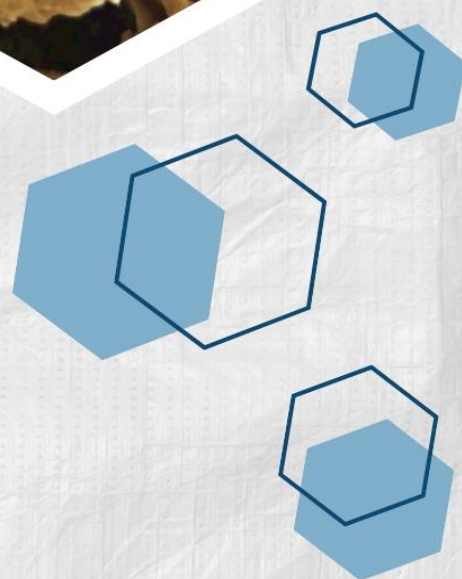




คู่มือการประเมินความเสี่ยง จากการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง)



กรมวิชาการเกษตร
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
พุทธศักราช 2569
ISBN 978-616-358-750-3

คู่มือการประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง)

เอกสารวิชาการ

พิมพ์ครั้งที่ 1 พุทธศักราช 2569

ISBN 978-616-358-750-3

คณะผู้จัดทำ

นายอำนาจ กะฉินเทศ

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

นายนพดล มะโนเย็น

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

นางสาวจันทิมา ผลกอง

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ที่ปรึกษา

นางมลิสา เวชยานนท์

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

นางสาวลักขมี้ เดชานุรักษ์นุกูล

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ดร.ประชาติปต์ย์ พงษ์ภิญโญ

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ดร.พฤทธิชาติ ปุณฺณวัฒน์

กองวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยนันต์ แท่งทอง

ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

รองศาสตราจารย์ ดร.สรุา อารณ

ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัชชัย ธนโชคสว่าง

ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล



คำนำ



การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในพืชที่อยู่ในระยะติดดอกจนถึงดอกบาน ทำให้ละอองของสารตกค้างที่ดอกและเกสรของพืช ซึ่งเป็นแหล่งอาหารของแมลงผสมเกสร โดยเฉพาะผึ้งและชันโรงมีความเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบ โดยความเสี่ยงจากการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเป็นความเสี่ยงที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ แต่จะอยู่ในระดับที่ยอมรับได้หรือไม่นั้น จะต้องทำการประเมินความเสี่ยงตามมาตรฐาน

คู่มือการประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง) ฉบับนี้ จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางการศึกษาด้านประเมินความเสี่ยงจากการใช้ป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง) ได้อย่างถูกต้อง เป็นการปกป้องและคุ้มครองสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ โดยคู่มือฉบับนี้อธิบายถึงกระบวนการประเมินระดับความเสี่ยง ได้แก่ การประเมินการสัมผัส การประเมินความเป็นอันตราย และการประเมินความเสี่ยง การใช้แบบจำลองมาตรฐานในการคำนวณค่าความเสี่ยง รวมถึงรายละเอียดการบริหารและจัดการความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือฉบับนี้จะเป็นแนวทางให้นักวิจัย และผู้ที่เกี่ยวข้องได้นำไปปฏิบัติและประยุกต์ใช้ตามความเหมาะสม เพื่อให้การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีความปลอดภัยต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง)

คณะผู้จัดทำ

พฤษภาคม 2569





คู่มือการประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อแมลงผสมเกสรสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยได้รับการสนับสนุนการอบรมเรียนรู้ในส่วนทฤษฎีและการฝึกปฏิบัติจากผู้เชี่ยวชาญด้านการประเมินความเสี่ยงขององค์กร CropLife Asia และ สมาคมการค้านวัตกรรมเพื่อการเกษตรไทย (Thai Agricultural Innovation Trade Association: TAITA) พร้อมทั้งให้ความอนุเคราะห์ในการจัดทำรูปแบบของคู่มือ รวมถึงตรวจสอบความถูกต้องและความครบถ้วนของเนื้อหาในส่วนต่าง ๆ

นอกจากนี้ คณะผู้จัดทำได้รับความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชนันต์ แท่งทอง รองศาสตราจารย์ ดร.สรา อารมณ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัชชัย ธนโชคสว่าง ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ซึ่งทำให้คู่มือมีความถูกต้องสมบูรณ์มากขึ้น ขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างยิ่งในความอนุเคราะห์ที่ให้การช่วยเหลือด้วยความปรารถนาดีตลอดระยะเวลาของการจัดทำคู่มือ





เรื่อง	หน้า
คณะผู้จัดทำ.....	i
คำนำ.....	ii
กิตติกรรมประกาศ.....	iii
สารบัญ.....	iv
สารบัญตาราง.....	vi
สารบัญภาพ.....	vii
รายการคำย่อ.....	viii
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 วัตถุประสงค์.....	1
1.2 ขอบเขต.....	2
บทที่ 2 นิยามศัพท์.....	4
2.1 แมลงผสมเกสร (Pollinators).....	4
2.2 ความเป็นอันตราย (Hazard).....	4
2.3 จุดสิ้นสุดของการประเมินผลทางพิษวิทยา (Ecotox Endpoint).....	4
2.3.1 ปริมาณสารที่ทำให้เกิดการตายครึ่งหนึ่ง (Lethal Dose 50%: LD ₅₀).....	4
2.4 การรับสัมผัส (Exposure).....	4
2.4.1 ความเป็นพิษเฉียบพลันทางปาก (Acute oral toxicity).....	4
2.4.2 ความเป็นพิษเฉียบพลันจากการสัมผัส (Acute contact toxicity).....	5
2.5 การประเมินความเสี่ยง (Risk assessment).....	5
2.5.1 อัตราส่วนความเสี่ยง (Risk quotient: RQ).....	5
2.6 การตรวจสอบกลั่นกรอง (Refinement).....	6
2.7 การบรรเทาและการจัดการความเสี่ยง (Risk mitigation and management).....	6
บทที่ 3 วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการ.....	7
3.1 การศึกษาการใช้สาร (Application studies).....	7
3.1.1 ข้อมูลการพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร (Pesticide application data)...	7
3.1.2 ข้อมูลการตกค้างของสารในละอองเกสรหรือน้ำหวานของช่อดอก (Residue data)...	7





3.2 การศึกษาความเป็นพิษต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง) (Pollinator (honeybees) toxicity studies)	7
3.2.1 ความเป็นพิษเฉียบพลันทางปาก (Acute oral toxicity (Lethal Dose 50%: LD ₅₀)).....	8
3.2.2 ความเป็นพิษเฉียบพลันจากการสัมผัส	
(Acute contact toxicity (Lethal Dose 50%: LD ₅₀)).....	8
3.3 การประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง)	
(Pollinator (honeybees) risk assessment).....	8
3.3.1 หลักการประเมินแบบลำดับขั้น (Tiered approach principles).....	8
3.3.2 การคำนวณดัชนีความเสี่ยงระดับขั้นที่ 1 (Tier 1 risk quotient calculation).....	8
3.3.3 แบบจำลองการคาดการณ์ความเสี่ยงต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง)	
(Pollinator (honeybees) risk modelling).....	9
3.3.4 ตัวแปรสำหรับแบบจำลอง (Modelling input variables).....	10
3.3.5 การใช้ BeeREX Model.....	11
ตัวอย่าง การประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง)..	14
Case Study 1: Compound A 24% W/V SC.....	15
Case Study 2: Compound B 70% WG.....	16
Case Study 3: Compound C 12% W/V SC.....	18
Case Study 4: Compound B 10% W/V SL.....	19
บทที่ 4 มาตรการลดและจัดการความเสี่ยง	21
บทที่ 5 การจัดการความเสี่ยง (คำเตือน/การสื่อสารความเสี่ยง).....	26
เอกสารอ้างอิง	27



สารบัญตาราง



ตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในลำไย.....	14
---	----





ภาพที่ 3.1 ผลการประเมินความเสี่ยงการใช้ Compound A 24% W/V SC ในลำไยต่อผึ้งด้วย BeeREX สำหรับความเป็นพิษเฉียบพลันจากการสัมผัสต่อผึ้งตัวเต็มวัยอยู่ในระดับยอมรับได้ และความเป็นพิษเฉียบพลันทางปากต่อผึ้งตัวเต็มวัย อยู่ในระดับที่มีความเสี่ยง.....	16
ภาพที่ 3.2 ผลการประเมินความเสี่ยงการใช้ Compound B 70% WG ในลำไยต่อผึ้งด้วย BeeREX สำหรับความเป็นพิษเฉียบพลันจากการสัมผัสต่อผึ้งตัวเต็มวัยและความเป็นพิษเฉียบพลันทางปากต่อผึ้งตัวเต็มวัย อยู่ในระดับที่มีความเสี่ยง.....	17
ภาพที่ 3.3 ผลการประเมินความเสี่ยงการใช้ Compound C 12% W/V SC ในลำไยต่อผึ้งด้วย BeeREX สำหรับความเป็นพิษเฉียบพลันจากการสัมผัสต่อผึ้งตัวเต็มวัยและความเป็นพิษเฉียบพลันทางปากต่อผึ้งตัวเต็มวัย อยู่ในระดับที่มีความเสี่ยง.....	19
ภาพที่ 3.4 ผลการประเมินความเสี่ยงการใช้ Compound B 10% W/V SL ในลำไยต่อผึ้งด้วย BeeREX สำหรับความเป็นพิษเฉียบพลันจากการสัมผัสต่อผึ้งตัวเต็มวัยและความเป็นพิษเฉียบพลันทางปากต่อผึ้งตัวเต็มวัย อยู่ในระดับที่มีความเสี่ยง.....	20
ภาพที่ 4.1 ผลการประเมินความเสี่ยงการใช้ Compound A 24% W/V SC ในลำไยต่อผึ้งด้วย BeeREX สำหรับความเป็นพิษเฉียบพลันจากการสัมผัสต่อผึ้งตัวเต็มวัยและความเป็นพิษเฉียบพลันทางปากต่อผึ้งตัวเต็มวัย โดยใช้ค่าประมาณสารพิษตกค้างในละอองเกสรและน้ำหวาน อยู่ในระดับยอมรับได้.....	22
ภาพที่ 4.2 ผลการประเมินความเสี่ยงการใช้ Compound A 24% W/V SC ในลำไยต่อผึ้งด้วย BeeREX สำหรับความเป็นพิษเฉียบพลันจากการสัมผัสต่อผึ้งตัวเต็มวัยและความเป็นพิษเฉียบพลันทางปากต่อผึ้งตัวเต็มวัย โดยใช้ค่าตรวจวัดสารพิษตกค้างในละอองเกสรและน้ำหวาน อยู่ในระดับยอมรับได้.....	24



รายการคำย่อ



%	Percent
µg a.i./bee	Microgram of active ingredient per bee
g a.s./ha	Grams of active substance per hectare
kg a.i./ha	Kilograms of active ingredient per hectare
LD ₅₀	Lethal Dose 50%
LOC	Level of Concern
mg a.i./tree	Milligram of active ingredient per tree
mg/kg bw	Milligram per kilogram body weight
NA	Not Available
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level
SC	Suspension Concentrate
SL	Soluble Concentrate
W/V	Weight by Volume
WG	Water Dispersible Granules





การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรเพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช วัชพืช และโรคพืชในพื้นที่เกษตรกรรม ละอองของสารจะปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมบริเวณรอบ ๆ บางส่วนตกค้างในส่วนต่าง ๆ ของพืช ได้แก่ ใบ ดอก และผล ซึ่งปริมาณที่ตกค้างนั้น จะขึ้นอยู่กับอัตราการใช้และคุณสมบัติทางเคมีของสาร รวมถึงสภาพแวดล้อมและระยะการเจริญเติบโตของพืชที่ใช้สาร ได้แก่ ระยะแตกใบอ่อน ระยะออกดอก และระยะติดผล เป็นต้น

แมลงผสมเกสรมีบทบาทและความสำคัญต่อพืชในการช่วยผสมเกสร ทำให้เกิดการปฏิสนธิ การสร้างเมล็ดและพัฒนาเป็นผล แมลงผสมเกสรจะเริ่มมีบทบาทสำคัญในช่วงที่พืชเริ่มออกดอกจนถึงระยะดอกบานเต็มที่ ซึ่งหากมีการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในช่วงระยะดังกล่าว อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อแมลงผสมเกสรที่อาศัยในบริเวณใกล้เคียง รวมถึงแมลงที่ดูดกินน้ำหวานจากเกสรของพืชที่มีการใช้สารนั้น ดังนั้น การประเมินความเสี่ยงต่อแมลงผสมเกสรจึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อคาดการณ์ผลกระทบของสารตกค้างในลักษณะที่เป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ตัดสินใจเกี่ยวกับโอกาสที่จะเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับใดนำไปสู่การจัดการที่เหมาะสมในระดับนโยบาย เช่น มาตรการเข้มงวดให้มีการใช้สารตามอัตราบนฉลาก การกำหนดความถี่และช่วงเวลาของการใช้สารในฤดูปลูกพืชของเกษตรกร และการให้ข้อมูลการเว้นระยะเวลาที่ปลอดภัยในการกลับเข้าสู่แปลงปลูกพืช (re-entry entering) ทั้งนี้ เพื่อเป็นการลดความเสี่ยงและความเป็นอันตรายจากการใช้สารเคมีในภาคการเกษตรที่อาจเกิดผลกระทบอย่างร้ายแรงต่อสิ่งแวดล้อมและแมลงที่เป็นประโยชน์ รวมทั้งช่วยลดความเสี่ยงและป้องกันไม่ให้เกิดความสูญเสียทางสังคมและเศรษฐกิจ ได้แก่ ปัญหาสารพิษตกค้างในผลิตผลสูงเกินค่ามาตรฐาน หรือค่า MRLs และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในห่วงโซ่อาหาร

การประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช (risk assessment) คือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ประยุกต์ความรู้ทางพิษวิทยามาประเมินหาโอกาสที่จะเกิดขึ้นและความรุนแรงของผลกระทบอันไม่พึงประสงค์ (adverse effect) ที่จะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตจากการได้รับสารพิษ ผลของการประเมินความเสี่ยงจะใช้เป็นข้อมูลที่สำคัญเพื่อประกอบการตัดสินใจและลดความอันตรายให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย

1.1 วัตถุประสงค์

คู่มือการประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง) ฉบับนี้ จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับพนักงานเจ้าหน้าที่ผู้มีอำนาจกำกับดูแล (regulators) ผู้ขอขึ้นทะเบียนวัตถุอันตราย (registrants) และนักวิจัย ในการประเมินความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นต่อแมลงผสมเกสรจากรูปแบบการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่เสนอ (proposed use pattern) คู่มือฉบับนี้จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถประเมินระดับความเสี่ยงต่อแมลงผสมเกสรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการฉีดพ่นสาร โดยเฉพาะในบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งอาศัยของแมลงผสมเกสรและฟาร์มเลี้ยงผึ้ง

นอกจากนี้ คู่มือฯ ยังช่วยให้ผู้ใช้เข้าใจถึงการระบุและการรวบรวมข้อมูลที่สำคัญสำหรับการประเมินอันตราย การประเมินการสัมผัส รวมไปถึงการประเมินหรือวิเคราะห์ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งจะช่วยให้



นักวิจัยและผู้บริหารจัดการความเสี่ยงเข้าใจถึงความเสี่ยงทางสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และสามารถดำเนินกลยุทธ์การบริหารจัดการความเสี่ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 ขอบเขต

คู่มือนี้ อธิบายถึงหลักการและวิธีการประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อ แมลง ผสมเกสร (ผึ้ง) และระบุว่า การใช้สารเหล่านั้น เป็นอันตรายต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง) หรือไม่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจสำหรับหน่วยงานที่ทำหน้าที่กำกับดูแล รวมทั้งได้รวบรวมเอกสารอ้างอิงและแหล่งข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์บนอินเทอร์เน็ตที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความเสี่ยง

จุดมุ่งหมายหลักของคู่มือ คือการประเมินความเสี่ยงต่อแมลงผสมเกสร ได้แก่ ผึ้งและชันโรงระยะตัวเต็มวัย โดยใช้แบบจำลองการประเมินการสัมผัสและการได้รับสารผ่านทางอาหาร ตลอดจนแนวทางการจัดการและการสื่อสารความเสี่ยง โดยใช้ผึ้งตัวเต็มวัยเป็นตัวแทนในการประเมินความเสี่ยง และมีวิธีการทดสอบตามแนวทางขององค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for economic co-operation and development: OECD) ซึ่งมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์การประเมินความเสี่ยงที่มุ่งเน้นกลุ่มผึ้งเป็นหลัก แต่ก็ครอบคลุมถึงชันโรงด้วยเช่นกัน โดยคู่มือฉบับนี้ประกอบด้วย

- หลักการและวิธีการเพื่อจะใช้ในการประเมินความเสี่ยงด้านพิษวิทยาและนิเวศวิทยา
- การระบุข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการประเมินความเสี่ยงที่ครบถ้วนสมบูรณ์
- แบบจำลองสภาพแวดล้อมที่ช่วยให้สามารถคาดการณ์ระดับความเสี่ยง
- เอกสารอ้างอิง รวมถึงที่อยู่ของไฟล์หรือเว็บไซต์บนอินเทอร์เน็ต (URLs)
- มาตรการลดผลกระทบจากความเสียหาย ข้อเสนอแนะในการใช้งาน และข้อความแสดงคำเตือนบนฉลากวัตถุอันตราย

คู่มือฉบับนี้ ได้รวบรวมวิธีการประเมินความเสี่ยงที่ได้รับการยอมรับในระดับสากลและกรณีศึกษาต่าง ๆ เพื่อแสดงการประยุกต์ใช้งาน นำเสนอแหล่งข้อมูลจากงานวิจัยทางวิชาการ รายงานจากหน่วยงานภาครัฐ และข้อมูลในระดับชุมชนที่เกี่ยวกับการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในแหล่งเกษตรกรรมแต่ละพื้นที่ โดยเน้นไปที่การประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง) ในตัวอย่างกรณีศึกษาจะกล่าวถึงแบบจำลองสถานการณ์ที่สามารถอธิบายได้ด้วยการประยุกต์ใช้ข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อประเมินความเสี่ยงที่มีต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง) จากการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช

การประเมินความเป็นอันตรายของกรอบการประเมินความเสี่ยง ข้อมูลความเป็นพิษที่ได้จากการศึกษาสัตว์ทดลองในห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมและดำเนินการภายใต้มาตรฐานวิธีปฏิบัติที่ดีทางห้องปฏิบัติการ (GLP) หรือมาตรฐานที่เทียบเท่า ทั้งนี้ ข้อมูลดังกล่าวสามารถสืบค้นได้จากการทบทวนวรรณกรรมทางด้านวิทยาศาสตร์และเอกสารตีพิมพ์เผยแพร่จากองค์กรระหว่างประเทศ รวมถึงการศึกษาความเป็นพิษที่บริษัทผู้ผลิตสารเคมีหรือสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ยื่นต่อหน่วยงานกำกับดูแล ได้แก่

- สำนักงานความปลอดภัยด้านอาหารแห่งยุโรป (European Food Safety Authority: EFSA)



- สำนักงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency: U.S. EPA)
- กระทรวงเกษตร ป่าไม้ และประมงแห่งประเทศญี่ปุ่น (J-MAFF)
- ประชุมร่วมขององค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติและองค์การอนามัยโลก (Food and Agriculture Organization and World Health Organization: FAO/WHO) ในเรื่องสารตกค้าง (Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues: JMPR)
- องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา เรื่องแนวทางปฏิบัติว่าด้วยการจัดทำ การรายงาน และการใช้ข้อมูลการวิจัยเพื่อการประเมินตามระเบียบข้อบังคับ ในเอกสารชุดการทดสอบ และการประเมินของ OECD No 417 (OECD, 2025)

คู่มือเล่มนี้ แบ่งออกเป็นส่วนตัวต่าง ๆ เพื่อความสะดวกในการใช้งานและความเข้าใจ ดังนี้

- บทที่ 1 บทนำ เป็นการกล่าวถึงวัตถุประสงค์และขอบเขตของเนื้อหา
- บทที่ 2 คำอธิบายนิยามศัพท์เกี่ยวกับข้อมูลที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยง
- บทที่ 3 อธิบายรายละเอียดวิธีการและขั้นตอนการดำเนินการของคู่มือนี้ และตัวอย่างกรณีศึกษาที่แสดงให้เห็นถึงวิธีการที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยง
- บทที่ 4 มาตรการลดและจัดการความเสี่ยง
- บทที่ 5 การจัดการความเสี่ยง (คำเตือน/การสื่อสารความเสี่ยง)
- เอกสารอ้างอิง แหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องสำหรับสืบค้นเพิ่มเติม

คู่มือฉบับนี้ นำเสนอข้อมูลเชิงปฏิบัติในการใช้วิธีการประเมินความเสี่ยง ซึ่งช่วยเพิ่มศักยภาพและความสามารถให้แก่ผู้ปฏิบัติงานและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ในการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยและลดความเสี่ยงต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง)





2.1 แมลงผสมเกสร (Pollinators) หมายถึง กลุ่มของแมลงที่มีบทบาทสำคัญในการถ่ายโอนละอองเรณูระหว่างดอกไม้ ช่วยให้เกิดการปฏิสนธิ การสร้างเมล็ด และการพัฒนาของผลผลิต ตัวอย่างที่พบ ได้แก่ ผึ้งชันโรง ภมร ผีเสื้อ และแมลงวันบางชนิด อย่างไรก็ตาม ในการประเมินความเสี่ยงของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช มักให้ความสำคัญเป็นพิเศษกับผึ้งพันธุ์ (*Apis mellifera*) เนื่องจากเป็นชนิดที่ใช้เป็นมาตรฐานในการทดสอบด้านพิษวิทยาและนิเวศวิทยา และมีความสำคัญทั้งในด้านสัตว์เลี้ยงเพื่อการผลิตทางการเกษตรและตัวแทนของแมลงผสมเกสรชนิดอื่น ๆ การลดลงของประชากรผึ้งจึงอาจส่งผลกระทบต่อผลผลิตพืชเศรษฐกิจ ความมั่นคงทางด้านอาหาร และความสมดุลของระบบนิเวศโดยรวม

2.2 ความเป็นอันตราย (Hazard) หมายถึง ศักยภาพของสารเคมีหรือสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ สิ่งมีชีวิต หรือสิ่งแวดล้อม ในบริบทของการประเมินความเสี่ยงต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง) ความเป็นอันตรายจะถูกรวบรวมเป็นค่าอ้างอิงที่สอดคล้องกัน เช่น ปริมาณสารที่ทำให้เกิดการตายครึ่งหนึ่ง (Lethal Dose 50%: LD₅₀) เพื่อใช้ในแบบจำลอง (model) ความเสี่ยง

2.3 จุดสิ้นสุดของการประเมินผลทางพิษวิทยา (Ecotox endpoint) หมายถึง ตัวชี้วัดทางชีวภาพที่สามารถวัดได้ ซึ่งใช้ประเมินผลกระทบของสารเคมีที่มีต่อสิ่งมีชีวิต ค่า ecotox endpoint จะถูกนำมาใช้ร่วมกับข้อมูลการรับสัมผัส (exposure) เพื่อคำนวณระดับความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น เช่น อัตราส่วนความเสี่ยง (risk quotient: RQ) ซึ่งในคู่มือนี้จะหมายถึง อัตราการตาย ได้แก่ ค่า LD₅₀

2.3.1 ปริมาณสารที่ทำให้เกิดการตายครึ่งหนึ่ง (Lethal Dose 50%: LD₅₀) หมายถึง ปริมาณของสารเคมีที่ให้แก่สัตว์ทดลองในรูปแบบการได้รับสาร เช่น การกินหรือการรับสัมผัสทางผิวหนัง แล้วทำให้สัตว์ทดลองตายคิดเป็นร้อยละ 50 ของจำนวนที่ได้รับสารภายใต้เงื่อนไขการทดลองที่กำหนด ซึ่งในคู่มือฉบับนี้จะมุ่งเน้นไปที่ผึ้ง มีหน่วยเป็นไมโครกรัมของสารออกฤทธิ์ต่อผึ้งหนึ่งตัว (µg a.i./bee) ค่านี้ใช้เป็นตัวชี้วัดความเป็นพิษเฉียบพลันของสาร และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินความเสี่ยงเฉียบพลันต่อสิ่งมีชีวิต

2.4 การรับสัมผัส (Exposure) หมายถึง กระบวนการหรือภาวะที่สิ่งมีชีวิต เช่น มนุษย์ สัตว์ หรือพืช อยู่ภายใต้การสัมผัสหรือได้รับผลกระทบจากสารเคมีหรือปัจจัยอันตรายอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นโดยทางการหายใจ การกิน การสัมผัสทางผิวหนัง หรือผ่านสิ่งแวดล้อม เช่น น้ำ ดิน หรืออากาศ ซึ่งในบริบทของคู่มือฉบับนี้ การรับสัมผัสจะเกี่ยวข้องเฉพาะกับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสารเคมีที่ใช้ในกิจกรรมทางการเกษตรกับแมลงผสมเกสร ได้แก่ ผึ้ง (*Apis mellifera*) ผ่านการกิน (acute oral toxicity) น้ำหวานจากเกสรดอกไม้ และการสัมผัสโดยตรงขณะออกหาอาหารในช่วงที่มีการฉีดพ่นสาร (acute contact toxicity) ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง (acute exposure)

2.4.1 ความเป็นพิษเฉียบพลันทางปาก (Acute oral toxicity) หมายถึง ผลกระทบทางพิษวิทยาที่เกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิตภายหลังการได้รับสารทางปากเพียงครั้งเดียว โดยผลกระทบดังกล่าวอาจแสดงออกในรูปของอาการเจ็บป่วยเฉียบพลันหรือการตาย การทดสอบพิษเฉียบพลันทางปากมักใช้เพื่อหาค่า LD₅₀ ซึ่งเป็นปริมาณ



ของสารที่ทำให้สิ่งมีชีวิตทดลองตายร้อยละ 50 ของจำนวนที่ได้รับสาร ซึ่งในคู่มือเล่มนี้จะหมายถึง การรับสาร ป้องกันกำจัดศัตรูพืชของผึ้งผ่านทางกรีน เช่น การกินน้ำหวานหรือเกสรที่ปนเปื้อนสาร

2.4.2 ความเป็นพิษเฉียบพลันจากการสัมผัส (Acute contact toxicity) หมายถึง ผลกระทบทาง พิษวิทยาที่เกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิตภายหลังการสัมผัสสารเคมีโดยตรงบนพื้นผิวของร่างกาย เช่น ลำตัว ปีก หรือขา โดยไม่ผ่านการกินเข้าไป ผลกระทบดังกล่าวอาจแสดงออกเป็นอาการผิดปกติหรือการเสียชีวิตภายในระยะเวลาอันสั้น การทดสอบพิษเฉียบพลันจากการสัมผัสใช้เพื่อหาค่า LD₅₀ ซึ่งในคู่มือเล่มนี้จะหมายถึงการรับสารป้องกันกำจัด ศัตรูพืชของผึ้งผ่านทางกรีนสัมผัส เช่น การสัมผัสโดยตรงจากการตกค้างของการพ่นสาร และการสัมผัสจาก การปลิวของละอองสาร

2.5 การประเมินความเสี่ยง (Risk assessment)

2.5.1 อัตราส่วนความเสี่ยง (Risk quotient: RQ) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างระดับการสัมผัสของ สิ่งมีชีวิตต่อสารเคมี กับค่าจุดยุติทางพิษวิทยา (Effect) เช่น ค่า LD₅₀ คำนวณจากสูตรดังนี้

$$RQ = \frac{Exposure}{Effect}$$

โดยที่:

Exposure	คือ ค่าประมาณการรับสัมผัสทั้งทางปากและการสัมผัส โดยคำนวณจากอัตราการพ่นสารทางใบ
Effect	คือ จุดสิ้นสุดของการประเมินผลที่มาจากการทดสอบความเป็น พิษแบบเฉียบพลัน (Endpoint from acute toxicity test) (LD ₅₀ ; oral or contact)

ในคู่มือฉบับนี้จะกล่าวถึงการประเมินความเสี่ยงของการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อผึ้ง ซึ่งเป็น ตัวแทนแมลงผสมเกสร ดังนั้น “ค่าอัตราส่วนความเสี่ยง” จะหมายถึง อัตราส่วนระหว่างค่าความเข้มข้นของ สารเคมีที่คาดว่าจะได้รับการสัมผัสเฉียบพลัน (ทั้งทางปากและการสัมผัส) กับค่าขีดความเป็นพิษ ได้แก่ LD₅₀ (oral) และ LD₅₀ (contact) ซึ่งใช้เพื่อประเมินระดับความเสี่ยงของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อแมลงผสม เกสร (ผึ้ง) โดยจะใช้สูตรคำนวณ ดังนี้



$$RQ = \frac{\text{Exposure dose (Foliar)}}{LD_{50} \text{ (oral) or } LD_{50} \text{ (contact)}}$$

โดยที่:

Exposure dose (Foliar) คือ ค่าการได้รับสัมผัสเฉียบพลันจากการกินหรือจากการสัมผัสของ
แมลงผสมเกสร (ผึ้ง)

LD₅₀ (oral) คือ ปริมาณสารที่ได้รับทางปากที่ทำให้ผึ้งตายครึ่งหนึ่ง

LD₅₀ (contact) คือ ปริมาณสารที่ได้รับจากการสัมผัสที่ทำให้ผึ้งตายครึ่งหนึ่ง

หากอ้างอิงจากค่า RQ สามารถประเมินค่าความเสี่ยงได้ ดังนี้

RQ < 0.4 แสดงว่า ความเสี่ยงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (Acceptable risk)

RQ ≥ 0.4 แสดงว่า มีความเสี่ยง (Potential risk) จำเป็นต้องมีการตรวจสอบกลั่นกรอง
(refinement) การบรรเทาความเสี่ยง และการจัดการความเสี่ยง (risk
mitigation and management) เพื่อลดความเสี่ยงลงให้อยู่ในระดับที่
ยอมรับได้

หมายเหตุ การคำนวณค่า RQ นี้ รวมไปถึงค่าการตกค้างในเรณูและน้ำหวานสำหรับการได้รับสัมผัส
ทางปาก และค่าการตกค้างบนพื้นผิวของพืชสำหรับการได้รับสัมผัสจากการสัมผัส ซึ่งเป็น
ค่าเริ่มต้น (Default values) ที่กำหนดไว้ในแบบจำลอง BeeREX (BeeREX, 2015)
แนวทางสำหรับการประเมินความเสี่ยงของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อผึ้ง)

2.6 การตรวจสอบกลั่นกรอง (Refinement) หมายถึง กระบวนการปรับปรุงที่เกี่ยวข้องกับการใช้ข้อมูล
หรือพารามิเตอร์ที่ละเอียดและครอบคลุมตัวแปรต่าง ๆ มากยิ่งขึ้น เพื่อให้ผลการประเมินมีค่าใกล้เคียงกับ
สถานการณ์จริง โดยข้อมูลหรือพารามิเตอร์ที่มีการศึกษาเพิ่มเติม เช่น การศึกษาผลการตกค้างของสารพิษใน
ละอองเรณูหรือน้ำหวานในเกสรดอกไม้ และการศึกษาผลกระทบของการใช้สารพิษต่อผึ้งภายในอุโมงค์ (tunnel)
เป็นต้น อย่างไรก็ตาม กระบวนการดังกล่าวไม่ได้รับประกันว่าจะทำให้การประเมินความเสี่ยงนั้น “ผ่าน” (ความ
เสี่ยงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้และปลอดภัย) ทุกครั้ง

2.7 การบรรเทาและการจัดการความเสี่ยง (Risk mitigation and management) หมายถึง การผสมผสาน
ระหว่างเทคนิคและกลยุทธ์ต่าง ๆ ที่ถูกนำมาใช้เพื่อลดระดับความเสี่ยงให้อยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้
ในคู่มือฉบับนี้ การบรรเทาความเสี่ยง หมายถึง การดำเนินการเพื่อลดอัตราการรับสัมผัสสารของแมลงผสมเกสร
หรือผึ้ง เช่น การลดอัตราการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช การกำหนดช่วงระยะเวลาของการฉีดพ่นสารและ
การเคลื่อนย้ายรังผึ้ง (bee hives) ออกจากแปลงเพาะปลูกในช่วงเวลาการฉีดพ่นสาร เป็นต้น



บทที่ 3 วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการ



สำนักงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (U.S. EPA) หน่วยงานกำกับดูแลการจัดการศัตรูพืชของกระทรวงสาธารณสุขแคนาดา (Health Canada's Pest Management Regulatory Authority: PMRA) และกรมกำกับดูแลสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชแห่งรัฐแคลิฟอร์เนีย (California Department of Pesticide Regulation: DPR) ได้ร่วมกันกำหนดเป้าหมายการคุ้มครองกระบวนการทดสอบ และประเมินความเสี่ยงต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง) แบบลำดับขั้น (Tiered process) โดยคู่มือฉบับนี้ ได้เสนอวิธีและขั้นตอนในการประเมินความเสี่ยงตามหลักเกณฑ์ที่ระบุไว้ในแบบจำลอง BeeREX ซึ่งจะใช้ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันจากการทดสอบมาตรฐาน อัตราการใช้สาร และค่าเริ่มต้นของการตกค้างสำหรับการได้รับสัมผัส (default residue values) ทั้งทางปากและการสัมผัส เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินความเสี่ยง

3.1 การศึกษาการใช้สาร (Application studies)

การศึกษาการใช้สารเป็นการประเมินข้อมูลด้านการรับสัมผัสสารพิษของแมลงผสมเกสร (ผึ้ง) ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการพ่นสารของเกษตรกรและข้อมูลการตกค้างของสารในละอองเกสรหรือน้ำหวานของช่อดอก

3.1.1 ข้อมูลการพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร (Pesticide application data)

การศึกษาข้อมูลการพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร เป็นการรวบรวมข้อมูลจากแปลงเพื่อให้ทราบถึงวิธีการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในสภาพจริง (application method) ว่าใช้วิธีการแบบใด เช่น การพ่นทางใบ (foliar spray) และการคลุกเมล็ด (seed treatment) เป็นต้น นอกจากนี้ยังต้องคำนวณอัตราการใช้และระบุหน่วยที่ใช้ในการคำนวณว่าเป็นหน่วยใด เช่น กิโลกรัมของสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ (kg a.i./ha) หรือ มิลลิกรัมของสารออกฤทธิ์ต่อต้นพืช (mg a.i./tree) เป็นต้น

3.1.2 ข้อมูลการตกค้างของสารในละอองเกสรหรือน้ำหวานของช่อดอก (Residue data)

การศึกษาข้อมูลการตกค้างของสารในละอองเกสรหรือน้ำหวานของช่อดอก เป็นการคำนวณหาปริมาณสารพิษที่มีการตกค้างในละอองเกสร (residue in pollen/bread) น้ำหวาน หรือวุ้น (residue in nectar/jelly) ในช่อดอก ซึ่งแมลงผสมเกสร (ผึ้ง) มีโอกาสได้รับสัมผัส มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมของสารออกฤทธิ์ต่อกิโลกรัม (mg a.i./kg)

3.2 การศึกษาความเป็นพิษต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง) (Pollinator (honeybees) toxicity studies)

การศึกษาความเป็นพิษต่อแมลงผสมเกสรในคู่มือฉบับนี้จะหมายถึงผึ้ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาระดับความเป็นพิษของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และความไวของผึ้งต่อสาร การศึกษาความเป็นพิษจะดำเนินการภายในห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม และวัดค่าความเข้มข้นของสารที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต โดยในบริบทของคู่มือฉบับนี้ ได้แก่ ปริมาณสารที่ทำให้เกิดการตายครึ่งหนึ่งในผึ้ง ทั้งจากการรับสัมผัสทางปาก (LD₅₀ oral) และจากการสัมผัส (LD₅₀ contact)



3.2.1 ความเป็นพิษเฉียบพลันทางปาก (Acute oral toxicity (Lethal Dose 50%: LD₅₀))

การศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันทางปากต่อผึ้ง เป็นการทดสอบหาค่าความเข้มข้นของสารที่ทำให้ผึ้งตายร้อยละ 50 เมื่อได้รับสารดังกล่าวทางปาก ภายในระยะเวลาที่กำหนด (48 หรือ 96 ชั่วโมง) มีหน่วยเป็นไมโครกรัมของสารออกฤทธิ์ต่อผึ้งหนึ่งตัว ($\mu\text{g a.i./bee}$) โดยทั่วไปจะอ้างอิงแนวทางการทดสอบตามมาตรฐานที่จัดทำโดยองค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD) มาตรฐานที่ใช้ ได้แก่ OECD TG 213 (Honeybees, Acute Oral Toxicity test) ซึ่งภายใต้มาตรฐานนี้จะแนะนำพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันทางปากต่อผึ้ง เช่น การคัดเลือกและการเก็บตัวอย่างผึ้งสำหรับการศึกษา การออกแบบการทดสอบ (การสร้างกรงเลี้ยง อุณหภูมิ และช่วงระยะเวลาการทดสอบ ฯลฯ) เกณฑ์ความถูกต้องของการทดสอบ และการสรุปผลการทดสอบ เป็นต้น

3.2.2 ความเป็นพิษเฉียบพลันจากการสัมผัส (Acute contact toxicity (Lethal Dose 50%: LD₅₀))

การศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันจากการสัมผัสต่อผึ้ง เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการที่มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความเข้มข้นที่ทำให้ผึ้งตายร้อยละ 50 หลังจากสัมผัสกับสารเคมีโดยตรง การทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันจากการสัมผัสต่อผึ้ง จะอ้างอิงจาก OECD เช่นเดียวกับการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันทางปากต่อผึ้ง โดยมาตรฐานที่ใช้ ได้แก่ OECD TG 214 (Honeybees, Acute Contact Toxicity test) ซึ่งระบุเงื่อนไขในการทดสอบอย่างชัดเจน เช่น การเตรียมตัวอย่าง การจัดการและการให้อาหารผึ้งที่นำมาทดสอบ การสร้างกรงทดสอบ ช่วงระยะเวลาการทดลอง ความเข้มข้นของสารทดสอบที่ใช้ และเกณฑ์สุดท้ายของการทดสอบ เป็นต้น เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความน่าเชื่อถือและสามารถใช้เปรียบเทียบในระดับสากลได้

3.3 การประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง) (Pollinator (honeybees) risk assessment)

3.3.1 หลักการประเมินแบบลำดับขั้น (Tiered approach principles)

การประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อแมลงผสมเกสร จะประเมินแบบลำดับขั้น (Tier approach) โดยมีการเรียงลำดับขั้นจากสถานการณ์ง่ายที่สมมติค่าที่มีข้อมูลน้อยที่สุด ไปจนถึงสถานการณ์ซับซ้อนที่มีข้อมูลรายละเอียดมากขึ้น เพื่อให้แบบจำลองสะท้อนความเป็นจริงได้อย่างใกล้เคียงมากที่สุด โดยจะเริ่มจากลำดับขั้นที่ 1 (Tier 1) ซึ่งเป็นการใช้ข้อมูลพื้นฐานเป็นอันดับแรก หากผลการประเมินพบว่ามีความเสี่ยง จะทำการประเมินต่อในขั้นที่ 2 (Tier 2) และขั้นที่ 3 (Tier 3) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความซับซ้อนและมีการใช้ข้อมูลที่ละเอียดมากยิ่งขึ้น ต้องใช้เวลาและงบประมาณที่สูงขึ้น ในคู่มือฉบับนี้ จะเน้นไปที่การประเมินในลำดับขั้น Tier 1 แต่จะระบุถึงวิธีการนำข้อมูลปริมาณสารตกค้างจากการตรวจวัดจริงมาใช้ในการประกอบการประเมินด้วย

3.3.2 การคำนวณอัตราส่วนความเสี่ยงระดับขั้นที่ 1 (Tier 1 risk quotient calculation)

การคำนวณอัตราส่วนความเสี่ยงระดับขั้นที่ 1 (Tier 1 risk quotient calculation) เป็นกระบวนการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้น (screening-level assessment) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงแบบเฉียบพลันของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง) โดยวิธีนี้อาศัยการเปรียบเทียบระหว่าง



ค่าความเข้มข้นของสารเคมีที่คาดว่าแมลงผสมเกสร (ผึ้ง) จะได้รับสัมผัส (exposure) กับค่าจุดสิ้นสุดของการประเมินผลที่มาจากการทดสอบความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน (LD₅₀) ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยใช้สูตรพื้นฐานในการคำนวณเช่นเดียวกับข้อ 2.5.1

3.3.3 แบบจำลองการคาดการณ์ความเสี่ยงต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง) (Pollinator (honeybees) risk modelling)

แบบจำลองการคาดการณ์ความเสี่ยงต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง) ได้รับการพัฒนาขึ้นมาหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับหน่วยงานผู้พัฒนา เช่น แบบจำลองที่ถูกพัฒนาโดย องค์การคุ้มครองพืชแห่งยุโรปและทะเลเมดิเตอร์เรเนียน (European and Mediterranean Plant Protection Organization: EPPO) ในปี ค.ศ. 2010 มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{Contact Hazard Quotient (HQ)} = \frac{\text{Application rate (g a.s./ha)}}{\text{Acute LD}_{50} \text{ contact}}$$

$$\text{Oral Hazard Quotient (HQ)} = \frac{\text{Application rate (g a.s./ha)}}{\text{Acute LD}_{50} \text{ oral}}$$

โดยค่า Hazard quotient (HQ) ถูกใช้เป็นตัวชี้วัดความเสี่ยง หากค่า HQ น้อยกว่า 50 (HQ < 50) แสดงว่าเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้ อย่างไรก็ตาม แบบจำลองนี้ไม่เหมาะสมกับสารที่ใช้ทางดิน (soil treatment) การคลุกเมล็ดพันธุ์ (seed treatment) หรือการฉีดเข้าลำต้น (trunk injection)

คู่มือฉบับนี้ จะใช้การประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง) โดยใช้แบบจำลอง “BeeREX Version 1.0” ที่ได้รับการพัฒนาโดยแผนการคงอยู่ในสิ่งแวดล้อมและผลกระทบ (Environmental Fate and Effects Division) ภายใต้กองสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช (Office of Pesticide Programs) สังกัด U.S. EPA โดยความร่วมมือกับ PMRA และ DPR ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความพยายามในการปกป้องระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ

BeeREX Model เป็นเครื่องมือประเมินความเสี่ยงระดับ Tier 1 แต่สามารถนำมาปรับใช้เพื่อสนับสนุนการประเมินความเสี่ยงในระดับ Tier 2 ได้ โดยการเปลี่ยนมาใช้ค่าปริมาณสารตกค้างในเรณู (pollen) และน้ำหวาน (nectar) ที่ได้จากการตรวจวัดจริงแทนค่าเริ่มต้น ทั้งนี้ ในการประเมินระดับ Tier 1 แบบจำลองจะเลือกใช้ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันที่ต่ำที่สุดและเชื่อถือได้ (lowest reliable acute toxicity values) ทั้งจากการสัมผัสทางผิวหนังและการกิน การประเมินการได้รับสารจะอยู่บนพื้นฐานของสถานการณ์ที่ข้อมูลที่น้อยที่สุด (worst-case scenario) ในคู่มือฉบับนี้ จะนำแบบจำลองนี้มาใช้ในการประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง) พร้อมตัวอย่างกรณีศึกษาประกอบ เพื่อให้ผู้สนใจสามารถนำไปปฏิบัติได้



3.3.4 ตัวแปรสำหรับแบบจำลอง (Modelling input variables)

ตัวแปรหรือพารามิเตอร์สำหรับแบบจำลอง BeeREX (BeeREX Tool) คือ ข้อมูลที่จำเป็นต้องกรอกในแบบจำลอง เพื่อใช้คำนวณในรูปแบบของค่า RQ และนำค่า RQ ที่ได้มาแปรผลเป็นความเสี่ยงต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง) ต่อไป โดยพารามิเตอร์ที่จำเป็น มีดังนี้



ข้อมูลการใช้ (User inputs)

1. อัตราการใช้ (Application rate)

หน่วยของอัตราการใช้ (Unit of application rate) กิโลกรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ (kg a.i. /ha)

2. วิธีการใช้ (Application method) สามารถเลือกวิธีการใช้ตามการปฏิบัติงานจริงได้ 4 วิธี ดังนี้

- การพ่นทางใบ (Foliar spray)
- การใช้ทางดินหรือการใส่ลงดิน (Soil application)
- การคลุกเมล็ดพันธุ์ (Seed treatment)
- การใช้ทางลำต้นของต้นไม้ (Tree trunk)



ข้อมูลค่าความเป็นพิษ (Toxicity data)

1. ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันจากการสัมผัสต่อผึ้งตัวเต็มวัย (Adult contact LD₅₀) (Tier 1)

2. ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันทางปากต่อผึ้งตัวเต็มวัย (Adult oral LD₅₀) (Tier 1)

นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาผลกระทบในระดับที่สูงขึ้น (Higher-tier studies) ซึ่งจะนำมาใช้ในกรณีที่มีการประเมินความเสี่ยงในระดับที่ต้องการข้อมูลเพิ่มเติมมากขึ้น อย่างไรก็ตาม การศึกษาเหล่านี้อยู่นอกขอบเขตของแนวทางปฏิบัติฉบับปัจจุบัน

3. ค่าปริมาณการได้รับสารทางปากที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบที่สังเกตได้ในสัตว์โตเต็มวัย (Adult oral NOAEL)

4. ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันจากการสัมผัสต่อผึ้งตัวอ่อน (Larval LD₅₀)

5. ค่าปริมาณการได้รับสารที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบที่สังเกตได้ในตัวอ่อน (Larval NOAEL)

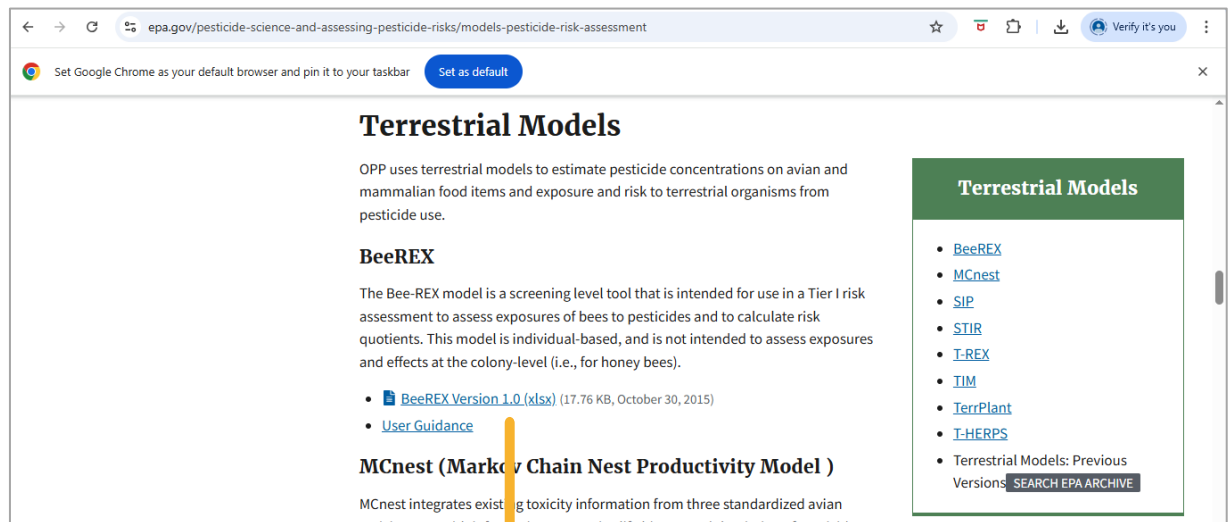
ค่าความเป็นพิษทั้งหมด หน่วยเป็น ไมโครกรัมสารออกฤทธิ์ต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง) หนึ่งตัว (µg a.i./bee)

ข้อเสนอแนะ: ในการกรอกข้อมูลพารามิเตอร์ ให้เพิ่มพารามิเตอร์ที่แนะนำโดยหน่วยงานของรัฐที่มีหน้าที่กำกับดูแล หากใช้พารามิเตอร์จากแหล่งอื่น จำเป็นต้องแนบเหตุผลพร้อมเอกสารอ้างอิงประกอบ



3.3.5 การใช้ BeeREX Model

คู่มือนี้ จะแนะนำการประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อผึ้ง (honeybees) โดยใช้ BeeREX Model (BeeREX, 2015) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการคาดการณ์ความเสี่ยง ด้วยโปรแกรมการคำนวณ Microsoft® Excel® ที่ใช้งานได้ง่าย สามารถดาวน์โหลดแบบจำลองได้ที่เว็บไซต์ของ U.S. EPA โดยคลิกที่ <https://www.epa.gov/pesticide-science-and-assessing-pesticide-risks/models-pesticide-risk-assessment> และดาวน์โหลดไฟล์ BeeREX Version 1.0 (xlsx)



คลิกดาวน์โหลดไฟล์ที่นี่



ขั้นตอนในการใช้เครื่องมือ BeeREX มีดังนี้

1. เปิดไฟล์ Microsoft® Excel®

Table 1. User inputs (related to exposure)		Table 5. Results (highest RQs)		
Description	Value	Exposure	Adults	Larvae
Application rate		Acute contact	#DIV/0!	NA
Units of app rate	kg a.i./ha	Acute dietary	#DIV/0!	#DIV/0!
Application method	foliar spray	Chronic dietary	#DIV/0!	#DIV/0!
	foliar spray			
	soil application			
	seed treatment			
Are empirical residue data available?	tree trunk			

Table 2. Toxicity data	
Description	Value (µg a.i./bee)
Adult contact LD50	
Adult oral LD50	
Adult oral NOAEL	
Larval LD50	
Larval NOAEL	

Table 3. Estimated concentrations in pollen and nectar		
Application method	EECs (mg a.i./kg)	EECs (µg a.i./mg)
foliar spray	0	0
soil application	NA	NA
seed treatment	NA	NA
tree trunk	NA	NA

คลิกที่นี่เพื่อใส่ข้อมูล

2. ใส่ข้อมูล Inputs ในส่วนของ BeeREX มีรายละเอียดที่ต้องกรอก ดังนี้

2.1 ระบุข้อมูลวิธีการที่เกษตรกรใช้สาร

ระบุข้อมูลเกี่ยวกับการใช้สาร

Table 1. User inputs (related to exposure)	
Description	Value
Application rate	
Units of app rate	kg a.i./ha
Application method	foliar spray
	foliar spray
	soil application
	seed treatment
	tree trunk
Are empirical residue data available?	no

ข้อควรระวัง: ในการกรอกข้อมูลพารามิเตอร์ ระบุหน่วยให้ตรงกับที่กำหนดไว้ใน Model เช่น หน่วยของ อัตราการใช้ (unit of application rate) ให้ระบุในหน่วยกิโลกรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ (kg a.i. /ha)



2.2 ระบุค่าที่แสดงระดับความเป็นพิษของสาร

ระบุข้อมูล
ความเป็นพิษ

Table 2. Toxicity data	
Description	Value (µg a.i./bee)
Adult contact LD50	
Adult oral LD50	
Adult oral NOAEL	
Larval LD50	
Larval NOAEL	

Table 3. Estimated concentrations in pollen and nectar		
Application method	EECs (mg a.i./kg)	EECs (µg a.i./mg)
foliar spray	0	0
soil application	NA	NA
seed treatment	NA	NA
tree trunk	NA	NA

3. ได้ข้อมูล Outputs; Risk Quotient (RQ)

ข้อมูลผลลัพธ์ ค่า RQ ที่ได้	Table 5. Results (highest RQs)		
	Exposure	Adults	Larvae
	Acute contact	#DIV/0!	NA
	Acute dietary	#DIV/0!	#DIV/0!
	Chronic dietary	#DIV/0!	#DIV/0!

การประเมินผลจากการคำนวณความเสี่ยงโดยใช้เครื่องมือ BeeREX คือ การนำค่า RQ มาเปรียบเทียบกับค่าระดับที่น่าเป็นห่วง หรือ ระดับความกังวล (Level of Concern: LOC) ซึ่งค่า LOC คือ ค่าที่กำหนดโดยหน่วยงานกำกับดูแล (เช่น EPA) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบกับ RQ โดยหาก $RQ > LOC$ แปลว่า มีความเสี่ยงที่น่ากังวล และอาจต้องมีการประเมินความเสี่ยงขั้นสูงขึ้น (Tier 2 หรือ Tier 3) ทั้งนี้ ความเสี่ยงจากความเป็นพิษเฉียบพลันจากการสัมผัสและทางปากต่อผึ้งพันธุ์ตัวเต็มวัย สามารถสรุปได้ ดังนี้

- $RQ < 0.4$ แสดงว่า ความเสี่ยงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (Acceptable risk)

U.S. EPA กำหนดระดับความกังวล (LOC) สำหรับความเป็นพิษเฉียบพลันไว้ที่ 0.4 เพื่อใช้เป็นเกณฑ์กำหนดและคัดกรองความเหมาะสมในการตัดสินใจว่า จำเป็นต้องมีการทดสอบในระดับที่สูงขึ้น (higher-tier testing) หรือไม่

- $RQ \geq 0.4$ แสดงว่า มีความเสี่ยง (Unacceptable risk)





ระยะออกช่อดอก

Compound A 24% W/V SC

Compound B 70% WG



ระยะออกดอก

Compound C 12% W/V SC

Compound B 10% W/V SL

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในลำไย

ระยะของต้นลำไย	สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช	อัตราการใช้ต่อเฮกตาร์ (กิโลกรัมของสารออกฤทธิ์)	เป้าหมาย	ความเป็นพิษ
ระยะออกช่อดอก /	Compound A 24% W/V SC	0.28125	เพลี้ยแป้ง	ต่ำ
ระยะเริ่มแทงช่อดอก	Compound B 70% WG	0.328125		สูง
ระยะออกดอก /	Compound C 12% W/V SC	0.28125	เพลี้ยไฟ	ปานกลาง
ระยะดอกบาน	Compound B 10% W/V SL	0.1171875		สูง

Case Study 1: Compound A 24% W/V SC

พารามิเตอร์สำหรับการประเมินความเสี่ยง โดยใช้ BeeREX

ทำการแปลงข้อมูลเพื่อให้อยู่ในหน่วยเดียวกันกับเครื่องมือ เพิ่มข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ และข้อมูล Adult contact LD₅₀ และ Adult oral LD₅₀ จากแหล่งอ้างอิง ดังนี้

Substance: Insecticide Compound A 24% W/V SC	
1. User inputs (related to exposure)	
Application rate	0.28125
Units of app rate	kg a.i./ha
Application method	foliar spray
2. Toxicity data	Value (µg a.i./bee)
Adult contact LD ₅₀	38.82
Adult oral LD ₅₀	17.32
Adult oral NOAEL	NA
Larval LD ₅₀	NA
Larval NOAEL	NA

ที่มา: PPDB, 2025a

นำข้อมูลที่ได้มารอกลงในเครื่องมือการคำนวณ

Input

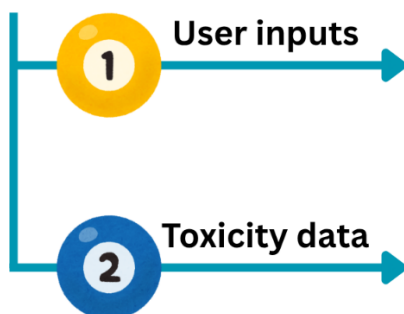


Table 1. User inputs (related to exposure)

Description	Value
Application rate	0.28125
Units of app rate	kg a.i./ha
Application method	foliar spray
Are empirical residue data available?	no

Table 2. Toxicity data

Description	Value (µg a.i./bee)
Adult contact LD50	38.82
Adult oral LD50	17.32
Adult oral NOAEL	
Larval LD50	
Larval NOAEL	

Table 3. Estimated concentrations in pollen and nectar

Application method	EECs (mg a.i./kg)	EECs (µg a.i./mg)
foliar spray	27.5625	0.0275625
soil application	NA	NA
seed treatment	NA	NA
tree trunk	NA	NA



Output



Table 5. Results (highest RQs)		
Exposure	Adults	Larvae
Acute contact	0.017388	NA
Acute dietary	0.46	#DIV/0!
Chronic dietary	#DIV/0!	#DIV/0!

Acute contact (Adults)

RQ < 0.4



Risk is acceptable.

Acute dietary (Adults)

RQ > 0.4



Risk is not acceptable.

ภาพที่ 3.1 ผลการประเมินความเสี่ยงการใช้ Compound A 24% W/V SC ในลำไยต่อผึ้งด้วย BeeREX สำหรับความเป็นพิษเฉียบพลันจากการสัมผัสต่อผึ้งตัวเต็มวัยอยู่ในระดับยอมรับได้ และความเป็นพิษเฉียบพลันทางปากต่อผึ้งตัวเต็มวัย อยู่ในระดับที่มีความเสี่ยง

Case Study 2: Compound B 70% WG

พารามิเตอร์สำหรับการประเมินความเสี่ยง โดยใช้ BeeREX

ทำการแปลงข้อมูลเพื่อให้อยู่ในหน่วยเดียวกันกับเครื่องมือ และเพิ่มข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ และข้อมูล Adult contact LD₅₀ และ Adult oral LD₅₀ จากแหล่งอ้างอิง ดังนี้

Substance: Insecticide Compound B 70% WG	
1. User inputs (related to exposure)	
Application rate	0.328125
Units of app rate	kg a.i./ha
Application method	foliar spray
2. Toxicity data	
	Value (µg a.i./bee)
Adult contact LD ₅₀	0.081 ^a
Adult oral LD ₅₀	0.0037 ^a
Adult oral NOAEL	N/A
Larval LD ₅₀	2.25 ^b
Larval NOAEL	NA

ที่มา: a = PPDB, 2025b; b = EFSA, 2013



นำข้อมูลที่ได้มารอกลงในเครื่องมือการคำนวณ

Input

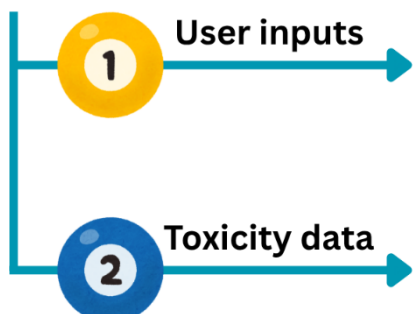


Table 1. User inputs (related to exposure)		
Description	Value	
Application rate	0.328125	
Units of app rate	kg a.i./ha	
Application method	foliar spray	
Are empirical residue data available?	no	

Table 2. Toxicity data	
Description	Value (µg a.i./bee)
Adult contact LD50	0.081
Adult oral LD50	0.0037
Adult oral NOAEL	
Larval LD50	2.25
Larval NOAEL	

Table 3. Estimated concentrations in pollen and nectar		
Application method	EECs (mg a.i./kg)	EECs (µg a.i./mg)
foliar spray	32.15625	0.03215625
soil application	NA	NA
seed treatment	NA	NA
tree trunk	NA	NA

Output



Table 5. Results (highest RQs)		
Exposure	Adults	Larvae
Acute contact	9.722222	NA
Acute dietary	2538.09	1.77
Chronic dietary	#DIV/0!	#DIV/0!

Acute contact (Adults)

RQ > 0.4



Risk is not acceptable.

Acute dietary (Adults)

RQ > 0.4



Risk is not acceptable.

ภาพที่ 3.2 ผลการประเมินความเสี่ยงการใช้ Compound B 70% WG ในลำไยต่อผึ้งด้วย BeeREX สำหรับความเป็นพิษเฉียบพลันจากการสัมผัสต่อผึ้งตัวเต็มวัยและความเป็นพิษเฉียบพลันทางปากต่อผึ้งตัวเต็มวัย อยู่ในระดับที่มีความเสี่ยง



Case Study 3: Compound C 12% W/V SC

พารามิเตอร์สำหรับการประเมินความเสี่ยง โดยใช้ BeeREX

ทำการแปลงข้อมูลเพื่อให้อยู่ในหน่วยเดียวกันกับเครื่องมือ และเพิ่มข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ และข้อมูล Adult contact LD₅₀ และ Adult oral LD₅₀ จากแหล่งอ้างอิง ดังนี้

Substance: Insecticide Compound C 12% W/V SC	
1. User inputs (related to exposure)	
Application rate	0.28125
Units of app rate	kg a.i./ha
Application method	foliar spray
2. Toxicity data	Value (µg a.i./bee)
Adult contact LD ₅₀	0.024 ^a
Adult oral LD ₅₀	0.14 ^a
Adult oral NOAEL	NA
Larval LD ₅₀	0.026 ^b
Larval NOAEL	0.0125 ^b

ที่มา: a = PPDB, 2025c; b = Ji-Yeong Choi et al., 2024

นำข้อมูลที่ได้มารอกลงในเครื่องมือการคำนวณ

Input

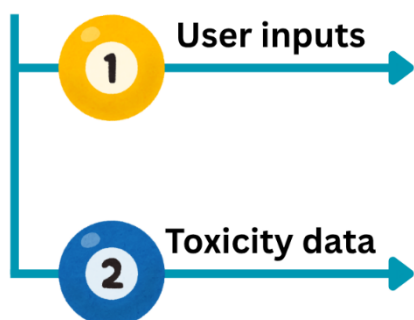


Table 1. User inputs (related to exposure)	
Description	Value
Application rate	0.28125
Units of app rate	kg a.i./ha
Application method	foliar spray
Are empirical residue data available?	no

Table 2. Toxicity data	
Description	Value (µg a.i./bee)
Adult contact LD50	0.024
Adult oral LD50	0.14
Adult oral NOAEL	
Larval LD50	0.026
Larval NOAEL	0.0125

Table 3. Estimated concentrations in pollen and nectar		
Application method	EECs (mg a.i./kg)	EECs (µg a.i./mg)
foliar spray	27.5625	0.0275625
soil application	NA	NA
seed treatment	NA	NA
tree trunk	NA	NA



Output



Table 5. Results (highest RQs)		
Exposure	Adults	Larvae
Acute contact	28.125	NA
Acute dietary	57.50	131.03
Chronic dietary	#DIV/0!	272.54

Acute contact (Adults)

RQ > 0.4



Risk is not acceptable.

Acute dietary (Adults)

RQ > 0.4



Risk is not acceptable.

ภาพที่ 3.3 ผลการประเมินความเสี่ยงการใช้ Compound C 12% W/V SC ในลำไยต่อผึ้งด้วย BeeREX สำหรับความเป็นพิษเฉียบพลันจากการสัมผัสต่อผึ้งตัวเต็มวัยและความเป็นพิษเฉียบพลันทางปากต่อผึ้งตัวเต็มวัย อยู่ในระดับที่มีความเสี่ยง

Case Study 4: Compound B 10% W/V SL

พารามิเตอร์สำหรับการประเมินความเสี่ยง โดยใช้ BeeREX

ทำการแปลงข้อมูลเพื่อให้อยู่ในหน่วยเดียวกันกับเครื่องมือ และเพิ่มข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ และข้อมูล Adult contact LD₅₀ และ Adult oral LD₅₀ จากแหล่งอ้างอิง ดังนี้

Substance: Insecticide Compound B 10% W/V SL	
1. User inputs (related to exposure)	
Application rate	0.1171875
Units of app rate	kg a.i./ha
Application method	foliar spray
2. Toxicity data	Value (µg a.i./bee)
Adult contact LD ₅₀	0.081 ^a
Adult oral LD ₅₀	0.0037 ^a
Adult oral NOAEL	NA
Larval LD ₅₀	2.25 ^b
Larval NOAEL	NA

ที่มา: a = PPDB, 2025a; b = EFSA, 2013



นำข้อมูลที่ได้มารอกลงในเครื่องมือการคำนวณ

Input

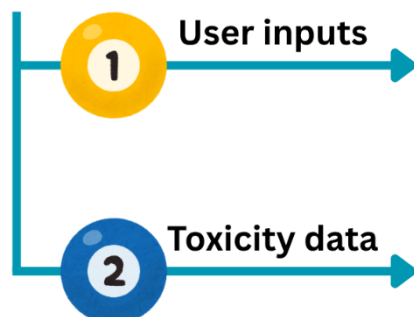


Table 1. User inputs (related to exposure)	
Description	Value
Application rate	0.1171875
Units of app rate	kg a.i./ha
Application method	foliar spray
Are empirical residue data available?	no

Table 2. Toxicity data	
Description	Value (µg a.i./bee)
Adult contact LD50	0.081
Adult oral LD50	0.0037
Adult oral NOAEL	
Larval LD50	2.25
Larval NOAEL	

Table 3. Estimated concentrations in pollen and nectar		
Application method	EECs (mg a.i./kg)	EECs (µg a.i./mg)
foliar spray	11.484375	0.011484375
soil application	NA	NA
seed treatment	NA	NA
tree trunk	NA	NA

Output



Table 5. Results (highest RQs)		
Exposure	Adults	Larvae
Acute contact	3.472222	NA
Acute dietary	906.46	0.63
Chronic dietary	#DIV/0!	#DIV/0!

Acute contact (Adults)

RQ > 0.4



Risk is not acceptable.

Acute dietary (Adults)

RQ > 0.4



Risk is not acceptable.

ภาพที่ 3.4 ผลการประเมินความเสี่ยงการใช้ Compound B 10% W/V SL ในลำไยต่อผึ้งด้วย BeeREX สำหรับความเป็นพิษเฉียบพลันจากการสัมผัสต่อผึ้งตัวเต็มวัยและความเป็นพิษเฉียบพลันทางปากต่อผึ้งตัวเต็มวัย อยู่ในระดับที่มีความเสี่ยง



บทที่ 4 มาตรการลดและจัดการความเสี่ยง



กรณีที่ผลการประเมินความเสี่ยงต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง) ได้ค่า $RQ \geq 0.4$ ถือว่ามีความเสี่ยงไม่สามารถยอมรับได้ ผู้ประเมินจำเป็นต้องมีการตรวจสอบกลั่นกรองข้อมูลและจัดการ เพื่อลดความเสี่ยงให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ในบทนี้จะกล่าวถึงมาตรการลดความเสี่ยงดังกล่าว



การปรับกระบวนการประเมินความเสี่ยงให้ละเอียดและใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น (Refine risks) สามารถทำได้โดยการปรับเปลี่ยนข้อมูลให้สอดคล้องกับสถานการณ์จริง ใช้ข้อมูลที่เหมาะสมเจาะจงมากขึ้น และการประเมินความเสี่ยงในระดับชั้นสูง (higher tier risk assessment) ทั้งนี้ หากจำเป็นต้องมีการทำ higher tier สามารถดำเนินการได้แบบรายกรณี (case-by-case) ได้แก่

- การปรับปรุงค่าประมาณสารพิษตกค้างในละอองเกสรและน้ำหวาน (improved estimates of pesticide residues in pollen and nectar) ในสถานการณ์จำลองที่มีข้อมูลน้อยที่สุด (worst-case) แบบจำลอง BeeREX จะใช้ข้อมูลสารพิษตกค้างในหญ้าต้นเตี้ย (short grass) เพื่อคาดการณ์ความเข้มข้นของสารพิษในละอองเกสรและน้ำหวานหลังการพ่นสารทางใบ อย่างไรก็ตาม การประมาณความเข้มข้นของสารที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้นสามารถคำนวณได้โดยใช้แนวทาง “ปริมาณสารพิษตกค้างต่อหนึ่งหน่วยความเข้มข้น (Residue per Unit Dose; RUD)” ของ EFSA (2023) โดยมีวิธีการดังนี้



การประมาณสารพิษตกค้างในละอองเกสร (mg/kg): ให้นำอัตราการใช้สาร (หน่วย kg a.i./ha) คูณด้วย 67.7



การประมาณการสารพิษตกค้างในน้ำหวาน (mg/kg): ให้นำอัตราการใช้สาร (หน่วย kg a.i./ha) คูณด้วย 0.87

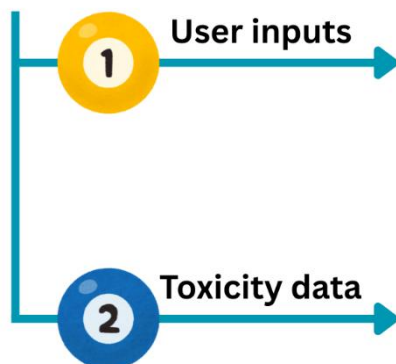
ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปกรอกในแบบจำลอง BeeREX ได้โดยการตอบ “Yes” ในช่องคำถาม “Are empirical data available” จากนั้นจึงระบุค่าสารพิษตกค้างในหน่วย mg a.i./kg (ไม่ต้องกรอกค่าสารพิษตกค้างใน Royal jelly)



Case Study 1: Compound A 24% W/V SC

- Empirical residue in nectar: $0.87 \times 0.28125 = 0.244$ mg a.i./kg
- Empirical residue in pollen: $67.7 \times 0.28125 = 19.04$ mg a.i./kg

Input



Description	Value
Application rate	0.28125
Units of app rate	kg a.i./ha
Application method	foliar spray
Are empirical residue data available?	yes
Empirical residue in pollen/bread (mg a.i./kg)	19.04
Empirical residue in nectar (mg a.i./kg)	0.244
Empirical residue in jelly (mg a.i./kg)	

Description	Value (µg a.i./bee)
Adult contact LD50	38.82
Adult oral LD50	17.32
Adult oral NOAEL	
Larval LD50	
Larval NOAEL	

Output

Exposure	Adults	Larvae
Acute contact	0.017388	NA
Acute dietary	0.013	#DIV/0!
Chronic dietary	#DIV/0!	#DIV/0!

Acute contact (Adults) RQ < 0.4 Risk is acceptable.

Acute dietary (Adults) RQ < 0.4 Risk is acceptable.

ภาพที่ 4.1 ผลการประเมินความเสี่ยงการใช้ Compound A 24% W/V SC ในลำไยต่อผึ้งด้วย BeeREX สำหรับความเป็นพิษเฉียบพลันจากการสัมผัสต่อผึ้งตัวเต็มวัยและความเป็นพิษเฉียบพลันทางปากต่อผึ้งตัวเต็มวัย โดยใช้ค่าประมาณสารพิษตกค้างในละอองเกสรและน้ำหวาน อยู่ในระดับยอมรับได้



■ การตรวจวัดสารพิษตกค้างในละอองเกสรและน้ำหวาน (residues in pollen and nectar) เป็นการตรวจวัดความเข้มข้นของสารพิษตกค้างในละอองเกสรและน้ำหวานในช่วงเวลาต่าง ๆ หลังการใช้สาร ข้อมูลได้จากการใช้สารในแปลงทดลองจริง เพื่อประเมินระดับการได้รับสัมผัสผ่านอาหารที่ผึ้งอาจได้รับจริง ค่าที่ได้จากการวัดจริง (empirical values) เหล่านี้สามารถนำมาใช้แทนค่าเริ่มต้น (default values) ของปริมาณสารพิษตกค้างต่อหนึ่งหน่วยความเข้มข้น (RUD) ในแบบจำลอง BeeREX ได้ ทั้งนี้ ข้อมูลสารพิษตกค้างจะต้องมาจากการทดสอบด้วยวิธีการใช้สาร (mode of application) รูปแบบเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปอนุมานเทียบกับอัตราการใช้สาร (application rates) อื่น ๆ ได้ โดยการนำข้อมูลเข้าสู่ BeeREX ให้ตอบ “Yes” ในช่องคำถาม “Are empirical data available” จากนั้นจึงระบุค่าสารพิษตกค้างที่ตรวจวัดได้สูงสุดในหน่วย mg a.i./kg (ไม่ต้องกรอกค่าสารพิษตกค้างใน Royal jelly)

Case Study 1: Compound A 24% W/V SC

Input

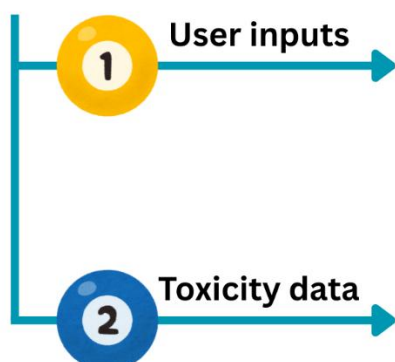


Table 1. User inputs (related to exposure)	
Description	Value
Application rate	0.28125
Units of app rate	kg a.i./ha
Application method	foliar spray
Are empirical residue data available?	yes
Empirical residue in pollen/bread (mg a.i./kg)	0.482
Empirical residue in nectar (mg a.i./kg)	0.542
Empirical residue in jelly (mg a.i./kg)	
Table 2. Toxicity data	
Description	Value (µg a.i./bee)
Adult contact LD50	38.82
Adult oral LD50	17.32
Adult oral NOAEL	
Larval LD50	
Larval NOAEL	



Output

Table 5. Results (highest RQs)		
Exposure	Adults	Larvae
Acute contact	0.017388	NA
Acute dietary	0.009	#DIV/0!
Chronic dietary	#DIV/0!	#DIV/0!

- Acute contact (Adults) RQ < 0.4 Risk is acceptable.
- Acute dietary (Adults) RQ < 0.4 Risk is acceptable.

ภาพที่ 4.2 ผลการประเมินความเสี่ยงการใช้ Compound A 24% W/V SC ในลำไยต่อผึ้งด้วย BeeREX สำหรับความพิษเฉียบพลันจากการสัมผัสต่อผึ้งตัวเต็มวัยและความพิษเฉียบพลันทางปากต่อผึ้งตัวเต็มวัย โดยใช้ค่าตรวจวัดสารพิษตกค้างในละอองเกสรและน้ำหวาน อยู่ในระดับยอมรับได้

- การทดสอบแบบกึ่งภาคสนาม (semi-field หรือ tunnel tests) ใช้พืชที่ปลูกในอุโมงค์ พร้อมกับบัววางรังผึ้งไว้ในบริเวณเดียวกัน มีการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตามปกติ แล้วเฝ้าติดตามผลกระทบที่เกิดขึ้นกับผึ้ง เช่น การตาย พฤติกรรมผิดปกติ โดยแนวทางปฏิบัติสำหรับการศึกษาประเภทนี้ได้รับการเผยแพร่ในมาตรฐาน EPPO 170 (EPPO 2010)
- การศึกษาการให้อาหารแก่รังผึ้ง (colony feeding studies) เป็นการให้ผึ้งกินน้ำหวาน (สารละลายน้ำตาลซูโครส) ที่มีการผสมสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน เพื่อสังเกตผลกระทบที่เกิดขึ้นกับผึ้งทั้งรัง เช่น การลดลงของจำนวนผึ้ง การตายของราชินีผึ้ง เป็นต้น
- การศึกษาภาคสนามเต็มรูปแบบ (full field studies) เป็นการทดสอบโดยใช้สารในแปลงเกษตรกรรมในสภาพแวดล้อมเปิด ที่มีการวางรังผึ้งอยู่บริเวณขอบแปลง เพื่อสังเกตผลกระทบต่องานผึ้งในสภาพแวดล้อมจริง แนวทางปฏิบัติสำหรับการศึกษาประเภทนี้ได้รับการเผยแพร่ในมาตรฐาน EPPO 170 (EPPO 2010)

วิธีการหรือแนวทางที่ใช้เพื่อลดความเสี่ยงหรือผลกระทบ (Mitigation options) คือ วิธีการหรือแนวทางที่ใช้เพื่อลดความเสี่ยงหรือผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น โดยมีเป้าหมายเพื่อลดหรือป้องกันการรับสัมผัสสารของแมลงผสมเกสร (ผึ้ง) ทั้งนี้ การเลือกใช้มาตรการที่เหมาะสม ควรพิจารณาเป็นรายกรณี (case-by-case basis) ซึ่งครอบคลุมทั้งมาตรการลดความเสี่ยงภายในแปลงปลูก (in-crop mitigation) และมาตรการลดความเสี่ยงนอกแปลงปลูก (off-crop mitigation) ดังนี้

มาตรการลดความเสี่ยงภายในแปลงปลูก (In-crop mitigation)

- การลดอัตราการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ในขณะที่ยังคงประสิทธิภาพในการควบคุมศัตรูพืช หลักการคือ การเลือกอัตราที่ลดลงแต่ยังคงเพียงพอต่อการกำจัดศัตรูพืช เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อ



ประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ในบางกรณีการใช้สารในอัตราที่ลดลงอาจทำให้ความทนทานในการควบคุมศัตรูพืชลดลง กล่าวคือการใช้สารอาจมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อเผชิญกับสภาพที่มีการระบาดของแมลงหรือในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม

- การลดความถี่การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชหรือการเว้นระยะห่างในการใช้สาร โดยยังคงให้ผลในการควบคุมศัตรูพืชอย่างมีประสิทธิภาพ การเพิ่มช่วงระยะห่างระหว่างการใช้สารในแต่ละครั้งจะช่วยให้ปริมาณสารพิษตกค้างในพืชหรือในสิ่งแวดล้อมลดลง หรือสลายตัวไปจนหมด การจำกัดระยะเวลาของการใช้สาร เช่น การพ่นสารก่อนหรือหลังระยะการออกดอกของพืช หรือการใช้สารในช่วงเย็นหลังจากที่แมลง ผสมเกสร (ผึ้ง) หยุดออกหาอาหารในแต่ละวัน

มาตรการลดความเสี่ยงนอกแปลงปลูก (Off-crop mitigation)

- ใช้เทคนิคการลดการฟุ้งกระจาย (drift-reducing techniques) เช่น การใช้หัวพ่นแบบลดการฟุ้งกระจาย (reduced-drift spray nozzles) หรือแผ่นบังการพ่น (spray deflectors) เป็นต้น

- การเคลื่อนย้ายรังผึ้ง (bee hives) ออกจากแปลงเพาะปลูกในช่วงเวลาที่มีการพ่นสาร

การใช้ข้อมูลการเพาะปลูกในพื้นที่จริง (local practices) มาใช้พิจารณาว่าผึ้งมีโอกาสสัมผัสสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชมากน้อยเพียงใด หากพืชไม่ได้อยู่ในช่วงออกดอกขณะที่มีการพ่นสาร พืชที่มักจะเก็บเกี่ยวผลผลิตก่อนการออกดอก (เช่น ผักกาดหอม แครอท หัวหอม กะหล่ำปลี ดอกกะหล่ำ ฯลฯ) พืชที่มักมีการตัดดอกออกก่อน (เช่น ยาสูบ) หรือพืชที่มีการคลุมดอกไม้เพื่อป้องกันความเสียหาย (เช่น ถั่ว) นอกจากนี้ในกรณีของการปลูกเมล็ดพันธุ์ (หากไม่ใช่สารประเภทดูดซึม) และ การใช้สารภายในโรงเรือนปิด ความเสี่ยงต่อผึ้งอาจอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งอาจทำให้ไม่จำเป็นต้องมีมาตรการลดความเสี่ยงเพิ่มเติม



บทที่ 5 การจัดการความเสี่ยง (คำเตือน/การสื่อสารความเสี่ยง)



การระบุคำเตือนพร้อมภาพไว้บนฉลาก เป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งเพื่อให้การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม โดยบนฉลากของผลิตภัณฑ์จะต้องแสดงภาพและคำเตือนเพื่อเป็นแนวทางการจัดการเพื่อลดความเสี่ยงต่อผึ้งหรือแมลงผสมเกสรชนิดอื่น ๆ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชด้วยความระมัดระวัง ข้อความเหล่านี้เป็นคำเตือนเพื่อความปลอดภัยในการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะเวลาที่พืชออกดอก ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีความเสี่ยงสูงที่ผึ้งหรือแมลงผสมเกสรจะสัมผัสสารพิษจากการเก็บน้ำหวานหรือเกสร

ตัวอย่างข้อความหรือคำเตือนที่ปรากฏบนฉลากของผลิตภัณฑ์ (มาตรการบรรเทาความเสี่ยงจากการประเมินความเสี่ยง)

- ผลิตภัณฑ์นี้เป็นพิษสูงต่อผึ้งและแมลงผสมเกสรชนิดอื่น ๆ ที่สัมผัสโดยตรงกับสาร หรือสัมผัสกับสารพิษตกค้างบนพืชที่กำลังออกดอก
- ห้ามใช้ผลิตภัณฑ์นี้กับพืชที่อยู่ในระยะออกดอก หรือช่วงที่วัชพืชรบกวนในแปลงกำลังออกดอก
- หลีกเลี่ยงการใช้สารในช่วงที่แมลงผสมเกสรกำลังออกหาอาหาร ควรใช้เฉพาะช่วงเวลาแมลงผสมเกสรไม่ค่อยออกหากิน เช่น ภายใน 2 ชั่วโมงหลังพระอาทิตย์ขึ้น หรือก่อนพระอาทิตย์ตก
- แจ้งผู้เลี้ยงผึ้งในรัศมี 1 ไมล์ (ประมาณ 1.6 กิโลเมตร) จากพื้นที่ที่จะพ่นสารล่วงหน้า อย่างน้อย 48 ชั่วโมง เพื่อให้สามารถดำเนินการป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับผึ้งได้

ตัวอย่างสัญลักษณ์





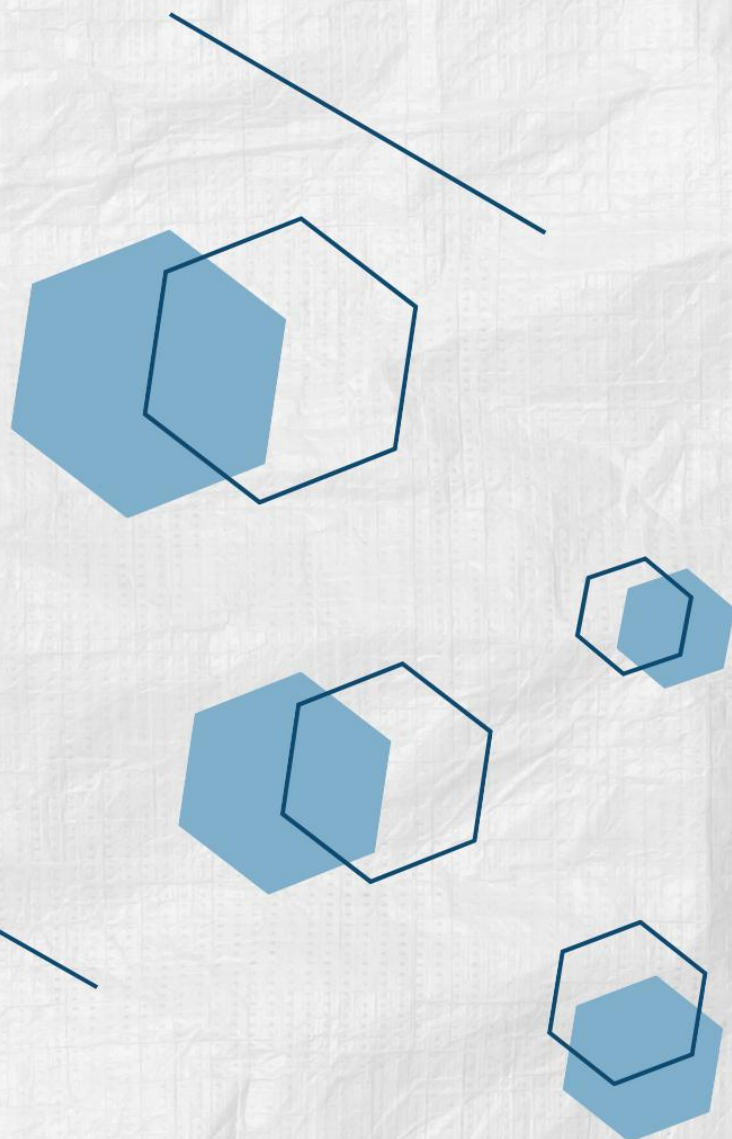
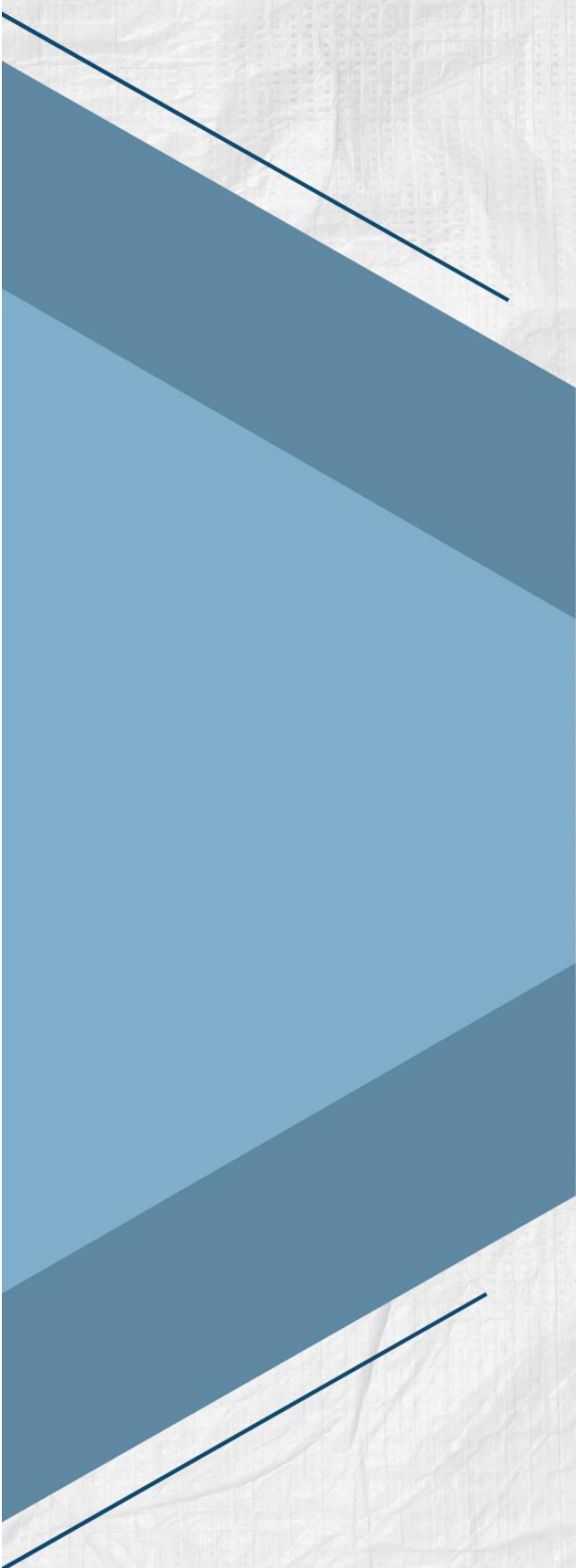
- BeeREX. 2015. Guidance for Assessing Pesticides Risk to Bees. Available at: <https://www.epa.gov/pesticide-science-and-assessing-pesticide-risks/models-pesticide-risk-assessment>. Assessed: October 12, 2025.
- European Food Safety Authority. 2013. Guidance on the risk assessment of plant protection products on bees (*Apis mellifera*, *Bombus* spp. and solitary bees). Available at: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3295>. Assessed: October 15, 2025.
- Ji-Yeong C., K. Chon, J. Kim, B.M.K. Vasamsetti, B.-S. Kim, C.-Y. Yoon, S. Hwang, K.-H Park and J.H. Lee. 2024. Assessment of lambda-cyhalothrin and spinetoram toxicity and their effects on the activities of antioxidant enzymes and acetylcholinesterase in honey bee (*Apis mellifera*) larvae. *Insects*, 15(8), p.587.
- Organization for Economic Co-operation and Development. 1998. Test No. 213: Honeybees, Acute Oral Toxicity Test. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2. OECD Publishing. Available at: <https://doi.org/10.1787/9789264070165-en>. Assessed: October 17, 2025.
- Organization for Economic Co-operation and Development. 1998. Test No. 214: Honeybees, Acute Contact Toxicity Test. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2. OECD Publishing. Available at: <https://doi.org/10.1787/9789264070189-en>. Assessed: October 17, 2025.
- Organization for Economic Co-operation and Development. 2017. OECD Guidance Document on Honey Bee Larval Toxicity Test following Repeated Exposure (OECD Series on Testing and Assessment No. 239). Available at: <https://doi.org/10.1787/9789264284081-en>. Assessed: October 15, 2025.
- Organization for Economic Co-operation and Development. 2025. Guidance Document on the Generation, Reporting and Use of Research Data for Regulatory Assessments. Available at: <https://doi.org/10.1787/8d49ec1d-en>. Assessed: October 15, 2025.
- Pesticide Properties DataBase. 2025a. Thiacloprid. Available at: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/630.htm>. Assessed: October 17, 2025.



Pesticide Properties DataBase. 2025b. Imidacloprid. Available at: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/397.htm>. Assessed: October 17, 2025.

Pesticide Properties DataBase. 2025c. Spinetoram. Available at: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/1144.htm>. Assessed: October 17, 2025.





คู่มือการประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อแมลงผสมเกสร (ผึ้ง)