การตรวจสอบความต้านทานของมอดหนวดยาว, *Cryptolestes* spp., ต่อสารรมฟอสฟีนในประเทศไทย

Investigation of Phosphine resistance in flat grain beetle (*Cryptolestes* spp.) in Thailand

กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม* ใจทิพย์ อุไรชื่น
ณัฐวัฒน์ แย้มยิ้ม
Kannikar Pengkum* Jaitip Uraichuen
Nattawat Yamyim
กลุ่มงานวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่
กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

.....

Abstract

Stored product Insect resistance to phosphine was increasingly. It was the result that phosphine fumigation could not control all insect on commodity in some area. This study was to evaluate the present status of resistance to phosphine in the field population of important stored product insect, flat grain beetle (*Cryptolestes* spp.) in Thailand for being effective protection management. The study were conducted in laboratory of Postharvest Technology on Field Crops Research and Development Group, Postharvest and Processing Research and Development Division in the years 2556-2558. Resistance tests were conducted according to the FAO Method No.16. The sampling population of flat grain beetle of 47 rice mills and grain storages from the 4 regions, 22 provinces showed flat grain beetles resistance 33 locations (was 70 percentage of the total sample populations) by found the flat grain beetles resistant strains spreading in all regions. The resistant strains of flat grain beetles had shown a strong resistance only 2 locations (was 6 percentage of the total sample populations).

Keywords: Phosphine resistance, flat grain beetle (*Cryptolestes* spp.)

Email: kan_nikar2000@yahoo.com

บทคัดย่อ

ปัญหาความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรมีมากขึ้นในปัจจุบัน ทำให้การรมด้วยสารรมฟอสฟีนในผลิตผลเกษตรในบางพื้นที่ไม่สามารถกำจัดแมลงได้ทั้งหมด จึงต้องทำการศึกษาความต้านทานของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรที่สำคัญ เพื่อเป็นแนวทางการจัดการป้องกันกำจัดที่มีประสิทธิภาพ โดยได้ศึกษาความต้านทานกับมอดหนวดยาว (*Cryptolestes* spp.) ในปี 2556-2558 ดำเนินการทดสอบความต้านทานตามกรรมวิธีของ FAO (Method No.16) ผลการสุ่มเก็บตัวอย่างมอดหนวดยาวจากโรงสีและโรงเก็บข้าวโพดจำนวน 47 แหล่ง จากทั้ง 4 ภาค 22 จังหวัด ผลการทดสอบพบมอดหนวดยาวต้านทาน 33 แหล่ง หรือ 70 เปอร์เซ็นต์ โดยพบมอดหนวดยาวสายพันธุ์ต้านทานกระจายตัวในทุกภาค และจากสายพันธุ์ต้านทานพบมีมอดหนวดยาวที่แสดงความต้านทานรุนแรงเพียง 2 แหล่ง หรือ 6 เปอร์เซ็นต์

คำหลัก: ความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน มอดหนวดยาว

คำนำ

การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรโดยการใช้สารมฟอสฟีนเป็นวิธีการที่นิยมกันอย่างกว้างขวางมากกว่า 40 ปีที่มีการนำสารรมฟอสฟีนมาใช้เพื่อการกำจัดแมลงศัตรูในผลิตผลเกษตรชนิดต่าง ๆ ในประเทศออสเตรเลียและหลายประเทศในอาเซียนพบว่า 70-80% ของเมล็ดที่เก็บเกี่ยวได้ถูกรมด้วยสารรมฟอสฟีน (Daglish and Bengston, 1998) ซึ่งในประเทศไทยก็เช่นกัน การรมที่ล้มเหลวไม่สามารถกำจัดแมลงได้ทั้งหมดเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น ผ้าพลาสติกรั่ว ใช้อัตราฟอสฟีนน้อยเกินไป หรือใช้ระยะเวลาในการมสั้นเกินไป ทำให้แมลงตายไม่หมด และแมลงที่รอดชีวิตสามารถสร้างความต้านทานต่อสารรมชนิดนี้ได้ ปัจจุบันมีรายงานการสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนในแมลงศัตรูโรงเก็บหลายชนิด หลายแหล่ง ได้แก่ ด้วงงวงข้าว (*Sitophilus oryzae*) และ เหาหนังสือ (*Liposcelis* sp.) ในออสเตรเลียและจีน (Nayak et al., 2003) ในสหรัฐเมริกาเริ่มพบความต้านทานของแมลงในโรงเก็บตั้งแต่ปี 1980 และในปี 2014 ได้มีการศึกษาระดับความต้านต่อสารมฟอสฟีนของมอดหนวดยาว (*Cryptolestes ferrugineus*) ในโรงเก็บเมล็ดข้าวสาลีในรัฐโอคลาโฮมา สหรัฐเมริกา รายงานพบความต้านทานสูงสุดถึง 133.5 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์อ่อนแอ (Konemann et al. 2014) ในปี 2010 ออสเตรเลียรายงานพบมอดหนวดยาว (*Cryptolestes ferrugineus*) เป็นแมลงศัตรูโรงเก็บที่สร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนสูงมากจากการศึกษาในห้องปฏิบัติการ ที่ระดับความเข้มข้นของฟอสฟีน 0.5 mg/L และ 1.0 mg/L ต้องใช้ระยะเวลาในการรมสูงถึง 30 และ 24 วันตามลำดับ ขณะที่สายพันธุ์อ่อนแอใช้เวลาการรม

เพียง 20 ชั่วโมงเท่านั้น (Nayak et al., 2010) และยังพบว่ามอดหนวดยาวเป็นแมลงที่สร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนสูงที่สุดในกลุมแมลงศัตรูในโรงเก็บโดยพบระดับความต้านทาน 1450เท่า (Nayak et al., 2013)

ความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนที่เพิ่มขึ้นในแมลงหลายชนิดและในภูมิภาคต่าง ๆ นี้ อาจก่อให้เกิดความล้มเหลวในการควบคุมการเข้าทำลายผลิตผลเกษตรของแมลงมากขึ้น และยิ่งมีความสำคัญมากขึ้นเมื่อสารรมเมทิลโบรไมด์ถูกจำกัดปริมาณการใช้ เนื่องจากเป็นสารที่ทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ ปัญหาดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ถ้าไม่มีการจัดการการใช้สารรมฟอสฟีนอย่างเหมาะสม ดังนั้นการศึกษาความต้านทานฟอสฟีนของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะกับประเทศไทยที่มีการระบาดของแมลงศัตรูผลิตผลจำนวนมาก โดยเฉพาะมอดหนวดยาวซึ่งปัจจุบันเป็นปัญหาใหญ่ในการเก็บรักษาวัตถุดิบเมล็ดธัญพืช และการส่งออก

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. โถแก้วรมยา (dessicator) ปริมาตร 22.32 ลิตร
2. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และ ช่วงแสง
3. กล่องพลาสติกใส ขนาด 25 x 17.5 x 9 ซม. กล่องขนาด 60x40x40 เซนตริเมตร ขวดแก้วทรงกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5 ซม. สูง 15 ซม. และกระดาษกรอง
4. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ยีสต์ ข้าวบาร์เลย์ จมูกข้าวสาลี

วิธีการ

ดำเนินการทดสอบความต้านทานตามกรรมวิธีของ FAO Method No.16 (FAO, 1975) ดังนี้ คือ

1. การสุ่มเก็บตัวอย่างมอดหนวดยาวจากโรงเก็บผลิตผลเกษตร โดยตรวจสอบสถานที่ตั้งของโรงเก็บที่ไปสำรวจเก็บตัวอย่างในเขตจังหวัดในแต่ละภาค เพื่อใช้เป็นตัวแทนของโรงเก็บในแต่ละจังหวัด นำกลับมาเลี้ยงขยายต่อในห้องปฏิบัติการ
2. เพื่อให้ได้มอดหนวดยาวที่มีความสม่ำเสมอกันสำหรับนำไปทดสอบความต้านทาน จึงต้องทำการเลี้ยงขยายพันธุ์แมลง โดยปล่อยตัวเต็มวัยมอดหนวดยาวจำนวนขวดละ 100 ตัว ลงในขวดแก้ว ที่ใส่อาหาร (แป้งสาลี 300 กรัม ข้าวบาร์เลย์ปั่น 300 กรัม ข้าวโพดปั่น 150 กรัม จมูกข้าวสาลี 45 กรัม ยีสต์ 5 กรัม) ปริมาณ 50 กรัม จดบันทึกแหล่งที่มาของแมลง และวันที่เก็บ เก็บขวดเลี้ยงแมลงไว้ในตู้เลี้ยงแมลงที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (อุณหภูมิ 30$\pm$2°C ความชื้นสัมพัทธ์ 65$\pm$5%) นาน 2 สัปดาห์ จึงนำตัวเต็มวัยทั้งหมดออกจากอาหารที่เลี้ยง เก็บอาหารที่มีไข่และตัวอ่อนมอดไว้ในตู้เลี้ยงประมาณ 4 สัปดาห์ จะได้ตัวเต็มวัยมอดหนวดยาวรุ่นลูก F1 ที่มีความสม่ำเสมอนำมาใช้ในการทดลอง โดยตัวเต็มวัยที่ใช้ในการทดลองจะต้องมีอายุไม่เกิน 2 สัปดาห์
3. มอดยาสูบสายพันธุ์อ่อนแอ (susceptible strain) ที่นำมาเปรียบเทียบในการทดลองครั้งนี้ ใช้มอดหนวดยาว (*Cryptolestes ferrugineus*) สายพันธุ์อ่อนแอจากประเทศออสเตรเลีย
4. การเตรียมก๊าซฟอสฟีน จากเม็ดฟอสฟีนในรูป tablet

5. ขั้นตอนก่อนการทดสอบการรม คำนวณความเข้มข้นที่ใช้ในการทดสอบ และเตรียมแมลงที่ใช้ในการทดสอบการรม โดยใส่ตัวเต็มวัยมอดยาสูบจำนวน 50 ตัวในกระปุกพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 ซม. สูง 3 ซม. ปิดฝาและเจาะรูเพื่อให้อากาศผ่านเข้าออกได้ จำนวน 2 กระปุก (replication) ต่อ 1 ความเข้มข้น ในการทดสอบทุกครั้งจะมีสายพันธุ์อ่อนแอเป็นหน่วยทดลองเปรียบเทียบทุกครั้ง
6. วางกระปุกแมลงทดสอบใน desiccators ปริมาตร 22.32 ลิตร จากนั้นใส่ก๊าซฟอสฟีนความเข้มข้นเริ่มต้นที่ความเข้มข้น 0.06 μg/L ระยะเวลาในการรม 20 ชั่วโมง (ความเข้มข้นที่ใช้ในการทดสอบความต้านทานเรียกว่า discriminating dose สำหรับมอดหนวดยาวเท่ากับ 0.06 mg/l หรือ 60 µg/l ระยะเวลา 20 ชั่วโมง) จากนั้นเพิ่มความเข้มข้นขึ้นที่ละ 1 เท่าตัว โดยจำนวนกรรมวิธีจะขึ้นอยู่กับจำนวนมอดหนวดยาวที่เตรียมได้ และมีกรรมวิธีไม่ใส่ก๊าซเป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบ
7. เมื่อครบ 20 ชั่วโมง เปิดฝา desiccator ปล่อยให้ระบายอากาศประมาณ 2-3 ชั่วโมง จากนั้นกระปุกกระปุกมอดหนวดยาวออกจาก desiccator ใส่อาหารเล็กน้อย นำไปเลี้ยงต่อในตู้เลี้ยงแมลงอีก 14 วันจึงทำการตรวจสอบผลการทดลอง
8. การตรวจสอบอัตราการตายให้บันทึกจำนวนมอดหนวดยาวที่รอดชีวิตและ ตาย หลังเสร็จสิ้นการรม 14 วัน ถ้ากรรมวิธีเปรียบเทียบมีแมลงตายมากกว่า 10% ต้องทำการทดสอบใหม่
9. การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การเปรียบเทียบอัตราการตายของแมลงในแต่ละความเข้มข้น

สถานที่ทำการทดลอง

- แหล่งเก็บแมลง โรงสี หรือโกดังเก็บผลิตผลทางการเกษตร
- ห้องปฏิบัติการ กลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

สำรวจมอดหนวดยาว จากโรงสีข้าว และโรงเก็บข้าวโพดทั่วประเทศ ระหว่าง ปี 2556-2558 เพื่อนำกลับมาเลี้ยงขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณในห้องปฏิบัติการของกลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ให้เพียงพอต่อการทดสอบความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน ตามกรรมวิธีของ FAO (Method No.16) โดยใช้ discriminating dose ที่อัตรา 0.06 mg/l (60 µg/l) จากตัวอย่างมอดหนวดยาวที่เก็บมาสามารถเลี้ยงขยายพันธุ์จนเพียงพอสำหรับการทดสอบจำนวน 47 แหล่ง จากทั้ง 4 ภาค 22 จังหวัด ผลการทดสอบพบมอดหนวดยาวต้านทาน 33 แหล่ง (table 1) โดยพบมอดหนวดยาวสายพันธุ์ต้านทานกระจายตัวในทุกภาค และเกือบทุกจังหวัด ยกเว้นจังหวัดพิษณุโลก ขอนแก่น และพัทลุง

จากการสอบถาม และสังเกตการใช้สารกำจัดแมลงในผลิตผลของผู้ประกอบการโรงสีและโรงเก็บผลิตผลเกษตร พบว่าผู้ประกอบการส่วนใหญ่มีการใช้สารรมในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บเพียงชนิดเดียว คือ สารรมฟอสฟีน และมีการใช้สารรมเป็นบางครั้ง หรือไม่มีการรมในสถานประกอบการเลย ส่วนใหญ่ทำการรมบนรถบรรทุกเมื่อมีคำสั่งซื้อ ผู้ประกอบการหลายรายยังใช้สารรมไม่ถูกต้อง ข้อผิดพลาดที่พบ ได้แก่ ผ้าพลาสติกคลุม

รมยาไม่ได้มาตรฐาน วิธีการคลุมกองไม่ปิดสนิท ระยะเวลาการรมไม่เป็นไปตามกำหนด (รมไม่ถึง 5-7 วัน) ซึ่งเหล่านี้เป็นสาเหตุให้แมลงสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนได้ทั้งสิ้น

อัตราการตายของแมลงสายพันธุ์ต้านทานจากแหล่งต่างๆ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารรมฟอสฟีนขึ้นที่ละเท่าตัว แสดงไว้ใน Table 2 พบว่า จากมอดหนวดยาวสายพันธุ์ต้านทานที่ใช้ทดสอบ 33 แหล่ง มีมอดหนวดยาวที่แสดงความต้านทานระดับสูงเพียง 2 แหล่งจากทั้งหมด 33 แหล่ง ได้แก่ โรงเก็บข้าวโพดอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา พบมอดหนวดยาวมีอัตราการตาย 3.0 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้น 1.14 มิลลิกรัมต่อลิตร (เท่ากับ 18 เท่าจาก discriminating dose) และโรงสีข้าวอำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ พบมอดหนวดยาวมีอัตราการตาย 29.4 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้น 1.02 มิลลิกรัมต่อลิตร (เท่ากับ 16 เท่าจาก discriminating dose) ซึ่งทั้ง 2 โรง เป็นโรงที่มีประวัติการใช้สารรมฟอสฟีนในการรมกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บเป็นประจำ การรมด้วยสารรมฟอสฟีนที่ไม่มีประสิทธิภาพ คือการรมที่ไม่สามารถกำจัดแมลงได้ทั้งหมดจะเป็นการคัดเลือกแมลงที่มีความทนทานต่อการสารรมไว้ ส่วนแมลงที่อ่อนแอต่อสารมก็จะถูกกำจัดไป ซึ่งต่อมาแมลงสายพันธุ์ทนทานก็จะผสมพันธุ์กันและออกลูกหลานต่อมาจนพัฒนาเป็นสานพันธุ์ต้านทานในที่สุด

ส่วนมอดหนวดยาวสายพันธ์ต้านทานจากโรงสีที่เหลืออีก 31 แหล่ง พบอัตราการตายของมอดหนวดยาวตั้งแต่ 32.4-98.8 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้น 0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร (ระดับ discriminating dose) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารรมฟอสฟีนในการทดสอบ มอดหนวดยาวมีอัตราการตายเพิ่มขึ้นในทุกแหล่ง

มอดหนวดยาวที่มีแนวโน้มจะสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ มอดหนวดยาวที่เก็บจากอำเภอเมือง จังหวัดอุดร 1 แหล่ง อำเภอขานุวรลักษณ์บุรี จังหวัดกำแพงเพชร 3 แหล่ง และอำเภอหนองไผ่ จังหวัดกำแพงเพชร 2 แหล่ง เนื่องด้วยพบมอดหนวดยาวรอดชีวิต แม้เพิ่มอัตราการรมเป็น 10 เท่าจาก discriminating dose ก็ตาม ซึ่งด้วงที่รอดชีวิตมีแนวโน้มที่จะถ่ายทอดยีนส์ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนให้กับลูกหลานรุ่นต่อไปได้ ดังนั้นในแหล่งดังกล่าวควรเพิ่มความระมัดระวังในการใช้สารรมให้มากขึ้น

สรุปผลการทดลอง

จากตัวอย่างมอดหนวดยาวที่เก็บมาสามารถเลี้ยงขยายพันธุ์จนเพียงพอสำหรับการทดสอบจำนวน 47 แหล่ง จากทั้ง 4 ภาค 22 จังหวัด ผลการทดสอบพบมอดหนวดยาวต้านทาน 33 แหล่ง (table 1) โดยพบมอดหนวดยาวสายพันธุ์ต้านทานกระจายตัวในทุกภาค และเกือบทุกจังหวัด ยกเว้นจังหวัดพิษณุโลก ขอนแก่น และพัทลุง อัตราการตายของแมลงสายพันธุ์ต้านทานจากแหล่งต่างๆ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารรมฟอสฟีนขึ้นที่ละเท่าตัว แสดงไว้ใน Table 2 พบว่า จากมอดหนวดยาวสายพันธุ์ต้านทานที่ใช้ทดสอบ 33 แหล่ง มีมอดหนวดยาวที่แสดงความต้านทานระดับสูงเพียง 2 แหล่งจากทั้งหมด 33 แหล่ง ได้แก่ โรงเก็บข้าวโพดอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา พบมอดหนวดยาวมีอัตราการตาย 3.0 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้น 1.14 มิลลิกรัมต่อลิตร (เท่ากับ 18 เท่าจาก discriminating dose) และโรงสีข้าวอำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ พบมอดหนวดยาวมีอัตราการตาย 29.4 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้น 1.02 มิลลิกรัมต่อลิตร (เท่ากับ 16 เท่าจาก discriminating dose) ซึ่งทั้ง 2 โรง เป็นโรงที่มีประวัติการใช้สารรมฟอสฟีนในการรมกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บเป็นประจำ การรม

ด้วยสารรมฟอสฟีนที่ไม่มีประสิทธิภาพ คือการรมที่ไม่สามารถกำจัดแมลงได้ทั้งหมดจะเป็นการคัดเลือกแมลงที่มีความทนทานต่อการสารรมไว้ ส่วนแมลงที่อ่อนแอต่อสารมก็จะถูกกำจัดไป ซึ่งต่อมาแมลงสายพันธุ์ทนทานก็จะผสมพันธุ์กันและออกลูกหลานต่อมาจนพัฒนาเป็นสานพันธุ์ต้านทานในที่สุด มอดหนวดยาวที่มีแนวโน้มจะสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ มอดหนวดยาวที่เก็บจากอำเภอเมือง จังหวัดอุดร 1 แหล่ง อำเภอขานุวรลักษณ์บุรี จังหวัดกำแพงเพชร 3 แหล่ง และอำเภอหนองไผ่ จังหวัดกำแพงเพชร 2 แหล่ง เนื่องด้วยพบมอดหนวดยาวรอดชีวิต แม้เพิ่มอัตราการรมเป็น 10 เท่าจาก discriminating dose ก็ตาม

เอกสารอ้างอิง

Anonymous, 1975. Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides. Tentative method for adults of some major species of stored cereals with methyl bromide and phosphine. FAO Method No 16, FAO Plant Protection Bulletin 23, 12-25.

Daglish, G.J. and M. Bengston. 1998. Phosphine resistance in Asia. *In:* Banks, H.J. and Damcevski, K.A., ed., Stored grain in Australia. Canberra, CSIRO Stored Grain Research Laboratory, 58-60.

Konemann, E.C., G.P. Opit, S.G. Gautam, N.S. Bajracharya and K. Shakya. 2014. Level of phosphine resistance in rusty grain beetles, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera: Laemophloeidae), from stored wheat in Oklahoma. *In:* proceeding of the Entomological Society of America Annual Meeting 2014. 461-467.

Nayak, M.K., P.J. Collins and H. Pavic. 2003. Development in phosphine resistance in China and possible implications for Australia. *In:* Wright, E.J., M.C. Webb and E. Highley., ed., Stored grain in Australia 2003. Canberra, CSIRO Stored Grain Research Laboratory, 156-159.

Nayak, M.K, J. Holloway, H. Pavic, M. Head, R. Reid, and C. Patrick. 2010. Developing strategies to manage highly phosphine resistant populations of flat grain beetles in large bulk storages in Australia. *In:* the 10th International Working Conference on Stored Product Protection. 396-401.

Nayak M.K., J.C. Holloway, R.N. Emery, H. Pavic, J. Bartlet, and P.J. Collins, 2013. Strong resistance to phosphine in the rusty grain beetle, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera: Laemophloeidae): its characterization, a rapid assay for diagnosis and its distribution in Australia. Pest Management Science 69: 48-53.

Table 1. Resistance to phosphine (PH_3) of *Cryptolestes* spp. In Thailand on the year 2013-2015

Region	Province	District	Number of populations tested	Number of resistant populations
Central	Ang Thong	Wiset Chai Chan	1	1
	Chai Nat	Mueang Chai Nat	1	1
	Lop Buri	Khok Samrong	2	1
	Nakhon Pathom	Phutthamonthon	1	1
	Sing Buri	In Buri	1	1
	Sing Buri	Tha Chang	2	0
	Sukhothai	Si Samrong	2	1
	Chon Buri	Ban Bueng	2	2
Northern	Kamphaeng Phet	Khanu Woralaksaburi	3	3
	Phetchabun	Nong Phai	4	3
	Phetchabun	Wichian Buri	1	1
	Phitsanulok	Mueang Phitsanulok	1	0
	Chiang Rai	Mae Chan	2	1
	Phayao	Chiang Kham	1	0
	Phayao	Dok Khamtai	1	1
	Phrae	Mueang Phrae	2	2
	Tak	Mae Sot	1	1
North Eastern	Buri Ram	Chaloem Phra Kiat	1	1
	Khon Kaen	Chum Phae	1	0
	Nakhon Ratchasima	Mueang Nakhon Ratchasima	3	2
	Sakon Nakhon	Phang Khon	1	1
	Surin	Mueang Surin	3	1
	Surin	Prasat	1	1
	Surin	Sikhoraphum	1	1
	Udon Thani	Mueang Udon Thani	2	2
	Udon Thani	Nong Han	1	1
Southern	Nakhon Si Thammarat	Hua Sai	3	2
	Nakhon Si Thammarat	Mueang Nakhon Si Thammarat	1	1
	Phatthalung	Mueang Phatthalung	1	0
Total			47	33

Table 2 Response of resistance populations of *Cryptolestes* spp. to increased concentration of phosphine (PH_3)

Region	Province	District	Loc.	Average mortality (%) on difference PH_3 dosage														
				0.06	0.12	0.18	0.24	0.30	0.36	0.42	0.48	0.55	0.6	0.66	0.72	0.78	0.84	0.90	0.96
Central	Ang Thong	Wiset Chai Chan	1	60.0	93.3	97.8	95.6	100	100	100	97.8	100	100	100	100				
	Chai Nat	Mueang Chai Nat	1	88.8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	Lop Buri	Khok Samrong	1	84.2	96.5	100	100	100	100	98.2	100	100	100	100	100	100	100	100	
	Nakhon Pathom	Phutthamonthon	1	78.7	97.8	98.9	100												
	Sing Buri	In Buri	1	98.8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	Sukhothai	Si Samrong	1	96.9	100	100													
	Chon Buri	Ban Bueng	1	95.0	100	100													
			2	100	98.9	98.9	100	100	95.8	100	98.9	97.9	100	100	98.9	100	100	93.7	100

Table 2 (continue)

Region	Province	District	Loc.	Average mortality (%) on difference PH_3 dosage																
				0.06	0.12	18	0.24	0.3	0.36	0.42	0.48	0.55	0.6	0.66	0.72	0.78	0.84	0.9	0.96	1.02
Northern	Kamphaeng Phet	Khanu Woralaksaburi	1	89.4	94.7	98.9	100	95.7	100	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9	96.8	98.9	96.8		
			2	78.1	100	88.5	93.8	87.5	100	94.8	95.8	90.6	92.7	90.6	89.6	95.8	99.0	95.8		
			3	89.8	100	96.6	94.9	72.9	79.7	55.9	67.8	66.1	52.5	69.5	39.0	83.1	52.5	64.4		
	Phetchabun	Nong Phai	1	32.4	75.7	78.4	83.8	75.7	86.5	71.6	74.3	81.1	91.9	93.2	90.5	100	85.1			
			2	90.6	90.6	90.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100			
			3	2.4	15.3	41.2	9.4	28.2	23.5	9.4	24.7	30.6	52.9	12.9	17.6	34.1	36.5	10.6	28.2	29.4
		Wichian Buri	1	83.8	98.5	100	98.5	100	100	100	100	100	100	100	100	98.5	100	100		
	Chiang Rai	Mae Chan	1	94.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
	Phayao	Dok Khamtai	1	98.6	100	100	100	100	98.6	100	100	100	100	100	100	100	98.6	98.6		
	Phrae	Mueang Phrae	1	76.5	100	98.8	100	100	98.8	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
			2	89.1	95.7	100	89.1	97.8	98.9	100	98.9	98.9	97.8	100	100	100	98.9	100		
	Tak	Mae Sot	1	89.2	91.4	98.9	100													

Table 2 (continue)

Region	Province	District	Loc.	Average mortality (%) on difference PH_3 dosage																	
				0.06	0.12	18	0.24	0.3	0.36	0.42	0.48	0.55	0.6	0.66	0.72	0.78	0.84	0.9	0.96	1.02	1.08	1.14
North Eastern	Buri Ram	Chaloem Phra Kiat	1	81.5	73.9	78.3	80.4	77.2	85.9	55.4	77.3	62.0	80.4	100	100	97.8	88.0	96.7				
	Nakhon Ratcha sima	Mueang Nakhon Ratchasima	1	57.1	60.2	63.3	66.3	66.3	63.3	60.2	59.2	62.2	61.2	77.6	89.8	91.8	81.6	96.9	86.7	94.9	91.8	
			2	1.0	5.0	1.0	3.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	4.0	4.0	2.0	5.0	4.0	1.0	3.0	0.0	2.0	3.0
	Sakon Nakhon	Phang Khon	1	88.0	99.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	Surin	Mueang Surin	1	65.4	74.4	52.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100							
		Prasat	1	40.5	77.0	77.0	83.8	82.4	82.4	77.0	93.2	79.7	87.8	79.7	85.1	85.1	89.2	81.1	93.2	90.5	86.5	93.2
		Sikhoraphum	1	70.0	70.0	80.0	90.0	70.0	100	50.0	90.0	90.0	70.0	100	100	100	100					
	Udon Thani	Mueang Udon Thani	1	93.3	100	98.9	100	100	100	100	100	100	100	100								
			2	32.6	55.8	41.1	62.1	55.8	69.5	60.0												
		Nong Han		95.2	100	98.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100				
Southern	Nakhon Si Thammarat	Hua Sai	1	69.4	62.5	95.8	87.5	81.9	84.7													
			2	97.7	98.9	100	100	100	100	100	100											

		Mueang Nakhon Si Thammarat	1	83.8	100	100	100	100	100	100	100											