การวิเคราะห์สารพิษตกค้างในผลผลิตข้าว และสำรวจการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูข้าวของเกษตรกรจังหวัดสุพรรณบุรีและกาญจนบุรี

Analysis of Pesticide Residues in Rice Grains and Investigation of Farmers' Usage in Suphan Buri and Kanchanaburi Provinces

ดารารัตน์ มณีจันทร์[1)] รัตนวรรณ จันทรศิธร[1)] ผกามาศ วงค์เตย์[1)] รัตติกาล อินทมา[1)] ภัทรศยา สายยืด[1)] นฤมล เสือแดง[1)]
วรัญสิตา ใบเด[1)] จุฬารักษ์ ศรีศักดา[1)] ศุภนัฐ นีซัง[1)] ณุภาวี สะกัญญา[1)]
Dararat Maneejan[1)] Rattanawan Jansasithorn[1)] Pakamas Wongtay[1)] Rattikan Intama[1)] Pattarasaya Saiyued[1)]
Narumol Sueadang[1)] Waransita Baide[1)] Jularuck Srisakda[1)] Suppanat Neesung[1)] Nupawee Sakanya[1)]

Abstract

Recently, an increase of pesticide use can cause pesticide residue above standard limit which could affect on agricultural product export. This research aimed to analyze and monitor pesticide residues in rice production in Suphan Buri and Kanchanaburi Provinces. The experiment was conducted at Thailand Rice Science Institute, Suphan Buri province during 2020-2021 by collecting different rice varieties from 40 farmer's fields per province. These rice samples were extracted followed by AOAC method and analyzed pesticide residues by using validated methods of LC-MS/MS and GC-MS/MS. The limit of detection (LOD) and limit of quantification (LOQ) values of this validated methods were 0.005 and 0.01 mg/kg (ppm), respectively. The pesticide residues were detected in 18 rice samples (22.5%) from Suphan Buri province which were insecticide from organophosphate group (omethoate 2 samples) and carbamate group (carbofuran 1 sample) and fungicide which were cyproconazole (1 sample), propiconazole (7 samples), and tebuconazole (13 samples). No pesticide residue was detected in rice samples from Kanchanaburi province. In addition, the monitoring of pesticide residues in rice production in Suphan Buri and Kanchanaburi provinces was also surveyed. The results showed an invasion of thrips and brown planthopper in both provinces; however, most farmers decided to apply pesticides to control these problems especially at Suphan Buri province where farmers applied pesticide at all stages of rice development. The thiamethoxam and thiacloprid were mostly applied at seedling stage while abamectin was used at tillering and booting stages which accounted for over 70% of pesticide application at all three stages. A dirty panicle disease was a major disease found in Suphan Buri province while blast and brown spot were found in Kanchanaburi province. In this case, the difenoconazole+propiconazole were mostly applied especially at booting and heading stages at Suphan Buri province. In summary, the pesticide residues found in rice samples did not exceed the maximum residue limit of Thai regulation and Codex's MRLs. However, these pesticide residues exceeded the European Commission maximum residue levels (EU MRLs). The reduction and appropriate pesticide application should be promoted to decrease residue levels in rice products that could impact on rice export.

Keywords: rice, pesticide residue, pesticide, Suphan Buri, Kanchanaburi

[1)] สถาบันวิทยาศาสตร์ข้าวแห่งชาติ อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี 72000 โทรศัพท์ 0-3555-5340
Thailand Rice Science Institute, Mueang, Suphan Buri 72000 Tel. 0-3555-5340

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเกษตรกรใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เกิดพิษตกค้างของสารในผลผลิตทางการเกษตรเกินเกณฑ์มาตรฐาน ส่งผลให้ไม่สามารถส่งออกได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจติดตามพิษตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูข้าวในผลผลิตข้าวของจังหวัดสุพรรณบุรีและกาญจนบุรี ดำเนินการที่สถาบันวิทยาศาสตร์ข้าวแห่งชาติ จังหวัดสุพรรณบุรี ปี พ.ศ. 2563-2564 โดยเก็บตัวอย่างผลผลิตข้าวพันธุ์ต่างๆ จากเกษตรกรจังหวัดละ 40 ตัวอย่าง นำมาสกัดตามวิธีของ AOAC และวิเคราะห์ด้วยเครื่องลิควิดโครมาโทกราฟี-แมสสเปคสเปคโทรมิเตอร์ (LC-MS/MS) และเครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟี-แมสสเปคสเปคโทรมิเตอร์ (GC-MS/MS) ซึ่งผ่านการทดสอบความใช้ได้ที่ขีดจำกัดของการตรวจพบ (LOD) 0.005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และขีดจำกัดการตรวจวัดเชิงปริมาณ (LOQ) ที่ความเข้มข้น 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผลการตรวจสอบ พบสารพิษตกค้างในตัวอย่างข้าวจากจังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 18 ตัวอย่าง (ร้อยละ 22.5) เป็นสารป้องกันกำจัดแมลง omethoate (2 ตัวอย่าง) และสาร carbofuran (1 ตัวอย่าง) สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชพบ cyproconazole (1 ตัวอย่าง) สาร propiconazole (7 ตัวอย่าง) และสาร tebuconazole (13 ตัวอย่าง) แต่ไม่พบพิษตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูข้าวจากจังหวัดกาญจนบุรี จากการสำรวจพบการทำลายของเพลี้ยไฟและเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าว เกษตรกรแก้ปัญหาด้วยการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูข้าว เกษตรกรจังหวัดสุพรรณบุรีใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงทุกระยะของการปลูก โดยใช้สาร thiamethoxam และ thiacloprid ในระยะกล้า ส่วนระยะแตกกอและระยะข้าวตั้งท้อง ใช้สาร abamectin รวมทั้งสามระยะมีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงมากถึงร้อยละ 70 สำหรับโรคข้าวพบโรคเมล็ดด่างในจังหวัดสุพรรณบุรี และโรคใบไหม้และใบจุดสีน้ำตาลในจังหวัดกาญจนบุรี เกษตรกรจังหวัดสุพรรณบุรีใช้สารเคมีป้องกันจำกัดโรค difenoconazole+propiconazole ในระยะข้าวตั้งท้องและระยะเริ่มออกรวง ตามข้อกำหนดของกฎหมายไทยและ Codex's MRLs พบว่า สารพิษตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างข้าวจำนวน 18 ตัวอย่าง มีปริมาณไม่เกินค่าที่กำหนด แต่เมื่อพิจารณาข้อกำหนดของสหภาพยุโรป ปริมาณสารตกค้างดังกล่าวเกินค่ากำหนด จึงควรมีการรณรงค์ลดใช้สารเคมี รวมทั้งการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูข้าวอย่างถูกต้องเหมาะสมตามคำแนะนำของทางราชการ เพื่อลดพิษตกค้างของสารในผลผลิตข้าวที่อาจส่งผลต่อการส่งออกข้าวไทย

คำสำคัญ: ข้าว สารพิษตกค้าง สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช สุพรรณบุรี กาญจนบุรี

คำนำ

ปัจจุบันการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2555 มีการนำเข้าสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชปริมาณ 134.5 พันตัน และปี พ.ศ. 2561 มีปริมาณการนำเข้าเพิ่มสูงขึ้นเป็น 171.0 พันตัน โดยพื้นที่การเพาะปลูกยังคงมีอยู่เท่าเดิม (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในทางการเกษตรสามารถแบ่งตามชนิดของสิ่งมีชีวิตที่ใช้ในการควบคุมและกำจัด คือ สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง สารกำจัดวัชพืช สารป้องกันกำจัดเชื้อรา สารกำจัดหนูและสัตว์ฟันแทะ และสารกำจัดหอยและปู โดยสารเคมีเหล่านี้มีกลไกการออกฤทธิ์ที่แตกต่างกัน

สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (organophosphate) และคาร์บาเมต (carbamate) มีสูตรโครงสร้าง คุณสมบัติ กลไกการออกฤทธิ์ และความเป็นพิษที่คล้ายกัน โดยออกฤทธิ์ต่อระบบประสาท ยับยั้งการทำงาน (inhibitor) ของเอนไซม์อะเซทิลโคลินเอสเทอเรส ความเป็นพิษของสารแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของสารพิษและการได้รับสารพิษ เช่น สาร parathion มีพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (LD_{50} น้อยกว่า 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สาร malathion (LD_{50} มากกว่า 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) aldicarb (LD_{50} น้อยกว่า 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สาร isoprocarb (LD_{50} มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) เป็นต้น

สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน (organochlorine) มีคุณสมบัติละลายในไขมันได้ดีมาก และสลายตัวช้า จึงพบสะสมในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานานและมีความเสี่ยงสูงในการปนเปื้อนในห่วงโซ่อาหาร กลไกการออกฤทธิ์มีหลากหลาย ได้แก่ การรบกวน sodium channel การยับยั้งการทำงานของ GABA และการขัดขวางการทำงานของ GABA

receptor ที่ chloride channel ความเป็นพิษของสารกลุ่มนี้แบ่งเป็นกลุ่มพิษรุนแรง เช่น aldrin, dieldrin, endosulfan, endrin เป็นต้น กลุ่มที่มีความเป็นพิษปานกลาง เช่น chlordane, DDT, heptachlor, lindane, mirex เป็นต้น และกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ (pyrethroid) มีกลไกการเกิดพิษที่เกี่ยวกับการทำงานของ sodium channel แต่เมื่อสัมผัสกับอากาศจะถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย จึงไม่มีความเป็นพิษ และไม่พบพิษตกค้างของสารนี้ในสิ่งแวดล้อม (Gupta, 2012)

ส่วนสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช ที่เกษตรกรนิยมใช้เป็นสารกำจัดเชื้อราในกลุ่ม triazole เช่น cyproconazole, propiconazole, tebuconazole, tetraconazole, tricyclazole เป็นต้น เป็นสารประเภทดูดซึม ออกฤทธิ์ในการบำบัดรักษาและป้องกันโรคพืช ใช้กับโรคที่เกิดกับใบพืชโดยเฉพาะ มีพิษเฉียบพลันทางปาก 1,517 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทางผิวหนัง มากกว่า 4,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผลการทดสอบในหนู ทำให้เกิดอาการระคายเคืองที่ผิวหนัง ดวงตา และระบบทางเดินหายใจ

อย่างไรก็ตาม การใช้สารเคมีในอัตราที่สูงเกินความจำเป็น ไม่ถูกต้องตามกำหนดเวลา และใช้ไม่ถูกวิธี ส่งผลให้เกิดสารพิษตกค้างในผลผลิตทางการเกษตรรวมทั้งสิ่งแวดล้อมได้ (ยงยุทธ และคณะ, 2553) จากการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในแปลงปลูกข้าวที่ไม่ได้ร่วมโครงการเกษตรดีที่เหมาะสมในพื้นที่จังหวัดชัยนาท พบสารพิษ chlorpyrifos ตกค้างในดิน จำนวน 20 ตัวอย่าง มีปริมาณสารพิษตกค้างเกินค่ามาตรฐาน 2 ตัวอย่าง และพบสารพิษตกค้าง isoprocarb ในข้าวเปลือก 11 ตัวอย่าง โดยพบเกินค่ามาตรฐาน 1 ตัวอย่าง (มณฑาทิพย์ และคณะ, 2557)

เช่นเดียวกับ ชลธิชา และคณะ (2561) ได้ประเมินผลกระทบจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวและสิ่งแวดล้อมในจังหวัดนครปฐม พบการตกค้างของสาร difenoconazole และ propiconazole ในดินนา และต้นข้าว รวมทั้งตรวจพบ propiconazole ในน้ำที่เก็บจากพื้นที่ปลูกข้าวแปลงทั่วไป และยังพบสารเคมีตกค้างในดินแปลงปลูกข้าวอินทรีย์ซึ่งการพบสารเคมีตกค้างเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด จะไม่สามารถส่งออกผลผลิตได้ และเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคโดยตรง

ปัญหาสารพิษตกค้างในผลผลิตเกษตร และสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรไม่ถูกหลักวิชาการเกิดขึ้นต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน เป็นสาเหตุของการปนเปื้อนของสารพิษในสิ่งแวดล้อมทั้งในดินพื้นที่ทำการเกษตร แม่น้ำที่เป็นแหล่งการอุปโภค บริโภค และเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำและพืชน้ำ ซึ่งเป็นแหล่งอาหารของมนุษย์และสัตว์อื่นๆ

อย่างไรก็ตาม สินค้าข้าวของไทยยังมีความเสี่ยงที่จะพบสารพิษตกค้าง แม้จะมีโครงการการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีและเหมาะสม (good agricultural practices, GAP) รวมถึงการผลิตข้าวอินทรีย์ โดยปัจจุบันสหภาพยุโรป (EU) มีการปรับปริมาณสารตกค้างสูงสุด (maximum residue limits, MRLs) ของสารในกลุ่มที่เป็นสารขัดขวางการทำงานของต่อมไร้ท่อ (endocrine disruptors) ที่พบมีการแนะนำให้ใช้ในการป้องกันกำจัดศัตรูข้าว เช่น สารป้องกันกำจัดแมลง malathion สารป้องกันกำจัดโรคพืช carbendazim, mancozeb, prochloraz, propiconazole tebuconuzole และ thiophanate-methyl เป็นต้น โดยปรับให้ค่า MRLs ของสารในกลุ่มดังกล่าวเหลือเพียง 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ppm) (พยอม และธีรดา, 2562) ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการส่งออกสินค้าข้าวของไทยได้ หากการปฏิบัติของเกษตรกรในการใช้สารเคมียังไม่ถูกต้องตามคำแนะนำ ย่อมมีโอกาสที่จะตรวจพบปริมาณสารตกค้างดังกล่าวเกินกว่า 0.01 ppm ได้

อนึ่ง จากการสำรวจพฤติกรรมการใช้สารป้องกันกำจัดแมลงของเกษตรกรในพื้นที่ที่มีการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล พบว่า จังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาท พิษณุโลก และอ่างทอง เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้สารที่ไม่แนะนำ โดยเกษตรกรนิยมใช้สาร abamectin มากที่สุด ซึ่งเป็นสารที่มีพิษสูงต่อสัตว์น้ำ และไม่แนะนำให้ใช้ในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล รองลงมา คือ cypermethrin เป็นสารที่ชักนำให้เกิดการระบาดเพิ่มขึ้นของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (จินตนา และคณะ, 2556)

อนึ่ง การป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล กรมการข้าวแนะนำให้สาร dinotefuran ในระยะข้าวตั้งท้องถึงระยะออกรวง สาร carbosulfan และ isoprocarb ในระยะข้าวแตกกอเต็มที่ หรือเมื่อพบเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล 10 ตัวต่อกอ ดังนั้น การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูข้าวที่ไม่

แนะนำในนาข้าว นอกจากส่งผลให้เกิดการตกค้างของสารเคมีในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม ยังอาจส่งผลกระทบต่อการระบาดศัตรูข้าวเพิ่มขึ้นด้วย

วัตถุประสงค์การทดลองนี้ เพื่อติดตามพิษตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในผลผลิตข้าว และสำรวจการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูข้าวของเกษตรกรในจังหวัดสุพรรณบุรีและกาญจนบุรี เพื่อเป็นข้อมูลนำไปสู่การปฏิบัติที่มีความปลอดภัยของสินค้าข้าวโดยมีสารพิษตกค้างไม่เกินมาตรฐานสากล

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สารเคมีและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมีที่ใช้เป็น สารมาตรฐานแบบรวม iDQuant™ Standards Kit for Pesticide จาก บริษัท Sigma-Aldrich, A.R. grade; acetonitrile, HPLC grade; methanol, HPLC grade; น้ำกลั่น, A.R. grade ammonium formate, Dispersive SPE ชนิดที่ 1 AOAC Agilent Part Number: 5982-5755 ($MgSO_4$ 6 กรัม + Sodium Acetate 1.5 กรัม) ชนิดที่ 2 Universal Agilent Part Number: 5982.0028CH ($MgSO_4$ 150 มิลลิกรัม + PSA 50 มิลลิกรัม + C18EC 50 มิลลิกรัม)

เครื่องชั่งเป็นชนิด 2 ตำแหน่ง สำหรับชั่งตัวอย่าง และ 5 ตำแหน่ง สำหรับชั่งสารมาตรฐาน เครื่องเขย่าสาร (vortex mixer) เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge) เครื่องบดตัวอย่างข้าว เครื่องลดปริมาตรด้วยไนโตรเจน (nitrogen evaporator) เครื่องลิควิดโครมาโทกราฟี-แมสสเปคสเปคโทรมิเตอร์ หัวตรวจชนิด Triple Quadrupole Mass Spectrometer (LC-MS/MS) ยี่ห้อ SciEx 4500 QTRAP LC-MS/MS และเครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟี-แมสสเปคสเปคโทรมิเตอร์ หัวตรวจชนิด Triple Quadrupole Mass Spectrometer (GC-MS/MS) ยี่ห้อ Agilent 7000D Triple Quadrupole GC/MS

2. พื้นที่ศึกษา

เก็บตัวอย่างข้าวจากแปลงนาจังหวัดสุพรรณบุรี 9 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองสุพรรณบุรี บางปลาม้า เดิมบางนางบวช ดอนเจดีย์ ศรีประจันต์ สามชุก สองพี่น้อง หนองหญ้าไซ และอู่ทอง ประกอบด้วยข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 15 ตัวอย่าง ปทุมธานี 1 10 ตัวอย่าง จัสมิน 5 ตัวอย่าง กข41 6 ตัวอย่าง กข43 กข41 กข47 และพิษณุโลก 2 พันธุ์ละ 1 ตัวอย่าง รวม 40 ตัวอย่าง และเก็บตัวอย่างข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จากแปลงนาจังหวัดกาญจนบุรี 4 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเลาขวัญ ห้วยกระเจา พนมทวน และทองผาภูมิ จำนวน 40 ตัวอย่าง

3. ตัวอย่างข้าวและการเตรียมตัวอย่าง

สุ่มตัวอย่างข้าวเปลือกจากแปลงนาจังหวัดสุพรรณบุรีและกาญจนบุรี อายุข้าวที่เก็บตัวอย่างไม่เกิน 3 วันหลังการเก็บเกี่ยว โดยสุ่มเก็บตัวอย่างจากหลายๆ จุดทั่วแปลง (แบบตัว S หรือ X) จากนั้นคลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วแบ่งเป็น 4 ส่วน สุ่มแยก 1 ใน 4 (ประมาณ 2 กิโลกรัม ข้าวเปลือก) ใส่ถุงพร้อมติดฉลาก ปิดผนึกและบันทึกข้อมูลตัวอย่าง นำมาลดความชื้นข้าวเปลือกให้ต่ำกว่า 14 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปขัดขาว และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส

4. วิธีการทดลอง

4.1 การพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูข้าว ดำเนินการตามวิธีมาตรฐาน ดังนี้ ช่วงความเข้มข้นที่ต้องการใช้งาน/ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (range/linearity) การตรวจสอบซ้ำ (repeatability) ขีดจำกัดของการตรวจพบ (limit of detection, LOD) ขีดกำจัดของการตรวจเชิงปริมาณ (limit of quantitation, LOQ) และการทดสอบซ้ำภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด (intermediate precision)

4.2 การตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูข้าวที่ตกค้างในตัวอย่างข้าว ตามวิธีที่พัฒนา

4.2.1 สกัดตัวอย่างข้าวด้วยเทคนิค QuEChERS ตามวิธีของ AOAC (2007) ใช้ตัวอย่างข้าวบดละเอียด 10 กรัม เติมน้ำ 10 มิลลิลิตร และ acetonitrile (ACN) + 1% acetic acid 10 มิลลิลิตร เขย่า 1 นาที แล้วเติม magnesium sulfate anhydrous ($MgSO_4$) 6 กรัม และ sodium acetate 1.5 กรัม เขย่า 1 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,800 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที ดูดสารสกัดส่วนใส 2 มิลลิลิตร มาทำให้บริสุทธิ์ด้วย $MgSO_4$ 150 มิลลิกรัม + primary secondary amine (PSA) 50 มิลลิกรัม + C18EC 50 มิลลิกรัม bulk carbograph 7.5 มิลลิกรัม เขย่า 1 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 14,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที การวิเคราะห์ด้วย GC-MS/MS แบ่งสารสกัดปริมาตร 1

มิลลิลิตร นำไปกรองผ่าน nylon filter 0.22 ไมโครเมตร ก่อนวิเคราะห์ ส่วนการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง LC-MS/MS จะแบ่งสารสกัด 1 มิลลิลิตร ก่อนนำไประเหยแห้งแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 มิลลิลิตร ด้วยสารละลาย methanol 50% และกรองผ่าน nylon filter 0.22 ไมโครเมตร ก่อนนำไปวิเคราะห์

4.2.2 สภาวะในการวิเคราะห์

- เครื่องลิควิดโครมาโทกราฟี-แมสสเปคสเปคโทรมิเตอร์ (LC-MS/MS)

- คอลัมน์ : Biphynyl 100 x 2.1 mm 2.6 µm

- อุณหภูมิคอลัมน์ : 40 องศาเซลเซียส

- เฟสเคลื่อนที่

A : 5 mM Ammonium formate + MeOH : H_2O (10:90)

B : 5 mM Ammonium formate + MeOH : H_2O (90:10)

สภาวะการวิเคราะห์

เวลา (นาที)	% Mobile	
	Phase A	Phase B
0	100	0
1.0	100	0
18.0	0	100
18.5	100	0
20.0	100	0

- อัตราการเคลื่อนที่: 0.4 มิลลิลิตรต่อนาที

- ปริมาตรที่ฉีด: 5 ไมโครลิตร

วิเคราะห์สารเคมีตกค้าง รวม 22 ชนิด ดังนี้ กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและอนุพันธ์ 5 ชนิด ได้แก่ acephate, dicrotophos, dimethoate, monocrotophos และ omethoate กลุ่มคาร์บาเมตและอนุพันธ์ 12 ชนิด ได้แก่ 3-hydroxy carbofuran, aldicarb, aldicarb sulfone, aldicarb sulfoxide, bendiocarb, carbaryl, carbofuran, fenobucarb, isoprocarb, oxamyl, pirimicarb และ propoxur และสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช 5 ชนิด ได้แก่ cyproconazole, propiconazole, tebuconazole, tetraconazole และ tricyclazole

เครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟี-แมสสเปคสเปคโทรมิเตอร์ (GC-MS/MS)

- คอลัมน์ HP-5MS UI (15 เมตร x 0.25 มิลลิเมตร x 0.25 มิลลิเมตร)

- อุณหภูมิส่วนฉีดตัวอย่าง : 280 องศาเซลเซียส ระบบ splitless mode

- โปรแกรมอุณหภูมิตู้อบ : 60 องศาเซลเซียส (1 นาที) → 40 องศาเซลเซียสต่อนาที 170 องศาเซลเซียส → 10 องศาเซลเซียสต่อนาที 310 องศาเซลเซียส (3 นาที)

- อุณหภูมิ Transfer line: 250 องศาเซลเซียส

- อุณหภูมิ Ion source: 300 องศาเซลเซียส

- อัตราการไหลของแก๊สฮีเลียม: 1 มิลลิลิตรต่อนาที

ตรวจวิเคราะห์สารเคมีตกค้างจำนวน 47 ชนิด ดังนี้ สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช เป็นกลุ่ม ออร์กาโนฟอสเฟตและอนุพันธ์ จำนวน 18 ชนิด ได้แก่ azinphos-ethyl, diazinon, dichlorvos, EPN, ethion, fenitrothion, malathion, methidathion, mevinphos, mirex, parathion, parathion-methyl, phosalone, pirimiphos-ethyl, pirimiphos-methyl, profenofos, prothiofos และ triazophos กลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ 8 ชนิด ได้แก่ bifenthrin, cyfluthrin, cyhalothrin (Lambda), cypermethrin, deltamethrin, fenvalerate, flucythrinate และ permethrin กลุ่มออร์กาโนคลอรีนและอนุพันธ์ 21 ชนิด ได้แก่ aldrin, BHC-alpha, BHC-beta, BHC-delta, chlordane-cis, chlordane-trans, dichlorodiphenyl-dichloroethane (DDD-o,p'), DDD-p,p', dichloro-diphenyl-dichloroethylene (DDE-o,p)', DDE-p,p', dichlorodiphenyl-trichloroethane (DDT-o,p'), DDT-p,p', dieldrin, endosulfan sulfate, endosulfan-alpha, endosulfan-beta, endrin, endrin ketone, heptachlor, heptachlor exo-epoxide และ hexachlorobenzene

4.3 การสำรวจการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูข้าวของเกษตรกร โดยใช้แบบสัมภาษณ์เกษตรกรในจังหวัดสุพรรณบุรี และกาญจนบุรี คำนวณขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตร Yamane ที่ระดับช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เพื่อประมาณค่าสัดส่วนหลักของประชากร (เพ็ญแข, 2541) ตามอัตราส่วนประชากรของแต่ละจังหวัดที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกรในการทำนากับกรมส่งเสริมการเกษตรปี 2562 รวม 80 ราย ข้อมูลที่จัดเก็บ เช่น ปัญหาศัตรูพืช การจัดการ

สารเคมีที่ใช้ควบคุมศัตรูข้าว ชนิด/ชื่อการค้าของสาร ระยะที่พ่นสาร เป็นต้น

ดำเนินการที่สถาบันวิทยาศาสตร์ข้าวแห่งชาติ จังหวัดสุพรรณบุรี ปี พ.ศ. 2563-2564

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูข้าวในผลผลิตข้าว

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวทั้ง 4 กลุ่ม และสารเคมีป้องกันกำจัดโรคข้าว จำนวน 69 ชนิด ในตัวอย่างข้าวขัดขาว อ้างอิงวิธีมาตรฐานโดยเทคนิค QuEChERS ตามวิธีของ AOAC2007.01 เพื่อยืนยันคุณภาพผลการวิเคราะห์ จึงต้องตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการวิเคราะห์ ตามข้อกำหนดต่างๆ ดังนี้

1) ศึกษาช่วงความเข้มข้นที่ต้องใช้งาน หรือช่วงความเข้มข้นที่สามารถทดสอบได้ และความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (range/linearity) ของสารเคมีทางการเกษตรในตัวอย่างข้าว พบว่า เป็นเส้นตรงอยู่ในช่วงความเข้มข้น 0.005-0.160 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยให้ค่า $r^2 > 0.995$ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การยอมรับได้

2) ตรวจสอบซ้ำ (repeatability) ที่ระดับความเข้มข้น 3 ระดับ (ต่ำ กลาง และสูง) คือ 0.01 0.04 และ 0.16 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ระดับละ 10 ซ้ำ พบว่า การวิเคราะห์สารเคมี 69 ชนิดในตัวอย่างข้าว ให้ค่าความถูกต้อง (accuracy) จากค่า %recovery และค่าความแม่นยำ (precision) จากค่า %RSD (relative standard deviation) อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ตามข้อกำหนดของ AOAC ที่ความเข้มข้น 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ร้อยละ 60-115 และที่ความเข้มข้น 0.1–10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ร้อยละ 80-110 และการประเมินค่าความแม่นยำจาก %RSD ที่ร้อยละ 8-14 แสดงว่าวิธีการวิเคราะห์นี้มีความถูกต้องแม่นยำ

3) ขีดจำกัดการตรวจวัดของวิธีการสกัด (LOD) ศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ ที่ความเข้มข้น 0.005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และขีดจำกัดการตรวจวัดเชิงปริมาณ (LOQ) ได้ที่ความเข้มข้น 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

4) การทดสอบซ้ำภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด (intermediate precision) ที่ระดับความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 0.01 0.04 และ 0.16 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ระดับละ 10 ซ้ำ โดยวิเคราะห์ที่ระดับความเข้มข้นละ 2 ซ้ำต่อวัน พบว่า %recovery ของสารทั้ง 69 ชนิด อยู่ในช่วงร้อยละ 60-115 ตามเกณฑ์มาตรฐาน และ %RSD อยู่ในช่วงร้อยละ 7-14 แสดงว่าวิธีการวิเคราะห์นี้มีความแม่นยำเที่ยงตรงผ่านเกณฑ์ตามข้อกำหนด

จากการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารเคมีทางการเกษตร 69 ชนิด ได้ผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ทำให้มั่นใจได้ว่าผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องและเชื่อถือได้

2. การตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูข้าวที่ตกค้างในตัวอย่างข้าว

ตัวอย่างข้าวเปลือกจากจังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 40 ตัวอย่าง และจังหวัดกาญจนบุรี 40 ตัวอย่าง รวม 80 ตัวอย่าง เป็นพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ร้อยละ 69.0 พันธุ์ปทุมธานี 1 ร้อยละ 12.5 ตรวจไม่พบสารพิษตกค้าง 62 ตัวอย่าง (ร้อยละ 77.5) และตรวจพบสารพิษตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูข้าวในตัวอย่างข้าวจากจังหวัด

Table 1 Pesticides concentration found in rice samples

Pesticide	Sample no.	Concentration (mg/kg)
omethoate	S29, S35	0.02- 0.14
carbofuran	S35	0.01
cyproconazole	S9	0.01
propiconazole	S2, 3, 8, 12, 18, 20, 22	0.01-0.03
tebuconazole	S1, 2, 8, 10, 13, 16, 18-20, 22-25	0.02-0.06

สุพรรณบุรี 18 ตัวอย่าง (ร้อยละ 22.5) โดยพบพิษตกค้างของสารป้องกันกำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ได้แก่ สาร omethoate 2 ตัวอย่าง และสารกลุ่มคาร์บาเมต carbofuran 1 ตัวอย่าง ไม่พบพิษตกค้างของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและสารสังเคราะห์ไพรีทรอยด์ ส่วนสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช พบการตกค้างของสาร cyproconazole 1 ตัวอย่าง สาร propiconazole 7 ตัวอย่าง และ tebuconazole 13 ตัวอย่าง (Table 1)

เนื่องจากข้าวเป็นสินค้าเกษตรที่กำหนดมาตรฐานโดยต้องตรวจไม่พบสารพิษตกค้างจากวัตถุอันตรายทางการเกษตรตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ในกรณีที่ตรวจพบสารพิษตกค้าง ต้องไม่เกินปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (maximum residue limit; MRLs) จากผลการสำรวจครั้งนี้ พบว่า สารพิษตกค้างตามเกณฑ์กำหนดของกฎหมายไทยและ Codex's MRLs จำนวน 2 ชนิด คือ carbofuran และ tebuconazole แต่ปริมาณสารตกค้างไม่เกินค่ากำหนดที่ 0.1 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และตรวจพบสารที่ไม่มีค่ากำหนด 3 ชนิด คือ omethoate, cyproconazole และ propiconazole

อย่างไรก็ตาม จากมาตรฐานของ MRLs สหภาพยุโรป พบว่า สารพิษตกค้างเกินค่ากำหนดเกณฑ์มาตรฐาน 3 ชนิด คือ carbofuran, omethoate และ propiconazole ที่กำหนดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยเฉพาะสาร carbofuran ซึ่งเป็นสารในกลุ่มที่เป็นวัตถุมีพิษทางการเกษตรที่อยู่ในบัญชีเฝ้าระวัง (watch list) เนื่องจากมีพิษเฉียบพลันทางปากสูง ซึ่งกลุ่มสหภาพยุโรป อเมริกา และบางประเทศในเอเชียได้ยกเลิกการใช้ไปแล้ว รวมทั้งสาร propiconazole ที่กำลังสิ้นสุดการอนุญาตให้ใช้ในสหภาพยุโรป เนื่องจากอาจมีผลกระทบต่อเด็กในครรภ์ซึ่งจากมาตรการดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อการส่งออกสินค้าข้าวของไทยรวมทั้งประเทศสมาชิกอื่นในอาเซียนด้วย

3. สถานการณ์การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูข้าวของเกษตรกร

จากการสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี 40 ราย และจังหวัดกาญจนบุรี 40 ราย โดยเป็นกลุ่มเดียวกับที่เก็บตัวอย่างข้าวมาวิเคราะห์สารเคมีตกค้าง พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ในจังหวัดสุพรรณบุรี และจังหวัดกาญจนบุรี แก้ปัญหาแมลงศัตรูข้าว โดยใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูข้าว คิดเป็นร้อยละ 86.67 และ 73.47 ตามลำดับ

ปัญหาแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญในทั้งสองจังหวัด พบ

Table 2 Incidence percentage of insect pests found in Suphan Buri and Kanchanaburi provinces in 2020

Rice insect pest	Suphan Buri	Kanchanaburi
Thrips	26.88	30.86
Brown planthopper	26.88	23.46
Rice leaffolder	13.98	16.05
Stem borers	25.81	13.59
Others		
Rice black bug	2.15	-
Rice gall midge	2.15	1.23
Rice bug	2.16	-
Caterpillar	-	2.47
Whitebacked planthopper	-	1.23
Rice mealybug	-	1.23
Stink bug	-	1.23
None	1.08	7.41

Table 3 Percentage of insecticide application at each development stage of rice in Suphan Buri and Kanchanaburi provinces in 2020

Development stage of rice	Planting area	Insecticide application (%)	Insecticide
Seedling	Suphan Buri	75.0	thiamethoxam and thiacloprid
	Kanchanaburi	2.5	abamectin* and dinotefuran
Tillering	Suphan Buri	72.5	flubendiamide+thiacloprid
	Kanchanaburi	40.0	abamectin and dichlorvos*
Booting	Suphan Buri	70.0	abamectin*
	Kanchanaburi	15.0	abamectin*
Heading	Suphan Buri	47.5	dinotefuran, abamectin*, ethiprole and chlorantraniliprole
	Kanchanaburi	5.0	abamectin*
Maturation	Suphan Buri	20.0	emamectin benzoate
	Kanchanaburi	0.0	-

* = Not recommended in paddy field

Table 4 Percentage of rice diseases found in Suphan Buri and Kanchanaburi provinces in 2020

Rice disease	Suphan Buri	Kanchanaburi
Blast (tillering stage)	14.93	18.97
Brown spot	22.93	18.97
Dirty panicle	34.33	5.17
Bacterial leaf blight	7.46	12.07
Blast (heading stage)	4.48	12.07
Others		
Yellow orange leaf	2.99	-
Root rot	-	1.72
Bacterial leaf streak	-	1.72
None	13.43	29.31

การทำลายของเพลี้ยไฟและเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสูงที่สุด รองลงมา คือ หนอนกอ และหนอนห่อใบข้าว (Table 2) โดยเกษตรกรจังหวัดสุพรรณบุรี ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงทุกระยะของการปลูก โดยใช้สาร thiamethoxam และ thiacloprid มากในระยะกล้า ส่วนระยะแตกกอและระยะตั้งท้อง นิยมใช้สาร abamectin ซึ่งทั้งสามระยะนี้มีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงมากกว่าร้อยละ 70 ในส่วนข้าวระยะแทงรวงและระยะพลับพลึง เกษตรกรใช้สารเคมีร้อยละ 47.5 และ 20 ตามลำดับ โดยใช้สาร dinotefuran, ethiprole และ emamectin benzoate ส่วนเกษตรกรจังหวัดกาญจนบุรี ใช้สารป้องกันกำจัดแมลงน้อยกว่าเกษตรกรจังหวัดสุพรรณบุรี โดยใช้สารมากที่สุดในระยะข้าวแตกกอ คิดเป็นร้อยละ 40 สารเคมีที่นิยมใช้ ได้แก่ abamectin และไม่ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดในระยะ

Table 5 Percentage of fungicide application at each development stage of rice in Suphan Buri and Kanchanaburi provinces in 2020

Development stage of rice	Planting area	Fungicide application (%)	Fungicide
Seedling	Suphan Buri	2.5	propineb
	Kanchanaburi	0.0	-
Tillering	Suphan Buri	25.0	tricyclazole and difenoconazole+azoxystrobin
	Kanchanaburi	7.5	difenoconazole+propiconazole
Booting	Suphan Buri	77.5	difenoconazole+propiconazole and carbendazim
	Kanchanaburi	2.5	difenoconazole+propiconazole
Heading	Suphan Buri	65.0	difenoconazole+propiconazole and tebuconazole+trifloxystrobin
	Kanchanaburi	0.0	-
Maturation	Suphan Buri	20.0	difenoconazole+propiconazole
	Kanchanaburi	0.0	-

พลับพลึง (Table 3)

สำหรับปัญหาโรคข้าว พบโรคเมล็ดด่างมากที่สุดในจังหวัดสุพรรณบุรี และพบโรคใบไหม้และโรคใบจุดสีน้ำตาลในจังหวัดกาญจนบุรี (Table 4) เกษตรกรจังหวัดสุพรรณบุรี มีการใช้สารเคมีกำจัดโรคข้าว ตั้งแต่ระยะข้าวตั้งท้องและระยะแทงรวงมากถึงร้อยละ 77.5 และ 65.0 ตามลำดับ และระยะพลับพลึง เกษตรกรใช้สารเคมีกำจัดโรคข้าว ร้อยละ 20 ส่วนเกษตรกรในจังหวัดกาญจนบุรี ไม่ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคข้าวตั้งแต่ระยะแทงรวงถึงระยะพลับพลึง แต่มีการใช้สารในระยะข้าวแตกกอ ร้อยละ 7.5 โดยใช้สาร difenoconazole+propiconazole (Table 5)

สรุปผลการทดลอง

การตรวจวิเคราะห์พิษตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูข้าว จำนวน 69 ชนิด ในตัวอย่างข้าวขัดขาว เป็นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าว กลุ่มออร์กาโนคลอรีน 21 ชนิด กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 24 ชนิด กลุ่มคาร์บาเมต 12 ชนิด และกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ 7 ชนิด และสารเคมีป้องกันโรคข้าว 5 ชนิด ด้วยวิธีมาตรฐานของ AOAC2007.01 เทคนิค QuEChERS ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมใช้งานและผ่านเกณฑ์การยอมรับ โดยได้ทดสอบความถูกต้อง เชื่อถือได้ ในผลผลิตข้าวที่เก็บตัวอย่างจากแปลงเกษตรกรในจังหวัดสุพรรณบุรีและกาญจนบุรี ปี พ.ศ. 2563 จากผลผลิตข้าว 80 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง 18 ตัวอย่าง (ร้อยละ 22.5) จากแปลงนาจังหวัดสุพรรณบุรีทั้งหมด เนื่องจากเกษตรกรจังหวัดสุพรรณบุรี มีการใช้สารเคมีดังกล่าวในทุกระยะการปลูกในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวและโรคข้าว ส่งผลให้มีสารพิษตกค้างในผลผลิต โดยตรวจพบสาร omethoate carbofuran, cyproconazole, propiconazole และ tebuconazole ปริมาณที่พบไม่เกินค่ากำหนดของกฎหมายไทยและ Codex's MRLs แต่ตามข้อกำหนดของสหภาพยุโรป พบว่า ปริมาณสารพิษที่ตกค้างดังกล่าวเกินค่ากำหนด อย่างไรก็ตาม คำแนะนำการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูข้าวของกองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว ไม่มีการแนะนำให้ใช้สาร carbosulfan และ emamectin เนื่องจากทำให้มีการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โดยสาร emamectin มีพิษร้ายแรงต่อศัตรูธรรมชาติ สัตว์น้ำ และก่อให้เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อมในแปลงนา ในขณะที่การให้ข้อมูลของเกษตรกร ไม่พบการใช้ omethoate และ carbufuran แต่พบการตกค้างในผลผลิตข้าว อาจเป็นเพราะเกษตรกรไม่ให้ความสำคัญกับการบันทึกข้อมูลการใช้สารเคมีในการผลิตข้าว

จากข้อมูลผลการทดลองนี้ จึงควรมีการรณรงค์ให้

เกษตรกรตระหนักถึงภัยจากสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช และผลกระทบต่อการส่งออกสินค้าข้าว โดยแนะนำให้เกษตรกรใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูข้าวอย่างถูกต้องเหมาะสม ตามคำแนะนำของทางราชการ รวมทั้งให้ความสำคัญกับการบันทึกข้อมูลการใช้สารเคมีในการผลิตข้าว สนับสนุนการตรวจสอบย้อนกลับในอนาคตและลดผลกระทบต่อการส่งออกสินค้าไทย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณอดีตผู้เชี่ยวชาญด้านอารักขาข้าว นางวิชชุดา รัตนากาญจน์ นางพยอม โคเบลลี่ ทีมงานวิจัย และผู้ช่วยนักวิจัย สถาบันวิทยาศาสตร์ข้าวแห่งชาติ ในการดำเนินงานและอำนวยความสะดวกในงานวิจัยนี้ และขอบคุณนักวิจัยจากกรมวิชาการเกษตรที่ให้คำแนะนำต่างๆ ในการปฏิบัติงาน

เอกสารอ้างอิง

จินตนา ไชยวงค์, วันทนา ศรีรัตนศักดิ์, สุกัญญา อรัญมิตร และอุรัสยาน์ บูลย์ประมุข. 2556. พฤติกรรมการใช้สารฆ่าแมลงของเกษตรกรที่เป็นพื้นที่ระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในภาคกลาง. หน้า 248-264. *ใน*: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการข้าว กลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก ประจำปี 2555. วันที่ 21-25 มีนาคม 2556. ณ โรงแรม หินสวย-น้ำใส รีสอร์ท, ระยอง.

ชลธิชา วรรณวิมลรักษ์, รัตนวัฒน์ ไชยรัตน์ และสมพนธ์ วรรณวิมลรักษ์. 2561. การประเมินผลกระทบจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวและสิ่งแวดล้อมในจังหวัดนครปฐม ประเทศไทย. หน้า 220-225. *ใน*: การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติครั้งที่ 19. วันที่ 26-27 เมษายน 2561. ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติจุฬาภรณ์, คณะสัตวแพทย์ศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ประจวบคีรีขันธ์.

พยอม โคเบลลี่ และธีรดา หวังสมบูรณ์ดี. 2562. สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่เป็นสารขัดขวางการทำงานของต่อมไร้ท่อ : ผลกระทบต่อผู้ส่งออกข้าวไทย. วารสารวิชาการข้าว 10(1): 108-119.

เพ็ญแข แสงแก้ว. 2541. การวิจัยทางสังคมศาสตร์. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ. 274 หน้า.

มณฑาทิพย์ อรุณวรากรณ์, กัญญารัตน์ เต็มปิยพล และจิราภา เมืองคล้าย. 2557. ศึกษาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในผลิตผลเกษตร ดิน และน้ำบริเวณแปลงปลูกในเขตพื้นที่สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 : ข้าว. หน้า 233-239. *ใน*: รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด 2556 โครงการ : วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

ยงยุทธ ไผ่แก้ว, น้ำเย็น ศิริพัฒน์ และประภัสสรา พิมพ์พันธุ์. 2553. การพัฒนาเทคนิคการตรวจวิเคราะห์สารตกค้าง cyproconazole, hexaconazole, propiconazole, tebuconazole และ tetraconazole ในผัก. ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2553. กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, กรมวิชาการเกษตร 2553(1): 270-282.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ปี 2551-2561. สืบค้นจาก: http://www.oae.go.th/view/1/ปัจจัยการผลิต/TH-TH. (17 มิถุนายน 2561)

AOAC. 2007. Pesticide residues in foods by acetonitrile extraction and partitioning with magnesium sulfate. Available source: https://nucleus.iaea.org/sites/fcris/Shared%20Documents/SOP/AOAC_2007_01.pdf. (June 17, 2018)

Gupta, R.C. 2012. Amitraz. pp. 599-603. *In*: Gupta, R.C, (ed.), Veterinary Toxicology Basic and Principle. 2nd ed. Academic Press, San Diego.