

ชื่อโครงการ	การศึกษาและพัฒนาประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช	
ชื่อกิจกรรมที่ 4	เทคนิคการพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช	
ชื่อกิจกรรมย่อยที่ 4.1	เทคนิคการพ่นสารป้องกันกำจัดแมลง	
ชื่อการทดลองที่ 4.1.1	เทคนิคการพ่นสารป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (Brown planthopper); <i>Nilaparvata lugens</i> Stål ในนาข้าว Insecticide Application Techniques for Control of <i>Nilaparvata lugens</i> Stål in Paddy Fields	
หัวหน้าการทดลอง	พญธิชาติ ปุญวัฒน์โท	สังกัดสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
ผู้ร่วมงาน	สิริกัญญา ขุนวิเศษ	สังกัดสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
	สุภางคณา ธีรวุธ	สังกัดสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
	สุชาดา สุพรศิลป์	สังกัดสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
	นลินา พรหมเกษา	สังกัดสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
	สรรชัย เพชรธรรมรส	สังกัดสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
	สิริวิภา พลตรี	สังกัดสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

บทคัดย่อ

การทดสอบประสิทธิภาพของกรรมวิธีการพ่นทั้ง 7 กรรมวิธี (กรรมวิธีที่แนะนำและกรรมวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติ) จากเครื่องพ่นและอุปกรณ์ 3 ชนิด ได้แก่ 1. เครื่องพ่นแบบแรงดันน้ำสูงประกอบก้านฉีด 2. เครื่องพ่นแบบแรงดันน้ำสูงประกอบคานหัวฉีด และ 3. เครื่องสะพายหลังแบบใช้แรงลม ในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าว ผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดติดตั้งหัวฉีดที่เหมาะสม (ข้าวอายุ 30 วันหลังหว่านใช้หัวฉีดแบบกรวยกลวง และข้าวอายุ 60 วันหลังหว่านใช้หัวฉีดแบบพัด) พ่นที่อัตรา 60 - 70 ลิตรต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้มากกว่า 80% ทั้งจากการทดสอบด้วยวิธี bioassays ในสภาพกึ่งแปลงทดลองและทดสอบในสภาพไร่ (ในกรณีที่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในพื้นที่ที่ไม่ต้านทานต่อสารฆ่าแมลง) ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ โดยมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดในระดับเดียวกับกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นแบบแรงดันน้ำสูงประกอบก้านฉีด ที่ใช้สารฆ่าแมลงในอัตราที่มากกว่า 50% อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดที่ดีกว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องสะพายหลังแบบใช้แรงลม ในกรณีที่ใช้สารฆ่าแมลงในอัตราที่เท่ากัน

นอกจากนี้ยังสามารถลดการตกค้างของละอองสารบนผู้พ่นเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติได้มากกว่าถึง 2 เท่า

คำสำคัญ: เทคนิคการพ่นสาร; นาข้าว; คานหัวฉีด; การสัมผัสสารของผู้พ่น; เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

Abstract

Field studies were conducted to compare the droplet density and depositions on rice canopy, for different application techniques (official recommended and traditional used) with 3 different sprayers (boom sprayer, spray lance and motorized mist-blower) and to monitor the potential exposure of spray operators. The results indicated that the boom sprayer being adjusted with suitable nozzle types (hollow cone type at 30 days after sowing and standard fan type at 60 days after sowing) was the only one providing adequate droplet density and spray deposits more than the others. In addition boom sprayer could effectively reduce the operator exposure as compared with the traditional used. To evaluate the efficacy of spray application techniques in the areas, resistance of recommended insecticide (dinotefuran), was firstly monitored in field populations of brown planthopper. Subsequently, semifield bioassays were performed in insectary to evaluate the efficacy (based on percent mortality) of the insecticide against the *N. lugens*. Furthermore, the official recommended and the traditional used spraying strategies were parallel compared for their efficiencies to control the *N. lugens*. The results indicated that the boom sprayers proved highly effective by more than 80% reduction of *N. lugens* in semifield bioassays and field studies (non-resistance area). It gave the same level of controlling as the spray lance but only a half insecticide used. Moreover, it provided a better result than the motorized mist-blower which the same amount of active ingredient was used.

Keywords: insecticide application techniques; paddy field; boom sprayer; operator exposure; brown planthopper

คำนำ

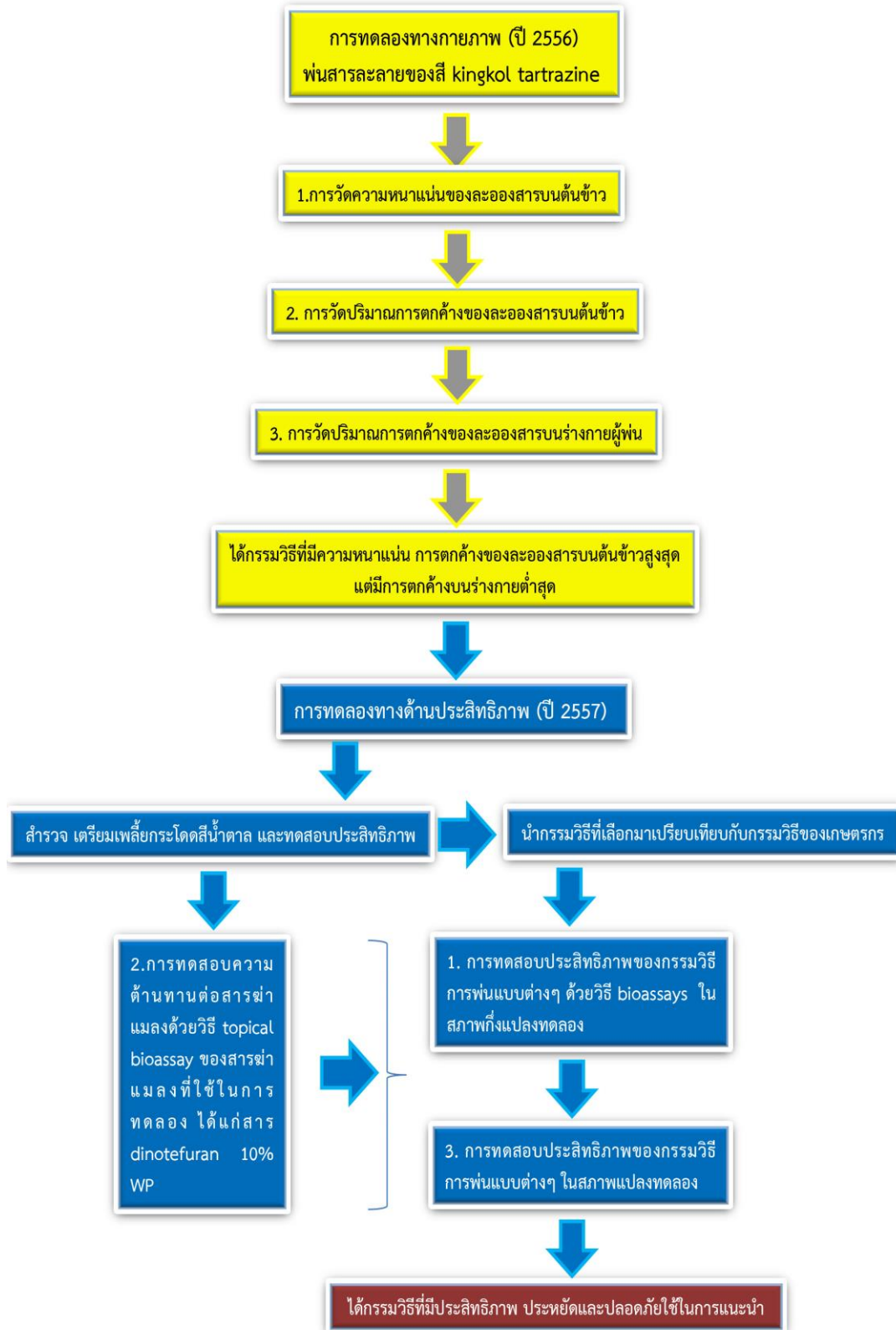
ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทย นอกจากจะเป็นอาหารหลักของคนไทยแล้ว ข้าวยังเป็นพืชส่งออกที่สำคัญนำรายได้เข้าประเทศเป็นอันดับสองรองจากยางพารา โดยมีมูลค่าการส่งออกในปี 2557 สูงถึง 4,500 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ข้าวเป็นพืชที่มีพื้นที่ปลูกมากเป็นอันดับ 1 ของประเทศ โดยในปี 2557 มีพื้นที่ปลูกข้าวกว่า 79 ล้านไร่ อย่างไรก็ตามเมื่อมองในแง่ผลผลิตเฉลี่ยทั้งประเทศพบว่ามีผลผลิตเฉลี่ยเพียง 461 กิโลกรัมต่อไร่ จากข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าผลผลิตข้าวเฉลี่ยต่อไร่ของประเทศไทยค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศผู้ส่งออกข้าวที่สำคัญประเทศอื่นๆ เช่น เวียดนาม อินเดีย และบังกลาเทศ ซึ่งมีผลผลิตเฉลี่ย 912, 582 และ 702 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) สาเหตุหนึ่งที่ทำให้ข้าวในประเทศไทยมีผลผลิตต่ำเกิดจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช ซึ่งในประเทศไทยมีแมลงศัตรูพืชที่สำคัญที่สุดที่เข้าทำลายข้าวในทุกๆ ระยะเวลาเจริญเติบโตคือ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล, *Nilaparvata lugens* Stål แมลงชนิดนี้เริ่มระบาดครั้งแรกในประเทศไทยเมื่อปี 2520 จนถึงปัจจุบัน (ปรีชา, 2545) ซึ่งสถานการณ์การระบาดที่ผ่านมามีมาพบว่ามีปี 2552-2553 มีการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมากกว่า 10 จังหวัด พื้นที่ความเสียหายกว่า 1 ล้านไร่ (กรมการข้าว, 2556) และยังคงระบาดอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน จากสถานการณ์ดังกล่าวทำให้เกษตรกรจำเป็นต้องใช้วิธีการต่างๆ ในการป้องกันกำจัด เพื่อป้องกันความเสียหายของผลผลิตซึ่งวิธีการที่เป็นที่นิยมมากที่สุดคือการพ่นสารฆ่าแมลง เนื่องจากเป็นวิธีการที่รวดเร็วและง่ายที่สุดในการปฏิบัติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการป้องกันกำจัดอื่นๆ

การพ่นสารป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 2 ระบบ ได้แก่ ระบบการพ่นแบบน้ำน้อยโดยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลังแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีด Wizza และด้วยหัวฉีด Air shear ที่อัตรา 20 - 25 ลิตรต่อไร่ และระบบการพ่นแบบน้ำมากโดยเครื่องยนต์พ่นสารแบบแรงดันน้ำสูงทั้งแบบสะพายหลังและแบบลากสายด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้าย (Spray lance) ด้วยหัวฉีดแบบกรวยกลวงที่อัตรา 60 - 120 ลิตรต่อไร่ ในการพ่นด้วยเครื่องพ่นและอุปกรณ์เหล่านี้มีข้อจำกัดในเรื่องของความสม่ำเสมอในการกระจายตัวของละอองสารในทรงพุ่มของต้นข้าว (Pojananuwong et al., 1997) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณโคนต้นข้าวซึ่งเป็นบริเวณพื้นที่เป้าหมายในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล อีกทั้งประสิทธิภาพในการพ่นจะขึ้นอยู่กับทักษะและความตั้งใจของผู้พ่นเป็นหลัก (Pojananuwong et al., 1997, 1999, 2001; และดำรงและคณะ, 2551) นอกจากนี้การพ่นสารด้วยเครื่องพ่นและอุปกรณ์เหล่านี้ ในกรณีที่ผู้พ่นสารละเลยหรือไม่ให้ความสำคัญในเรื่องความปลอดภัยในการใช้สารโดยระหว่างการพ่นสาร ผู้พ่นไม่สวมชุดป้องกันหรือพ่นสารโดยไม่คำนึงถึงทิศทางในการพ่นแล้ว จะเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้พ่นได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของกระทรวงสาธารณสุขระหว่างปี 2548 - 2554 พบแนวโน้มของเกษตรกรโดยเฉพาะอย่างยิ่งชาวนามีอัตราการป่วยจากสาเหตุของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพิ่มขึ้นทุกปี (MOPH, 2011a และ 2011b) จากเหตุผลดังกล่าวเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและแก้ไขปัญหาเรื่องความปลอดภัยในการพ่นสาร จึงจำเป็นที่จะต้องหา

เทคนิคหรืออุปกรณ์มาเพื่อทดแทนวิธีการเดิม ทั้งนี้จากงานวิจัยต่างๆ ในเรื่องของเทคนิคการพ่นสารพบว่าคานประกอบหัวฉีด (boom sprayer) เป็นอุปกรณ์ฯ หนึ่งในที่มีศักยภาพที่จะนำมาใช้เพื่อทดแทนอุปกรณ์เดิม เนื่องจากอุปกรณ์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชหลายชนิด และมีความปลอดภัยสูงต่อผู้พ่น (Nuyttens et al., 2004a และ 2004b; จีรนุชและคณะ, 2551; พงษ์ธิดาและคณะ, 2551) อย่างไรก็ตาม ยังคงขาดงานวิจัยในเรื่องประสิทธิภาพและความปลอดภัยของอุปกรณ์ชนิดนี้ในการที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ตลอดจนการเลือกใช้หัวฉีดที่เหมาะสมให้ตรงกับระยะการเจริญเติบโตของข้าว จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ชนิดนี้เปรียบเทียบกับวิธีการพ่นแบบเดิมเพื่อเป็นทางเลือกให้แก่เกษตรกร นอกจากนี้ในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลให้มีประสิทธิภาพนอกเหนือจากจะต้องเลือกใช้สารฆ่าแมลง อุปกรณ์และเครื่องพ่นที่มีประสิทธิภาพแล้ว ยังมีปัจจัยที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งซึ่งมีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากันคือข้อมูลในเรื่องสถานการณ์ความต้านทานของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในพื้นที่ที่จะป้องกันกำจัด เพื่อนำมาประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้สารฆ่าแมลงในนำมาประยุกต์ใช้ในการบริหารความต้านทานของแมลง (Insecticide resistance management) ตามแนวทางการจัดกลุ่มสารตามกลไกการเข้าทำลาย (Mode of action) ของ IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) (IRAC, 2014) เพื่อไม่ให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสร้างความต้านทานอย่างรวดเร็วต่อสารฆ่าแมลงกลุ่มต่างๆ องค์ความรู้ที่ได้จากการทดลองนี้จะนำมาปรับใช้เป็นแนวทางในการจัดการเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ยั่งยืนเพื่อนำไปสู่เกษตรกรต่อไป

วิธีดำเนินการ

ในการทดลองนี้จะแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วน คือ 1. การทดลองทางด้านกายภาพ (ปี 2556) โดยการพ่นสารละลายของสี Kingkol tartrazine ในการทดสอบกรรมวิธีการพ่นที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัย โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาจากความหนาแน่นของละอองสาร การตกค้างของละอองสารบนต้นข้าว และการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้พ่น โดยเกณฑ์ในการเลือกกรรมวิธีที่เหมาะสมจะเลือกจากกรรมวิธีที่มีความหนาแน่น การตกค้างของละอองสารบนต้นข้าวสูงสุดแต่มีการตกค้างบนร่างกายผู้พ่นต่ำสุด และ 2. การทดลองทางด้านประสิทธิภาพ (ปี 2557) โดยการนำกรรมวิธีที่เลือกจากการทดลองทางด้านกายภาพมาทดสอบประสิทธิภาพด้วยสารฆ่าแมลงที่แนะนำซึ่งได้แก่สาร dinotefuran 10% WP ทั้งในสภาพกึ่งแปลงทดลอง (Semifield bioassays) และสภาพแปลงทดลอง (Field trials) ควบคู่กับการตรวจวัด (Monitor) ระดับความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงของสารฆ่าแมลงแนะนำในพื้นที่ที่ทำการทดลองด้วย โดยมีผังการดำเนินงานตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ผังการดำเนินงานทดลองเทคนิคการพ่นสารป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าว

อุปกรณ์

1. เครื่องยนต์พ่นสารสะพាយหลัง แบบแรงดันน้ำสูง (Motorized hydraulic knapsack sprayer) ยี่ห้อ Maruyama รุ่น MS 073D, Maruyama Co., Ltd, ประเทศญี่ปุ่น ขนาดความจุถัง 25 ลิตร ประกอบก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้าย (Spray lance) ความยาว 70 เซนติเมตร (ภาพที่ 2ก)

2. เครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลังแบบใช้แรงลม (Motorized Knapsack mist-blower sprayer ยี่ห้อ Solo รุ่น 40123, Solo Kleinmotoren GmbH ประเทศเยอรมนี ขนาดความจุถัง 12 ลิตร ความยาวท่อลม 1 เมตร (ภาพที่ 2ข)

3. คานหัวฉีดอลูมิเนียม (Boom sprayer) ขนาดความยาว 4 เมตร (ไม่รวมแขนจับ) พร้อมชุดติดตั้งหัวฉีดจำนวน 8 หัว ระยะห่างระหว่างหัวฉีด 50 เซนติเมตร ที่พัฒนาโดยกลุ่มงานวิจัยการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช (ภาพที่ 2ค)

4. หัวฉีดชนิดแรงดันน้ำแบบต่างๆ ได้แก่หัวฉีดแบบกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 และ 2 มิลลิเมตร (ภาพที่ 3ก) หัวฉีดแบบกรวยกลวง รุ่น 1299-08 Lilac Hardi International A/S Co., Ltd., ประเทศเดนมาร์ก (ภาพที่ 3ข) และหัวฉีดแบบพัด รุ่น XR 11001VS, Spraying System Co., Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา (ภาพที่ 3ค)

5. หัวฉีดชนิดใช้แรงลมแบบ Wizza (ภาพที่ 3ง) และหัวฉีดใช้แรงลมแบบ Air shear (ภาพที่ 3 จ)

6. แปลงข้าวพันธุ์ปทุมธานี

7. สี Kingkol tartrazine

8. เครื่องวัดสี Colorimeter (Jenway model 6051, Spectronic Camspec Ltd.) ประเทศอังกฤษ

9. เครื่องวัดแรงดันน้ำ (pressure gauge)

10. กระดาษ Chromolux กระดาษเซลลูโลส และกระดาษวัดความเป็นกรด-ด่างของน้ำ

11. สารฆ่าแมลง dinotefuran 10% WP

12. อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ รุ่น 42270, Extech Instruments Co., Ltd, และเครื่องวัดความเร็วลม รุ่น 271, Davis Instruments Corp. ประเทศสหรัฐอเมริกา

13. ชุดพ่นสารและอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยต่างๆ ได้แก่ แวนตา ถุงมือ หูครอบป้องกันเสียง หน้ากาก และรองเท้าบู๊ท

14. หลอดดูดแมลง (Aspirator) และเครื่องหยดสาร Hamilton Dispenser
15. กระจกปลุกข้าวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร และกรวยครอบพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 เซนติเมตร
16. กรงเลี้ยงแมลง
17. เครื่องวัดแรงดัน (Pressure gauge)
18. อุปกรณ์อื่นๆ เช่น อุปกรณ์ตวง ผสมสาร และป้ายปักแปลง

วิธีการ

1. การทดลองทางด้านกายภาพ (ปี 2556)

1.1 แปลงทดลอง

ทำการทดลองในแปลงข้าวพันธุ์ปทุมธานี ซึ่งหว่านข้าวในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ดำเนินการทดลองที่อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี ในข้าว 2 ระยะการเจริญเติบโตคือที่ข้าวระยะ 30 วันหลังหว่าน ซึ่งข้าวมีความสูงเฉลี่ย 47 ± 3 เซนติเมตร และที่ข้าวระยะ 60 วันหลังหว่าน ซึ่งข้าวมีความสูงเฉลี่ย 76 ± 6 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยแบ่งแปลงทดลองเป็นแปลงย่อยขนาด 10×12 เมตร เว้นระยะระหว่างแปลงย่อยแปลงละ 10 เมตร ในการทดลองนี้เลือกทำการทดลองในข้าว 2 ระยะการเจริญเติบโตดังกล่าวเนื่องจากเป็นระยะที่มีการระบาดและมีความถี่ในการพ่นสารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลบ่อยที่สุด (กรมการข้าว. 2556)

1.2 แผนการวิจัย วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 3 ซ้ำ มี 7 กรรมวิธี ดังนี้

1.2.1 พ่นด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลังแบบแรงดันน้ำสูง (HP) ด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้าย (Spray lance) ที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ที่อัตรา 60 - 70 ลิตรต่อไร่ แนวพ่นสาร 2 เมตร ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่แนะนำเดิม (HPSL1)

1.2.2 พ่นด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลังแบบแรงดันน้ำสูง (HP) ด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้าย (Spray lance) ที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร ที่อัตรา 100 - 130 ลิตรต่อไร่ แนวพ่นสาร 3 เมตร ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่เกษตรกรในพื้นที่ปฏิบัติ (HPSL2)

1.2.3 พ่นด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลังแบบใช้แรงลม (MB) ด้วยหัวฉีดแบบ Wizza ที่อัตรา 20 - 25 ลิตรต่อไร่ แนวพ่นสาร 4 เมตร ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่แนะนำเดิม (MBW)

1.2.4 พ่นด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลังแบบใช้แรงลม (MB) ด้วยหัวฉีดแบบ Air shear ที่อัตรา 20 - 25 ลิตรต่อไร่ แนวพ่นสาร 4 เมตร ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่เกษตรกรในพื้นที่ปฏิบัติ (MBA1)

1.2.5 พ่นด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลังแบบใช้แรงลม (MB) ด้วยหัวฉีดแบบ Air shear ที่อัตรา 20 - 25 ลิตรต่อไร่ แนวพ่นสาร 6 เมตร ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่เกษตรกรในพื้นที่ปฏิบัติ (MBA2)

1.2.6 พ่นด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพวยหลังแบบแรงดันน้ำสูง (HP) ประกอบคานหัวฉีด (Boom sprayer) ที่ติดตั้งหัวฉีดแบบพัด รุ่น XR 11001VS จำนวน 8 หัว ที่อัตรา 60 - 70 ลิตรต่อไร่ แนวพ่นสาร 4 เมตร ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่แนะนำใหม่ (HPBF)

1.2.7 พ่นด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพวยหลังแบบแรงดันน้ำสูง (HP) ประกอบคานหัวฉีด (Boom sprayer) ที่ติดตั้งหัวฉีดแบบกรวยกลวง รุ่น 1299-08 Lilac จำนวน 8 หัว ที่อัตรา 60 - 70 ลิตรต่อไร่ แนวพ่นสาร 4 เมตร ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่แนะนำใหม่ (HPBC)

ในการทดลองจะให้ผู้พ่นแต่ละคนพ่นสารตามการทำงานจริงในสภาพไร่ ซึ่งลักษณะในการเดินพ่นในการทดลองนี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะแรกในกรรมวิธีที่ 1, 4 และ 5 ผู้พ่นสารพ่นลักษณะเดินตรงไปข้างหน้าผ่านแนวต้นข้าวโดยแกว่งหัวฉีดไปทั้งทางด้านซ้ายและขวาในขณะพ่น (รูปที่ 4ก) ลักษณะที่ 2 ในกรรมวิธีที่ 2 และ 3 ผู้พ่นสารเดินพ่นอยู่เหนือลมห่างจากต้นข้าวประมาณ 50 เซนติเมตร (รูปที่ 4ข) และลักษณะสุดท้ายในกรรมวิธีที่ 6 และ 7 ผู้พ่นสาร 2 คน ถือคานหัวฉีดเดินพ่นในลักษณะเดินเข้าหาลม (Into wind direction) โดยยกคานหัวฉีดเหนือต้นข้าวประมาณ 50 เซนติเมตร (รูปที่ 4ค) สำหรับรายละเอียดการพ่นสารในการทดลองนี้ได้แสดงอยู่ในตารางที่ 1

1.3 ขั้นตอนการทดลอง

1.3.1 การวัดความหนาแน่นของละอองสารบนต้นข้าว

ทำการติดกระดาษ Chromolux ขนาด 1.5 x 10 เซนติเมตร ที่เขียนระบุกรรมวิธี ตำแหน่งและซ้ำไว้แล้วบนต้นข้าว เพื่อใช้ในฐานะของเป้าหมายเทียม (Artificial target) ก่อนการติดกระดาษจะทำการแบ่งต้นข้าวออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนของลำต้นและส่วนของใบ การติดกระดาษจะพับครึ่งกระดาษเพื่อแบ่งกระดาษเป็น 2 ด้านคือด้านเหนือลมและใต้ลม จากนั้นติดกระดาษบนส่วนของลำต้นใน 3 ระดับ ได้แก่ บริเวณส่วนล่าง (วัดจากระดับน้ำถึงระดับ 5 เซนติเมตรเหนือน้ำ) ส่วนกลาง (วัดจากระดับ 5 เซนติเมตรถึงระดับ 10 เซนติเมตรเหนือน้ำ) และส่วนบน (วัดจากระดับ 10 เซนติเมตรถึงระดับ 15 เซนติเมตรเหนือน้ำ) และส่วนของใบ 3 ระดับเช่นกัน ได้แก่ บริเวณส่วนล่าง (ใบแรกที่ติดกับลำต้น) ส่วนกลาง (ใบระดับกลางของลำต้น) และส่วนบน (ใบระดับที่สูงที่สุดของลำต้น) ติดกระดาษทุกกระยะ 50 เซนติเมตรใน 1 แปลงย่อยที่มีความกว้าง 12 เมตร จะสามารถติดกระดาษได้ทั้งหมด 25 ตำแหน่ง ในแต่ละตำแหน่งจะติดกระดาษตำแหน่งละ 6 จุด คือบริเวณลำต้น 3 จุด (ส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่างของลำต้น) และบริเวณใบ 3 จุด (ส่วนบน ส่วนกลางและส่วนล่างของใบที่อยู่บนลำต้น) ดังนั้นในแต่ละกรรมวิธีจะติดกระดาษทั้งสิ้น 450 ตัวอย่าง (25 ตำแหน่ง x 6 จุดต่อตำแหน่ง x 3 ซ้ำ) หลังติดกระดาษทำการพ่นสารละลายของสี Kingkol tartrazine เข้มข้น 1% ตามกรรมวิธี แล้วปล่อยให้ประมาณ 10 นาทีเพื่อให้สารละลายของสีแห้ง เมื่อสารละลายของสีแห้งนำกระดาษมานับจำนวนละอองสารด้วยระบบการวิเคราะห์รูป (Image analysis system) ซึ่งใช้โปรแกรมสำเร็จรูป imageJ ในการนำมาประยุกต์ใช้วัดความหนาแน่นของ

ละอองสาร เมื่อได้ข้อมูลความหนาแน่นแล้วนำมาจัดแบ่งระดับความหนาแน่นของละอองสารออกเป็น 11 ระดับ ดังนี้ (ดำรงและคณะ, 2551)

ระดับ 0 ไม่มีละอองสาร, ระดับ 1 มีละอองสาร 1 - 9, ระดับ 2 มีละอองสาร 10 - 19, ระดับ 3 มีละอองสาร 20 - 29, ระดับ 4 มีละอองสาร 30 - 39, ระดับ 5 มีละอองสาร 40 - 49, ระดับ 6 มีละอองสาร 50 - 59, ระดับ 7 มีละอองสาร 60 - 69, ระดับ 8 มีละอองสาร 70 - 79, ระดับ 9 มีละอองสาร 80 - 89, ระดับ 10 มีละอองสาร 90 - 99 และระดับ 11 มีละอองสาร ≥ 100 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

การบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลระดับความหนาแน่นของละอองสารบนส่วนต่างๆ ของต้นข้าว มาทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

1.3.2 การวัดปริมาณการตกค้างและความสม่ำเสมอของละอองสารบนต้นข้าว

พ่นสารละลายของสีชนิดและความเข้มข้นเกี่ยวกับการทดลองที่ 1.3.1 หลังจากพ่นสีทดลองตามกรรมวิธีแล้ว ทิ้งให้แห้งประมาณ 30 นาที ทำการเก็บตัวอย่างข้าวทุกระยะ 50 เซนติเมตร โดยใน 1 แปลงย่อยจะเก็บต้นข้าวทั้งหมด 25 ตำแหน่งๆ ละ 10 ต้น รวมตัวอย่างที่เก็บ 250 ต้นต่อแปลงย่อย ดังนั้นในแต่ละกรรมวิธีจะเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 750 ต้น (25 ตำแหน่ง x ตำแหน่งละ 10 ต้น x 3 ซ้ำ) ตัวอย่างทั้งหมดจะทำการตัดแยกเอาส่วนต้นและใบแยกกันใส่ในถุงพลาสติกที่เขียนระบุกรรมวิธี ตำแหน่งและซ้ำไว้แล้ว ปิดถุงให้สนิทและเก็บไว้ในกล่องกันแสง อุลตราไวโอเลตเพื่อป้องกันการสลายตัวของสี เมื่อตัวอย่างถึงห้องทดลอง นำตัวอย่างที่ได้นำมาล้างสีด้วยน้ำสะอาด ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปล่อยให้แห้งให้ตกตะกอน กรองตะกอนแล้วดูดสารละลายสีใส่ไว้ในหลอดแก้วขนาด 3 มิลลิลิตรเขียนระบุกรรมวิธี ตำแหน่งและซ้ำไว้แล้ว จากนั้นนำไปวัดค่าความเข้มแสง (Optical density) ด้วยเครื่อง Colorimeter ที่ค่าดูดกลืนแสง 470 นาโนเมตร นอกจากนี้เพื่อให้ทราบถึงพื้นที่ใบที่แท้จริงในการที่จะนำมาคำนวณการตกค้างของละอองสารต่อพื้นที่บนต้นข้าว การทดลองนี้จะใช้การประมาณค่าสัดส่วนน้ำหนักต่อพื้นที่ใบ (King et al., 1996; Cunningham and Harden, 1999; Wechakit, 2009) การสร้างสมการจะใช้การชั่งน้ำหนักต้นข้าวซึ่งแยกระหว่างใบและลำต้น จากนั้นจะชั่งน้ำหนักแยกระหว่างต้นและใบนำตัวอย่างที่ได้มาซึ่งโดยแบ่งน้ำหนักเป็น 10 ระดับๆ ละ 10 กรัม (10, 20, 30... - 100 กรัม) ระดับละ 10 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 100 ตัวอย่างต่อกรรมวิธี เมื่อได้ตัวอย่างข้าวตามน้ำหนักที่ต้องการแล้วในแต่ละระดับแล้ว นำมาวัดพื้นที่ผิวของต้นและใบจริงโดยด้วยระบบการวิเคราะห์รูป (Image analysis system) ซึ่งใช้โปรแกรมสำเร็จรูป imageJ เพื่อสร้างสมการถดถอย (Regression equation) และหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับพื้นที่ของลำต้นและใบ ซึ่งค่าที่ได้จะมีหน่วยเป็นนาโนกรัมต่อกรัมของน้ำหนักข้าวของสารละลายสีที่ตกค้างบนลำต้นและใบของต้นข้าว

การบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล

บันทึกข้อมูลการตกค้างของละอองสารบนต้นข้าวซึ่งมีหน่วยเป็นนาโนกรัมต่อกรัมของน้ำหนักข้าว มาทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) สำหรับความสม่ำเสมอของละอองสารบนต้นข้าวจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (Coefficient of the Variance (CV)) ซึ่งคำนวณจากสัดส่วนระหว่างค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเฉลี่ยของการตกค้างของละอองสารบนต้นข้าว

1.3.3 การวัดปริมาณการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้พ่น

ทำการทดลองโดยแบ่งแปลงทดลองเป็นแปลงย่อยขนาด 40 x 25 เมตร เว้นระยะห่างระหว่างแปลงย่อยแปลงละ 10 เมตร

การวัดปริมาณการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้พ่นใช้วิธีการติดแผ่นกระดาษเซลลูโลส (patch method) ขนาด 10 x 10 เซนติเมตร ลงบนชุดพ่นสารในตำแหน่งต่างๆ ดังนี้ บริเวณหน้าแข้ง ด้านซ้ายและขวา บริเวณหน้าขา ด้านซ้ายและขวา บริเวณท้องด้านซ้ายและขวา บริเวณหน้าอกด้านซ้ายและขวา บริเวณมือซ้ายและขวา บริเวณแขนซ้ายและขวา บริเวณปาก และบริเวณหน้าผาก และบริเวณหลังรวมทั้งหมด 15 จุดบนตัวผู้พ่น (รูปที่ 4) (WHO, 1982; OECD, 1997; Wicke et al., 1999) จากนั้นทำการพ่นสีพ่นทดลอง ชนิดและความเข้มข้นเดียวกับการทดลองที่ 1.3.1 โดยทุกกรรมวิธีจะพ่นสารในเวลาเท่ากันคือ 8 นาที (Wicke et al., 1999; WHO, 1982) พ่นกรรมวิธีละ 3 ครั้ง หลังจากการพ่นทดลอง นำตัวอย่างมาวัดปริมาณการตกค้างของสารละลายสีโดยปฏิบัติเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.3.2 ค่าที่ได้มีหน่วยเป็นนาโนกรัมต่อตารางเซนติเมตร ของสารละลายสีที่ตกค้างที่ตำแหน่งต่างๆ บนร่างกายผู้พ่น

การบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล

บันทึกปริมาณการตกค้างของละอองบนแผ่นกระดาษเซลลูโลส โดยมีหน่วยเป็นนาโนกรัมต่อตารางเซนติเมตรของแผ่นกระดาษเซลลูโลสที่ติด ณ ตำแหน่งต่างๆ บนร่างกายผู้พ่น หลังจากได้ค่านี้จะนำค่าที่ได้มาประมาณเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารบนส่วนต่างๆ ของร่างกายผู้พ่น โดยคำนวณจากการนำค่าปริมาณการตกค้างของละอองบนแผ่นกระดาษเซลลูโลส คูณด้วยค่าพื้นที่ผิวมาตรฐานของร่างกายตามมาตรฐานของ OECD guidelines (OECD, 1997) ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 2 ค่าที่ได้จะนำมาเทียบเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารบนส่วนต่างๆ ของร่างกายผู้พ่น

2. การทดลองทางด้านประสิทธิภาพ (ปี 2557)

การทดลองทางด้านประสิทธิภาพในปี 2557 แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

2.1 การทดสอบประสิทธิภาพของกรรมวิธีการพ่นแบบต่างๆ ด้วยวิธี bioassays ในสภาพ

กึ่งแปลงทดลอง

2.1.1 การสำรวจเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

สำรวจแปลงเกษตรกรที่เริ่มพบปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลอพยพเข้ามาในแปลงปลูกในช่วงข้าวอายุ 30 และ 60 วันหลังหว่านที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน ที่อำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี จากนั้นทำการแบ่งแปลงย่อยขนาด 12 x 6 เมตร เว้นระยะระหว่างแปลงย่อยแปลงละ 2 เมตร วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block มี 4 ซ้ำ

2.1.2 การเตรียมประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

เก็บรวบรวมประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากแปลงนาเกษตรกรที่จะทำการทดลอง โดยใช้สวิงโฉบแมลง ปล่องในกรงเลี้ยงแมลงและคัดเลือกเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ค่อนข้างแข็งแรงโดยใช้หลอดดูดแมลง (Aspirator) จำนวน 100 ตัวต่อพื้นที่ แล้วปล่องในกรงที่เตรียมไว้สำหรับให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลวางไข่ ที่มีต้นกล้าข้าวพันธุ์อ่อนแอ กข 7 อายุประมาณ 7 - 10 วัน เพื่อนำไปเลี้ยงขยายปริมาณในโรงเรือนเลี้ยงแมลงโดยเรียกสายพันธุ์นี้ว่าสายพันธุ์สุพรรณบุรี (พื้นที่ทำการทดลอง)

2.1.3 การทดสอบประสิทธิภาพของกรรมวิธีการพ่นแบบต่างๆ

การทดสอบประสิทธิภาพจะเลือกจากกรรมวิธีการพ่นที่มีความหนาแน่นและการตกค้างของละอองสารบนต้นข้าวสูงสุด แต่มีการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้พ่นต่ำสุดที่ได้จากการทดลองทางกายภาพ ในแต่ละระยะการเติบโตของข้าวมาทำการทดสอบ ซึ่งเลือกจากกรรมวิธีที่แนะนำเดิม กรรมวิธีที่แนะนำใหม่ และกรรมวิธีที่เกษตรกรในพื้นที่ปฏิบัติ 5 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธี HPSL1, HPSL2, HPBC, MBW และ MBA1 ในข้าวอายุ 30 วันหลังหว่าน และกรรมวิธี HPSL1, HPSL2, HPBF, MBW และ MBA1 ในข้าวอายุ 60 วันหลังหว่าน ตามลำดับการทดลองทำโดยนำต้นข้าวพันธุ์พุ่มธานีที่ปลูกลงในกระถางไว้ล่วงหน้า 30 และ 60 วัน โดยในแต่ละกระถางจะปลูกข้าว 10 ต้น ก่อนทำการทดลองเขียนระบุกรรมวิธีและซ้ำบนกระถาง จากนั้นนำกระถางต้นข้าวไปวางไว้ในโรงเรือนเลี้ยงแมลงแล้วพ่นสารฆ่าแมลงตามกรรมวิธี โดยเลือกใช้สารฆ่าแมลงตามคำแนะนำของกลุ่มกีฏและสัตววิทยา (กลุ่มกีฏและสัตววิทยา, 2553) ซึ่งในการทดลองนี้ ได้แก่ สารฆ่าแมลง dinotefuran 10 % WP อัตรา 20 กรัมผลิตภัณฑ์ต่อน้ำ 20 ลิตร สำหรับการทดลองจะวางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ มี 5 กรรมวิธี โดยให้ต้นข้าว 4 กระถางเป็น 1 ซ้ำ หลังการพ่นสารเก็บกระถางต้นข้าว นำกลับเข้ามายังห้องปฏิบัติการ เมื่อมาถึงห้องปฏิบัติการทำการปล่อยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ได้จากข้อ 2.1.2 จำนวน 20 ตัว ลงในแต่ละกระถางแล้วครอบด้วยกรวยพลาสติก เก็บไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิ 25 ± 2 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 60 - 70 % ช่วงแสง 16 : 8 ชั่วโมง (สว่าง : มืด) ปล่อยให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลดูดน้ำเลี้ยงจากต้นข้าว เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (control) ที่กระถางต้นข้าวไม่มีการพ่นสาร

การบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการบันทึกการตายที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ถ้าเฉลี่ยระยะโดดสีน้ำตาล ในชุดควบคุม (control) มีการตายเกิน 10 % จะทำการทดลองใหม่ นำข้อมูลการตายของเฉลี่ยระยะโดดสีน้ำตาล มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

2.2 การทดสอบความต้านทานของเฉลี่ยระยะโดดสีน้ำตาลในพื้นที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพในสภาพแปลงทดลองโดยวิธี Topical bioassay

นำตัวเต็มวัยแมลงอายุ 2 - 3 วัน สายพันธุ์สุพรรณบุรี (พื้นที่ทำการทดลอง) ที่เลี้ยงขยายปริมาณไว้จากการทดลองที่ 2.1.2 และสายพันธุ์อ่อนแอที่ได้รับจากกรมการข้าวมาทำให้สลบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จำนวน 10 ตัวต่อซ้ำ ทำทั้งหมด 6 ซ้ำจากนั้นหยดสารละลายสารฆ่าแมลงโดยใช้เครื่องหยดสาร Hamilton Dispenser สำหรับสารฆ่าแมลงที่ใช้จะใช้สาร dinotefuran 10 % WP ความเข้มข้นตามแนะนำ โดยจะทำการหยดสารละลายปริมาณ 0.24 ไมโครลิตรต่อตัว นำเฉลี่ยระยะโดดสีน้ำตาลที่ได้รับสารมาปล่อยลงบนต้นกล้าข้าวพันธุ์อ่อนแอ กข 7 ซึ่งเตรียมไว้ในกระบอกพลาสติกใสสำหรับเป็นอาหารให้เฉลี่ยระยะโดดสีน้ำตาล โดยปล่อยเฉลี่ยระยะโดดสีน้ำตาลจำนวน 10 ตัวต่อกระบอก (ซ้ำ) จากนั้นนำไปเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิ

การบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล

ตรวจนับจำนวนแมลงตายหลังได้รับสารนาน 24 ชั่วโมง ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ Probit เพื่อหาค่าความเป็นพิษ (LD₅₀) ด้วยโปรแกรม Polo Plus 2.0 แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าสัดส่วนความต้านทาน (Resistance ratio) ระหว่างสายพันธุ์สุพรรณบุรี (พื้นที่ทำการทดลอง) และสายพันธุ์อ่อนแอ

2.3 การทดสอบประสิทธิภาพของกรรมวิธีการพ่นแบบต่างๆ ในสภาพแปลงทดลอง

ทำการทดสอบในแปลงที่เตรียมไว้ข้างต้น ก่อนทำการทดสอบทำการตรวจนับจำนวนแมลง ด้วยวิธีสุ่มนับโดยตรง ตามแนวเส้นทแยงมุมของแปลง มุม 2 ด้าน ด้านละ 10 จุด ห่างจากขอบแปลง 50 เซนติเมตร โดยใช้มือโน้มต้นข้าว 2 - 3 ครั้ง นับก่อนใช้สารฆ่าแมลง 1 วัน และหลังจากใช้สารฆ่าแมลง 3, 5 และ 7 วัน เริ่มพ่นเมื่อสุ่มนับและพบจำนวนเฉลี่ยระยะโดดสีน้ำตาลถึงระดับเศรษฐกิจคือ 10 ตัวต่อจุด หรือ 1 ตัวต่อข้าว 1 ต้น จึงทำการพ่นสารฆ่าแมลงแต่ละกรรมวิธี

การบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล

บันทึกจำนวนตัวอ่อนและตัวแก่ของเฉลี่ยระยะโดดสีน้ำตาล มาทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติในกรณีจำนวนเฉลี่ยระยะโดดสีน้ำตาลก่อนพ่นสารไม่แตกต่างกันทางสถิติจะวิเคราะห์ข้อมูลหลังพ่นสารฆ่าแมลงด้วยวิธี Analysis of Variance กรณีจำนวนเฉลี่ยระยะโดดสีน้ำตาลก่อนพ่นสารแตกต่างกันทางสถิติ วิเคราะห์ข้อมูลหลังพ่นสารด้วยวิธี Analysis of Covariance และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

หาเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพแต่ละกรรมวิธีโดยใช้สูตรของ Henderson-Tilton (Puntener, 1992) คือ

$$\text{efficacy \%} = \left(1 - \frac{n \text{ in C before treatment} * n \text{ in T after treatment}}{n \text{ in C after treatment} * n \text{ in T before treatment}} \right) * 100$$

หมายเหตุ	n	=	Insect population
	T	=	Treated
	C	=	Control

เวลาและสถานที่

ระหว่างเดือนมีนาคม 2556 - สิงหาคม 2557

แปลงเกษตรกรที่ อำเภอดงหลวงบางนางบัว และอำเภอสรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การทดลองทางด้านกายภาพ (ปี 2556)

ในระหว่างทำการทดลองความเร็วลมมีค่าค่อนข้างคงที่คือมีความเร็วลมเฉลี่ย 1.1 ± 0.4 และ 1.0 ± 0.3 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิเฉลี่ย $26 \pm 2^{\circ}\text{C}$ และ $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ และความชื้นสัมพัทธ์ (RH %) มีค่าเฉลี่ย $75 \pm 4\%$ และ $71 \pm 3\%$ ในช่วงที่ระยะ 30 และ 60 วันหลังหว่าน ตามลำดับ ซึ่งเป็นสภาพอากาศที่เหมาะสมต่อการพ่นสาร

1.1 ความหนาแน่นของละอองสารบนต้นข้าว

ข้าวที่ระยะ 30 วันหลังหว่าน (ตารางที่ 3)

ส่วนลำต้นของข้าวที่ระยะ 30 วันหลังหว่าน พบว่าบริเวณส่วนล่างพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ย อยู่ระหว่าง $16.3 \pm 5.9 - 97.3 \pm 11.7$ และ $9.7 \pm 2.5 - 41.3 \pm 8.3$ ละอองต่อตารางเซนติเมตรที่บริเวณเหนือ ลมและใต้ลม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีพบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลม ด้วยหัวฉีดแบบ Wizza (MBW) พบความหนาแน่นของละอองสารบริเวณเหนือลมสูงสุดเฉลี่ย 97.3 ± 11.7 ละออง ต่อตารางเซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดติดตั้งหัวฉีดทั้ง 2 กรรมวิธี (HPBF และ HPBC) ซึ่งพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $84.0 \pm 5.0 - 94.7 \pm 2.5$ ละอองต่อตาราง เซนติเมตร โดยทั้ง 3 กรรมวิธีพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ยมากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ กับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงทั้ง 2 กรรมวิธี (HPSL1 และ HPSL2) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีดแบบ Air shear ทั้ง 2 กรรมวิธี (MBA1 และ MBA2) ซึ่งพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ย $56.7 \pm 13.3, 33.7 \pm 7.6, 16.7 \pm 11.6$ และ 16.3 ± 5.9 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับบริเวณใต้ลมพบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดติดตั้ง หัวฉีดแบบกรวยกลวง (HPBC) พบความหนาแน่นของละอองสารบริเวณใต้ลมสูงสุดเฉลี่ย 41.3 ± 8.3 ละอองต่อ

ตารางเซนติเมตร มากกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่น ด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงทั้ง 2 กรรมวิธี (HPSL1 และ HPSL2) กรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบ ใช้แรงลมทั้ง 3 กรรมวิธี (MBW, MBA1 และ MBA2) และกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดติดตั้งหัวฉีดแบบพัด (HPBF) ซึ่งพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ย 9.7 ± 2.5 , 16.7 ± 3.1 , 23.7 ± 6.5 , 11.7 ± 2.5 , 12.7 ± 5.5 และ 25.7 ± 2.5 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

บริเวณส่วนกลางพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 41.7 ± 3.5 - 104.3 ± 4.2 และ 8.3 ± 4.0 - 42.7 ± 9.3 ละอองต่อตารางเซนติเมตรที่บริเวณเหนือลมและใต้ลม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง กรรมวิธีพบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีดแบบ Wizza (MBW) พบความหนาแน่นของละอองสารบริเวณเหนือลมสูงสุดเฉลี่ย 104.3 ± 4.2 ละอองต่อตารางเซนติเมตร มากกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงทั้ง 2 กรรมวิธี (HPSL1 และ HPSL2) กรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีดแบบ Air shear ทั้ง 2 กรรมวิธี (MBA1 และ MBA2) และกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดทั้ง 2 กรรมวิธี (HPBF และ HPBC) ซึ่งพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ย 59.7 ± 9.5 , 51.7 ± 4.2 , 42.3 ± 5.7 , 41.7 ± 3.5 , 92.3 ± 3.1 และ 81.3 ± 2.3 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับบริเวณใต้ลมพบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดติดตั้งหัวฉีดแบบกรวยกลวง (HPBC) พบความหนาแน่นของละอองสารบริเวณใต้ลมสูงสุดเฉลี่ย 42.7 ± 9.3 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร (HPSL2) กรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมทั้ง 3 กรรมวิธี (MBW, MBA1 และ MBA2) และกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดติดตั้งหัวฉีดแบบพัด (HPBF) ซึ่งพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ย 34.7 ± 9.9 , 41.3 ± 16.5 , 36.3 ± 10.4 , 35.5 ± 9.5 และ 30.3 ± 6.8 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ โดยทั้ง 6 กรรมวิธีพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ยมากกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 มิลลิเมตร (HPSL1) ซึ่งพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ย 8.3 ± 4.0 ละอองต่อตารางเซนติเมตร

บริเวณส่วนบนพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 61.0 ± 12.5 - 105.7 ± 4.5 และ 39.3 ± 3.5 - 62.0 ± 27.8 ละอองต่อตารางเซนติเมตรที่บริเวณเหนือลมและใต้ลม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง กรรมวิธีพบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีดแบบ Wizza (MBW) พบความหนาแน่นของละอองสารบริเวณเหนือลมสูงสุดเฉลี่ย 105.7 ± 4.5 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดติดตั้งหัวฉีดแบบพัด (HPBF) ซึ่งพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ย 98.3 ± 5.5 ละอองต่อตารางเซนติเมตร แต่มากกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบ

ปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงทั้ง 2 กรรมวิธี (HPSL1 และ HPSL2) กรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีดแบบ Air shear ทั้ง 2 กรรมวิธี (MBA1 และ MBA2) และกรรมวิธีการพ่นสารด้วยคานหัวฉีดติดตั้งหัวฉีดแบบกรวยกลวง (HPBC) ซึ่งพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ย 61.7 ± 0.6 , 78.0 ± 19.9 , 61.0 ± 12.5 , 61.7 ± 9.6 และ 82.7 ± 5.0 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับบริเวณใต้ลมพบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีดแบบ Air shear (MBA2) พบความหนาแน่นของละอองสารบริเวณใต้ลมสูงสุดเฉลี่ย 62.0 ± 27.8 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร (HPSL2) กรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมทั้ง 2 กรรมวิธี (MBW และ MBA1) และกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดติดตั้งหัวฉีดทั้ง 2 กรรมวิธี (HPBF และ HPBC) ซึ่งพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ย 55.3 ± 9.5 , 59.0 ± 13.1 , 60.0 ± 27.9 , 39.3 ± 3.5 และ 45.7 ± 4.7 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ โดยทั้ง 6 กรรมวิธีพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ยมากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 มิลลิเมตร (HPSL1) ซึ่งพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ย 17.0 ± 13.5 ละอองต่อตารางเซนติเมตร

ส่วนใบของข้าวที่ระยะ 30 วันหลังหว่าน พบว่าบริเวณส่วนล่างพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 70.3 ± 1.2 - 104.3 ± 3.5 และ 31.7 ± 24.1 - 66.7 ± 26.8 ละอองต่อตารางเซนติเมตรที่บริเวณเหนือลมและใต้ลม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีพบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีดแบบ Wizza (MBW) พบความหนาแน่นของละอองสารบริเวณเหนือลมสูงสุดเฉลี่ย 104.3 ± 3.5 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดทั้ง 2 กรรมวิธี (HPBF และ HPBC) ซึ่งพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ย 103.3 ± 5.5 และ 85.3 ± 5.6 ละอองต่อตารางเซนติเมตร แต่มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงทั้ง 2 กรรมวิธี (HPSL1 และ HPSL2) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีดแบบ Air shear ทั้ง 2 กรรมวิธี (MBA1 และ MBA2) ซึ่งพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ย 78.0 ± 12.2 , 81.7 ± 23.1 , 70.3 ± 1.2 และ 73.7 ± 7.6 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับบริเวณใต้ลมพบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีดแบบ Air shear (MBA2) พบความหนาแน่นของละอองสารบริเวณใต้ลมสูงสุดเฉลี่ย 66.7 ± 26.8 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยหัวฉีดแบบ Air shear (MBA1) และกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร (HPSL2) ซึ่งพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ย 64.7 ± 26.1 และ 58.0 ± 7.8 ละอองต่อตารางเซนติเมตร แต่มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 มิลลิเมตร

(HPSL1) กรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีดแบบ Wizza (MBW) และกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดทั้ง 2 กรรมวิธี (HPBF และ HPBC) ซึ่งพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ย 31.7 ± 24.1 , 52.3 ± 19.7 , 37.0 ± 10.1 และ 41.7 ± 9.9 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับบริเวณส่วนกลางพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 76.3 ± 8.5 - 106.3 ± 4.5 และ 39.7 ± 27.1 - 69.3 ± 24.8 ละอองต่อตารางเซนติเมตรที่บริเวณเหนือลมและใต้ลม ตามลำดับ และบริเวณส่วนบนพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 74.3 ± 17.0 - 107.3 ± 4.5 และ 39.0 ± 25.1 - 72.3 ± 2.1 ละอองต่อตารางเซนติเมตรที่บริเวณเหนือลมและใต้ลม ตามลำดับ ซึ่งความหนาแน่นของละอองสารทั้ง 2 บริเวณนี้ไม่แตกต่างทางสถิติ

ข่าวที่ระยะ 60 วันหลังหว่าน (ตารางที่ 4)

ส่วนลำต้นของข้าวที่ระยะ 60 วันหลังหว่าน พบว่าบริเวณส่วนล่างพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 11.0 ± 2.0 - 65.0 ± 15.9 และ 7.7 ± 6.7 - 38.7 ± 19.3 ละอองต่อตารางเซนติเมตรที่บริเวณเหนือลมและใต้ลม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีพบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดติดตั้งหัวฉีดแบบพัด (HPBF) พบความหนาแน่นของละอองสารบริเวณเหนือลมสูงสุดเฉลี่ย 65.0 ± 15.9 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดติดตั้งหัวฉีดแบบกรวยกลวง (HPBC) ซึ่งพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ย 55.0 ± 8.9 ละอองต่อตารางเซนติเมตร โดยทั้ง 2 กรรมวิธีพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ยมากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงทั้ง 2 กรรมวิธี (HPSL1 และ HPSL2) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมทั้ง 3 กรรมวิธี (MBW, MBA1 และ MBA2) ซึ่งพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ย 19.7 ± 7.2 , 22.0 ± 6.1 , 34.0 ± 20.8 , 13.3 ± 3.1 และ 11.0 ± 2.0 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับบริเวณใต้ลมพบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดติดตั้งหัวฉีดแบบพัด (HPBF) พบความหนาแน่นของละอองสารสูงสุดเฉลี่ย 38.7 ± 19.3 ละอองต่อตารางเซนติเมตร มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงทั้ง 2 กรรมวิธี (HPSL1 และ HPSL2) กรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมทั้ง 3 กรรมวิธี (MBW, MBA1 และ MBA2) และกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดติดตั้งหัวฉีดแบบกรวยกลวง (HPBC) ซึ่งพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ย 16.7 ± 2.5 , 7.7 ± 6.7 , 14.3 ± 6.8 , 9.0 ± 1.7 , 8.0 ± 0.6 และ 23.3 ± 3.2 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับบริเวณส่วนกลางพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 30.0 ± 7.0 - 67.7 ± 15.0 ละอองต่อตารางเซนติเมตรที่บริเวณเหนือลมไม่แตกต่างทางสถิติ แต่บริเวณใต้ลมพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 12.7 ± 5.5 - 48.0 ± 9.8 ละอองต่อตารางเซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีพบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดติดตั้งหัวฉีดแบบกรวยกลวง (HPBC) พบความหนาแน่นของละอองสารบริเวณใต้ลมสูงสุดเฉลี่ย 48.0 ± 9.8 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดติดตั้งหัวฉีดแบบพัด (HPBF) ซึ่งพบความ

หนาแน่นของละอองสารเฉลี่ย 47.7 ± 6.5 ละอองต่อตารางเซนติเมตร โดยทั้ง 2 กรรมวิธีพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ยมากกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงทั้ง 2 กรรมวิธี (HPSL1 และ HPSL2) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมทั้ง 3 กรรมวิธี (MBW, MBA1 และ MBA2) ซึ่งพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ย 16.7 ± 1.2 , 12.7 ± 5.5 , 27.0 ± 21.8 , 16.3 ± 0.6 และ 18.0 ± 2.6 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และบริเวณส่วนบนพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $47.0 \pm 13.5 - 73.0 \pm 25.9$ และ $24.3 \pm 6.8 - 55.0 \pm 19.5$ ละอองต่อตารางเซนติเมตรที่บริเวณเหนือลมและใต้ลม ตามลำดับ ซึ่งความหนาแน่นของละอองสารทั้ง 2 บริเวณนี้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ส่วนใบของข้าวที่ระยะ 60 วันหลังหว่าน พบว่าบริเวณส่วนล่างพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $57.7 \pm 14.5 - 85.0 \pm 10.6$ และ $27.0 \pm 3.5 - 51.3 \pm 11.6$ ละอองต่อตารางเซนติเมตรที่บริเวณเหนือลมและใต้ลม ตามลำดับ สำหรับบริเวณส่วนกลางพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $49.3 \pm 16.6 - 95.7 \pm 2.1$ และ $41.0 \pm 10.5 - 64.3 \pm 16.7$ ละอองต่อตารางเซนติเมตรที่บริเวณเหนือลมและใต้ลม ตามลำดับ และบริเวณส่วนบนพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $80.7 \pm 9.0 - 101.7 \pm 2.5$ และ $47.3 \pm 9.3 - 74.3 \pm 6.8$ ละอองต่อตารางเซนติเมตรที่บริเวณเหนือลมและใต้ลม ตามลำดับ ซึ่งความหนาแน่นของละอองสารทั้ง 3 บริเวณนี้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

1.2 การตกค้างและความสม่ำเสมอของละอองสารบนต้นข้าว (ตารางที่ 5)

ส่วนลำต้นของข้าวที่ระยะ 30 วันหลังหว่าน พบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดติดตั้งหัวฉีดแบบกรวยกลวง (HPBC) พบการตกค้างของละอองสารสูงสุดเฉลี่ย 2.83 ± 0.40 นาโนกรัมต่อกรัมของน้ำหนักข้าว ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร (HPSL2) ซึ่งพบการตกค้างของละอองสารเฉลี่ย 2.38 ± 0.89 นาโนกรัมต่อกรัมของน้ำหนักข้าว แต่มากกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 มิลลิเมตร (HPSL1) กรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมทั้ง 3 กรรมวิธี (MBW, MBA1 และ MBA2) และกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดติดตั้งหัวฉีดแบบพัด (HPBF) ซึ่งพบการตกค้างของละอองสารเฉลี่ย 1.13 ± 0.38 , 0.74 ± 0.15 , 0.40 ± 0.08 , 0.29 ± 0.11 และ 1.65 ± 0.27 นาโนกรัมต่อกรัมของน้ำหนักข้าว ตามลำดับ

ส่วนใบของข้าวที่ระยะ 30 วันหลังหว่าน พบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร (HPSL2) พบการตกค้างของละอองสารสูงสุดเฉลี่ย 11.20 ± 4.56 นาโนกรัมต่อกรัมของน้ำหนักข้าว ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดติดตั้งหัวฉีดแบบกรวยกลวง (HPBC) ซึ่งพบการตกค้างของละอองสารเฉลี่ย 8.02 ± 1.07 นาโนกรัมต่อกรัมของน้ำหนัก

ข้าว แต่มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดติดตั้งหัวฉีดแบบพัด (HPBF) กรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 มิลลิเมตร (HPSL1) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมทั้ง 3 กรรมวิธี (MBW, MBA1 และ MBA2) ซึ่งพบการตกค้างของละอองสารเฉลี่ย 7.28 ± 1.51 , 6.84 ± 3.36 , 2.69 ± 1.13 , 2.32 ± 1.20 และ 2.22 ± 1.07 นาโนกรัมต่อกรัมของน้ำหนักข้าว ตามลำดับ

ส่วนลำต้นของข้าวที่ระยะ 60 วันหลังหว่าน พบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดติดตั้งหัวฉีดแบบพัด (HPBF) พบการตกค้างของละอองสารสูงสุดเฉลี่ย 1.29 ± 0.17 นาโนกรัมต่อกรัมของน้ำหนักข้าว ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงทั้ง 2 กรรมวิธี (HPSL1 และ HPSL2) ซึ่งพบการตกค้างของละอองสารเฉลี่ย 0.88 ± 0.24 และ 0.99 ± 0.53 นาโนกรัมต่อกรัมของน้ำหนักข้าว ตามลำดับ แต่มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดติดตั้งหัวฉีดแบบกรวยกลวง (HPBC) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมทั้ง 3 กรรมวิธี (MBW, MBA1 และ MBA2) ซึ่งพบการตกค้างของละอองสารเฉลี่ย 0.71 ± 0.19 , 0.35 ± 0.13 , 0.29 ± 0.16 และ 0.21 ± 0.13 นาโนกรัมต่อกรัมของน้ำหนักข้าว ตามลำดับ

ส่วนใบของข้าวที่ระยะ 60 วันหลังหว่าน พบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร (HPSL2) พบการตกค้างของละอองสารสูงสุดเฉลี่ย 6.34 ± 1.98 นาโนกรัมต่อกรัมของน้ำหนักข้าว มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 มิลลิเมตร (HPSL1) กรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดทั้ง 2 กรรมวิธี (HPBF และ HPBC) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมทั้ง 3 กรรมวิธี (MBW, MBA1 และ MBA2) ซึ่งพบการตกค้างของละอองสารเฉลี่ย 3.95 ± 1.29 , 1.33 ± 0.38 , 1.24 ± 0.56 , 1.16 ± 0.51 , 3.61 ± 0.95 และ 3.92 ± 0.94 นาโนกรัมต่อกรัมของน้ำหนักข้าว ตามลำดับ

สำหรับการวิเคราะห์ความสม่ำเสมอในการตกค้างของละอองสารบนลำต้นและใบโดยการใช้ค่า CVs ซึ่งในกรณีนี้ค่า CVs ยิ่งมีค่าต่ำจะยิ่งแสดงถึงความสม่ำเสมอในการกระจายตัวของการตกค้างของละอองสาร จากการทดลองพบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดทั้ง 2 กรรมวิธี มีความสม่ำเสมอในการตกค้างของละอองสารสูง โดย CVs มีค่าอยู่ระหว่าง 13.46 - 27.55 ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่ากรรมวิธีการพ่นโดยใช้เครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลังแบบแรงดันน้ำสูงประกอบก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงทั้ง 2 กรรมวิธี ซึ่งมีค่า CVs อยู่ระหว่าง 26.82 - 54.17 และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลังแบบใช้แรงลมด้วยทั้ง 3 กรรมวิธี ซึ่งมีค่า CVs อยู่ระหว่าง 21.79 - 62.45)

1.3 การวัดปริมาณการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้พ่น (ตารางที่ 6 และ 7)

จากผลการทดลองในทั้ง 2 ระยะการเติบโตของข้าวให้ผลที่สอดคล้องกันคือการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้พ่นขึ้นอยู่กับทิศทางในการเดินพ่น โดยกรรมวิธีที่พ่นสารในลักษณะเดินตรงไปข้างหน้าผ่านแนวต้นข้าวโดยแกว่งหัวฉีดไปทั้งทางด้านซ้ายและขวาในขณะพ่น ซึ่งได้แก่กรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร (HPSL2) พบการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้พ่นสูงสุดเฉลี่ย 109.5 ± 14.4 และ 272.6 ± 25.7 นาโนกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในข้าวที่ระยะ 30 และ 60 วันหลังหว่าน ตามลำดับ รองลงมาได้แก่กรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีดแบบ Air shear ทั้ง 2 กรรมวิธี (MBA1 และ MBA2) ซึ่งพบการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้พ่นเฉลี่ย 36.0 ± 1.9 และ 30.5 ± 1.6 นาโนกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในข้าวที่ระยะ 30 วันหลังหว่าน และพบการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้พ่นเฉลี่ย 93.6 ± 13.6 และ 82.8 ± 12.0 นาโนกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในข้าวที่ระยะ 60 วันหลังหว่าน ตามลำดับ ในขณะที่การเดินพ่นอีก 2 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะการพ่นที่ผู้พ่นสารเดินพ่นอยู่เหนือลมห่างจากต้นข้าวประมาณ 50 เซนติเมตร จากกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 มิลลิเมตร (HPSL1) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีดแบบ Wizza (MBW) พบการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้พ่นเฉลี่ย 6.9 ± 0.4 และ 4.6 ± 0.5 นาโนกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในข้าวที่ระยะ 30 วันหลังหว่าน และพบการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้พ่นเฉลี่ย 5.0 ± 0.7 และ 4.8 ± 0.4 นาโนกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในข้าวที่ระยะ 60 วันหลังหว่าน ตามลำดับ และอีกลักษณะ ได้แก่ ลักษณะที่ผู้พ่นสาร 2 คน ถือคานหัวฉีดเดินพ่นในลักษณะเดินเข้าหาลม โดยยกคานหัวฉีดเหนือต้นข้าวประมาณ 50 เซนติเมตร จากกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดทั้ง 2 ชนิด (HPBF และ HPBC) พบการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้พ่นเฉลี่ย 13.1 ± 2.4 และ 11.0 ± 1.3 นาโนกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในข้าวที่ระยะ 30 วันหลังหว่าน และพบการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้พ่นเฉลี่ย 8.4 ± 1.7 และ 6.8 ± 1.6 นาโนกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในข้าวที่ระยะ 60 วันหลังหว่าน ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างลักษณะทิศทางพ่นทั้ง 3 ลักษณะแล้ว พบว่าการพ่นในลักษณะเดินตรงไปข้างหน้าผ่านแนวต้นข้าวโดยแกว่งหัวฉีดไปทั้งทางด้านซ้ายและขวาในขณะพ่นจะพบการตกค้างของละอองสารบนตัวผู้พ่นมากกว่าการพ่นใน 2 ลักษณะหลังถึง 2 เท่าในข้าวที่ระยะ 30 วันหลังหว่าน และมากกว่าถึง 9 เท่าในข้าวที่ระยะ 60 วันหลังหว่าน ตามลำดับ

ประมาณเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารบนส่วนต่างๆ ของร่างกายผู้พ่น (ตารางที่ 8)

การประมาณเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารบนส่วนต่างๆ ของร่างกายผู้พ่น พบว่าในข้าวที่ระยะ 30 วันหลังหว่าน พบเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารในทุกกรรมวิธีสูงสุดบริเวณส่วนล่างของร่างกายได้แก่บริเวณหน้าแข้งและต้นขา โดยพบเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 59.0 ± 3.5 - 88.1 ± 3.7 เปอร์เซ็นต์ ตามด้วยบริเวณส่วนบนของร่างกาย ได้แก่ บริเวณหน้าอก แขนส่วนบน แขนส่วนล่างและหลัง พบเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 10.5 ± 2.9 - 37.2 ± 3.6 เปอร์เซ็นต์ บริเวณมือพบ

เปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $0.7 \pm 0.1 - 2.5 \pm 0.3$ เปอร์เซ็นต์ และต่ำสุดบริเวณศีรษะ พบเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $0 - 5.7 \pm 0.4$ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สำหรับข้าวที่ระยะ 60 วันหลังหว่าน พบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร (HPSL2) และการพ่นด้วยคานหัวฉีดทั้ง 2 กรรมวิธี (HPBF และ HPBC) ยังคงพบเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารในสูงสุดบริเวณส่วนล่างของร่างกายได้แก่ บริเวณหน้าแข้งและต้นขา โดยพบเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $68.6 \pm 11.9 - 70.3 \pm 6.6$ เปอร์เซ็นต์ ตามด้วยบริเวณส่วนบนของร่างกาย ได้แก่ บริเวณหน้าอก แขนส่วนบน แขนส่วนล่างและหลัง พบเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $16.5 \pm 11.9 - 28.5 \pm 12.3$ เปอร์เซ็นต์ บริเวณมือพบเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $1.6 \pm 0.7 - 3.4 \pm 3.4$ เปอร์เซ็นต์ และต่ำสุดบริเวณศีรษะ พบเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $1.3 \pm 0.1 - 10.6 \pm 9.9$ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 มิลลิเมตร (HPSL1) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมทั้ง 3 กรรมวิธี (MBW, MBA1 และ MBA2) กลับพบเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารสูงสุดบริเวณส่วนบนของร่างกาย ได้แก่ บริเวณหน้าอก แขนส่วนบน แขนส่วนล่างและหลัง ซึ่งพบเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $49.7 \pm 5.2 - 65.6 \pm 1.4$ เปอร์เซ็นต์ ตามด้วยบริเวณส่วนล่างของร่างกายได้แก่ บริเวณหน้าแข้งและหน้าขา โดยพบเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $16.5 \pm 2.3 - 44.8 \pm 4.3$ เปอร์เซ็นต์ บริเวณมือพบเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $2.9 \pm 0.8 - 19.6 \pm 3.5$ เปอร์เซ็นต์ และต่ำสุดบริเวณศีรษะ พบเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $1.2 \pm 0.3 - 13.6 \pm 1.0$ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากผลการทดลองทางกายภาพแสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดติดตั้งหัวฉีดที่เหมาะสมกับระยะการเจริญเติบโตของข้าว (ข้าวที่ระยะ 30 วันหลังหว่านใช้หัวฉีดแบบกรวยกลวง (HPBC) และข้าวที่ระยะ 60 วันหลังหว่านใช้หัวฉีดแบบพัด (HPBF)) เป็นกรรมวิธีที่พบความหนาแน่นของละอองสารที่เพียงพอต่อการป้องกันกำจัดแมลงคือมากกว่า 30 ละอองต่อตารางเซนติเมตร (Harden and Taylor, 1992; Matthews, 2000) ในขณะที่เดียวกันก็มีการตกค้างของละอองสารบนลำต้นข้าวซึ่งบริเวณเป็นเป้าหมายในการพ่นสารเพื่อป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสูงกว่ากรรมวิธีการพ่นแบบอื่นๆ

ในกรณีของข้าวที่ระยะ 30 วันหลังหว่าน พบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดติดตั้งหัวฉีดแบบกรวยกลวง (HPBC) เป็นกรรมวิธีเดียวที่พบความหนาแน่นของละอองสารเพียงพอคือมากกว่า 30 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ในทุกตำแหน่ง ตลอดจนพบการตกค้างของละอองสารบนต้นข้าวสูงสุดในบริเวณเป้าหมาย เนื่องจากการพ่นสารด้วยกรรมวิธีนี้ในต้นข้าวระยะที่มีความสูงไม่มากคือมีความสูงเฉลี่ย 0.47 ± 0.03 เมตร ลักษณะต้นข้าวยังไม่แน่นอน ทึบ ละอองสารที่ผลิตได้จากหัวฉีดชนิดนี้ซึ่งมีขนาดค่อนข้างเล็กประมาณ 150 ไมครอน จึงสามารถแทรกซอนเข้าสู่

ต้นข้าวได้ดีจึงทำให้พบความหนาแน่นของละอองสารที่เพียงพอและพบการตกค้างสูงในบริเวณเป้าหมาย อย่างไรก็ตามเมื่อทำการทดลองในข้าวที่ระยะ 60 วันหลังหว่าน ผลการทดลองกลับตรงกันข้ามอันเป็นผลมาจากต้นข้าวในระยะนี้จะมีลักษณะตั้งตรงและมีลำต้นแข็งคล้ายทรงกระบอก จึงทำให้กรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดติดตั้งหัวฉีดแบบพัด (HPBF) ซึ่งหัวฉีดชนิดนี้เหมาะสำหรับการพ่นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวซึ่งมีลักษณะแข็งและตั้งตรง (Pojananu Wong et al., 1997; 1999 และ (2001) จึงเป็นสาเหตุให้พบความหนาแน่นที่เพียงพอมากกว่า 30 ละอองต่อตารางเซนติเมตรในทุกตำแหน่งและการตกค้างของละอองสารบนต้นข้าวสูงสุดเช่นกัน

สำหรับกรณีของกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องยนต์พ่นสารแบบใช้แรงลมทั้ง 3 กรรมวิธี (MBW, MBA1 และ MBA2) ถึงแม้กรรมวิธีการนี้จะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าโดยจะพบความหนาแน่นและการตกค้างของละอองสารที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดในพืชหลายชนิด แต่สำหรับในกรณีของข้าวนี้ กรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมกลับให้ผลในทางตรงกันข้าม เนื่องจากเหตุผลเรื่องของสัณฐานวิทยาของพืชซึ่งข้าวเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ลำต้นตั้งตรงคล้ายทรงกระบอกและเมื่อข้าวต้นโตขึ้นลำต้นจะยิ่งมีความแข็งที่เพิ่มขึ้น ทำให้เป็นอุปสรรคสำคัญในการแทรกซอนของละอองสารที่ผลิตจากเครื่องพ่นสารชนิดนี้ อย่างไรก็ตามเครื่องชนิดนี้จะเหมาะกับการพ่นในพืชที่มีลักษณะเป็นทรงพุ่มหรือพืชใบเลี้ยงคู่ชนิดต่างๆ ได้แก่ การพ่นในพืชผัก และไม้ผล เป็นต้น อีกทั้งละอองสารที่ผลิตด้วยเครื่องชนิดนี้มีขนาดเล็กมากคือมีขนาดเพียง 100 - 120 ไมครอน ดังนั้นในระหว่างการพ่นอาจเกิดการปลิว การระเหยเมื่อกระทบกับแสงแดดหรือเกิดการแขวนลอยของละอองสารในอากาศทำให้ละอองสารไม่ตกสู่พื้นที่เป้าหมาย (On target) แต่กลับไปตกลงสู่พื้นที่นอกเป้าหมาย (Off target) แทน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพ่นในพื้นที่โล่งซึ่งมีลมพัดตลอดเวลาอย่างในกรณีการพ่นในแปลงข้าว (Pergher and Gubiani, 1995; Pojananu Wong et al., 1997, 1999 และ Lee et al., 2000) นอกจากนี้กรรมวิธีการพ่นดังกล่าวเป็นการพ่นสารแบบน้ำน้อย (20 - 30 ลิตรต่อไร่) ซึ่งเป็นอัตราพ่นที่น้อยกว่ากรรมวิธีการพ่นแบบอื่นๆ ถึง 2 เท่า จึงทำให้เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พบความหนาแน่นและการตกค้างของละอองสารน้อยกว่ากรรมวิธีการพ่นแบบอื่นๆ ประกอบกับเครื่องพ่นชนิดนี้มีหัวฉีดติดตั้งบริเวณด้านหน้าของทอลม ดังนั้นเมื่อพ่นสารทิศทางการพ่นจะพ่นไปด้านหน้าทำให้ผู้พ่นที่พ่นด้วยเครื่องดังกล่าวในขณะที่พ่นสารจะยากในการควบคุมการพ่นให้พ่นเน้นไปในส่วนของเป้าหมายหลักคือบริเวณโคนต้น ซึ่งจากเหตุผลในเรื่องทิศทางการพ่นที่เป็นอุปสรรคดังกล่าว จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้พบความหนาแน่นและการตกค้างของละอองสารที่มีค่าสูงอยู่ที่บริเวณใบบอกมากกว่าที่ลำต้นข้าว และเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พบความหนาแน่นของละอองสารในบางตำแหน่ง เช่น ในส่วนล่างบริเวณใต้ลมมีน้อยจนไม่เพียงพอต่อการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลคือน้อยกว่า 30 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ตลอดจนมีการตกค้างของละอองสารที่ลำต้นในปริมาณที่ต่ำ

สำหรับกรณีของกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 และ 2 มิลลิเมตร (HPSL1 และ HPSL2) เมื่อเปรียบเทียบความหนาแน่นและการตกค้าง

ของละอองสารกับกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดที่ติดตั้งหัวฉีดให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของข้าวตั้งอธิบายข้างต้นนั้น พบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยทั้ง 2 กรรมวิธี มีความหนาแน่นและการตกค้างของละอองสารที่น้อยกว่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณเป้าหมาย ในกรณีนี้มีสาเหตุมาจากการพ่นด้วยหัวฉีดชนิดนี้จะผลิตละอองสารที่มีขนาดใหญ่คือมากกว่า 200 ไมครอน ดังนั้นเวลาพ่นสารละอองสารขนาดนี้เมื่อไปปะทะกับส่วนใดส่วนหนึ่งบนต้นข้าวแล้วจะเกิดปรากฏการณ์การรวมตัวของละอองสารและไหลลงสู่พื้นดิน (run off) ก่อนจะไปสู่เป้าหมายที่ต้องการคือบริเวณโคนต้นนั่นเอง อีกทั้งจากเหตุผลเรื่องทิศทางในการพ่นและการติดตั้งหัวฉีดในลักษณะที่ไม่เหมาะสมดังที่กล่าวไว้ข้างต้น จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้พบความหนาแน่นและการตกค้างของละอองสารของกรรมวิธีเหล่านี้น้อยกว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีด

เมื่อพิจารณาถึงความสม่ำเสมอของละอองสารที่ตกบนต้นข้าวโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนพบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดทั้ง 2 กรรมวิธี มีความสม่ำเสมอมากกว่าเนื่องจากการพ่นเป็นลักษณะนี้ผู้พ่นเพียงแค่การถือคานหัวฉีดให้เหนือเป้าหมายและรับผิดชอบการเดินทางโดยให้มีความเร็วสม่ำเสมอ ในขณะที่กรรมวิธีการพ่นแบบอื่นๆ การพ่นสารจะขึ้นกับทักษะของผู้พ่นที่ต้องรักษาการเคลื่อนไหวของมือในการบังคับอุปกรณ์และหัวฉีดให้มีความคงที่เพื่อที่จะพ่นให้ทั่วถึง ซึ่งมีความยากในการปฏิบัติงานในแปลงจริง นอกจากนี้จากลักษณะของคานหัวฉีดที่ติดตั้งหัวฉีดในลักษณะแนวตั้ง (Horizontal direction) ไปในบริเวณส่วนล่างหรือโคนต้นข้าวอยู่แล้ว จึงทำให้การควบคุมความสม่ำเสมอในการพ่นได้ดีกว่ากรรมวิธีการพ่นแบบอื่นๆ

สำหรับความแตกต่างในเรื่องของการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้พ่นในแต่ละกรรมวิธีนั้นเกิดจากหลายปัจจัย ปัจจัยแรก ได้แก่ อัตราการพ่น ในกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายที่ติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร (HPSL2) ที่อัตรา 115 - 130 ลิตรต่อไร่ เป็นการพ่นในอัตราที่มากกว่ากรรมวิธีการพ่นแบบอื่นๆ ประมาณ 1.8 - 4.4 เท่า ประกอบกับการเดินทางที่ผู้พ่นเดินทางในบริเวณที่พ่นสาร จึงทำให้พบการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้พ่นที่สูงกว่ากรรมวิธีการพ่นแบบอื่นๆ ในอัตราพ่นที่ต่ำกว่า

ปัจจัยที่สอง ได้แก่ ทิศทางการเดินทาง กรรมวิธีการพ่นที่เกษตรกรในพื้นที่ปฏิบัติทั้ง 3 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร (HPSL2) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีดแบบ Air shear ทั้ง 2 กรรมวิธี (MBA1 และ MBA2) นั้น ผู้พ่นสารจะพ่นลักษณะเดินทางตรงไปข้างหน้าผ่านแนวต้นข้าวโดยแกว่งหัวฉีดไปทั้งทางด้านซ้ายและขวาในขณะที่พ่นซึ่งเป็นวิธีที่ผู้พ่นต้องเดินเข้าไปโดยตรงในพื้นที่ทำการพ่นสารซึ่งปกคลุมไปด้วยสารละลายของสี จึงทำให้สามารถพบการตกค้างของละอองสารได้ทั่วทั้งร่างกาย ถึงแม้ว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีดแบบ Air shear ทั้ง 2 กรรมวิธี จะมีอัตราการพ่นที่เท่ากันหรือต่ำกว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีดแบบ Wizza (MBW) กรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดแบบ

ปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 มิลลิเมตร (HPSL1) และกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดทั้ง 2 กรรมวิธี (HPBF และ HPBC) ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่แนะนำ แต่สามารถพบการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้พ่นได้มากกว่ากรรมวิธีที่แนะนำถึง 2 เท่า ในกรณีของกรรมวิธีที่แนะนำนั้น ขณะพ่นผู้พ่นจะเดินอยู่เหนือลมตลอดเวลาหรือในกรณีของกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดทั้ง 2 กรรมวิธี ผู้พ่นทั้ง 2 จะเดินพ่นสารในลักษณะที่เดินอยู่ด้านข้างไม่ได้เดินเข้าไปโดยตรงในพื้นที่ที่พ่นสารจึงทำให้กรรมวิธีที่แนะนำพบการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้พ่นในปริมาณที่น้อยมาก โดยจะพบในบริเวณส่วนล่างของร่างกาย ซึ่งเป็นตำแหน่งที่อยู่ในระดับความสูงที่ผู้พ่นถืออุปกรณ์การพ่นเท่านั้น สำหรับส่วนบนของร่างกายที่อยู่เหนือตำแหน่งนั้นขึ้นไป ได้แก่ บริเวณใบหน้า หน้าผาก และหลัง จึงตรวจพบปริมาณตกค้างของละอองสารได้น้อยมากจนถึงระดับที่ไม่สามารถตรวจวัดด้วยเครื่อง Colorimeter ได้ และเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีที่แนะนำทั้ง 4 กรรมวิธี (MBW, HPSL1, HPBF และ HPBC) พบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีดแบบ Wizza (MBW) พบการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้พ่นต่ำที่สุด เนื่องจากการพ่นด้วยวิธีนี้ใช้อัตราพ่นเพียง 26 - 31 ลิตรต่อไร่ น้อยกว่ากรรมวิธีการพ่นแบบอื่นถึง 2 เท่า ประกอบเมื่อผู้พ่นเดินพ่นสารในทิศทางที่ถูกต้องโดยเดินพ่นอยู่เหนือลมตลอดเวลาขณะพ่น ลมจะเป็นตัวช่วยในการพัดพาละอองไม่ให้ปลิวเข้าสู่ตัวผู้พ่น จึงเป็นสาเหตุให้พบการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้พ่นต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับกรรมวิธีการพ่นแบบอื่นๆ

ปัจจัยที่ 3 ได้แก่ ระยะห่างระหว่างผู้พ่นกับหัวฉีด ในกรณีนี้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีที่แนะนำด้วยกัน ได้แก่ กรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 มิลลิเมตร (HPSL1) และกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดทั้ง 2 กรรมวิธี (HPBF และ HPBC) พบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 มิลลิเมตร (HPSL1) นั้น ก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นมีความยาว 70 เซนติเมตร เมื่อทำการพ่นผู้พ่นจะถือก้านฉีดเพื่อทำการพ่น ซึ่งทำให้ระยะห่างระหว่างตัวผู้พ่นกับหัวฉีดในขณะพ่นสารจึงมากกว่า 1.2 เมตร ในขณะที่กรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดทั้ง 2 กรรมวิธี (HPBF และ HPBC) ค้ำจับจะอยู่ห่างจากผู้พ่นทั้ง 2 คน เพียง 50 เซนติเมตร และขณะพ่นสารจะต้องถือคานหัวฉีดไว้ที่ด้านข้างลำตัวจึงทำให้ระยะห่างระหว่างตัวผู้พ่นกับหัวฉีดในขณะพ่นสารจึงห่างเพียง 80 เซนติเมตรเท่านั้น ดังนั้นเมื่อพ่นสารด้วยกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดทั้ง 2 กรรมวิธี (HPBF และ HPBC) ผู้พ่นจึงมีโอกาสสัมผัสสารได้มากกว่า จึงเป็นเหตุให้พบการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้พ่นที่สูงกว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 มิลลิเมตร (HPSL1)

ปัจจัยสุดท้าย ได้แก่ ระยะการเจริญเติบโตของข้าว ข้าวที่ระยะ 60 วันหลังหว่าน พบการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้พ่นสูงสุดในกรรมวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติ การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าระยะการเติบโตของข้าวมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้พ่น สาเหตุจากการที่ต้นข้าวมีความสูงและความ

หนาแน่นที่เพิ่มขึ้นจากเดิม เมื่อพ่นสารจึงมีความลำบากทำให้เดินพ่นสารได้ช้าลง เป็นผลให้อัตราการพ่นเพิ่มขึ้นประมาณ 10 - 15 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงทำให้กรรมวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติซึ่งต้องเดินผ่านโดยตรงยังบริเวณที่พ่นสาร จะพบการตกค้างของละอองสารที่มากขึ้นกว่าข้าวที่ระยะ 30 วันหลังหว่านถึง 2 เท่า แต่ในทางตรงข้ามสำหรับกรรมวิธีที่แนะนำนั้น ในการเดินพ่นผู้พ่นจะพ่นโดยหลีกเลี่ยงที่จะเข้าไปสัมผัสสารในบริเวณที่พ่นสารโดยตรงตลอดจนการพ่นในลักษณะที่คำนึงถึงทิศทางลมที่ถูกต้อง จึงเป็นอีกปัจจัยที่ช่วยป้องกันละอองสารปลิวสู่ผู้พ่นแล้ว อีกทั้งการที่ต้นข้าวมีความสูงและหนาแน่นมากขึ้นเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ช่วยในการจับละอองสาร จึงมีผลให้การพ่นตามกรรมวิธีที่แนะนำไม่พบการตกค้างของละอองสารที่เพิ่มขึ้นบนร่างกายผู้พ่นเหมือนในกรรมวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติ

สำหรับความแตกต่างเรื่องการตกค้างของละอองสารระหว่างด้านซ้ายและขวาของร่างกายผู้พ่นนั้นเกิดจากทิศทางในการพ่นสาร การพ่นด้วยกรรมวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติจะพบการตกค้างของละอองสารในลักษณะที่ไม่สม่ำเสมอ (Non-uniform) เนื่องจากการพ่นที่มีการแกว่งก้านฉีดไปทั้งด้านซ้ายและขวา จึงทำให้พบการตกค้างของละอองสารในแต่ละด้านมากน้อยสลับกันไป ขึ้นกับจังหวะที่ผู้พ่นเดินผ่านบริเวณที่พ่นสารและทิศทางลมขณะพ่น ในขณะที่กรรมวิธีที่แนะนำนั้น เดินพ่นสารในลักษณะเหนือลมทำให้การตกค้างของละอองสารจะพบในบริเวณด้านที่ผู้พ่นถนัดซึ่งก็คือด้านที่ผู้พ่นถือก้านฉีดนั่นเอง ซึ่งในการทดลองนี้ผู้พ่นทุกคนถือก้านฉีดด้วยมือขวา จึงทำให้พบการตกค้างของละอองสารด้านขวามากกว่าด้านซ้าย แต่ในกรณีของกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดนั้น จะมีการตกค้างของละอองสารในลักษณะที่ไม่สม่ำเสมอ (Non-uniform) เหมือนกับกรรมวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติเช่นกัน เนื่องจากการพ่นที่ใช้ผู้พ่น 2 คน และเดินในลักษณะเข้าหาลม การตกค้างของละอองสารจึงขึ้นอยู่กับทิศทางลมขณะพ่นเป็นสำคัญในกรณีนี้ผู้พ่น 2 คน มีการเดินสลับกันเมื่อหมดแนวพ่นสารจึงทำอีกฝ่ายมีโอกาสในการสัมผัสสารที่ใกล้เคียงกันจึงมีผลให้สามารถตรวจจะพบการตกค้างของละอองสารในแต่ละด้านมากน้อยสลับกันไป

ในส่วนของการประมาณเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารบนส่วนต่างๆ บนร่างกายผู้พ่นแสดงให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารบนส่วนต่างๆ บนร่างกายผู้พ่นนั้นมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการเจริญเติบโตและกรรมวิธีการพ่น ในข้าวที่ระยะ 30 วันหลังหว่าน เปอร์เซ็นต์การตกค้างบนร่างกายผู้พ่นจะพบสูงสุดบริเวณส่วนล่างของร่างกาย (หน้าแข้งและต้นขา) เนื่องจากต้นข้าวในระยะนี้มีความสูงประมาณ 40 - 45 เซนติเมตร เวลาพ่นสารผู้พ่นจะพ่นสารอยู่ในช่วงความสูงซึ่งจะเท่ากับบริเวณส่วนล่างของร่างกายผู้พ่นพอดี จึงทำให้พบเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารที่บริเวณนี้เป็นส่วนใหญ่ และเป็นเหตุผลที่ทำให้พบเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารที่ต่ำจนถึงไม่พบในส่วนอื่นของร่างกายผู้พ่น แต่สำหรับในข้าวที่ระยะ 60 วันหลังหว่าน พบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร (HPSL2) และกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดทั้ง 2 กรรมวิธี (HPBF และ HPBC) ยังคงพบการการตกค้างบนร่างกายผู้พ่น

สูงสุดบริเวณส่วนล่างของร่างกายเช่นเดิม ในกรณีนี้กรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร (HPSL2) ผู้พ่นยังคงยกก้านฉีดในความสูงระดับเดียวกับการพ่นในข้าวที่ระยะ 30 วันหลังหว่าน เป็นระดับที่สะดวกในการควบคุมก้านฉีดและไม่เกิดอาการลำเมือทำงานเป็นเวลานาน จึงทำให้แมตต้นข้าวจะมีขนาดที่สูงขึ้นเพียงใดแต่เปอร์เซ็นต์การตกค้างบนร่างกายผู้พ่นก็ยังคงจะพบในบริเวณส่วนล่างของร่างกายเหมือนเดิม สำหรับกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดทั้ง 2 กรรมวิธี (HPBF และ HPBC) นั้นเนื่องจากทิศทางในการติดตั้งหัวฉีดซึ่งมีลักษณะการพ่นในแนวตั้ง จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ยังคงพบเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารสูงสุดบริเวณเดิมเช่นกัน และเป็นเหตุผลที่ทำให้พบเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารบริเวณส่วนอื่นๆ ของร่างกายในเปอร์เซ็นต์ที่ต่ำ ในทางตรงกันข้าม ในข้าวที่ระยะ 60 วันหลังหว่านกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 มิลลิเมตร (HPSL1) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมทั้ง 3 กรรมวิธี (MBW, MBA1 และ MBA2) กลับพบเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารบนร่างกายในบริเวณส่วนบนของร่างกายผู้พ่น (หน้าอก แขนส่วนบน แขนส่วนล่างและหลัง) ในเปอร์เซ็นต์ที่สูง เนื่องจากผู้พ่นด้วยกรรมวิธีเหล่านี้ เวลาพ่นสารผู้พ่นจะยกหัวฉีดขึ้นสูงในระดับอกและพยายามรักษาระดับนี้ไว้เพื่อให้ง่ายในการพ่นสาร ซึ่งระดับในการพ่นนี้ตรงกับส่วนบนของร่างกาย จึงทำให้พบเปอร์เซ็นต์การตกค้างของละอองสารบนร่างกายสูงสุดในบริเวณที่นี้

2. การทดลองทางด้านประสิทธิภาพ (ปี 2557)

2.1 การทดสอบประสิทธิภาพของกรรมวิธีการพ่นแบบต่างๆ ด้วยวิธี bioassays ในสภาพกิ่งแปลงทดลอง

เปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากการทดสอบด้วยวิธี bioassays ข้าวที่ระยะ 30 วันหลังหว่าน (ตารางที่ 9)

หลังจากให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลดูดน้ำเลี้ยงจากต้นข้าว 24 ชั่วโมง พบว่ากรรมวิธีที่พ่นสารฆ่าแมลงพบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $7.5 \pm 4.2 - 11.7 \pm 3.3$ เปอร์เซ็นต์ มากกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่พ่นสารซึ่งพบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 0.8 ± 1.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีที่พ่นสาร พบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร (HPSL2) พบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสูงสุดเฉลี่ย 11.7 ± 3.3 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 มิลลิเมตร (HPSL1) กรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดแบบกรวยกลวง (HPBC) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมทั้ง 2

กรรมวิธี (MBW และ MBA1) ซึ่งพบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 8.8 ± 5.7 , 11.7 ± 3.3 , 10.0 ± 3.8 , 8.3 ± 3.3 และ 7.5 ± 4.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

หลังจากให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลดูน้ำเลี้ยงจากต้นข้าว 48 ชั่วโมง พบว่ากรรมวิธีที่พ่นสารฆ่าแมลงพบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 33.3 ± 17.2 - 50.0 ± 6.7 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่พ่นสารซึ่งพบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 0.8 ± 1.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีที่พ่นสาร พบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดแบบกรวยกลวง (HPBC) พบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสูงสุดเฉลี่ย 50.0 ± 6.7 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงทั้ง 2 กรรมวิธี (HPSL1 และ HPSL2) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีดแบบ Wizza (MBW) ซึ่งพบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 38.3 ± 3.3 , 41.7 ± 13.7 และ 36.7 ± 6.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีดแบบ Air shear (MBA1) ซึ่งพบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 33.3 ± 17.2 เปอร์เซ็นต์

หลังจากให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลดูน้ำเลี้ยงจากต้นข้าว 72 ชั่วโมง พบว่ากรรมวิธีที่พ่นสารฆ่าแมลงพบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 70.0 ± 3.8 - 88.3 ± 8.4 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่พ่นสารซึ่งพบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 1.3 ± 0.8 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีที่พ่นสาร พบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดแบบกรวยกลวง (HPBC) พบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสูงสุดเฉลี่ย 88.3 ± 8.4 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร (HPSL2) ซึ่งพบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 80.0 ± 7.7 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 มิลลิเมตร (HPSL1) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมทั้ง 2 กรรมวิธี (MBW และ MBA1) ซึ่งพบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 73.3 ± 9.4 , 71.7 ± 3.3 , 70.0 ± 3.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

**เปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากการทดสอบด้วยวิธี bioassays ข้าวที่ระยะ 60 วัน
หลังหว่าน (ตารางที่ 10)**

หลังจากให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลดูน้ำเลี้ยงจากต้นข้าว 24 ชั่วโมง พบว่ากรรมวิธีที่พ่นสารฆ่าแมลงพบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 13.3 ± 9.4 - 18.3 ± 6.4 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่พ่นสารซึ่งพบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย

0.8 ± 1.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีที่พ่นสาร พบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดแบบพัด (HPBF) พบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสูงสุดเฉลี่ย 18.3 ± 6.4 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงทั้ง 2 กรรมวิธี (HPSL1 และ HPSL2) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมทั้ง 2 กรรมวิธี (MBW และ MBA1) ซึ่งพบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 15.0 ± 3.3, 15.0 ± 12.6, 13.3 ± 9.4 และ 13.3 ± 9.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

หลังจากให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลดูดน้ำเลี้ยงจากต้นข้าว 48 ชั่วโมง พบว่ากรรมวิธีที่พ่นสารฆ่าแมลงพบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 26.7 ± 18.1 - 61.7 ± 14.8 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่พ่นสารซึ่งพบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 0.8 ± 1.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีที่พ่นสาร พบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดแบบพัด (HPBF) พบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสูงสุดเฉลี่ย 61.7 ± 14.8 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลาง รูฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร (HPSL2) ซึ่งพบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 48.3 ± 22.7 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 มิลลิเมตร (HPSL1) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมทั้ง 2 กรรมวิธี (MBW และ MBA1) ซึ่งพบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 33.3 ± 9.0, 26.7 ± 18.1 และ 30.0 ± 11.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

หลังจากให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลดูดน้ำเลี้ยงจากต้นข้าว 72 ชั่วโมง พบว่ากรรมวิธีที่พ่นสารฆ่าแมลงพบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 73.3 ± 9.4 - 93.3 ± 5.4 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่พ่นสารซึ่งพบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 1.3 ± 0.8 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีที่พ่นสาร พบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดแบบพัด (HPBF) พบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสูงสุดเฉลี่ย 93.3 ± 5.4 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร (HPSL2) ซึ่งพบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 85.0 ± 8.4 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 มิลลิเมตร (HPSL1) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมทั้ง 2 กรรมวิธี (MBW และ MBA1) ซึ่งพบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 76.7 ± 6.7, 75.0 ± 12.6, 73.3 ± 9.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2.2 การทดสอบความต้านทานของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในพื้นที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพในสภาพแปลงทดลองโดยวิธี Topical bioassay (ตารางที่ 11)

ผลการทดสอบความต้านทานของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่มีต่อสารฆ่าแมลง dinotefuran สายพันธุ์สุพรรณบุรี (พื้นที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพในสภาพแปลงทดลอง) เทียบกับสายพันธุ์อ่อนแอที่ได้จากกรรมกรข้าว พบว่าค่า LD_{50} ของสายพันธุ์สุพรรณบุรีมีค่าเท่ากับ $0.245 \mu\text{g g}^{-1}$ ในขณะที่สายพันธุ์อ่อนแามีค่าเท่ากับ $0.083 \mu\text{g g}^{-1}$ เมื่อนำค่าที่ LD_{50} ของทั้ง 2 สายพันธุ์มาหาค่าสัดส่วนความต้านทาน (Resistance Ratio (RR)) พบว่ามีค่า RR เท่ากับ 2.7 เท่า ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานในเรื่องของการจัดระดับความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงโดย ADB-IRRI Rice Planthopper Project Guideline ที่ได้ตั้งระดับความต้านทานไว้เป็นระดับต่างๆ ดังนี้: ค่า RR มีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 5 หมายถึง แมลงไม่แสดงความต้านทาน ค่า RR มีค่าอยู่ระหว่าง 5 - 10 หมายถึง แมลงมีความต้านทานเพียงเล็กน้อย ค่า RR มีค่าอยู่ระหว่าง 10 - 40 หมายถึง แมลงมีความต้านทานในระดับปานกลาง ค่า RR มีค่าอยู่ระหว่าง 40 - 100 หมายถึง แมลงมีความต้านทาน และค่า RR มากกว่า 100 หมายถึง แมลงมีความต้านทานในระดับสูง (Sriratanasak et al., 2011; Arunmit et al., 2012) จึงพบว่าสายพันธุ์สุพรรณบุรี (พื้นที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพในสภาพแปลงทดลอง) ไม่แสดงความต้านทานสารฆ่าแมลง dinotefuran

2.3 การทดสอบประสิทธิภาพของกรรมวิธีการพ่นแบบต่างๆ ในสภาพแปลงทดลอง จำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (ตัวตอ) ข้าวที่ระยะ 30 วันหลังหว่าน (ตารางที่ 12)

ก่อนพ่นสารฆ่าแมลงพบจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในทุกกรรมวิธีเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 20.8 ± 4.3 - 24.2 ± 4.0 ตัวตอ/กอ ไม่แตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธี จึงวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลหลังพ่นสารด้วยวิธี Analysis of Variance

หลังพ่นสาร 3 วัน พบว่ากรรมวิธีที่พ่นสารฆ่าแมลงมีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.5 ± 1.1 - 8.2 ± 1.3 ตัวตอ/กอ น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่พ่นสารซึ่งพบจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 16.9 ± 1.1 ตัวตอ/กอ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีที่พ่นสาร พบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดแบบกรวยกลวง (HPBC) มีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลต่ำสุดเฉลี่ย 4.5 ± 1.1 ตัวตอ/กอ ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร (HPSL2) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีด Wizza (MBW) ซึ่งมีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 6.2 ± 1.5 และ 6.7 ± 1.3 ตัวตอ/กอ ตามลำดับ แต่น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 มิลลิเมตร (HPSL1) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีด Air shear (MBA1) ซึ่งมีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 7.6 ± 1.8 และ 8.2 ± 1.3 ตัวตอ/กอ ตามลำดับ

หลังพ่นสาร 5 วัน พบว่ากรรมวิธีที่พ่นสารฆ่าแมลงมีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $3.4 \pm 0.9 - 6.1 \pm 0.8$ ตัวต่อกอ น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่พ่นสารซึ่งพบจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 14.3 ± 1.6 ตัวต่อกอ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีที่พ่นสาร พบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดแบบกรวยกลวง (HPBC) มีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลต่ำสุดเฉลี่ย 3.4 ± 0.9 ตัวต่อกอ น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงทั้ง 2 กรรมวิธี (HPSL1 และ HPSL2) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมทั้ง 2 กรรมวิธี (MBW และ MBA1) ซึ่งมีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 5.5 ± 1.0 , 5.0 ± 0.9 และ 5.2 ± 0.9 , 6.1 ± 0.8 ตัวต่อกอ ตามลำดับ

หลังพ่นสาร 7 วัน พบว่ากรรมวิธีที่พ่นสารฆ่าแมลงมีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $2.0 \pm 0.2 - 3.9 \pm 1.0$ ตัวต่อกอ น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่พ่นสารซึ่งพบจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 12.2 ± 2.0 ตัวต่อกอ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีที่พ่นสาร พบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดแบบกรวยกลวง (HPBC) มีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลต่ำสุดเฉลี่ย 2.0 ± 0.2 ตัวต่อกอ ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร (HPSL2) ซึ่งมีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 2.3 ± 0.6 ตัวต่อกอ แต่น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 มิลลิเมตร (HPSL1) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยทั้ง 2 กรรมวิธี (MBW และ MBA1) ซึ่งมีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 3.8 ± 0.3 , 3.7 ± 0.3 และ 3.9 ± 1.0 ตัวต่อกอ ตามลำดับ

เมื่อคำนึงถึงประสิทธิภาพของแต่ละกรรมวิธีโดยการคำนวณตามวิธีการของ Henderson-Tilton พบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดแบบกรวยกลวง (HPBC) มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพมีค่าอยู่ระหว่าง 77.1 - 86.6 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ กรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร (HPSL2) กรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยทั้ง 2 กรรมวิธี (MBW และ MBA1) และกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 มิลลิเมตร (HPSL1) โดยมีเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพมีค่าอยู่ระหว่าง 67.8 - 83.4, 55.7 - 70.5, 61.3 - 70.4 และ 57.3 - 70.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (ตัวต่อกอ) ข้าวที่ระยะ 60 วันหลังหว่าน (ตารางที่ 13)

ก่อนพ่นสารฆ่าแมลงพบจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในทุกกรรมวิธีเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $20.1 \pm 4.3 - 23.4 \pm 5.0$ ตัวต่อกอ ไม่แตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธี จึงวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลหลังพ่นสารด้วยวิธี Analysis of Variance

หลังพ่นสาร 3 วัน พบว่ากรรมวิธีที่พ่นสารฆ่าแมลงมีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $3.5 \pm 1.9 - 6.9 \pm 0.9$ ตัวต่อกอ น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่พ่นสารซึ่งพบจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 15.6 ± 1.7 ตัวต่อกอ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีที่พ่นสาร พบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดแบบพัด (HPBF) มีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลต่ำสุดเฉลี่ย 3.5 ± 1.9 ตัวต่อกอ ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงทั้ง 2 กรรมวิธี (HPSL1 และ HPSL2) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีด Wizza (MBW) ซึ่งมีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 5.9 ± 1.4 , 5.5 ± 1.0 และ 5.4 ± 1.5 ตัวต่อกอ ตามลำดับ แต่น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีด Air shear (MBA1) ซึ่งมีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 6.9 ± 0.9 ตัวต่อกอ

หลังพ่นสาร 5 วัน พบว่ากรรมวิธีที่พ่นสารฆ่าแมลงมีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $2.8 \pm 1.0 - 5.5 \pm 1.0$ ตัวต่อกอ น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่พ่นสารซึ่งพบจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 13.1 ± 2.4 ตัวต่อกอ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีที่พ่นสาร พบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดแบบพัด (HPBF) มีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลต่ำสุดเฉลี่ย 2.8 ± 1.0 ตัวต่อกอ ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร (HPSL2) ซึ่งมีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 4.5 ± 0.8 ตัวต่อกอ แต่น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 มิลลิเมตร (HPSL1) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมทั้ง 2 กรรมวิธี (MBW และ MBA1) ซึ่งมีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 4.9 ± 1.0 , 5.0 ± 1.0 และ 5.5 ± 1.0 ตัวต่อกอ ตามลำดับ

หลังพ่นสาร 7 วัน พบว่ากรรมวิธีที่พ่นสารฆ่าแมลงมีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $1.6 \pm 0.2 - 3.3 \pm 0.6$ ตัวต่อกอ น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่พ่นสารซึ่งพบจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 10.3 ± 0.8 ตัวต่อกอ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีที่พ่นสาร พบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดแบบพัด (HPBF) มีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลต่ำสุดเฉลี่ย 1.6 ± 0.2 ตัวต่อกอ ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร (HPSL2) ซึ่งมีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 1.8 ± 0.5 ตัวต่อกอ แต่น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 มิลลิเมตร (HPSL1) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมทั้ง 2 กรรมวิธี (MBW และ MBA1) ซึ่งมีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 3.1 ± 0.5 , 2.7 ± 0.4 และ 3.3 ± 0.6 ตัวต่อกอ ตามลำดับ

เมื่อคำนึงถึงประสิทธิภาพของแต่ละกรรมวิธีโดยการคำนวณตามวิธีการของ Henderson-Tilton พบว่า กรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดแบบพัด (HPBF) มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพอยู่ระหว่าง 79.1 - 85.6 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ กรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร (HPSL2) กรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีดแบบ Wizza (MBW) กรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 มิลลิเมตร (HPSL1) และกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมด้วยหัวฉีดแบบ Air shear (MBA1) โดยมีเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพอยู่ระหว่าง 62.0 - 81.1, 63.0 - 71.8, 62.4 - 70.0 และ 58.1 - 69.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากผลการทดลองทางด้านประสิทธิภาพชี้ให้เห็นว่าความสำเร็จในการพ่นสารคือการทำให้ออกฤทธิ์ของสารฆ่าแมลงที่เราพ่นนั้นกระจายตัวเพื่อให้ได้ความหนาแน่นที่เหมาะสมและตกค้างในปริมาณที่เพียงพอบนต้นพืช การกระจายตัวที่ดีของละอองสารบนต้นพืชจะเป็นปัจจัยที่ช่วยให้การตกค้างของละอองสารบนพืชดีขึ้นจนเป็นผลให้การป้องกันกำจัดมีประสิทธิภาพสูง นอกจากนี้การกระจายตัวและตกค้างของละอองสารซึ่งสัมพันธ์กับอัตราการพ่นที่เหมาะสมนั้นเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งในกรณีของศัตรูพืชที่มีแหล่งอาศัยอยู่ในทรงพุ่ม ซึ่งถ้าปริมาณสารฆ่าแมลงตกค้างบนต้นพืชในปริมาณที่น้อยจะมีผลอย่างยิ่งต่อประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารฆ่าแมลงประเภทดูดซึม เช่น dinotefuran เป็นต้น

ในการทดสอบประสิทธิภาพทั้งในสภาพกึ่งแปลงทดลองและสภาพแปลงทดลองให้ผลสอดคล้องกับการทดลองทางกายภาพคือกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดที่เหมาะสมกับระยะการเจริญเติบโตของข้าว (ข้าวอายุ 30 วันหลังหว่านใช้หัวฉีดแบบกรวยกลวง และข้าวอายุ 60 วันหลังหว่านใช้หัวฉีดแบบพัด) มีประสิทธิภาพสูงสุดในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายจากการทดสอบด้วยวิธี bioassays และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพโดยการคำนวณตามวิธีการของ Henderson-Tilton มากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดทั้ง 2 กรรมวิธีมาเปรียบเทียบกับกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 มิลลิเมตร (HPSL1) พบว่าถึงแม้กรรมวิธีการพ่นนี้จะมีอัตราพ่นและการใช้สารออกฤทธิ์ของสารฆ่าแมลงที่เท่ากับกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดทั้ง 2 กรรมวิธี แต่ผลในการป้องกันกำจัดกลับน้อยกว่าเนื่องจากเหตุผลที่ได้อธิบายไว้ใน การทดลองทางกายภาพ เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดต่ำกว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดทั้ง 2 กรรมวิธี สำหรับในกรณีของกรรมวิธีการพ่นด้วยก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้ายติดตั้งด้วยหัวฉีดกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 2 มิลลิเมตร (HPSL2) ซึ่งมีอัตราพ่นและการใช้สารออกฤทธิ์ของสารฆ่าแมลงที่มากกว่าแต่ผลในการป้องกันกำจัดกลับไม่แตกต่างกัน เนื่องจากกรรมวิธีการพ่นนี้มีการใช้อัตราพ่นที่สูงเกินไป ประกอบกับละอองสารที่ผลิตจากหัวฉีดขนาดนี้มีขนาดใหญ่ที่สุด ดังนั้นละอองสารที่พ่นเมื่อไปปะทะส่วนใดส่วนหนึ่งของเป้าหมายแล้วจะเกิดปรากฏการณ์การ

รวมตัวของสารจนไหลออกนอกทรงพุ่มทันที ทำให้เกิดการสูญเสีย อีกทั้งจากเหตุผลที่ได้อธิบายในการทดลองทางกายภาพ จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้ปริมาณสารฆ่าแมลงที่ตกลงบนเป้าหมายไม่มากเท่าที่ควร เป็นเหตุให้ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดไม่ได้แตกต่างจากการพ่นด้วยคานหัวฉีดทั้ง 2 กรรมวิธี (HPBF และ HPBC) ซึ่งมีอัตราพ่นที่น้อยกว่าถึง 40 เปอร์เซ็นต์

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมทั้ง 3 กรรมวิธี (MBW, MBA1 และ MBA2) ซึ่งใช้อัตราพ่นที่ต่ำกว่าแต่มีการใช้สารออกฤทธิ์ของสารฆ่าแมลงที่เท่ากัน แต่กลับมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดที่ต่ำกว่า เนื่องจากการพ่นด้วยเครื่องชนิดนี้เครื่องพ่นจะผลิตละอองขนาดเล็กมาก ดังนั้นในขณะที่พ่นมักเกิดการปลิวทำให้ละอองสารเข้าสู่เป้าหมาย อีกทั้งจากเหตุผลประกอบที่ได้อธิบายในการทดลองทางกายภาพ เป็นสาเหตุให้ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดต่ำเมื่อเทียบกับกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดทั้ง 2 กรรมวิธี

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงเปอร์เซ็นต์การตายจากการทดสอบด้วยวิธี bioassays ในสภาพกิ่งแปลงทดลองและเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพโดยการคำนวณตามวิธีการของ Henderson-Tilton จากการทดสอบในแปลงทดลองของแต่ละกรรมวิธีพบว่าทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การตายและเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพมากกว่า 69 เปอร์เซ็นต์ จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลให้มีประสิทธิภาพ ปัจจัยหนึ่งซึ่งต้องนำมาพิจารณาด้วยเสมอคือระดับความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในพื้นที่ที่ต้องการป้องกันกำจัด ในกรณีนี้เมื่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลไม่แสดงความต้านทาน ทุกกรรมวิธีจึงมีเปอร์เซ็นต์การตายและเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดที่สูงและทุกกรรมวิธีสามารถลดประชากรของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลให้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าระดับเศรษฐกิจได้ จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าในการป้องกันเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลนั้นต้องมองเป็นระบบ การทดสอบประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงหรือการหาอัตราสารที่เหมาะสมในการป้องกันอาจไม่เพียงพอ การตรวจวัดระดับความต้านทานของแมลงในพื้นที่จึงเป็นสิ่งที่ต้องนำมาพิจารณาทำควบคู่กันกับการทดสอบประสิทธิภาพในสภาพแปลงทดลอง นอกจากนี้การบริหารความต้านทานของแมลง ตามแนวทางการจัดกลุ่มสารตามกลไกการเข้าทำลาย (Mode of action) จะเป็นส่วนสำคัญที่มีบทบาทในการลดการสร้างความต้านทานอย่างรวดเร็วต่อสารฆ่าแมลงกลุ่มต่างๆ ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล องค์ความรู้ในเรื่องของเทคนิคการพ่นสารที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัย ตลอดจนความรู้เรื่องการบริหารความต้านทานของแมลง จะใช้เป็นแนวทางในการจัดการเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ยั่งยืนเพื่อนำไปสู่เกษตรกรต่อไป

สรุปผลการทดลองและคำแนะนำ

การทดสอบประสิทธิภาพของกรรมวิธีการพ่นแบบต่างๆ ในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าวพบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดติดตั้งหัวฉีดที่เหมาะสม (ข้าวอายุ 30 วันหลังหว่านใช้หัวฉีดแบบกรวยกลวง และข้าวอายุ 60 วันหลังหว่านใช้หัวฉีดแบบพัด) พ่นที่อัตรา 60 - 70 ลิตรต่อไร่ เป็นกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีการอื่นๆ อย่างไรก็ตามการพ่นด้วยวิธีการนี้อาจจะมีความซับซ้อนในแง่การปฏิบัติงานมากกว่าวิธีการอื่นๆ ผู้พ่นจำเป็นต้องได้รับความรู้และการฝึกฝนในการใช้งาน การทำความสะอาด และการบำรุงรักษาก่อนการปฏิบัติ นอกจากนี้ในช่วงแรกอาจต้องมีการลงทุนในราคาที่สูง เนื่องจากต้องซื้อวัสดุที่มีความคงทน และจำเป็นที่จะต้องซื้อหัวฉีดสองชุดเพื่อให้เหมาะกับระยะการเจริญเติบโตของข้าว นอกจากนี้หัวฉีดรุ่นที่ใช้ในการทดลองค่อนข้างมีราคาสูงเนื่องจากทำด้วยวัสดุอย่างดี ให้ละอองสารที่มีความสม่ำเสมอ ทนต่อการสึกกร่อนกว่าหัวฉีดกรวยกลวงแบบดั้งเดิมที่จำเป็นต้องเปลี่ยนเมื่อมีการใช้งานประมาณ 24 - 36 ชั่วโมงทำงาน (จิรนุชและคณะ, 2551; Noyes et al., 2010) แต่ถ้ามองถึงความคุ้มค่าในเรื่องของประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดและการที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรกลการเกษตรในอนาคตเพื่อลดต้นทุนด้านแรงงาน การใช้คานหัวฉีดจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งซึ่งคุ้มค่าต่อการลงทุน อีกทั้งยังสามารถลดการตกค้างของละอองสารบนผู้พ่นเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติได้มากกว่าถึง 2 เท่า

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ได้เทคนิคการพ่นและอุปกรณ์พ่นสารแบบใหม่ๆ ที่มีประสิทธิภาพ ประหยัด และปลอดภัยในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และแนะนำข้อเท็จจริงอันจะนำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ไม่ถูกต้องให้แก่เกษตรกร ตลอดจนเป็นแนวทางในการที่จะพัฒนาเทคนิคการพ่นและอุปกรณ์พ่นสารแบบใหม่ๆ ในพืชชนิดอื่นๆ เพื่อนำมาใช้ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ยั่งยืนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มกีฏและสัตววิทยา. 2553. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืชปี 2551. เอกสารวิชาการกรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 295 หน้า.
- กรมการข้าว. 2556. องค์ความรู้เรื่องข้าว. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.brrd.in.th/rkb/data005/ricexx2-05_bug02.html (17 ตุลาคม 2556)
- จิรนุช เอกอำนวยการ ดำรง เวชกิจ พุทธิชาติ ปุณฺณวิฑฒโท สรรชัย เพชรธรรมรสและสิริวิภา พลตรี. 2551. ประสิทธิภาพวิธีการพ่นสารเพื่อป้องกันกำจัดโรคแอนแทรกซ์ในพริก. หน้า. 228-234. ใน: รายงาน

ผลวิจัยประจำปี 2551 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

ดำรง เวชกิจ จีรนุช เอกอำนวยการ พฤทธิชาติ ปุญวัฒน์ สรรชัย เพชรธรรมรสและสิริวิภา พลตรี. 2551 ศึกษาประสิทธิภาพของ ULEM เพื่อการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูกล้วยไม้บางชนิด. รายงานผลวิจัยเรื่อง เต็ม. กรมวิชาการเกษตร. 57 หน้า.

ปรีชา วังศิลาบัตร. 2545. นิเวศวิทยาของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและการควบคุมปริมาณ. เอกสารวิชาการ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 117 หน้า.

พฤทธิชาติ ปุญวัฒน์ จีรนุช เอกอำนวยการ ดำรง เวชกิจ สรรชัย เพชรธรรมรสและสิริวิภา พลตรี. 2551 ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการพ่นสารแบบต่างๆ ในการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟพริก. หน้า. 249 - 265. ใน: **รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2551**. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. กรมวิชาการเกษตร.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถานการณ์และแนวโน้มการเกษตรที่สำคัญ. (ระบบออนไลน์).

แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php

Arunmit, S., Sriratanasak, W. and J. Chaiwong. 2012. Adaptation to insecticides resistance of brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) in Central Region. Annual report, Bureau of Rice Research and Development, Rice Department Bangkok, Thailand.

Cunningham, G.P. and J. Harden. 1999. Sprayers to reduce spray volumes in mature citrus trees. *Crop Prot.* 18: 275-281.

IRAC. 2014. IRAC Mode of action Classification V 7.2. (Online). Available.

<http://www.iraonline.org> (1 Jan, 2015).

King, W.J., Wechakit, D. and D.N. Smith. 1996. Reduced volume spray application on durian, mango and tangerine in Thailand. NRI Technical report, UK.

Lee, A.W., Millar, P.C.H. and J.D. Power. 2000. The application of pesticide sprays to tomato crops. *Ann. Appl. Biol.* 57: 383-390.

Matthews, G.A. 2000. Pesticide Application methods 3rd edition. Blackwell Science 432 pp.

MOPH (Ministry of Public Health). 2011a. Reported cases of notifiable disease by week Thailand, 2011. Bureau of Epidemiology, Department of Disease Control, Ministry of Public Health. (Online). Available. <http://www.boe.moph.go.th/boede/506data/54wk36.pdf> (3 May, 2014).

MOPH (Ministry of Public Health). 2011b. Pesticide poisoning. Annual epidemiological surveillance report, Bangkok, Thailand.

- Noyes, R.T., Downs, H.W., Solie, J.B. and R.W. Whitney. 2010. Selecting nozzles for low pressure ground sprayers. (Online). Available. <http://www.pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-2164/BAE-121web.pdf> (15 Nov, 2014).
- Nuyttens, D., Windey, S. and B. Sonck. 2004a. Optimization of a vertical spray boom for greenhouse spray applications. *Biosyst. Eng.* 89: 417-423.
- Nuyttens, D., Windey, S. and B. Sonck. 2004b. Comparison of operator exposure for five different greenhouse spraying applications. *J. Agr. Saf. and Health* 10: 187-195.
- OECD (The Organization for Economic Co-operation and Development). 1997. Guidance document for the conduct of studies of occupational exposure to pesticides during agricultural application. Environmental Health and Safety Publications Series on Testing and Assessment No 9. OCDE/GD(97)148y, OECD, Paris, France.
- Pergher, G. and R. Gubiani. 1995. The effect of spray application rate and airflow on foliar deposition in a hedgerow vineyard. *J. Agric. Eng. Res.* 61: 205-216.
- Pojananuwong, S., Wechakit, D., Armeen, S. and A. Chaimanee. 1997. Field efficacy test of low volume application of pesticides against important insect pests and weeds in broadest rice. Biennial report, Division of Entomology and Zoology, Department of Agriculture, Bangkok, Thailand.
- Pojananuwong, S., Wechakit, D., Ek-amnuay, J., Pechtammoros, S., Suwanathane, S. and S. Chueyphan. 1999. Pesticide application technique against pests of rice. Biennial report, Division of Entomology and Zoology, Department of Agriculture, Bangkok, Thailand.
- Pojananuwong, S., Armeen, S., Pamorn, P., Suwanathane, S., Pechtammoros, S. and S. Chueyphan. 2001. Pesticide application technique for control of rice pests. Biennial report, Division of Entomology and Zoology, Department of Agriculture, Bangkok, Thailand.
- Püntener, W. 1992. *Manual for Field Trials in Plant Protection*. 3rd edition. Plant Protection Division, Ciba-Geigy Ltd., Switzerland. 269 pp.
- Sriratanasak, W., Arunmit, S. and J. Chaiwong. 2011. Progress report of brown planthopper outbreaks situation in Thailand. In: *Reduction of Crop Loss from BPH and virus for Sustainable Rice Production by using Ecological Engineering Symposium*, 22-24

September 2011. Bureau of Rice Research and Development, Rice Department, Prachuabkhirikhan, Thailand, pp. 93-112.

WHO. 1982. Recommended Health Risk-Based Limited in Occupational Exposure to Pesticides.

World Health Organization Technical Report Series 677.

Wicke, H., Backer, G. and R. Friebleben. 1999. Comparison of spray operator exposure during orchard spraying with hand-held equipment fitted with standard and air injection nozzles. *Crop Prot.* 18: 509-516.



(ข)



(ค)

ภาพที่ 2 เครื่องพ่นและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง (ก) เครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลัง แบบแรงดันน้ำสูงชนิด

(Motorized hydraulic knapsack sprayer) ประกอบก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นที่ด้านท้าย (Spray lance) (ข) เครื่องยนต์พ่นสารสะพวยหลังแบบใช้แรงลม (Motorized Knapsack mist-blower sprayer) และ (ค) เครื่องยนต์พ่นสารสะพวยหลัง แบบแรงดันน้ำสูงชนิดประกอบคานหัวฉีดอลูมิเนียม (Boom sprayer) ขนาด 4 เมตร ที่พัฒนาโดยกลุ่มงานวิจัยการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

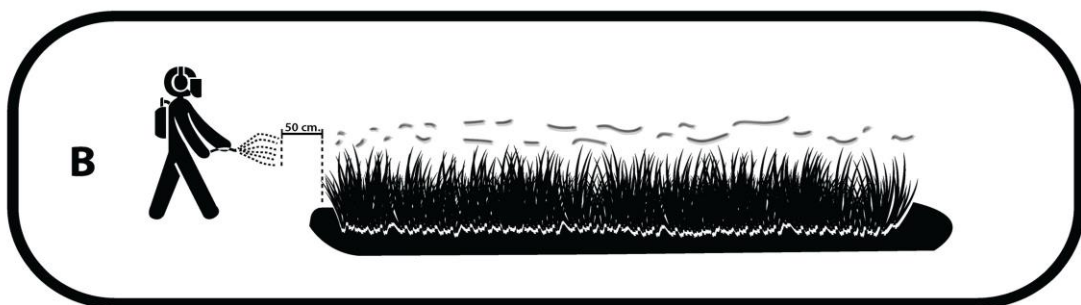


(จ)

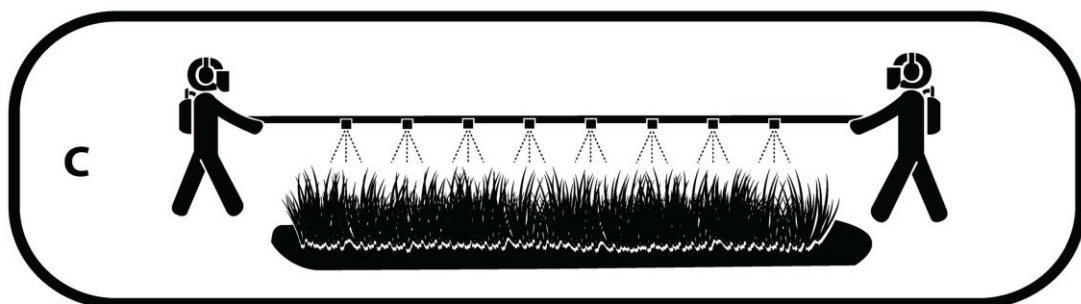
ภาพที่ 3 หัวฉีดที่ใช้ในการทดลอง (ก) หัวฉีดชนิดใช้แรงดันน้ำแบบกรวยกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดขนาด 1 และ 2 มิลลิเมตร (ข) หัวฉีดชนิดใช้แรงดันน้ำแบบกรวยกลวง รุ่น 1299-08 Lilac (ค) หัวฉีดชนิดใช้แรงดันน้ำแบบพัด รุ่น XR 11001VS (ง) หัวฉีดชนิดใช้แรงลมแบบ Wizza และ (จ) หัวฉีดแรงลมแบบ Air shear



(ก)

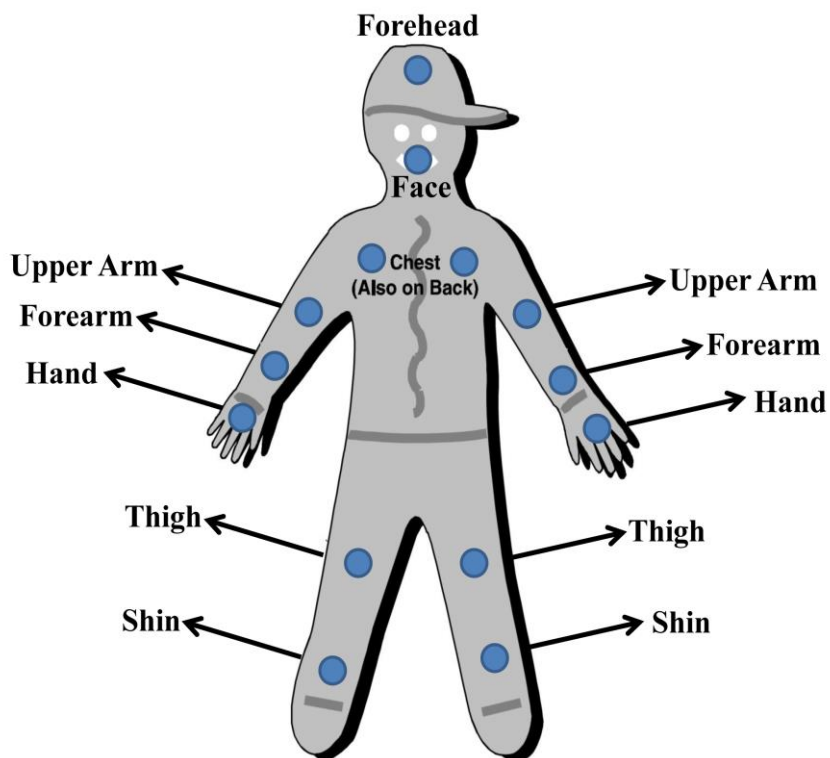


(ข)



(ค)

ภาพที่ 4 ทิศทางการพ่นสารที่ใช้ในการทดลอง (ก) ผู้พ่นสารพ่นลักษณะเดินตรงไปข้างหน้าผ่านแนวต้นข้าวโดย
 แกว่งหัวฉีดไปทั้งทางด้านซ้ายและขวาในขณะที่พ่น (ข) ผู้พ่นสารเดินพ่นอยู่เหนือลมห่างจากต้นข้าว
 ประมาณ 50 เซนติเมตร (ค) ผู้พ่นสาร 2 คน ถือคานหัวฉีดเดินพ่นในลักษณะเดินเข้าหาลม (into wind
 direction) โดยยกคานหัวฉีดเหนือต้นข้าวประมาณ 50 เซนติเมตร



ภาพที่ 5 ตำแหน่งการติดแผ่นกระดาษเซลลูโลสเพื่อตรวจวัดปริมาณการตกค้างของละอองสารบนตัวผู้
พ่น

ตารางที่ 1 รายละเอียดการพ่นสารที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องพ่นสาร	ชนิดของหัวฉีด	อัตราการไหล ของหัวฉีด (ลิตรต่อนาที)	แนวพ่นสาร	ความเร็วในการเดินพ่น (เมตร ต่อนาที)		อัตราการพ่นจริง (ลิตรต่อไร่)		กรรมวิธีการพ่น
				30 DAS ^{a/}	60 DAS	30 DAS	60 DAS	
1. HP + Spray lance	แบบกรวยกลวง Ø 1 mm	2 ^{b/}	2	25.7 ± 0.7	21.9 ± 0.6	62.2 ± 1.6	73.1 ± 2.1	HPSL1 ^{d/}
2. HP + Spray lance	แบบกรวยกลวง Ø 2 mm	6.5 ^{b/}	3	29.6 ± 0.6	27.5 ± 0.6	117.2 ± 2.5	126.2 ± 2.8	HPSL2 ^{e/}
3. MB + Wizza	Wizza	0.85 ^{c/}	4	13.0 ± 0.5	10.9 ± 0.5	26.2 ± 1.0	31.3 ± 1.5	MBW ^{d/}
4. MB + Air shear	Air shear	2 ^{c/}	6	19.8 ± 1.1	17.0 ± 1.2	27.0 ± 1.5	31.5 ± 2.3	MBA1 ^{e/}
5. MB + Air shear	Air shear	2 ^{c/}	4	30.1 ± 2.1	26.6 ± 1.7	26.7 ± 1.8	30.2 ± 1.9	MBA2 ^{e/}
6. HP + Boom (Fan)	แบบพัด (XR 11001 VS)	0.48 ^{b/}	4	24.9 ± 0.7	21.2 ± 0.7	61.8 ± 1.7	72.6 ± 2.3	HPBF ^{f/}
7. HP + Boom (Cone)	แบบกรวยกลวง (1299-08 Lilac)	0.38 ^{b/}	4	20.0 ± 0.5	17.0 ± 0.5	61.0 ± 1.4	71.7 ± 2.0	HPBC ^{f/}

^{a/} DAS = วันหลังการหว่าน

^{b/} แรงดัน 5 บาร์

^{c/} ความเร็วลม 98 เมตรต่อวินาทีที่ปากท่อลม

^{d/} กรรมวิธีที่แนะนำเดิม

^{e/} กรรมวิธีที่เกษตรกรในพื้นที่ปฏิบัติ

^{f/} กรรมวิธีที่แนะนำใหม่

ตารางที่ 2 พื้นที่ผิวมาตรฐานของร่างกายตามมาตรฐานของ OECD guidelines

ส่วนของร่างกาย	ตำแหน่ง	พื้นที่ผิว (ตารางเซนติเมตร)	เปอร์เซ็นต์บนร่างกาย
เท้า	ขวา	655	3.1
	ซ้าย	655	3.1
หน้าแข้ง	ขวา	1160	5.5
	ซ้าย	1160	5.5
ต้นขา	ขวา	1910	9.1
	ซ้าย	1910	9.1
หน้าอก	ขวา	1775	8.4
	ซ้าย	1775	8.4
แขนส่วนล่าง	ขวา	605	2.9
	ซ้าย	605	2.9
แขนส่วนบน	ขวา	1445	6.9
	ซ้าย	1445	6.9
มือ	ขวา	410	1.9
	ซ้าย	410	1.9
ใบหน้า		650	3.1
หน้าผาก		650	3.1
ด้านหลัง		3810	18.1

รวม	21030	100
-----	-------	-----

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานความหนาแน่นของละอองสารบนลำต้นและใบของต้นข้าว (ละอองต่อตารางเซนติเมตร) ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในทรงพุ่มของต้นข้าวที่ข้าวระยะ 30 วันหลังหว่าน

เครื่องพ่นสาร พ่น	วิธีการ	บริเวณส่วนล่าง		บริเวณส่วนกลาง		บริเวณส่วนบน	
		เหนือลม	ใต้ลม	เหนือลม	ใต้ลม	เหนือลม	ใต้ลม
A. บนลำต้น							
1. HP + Spray lance	HPSL1	56.7 ± 13.3 b ^{d/}	9.7 ± 2.5 c	59.7 ± 9.5 d	8.3 ± 4.0 b	61.7 ± 0.6 d	17.0 ± 13.5 b
2. HP + Spray lance	HPSL2	33.7 ± 7.6 c	16.7 ± 3.1 bc	51.7 ± 4.2 d	34.7 ± 9.9 a	78.0 ± 19.9 c	55.3 ± 9.5 a
3. MB + Wizza	MBW	97.3 ± 11.7 a	23.7 ± 6.5 b	104.3 ± 4.2 a	41.3 ± 16.5 a	105.7 ± 4.5 a	59.0 ± 13.1 a
4. MB + Air shear	MBA1	16.7 ± 11.6 d	11.7 ± 2.5 c	42.3 ± 5.7 e	36.3 ± 10.4 a	61.0 ± 12.5 d	60.0 ± 27.9 a
5. MB + Air shear	MBA2	16.3 ± 5.9 d	12.7 ± 5.5 c	41.7 ± 3.5 e	35.7 ± 9.5 a	61.7 ± 9.6 d	62.0 ± 27.8 a
6. HP + Boom (Fan)	HPBF	84.0 ± 5.0 a	25.7 ± 2.5 b	92.3 ± 3.1 b	30.3 ± 6.8 a	98.3 ± 5.5 ab	39.3 ± 3.5 a
7. HP + Boom (Cone)	HPBC	94.7 ± 2.5 a	41.3 ± 8.3 a	81.3 ± 2.3 c	42.7 ± 9.3 a	82.7 ± 5.0 b	45.7 ± 4.7 a
CV (%)		49.97	36.70	53.09	39.67	45.42	46.17
B. บนใบ							

1. HP + Spray lance	HPSL1	78.0 ± 12.2 b	31.7 ± 24.1 c	82.7 ± 10.1	39.7 ± 27.1	84.3 ± 9.0	39.0 ± 25.1
2. HP + Spray lance	HPSL2	81.7 ± 23.1 b	58.0 ± 7.8 ab	85.7 ± 23.6	67.7 ± 4.0	87.7 ± 20.6	72.3 ± 2.1
3. MB + Wizza	MBW	104.3 ± 3.5 a	52.3 ± 19.7 b	106.3 ± 4.5	61.7 ± 18.2	107.3 ± 4.5	66.3 ± 17.2
4. MB + Air shear	MBA1	70.3 ± 1.2 b	64.7 ± 26.1 a	76.3 ± 8.5	69.3 ± 24.8	75.7 ± 18.1	70.0 ± 24.3
5. MB + Air shear	MBA2	73.7 ± 7.6 b	66.7 ± 26.8 a	78.7 ± 12.7	68.7 ± 26.1	74.3 ± 17.0	68.3 ± 23.7
6. HP + Boom (Fan)	HPBF	103.3 ± 5.5 a	37.0 ± 10.1 c	104.0 ± 3.6	44.0 ± 8.2	103.7 ± 2.5	49.7 ± 13.6
7. HP + Boom (Cone)	HPBC	85.3 ± 5.6 ab	41.7 ± 9.9 bc	89.0 ± 7.0	44.0 ± 10.5	87.3 ± 7.0	49.0 ± 2.0
CV (%)		35.32	27.72	38.76	29.43	30.26	31.06

^{a/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเดียวกันในแต่ละสดมภ์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ P = 0.05% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานความหนาแน่นของละอองสารบนลำต้นและใบของต้นข้าว (ละอองต่อตารางเซนติเมตร) ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในทรงพุ่มของต้นข้าวที่ข้าวระยะ 60 วันหลังหว่าน

เครื่องพ่นสาร	วิธีการพ่น	บริเวณส่วนล่าง		บริเวณส่วนกลาง		บริเวณส่วนบน	
		เหนือลม	ใต้ลม	เหนือลม	ใต้ลม	เหนือลม	ใต้ลม
A. บนลำต้น							
1. HP + Spray lance	HPSL1	19.7 ± 7.2 bc ^{a/}	16.7 ± 2.5 bc	31.3 ± 12.7	16.7 ± 1.2 b	51.7 ± 11.7	28.7 ± 18.2
2. HP + Spray lance	HPSL2	22.0 ± 6.1 bc	7.7 ± 6.7 c	50.3 ± 22.7	12.7 ± 5.5 b	67.0 ± 20.2	24.3 ± 6.8
3. MB + Wizza	MBW	34.0 ± 20.8 b	14.3 ± 6.8 bc	48.3 ± 35.3	27.0 ± 21.8 b	58.0 ± 34.8	41.7 ± 22.3
4. MB + Air shear	MBA1	13.3 ± 3.1 bc	9.0 ± 1.7 bc	30.3 ± 11.4	16.3 ± 0.6 b	47.0 ± 13.5	40.7 ± 12.2
5. MB + Air shear	MBA2	11.0 ± 2.0 c	8.3 ± 0.6 c	30.0 ± 7.0	18.0 ± 2.6 b	51.3 ± 11.6	41.0 ± 13.2
6. HP + Boom (Fan)	HPBF	65.0 ± 15.9 a	38.7 ± 19.3 a	63.3 ± 15.2	47.7 ± 6.5 a	73.0 ± 25.9	55.0 ± 19.5
7. HP + Boom (Cone)	HPBC	55.0 ± 8.9 a	23.3 ± 3.2 b	67.7 ± 15.0	48.0 ± 9.8 a	70.0 ± 10.3	50.0 ± 2.6
CV (%)		37.66	48.81	35.19	33.63	35.67	35.81

B. บนใบ							
1. HP + Spray lance	HPSL1	65.7 ± 10.8	27.7 ± 19.9	77.3 ± 7.2	42.3 ± 11.5	88.0 ± 7.8	47.3 ± 9.3
2. HP + Spray lance	HPSL2	85.0 ± 10.6	27.0 ± 3.5	88.7 ± 5.7	48.7 ± 9.0	95.3 ± 7.5	51.0 ± 12.2
3. MB + Wizza	MBW	62.3 ± 36.1	46.7 ± 13.3	76.0 ± 26.2	64.3 ± 7.2	95.0 ± 13.1	74.3 ± 6.8
4. MB + Air shear	MBA1	57.7 ± 14.5	48.0 ± 20.4	81.3 ± 14.4	64.0 ± 16.7	81.3 ± 3.2	67.7 ± 15.9
5. MB + Air shear	MBA2	62.3 ± 10.8	50.7 ± 18.0	79.3 ± 14.6	60.7 ± 14.0	80.7 ± 9.0	62.3 ± 12.2
6. HP + Boom (Fan)	HPBF	81.7 ± 17.7	51.3 ± 11.6	49.3 ± 16.6	59.0 ± 3.5	101.7 ± 2.5	66.7 ± 5.7
7. HP + Boom (Cone)	HPBC	60.3 ± 13.8	38.0 ± 7.8	95.7 ± 2.1	41.0 ± 10.5	92.6 ± 9.7	57.0 ± 11.5
CV (%)		43.68	32.94	29.73	32.97	35.26	25.89

^{a/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเดียวกันในแต่ละสดมภ์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ P = 0.05% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานการตกค้างของละอองสารบนลำต้นและใบของต้นข้าว (นาโนกรัมต่อกรัมของน้ำหนักข้าว), Coefficient of variation (CV %) ของต้นข้าวที่ข้าวระยะ 30 และ 60 วันหลังหว่าน

เครื่องพ่นสาร	วิธีการพ่น	การตกค้างของละอองสารบนลำต้นและใบของต้นข้าว (นาโนกรัมต่อกรัมของน้ำหนักข้าว)			
		ลำต้น	(CV %)	ใบ	(CV %)
A. ต้นข้าวระยะ 30 วันหลังหว่าน					
1. HP + Spray lance	HPSL1	1.13 ± 0.38 c ^{a/}	33.77	6.84 ± 3.36 b	26.82
2. HP + Spray lance	HPSL2	2.38 ± 0.89 a	35.16	11.20 ± 4.56 a	28.85
3. MB + Wizza	MBW	0.74 ± 0.15 cd	20.98	2.69 ± 1.13 c	26.43
4. MB + Air shear	MBA1	0.40 ± 0.08 d	21.79	2.32 ± 1.20 c	27.92
5. MB + Air shear	MBA2	0.29 ± 0.11 d	38.78	2.22 ± 1.07 c	30.59
6. HP + Boom (Fan)	HPBF	1.65 ± 0.27 b	16.51	7.28 ± 1.51 b	23.97
7. HP + Boom (Cone)	HPBC	2.83 ± 0.40 a	14.27	8.02 ± 1.07 a	13.46

CV (%)		38.30		20.29	
B. ต้นข้าวระยะ 60 วันหลังหว่าน					
1. HP + Spray lance	HPSL1	0.88 ± 0.24 ab	49.91	3.95 ± 1.29 b	32.71
2. HP + Spray lance	HPSL2	0.99 ± 0.53 ab	54.17	6.34 ± 1.98 a	31.27
3. MB + Wizza	MBW	0.35 ± 0.13 c	37.80	1.33 ± 0.38 c	29.28
4. MB + Air shear	MBA1	0.29 ± 0.16 cd	54.18	1.24 ± 0.56 c	43.97
5. MB + Air shear	MBA2	0.21 ± 0.13 d	62.45	1.16 ± 0.51 c	45.44
6. HP + Boom (Fan)	HPBF	1.29 ± 0.17 a	13.45	3.61 ± 0.95 b	26.44
7. HP + Boom (Cone)	HPBC	0.71 ± 0.19 b	27.55	3.92 ± 0.94 b	24.16
CV (%)		40.54		26.95	

^{a/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเดียวกันในแต่ละสดมภ์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ P = 0.05% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการตกค้างของละอองสารจากการพ่นสารละลายของสีด้วยวิธีการพ่นต่างๆ (นาโนกรัมต่อตารางเซนติเมตร) ที่ได้จากแผ่นกระดาษเซลลูโลสในข้าวระยะ 30 วันหลังหว่าน

ตำแหน่งของแผ่นกระดาษเซลลูโลส	ด้าน	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการตกค้างของละอองสารจากการพ่นสารละลายของสีด้วยวิธีการพ่นต่างๆ (นาโนกรัมต่อตารางเซนติเมตร)						
		HPSL1	HPSL2	MBW	MBA1	MBA2	HPBF ^{a/}	HPBC ^{a/}
หน้าแข็ง	ขวา	1.6 ± 0.6	12.4 ± 17.0	0.3 ± 0.1	10.8 ± 0.6	9.2 ± 0.5	3.7 ± 1.2	2.2 ± 1.7
	ซ้าย	1.4 ± 0.4	12.3 ± 9.1	0.2 ± 0.04	10.7 ± 0.8	9.1 ± 0.7	1.6 ± 1.2	2.7 ± 1.6
ต้นขา	ขวา	0.6 ± 0.1	23.0 ± 12.8	0.8 ± 0.1	3.4 ± 0.04	2.9 ± 0.04	2.7 ± 3.8	1.0 ± 0.9

หน้าแข็ง	ขวา	0.5 ± 0.04	22.5 ± 17.2	0.3 ± 0.1	1.4 ± 0.03	1.3 ± 0.03	1.8 ± 2.2	1.4 ± 1.0
	ซ้าย	0.6 ± 0.3	21.8 ± 17.8	0.2 ± 0.1	1.6 ± 0.1	1.5 ± 0.1	2.0 ± 2.1	1.2 ± 1.1
ต้นขา	ขวา	0.3 ± 0.2	61.0 ± 14.7	0.2 ± 0.1	1.2 ± 0.9	1.1 ± 0.8	0.5 ± 0.5	0.8 ± 0.7
	ซ้าย	0.4 ± 0.2	49.0 ± 44.2	0.2 ± 0.03	5.2 ± 0.4	4.6 ± 0.3	1.3 ± 0.9	0.6 ± 0.8
หน้าอก	ขวา	0.5 ± 0.03	3.8 ± 0.5	0.7 ± 0.04	4.7 ± 0.6	4.1 ± 0.5	0.8 ± 0.5	0.2 ± 0.1
	ซ้าย	0.6 ± 0.3	4.5 ± 2.1	0.5 ± 0.1	3.7 ± 0.1	3.3 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.2 ± 0.1
แขนส่วนล่าง	ขวา	0.8 ± 0.3	19.7 ± 4.8	0.2 ± 0.03	0.5 ± 0.04	0.5 ± 0.03	0.4 ± 0.3	0.7 ± 0.9
	ซ้าย	0.4 ± 0.1	9.8 ± 5.1	0.5 ± 0.1	3.1 ± 0.2	2.7 ± 0.2	0.1 ± 0.03	0.9 ± 0.8
แขนส่วนบน	ขวา	0.2 ± 0.1	1.3 ± 0.7	0.5 ± 0.1	8.6 ± 6.6	7.6 ± 5.9	0.1 ± 0.03	0.1 ± 0.03
	ซ้าย	0.2 ± 0.1	8.3 ± 7.3	0.4 ± 0.1	7.4 ± 0.7	6.5 ± 0.6	0.2 ± 0.1	0.1 ± 0.1
มือ	ขวา	0.2 ± 0.1	2.1 ± 0.3	0.8 ± 0.1	18.4 ± 6.5	16.2 ± 5.8	0.1 ± 0.03	0.1 ± 0.02
	ซ้าย	0.2 ± 0.1	21.3 ± 17.7	0.5 ± 0.1	18.7 ± 6.0	16.5 ± 5.3	0.33 ± 0.2	0.2 ± 0.03
ไบหน้า		0.2 ± 0.1	12.9 ± 10.5	0.1 ± 0.02	14.5 ± 1.8	12.8 ± 1.6	0.1 ± 0.03	0.1 ± 0.03
หน้าผาก		ND ^{a/}	33.8 ± 21.8	ND	3.7 ± 2.8	3.3 ± 2.5	0.1 ± 0.02	0.1 ± 0.03
ด้านหลัง		ND	0.8 ± 0.1	ND	0.8 ± 0.05	0.7 ± 0.04	ND	ND
รวม		5.0±0.7	272.6±25.7	4.8±0.43	93.6±13.6.	82.8±12.0	8.4±1.7	6.8±1.63

^{a/} การตกค้างของสีจากการตรวจวัดผู้พันทั้งสองคน

^{b/} การตกค้างของสีน้อยจนไม่สามารถวัดค่าได้

ตารางที่ 8 เปอร์เซ็นต์และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการตกค้างของละอองสารบนส่วนต่างๆ ของร่างกายผู้พันโดยคำนวณจากการตกค้างของละอองสาร (นาโนกรัมต่อตารางเซนติเมตร) คูณพื้นที่ผิวมาตรฐานของร่างกายตามมาตรฐานของ OECD guidelines

ส่วนของร่างกาย	HPSL1	HPSL2	MBW	MBA1	MBA2	HPBF	HPBC
A. ดันซ้ำระยะเวลา 30 วันหลังหว่าน							
ส่วนล่างของร่างกาย ^{a/}	68.5 ± 8.5	73.4 ± 14.1	59.0 ± 3.5	80.1 ± 1.1	73.0 ± 12.1	88.1 ± 3.7	82.0 ± 9.1
ส่วนบนของร่างกาย ^{b/}	29.0 ± 8.4	20.3 ± 14.4	37.2 ± 3.6	18.3 ± 1.1	20.7 ± 14.4	10.5 ± 2.9	16.7 ± 9.6
มือ	2.5 ± 0.3	0.7 ± 0.1	3.8 ± 0.4	0.9 ± 0.1	0.9 ± 0.1	1.4 ± 0.8	1.3 ± 0.9
ศีรษะ	0	5.7 ± 0.4	0	0.6 ± 0.01	5.5 ± 0.5	0	0
A. ดันซ้ำระยะเวลา 60 วันหลังหว่าน							
ส่วนล่างของร่างกาย ^{a/}	44.8 ± 4.3	69.5 ± 25.2	23.8 ± 1.8	18.6 ± 2.5	16.5 ± 2.3	68.6 ± 11.9	70.3 ± 6.6
ส่วนบนของร่างกาย ^{b/}	50.2 ± 5.9	16.5 ± 11.9	65.6 ± 1.4	49.7 ± 5.2	51.8 ± 5.8	28.5 ± 12.3	26.0 ± 4.9
มือ	2.9 ± 0.8	3.4 ± 3.4	9.4 ± 0.7	18.1 ± 3.7	19.6 ± 3.5	1.6 ± 0.4	1.6 ± 0.7
ศีรษะ	2.1 ± 0.9	10.6 ± 9.9	1.2 ± 0.3	13.6 ± 1.0	12.1 ± 0.8	1.3 ± 0.1	2.1 ± 0.5

^{a/} ผลรวมการตักค้ำของละอองสารบริเวณด้านซ้ายและขวาของหน้าแข้งและต้นขา

^{b/} ผลรวมการตักค้ำของละอองสารบริเวณด้านซ้ายและขวาของหน้าอก แขนส่วนบน แขนส่วนล่างและหลัง

ตารางที่ 9 เปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล หลังการทดสอบประสิทธิภาพของกรรมวิธีการพ่นแบบต่างๆ ด้วยวิธี bioassays ในสภาพกึ่งแปลงทดลอง ในข้าวระยะ 30 วันหลังหว่าน

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลหลังจากเพลี้ยดูดน้ำเลี้ยงจากต้นข้าว		
	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง
HPSL1	8.8 ± 5.7 a ^{a/}	38.3 ± 3.3 ab	73.3 ± 9.4 b
HPSL2	11.7 ± 3.3 a	41.7 ± 13.7 ab	80.0 ± 7.7 ab
HPBC	10.0 ± 3.8 a	50.0 ± 6.7 a	88.3 ± 8.4 a
MBW	8.3 ± 3.3 a	36.7 ± 6.7 ab	71.7 ± 3.3 b
MBA1	7.5 ± 4.2 a	33.3 ± 17.2 b	70.0 ± 3.8 b
Control	0.8 ± 1.0 b	0.8 ± 1.0 c	1.3 ± 0.8 c
CV (%)	50.02	30.02	11.00

^{a/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเดียวกันในแต่ละสดมภ์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ P = 0.05% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 10 เปอร์เซ็นต์การตายของเพื่อยักระโดดสีน้ำตาล หลังการทดสอบประสิทธิภาพของกรรมวิธีการพ่นแบบต่างๆ ด้วยวิธี bioassays ในสภาพกึ่งแปลงทดลอง ในข้าวระยะ 60 วันหลังหว่าน

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การตายของเพื่อยักระโดดสีน้ำตาลหลังจากเพื่อยัคดูน้ำเลี้ยงจากต้นข้าว		
	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง
HPSL1	15.0 ± 3.3 a ^{a/}	33.3 ± 9.0 b	76.7 ± 6.7 b
HPSL2	15.0 ± 12.6 a	48.3 ± 22.7 a	85.0 ± 8.4 ab
HPBF	18.3 ± 6.4 a	61.7 ± 14.8 a	93.3 ± 5.4 a
MBW	13.3 ± 9.4 a	26.7 ± 18.1 b	75.0 ± 12.6 b
MBA1	13.3 ± 9.4 a	30.0 ± 11.2 b	73.3 ± 9.4 b
Control	0.8 ± 1.0 b	0.8 ± 1.0 c	1.3 ± 0.8 c
CV (%)	56.37	38.89	11.33

^{a/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเดียวกันในแต่ละสดมภ์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ P = 0.05% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 11 ความต้านทานของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลต่อสารทดสอบ dinotefuran ในพื้นที่ทำการทดลอง

สารฆ่าแมลง	สายพันธุ์	LD ₅₀ (µg g ⁻¹)	Slope (±SE)	RR ^{a/}
dinotefuran	อ่อนแอ	0.083 (0.056 - 0.111)	1.628 ± 0.235	
	สุพรรณบุรี (พื้นที่ทำการทดลอง)	0.245 (0.371 - 1.080)	1.305 ± 0.227	2.7

^{a/}RR (สัดส่วนความต้านทาน) = LD₅₀ ของสายพันธุ์ที่นำมาทดสอบ/LD₅₀ ของสายพันธุ์อ่อนแอ

ตารางที่ 12 จำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (ตัวตอกอ) และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล จากการพ่นสารด้วยวิธีการต่างๆ ในข้าวระยะ 30 วันหลังหว่าน

กรรมวิธี	อัตราการใช้ผลิตภัณฑ์	จำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (ตัวตอกอ)				เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพตามวิธีการของ Henderson-Tilton		
		ก่อนพ่นสาร	หลังพ่น 3 วัน	หลังพ่น 5 วัน	หลังพ่น 7 วัน	หลังพ่น 3 วัน	หลังพ่น 5 วัน	หลังพ่น 7 วัน
HPSL1	60	21.6 ± 3.2	7.6 ± 1.8 b ^{a/}	5.5 ± 1.0 b	3.8 ± 0.3 b	57.3	63.0	70.0
HPSL2	120	23.7 ± 5.5	6.2 ± 1.5 ab	5.0 ± 0.9 b	2.3 ± 0.6 ab	67.8	69.3	83.4
HPBF	60	24.2 ± 4.0	4.5 ± 1.1 a	3.4 ± 0.9 a	2.0 ± 0.2 a	77.1	79.6	86.6
MBW	60	21.3 ± 3.7	6.7 ± 1.3 ab	5.2 ± 0.9 b	3.7 ± 0.3 b	61.3	64.5	70.4
MBA1	60	22.5 ± 3.3	8.2 ± 1.3 b	6.1 ± 0.8 b	3.9 ± 1.0 b	55.7	60.6	70.5
Control	-	20.8 ± 4.3	16.9 ± 1.1 c	14.3 ± 1.6 c	12.2 ± 2.0 c	-	-	-
CV (%)		12.41	17.50	14.32	20.78			

^{a/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเดียวกันในแต่ละสดมภ์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ P = 0.05% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 13 จำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (ตัวต่อกอ) และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล จากการพ่นสารด้วยกรรมวิธีต่างๆ ในข้าวระยะ 60 วันหลังหว่าน

กรรมวิธี	อัตราการใช้ผลิตภัณฑ์	จำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (ตัวต่อกอ)				เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพตามวิธีการของ Henderson-Tilton		
		ก่อนพ่นสาร	หลังพ่น 3 วัน	หลังพ่น 5 วัน	หลังพ่น 7 วัน	หลังพ่น 3 วัน	หลังพ่น 5 วัน	หลังพ่น 7 วัน
HPSL1	60	21.8 ± 3.0	5.9 ± 1.4 ab ^{a/}	4.9 ± 1.0 b	3.1 ± 0.5 b	62.4	62.8	70.0
HPSL2	120	20.1 ± 4.3	5.5 ± 1.0 ab	4.5 ± 0.8 ab	1.8 ± 0.5 a	62.0	63.0	81.1
HPBF	60	23.4 ± 5.0	3.5 ± 1.9 a	2.8 ± 1.0 a	1.6 ± 0.2 a	79.1	80.2	85.6
MBW	60	20.2 ± 5.0	5.4 ± 1.5 ab	5.0 ± 1.0 b	2.7 ± 0.4 b	63.0	59.0	71.8
MBA1	60	22.9 ± 4.0	6.9 ± 0.9 b	5.5 ± 1.0 b	3.3 ± 0.6 b	58.1	60.2	69.6
Control	-	21.7 ± 2.3	15.6 ± 1.7 c	13.1 ± 2.4 c	10.3 ± 0.8 c	-	-	-
CV (%)		19.25	21.04	20.67	13.80			

^{a/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเดียวกันในแต่ละสดมภ์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ P = 0.05% โดยวิธี DMRT