ 45.46 เครื่องพ่นส่วนใหญ่ของจังหวัดจันทบุรีมีช่วงอายุการใช้งานระหว่าง 4-9 ปี ร้อยละ 40.23 จังหวัดปราจีนบุรีส่วนใหญ่มีช่วงอายุการใช้งาน 10 ปี ขึ้นไป ร้อยละ 50.00 ความถี่การใช้งานของเครื่องพ่นในจังหวัดจันทบุรี และจังหวัดปราจีนบุรี มีการใช้งานอยู่ระหว่าง 1-9 ครั้ง/ปี ร้อยละ 54.03 และ 65.91 ตามลำดับ ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนร้อยละของเครื่องพ่นสารเคมี จำแนกตามข้อมูลทั่วไป

ข้อมูลทั่วไป	จังหวัดจันทบุรี (n = 87)		จังหวัดปราจีนบุรี (n = 44)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ยี่ห้อเครื่องพ่นหมอกควัน				
Best fogger	48	55.17	20	45.46
Swingfog	18	20.69	13	29.55
Igeba	15	17.24	9	20.45
Superfog	2	2.30	0	0.00
Airofog	1	1.15	1	2.27
Speedfog	1	1.15	0	0.00
Sendfog	0	0.00	1	2.27
Longrayfog	1	1.15	0	0.00
Whitefog	1	1.15	0	0.00
ขนาดหัวควบคุมอัตราการไหล (มิลลิเมตร)				
0.8	0	0.00	1	2.27
1.0	22	25.29	12	27.27
1.2	16	18.39	9	20.45
1.4	1	1.15	2	4.55
1.7	1	1.15	0	0.00
ไม่มีหัวกำหนด	47	54.02	20	45.46
ช่วงอายุการใช้งานเครื่องพ่น (ปี)				
1-3	23	26.44	7	15.91
4-9	35	40.23	15	34.09
≥ 10	29	33.33	22	50.00
ช่วงความถี่การใช้งาน (ครั้ง/ปี)				
1-9	47	54.03	29	65.91
10-19	27	31.03	12	27.27
20-29	11	12.64	1	2.27
≥ 30	2	2.30	2	4.55

2. ข้อมูลการประเมินมาตรฐานเครื่องฟั่นสารเคมี

ค่า VMD ทั้งสองจังหวัดส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (≤ 30 ไมครอน) โดยจังหวัดจันทบุรี ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 86.21 จังหวัดปราจีนบุรี ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 81.82 ค่า Span ทั้ง 2 จังหวัด ทุกเครื่องผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 100 อุณหภูมิความร้อนปลายท่อ

จังหวัดจันทบุรี ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 96.55 จังหวัดปราจีนบุรี ผ่านเกณฑ์ทุกเครื่อง ร้อยละ 100 อัตราการไหลของสารเคมี (ลิตร/ชม.) จังหวัดจันทบุรีผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 71.26 จังหวัดปราจีนบุรีผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70.45 ดังรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพของสารเคมี

ประสิทธิภาพ/การผลิผลของ/พื้นที่	จังหวัดจันทบุรี (n = 87)		จังหวัดปราจีนบุรี (n = 44)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ขนาดเฉลี่ยของสารเคมี (VMD)				
ผ่านเกณฑ์ ≤ 30 ไมครอน	75	86.21	36	81.82
ไม่ผ่านเกณฑ์ > 30 ไมครอน	12	13.79	8	18.18
ความสม่ำเสมอในการผลิตของ (Span)				
ผ่านเกณฑ์ < 2.0	87	100	44	100.00
ไม่ผ่านเกณฑ์	0	0.00	0	0.00
อุณหภูมิความร้อนปลายท่อ				
ผ่านเกณฑ์ ระหว่าง 550–1000 °C	84	96.55	44	100
ไม่ผ่านเกณฑ์	3	3.45	0	0.00
อัตราการไหลของสารเคมี (ลิตร/ชม.)				
ผ่านเกณฑ์*	62	71.26	31	70.45
ไม่ผ่านเกณฑ์	25	28.74	13	29.55

หมายเหตุ; *ผ่านเกณฑ์ตามขนาดหัวควบคุมอัตราการไหล กลุ่มไม่มีหัวกำหนดอยู่ในช่วง 15–30 (ลิตร/ชม)

เครื่องฟั่นหมอกควันที่ค่า VMD ไม่ผ่านเกณฑ์ มีอุณหภูมิความร้อนปลายท่ออยู่ในเกณฑ์มาตรฐานระหว่าง 550–1000 °C ผ่านเกณฑ์ทุกเครื่อง ส่วนใหญ่มีอัตราการไหลของสารเคมี (ลิตร/ชม.) ต่ำกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 50.00 เมื่อแยกตามขนาดหัวควบคุมอัตราการไหล พบว่าส่วนใหญ่เป็นหัวควบคุมอัตราการไหลขนาด 1.2 มิลลิเมตร มากที่สุดถึงร้อยละ 55.00 พบมากสุดในช่วงอายุการใช้งานเครื่องฟั่น 10 ปีขึ้นไป ร้อยละ 55.00 และช่วงความถี่การใช้งาน 1–9 ครั้ง/ปี ร้อยละ 55.00 ลักษณะร่วมทางปัจจัยพบว่า

กลุ่มเครื่องฟั่นหมอกควันที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานด้าน VMD คือ เป็นเครื่องฟั่นที่มีอายุการใช้งานตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป (ร้อยละ 55.00) มีความถี่การใช้งานในช่วง 1–9 ครั้ง/ปี (ร้อยละ 55.00) ใช้หัวควบคุมอัตราการไหลขนาด 1.2 มิลลิเมตร (ร้อยละ 55.00) มีอัตราการไหลของสารเคมีต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (ร้อยละ 50.00) และอุณหภูมิความร้อนปลายท่อผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกเครื่อง (ร้อยละ 100.00) ดังรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของปัจจัยที่เกี่ยวข้องของเครื่องฟั่นหมอกควันในกลุ่มที่ VMD ไม่ผ่านเกณฑ์ (n = 20)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	กลุ่ม VMD ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน	
	จำนวน	ร้อยละ
อุณหภูมิความร้อนปลายท่อ		
ผ่านเกณฑ์ ระหว่าง 550–1000 °C	20	100.00
ไม่ผ่านเกณฑ์	0	0.00
อัตราการไหลของสารเคมี (ลิตร/ชม.)		
ผ่านเกณฑ์	9	45.00
ต่ำกว่าเกณฑ์	10	50.00
สูงกว่าเกณฑ์	1	5.00
ขนาดหัวควบคุมอัตราการไหล (มิลลิเมตร)		
0.8	0	0.00
1.0	3	15.00
1.2	11	55.00
1.4	3	15.00
1.7	0	0.00
ไม่มีหัวกำหนด	3	15.00

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของปัจจัยที่เกี่ยวข้องของเครื่องพ่นหมอกควันในกลุ่มที่ VMD ไม่ผ่านเกณฑ์ (n = 20) (ต่อ)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	กลุ่ม VMD ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน	
	จำนวน	ร้อยละ
ช่วงอายุการใช้งานเครื่องพ่น (ปี)		
1-3	1	5.00
4-9	8	40.00
≥ 10	11	55.00
ช่วงความถี่การใช้งาน (ครั้ง/ปี)		
1-9	11	55.00
10-19	8	40.00
20-29	1	5.00
≥ 30	0	0.00

หมายเหตุ: การวิเคราะห์ลักษณะร่วมมุ่งเน้นปัจจัยเชิงคุณลักษณะและการทำงานของเครื่องพ่นที่สามารถปรับปรุงแก้ไขได้ในระดับปฏิบัติงาน ทั้งนี้ไม่ได้นำปัจจัยด้านยี่ห้อมาวิเคราะห์เนื่องจากเป็นปัจจัยคงที่หลังการจัดซื้อ ประกอบกับมุ่งเน้นรักษาความเป็นกลางทางวิชาการและป้องกันการเกิดอคติเชิงการค้า

3. ผลการเปรียบเทียบคุณภาพละอองสารเคมีจำแนกตามตัวแปรชนิดต่างๆ

จากการทดสอบลักษณะของชุดข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ทางสถิติ การแจกแจงแบบปกติด้วย Shapiro-Wilk Test และทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนด้วย Levene's Test สำหรับตัวแปรค่า VMD และ Span จำแนกตามยี่ห้อ ขนาดหัวควบคุมอัตราการไหล อายุการใช้งาน และความถี่ในการใช้งาน ผลการทดสอบพบว่า ชุดข้อมูลในทุกปัจจัยมีบางกลุ่มย่อยที่มีการแจกแจงแบบไม่ปกติ ($p < 0.05$) และความแปรปรวนไม่เท่ากัน ($p < 0.05$) จึงเลือกใช้สถิติไม่อิงพารามิเตอร์ Kruskal-Wallis Test ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม

ยี่ห้อเครื่องพ่นหมอกควัน พบว่า ยี่ห้อที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่า VMD แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาในกลุ่มยี่ห้อหลักพบว่า ยี่ห้อ Igeba มีแนวโน้มขนาดละอองสารเคมีสูงกว่ายี่ห้อ Swingfog และ Best fogger (Mean Rank เท่ากับ 82.35, 69.95 และ 57.97 ตามลำดับ) ในขณะที่ยี่ห้อที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่า Span ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อทดสอบความแตกต่างรายคู่ (Pairwise Comparisons) โดยปรับค่าระดับนัยสำคัญแบบ Bonferroni Correction แล้วพบว่า ไม่พบคู่ยี่ห้อใดที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Adj. Sig. > .05 ทุกคู่)

ขนาดหัวควบคุมอัตราการไหล พบว่า ขนาดหัวควบคุมอัตราการไหลที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่า VMD แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยหัวควบคุมอัตราการไหลขนาด 1.4 มิลลิเมตร มีแนวโน้มขนาดละอองสารเคมีสูงที่สุด (Mean Rank = 125.50)

รองลงมาคือหัวควบคุมอัตราการไหลขนาด 1.2 มิลลิเมตร และ 1.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ขนาดหัวควบคุมอัตราการไหลที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่า Span ไม่แตกต่างกัน และเมื่อทดสอบรายคู่ตามขนาดหัวควบคุมอัตราการไหลพบว่า หัวควบคุมอัตราการไหลขนาด 1.4 มิลลิเมตร และขนาด 1.2 มิลลิเมตร มีค่า VMD แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่มีหัวกำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Adj. Sig. = 0.043 และ 0.047 ตามลำดับ) ในขณะที่การเปรียบเทียบรายคู่อื่นๆ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อายุการใช้งานเครื่องพ่น พบว่า แต่ละช่วงอายุการใช้งานของเครื่องพ่นมีแนวโน้มขนาดละอองสารเคมีและความสม่ำเสมอในการผลิตสารเคมีใกล้เคียงกัน เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติพบว่า ช่วงอายุการใช้งานที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่า VMD และ Span ไม่แตกต่างกัน

ความถี่การใช้งาน พบว่า เครื่องพ่นหมอกควันที่มีช่วงความถี่การใช้งานแตกต่างกันส่งผลให้ค่า VMD และ Span ไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4 และตารางที่ 5

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบขนาดเฉลี่ยละอองสารเคมี (VMD) จำแนกตามตัวแปรชนิดต่างๆ

ตัวแปร	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)	ค่าสถิติ H	df	P-value
ยี่ห้อเครื่องพ่นหมอกควัน			15.99	8	0.043*
Best fogger	68	57.97			
Swingfog	31	69.95			
Igeba	24	82.35			
Superfog	2	28.00			
Airofog	2	104.00			
Speedfog	1	54.00			
Sendfog	1	83.00			
Longrayfog	1	130.00			
Whitefog	1	28.00			
ขนาดหัวควบคุมอัตราการไหล (มิลลิเมตร)			17.90	5	0.003*
0.8	1	20.00 ^{ab}			
1.0	34	62.88 ^{ab}			
1.2	25	84.98 ^b			
1.4	3	125.50 ^b			
1.7	1	53.00 ^{ab}			
ไม่มีหัวกำหนด	67	58.72 ^a			
ช่วงอายุการใช้งานเครื่องพ่น (ปี)			1.45	2	0.49
1-3	30	58.75			
4-9	50	67.51			
≥ 10	51	68.78			
ช่วงความถี่การใช้งาน (ครั้ง/ปี)			2.85	3	0.42
1-9	76	63.09			
10-19	39	69.42			
20-29	12	78.75			
≥ 30	4	49.75			

หมายเหตุ: อักษรยกกำลังที่มีอักษรร่วมกันแสดงว่าไม่แตกต่างกัน ส่วนอักษรที่ไม่มีร่วมกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการเปรียบเทียบรายคู่ โดยปรับค่า p ด้วยวิธี Bonferroni; $p < 0.05$ ทั้งนี้ การเปรียบเทียบยี่ห้อเครื่องพ่นโดยรวมพบความแตกต่างของค่า VMD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.043$) แต่ไม่พบความแตกต่างรายคู่ภายหลังการปรับค่า p ด้วยวิธี Bonferroni

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบความสม่ำเสมอในการผลิตละออง (Span) จำแนกตามตัวแปรชนิดต่างๆ

ตัวแปร	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)	ค่าสถิติ H	df	P-value
ยี่ห้อเครื่องพ่นหมอกควัน			7.00	8	0.54
Best fogger	68	65.40			
Swingfog	31	68.15			
Igeba	24	63.00			
Superfog	2	18.50			
Airofog	2	66.75			
Speedfog	1	96.50			
Sendfog	1	101.00			
Longrayfog	1	115.00			
Whitefog	1	91.00			
ขนาดหัวควบคุมอัตราการไหล (มิลลิเมตร)			3.269	5	0.66
0.8	1	13.50			
1.0	34	71.09			
1.2	25	62.08			
1.4	3	51.00			
1.7	1	64.50			
ไม่มีหัวกำหนด	67	66.36			

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบความสม่ำเสมอในการผลิตละออง (Span) จำแนกตามตัวแปรชนิดต่างๆ (ต่อ)

ตัวแปร	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)	ค่าสถิติ H	df	P-value
ช่วงอายุการใช้งานเครื่องพ่น (ปี)			0.196	2	0.91
1-3	30	63.80			
4-9	50	67.63			
≥ 10	51	65.70			
ช่วงความถี่การใช้งาน (ครั้ง/ปี)			6.92	3	0.08
1-9	76	59.18			
10-19	39	72.99			
20-29	12	77.46			
≥ 30	4	93.12			

อภิปรายผล

ผลการประเมินมาตรฐานเครื่องพ่นสารเคมี พบว่าเครื่องพ่นหมอกควันส่วนใหญ่ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรีและจังหวัดปราจีนบุรี มีคุณภาพการผลิตละอองสารเคมีผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 86.21 ในจังหวัดจันทบุรี และร้อยละ 81.82 ในจังหวัดปราจีนบุรี สอดคล้องกับการศึกษาการประเมินมาตรฐานเครื่องพ่นหมอกควันในพื้นที่จังหวัดอุดรธานี⁽¹⁵⁾ ที่เครื่องพ่นหมอกควันผลิตขนาดเม็ดละอองน้ำยาได้ตามมาตรฐานกำหนด ร้อยละ 83.05 แต่สูงกว่าการศึกษาการประเมินประสิทธิภาพการพ่นสารเคมีควบคุมยุงลายขององค์กรปกครองท้องถิ่นจังหวัดหนองคาย⁽¹⁶⁾ ที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60.76 และการประเมินมาตรฐานเครื่องพ่นหมอกควันที่ใช้ควบคุมโรคไข้เลือดออกในพื้นที่เสี่ยง ในเขตรับผิดชอบสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 จังหวัดขอนแก่น⁽¹⁷⁾ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 54.9 ด้านความสม่ำเสมอในการผลิตละออง (Span) ทุกเครื่องของจังหวัดจันทบุรีและจังหวัดปราจีนบุรี ผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 100 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของหน่วยงานเครือข่ายศูนย์ควบคุมโรคติดต่อ นำโดยแมลงที่ 8.2 จังหวัดเลย⁽¹⁸⁾ และในการศึกษาขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจังหวัดบึงกาฬ⁽¹⁹⁾ ที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 100 เช่นเดียวกัน ด้านอุณหภูมิความร้อนปลายท่อ ผ่านเกณฑ์สูงถึงร้อยละ 96.55 ในจังหวัดจันทบุรี และร้อยละ 100 ในจังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งสอดคล้องใกล้เคียงกับการศึกษาของหน่วยงานเครือข่ายศูนย์ควบคุมโรคติดต่อ นำโดยแมลงที่ 8.2 จังหวัดเลย⁽¹⁸⁾ ที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 100 ด้านอัตราการไหลของสารเคมีทั้งสองจังหวัดผ่านเกณฑ์ใกล้เคียงกัน ร้อยละ 71.26 และ 70.45 ตามลำดับ

ข้อมูลทั่วไปของเครื่องพ่นหมอกควันในพื้นที่จังหวัดจันทบุรีและจังหวัดปราจีนบุรี พบว่าเครื่องพ่นหมอกควันส่วนใหญ่เป็นยี่ห้อ Best fogger คิดเป็นร้อยละ 55.17 ในจังหวัดจันทบุรี และร้อยละ 45.46 ในจังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของหน่วยงานเครือข่ายศูนย์ควบคุมโรคติดต่อ นำโดยแมลงที่ 8.2 จังหวัดเลย⁽¹⁸⁾ ที่พบยี่ห้อ Best fogger มากที่สุดร้อยละ 57.15 และการศึกษาในเขตพื้นที่สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 จังหวัด

ขอนแก่น⁽¹⁷⁾ ที่พบยี่ห้อ Best fogger มากที่สุดร้อยละ 45.1 อย่างไรก็ตาม ผลการเปรียบเทียบคุณภาพการผลิตละอองสารเคมี พบว่ายี่ห้อเครื่องพ่นหมอกควันที่แตกต่างกัน มีค่า VMD และ Span ไม่แตกต่างกัน ซึ่งให้เห็นว่ายี่ห้อของเครื่องพ่นไม่ได้เป็นปัจจัยที่ทำให้คุณภาพของละอองสารเคมีแตกต่างกันเมื่อเครื่องพ่นอยู่ในสภาพที่สตาร์ทติดและทำงานได้ตามปกติ ด้านอายุการใช้งานเครื่องพ่น เครื่องพ่นส่วนใหญ่ในจังหวัดจันทบุรีมีอายุการใช้งานช่วง 4-9 ปี ร้อยละ 40.23 ขณะที่จังหวัดปราจีนบุรีส่วนใหญ่มีอายุการใช้งานตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป ร้อยละ 50.00 เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพการผลิตละอองสารเคมี พบว่าช่วงอายุที่แตกต่างกัน มีค่า VMD และ Span ไม่แตกต่างกัน ทั้งสองจังหวัดมีความถี่การใช้งานของเครื่องพ่นสารเคมีส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 1-9 ครั้ง/ปี ร้อยละ 54.03 และ 65.91 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพการผลิตละอองสารเคมี พบว่าความถี่การใช้งานที่แตกต่างกัน มีค่า VMD และ Span ไม่แตกต่างกัน ซึ่งให้เห็นว่าเครื่องพ่นหมอกควันแม้จะมีอายุการใช้งานยาวนานหรือมีความถี่การใช้งานที่แตกต่างกัน ก็ยังคงความสามารถในการผลิตละอองสารเคมีที่มีคุณภาพได้

เครื่องพ่นหมอกควันในพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มที่ไม่มีหัวควบคุมอัตราการไหล (ใช้วาล์วควบคุม) คิดเป็นร้อยละ 54.02 ในจังหวัดจันทบุรี และร้อยละ 45.46 ในจังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งสอดคล้องกับยี่ห้อเครื่องพ่นหมอกควันที่ใช้ในพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นยี่ห้อ Best fogger เนื่องจากเครื่องพ่นยี่ห้อดังกล่าว ใช้วาล์วควบคุมปริมาณน้ำยาเข้าท่อความร้อนโดยตรง โดยไม่มีแผ่นหัวกำหนดอัตราการไหลเหมือนยี่ห้ออื่น อัตราการไหลจึงขึ้นกับการปรับหมุนวาล์ว จึงจำเป็นต้องตรวจวัดอัตราการไหลจริงก่อนการประเมินหรือนำไปใช้งาน⁽²⁰⁾ ผลการเปรียบเทียบพบว่า ค่า VMD แตกต่างกันตามขนาดหัวควบคุมอัตราการไหลโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($H = 17.90$, $df = 5$, $p = 0.003$) ขณะที่ค่า Span ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.66$) สอดคล้องกับแนวทางขององค์การอนามัยโลกที่ระบุว่า ขนาดหัวควบคุมอัตราการไหลเป็นปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะของละออง

เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับอัตราการไหลของสารเคมีและกระบวนการเกิดละออง⁽¹²⁾ เมื่อเปรียบเทียบรายคู่และปรับค่าระดับนัยสำคัญด้วยวิธี Bonferroni พบว่า หัวควบคุมขนาด 1.4 และ 1.2 มิลลิเมตร มีค่า VMD แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่มีหัวกำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Adj. $p = 0.043$ และ 0.047 ตามลำดับ) ส่วนการเปรียบเทียบรายคู่อื่นไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อธิบายได้ว่าเครื่องพ่นหมอกควันกลุ่มที่ไม่มีหัวกำหนดเมื่อเครื่องพ่นได้รับการปรับตั้งวาล์วควบคุมสารเคมีให้อัตราการไหลอยู่ในช่วงมาตรฐาน ปริมาณสารเคมีที่ส่งเข้าสู่ท่อความร้อนจะมีความสมดุลกับพลังงานความร้อนบริเวณปลายท่อ ส่งผลให้สารเคมีเกิดการระเหยและควบแน่นเป็นละอองฝอยละเอียดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นคุณภาพละอองสารเคมีจึงขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสารเคมีของผู้ปฏิบัติงานแต่ละบุคคล หากผู้ปฏิบัติงานหมุนเปิดวาล์วมากเกินไปในภาคสนาม ก็อาจเกิดภาวะการจ่ายสารเคมีมากเกินไปจนทำให้ VMD สูงเกินมาตรฐานได้ เพื่อป้องกันปัญหาคอขวดต่อประสิทธิภาพของละอองสารเคมี เครื่องพ่นในกลุ่มนี้จึงควรนำเข้ารับการทดสอบกับศูนย์เครื่องพ่นสารเคมี เพื่อทำการตรวจวัดหาช่วงอัตราการไหลที่เหมาะสมที่ทำให้ละอองสารเคมีแตกตัวได้ขนาด VMD ตามเกณฑ์มาตรฐาน พร้อมทั้งทำเครื่องหมายกำหนดจุดของการเปิดวาล์วที่ถูกต้องไว้บนตัวเครื่องอย่างชัดเจน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถปรับใช้ในภาคสนามได้อย่างแม่นยำ⁽²¹⁾ ข้อดีของการใช้เครื่องพ่นที่มีหัวควบคุมอัตราการไหลแบบกำหนดขนาดชัดเจน จะช่วยลดความคลาดเคลื่อนจากพฤติกรรมการใช้งานของผู้ปฏิบัติงานภาคสนาม อย่างไรก็ตามหากเลือกใช้หัวควบคุมอัตราการไหลขนาด 1.4 มิลลิเมตร จะกลายเป็นการบังคับให้อัตราการจ่ายสารเคมีสูง ส่งผลให้ค่า VMD สูงกว่ากลุ่มที่หัวควบคุมปรับหมุนอย่างชัดเจน จะเห็นว่าหัวควบคุมอัตราการไหลขนาด 1.4 มิลลิเมตร แม้จะมีจำนวนไม่มาก ($n = 3$) เมื่อเทียบกับขนาดอื่น แต่พบว่ามีแนวโน้มทำให้ขนาดละอองสารเคมีสูง (Mean Rank = 125.50) และมีค่า VMD เกิน 30 ไมครอนทุกเครื่อง จึงเป็นขนาดที่ควรหลีกเลี่ยงในการใช้งานภาคสนาม เนื่องจากละอองสารเคมีที่มีขนาดใหญ่กว่า 30 ไมครอน จะสูญเสียความสามารถในการลอยตัวในอากาศ ทำให้ละอองตกลงสู่พื้นดินอย่างรวดเร็วก่อนที่จะได้สัมผัสกับยุงลายตัวเต็มวัย ส่งผลกระทบโดยตรงต่อศักยภาพการพ่นสารเคมีในการป้องกันและควบคุมการแพร่ระบาดของโรคติดต่อมาโดยยุงลาย⁽¹¹⁾ ดังนั้นการเลือกใช้หัวควบคุมอัตราการไหลที่มีขนาดเหมาะสม (ขนาด 1.0–1.2 มิลลิเมตร) จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมคุณภาพละอองสารเคมี และควรได้รับการตรวจสอบร่วมกับการประเมินมาตรฐานเครื่องพ่นเป็นประจำ⁽¹²⁾ ทั้งนี้ การนำผลการศึกษาในกลุ่มหัวควบคุมอัตราการไหลขนาด 1.4 มิลลิเมตร ไปใช้อ้างอิงในภาพรวมยังคงต้องทำด้วยความระมัดระวัง และควรมีการศึกษาขนาดตัวอย่างเพิ่มเติมในอนาคต

เมื่อพิจารณาลักษณะปัจจัยร่วมของเครื่องพ่นหมอกควันในกลุ่มที่ VMD ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน จำนวน 20 เครื่อง มีอุณหภูมิปลายท่อผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 100 แต่พบอัตราการไหลต่ำกว่าเกณฑ์ถึงร้อยละ 50.00 โดยส่วนใหญ่เป็นเครื่องที่มีอายุการใช้งานตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป ร้อยละ 55.00 และมีการใช้งานน้อยเพียง 1–9 ครั้งต่อปี ร้อยละ 55.00 ข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า การที่เครื่องพ่นในกลุ่มนี้มีค่า VMD ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ไม่ได้มีสาเหตุจากตัวแปรด้านอายุเครื่องหรือความถี่การใช้งานโดยตรง แต่เกิดจากความผิดปกติของอัตราการไหลของสารเคมีเป็นสำคัญ โดยเฉพาะอัตราการไหลที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งเมื่อเกิดขึ้นในเครื่องพ่นที่มีอายุการใช้งานยาวนานและมีความถี่การใช้งานน้อย อาจเป็นไปได้ว่าหัวควบคุมอัตราการไหลหรือหัวฉีดเกิดการอุดตันบางส่วนจากคราบสารเคมีตกค้างหรือเขม่าที่สะสมจากการใช้งาน ทำให้การไหลของสารเคมีไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้การแตกตัวของสารเคมีบริเวณปลายท่อพ่นไม่มีประสิทธิภาพเต็มที่ ทำให้ VMD สูงกว่ามาตรฐาน อย่างไรก็ตามการอธิบายสาเหตุของความแตกต่างของสัดส่วน VMD และ Span ดังกล่าวยังคงเป็นเพียง "ข้อสันนิษฐานเชิงกลไกทางเทคนิค" เนื่องจากงานวิจัยนี้ไม่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลพฤติกรรมการใช้งานเชิงลึก การบำรุงรักษา หรือประวัติการบำรุงรักษาเครื่องพ่นในแต่ละพื้นที่โดยตรง ดังนั้นประเด็นดังกล่าวจึงจัดเป็นสมมติฐานที่ควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติมอย่างเป็นรูปธรรมในงานวิจัยระยะถัดไป

ข้อเสนอแนะ

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพละอองสารเคมีจำแนกตามตัวแปรชนิดต่างๆ พบว่า VMD มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มตัวอย่างหัวควบคุมอัตราการไหลที่มีขนาดแตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. สำหรับเครื่องพ่นสารเคมีกลุ่มที่ไม่มีหัวกำหนด ซึ่งใช้วาล์วในการปรับอัตราการไหลของสารเคมีโดยตรง จึงขอให้หน่วยงานที่รับผิดชอบนำเครื่องเข้ารับการตรวจวัดอัตราการไหล ศูนย์ควบคุมโรคติดต่อมาโดยแมลง สำนักงานป้องกันควบคุมโรคหรือผู้เชี่ยวชาญ เพื่อหาอัตราการไหลที่เหมาะสมพร้อมทำสัญลักษณ์ระดับการเปิดวาล์วที่ถูกต้องไว้บนตัวเครื่องก่อนนำไปใช้งานจริง พร้อมทั้งนำเครื่องพ่นสารเคมีเข้ารับการประเมินมาตรฐานเป็นประจำทุกปีก่อนเข้าสู่ฤดูการระบาด

2. หน่วยงานควรหลีกเลี่ยงการใช้หัวควบคุมอัตราการไหลขนาด 1.4 มิลลิเมตร โดยแนะนำให้เลือกใช้ขนาด 1.0 หรือ 1.2 มิลลิเมตร เป็นขนาดมาตรฐาน แม้ว่ากลุ่มตัวอย่างขนาด 1.4 มิลลิเมตร จะมีจำนวนน้อย ($n = 3$) แต่ผลการศึกษพบว่าค่า VMD สูงเกินมาตรฐานทุกเครื่อง ซึ่งส่งผลให้ละอองตกลงสู่พื้นอย่างรวดเร็วก่อนที่จะได้สัมผัสกับยุงลายตัวเต็มวัย

3. เพิ่มความเข้มงวดในการบำรุงรักษาเครื่องพ่นสารเคมีอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะเครื่องพ่นที่มีอายุการใช้งาน 10 ปีขึ้นไป และควมถี่การใช้งานต่ำ ก่อนการนำไปปฏิบัติงานในพื้นที่

4. ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป ศึกษาปัจจัยเชิงลึกด้านประวัติการบำรุงรักษา เนื่องจากงานวิจัยนี้ไม่ได้เก็บข้อมูลพฤติกรรมการบำรุงรักษาและคู่มือการปฏิบัติงานโดยตรง จึงควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับประวัติการดูแลรักษา วิธีการทำความสะอาด และทักษะของผู้ปฏิบัติงาน เพื่อยืนยันสมมติฐานเรื่องคราบสารเคมีตกค้างที่ส่งผลให้อัตราการไหลต่ำกว่าเกณฑ์

สรุปผล

การประเมินมาตรฐานเครื่องพ่นหมอกควันของหน่วยงานเครือข่ายสาธารณสุขในพื้นที่จังหวัดจันทบุรีและจังหวัดปราจีนบุรีพบว่า เครื่องพ่นส่วนใหญ่มีคุณภาพการผลิตละอองสารเคมีผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพละอองสารเคมีตามคุณลักษณะของเครื่องพ่น พบว่า ค่า VMD แตกต่างกันตามยี่ห้อ เครื่องพ่นโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบรายคู่และปรับค่า p ด้วยวิธี Bonferroni ไม่พบคู่ยี่ห้อใดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนอายุการใช้งานและความถี่การใช้งานไม่พบความแตกต่างของค่า VMD และ Span อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ค่า VMD แตกต่างกันตามขนาดหัวควบคุมอัตราการไหลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยหัวควบคุมขนาด 1.4 และ 1.2 มิลลิเมตร มีค่า VMD แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่มีหัวกำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเครื่องพ่นที่ใช้หัวควบคุมขนาด 1.4 มิลลิเมตร ทั้ง 3 เครื่องมีค่า VMD สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน อย่างไรก็ตาม ผลดังกล่าวควรตีความด้วยความระมัดระวังเนื่องจากมีจำนวนตัวอย่างน้อย ในกลุ่มเครื่องพ่นที่มีค่า VMD ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 20 เครื่อง พบลักษณะที่พบบ่อย ได้แก่ อายุการใช้งานตั้งแต่ 10 ปี ขึ้นไป ร้อยละ 55.00 ความถี่การใช้งาน 1–9 ครั้งต่อปี ร้อยละ 55.00 และอัตราการไหลของสารเคมีต่ำกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 50.00 ขณะที่อุณหภูมิปลายท่อผ่านเกณฑ์ทุกเครื่อง ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการตรวจสอบอัตราการไหลและค่า VMD ให้เหมาะสมกับเครื่องพ่นแต่ละเครื่อง รวมทั้งการประเมินมาตรฐานและบำรุงรักษาเครื่องพ่นอย่างสม่ำเสมอก่อนนำไปใช้งาน เพื่อให้สามารถผลิตละอองสารเคมีได้ตามเกณฑ์และสนับสนุนการควบคุมยุงพาหะในภาคสนามอย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.สมหมาย คชนาม ที่ให้คำปรึกษาทางวิชาการ ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 6 จังหวัดชลบุรี หัวหน้าศูนย์ควบคุมโรคติดต่อ นำโดยแมลงที่ 6.5 จังหวัดจันทบุรี บุคลากรศตม. 6.1–6.4,

กลุ่มโรคติดต่อ นำโดยแมลง และกลุ่มพัฒนานวัตกรรมและวิจัยที่สนับสนุนสถานที่ เครื่องมือ และการวิเคราะห์ข้อมูล พร้อมทั้งขอขอบคุณสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด สาธารณสุขอำเภอ องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น และภาคีเครือข่ายในจังหวัดจันทบุรี และปราจีนบุรี ที่อำนวยความสะดวก นำเครื่องพ่นเข้ารับการประเมิน และสนับสนุนข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Division of Vector-Borne Diseases. Operational Guidelines for Surveillance, Prevention, and Control of Aedes-Borne Diseases for Public Health Officers, 2021 [Internet]. Tharavanij S, Harnchansavakul W, Nirimitsantipong A, Jaichanan B, Aumam-ong B, Puangsombat S, editors. Nonthaburi: Aksorn Graphic and Design; 2021 [cited 2025 Dec 10]. Available from: <https://online.fliphtml5.com/bcbgj/nfvi/#p=4> (in Thai)
2. Suwannarat S, Jujan S, Mahasing C, Doung-ngern P. Dengue situation and trends in Thailand, 2026. Wkly Epidemiol Surveill Rep [Internet]. 2026 [cited 2026 Jul 19];57(6):e8033. Available from: <https://he05.tci-thaijo.org/index.php/WESR/article/view/8033/7193> (in Thai)
3. Division of Vector-Borne Diseases, Department of Disease Control. Dengue situation, 2022–2024 [Internet]. Nonthaburi: Department of Disease Control; [cited 2026 Jun 21]. Available from: <https://datastudio.google.com/u/0/reporting/44629302-6ac3-447c-bcc9-e0c7bde3c9a9/page/LALtD> (in Thai)
4. Division of Vector-Borne Diseases, Department of Disease Control. Monitoring system for dengue key focus area implementation, fiscal year 2026 [Internet]. 2026 [cited 2026 Jun 21]. Available from: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1DvsBj9l6-2VHxpTFPkm4KpZ-vOhxmKaF/edit?gid=1340481895#gid=1340481895> (in Thai)
5. Marczell K, García E, Roiz J, Sachdev R, Towle P, Shen J, et al. The macroeconomic impact of a dengue outbreak: Case studies from Thailand and Brazil [Internet]. 2024. doi:10.1371/journal.pntd.0012201

6. World Health Organization. Dengue - Global situation [Internet]. 2024 [cited 2026 Jul 19]. Available from: <https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2024-DON518>
7. Lekpittaya N, Phetchpornrut B. Dengue vaccine (In Thai). At Rama [Internet]. 2020 [cited 2026 Aug 19];(35). Available from: <https://www.rama.mahidol.ac.th/atrama/issue035/rama-rdu> (in Thai)
8. Department of Disease Control. Summary of Recommendations for Dengue Vaccination, 2025 (in Thai). [Internet]. 2025 Aug [cited 2026 Jul 19]. Available from: <https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1729420250806134111.pdf> (in Thai)
9. Division of Vector-Borne Diseases, Department of Disease Control. Operational measures for surveillance, prevention, and control of Aedes mosquito-borne disease outbreaks, 2024 [Internet]. 2024 [cited 2026 Jul 20]. Available from: <https://drive.google.com/file/d/1EMO3bqSZMB3yKAsnEbvGep6ZuPtypypM/view> (in Thai)
10. World Health Organization. Equipment for vector control specification guidelines. 2nd ed. Geneva: World Health Organization; 2018.
11. Division of Vector-Borne Diseases, Department of Disease Control. Manual on insecticide and pesticide application equipment for vector control diseases. Aumaung B, editor. Nonthaburi: Division of Vector-Borne Diseases, Department of Disease Control; 2022. (in Thai)
12. World Health Organization. Space spray application of insecticides for vector and public health pest control A practitioner's guide. Geneva: World Health Organization; 2003.
13. Phu Lan Chang Subdistrict Municipality KP. Operational Manual for Dengue Prevention and Control (in Thai). [Internet]. 2025 [cited 2026 Jul 20]. Available from: https://www.phulanchang.go.th/index/load_data/?doc=13975 (in Thai)
14. Yaoup K, Sawangchaeng A, Thammakhot N, Sakkrit WN, Kulchon P, Khana S. Training on Chemical Application Maintenance and Spray Equipment Standards Evaluation for Dengue Mosquito Control Personnel. Khon Kaen: Office of Disease Prevention and Control Region 7, Khon Kaen; 2024. (in Thai)
15. Phothimol S, Yomsriken P. The assessment standard of fogging machines in Udonthani province in 2558. Journal of Vector-Borne Diseases. 2016;13:22–33. (in Thai)
16. Yaoup K, Sornpeng W, Asarin B, Soonchan P, Khophonklang S. Efficacy evaluation of insecticide spraying to control Aedes aegypti by local administrative organizations. The Office of Disease Prevention and Control 7 Khon Kaen. 2018;25(2):1–13. (in Thai)
17. Tunpukeaw V, Phansombat S, Yaoop K, Soonjan P, Kulhong B. Evaluation of Standard Thermal Foggers in Dengue Risk Areas, Health Region 7, Fiscal Years 2020-2022. 2022. (in Thai)
18. Wong-ngam J, Pruangpreechasak P, Lakkham N, Sopawat S, Phantalai S. Hand-carried Thermal Fogger Standard Evaluation amongs network of the Vector-Borne Disease Control Center 8.2 Loei province. Journal of Disease Control Office 8 Udon Thani. 2024;2(3):16–26. (in Thai)
19. Boonprakom K. Evaluation of fogging machine standards of local administrative organizations in Bueng Kan Province [Internet]. 2025 [cited 2026 Aug 22]. Available from: <https://ddc.moph.go.th/uploads/files/5827720260629162409.pdf> (in Thai)
20. Best Fogger. Best Fogger user's operating manual [Internet]. [cited 2026 Jul 21]. Available from: https://www.eikseng.com/product_images/M-BF150.pdf
21. Bureau of Vector-Borne Diseases, Department of Disease Control, Ministry of Public Health. Standard operating procedure: guidelines for the use of portable thermal foggers for dengue vector control [Internet]. 2015 [cited 2026 Jul 21]. Available from: https://drive.google.com/drive/folders/1yTGdBSwuByFo5xVZQlIt_Ly4tRHnDzFR (in Thai)