



การประเมินผลกระทบจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวและสิ่งแวดล้อมในจังหวัดนครปฐม ประเทศไทย
An impact assessment of pesticide use on rice farming in Nakhon Pathom province, Thailand

ชลธิชา วรรณวิมลรักษ์^{1*}, รตนวัฒน์ ไชยรัตน์¹, สมพนธ์ วรรณวิมลรักษ์²
Chonthicha Wanwimolruk^{1*}, Rattanawat Chairat, Sompon Wanwimolruk²

¹ คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม, 73170

¹ Faculty of Environment and Resource, Mahidol University, Nakhon Pathom, 73170

² คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม, 73170

² Faculty of Medical Technology, Mahidol University, Nakhon Pathom, 73170

*Corresponding author: Tel: +66-8-7352-5577, Fax: +66-24-419-509, E-mail: wanwimolchon@gmail.com

บทคัดย่อ

การตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืชในอาหารและสิ่งแวดล้อมยังคงเป็นปัญหาสำคัญของประเทศไทย เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ตระหนักถึงความเสียหายทั้งต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์อินทรีย์ได้รับความนิยมมากขึ้น ทำให้เกษตรกรหันมาทำเกษตรอินทรีย์มากขึ้นโดยไม่คำนึงถึงการจัดการสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม ซึ่งอาจทำให้มีการตกค้างของสารเคมี และเกิดการปนเปื้อนเข้าสู่ระบบเกษตรอินทรีย์ได้ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบปริมาณสารตกค้างสารกำจัดศัตรูพืชในต้นข้าวและผลผลิตข้าว และในสิ่งแวดล้อม (ดินและน้ำ) ระหว่างนาข้าวที่ใช้สารเคมีกับนาข้าวอินทรีย์ใน ต.คลองโยง อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม โดยวิเคราะห์สารตกค้างสารกำจัดศัตรูพืช 83 ชนิด ด้วยวิธี GC-MS/MS และเสนอแผนการจัดการปัญหาสารตกค้างในนาข้าว ผลการวิจัยได้ตรวจพบสารตกค้างสารกำจัดศัตรูพืช 14 ชนิดในต้นข้าว ซึ่งชนิดของสารตกค้างที่ตรวจพบไม่แตกต่างกันระหว่างนาข้าวที่ใช้สารเคมีและนาข้าวอินทรีย์ กลุ่มของสารตกค้างที่ตรวจพบบ่อยที่สุด ได้แก่ organophosphates carbamates fungicides และ pyrethroids ตามลำดับ และข้าวเปลือกมีการปนเปื้อนของสารตกค้างมากกว่าข้าวสาร ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าในการทำนาข้าวอินทรีย์ยังมีการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืช ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการจัดการสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม เพื่อพัฒนามาตรฐานเกษตรอินทรีย์ให้เป็นเกษตรที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อมอย่างแท้จริง

คำสำคัญ: สารตกค้างสารกำจัดศัตรูพืช, สารกำจัดศัตรูพืช, ข้าว, นาข้าวอินทรีย์, สิ่งแวดล้อม

Abstract

Pesticide residues found in food and environment is an important concern in Thailand because the farmers are unaware of pesticide adverse effects on health and environment. At present, organic produce are becoming popular, this stimulates Thai's farmers to do organic farming without considering the environment management. This may cause pesticide contamination into the organic farming system. The objectives of this study were to compare the pesticide residues in rice straw, rice grain, paddy soil and paddy water between conventional and organic rice fields located in Klong-Yong, Putthamonthon district, Nakhon Pathom province, Thailand. Determination of 83 pesticides was achieved by GC-MS/MS method. An environmental management plan in organic rice fields was proposed. Of 83 pesticides investigated, 14 pesticides were found in rice straw. The types of pesticide residues were not different between conventional and organic rice fields. The most often found pesticides were organophosphates, carbamates, fungicides and pyrethroids. Moreover, the pesticide residues in paddy rice were higher than white rice. The results of this study have demonstrated that organic rice fields are also contaminated with pesticides. Therefore, environmental management in organic farming is required.

Keywords: Pesticide residues, Pesticides, Rice, Organic rice farming, environment

1. บทนำ

ปัญหาสารตกค้างจากสารเคมีทางการเกษตรในปัจจุบันยังคงมีความรุนแรง เนื่องจากเกษตรกรนิยมใช้สารเคมีจำนวนมากเพื่อ

กำจัดแมลงและศัตรูพืชที่มาทำลายผลผลิต จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ปีพ.ศ. 2553-2558 แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีการนำเข้าสารเคมีทางการ

เกษตรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ สารเคมีเหล่านี้ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในการทำเกษตรอุตสาหกรรม ปัจจุบันในประเทศที่พัฒนาแล้วได้ตระหนักถึงผลอันตรายร้ายแรงที่เกิดจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชหรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า สารตกค้างสารกำจัดศัตรูพืช (Pesticide residues) ที่มีผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อม (Payá et al., 2007; Lu et al., 2015; Biodiversity and Community Rights Action Thailand; BIO-THAI, 2016) จึงได้กำหนดค่ามาตรฐานที่เรียกว่า 'Maximum Residue Limits' (MRL) สำหรับอาหารและผักผลไม้ เป็นค่าปริมาณของสารตกค้างสารกำจัดศัตรูพืชที่อนุญาตให้มีได้มากที่สุด ในผักและผลไม้ MRL มีหน่วยเป็น ppm (mg kg^{-1}) (United States Department of Agriculture; USDA, 2014; National Bureau of Agriculture Commodity and Food Standards; ACFS, 2015)

สำหรับประเทศไทย ได้นำกฎหมายและข้อบังคับบางอย่างจากประเทศที่พัฒนาแล้วมาใช้ และมีได้กระทำกันอย่างเข้มงวด (Wanwimolruk et al., 2015) ทำให้เกษตรกรยังคงใช้สารกำจัดศัตรูพืชอย่างแพร่หลายในปริมาณมาก ส่งผลให้พบการปนเปื้อนของสารตกค้างสารกำจัดศัตรูพืชในผักและผลไม้ เช่น จากการตรวจวัดผักและผลไม้จากจังหวัดพะเยา (Sapbamrer and Hongsibsong, 2014) จังหวัดนครปฐมและภาคกลาง (Wanwimolruk et al., 2015) และมีการพบสารตกค้างสารกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม เช่น น้ำในทะเลสาบสงขลา (Kanatharana et al., 1994) และพบการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชจำพวก Organochlorines ในน้ำ ตะกอนดินและข้าว (*Oryza sativa* L.) จากตัวอย่างนาข้าวรอบบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ (Chaiyarat et al., 2015)

ร้อยละ 60 ของประชากรโลกนิยมบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก และมากกว่าร้อยละ 90 ของปริมาณข้าวทั้งหมด ผลิตในภูมิภาคเอเชีย ข้าวนอกจากจะเป็นอาหารหลักของคนไทยแล้ว การทำนาข้าวยังเป็นอาชีพที่สืบต่อกันมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ในทศวรรษที่ผ่านมาพบว่ามีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในขั้นตอนการเพาะปลูก เพื่อเพิ่มอัตราการผลิตข้าวให้เพียงพอต่อความต้องการ (Hou et al., 2013) มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชหลายประเภททั้งก่อนปลูกและหลังปลูก (Pareja et al., 2011, Bhattacharjee et al., 2012) แต่วิธีการใช้ของเกษตรกรไทยยังไม่ถูกต้อง มีการใช้สารเคมีที่มากเกินไป โดยไม่ตระหนักถึงอันตรายของสารกำจัดศัตรูพืช จนส่งผลให้เกิดความกังวลถึงผลกระทบของสารต่างๆ เหล่านี้ ต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ในช่วงปีค.ศ. 2000-2010 มีพื้นที่เกษตรอินทรีย์ทั่วโลกเพิ่มขึ้นจาก 14.9 ล้านเฮกตาร์ เป็น 37.0 ล้านเฮกตาร์ (Willer and Lernoud, 2012) แสดงให้เห็นถึงการปรับเปลี่ยนทางเกษตรกรรมที่หันมาสนใจการทำเกษตรแบบยั่งยืนมากยิ่งขึ้น

กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้กำหนดหลักการผลิตข้าวอินทรีย์ แต่ข้อกำหนดสำหรับการผลิตข้าวอินทรีย์นั้นยังไม่ชัดเจนมากนัก รวมถึงการให้ความรู้กับเกษตรกร

อาจไม่เพียงพอ พื้นที่สำหรับเพาะปลูกอาจมีสารตกค้างสารเคมีกำจัดศัตรูพืชสะสมมาเป็นเวลานาน หรือห่างจากพื้นที่ที่มีการใช้สารเคมีไม่เพียงพอ ทำให้เกิดการปนเปื้อนสารเคมีที่มาจากพื้นที่อื่น โดยทั่วไปผลผลิตจากการทำเกษตรอินทรีย์ มักจะมีราคาสูงกว่าผลผลิตทั่วไป จึงเป็นประเด็นปัญหาที่น่าสนใจว่าการทำนาข้าวอินทรีย์ของประเทศไทยนั้น มีข้อบังคับและข้อปฏิบัติที่เพียงพอหรือไม่ที่จะทำให้ผลผลิตที่ได้จากนาข้าวอินทรีย์ รวมถึงคุณภาพสิ่งแวดล้อมมีปริมาณสารตกค้างสารกำจัดศัตรูพืชในระดับที่ปลอดภัยกว่านาข้าวทั่วไป

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารตกค้างสารกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมดิน น้ำ และข้าวระหว่างการทำนาข้าวทั่วไปและการทำนาข้าวอินทรีย์ ซึ่งข้อมูลการวิจัยที่จะได้สามารถที่จะนำไปสู่แนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมในนาข้าวให้เหมาะสมต่อไป

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 สารเคมีและสารมาตรฐาน

สารเคมีที่ใช้เป็นสารเคมีที่มีคุณภาพสูงใช้กับงาน HPLC (HPLC grade) ได้แก่ Anhydrous magnesium sulfate (MgSO_4) (QREC, New Zealand), sodium chloride (NaCl) (Ajax Finechem, Australia), primary and secondary amines (PSA, particle size 40 μm), graphited carbon black (GCB) และ C18 sorbent (particle size 40 μm) (Supelco, USA), Acetonitrile (Merck, Germany) สารเคมีกำจัดศัตรูพืชทั้งหมด 83 ชนิด ประกอบด้วย 4,4'-DDD, 4,4'-DDE, 4,4'-DDT, alachor, aldrin, atrazine, azinphos-ethyl, azoxystrobin, γ -BHC, bifenthrin, butachlor, captan, carbaryl, carbofuran (ประกอบด้วย 2 metabolites ได้แก่ carbofuran-3-hydroxy and carbofuran-3-keto), carbosulfan, chlordane, chlormefos, chlorothalonil, chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl, chlorthiophos, cyfluthrin, λ -cyhalothrin, cypermethrin, deltamethrin, diazinon, dichlorvos, dicofol, dicrotophos, dimethoate, endrin, endosulfan, EPN, ethion, fenitrothion, fenobucarb, fenoxycarb, fenthion, fenvalerate, fipronil, flumethrin, flutolanil, folpet, heptachlor, hexaconazole, imidachloprid, indoxacarb, isoprocarb, malathion, mefenacet, mepronil, metalaxyl, methamidophos, methidathion, methiocarb, methomyl, mevinphos, monocrotophos, omethoate, oxyflufen, paraoxon-methyl, parathionEthyl, parationMethyl, permethrin, phenthoate, phosalone, pirimicarb, pirimiphos-ethyl, pirimiphos-methyl, prochloraz, profenofos, promecarb, propargite, propiconazole, prothiofos, pyraclostrobin, pyridaben,

quintozene, quizalofop-p-ethyl, tebuconazole, thiabendazole, triazophos, trifloxystrobin สารมาตรฐานเหล่านี้ชื่อจากบริษัท Augsborg (Germany) และ Triphenyl phosphate (TPP) ใช้เป็นสาร internal standard ความบริสุทธิ์ของสารเคมีมาตรฐานเหล่านี้มากกว่าร้อยละ 98 สารละลายของสารมาตรฐานแต่ละตัวเตรียมใน acetonitrile โดยทุกครั้งที่ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างจะเตรียมสารมาตรฐานจากความเข้มข้นเริ่มต้น (1000 mg L^{-1}) เพื่อเจือจางให้มีความเข้มข้นต่างๆ สารมาตรฐานเหล่านี้ถูกเก็บให้พ้นแสงและแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20°C จนกระทั่งนำมาใช้ในการวิเคราะห์

2.2 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่นาจำนวน 4 ไร่ที่ทำการศึกษ ตั้งอยู่ที่หมู่ 1 ตำบลคลองโยง อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม เป็นพื้นที่ที่ทำนาข้าวอินทรีย์ 2 ไร่ ($13^{\circ}50'01.6''\text{N } 100^{\circ}16'33.9''\text{E}$ -Organic rice paddy; ORP) และพื้นที่ที่ทำนาข้าวทั่วไปแบบใช้สารเคมี 2 ไร่ ($13^{\circ}50'01.7''\text{N } 100^{\circ}17'08.7''\text{E}$ -Conventional rice paddy; CRP) นาข้าวทั้งสองประเภทล้อมรอบด้วยนาข้าวทั่วไป สวนผลไม้ และแปลงผัก พื้นที่ที่ไม่มีการทำเกษตร ($13^{\circ}50'00.6''\text{N } 100^{\circ}17'08.2''\text{E}$ -Control) ได้ถูกเลือกเป็นตัวแทนของพื้นที่ที่ไม่มีการใช้สารเคมีหรือกลุ่มควบคุม (Control) ระยะเวลาการเก็บตัวอย่างเริ่มตั้งแต่เดือนกรกฎาคมจนถึงเดือนพฤศจิกายน ปี พ.ศ. 2560

2.3 การเก็บตัวอย่างและเตรียมตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์

การเก็บตัวอย่างดิน น้ำ และต้นข้าว ทำใน 3 พื้นที่ ได้แก่ นาข้าวอินทรีย์ นาข้าวทั่วไป และพื้นที่ที่ไม่มีการทำเกษตร พื้นที่ละ 5 จุดตัวอย่าง เก็บตัวอย่างดินและต้นข้าวใส่ในถุงพลาสติก ตัวอย่างน้ำใช้ขวดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยฟอยล์ป้องกันแสง โดยเก็บตัวอย่างก่อนเริ่มทำนาข้าว (วันที่ 0) และทุก 15 วัน จนกระทั่งถึงวันเก็บเกี่ยว คือเก็บตัวอย่างในวันที่ 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 และ 120 ตัวอย่างทั้งหมดที่เก็บมาจะถูกเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ -20°C จนกว่าจะทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

2.4 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

วิธีการวิเคราะห์สารตกค้างสารกำจัดศัตรูพืชในตัวอย่างที่เก็บมา ได้ใช้วิธีการสกัดที่เรียกว่า QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด เพราะสามารถใช้สกัดแยกสารตกค้างสารกำจัดศัตรูพืชจากตัวอย่างผักและผลไม้ได้หลายตัว ใช้แรงงานน้อย และราคาถูก การสกัดสารกำจัดศัตรูพืชในดินและน้ำได้ประยุกต์ใช้วิธีของ Brondi et al. (2011) ตัวอย่างข้าวใช้วิธีของ Wanwimolruk et al. (2015) แล้วนำไปฉีดเข้าเครื่อง GC-MS/MS เพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างสารกำจัดศัตรูพืช รายละเอียดของ GC-MS/MS อธิบายไว้ในรายงานของ Duff and Voglino (2012) การตรวจสอบสารกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิดใช้วิธี Multiple reaction monitoring acquisition method และ two ion

transition การทดสอบความปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชที่ได้ ใช้วิธีการเติมสาร working solution ลงใน blank sample ส่วนการตรวจสอบความแม่นยำสามารถประเมินได้จากค่า recovery, reproducibility, calibration linear range, limit of detection (LOD), limit of quantification (LOQ) ในการตรวจสอบตัวอย่างดิน น้ำและข้าว ซึ่งได้กระทำตามวิธีการของ Dong et al. (2012) และ Koesukiwat et al. (2011)

2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลทั้งหมดได้นำเสนอในรูปค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD) ความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่างในการทดลองได้ ทดสอบโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติที่เรียกว่า one-way analysis of variance (ANOVA) และกำหนดค่าความเชื่อมั่นที่ $p < 0.05$ โดยใช้โปรแกรมทดสอบทางสถิติ SPSS version 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)

3 ผลและวิจารณ์

ปริมาณสารตกค้างสารกำจัดศัตรูพืชในดินนาข้าวทั่วไปและนาข้าวอินทรีย์ พบว่ามีชนิดของสารตกค้างฯ ไม่ต่างกัน Figure 1 แสดงปริมาณสารตกค้างของ difenoconazole และ propiconazole ที่ตรวจพบในดินนาข้าวทั่วไปและนาข้าวอินทรีย์ พบว่าก่อนเริ่มทำนาข้าว มีการสะสมตัวของสารทั้ง 2 ชนิดอยู่ในดิน โดยนาข้าวทั่วไปมีปริมาณสารตกค้าง difenoconazole สูงกว่านาข้าวอินทรีย์ทั้งในช่วงก่อนเริ่มทำนา และในทุก 30 วัน จนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิต เช่นเดียวกับกับสารตกค้าง propiconazole แต่ในวันที่ 30 และ 60 นาข้าวอินทรีย์มี propiconazole สูงกว่านาข้าวทั่วไป อาจเป็นผลมาจากนาข้าวทั่วไปมีการปล่อยน้ำออกจากนาข้าวในวันที่ 30 และวันที่ 60 มีฝนตกก่อนวันเก็บตัวอย่าง อาจทำให้สารเคมีที่ตกค้างอยู่ ถูกชะล้างออกจากดินบางส่วนได้ เช่นเดียวกับงานวิจัยที่ทำการศึกษ การกระจายของสารกลุ่มนี้ในนาข้าวประเทศไทย พบว่ามีความสมดุลของปริมาณสารระหว่างในดินและน้ำในนาข้าว โดยตรวจพบสูงขึ้นในบางวัน หลังจากฉีดพ่นไปแล้ว (Wang et al., 2012) และในวันที่ 120 มีปริมาณสารตกค้างฯ สูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากมีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชที่มีส่วนประกอบของ difenoconazole และ propiconazole ในวันที่ 103 ในนาข้าวทั่วไปทำให้ปริมาณสารตกค้างฯ ที่พบในต้นข้าวในนาข้าวทั่วไปสูงขึ้น และแม้ว่านาข้าวอินทรีย์ไม่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช แต่สารชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการทำนาและพื้นที่โดยรอบนาข้าวอินทรีย์ยังคงติดกับนาข้าวที่ใช้สารเคมีและสวนผลไม้ต่างๆ ซึ่งอาจมีการฉีดพ่นสารชนิดนี้ในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน ทำให้ตรวจพบสารตกค้างฯ ในนาข้าวอินทรีย์เช่นกัน และพบในปริมาณที่สูงขึ้นในวันที่ 120 อาจเป็นผลมาจากสิ่งแวดล้อมโดยรอบที่มีการทำนาข้าวในช่วงเดียวกัน

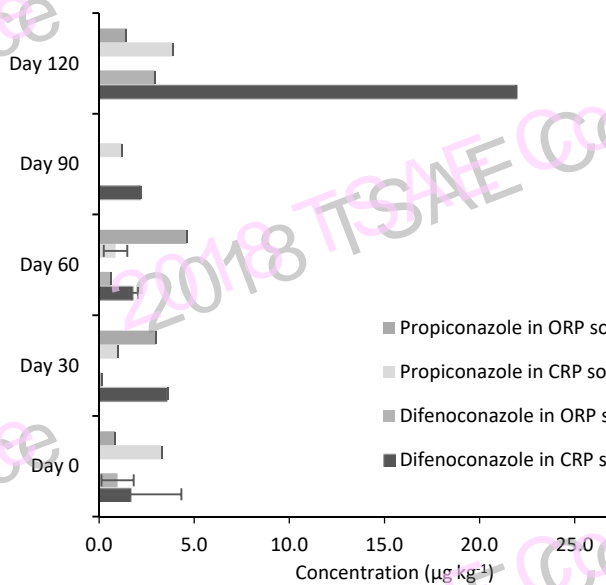


Figure 1 Residue of fungicides found in rice paddy soil ($\mu\text{g kg}^{-1}$)

ผลจากการฉีดพ่น difenoconazole และ propiconazole ทำให้พบการปนเปื้อนของสารทั้งสองชนิดในนาข้าวทั่วไปในปริมาณสูงมากและสามารถตรวจพบในต้นข้าวของนาอินทรีย์เช่นกัน เนื่องมาจากการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมเช่นเดียวกับที่พบในดิน ในวันที่ 120 ปริมาณของ propiconazole สูงขึ้นกว่าวันที่ 105 เพราะการปนเปื้อนจากการฉีดพ่นในบริเวณอื่น มีผลทำให้ส่วนของพืชที่อยู่เหนือดิน สามารถปนเปื้อนจากการฉีดพ่นในอากาศ ซึ่งการฉีดพ่นสามารถทำให้สารเหล่านี้กระจายออกไปได้มากถึง 75 เมตรจากจุดฉีดพ่น (Edwards et al., 2016) และยังสามารถตรวจพบ propiconazole ได้ในน้ำที่เก็บจากนาทั่วไป ($12 \pm 4.9 \mu\text{g L}^{-1}$) และในนาข้าวอินทรีย์ ($2.2 \pm 4.6 \mu\text{g L}^{-1}$) เนื่องจากการตรวจพบปริมาณ propiconazole สูงกว่า Table 1 Pesticides residues in paddy and white rice in organic and conventional rice paddy ($\mu\text{g kg}^{-1}$) values given were mean \pm S.D., n=5

	Paddy rice		MRL	White rice		MRL
	Organic rice paddy	Conventional rice paddy		Organic rice paddy	Conventional rice paddy	
Chlorpyrifos	2.7 \pm 0.66	2.2 \pm 0.11	500 ^a	0 \pm 0	0 \pm 0	100 ^a
Profenofos	7.5 \pm 0.22*	6.1 \pm 0.11*	-	1.1 \pm 1.2	2.3 \pm 1.5	10 ^b
Difenconazole	0 \pm 0*	66 \pm 4.7*	-	0 \pm 0	0 \pm 0	3000 ^b
Propiconazole	0 \pm 0*	63,967 \pm 4,615*	-	0 \pm 0	0 \pm 0	50 ^a
Fenobucarb	29 \pm 3.1	22 \pm 6.9	-	0 \pm 0	0 \pm 0	500 ^c

*ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันระหว่างนาข้าวอินทรีย์และนาข้าวทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

a: MRL reported by ACFS (2015); b: MRL reported by European Commission (2017); c: MRL reported by Korea Food and Drug Administration (KFDA) (2016)

สำหรับสารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่ม Carbamates ได้ตรวจพบในดินทั้งนาข้าวทั่วไปและนาข้าวอินทรีย์ สารกลุ่มนี้เป็นสารที่พบได้ทั่วไปในนาข้าว (Chowdhury et al., 2012; Duangchinda et al., 2014; Thummajitsakul et al., 2015) ในงานวิจัยนี้ได้

difenoconazole ทำให้ในน้ำพบเพียง propiconazole นอกจากนี้ยังตรวจพบสารในกลุ่มเดียวกัน ได้แก่ flutolanil และ metalaxyl ที่ตรวจพบในต้นข้าว สำหรับ metalaxyl ตรวจพบในต้นข้าวของนาข้าวอินทรีย์วันที่ 45 ($744 \pm 216 \mu\text{g kg}^{-1}$) และในวันที่ 90 ($337 \pm 90 \mu\text{g kg}^{-1}$) และในนาข้าวทั่วไปพบเพียงในวันที่ 90 ($331 \pm 41 \mu\text{g kg}^{-1}$) และไม่พบในดิน เนื่องจากจุลินทรีย์ในดินสามารถย่อยสลาย metalaxyl ได้ (Ahmed et al., 2010)

ปริมาณสารตกค้างกลุ่ม Organophosphates ในดินนาข้าวทั่วไปและนาข้าวอินทรีย์ พบ chlorpyrifos ในปริมาณที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยนาข้าวอินทรีย์มีปริมาณสารตกค้างน้อยกว่าแบบทั่วไป และในวันที่ 60 พบปริมาณ chlorpyrifos ในนาข้าวทั่วไปสูงที่สุด ทั้งในต้นข้าวและในดิน ความเข้มข้นของสารที่สูงขึ้นทำให้วันที่ 60 เป็นเพียงวันเดียวที่สามารถตรวจพบ chlorpyrifos ในน้ำจากนาข้าวทั่วไป ($1.4 \pm 0.35 \mu\text{g L}^{-1}$) เนื่องจาก chlorpyrifos สามารถสลายตัวได้เร็วในน้ำ ดิน และต้นข้าวตามลำดับ (Fu et al., 2015; Zhang et al., 2012) โดยนาข้าวทั่วไปมีปริมาณสูงกว่านาข้าวอินทรีย์และมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น (ผกาสินและคณะ, 2553) และในการศึกษานี้นาข้าวทั้งสองแบบไม่มีการฉีดพ่น chlorpyrifos ปัจจัยที่ทำให้ตรวจพบในครั้งนี้ อาจจะเป็นผลมาจากการปนเปื้อนมาจากแปลงอื่นเพราะพบปริมาณสูงขึ้นมาทันทีในวันที่ 60 เพียงวันเดียว จากนั้นจึงเริ่มสลายตัวตามระยะเวลาสารตกค้างของ profenofos ตรวจพบในน้ำจากนาข้าวทั่วไปและอินทรีย์ โดยปริมาณที่ตรวจพบแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ไม่พบสารตกค้าง profenofos ในดิน ด้วยสมบัติการละลายน้ำของ profenofos ทำให้พบสารนี้ในน้ำเช่นเดียวกับการศึกษาอื่น (He et al., 2010)

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 26-27 เมษายน 2561

สำหรับในต้นข้าวพบว่าปริมาณสารตกค้าง Carbaryl ในนาข้าวทั่วไปและนาข้าวอินทรีย์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เฉพาะวันที่ 45, 60 และ 75 เท่านั้น และในผลผลิตของทั้งนาข้าวอินทรีย์และนาข้าวทั่วไปในข้าวเปลือกพบสารตกค้าง fenobucarb ในปริมาณ 29 และ 22 $\mu\text{g kg}^{-1}$ ตามลำดับ แต่ตรวจไม่พบในข้าวสาร

จาก Table 1 แสดงให้เห็นว่าข้าวเปลือกพบปริมาณสารตกค้างสารกำจัดศัตรูพืชสูงกว่าข้าวสาร แสดงว่าสารตกค้างกำจัดศัตรูพืชสามารถพบในเปลือกข้าวเป็นส่วนใหญ่ มีเพียงบางชนิดเท่านั้นที่พบในข้าวสาร เช่น ปริมาณสารตกค้าง profenofos ในข้าวสารน้อยกว่าข้าวเปลือก อย่างไรก็ตามปริมาณสารตกค้างที่พบในข้าวสารสำหรับการบริโภคอยู่ในระดับไม่เกินค่า MRL (He et al., 2010) สอดคล้องกับการวิเคราะห์ข้าวสารที่กำหนดตามท้องตลาดทั่วไป ($N=6$) ที่พบระดับของสารตกค้างฯ ไม่เกินค่า MRL เช่นกัน

แสดงให้เห็นว่าแม้ปริมาณสารตกค้างสารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวอินทรีย์และนาข้าวทั่วไปจะพบชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชไม่แตกต่างกัน แต่ท้ายสุดแล้วการบริโภคข้าวสารที่มาจากนาทั้งสองแบบยังคงให้ผลผลิต (คือ ข้าวสาร) ที่มีปริมาณของสารตกค้างฯ อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค คือไม่พบสารกำจัดศัตรูพืชในระดับเกินค่ามาตรฐานความปลอดภัย (MRL) ในข้าวสาร แต่สิ่งที่ต้องคำนึงถึงและใส่ใจมากขึ้น คือ ด้านสิ่งแวดล้อม แม้เกษตรกรจะหันมาทำการเกษตรแบบอินทรีย์มากขึ้น แต่ยังคงขาดความรู้ความเข้าใจในการทำเกษตรอินทรีย์ ข้อกำหนดที่กรมวิชาการเกษตรได้จัดตั้งขึ้นเกี่ยวกับนาข้าวอินทรีย์ ยังมีความไม่ชัดเจนและไม่เข้มงวด หากเทียบกับข้อกำหนดของการทำเกษตรอินทรีย์ในสหรัฐอเมริกา USDA ได้กำหนดว่าพื้นที่ที่จะทำเกษตรอินทรีย์ต้องไม่มีการใช้สารเคมีอย่างน้อย 3 ปีก่อนเก็บเกี่ยวและเกษตรกรต้องได้รับการฝึกอบรมก่อนการทำเกษตรอินทรีย์ (USDA, 2011) รวมถึงกำหนดแนวกันชน (Buffer zone) เป็นระยะห่างระหว่างพื้นที่เกษตรอินทรีย์และเกษตรเคมี อย่างน้อย 9 เมตร สหภาพยุโรปมีข้อกำหนดแนวกันชนสำหรับพืชที่ใช้เป็นยาอย่างน้อย 50 เมตร (Office Journal of the European Union, 2007) และสหรัฐอเมริกาได้กำหนดแนวกันชนสำหรับข้าวโพดอย่างน้อย 300 เมตร และสำหรับแอปเปิ้ล 3 กิโลเมตร (USDA, 2011)

4 สรุป

การวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงปริมาณสารตกค้างสารกำจัดศัตรูพืชที่พบในการทำนาข้าวทั่วไปและนาข้าวอินทรีย์ และได้พบว่ามีผลกระทบของสารตกค้างฯ ในดิน ตั้งแต่ก่อนเริ่มทำนา และพบสารตกค้างฯ ในต้นข้าวในปริมาณที่มากกว่าที่พบในดิน และในน้ำพบชนิดของสารตกค้างฯ น้อยที่สุด แสดงให้เห็นถึงสิ่งแวดล้อมได้รับผลกระทบจากการทำนาทั้งในการนำนาข้าวอินทรีย์และนาข้าวทั่วไป แม้ผลผลิตที่ได้จากนาข้าวทั้งสองแบบจะอยู่ในรูปของข้าวสารที่มีปริมาณสารตกค้างฯ อยู่ น้อยมากหรืออยู่ในระดับที่ปลอดภัย แต่ความคาดหวังของผู้บริโภคที่ต้องการบริโภคข้าว

อินทรีย์ คือต้องไม่มีสารตกค้างฯ อยู่ในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงเสนอแนะให้การปลูกข้าวระบบอินทรีย์ ควรมีการให้ความรู้แก่เกษตรกรและติดตามตรวจสอบการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมและผลผลิตอย่างต่อเนื่อง

5 เอกสารอ้างอิง

- ผกาสิณี คล้ายมาลา, วรวิทย์ สุจิธรรม และประกิจ จันทร์ดี. 2553. ศึกษาผลกระทบจากการใช้วัตถุพิษทางการเกษตร chlorpyrifos ในแปลงปลูกพริกต่อสัตว์น้ำ ดิน น้ำ และตะกอน. ผลการปฏิบัติงาน ประจำปี 2553, 2, 179-187.
- ACFS Pesticide residues: Maximum residue limits. 2015. Available at: http://www.acfs.go.th/standard/download/MAXIMUM_RESIDUE_LIMITS_new.pdf. Accessed on 22 March 2016.
- Bhattacharjee, S., Fakhrudin, A. N., Chowdhury, M. A., Rahman, M. A., and Alam, M. K. 2012. Monitoring of selected pesticides residue levels in water samples of paddy fields and removal of cypermethrin and chlorpyrifos residues from water using rice bran. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 89(2), 348-353.
- Biodiversity and Community Rights Action Thailand. Dangerous levels of pesticides in veggies at high-end market. 2012. Available at: <http://www.biothai.org/node/24>. Accessed on 1 September 2016.
- Brondi, S. H., de Macedo, A. N., Vicente, G. H., and Nogueira, A. R. 2011. Evaluation of the QuEChERS method and gas chromatography-mass spectrometry for the analysis pesticide residues in water and sediment. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 86(1), 18-22.
- Chaiyarat, R., Sookjam, C., Eiam-Ampai, K., and Damrongphol, P. 2015. Organochlorine pesticide levels in the food web in rice paddies of Bueng Boraphet wetland, Thailand. Environmental Monitoring and Assessment, 187(5), 230.
- Chowdhury, M. A., Banik, S., Uddin, B., Moniruzzaman, M., Karim, N., and Gan, S. H. 2012. Organophosphorus and carbamate pesticide residues detected in water samples collected from paddy and vegetable fields of the Savar and Dhamrai Upazilas in Bangladesh. International Journal of Environmental Research and Public Health, 9(9), 3318-3329.
- Dong, F., Chen, X., Liu, X., Xu, J., Li, Y., Shan, W., et al. 2012. Simultaneous determination of five pyrazole fungicides in cereals, vegetables and fruits using

- liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1262, 98-106.
- Duangchinda, A., Anurugsa, B., and Hungspreug, N. 2014. The Use of Organophosphate and Carbamate Pesticides on Paddy Fields and Cholinesterase Levels of Farmers in Sam Chuk District, Suphan Buri Province, Thailand. *Thammasat International Journal of Science and Technology*, 19, 39-51.
- Duff M, Voglino M. Rapid and robust multi-residue pesticides analysis using the Bruker 320-MS GC triple quadrupole mass spectrometer. 2012. Available at: www.bruker.com/chemicalanalysis. Accessed on 20 August 2016.
- Edwards, P. G., Murphy, T. M., and Lydy, M. J. 2016. Fate and transport of agriculturally applied fungicidal compounds, azoxystrobin and propiconazole. *Chemosphere*, 146, 450-457.
- European Commission. EU-Pesticides database. 2016. Available at: <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN>. Accessed on 12 September 2017.
- Fu, Y., Liu, F., Zhao, C., Zhao, Y., Liu, Y., and Zhu, G. 2015. Distribution of chlorpyrifos in rice paddy environment and its potential dietary risk. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 35, 101-107.
- He, J., Fan, M., and Liu, X. 2010. Environmental behavior of profenofos under paddy field conditions. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 84(6), 771-774.
- Hou, X., Han, M., Dai, X., Yang, X., and Yi, S. 2013. A multi-residue method for the determination of 124 pesticides in rice by modified QuEChERS extraction and gas chromatography-tandem mass spectrometry. *Food Chemistry*, 138(2-3), 1198-1205.
- Kanatharana, P., Bunvunno, S., and Kaewnarong, B. 1994. Organochlorine pesticide residues in Songkla lake. *Environmental Monitoring and Assessment*, 33, 43-52.
- Koesukwiwat, U., Lehotay, S. J., and Leepipatpiboon, N. 2011. Fast, low-pressure gas chromatography triple quadrupole tandem mass spectrometry for analysis of 150 pesticide residues in fruits and vegetables. *Journal of Chromatography A*, 1218(39), 7039-7050.
- Korea Food and Drug Administration. Pesticide MRLs in Food. 2016. Available from: <http://www.mfds.go.kr/eng/eng/index.do?nMenuCode=120&page=1&mode=view&boardSeq=71065>. Accessed on 10 March 2018.
- M.Ahmed, S., A.Ismail, A., and Houssien, A. A. 2010. Dissipation and Persistence of Fungicides, Carbendazim and Metalaxyl in Egyptian Soil under Biotic and Abiotic Conditions. *Journal of Applied Sciences Research*, 6(8), 1240-1246.
- Pareja, L., Cesio, V., Heinzen, H., and Fernandez-Alba, A. R. 2011. Evaluation of various QuEChERS based methods for the analysis of herbicides and other commonly used pesticides in polished rice by LC-MS/MS. *Talanta*, 83(5), 1613-1622.
- Sapbamrer, R., and Hongsibsong, S. 2014. Organophosphorus pesticide residues in vegetables from farms, markets, and a supermarket around Kwan-Phayao Lake of Northern Thailand. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 67(1), 60-67.
- Thummajitsakul, S., Praditpol, H., Poolaoi, J., and Silprasit, K. 2015. Carbamate and Organophosphate Contamination in Soil, Rice, and Water Samples from Rice Paddy Fields in Nakhon Nayok Province. *Applied Environmental Research*, 37(3), 103-109.
- United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service, Maximum Residue Limit Database. 2014. Available at: www.fas.usda.gov/http/MRL.asp. Accessed on 7 August 2016.
- United States Department of Agriculture. Organic production and handling standards. 2011. Available from: <http://www.ams.usda.gov/nop>. Accessed on 1 September 2016.
- Wang, K., Wu, J. X., and Zhang, H. Y. 2012. Dissipation of difenoconazole in rice, paddy soil, and paddy water under field conditions. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 86, 111-115.
- Wanwimolruk, S., Kanchanamayoon, O., Phopin, K., and Prachayasittikul, V. 2015. Food safety in Thailand 2: Pesticide residues found in Chinese kale (*Brassica oleracea*), a commonly consumed vegetable in Asian countries. *Science of the Total Environment*, 532, 447-455.
- Willer H, Lernoud J, Kilcher L. The World of Organic Agriculture: Statistics and Emerging Trends. *Organic IFOAM*. Bonn; 2012 p. 35-120.
- Zhang, X., Shen, Y., Yu, X. Y., and Liu, X. J. 2012. Dissipation of chlorpyrifos and residue analysis in rice, soil and water under paddy field conditions. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 78, 276-280.