# การเปรียบเทียบระดับเมแทบอไลต์ในปัสสาวะของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและผลกระทบต่อสุขภาพของกลุ่มเกษตรเคมีและเกษตรอินทรีย์ในจังหวัดนครสวรรค์ พิษณุโลกและยโสธร

สุเมธ เพ้งภูมิเกียรติ*, จุฑามณี ชังเจริญ**, ชนาภา บำรุงชัย** และพรพิมล กองทิพย์***

Received: November 25, 2023
Revised: June 4, 2023
Accepted: June 6, 2023

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยแบบภาคตัดขวางในครั้งนี้เพื่อศึกษาความเข้มข้นของสารออร์กาโนฟอสเฟตที่ถูกใช้อย่างกว้างขวางในการกำจัดควบคุมศัตรูพืชในพื้นที่เกษตรกรรมในปัจจุบัน โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบใน 2 กลุ่มเกษตรกร 2 รูปแบบ ได้แก่ เกษตรเคมีที่มีการใช้สารเคมีออร์กาโนฟอสเฟตในพื้นที่เกษตรกรรมเป็นปกติ และเกษตรอินทรีย์ที่ไม่ใช้สารเคมีสังเคราะห์ในการเกษตร เปรียบเทียบและประเมินผลกระทบต่อสุขภาพโดยใช้แบบสอบถาม ประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไป พฤติกรรมสุขภาพและผลกระทบต่อสุขภาพหลังจากการทำงานในพื้นที่เกษตรกรรม ความถี่ของการเข้าพื้นที่เกษตรกรรม และทำการตรวจวัดระดับความเข้มข้นของเมแทบอไลต์ของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 6 ชนิด ในปัสสาวะ จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าเกษตรกรเคมี ตรวจพบสารไดเอทิลฟอสเฟตและไดเอทิลไทโอฟอสเฟต ทั้งสองชนิดในอัตราที่สูงถึง 74% และมีค่าผลรวมของไดเอทิลฟอสเฟตเฉลี่ย 162.1 nmol/g creatinine (8.75 - 3,650 nmol/g creatinine) เกษตรกรเคมีมีค่าผลรวมความเข้มข้นของไดเมทิลฟอสเฟตและไดเอทิลฟอสเฟตอยู่ในระดับที่สูงกว่าเกษตรกรอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) สำหรับผลกระทบทางด้านสุขภาพจากการรับสัมผัสสารออร์กาโนฟอสเฟตซึ่งเป็นผลกระทบแบบเฉียบพลัน พบว่า กลุ่มเกษตรกรเคมีมีอาการอ่อนล้า คลื่นไส้อาเจียน เดินโซเซ มากกว่าเกษตรกรอินทรีย์ นอกจากนี้ยังพบว่าความถี่ของการเข้าพื้นที่เกษตรกรรมของเกษตรกรเคมี ความถี่ของการเข้าดูแลแปลงเกษตรของเกษตรกรเคมีเพิ่มมากขึ้นทำให้มีค่าระดับสารไดเมทิลฟอสเฟตเพิ่มขึ้น เกษตรกรมีโอกาสในการรับสัมผัสสารเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การเปลี่ยนวิธีการทำการเกษตรจากการทำเกษตรเคมีเป็นเกษตรอินทรีย์ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ทำให้เกษตรกรไม่ได้รับสัมผัสโดยตรงกับสารเคมีที่เป็นอันตรายเข้าสู่ร่างกาย

**คำสำคัญ:** ออร์กาโนฟอสเฟตเมแทบอไลต์ / เกษตรอินทรีย์ / ผลกระทบต่อสุขภาพ

***ผู้รับผิดชอบบทความ:** ศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล กองทิพย์ ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถนนราชวิถี เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 โทรศัพท์ 026-444-070 ต่อ 102 E-mail: Pornpimol.kon@mahidol.ac.th

*Ph.D. อาจารย์ ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

**วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

***Ph.D. ศาสตราจารย์ ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

# Comparison of Urinary Organophosphate Metabolites and Health Effects between Conventional Farmers and Organic Farmers in Nakhon Sawan, Phitsanulok, and Yasothon Province

Sumate Pengpumkiat*, Jutamanee Chungcharoen**,
Chanapa Bumrungchai** and Pornpimol Kongtip***

**Abstract**

The objective of this cross-sectional study was to determine the concentration levels of organophosphate, which has been extensively used as pesticide. There was a comparison between two study populations; conventional farmers who normally used organophosphate pesticide in the agricultural field and organic farmers who were not using agrochemicals. Health effects were compared and assessed by using a questionnaire consisting of general information, health behavior, health effects after working on the farm, frequency of visiting the farm as well as the determination of 6 urinary organophosphate metabolites. The results indicated that both diethylphosphate (DEP) and diethylthiophosphate (DETP) can be found at the detectible rate of 74% of the conventional farmers and the mean urinary concentration of the total of DEP was 162.1 nmol/g creatinine (8.75 - 3,650 nmol/g creatinine). The mean concentrations of the total of dimethylphosphate (DMP) and diethylphosphate (DEP) of conventional farmers were significantly higher than those of organic farmers ($p<0.05$). The acute health effects of organophosphate poisoning including weakness, vomiting, and staggering occurred more frequently in conventional farmers than organic farmers. In terms of field visits of conventional farmers, increasing frequency of visits to the field were associated with higher concentrations of dimethylphosphate (DMP) in the urine samples due to higher chances of pesticide exposure. Changing from conventional farming to organic farming will be taken into account as the farmers will not be exposed directly to the hazardous agrochemicals.

**Kewords:** Organophosphate metabolites / Organic farming / Health effects

***Corresponding Author:** Professor Dr. Pornpimol Kongtip, Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Ratchawithi RD., Ratchathewi District, Bangkok 10400 Tel 026-444-070 Ext.102
Email: Pornpimol.kon@mahidol.ac.th

*Ph.D. Lecturer, Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Mahidol University
**Graduate, Master of Science Program (Occupational Health and Safety), Faculty of Public Health, Mahidol University
***Ph.D. Professor, Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Mahidol University

**1. บทนำ**

สารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต เป็นสารเคมีทางการเกษตรที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายและต่อเนื่องเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการกำจัดและควบคุมศัตรูพืชในพื้นที่การเกษตร ไร่ สวน นาข้าว ในปัจจุบันหลังปลายทศวรรษที่ 1970 สารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตเข้ามามีบทบาทและใช้ในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรเพิ่มมากขึ้นแทนที่สารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน เนื่องจากว่าสารในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตสามารถสลายตัวได้รวดเร็ว ไม่คงทนต่อสภาวะแวดล้อมและไม่ตกค้างในห่วงโซ่อาหาร แต่ความเป็นพิษต่อสุขภาพที่เกิดจากออร์กาโนฟอสเฟตนั้นจะเกิดขึ้นแบบรุนแรงและเฉียบพลัน (Malhat et al., 2018) จากสถิติการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชจากกรมวิชาการเกษตร ปี 2564 พบว่า สารเคมีที่มีการนำเข้าสูงเป็นอันดับแรกๆ ได้แก่ ไดคลอวอส, อีไทออน, ไดเมโทเอต, โอเมโทเอต มาลาไธออน ไดอะซินอน เฟนิโตรไทออน คิดเป็นปริมาณเท่ากับ 637, 343, 309, 160, 159, 92, 52 เมตริกตัน ตามลำดับ (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2565)

ในด้านความเป็นพิษของสารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต สารในกลุ่มนี้มีความเป็นพิษโดยตรงกับการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในระบบประสาท โดยสามารถจับกับเอนไซม์ยับยั้งการทำงานของโคลีนเอสเตอเรส ซึ่งตามปกติแล้วเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจะทำหน้าที่ในการย่อยสลายอะซิติลโคลีนซึ่งเป็นสารสื่อกระแสประสาท (neurotransmitter) ผลที่เกิดขึ้นก็คือ ทำให้มีการสะสมของอะซิติลโคลีนในปริมาณมากเกินปกติตามปลายประสาท ผลจากการกระตุ้นที่มากของอะซิติลโคลีนทำให้เกิดอาการตามระบบประสาท ผลกระทบอย่างเฉียบพลัน ได้แก่ การทำงานของกล้ามเนื้อที่ผิดปกติ หายใจลำบาก หัวใจเต้นผิดจังหวะ ม่านตาหรี่ อาเจียน ปวดท้องบิด เวียนหัว มือสั่น น้ำลายไหล น้ำตาไหล เดินโซเซ และหมดสติ (Mdeni et al., 2022; Reddy et al., 2020; Senarathne et al., 2022) ส่วนการรับสัมผัสสารที่ต่อเนื่องยาวนานมีแนวโน้มที่ส่งผลกระทบต่อจิตประสาท (Munoz-Quezada et al., 2016) จากสถิติของสำนักงานประกันสุขภาพแห่งชาติ พบว่าปี 2562 มีผู้ป่วยสาเหตุมาจากพิษของสารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต 705 คน เสียชีวิต 58 คน เบิกจ่ายค่ารักษา 4.27 ล้านบาท (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2562) และเป็นสาเหตุของการเข้ารับบริการของผู้ป่วยในและผู้ป่วยนอกเป็นอันดับที่สอง รองจากสารกำจัดวัชพืชและรา (Uanpromma et al., 2020) จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าสารกำจัดศัตรูพืชส่งผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพของเกษตรกรและเศรษฐกิจโดยรวมในการรักษาพยาบาล การหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืชจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของการทำการเกษตรแบบพึ่งตนเองและยั่งยืน

การตรวจวัดตัวบ่งชี้ทางชีวภาพในการรับสัมผัส (Biomarker of exposure) จะช่วยในการประเมินและชี้บ่งการรับสัมผัสสารเคมีที่เข้าสู่ร่างกายในทุกๆ เส้นทาง ทั้งทางด้านการหายใจ การกิน และการซึมผ่านผิวหนัง และยังเป็นการเฝ้าระวังทางสุขภาพอีกทางหนึ่งด้วย ในปัจจุบันการตรวจวัดตัวบ่งชี้ทางชีวภาพในปัสสาวะจัดว่าเป็นวิธีที่มีความไวสูงสำหรับการประเมินการรับสัมผัสสารออร์กาโนฟอสเฟต ในการศึกษาครั้งนี้ทำการตรวจวัดระดับของไดแอลคิลฟอสเฟตซึ่งเป็นเมแทบอไลต์ทั่วไป (common metabolite) ของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในปัสสาวะ ประกอบด้วยสาร 6 ชนิด ได้แก่ Dimethylphosphate (DMP), Dimethylthiophosphate (DMTP),

Dimethyldithiophosphate (DMDTP), Diethylphosphate (DEP), Diethylthiophosphate (DETP), Diethyldithiophosphate (DEDTP) และแสดงผลในรูปของไดแอลคิลฟอสเฟตที่เป็นผลรวมของเมแทบอไลต์ทั้ง 6 ชนิดด้วย โดยสารเมแทบอไลต์แต่ละตัวนี้ เกิดจากการสลายตัวของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตั้งต้นตัวใดตัวหนึ่งอย่างไม่เฉพาะเจาะจง (Munoz-Quezada et al., 2016)

การทำเกษตรอินทรีย์ มีความหมายถึง การทำการเกษตรด้วยวิธีทางธรรมชาติ โดยในพื้นที่ทำการเกษตรนั้นต้องปราศจากสารพิษ สารเคมีสังเคราะห์ตกค้าง ทั้งทางดิน ทางน้ำและทางอากาศ เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ทางชีวภาพ เน้นการผสมผสานโดยให้ระบบนิเวศเกษตรเกิดการเกื้อกูลซึ่งกันและกัน เชื่อมโยงอย่างมีบูรณาการ โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นร่วมกับเทคโนโลยีทันสมัย (กรมวิชาการเกษตร, 2561) และในการผลิตพืชและผลิตผลอินทรีย์นั้น กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กำหนดให้พื้นที่ที่ทำการเกษตรนั้นต้องไม่เคยทำการเกษตรเคมีมาไม่น้อยกว่า 3 ปี มีแหล่งน้ำที่ปลอดสารพิษ พื้นที่อยู่ห่างจากโรงงานอุตสาหกรรมและพื้นที่การเกษตรที่มีการใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมี การทำเกษตรอินทรีย์นั้น ถือเป็นทางเลือกอีกวิธีหนึ่งในควบคุมอันตรายทางเคมีที่จะเกิดขึ้นกับอาชีพเกษตรกร โดยการเปลี่ยนการใช้สารเคมีทางการเกษตรมาใช้สารทางชีวภาพแทน ทำให้ขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติงานไม่มีการสัมผัสสารเคมีที่เป็นพิษเหล่านี้เลย นอกเหนือจากการหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีที่เป็นพิษต่อสุขภาพผู้ปฏิบัติงานแล้ว ยังลดการปนเปื้อนสารพิษในน้ำ ดิน และสิ่งแวดล้อมในบริเวณพื้นที่การเกษตร อีกทั้งผลผลิตทางการเกษตรที่ได้ยังมีราคาที่สูงกว่าผลผลิตทางการเกษตรโดยทั่วไปอีกด้วย ในปัจจุบันภาครัฐยังให้ความสำคัญกับแรงงานกลุ่มเกษตรกร ออกพระราชบัญญัติควบคุมโรคจากการประกอบอาชีพและโรคจากสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2562 กำหนดให้ “โรคหรืออาการสำคัญของพิษจากสารกำจัดศัตรูพืช” เป็นหนึ่งในโรคจากการประกอบอาชีพ เพื่อให้มีกลไกการเฝ้าระวัง ป้องกันและควบคุมอันตรายที่เกิดขึ้นจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืช (กรมควบคุมโรค, 2562)

การรับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชเข้าสู่ร่างกายนั้นทำให้มีผลกระทบต่อสุขภาพ ซึ่งก่อนหน้านี้ได้มีการเปรียบเทียบภาวะสุขภาพกายระหว่างเกษตรกรเคมีและเกษตรกรอินทรีย์พบว่าเกษตรกรเคมีมีค่าดัชนีมวลกาย (BMI), รอบเอว, เปอร์เซ็นต์ไขมัน, ไตรกลีเซอร์ไรด์, คลอเรสเตอรอล (Kongtip et al., 2018, 2020), ฮอร์โมนไทรอยด์ (Kongtip et al., 2019) สูงกว่าเกษตรอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญ สำหรับฮอร์โมนคอร์ติซอลพบว่า เกษตรกรเคมีมีระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลต่ำกว่าเกษตรกรอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญ (Kongtip et al., 2021) ในการศึกษาครั้งนี้ คณะผู้วิจัยมีความสนใจในการศึกษาเปรียบเทียบการรับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตระหว่างเกษตรกรเคมีที่ใช้สารเคมีทางการเกษตร ได้แก่ เกษตรกรในจังหวัดนครสวรรค์ ทำการเกษตรปลูกอ้อยและจังหวัดพิษณุโลก ทำการเกษตรปลูกข้าวและผัก และเกษตรกรอินทรีย์ซึ่งใช้สารชีวภาพ สมุนไพรในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ได้แก่ เกษตรกรในจังหวัดยโสธร ซึ่งได้รับการรับรองการทำเกษตรอินทรีย์ ปลูกข้าวและผัก โดยทั้ง 3 จังหวัดนี้มีแม่น้ำไหลผ่านทำให้สามารถทำการเกษตรได้ตลอดทั้งปี สำหรับการบ่งชี้การรับสัมผัสสารเข้าสู่ร่างกาย คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้ไดแอลคิลฟอสเฟตเมแทบอไลต์ เป็นดัชนีชี้วัดในการรับสัมผัสสารเข้าสู่ร่างกาย (CDC, 2017) รวมถึงศึกษาเปรียบเทียบกับผลกระทบทางสุขภาพภายหลังจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มประชากรทั้งสองกลุ่ม

**2. วัตถุประสงค์การวิจัย**

2.1 เพื่อทำการศึกษาข้อมูลทั่วไปของกลุ่มเกษตรกรเคมีที่ทำเกษตรโดยใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและเกษตรอินทรีย์ ในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ พิษณุโลกและยโสธร

2.2 เพื่อประเมินการรับสัมผัสสารออร์กาโนฟอสเฟต เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มเกษตรกรเคมีและกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์

2.3 เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบทางสุขภาพ ระหว่างเกษตรกรเคมีและเกษตรกรอินทรีย์

**3. วิธีดำเนินการวิจัย**

**3.1 รูปแบบการศึกษา**

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง (cross-sectional study) โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณเมแทบอไลต์ของออร์กาโนฟอสเฟตในปัสสาวะของเกษตรกรเคมีและเกษตรกรอินทรีย์และศึกษาผลกระทบทางสุขภาพของตัวอย่างประชากร ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการการศึกษาระยะยาว เรื่องการปรับปรุงสุขภาพเกษตรกรในทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้-ประเทศไทย ภายใต้การรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยมหิดล เลขที่ MUPH 2015-146

**3.2 พื้นที่ศึกษาและประชากรกลุ่มตัวอย่าง**

การศึกษาในครั้งนี้ทำการศึกษาใน 3 จังหวัด ที่มีการทำการเกษตรตลอดทั้งปีโดยมีรูปแบบการทำการเกษตรแตกต่างกันได้แก่ จังหวัดนครสวรรค์เป็นเกษตรกรเคมีที่ปลูกอ้อย จังหวัดพิษณุโลกเป็นเกษตรกรเคมีที่ปลูกข้าวและผัก และจังหวัดยโสธรเป็นเกษตรกรที่ได้รับการรับรองการทำเกษตรอินทรีย์ปลูกข้าวและผัก เกณฑ์การคัดเลือกประชากรกลุ่มตัวอย่าง สำหรับเกษตรกรเคมีและเกษตรกรอินทรีย์ โดยเป็นเกษตรกรชายหรือหญิง มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไปและประกอบอาชีพเกษตรกรรมอย่างน้อย 1 ปี และไม่เป็นโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง ไทรอยด์ หรือโรคหัวใจ คัดเลือกเกษตรกร 1 คนมาจาก 1 ครอบครัว โดยเลือกสมาชิกคนที่ส่วนใหญ่ทำงานในพื้นที่เกษตรกรรม สมัครใจและสามารถให้เก็บตัวอย่างปัสสาวะได้ ข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับเกษตรกรเคมี คือ ต้องมีการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในพื้นที่เกษตร สำหรับข้อกำหนดเพิ่มเติมของกลุ่มเกษตรอินทรีย์ คือ ต้องเป็นเกษตรอินทรีย์ที่ได้รับการรับรอง ไม่มีการใช้สารเคมีในการเพาะปลูก การวิจัยในครั้งนี้ได้การรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยมหิดล เลขที่ MUPH 2015-146

**3.3 การประมาณขนาดตัวอย่าง**

การคำนวณขนาดตัวอย่างโดยใช้วิธี Mean comparison for two group across time เพื่อได้ขนาดตัวอย่างที่เพียงพอต่อการอธิบายความชุกและความสัมพันธ์ (Diggle et al., 2002) แสดงดังสมการ 1)

$$n/group = \frac{2(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2(1+(n-1)\rho}{n[(\mu_1 - \mu_2)/\sigma]^2} \qquad \text{---------- 1)}$$

เมื่อ$(\mu_1 - \mu_2)/\sigma$ = effect size 0.1, $\rho$ = ค่าสหสัมพันธ์ของการวัดซ้ำ = 0.9, $n$ = จำนวนครั้งที่วัดซ้ำ = 3 ครั้ง, Z = ค่ามาตรฐานใต้โค้งปกติ, $\alpha$= ค่าความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 กำหนดที่ 0.05 ค่ามาตรฐานใต้โค้งปกติ = 1.96, $\beta$ = ค่าความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 2 กำหนดที่ 0.2 ค่ามาตรฐานใต้โค้งปกติ = 0.84

จากการคำนวณขนาดตัวอย่าง ได้ขนาดตัวอย่าง 158 ราย/กลุ่ม, ชดเชย loss to follow-up 2 ปี (จากโครงการศึกษาระยะยาว) 60% เท่ากับ 75 ราย รวมเป็น 202 ราย, ชดเชยข้อมูลสูญหาย 25% เท่ากับ 53 ราย, ดังนั้นต้องใช้ตัวอย่างทั้งสิ้นกลุ่มละ 255 ราย

เริ่มแรกของการคัดตัวอย่างเข้า มีเกษตรกรเคมี 243 ราย เกษตรกรอินทรีย์ 235 ราย ภายหลัง 8 เดือนต่อมาเมื่อทำการตรวจสุขภาพเกษตรกร เหลือจำนวนเกษตรกรเคมี 213 ราย และเกษตรกรอินทรีย์ 225 ราย

**3.4 การสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูลสุขภาพและพฤติกรรมการใช้สารเคมี**

***3.4.1 แบบสัมภาษณ์*** สำรวจเก็บรวบรวมข้อมูล ใช้แบบสัมภาษณ์อ้างอิงจาก Kongtip et al., (2018) คณะผู้วิจัยติดต่อพูดคุยกับหัวหน้ากลุ่มเกษตรกรเพื่อชี้แจงโครงการและติดต่อโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลในแต่ละพื้นที่ เพื่อขอความร่วมมือให้เจ้าหน้าที่สาธารณสุขช่วยประสานกับกลุ่มตัวอย่างเกษตรกร คณะผู้วิจัยและเจ้าหน้าที่สาธารณสุขจากโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลที่อยู่ในพื้นที่ทำการสัมภาษณ์เกษตรกร อธิบายแบบสัมภาษณ์และตอบคำถามกับผู้เข้าร่วมอย่างชัดเจน แบบสอบถามประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร จำนวน 8 ข้อ คือ เพศ อายุ ระดับการศึกษา จำนวนชั่วโมงการทำงาน อาชีพเสริม และส่วนที่ 2 พฤติกรรมสุขภาพและผลกระทบทางสุขภาพ ย้อนหลัง 3 เดือน จำนวน 4 ข้อ คือ ข้อมูลกิจกรรมทางการเกษตร ความถี่ในการเข้าพื้นที่เกษตรกรรม

**3.5 วิเคราะห์ปริมาณสารไดแอลคิลฟอสเฟตในปัสสาวะ**

***3.5.1 การเก็บตัวอย่างปัสสาวะ*** คณะผู้วิจัยแนะนำให้กลุ่มตัวอย่าง เก็บตัวอย่างปัสสาวะแรกในตอนเช้า บรรจุปัสสาวะในขวดพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วนำมาส่งให้คณะผู้วิจัยทำการเก็บรักษาสภาพตัวอย่างปัสสาวะไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป การเก็บตัวอย่างปัสสาวะจะทำการเก็บตัวอย่างจำนวน 2 ครั้งโดยห่างกัน 8 เดือน แล้วนำค่าระดับเมแทบอไลต์ในปัสสาวะทั้ง 2 ครั้งมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนระดับเมแทบอไลต์ของออร์กาโนฟอสเฟตของเกษตรกรทั้ง 2 กลุ่ม

***3.5.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง*** การตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของเมแทบอไลต์ในปัสสาวะตามวิธีของ Prapamontol et al., (2014) โดยใช้เทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟี-แมสสเปกโทรเมทรี (GC-MS) ทำการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบในช่วงความเข้มข้น 10-1,000 ng/mL ความถูกต้องของการวิเคราะห์ได้จากการทดสอบค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืน อยู่ในช่วง 96.8-117.3% และมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนน้อยกว่า 7% ยกเว้นสำหรับ DMP ซึ่งมีค่าเท่ากับ 17% ค่าของความเข้มข้นต่ำสุดของเมแทบอไลต์ในตัวอย่างปัสสาวะที่ตรวจวัดได้ (Limit of Detection, LOD) สำหรับ DMP, DMTP, DMDTP, DEP, DETP, และ DEDTP เท่ากับ 0.57, 1.17, 1.06, 0.54, 0.88, 1.52 ng/mL ตามลำดับ สำหรับค่าความเข้มข้นที่ต่ำกว่าค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดจะแทนด้วยค่า LOD/$\sqrt{2}$ (Hornung & Reed, 1990) มีการตรวจวัดค่าครีเอตินิน (creatinine) ในปัสสาวะโดยใช้วิธีเอนไซม์ (Beckman Coulter, 2015) โดยโรงพยาบาลเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล และนำมาใช้ใน

การปรับค่าของการรายงานผลเมแทบอไลต์ในหน่วยของ nmole/g creatinine ช่วงที่ยอมรับได้ของครีเอตินิน 30-300 mg/dL หรือมีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.01-1.03 (ACGIH, 2022)

**3.6 สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล** ผลที่ได้จากการศึกษานำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ช่วง เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต สถิติเชิงวิเคราะห์ ได้แก่ Independent t-test เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นสารออร์กาโนฟอสเฟตเมแทบอไลต์ระหว่างเกษตรเคมีและเกษตรอินทรีย์ การเปรียบเทียบการเกิดอาการผิดปกติหลังจากฉีดพ่นสารเคมีหรือการใช้สารอินทรีย์ทดสอบโดยหาค่า Relative risk (RR) โดยใช้ Poisson generalized log-linear model การเปรียบเทียบระดับของเมแทบอไลต์ในปัสสาวะเมื่อมีความถี่ของการเข้าไปที่พื้นที่ต่างกันทดสอบโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และการเปรียบเทียบผลต่างแต่ละคู่ด้วย Turkey (all pairwise comparison with Turkey) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม IBM SPSS version 23 (IBM Thailand Co., Ltd., Bangkok, Thailand) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$)

## 4. ผลการวิจัย

### 4.1 ลักษณะข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างเกษตรกร

กลุ่มเกษตรเคมี ประกอบด้วยเกษตรกร จำนวน 213 คน มีช่วงอายุระหว่าง 18-69 ปี มีอายุเฉลี่ย 50.2 ปี ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (74.2%) เกษตรกรส่วนใหญ่จบการศึกษาต่ำกว่าหรือเท่ากับประถมศึกษา (63.9%) เกษตรกรใช้เวลาในการทำงานในพื้นที่เกษตรกรรม 26.9±13.8 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ เกษตรกรเคมีทำงานเสริมเพื่อเพิ่มรายได้ 23% และใช้เวลาในการทำงานเสริมเป็นเวลา 24.9±13.6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ เกษตรเคมีดื่มแอลกอฮอล์ 63.8% และสูบบุหรี่ 26.9%

กลุ่มเกษตรอินทรีย์ ประกอบด้วยเกษตรกร จำนวน 225 คน มีช่วงอายุระหว่าง 28-79 ปี มีอายุเฉลี่ย 53.2 ปี กลุ่มตัวอย่างเพศชาย 51.1% เพศหญิง 48.9% เกษตรกรจบการศึกษาต่ำกว่าหรือเท่ากับประถมศึกษา 57.4% เกษตรกรใช้เวลาในการทำงานในพื้นที่เกษตรกรรม 28.8±17.2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ เกษตรกรอินทรีย์ส่วนใหญ่มีงานเสริมนอกจากการทำเกษตรกรรม 56.9% และใช้เวลาในการทำงานเสริมเป็นเวลา 26.6±17.8 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ เกษตรกรอินทรีย์มีพฤติกรรมในการดื่มแอลกอฮอล์ 41% และสูบบุหรี่ 16.1% ดังแสดงในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1 ลักษณะข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างเกษตรเคมี (*n* = 213) และเกษตรอินทรีย์ (*n* = 225)**

| ตัวแปร | เกษตรกรเคมี *n* (%) | เกษตรกรอินทรีย์ *n* (%) | *p*-Value |
|---|---|---|---|
| **อายุ (ปี)** | | | |
| Min–max | 18–69 | 28–79 | |
| Mean | 50.22 | 53.20 | 0.005 §* |
| SD | 11.1 | 10.3 | |

**ตารางที่ 1 ลักษณะข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างเกษตรเคมี (*n* = 213) และเกษตรอินทรีย์ (*n* = 225) (ต่อ)**

| ตัวแปร | เกษตรกรเคมี *n* (%) | เกษตรกรอินทรีย์ *n* (%) | *p*-Value |
|---|---|---|---|
| **เพศ** | | | |
| ชาย | 158 (74.2) | 115 (51.1) | <0.001 †* |
| หญิง | 55 (25.8) | 110 (48.9) | |
| **การศึกษา** | | | |
| ต่ำกว่าประถมศึกษา | 14 (6.6) | 4 (1.8) | 0.035 †* |
| ประถมศึกษา | 122 (57.3) | 125 (55.6) | |
| มัธยมศึกษา | 72 (33.8) | 85 (37.8) | |
| ปริญญาตรี/สูงกว่า | 5 (2.3) | 11 (4.9) | |
| **สถานภาพ** | | | |
| โสด | 21 (10.1) | 13 (6.0) | 0.032 †* |
| แต่งงาน | 179 (86.1) | 185 (84.8) | |
| หม้าย/หย่าร้าง | 8 (3.8) | 20 (9.2) | |
| ไม่ตอบ | 5 | 7 | |
| **ชั่วโมงการทำงานในพื้นที่เกษตรกรรม (ชั่วโมง/สัปดาห์)** | | | |
| Mean | 26.9 | 28.8 | 0.011 §* |
| SD | 13.8 | 17.2 | |
| **ความถี่ในการเข้าพื้นที่เกษตรกรรม** | | | |
| 1-3วัน/รอบการเพาะปลูก | 9 (4.9) | - | |
| 1วัน/สัปดาห์ | 7 (3.8) | - | |
| 2-3วัน/สัปดาห์ | 53 (29.1) | - | |
| 4-7วัน/สัปดาห์ | 113 (62.1) | - | |
| ไม่ตอบ | 31 | - | |
| **มีงานพิเศษอื่นๆ** | | | |
| มี | 49 (23.0) | 128 (56.9) | <0.001 †* |
| ไม่มี | 164 (77.0) | 97 (43.1) | |
| **ชั่วโมงการทำงานพิเศษอื่นๆ (ชั่วโมง/สัปดาห์)** | | | |
| Mean | 24.9 | 26.6 | 0.048 §* |
| SD | 13.6 | 17.8 | |

**ตารางที่ 1 ลักษณะข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างเกษตรเคมี (*n* = 213) และเกษตรอินทรีย์ (*n* = 225) (ต่อ)**

| ตัวแปร | เกษตรกรเคมี *n* (%) | เกษตรกรอินทรีย์ *n* (%) | *p*-Value |
|---|---|---|---|
| **การดื่มแอลกอฮอล์** | | | |
| ดื่ม | 136 (63.8) | 91 (41.0) | <0.001 †* |
| ไม่ดื่ม | 77 (36.2) | 131 (59.0) | |
| ไม่ตอบ | 0 | 3 | |
| **การสูบบุหรี่** | | | |
| สูบบุหรี่ | 59 (26.9) | 36 (16.1) | 0.006 †* |
| ไม่สูบบุหรี่ | 154 (73.1) | 188 (83.9) | |
| ไม่ตอบ | 0 | 1 | |

† = chi-square, § = independence *t*-test, Significant differences at p<0.05

เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างเกษตรกรเคมีและเกษตรกรอินทรีย์พบว่าอายุเฉลี่ยของเกษตรกรเคมีมีค่าต่ำกว่าเกษตรกรอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.005) เกษตรกรเคมีพบมีเพศชาย (74.2%) มากกว่าเพศหญิง (25.8%) ขณะที่เกษตรกรอินทรีย์พบว่ามีเพศหญิง (48.9%)ใกล้เคียงกับเพศชาย (51.1%) ระดับการศึกษาพบว่า เกษตรกรอินทรีย์มีระดับการศึกษาสูงกว่าเกษตรกรเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.035) จำนวนชั่วโมงในการทำงานเกษตรกรรมพบว่าเกษตรกรอินทรีย์ใช้เวลาในการทำงานเกษตรกรรมมากกว่าเกษตรกรเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.011) เกษตรกรอินทรีย์มีการทำงานอย่างอื่นเสริม มากกว่าเกษตรกรเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.001) ระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานเสริมของกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์มีจำนวนชั่วโมงมากกว่าเกษตรกรเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.048) เกษตรกรเคมี(63.8%) สูบบุหรี่มากกว่าเกษตรกรอินทรีย์ (41%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.001) เกษตรกรเคมี (26.9%) ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์มากกว่าเกษตรกรอินทรีย์ (16.1%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.006)

**4.2 ระดับสารออร์กาโนฟอสเฟตเมแทบอไลต์ในปัสสาวะของเกษตรกรเคมีและเกษตรกรอินทรีย์**

จากผลการตรวจวัดพบว่า ทั้งสองกลุ่มเกษตรกรเคมีและอินทรีย์ ตรวจพบไดแอลคิลฟอสเฟตทั้ง 6 ชนิด มีเปอร์เซ็นต์ของการตรวจพบ, ค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของเมแทบอไลต์ ดังแสดงในตารางที่ 2

**ตารางที่ 2 ความเข้มข้นของออร์กาโนฟอสเฟตเมแทบอไลต์ในปัสสาวะ ของกลุ่มเกษตรกรเคมีและกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์**

| ออร์กาโนฟอสเฟตเมแทบอไลต์ | เกษตรกรเคมี | | เกษตรกรอินทรีย์ | | p-value |
|---|---|---|---|---|---|
| | % ที่ตรวจพบ | ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (min-max) (nmole/g creatinine) | % ที่ตรวจพบ | ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (min-max) (nmole/g creatinine) | |
| DMP | 39.69 | 35.60 (1.46-4273.29) | 14.1 | 4.69 (1.35-178.37) | <0.001* |
| DMTP | 34.40 | 30.99 (1.78-2343.36) | 33.70 | 10.41 (2.43-700.7) | <0.001* |
| DMDTP | 10.39 | 9.61 (2.1-408.95) | 18.81 | 12.03 (2.65-382.5) | 0.043* |
| DEP | 76.21 | 52.73 (1.82-2901.67) | 33.43 | 6.60 (1.26-126.14) | <0.001* |
| DETP | 74.96 | 44.10 (1.04-1844.81) | 37.34 | 5.37 (0.71-43.44) | <0.001* |
| DEDTP | 40.175 | 13.85 (1.45-403.61) | 8.58 | 2.91 (0.8-16.83) | <0.001* |
| ∑DMP | - | 151.12 (8.45-4280.58) | - | 34.59 (8.6-715.15) | <0.001* |
| ∑DEP | - | 162.11 (8.75-3650.53) | - | 17.97 (4.75-147.13) | <0.001* |
| DAPs | - | 422.08 (21.04-4588.6) | - | 57.79 (16.06-862.28) | <0.001* |

DAPs=∑DEP+∑DMP, ∑DEP=DEP+DETP+DEDTP, ∑DMP= DMP+DMTP+DMDTP

*Significant differences at $p < 0.05$ (*t*-test)

ในกลุ่มเกษตรกรเคมี พบ ∑DMP อยู่ในช่วงตั้งแต่ 8.45 ถึง 4,280 nmol/g creatinine มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 151.12 nmol/g creatinine, ∑DEP อยู่ในช่วง 8.75 ถึง 3,650 nmol/g creatinine มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 162.1 nmol/g creatinine สำหรับกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ พบ ∑DMP อยู่ในช่วงตั้งแต่ 8.6 ถึง 715 nmol/g creatinine มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.59 nmol/g creatinine, ∑DEP อยู่ในช่วง 4.75 ถึง 147 nmol/g creatinine มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.97 nmol/g creatinine

เมื่อทำการเปรียบเทียบระดับสารออร์กาโนฟอสเฟต 6 ชนิดระหว่างกลุ่มเกษตรกรเคมีและกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์พบว่าเมแทบอไลต์ของออร์กาโนฟอสเฟต 5 ชนิด ได้แก่ DMP, DMTP, DEP, DETP และ DEDTP ตรวจพบในปัสสาวะของเกษตรกรเคมีมีค่าสูงกว่าเกษตรกรอินทรีย์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) เฉพาะสาร DMDTP ที่เกษตรกรอินทรีย์ตรวจพบมากกว่าเกษตรกรเคมีอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.043$) และผลรวมในกลุ่ม DMP, DEP และDAP พบว่าเกษตรกรเคมีตรวจพบเมแทบอไลต์ของออร์กาโนฟอสเฟตมากว่าเกษตรกรอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.001$)

**4.3 เปรียบเทียบอาการของร่างกายภายหลังจากการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรเคมี และฉีดพ่นสมุนไพรของเกษตรอินทรีย์**

ลักษณะอาการที่ร่างกายตอบสนองภายหลังจากการปฏิบัติงานฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรเคมี และการใช้สมุนไพรของเกษตรอินทรีย์ ได้ถูกนำมาศึกษาเปรียบเทียบกันโดยหาค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ (Relative risk) แสดงได้ดังตารางที่ 3

**ตารางที่ 3 เปรียบเทียบอาการที่พบภายหลังจากการฉีดพ่นสารออร์กาโนฟอสเฟตระหว่างเกษตรกรเคมีและเกษตรกรอินทรีย์**

| อาการทางสุขภาพ | Crude RR † Mean (95%CI) เกษตรกรเคมี vs เกษตรกรอินทรีย์ | *p*-Value |
|---|---|---|
| อ่อนล้า | 5.595 (4.185-7.479) | <0.001* |
| คลื่นไส้, อาเจียน | 4.838 (3.450-6.786) | <0.001* |
| เดินโซเซ | 4.139 (2.889-5.929) | <0.001* |
| เวียนศีรษะ | 2.860 (2.380-3.437) | <0.001* |
| เกร็งกล้ามเนื้อหน้าท้อง | 2.723 (1.803-4.112) | <0.001* |
| ผื่นผิวหนัง | 2.451 (1.944-3.090) | <0.001* |
| เหงื่อไหล | 2.165 (1.838-2.549) | <0.001* |
| ปวดศีรษะ | 1.657 (1.358-2.022) | <0.001* |
| ตะคริว | 0.875 (0.617-1.239) | 0.451 |
| อาการชัก | 0.408 (0.109-1.534) | 0.185 |
| น้ำลายไหล | 0.613 (0.272-1.378) | 0.236 |
| อาการชา | 0.387 (0.270-0.557) | <0.001* |
| ตามัว | 0.312(0.217-0.449) | <0.001* |
| หมดสติ | 0.182 (0.022-1.504) | 0.114 |
| หดหู่ | 0.163 (0.049-0.548) | 0.003* |

† Crude RR; เกษตรอินทรีย์เป็นกลุ่มอ้างอิง, *Significant differences at $p < 0.05$

จากข้อมูลพบว่า เกษตรกรเคมีมีโอกาสที่จะมีอาการผิดปกติของร่างกาย ภายหลังการฉีดพ่นสารออร์กาโนฟอสเฟตเมื่อเทียบกับเกษตรกรอินทรีย์โดย 3 อันดับแรก ได้แก่ ความอ่อนล้า (5.595 เท่า) คลื่นไส้อาเจียน (4.838 เท่า) เดินโซเซ (4.139 เท่า) และเมื่อนำโอกาสของการเกิดอาการของทั้งสองกลุ่มตัวอย่างมาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติพบว่า เกษตรกรเคมี มีโอกาสเกิดความผิดปกติของอาการอ่อนล้า, คลื่นไส้อาเจียน, เดินโซเซ,

เวียนศีรษะ, เกร็งกล้ามเนื้อ, ผื่นที่ผิวหนัง, เหงื่อไหล, ปวดศีรษะ มากกว่าที่เกิดในกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในทางตรงกันข้ามพบว่า เกษตรกรอินทรีย์ มีโอกาสที่จะมีอาการผิดปกติของร่างกาย เมื่อเทียบกับเกษตรกรเคมี ได้แก่ อาการชา, ตามัว, หดหู่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**4.4 ความถี่ของการเข้าพื้นที่และการรับสัมผัส DAPs ของเกษตรเคมี**

ความถี่ของการเข้าพื้นที่เกษตรกรรมของเกษตรเคมี พบว่าเกษตรกรเคมีส่วนใหญ่ (113 คน, 62.1%) มีความถี่ในการเข้าดูแลพื้นที่เกษตรกรรม 4-7 วันต่อสัปดาห์ รองลงมาคือมีความถี่ในการเข้าดูแล 2-3 วันต่อสัปดาห์ ข้อสมมติฐานคือ ในพื้นที่ทำเกษตรเคมี ที่มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชจะมีการปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ดิน น้ำและสิ่งแวดล้อมโดยรอบ เมื่อทดสอบความแตกต่างของระดับความเข้มข้นของ ΣDMP ที่ช่วงความถี่ของการเข้าพื้นที่เกษตรกรรม พบว่าช่วงความถี่ทั้ง 4 ช่วง (1-3 วันต่อรอบการเพาะปลูก, 1 วันต่อสัปดาห์, 2-3 วันต่อสัปดาห์, 4-7 วันต่อสัปดาห์) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อพิจารณาโดยละเอียดพบว่า ยิ่งเพิ่มความถี่ในการเข้าพื้นที่เพิ่มมากขึ้น ระดับของ ΣDMP ก็เพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตัวอย่างเช่น ความถี่เพิ่มขึ้นจาก 1 -3 วันต่อรอบการเพาะปลูก เป็น 1 วันต่อสัปดาห์ ค่าเฉลี่ยของ ΣDMP เพิ่มขึ้นจาก 64.6 เป็น 654.6 nmole/g creatinine คิดเป็น 10 เท่าของความเข้มข้น และเมื่อเปรียบเทียบกับการเข้าพื้นที่เป็นประจำอย่างสม่ำเสมอทุกวันแล้ว พบว่าระดับความเข้มข้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีผลทำให้ค่าระดับ DAP นั้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความถี่ในการเข้าพื้นที่ต่างๆ กันไปด้วย ในทางตรงกันข้ามกลับไม่พบความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างระดับ ΣDEP ที่ความถี่ต่างๆ ของการเข้าพื้นที่เกษตรกรรม

**ตารางที่ 4 ความถี่ของการเข้าพื้นที่เกษตรของเกษตรกรเคมี**

| ความถี่ของการเข้าพื้นที่เกษตรกรรม | n | ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของออร์กาโนฟอสเฟต (ช่วง) (nmole/g creatinine) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ΣDMP | ΣDEP | DAPs |
| 1-3วัน/รอบการเพาะปลูก | 9 | [1] 64.6(9.7-1075.0) | 172.6(13.3-1141.4) | [5] 334.1(24.3-1274.1) |
| 1วัน/สัปดาห์ | 7 | [2] 654.6(337.0-1107.7) | 465.3(151.4-3641.0) | [6] 1347.0(665.1-4188.1) |
| 2-3วัน/สัปดาห์ | 53 | [3] 157.8(9.1-4272.7) | 157.8(12.1-1881.8) | [7] 410.1(25.8-4582.5) |
| 4-7วัน/สัปดาห์ | 113 | [4] 140.2(8.4-3428.9) | 149.9(8.8-3463.4) | [8] 397.1(21.1-3789.5) |
| ไม่ตอบ | 31 | - | - | - |

**ตารางที่ 4 ความถี่ของการเข้าพื้นที่เกษตรของเกษตรกรเคมี (ต่อ)**

| ความถี่ของการเข้าพื้นที่เกษตรกรรม | n | ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของออร์กาโนฟอสเฟต (ช่วง) (nmole/g creatinine) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ΣDMP | ΣDEP | DAPs |
| p-value | | <0.017* | 0.149 | 0.042* |
| (วิเคราะห์ความแปรปรวน และการเปรียบเทียบผลต่างแต่ละคู่ด้วย Turkey | | [1] - [2] p=0.010* | | [6] - [7] p=0.042* |
| | | [2] - [4] p=0.036* | | [6] - [8] p=0.027* |

DAPs=ΣDEP+ΣDMP , *Significant differences at p < 0.05

## 5. อภิปรายผลการวิจัย

### 5.1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างเกษตรกร

งานวิจัยในครั้งนี้ต้องการศึกษาผลกระทบของเกษตรกรที่ใช้สารเคมีและไม่ใช้สารเคมีให้เห็นถึงโทษภัยของการใช้สารเคมี การเปรียบเทียบกลุ่มเกษตรกรเคมีและเกษตรกรอินทรีย์ จากการสำรวจพบว่าอายุเฉลี่ยของเกษตรกรอินทรีย์มีมากกว่าอายุเฉลี่ยของเกษตรกรเคมีและเกษตรกรอินทรีย์มีระดับการศึกษาที่สูงกว่าเกษตรกรเคมี เนื่องจากว่าเกษตรอินทรีย์ส่วนมากจะทำงานกับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชมาก่อน แล้วได้รับผลจากสารเคมีจึงตัดสินใจเปลี่ยนมาทำเป็นเกษตรอินทรีย์จึงมีอายุเฉลี่ยมากกว่า และการมีการศึกษาสูงกว่าก็เป็นปัจจัยที่ทำให้ตัดสินใจเปลี่ยนมาทำเกษตรอินทรีย์ ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากงานวิจัยของ Kongtip et al. (2018) และ Chouichom & Yamao (2010)

กลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ที่เข้าร่วมการศึกษามีประชากรเพศชายน้อยกว่าเกษตรกรเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการรับสมัครเกษตรเคมีเข้าร่วมศึกษามีการกำหนดให้เกษตรเคมีต้องมีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในแปลงของตนเอง ส่วนมากผู้ชายจะเป็นผู้ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชเนื่องจากเป้สะพายหลังจะมีน้ำหนักประมาณ 10-20 กิโลกรัมทำให้เกษตรเคมีจึงมีผู้ชายมากกว่าผู้หญิง ขณะที่เกษตรอินทรีย์มีจำนวนผู้ชายและหญิงใกล้เคียงกัน ระดับการศึกษาของทั้งสองกลุ่มส่วนใหญ่ต่ำกว่าหรือเท่ากับประถมศึกษา ระยะเวลาการทำงานในพื้นที่เกษตรกรรมพบว่าโดยเฉลี่ยเกษตรอินทรีย์ใช้เวลาในพื้นที่การทำงานมากกว่าเกษตรเคมี ผลที่ได้สอดคล้องกับ Nankongnab et al. (2020) ที่รายงานว่าเกษตรเคมีส่วนมากมีการใช้เครื่องจักรในการเกษตรมากกว่าเกษตรอินทรีย์ ทำให้เกษตรเคมีใช้เวลาในการทำงานน้อยกว่าเกษตรเคมี นอกจากนี้ยังพบว่าเกษตรกรอินทรีย์ (56.9%) ทำงานที่สองมากกว่าเกษตรกรเคมี (23.0%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานที่สองนั้นโดยเฉลี่ยแล้วไม่แตกต่างกัน สำหรับพฤติกรรมส่วนบุคคลพบว่าเกษตรกรเคมีสูบบุหรี่ และดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์มากกว่าเกษตรกรอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเป็นเพราะว่าสถิติของผู้ชายไทยจะมีการ

สูบบุหรี่และดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์มากกว่าผู้หญิง และเกษตรเคมีมีผู้ชาย 74.2% ทำให้มีการสูบบุหรี่และดื่มแอลกอฮอล์มากกว่า (Aungkulanon et al., 2019; Wakabayashi et al., 2015)

**5.2 การประเมินการรับสัมผัสสารออร์กาโนฟอสเฟต เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มเกษตรกรเคมีและกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์**

การตรวจวัดความเข้มข้นของสารออร์กาโนฟอสเฟตเมแทบอไลต์ในปัสสาวะถูกใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ทางชีวภาพในการบอกระดับการรับสัมผัสสารออร์กาโนฟอสเฟตเข้าสู่ร่างกายทุกช่องทาง ประกอบไปด้วยทางการกิน สัมผัสที่ผิวหนังและการหายใจ ทั้งในกิจกรรมที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ทำการเกษตรซึ่งมีโอกาสในการสัมผัสกับสารเคมีทางการเกษตรเหล่านั้นได้โดยตรง และในวิถีชีวิตประจำวัน จากผลการตรวจวัดในกลุ่มเกษตรกรเคมี พบว่าเปอร์เซ็นต์ของการตรวจพบ DEP และ DETP มีค่าที่สูงมากกว่า 74% อีกทั้งยังพบค่าเฉลี่ยในระดับความเข้มข้นที่สูงอีกด้วย ซึ่งสารเมแทบอไลต์ทั้งสองตัวนี้เกิดจากการสลายตัวของสารกำจัดศัตรูพืชที่เกษตรกรเคมีใช้ในพื้นที่ ได้แก่ Chlorpyrifos, และ Diazinon (Bravo et al., 2004) สำหรับเกษตรกรอินทรีย์ เปอร์เซ็นต์ของการตรวจพบ 3 อันดับแรก ได้แก่ DEP, DETP และ DMTP มีค่าเปอร์เซ็นต์ของการตรวจพบน้อยกว่า 38%

ผลที่ได้จากการทดสอบทางสถิติ (*t*-test) ของระดับความเข้มข้นเฉลี่ยจำแนกตามชนิดของเมแทบอไลต์ พบว่า เกษตรกรเคมีมีระดับความเข้มข้นของออร์กาโนฟอสเฟตเมแทบอไลต์ในปัสสาวะ 5 ชนิด ได้แก่ DMP, DMTP, DEP, DETP และ DEDTP สูงกว่าที่ตรวจพบในเกษตรกรอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของ DMDTP ของทั้งสองกลุ่มมีค่าอยู่ในระดับต่ำและค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของเกษตรกรอินทรีย์มีค่าสูงกว่าเกษตรกรเคมี อาจมีสาเหตุจากการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม น้ำดื่ม อาหาร ผักและผลไม้ที่เกษตรกรรับประทานเข้าไปมีการปนเปื้อนสารออร์กาโนฟอสเฟต ซึ่งผลการทดสอบนี้ก็เป็นไปในทางเดียวกันกับการศึกษาของ Aprea et al. (1996) ซึ่งตรวจหาสารเมแทบอไลต์ในประชากรทั่วไปในอิตาลีจำนวน 124 คน มีความถี่ในการตรวจพบ DMDTP 48%, DMTP 99%, DMP 87%, DEP 81%, DETP 73%, DEDTP 7% นอกจากนี้ผลการทดสอบยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Hardt & Angerer (2000) ที่ตรวจวัดปริมาณไดแอลคิลฟอสเฟตในประชากรทั่วไปในเยอรมันจำนวน 54 คน พบปริมาณเมแทบอไลต์ตกค้างในร่างกายกลุ่มตัวอย่าง สำหรับแหล่งที่มาของออร์กาโนฟอสเฟตสำหรับกลุ่มประชากรทั่วไป หรือกลุ่มที่ไม่ได้มีความเสี่ยงจากการสัมผัสสารเคมีนั้นอาจมาจากการใช้สารกำจัดแมลงภายในบ้านเรือน หรือมาจากการรับประทานอาหารที่มีการปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร (Lu et al., 2008; Morgan et al., 2005; Wilson et al., 2003)

**5.3 การเปรียบเทียบผลกระทบทางสุขภาพ ระหว่างเกษตรกรเคมีและเกษตรกรอินทรีย์**

ภายหลังจากการสัมผัสสารเคมีออร์กาโนฟอสเฟตโดยตรงจากการฉีดพ่นสารออร์กาโนฟอสเฟตของเกษตรกรเคมี ข้อมูลบ่งชี้ถึงลักษณะอาการแสดงถึงความเป็นพิษอย่างเฉียบพลันของสารในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตสอดคล้องกับลักษณะอาการของความเป็นพิษแบบเฉียบพลันของออร์กาโนฟอสเฟต อันเนื่องมาจากการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส (Rusyniak & Nanagas, 2004) โดยอาการที่พบแยกตามระบบประสาทส่วนต่างๆ ดังนี้ น้ำตาไหล น้ำลายไหล มีเสมหะ หลอดลมหดเกร็ง หัวใจเต้นช้า ท้องเสีย เหงื่อไหลมาก กล้ามเนื้อสั่นกระตุก อ่อนเพลีย กดประสาทส่วนกลาง ส่วนอาการที่ตามมาภายหลัง ได้แก่ กล้ามเนื้ออ่อนแรง

โรคปลายประสาทเสื่อม ระบบประสาทผิดปกติ อาการเกร็งกระตุกของกล้ามเนื้อ เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับกลุ่มอาการผิดปกติที่พบของเกษตรกรเคมีหลังจากฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช (Mdeni et al., 2022; Reddy et al., 2020; Senarathne et al., 2022)

ความถี่ของการเข้าพื้นที่เกษตรกรรมของเกษตรเคมี พบว่ามีผลต่อการรับสัมผัสสารออร์กาโนฟอสเฟตทั้ง DMP และ DEP ยิ่งเพิ่มความถี่ในการเข้าพื้นที่เกษตรกรรม ก็ยิ่งเพิ่มโอกาสในการรับสัมผัสสารออร์กาโนฟอสเฟตที่เกษตรกรฉีดพ่นใช้ในพื้นที่เพิ่มมากขึ้น ผลการทดสอบทางสถิติพบว่า DMP ให้ความแตกต่างระหว่างความถี่ของการเข้าพื้นที่เกษตรกรรมและผลต่อการรับสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสามารถหาความเชื่อมโยงไปยังชนิดของออร์กาโนฟอสเฟตที่เกษตรกรนำมาใช้งานได้ในพื้นที่เกษตรกรรม ได้แก่ Dichlorvos, Dicrotophos, Methyl parathion เป็นต้น (Bravo et al., 2004; Llop et al., 2017)

## 6. สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการรับสัมผัสออร์กาโนฟอสเฟตโดยตรวจวัดระดับความเข้มข้นเมแทบอไลต์ของ ΣDMP ΣDEP และ DAP ของสองกลุ่มเกษตรกร พบว่ากลุ่มเกษตรกรเคมีตรวจพบ DEP และ DETP สูงถึง 74% ของกลุ่มตัวอย่าง มาจากการใช้สารตั้งต้น ได้แก่ Chlorpyrifos, Diazinon, Disulfoton, Ethion, Parathion ซึ่งเป็นสารเคมีที่ใช้ในพื้นที่เกษตรกรรม เกษตรกรเคมีมีระดับความเข้มข้นของเมแทบอไลต์สูงกว่าเกษตรกรอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญ 5 ชนิด เกษตรกรเคมีมีค่าผลรวมความเข้มข้นของไดเมทิลฟอสเฟตและไดเอทิลฟอสเฟตอยู่ในระดับที่สูงกว่าเกษตรกรอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ผลการศึกษาเปรียบเทียบอาการที่ผิดปกติแสดงถึงพิษอย่างเฉียบพลันของสารออร์กาโนฟอสเฟตภายหลังจากการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช ได่แก่ ความอ่อนล้า คลื่นไส้อาเจียน เดินโซเซ สำหรับผลการศึกษาความถี่ของการเข้าพื้นที่ของเกษตรกรเคมีมีความสัมพันธ์กับระดับของออร์กาโนฟอสเฟตเมแทบอไลต์ทั้ง ΣDMP และ ΣDEP ทั้งนี้ผลการทดสอบทางสถิติพบว่า ΣDMP ให้ค่าทดสอบที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความเข้มข้น ΣDMP มีค่าที่แคบ ซึ่งเมแทบอไลต์ ΣDMP ได้มาจากสารตั้งต้นได้แก่ dichlorvos, dimethoate, malathion, Fenitrothion

## 7. ข้อเสนอแนะ

การปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารเคมีอันตรายทางการเกษตรในการกำจัดศัตรูพืชและเพิ่มผลผลิตนั้นมีโอกาสและความเสี่ยงที่จะรับสัมผัสสารเคมีนั้นได้โดยตรงจากขั้นตอนการทำงาน ดังนั้นการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ เช่น ใช้สารที่มาจากธรรมชาติ สารทางชีวภาพ ลดการใช้สารเคมีสังเคราะห์ หรือใช้เท่าที่จำเป็นจริงๆ จึงเป็นแนวทางที่จะสามารถลดความเสี่ยงจากการรับสัมผัสสารเคมีอันตราย อย่างไรก็ตามถ้าพบว่ามีอาการผิดปกติ เช่น อ่อนล้า คลื่นไส้ อาเจียน เดินโซเซ เวียนศีรษะ เกร็งกล้ามเนื้อหน้าท้อง ผื่นผิวหนัง เหงื่อไหล ควรปรึกษาแพทย์หรือเจ้าหน้าที่สาธารณสุข เพื่อให้ได้รับการดูแลรักษาที่ถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้ควรมีการส่งเสริมเพื่อให้เกษตรกรมีทางเลือกในการทำการเกษตรอินทรีย์

**8. กิตติกรรมประกาศ**

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเกษตรกรผู้เข้าร่วมการศึกษาในครั้งนี้ทุกท่าน ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ พิษณุโลก และยโสธร ที่อำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างเกษตรกรทั้งสองกลุ่มประชากร งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยภายใต้โครงการ CWEND GEOHealth Hub (Center for Work Environment, Nutrition and Human Development, Global Environmental and Occupational Health Hub)

**9. เอกสารอ้างอิง**

กรมควบคุมโรค. (ม.ป.ป.). พระราชบัญญัติควบคุมโรคจากการประกอบอาชีพฯ 2562. https://ddc.moph.go.th/law.php?law=5.

กรมวิชาการเกษตร. (2561, 14 สิงหาคม). *คู่มือเกษตรอินทรีย์-รู้นโยบาย เข้าใจมาตรฐาน ได้การรับรองพืชอินทรีย์*. https://www.doa.go.th/ac/nakhonsithammarat/wp-content/uploads/2021/12/คู่มือเกษตรกร-เข้าใจมาตรฐาน-ผ่านการรับรอง.pdf

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. (ม.ป.ป.). *วัตถุอันตราย*. กรมวิชาการเกษตร, https://www.doa.go.th/ard/?page_id=386.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. (2562, 7 สิงหาคม). *คนไทยเจ็บป่วย เพราะสารเคมีเกษตร นับพันรายต่อปี*. สสส., https://www.thaihealth.or.th/คนไทยเจ็บป่วย-เพราะสารเ/.

ACGIH. (2022). *2022 TLVs and BEIs Based on the Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents*. American Conference of Governmental Industrial Hygienists Publisher.

Aprea, C., Sciarra, G., Orsi, D., Boccalon, P., Sartorelli, P., & Sartorelli, E. (1996). Urinary excretion of alkylphosphates in the general population (Italy). *The Science of the Total Environment, 177*(1), 37-41.

Aungkulanon, S., Pitayarangsarit, S., Bundhamcharoen, K., Akaleephan, C., Chongsuvivatwong, V., Phoncharoen, R., & Tangcharoensathien, V. (2019). Smoking prevalence and attributable deaths in Thailand: Predicting outcomes of different tobacco control interventions. *BMC Public Health, 19*(1), 984.

Beckman Coulter. (2015). *SYNCHRON System(s) Chemistry Information Sheet*. Instruction for Use. https://www.beckmancoulter.com/wsrportal/techdocs?docname=/cis/A69463/%%/EN.

Bravo, R., Caltabiano, L., Weerasekera, G., Whitehead, R. D., Fernandez, C., Needham, L. L., Bradman, A., & Barr, D. B. (2004). Measurement of dialkyl phosphate metabolites of organophosphorus pesticides in human urine using lyophilization with gas chromatography-tandem mass spectrometry and isotope dilution quantification. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 14*(3), 249-259.

CDC. (2017, April 7). *Biomonitoring Summary | CDC*. https://www.cdc.gov/biomonitoring/OP-DPM_BiomonitoringSummary.html.

Chouichom, S., & Yamao, M. (2010). Comparing options and attitudes of organic and non organic farmers towards organic rice farming system in north-eastern Thailand. *J Org Syst, 5*, 25-35.

Diggle, P., Heagerty, P, Liang, K. Y., Zeger, S., Diggle, P., Heagerty, P., Liang, K. Y., & Zeger, S. (2002). *Analysis of Longitudinal Data* (2nd ed.). Oxford University Press.

Hardt, J., & Angerer, J. (2000). Determination of dialkyl phosphates in human urine using gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Analytical Toxicology, 24*(8), 678-684.

Hornung, R. W., & Reed, L. D. (1990). Estimation of Average Concentration in the Presence of Nondetectable Values. *Applied Occupational and Environmental Hygiene, 5*(1), 46-51.

Kongtip, P, Nankongnab, N., Kallayanatham, N., Pengpumkiat, S., Gore, R., Pundee, R., Konthonbut, P., & Woskie, S. R. (2021). Disruption of the Diurnal Cortisol Hormone Pattern by Pesticide Use in a Longitudinal Study of Farmers in Thailand. *Annals of Work Exposures and Health, 65*(4), 406-417. https://doi.org/10.1093/annweh/wxaa124

Kongtip, P., Nankongnab, N., Kallayanatham, N., Pundee, R., Choochouy, N., Yimsabai, J., & Woskie, S. (2019). Thyroid Hormones in Conventional and Organic Farmers in Thailand. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 16*(5), 2704. https://doi.org/10.3390/ijerph16152704

Kongtip, P., Nankongnab, N., Kallayanatham, N., Pundee, R., Yimsabai, J., & Woskie, S. (2020). Longitudinal Study of Metabolic Biomarkers among Conventional and Organic Farmers in Thailand. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17*(11), 4178. https://doi.org/10.3390/ijerph17114178

Kongtip, P., Nankongnab, N., Tipayamongkholgul M., Bunngamchairat, A., Yimsabai, J., Pataitiemthong, A., & Woskie, S. (2018). A Cross-Sectional Investigation of Cardiovascular and Metabolic Biomarkers among Conventional and Organic Farmers in Thailand. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 15*(11). https://doi.org/10.3390/ijerph15112590

Llop, S., Murcia, M., Iniguez, C., Roca, M., Gonzalez, L., Yusa, V., Rebagliato, M., & Ballester, F. (2017). Distributions and determinants of urinary biomarkers of organophosphate pesticide exposure in a prospective Spanish birth cohort study. *Environmental Health, 16*(1), 46.

Lu, C., Barr, D. B., Pearson, M. A., & Waller, L. A. (2008). Dietary intake and its contribution to longitudinal organophosphorus pesticide exposure in urban/suburban children. *Environmental Health Perspectives, 116*(4), 537-542.

Malhat, F. M., Loutfy, N. M., Greish, S. S., & Ahmed, M. T. (2018). A Review of Environmental Contamination by Organochlorine and Organophosphorus Pesticides in Egypt. *J Toxicol Risk Assess, 4*(1), 1-17.

Mdeni, N. L., Adeniji, A. O., Okoh, A. I., & Okoh, O. O. (2022). Analytical Evaluation of Carbamate and Organophosphate Pesticides in Human and Environmental Matrices: A Review. *Molecules (Basel, Switzerland), 4*(1), 618.

Morgan, M. K., Sheldon, L. S., Croghan, C. W., Jones, P. A., Robertson, G. L., Chuang, J. C., Wilson, N. K., & Lyu, C. W. (2005). Exposures of preschool children to chlorpyrifos and its degradation product 3,5,6-trichloro-2-pyridinol in their everyday environments. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 15*(4), 297-309.

Munoz-Quezada, M. T., Lucero, B. A., Iglesias, V. P., Munoz, M. P., Cornejo, C. A., Achu, E., Baumert, B., Hanchey, A., Concha, C., Brito, A. M., & Villalobos, M. (2016). Chronic exposure to organophosphate (OP) pesticides and neuropsychological functioning in farm workers: A review. *International Journal of Occupational and Environmental Health, 22*(1), 68-79.

Nankongnab, N., Kongtip, P., Tipayamongkholgul, M., Bunngamchairat, A., Sitthisak, S., & Woskie, S. (2020). Difference in Accidents, Health Symptoms, and Ergonomic Problems between Conventional Farmers Using Pesticides and Organic Farmers. *Journal of Agromedicine, 25*(2), 158-165.

Prapamontol, T., Sutan, K., Laoyang, S., Hongsibsong, S., Lee, G., Yano, Y., Hunter, R. E., Ryan, P. B., Barr, D. B., & Panuwet, P. (2014). 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, 21*(7), 554-566.

Reddy, B. S., Skaria, T. G., Polepalli, S., Vidyasagar, S., Rao, M., Kunhikatta, V., Nair, S., & Thunga, G. (2020). Factors associated with outcomes in organophosphate and carbamate poisoning: A retrospective study. *Toxicological Research, 36*(3), 257-266.

Rusyniak, D. E., & Nanagas, K. A. (2004). Organophosphate Poisoning. *Seminars in Neurology, 24*(2), 197-204.

Senarathne, R., Hettiaratchi, U., Athiththan, L., Peiris, H., Sarathchandra, C., Senanayake, H., Weerawansa, P., & Siribaddana, S. (2022). Selected Liver Markers in Predicting the Severity of Organophosphate and Carbamate Poisoning. *Journal of Environmental and Public Health, 5*, 1-6. https://doi.org/10.1155/2022/7826396

Uanpromma, J., Suwangbutra, P., & Upakdee, N. (2020). An Analysis of Services Utilization and Medical Care Charge in Pesticide Poisoned Patients Using the National Health Security Office Database. *Ramathibodi Medical Journal, 43*(2), Article 2.

Wakabayashi, M., McKetin, R., Banwell, C., Yiengprugsawan, V., Kelly, M., Seubsman, S., Iso, H., Sleigh, A., & Thai Cohort Study Team. (2015). Alcohol consumption patterns in Thailand and their relationship with non-communicable disease. *BMC Public Health, 15*, 1297.

Wilson, N. K., Chuang, J. C., Lyu, C., Menton, R., & Morgan, M. K. (2003). Aggregate exposures of nine preschool children to persistent organic pollutants at day care and at home. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 13*(3), 187-202.