Thai Science and Technology Journal Vol. 34 No. 1 January-February 2026 ISSN 3027-6365 (Online)

Thai Science and Technology Journal
วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
Journal Homepage : http://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj

ประสิทธิภาพของสารเคมีฆ่าแมลงสังเคราะห์บางชนิดต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าว เขตชลประทาน จังหวัดพิษณุโลก

Efficiency of Some Synthetic Insecticides on Brown Planthopper (*Nilaparvata lugens* (Stål)) in Irrigated Paddy Fields at Phitsanulok Province

เจษฎาพงศ์ ขุนเจริญรักษ์[1], วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ[1], ปาณิสรา เทพกุศล[1,2]*, คณิตา เกิดสุข[3]

[1]*ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000*

[2]*ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000*

[3]*ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก พิษณุโลก 65130*

Jadsadapong Kunjaroenruk[1], Weerathep Pongprasert[1], Panisara Thepkusol[1,2]*, Kanita Kerdsuk[3]

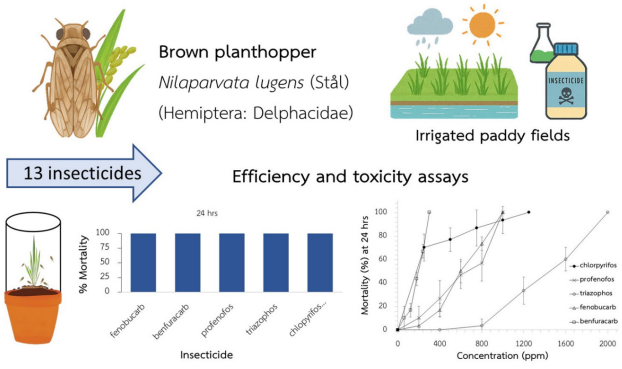
[1]*National Biological Control Research Center, Naresuan University, Phitsanulok 65000*

[2]*Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresua University, Phitsanulok 65000*

[3]*Phitsanulok Rice Research Center, Phitsanulok 65130*

Received 1 July 2024; Received in revised 8 August 2025; Accepted 13 August 2025

GRAPHICAL ABSTRACT



ABSTRACT

The brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens* (Stål) (Hemiptera: Delphacidae), is one of the most destructive insect pests of rice in Thailand, especially in irrigated rice paddy fields. BPH population trends change annually due to insecticide resistance and climate change. Therefore, continuous assessment of commonly used insecticides is necessary. Accordingly, the efficiency and toxicity of thirteen synthetic insecticides, including fenobucarb 50% EC, benfuracarb 20% EC, carbosulfan 20% EC, profenofos 50% EC, triazophos 40% EC, ethiprole 10% SC, cypermethrin 35% EC, lambda-cyhalothrin 2.5% EC, etofenprox 20% EC, dinotefuran 10% SL, thiamethoxam 25% WG, clothianidin 16% SG and buprofezin 40% SC against BPH were evaluated, along with the toxicity of the effective insecticides. The results showed that fenobucarb, benfuracarb, profenofos, and triazophos caused 100 % mortality in BPH within 24 hours, comparable to chlorpyrifos (positive control) in controlling BPH. Their respective LC_{50} values were 612.15, 187.14, 621.31 and 1,409.08 ppm, respectively

คำสำคัญ

สารฆ่าแมลง; ความเข้มข้นของสารที่ทำให้แมลงตายครึ่งหนึ่ง; เพลี้ยกระโดด

Keywords

Insecticide; Median lethal concentration; Planthopper

บทคัดย่อ

เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (Brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål)) (Hemiptera: Delphacidae) เป็นแมลงศัตรูข้าวที่มีสำคัญในทุกภูมิภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะพื้นที่นาข้าวเขตชลประทาน แนวโน้มการระบาดของประชากรแมลงชนิดนี้มีการเปลี่ยนแปลงทุกปี ทั้งนี้เนื่องจากการพัฒนาความต้านทานต่อสารเคมีฆ่าแมลง และสภาพภูมิอากาศแปรปรวน การประเมินประสิทธิภาพของสารเคมีฆ่าแมลงที่ใช้ในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดเป็นสิ่งที่ต้องดำเนินการต่อเนื่องเพื่อปรับปรุงข้อมูลให้ทันต่อสถานการณ์ปัจจุบันงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมีฆ่าแมลง 13 ชนิด ในการควบคุมประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ประกอบด้วย Fenobucarb 50% EC, Benfuracarb 20% EC, Carbosulfan 20% EC, Profenofos 50% EC, Triazophos 40% EC, Ethiprole 10% SC, Cypermethrin 35% EC, Lambda-cyhalothrin 2.5% EC, Etofenprox 20% EC, Dinotefuran 10% SL, Thiamethoxam 25% WG, Clothianidin 16% SG และ Buprofezin 40% SC และทดสอบระดับความเป็นพิษของสารเคมีฆ่าแมลงที่มีประสิทธิภาพ พบว่า Fenobucarb, Benfuracarb, Profenofos และ Triazophos สามารถทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตายได้ทั้งหมดภายในระยะ 24 ชั่วโมง ไม่แตกต่างจาก Chlorpyrifos (ชุดควบคุมเชิงบวก) และมีค่าความเข้มข้นที่ทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตายครึ่งหนึ่ง (Median lethal concentration; LC_{50}) เท่ากับ 612.15, 187.14, 621.31 และ 1,409.08 ppm ตามลำดับ

***ผู้รับผิดชอบบทความ:** panisarat@nu.ac.th

DOI: 10.14456/tstj.2026.2

Science34-N1.indd 14 11/3/2569 BE 10:16

1. บทนำ

เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (Brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål)) (Hemiptera: Delphacidae) เป็นแมลงศัตรูข้าวที่มีความสำคัญในทุกภูมิภาคของประเทศไทย โดยลงทำลายต้นข้าวได้หลายสายพันธุ์รวมถึงพันธุ์ต้านทาน [1] ทำให้ต้นข้าวมีอาการเหี่ยวและแห้งตาย (Hopper burn) นอกจากนี้ยังเป็นพาหะนำเชื้อไวรัสก่อโรคใบหงิกและโรคเขียวเตี้ย ทำให้ต้นข้าวออกรวงช้าและให้ผลผลิตลดลง [2] เกษตรกรในเขตพื้นที่เขตชลประทานโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณภาคกลางและภาคเหนือตอนล่างของประเทศ ส่วนใหญ่นิยมปลูกข้าวต่อเนื่อง โดยทำติดต่อซ้ำๆ กันมากกว่า 2 ครั้ง ในระยะ 1 ปี ส่งผลให้แมลงศัตรูพืชสามารถขยายพันธุ์ได้อย่างต่อเนื่อง ประชากรแมลงในพื้นที่เพิ่มสูงขึ้นและเกิดการระบาด ในอดีตที่ผ่านมาพบว่าทุกๆ ช่วง 10 ปี มักจะเกิดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลระบาดทำลายพื้นปลูกข้าวอย่างรุนแรง โดยครั้งล่าสุดพบในฤดูนาปรังในช่วงปี พ.ศ. 2552-2553 เป็นพื้นที่กว่า 2.38 ล้านไร่ ของ 14 จังหวัดในภาคกลางและภาคเหนือตอนล่าง [3] ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายกับเกษตรกรและภาครัฐเป็นอย่างมาก ในปี พ.ศ. 2555 การระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลพบเพิ่มขึ้นเป็น 20 จังหวัด รวมพื้นที่ภาคเหนือตอนบนเป็นพื้นที่กว่า 1.18 ล้านไร่ ในปี พ.ศ. 2557-2562 ยังคงมีการระบาดต่อเนื่องนอกเหนือจากพื้นที่ที่เคยมีการระบาดเป็นประจำในภาคกลาง และภาคเหนือตอนล่าง จนถึงในภาคต่างๆ ทั่วประเทศ [4] และมีการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลต่อเนื่องในบางพื้นที่มาโดยตลอดในปัจจุบัน [5]

การควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในปัจจุบันนิยมใช้สารเคมีฆ่าแมลงเป็นหลัก เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวกต่อการใช้งาน และเห็นผลรวดเร็ว สารเคมีฆ่าแมลงตามคำแนะนำของทางราชการได้ถูกนำมาใช้ในการควบคุมแมลงเป็นระยะเวลานานหลายปี ประกอบกับพฤติกรรมของเกษตรกรที่มีการใช้สารเคมีฆ่าแมลงอย่างต่อเนื่อง ทำให้ประสิทธิภาพของสารลดลงอย่างเห็นได้ชัด ดังเช่นในปี 2552 ที่พบว่า สารเคมีฆ่าแมลงบางชนิดไม่สามารถควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลให้อยู่ต่ำกว่าระดับเศรษฐกิจได้ [6] และเป็นช่วงเดียวกันที่ในประเทศจีน อินเดีย อินโดนีเซีย และเวียดนาม พบว่า สาร Imidacloprid และ Ethiprole มีประสิทธิภาพลดลงต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ [7] ซึ่งสาเหตุหลักคือ ประชากรของแมลงส่วนใหญ่ต้านทานต่อสารเคมีฆ่าแมลง เช่นเดียวกันกับหลายประเทศในแถบเอเชียที่แมลงสามารถสร้างความต้านทานสูงต่อสารฆ่าแมลงหลายชนิด [7, 8, 9, 10] แต่มีสารฆ่าแมลงบางชนิดที่แมลงอ่อนแอต่อสาร เนื่องจากไม่ได้มีการแนะนำให้ใช้สำหรับควบคุม ทำให้แมลงได้สัมผัสกับสารฆ่าแมลงเหล่านี้น้อยมาก [10]

การลดความเข้มข้นของสารเคมีฆ่าแมลงลงจากอัตราปกติ แต่ยังคงมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัด ทำให้เกษตรกรประหยัดค่าใช้จ่ายในการพ่นสารแต่ละครั้ง และลดผลกระทบกับแมลงศัตรูธรรมชาติลง [11] โดยมีรายงานว่าสารเคมีฆ่าแมลงบางชนิดเมื่อใช้ในความเข้มข้นต่ำสามารถลดจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในรุ่นถัดไปได้ถึงครึ่งหนึ่ง [12, 13] และทำให้ประชากรของมวนเขียวดูดไข่ซึ่งเป็นแมลงตัวห้ำที่มีความสำคัญในการลดประชากรของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในรุ่นถัดไปเพิ่มมากกว่าปกติ [14] สารเคมีฆ่าแมลงที่มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าวเขตภาคเหนือตอนล่าง คือ สาร Chlorpyrifos [15] ปัจจุบันไม่ได้รับอนุญาตให้นำมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช เนื่องจากมีรายงานว่าเป็นวัตถุเป็นอันตรายที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ ตกค้างในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม การประเมินประสิทธิภาพของสารเคมีฆ่าแมลงที่มีนิยมใช้ในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดเป็นสิ่งที่ต้องดำเนินการต่อเนื่องเพื่อปรับปรุงข้อมูลให้ทันต่อสถานการณ์ปัจจุบัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาประสิทธิภาพและระดับความเป็นพิษของสารเคมีฆ่าแมลงชนิดต่างๆ ที่ทางราชการแนะนำและที่เกษตรกรนิยมใช้ต่อประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการเลือกใช้สารฆ่าแมลง

Science34-N1.indd 15 11/3/2569 BE 10:16

สำหรับควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในจังหวัดพิษณุโลกได้อย่างเหมาะสมต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างแมลงเพื่อใช้ในการทดสอบ

ประชากรแมลงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ คือ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่เก็บรวมรวมได้จากพื้นที่นาเขตชลประทานในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์วิจัยข้าว จังหวัดพิษณุโลก โดยทำการเลี้ยงเพื่อคัดกรองเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ไม่สมบูรณ์ และขยายเพิ่มปริมาณบนต้นข้าวพันธุ์ไทชุง 1 (Taichung native 1; TN1) ในกรงเลี้ยงแมลงขนาด 70x70x90 เซนติเมตร เมื่อข้าว TN1 อายุ 14 วัน แยกเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตัวเต็มวัยเพศเมียท้องแก่มาปล่อยลงบนต้นข้าว TN1 ที่ถูกปลูกในกระถางดินเผาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 เซนติเมตร ความสูง 12.5 เซนติเมตร ในกรงเลี้ยงแมลง อุณหภูมิเฉลี่ย 28-38 องศาเซลเซียส และช่วงแสง 12 ชั่วโมงต่อวัน จนได้ปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลวัยที่ 3 มากพอสำหรับการทดสอบ

การเตรียมสารเคมีฆ่าแมลง

สารเคมีฆ่าแมลงที่นำมาทดสอบประสิทธิภาพกับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลใช้ข้อมูลจากความนิยมของเกษตรกรในพื้นที่ในการใช้สารเคมีฆ่าแมลง และคำแนะนำของกรมการข้าว กลุ่มกีฏและสัตววิทยา ประกอบด้วยสารทั้งหมดจำนวน 13 ชนิด โดยรายละเอียดชื่อสามัญ (Common name), ปริมาณสารออกฤทธิ์ (Active ingredient; a.i.) และรูปแบบส่วนผสม (Formulation), อัตราการใช้ (Application rate) และกลุ่มของสารเคมีกำจัดแมลงตามกลไลการออกฤทธิ์ ซึ่งแบ่งตามกลไกการออกฤทธิ์ได้ 6 กลุ่ม แสดงใน Table 1 สารเคมีฆ่าแมลงแต่ละชนิดใช้อัตราสูงสุดตามคำแนะนำเป็นเกณฑ์ทดสอบ

การทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีฆ่าแมลงต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้น้ำกลั่นเป็นชุดควบคุมเชิงลบ และ Chlorpyrifos 40% EC เป็นชุดควบคุมเชิงบวก แต่ละหน่วยการทดลองทำการฉีดพ่นสารทดสอบด้วยขวดหัวสเปรย์ที่บรรจุสารทดสอบปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงบนต้นข้าว TN1 อายุประมาณ 15 วัน จำนวน 10 ต้น ที่เพาะปลูกในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 นิ้ว ปล่อยทิ้งไว้ให้แห้งประมาณ 10-15 นาที จากนั้นครอบกระถางปลูกด้วยกระบอกพลาสติกใสที่มีรูระบายอากาศ ก่อนปล่อยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจำนวน 10 ตัว ลงไป ทำการบันทึกจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่รอดชีวิตที่ 1, 24, 72 และ 120 ชั่วโมง หากในชุดควบคุมเชิงลบมีการตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลระหว่าง 5-20 เปอร์เซ็นต์ จะปรับค่าเปอร์เซ็นต์การตายโดยใช้ Abbott's formula (Abbott, 1925) [16] แต่ถ้ามีการตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ต้องทำการทดสอบใหม่ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยสารเคมีฆ่าแมลงที่สามารถทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตายได้ทั้งหมดและรวดเร็วจะถูกคัดเลือกเป็นสารฆ่าแมลงที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อนำมาศึกษาระดับความเป็นพิษของของสารฆ่าแมลงในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในลำดับต่อไป

การทดสอบระดับความเป็นพิษของสารเคมีฆ่าแมลงที่มีประสิทธิภาพต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ นำสารเคมีฆ่าแมลงที่ผ่านการคัดเลือกข้างต้นแต่ละชนิดมาปรับความเข้มข้นจากอัตราแนะนำสูงสุดข้างต้น (Table 1) โดยมีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย เตรียมสาร

Science34-N1.indd 16 11/3/2569 BE 10:16

Table 1 List of selected insecticides for the determination of their efficiency against brown planthopper (*Nilaparvata lugens* (Stål))

Common names	% a.i. and formulation	Application rates (ml or g/ 20 l of water)	IRAC Group[1/]	Modes of Action[1/]
Fenobucarb	50% EC	40	1A, Carbamate	Acetylcholinesterase (AChE) inhibitor
Benfuracarb	20% EC	30	1A, Carbamate	AChE inhibitor
Carbosulfan	20% EC	110	1A, Carbamate	AChE inhibitor
Profenofos	50% EC	40	1B, Organophosphorus	AChE inhibitor
Triazophos	40% EC	100	1B, Organophosphorus	AChE inhibitor
Ethiprole	10% SC	50	2B, Phenylpyrazoles	GABA-gated chloride channel blockers
Cypermethrin	35% EC	20	3A, Pyrethroid	Sodium channel modulators
Lambda-Cyhalothrin	2.5% EC	30	3A, Pyrethroid	Sodium channel modulators
Etofenprox	20% EC	20	3A, Pyrethroid	Sodium channel modulators
Dinotefuran	10% SL	10	4A, Neonicotinoid	Nicotinic acetylcholine receptors (nAChRs) allosteric modulators - Site1
Thiamethoxam	25% WG	2	4A, Neonicotinoid	nAChRs allosteric modulators - Site1
Clothianidin	16% SG	10	4A, Neonicotinoid	nAChRs allosteric modulators - Site1
Buprofezin	40% SC	20	16, Thiadiazin	Inhibitors of chitin biosynthesis, type 1

[1/]https://irac-online.org

Science34-N1.indd 17 11/3/2569 BE 10:16

Fenobucarb 50% EC (ความเข้มข้น 200, 400, 600, 800 และ 1,000 ppm), Benfuracarb 20% EC (ความเข้มข้น 60, 120, 180, 240 และ 300 ppm), profenofos 50% EC (ความเข้มข้น 200, 400, 600, 800 และ 1,000 ppm), Triazophos 40% EC (ความเข้มข้น 400, 800, 1,200, 1,600 และ 2,000 ppm) และ Chlorpyrifos 40% EC (ความเข้มข้น 250, 500, 750, 1,000 และ 1,250 ppm) เป็นชุดควบคุมเชิงบวก แต่ละหน่วยการทดลองทำการฉีดพ่นสารทดสอบด้วยขวดหัวสเปรย์ที่บรรจุสารทดสอบปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงบนต้นข้าว TN1 อายุประมาณ 15 วัน จำนวน 10 ต้น ที่เพาะปลูกในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 นิ้ว ปล่อยทิ้งไว้ให้แห้งประมาณ 10-15 นาที จากนั้นครอบกระถางปลูกด้วยกระบอกพลาสติกใสที่มีรูระบายอากาศ ก่อนปล่อยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจำนวน 10 ตัว ลงไป ทำการบันทึกจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่รอดชีวิตที่ 1, 6, 12 และ 24 ชั่วโมงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าระดับความเป็นพิษของสารเคมีฆ่าแมลงในรูปมัธยฐานของความเข้มข้นที่ทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตายครึ่งหนึ่ง (Median lethal concentration; LC_{50}) โดยใช้ Probit analysis

ผลการทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีฆ่าแมลง 13 ชนิด โดยใช้อัตราแนะนำสูงสุดต่อประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าวเขตชลประทานจังหวัดพิษณุโลก ซึ่งมีสาร Chlorpyrifos เป็นชุดควบคุมเชิงบวก และน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุมเชิงลบ พบว่า สารเคมีฆ่าแมลงแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการควบคุมประชากรของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ในระดับที่แตกต่างอย่างชัดเจน และมีแนวโน้มประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น โดยหลังการให้สาร 1 ชั่วโมง สารที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล คือ Chlorpyrifos (ชุดควบคุมเชิงบวก) ที่ให้อัตราการตาย 53.33 เปอร์เซ็นต์ แต่ยังจัดอยู่ในระดับปานกลาง รองลงมาคือ Fenobucarb, Benfuracarb, Triazophos, Dinotefuran, Thiamethoxam และ Clothianidin เป็นกลุ่มสารที่ให้อัตราการตายในระดับต่ำ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 13.33-40.00 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ไม่สามารถควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ไม่แตกต่างจากชุดควบคุมเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือ Carbosulfan, Ethiprole, Cypermethrin, Lambda-cyhalothrin, Etofenprox และ Buprofezin แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง Fenobucarb, Benfuracarb, Profenofos และ Triazophos สามารถทำให้ประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตายได้ทั้งหมด (100 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งเทียบเท่ากับ Chlorpyrifos (ชุดควบคุมเชิงบวก) รองลงมาคือ Dinotefuran (83.33 เปอร์เซ็นต์) สำหรับ Etofenprox และ Buprofezin ให้อัตราการตาย 60.00 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในระดับปานกลาง และ Carbosulfan, Ethiprole, Cypermethrin, Thiamethoxam และ Clothianidin ให้อัตราการตายอยู่ระหว่าง 30.00 - 43.33 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในระดับต่ำ ขณะที่ Lambda-cyhalothrin เป็นสารที่ไม่สามารถควบคุมประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ (0.66 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุมเชิงลบ (น้ำกลั่น) ที่ระยะหลังการให้สาร 72 ชั่วโมง Dinotefuran, Thiamethoxam และ Clothianidin ทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตายทั้งหมด รองลงมาคือ Buprofezin และ Etofenprox ที่ให้อัตราการตาย 80.00 และ 76.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับ Carbosulfan, Cypermethrin และ Lambda-cyhalothrin มีอัตราการตายเพิ่มขึ้น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 53.33 - 63.33 เปอร์เซ็นต์ แต่ยังจัดอยู่ในระดับปานกลาง และ Ethiprole เป็นสารที่ให้อัตราการตาย 33.33 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในระดับต่ำ สำหรับที่ระยะหลังการให้สาร 120 ชั่วโมง สาร Buprofezin สามารถทำให้ประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตายได้ 90.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกับ Chlorpyrifos (ชุดควบคุมเชิงบวก) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (Table 2)

Science34-N1.indd 18 11/3/2569 BE 10:16

Table 2 Percentages of cumulative mortality of brown planthopper (*Nilaparvata lugens* (Stål)) to different synthetic insecticides at different time intervals

Insecticides	Percent mortality (±SEM)			
	1 hr	24 hrs	72 hrs	120 hrs
Fenobucarb 50% EC	33.33 (± 3.34)^{b}	100.00 (± 0.00)^{a}	100.00 (± 0.00)^{a}	100.00 (± 0.00)^{a}
Benfuracarb 20% EC	33.33 (± 3.34)^{b}	100.00 (± 0.00)^{a}	100.00 (± 0.00)^{a}	100.00 (± 0.00)^{a}
Carbosulfan 20% EC	0.00 (± 0.00)^{d}	30.00 (± 0.00)^{e}	63.33 (± 3.34)^{c}	70.00 (± 5.80)^{c}
Profenofos 50% EC	13.33 (± 3.34)^{c}	100.00 (± 0.00)^{a}	100.00 (± 0.00)^{a}	100.00 (± 0.00)^{a}
Triazophos 40% EC	33.33 (± 3.34)^{b}	100.00 (± 0.00)^{a}	100.00 (± 0.00)^{a}	100.00 (± 0.00)^{a}
Ethiprole 10% SC	0.00 (± 0.00)^{d}	30.00 (± 5.80)^{e}	33.33 (± 3.34)^{e}	70.00 (± 5.80)^{c}
Cypermethrin 35% EC	0.00 (± 0.00)^{d}	43.33 (± 3.34)^{d}	53.33 (± 3.34)^{d}	70.00 (± 0.00)^{c}
Lambda-cyhalothrin 2.5% EC	0.00 (± 0.00)^{d}	0.66 (± 3.34)^{f}	56.67 (± 3.34)^{d}	56.67 (± 3.34)^{d}
Etofenprox 20% EC	0.00 (± 0.00)^{d}	60.00 (± 5.80)^{c}	76.67 (± 3.34)^{b}	80.00 (± 5.80)^{b}
Dinotefuran 10% SL	36.67 (± 3.34)^{b}	83.33 (± 3.34)^{b}	100.00 (± 0.00)^{a}	100.00 (± 0.00)^{a}
Thiamethoxam 25% WG	33.33 (± 3.34)^{b}	40.00 (± 5.80)^{de}	100.00 (± 0.00)^{a}	100.00 (± 0.00)^{a}
Clothianidin 16% SG	40.00 (± 0.00)^{b}	40.00 (± 0.00)^{de}	100.00 (± 0.00)^{a}	100.00 (± 0.00)^{a}
Buprofezin 40% SC	0.00 (± 0.00)^{d}	60.00 (± 5.80)^{c}	80.00 (± 0.00)^{b}	90.00 (± 5.80)^{a}
Positive control (chlorpyrifos 40% EC)	53.33 (± 3.34)^{a}	100.00 (± 0.00)^{a}	100.00 (± 0.00)^{a}	100.00 (± 0.00)^{a}
Negative control (distilled water)	0.00 (± 0.00)^{d}	0.00 (± 0.00)^{f}	0.00 (± 0.00)^{f}	0.00 (± 0.00)^{f}

Means ± SEM within a column of each insecticide followed by the same letter are not significantly different at p = 0.05 (Duncan's new multiple range test).

Science34-N1.indd 19 11/3/2569 BE 10:16

สารเคมีฆ่าแมลงที่สามารถทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตายได้ทั้งหมดและรวดเร็วไม่ต่างจาก Chlorpyrifos (ชุดควบคุมเชิงบวก) มีจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ Fenobucarb, Benfuracarb, Profenofos และ Triazophos และเมื่อมาทดสอบหาค่าระดับความเป็นพิษ LC_{50} ต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล พบว่า Benfuracarb เป็นสารเคมีฆ่าแมลงที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ดี ซึ่งพิจารณาจากค่า LC_{50} ของชั่วโมงแสดงผลต่างๆ ที่น้อยกว่าสารเคมีฆ่าแมลงชนิดอื่นๆ รวมทั้ง Chlorpyrifos ที่เป็นชุดควบคุมเชิงบวก โดยค่า LC_{50} ของ Fenobucarb, Benfuracarb, Profenofos, Triazophos และ Chlorpyrifos ที่ 1 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 1,092.69, 321.40, 1,186.10, 2,156.69 และ 1,222.89 ppm ตามลำดับ LC_{50} ที่ 6 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 979.88, 298.91, 1,037.17, 1,911.48 และ 398.83 ppm ตามลำดับ LC_{50} ที่ 12 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 800.71, 250.23, 871.98, 1,625.58 และ 302.96 ppm ตามลำดับ สำหรับ LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมง 612.15, 187.14, 621.31, 1,409.08 และ 302.96 ppm ตามลำดับ และ LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 598.16, 185.31, 587.96, 1,105.57 และ 235.74 ppm ตามลำดับ ส่วน LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 598.16, 183.45, 574.49, 1,053.21 และ 220.63 ppm ตามลำดับ (Table 3) สารเคมีฆ่าแมลงที่มีประสิทธิภาพรองลงมาเมื่อพิจารณาที่ LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมง คือ Fenobucarb และ Profenofos (Figure 1)

อภิปรายผล

ในจังหวัดพิษณุโลก สารเคมีฆ่าแมลงที่ใช้ในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีประสิทธิภาพเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเทียบกับในหลายปีที่ผ่านมา โดยพบว่าสารเคมีฆ่าแมลงบางชนิดมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ขณะที่บางชนิดมีประสิทธิภาพลดลง มีเพียง Chlorpyrifos ที่มีประสิทธิภาพเท่าเดิม [14] เมื่อเทียบประสิทธิภาพของสารเคมีฆ่าแมลงกับประเทศเพื่อนบ้าน

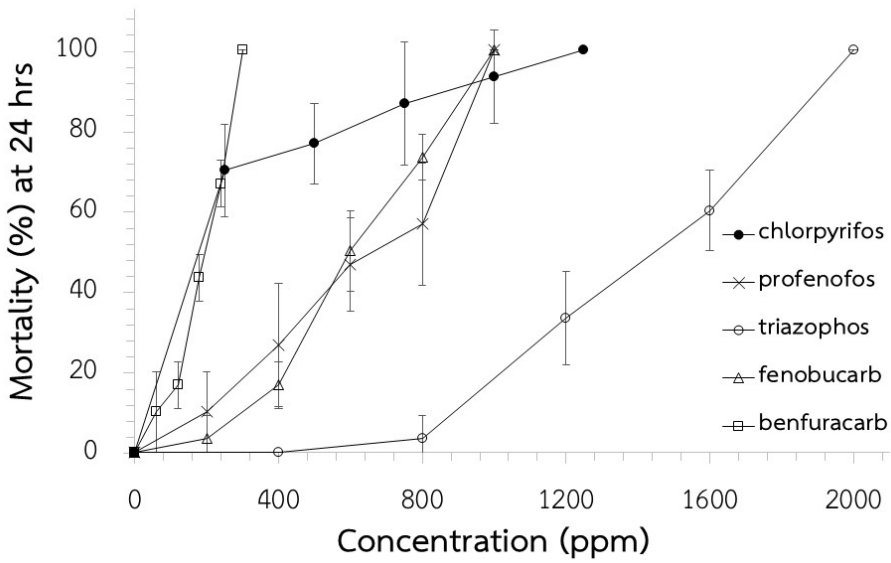


Figure 1 Median lethal concentration (LC_{50}) of various insecticides at the indicated concentration applied against brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) at 24 hrs

Science34-N1.indd 20 11/3/2569 BE 10:16

ที่มีการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลดังเช่น ในจังหวัดพระตะบอง ประเทศกัมพูชา ในช่วง 6-7 ปีที่ผ่านมา Fenobucarb มีค่า LC_{50} เท่ากับ 590.00 ppm ซึ่งใกล้เคียงกันกับการศึกษาครั้งนี้ คือ 598.16 ppm (Table 3) แต่ในจังหวัดตาแกว และจังหวัดสวายเรียง Fenobucarb มีค่า LC_{50} สูงกว่าจังหวัดพระตะบอง 2-3 เท่า โดยเฉพาะในจังหวัดสวายเรียงที่มีค่า LC_{50} เท่ากับ 1,609.40 ppm ซึ่งสูงกว่าอัตราแนะนำการใช้สารกับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลถึง 609.40 ppm [17] ในปีเดียวกันที่ประเทศเวียดนาม ค่า LC_{50} ของ Fenobucarb เท่ากับ 690.31 ppm ซึ่งมีค่าสูงกว่าในปัจจุบัน [18] ส่วน Chlorpyrifos ที่เมืองผิงตง ประเทศไต้หวัน มีค่า LC_{50} เท่ากับ 3.02 ppm เมื่อเทียบกับประเทศไทยแล้วมีค่า LC_{50} ต่ำกว่าประมาณ 58 เท่า หรือ 173.49 ppm [19] จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของสารเคมีฆ่าแมลงที่ใช้ในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสามารถเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละปีและในแต่ละพื้นที่แตกต่างกันไปโดยระดับความเป็นพิษที่สูงขึ้นแสดงถึงแนวโน้มในการเกิดความต้านทานของประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลต่อสารเคมีฆ่าแมลงชนิดนั้นๆ ในพื้นที่ได้ [20, 21] และสาเหตุหนึ่งที่ความต้านทานของแมลงแตกต่างกัน อาจเกิดจากการที่ประชากรแมลงในแต่ละพื้นที่ได้รับสารเคมีฆ่าแมลงแต่ละชนิดในระยะเวลาที่ไม่เท่ากัน หากได้รับสารเคมีฆ่าแมลงชนิดเดียวกันต่อเนื่องเป็นเวลานานจะทำให้แมลงต้านทานต่อสารเคมีฆ่าแมลงนั้นมากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการใช้สารเคมีฆ่าแมลงของเกษตรกรส่วนใหญ่ที่มักใช้สารชนิดเดิมๆ บ่อยครั้ง จนส่งผลให้ประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสร้างความต้านทานต่อสารเคมีฆ่าแมลงในหลายพื้นที่ ส่งผลให้การบริหารจัดการความต้านทานของแมลงต่อสารเคมีฆ่าแมลงไม่ประสบผลสำเร็จ [22] แต่การใช้สารเคมีฆ่าแมลงชนิดเดียวกันต่อเนื่องเป็นเวลานานอาจทำให้ลดความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงชนิดอื่นลงด้วย โดยมีรายงานว่าเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ต้านทานต่อ Ethiprole 453.10 เท่า จะลดระดับความต้านทานต่อ Imidacloprid, Etofenprox และ Dinotefuran ลงเหลือ 1-3 เท่า หากแมลงไม่ได้รับสารเคมีฆ่าแมลงชนิดใดชนิดหนึ่งเป็นระยะเวลาหนึ่ง ก็จะลดความต้านทานต่อสารเคมีฆ่าแมลงชนิดนั้นลงได้ [23] ในทำนองเดียวกัน แมลงก็ไม่ได้พัฒนาความต้านทานต่อสารเคมีฆ่าแมลงที่ไม่ได้แนะนำให้ใช้ในการป้องกันกำจัด ทำให้สารเคมีฆ่าแมลงเหล่านั้นมีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เช่น Chlorpyrifos, Profenofos, Triazophos, Fenobucarb และ Benfuracarb ที่สามารถทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตายได้ทั้งหมดภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง (Table 2) อย่างไรก็ตาม Chlorpyrifos, Triazophos และ Benfuracarb มีผลชักนำให้เกิดการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นหลังการใช้ [12, 13, 24, 25] และโดยเฉพาะ Chlorpyrifos เป็นอันตรายต่อแมลงตัวห้ำที่สำคัญในนาข้าว เช่น มวนเขียวดูดไข่ (*Cyrtorhinus lividipennis* reuter) (Hemiptera: Miridae) หน่วยงานราชการจึงไม่แนะนำให้ใช้สารเคมีฆ่าแมลงดังกล่าวในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล มีสารเคมีฆ่าแมลงเพียงชนิดเดียวที่ทางราชการอนุญาตให้ใช้ คือ Fenobucarb ส่วน Profenofos ยังไม่มีรายงานการชักนำให้เกิดการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น สำหรับ Triazophos พบว่า การที่มวนเขียวดูดไข่ได้รับสารในความเข้มข้นที่ต่ำกว่าปกติจะทำให้ประชากรเพิ่มขึ้นและไม่มีผลต่อการฟักไข่ของมวนเขียวดูดไข่ [14] แต่หากเพิ่มความเข้มข้นของสารเพื่อหวังให้สามารถฆ่าเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ดีกว่าความเข้มข้นเดิม จะส่งเสริมการสร้างกล้ามเนื้อและจำนวนไมโทคอนเดรียในร่างกาย ทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสามารถบินได้เร็วและนาน ซึ่งมีผลต่อความสามารถในการอพยพย้ายถิ่นได้ดียิ่งขึ้น [20, 24] ผลการศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นแนวทางการเลือกใช้สารเคมีฆ่าแมลงในการควบคุมประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเป็นข้อมูลการเฝ้าระวังความต้านทานของแมลงต่อสารเคมีฆ่าแมลงที่เกษตรกรนิยมใช้ในพื้นที่ โดยการใช้สารเคมีฆ่าแมลงที่มีประสิทธิภาพสูงและลด

Science34-N1.indd 21 11/3/2569 BE 10:16

Table 3 LC_{50} of selected insecticides against brown planthopper at different time intervals

Insecticides	Exposure period (hrs)	LC_{50} (ppm)	95% Confidence limit
Fenobucarb 50% EC	1	1,092.69	1,037.83 - 1,193.64
	6	979.88	884.67 - 1,155.34
	12	800.71	700.54 - 942.19
	24	612.15	549.57 - 676.65
	48	598.16	526.37 - 673.18
	72	598.16	526.37 - 673.18
Benfuracarb 20% EC	1	321.40	307.09 - 346.34
	6	298.91	283.38 - 319.95
	12	250.23	221.11 - 292.85
	24	187.14	154.37 - 224.05
	48	185.31	153.42 - 220.99
	72	183.45	152.02 - 218.21
Profenofos 50% EC	1	1,186.10	1,089.80 - 1,860.90
	6	1,037.17	933.79 - 1,248.04
	12	871.98	745.31 - 1,096.33
	24	621.31	473.24 - 799.23
	48	587.96	451.97 - 739.40
	72	574.49	441.81 - 718.81
Triazophos 40% EC	1	2,156.69	2,044.64 - 2,344.13
	6	1,911.48	1,821.91 - 2,026.49
	12	1,625.60	1,561.96 - 1,694.79
	24	1,409.08	1,263.97 - 1,561.42
	48	1,105.57	712.02 - 1,560.522
	72	1,053.21	704.05 - 1,423.53
Chlorpyrifos 40% EC*	1	1,222.89	1,021.91 - 1,642.23
	6	398.83	63.03 - 626.80
	12	302.96	-574.29 - 609.14
	24	302.96	-574.29 - 609.14
	48	235.74	-523.20 - 532.81
	72	220.63	-780.21 - 535.34

* = positive control

Science34-N1.indd 22 11/3/2569 BE 10:16

อัตราการใช้จากปกติ เป็นอัตราความเข้มข้นของสารที่แนะนำต่ำสุด ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิตข้าวในระบบการผลิตดีที่เหมาะสมของเกษตรกร แต่ยังสามารถกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ Fenobucarb ซึ่งเป็นสารเคมีฆ่าแมลงจัดอยู่ในกลุ่ม 1A, Carbamates มีกลไกการออกฤทธิ์คือยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเทอเรส (Acetylcholinesterase inhibitor หรือ AChE inhibitor) แบบชั่วคราว (Reversible) ซึ่ง AChE ทำหน้าที่ย่อยสลายสารสื่อประสาทอะเซทิลโคลีน (Acetylcholine) ในระบบประสาท ทำให้ Acetylcholine ถูกทำลายลดลง จึงเกิดอาการพิษเนื่องจากการทำงานของระบบสื่อประสาทโคลิเนอร์จิค (Cholinergic neurotransmission) ทำงานมากเกินปกติ [26] และ Profenofos เป็นสารเคมีฆ่าแมลงจัดอยู่ในกลุ่ม 1B, Organophosphorus ที่ยังไม่มีรายงานการก่อให้เกิดการระบาดที่เพิ่มขึ้นของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โดยกลไกการออกฤทธิ์ของ Organophosphorus จะต่างจาก Carbamates คือ มีการยับยั้งการทำงานของ AChE แบบถาวร (Irreversible process) โดยมีขบวนการที่เรียกว่า Aging เกิดตามมาในภายหลัง กล่าวคือเมื่อ Organophosphorus จับกับ AChE แล้วจะมีความซับซ้อน (Complex) ถ้าทิ้งไว้จะเกิดขบวนการ Hydrolysis ทำให้สูญเสียกลุ่มอัลคิล (Alkyl group) ไป 1 ตัว ซึ่ง Aging complex จะมีความคงทนมาก จึงไม่สามารถกลับคืนสภาพปกติได้ [27] ทำให้เกิดผลกระทบที่ยาวนานและรุนแรงกว่าเมื่อเทียบกับ Fenobucarb ที่จัดอยู่ในกลุ่ม 1A, Carbamates

สรุปผล

สารเคมีฆ่าแมลงที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ คือ Fenobucarb, Benfuracarb, Profenophos และ Triazophos ในขณะที่สารฆ่าแมลงชนิดอื่นต้องใช้เวลานาน 3-5 วัน อย่างไรก็ตามสารเคมีฆ่าแมลงที่สามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับส่งเสริมต่อเกษตรกรในพื้นที่ปลูกข้าวควรพิจารณาจากประสิทธิภาพและความปลอดภัยต่อสิ่งมีชีวิตนอกเป้าหมายและการพัฒนาความต้านทานของแมลงศัตรูพืชร่วมด้วย ประกอบด้วยสาร 2 ชนิด คือ Profenofos และ Fenobucarb และเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการควบคุมสูงสุดควรดำเนินการตามแนวทางบริหารจัดการความต้านทานต่อสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง IRM (Insecticide resistance management) โดยใช้วิธีการหมุนเวียนสารเคมีป้องกันกำจัดที่อยู่ต่างกลุ่มกันในช่วงเวลาต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคเหนือตอนล่าง มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในส่วนของสถานที่เงินทุนวิจัย เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ในการดำเนินการวิจัยจนสำเร็จเรียบร้อย

References

[1] Jairin, J., 2021, Towards understanding biotypes of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål), TRRJ. 12(1): 97–118. (in Thai)

[2] Rattanakarn, W., 2010, Rice ragged stunt and rice grassy stunt: Farmer's Disaster from the brown planthopper, TRRJ. 4(1): 72-80. (in Thai)

[3] Sriratasak, W., 2010, Brown planthopper: a formidable rice insect pest in irrigated rice growing areas and new concept of its management, TRRJ. 4(1): 72-80. (in Thai)

[4] Department of Agricultural Extension 2023, Epidemiology Situation of Rice

Science34-N1.indd 23 11/3/2569 BE 10:16

Insect Pests, Available Source: https://ppsf.doae.go.th/category/, August 1, 2025. (in Thai)

[5] Department of Agricultural Extension 2024, Epidemiology Situation of Rice Insect Pests, Available Source: https://ppsf.doae.go.th/category/, May 14, 2024. (in Thai)

[6] Sahaya, S., Ekamnuoy, J., Wongnikong, W., Angmanee, P., Pechtamaros, S. and Jamroenma, K., 2010, Efficacy test of some insecticides against brown planthopper; *Nilaparvata lugens* (Stål) in rice paddy, Ent. Zool. Gaz. 28(1): 3-13. (in Thai)

[7] Garrood, W.T., Zimmer, C.T., Gorman, K.J., Nauen, R., Bass, C. and Davies, T.G., 2016, Field-evolved resistance to imidacloprid and ethiprole in populations of brown planthopper *Nilaparvata lugens* collected from across South and East Asia, Pest Manag. Sci. 72: 140-149.

[8] Matsumura, M., Sanada-Morimura, S., Otuka, A., Ohtsu, R., Sakumoto, S., Takeuchi, H. and Satoh, M., 2014, Insecticide susceptibilities in populations of two rice planthoppers, *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera*, immigrating into Japan in the period 2005–2012, Pest Manag. Sci. 70: 615-622.

[9] Sun, H., Yang, B., Zhang, Y. and Liu, Z., 2017, Metabolic resistance in *Nilaparvata lugens* to etofenprox, a non-ester pyrethroid insecticide, Pestic Biochem Physiol. 136: 23-28.

[10] Wu, S.F., Zeng, B., Zheng, C., Mu, X.C., Zhang, Y., Hu, J., Zhang, S., Gao, C.F. and Shen, J. L., 2018, The evolution of insecticide resistance in the brown planthopper (*Nilaparvata lugens* (Stål)) of China in the period 2012-2016, Sci. Rep. 8: 1-11.

[11] Fonseca, A.P.P., Marques, E.J., Torres, J.B., Silva, L. M. and Siqueira, H.Á.A., 2015, Lethal and sublethal effects of lufenuron on sugarcane borer *Diatraea flavipennella* and its parasitoid *Cotesia flavipes*, Ecotoxicology. 24(9): 1869-1879.

[12] Bao, H., Liu, S., Gu, J., Wang, X., Liang, X. and Liu, Z., 2009, Sublethal effects of four insecticides on the reproduction and wing formation of brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, Pest Manag. Sci. 65(2): 170-174.

[13] Zhang, X., Liu, X., Zhu, F., Li, J., You, H. and Lu, P., 2014, Field evolution of insecticide resistance in the brown planthopper (*Nilaparvata lugens* (Stål)) in China, Crop Prot. 58: 61-66.

[14] Lu, W., Xu, Q., Zhu, J., Liu, C., Ge, L., Yang, G. and Liu, F., 2017, Inductions of reproduction and population growth in the generalist predator *Cyrtorhinus lividipennis* (Hemiptera: Miridae) exposed to sub-lethal concentrations of insecticides, Pest Manag. Sci. 73(8): 1709-1718.

[15] Soinark, V., Pongprasert, W., Buranapanichpan, S. and Tanasinchayakul, S., 2014, Efficacy of Some insecticides on brown planthopper (*Nilaparvata lugens*

Science34-N1.indd 24 11/3/2569 BE 10:16

(Stål)) in Lower Northern Thailand, J. Agric. 29(3): 231-238. (in Thai)

[16] Abbott, W.S., 1925, A method of computing the effectiveness of an insecticide, J. Econ. Entomol. 18(2): 265-267.

[17] Mizuki, M., Kasumi, I.T.O., Kazuhito, K. and Toshiharu, T., 2017, Current status of insecticide susceptibility in the brown planthopper in Cambodia, J. Pest Sci. 42(2): 45-51.

[18] Khoa, D.B., Thang, B.X., Liem, N.V., Holst, N. and Kristensen, M., 2018, Variation in susceptibility of eight insecticides in the brown planthopper *Nilaparvata lugens* in three regions of Vietnam 2015-2017, PLoS One. 13(10): 1-14.

[19] Yang, Y.Y. and Lai, C.T., 2019, Synergistic effect and field control efficacy of the binary mixture of permethrin and chlorpyrifos to brown planthopper (*Nilaparvata lugens*), J. Asia. Pac. Entomol. 22(1): 67-76.

[20] Wan, D., Chen, J., Jiang, L., Ge, L. and Wu, J., 2013, Effects of the insecticide triazophos on the ultrastructure of the flight muscle of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stål (Hemiptera: Delphacidae), Crop Prot. 43: 54-59.

[21] Sriratanasak, W., Arunmit, S. and Chaiwong, J., 2011, Brown planthopper outbreaks situation in Thailand, Thai Rice Research J. 5(1): 79-89. (in Thai)

[22] Plant Protection Research and Development Office 2021, Resistance Management of Insecticide and Acaricide for Insects and Mites, DOA, Bangkok, 157 p. (in Thai)

[23] Punyawattoe, P., Han, Z., Sriratanasak, W., Arunmit, S., Chaiwong, J. and Bullangpoti, V., 2013, Ethiprole resistance in *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae): possible mechanisms and cross-resistance, Appl. Entomol. Zool. 48(2): 205-211.

[24] Zhao, K., Shi, Z. and Wu, J., 2011, Insecticide-induced enhancement of flight capacity of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stål) (Hemiptera: Delphacidae), Crop Prot. 30(4): 476-482.

[25] Wang, P., Xing, Z.P., Zhang, S., Jiang, T.T., Tan, L.R., Dong, S. and Gong, S. F., 2013, Resistance monitoring to conventional insecticides in brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae) in main rice growing regions in China, Chin. J. Rice Sci. 27: 191-197.

[26] Matthews, G.A., 2016, Pesticides: Health, Safety and the Environment, 2nd Ed., John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, 266 p.

[27] Ferrari, A., Venturino, A. and Pechn De D'Angelo, A.M., 2004, Time course of brain cholinesterase inhibition and recovery following acute and subacute azinphosmethyl, parathion and carbaryl exposure in the goldfish (*Carassius auratus*), Ecotoxicol. Environ. Saf. 57(3): 420-425.

Science34-N1.indd 25 11/3/2569 BE 10:16