

บทวิจัย

เปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของสารออร์กาโนฟอสเฟตในปัสสาวะ คนฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในเกษตรกรปลูกอ้อยในเขตตำบลเขาทอง

อำเภอพยุหะคีรี จังหวัดนครสวรรค์

จุฑามณี ชังเจริญ* พรพิมล กองทิพย์**

นพนันท์ นานคงแนบ*** สุนธธา ศิริ**** สุมธ พึ่งภูมิเกียรติ*****

บทคัดย่อ

ออร์กาโนฟอสเฟตเป็นสารเคมีสังเคราะห์ที่ใช้ประโยชน์ในการกำจัดแมลงทางด้านการเกษตร คนฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชมีความเสี่ยงในการรับสัมผัสสาร การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional study) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของคนที่ฉีดพ่นในเกษตรกรปลูกอ้อย และเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของสารที่ช่วงเวลาแตกต่างกัน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย แบบสอบถามการใช้สารกำจัดศัตรูพืช และการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ วิเคราะห์หาปริมาณสารโดยใช้เครื่อง Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต และสถิติ Repeated Measure Analysis of Variance

ผลการศึกษาพบว่า คนฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชส่วนใหญ่ใช้สารกำจัดแมลง 2-4 ครั้งต่อรอบในการปลูกอ้อย และใช้เวลาเฉลี่ยในการปฏิบัติงานทางการเกษตร 5.79 ชั่วโมงต่อวัน พบระดับความเข้มข้นผลรวมสารกลุ่มไดเอทิลฟอสเฟตของปัสสาวะวันฉีดพ่นและปัสสาวะหลังจากการฉีดพ่นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยระดับความเข้มข้นในปัสสาวะหลังจากการฉีดพ่นมีค่าสูงกว่า และพบว่า ค่าเฉลี่ยระดับผลรวมสารออร์กาโนฟอสเฟตของปัสสาวะเข้าวันก่อนฉีดพ่นมีค่าสูงกว่าช่วงเวลาอื่น

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าคนฉีดพ่นในเกษตรกรปลูกอ้อยสามารถรับสัมผัสสารออร์กาโนฟอสเฟตได้จากการปฏิบัติงานฉีดพ่นสาร และอาจได้รับสัมผัสแม้ไม่มีการฉีดพ่น เช่น แหล่งที่อยู่อาศัยที่มีการใช้สารกำจัดแมลง เป็นต้น ดังนั้นคนฉีดพ่นควรตระหนักถึงความปลอดภัยขณะใช้สารกำจัดศัตรูพืช เพื่อลดความเสี่ยงในการรับสัมผัสสารที่มีโอกาสสะสมภายในร่างกายและส่งผลกระทบต่อสุขภาพตามมา

คำสำคัญ: ประเทศไทย/ สารกำจัดศัตรูพืช/ คนฉีดพ่น/ ออร์กาโนฟอสเฟต เมตาบอลิท์

*นักศึกษาลัทธิสุตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย) คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

**ผู้รับผิดชอบหลัก ศาสตราจารย์ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
Email: pornpimol.kon@mahidol.ac.th

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

****ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาควิชาระบาดวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

*****อาจารย์ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

Comparison of Urinary Organophosphate Concentrations of Pesticide Sprayers from Sugarcane Farms in Nakhon Sawan Province

Jutamanee Chungcharoen*

Pornpimol Kongtip** Noppanun Nankongnab***

Sukhontha Siri**** Sumate Pengpumkiat*****

Abstract

Organophosphates (OP) are synthetic chemicals used as insecticides in agriculture. Pesticide sprayers are at risk of exposure to these chemicals. This research is a cross-sectional study that studied OP metabolite levels of pesticide sprayers of sugarcane farmers, and that compared urinary OP levels related to different times of application. The instruments of this study were a pesticide use questionnaire and collected urine samples. OP levels were determined using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The data were represented by mean, standard deviation, geometric mean, median, and repeated analysis of variance.

Results showed most pesticide sprayers used insecticides 2-4 times/ crop and had an average agricultural work time of about 5.79 hours/day. The level of urinary total diethyl phosphate metabolite between the end of a spraying task and the next day of spraying was significantly different ($p<0.05$). Also, the concentration of the metabolite on the day following spraying was higher. Moreover, the geometric mean of total urinary OP metabolite before the day of spraying was higher than in other periods.

To conclude, pesticide sprayers on sugarcane farms can be exposed to OP from the spraying task. Despite no spraying task, sprayers still had significant OP levels from their residences where there is insecticide use in the household. Pesticide sprayers should incorporate the safe use of OP to decrease the risk of exposure since pesticides accumulate in the body leading to detrimental health effects.

Keywords: Thailand/ Pesticide/ Sprayer/ Organophosphate Metabolite

Article info: Received September 15, 2020; Revised 15 November, 2020; Accepted December 28, 2020.

* Graduate Student in Master of Science, Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Mahidol University

*** Corresponding Author, Professor, Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Mahidol University. Email: pornpimol.kon@mahidol.ac.th

*** Assistant Professor, Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Mahidol University

**** Assistant Professor, Department of Epidemiology, Faculty of Public Health, Mahidol University

***** Lecturer, Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Mahidol University

ความสำคัญและที่มาของการศึกษา

อ้อยเป็นพืชที่นิยมปลูกในประเทศไทย โดยในปี พ.ศ. 2562 พบพื้นที่การทำไร่อ้อยทั้งหมด 11,959,140 ไร่ กระจายพื้นที่เพาะปลูกอยู่ตามภูมิภาคประเทศไทย ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การปลูกอ้อยทางภาคเหนือของประเทศไทยโดยพื้นที่เพาะปลูกอ้อยส่วนใหญ่อยู่ในแถบจังหวัด ได้แก่ นครสวรรค์ กำแพงเพชร เป็นต้น สำหรับการปลูกอ้อยในจังหวัดนครสวรรค์พื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่อยู่ในแถบอำเภอตากสิน อำเภอพยุหะคีรี และอำเภอตากฟ้า¹

เนื่องจากอ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่เป็นวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมน้ำตาลสร้างมูลค่าเพิ่มในการส่งออก วัชพืชและแมลงเป็นภัยคุกคามต่อการปลูกอ้อยเนื่องจากเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคในอ้อยจนทำให้ได้ผลผลิตน้อย สำหรับการใส่สารกำจัดศัตรูพืชเป็นแนวทางเลือกหนึ่งสำหรับการกำจัดวัชพืชและแมลงที่มีประสิทธิภาพดีและรวดเร็ว โดยพบว่าสารเคมีที่นิยมใช้ในการป้องกันศัตรูพืช ได้แก่ ไซเปอร์เมทริน 2, 4 -ดีพาราควอต อลาคลอร์ คาร์โบฟูแรน ฟิโพรนิล และคลอร์ไพริฟอส^{2,3} ประเภทสารกำจัดแมลงที่นิยมใช้ในไร่อ้อย คือ สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต สารเคมีประเภทนี้ทำให้เกิดอัตราการเจ็บป่วยและการตายได้⁴ เนื่องจากสารกลุ่มนี้เมื่อสูดร่างกายจะไปรบกวนการทำงานของระบบประสาทภายในร่างกายโดยยับยั้งการทำงานของ เอนไซม์อะเซติลโคลีนเอสเตอเรส (Acetylcholinesterase; AChE) โดยเอนไซม์ชนิดนี้ทำหน้าที่สลายสารสื่อประสาท อะเซติลโคลีน

(Acetylcholine; ACh) เป็นสารสื่อประสาททำหน้าที่ควบคุมการนำส่งกระแสประสาท โดยสารออร์กาโนฟอสเฟตจะออกฤทธิ์ในลักษณะ competitive inhibitor ของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสทำให้เกิดการจับกันระหว่าง AChE กับสารออร์กาโนฟอสเฟต ส่งผลให้เอนไซม์ AChE ไม่สามารถทำงานได้ปกติ และทำให้เกิดการสะสมของ ACh ภายในระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทส่วน periphera⁵ กระบวนการเมตาบอลิซึมของสารออร์กาโนฟอสเฟตจะเกิดขึ้นบริเวณตับ โดยเกิดการเปลี่ยนรูปสารออร์กาโนฟอสเฟตเป็นสารกลุ่มไดอัลคิลฟอสเฟตและฟีนอลโดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส สารไดอัลคิลฟอสเฟตที่เกิดขึ้น ได้แก่ dimethyl phosphate (DMP), dimethyl thiophosphate (DMTP), dimethyl dithiophosphate (DMDTP), diethyl phosphate (DEP), diethyl thiophosphate (DETP), and diethyl dithiophosphate (DEDTP) โดยจะเกิดการขับสารในรูปเมตาบอไลต์ออกจากร่างกายผ่านทางปัสสาวะเป็นหลัก กลุ่มสารออร์กาโนฟอสเฟต 1 ชนิดสามารถได้สารเมตาบอไลต์มากกว่า 1 ชนิด เช่น คลอร์ไพริฟอส เกิดกระบวนการเมตาบอลิซึมในร่างกายได้สารเมตาบอไลต์ ชนิด DEP และ DETP เป็นต้น⁶

ผลกระทบต่อสุขภาพของการได้รับสัมผัสสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จะเกิดผลกระทบต่อระบบภายในร่างกายจากการเกิดกระตุ้นต่าง ๆ ภายในระบบประสาท แสดงอาการทางคลินิก เช่น น้ำลายไหล น้ำตาไหล ตาพร่ามัว กล้ามเนื้อ

กระดูก อาการโคมา เป็นต้น⁵ จากข้อมูลรายงานสถานการณ์โรคและภัยจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2561 พบผู้ป่วยจากสารกำจัดศัตรูพืช 6,057 ราย คิดเป็นอัตราป่วยเท่ากับ 10.14 ต่อประชากรแสนราย และกลุ่มผู้ป่วยส่วนใหญ่มีอายุเฉลี่ย 15-59 ปี ประกอบอาชีพปลูกพืชไร่และพืชผัก และพบว่าสารกำจัดศัตรูพืชที่เป็นสาเหตุของการป่วยมากที่สุด คือ สารกำจัดแมลง⁷

การใช้สารกำจัดศัตรูพืชในประเทศไทยได้มีการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชในทุก ๆ ปี แต่ก็มีนโยบายงดใช้สารเคมีอันตรายทางการเกษตร 3 ชนิด ได้แก่ พาราควอต ไกลโฟเซต และคลอร์ไพริฟอส และต่อมาได้มีการผลักดันเสนอเป็นกฎหมายควบคุมการจำกัดการใช้สารเคมีทางการเกษตรทั้ง 3 ชนิด การเสนอให้มีการยกเลิกใช้สารดังกล่าวโดยต้องมีผลิตภัณฑ์ทดแทนที่ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพผู้ใช้และผู้บริโภค เพื่อลดความรุนแรงผลกระทบต่อสุขภาพ ร่างกายมนุษย์⁸ และต่อมาได้มีข้อบังคับทางกฎหมายจากประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องบัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย (ฉบับที่ 6) พ.ศ. 2563 ยกเลิกรายการวัตถุอันตรายสารกลุ่มพาราควอต และคลอร์ไพริฟอส⁹ สำหรับสารไกลโฟเซตให้ยังคงจำกัดการใช้ตามมติคณะกรรมการวัตถุอันตราย เกษตรกรที่หาหน้าที่ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชเป็นกลุ่มคนที่มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชเป็นประจำมีความเสี่ยงสูงที่จะรับสัมผัส

สาร จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเกษตรกรคนฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชมีการรับสัมผัสสารออร์กาโนฟอสเฟตสูงกว่ากลุ่มประชากรทั่วไป¹⁰

ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาระดับการรับสัมผัสสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตชนิดคลอร์ไพริฟอสของเกษตรกรคนฉีดพ่นในเกษตรกรปลูกอ้อยในพื้นที่ในจังหวัดนครสวรรค์โดยประเมินการรับสัมผัสสารจากการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ 3 ช่วงเวลา ประกอบด้วย ก่อนการฉีดพ่น วันฉีดพ่น และหลังวันฉีดพ่นผ่านไป 1 วัน เพื่อเปรียบเทียบระดับสารออร์กาโนฟอสเฟต เมตาบอไลต์ในปัสสาวะที่เวลาแตกต่างกันเพื่อใช้ในการเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างชีวภาพสำหรับประเมินการรับสัมผัส

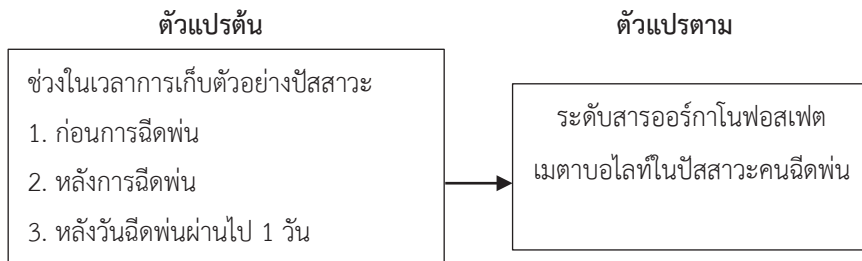
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับระดับสารออร์กาโนฟอสเฟต เมตาบอไลต์ในปัสสาวะของเกษตรกรคนฉีดพ่นในเกษตรกรปลูกอ้อยโดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะ เพื่อเปรียบเทียบระดับสารออร์กาโนฟอสเฟต เมตาบอไลต์ในปัสสาวะของเกษตรกรคนฉีดพ่นในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ประกอบด้วย ก่อนการฉีดพ่น วันฉีดพ่น และหลังวันฉีดพ่นผ่านไป 1 วัน

สมมติฐานการวิจัย

ระดับสารออร์กาโนฟอสเฟต เมตาบอไลต์ในปัสสาวะของเกษตรกรคนฉีดพ่นในช่วงเวลาต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กรอบแนวคิดการวิจัย



วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional study)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรคือกลุ่มคนที่ฉีดพ่นสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตชนิดคลอร์ไพริฟอสในเกษตรกรรมปลูกอ้อยในจังหวัดนครสวรรค์ โดยพื้นที่ปลูกอ้อยในจังหวัดนครสวรรค์ส่วนใหญ่อยู่ในแถบอำเภอ ตาคลี พยุหะคีรี และตากฟ้า การวิจัยในครั้งนี้ทำการเก็บข้อมูลคนฉีดพ่นสารคลอร์ไพริฟอสซึ่งเป็นกลุ่มเฉพาะเจาะจงในตำบลเขาทอง อำเภอพยุหะคีรี จังหวัดนครสวรรค์ คำนวณขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตรคำนวณไม่ทราบขนาดประชากรที่แน่นอนของ W.G. Cochran¹¹ คำนวณได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 43 คน และเพื่อป้องกันการสูญเสียของกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยจึงได้เพิ่มกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 10 ได้กลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 47 คนโดยมีเกณฑ์คัดเข้า คือ เป็นกลุ่มเกษตรกรปลูกอ้อยที่ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชด้วยตนเอง โดยสารที่ฉีดพ่นเป็นกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตชนิดคลอร์ไพริฟอสที่มีอายุ 18 ปีขึ้นไป เคยใช้สารคลอร์ไพริฟอสในการเพาะปลูกอย่างน้อย 1 ปี สำหรับเกณฑ์คัดออก คือคนฉีดพ่นที่มีภาวะ

โรคไต เนื่องจากมีการพิจารณาระดับความเข้มข้นสารออร์กาโนฟอสเฟตเทียบกับค่าครีเอตินินในปัสสาวะ

การพิทักษ์สิทธิของผู้ให้ข้อมูล

การวิจัยนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยมหิดล เลขที่ MUPH 2015-146

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบสอบถาม โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์เกษตรกรโดยทีมวิจัยที่อยู่ในพื้นที่พร้อมกับนัดหมายล่วงหน้าเมื่อเกษตรกรวางแผนจะฉีดพ่นสารคลอร์ไพริฟอส โดยแบบสอบถามได้นำมาจากการศึกษาของ Kongtip¹² แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของคนฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช ประกอบด้วย ลักษณะข้อมูลทั่วไป การศึกษา และพฤติกรรมสุขภาพ และส่วนที่ 2 ข้อมูลกิจกรรมทางการเกษตร ประกอบด้วย ความถี่ในการใช้สารกำจัดแมลง อุปกรณ์ในการฉีดพ่น การผสมสารเคมีในการฉีดพ่น เวลาในการฉีดพ่น พื้นที่ในการฉีดพ่น และประวัติการใช้สารกำจัดศัตรูพืช

2. ตัวอย่างปัสสาวะ โดยเกษตรกรจะติดต่อทีมวิจัยเมื่อมีการฉีดพ่นสารคลอร์ไพริฟอส

และทีมวิจัยช่วยการวางแผนในการเก็บตัวอย่าง ปัสสาวะ โดยขอให้เกษตรกรเก็บตัวอย่าง ปัสสาวะในขวดพลาสติกขนาด 60 มิลลิลิตร โดยผู้วิจัยจัดเตรียมไว้สำหรับการเก็บตัวอย่าง 3 ช่วงเวลา ประกอบด้วย ช่วงที่ 1 เก็บตัวอย่าง ปัสสาวะครั้งแรกเมื่อตื่นนอนตอนเช้า ในวันก่อนฉีดพ่นสารคลอร์ไพริฟอสช่วงที่ 2 เก็บตัวอย่าง ปัสสาวะหลังจากที่เกษตรกรฉีดพ่นสารเสร็จแล้ว และช่วงที่ 3 เก็บตัวอย่างปัสสาวะครั้งแรกเมื่อตื่นนอนในวันถัดไป โดยเกษตรกรจะนำตัวอย่าง ปัสสาวะมาส่ง และทีมวิจัยจะทำการเก็บรักษา สภาพตัวอย่างปัสสาวะไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จนกระทั่งทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง โดยการศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการส่งตรวจวัดค่า ครีเอตินิน (Creatinine) ในปัสสาวะที่โรงพยาบาล เวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล

การตรวจหาระดับสารออร์กาโนฟอสเฟต เมตาบอไลต์ในตัวอย่างปัสสาวะ ซึ่งเป็นตัวชี้วัดในการรับสัมผัสสารออร์กาโนฟอสเฟต ทำการตรวจวัดระดับความเข้มข้นของสารเมตาบอไลต์ทั้ง 6 ชนิด ประกอบด้วย dimethyl phosphate (DMP), dimethyl thiophosphate (DMTP), dimethyl dithiophosphate (DMDTP), diethyl phosphate (DEP), diethyl thiophosphate (DETP) และ diethyl dithiophosphate (DEDTP) โดยอ้างอิงวิธีวิเคราะห์จากการศึกษาของ Prapamontol¹³ โดยใช้เทคนิคการสกัดของเหลวด้วยของเหลวด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี (Gas Chromatography-Mass Spectrometry) ช่วงความเข้มข้นต่ำสุดของเมตา

บอไลต์ที่ตรวจวัดได้อยู่ระหว่าง 4.46 (สำหรับ DMDTP) ถึง 5.79 (สำหรับ DMTP) นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร การควบคุมคุณภาพโดยทดสอบความเที่ยงตรงของวิธีวิเคราะห์หามีช่วงร้อยละของการได้กลับคืนอยู่ระหว่างร้อยละ 93.15 (สำหรับ DETP) ถึง 111.34 (สำหรับ DMP) สำหรับร้อยละของสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (%CV) สำหรับการวิเคราะห์ระหว่างวันมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 3.34 (สำหรับ DMP) ถึง 9.65 (DETP) และระดับความเข้มข้นสารออร์กาโนฟอสเฟต เมตาบอไลต์แสดงในรูปแบบหน่วยไมโครโมลต่อกรัมครีเอตินิน

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม IBM SPSS version 23 และมีวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติดังนี้ คือ สถิติเชิงพรรณนา ประกอบด้วย ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต ค่ามัธยฐาน เปอร์เซ็นไทล์ และสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ สถิติ Repeated measure ANOVA เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นสารออร์กาโนฟอสเฟตในกลุ่มสารเมตาบอไลต์ที่เกี่ยวข้องกับการรับสัมผัสสารออร์กาโนฟอสเฟตชนิดสารคลอร์ไพริฟอส ประกอบด้วย ผลรวมสารไดเอทิลฟอสเฟต (Σ DEPs) และผลรวมสารออร์กาโนฟอสเฟต (Σ DAPs)

ผลการวิจัย

ลักษณะข้อมูลทั่วไป พบว่าคนฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในไร่อ้อยจำนวน 47 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 74.5 มีอายุเฉลี่ย 48.91 ± 13.84 ปี การศึกษาส่วนใหญ่จบชั้นมัธยมศึกษา ร้อยละ 55.3 รองลงมา คือ

มัธยมศึกษาตอนต้น ร้อยละ 42.6 ส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรส อีกทั้งไม่สูบบุหรี่ ร้อยละ 77 และส่วนใหญ่บริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ร้อยละ 72.3 สำหรับการปฏิบัติงานทางด้านการเกษตรของคนฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในไร้อยู่ส่วนใหญ่ใช้สารกำจัดแมลง 2-4 ครั้งต่อรอบในการปลูกอ้อยร้อยละ 95.7 นิยมใช้เป้สะพายหลังสำหรับการฉีดพ่นร้อยละ 95.7

พบว่าใช้สารกำจัดแมลงในการฉีดพ่นโดยไม่ผสมสารอื่น ร้อยละ 57.4 อีกทั้งปฏิบัติงานในพื้นที่การเกษตรเวลาเฉลี่ย 5.79 ชั่วโมงต่อวัน ปฏิบัติงานฉีดพ่นในพื้นที่ที่มีค่ามัธยฐาน 3.00 ไร่ โดยเวลาในการฉีดพ่นต่อครั้ง มีค่ามัธยฐาน 30.00 นาที และพบว่าคนฉีดพ่นส่วนใหญ่มีประวัติการใช้งานสารกำจัดศัตรูพืชมานาน 10-30 ปี ร้อยละ 40.0

Table 1 Creatinine-adjusted OP urinary metabolite levels in different times periods of urine sample collection ($\mu\text{mol/g}$ creatinine).

	Detection (%)	GM	Min-Max	Percentiles			
				25th	50th	75th	90th
Before the day of spraying (μmole/g creatinine)							
ΣDMPs	97.87	1.25	0.04-8.06	0.47	1.35	4.35	5.81
ΣDEPs	95.74	0.55	0.06-6.87	0.18	0.64	1.04	3.71
ΣDAPs	100.00	2.20	0.45-10.32	0.93	2.14	5.85	8.59
End of spraying task (μmole/g creatinine)							
ΣDMPs	91.49	0.70	0.01-5.06	0.34	0.82	1.79	3.52
ΣDEPs	97.87	0.40	0.02-7.18	0.15	0.40	0.86	3.35
ΣDAPs	100.00	1.36	0.04-8.12	0.68	1.43	3.16	5.47
Next day of spraying (μmole/g creatinine)							
ΣDMPs	91.49	0.84	0.03-7.24	0.79	0.79	2.41	3.90
ΣDEPs	91.49	0.63	0.07-7.92	0.69	0.69	1.28	2.61
ΣDAPs	95.74	1.78	0.12-10.00	1.78	1.78	4.04	6.14

Note: GM = Geometric mean

DMP = Dimethyl phosphate, DEP= Diethyl phosphate, DMTP= Dimethyl thiophosphate,

DMDTP = Dimethyl dithiophosphate, DETP = Diethyl thiophosphate, DEDTP = Diethyl dithiophosphate

ΣDMPs =DMP+DMTP+DMDTP, ΣDEPs = DEP+DETP+DEDTP, และ ΣDAPs = ΣDMPs + ΣDEPs

การวิเคราะห์ระดับสารออร์กาโนฟอสเฟต เมตาบอไลต์ในปัสสาวะคนฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช (n=47) ในตัวอย่างปัสสาวะทั้ง 3 ช่วงเวลา ประกอบด้วย ปัสสาวะวันก่อนการฉีดพ่น ปัสสาวะหลังฉีดพ่นเสร็จ และปัสสาวะตอนเช้าในวันต่อมาหลังจากฉีดพ่น พบว่าค่าเฉลี่ยเรขาคณิตผลรวมระดับสารออร์กาโนฟอสเฟตชนิดต่าง ๆ อยู่ในช่วง 0.40 ถึง 2.20

$\mu\text{mole/g creatinine}$ สำหรับผลรวมสารกลุ่ม ΣDMPs อยู่ในช่วง 0.70 ถึง $1.25 \mu\text{mole/g creatinine}$ และ 0.40 ถึง $0.63 \mu\text{mole/g creatinine}$ สำหรับกลุ่มสาร ΣDEPs โดยพบว่าค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของผลรวมสารเมตาบอไลต์ต่ำสุดในวันฉีดพ่น ($1.36 \mu\text{mole/g creatinine}$) และพบสูงสุดในปัสสาวะเช้าวันก่อนฉีดพ่น ($2.20 \mu\text{mole/g creatinine}$) ดังแสดงในตารางที่ 1

Table 2 The difference of urinary DAP concentration at different time periods of urine sample collection (before the day of spraying, end-of-spraying task and next day of spraying)

Variables	GM (GSD) ($\mu\text{mol/g creatinine}$)	Compare between	p-value*
ΣDEPs			
(1) Before the day of spraying	0.55 (3.37)	(1) and (2)	0.166
(2) End of spraying task	0.40 (3.87)	(2) and (3)	0.007
(3) Next day of spraying	0.63 (2.75)	(1) and (3)	0.478
ΣDAPs			
(1) Before the day of spraying	2.20 (2.65)	(1) and (2)	0.008
(2) End of spraying task	1.36 (3.24)	(2) and (3)	0.185
(3) Next day of spraying	1.78 (2.61)	(1) and (3)	0.212

* p-value <0.05, by repeated measures ANOVA test

Note: GM = Geometric mean, GSD = Geometric standard deviation, ΣDEPs = DEP+DETP+DEDTP, and ΣDAPs = ΣDMPs + ΣDEPs

การเปรียบเทียบระดับเข้มข้นสารออร์กาโนฟอสเฟต เมตาบอไลต์ในช่วงเวลาแตกต่างกัน โดยการเปรียบเทียบสารเมตาบอไลต์ที่เกี่ยวข้องกับการรับสัมผัสสารออร์กาโนฟอสเฟตชนิดคลอร์ไพริฟอส ประกอบด้วย ผลรวมสารกลุ่มได

เอทิลฟอสเฟต และผลรวมสารออร์กาโนฟอสเฟต เมตาบอไลต์ พบว่าระดับผลรวมสารกลุ่มไดเอทิลฟอสเฟต เมตาบอไลต์ (ΣDEPs) วันฉีดพ่น และหลังจากการฉีดพ่น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่

$p=0.007$ สำหรับระดับผลรวมสารกลุ่มไดเอทิลฟอสเฟต ในปัสสาวะเข้าวันก่อนฉีดพ่นและวันฉีดพ่น ระดับสารในปัสสาวะในเข้าวันก่อนฉีดพ่นและเข้าวันถัดไปหลังการฉีดพ่น ไม่แตกต่างกันที่ $p=0.166$ และ $p=0.478$ ตามลำดับ โดยใช้การทดสอบสถิติแบบ Repeated measure ANOVA ดังตารางที่ 2

ระดับผลรวมสารออร์กาโนฟอสเฟต เมตาบอไลต์ (Σ DAPs) เข้าวันก่อนฉีดพ่นและวันฉีดพ่น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $p=0.008$ สำหรับระดับสารออร์กาโนฟอสเฟตในปัสสาวะวันฉีดพ่นและเข้าวันถัดไปหลังการฉีดพ่น ระดับสารในปัสสาวะในเข้าวันก่อนฉีดพ่นและเข้าวันถัดไปหลังการฉีดพ่น ไม่แตกต่างกันที่ $p=0.185$ และ $p=0.212$ ตามลำดับ โดยใช้การทดสอบสถิติแบบ Repeated measure ANOVA ดังตารางที่ 2

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาระดับความเข้มข้นสารออร์กาโนฟอสเฟต เมตาบอไลต์ของคณิศรพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในเกษตรกรปลูกอ้อยจำนวน 47 คน โดยทำการเปรียบเทียบระดับผลรวมสารออร์กาโนฟอสเฟตในกลุ่มเกษตรกรที่มีโอกาสเสี่ยงการรับสัมผัสสารออร์กาโนฟอสเฟต โดยใช้หน่วยไมโครกรัมต่อกรัมครีเอตินินที่นิยมใช้ในหลายการศึกษาที่ผ่านมาทั้งในประเทศและต่างประเทศ

ผลคือการศึกษาของ Choi¹⁴ ให้ค่าการรับสัมผัสสารออร์กาโนฟอสเฟตสูงสุด (287.10 $\mu\text{g/g}$ creatinine) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ (267.16 $\mu\text{g/g}$ creatinine) ดังตารางที่ 3 เนื่องจากการศึกษาเกษตรกรในประเทศเกาหลีใต้ ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ และเกษตรกรส่วนใหญ่ทำการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชมากกว่า 30-40 ปี อีกทั้งเกษตรกรส่วนมากทำการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช 10-20 ครั้งต่อปี และนิยมเลือกใช้วิธีการฉีดพ่นความเร็วสูงโดยการใช้อุปกรณ์สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ฉีดพ่นในเกษตรกรปลูกอ้อยมีการใช้สารกำจัดแมลง 2-4 ครั้งต่อรอบการเพาะปลูกโดยการปลูกอ้อยใน 1 ปี สามารถปลูกได้ได้หลายรอบจึงมีความถี่ในการใช้สารกำจัดแมลงบ่อยและได้รับสัมผัสสารนี้ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในประเทศไทย ระดับสารออร์กาโนฟอสเฟต เมตาบอไลต์ของการศึกษานี้สูงกว่าการศึกษาของ Sapbamrer¹⁵ (6.43 $\mu\text{g/g}$ creatinine) และ Panuwet¹⁶ (34.8 $\mu\text{g/g}$ creatinine) เนื่องจากการศึกษาในประเทศไทยที่ผ่านมาเป็นการศึกษาประเมินการรับสัมผัสสารออร์กาโนฟอสเฟตในกลุ่มเกษตรกรทั่วไป โดยไม่ได้มีการมุ่งเน้นการศึกษาเฉพาะกลุ่มตัวอย่างคณิศรพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่มีการรับสัมผัสสารได้โดยตรง แสดงข้อมูลดังตารางที่ 3

Table 3 Literature data on Σ DAPs levels ($\mu\text{g/g}$ creatinine).

	Area	Sample	Sample size	Σ DAPs ($\mu\text{g/g}$ creatinine)	
				GM	Max
This study	Thailand	Pesticide sprayers	47	267.16	1544.41
Choi ¹⁴ (2019)	Korea	Farmers	308	287.10	5198.60
Sapbamrer (2017) ¹⁵	Thailand	Farmers	84	6.43	163.90
Panuwet (2008) ¹⁶	Thailand	Farmers	136	34.8	6476
Yucra (2006) ¹⁷	Peru	Applicators	33	59.85	N/A
Motsoeneng (2015) ¹⁸	South Africa	Women on farm	101	Median 141.42	249.83

Note GM = geometric mean, N/A = not available

การเปรียบเทียบระดับผลรวมสารกลุ่มไดเอทิลฟอสเฟต เมตาบอไลต์ที่ช่วงเวลาแตกต่างกันพบว่า ระดับผลรวมสารในปัสสาวะวันฉีดพ่นและปัสสาวะเข้าวันถัดไปหลังจากการฉีดพ่นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบผลรวมสารกลุ่มไดเอทิลฟอสเฟตมีค่าสูงสุดในปัสสาวะเข้าวันถัดไปหลังจากการฉีดพ่นซึ่งเป็นผลมาจากที่คนฉีดพ่นมีการรับสัมผัสสารกลุ่มคลอรีไพโรส เมื่อสารดังกล่าวเข้าสู่ร่างกายจะถูกขับออกด้วยกระบวนการเมตาบอลิซึมในร่างกายได้สารเมตาบอไลต์ชนิด DEP และชนิด DETP⁶ อีกทั้งเมื่อมีการรับสัมผัสสารคลอรีไพโรสจะสามารถตรวจวัดสารเมตาบอไลต์ในปัสสาวะหลังการสัมผัส 24-27 ชม.¹⁹ การเปรียบเทียบระดับผลรวมสารออร์กาโนฟอสเฟต เมตาบอไลต์ พบว่าระดับสารในปัสสาวะก่อนวันฉีดพ่นและปัสสาวะวันฉีดพ่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งระดับผลรวมสารเวลา

ก่อนวันฉีดพ่นมีค่าระดับสูงกว่าช่วงเวลาที่มีการปฏิบัติการฉีดพ่น เนื่องจากผลรวมสารออร์กาโนฟอสเฟต เมตาบอไลต์ประกอบด้วยผลรวมสารกลุ่มไดเมทิลฟอสเฟตและกลุ่มไดเอทิลฟอสเฟต สำหรับการตรวจวัดระดับสารออร์กาโนฟอสเฟต เมตาบอไลต์ของคนฉีดพ่นในเกษตรกรปลูกอ้อยพบว่า ระดับสารเมตาบอไลต์ในกลุ่มไดเมทิลฟอสเฟตมีค่าสูงกว่าสารกลุ่มไดเอทิลฟอสเฟตที่ได้จากการใช้สารกลุ่มคลอรีไพโรสในการปฏิบัติงานฉีดพ่น อาจเกิดได้จากคนฉีดพ่นในเกษตรกรปลูกอ้อยมีการใช้สารกำจัดแมลงภายในครัวเรือน โดยสารเคมีกำจัดแมลงที่ใช้ในครัวเรือนประกอบด้วยสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้เป็นสารสำคัญหรือผสมร่วมกับสารเคมีกำจัดแมลงชนิดอื่น คือสารออร์กาโนฟอสเฟตชนิดไดคลอวอส (Dichlorvos)²⁰ โดยเมื่อมีการรับสัมผัสสารชนิดนี้ เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกขับออกทางปัสสาวะเปลี่ยนเป็นสารเมตา

บอโลทชนิด DMP⁶ ชนิดเดียว ทำให้คนฉีดพ่นมีโอกาสรับสัมผัสสารกลุ่มนี้ได้ แม้จะไม่ได้ปฏิบัติงานทางด้านเกษตร อีกทั้งอาจได้รับสัมผัสจากการบริโภคอาหารที่มีการตกค้างของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในชีวิตประจำวันได้

จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า คนฉีดพ่นในเกษตรกรปลูกอ้อยมีโอกาสได้รับสัมผัสสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตจากการปฏิบัติงานฉีดพ่น อาจได้รับสัมผัสจากแหล่งที่อยู่อาศัยที่มีการใช้สารกำจัดแมลงในครัวเรือน แม้จะไม่ได้ปฏิบัติงานฉีดพ่น หรืออาจได้รับสัมผัสจากการบริโภคอาหารที่มีการตกค้างของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ดังนั้นคนฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในไร่อ้อยต้องตระหนักถึงอันตรายในการใช้สารกำจัดศัตรูพืชโดยปฏิบัติอย่างถูกต้องและปลอดภัย เพื่อลดความเสี่ยงในการรับสัมผัสสารที่มีโอกาสสะสมภายในร่างกายและส่งผลกระทบต่อปัญหาสุขภาพตามมา และสำหรับช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างปัสสาวะเพื่อประเมินการรับสัมผัสสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต คือ การเก็บตัวอย่างปัสสาวะเข้าวันถัดไปของการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช

จุดอ่อนของงานวิจัยนี้ คือ การวิจัยนี้ใช้รูปแบบการศึกษาแบบตัดขวางไม่สามารถติดตามหรือประเมินการรับสัมผัสสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของคนฉีดพ่นในเกษตรกรอ้อยในระยะยาวได้

จุดแข็งของงานวิจัยในครั้งนี้ พบว่า การศึกษาเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นสารออร์กาโนฟอสเฟตในปัสสาวะคนฉีดพ่นที่เวลาแตกต่างกันเพื่อสามารถเลือกช่วงเวลาการเก็บ

ตัวอย่างทางชีวภาพที่เหมาะสมสำหรับการประเมินรับสัมผัสสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตได้

สรุป คนฉีดพ่นในเกษตรกรปลูกอ้อยสามารถรับสัมผัสสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตได้ทั้งในด้านการปฏิบัติงานการฉีดพ่นสาร การใช้สารกำจัดแมลงในครัวเรือน หรืออาจได้จากการบริโภคอาหารที่มีการตกค้างของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ดังนั้นคนฉีดพ่นต้องตระหนักในการใช้สารกำจัดศัตรูพืชโดยปฏิบัติอย่างถูกต้องและปลอดภัย เพื่อลดความเสี่ยงในการรับสัมผัสสาร

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้

จากการศึกษาครั้งนี้ เสนอแนะให้คนฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชลดการใช้สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และเลือกใช้สารทดแทนหรือสารสกัดจากธรรมชาติ อีกทั้งเสนอแนะให้หน่วยงานที่รับผิดชอบในพื้นที่ตรวจติดตามการใช้สารกำจัดศัตรูพืชโดยการตรวจวัดประเมินการรับสัมผัสสารออร์กาโนฟอสเฟตโดยใช้การเก็บตัวอย่างปัสสาวะเข้าวันถัดไปของการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช ควรมีการอบรมให้ความรู้การปฏิบัติตนเมื่อมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชแก่กลุ่มคนฉีดพ่นรวมทั้งเกษตรกรที่มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชให้ถูกวิธี และควรมีการควบคุมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตเพื่อลดความเสี่ยงในการได้รับสัมผัสสารและผลกระทบต่อสุขภาพที่ตามมา

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการประเมินการรับสัมผัสสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต โดยประเมินการรับสัมผัสจากตัวอย่างชีวภาพ และประเมินการรับสัมผัสจากภายนอก

2. ควรมีการตรวจติดตามผลเพื่อประเมินผลสุขภาพหลังการได้รับสัมผัสสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณผู้เข้าร่วมการศึกษานี้ทุกท่าน ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลในพื้นที่ที่ให้ความช่วยเหลือ

ในการเก็บตัวอย่างกลุ่มตัวอย่างคนฉีดพ่นโครงการนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยภายใต้โครงการ CWEND GEOHealth Hub (Center for Work Environment, Nutrition and Human Development, Global Environmental and Occupational Health Hub)

Reference

- Office of the Cane and Sugar Board. Bangkok: Ministry of Industry [internet]. 2020 [cited 2020 October 15]. Available from: <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-1854.pdf>.
- Office of the Cane and Sugar Board. Bangkok: Ministry of Industry [internet]. (-) [cited 2020 October 16]. Available from: <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/144-7354.pdf>.
- Kongtip P, Nankongnab N, Tipayamongkhogul M, Bunngamchairat A, Yimsabai J, Patatitthong A, et al. A Cross-Sectional Investigation of Cardiovascular and Metabolic Biomarkers among Conventional and Organic Farmers in Thailand. *Int J Environ Res Public Health* 2018; 15(11): 1-12. doi: 10.3390/ijerph15112590.
- Gupta RC. CHAPTER 2 - Classification and Uses of Organophosphates and Carbamates. In: Gupta RC, editor. *Toxicology of Organophosphate & Carbamate Compounds*. Burlington: Academic Press; 2006. p. 5-24.
- Poapolatthep S. Bangkok: Kasetsart University [internet]. 2016 [cited 2020 October 15]. Available from: http://www.pharmaco.vet.ku.ac.th/pdf_file/Pesticide_20161020.
- Centers for Disease Control and Prevention. U.S.A.: U.S. Department of Health & Human Services [internet]. 2017 [cited 2020 October 17]. Available from: https://www.cdc.gov/biomonitoring/OP-DPM_Biomonitoring_Summary.html.
- Bureau of Occupational and Environmental Disease. Nonthaburi: Ministry of Public Health [internet].

- 2019 [cited 2020 March 20]. Available from: <http://envocc.ddc.Moph.go.th/>.
8. Health Education Division. Nonthaburi: Ministry of Public Health [internet]. 2019 [cited 2020 October 17]. Available from: http://healthydee.moph.go.th/view_article.php?id=556.
9. Notification of Ministry of Industry Announcement, List of Toxic chemicals (Vol.6). Rule No. 137, (May 15, 2020) [internet]. 2020 [cited 2020 October 15]. Available from: http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2563/E/117/T_0056.PDF
10. Koureas M, Tsakalof A, Tzatzarakis M, Vakonaki E, Tsatsakis A, Hadjichristodoulou C. Biomonitoring of organophosphate exposure of pesticide sprayers and comparison of exposure levels with other population groups in Thessaly (Greece). *Occupational and Environmental Medicine* 2014; 71(2): 126-33.
11. Daniel WW, Cross CL. Biostatistics: a foundation for analysis in the health sciences / Wayne W. Daniel, Chad L. Cross: Hoboken, NJ: Wiley, c2013 10th ed.; 2013.
12. Kongtip P, Nankongnab N, Tipayamongkholgul M, Bunngamchairat A, Yimsabai J, Pataitiemthong A, et al. A Cross-Sectional Investigation of Cardiovascular and Metabolic Biomarkers among Conventional and Organic Farmers in Thailand. *Int J Environ Res Public Health* 2018; 15(11): 1-12.
13. Prapamontol T, Sutan K, Laoyang S, Hongsisong S, Lee G, Yano Y, et al. Cross validation of gas chromatography-flame photometric detection and gas chromatography-mass spectrometry methods for measuring dialkylphosphate metabolites of organophosphate pesticides in human urine. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 2014; 217(4): 554-66.
14. Choi J, Moon S, Roh S. The Relationship between Frequency Score of Wearing Personal Protective Equipment and Concentration of Urinary Organophosphorus Pesticide Metabolites in Farmers. *Journal of the Korean Environmental Health Society* 2019; 45(6): 583-9.
15. Sapbamrer R, Hongsisong S, Sittitoon N, et al. Health Impacts of Pesticide Uses: Case Study in Garlic Farmers, Phayao Province. *Naresuan University Journal: Science and Technology* 2018; 26(1): 20-31.

16. Panuwet P, Prapamontol T, Chantara S, Thavornnyuthikarn P, Montesano MA, Whitehead Jr, et al. Concentrations of urinary pesticide metabolites in small-scale farmers in Chiang Mai Province, Thailand. *Sci Total Environ* 2008; 407(1): 655-68.
17. Yucra S, Steenland K, Chung A, Choque F, Gonzales GF. Dialkyl phosphate metabolites of organophosphorus in applicators of agricultural pesticides in Majes - Arequipa (Peru). *J Occup Med Toxicol* 2006; 1(1): 1-8. doi:10.1186/1745-6673-1-27.
18. Motsoeneng PM, Dalvie MA. Relationship between Urinary Pesticide Residue Levels and Neurotoxic Symptoms among Women on Farms in the Western Cape, South Africa. *International journal of environmental research and public health* 2015; 12(6): 6281-99.
19. Huen K, Bradman A, Harley K, Yousefi P, Boyd Barr D, Eskenazi B, et al. Organophosphate pesticide levels in blood and urine of women and newborns living in an agricultural community. *Environmental research* 2012; 117: 8-16. doi: 10.1016/j.envres.2012.05.005.
20. Leuprasert L. Poison Center [Internet]. [cited 2020 August 5]. Available from: http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_1_001c.asp?info_id=384.