การผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวที่มีต่อผลผลิตข้าว และสุขภาพของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

โดย

นายอิทธิพล ดวงจินดา

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวที่มีต่อผลผลิตข้าว และสุขภาพของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

โดย

นายอิทธิพล ดวงจินดา

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

MIXTURES OF ORGANOPHOSPHATE PESTICIDES APPLICATIONS ON RICE YIELD AND HEALTH EFFECTS ON FARMERS IN SAMCHUK DISTRICT, SUPHAN BURI PROVINCE

BY

MR. AITTIPHOL DUANGCHINDA

A DISSERTATION SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

THAMMASAT UNIVERSITY

ACADEMIC 2014

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ดุษฎีนิพนธ์

ของ

นายอิทธิพล ดวงจินดา

เรื่อง

การผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวที่มีต่อผลผลิตข้าว
และสุขภาพของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2558

ประธานกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริพรรณ ทวีสุข)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาหลักดุษฎีนิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต อนุรักษ์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมดุษฎีนิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร. ณัฏฐา หังสพฤกษ์)

กรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร. วราวุธ เสือดี)

กรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร. วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์)

คณบดี

(รองศาสตราจารย์ ปกรณ์ เสริมสุข)

หัวข้อดุษฎีนิพนธ์	การผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวที่มีต่อผลผลิตข้าวและสุขภาพของเกษตรกรอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี
ชื่อผู้เขียน	นายอิทธิพล ดวงจินดา
ชื่อปริญญา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	การจัดการสิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาหลักดุษฎีนิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต อนุรักษ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมดุษฎีนิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐา หังสพฤกษ์
ปีการศึกษา	2557

บทคัดย่อ

การศึกษาการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (OP) ในนาข้าวที่มีต่อผลผลิตข้าว และสุขภาพของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณตกค้างของ OP 4 ชนิด ได้แก่ คลอร์ไพริฟอส (C) อีพีเอ็น (E) ไดเมทโธเอท (D) และโพรฟีโนฟอส (P) ในน้ำ ดิน และข้าวเปลือก ด้วยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟฟี (GC-FPD) 2) ศึกษาความสัมพันธ์การใช้ OP กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา (PChE) ของเกษตรกร และ 3) ศึกษาเปรียบเทียบ PChE กับผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกร จำนวน 135 คน โดยการวิเคราะห์หาปริมาณตกค้างของ OP ในแปลงพื้นที่ 16 ตารางเมตรต่อแปลง ทั้งหมด 5 แปลง โดยใช้ OP ในอัตราสารออกฤทธิ์ (a.i.) คือ C 0.80 กรัม E 0.90 กรัม D 0.80 กรัม และ P 0.50 กรัม ผสมกับน้ำปริมาตร 1 ลิตร ฉีดพ่นตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว 3 ระยะ คือครั้งที่ 1, 2 และ 3 ในวันที่ 27, 57 และ 87 ของอายุต้นข้าว ตามลำดับ ดังนี้ แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือ ครั้งที่ 1 (C) ครั้งที่ 2 (E) ครั้งที่ 3 (D) แปลงที่ 3 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 2 ชนิด คือครั้งที่ 1 (C+E) ครั้งที่ 2 (P+C) ครั้งที่ 3 (D+E) แปลงที่ 4 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 3 ชนิด คือครั้งที่ 1 (C+E+D) ครั้งที่ 2 (E+D+P) ครั้งที่ 3 (C+E+P) และ แปลงที่ 5 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 4 ชนิด คือ C+E+D+P โดยเก็บตัวอย่างน้ำและดิน หลังจากมีการฉีดพ่น OP แล้ว 3 วัน ในแต่ละครั้ง

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณ OP ในน้ำ แปลงที่ 5 ในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว พบ OP ตกค้างรวมทุกชนิดสูงสุด คือ 154.594 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยพบโพรฟีโนฟอส อีพีเอ็น คลอร์ไพริฟอส และไดเมทโธเอท เท่ากับ 66.183, 55.748, 22.224 และ 10.439 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แปลงที่ 3, 4, 2 และ 1 พบปริมาณ OP รวมทุกชนิด เท่ากับ 38.774, 32.251, 12.196 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ND. ตามลำดับ ในดิน แปลงที่ 5 ในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว พบปริมาณ OP ตกค้างรวมทุกชนิดสูงสุด 8.731 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คือ พบคลอร์ไพริฟอส โพรฟีโนฟอส อีพีเอ็น และไดเมทโธเอท เท่ากับ 3.678, 2.657, 1.522 และ 0.874 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ รองลงมา แปลงที่ 4, 3, 2 และ 1 พบปริมาณ OP ตกค้างรวมทุกชนิด เท่ากับ 2.833, 2.118, 2.629 และ 0.033 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ การผสม OP ฉีดพ่นในแปลงนาข้าว ส่งผลต่อผลผลิตข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 คือแปลงที่ 5 ได้ข้าวเปลือกเฉลี่ยสูงสุด 900.2 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา แปลงที่ 4, 3, 2 และ 1 เท่ากับ 890.2, 860.2, 840.4 และ 820.3 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยแปลงที่ 5 พบปริมาณ OP ตกค้างรวมทุกชนิดเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 0.075 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงเกินค่า MRL (0.050 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ รองลงมา แปลงที่ 4, 3, 2 และ 1 คือ 0.042, 0.015, 0.009 และ 0.008 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และผลการตรวจเลือดหา PChE ของเกษตรกร พบเกษตรกรมี PChE อยู่ในเกณฑ์ปกติ คืออยู่ระหว่าง 4,260-12,920 หน่วยต่อมิลลิลิตร ร้อยละ 74.1 และต่ำกว่าปกติ คือน้อยกว่า 4,260 หน่วยต่อมิลลิลิตร ร้อยละ 25.9 โดยการใช้ OP ของเกษตรกร ได้แก่ ชนิด ปริมาณ วิธีการ การผสม ระยะเวลา ความถี่ที่ฉีดพ่น การจัดเก็บและทำลายภาชนะ/บรรจุภัณฑ์ และการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล มีความสัมพันธ์กับ PChE อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($R = 0.848$, $F = 28.636$, $p < 0.001$) ผลกระทบต่อสุขภาพจากอาการและอาการแสดงของร่างกายเกษตรกร จากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมีความสัมพันธ์กับ PChE อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($R = 0.818$, $F = 133.920$, $p < 0.001$) การผสม OP 4 ชนิดรวมกันฉีดพ่น ทำให้ PChE ลดลงมากที่สุด เท่ากับ 7,536.04 หน่วยต่อมิลลิลิตร รองลงมา การผสม OP 3 ชนิด, 2 ชนิด และ 1 ชนิด คือ PChE ลดลง 4,393.77 - 6,173.24, 2,737.65 - 4,798.39 และ 1,362.40 - 3,142.27 หน่วยต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพจากอาการและอาการแสดงของร่างกาย คือ ระบบทางเดินอาหาร ($p < 0.001$) และระบบประสาทส่วนกลาง ($p < 0.001$) โดยมีผลกระทบต่อสุขภาพ อยู่ในระดับน้อย

จากผลการศึกษา 1) ควรให้ข้อมูลการตรวจพบปริมาณสารพิษตกค้างจากการผสมและการใช้ OP แก่เกษตรกร เพื่อช่วยลดผลกระทบจากสารพิษตกค้างในน้ำ ดิน และข้าวเปลือก เช่น การฉีดพ่น OP ไม่เกินครั้งละ 2 ชนิด ในอัตราที่แนะนำของฉลากหรือบรรจุภัณฑ์ ควรใช้คลอร์ไพริฟอสและอีพีเอ็น ในระยะแรกของการเจริญเติบโตของข้าว 2) เจ้าหน้าที่สาธารณสุขและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ควรแนะนำให้เกษตรกรได้รับการตรวจเลือดเพื่อหา PChE ภายใน 1 สัปดาห์ หลังจากที่มี

การใช้ OP ร่วมกับอาการและอาการแสดงของร่างกาย เพื่อความถูกต้องของข้อมูลด้านผลกระทบต่อสุขภาพ และ 3) ควรมีการกำหนดเกณฑ์ค่ามาตรฐานของ OP ตกค้างในแหล่งน้ำและดิน เพื่อลดผลกระทบจากสารพิษทั้งในน้ำ ดิน และความเป็นอันตรายต่อสุขภาพเกษตรกร

คำสำคัญ: สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต การผสมสาร ปริมาณสารพิษตกค้าง ผลผลิตข้าว นาข้าว เกษตรกร โคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา ผลกระทบต่อสุขภาพ

Dissertation Title	MIXTURES OF ORGANOPHOSPHATE PESTICIDES APPLICATIONS ON RICE YIELD AND HEALTH EFFECTS ON FARMERS IN SAMCHUK DISTRICT, SUPHAN BURI PROVINCE, THAILAND
Author	Mr. Aittiphol Duangchinda
Degree	Doctor of Philosophy
Department/Faculty/University	Environmental Management Science and Technology Thammasat University
Thesis Advisor	Assistant Professor Bandit Anurugsa, Ph.D.
Thesis Co-advisor	Associate Professor Natha Hungspreug, Ph.D.
Academic Year	2014

ABSTRACT

The study of the mixtures of organophosphate pesticides (OP) applications on rice yield and health effects on farmers in Samchuk district, Suphan Buri province, Thailand. The objectives were 1) to determine of OP residues among 4 types included chlorpyrifos (C), EPN (E), dimethoate (D), and profenofos (P) in soil, water, and paddy that analysis by gas chromatography with flame photometric detection (GC-FPD) 2) to relationship between the used of OP and plasma cholinesterase (PChE) of farmers and 3) to compare PChE and the health effects of the 135 farmers. By analyzing the amount of OP residues in a plot area of 16 square meters per plot all five converted using the OP the rate of active ingredient (ai.) are C = 0.80 gm, D = 0.80 gm, E = 0.90 gm, and P = 0.50 gm mixed with water 1 liter spray on the growth stage of the rice three phases; the first, second and third place on 27, 57 and 87 of the rice, respectively. The first plot not to be sprayed OP whenever plot 2 spraying OP once one of the No. 1 (C), No. 2 (E), No. 3 (D). Plot 3 spraying OP times per two types that No. 1 (C + E), No. 2 (P + C), No. 3 (D + E). Plot 4 spraying OP mixture 3 types that No. 1 (C + E + D), No. 2 (E + D + P), No. 3 (C + E + P) and plot 5

to all 4 types of spraying OP were C + E + D + P. This collected samples of water and soil after spraying the OP 3 days at a time.

The determination of the OP in water in a converted plot 5 of 60 day rice plants found OP residues; including all types of maximum 154.594 mg l^{-1} were found P, E, C and D of 66.183, 55.748, 22.224 and 10.439 mg l^{-1}, respectively. The converted at the third, fourth, second and first found the OP include all types of 38.774, 32.251, 12.196 mg l^{-}1 and not detected, respectively. Soil converted plot 5 of 90 day rice plants, the amount of OP residues, included all types of maximum 8.731 mg kg^{-1} that was found P, E, C and D of 3.678, 2.657, 1.522, and 0.874 mg kg^{-1}, respectively, followed by plot 4, 3, 2 and 1, the amount of OP residues included all types of 2.833, 2.118, 2.629 and 0.033 mg kg^{-1}, respectively. OP spraying mixture in rice affecting yield that is difference significantly at 0.01 levels. The convert of plot 5 was paddy highest average 900.2 kg rai^{-1}, followed by plot 4, 3, 2 and 1 was 890.2, 860.2, 840.4 and 820.3 kg rai^{-1}, respectively. While the plot 5 founded the amount of OP residues, including all types highest average 0.075 mg kg^{-1}. Which exceeded the MRL (0.050 mg kg^{-1}) can be dangerous on health even down to the 4, 3, 2 and 1 were 0.042, 0.015, 0.009 and 0.008 mg kg^{-1}, respectively. And the results of PChE of farmers have found PChE were normal of 74.1% that is located between 4260-12920 units ml^{-1} and 25.9% of farmers lower than normal is less than 4,260 units ml^{-1}. Using OP farmers are type of how often the duration of spraying, storage and destruction of containers or packaging, and the use of personal protective equipment (PPE). PChE is related to a significantly at 0.01 level ($R = 0.848$, $F = 28.636$, $p < 0.001$) health effects and symptoms of the body's farmers. The used of OP is related to PChE significantly at 0.01 level ($R = 0.818$, $F = 133.920$, $p < 0.001$) mixing OP 4 types of spraying. PChE largest decrease was 7536.04 units ml^{-1}, followed by mixing OP 3, 2, and 1 types of PChE decrease from 4393.77 - 6173.24, 2737.65 - 4798.39 and 1362.40 - 3142.27 units ml^{-1}, respectively, on health effects from signs and symptoms of gastrointestinal system ($p < 0.001$) and central nervous system ($p < 0.001$) which was the health effects at low level.

There for 1) should provide information detected residues of the mix and the used of OP farmers to reduce the impact of toxic residues in water, soil and

paddy, such as spraying OP does not exceed a period of two types at the rate recommended on the label or packaging, should use C and E in the early stages of rice growth, 2) health office and relevant agencies recommends that farmers should get a blood for PChE within one week after the used of OP with signs and symptoms of the body. To the accuracy of information on health effects and 3) should be the standard of OP residues in water and soil. To reduce the impact of toxic in water, soil and health effects of farmers.

Keywords: organophosphate pesticides, mixtures, residues, yield, paddy field, farmers, cholinesterase, health effects

กิตติกรรมประกาศ

ดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณา และการชี้แนะที่เป็นประโยชน์จากคณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์ทุกท่าน ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริพรรณ ทวีสุข ประธานกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. วราวุธ เสือดี กรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร. วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์ ที่ให้ความกรุณาสละเวลามาเป็นกรรมการและผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก โดยเฉพาะผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต อนุรักษ์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์หลัก และ รองศาสตราจารย์ ดร. ณัฏฐา หังสพฤกษ์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ร่วม ที่ให้คำแนะนำการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ และชี้แนะให้คำปรึกษาอย่างดียิ่ง ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณทุกท่าน เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ยงยุทธ ไผ่แก้ว กองวัตถุมีพิษ กรมวิชาการเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์และคำแนะนำในการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ อาจารย์ ดร. สุจิตรา นิลเลิศ สำนักงานสาธารณสุขอำเภอสามชุก อาจารย์นายแพทย์อรรถพล บัวเอี่ยม โรงพยาบาลสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี และนายสมพร เจียรประวัติ เกษตรจังหวัดลำปาง ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำด้านวิชาการตลอดมา ขอขอบคุณคณะอนุกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ชุดที่ 2 ที่ได้อนุมัติด้านจริยธรรมการวิจัยในคน และผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ภายใต้ “ทุนวิจัยทั่วไป” ตามสัญญาเลขที่ ทน 28/2557 ที่ได้สนับสนุนทุนการวิจัย ประจำปี 2557 ขอขอบพระคุณคณะเจ้าหน้าที่สาธารณสุขโรงพยาบาลสามชุก สำนักงานสาธารณสุขอำเภอสามชุก และเกษตรกรอำเภอสามชุกทุกท่าน ที่ได้ให้ความร่วมมือในการศึกษาครั้งนี้เป็นอย่างดียิ่ง และขอขอบพระคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ เพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทุกท่าน ในมิตรภาพ ความรู้ คำแนะนำที่ดี และเป็นกำลังใจในการศึกษาอย่างเสมอมา ท้ายที่สุดนี้ ขอขอบพระคุณครอบครัวทุกท่านที่คอยสนับสนุน และเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

หากผลการศึกษานี้ มีข้อบกพร่องประการใด ผู้ศึกษาขอน้อมรับไว้เพื่อปรับปรุง แก้ไขในการศึกษาครั้งต่อไป

นายอิทธิพล ดวงจินดา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย (1)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (4)

กิตติกรรมประกาศ (7)

สารบัญตาราง (8)

สารบัญภาพ (11)

รายการสัญลักษณ์และคำย่อ (14)

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและความเป็นมา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 3
1.3 สมมติฐาน 3
1.4 กรอบแนวคิด 5
1.5 ขอบเขตการศึกษา 6
1.6 นิยามศัพท์ 6
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8

บทที่ 2 วรรณกรรมและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

2.1 สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 9
2.2 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสาร 10
2.2.1 กระบวนการเคลื่อนย้ายสารในแหล่งน้ำ 10
2.2.2 กระบวนการเปลี่ยนรูปของสาร 11

2.2.2.1 ปฏิกิริยาการสลายตัวโดยแสง 11
2.2.2.2 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส 11
2.2.2.3 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน 11
2.2.2.4 ปฏิกิริยารีดักชัน 11
2.2.3 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสาร 12
2.2.3.1 ค่าการละลายของสารในน้ำ 12
2.2.3.2 การแตกตัวของสาร 12
2.2.3.3 การซับ 14
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสารพิษตกค้างในน้ำและดิน 15
2.3.1 ระดับน้ำ 15
2.3.1.1 ระยะข้าวเป็นต้นกล้า 15
2.3.1.2 ระยะข้าวแตกกอ 15
2.3.1.3 ระยะหลังข้าวออกดอก 15
2.3.2 ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำ 15
2.3.3 อุณหภูมิของน้ำ 16
2.3.4 ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด 16
2.3.5 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 16
2.3.6 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ 17
2.3.7 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน 17
2.3.8 ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน 18
2.4 การทำนาดำ 18
2.4.1 การปักดำ 18
2.4.2 การควบคุมระดับน้ำ 19
2.4.3 การใส่ปุ๋ย 19
2.4.4 การป้องกันกำจัดศัตรูข้าว 19
2.5 การจัดการแมลงศัตรูข้าวกับการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 19
2.6 การผสมสารกำจัดศัตรูพืช 20
2.7 การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร 21
2.7.1 เกษตรกรใช้สารเคมีชนิดที่องค์การอนามัยโลก จำแนกไว้ในกลุ่ม 1a และ 1b 21
2.7.2 การผสมสารเคมีหลายชนิด 22
2.7.3 ความถี่ของการใช้หรือฉีดพ่นสารเคมี 22

2.7.4 การสัมผัสสารเคมีของร่างกายผู้ใช้หรือฉีดพ่น 22
2.7.5 การเก็บสารเคมีและทำลายภาชนะบรรจุ 23
2.8 โคลีนเอสเตอเรส 23
2.8.1 true cholinesterase or acetyl cholinesterase (AChE) 23
2.8.2 plasma or pseudocholinesterase (PChE) or butyrylcholinesterase (BChE; BuChE) or serum cholinesterase 23
2.9 ผลกระทบต่อสุขภาพ 24
2.9.1 กลไกการเกิดพิษของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในร่างกาย 25
2.9.2 อาการพิษของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตต่อร่างกาย 26
2.9.2.1 พิษชนิดเฉียบพลัน 28
2.9.2.2 พิษชนิดเรื้อรัง 28
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 29

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 41

3.1 รูปแบบการวิจัย 41
3.2 สถานที่ศึกษา ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง 41
3.2.1 สถานที่ศึกษา 41
3.2.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 43
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 44
3.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ 45
3.3.1.1 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟี 45
3.3.1.2 เครื่องสเปคโทรโฟโต้มิเตอร์ ยูวี 49
3.3.1.3 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและดิน 49
3.3.2 แบบสัมภาษณ์ 50
3.4 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 52
3.4.1 แบบสัมภาษณ์เกษตรกรเกี่ยวกับการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 52
3.4.2 ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา 53
3.4.3 วิธีการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา 54
3.5 วิธีดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล 54

3.5.1 แผนการทดลอง 54
3.5.2 การผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 57
3.5.3 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 58
3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล 60
3.6.1 สิ่งแวดล้อม 60
3.6.1.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ 60
3.6.1.2 การเก็บตัวอย่างดิน 61
3.6.1.3 การเก็บตัวอย่างผลผลิตข้าว 62
3.6.2 เกษตรกร 62
3.6.2.1 แบบชุดสัมภาษณ์เกษตรกร 62
3.6.2.2 การเก็บตัวอย่างเลือด 63
3.6.2.3 การพิทักษ์สิทธิ์ 63
3.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ 63
3.7.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน 64
3.7.2 การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ 64
3.7.3 สถิติเชิงพรรณนา 64

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 65

4.1 การผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่มีต่อปริมาณสารพิษตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าว ได้แก่ น้ำ ดิน และข้าวเปลือก 65
4.1.1 ระดับน้ำและสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำในนาข้าว 65
4.1.1.1 ระดับน้ำในแปลงนาข้าว 66
4.1.1.2 อุณหภูมิของน้ำในนาข้าว 68
4.1.1.3 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในนาข้าว 71
4.1.1.4 ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำในนาข้าว 74
4.1.1.5 ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำในนาข้าว 77
4.1.1.6 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ 79
4.1.2 ปริมาณสารพิษตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในน้ำนาข้าว 82
4.1.3 สมบัติของดินในนาข้าว 91
4.1.3.1 ปริมาณอินทรียวัตถุและความหนาแน่นอนุภาคของดินในนาข้าว 91

4.1.3.2 ความเป็นกรด-เบสของดิน 92
4.1.3.3 ค่าการนำไฟฟ้าของดิน 94
4.1.3.4 ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน 97
4.1.4 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตกค้างในดินนาข้าว 101
4.1.5 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตกค้างในน้ำและดินนาข้าว 110
4.1.6 ผลผลิตข้าวเปลือก 114
4.1.7 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตกค้างในผลผลิตข้าวเปลือก 116
4.2 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตกับผลกระทบต่อสุขภาพเกษตรกร 120
4.2.1 ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของเกษตรกร 120
4.2.2 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 124
4.2.3 อาการและอาการแสดงทางสุขภาพของเกษตรกร 134
4.2.4 การตรวจเลือดหาระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา 136
4.2.5 ความสัมพันธ์ของปัจจัยส่วนบุคคลกับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา ของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี 137
4.2.6 ความสัมพันธ์ของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้ในนาข้าวกับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี 138
4.2.7 ความสัมพันธ์ของการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตกับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี 139
4.2.8 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตครั้งสุดท้ายภายใน 1 สัปดาห์กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี 148
4.2.9 ความสัมพันธ์ของผลกระทบต่อสุขภาพจากอาการและอาการแสดงของร่างกายกับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี 154

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 162

5.1 สรุปผลการวิจัย 163
5.1.1 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในน้ำ 162

5.1.2 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในดิน 163
5.1.3 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในผลผลิตข้าวเปลือก 163
5.1.4 ผลผลิตข้าวเปลือก 164
5.1.5 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี 165
5.1.6 ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี 165
5.1.7 ความสัมพันธ์ของการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตกับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี 166
5.1.8 ความสัมพันธ์ของปัจจัยส่วนบุคคลกับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี 166
5.1.9 ความสัมพันธ์ของระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมากับอาการและอาการแสดงของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี 167
5.2 ข้อเสนอแนะ 167

รายการอ้างอิง 169

ภาคผนวก 186

ภาคผนวก ก หนังสือรับรองอนุมัติด้านจริยธรรมการทำวิจัยในคน 187
ภาคผนวก ข ตัวอย่างหนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย 188
ภาคผนวก ค ผลวิเคราะห์ทางสถิติ 191
ภาคผนวก ง ปริมาณน้ำฝน 200
ภาคผนวก จ Calibration curves ค่า Correlation coefficient และค่า Retention time ของความเข้มข้นสารละลายมาตรฐาน 201
ภาคผนวก ฉ แบบสัมภาษณ์ 203
ภาคผนวก ช ผลการตรวจเลือดหาโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร 211

ประวัติการศึกษา 214

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณลักษณะของสารคลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพรฟีโนฟอส	12
2.2	แมลงศัตรูข้าวในแต่ละช่วงระยะการเจริญเติบโตของข้าวและตัวอย่างชนิดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้ในนาข้าว	20
2.3	การจัดลำดับความรุนแรงของสารพิษตามระดับความเป็นพิษ (ค่า LD_{50}) ต่อร่างกายมนุษย์ขององค์การอนามัยโลก	22
2.4	ผลกระทบต่อสุขภาพที่สำคัญจากการได้รับพิษสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต	27
2.5	อาการและอาการแสดงของร่างกายจากการได้รับพิษเฉียบพลันและพิษเรื้อรังของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตบางชนิด	29
3.1	จำนวนตัวอย่างของเกษตรกรแยกรายตำบล อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี	44
3.2	พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและดิน	50
3.3	อัตราการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตามปริมาณสารออกฤทธิ์ต่อพื้นที่	57
3.4	การใช้ชนิดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว 3 ระยะ ต่อพื้นที่แปลงนาข้าว 16 ตารางเมตร	58
4.1	ค่าเฉลี่ยระดับน้ำ (เซนติเมตร) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว	67
4.2	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว	70
4.3	ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว	73
4.4	ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำ ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว	76

4.5 ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในแปลงนาข้าว ที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว 78
4.6 ค่าเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) ในแปลงนาข้าว ที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว 81
4.7 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำในแปลงนาข้าว หลังการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันแล้ว 3 วัน ในวันที่ 30 ของอายุต้นข้าว 84
4.8 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำในแปลงนาข้าว หลังการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันแล้ว 3 วัน ในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว 87
4.9 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำในแปลงนาข้าว หลังการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันแล้ว 3 วัน ในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว 89
4.10 ค่าความเป็นกรด-เบสของดิน ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว 93
4.11 ค่าเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าของดิน (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) ในแปลงนาข้าว ที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว 96
4.12 ค่าเฉลี่ยความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกัน ตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว 99
4.13 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในดินในแปลง นาข้าวหลังการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันแล้ว 3 วัน ในวันที่ 30 ของอายุต้นข้าว 103
4.14 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในดินในแปลง นาข้าวหลังการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันแล้ว 3 วัน ในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว 105

4.15 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในดินในแปลงนาข้าวหลังการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันแล้ว 3 วัน ในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว 108
4.16 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตกค้างทั้งหมด (พีพีเอ็ม) ในน้ำและดิน ในวันที่ 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว หลังการฉีดพ่นสารในแต่ละครั้งแล้ว 3 วัน 112
4.17 ค่าเฉลี่ยผลผลิตข้าวเปลือก (กิโลกรัมต่อไร่) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 120 ของอายุต้นข้าว 115
4.18 ชนิดและปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในข้าวเปลือก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกัน ในวันที่ 120 ของอายุต้นข้าว 117
4.19 ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี 122
4.20 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี 129
4.21 จำนวนและร้อยละของเกษตรกรที่เคยมีอาการผิดปกติของร่างกาย ในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมา จากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี 135
4.22 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี จำแนกตามปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา 142
4.23 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตครั้งสุดท้าย ภายใน 1 สัปดาห์ก่อนการตรวจเลือดหาโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี จำแนกตามปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา 150
4.24 ผลกระทบต่อสุขภาพจากอาการและอาการแสดงของร่างกายจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี จำแนกตามปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา 155
4.25 จำนวนและร้อยละของเกษตรกร จำแนกตามระดับผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี 160

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	กลไกการทำงานของอะซิติลโคลีนและสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของเซลล์ประสาทร่างกาย	26
3.1	แผนที่อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี	42
3.2	การวางชุด micro plot และการปักดำต้นกล้าในแปลงทดลอง	55
3.3	การวางแปลงทดลอง	56
3.4	การใช้เครื่องยนต์พ่นแบบสะพายหลังในการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตามระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าว 3 ระยะ (ในวันที่ 27, 57 และ 87 ของอายุต้นข้าว)	60
4.1	ระดับน้ำเฉลี่ย (เซนติเมตร) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว	68
4.2	อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำ (องศาเซลเซียส) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว	71
4.3	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว	74
4.4	ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำ ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว	76
4.5	ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว	79
4.6	ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเฉลี่ย (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว	82

4.7 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำในแปลงนาข้าว หลังการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันแล้ว 3 วัน ในวันที่ 30 ของอายุต้นข้าว 85
4.8 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำในแปลงนาข้าว หลังการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันแล้ว 3 วัน ในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว 88
4.9 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำในแปลงนาข้าว หลังการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันแล้ว 3 วัน ในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว 90
4.10 ค่าความเป็นกรด-เบสของดิน ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว 94
4.11 ค่าเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าของดิน (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) ในแปลงนาข้าว ที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะ การเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว 97
4.12 ค่าเฉลี่ยความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ในแปลง นาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตาม ระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว 100
4.13 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในดินในแปลง นาข้าวหลังการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันแล้ว 3 วัน ในวันที่ 30 ของอายุต้นข้าว 104
4.14 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในดินในแปลง นาข้าวหลังการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันแล้ว 3 วัน ในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว 106
4.15 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในดินในแปลง นาข้าวหลังการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันแล้ว 3 วัน ในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว 109
4.16 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตกค้างทั้งหมด (พีพีเอ็ม) ในน้ำและดิน ในวันที่ 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว หลังการฉีดพ่นสารในแต่ละครั้งแล้ว 3 วัน 113

4.17 ผลผลิตข้าวเปลือกเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่) ระหว่างแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าวในวันที่ 120 ของอายุต้นข้าว 116
4.18 ชนิดและปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในข้าวเปลือก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกัน ในวันที่ 120 ของอายุต้นข้าว 118

รายการสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์/คำย่อ	คำจำกัดความ/คำเต็ม
%	percent
% EC	percentage of emulsifiable concentrate
℃	Celsius
µg/L	microlitte
กข 47	กรมการข้าว 47
ACh	acetylcholine
AChE	acetyl cholinesterase or cholinesterase
ADI	acceptable daily intake (mg kg^{-1} bw day^{-1})
a.i.	active ingredient
BChE or BuChE	butyrylcholinesterase
bw	body weight (kg)
CEC	cation exchange capacity (cmol kg^{-1})
CHE	Cholinesterase enzyme
Codex	Codex Alimentarius Commission
Db Soil Series	Doem Bang Series
DMSc	Department of Medical Science
DO	dissolved oxygen (mg l^{-1})
DT_{50}	degradation time (day)
EPN	ethyl-p-nitrophenyl phenylphosphonothioate
EC	electrical conductivity (µS cm^{-1})
E.C.	Enzyme Commission
EPA	Environmental Protection Agency
EU	European Union
FAO	Food and Agricultural Organization
FPD	flame photometric detector

สัญลักษณ์/คำย่อ	คำจำกัดความ/คำเต็ม
GC	gas chromatography
IOC	Index of Item - Objective Congruence
K_d	soil sorption capacity
K_{oc}	adsorption coefficient
K_{sw}	soil/water partition coefficient
LC_{50}	lethal concentration fifty (mg l^{-1})
LD_{50}	lethal dose fifty (mg kg^{-1})
LOD	limit of detection (mg l^{-1} or mg kg^{-1})
min	minute
MRLs	maximum residue limits (mg kg^{-1})
ND	not detectable
OM	organic matter (%)
OP	organophosphate pesticides
PPE	personal protective equipment
pH	acid - base
pKa	dissociation constant
PR	Pesticide Residue
RCBD	randomized complete block design
RD	Rice Department
Sec	second
$t_{1/2}$	half-life (day)
TDS	total dissolved solid (mg l^{-1})
TNO	The Netherlands Organization
W/V	weight by volume
WHO	World Health Organization

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมา

ปัญหาสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่างๆ ที่ถูกนำไปใช้อย่างไม่ถูกต้องหรือไม่เหมาะสมต่างๆ ได้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของมนุษย์เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะภาคเกษตรกรรมในประเทศกำลังพัฒนา รวมทั้งประเทศไทย ที่เปลี่ยนแปลงมาเป็นการเกษตรกรรมแผนใหม่หรือเกษตรกรรมเคมีเพื่อมุ่งเน้นการเพิ่มผลผลิต[1] ทำให้เกษตรกรนำสารเคมีต่างๆ มาใช้กันมากขึ้น และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งปุ๋ยเคมี ฮอร์โมนพืชสังเคราะห์ และที่สำคัญคือสารเคมีกำจัดศัตรูพืช[2] โดยเฉพาะสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (organophosphate pesticides) ซึ่งปัจจุบันเกษตรกรนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ในการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชต่างๆ รวมทั้งในนาข้าว[3]

จังหวัดสุพรรณบุรี มีพื้นที่ทำนาข้าวมากที่สุดของประเทศไทย ประมาณ 5,760,631 ไร่ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบลุ่มของแม่น้ำท่าจีน ที่มีระบบการชลประทานขนาดใหญ่ สามารถทำนาข้าวได้ตลอดทั้งปี[4] จากรายงานสำนักงานสถิติแห่งชาติ[5] ในปี 2554-2555 จังหวัดสุพรรณบุรี มีผลผลิตข้าวมากที่สุดของประเทศ คือ 808,558 ตัน โดยอำเภอสามชุกได้ผลผลิตข้าวเพิ่มสูงสุด คือ 90,600 ตัน เนื่องจากการทำนาเกษตรกรจะทำพร้อมๆ กัน ในพื้นที่ขนาดใหญ่และทำนาอย่างต่อเนื่อง ไม่ได้เว้นช่วงเวลาพักหรือการปลูกพืชหมุนเวียนชนิดอื่นๆ ทำให้เกิดปัญหาการระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืชทำลายข้าวและผลผลิตได้ง่าย[6] เช่น กรณีการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าวในอำเภอสามชุก ในปี พ.ศ. 2553 ส่งผลให้เกษตรกรมีการใช้สารเคมีอันตรายหลายชนิดเพิ่มขึ้น และมากเกินความจำเป็น[7] เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถทำได้อย่างรวดเร็วในพื้นที่กว้างขวาง ใช้แรงงานน้อย และเห็นผลเร็วที่สุด[8] โดยนาข้าวในจังหวัดสุพรรณบุรีมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชมากที่สุดถึง 15 ครั้ง ต่อ 1 ฤดูกาลเพาะปลูกข้าว อาจทำให้เกิดปัญหาแมลงศัตรูข้าวหลายชนิดดื้อต่อสารเคมี[9] ดังกรณีการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลอย่างรุนแรง ซึ่งเป็นการระบาดมากกว่าระดับเศรษฐกิจ (Economic threshold) อาจส่งผลให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ระบาด มีความต้านทานต่อสารเคมีที่ใช้ในนาข้าวมากขึ้น จากหลายสาเหตุ เช่น การทำเกษตรกรรมเชิงเดี่ยวที่ใช้สารเคมีในการทำนาข้าวติดต่อกันนาน คือ มีการปลูกข้าวตลอดทั้งปีโดยไม่พักดิน การปลูกข้าวพันธุ์ไม่ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชบางชนิดของเกษตรกร ทำให้เกิดการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น เช่น การใช้สารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ กลุ่มคาร์บาเมต หรือกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

บางชนิด เช่น คลอร์ไพริฟอส พาราไธออน ไตรอะโซฟอส และไดอะซินอน เป็นต้น ที่เกษตรกรใช้เพื่อป้องกันกำจัดแมลงชนิดอื่น เช่น หนอนกอ อาจทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลซึ่งอาจมีอยู่เพียงเล็กน้อยเพิ่มการระบาดมากขึ้น[10] นอกจากนี้ ยังอาจมีสาเหตุเกิดจากสารบางชนิดไปทำลาย ตัวห้ำตัวเบียนศัตรูตามธรรมชาติของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ถูกต้องไม่ตรงกับชนิดของแมลงหรือศัตรูข้าว และช่วงระยะเวลาที่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ไม่เหมาะสมกับการระบาดของแมลงศัตรูข้าว[9-11]

อย่างไรก็ตาม จากหลายสาเหตุดังกล่าวนั้น ผลจากการผสมและการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร นับได้ว่าเป็นสาเหตุสำคัญที่ส่งผลให้แมลงศัตรูพืชหลายชนิดสร้างความต้านทานต่อสารเคมีขึ้น[8-10] ทำให้แมลงศัตรูพืชมีการระบาดเพิ่มขึ้น มีสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม และที่สำคัญคือผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ ดังจะเห็นได้จากการหาความเสี่ยงต่อการเกิดพิษ[12] จากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของกระทรวงสาธารณสุข โดยการตรวจหาระดับโคลีนเอสเตอเรสในเลือดเกษตรกรทั่วประเทศ จำนวน 89,376 ราย พบว่า ร้อยละ 39 ของเกษตรกรมีความเสี่ยงทางสุขภาพ สำนักระบาดวิทยา[13] รายงานสถานการณ์การได้รับพิษจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (Pesticide poisoning) ปี 2550 มีผู้ป่วยทั้งหมด 1,452 ราย จากประชากรทั้งประเทศ พบผู้ป่วยอาชีพเกษตรกรรมมากที่สุด ร้อยละ 48.76 รองลงมา รับจ้างฉีดพ่นสารเคมี ร้อยละ 23.21 ผลการจำแนกสารพิษทั้งหมด พบสาเหตุการป่วยมากที่สุดมาจากสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ร้อยละ 10.61 รองลงมา คือ สารกำจัดวัชพืช ร้อยละ 5.51 ต่อมาในปี 2553 พบผู้ป่วยเพิ่มขึ้น คือ 2,158 ราย ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มเกษตรกรในภาคกลาง โดยเฉพาะจังหวัดสุพรรณบุรี ที่มีอัตราป่วยสูงสุด ติด 1 ใน 5 อันดับแรกของประเทศ คือ 12.08 ต่อประชากรแสนคน[14] เนื่องจากผลกระทบของการใช้สารกำจัดศัตรูพืชหลายชนิดที่มีความเป็นพิษสูงต่อสิ่งแวดล้อม และยังเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตรวมทั้งมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต เพราะสารกลุ่มนี้มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในร่างกาย (cholinesterase inhibitor) ส่งผลต่อระบบประสาทของร่างกาย ที่สำคัญคือการผสมและวิธีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตหลายชนิดที่มีความเป็นพิษสูงของเกษตรกร[15] คือจัดเป็นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่จำแนกไว้ในกลุ่ม 1a คือมีพิษร้ายแรงยิ่ง (Extremely toxic) เช่น อีพีเอ็น และในกลุ่ม 1b คือมีพิษร้ายแรงมาก (Very high toxic) เช่น คลอไพริฟอส[16] ซึ่งส่วนใหญ่เกษตรกรมีการใช้กันมากในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช ในการทำนาข้าวของอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี[15,17] ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกษตรกรสามารถหาซื้อได้ง่าย สะดวก ใช้แรงงานน้อย และเห็นผลเร็ว[8,10]

ดังนั้น การศึกษาเกี่ยวกับการผสมสารกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้ในนาข้าวของเกษตรกร โดยการวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้าง 4 ชนิด ได้แก่ คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพรฟีโนฟอส ซึ่งเป็นสารกำจัดศัตรูพืชที่เกษตรกรส่วนใหญ่[10,15,17] ในอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี มีการใช้กันมากในการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชในนาข้าวนั้น ว่ามีการตกค้าง

ปนเปื้อนในน้ำ ดิน และผลผลิตข้าวเปลือกหรือไม่ มากน้อยเพียงใด การผสมและการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร มีความสัมพันธ์กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาหรือไม่ อย่างไร ส่งผลกระทบต่อสุขภาพหรือไม่ รวมทั้งมีอาการและอาการแสดงของร่างกาย จากการได้รับหรือสัมผัสกับสารพิษเหล่านี้อย่างไร ทั้งนี้ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการปัญหาสารพิษตกค้างจากการประกอบอาชีพทำนาข้าว การเฝ้าระวังและส่งเสริมคุณภาพชีวิตประชาชน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกษตรกรชาวนาให้มีความปลอดภัยจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้างสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 4 ชนิด ได้แก่ คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพรฟีโนฟอส ในน้ำ ดิน และผลผลิตข้าวเปลือก

1.2.2 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตกับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาเกษตรกร

1.2.3 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาเกษตรกรกับผลกระทบต่อสุขภาพ

1.3 สมมติฐาน

1.3.1 การผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้ในนาข้าวของเกษตรกรมีผลต่อปริมาณสารพิษตกค้างในน้ำ ดินนา และข้าวเปลือก

H_0 : ปริมาณสารพิษตกค้างในน้ำ ดินนา และข้าวเปลือก ไม่ขึ้นกับการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้ในนาข้าวของเกษตรกร

H_1 : ปริมาณสารพิษตกค้างในน้ำ ดินนา และข้าวเปลือก ขึ้นกับการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้ในนาข้าวของเกษตรกร

หรือ

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$

H_1 : มี $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$ อย่างน้อย 1 คู่

โดยที่

μ_1 = ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตกค้าง 1 ชนิด

μ_2 = ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตกค้าง 2 ชนิด

μ_3 = ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตกค้าง 3 ชนิด

μ_4 = ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตกค้าง 4 ชนิด

1.3.2 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมีผลต่อระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาเกษตรกร

H_0 : ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาเกษตรกรไม่ขึ้นอยู่กับการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

H_1 : ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาเกษตรกรขึ้นอยู่กับการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

หรือ

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

โดยที่

μ_1 = ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาเมื่อมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตอย่างถูกต้อง

μ_2 = ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาเมื่อมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตอย่างไม่ถูกต้อง

1.3.3 ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาเกษตรกรมีผลกระทบต่อสุขภาพ

H_0 : ผลกระทบต่อสุขภาพเกษตรกรไม่ขึ้นกับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา

H_1 : ผลกระทบต่อสุขภาพเกษตรกรขึ้นกับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา

หรือ

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

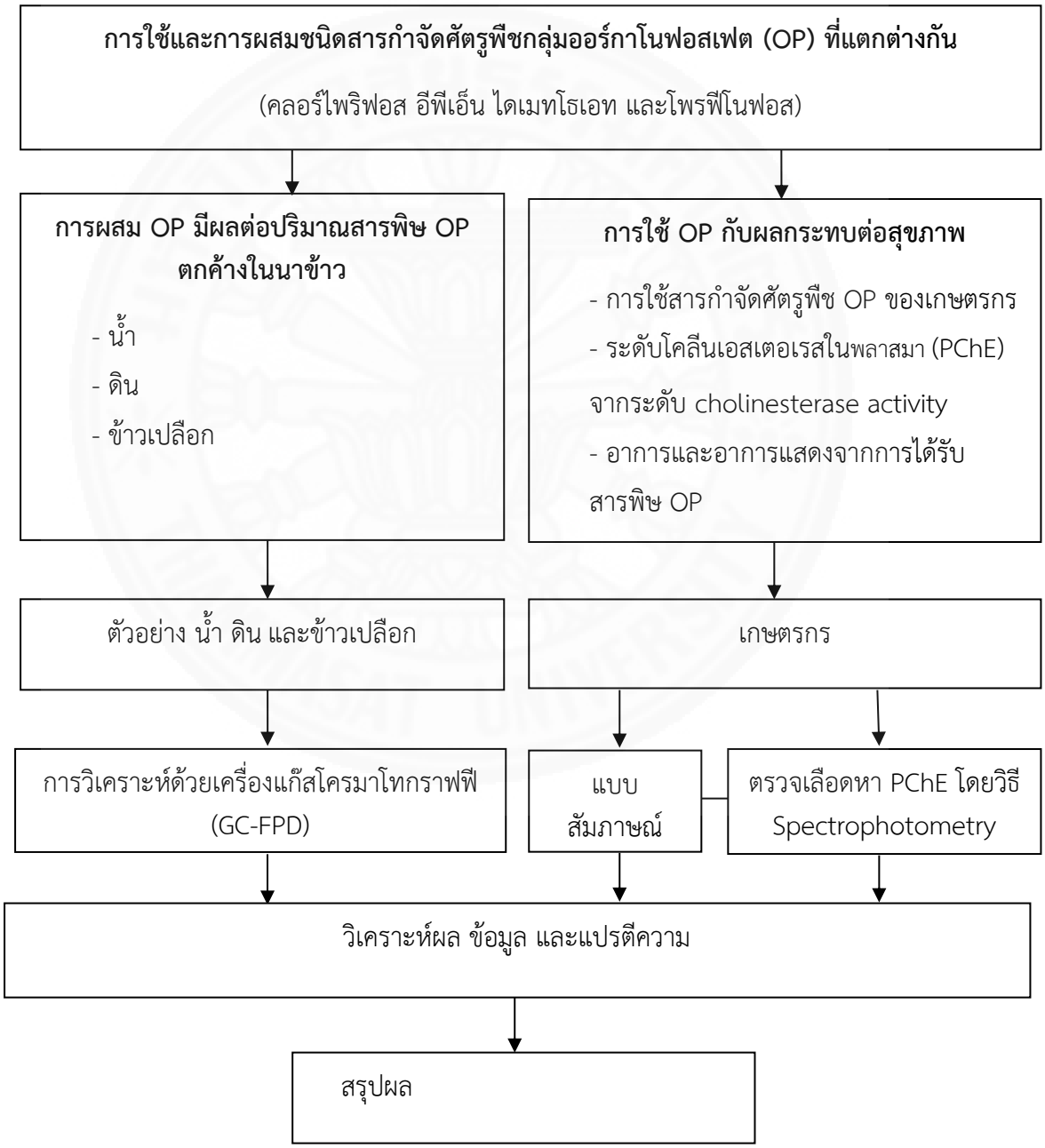
โดยที่

μ_1 = ผลกระทบต่อสุขภาพเมื่อระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาอยู่ในเกณฑ์ปกติ

μ_2 = ผลกระทบต่อสุขภาพเมื่อระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ

1.4 กรอบแนวคิด

การศึกษาปริมาณสารพิษตกค้าง จากการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 4 ชนิด คือ คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพรฟีโนฟอส ในน้ำ ดิน และผลผลิตข้าวเปลือกในนาข้าว รวมทั้งผลกระทบต่อสุขภาพเกษตรกร จากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี มีกรอบแนวคิด ดังนี้



1.5 ขอบเขตการศึกษา

1.5.1 ศึกษาการผสมและการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 4 ชนิด ได้แก่ คลอร์ไพริฟอส (ลอร์สแบน 40% อีซี) อีพีเอ็น (คูมิฟอส 45% อีซี) ไดเมทโธเอท (โอเรียล 40% อีซี) และโพรฟีโนฟอส (การูก้า 50% อีซี) ในน้ำ ดิน และข้าวเปลือก ในแปลงนาทดลอง ไม่รวมถึงสารอนุพันธุ์หรือการเปลี่ยนรูปอื่นของสารเคมี ระหว่างเดือนมิถุนายน - ตุลาคม 2556 พื้นที่ทำนาข้าว หมู่ที่ 5 บ้านวังหิน ตำบลย่านยาว อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

1.5.2 ศึกษาผลกระทบสุขภาพเกษตรกรอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี จากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าว เก็บข้อมูลระหว่างเดือนเมษายน - มิถุนายน 2557 โดยการสัมภาษณ์เกษตรกรเกี่ยวกับอาการและอาการแสดงของร่างกาย และการตรวจเลือดเกษตรกรเพื่อหาระดับโคลีนเอสเตอเรสจาก cholinesterase activity ในพลาสมา (plasma cholinesterase; PChE)

1.6 นิยามศัพท์

การผสมสารกำจัดศัตรูพืช หมายถึง การนำสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ คลอร์ไพริฟอส (ลอร์สแบน 40% อีซี) อีพีเอ็น (คูมิฟอส 45% อีซี) ไดเมทโธเอท (โอเรียล 40% อีซี) และโพรฟีโนฟอส (การูก้า 50% อีซี) มาผสมรวมกันใน 5 รูปแบบต่างๆ คือ (1) ไม่ฉีดพ่นสาร (2) ฉีดพ่นสาร 1 ชนิด (3) ผสมสาร 2 ชนิด (4) ผสมสาร 3 ชนิด และ (5) ผสมสารทั้ง 4 ชนิด แล้วนำไปใช้ฉีดพ่นเพื่อป้องกันกำจัดแมลงและศัตรูข้าวตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในการทำนาข้าวของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

การใช้สารกำจัดศัตรูพืช หมายถึง การปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ฉีดพ่นในนาข้าว เพื่อการป้องกันกำจัดแมลงและศัตรูข้าว ได้แก่ ชนิด ปริมาณ วิธีการ การผสม ระยะเวลา ความถี่ การจัดเก็บ การทำความสะอาดและการทำลายภาชนะบรรจุภัณฑ์ รวมทั้งการป้องกันตนเองของเกษตรกรจากสารกำจัดศัตรูพืช

สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต หมายถึง สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่มีฟอสฟอรัสเป็นสารประกอบสำคัญ ซึ่งเกษตรกรนำไปใช้ฉีดพ่น เพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวในนาข้าว ได้แก่ คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพรฟีโนฟอส เป็นต้น

สารพิษตกค้าง หมายถึง สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 4 ชนิด เช่น คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพรฟีโนฟอส ที่พบปริมาณสารตกค้างในน้ำ ดิน และ

ผลผลิตข้าวเปลือก โดยการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟี (Gas Chromatography - Flame Photometric Detector; GC-FPD)

นาข้าว หมายถึง การทำนาเพาะปลูกข้าวและการดูแลรักษาต้นข้าวในนา ตั้งแต่เริ่มเตรียมแปลงนา เพาะปลูกกล้า ไปจนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวเปลือก โดยเป็นการทำนาลักษณะข้าวนาสวน

ผลผลิตข้าว หมายถึง ปริมาณผลผลิตข้าวเปลือกในแปลงนาทดลอง จากการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวอายุ 120 วัน โดยการหาความชื้นและคำนวณผลผลิตข้าวเปลือกที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ มีหน่วยกิโลกรัมต่อไร่

เกษตรกร หมายถึง หัวหน้าครอบครัวหรือสมาชิกคนหนึ่งคนใดในครอบครัวที่ประกอบอาชีพหลัก คือการทำนาปลูกข้าว จากทะเบียนรายชื่อครอบครัวเกษตรกรอาชีพทำนา ของสำนักงานเกษตรอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี ปี 2555-2556 และมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในการป้องกันกำจัดศัตรูข้าว ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2557 ในพื้นที่อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

ระดับโคลีนเอสเตอเรส หมายถึง ปริมาณเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสจากการตรวจเลือดของเกษตรกร โดยการปั่นแยกพลาสมา (plasma) เพื่อวิเคราะห์หาระดับโคลีนเอสเตอเรสจากระดับ cholinesterase activity ในพลาสมา หรือ plasma cholinesterase หรือ pseudocholinesterase (PChE) หรือ butyrylcholinesterase (BChE or BuChE) โดยวิธี Spectrophotometry ตรวจวัดด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโต้มิเตอร์ (Spectrophotometer)

ผลกระทบต่อสุขภาพ หมายถึง อาการผิดปกติของร่างกายที่เปลี่ยนแปลงไปจากภาวะปกติ ซึ่งอาจเนื่องมาจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ทั้งในขณะที่ผสมสาร ฉีดพ่น การสัมผัสสารและการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่น เพื่อการป้องกันกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว ในรอบ 6 เดือน ที่ผ่านมา

อาการผิดปกติของร่างกาย หมายถึง ในรอบ 6 เดือน ที่ผ่านมา เกษตรกรเคยมีหรือเกิดอาการผิดปกติของระบบต่างๆ ในร่างกายที่เปลี่ยนแปลงไปจากภาวะปกติ อันเนื่องมาจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืช ในขณะผสมสาร ฉีดพ่น หรือหลังจากการสัมผัส และการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าว

อาการ หมายถึง ความผิดปกติของร่างกายเกษตรกรซึ่งรับรู้ได้จากความรู้สึกของร่างกาย เช่น คันตามตัว คลื่นไส้ วิงเวียนศีรษะ มึนงง ตาพร่า ปวดเมื่อยตามตัว แน่นหน้าอก ปวดมวนท้อง หัวใจเต้นเร็ว และหายใจลำบาก เป็นต้น โดยมีอาการเกิดขึ้นในขณะหรือหลังจากเกษตรกรมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าว

อาการแสดง หมายถึง ความผิดปกติของร่างกายที่แสดงหรือปรากฏออกมาของร่างกาย เช่น ผื่นแดง อาเจียน น้ำตาไหลออกมาก น้ำลายออกมาก เหงื่อออกมาก ปัสสาวะราด อุจจาระราด ตัวเขียว ชัก เกร็ง และหมดสติ เป็นต้น โดยมีอาการแสดงเกิดขึ้นในขณะหรือหลังจากเกษตรกรมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าว

พิษเฉียบพลัน หมายถึง การได้รับสารพิษในระยะเวลาสั้น คือน้อยกว่า 24 ชั่วโมง หรือภายใน 2-3 วัน โดยการได้รับเพียงครั้งเดียวหรือหลายครั้งก็ได้ จากการสัมผัสทำให้สารพิษเข้าสู่ร่างกายอย่างรวดเร็ว แล้วมีอาการและ/หรืออาการแสดงเป็นพิษให้เห็นภายใน 2 สัปดาห์

พิษเรื้อรัง หมายถึง การได้รับพิษเป็นระยะเวลานาน อาจได้รับทีละน้อยๆ จากการสัมผัสสารพิษเข้าสู่ร่างกายอย่างช้าๆ แล้วจึงมีอาการและหรืออาการแสดงเป็นพิษออกมาให้เห็น มักใช้เวลานานมากกว่า 2 สัปดาห์ หรืออาจนานหลายเดือนจนถึงเป็นปี

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ทราบปริมาณสารพิษตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 4 ชนิด คือ คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพรฟีโนฟอส ที่เกษตรกรใช้ฉีดพ่นเพื่อการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวตามระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าว ในน้ำ ดิน และผลผลิตข้าวเปลือก โดยนำไปใช้ในการจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในภาคเกษตรกรรม

1.7.2 ใช้เป็นข้อมูลด้านสุขภาพ และประโยชน์ด้านการสาธารณสุขในการดูแลรักษาสุขภาพของประชาชน จากการได้รับพิษสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต โดยการประเมินอาการและอาการแสดงของร่างกาย

1.7.3 นำผลไปใช้เป็นแนวทางการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม และสุขภาพของประชาชน และเสนอมาตรการในการป้องกันแก้ไขปัญหาการใช้สารกำจัดศัตรูพืช และสารพิษตกค้างในระบบสิ่งแวดล้อมนาข้าว

บทที่ 2
วรรณกรรมและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate pesticides) เป็นสารเอสเทอร์ของกรดฟอสฟอริค (Phosphoric acid; H_3PO_4)[17-18] ที่ได้มาจากธรรมชาติหรือสารสังเคราะห์ที่มนุษย์นำมาใช้กำจัด ทำลาย ขับไล่ ควบคุมและป้องกันสิ่งมีชีวิตหลายชนิดที่เป็นศัตรู และมารบกวนหรือมาเบียดเบียน การดำรงชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์และสัตว์เลี้ยง ใช้เป็นสารกำจัดแมลงที่เป็นพาหะของโรคและศัตรูพืช รวมถึงวัชพืชด้วย[19] ซึ่งจัดเป็นวัตถุอันตรายทางการเกษตรตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535[20]

รายงานกรมวิชาการเกษตร ในปี 2553 ประเทศไทยนำเข้าปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชรวมทั้งหมด 117,815 ตันของสารออกฤทธิ์ (มูลค่า 17,956 ล้านบาท) เป็นสารกำจัดแมลง 23,417 ตัน สารป้องกันและกำจัดโรคพืช 9,670 ตัน สารกำจัดวัชพืช 80,278 ตัน และสารอื่นๆ เช่น สารกำจัดไร กำจัดหนู กำจัดหอย สารกำจัดไส้เดือนฝอย และอื่นๆ 4,450 ตัน ในจำนวนนี้สารเคมีกำจัดแมลงที่มีปริมาณการนำเข้ามากที่สุดคือกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต รองลงมา คือ กลุ่มคาร์บาเมต กลุ่มออร์กาโนคลอรีน และกลุ่มไพรีทอยด์ ตามลำดับ อีกทั้งยังมีแนวโน้มการใช้เพิ่มขึ้นทุกปี[3] ซึ่งการที่สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ที่นิยมใช้กันอย่างมากและแพร่หลายในประเทศเกษตรกรรม เนื่องจากราคาไม่แพง มีประสิทธิภาพสูง ส่วนใหญ่ละลายน้ำได้ดี ระยะเวลาความคงทนต่ำ คือ สลายตัวได้เร็วหลังการใช้ประมาณ 3-15 วัน แต่สารกลุ่มนี้บางชนิดมีความคงทนในสิ่งแวดล้อม เช่น ในดินได้นาน 1-12 สัปดาห์ ตัวอย่างเช่น มาลาไธออน ไดอะซีนอน ส่วนไดโครโตฟอส และอีพีเอ็น สามารถตกค้างในดินที่มีความเป็นกลาง คือ ค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 7.0 ไม่กี่ชั่วโมงถึงหลายสัปดาห์ แต่จะอยู่ได้นานขึ้นหลายเท่าตัวในดินที่เป็นกรดเล็กน้อย บางชนิดมีความคงทนสูงในแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น โมโนโครโตฟอส มีค่าครึ่งชีวิตนานมากกว่า 6 เดือน ส่วนไดอะซีนอน มีค่าครึ่งชีวิตนาน 2-6 สัปดาห์[21] และบางชนิดละลายในไขมันได้ดี เช่น คลอร์ไพริฟอส ดังนั้น จึงยากที่จะหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนหรือการแพร่กระจายและการตกค้างของสารพิษเหล่านี้ในสิ่งแวดล้อมได้ ซึ่งดินเป็นแหล่งรองรับสารพิษตกค้าง รวมทั้งแหล่งน้ำที่จะเกิดการปนเปื้อนเนื่องจากฝนและน้ำชะหน้าดินผ่านพื้นที่ที่ใช้สารเคมี หรือจากการทิ้งสารหรือภาชนะเปื้อนสารเคมีลงในแม่น้ำ และลำคลอง นอกจากนี้ ยังพบสารพิษตกค้างในพืชอาหารผลผลิตการเกษตรที่ใช้สารเคมีเหล่านี้ ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อมนุษย์[22-23]

เนื่องจากตามปกติแล้ว สารกำจัดแมลงศัตรูพืชประเภทนี้ ส่วนใหญ่จะสลายตัวหมดหลังการฉีดพ่น ในระยะเวลา 1-12 สัปดาห์[19]

สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต มีมากมายหลายชนิดและมีจำหน่ายทั่วไป อาจมีชื่อการค้าหรือยี่ห้อเรียกแตกต่างกันตามผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่าย อย่างไรก็ตาม กลุ่มเกษตรกรต่างรู้จักกันเป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกษตรกรอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี[9,14-15,24-25] ใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญ ได้แก่ คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพรฟีโนฟอส เป็นต้น

2.2 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสาร

สารพิษ อาจแบ่งตามคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสาร ได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มของสารประกอบอนินทรีย์ (inorganic compound) หรือ เรียกว่า ionic or polar compound[26] ได้แก่ พวกสารประกอบที่ส่วนใหญ่มีขั้วและสามารถละลายน้ำได้ดี และกลุ่มของสารประกอบอินทรีย์ (organic compound) หรือ ที่เรียกว่า nonionic or nonpolar compound ได้แก่ พวกสารประกอบที่ส่วนใหญ่ไม่มีขั้วและละลายน้ำได้น้อย

การเคลื่อนย้ายและการกระจายของสาร ในสิ่งแวดล้อม สารประกอบอนินทรีย์ที่มีขั้วอาจทำให้เกิดการดูดซับกับอนุภาคต่างๆ เช่น ในน้ำจับกับธาตุที่มีประจุลบ ได้แก่ กลุ่มคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) กลุ่ม ไฮดรอกไซด์ (OH^-) หรือกลุ่มคลอไรด์ (Cl^-) เป็นต้น ทำให้ตกตะกอนและไม่เคลื่อนที่ ส่วนสารประกอบที่ละลายน้ำได้ดีจะละลายอยู่ในน้ำ และกระจายไปในทิศทางที่น้ำไหลตามความเร็วของกระแสน้ำ ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ประการ ได้แก่ กระบวนการเคลื่อนย้ายสาร กระบวนการเปลี่ยนรูปของสาร รวมทั้งสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสาร[22]

2.2.1 กระบวนการเคลื่อนย้ายสารในแหล่งน้ำ

กระบวนการเคลื่อนย้ายสารในน้ำ จะขึ้นอยู่กับรูปของสาร อาจอยู่ในรูปสารละลายหรือเกาะติดกับอนุภาคต่างๆ ถ้าสารละลายน้ำได้ดีจะเคลื่อนที่ไปพร้อมกับน้ำไหล ในขณะที่สารบางชนิดเกาะติดกับอนุภาคของตะกอนดิน โดยกระบวนการดูดซับ (sorption) ทำให้เกิดการสะสมในแหล่งน้ำ ลักษณะของแหล่งน้ำมีความสำคัญต่อการแพร่กระจายของสารเป็นอย่างยิ่ง นอกจากนั้น กระบวนการระเหย (volatilization) ของสาร และการดูดซึมสารของสิ่งมีชีวิต (biouptake) มีส่วนในการเคลื่อนที่ของสารในแหล่งน้ำด้วย สารพิษในน้ำสามารถแพร่ไปยังเฟสอื่น เช่น อากาศและตะกอนดิน จากสมบัติทางกายภาพและเคมีของสาร เช่น การละลาย และความดันไอ เป็นต้น สารที่ละลาย

น้ำได้น้อยมีแนวโน้มที่จะตกสะสมในตะกอนดิน ส่วนสารที่ละลายน้ำได้ดีจะไหลไปพร้อมกับน้ำได้ง่ายและไกลกว่า ในขณะที่สารที่มีความดันไอสูง จะระเหยไปอยู่ในอากาศ[26]

2.2.2 กระบวนการเปลี่ยนรูปของสาร

สภาพแวดล้อมมีปัจจัยหลายประการที่สามารถทำให้สารเปลี่ยนรูป เช่น ในน้ำ ปฏิกิริยาที่สำคัญ คือ ปฏิกิริยาการสลายตัวโดยแสง (photolysis) ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส (hydrolysis) ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) และการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ (microbial degradation) ส่วนในตะกอนดิน มีปฏิกิริยาที่สำคัญ คือปฏิกิริยารีดักชัน (reduction) และจุลินทรีย์จะมีบทบาทมากในการเปลี่ยนรูปของสารต่างๆ

2.2.2.1 ปฏิกิริยาการสลายตัวโดยแสง

เป็นปฏิกิริยาที่สารดูดซับพลังงานในรูปโฟตอน (photon) จากแสง ซึ่งอาจเป็นแสงในช่วงคลื่นยูวี ช่วงคลื่นที่ตามองเห็น หรือช่วงคลื่นอินฟราเรด ทำให้เกิดการแตกตัว เมื่อโมเลกุลของสารดูดซับพลังงานจากแสง จะทำให้โมเลกุลของสารถูกกระตุ้นไปอยู่ในสภาพ exited state แต่สภาพนี้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเพียงเสี้ยววินาที ซึ่งสารจะกลับมาอยู่ในสภาพ ground state พร้อมกับปล่อยพลังงานออกมาในรูปความร้อน หรือปล่อยพลังงานออกมาให้กับโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียง ทำให้โมเลกุลของสารที่อยู่รอบๆ เคลื่อนที่ชนกันจนเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้น จากกระบวนการนี้จึงทำให้สารสลายตัวหรือเปลี่ยนรูปได้

2.2.2.2 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส

เป็นปฏิกิริยาที่สารทำกับน้ำ โดยการที่น้ำแตกตัวเป็นประจุ หรือไอออนไฮดรอกไซด์ (hydroxide ion; OH^-) และไฮโดรเจน (hydrogen ion; H^+) ส่วนของ OH^- ของน้ำจะเข้าจับกับขั้วบวกของสารในน้ำเกิดเป็นสารใหม่ ในขณะที่ H^+ ของน้ำทำให้ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสที่เกิดนั้น ขึ้นกับสภาวะความเป็นกรด-เบส หรือค่า pH ของน้ำด้วย การที่สารแต่ละชนิดสามารถละลายน้ำได้ต่างกัน รวมทั้งค่าความเป็นกรด-เบสของแหล่งน้ำที่ต่างกัน ทำให้อัตราการเปลี่ยนรูปหรือสลายตัวของสารต่างกันไปตามสภาพแวดล้อมในขณะนั้น[26]

2.2.2.3 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน

เป็นกระบวนการที่โมเลกุลของสารสูญเสียอิเล็กตรอน (electron) หรืออาจกล่าวได้ว่า เป็นการเพิ่มอะตอมของออกซิเจนเข้าไปในโมเลกุลของสาร

2.2.2.4 ปฏิกิริยารีดักชัน

เป็นกระบวนการที่โมเลกุลของสารได้รับอิเล็กตรอน ซึ่งปฏิกิริยารีดักชันนั้นมีบทบาทสำคัญสำหรับการสลายตัวของสาร ในที่ที่มีอากาศน้อยหรือไร้อากาศหรือไม่มีออกซิเจน ทำให้เมื่อสารอยู่ในดินลึกที่มีความชื้นแต่ไร้อากาศ เช่น ดินขังน้ำ การสลายตัวของสารจะขึ้นกับปฏิกิริยารีดักชันเป็นส่วนใหญ่

2.2.3 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสาร

การกระจายของสารพิษในสิ่งแวดล้อม ขึ้นกับสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสาร ที่สำคัญ ได้แก่ ค่าการละลายของสารในน้ำ ค่าการแตกตัวของสาร และการซับ ดังตารางที่ 2.1

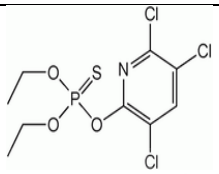
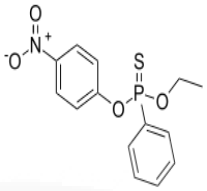
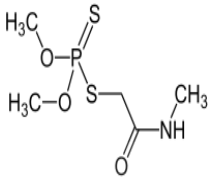
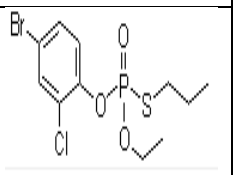
2.2.3.1 ค่าการละลายของสารในน้ำ

หมายถึงปริมาณสารที่อิ่มตัวในน้ำ สารพวกที่ไม่มีขั้ว เป็นสารที่ละลายน้ำได้น้อย เมื่อสารมีมวลโมเลกุลสูงขึ้นการละลายน้ำจะลดลง ในแหล่งน้ำทั่วไปหากสารพิษที่มีค่าการละลายน้ำสูง เมื่อถูกปล่อยลงไปในแหล่งน้ำ พฤติกรรมของสารคือสารจะละลายน้ำ แต่จะไม่ถูกดูดซับหรือถูกดูดซับไว้ในดินหรือตะกอนดินได้น้อยมาก การแพร่กระจายของสารจึงขึ้นกับความแรงและทิศทางของกระแสน้ำ ดังนั้น จากคุณสมบัติของสารในข้อนี้ สรุปได้ว่าสารที่มีค่าการละลายน้ำสูงจะมีการเคลื่อนที่ (mobility) สูงด้วย เช่น สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต นอกจากนั้นสารที่ละลายน้ำได้ดี ยังมีแนวโน้มที่จะทำปฏิกิริยากับน้ำได้ ทำให้สารเปลี่ยนรูปได้ จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส หรืออาจถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ เมื่อสารเปลี่ยนรูปเร็ว จึงอาจกล่าวว่าสารมีความคงตัวต่ำ และไม่สะสมในสิ่งมีชีวิตหรือสิ่งแวดล้อม รวมทั้งมีการถ่ายทอดผ่านห่วงโซ่อาหารน้อย ส่วนสารที่ละลายน้ำได้น้อยจะมีพฤติกรรมตรงข้ามกับสารที่ละลายน้ำได้ดี เช่น สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน สำหรับสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ศึกษาจำนวน 4 ชนิดนี้ พบว่าสารที่มีค่าการละลายน้ำสูงสุด คือโพรฟีโนฟอส เท่ากับ 28.0 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมา ไดเมทโธเอท อีพีเอ็น และคลอร์ไพริฟอส เท่ากับ 23.8, 6.6 และ 2.74 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ[27-29] (ตารางที่ 2.1) ซึ่งโดยทั่วไป สารที่มีค่าการละลายน้ำสูงกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงว่าละลายน้ำได้ดี[26]

2.2.3.2 การแตกตัวของสาร

เนื่องจากสารที่มีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อนหรือเบสอ่อน จะมีการแตกตัวโดยขึ้นกับค่าการแตกตัว (dissociation constant; pKa) ของสารเองกับค่าความเป็นกรด-เบสของสิ่งแวดล้อม กล่าวคือ เมื่อสารไปอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีค่าความเป็นกรด-เบสเปลี่ยนไป สารจะเกิดการแตกตัว ถ้ากระบวนการที่เกิดขึ้นทำให้สารไปอยู่ในสภาพที่ไม่แตกตัว (nonionized form) จะทำให้สารไม่ละลายน้ำ แต่ถูกดูดซับในดินหรือตะกอนดิน (adsorption) ได้ดี และเกิดการสะสมในสิ่งมีชีวิตได้ง่าย ซึ่งตรงกันข้ามกับสารที่อยู่ในสภาพที่แตกตัว (ionized form) จะละลายน้ำได้ดี และสามารถเคลื่อนที่ไปกับน้ำได้ง่ายกว่า แต่จะไม่สะสมหรือสะสมน้อยมากในสิ่งมีชีวิต ซึ่งสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ในจำนวน 4 ชนิดนี้ พบว่าสารที่มีค่าแตกตัวมากที่สุด คือ คลอร์ไพริฟอส เท่ากับ 4.55 รองลงมา อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพรฟีโนฟอส เท่ากับ 2.85, 2.0 และ 0.6 ตามลำดับ[27-29] ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะของสารคลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพรฟีโนฟอส[30]

รายการ	คลอร์ไพริฟอส (chlorpyrifos)	อีพีเอ็น (EPN)	ไดเมทโธเอท (dimethoate)	โพรฟีโนฟอส (profenofos)
สูตรโครงสร้าง				
สูตรทางเคมี	$C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$	$C_{14}H_{14}NO_4PS$	$C_5H_{12}NO_3PS_2$	$C_{11}H_{15}BrClO_3PS$
ลักษณะ[20]	เป็นของเหลว สีเหลือง	เป็นผงสีเหลืองอ่อน หรือเป็นของเหลว สีเหลืองเข้ม	เป็นผลึกของแข็งสีขาวหรือขาวอมเทา กลิ่นคล้ายการบูร	เป็นของเหลวสีเหลืองอ่อน กลิ่นคล้ายกระเทียม
การออกฤทธิ์[20]	สารดูดซึม	สารไม่ดูดซึม	สารดูดซึม	สารไม่ดูดซึม
ค่าการแตกตัวของสาร (pKa)[27-29]	4.55	2.85	2.0	0.6
ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ (K_{oc})[27-29]	6,070	4,000	8	869-3,162
ค่าการละลายน้ำ[27-29] (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.74	6.6	23.8	28.0
ค่าความเป็นกรด-เบส (pH)	8.0	7.5	9.0	7.8
ระดับขั้นความเป็นพิษและความเป็นอันตราย (WHO)	Class II ปานกลาง	Class Ia ร้ายแรงยิ่ง	Class II ปานกลาง	Class II ปานกลาง
ความเป็นพิษ[27-29]				
LD_{50} (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	97-276	14-26	215-245	358-400
LC_{50} (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.41	0.11	30.2	3.36

ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะของสารคลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพรฟีโนฟอส (ต่อ)

รายการ	คลอร์ไพริฟอส (chlorpyrifos)	อีพีเอ็น (EPN)	ไดเมทโธเอท (dimethoate)	โพรฟีโนฟอส (profenofos)
ค่าครึ่งชีวิต (วัน)[27-29] ในน้ำ ในดิน (pH 7.0, T 25 °C)	 35 12-30	 8 15-30	 7-8 4-16	 7-14.6 7-28
การสลายตัวของสาร[27-29] DT_{50} ในน้ำ (วัน) DT_{50} ในดิน (วัน) (pH 7.0, T 25 °C)	 1.5 (pH 8.0) 3	 6.2-9.2 (pH 7.0) 15	 4.4 (pH 9.0) 2.6	 14.6 (pH 7.0) 7
ใช้ก่อนการเก็บเกี่ยว	7-14 วัน	14-21 วัน	7-14 วัน	21 วัน
ตัวอย่างชื่อการค้า	คลอร์ไพริฟอส ลอร์สแบน คลอร์ดีน	อีพีเอ็น คูมิฟอส ซันฟอส อีซี่น็อค ฟาร์มทรัสต์	ไดเมทโธเอท โอเรียล ไดโฟเมท เดทเมท รอกซิน	โพรฟีโนฟอส การูก้า โปรครอน ซีลีครอน นาวีต้า

2.2.3.3 การซับ

การซับ (sorption) สารในดินขึ้นกับชนิดของสารและปัจจัยต่างๆ ในดิน สารพิษหรือมลพิษที่เป็นสารประกอบอนินทรีย์ เป็นสารมีขั้วซึ่งสามารถจับกับอนุภาคดินเหนียว (clay particle) และแตกตัวเป็นประจุต่างๆ ตามสภาพความเป็นกรด-เบส ในดิน สารกลุ่มนี้อาจทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนประจุ (ion exchange) กับธาตุอาหารที่สำคัญในดิน เช่น โซเดียม (Na^+) และโพแทสเซียม (K^+) เป็นต้น โดยทั่วไปธาตุอาหารที่มีวาเลนซีสูงกว่าจะแลกเปลี่ยนกับธาตุที่มีวาเลนซีต่ำกว่า เช่น $Al^{3+} > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ = NH_4^+ > Na^+$ ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้ธาตุอาหารที่ถูกแลกเปลี่ยนหลุดออกจากอนุภาคดินและถูกชะไปกับน้ำโดยง่าย ส่วนพวกสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นพวกไม่มีขั้ว การถูกดูดซับจะขึ้นกับปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของดินเป็นส่วนใหญ่ ค่าที่แสดงการดูดซับสารในดินคือค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งส่วนของสารระหว่างดินและน้ำ (soil/water partition coefficient; K_{sw} หรือ soil sorption capacity; K_d) สารที่มีค่า K_d สูง แสดงว่าสารถูกดูดซับในดินได้ดี ส่วนสารที่มีค่า K_d ต่ำ แสดงว่าสารจะไปอยู่ในน้ำในดิน ถ้าฝนตกลงมาหรือมีน้ำไหลบ่ามามากในบริเวณที่สารสะสมอยู่ สารจะถูกชะออกไปได้ง่าย ซึ่งค่า K_d ของสารนั้นจะเปลี่ยนไปตามชนิดของดิน โดยพบว่าอินทรียวัตถุในดินจะเป็นตัวดูดซับสารเอาไว้

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสารพิษตกค้างในน้ำและดิน

2.3.1 ระดับน้ำ

ระดับน้ำหรือปริมาตรของน้ำ ในการทำนาข้าวนับเป็นปัจจัยที่สำคัญ เนื่องจากระดับน้ำที่เหมาะสมในระยะต่างๆ ของการปลูกข้าวแตกต่างกัน คือ[31]

2.3.1.1 ระยะข้าวเป็นต้นกล้า

ในนาหว่านน้ำตม จะทำการระบายน้ำออกจากแปลงเทือก เพื่อให้ดินหมาดๆ จนกว่าต้นข้าวจะสูงประมาณ 7-10 เซนติเมตร แล้วจึงระบายน้ำเข้านาให้น้ำอยู่บริเวณโคนต้นกล้า 3-5 เซนติเมตร แล้วค่อยเพิ่มระดับน้ำ และถ้าเป็นการปักดำกล้า ระดับน้ำในการปักดำ ควรมีระดับน้ำในนาน้อยที่สุด เพียงแค่คลุมผิวดินเพื่อป้องกันวัชพืช และประคองต้นข้าวไว้ไม่ให้ล้ม ในระยะ 7-10 วันแรกหลังการปักดำ การควบคุมระดับน้ำหลังปักดำก็เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะระดับน้ำลึกอาจจะทำให้ต้นข้าวแตกกอน้อยทำให้ผลผลิตต่ำ ควรควบคุมให้ระดับน้ำอยู่ประมาณ 10 เซนติเมตร[32]

2.3.1.2 ช่วงข้าวแตกกอ

ช่วงข้าวแตกกอ ระดับน้ำที่เหมาะสม คือ ประมาณ 5-10 เซนติเมตร เพื่อให้ข้าวสามารถเจริญเติบโตได้ดี จนถึงช่วงระยะข้าวสร้างรวงอ่อนหรือกำเนิดช่อดอก ถึงข้าวออกดอก ควรมีระดับน้ำ 10-20 เซนติเมตร[31-32]

2.3.1.3 หลังข้าวออกดอก

ควรควบคุมระดับน้ำในนาไปจนกระทั่งหลังข้าวออกดอกแล้ว 15-20 วัน จึงปล่อยให้น้ำลดระดับลงจนแห้งก่อนเก็บเกี่ยว เพื่อให้ดินพอมีความชื้นและเครื่องจักรลงทำงานเก็บเกี่ยวได้ ระดับน้ำนอกจากจะมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของข้าวแล้ว ยังมีผลต่อค่าการละลายของสารและ แร่ธาตุ สิ่งเจือปนต่างๆ ในน้ำ เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำส่งผลต่อจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตในน้ำ ผลต่อปริมาณและความเข้มข้นของสารละลายในแหล่งน้ำ รวมทั้งพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ความเป็นกรด-เบส ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ ค่าศักย์ไฟฟ้า และค่าการนำไฟฟ้า เป็นต้น

2.3.2 ค่าความเป็นกรด - เบส

ค่าความเป็นกรด-เบส หรือ ค่า pH มีผลต่อปฏิกิริยาในดิน และต่อสมบัติการแลกเปลี่ยนแคตไอออน มีผลต่อการแตกตัวของไอออน รวมทั้งการละลายน้ำของสารต่างๆ ทั้งนี้เพราะไฮโดรเจนไอออน (H^+) และไฮดรอกซิลไอออน (OH^-) ซึ่งเป็นไอออนที่สามารถดูดซับได้เป็นอย่างดี โดยทั่วไปการดูดซับของสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น เมื่อค่าความเป็นกรด-เบส ลดลง[33] สำหรับค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำ โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 5.0-9.0[34] ซึ่งค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำ จะมีผลต่อปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส อัตราการย่อยสลาย และค่าครึ่งชีวิตของสารในน้ำเป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีผลทำให้

ประสิทธิภาพของสารกำจัดศัตรูพืชลดลงได้ ถ้าค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำ ไม่เหมาะสมกับคุณสมบัติทางเคมีของสารกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิด ถ้าน้ำมีค่าความเป็นกรด-เบส ระหว่าง 7.0-9.0 จะทำให้สารกำจัดศัตรูพืชเกือบทั้งหมดถูกทำลายไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเกิดปฏิกิริยากับสารเคมีในน้ำที่เป็นเบส (Alkaline hydrolysis) โดยอัตราการเสื่อมประสิทธิภาพของสารกำจัดศัตรูพืชจะแสดงด้วยค่าครึ่งชีวิตหลังการผสมสาร[35] โดยทั่วไปน้ำที่เหมาะสมสำหรับการผสมสารกำจัดศัตรูพืช คือ มีความเป็นกรดอ่อนๆ หรือค่าความเป็นกรด-เบส อยู่ระหว่าง 4.0-6.0

2.3.3 อุณหภูมิของน้ำ

อุณหภูมิ (temperature) ของน้ำมีผลในด้านการเร่งปฏิกิริยาทางเคมี ซึ่งจะส่งผลต่อการลดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ โดยเฉพาะปฏิกิริยาชีวเคมีของจุลินทรีย์ในน้ำ จะเกิดอย่างรวดเร็ว ทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำเพิ่มจำนวนมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำถูกใช้ไปอย่างรวดเร็ว โดยอุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสมต่อปฏิกิริยาเคมีของแบคทีเรีย อยู่ระหว่าง 25.0-35.0 องศาเซลเซียส[36] นอกจากนี้ ยังมีผลต่ออัตราเร็วและขีดความสามารถในการละลายและการดูดซับของสาร คือ อัตราเร็วจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิ แต่ความสามารถในการดูดซับจะมีค่าลดลงที่อุณหภูมิสูงขึ้น และจะมีค่าเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ อาจเนื่องจากเป็นปฏิกิริยาแบบคายความร้อน ซึ่งแหล่งน้ำโดยทั่วไป มีค่าไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส[34,36]

2.3.4 ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด

ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (total dissolved solid; TDS) มีความเกี่ยวข้องกับ ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) และความขุ่น (turbidity) ในแหล่งน้ำทั่วไปควรมีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร[37] เพราะถ้ามีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดอยู่มาก จะลดการส่องถึงของแสง ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ เนื่องจากมีผลต่อการสังเคราะห์แสง อัตราที่ลดลงของการสังเคราะห์แสง ทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลง และยังทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำ เพราะอนุภาคสารแขวนลอยและของแข็งละลายในน้ำ ดูดซับความร้อนจากแสงไว้ และยังสามารถรวมตัวกับสารพิษหรือโลหะหนักที่อยู่ในน้ำ ทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลงยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ยังขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารที่แตกตัวเป็นไอออนที่มีประจุไฟฟ้า เช่น ปุ๋ยเคมี และสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ทำให้เกิดการนำไฟฟ้าขึ้น

2.3.5 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

น้ำผิวดินที่มีคุณภาพดีโดยทั่วไป มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen; DO) อยู่ระหว่าง 5.0-8.0 มิลลิกรัมต่อลิตร[34] ถ้าแหล่งน้ำที่ได้รับสารพิษหรือมลพิษต่างๆ จะมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลงตามเวลา แต่เมื่อเวลาผ่านไปปริมาณออกซิเจนละลายน้ำก็สามารถเพิ่มขึ้นได้ จากการละลายของออกซิเจนในอากาศ การเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนละลายน้ำ ใน

สิ่งแวดล้อมมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิน้ำ กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิน้ำสูงขึ้น การเกิดเมตาบอลิซึมในสิ่งมีชีวิตจะสูงขึ้น ทำให้ต้องการออกซิเจนมากขึ้น เช่น กระบวนการหายใจของจุลินทรีย์ ทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลง แต่ขณะเดียวกันที่อุณหภูมิน้ำสูงขึ้นด้วย[26] นอกจากนี้ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ยังมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนรูปของสาร โดยจะขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำด้วย

2.3.6 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ

ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity; EC) ใช้เป็นดัชนีวัดคุณภาพของน้ำ โดยบ่งบอกถึงความสามารถของการนำกระแสไฟฟ้า[37] ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไอออนโดยรวมในน้ำหรือความเข้มข้นทั้งหมดของสารที่มีประจุที่ละลายอยู่ในน้ำ ชนิดของสารที่มีประจุแต่ละชนิดและอุณหภูมิของน้ำขณะนั้น โดยทั่วไปค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ คือถ้าในน้ำนั้นมีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดมากและอุณหภูมิของน้ำสูง จะส่งผลต่อค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นด้วย ซึ่งแหล่งน้ำปกติโดยทั่วๆ ไป จะมีค่าการนำไฟฟ้า อยู่ระหว่าง 150-300 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร[34,36]

2.3.7 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

อินทรียวัตถุในดิน (organic matter; OM) โดยทั่วไปมีอยู่น้อย ประมาณร้อยละ 1.0-2.0 ซึ่งจัดอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง[38] แต่ความสามารถในการดูดซับไอออนของอินทรียวัตถุในดินจะสูงกว่าคอลลอยด์อื่นๆ ตั้งแต่ 2-30 เท่า ในดินโดยทั่วไปปริมาณของแคตไอออนที่ถูกดูดซับโดยอินทรียวัตถุในดิน อยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 30-90 ของปริมาณที่ดินดูดซับได้ทั้งหมด[39]

ความสามารถในการดูดซับนี้ เป็นผลมาจากประจุลบที่มีอยู่เป็นจำนวนมากของอินทรียวัตถุในการดูดซับแคตไอออน นอกจากนี้ โมเลกุลของอินทรียวัตถุในดินยังมีประจุบวกอยู่บางส่วน จึงทำให้มีความสามารถในการดูดซับแอนไอออนด้วย[26] เนื่องจากในการดูดซับสารประเภทที่มีขั้วหลายชนิด เช่น สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต อาจเกิดการแทนที่กับธาตุต่างๆ ในดิน โดยอาศัยแรงดึงดูดได้หลายชนิด เช่น แรงวันเดอร์วาว (Van der Waal's force) พันธะไฮโดรเจน (H-bonding) แรงดึงดูดระหว่างขั้ว (dipole-dipole interaction) และการเกาะติดทางเคมี (chemical sorption) เป็นต้น ขณะที่บางส่วนถูกดูดซับ โดยกรดฮิวมิคและกรดฟลูวิคของอินทรียวัตถุ ซึ่งกรดทั้งสองชนิดนี้มีส่วนประกอบของอนุมูลคาร์บอซิลิก (-COOH) ที่แตกตัวได้ง่าย ทำให้ปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนประจุเกิดขึ้น นอกจากนี้ อินทรียวัตถุในดินยังมีความสามารถในการซับน้ำไว้ได้ในปริมาณมาก คือ ประมาณ 6-20 เท่าของน้ำหนัก เนื่องจากเป็นอนุภาคขนาดเล็ก และมีลักษณะเป็นสารคอลลอยด์ จึงมีพื้นที่ผิวในการดูดซับน้ำไว้ได้มากเป็นพิเศษ และยังเป็นสารประกอบที่มีประสิทธิภาพสูง ในการยึดเกาะหรือรวมตัวกับอนุภาคต่างๆ โดยเฉพาะอนุภาคดินเหนียว เซลล์จุลินทรีย์ และแร่ธาตุต่างๆ ได้เป็นอย่างดี ซึ่งการจับตัวกันเกิดขึ้น เพราะอินทรียวัตถุมีความสามารถในการดูดซับแคตไอออนได้สูง และมีความ

ต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบสได้ดี เพราะดินจะรักษาสมดุลระหว่าง H^+ ที่ดูดซับอยู่ที่ผิวอนุภาคดินกับ H^+ ในสารละลายดิน[40]

สำหรับดินในจังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ทำนาข้าว ส่วนใหญ่จะมีลักษณะโดยทั่วไปเป็นเนื้อดินพวกดินเหนียว มีสีน้ำตาลหรือน้ำตาลปนเทา พบจุดประสีน้ำตาลปนแดง เนื้อดินประกอบด้วยอนุภาคดินทราย ดินร่วน และดินเหนียว จัดเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam)[40-42] โดยจัดตามอนุกรมวิธานดิน (Soil Taxonomy) อยู่ในอันดับดิน Alfisols อันดับย่อย Aqualfs กลุ่มดินใหญ่ Endoaqualfs กลุ่มดินย่อย Aeric (Plinthic) วงศ์ดิน Fine, Kaolinitic, Isohyperthermic ในชุดดินที่ 7 ชื่อชุดดินเดิมบาง (Doem Bang Series: Db) ซึ่งเป็นดินมีปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างน้อยถึงปานกลาง[38] คือ ร้อยละ 1.5-2.0 ค่าความเป็นกรด-เบส ระหว่าง 5.5-7.0 คือเป็นกรดถึงเป็นกลาง ค่าการนำไฟฟ้าค่อนข้างสูง[39,43] จัดเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีการระบายน้ำค่อนข้างเลว ส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์ในการทำนาปลูกข้าว ซึ่งให้ผลผลิตค่อนข้างสูง ถ้าหากมีการชลประทานและการจัดการน้ำที่ดี

2.3.8 ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน

ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity: CEC) คือ ผลรวมของแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ ซึ่งดินหรือดินเหนียวหรือวัสดุอื่นๆ ดูดซับไว้ได้[44] สารคอลลอยด์ในดิน มีทั้งประจุลบและประจุบวก แต่ปกติแล้วจะมีประจุลบมากกว่าประจุบวก ดังนั้น ดินทั่วไปคอลลอยด์ในดินจึงเป็นประจุลบ และสามารถดูดซับประจุบวกได้มากกว่า โดยประจุบวกที่ถูกยึดเกาะไว้นั้นถูกดูดยึด ไม่แข็งแรงนักจะเคลื่อนไหวตลอดเวลา และสามารถแลกเปลี่ยนกับประจุที่อยู่ในสารละลายชั้นนอกได้[39] ส่วนใหญ่เนื้อดินละเอียด เช่น ดินเหนียว จะมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง คือ มากกว่า 30 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ในขณะที่ดินทราย มีค่าเพียง 1-5 เซนติโมลต่อกิโลกรัม โดยทั่วไปดินที่มีความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนได้ดี จะอยู่ในช่วง 15-30 เซนติโมลต่อกิโลกรัม เช่น ดินร่วนปนเหนียว เป็นต้น

2.4 การทำนาดำ

2.4.1 การปักดำ

เป็นวิธีการนำต้นกล้าที่ได้จากการเพาะเมล็ดข้าวให้งอก แล้วถอนต้นกล้าไปปักดำในนาที่เตรียมดินไว้ ซึ่งพันธุ์ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงหรือข้าวนาปรัง[32] เช่น ข้าวพันธุ์ กข 47 ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวที่สามารถปลูกได้ทั้งปี โดยเฉพาะการปลูกข้าวนาปี ในเขตพื้นที่นาระบบการชลประทานในเขตภาคกลางของประเทศ เนื่องจากให้ผลผลิตค่อนข้างดีคือเฉลี่ย 793 กิโลกรัมต่อไร่[45-46] มีลำต้นแข็งแรง

โดยจะปักดำเมื่อต้นกล้าอายุ 20-25 วัน ปักดำ จับละ 5 ต้น ลึก 5 เซนติเมตร ระยะปักดำระหว่างแถวและระหว่างกอ คือ 20 x 20 เซนติเมตร เพื่อให้ข้าวแตกกอใหม่ได้เต็มที่[9]

2.4.2 การควบคุมระดับน้ำ

การควบคุมระดับน้ำในการปักดำ ควรมีระดับน้ำในนาน้อยที่สุด เพื่อป้องกันวัชพืชในแปลงนาและประคองต้นข้าวไม่ให้ล้ม การควบคุมระดับน้ำหลังปักดำเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งคือให้ระดับน้ำอยู่ในระดับความลึกประมาณ 10 เซนติเมตร เพราะถ้าน้ำมากเกินไป จะทำให้ต้นข้าวแตกกอน้อย แต่ถ้าระดับน้ำน้อยกว่า 10-15 เซนติเมตร จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว เช่น ต้นเตี้ยและแคระแกรน เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ได้ผลผลิตต่ำ[25]

2.4.3 การใส่ปุ๋ย

โดยมีการใส่ปุ๋ยเคมีหลังจากปักดำต้นกล้าในนา จำนวน 3 ครั้ง ได้แก่ ครั้งแรก ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต (สูตร 16-20-0) ในอัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ หลังจากปักดำ 5 วัน คือ เมื่อข้าวตั้งตัวได้แล้ว ครั้งที่ 2 ช่วงกำเนิดช่อดอก ใส่ปุ๋ยยูเรีย (สูตร 46-0-0) ในอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ คือ ต้นข้าวอายุ 55 วัน และครั้งที่ 3 ในระยะสืบพันธุ์ เมื่อข้าวเริ่มออกรวง ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต (สูตร 16-20-0) อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ คือเมื่อต้นข้าวอายุ 85 วัน[32]

2.4.4 การป้องกันกำจัดศัตรูข้าว

แมลงศัตรูข้าวมีมากมายหลายชนิด สามารถพบได้ในทุกระยะของการทำนาตั้งแต่การเพาะเมล็ดจนกระทั่งการเก็บเกี่ยวผลผลิต (ตารางที่ 2.2) ปัจจุบันเกษตรกรนิยมใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชมากมายหลายชนิด ที่สำคัญ คือสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต เช่น คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพรฟีโนฟอส ในการฉีดพ่นเพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าว ตามระยะการเจริญเติบโตของข้าวในแต่ละระยะ

2.5 การจัดการแมลงศัตรูข้าวกับการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

การจัดการแมลงศัตรูข้าว ที่พบโดยทั่วไปในนาข้าว ของสำนักวิจัยและพัฒนาข้าว[45] แบ่งตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว โดยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะแรก คือระยะเวลาการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ตั้งแต่เมล็ดงอก ต้นกล้า และแตกกอ ระยะที่สองเป็นระยะสืบพันธุ์ คือ ตั้งแต่ระยะย่างปล้อง สร้างรวงอ่อนถึงแทงช่อดอก ออกรวง และดอกบาน และระยะที่สาม เป็นระยะสร้างเมล็ด คือระยะเมล็ดน้ำนม เมล็ดเริ่มแข็งตัว และระยะสุกแก่[46] ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แมลงศัตรูข้าวในแต่ละช่วงระยะการเจริญเติบโตของข้าว และตัวอย่างชนิดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้ในนาข้าว[46]

ระยะการเจริญเติบโตของข้าว	แมลงศัตรูข้าวที่พบบ่อย	ตัวอย่างสารกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต
1. ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (ข้าวอายุ 0-30 วัน)	แมลงวันเจาะยอดข้าว เพลี้ยไฟ หนอนกอ เพลี้ยจักจั่นสีเขียว เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล หนอนกินใบ เพลี้ยอ่อน เพลี้ยแป้ง หนอนปลวก ตั๊กแตน	คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท ไดโครโตฟอส ไตรอะโซฟอส ไดอะซีนอน พาราไธออน มาลาไธออน ไดคลอร์วอส และโพรฟิโนฟอส เป็นต้น
2. ระยะสืบพันธุ์ (ข้าวอายุ 31-60 วัน)	หนอนกินใบ หนอนกอ เพลี้ยไฟ เพลี้ยจักจั่นสีเขียว เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล หนอนผีเสื้อ	คลอร์ไพริฟอส ไดโครโตฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท ไตรอะโซฟอส ไดอะซีนอน พาราไธออน โพรฟิโนฟอส ไดคลอร์วอส เป็นต้น
3. ระยะสร้างเมล็ด (ข้าวอายุ 61-120 วัน)	เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล มวนข้าว ไรทำลายช่อดอก	คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท โพรฟิโนฟอส และพาราไธออน เป็นต้น

ในการจัดการแมลงศัตรูข้าว เพื่อให้ได้ผลที่ดีนั้น พบว่ายังขึ้นกับความเหมาะสมกับชนิดพันธุ์ข้าวที่เกษตรกรเพาะปลูก ในการศึกษานี้ ใช้พันธุ์ข้าวเจ้าชนิดไม่ไวต่อช่วงแสง คือข้าวพันธุ์ กข 47 (RD 47) เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ของอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี นิยมปลูกกันมาก[47] เพราะเป็นพันธุ์ที่เหมาะสำหรับปลูกในพื้นที่นาชลประทาน ในเขตภาคกลางและภาคเหนือตอนล่าง ลักษณะทั่วไปเป็นข้าวเจ้า สูงประมาณ 90-100 เซนติเมตร ลำต้นแข็งมาก ใบสีเขียว มุมใบธงกว้างปานกลาง รวงยาว อายุเก็บเกี่ยวนาหว่านน้ำตมประมาณ 104-107 วัน และนาปักดำ 112-120 วัน ซึ่งกรมการข้าว ได้แนะนำใช้เป็นทางเลือกของเกษตรกรชาวนา ปลูกในการป้องกันการแพร่ระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และโรคไหม้ได้ดี เพราะค่อนข้างต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลดีกว่าพันธุ์ กข 41 และค่อนข้างต้านโรคไหม้ดีกว่าพันธุ์พิษณุโลก 2 และให้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์สูง คือ เฉลี่ยประมาณ 793 กิโลกรัมต่อไร่[46]

2.6 การผสมสารกำจัดศัตรูพืช

การผสมสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร มีความสำคัญยิ่งในการฉีดพ่นป้องกันกำจัดแมลงและศัตรูข้าว ในการทำนาข้าวลักษณะการเกษตรกรรมแผนใหม่หรือเกษตรกรรมเคมี[1] โดยมีการ

ผสมสารกำจัดศัตรูพืชแตกต่างกันทั้งจำนวน ชนิด ปริมาณ และอัตราการใช้สารออกฤทธิ์ เป็นต้น[48-50] ทั้งนี้ อาจจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของตัวเกษตรกรเอง เพื่อนบ้านชาวนาด้วยกัน ร้านค้าหรือตัวแทนขายปุ๋ยและสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในแต่ละพื้นที่ รวมทั้ง ตามคำแนะนำของหน่วยงานภาครัฐ[51-53] เช่น สำนักงานเกษตรจังหวัด เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ยังมีวิธีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชตามผังการผสมสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชบางชนิด ของกรมวิชาการเกษตร กลุ่มงานวิจัยการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช[54] ที่เกษตรกรสามารถนำมาผสมรวมกันฉีดพ่นได้ เช่น คลอร์ไพริฟอส โพรฟีโนฟอส และไดเมทโธเอท ในขณะที่ยังมีสารบางชนิดห้ามผสมรวมกันในการฉีดพ่น เนื่องจากจะทำให้มีความเป็นพิษสูงขึ้น เช่น คลอร์ไพริฟอส ห้ามผสมกับโพรพาไกด์ หรือไดเมทโธเอทและไดคลอร์วอสห้ามผสมรวมกับไทดิคาร์บ เป็นต้น รวมทั้ง อีพีเอ็น ที่เกษตรกรมักจะนำไปผสมรวมกับสารชนิดอื่นๆ ในการฉีดพ่นป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าว[50,54] เพราะมีฤทธิ์ในการทำลายแมลงได้หลายชนิด เนื่องจากมีความเป็นพิษสูง[55] ซึ่งองค์การอนามัยโลกจัดอยู่ในระดับ Ia คือ พิษร้ายแรงยิ่ง[57] โดยมีค่าความเป็นพิษ (LD_{50}) 26-28 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม[27-29]

จะเห็นได้ว่า การผสมสารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรมีหลายอย่าง โดยเฉพาะสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตหลายชนิดที่นำมาผสมรวมกัน เพื่อใช้ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชในการทำนาข้าวนั้น สามารถแบ่งออกได้หลายรูปแบบตามจำนวนชนิดของสารที่นำมาผสมรวมกัน[54] และยังขึ้นอยู่กับชนิดของแมลงศัตรูข้าว ในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตของข้าว[9] จนกระทั่งถึงระยะการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวเปลือก เป็นต้น

2.7 การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร

ในประเทศกำลังพัฒนาทั่วโลก มีผู้ป่วยด้วยพิษเฉียบพลันจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ปีละประมาณ 3 ล้านคน[58] จากรายงานการศึกษาของกระทรวงสาธารณสุข พบว่า ปัจจัยที่ทำให้ได้รับสารพิษกำจัดศัตรูพืช มักเกิดจากการปฏิบัติตนไม่ถูกต้อง[59] แม้ว่าส่วนใหญ่จะทราบอันตรายและทราบว่าควรทำอย่างไร และผลการศึกษาของ Murphy[57] ผู้เชี่ยวชาญทางด้านพิษวิทยา องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agricultural Organization; FAO) พบว่าปัจจัยที่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์อันดับต้นๆ คือ

2.7.1 เกษตรกรใช้สารเคมีชนิดที่องค์การอนามัยโลก จำแนกไว้ในกลุ่ม 1a และ 1b

คือมีพิษร้ายแรงยิ่ง (Extremely toxic) และมีพิษร้ายแรงมาก (Very high toxic) ตามลำดับ ทำให้มีความเสี่ยงสูง ส่งผลให้เกิดการเจ็บป่วยแก่เกษตรกรที่ใช้สารพิษ โดยเฉพาะสารทั้งสองกลุ่มดังกล่าว ซึ่งองค์การอนามัยโลก (World Health Organization; WHO) ได้จัดลำดับความ

รุนแรงของสารพิษในรูปของ lethal dose fifty หรือ ค่า LD_{50} ซึ่งหมายถึงระดับความเป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์ โดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การจัดลำดับความรุนแรงของสารพิษตามระดับความเป็นพิษ (ค่า LD_{50}) ต่อร่างกายมนุษย์ขององค์การอนามัยโลก[57]

ระดับความรุนแรง	ค่า LD_{50} (มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัวเป็นกิโลกรัม)	
	ชนิดผง (มิลลิกรัม)	ชนิดน้ำ (มิลลิกรัม)
Ia = อันตรายร้ายแรงยิ่ง	<5	<20
Ib = อันตรายร้ายแรงมาก	5-50	20-200
II = อันตรายปานกลาง	50-500	200-2000
III = อันตรายน้อย	500-2000	2000-3000
IV = อันตรายน้อยที่สุด	>2000	>3000

2.7.2 การผสมสารเคมีหลายชนิด

ในการใช้หรือฉีดพ่นในครั้งเดียว ซึ่งเป็นลักษณะที่ทำให้เกิดความเข้มข้นสูง เกิดการแปรสภาพโครงสร้างของสารเคมี เมื่อเกิดการเจ็บป่วยแพทย์จึงไม่สามารถรักษาได้ เนื่องจากไม่มียารักษาโดยตรง ทำให้มีโอกาสเสียชีวิตสูง

2.7.3 ความถี่ของการใช้หรือฉีดพ่นสารเคมี

หมายถึง จำนวนครั้งที่เกษตรกรใช้ฉีดพ่น ซึ่งเมื่อฉีดพ่นบ่อยโอกาสที่จะสัมผัสกับสารเคมีก็เป็นไปตามจำนวนครั้งที่ฉีดพ่น ทำให้ได้รับสัมผัสสารเคมีในปริมาณที่มาก เกิดการสะสมในร่างกาย และตกค้างในผลผลิต รวมทั้งระยะเวลาในการใช้สารกำจัดศัตรูพืชฉีดพ่นในแต่ละครั้งของเกษตรกร คือยิ่งใช้เวลานานยิ่งมีความเสี่ยงในการได้รับสัมผัสพิษสารเคมี[26]

2.7.4 การสัมผัสสารเคมีของร่างกายผู้ใช้หรือฉีดพ่น

บริเวณผิวหนัง เป็นพื้นที่ที่มากที่สุดของร่างกาย หากผู้ใช้สารเคมีไม่มีการป้องกันหรือเสื้อผ้าที่เปียกเปื้อนสารเคมี โดยเฉพาะบริเวณมือและขา ทำให้มีความเสี่ยงสูง ทั้งนี้ เพราะว่าสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ส่วนใหญ่ถูกผลิตมาให้ทำลายแมลงโดยการทะลุทะลวง หรือดูดซึมเข้าทางผิวหนังของแมลง รวมทั้งให้แมลงกินแล้วตาย ซึ่งผิวหนังของคนที่มีความอ่อนนุ่มกว่าผิวหนังของแมลง จึงง่ายต่อการดูดซึมเข้าทางต่อมเหงื่อของร่างกาย นอกเหนือจากการสูดละอองเข้าทางจมูกโดยตรง จึงทำให้มีความเสี่ยงต่ออันตรายมากกว่าแมลงมากมาย

2.7.5 การเก็บสารเคมีและทำลายภาชนะบรรจุ

พฤติกรรมการเก็บสารเคมี และทำลายภาชนะบรรจุไม่ถูกต้อง ทำให้เป็นอันตรายต่อผู้อยู่อาศัย โดยเฉพาะเด็กๆ และสัตว์เลี้ยง[59]

2.8 โคลีนเอสเตอเรส

โคลีนเอสเตอเรส (Cholinesterase enzyme: ChE; E.C. 3.1.1)[60] เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบประสาทและการสื่อประสาทในร่างกาย ซึ่งมีปัจจัยหลายประการที่มีผลเกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ ได้แก่ เพศ อายุ ภาวะหรือโรคบางชนิด เช่น โรคหัวใจ โรคตับ โรคไตเรื้อรัง โรคอัลไซเมอร์ เป็นต้น[61] โดยเฉพาะอย่างยิ่งการได้รับสารเคมีที่มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานเอนไซม์นี้ เช่น สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต[61-62] ซึ่งในร่างกายมีเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส จำนวน 2 ชนิด ได้แก่

2.8.1 true cholinesterase or acetyl cholinesterase (AChE)

หรือ อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส (acetylcholinesterase: AChE; E.C. 3.1.1.7)[60] เป็นเอนไซม์ซึ่งจะอยู่ในเม็ดเลือดแดง (red blood cell; RBC) และระบบประสาท (peripheral nerve system) ที่จับอยู่บนบริเวณผิวของบริเวณรอยต่อของส่วน cholinergic synapse ทำหน้าที่ทำลายสารอะซิติลโคลีน (Acetylcholine; ACh) ที่หลั่งออกจากปลายประสาท รวมทั้งในภาวะความเป็นพิษของร่างกายจากการได้รับพิษสารเคมีบางชนิด เช่น กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต[63]

2.8.2 plasma or pseudocholinesterase (PChE) or butyrylcholinesterase (BChE; BuChE) or serum cholinesterase

บิวทิวริลโคลีนเอสเตอเรส (butyrylcholinesterase: BuChE; E.C. 3.1.1.8)[60] เป็นเอนไซม์ที่พบได้ทั่วไปในร่างกาย โดยเฉพาะในตับ และพบมากที่สุดในพลาสมา (plasma) มีหน้าที่ทำลายสารอะซิติลโคลีน (ACh) และ hydrolysis esters อื่นๆ เช่น propanidid, procaine, benzoylcholine และ succinylcholine รวมทั้งสารพิษกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต[63] ซึ่งในการวินิจฉัยผู้ที่ได้รับพิษจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชบางชนิด ในทางพิษวิทยาและนิติเวชศาสตร์ นิยมใช้ตรวจเลือด เพื่อวัดระดับการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในน้ำเลือด หรือพลาสมาหรือซีรั่ม (plasma or serum) เพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ระดับการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช[60,64] เนื่องจากสามารถบอกภาวะความเป็นพิษต่อตับได้[65-66] ซึ่งค่าปกติของเอนไซม์ชนิดนี้ มีช่วงค่อนข้างกว้างและแตกต่างในแต่ละกลุ่มอายุและเพศ โดยทั่วไปส่วนใหญ่กำหนดค่าปกติอยู่ระหว่าง 4,000 - 12,000 ยูนิตต่อลิตร[67]

เนื่องจากระดับการทำงานของเอนไซม์ cholinesterase สามารถใช้หาปริมาณการได้รับสารพิษหรือสารเคมีบางชนิดที่อาจตกค้างหรือสะสมอยู่ในร่างกาย โดยวิธีการตรวจหาระดับของโคลีนเอสเตอเรสที่ถูกทำลายจากสารพิษหรือสารเคมี แล้วเหลืออยู่ในระดับใด โดยเฉพาะสารเคมีในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและกลุ่มคาร์บาเมต เช่น วิธีตรวจหาระดับโคลีนเอสเตอเรสในเลือด จากเม็ดเลือดแดง พลาสมา หรือซีรั่ม[68] ด้วยใช้กระดาษทดสอบโคลีนเอสเตอเรส เรียกว่า “reactive paper” อ่านผลโดยการเทียบสีที่เปลี่ยนไปกับแผ่นเทียบสีมาตรฐาน โดยแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ ระดับปกติ ระดับปลอดภัย ระดับมีความเสี่ยง และระดับไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพ ซึ่งเป็นวิธีการตรวจสอบทางคุณภาพที่รวดเร็ว (qualitative screening) จึงเหมาะสมสำหรับใช้ทดสอบในภาคสนาม[69]

อย่างไรก็ตาม อีกวิธีหนึ่งซึ่งนิยมใช้ในงานวิจัยและการทดลอง คือการตรวจวิเคราะห์หาระดับ cholinesterase activity ในเลือด ได้แก่ เม็ดเลือดแดง (red blood cell) และในพลาสมาหรือซีรั่ม (plasma or serum)[70-71] เช่น ด้วยวิธี Spectrophotometry โดยอ่านค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ 30 วินาที ที่ความยาวคลื่น 405 และ 415 นาโนเมตร (nm) เนื่องจากผลการตรวจวัดค่าของระดับ cholinesterase activity ที่ตรวจวัดได้จะเป็นค่าเชิงปริมาณที่มีความแม่นยำมากกว่าเชิงคุณภาพ[53-54] ดังสมการที่ 2.1 และ 2.2

$$\text{butyrylthiocholine} + H_2O \xrightarrow{\text{CHE}} \text{thiocholine} + \text{butyrate} \qquad (2.1)$$

$$\text{thiocholine} + \text{potassium hexacyanoferrate (III)} \longrightarrow \text{dithiobis (choline)} + \text{potassium hexacyanoferrate (III)} \qquad (2.2)$$

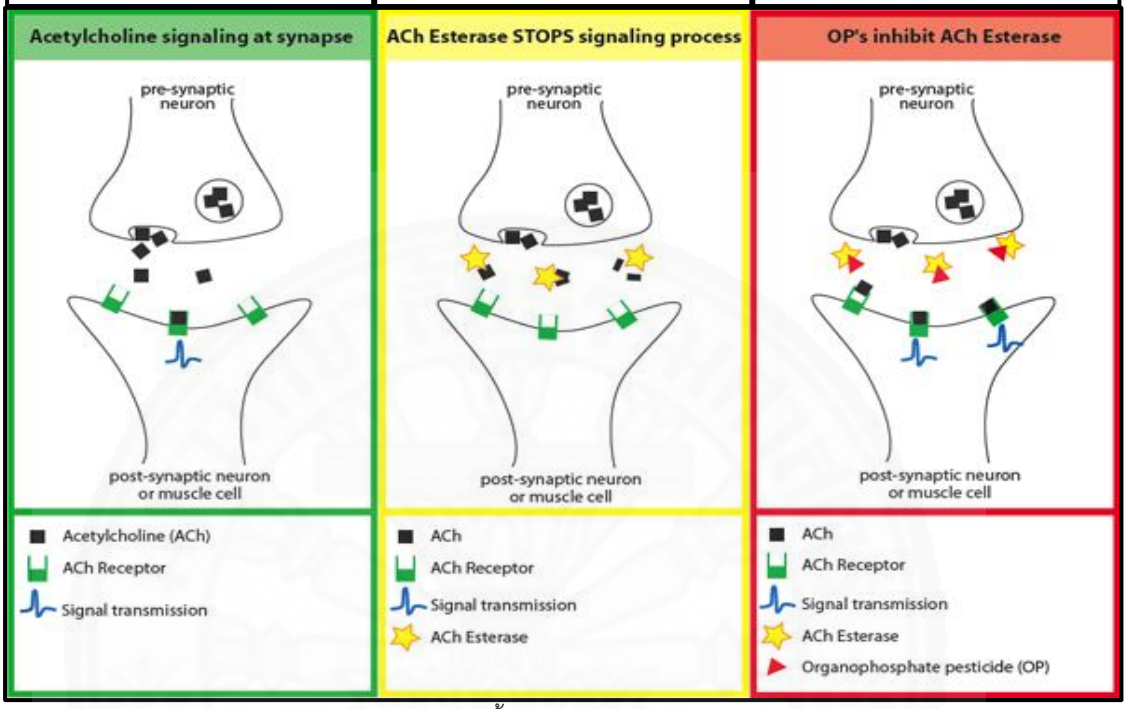
2.9 ผลกระทบต่อสุขภาพ

ผลกระทบต่อสุขภาพ (health effects) จากการได้รับพิษสารกำจัดศัตรูพืชทั้งหมด “เมื่อเปรียบเทียบปัญหาการเกิดภาวะเป็นพิษจากสารเคมีทางการเกษตร สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตจัดเป็นสาเหตุอันดับต้นๆ เป็นปัญหาที่พบได้บ่อยที่สุด และสำคัญที่สุดของประเทศไทย และพยาธิสรีรวิทยาของการเกิดพิษค่อนข้างซับซ้อน ทำให้รักษายาก ผู้ป่วยมีอัตราการตายสูง”[71] ทั้งนี้ เนื่องจากสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมีความเป็นพิษสูงต่อสิ่งมีชีวิต[17,72-73] โดยเฉพาะการออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทของร่างกาย จากการจัดลำดับความเป็นพิษขององค์การอนามัยโลก จัดอยู่ใน Class 1b คือเป็นอันตรายสูง (highly hazardous) และจัดอยู่ใน Category 1 ของสำนักปกป้องสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency; EPA) คือ เป็นพิษอย่างสูง (highly toxic)[74]

2.9.1 กลไกการเกิดพิษของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในร่างกาย

การเกิดพิษสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ส่วนใหญ่จะถูกดูดซึมได้ดีทางผิวหนัง ทางเดินอาหาร และทางปอด แล้วกระจายไปตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย พบมากที่ตับ และระบบประสาท สารในกลุ่มนี้ออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส (acetyl cholinesterase; AChE) ในระบบประสาทส่วนกลางแบบถาวร (irreversible)[71] โดยมีกลไกการทำงานของอะซิลติลโคลีน และสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ของช่องว่างระหว่างเซลล์ประสาท (synapse) ในร่างกาย[75] ดังภาพที่ 2.1 (ก) มีขบวนการที่เรียกว่า “aging” เกิดตามมาภายหลัง AChE ที่ถูกจับไว้เป็นเสมือนเอนไซม์ที่ตายแล้ว จึงไม่สามารถคืนกลับสู่สภาพเดิมได้ ทำให้ไม่สามารถทำลายสารอะซิติลโคลีน (ACh) ที่เป็นสารสื่อสัญญาณประสาท (neurotransmitter) ชนิดที่เรียกว่า acetylcholine จึงไม่เกิดปฏิกิริยา hydrolysis[76] ตามปกติของร่างกายได้ ส่งผลให้มีการคั่งสะสมของ ACh และไปยับยั้งการทำงานของ neurotoxic esterase enzyme ที่ขั้วประสาท cholinergic กระบวนการนี้เกิดขึ้นทั้งในแมลงและมนุษย์ ดังภาพที่ 2.1 (ข) และเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิด delayed polyneuropathy ของระบบประสาทและสมอง เมื่อมี ACh สะสมมากๆ ขึ้น และกระตุ้นให้เซลล์ประสาทหรือกล้ามเนื้อบริเวณนั้นทำงานอย่างต่อเนื่อง[77] ดังภาพที่ 2.1 (ค) ซึ่งเมื่อเริ่มมีอาการทางคลินิกของระบบประสาท cholinergic ถูกกระตุ้น คือ ตั้งแต่เกือบทันทีถึงหลายชั่วโมงหลังจากได้รับสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต[75] และส่งผลให้ร่างกายเกิดความเหนื่อยล้า เกร็ง และมีอาการชักอย่างต่อเนื่อง ถ้ารุนแรงอาจเสียชีวิต[63,71] แตกต่างจากสารกลุ่มคาร์บาเมตที่จะยับยั้งการทำงานของ AChE แบบไม่ถาวร (reversible) และไม่มีขบวนการ aging ขึ้น จึงทำให้ AChE ถูกยับยั้งในระยะเวลาที่สั้นกว่า[78-80] ซึ่งไม่ส่งผลต่อระบบประสาทและสมอง โดยผลจากข้อมูลงานวิจัยที่ผ่านมา[81-83] พบว่ายิ่งระดับโคลีนเอสเตอเรสของร่างกายลดลงมากเท่าไร อาการและอาการแสดงจากการสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตก็มีมากขึ้นเท่านั้น[75]

1.อะซิติลโคลีนส่งสารสื่อสัญญาณประสาทผ่านช่องว่างระหว่างเซลล์ประสาท	2.กระบวนการยับยั้งสารสื่อสัญญาณประสาทของโคลีนเอสเตอเรส	3.สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตยับยั้งการทำงานของอะซิติลโคลีนเอสเตอเรส



(ก) ACh ในเซลล์ประสาท (ข) Ach ยับยั้ง ACh Esterase (ค) OP จับรวมตัวกับ ACh Esterase

ภาพที่ 2.1 กลไกการทำงานของอะซิติลโคลีนและสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของเซลล์ประสาทร่างกาย[75]

2.9.2 อาการพิษของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตต่อร่างกาย

ผลกระทบต่อสุขภาพจากการได้รับพิษสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตนั้น ผู้ที่ได้รับสารพิษกลุ่มนี้ อาจมีอาการและอาการแสดงต่างๆ แตกต่างกันออกไป[84-85] ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารพิษแต่ละชนิด (toxic substance) ปริมาณ ความเข้มข้น ระยะเวลา และการเข้าสู่ร่างกายของสารพิษ (routs of exposure)[77,83,86] ทั้งนี้ ผลกระทบต่อสุขภาพจากอาการและอาการแสดงของร่างกาย (signs & symptoms) จากการได้รับพิษสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตโดยทั่วไป[63,87] มีดังนี้

(1) ผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้เหนื่อยง่าย เวียนศีรษะ ปวดศีรษะ มือสั่น ขาสั่น เดินโซเซ ชัก หมดสติ และช็อกได้

(2) ผลต่อกล้ามเนื้อ เกิดอาการกล้ามเนื้ออ่อนล้า ตะคริว หนังตากระตุก

(3) ผลต่อต่อมต่างๆ ได้แก่ น้ำลาย น้ำตา หรือเหงื่อออกมากผิดปกติ

(4) ผลต่ออวัยวะส่วนอื่นๆ ทำให้เกิดตาพร่ามัว คลื่นไส้ อาเจียน ปวดเกร็งท้องหรือกระเพาะอาหาร ท้องร่วง ไอ น้ำมูกไหล แน่นหน้าอก หายใจขัด

นอกจากนี้แล้ว สารในกลุ่มนี้บางชนิดยังอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพและระบบต่างๆ ของร่างกายจากการได้รับพิษสาร ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ผลกระทบต่อสุขภาพจากการได้รับพิษสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต[88]

ผลต่อสุขภาพ	สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต			
	คลอร์ไพริฟอส	อีพีเอ็น	ไดเมทโธเอท	โพรฟีโนฟอส
ยับยั้งโคลีนเอสเตอเรส (cholinesterase inhibitor)	✓	✓	✓	✓
ระบบประสาท (neuro toxicant)	✓	✓	?	✓
ระบบทางเดินหายใจ (respiratory tract irritant)	✗	✓	-	?
ผิวหนัง (skin irritant)	✓	✓	✓	✓
ตา (eye irritant)	✗	?	✓	?
ระบบต่อมไร้ท่อ (endocrine disrupter)	?	?	?	-
สารก่อมะเร็ง (carcinogen)	✗	-	?	✗
กาลวิรูปในทารก (teratogenic effect)	?	✓	-	-

หมายเหตุ: ✓ = ใช่, ทราบแน่ชัดว่าเป็นสาเหตุ

✗ = ไม่ใช่, ทราบแน่ชัดว่าไม่ใช่สาเหตุ

? = อาจเป็นสาเหตุ, ยังไม่ระบุแน่ชัด

- = ไม่มีข้อมูลยืนยัน

อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปผลกระทบต่อสุขภาพจากอาการพิษของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต สามารถแบ่งออกตามระยะเวลาการเกิดพิษของร่างกายได้ 2 ชนิด ดังต่อไปนี้

2.9.2.1 พิษชนิดเฉียบพลัน

พิษชนิดเฉียบพลัน (acute toxicity) หมายถึง การได้รับพิษของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในระยะเวลาสั้น คือน้อยกว่า 24 ชั่วโมง อาจได้รับเพียงครั้งเดียวหรือหลายครั้งก็ได้ จากการดูดซึมสารพิษเข้าสู่ร่างกายอย่างรวดเร็ว แล้วมีอาการและหรืออาการแสดงเป็นพิษให้เห็นภายใน 2 สัปดาห์ เช่น วิงเวียนศีรษะ (vertigo) คลื่นไส้ (dizziness) สับสน (confusion) พูดไม่ชัด (dysarthria) เดินเซ (ataxia) ชักเกร็ง (seizure) หมดสติ (coma) เป็นต้น และจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากขึ้น หากการได้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตจำนวนหลายชนิดพร้อมกัน หรืออาจได้รับสารพิษชนิดเดียวกันแต่หลายทางเข้าสู่ร่างกาย จะเป็นการเพิ่มฤทธิ์ (additive toxicity) หรือเสริมฤทธิ์ (synergy toxicity) ทำให้เกิดอาการพิษเฉียบพลันและรุนแรงมากขึ้น[63] ดังตารางที่ 2.5

2.9.2.2 พิษชนิดเรื้อรัง

พิษชนิดเรื้อรัง (chronic toxicity) หมายถึง การได้รับพิษของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตเป็นระยะเวลานาน จากการดูดซึมสารพิษของสารกลุ่มนี้เข้าสู่ร่างกายอย่างช้าๆ โดยอาจได้รับทีละน้อยๆ แล้วสะสมไว้ภายในร่างกาย นานเป็นระยะเวลาช่วงหนึ่ง แล้วจึงมีอาการและหรืออาการแสดงเป็นพิษออกมาให้เห็น ส่วนใหญ่ใช้เวลานานมากกว่า 2 สัปดาห์ ขึ้นไป หรือบางรายอาจนานเป็นปี เช่น มีอาการทาง nicotinic effects ก่อให้เกิดอาการทางกล้ามเนื้อลาย[63] ได้แก่ กล้ามเนื้ออ่อนแรง (muscle fasciculation) ตะคริว (cramping) และอ่อนเพลีย (weakness) หรืออาการมือสั่น (tremors) ซีด (pallor) หัวใจเต้นช้า (bradycardia) และการเห็นภาพไม่ชัด (blurred vision) เป็นต้น ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 อาการและอาการแสดงของร่างกายจากการได้รับพิษเฉียบพลันและพิษเรื้อรังของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตบางชนิด[89]

สารกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต	อาการและอาการแสดงของร่างกาย	
	พิษเฉียบพลัน	พิษเรื้อรัง
คลอร์ไพริฟอส[90]	ถ้าได้รับสารมากเกินไป จะเกิดอาการภายใน 24 ชั่วโมง คือปวดศีรษะ เวียนศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วง ม่านตาหดตัว เห็นภาพไม่ชัดเจน น้ำมูกหรือน้ำลายมาก เหงื่อออกมาก ปวดท้องเกร็ง และขั้นร้ายแรงทำให้หมดสติ ชัก และหายใจลำบาก	อาจก่อให้เกิดกาลวิรูปในทารก
อีพีเอ็น[90]	ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน เหงื่อออกมาก ท้องเสีย แน่นหน้าอก มองเห็นภาพไม่ชัด กล้ามเนื้อกระตุก สับสน เดินเซ ปอดบวม หยุดหายใจ และเสียชีวิตได้	ก่อให้เกิดกาลวิรูปในทารก
ไดเมทโธเอท[91]	ระคายเคืองต่อผิวหนัง ระคายเคืองตา ตาแดง และเจ็บตา	อาจเป็นสารก่อมะเร็ง
โพรฟีโนฟอส[92]	หลั่งน้ำลายมาก และการคัดหลั่งในปอด ตาพร่ามัว ท้องร่วง ตัวสั่น เหงื่อออก ระคายเคืองผิวหนัง และทางเดินหายใจส่วนบน อัตราการเต้นหัวใจต่ำ ความดันเลือดต่ำ ปวดหัว คลื่นไส้ อาเจียน เวียนศีรษะ ง่วงนอน ความสับสน เป็นตะคริว เกร็ง ชัก และหมดสติ	ยังไม่ทราบแน่ชัด

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาสารพิษหรือสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม มีดังนี้

Akan et al.[93] ศึกษาสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตกค้างในพืชผักและดิน บริเวณพื้นที่เกษตรกรรมของ Alau Dam และ Gongulong ในรัฐบอร์โน ประเทศไนจีเรีย โดยหาปริมาณสารตกค้างจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ ไดคลอร์วอส ไดอะซีนอน คลอร์ไพริฟอส และฟิไนโตรไธออน ในพืชผักบางชนิด (ผักขม ผักกะหล่ำ กะหล่ำปลี มะเขือเทศ และหอมหัวใหญ่) และในดิน ด้วยเครื่อง GC/MS พบปริมาณสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตกค้างสูงสุด ในใบมะเขือเทศ 100.51 ไมโครกรัมต่อกรัม และต่ำสุดในรากผักขม 9.31 ไมโครกรัมต่อกรัม ในดินพบปริมาณสารตกค้างสูงสุด คือ สารไดคลอร์วอส 289.89 ไมโครกรัมต่อกรัม ที่ระดับความลึก 21-30 เซนติเมตร และพบปริมาณสารตกค้างต่ำสุด คือ

ฟิโนโตรไธออน 57.98 ไมโครกรัมต่อกรัม ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร จากพื้นที่เกษตรกรรม ของ Alau Dam โดยพบปริมาณสารตกค้างในพื้นที่เกษตรกรรมทั้ง 2 แห่ง สูงเกินค่ามาตรฐาน ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (MRLs) ของ EU และค่าความปลอดภัยระดับที่ยอมรับได้ของปริมาณ สารพิษสูงสุดต่อวัน (ADIs) ในพืชผักและดินของ Codex 2009 ซึ่งปริมาณสารพิษตกค้างที่พบนี้ นับว่าเป็นอันตรายต่อสุขภาพทั้งผู้บริโภคพืชผักเหล่านี้และเกษตรกร

นาตยา จันทร์ส่อง[94] ศึกษาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในพริก ดิน และน้ำใต้ดินของ แปลงเกษตรกร ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ตามโครงการเกษตรดีที่เหมาะสม [Good Agricultural Practice (GAP): พืช] โดยการเก็บตัวอย่างพริก ดิน และน้ำใต้ดิน จากแปลงเกษตรกร จำนวน 150 ราย ที่ผ่านการรับรองระบบการจัดการคุณภาพ GAP พริกในจังหวัดอุบลราชธานี และ จังหวัดศรีสะเกษ ในปี 2549-2550 เพื่อตรวจหาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างทางการเกษตร โดย ใช้เครื่อง GC ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในพริก จำนวน 150 ตัวอย่าง พบสารพิษ จำนวน 73 ตัวอย่าง (ร้อยละ 49) และพบสารพิษเกินค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด หรือ maximum residue limits; MRL (อ้างอิงตามค่า Codex MRL) 10 ตัวอย่าง ชนิดสารที่พบมากที่สุดเป็นสารไพริทรอยด์ คือ ไซเพอร์เมทริน 33 ตัวอย่าง ปริมาณที่พบ 0.017-0.975 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบเกินค่า MRL 4 ตัวอย่าง รองลงมา สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต คือคลอร์ไพริฟอส 29 ตัวอย่าง ปริมาณที่พบ 0.088-2.105 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และพบเกินค่า MRL 6 ตัวอย่าง พบสารพิษที่เป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 4 คือ เอ็นโดซัลแฟน 1 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในดินบริเวณแปลงพริก จำนวน 150 ตัวอย่าง พบสารพิษ 30 ตัวอย่าง (ร้อยละ 20) ชนิดสารที่พบมากที่สุดคือ เอ็นโดซัลแฟน 19 ตัวอย่าง ปริมาณที่พบ 0.008-0.162 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาไซเพอร์เมทริน 16 ตัวอย่าง คลอร์ไพริฟอส 1 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในน้ำใต้ดิน จำนวน 180 ตัวอย่าง ไม่พบสารพิษตกค้าง และผลการตรวจเลือดหาโคลีนเอสเตอเรสจากเกษตรกรจำนวน 97 ราย พบผลเลือดอยู่ในเกณฑ์ที่มี ความเสี่ยงมากที่สุด คือ ร้อยละ 58

Aiyesanmi and Idowu[95] ศึกษาหาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส ตกค้างในไร่โกโก้ ในรัฐออนโด ประเทศไนจีเรีย เพื่อหาปริมาณสารไดอะซีนอนที่ตกค้างในไร่โกโก้ จำนวน 3 แห่ง โดยการเก็บตัวอย่าง เมล็ดและฝักโกโก้ ดิน น้ำ และดินตะกอน วิเคราะห์หาปริมาณ สารพิษตกค้างในตัวอย่าง ด้วยเครื่อง GC-ECD พบปริมาณความเข้มข้นไดอะซีนอนในเมล็ดโกโก้ 0.117 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ฝักโกโก้ และดินตะกอน 0.208 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในดินพบปริมาณ ความเข้มข้นระหว่าง 0.013-0.323 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยในน้ำมีปริมาณสารนี้ตกค้างสูงสุดคือ 0.417 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Safina et al.[96] ศึกษาการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่ม ออร์กาโนคลอรีนและออร์กาโนฟอสฟอรัส ในน้ำ และดินตะกอนในลุ่มน้ำ Yala/Nzoia ประเทศ เคนยา ในปี 2009 ในสองช่วงฤดูกาล ด้วยเครื่อง GC-ECD ผลพบสารพิษตกค้างในน้ำและดินตะกอน

ปริมาณต่ำกว่าค่า BDL (below detection limit) ทั้งสองช่วงฤดูกาล คือช่วงฤดูน้ำ มีค่า 0.05-59.01 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และฤดูแล้งมีค่า BLD 24.54 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม โดยพบปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มออร์กาโนคลอรีน คือ ดิลดริน และ p,p'-DDD สูงกว่า อัลดริน และ p,p'-DDT และพบสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต คือไดอะซีนอน ตกค้างในปริมาณที่ต่ำกว่า 0.03 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และมาลาไธออน 0.01 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม

Abdel-Halim et al.[97] ศึกษาปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ในแหล่งน้ำบริเวณโรงงานผสมและบรรจุสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ประเทศอียิปต์: ในช่วงปี 1999-2001 จากตัวอย่างน้ำ ดินตะกอน และปลา ในแต่ละช่วงฤดูกาลทั้งหมด 6 ช่วงฤดู โดยใช้เครื่อง GLC และยืนยันผลด้วย GC-MS ในการวิเคราะห์ปริมาณสารพิษ โดยพบสารคลอร์ไพริฟอส-เมทิล มาลาไธออน ไดอะซีนอน ไพริมิฟอส-เมทิล และโพรฟีโนฟอส ในตัวอย่างทั้งหมด สารพิษที่พบปริมาณมากที่สุด คือ คลอร์ไพริฟอส-เมทิล โดยพบในน้ำ (24.5-303.8 ppb) ดินตะกอน (0.9-303.8 ppb) แต่พบในปลาปริมาณเล็กน้อยเช่นเดียวกับไดอะซีนอน ปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตโดยรวมพบมากที่สุด ในช่วงฤดูใบไม้ผลิ ปี 1999 และช่วงฤดูใบไม้ร่วง ปี 2000 พบในน้ำ 675.5 ppb และ 303.8 ppb และ พบในปลา 43.0 ppb และ 52.2 ppb ตามลำดับ

Loewy et al.[98] ศึกษาการแพร่กระจายของสารกำจัดศัตรูพืช ในสิ่งแวดล้อมภาคเกษตรกรรม ในแถบลุ่มน้ำ Neuquen ประเทศอาร์เจนตินา ด้วยการวิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต จำนวน 11 ชนิด ได้แก่ ไดเมทโธเอท ไพริมิคาร์บ คาร์บาริล คลอร์ไพริฟอส อะซินฟอส-เมทิล เมทิดาไธออน ไตรอะโซฟอส ฟอสเมท โพรโพซัว พาราไธออน-เมทิล และพาราไธออน-เอทิล ในดิน น้ำ และน้ำใต้ดิน ด้วยเครื่อง GC-FPD เก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 0-15 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-เบส ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรียวัตถุ และเนื้อดิน ผลพบสารกำจัดศัตรูพืชในน้ำ มากกว่าร้อยละ 70 คือ อะซินฟอส-เมทิล และคลอร์ไพริฟอส โดยพบปริมาณสารสูงสุด คือ คาร์บาริล อะซินฟอส-เมทิล และคลอร์ไพริฟอส เท่ากับ 45.7, 22.5 และ 1.16 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนในดินพบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในช่วงที่มีการใช้สารฉีดพ่นมากกว่า ช่วงก่อนมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบคลอร์ไพริฟอสสูงสุด 60.5 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมา คาร์บาริล อะซินฟอส-เมทิล และเมธิดาไธออน เท่ากับ 26.0, 19.1 และ 1.1 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

นอกจากนี้ Fadaei et al.[99] ศึกษาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตในแม่น้ำประเทศอิหร่าน เพื่อตรวจหาปริมาณและการแพร่กระจายของสารไดอะซีนอน และมาลาไธออน ในแม่น้ำ Babolrood ในเขต Mazandaran จาก 3 สถานีเก็บตัวอย่างน้ำ รวมจำนวนทั้งหมด 54 ตัวอย่าง โดยใช้พารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าการนำไฟฟ้า ความขุ่น ความเป็นกรด-เบส ความกระด้างของน้ำ ความเป็นด่างทั้งหมด ได้แก่ Na^{+}, Ca^{+2}, Mg^{+2}, SO_4^{-2}, HCO_3^{-} และ Cl^{-} และวิเคราะห์หาปริมาณสาร

ออร์กาโนฟอสเฟตในน้ำ ด้วยเครื่อง GC-MS ผลพบไดอะซีนอนสูงสุด เท่ากับ 678.9 ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ย 77.6-101.6 ไมโครกรัมต่อลิตร) และมาลาไธออนสูงสุด เท่ากับ 506.6 ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ย 55.7-75.9 ไมโครกรัมต่อลิตร) จากสถานีเก็บตัวอย่างที่ใกล้กับบริเวณนาข้าวและสวนผลไม้ หลังจากมีการพ่น/ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช 2 สัปดาห์ โดยพบว่าค่าความเป็นกรด-เบส อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณสารละลายในน้ำ ลักษณะแม่น้ำ ช่วงวันฝนตกและปริมาณฝน รวมทั้งจำนวนครั้งอัตราการใช้ และความเข้มข้นของสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ส่งผลต่อปริมาณสารตกค้างในน้ำ

Arjmandi et al.[100] ศึกษาสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (ไดอะซีนอน) ตกค้างในน้ำนาข้าว ในจังหวัด Mazandaran ประเทศอิหร่าน โดยการเก็บตัวอย่างน้ำ จำนวน 125 ตัวอย่าง ด้วยวิธี thin-layer chromatography เพื่อหาปริมาณสารไดอะซีนอน ที่ใช้ในการควบคุมกำจัดหนอนกอข้าว หลังจากมีการใช้ไดอะซีนอนพ่น/ฉีดในนาข้าว โดยแบ่งออกเป็น 5 ระยะหลังการใช้สาร ได้แก่ 1 วัน, 1 สัปดาห์, 2 สัปดาห์, 1 เดือน และ 2 เดือน ตามลำดับ ผลพบไดอะซีนอนในน้ำหลังจากการใช้ ตั้งแต่ 1 วัน ถึง 2 เดือน พบปริมาณสารสูงสุด 1 วัน หลังจากการใช้ 1.14 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบว่าคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของไดอะซีนอน ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำ เช่น ค่าความเป็นกรด-เบส และอุณหภูมิของน้ำ ส่งผลต่อระบบนิเวศและชนิดดิน ซึ่งมีอิทธิพลต่อการลดปริมาณและการเคลื่อนย้ายของสารไดอะซีนอนตกค้างในสิ่งแวดล้อม ระหว่างที่ทำการเพาะปลูกและระยะการเก็บเกี่ยว

Rahmanikhah et al.[101] ศึกษาปริมาณสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตกค้างในแหล่งน้ำและน้ำใต้ดินทางตอนใต้ของชายฝั่งทะเลแคชเปียน ประเทศอิหร่าน โดยเก็บตัวอย่างจากแม่น้ำ 31 แห่ง อ่างเก็บน้ำ 32 แห่ง พื้นที่ชุ่มน้ำ 10 แห่ง บ่อน้ำ 21 แห่ง และบ่อน้ำพุ 21 แห่ง ในพื้นที่การเกษตรกรรมที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของจังหวัด Mazandaran ในระหว่างเดือนกรกฎาคม 2548 - มิถุนายน 2549 ด้วยเครื่อง GC พบปริมาณสารออร์กาโนฟอสเฟตเฉลี่ย คือไดอะซีนอน คลอร์ไพริฟอส เอไธออน และอีไดเฟนฟอส ในแหล่งน้ำ เท่ากับ 0.041, 0.007, 0.009, และ 0.005 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และในน้ำใต้ดิน เท่ากับ 0.019, 0.016, 0.012 และ 0.012 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ พบไดอะซีนอนสูงสุดในแม่น้ำ เท่ากับ 0.054 ไมโครกรัมต่อลิตร คลอร์ไพริฟอสสูงสุด ในบ่อน้ำพุ เท่ากับ 0.020 ไมโครกรัมต่อลิตร อีไดเฟนฟอสและเอไธออน พบสูงสุดในบ่อน้ำ เท่ากับ 0.025 และ 0.014 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งปริมาณสารพิษตกค้างเหล่านี้ ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและระบบนิเวศในน้ำที่สำคัญ

Ragnarsdottir[102] ศึกษาการเปลี่ยนแปลงในสิ่งแวดล้อม และพิษวิทยาของสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต ภายใต้อุณหภูมิ 25.0 องศาเซลเซียส และค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 7.0 พบว่าการเปลี่ยนแปลงของสารกลุ่มนี้ในสิ่งแวดล้อม ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น การสลายตัวของสารในสิ่งแวดล้อม การย่อยสลายของจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาการสลายตัวโดยแสง ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส

ค่าความเป็นกรด-เบส และอุณหภูมิของน้ำ เนื่องจากสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี จึงละลายไปกับน้ำและน้ำใต้ดินได้ง่าย หลังจากการแตกตัวเป็นประจุไอออนในปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส ซึ่งขึ้นกับค่าความเป็นกรด-เบส และอุณหภูมิของน้ำ โดยพบค่าครึ่งชีวิตของสารในน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำมีค่าความเป็นกรด-เบสและอุณหภูมิของน้ำลดลง คือค่าครึ่งชีวิตของสารในน้ำจะเพิ่มขึ้นจาก 10 วัน นานเป็น 1 ปี เมื่อน้ำมีค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 6.0 และอุณหภูมิของน้ำ เท่ากับ 5.0 องศาเซลเซียส สำหรับในดิน สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ถูกดูดซับกับอนุภาคดิน ส่งผลต่อกระบวนการเมตะบอลิซึมของจุลินทรีย์ในดิน นอกจากนี้ ยังพบสารพิษตกค้างในผลผลิตหรืออาหารทางการเกษตร และยังมีผลต่อสุขภาพมนุษย์ เพราะสารกลุ่มนี้มีความเป็นพิษสูงจึงเป็นอันตรายต่อมนุษย์หากได้รับสารนี้เข้าสู่ร่างกาย เนื่องจากจะส่งผลต่อระบบประสาทของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและอาจทำให้เกิดโรคบางชนิด เช่น พาร์กินสันส์ และความผิดปกติของหลอดเลือดในมนุษย์ เป็นต้น

ในขณะที่การศึกษาเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในภาคเกษตรกรรม โดยเฉพาะสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตกับผลกระทบต่อสุขภาพ และความสัมพันธ์ของระดับโคลีนเอสเตอเรสในร่างกาย มีดังต่อไปนี้

ประสิทธิ์ ค้าชัยภูมิ และคณะ[103] ศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในเลือดของเกษตรกรที่ทำสวนพริก จังหวัดชัยภูมิ ในกลุ่มเกษตรกรที่ทำสวนพริกในอำเภอจัตุรัส จำนวน 350 คน พบว่า ร้อยละ 32 ของเกษตรกร มีค่าระดับโคลีนเอสเตอเรสที่ผิดปกติ จากการตรวจด้วยวิธีใช้กระดาษทดสอบพิเศษ หรือ reactive paper โดยร้อยละ 28.3 มีพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืช อยู่ในระดับดี ร้อยละ 25.1 มีความรู้เกี่ยวกับสารกำจัดศัตรูพืชอยู่ในระดับดี ปัจจัยที่สัมพันธ์กับระดับโคลีนเอสเตอเรสที่ผิดปกติในเลือด คือเกษตรกรเพศชาย ซึ่งเป็นผู้ทำงานประจำในสวนพริกที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช มากกว่า 3 ครั้งต่อเดือน มีพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชถูกต้อง ในระดับปานกลางและระดับต่ำ มีการรับรู้ความเสี่ยงและความรุนแรงของการใช้สารกำจัดศัตรูพืช ในระดับต่ำ

วรเชษฐ์ ขอบใจ และคณะ[104] ศึกษาพฤติกรรมการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช และระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ในเลือดของกลุ่มเกษตรกรต้นน้ำ: กรณีศึกษาชาวเขาเผ่าม้ง จังหวัดพะเยา จำนวน 389 คน ผลการตรวจเลือดโดยวิธี Spectrophotometry พบว่า เกษตรกรมีระดับโคลีนเอสเตอเรสในซีรั่ม (cholinesterase activity) อยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าค่าปกติ ร้อยละ 5.56 ในเพศชาย มีค่าระดับโคลีนเอสเตอเรสในซีรั่มผิดปกติมากกว่าเพศหญิง ร้อยละ 4.88 โดยพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชโดยรวมอยู่ในระดับดี ส่วนพฤติกรรมที่ปฏิบัติไม่ถูกต้องมากที่สุด คือการสูบบุหรี่และไม่สวมแว่นตาป้องกันสารเคมีในขณะผสมสารกำจัดศัตรูพืช

อิทธิพล ดวงจินดา และบัณฑิต อนุรักษ์[15] ศึกษาระดับโคลีนเอสเตอเรสในซีรั่มของเกษตรกรชาวนาอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี กับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ กลุ่ม

ออร์กาโนฟอสเฟตและกลุ่มคาร์บาเมตในนาข้าว โดยใช้กระดาษทดสอบพิเศษ ในชาวนา 236 คน พบว่า ร้อยละ 37.3 ของชาวนามีระดับโคลีนเอสเตอเรสในซีรั่มต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (น้อยกว่า 87.5 หน่วยต่อมิลลิลิตร) คืออยู่ในระดับมีความเสี่ยง ร้อยละ 28.8 และระดับไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพ ร้อยละ 8.5 โดยระดับโคลีนเอสเตอเรสในซีรั่มของชาวนา มีความสัมพันธ์กับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและกลุ่มคาร์บาเมตอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ คือ วิธีการใช้ ($r = 0.452$, $p < 0.001$) การปฏิบัติตัว ($r = 0.396$, $p < 0.001$) ระยะเวลา ($r = 0.206$, $p < 0.004$) ปริมาณสารเคมี ($r = - 0.243$, $p < 0.001$) ความถี่ ($r = - 0.210$, $p < 0.001$) และชนิดสารเคมี ($r = 0.171$, $p < 0.001$)

Ohayo-Mitoko et al.[105] ศึกษารายงานอาการทางสุขภาพ และอะซิติลโคลีนเอสเตอเรสในซีรั่มของเกษตรกรชาวเคนย่า จำนวน 408 คน โดยเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มเกษตรกรที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตมาก จำนวน 256 คน กับกลุ่มเกษตรกรที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชน้อย เป็นกลุ่มควบคุม จำนวน 152 คน โดยใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับรายงานอาการทางสุขภาพ ข้อมูลส่วนบุคคล และระดับโคลีนเอสเตอเรสในซีรั่ม ด้วยวิธี Spectrophotometric kit โดยใช้เกณฑ์ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของอะซีติลโคลีนเอสเตอเรสในซีรั่ม แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับปกติ คือเปลี่ยนแปลงของอะซีติลโคลีนเอสเตอเรสในซีรั่มน้อยกว่าร้อยละ 5.05 ระดับปานกลาง ร้อยละ 5.05-30 และระดับมาก คือมากกว่า ร้อยละ 30 และจากรายงานอาการผิดปกติของร่างกาย โดยแบ่งออกเป็น 5 ระบบ ได้แก่ ระบบการหายใจ ระบบทางเดินอาหารและต่อมไร้ท่อ ระบบตา ระบบผิวหนังและกล้ามเนื้อ และระบบประสาทส่วนกลาง โดยพบอัตราของรายงานอาการทางสุขภาพมีมากในกลุ่มเกษตรกรที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชมาก สูงกว่ากลุ่มเกษตรกรที่มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชน้อย และความสัมพันธ์ของรายงานอาการทางสุขภาพเกษตรกร ในช่วงระยะเวลาการใช้สารกำจัดศัตรูพืชครั้งแรกกับโคลีนเอสเตอเรสในซีรั่ม พบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยกลุ่มเกษตรกรที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชมาก พบว่ามีอาการผิดปกติของร่างกายเกี่ยวกับระบบประสาทส่วนกลางมากที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 19.7 รองลงมา คือ ระบบการหายใจ ระบบทางเดินอาหารและต่อมไร้ท่อ ระบบผิวหนังและกล้ามเนื้อ และระบบตา คือ ร้อยละ 19.3, 15.1, 12.4 และ 10.0 ตามลำดับ ส่วนกลุ่มเกษตรกรที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชน้อย มีอาการผิดปกติของร่างกายเกี่ยวกับระบบประสาทส่วนกลางมากที่สุด ร้อยละ 17.4 รองลงมา ระบบการหายใจ ระบบผิวหนังและกล้ามเนื้อ ระบบทางเดินอาหารและต่อมไร้ท่อ และระบบตา คือ ร้อยละ 14.7, 14.3, 12.4 และ 5.0 ตามลำดับ

นอกจากนี้แล้ว ระดับโคลีนเอสเตอเรสในร่างกาย สามารถตรวจหาได้จากปัสสาวะของร่างกาย เช่น Johnstone[106] ศึกษาการใช้สารเคมีกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในเกษตรกรออสเตรเลีย: การประเมินความเสี่ยงและผลกระทบต่อร่างกาย โดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์เกี่ยวกับด้าน

ความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และการตรวจหาระดับโคลีนเอสเตอเรสในปัสสาวะของเกษตรกร 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ปลูกพืชผักและผลไม้ กลุ่มผู้ผสมและฉีดสารเคมี กลุ่มเกษตรกรที่ใช้สารเคมี และกลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ผลพบว่าโดยรวมกลุ่มเกษตรกรทั้งหมด มีความรู้และการปฏิบัติเรื่องความปลอดภัยกับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต อยู่ในระดับดี ในขณะที่การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลมีน้อย และร้อยละ 88.2 ไม่ได้อ่านหรือแทบจะไม่อ่านคำแนะนำการใช้สารเคมีก่อนใช้ ร้อยละ 90.2 ไม่เคยได้รับการตรวจเฝ้าระวังทางสุขภาพ และเกษตรกร 3 ใน 4 ไม่ทราบถึงผลกระทบต่อสุขภาพ ผลการตรวจหาปริมาณสาร dialkyl phosphates (DAP) ในปัสสาวะ พบสารนี้สูงสุด ในกลุ่มเกษตรกรที่ใช้สารเคมี เท่ากับ 13.2-550.0 ไมโครโมลต่อโมลครีตินิน รองลงมา กลุ่มผู้รับจ้างผสมและฉีดสารเคมี เท่ากับ 8.4-304.0 ไมโครโมลต่อโมลครีตินิน

กัญจน์ ศิลปะสิทธิ์ และคณะ[107] ศึกษาพฤติกรรมการใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืชของชาวนา อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก โดยการสัมภาษณ์เกษตรกร จำนวน 100 ราย พบส่วนใหญ่เกษตรกรมีระยะเวลาในการใช้สารเคมีอยู่ระหว่าง 5-25 ปี มีการใช้สารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืชในพื้นที่มากถึง 17 ชนิด และใช้สารเคมีจำนวน 6-7 ครั้งต่อรอบการผลิต พฤติกรรมในการเลือกใช้สารเคมีของเกษตรกร มี 4 อย่าง ได้แก่ 1) ใช้ชนิดที่เคยใช้มาก่อนเมื่อครั้งที่แล้วเมื่อพบกับโรคแมลงเช่นเดิมจะเลือกใช้สารเคมีชนิดนั้นๆ 2) ใช้ชนิดที่เพื่อนบ้านทำนาด้วยกันนิยมใช้ 3) ใช้ชนิดที่ร้านค้าหรือตัวแทนขาย (เซลส์แมน) แนะนำให้ และ 4) ใช้ชนิดที่ตัวแทนขายเอามาให้ทดลองใช้ฟรี โดยใช้ถังแบบสะพายหลังฉีดพ่นสารเคมีกำจัดแมลงเอง ในช่วงเวลาเช้าและเวลาเย็น สำหรับผลกระทบต่อสุขภาพพบเกษตรกรตระหนักถึงผลกระทบต่อพิษภัยของสารเคมีที่ได้ฉีดพ่นหรือใช้ในการผลิตข้าว แต่ยังจำเป็นที่ต้องใช้ เพราะเป็นวิธีที่สะดวก ได้ผลดีมากที่สุด โดยให้ความสำคัญในการป้องกันตนเอง เมื่อต้องใช้สารเคมี อย่างไรก็ตาม ยังมีเกษตรกรส่วนหนึ่งที่ใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองไม่ถูกต้องหรือไม่เหมาะสมอยู่

สง่า ทับทิมหิน[108] ศึกษากระบวนการลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเพื่อเพิ่มความปลอดภัยด้านสุขภาพของเกษตรกรผู้ปลูกพริกและชุมชนบ้านหัวเรือทอง ตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี โดยใช้วิธีการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory action research; PAR) ในกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกพริก จำนวน 95 ครัวเรือน พบเกษตรกรมีการใช้สารเคมีกำจัดแมลง ร้อยละ 98.5 และสารกำจัดวัชพืช ร้อยละ 90.8 ส่วนใหญ่ใช้สารเคมีโดยไม่ได้ศึกษาอัตราส่วนที่กำหนดไว้ เพราะเกรงว่าจะไม่ได้ผลตามต้องการ เนื่องจากประสบการณ์ของเกษตรกรที่ผ่านมา พบว่าถ้าใช้ในอัตราที่กำหนดไว้ในฉลากหรือบรรจุภัณฑ์ มักไม่ได้ผลและต้องใช้เวลานานกว่าจึงมีการผสมสารเคมีในอัตราส่วนที่มากขึ้น ส่วนผลกระทบต่อสุขภาพ โดยการตรวจเลือดเพื่อหาระดับโคลีนเอสเตอเรส จากเกษตรกร 296 คน พบว่าอยู่ในระดับที่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ ร้อยละ 34.1

และไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพ ร้อยละ 12.2 มีการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล แต่มีการสวมแว่นตาป้องกันสารเคมี เพียงร้อยละ 15.6 พฤติกรรมเสี่ยงจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร คือบางคนไม่ได้ตระหนักถึงพิษภัยสารเคมีที่สะสมในร่างกาย เนื่องจากผลการตรวจเลือดที่ผ่านมาแม้ว่าจะอยู่ในระดับที่ไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพ แต่ก็ยังสามารถใช้ชีวิตได้ตามปกติ

วิชชาดา สิมลา และตั้ม บุญรอด[51] ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร ตำบลแหลมโตนด อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง โดยศึกษาเชิงวิเคราะห์แบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional analytical study) โดยเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์และการสนทนากลุ่มเกษตรกรที่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช จำนวน 170 คน ผลพบปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p<0.05$) ได้แก่ เพศ ระดับการศึกษา ระยะเวลาในการทำการเกษตร จำนวนครั้งของการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช การตรวจหาสารเคมีกำจัดศัตรูพืช การได้รับความรู้ คำแนะนำหรือเคยได้รับการอบรมเกี่ยวกับอันตรายจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช และความเชื่อด้านสุขภาพ โดยที่ตัวแปรเหล่านี้สามารถร่วมกันทำนาย การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการป้องกันสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรได้ร้อยละ 54.0

กิตติพันธุ์ ย่งฮะ[109] ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ในเกษตรกรพื้นที่ อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี จำนวน 250 คน โดยใช้แบบสัมภาษณ์ ประกอบด้วยปัจจัยส่วนบุคคล และพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ร่วมกับการตรวจเลือดเกษตรกรหาเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสด้วยกระดาษทดสอบโคลีนเอสเตอเรส ขององค์การเภสัชกรรม พบเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 55.6 อายุเฉลี่ย 42.8 ปี ไม่ได้เรียนหรือจบการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 68.4 พื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 26.4 ไร่ มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช 3 ครั้งต่อเดือน มากที่สุดร้อยละ 38.0 ระยะเวลาในการสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชเฉลี่ย 4.2 ชั่วโมงต่อวัน ร้อยละ 50.4 ผลการตรวจเลือดหาระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส เป็นปกติ ร้อยละ 76.4 ปัจจัยส่วนบุคคลคือการศึกษา และระยะเวลาในการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ มีความสัมพันธ์กับระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยเกษตรกรที่มีการศึกษาสูง และเกษตรกรที่มีระยะเวลาในการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช น้อยกว่า 1 ชั่วโมงต่อวัน มีผลการตรวจเลือดหาเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสเป็นปกติ มากกว่าเกษตรกรที่มีการศึกษาต่ำกว่า และเกษตรกรที่มีระยะเวลาในการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชนานกว่า 1 ชั่วโมงต่อวัน

สุจิตรา ยอดจันทร์ และคณะ[110] ศึกษาผลของโปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพต่อพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของชาวนา จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 60 คน โดยการใช้แบบสอบถามพฤติกรรมการป้องกันอันตราย จากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช และแบบสอบถามความเชื่อด้านสุขภาพ โดยแบ่งกลุ่มชาวนาออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 30 คน คือกลุ่มทดลอง

และกลุ่มควบคุม ผลพบกลุ่มชาวนาที่ทดลอง ส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 41-50 ปี ร้อยละ 36.7 เป็นเพศหญิง ร้อยละ 63.3 จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 66.7 ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชมานาน 11-20 ปี ร้อยละ 43.3 สัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชนานมากกว่า 1 ชั่วโมง ร้อยละ 53.3 ส่วนกลุ่มควบคุม ส่วนใหญ่มีอายุ 41-50 ปี ร้อยละ 30.0 เพศหญิง ร้อยละ 53.3 จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 60.0 ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชมานาน 11-20 ปี ร้อยละ 40.0 โดยพบค่าคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการป้องกันตนเอง จากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชก่อนการทดลอง และหลังการทดลองของกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) และคะแนนเฉลี่ยความแตกต่างของการรับรู้ความเชื่อด้านสุขภาพและพฤติกรรมการป้องกันตนเอง จากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มตัวอย่างสูงกว่าก่อนการทดลองและหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

อาภิรมย์ ชิณโน[52] ศึกษาพฤติกรรมในการใช้และการป้องกันอันตรายจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรของเกษตรกร จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามเกษตรกร และตรวจหาระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดของเกษตรกรด้วยกระดาษทดสอบพิเศษ จำนวน 800 คน พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุ 45 ปี ขึ้นไป การศึกษาสูงสุดต่ำกว่ามัธยมศึกษา มีรายได้เฉลี่ยต่ำกว่า 5,000 บาทต่อเดือน อาการเจ็บป่วยจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่มีมากที่สุด คือ อาการปวดศีรษะ รองลงมาคืออาการหน้ามืดและอ่อนเพลีย ระดับพฤติกรรมโดยรวมและรายด้าน มีพฤติกรรมอยู่ในระดับมาก ระดับพฤติกรรมโดยรวมที่มีเพศ อายุ การศึกษา และรายได้ที่แตกต่างกันไม่มีความแตกต่างกัน แต่ระดับพฤติกรรมหลังการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช มีอายุและการศึกษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุ 45 ปี ขึ้นไป จบการศึกษาต่ำกว่ามัธยม และมีรายได้ ระหว่าง 5,000-10,000 บาทต่อเดือน มีพฤติกรรมดีกว่าในทุกๆ กลุ่ม จำนวนวันในการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชต่อสัปดาห์ คือ 2 วัน เฉลี่ยวันละ 2.76 ชั่วโมง สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ใช้มากที่สุดคือกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต คือร้อยละ 100 และมีการใช้สารเคมีมากกว่า 2 ชนิด ร้อยละ 38.5 โดยกลุ่มตัวอย่างมีระดับโคลีนเอสเตอเรส ผลปกติ ร้อยละ 27.5 ปลอดภัย ร้อยละ 25.8 มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ ร้อยละ 33.9 และระดับไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพ ร้อยละ 12.9

วารุณี จิตอารี และศักดิ์ระพี อินซีอาจ[64] ศึกษารูปแบบทางพันธุกรรมของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในน้ำเลือดประชากรไทยภาคเหนือ โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับการทำงานของเอนไซม์บิวทิวริลโคลีนเอสเตอเรสกับรูปแบบทางพันธุกรรม ใช้วิธีการศึกษาแบบภาคตัดขวาง ในประชาชน จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 133 คน เก็บตัวอย่างเลือดวิเคราะห์หาเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในน้ำเลือดและรูปแบบทางพันธุกรรม โดยวิธีของ Ellman และ Genest and Kalow พบมีค่าเฉลี่ยระดับการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส เฉลี่ยเท่ากับ 5.08±2.15 หน่วยยูนิตต่อมิลลิลิตร พบ

รูปแบบทางพันธุกรรม 4 แบบ ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างรูปแบบทางพันธุกรรมและระดับการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ที่ $p<0.05$

ธีรพัฒน์ สุทธิประภา[111] ศึกษากระบวนการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมในการลดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม จากการใช้สารเคมีและการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้สารเคมี ในกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกชะอม ตำบลลำพาน อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 80 คน โดยใช้แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ ชุดตรวจหาเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ในการเก็บข้อมูล และตรวจหาสารเคมีตกค้างในดินและชะอม โดยใช้เครื่อง GC ผลพบเกษตรกรมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชทุกหลังคาเรือน พบสารพิษตกค้างในชะอม ส่วนใหญ่เป็นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ได้แก่ เมทธามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส และไดโครโตฟอส แต่ไม่พบในดิน จากการสุ่มเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 15-20 เซนติเมตร ผลการตรวจเลือดหาเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสของเกษตรกร พบอยู่ในระดับมีความเสี่ยงต่อสุขภาพมากที่สุด คือ ร้อยละ 43.8 รองลงมา ระดับไม่ปลอดภัย (ร้อยละ 42.5) และระดับปลอดภัยต่อสุขภาพ (ร้อยละ 13.8) โดยหลังจัดกระบวนการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม 3 เดือน พบเกษตรกรผู้ปลูกชะอม ในกลุ่มที่มีเพศและอายุต่างกัน มีพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช โดยรวมและรายด้าน ทั้ง 4 ด้าน คือด้านพฤติกรรมก่อนการใช้สารเคมี ด้านพฤติกรรมขณะใช้สารเคมี ด้านพฤติกรรมหลังการใช้สารเคมี และด้านพฤติกรรมลดผลกระทบจากการใช้สารเคมี ไม่แตกต่างกัน และไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศและอายุ ($p>0.05$) โดยหลังจัดกระบวนการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม และหลัง 3 เดือนไปแล้ว เกษตรกรผู้ที่มีระดับการศึกษาและรายได้ต่างกัน มีพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชโดยรวมและรายด้านทั้ง 4 ด้าน ไม่แตกต่างกัน และไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับการศึกษาและรายได้ ($p>0.05$)

Kesavachandran et al.[112] ศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรในประเทศกำลังพัฒนา โดยพบว่าระดับการศึกษาหรือการไม่รู้หนังสือ รายได้หรือความยากจนของเกษตรกรในพื้นที่เกษตรกรรมของประเทศกำลังพัฒนา และการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่องค์การอนามัยโลก (WHO) จัดอยู่ในประเภทที่มีความเป็นพิษสูงหรือเป็นอันตรายอย่างมาก รวมถึงการได้รับสัมผัสกับสารกำจัดศัตรูพืช ซึ่งเก็บไว้ในหรือใกล้กับที่อยู่อาศัย ส่งผลกระทบทางสุขภาพเกษตรกร ก่อให้เกิดความผิดปกติต่อระบบต่างๆ ของร่างกาย โดยเกษตรกรส่วนใหญ่เคยมีอาการผิดปกติมากที่สุด คือ ระบบประสาท รองลงมา ระบบทางเดินหายใจ ระบบต่อมไร้ท่อ และปัญหาทางผิวหนัง ตามลำดับ

ประชุมพร เลาห์ประเสริฐ และคณะ[113] ศึกษาการใช้สารเคมีและพฤติกรรมการป้องกันตนเองต่อสารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม กลุ่มตัวอย่างคือเกษตรกรที่มีอาชีพปลูกผักเพื่อจำหน่าย จำนวน 296 คน เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ ผลพบเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้สารเคมีกำจัดแมลงมากที่สุด ร้อยละ 84.3 โดยเฉพาะสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

เช่น เมทธิล พาราไธออน ในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เกษตรกรมีการอ่านฉลากก่อนการใช้ทุกครั้ง ร้อยละ 100.0 แต่มีการปฏิบัติตามคำแนะนำของฉลากทุกครั้ง และใช้ตามปริมาณที่ระบุไว้ในฉลาก ร้อยละ 87.0 โดยผสมสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตั้งแต่ 2 ชนิดรวมกัน ร้อยละ 100.0 ด้วยการใช้ไม้คน มีเกษตรกรที่สูบบุหรี่ขณะฉีดพ่นสารเคมี ร้อยละ 0.7 และรับประทานอาหารและดื่มน้ำขณะใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ร้อยละ 5.1 ซึ่งเหล่านี้เป็นพฤติกรรมที่ไม่ถูกต้อง ในขณะฉีดพ่นสารเคมีเกษตรกรไม่ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลมากที่สุด คือ ไม่ใส่แว่นตาป้องกันสารเคมี ร้อยละ 52.2 ส่วนการป้องกันตนเองหลังการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช พบว่าส่วนใหญ่เกษตรกรรีบกลับบ้านอาบน้ำชำระร่างกายทันที ร้อยละ 96.9 ซึ่งเป็นการปฏิบัติที่ถูกต้อง อย่างไรก็ตาม พบเกษตรกรมีอาการผิดปกติหลังจากการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชมากที่สุด คือ อาการปวดศีรษะ ร้อยละ 73.2 รองลงมาคลื่นไส้ (ร้อยละ 62.0) และมีผื่นคัน (ร้อยละ 31.5) ตามลำดับ

Mohd Fuad et al.[114] ศึกษาผลกระทบของสารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวต่อเกษตรกรและระบบนิเวศ ในพื้นที่การเพาะปลูกข้าวของเขต Sungai Burung และ Sawah Sempadan ในรัฐ Selangor ประเทศมาเลเซีย จากกลุ่มตัวอย่างเกษตรกร จำนวน 219 คน เพื่อศึกษาผลกระทบจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว ที่มีผลต่อสุขภาพของเกษตรกรและสิ่งแวดล้อม โดยการใช้แบบสอบถาม ร่วมกับการเก็บตัวอย่างน้ำและข้าวจากนาข้าว ส่งตรวจวิเคราะห์หาสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างทางห้องปฏิบัติการ ผลพบปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว คือ สารพาราควอท และ 2, 4-D เฉลี่ยเท่ากัน คือ 2.85 พีพีเอ็ม

สุวิทย์ วรรณศรี[115] ศึกษาสารเคมีทางการเกษตรและสุขภาพอนามัยของเกษตรกรในจังหวัดเพชรบูรณ์ ในกลุ่มเกษตรกรผู้เพาะปลูกข้าวและข้าวโพด จำนวน 324 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ พบเกษตรกรส่วนใหญ่มีความตระหนักต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อมในการใช้สารเคมีทางการเกษตร โดยพบว่าเพศ การศึกษา ประสบการณ์การทำนา ขนาดพื้นที่ทำการเพาะปลูก การรับรู้ข่าวสารทำการเกษตร ความรู้เกี่ยวกับการใช้สารเคมีทางการเกษตร ความรู้เกี่ยวกับสุขภาพในการใช้สารเคมีทางการเกษตร และความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมในการใช้สารเคมีทางการเกษตร ไม่มีความสัมพันธ์กับความตระหนักต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมในการใช้สารเคมีทางการเกษตร ส่วนอายุและความรู้เกี่ยวกับฉลากวัตถุอันตรายทางการเกษตร มีความสัมพันธ์กับความตระหนักต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ในการใช้สารเคมีทางการเกษตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.02

วิภา ตั้งนิพนธ์ และคณะ[56] ศึกษาความเสี่ยงจากการใช้วัตถุมีพิษการเกษตร โดยการประเมินความเสี่ยง จากการใช้วัตถุมีพิษการเกษตรที่ต้องเฝ้าระวัง 6 ชนิด คือ ไดโครโตฟอส อีพีเอ็น คลอร์ไพริฟอส เมโธมิล คาร์โบฟูแรน และไซเปอร์เมธริน ด้วยอัตราการฉีดพ่นหรือหว่านสูงสุดตามที่แนะนำบนฉลากหรือการปฏิบัติจริงของเกษตรกร โดยการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างบนแผ่นผ้า หรือที่เรียกว่า patch method และวัดระดับการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส

(Acetylcholinesterase activity) ในเม็ดเลือดแดงของผู้ฉีดพ่นหรือหว่านวัตถุมีพิษทางการเกษตร ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโต้มิเตอร์ ตรวจหาปริมาณสารพิษตกค้างในผลิตผลเกษตรและสิ่งแวดล้อมด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟี (GC) พบสารพิษที่ปนเปื้อนบนร่างกายเกษตรกรผู้ใช้มีระดับความเสี่ยงสูง ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพ และเกิดผลกระทบต่อระดับโคลีนเอสเตอเรส ได้แก่ ไดโครโตฟอส อีพีเอ็น คาร์โบฟูแรน และคลอร์ไพริฟอส โดยสารคาร์โบฟูแรน ที่พบไม่มีความเสี่ยงต่อการบริโภคผลผลิตจากข้าว ทั้งนี้ พบสารพิษชนิด ไดโครโตฟอส อีพีเอ็น เมโธมิล และคาร์โบฟูแรน สลายตัวได้เร็วในสิ่งแวดล้อมเกษตร มีค่าครึ่งชีวิตในดินและน้ำ ระหว่าง 1-4 วัน คลอร์ไพริฟอส มีค่าครึ่งชีวิตในดินนาน 10 วัน และไซเปอร์เมธริน มีค่าครึ่งชีวิตในดินนาน 7-20 วัน โดยพบระดับการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสของผู้ใช้วัตถุมีพิษการเกษตร ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

การศึกษาการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้ในนาข้าว ที่มีต่อผลผลิตข้าว และสุขภาพของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 รูปแบบการวิจัย

รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ โดยใช้การวิจัยเชิงการทดลอง ศึกษาการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต โดยการวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้าง จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพรฟีโนฟอส ที่ใช้ในนาข้าว คือในน้ำ ดิน และผลผลิตข้าวเปลือก และการวิจัยเชิงพรรณนา ในการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพ จากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

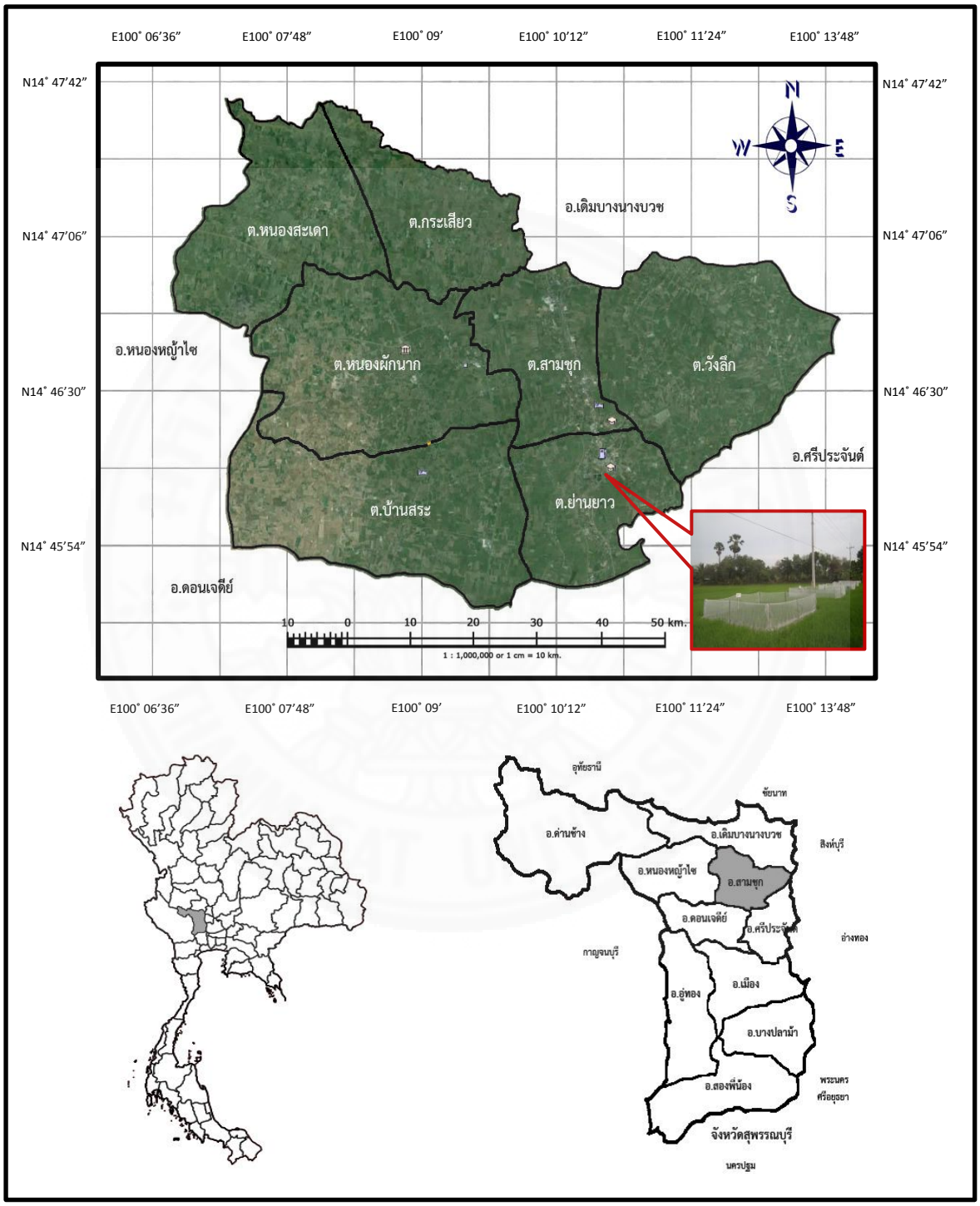
3.2 สถานที่ศึกษา ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 สถานที่ศึกษา

สถานที่ศึกษาวิจัย ทดลอง และเก็บข้อมูล คือ หมู่ที่ 5 บ้านวังหิน ตำบลย่านยาว อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี พิกัด 14°45′19″N 100°5′41″E หรือ 14.75528 °N 100.09472 °E[116] ดังภาพที่ 3.1

อำเภอสามชุก เป็นอำเภอ 1 ใน 10 อำเภอ ของจังหวัดสุพรรณบุรี อยู่ในเขตภาคกลางของประเทศไทย มีทั้งหมด 7 ตำบล มีพื้นที่ประมาณ 355.9 ตารางกิโลเมตร ประชากร 54,875 คน[116] ลักษณะภูมิประเทศ โดยทั่วไปเป็นที่ราบลุ่ม ซึ่งมีแม่น้ำท่าจีนไหลผ่านในตอนกลางของอำเภอ ไม่มีพื้นที่เป็นภูเขา มีระบบการชลประทานขนาดใหญ่เหมาะสำหรับภาคเกษตรกรรม[55] มีอาชีพทำนาข้าว มากที่สุด ร้อยละ 80 รองลงมา ปลูกพืชไร่ ร้อยละ 17 และอาชีพอื่นๆ (รับจ้าง รับราชการ ค้าขาย เป็นต้น) ร้อยละ 3 ประชาชนมีรายได้เฉลี่ยต่อคน 3,911.67 บาทต่อเดือน[4] สภาพภูมิอากาศอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมเขตร้อน มี 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ฤดูหนาว และฤดูฝน โดยในปี 2556 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 40.7 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี 87.41 มิลลิเมตร โดยในช่วงการเพาะปลูกข้าวในแปลงนาทดลอง คือ ระหว่างวันที่ 8 มิถุนายน - 8 ตุลาคม 2556 มีอุณหภูมิเฉลี่ย

ในช่วง 38.1 - 42.5 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อเดือน 251.00 มิลลิเมตร และปริมาณฝนใช้การของนาข้าว ในช่วงฤดูฝน อยู่ระหว่าง 101 - 254 มิลลิเมตร[55]



ภาพที่ 3.1 แผนที่อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี[116]

3.2.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานี้ คือ เกษตรกรที่ทำนาปลูกข้าว[15-16] จากทะเบียนรายชื่อครอบครัวเกษตรกรอาชีพทำนา ของสำนักงานเกษตรอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี ปี 2555-2556 ในทุกตำบล ทั้งหมด 7 ตำบล โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (multi-stage random sampling) มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เลือกเกษตรกรที่มีอาชีพทำนาข้าวทุกตำบลของอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี จากทะเบียนรายชื่อครอบครัวเกษตรกรอาชีพทำนาข้าว (finite population) ของสำนักงานเกษตรอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี ปี 2555-2556[15-16] โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive) คือ เฉพาะครอบครัวเกษตรกรชาวนาที่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในการทำนาข้าว ในปี พ.ศ. 2556[15] รวมทั้งหมด 206 คน

ขั้นตอนที่ 2 จากจำนวนเกษตรกรทุกตำบล ทั้งหมด 206 คน นำไปหาขนาดตัวอย่าง โดยใช้การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของ Krejcie & Morgan[117] และ Bartlett et al.[118] ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 เพื่อหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรในการเก็บข้อมูล การสัมภาษณ์และเก็บตัวอย่างเลือดตรวจหาระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา รวมจำนวน 135 คน ดังสมการที่ 3.1 และ 3.2

จาก $$n = \frac{\chi^2 Np(1-p)}{e^2(N-1) + \chi^2 p(1-p)} \qquad (3.1)$$

เมื่อ

n = ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N = ขนาดของประชากร

e = ระดับความคลาดเคลื่อนของกลุ่มตัวอย่างที่ยอมรับได้ 5% (e = 0.05)

χ^2 = ค่าไคสแควร์ ที่ df = 1 และระดับความเชื่อมั่น 95% (χ^2 = 3.841)

p = สัดส่วนของลักษณะที่สนใจของประชากร (p = 0.5)

แทนค่า $$n = \frac{3.841 \times 206 \times 0.5 \times (1 - 0.5)}{(0.05)^2 \times (206 - 1) + 3.841 \times 0.5 \times (1 - 0.5)} \qquad (3.2)$$

n = 134.314

n = 135 คน

ขั้นตอนที่ 3 ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (stratified random sampling)[119] ตามสัดส่วนของจำนวนเกษตรกรทั้งหมด 206 คน ที่มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ฉีดพ่นป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวในการทำนาข้าว เพื่อแยกเกษตรกรจำแนกเป็นรายตำบลตามขนาดของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 135 คน หรือเท่ากับร้อยละ 65 ของครอบครัวเกษตรกร

ขั้นตอนที่ 4 ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling)[119] โดยการจับสลากสุ่มทีละครอบครัวๆ ละ 1 คน ในแต่ละตำบล จนครบตามจำนวน 135 คน เพื่อให้เป็นตัวแทนครอบครัวเกษตรกรที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในการทำนาข้าว ในการเก็บข้อมูล การสัมภาษณ์ การตรวจเลือดหาระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา และผลกระทบต่อสุขภาพ ได้จำนวนตัวอย่างเกษตรกรแยกรายตำบล ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 จำนวนตัวอย่างของเกษตรกรแยกรายตำบล อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

ตำบล	**จำนวนเกษตรกรที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (คน)**	**จำนวนตัวอย่าง (คน)**
ย่านยาว	29	19
วังลึก	48	31
สามชุก	31	20
หนองผักนาก	27	18
บ้านสระ	29	19
หนองสะเดา	22	15
กระเสียว	20	13
รวม	**206**	**135**

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ประยุกต์มาจากแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เครื่องมือและอุปกรณ์ และแบบสัมภาษณ์ ดังนี้

3.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.3.1.1 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟี

ใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟี (Gas Chromatography - Flame Photometric Detector; GC-FPD) รุ่น 6890 ในการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ดังนี้

(1) วิธีการสกัดตัวอย่าง (extraction) ตามขั้นตอนการวิเคราะห์สารเคมีตกค้างโดยวิธีมาตรฐาน[120-123] ดังนี้

1. การสกัดตัวอย่างดิน

- นำตัวอย่างดินผึ่งในถาดที่อุณหภูมิห้อง จนดินมีความชื้น 20-30 % บดใน mortar เนื่องจากตัวอย่างดินที่นำมาวิเคราะห์ เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam)[40-42] โดยนำไปร่อนผ่านตะแกรง (sieve) ขนาด 100 mesh (0.149 มิลลิเมตร) เพื่อให้ได้ดินที่มีขนาดอนุภาคทรายแป้งและอนุภาคดินเหนียวคละกันดี (well graded soil) ใส่ขวดแก้วปิดฝาให้สนิทป้องกันความชื้น

- ชั่งตัวอย่างดินแห้ง 25 กรัม เติม ethyl acetone 50 มิลลิลิตร ปั่นให้เข้ากันด้วยความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที (homogenized at 10,000 min^{-1}) นาน 1 นาที

- เติม Sodium chloride (NaCl) 10 กรัม และ dichloromethane 40 มิลลิลิตร เป็นตัวทำละลาย (solvent) ปั่นให้เข้ากันด้วยความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที

- ปิดฝาตั้งทิ้งไว้ 30 นาที แยกเทส่วนที่ใสไม่มีตะกอน 60 มิลลิลิตร ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม sodium sulphate anhydrous (Na_2SO_4) 15 มิลลิกรัม เขย่าเป็นครั้งคราว แล้วปิดฝาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 15 นาที

- นำไปกรองผ่าน sodium sulphate anhydrous ขนาด 12-60 mesh โดยผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง นำไปอบที่ 130 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง และทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator เพื่อใช้ดูดความชื้นบนกรวยกรอง

- ตวงใส่ cylinder 50 มิลลิลิตร (rinse cylinder ด้วย acetone) แล้วเทใส่ลงใน round bottom flask ขนาด 200 มิลลิลิตร

- นำไปลดปริมาตรจนเกือบแห้งด้วย Separatory funnel ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 500 บาร์ (bar)

- ปรับปริมาตรด้วย ethyl acetate [Pesticide Residue (PR) grade] เก็บใส่ขวดแก้ว (vial) 1 มิลลิลิตร ปิดฝาให้สนิท โดยส่งกองวัตถุมีพิษ กรมวิชาการเกษตร เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ด้วยเครื่อง GC-FPD ต่อไป

2. วิธีการสกัดตัวอย่างน้ำ

- โดยใช้วิธีการของ The Netherlands Organisation (TNO) Standard Method[123] ดังนี้

- นำตัวอย่างน้ำ 1000 มิลลิลิตร มาผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 ใน Buchner funnel จนได้สารละลายใส

- สกัดตัวอย่างน้ำ ด้วยวิธี Liquid-liquid partitioning โดยใช้ automatic separatory funnel shaker ใช้ ethyl acetate สกัด 3 ครั้งๆ ละ 100, 50 และ 50 มิลลิลิตร เป็นสารสกัด

- ปิดฝาตั้งทั้งไว้ 30 นาที แยกเทส่วนที่ใสไม่มีตะกอน 60 มิลลิลิตร ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม sodium sulphate anhydrous 15 มิลลิกรัม ปิดฝาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 15 นาที

- นำไปกรองผ่าน sodium sulphate anhydrous ขนาด 12-60 mesh โดยผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง นำไปอบที่ 130 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง และทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator เพื่อใช้ดูดความชื้น บนกรวยกรอง

- ตวงใส่ cylinder ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เทใส่ลงใน round bottom flask ขนาด 200 มิลลิลิตร

- นำไปลดปริมาตรจนเกือบแห้งด้วย Separatory funnel ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 500 บาร์

- ปรับปริมาตรด้วย ethyl acetate [Pesticide Residue (PR) grade] เก็บใส่ขวดแก้ว 1 มิลลิลิตร ปิดฝาให้สนิท โดยนำส่งกองวัตถุมีพิษ กรมวิชาการเกษตร เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ด้วยเครื่อง GC-FPD ต่อไป

3. การสกัดตัวอย่างข้าวเปลือก

- บดตัวอย่างข้าวเปลือกแห้งที่ความชื้น 14% ด้วยใช้เครื่องวัดความชื้นเมล็ดพันธุ์ (Grain Moisture Tester) EE-KU (Electrical Engineering-Kasetsart University) รุ่นเกษตร 60 ปี[124] ใน mortar ก่อนไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh

- ชั่งตัวอย่างข้าวเปลือกที่บดร่อนผ่านตะแกรง น้ำหนัก 20 กรัม ใส่ขวดแก้วขนาด 250 มิลลิลิตร เติม acetone 50 มิลลิลิตร แล้วปั่นด้วย Homogenizer ให้เข้ากันที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที นาน 1 นาที

- เติม Sodium chloride 10 กรัม และ dichloromethane 40 มิลลิลิตร เป็นตัวทำละลาย ปั่นด้วย Homogenizer ให้เข้ากันที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที นาน 1 นาที

- ปิดฝาตั้งทั้งไว้ 30 นาที แยกเทส่วนที่ใสไม่มีตะกอน 60 มิลลิลิตร ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม sodium sulphate anhydrous 15 มิลลิกรัม เขย่าเป็นครั้งคราว แล้วปิดฝาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 15 นาที

- นำไปกรองผ่าน sodium sulphate anhydrous ขนาด 12-60 mesh โดยผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง นำไปอบที่ 130 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง และทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator เพื่อใช้ดูดความชื้นบนกรวยกรอง

- ตวงใส่ cylinder 50 มิลลิลิตร เทใส่ลงใน round bottom flask ขนาด 200 มิลลิลิตร

- นำไปลดปริมาตรจนเกือบแห้งด้วย Separatory funnel ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 500 บาร์

- ปรับปริมาตรด้วย ethyl acetate [Pesticide Residue grade] เก็บใส่ขวดแก้ว 1 มิลลิลิตร ปิดฝาให้สนิท โดยส่งกองวัตถุมีพิษ กรมวิชาการเกษตร เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ด้วยเครื่อง GC-FPD ต่อไป

(2) การวิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต โดยใช้เครื่อง GC-FPD รุ่น 6890 มีดังนี้

- การเตรียมสารละลายมาตรฐาน (standard solution) โดยใช้สาร Organophosphate Pesticides Laboratory Grade คือ คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพรฟีโนฟอส ที่มีความบริสุทธิ์ 98.5% จากประเทศเยอรมัน (โดยกองวัตถุมีพิษ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์) ใน ethyl acetate PR grade ในอัตราส่วน เท่ากับ 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็น stock standard solution ที่ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ 1 พีพีเอ็ม

- การทำ Calibration curve เจือจาง stock standard solution ลง 10 เท่า ด้วย ethyl acetate PR grade ได้สารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น intermediate standard solution ที่ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

- เจือจาง intermediate standard solution ด้วย ethyl acetate PR grade จนได้สารละลายมาตรฐาน ให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.2, 0.5, 1.0, 2.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับทำ calibration curve นำมาตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้าง ด้วยเครื่อง GC-FPD ดังนี้

Condition Oven

Initial temp : 120 °C	Maximum temp : 300 °C
Initial time : 1.00 min	Equilibration time : 1.00 min
Run time : 32.00 min	

Column

Column 1 : Capillary Column Column 2 : Capillary Column

Model Number: Agilent 19091A-012 Model Number: Agilent 123-7732

Ultra 1 methyl siloxane

PAS-1701 Fused silica capillary column, length 30 m, diameter 0.32 mm, film thickness 0.25 µm

GC Injector

Front Injector and Back Injector

Sample Washes : 1 Sample Pumps : 3

Injection Volume : 1.00 µL Syringe Size : 10.00 µL

Viscosity Delay: 0.00 sec Plunger Speed : Fast

Pre Injection Dwell : 0.00 min Post Injection Dwell : 0.00 min

Recalibration Settings

Average Response : Average all calibrations

Average Retention Time: Floating Average New 75%

(3) การหาโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน

- จากเครื่อง GC-FPD เลือกฟังก์ชั่น ESTD (External Standard) ในส่วนของโปรแกรมสำเร็จรูป HP Chemstation เพื่อรายงานผลการวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างที่ตรวจพบ โดยการอ่านค่าความเข้มข้นที่ได้จาก Calibration curve แล้วหาความเข้มข้นของสารในตัวอย่างจากสูตรคำนวณ ดังสมการที่ 3.3

$$C_{sample} = \frac{C_{calib} \times V_{sample}}{W_{sample}} \quad (3.3)$$

เมื่อ

C_{sample}= ความเข้มข้นของสารพิษที่พบในสารละลายตัวอย่าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

C_{calib} = ความเข้มข้นของสารพิษที่อ่านจาก GC Report (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

V_{sample}= ปริมาตรที่ปรับครั้งสุดท้ายของสารละลายตัวอย่างก่อนการฉีด (มิลลิลิตร)

W_{sample}= น้ำหนักตัวอย่างที่นำมาสกัด (กรัม)

3.3.1.2 เครื่องสเปคโทรโฟโต้มิเตอร์ ยูวี (Spectrophotometer UV)

ใช้เครื่องสเปคโทรโฟโต้มิเตอร์ ยูวี รุ่น COBAS INTEGRA Cholinesterase Gen.2 (CHE2) 700 เพื่อตรวจเลือดหาระดับโคลีนเอสเตอเรส จากระดับ cholinesterase activity ในพลาสมา โดยวิธี spectrophotometry มีดังนี้

(1) เจาะเลือดจากเส้นเลือดดำตำแหน่งข้อพับแขนของกลุ่มเกษตรกร รายละ 1 ครั้ง ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดเก็บตัวอย่างเลือด (clotted blood 5 cc.) ปิดฝาให้แน่นสนิท

(2) นำหลอดเก็บตัวอย่างเลือดไปปั่นแยกพลาสมาด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงแบบตั้งโต๊ะของ Swing-out rotor (Centrifuge) Boeco รุ่น C-28A No. 0000513 ที่อัตราเร็ว 3,000 รอบ/นาที นาน 10 นาที ณ ห้องปฏิบัติการงานชันสูตรโรค โรงพยาบาลสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

(3) แยกเฉพาะพลาสมาด้วยออโต้ปิเปต (auto pipette) ปริมาตร 1 มิลลิลิตรต่อตัวอย่าง ใส่หลอดเก็บพลาสมาปิดฝาให้แน่นพันทับด้วยพาราฟินฟิล์มให้สนิท เก็บตัวอย่างพลาสมาในตู้แช่เย็นควบคุมอุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส

(4) นำตัวอย่างพลาสมา ส่งศูนย์แลบธนบุรี จำกัด (Thonburi Lab Center) กรุงเทพฯ ที่ได้มาตรฐานการประกันคุณภาพทางห้องปฏิบัติการ ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข [Department of Medical Science (DMSc) Accreditation No. 4055/51 และ No. 4066/52] เพื่อการตรวจวิเคราะห์หาโคลีนเอสเตอเรส จากระดับ cholinesterase activity ในพลาสมา (EC 3.1.1.8; pseudocholinesterase; acylcholine acthydrolase)[60-61] โดยตรวจวัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer UV อ่านค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ 30 วินาที และความยาวคลื่น 405 และ 415 นาโนเมตร ด้วยเครื่องรุ่น COBAS INTEGRA Cholinesterase Gen.2 (CHE 2) 700 ดังสมการที่ 3.4 และ 3.5

$$\text{butyrylthiocholine} + H_2O \xrightarrow{\text{CHE}} \text{thiocholine} + \text{butyrate} \qquad (3.4)$$

$$\text{thiocholine} + \text{potassium hexacyanoferrate (III)} \longrightarrow \text{dithiobis (choline)} + \text{potassium hexacyanoferrate (III)} \qquad (3.5)$$

3.3.1.3 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและดิน

ในการเก็บข้อมูลตัวอย่างจากสิ่งแวดล้อม คือ ในน้ำและดินจากแปลงนาข้าวทดลอง ได้ทำการตรวจหาค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการวิเคราะห์/เครื่องมือวิเคราะห์ ในภาคสนามและทางห้องปฏิบัติการ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและดิน

พารามิเตอร์	น้ำ	ดิน	วิธีวิเคราะห์/เครื่องมือวิเคราะห์
1. ระดับน้ำ	✓		Measuring tape
2. อุณหภูมิ	✓		Thermometer
3. ค่าความเป็นกรด-เบส	✓	✓	pH meter
4. ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	✓		TDS meter
5. ค่าการนำไฟฟ้า	✓	✓	Conductivity meter
6. ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ	✓		DO meter
7. ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน		✓	Sodium acetate saturation
8. อินทรียวัตถุ		✓	Walkley and Black method
9. เนื้อดิน		✓	Hydrometer
10. ความหนาแน่นอนุภาคดิน		✓	Bowen method

3.3.2 แบบสัมภาษณ์

การเก็บข้อมูลในกลุ่มเกษตรกร จำนวน 135 คน ด้วยชุดแบบสัมภาษณ์ โดยผู้วิจัยร่วมกับเจ้าหน้าที่สาธารณสุขโรงพยาบาลสามชุก และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล โดยการใช้แบบสัมภาษณ์ที่มีโครงสร้าง กำหนดคำถามและคำตอบให้เลือก เรียงเนื้อหาตามวัตถุประสงค์ โดยประยุกต์แบบสอบถามของประสิทธิ์ ค้าชัยภูมิ และคณะ[103] แบบสัมภาษณ์ของวรเชษฐ์ ขอบใจ และคณะ[104] และ ของธีรพัฒน์ สุทธิประภา[111] โดยการปรับเนื้อหาคำถามให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย และกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นเกษตรกร อาชีพทำนาข้าว แล้วนำแบบสัมภาษณ์หาความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ของเนื้อหา ด้วยเทคนิคการหาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์หรือเนื้อหา (Index of Item - Objective Congruence; IOC)[125] ก่อนนำไปทดลองใช้ในกลุ่มเกษตรกรชาวนาของอำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 30 คน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ของชุดแบบสัมภาษณ์ก่อนไปใช้จริงกับกลุ่มเกษตรกรชาวนา อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งประกอบด้วยลักษณะคำถามที่ให้เลือกตอบ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของเกษตรกร ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส การศึกษา รายได้ ระยะเวลาทำนา เนื้อที่ทำนา จำนวนครั้งทำนา ผลผลิตข้าว โรคประจำตัวและการตรวจเลือดหาระดับโคลีนเอสเตอเรส ลักษณะคำถามเป็นแบบเลือกตอบและเติมข้อความ รวม 10 ข้อ

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว ซึ่งเกี่ยวข้องกับชนิดสารเคมี ปริมาณใช้ วิธีการผสม ระยะเวลาที่ใช้ ความถี่ในการใช้สารเคมี การเก็บและกำจัดภาชนะบรรจุภัณฑ์

และการใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลขณะใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในการทำนา ลักษณะคำถามเป็นแบบเลือกตอบ มี 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ

ส่วนที่ 3 ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืช จำนวน 12 ข้อ ลักษณะคำถามเป็นแบบประเมินค่า (rating scale) 5 ระดับ คือ ไม่เคย นานๆ ครั้ง บางครั้ง บ่อยครั้ง และบ่อยมาก โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ตอบ ไม่เคย	ให้ 1 คะแนน
ตอบ นานๆ ครั้ง	ให้ 2 คะแนน
ตอบ บางครั้ง	ให้ 3 คะแนน
ตอบ บ่อยครั้ง	ให้ 4 คะแนน
ตอบ บ่อยมาก	ให้ 5 คะแนน

นำคะแนนรวมแต่ละข้อคำถามทั้งหมด 12 ข้อ ของกลุ่มตัวอย่าง มาจัดระดับ จากค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation; SD.) โดยกำหนดเป็น 3 ระดับ[126] ดังนี้

เกณฑ์	ระดับ
Mean + 1SD.	มาก
Mean ± 1SD.	ปานกลาง
Mean – 1SD.	น้อย

การวิเคราะห์คะแนน หลังจากได้คะแนนของข้อคำตอบ (item) แต่ละข้อแล้วจะมีการคิดค่าคะแนนในแต่ละด้าน โดยการรวมคะแนนรายข้อแล้วนำมาหาค่าคะแนนเฉลี่ย จากการหารผลลบระหว่างคะแนนสูงสุดกับคะแนนต่ำสุด ด้วยจำนวนอันตรภาคชั้น จะได้เกณฑ์การแปลผล โดยการแบ่งคะแนนตามช่วง (interval)[127-128] ดังสมการที่ 3.6 และ 3.7

$$\text{ช่วงของคะแนน} = \frac{\text{คะแนนสูงสุด - คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนอันตรภาค}} \qquad (3.6)$$

$$\text{แทนค่า} = \frac{5 - 1}{5} \qquad (3.7)$$

$$= 0.80$$

จะได้ช่วงของคะแนน ดังนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.20 – 5.00 หมายถึง มีผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.40 – 4.19 หมายถึง มีผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในระดับมาก

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.60 – 3.39 หมายถึง มีผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.80 – 2.59 หมายถึง มีผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00 – 1.79 หมายถึง มีผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในระดับน้อยที่สุด

3.4 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีดังต่อไปนี้

3.4.1 แบบสัมภาษณ์เกษตรกรเกี่ยวกับการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว และผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืช

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบสัมภาษณ์ที่มีลักษณะคำถามเป็นแบบเติมข้อความ แบบเลือกคำตอบ (multiple choice - close ended form) 4 ตัวเลือก และแบบประมาณค่า (rating scale) 5 ระดับ

ขั้นตอนที่ 2 สร้างแบบสัมภาษณ์ให้ครอบคลุมข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของเกษตรกร ข้อมูลการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว ด้วยแบบเลือกคำตอบ 4 ตัวเลือก และผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืช ด้วยแบบประมาณค่า 5 ระดับ

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ จำนวน 3 ท่าน เพื่อหาความตรงเชิงเนื้อหา ด้วยเทคนิคการหาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์หรือเนื้อหา (Index of Item - Objective Congruence; IOC)[125] ได้แก่

1. ดร.สุจิตรา นิลเลิศ นักวิเคราะห์นโยบายและแผนงาน ชำนาญการพิเศษ สำนักงานสาธารณสุขอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

2. นายแพทย์อรรถพล บัวเอี่ยม นายแพทย์เชี่ยวชาญ (ด้านเวชกรรมป้องกัน) โรงพยาบาลสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

3. นายสมพร เจียรประวัติ ผู้อำนวยการเฉพาะด้าน (วิชาการส่งเสริมการเกษตร) สำนักงานเกษตรจังหวัดสุพรรณบุรี (พ.ศ. 2555) และดำรงตำแหน่ง นายเกษตรจังหวัดลำปาง สำนักงานเกษตรจังหวัดลำปาง (พ.ศ. 2556-ปัจจุบัน)

3.4.2 ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ในการทดสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ดำเนินการโดยให้ผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน พิจารณาถึงความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับข้อคำถามของชุดแบบสัมภาษณ์ ซึ่งจะพิจารณาเป็นรายข้อคำถาม โดยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง หรือค่า IOC โดยมีสูตรการคำนวณ ดังสมการที่ 3.8

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \tag{3.8}$$

เมื่อ

IOC = ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับชุดแบบสัมภาษณ์

R = คะแนนจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N = จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

การตรวจสอบค่าความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา กระทำโดยนำชุดแบบสัมภาษณ์ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่า ข้อคำถามของชุดแบบสัมภาษณ์แต่ละข้อ มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือไม่อย่างไร คือ ถ้ามีความสอดคล้องผู้เชี่ยวชาญจะให้ค่าเป็น “+1” แต่ถ้าผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า ข้อคำถามข้อนั้นไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์จะให้ค่าเป็น “-1” และในกรณีที่ผู้เชี่ยวชาญไม่แน่ใจว่าข้อคำถามข้อนั้นมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือไม่จะให้ค่าเป็น “0” โดยได้ค่า IOC ส่วนที่ 1 ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของเกษตรกร 1.00 ส่วนที่ 2 ข้อมูลการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว 0.67 ส่วนที่ 3 ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืช 0.67 และโดยรวมได้ค่า IOC ของชุดแบบสัมภาษณ์ เท่ากับ 0.78 ซึ่งมีค่าความเที่ยงตรงด้านเนื้อหาอยู่ในเกณฑ์ใช้ได้ คือ 0.50-1.00[125]

ขั้นตอนที่ 4 นำชุดแบบสัมภาษณ์ไปทดลองใช้ (try-out) และวิเคราะห์ความเชื่อมั่นด้วยวิธีของ Cronbach’s coefficient หาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Cronbach’s alpha) ของคำถาม และค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบสัมภาษณ์ ซึ่งผลการทดลองใช้ชุดแบบสัมภาษณ์กับเกษตรกรชาวนาอำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี เนื่องจากเป็นพื้นที่ติดต่อกับอำเภอสามชุก ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่มีอาชีพทำนาข้าวระบบการชลประทาน และมีลักษณะการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเช่นเดียวกัน แล้วนำไปปรับปรุงชุดแบบสัมภาษณ์ ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มเกษตรกร โดยส่วนที่ 1 ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของเกษตรกร ได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา เท่ากับ 0.86 ส่วนที่ 2 ข้อมูลการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว ได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา เท่ากับ 0.88 ส่วนที่ 3 ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืช ได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา เท่ากับ 0.95 และโดยรวมได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของชุดแบบสัมภาษณ์ เท่ากับ 0.91 ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาอยู่ในเกณฑ์ดี คือ มากกว่า 0.70[127]

3.4.3 วิธีการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา

สัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) หรือสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบชุดสัมภาษณ์ เป็นค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณหาได้จากสูตรครอนบราช (Cronbach) การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสัมภาษณ์[91] ดังสมการที่ 3.9

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left\{1-\frac{\sum s_i^2}{s_t^2}\right\} \qquad (3.9)$$

เมื่อ

α = ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบสัมภาษณ์

n = จำนวนข้อของแบบสัมภาษณ์

S_i^2 = ความแปรปรวนของแบบสัมภาษณ์รายข้อ

S_t^2 = ความแปรปรวนของแบบสัมภาษณ์ทั้งฉบับ

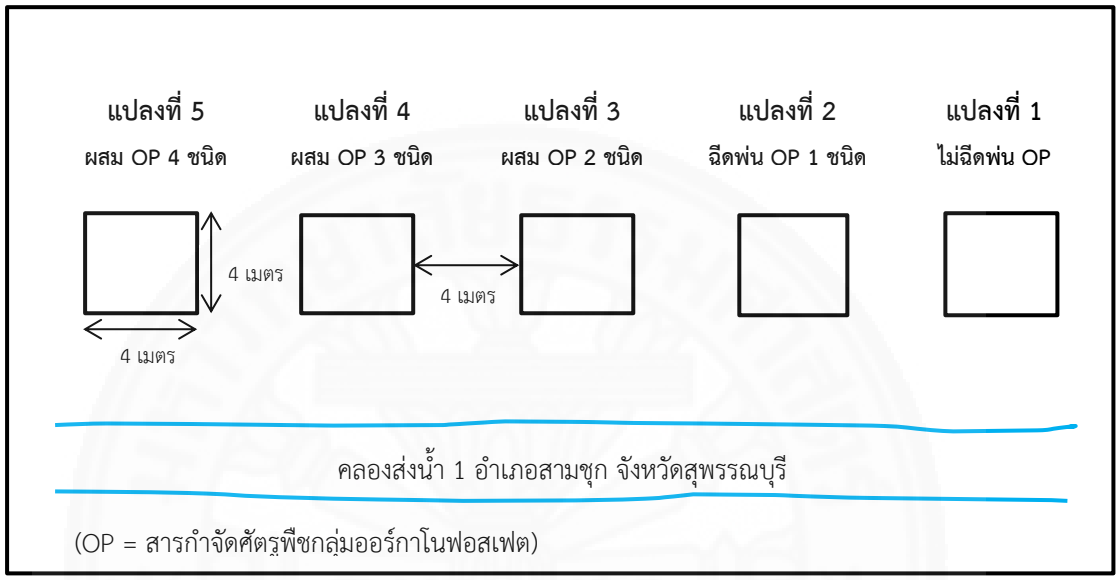
3.5 วิธีดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) โดยใช้พันธุ์ข้าวเจ้าชนิดไม่ไวต่อช่วงแสง คือ ข้าวพันธุ์ กข 47 (RD 47) จากสำนักงานเกษตรจังหวัดสุพรรณบุรี เพาะปลูกด้วยวิธีการปักดำ โดยใช้ต้นกล้าข้าวกอละ 5 ต้น ระยะระหว่างกอและระหว่างแถว คือ 20 x 20 เซนติเมตร ทำการทดลองในแปลงนาข้าว ขนาด 4 x 4 เมตร (16 ตารางเมตร) ยกคันแปลงทุกด้านสูง 30 เซนติเมตร จำนวน 5 แปลง โดยวางแปลงนาข้าวทดลองแต่ละแปลงห่างระยะ 4 เมตร ในทิศทางขนานกับคูส่งน้ำของระบบชลประทานเป็นระยะเท่ากัน คือ 4 เมตร โดยมีตาข่ายไนลอน สูง 1.25 เมตร ล้อมรอบแต่ละแปลงไว้ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนขณะฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (ภาพที่ 3.2) ซึ่งในแต่ละแปลงมี micro plot ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว ความยาว 15 นิ้ว ฝังลึกลงไปในดิน 8 นิ้ว ตามระดับความลึกของรากข้าว[32] จำนวน 3 ชุดๆ ละ 3 อันต่อแปลง เท่ากับ 9 อันต่อแปลง ทั้ง 5 แปลง รวมทั้งหมด 45 อัน โดยทำการเพาะปลูกข้าวในระหว่างวันที่ 8 มิถุนายน - 8 ตุลาคม 2556 (ภาพที่ 3.3)

มีการใส่ปุ๋ยเคมี จำนวน 3 ครั้ง ได้แก่ ครั้งที่ 1 ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ คือต้นข้าวอายุ 25 วัน ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต (สูตร 16-20-0) อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ ครั้งที่ 2 ช่วงกำเนิดช่อดอก คือต้นข้าวอายุ 55 วัน ใส่ปุ๋ยยูเรีย (สูตร 46-0-0) อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ และครั้งที่ 3 ในระยะสืบพันธุ์หรือข้าวเริ่มออกรวง คือต้นข้าวอายุ 85 วัน ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต (สูตร

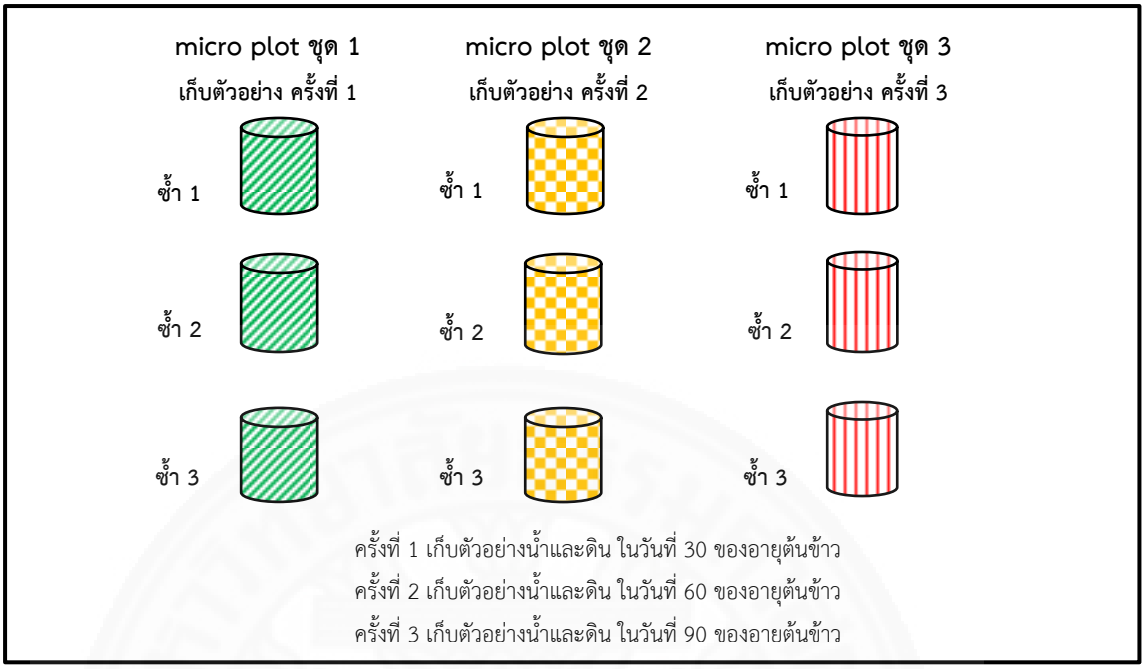
16-20-0) อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่[32] ซึ่งในการวิจัยนี้ ใช้น้ำจากคลองระบบชลประทาน คือ คลองส่งน้ำ 1 อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี ในการเตรียมพื้นที่แปลงนาข้าวปักดำต้นกล้า หรือวันที่ 0 ของอายุต้นข้าว หลังจากนั้นใช้น้ำฝนในการทำนาข้าว เนื่องจากเป็นฤดูกาลทำนาปีซึ่งอยู่ในช่วงฤดูฝน คือ ระหว่างเดือนมิถุนายน - ตุลาคม 2556



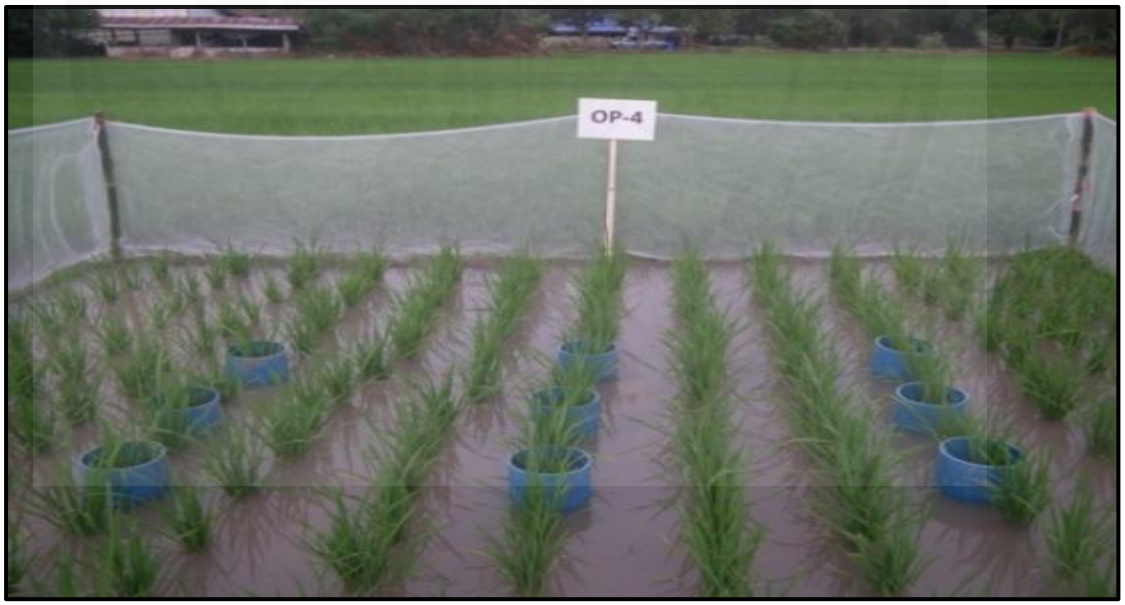
(ก) การวางแปลงนาข้าวทดลอง ขนาด 4 x 4 เมตร จำนวน 5 แปลง เว้นระยะห่างระหว่างแต่ละแปลง 4 เมตร

(ข) แปลงนาข้าวทดลอง จำนวน 5 แปลง ล้อมรอบแต่ละแปลงด้วยตาข่ายไนลอน สูง 1.25 เมตร

ภาพที่ 3.2 การวางแปลงนาข้าวทดลอง จำนวน 5 แปลง



(ก) การวาง micro plot ขนาด 8 x 15 นิ้ว จำนวน 3 ชุดๆ ละ 3 อัน ในแต่ละแปลงนาข้าวทดลอง จำนวน 5 แปลง



(ข) ชุด micro plot ในแต่ละแปลงนาข้าวทดลอง และการปักดำต้นกล้า ระยะระหว่างกอและแถว 20 x 20 เซนติเมตร

ภาพที่ 3.3 การวางชุด micro plot ในแปลงนาข้าวทดลอง และการปักดำต้นกล้า กอละ 5 ต้น ระยะห่างระหว่างแถวและกอ 20 x 20 เซนติเมตร ในแต่ละแปลง จำนวน 5 แปลง

3.5.2 การผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

โดยการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่เกษตรกรใช้ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าว จำนวนทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ คลอร์ไพริฟอส (ลอร์สแบน 40% อีซี) อีพีเอ็น (คูมิฟอส 45% อีซี) ไดเมทโธเอท (โอเรียล 40% อีซี) และโพรฟีโนฟอส (การูก้า 50% อีซี) ในปริมาณความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ (active ingredient; a.i.) ตามอัตราการใช้สารแต่ละชนิดที่กำหนดไว้สูงสุดบนฉลากหรือภาชนะบรรจุของผลิตภัณฑ์ (worst case scenario)[56,129] โดยใช้ตามอัตราที่เกษตรกรชาวนา จังหวัดสุพรรณบุรี ส่วนใหญ่ปฏิบัติกันในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าว[9,15-16] ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 อัตราการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นตามปริมาณสารออกฤทธิ์ต่อพื้นที่[129]

ชนิดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต	**ชื่อการค้า**	**สารออกฤทธิ์** (กิโลกรัมต่อเฮกตาร์)	**สารออกฤทธิ์** (กิโลกรัมต่อไร่)
คลอร์ไพริฟอส	ลอร์สแบน 40% W/V EC	0.40	0.064
อีพีเอ็น	คูมิฟอส 45% W/V EC	0.45	0.072
ไดเมทโธเอท	โอเรียล 40% W/V EC	0.40	0.064
โพรฟีโนฟอส	การูก้า 50% W/V EC	0.50	0.080

ในการศึกษานี้ ได้กำหนดอัตราการใช้ ปริมาณและการผสมชนิดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 4 ชนิด คือ คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพรฟีโนฟอส โดยประยุกต์วิธีการผสมสารกำจัดศัตรูพืช ตามผังการผสมสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชบางชนิด ของกรมวิชาการเกษตร กลุ่มงานวิจัยการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช[54] และวันทนา ศรีรัตนศักดิ์ และคณะ[50] โดยพิจารณาเลือกใช้ชนิดและการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ตามปัญหาแมลงศัตรูข้าว (ตารางที่ 2.2) ซึ่งส่วนใหญ่เกษตรกรอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี ใช้กันมากในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าว[15,18,24-25] ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าวทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ระยะสืบพันธุ์ และระยะสร้างเมล็ด รวมจำนวนทั้งหมด 3 ครั้ง

จากตารางที่ 3.3 โดยใช้ปริมาณสารออกฤทธิ์ในปริมาตรของชนิดสาร[129] คือ คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น และไดเมทโธเอท ชนิดละ 2 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร สำหรับ โพรฟีโนฟอส ใช้

1 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร เนื่องจากใช้ตามปริมาณที่ผสมกับสารชนิดอื่นๆ ในน้ำ 1 ลิตร สำหรับฉีดพ่นป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวต่อครั้งต่อแปลงนาข้าว ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การใช้ชนิดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว 3 ระยะ ต่อพื้นที่แปลงนาข้าว 16 ตารางเมตร

การผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในแปลงนาข้าวที่	**ครั้งที่ 1 ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ** (ต้นข้าวอายุ 27 วัน)	**ครั้งที่ 2 ระยะสืบพันธุ์** (ต้นข้าวอายุ 57 วัน)	**ครั้งที่ 3 ระยะสร้างเมล็ด** (ต้นข้าวอายุ 87 วัน)
1 ไม่ใช้ OP	ไม่ใช้	ไม่ใช้	ไม่ใช้
2 ใช้ OP 1 ชนิด/ครั้ง	คลอร์ไพริฟอส	อีพีเอ็น	ไดเมทโธเอท
3 ใช้ OP 2 ชนิด/ครั้ง	คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น	โพรฟีโนฟอส คลอร์ไพริฟอส	ไดเมทโธเอท อีพีเอ็น
4 ใช้ OP 3 ชนิด/ครั้ง	คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท	อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท โพรฟีโนฟอส	คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น โพรฟีโนฟอส
5 ใช้ OP 4 ชนิด/ครั้ง	คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท โพรฟีโนฟอส	คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท โพรฟีโนฟอส	คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท โพรฟีโนฟอส

หมายเหตุ : OP = สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต
C=คลอร์ไพริฟอส (ลอร์สแบน 40% W/V EC) a.i. อัตราที่ใช้ 0.80 กรัม (2 มิลลิลิตร) ต่อแปลง
E=อีพีเอ็น (คูมิฟอส 45% W/V EC) a.i. อัตราที่ใช้ 0.90 กรัม (2 มิลลิลิตร) ต่อแปลง
D=ไดเมทโธเอท (โอเรียล 40% W/V EC) a.i. อัตราที่ใช้ 0.80 กรัม (2 มิลลิลิตร) ต่อแปลง
P=โพรฟีโนฟอส (การูก้า 50% W/V EC) a.i. อัตราที่ใช้ 0.50 กรัม (1 มิลลิลิตร) ต่อแปลง

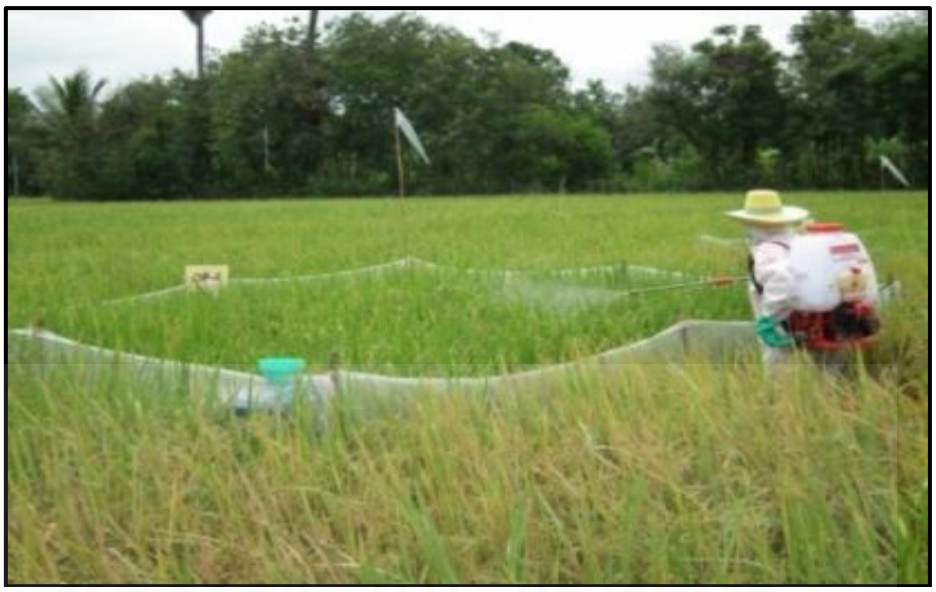
3.5.3 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

โดยการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต เพื่อใช้ฉีดพ่นป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูข้าว ตามระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าว จำนวน 3 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 เมื่อต้นข้าวอายุ 27 วัน ครั้งที่ 2 เมื่อต้นข้าวอายุ 57 วัน และครั้งที่ 3 เมื่อต้นข้าวอายุ 87 วัน ตามลำดับ โดย

ใช้เครื่องยนต์ฉีดพ่นสะพายหลัง (motorized knapsack sprayer) ขนาดความจุ 20 ลิตร ฉีดพ่นในอัตรา 0.5 ลิตรต่อนาที ในปริมาตร 1 ลิตร ต่อพื้นที่แปลงนาข้าว 16 ตารางเมตร ดังภาพที่ 3.4

(ก) ครั้งที่ 1 ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในแปลงนาข้าวทดลอง ในวันที่ 27 ของอายุต้นข้าว

(ข) ครั้งที่ 2 ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในแปลงนาข้าวทดลอง ในวันที่ 57 ของอายุต้นข้าว



(ค) ครั้งที่ 3 ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในแปลงนาข้าวทดลอง ในวันที่ 87 ของอายุต้นข้าว

ภาพที่ 3.4 การใช้เครื่องยนต์พ่นแบบสะพายหลัง ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ตามระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าว 3 ระยะ (ในวันที่ 27, 57 และ 87 ของอายุต้นข้าว)

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ในสิ่งแวดล้อม และเกษตรกร ดังนี้

3.6.1 สิ่งแวดล้อม

ดำเนินการเพาะปลูกข้าวพันธุ์ กข 47 โดยวิธีการปักดำในแปลงนาข้าวทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงของการเพาะปลูกข้าว คือ ระหว่างวันที่ 8 มิถุนายน - 8 ตุลาคม 2556 ดังนี้

3.6.1.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

(1) เก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำในแปลงทดลอง ซึ่งเป็นน้ำจากระบบคลองชลประทาน จำนวน 3 ตัวอย่างๆ ละ 1 ลิตร เพื่อใช้สำหรับเป็นข้อมูลลักษณะและคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีก่อนมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าว โดยตรวจวัดพารามิเตอร์ในภาคสนามด้วยวิธีวิเคราะห์/เครื่องมือวิเคราะห์ (ตารางที่ 3.5) ได้แก่ ระดับน้ำ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-เบส ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และค่าการนำไฟฟ้า โดยนำตัวอย่างน้ำ

ใส่ขวดพลาสติกห่อด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ เพื่อป้องกันไม่ให้โดนแสง แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำไปตรวจวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ เพื่อตรวจหาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ต่อไป

(2) เก็บตัวอย่างน้ำหาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

จากชุด micro plot ในแต่ละแปลง จำนวน 5 แปลงๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 1 ลิตร ใส่ขวดพลาสติกปิดฝาให้แน่นสนิท ห่อด้วยอลูมิเนียมฟอยด์เพื่อป้องกันไม่ให้โดนแสง แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ โดยเก็บตัวอย่างหลังการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวแล้ว 3 วัน[72,130] ในแต่ละครั้ง คือ ในวันที่ 27, 57 และ 87 ของอายุต้นข้าว ตามระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าว รวมทั้งหมด 3 ครั้ง โดยเก็บตัวอย่างน้ำ ในวันที่ 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว

3.6.1.2 การเก็บตัวอย่างดิน

(1) เก็บตัวอย่างดิน

- เก็บตัวอย่างดิน จากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร จำนวน 1 ตัวอย่าง น้ำหนัก 2 กิโลกรัม ใส่ถุงดำเพื่อป้องกันไม่ให้โดนแสง ใส่ถุงพลาสติกอีกชั้น แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้สำหรับเป็นข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ก่อนการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าว ได้แก่ เนื้อดิน ค่าความเป็นกรด-เบส ปริมาณอินทรียวัตถุ ความหนาแน่นอนุภาคดิน ค่าการนำไฟฟ้า และความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน

- เก็บตัวอย่างจากแปลงทดลอง ที่ระดับความลึก 0-1 เซนติเมตร ในแต่ละแปลง จำนวน 5 แปลงๆ ละ 3 ตัวอย่าง ๆ ละ 1 กิโลกรัม หลังจากที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตแล้ว 3 วัน ในแต่ละครั้ง คือ ในวันที่ 27, 57 และ 87 ของอายุต้นข้าว ตามระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าว รวมทั้งหมด 3 ครั้ง โดยเก็บตัวอย่างดินในวันที่ 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว ทำการวิเคราะห์ในภาคสนามด้วยวิธีวิเคราะห์/เครื่องมือวิเคราะห์ (ตารางที่ 3.5) ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-เบส ค่าการนำไฟฟ้า และความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน

(2) เก็บตัวอย่างดินหาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

ทำการเก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลอง เพื่อตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตจากชุด micro plot ที่ความลึก 0 - 1 เซนติเมตร แต่ละแปลง จำนวน 5 แปลงๆ ละ 3 ตัวอย่าง ๆ ละ 1 กิโลกรัม ใส่ถุงดำเพื่อป้องกันไม่ให้โดนแสง ใส่ถุงพลาสติกอีกชั้น แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ หลังจากฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว ในวันที่ 27, 57 และ 87 ของอายุต้นข้าว ตามระยะเวลาการเจริญเติบโต

ของข้าว รวมทั้งหมด 3 ครั้ง และเก็บตัวอย่างดินในวันที่ 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้าง

3.6.1.3 เก็บตัวอย่างผลผลิตข้าว

เก็บตัวอย่างข้าวเปลือก 1 ครั้ง ในวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิต ในแต่ละแปลงจำนวนทั้งหมด 5 แปลงๆ ละ 3 ตัวอย่างๆ ละ 0.5 กิโลกรัม ใส่ถุงพลาสติกปิดให้สนิท และนำใส่ถุงดำป้องกันไม่ให้โดนแสงและความร้อนทันที เนื่องจากอาจจะมีผลต่อการสลายตัวของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ก่อนนำไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ และหาปริมาณผลผลิตข้าวเปลือก[131] โดยการหาความชื้น และคำนวณผลผลิตข้าวเปลือก (grain yields) ที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ ดังสมการที่ 3.10

$$\text{ผลผลิตที่ความชื้น 14\% } (\text{กิโลกรัม/ไร่}) = \frac{a\times(100-b)\times 1{,}600}{(100-14)\times c} \qquad (3.10)$$

เมื่อ

a = น้ำหนักของเมล็ดข้าวที่ความชื้น b (กิโลกรัม)

b = % ความชื้นที่ระดับต่างๆ กันของเมล็ดข้าวที่หาได้จากเครื่องวัดความชื้น

c = พื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิต (ไร่)

3.6.2 เกษตรกร

โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ด้วยแบบชุดสัมภาษณ์และการเก็บตัวอย่างเลือดในเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างจำนวนเท่ากัน คือ 135 คน ระหว่างวันที่ 20 พฤษภาคม - 30 มิถุนายน 2557 ดังนี้

3.6.2.1 แบบชุดสัมภาษณ์เกษตรกร

โดยใช้แบบสัมภาษณ์ที่มีโครงสร้าง กำหนดคำถามและคำตอบให้เลือก โดยเรียงเนื้อหาตามวัตถุประสงค์ และนำแบบสัมภาษณ์หาความตรงเชิงเนื้อหา เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ของเนื้อหา โดยนำแบบชุดสัมภาษณ์ไปทดลองใช้ (try out) กับกลุ่มเกษตรกรชาวนา อำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 30 คน โดยปรับแก้ไขให้ถูกต้องเหมาะสม ก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มเกษตรกรชาวนา อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งได้จากการหาขนาดกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรในการศึกษาครั้งนี้ (ข้อ 3.2.2) จำนวนทั้งหมด 135 คน ประกอบด้วย ลักษณะคำถามที่ให้เลือกตอบ โดยแบบสัมภาษณ์แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของเกษตรกร

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ประกอบด้วย ชนิดสาร ปริมาณที่ใช้ วิธีการผสม ระยะเวลาที่ใช้ ความถี่ในการใช้สารเคมี การเก็บและกำจัดภาชนะบรรจุภัณฑ์ และการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

ส่วนที่ 3 ผลกระทบต่อสุขภาพ จากอาการและอาการแสดงด้านสุขภาพของเกษตรกรจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

3.6.2.2 เก็บตัวอย่างเลือด

เก็บตัวอย่างเลือดจากกลุ่มเกษตรกร 135 คน จำนวน 1 ครั้ง เพื่อตรวจเลือดหาระดับโคลีนเอสเตอเรส จากระดับ cholinesterase activity ในพลาสมา โดยเจาะเลือดจากหลอดเลือดดำตำแหน่งข้อพับแขน จำนวน 3 มิลลิลิตร[61,68,71] ใส่หลอดปราศจากเชื้อปิดให้สนิท แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยผู้วิจัยร่วมกับเจ้าหน้าที่สาธารณสุขโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลและโรงพยาบาลสามชุก สถานที่เก็บตัวอย่าง คือ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลทุกแห่ง ก่อนนำตัวอย่างเลือดไปปั่นแยกพลาสมา ที่ห้องปฏิบัติการชันสูตรโรค โรงพยาบาลสามชุก แล้วเก็บแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ส่งตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี Spectrophotometry ต่อไป[61,68]

3.6.2.3 การพิทักษ์สิทธิ์

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ขอการรับรองโครงการวิจัยในคน จากคณะอนุกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ชุดที่ 2 หนังสือรับรองเลขที่ 054/2557 รหัสโครงการ 033/2557 (ภาคผนวก ก) และหนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย หรือ Consent form (ภาคผนวก ข) โดยอธิบายถึงวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย วิธีการศึกษา ระยะเวลาที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ลักษณะของแบบสัมภาษณ์ พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้ซักถามข้อสงสัยเกี่ยวกับการทำวิจัย และให้ข้อมูลแก่ผู้เข้าร่วมการวิจัย ว่าสามารถออกจากการวิจัยได้ตลอดเวลา โดยไม่มีผลกระทบใดๆ ข้อมูลต่างๆ ผู้วิจัยและผู้ที่เกี่ยวข้องซึ่งได้แก่ เจ้าหน้าที่สาธารณสุขโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลทุกแห่ง และโรงพยาบาลสามชุก จะเก็บไว้เป็นความลับ การเผยแพร่ผลการวิจัยจะนำเสนอเป็นทางวิชาการในภาพรวมเท่านั้น โดยจะไม่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของผู้เข้าร่วมการวิจัยแต่อย่างใด หากเกิดอันตรายหรือความเสียหาย อันเป็นผลมาจากการวิจัย ผู้วิจัยและ/หรือเจ้าหน้าที่สาธารณสุขดังกล่าว จะเป็นผู้รับผิดชอบจัดการรักษาพยาบาลให้จนกลับคืนสภาพเดิม และจะเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการรักษาพยาบาล รวมทั้งชดเชยค่าเสียหายอื่นถ้าหากมี

3.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ

โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window version 13.0 ในการวิเคราะห์และประเมินผลข้อมูล ดังนี้

3.7.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA)

ในการศึกษาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างที่แตกต่างกันของการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในน้ำ ดิน และข้าวเปลือก โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวและทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)[132]

3.7.2 การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis: MRA)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับโคลีนเอสเตอเรสในเลือดของเกษตรกรกับการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และผลกระทบต่อสุขภาพเกษตรกร โดยใช้สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบ[127-128,133] ดังสมการที่ 3.11

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + ... + b_kx_k \quad (3.11)$$

เมื่อ

Y	แทน คะแนนพยากรณ์ของตัวแปรตาม (ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา)
a	แทน ค่าคงที่ของสมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบ
$b_1, b_2, ..., b_k$	แทน น้ำหนักคะแนนหรือสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวพยากรณ์ตัวที่ 1 ถึง ตัวที่ k ตามลำดับ
$x_1, x_2, ..., x_k$	แทน คะแนนของตัวพยากรณ์ (ตัวแปรอิสระ) ตัวที่ 1 ถึงตัวที่ k ตามลำดับ
k	แทน จำนวนตัวพยากรณ์ (ตัวแปรอิสระ)

3.7.3 สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

ค่าสถิติที่ใช้ ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าพิสัย ในการอธิบายข้อมูลทั่วไป ลักษณะส่วนบุคคลของเกษตรกร การใช้สารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต และการตรวจเลือดหาระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา และผลกระทบต่อสุขภาพเกษตรกร

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพรฟีโนฟอส ในนาข้าวที่มีต่อผลผลิตข้าวและสุขภาพของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี โดยในการศึกษานี้ ได้แบ่งผลการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน คือ การผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ที่มีต่อปริมาณสารพิษตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าว คือ ในน้ำ ดิน ผลผลิตข้าวเปลือก และการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตกับผลกระทบต่อสุขภาพเกษตรกร ผลมีดังนี้

4.1 การผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่มีต่อปริมาณสารพิษตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าว ได้แก่ น้ำ ดิน และข้าวเปลือก

4.1.1 ระดับน้ำและสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำในนาข้าว

การศึกษาการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ที่มีต่อปริมาณสารพิษตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในน้ำนาข้าว ประกอบด้วย 6 พารามิเตอร์ ได้แก่ ระดับน้ำ (levels of water) อุณหภูมิ (temperature) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen; DO) ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (total dissolved solid; TDS) และค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity; EC) โดยตรวจวิเคราะห์ก่อนทำการเพาะปลูกข้าว คือ วันที่ 0 ของอายุต้นข้าว การศึกษานี้ เก็บตัวอย่างน้ำหลังจากมีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าว แต่ละครั้งแล้ว 3 วัน โดยเก็บตัวอย่างน้ำในนาข้าว จำนวน 3 ครั้ง ตามระยะการเจริญเติบโตของข้าวทั้งหมด 3 ระยะ ดังนี้

เก็บตัวอย่างน้ำ ครั้งที่ 1 เมื่อต้นข้าวอายุ 30 วัน คือหลังจากฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตแล้ว 3 วัน โดยฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ในวันที่ 27 ของอายุต้นข้าว ซึ่งเป็นระยะที่ 1 ของการเจริญเติบโตของข้าว คือ ระยะเวลาการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ตั้งแต่เมล็ดงอก ต้นกล้า และแตกกอ

เก็บตัวอย่างน้ำ ครั้งที่ 2 เมื่อต้นข้าวอายุ 60 วัน คือหลังจากฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตแล้ว 3 วัน โดยฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ในวันที่ 57 ของอายุต้นข้าว เป็นระยะที่ 2 ของการเจริญเติบโตของข้าว คือ ระยะสืบพันธุ์ ตั้งแต่ระยะย่างปล้อง สร้างรวงอ่อนถึงแทงช่อดอก ออกรวง และดอกบาน

เก็บตัวอย่างน้ำ ครั้งที่ 3 เมื่อต้นข้าวอายุ 90 วัน คือหลังจากฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตแล้ว 3 วัน โดยฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ในวันที่ 87 ของอายุต้นข้าว เป็นระยะที่ 3 ของการเจริญเติบโตของข้าว คือระยะสร้างเมล็ด ตั้งแต่ระยะเมล็ดน้ำนม เมล็ดเริ่มแข็งตัว และระยะสุกแก่ ผลการศึกษาดังนี้

4.1.1.1 ระดับน้ำในแปลงนาข้าว

ผลการศึกษาระดับน้ำในแปลงที่ 1-5 พบว่า

ในวันที่ 0 ของอายุต้นข้าว ซึ่งเป็นระยะเริ่มแรกปักดำต้นกล้า ยังไม่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตทุกชนิดในทุกแปลง โดยแปลงที่ 1-5 มีระดับน้ำเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 (ภาคผนวก ค 4.1) ดังตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1 คือเท่ากับ 10.8 เซนติเมตร อาจจะเนื่องมาจาก โดยทั่วไปการทำนาแบบปักดำในระบบชลประทาน จะมีการควบคุมระดับน้ำในนา ให้เหมาะสมตามชนิดพันธุ์ข้าวและความสูงของต้นกล้าที่ปักดำของนาข้าว คือรักษาระดับน้ำในแปลงให้อยู่ระหว่าง 10-15 เซนติเมตร[31] เพื่อป้องกันไม่ให้ต้นกล้าที่ปักดำล้มและเพียงพอกับการเจริญเติบโตของข้าว

ในวันที่ 30 ของอายุต้นข้าว ทุกแปลงมีระดับน้ำเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีไม่นัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 คืออยู่ระหว่าง 10.8-11.1 เซนติเมตร อาจเนื่องจากเป็นระยะเวลาการเจริญเติบโตทาง ลำต้นและใบของข้าว โดยทั่วไปมีการดูแลรักษาระดับน้ำในแปลงอยู่ระหว่าง 10-20 เซนติเมตร[32] เพื่อให้มีน้ำเพียงพอในการเจริญเติบโตและต้นกล้าแตกกอได้ดี เพราะถ้าระดับน้ำน้อยเกินไป ทำให้สัตว์และแมลงบางชนิดทำลายต้นกล้าในระยะนี้ที่สำคัญ ได้แก่ ปูนา หอย และหนอนกอ เป็นต้น[31-32] ส่งผลให้เกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 82.22) เริ่มมีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว เมื่อพบศัตรูข้าวเพียงเล็กน้อย เพื่อกำจัดแมลงศัตรูข้าวที่มาทำลายต้นข้าวในระยะนี้

ในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว ทุกแปลงมีระดับน้ำเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยมีระดับน้ำเฉลี่ยต่ำสุด อยู่ระหว่าง 3.7-3.8 เซนติเมตร อาจเนื่องจากฝนทิ้งช่วงนาน คือระหว่างวันที่ 25-31 ก.ค. 56 และ 4-8 ส.ค. 56 โดยพบว่ามีปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุด คือ 2.8 มิลลิเมตร (ภาคผนวก ง) และมีสภาพอากาศร้อนติดต่อกัน โดยมีอุณหภูมิในน้ำสูงสุด คือ อยู่ระหว่าง 29.0-29.8 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ระดับน้ำลดลงมากที่สุด ซึ่งเกษตรกรจะใช้สารกำจัดศัตรูพืชฉีดพ่นป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวทำลายต้นและใบ[9] เช่น หนอนกินใบ หนอนกอ เพลี้ยไฟ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยจักจั่นสีเขียว และหนอนผีเสื้อ เป็นต้น

ในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว ทุกแปลงมีระดับน้ำเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 คืออยู่ระหว่าง 8.0-8.1 เซนติเมตร เพราะมีฝนตกติดต่อกันจากอิทธิพลของพายุหวู่ติ๊บ[134] ส่งผลให้ระดับน้ำในทุกแปลงเพิ่มขึ้น ในระยะนี้ต้นข้าวต้องการน้ำมากขึ้น เพื่อใช้ในการสร้างดอกและเมล็ด โดยทั่วไปนาปักดำจะมีการควบคุมระดับน้ำอยู่ระหว่าง 10-15 เซนติเมตร[9,32]

เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการน้ำของต้นข้าว โดยในระยะนี้พบแมลงศัตรูข้าวที่มาทำลายผลผลิตที่สำคัญ ได้แก่ มวนข้าว เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และไรทำลายช่อดอก ทำให้เกษตรกรมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวฉีดพ่นป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าว จนกระทั่งถึงระยะ 10-15 วัน ก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต จึงทำการระบายน้ำออกจากแปลงนา ซึ่งถ้าในขณะนั้นน้ำจากนาข้าวมีสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตอยู่ อาจทำให้มีสารพิษตกค้างในน้ำออกสู่แหล่งน้ำผิวดินได้[21,26]

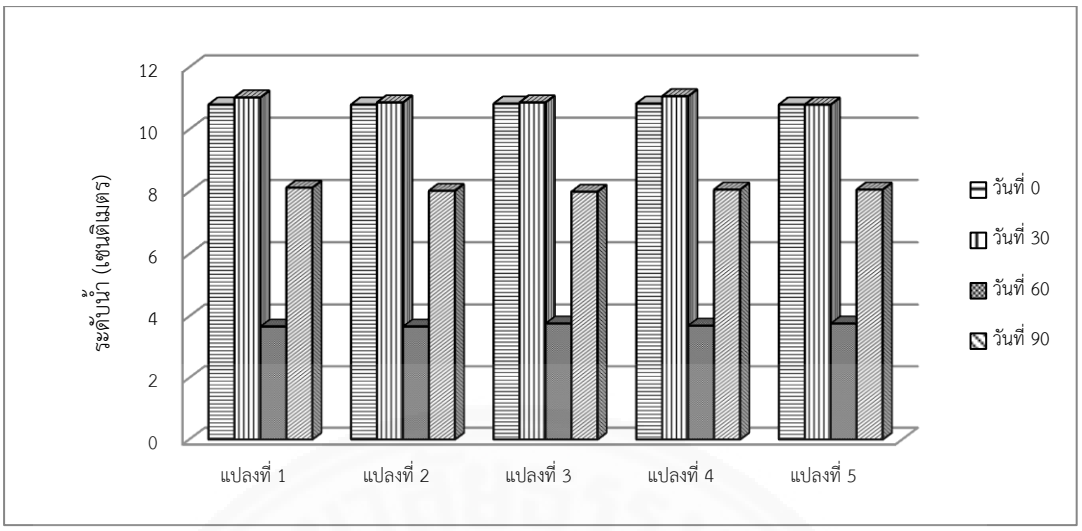
อย่างไรก็ตาม พบว่าระดับน้ำเฉลี่ยในแปลงที่ 1-5 ที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว คือมีระดับน้ำเฉลี่ยในทุกแปลงในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโตของต้นข้าวไม่แตกต่างกัน โดยในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว มีค่าเฉลี่ยระดับน้ำต่ำที่สุด คืออยู่ระหว่าง 3.7-3.8 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยระดับน้ำ (เซนติเมตร) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว

แปลงนาข้าวที่	ค่าเฉลี่ยระดับน้ำ (เซนติเมตร) ในแปลงนาข้าว			
	วันที่ 0	วันที่ 30	วันที่ 60	วันที่ 90
1	10.8^{aA}	11.0^{aA}	3.7^{aA}	8.1^{aA}
2	10.8^{aA}	10.9^{aA}	3.7^{aA}	8.0^{aA}
3	10.8^{aA}	10.9^{aA}	3.8^{aA}	8.0^{aA}
4	10.8^{aA}	11.1^{aA}	3.7^{aA}	8.1^{aA}
5	10.8^{aA}	10.8^{aA}	3.8^{aA}	8.1^{aA}

หมายเหตุ: อักษรอารบิกพิมพ์เล็ก แทนระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

อักษรอารบิกพิมพ์ใหญ่ แทนระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01



หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง

ภาพที่ 4.1 ระดับน้ำเฉลี่ย (เซนติเมตร) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว

4.1.1.2 อุณหภูมิของน้ำในนาข้าว

ผลการศึกษาอุณหภูมิของน้ำในแปลงที่ 1-5 พบว่า

ในวันที่ 0 ระยะเริ่มแรกของการปักดำต้นกล้า พบว่าแปลงที่ 1-5 มีอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยเท่ากัน คือ 28.6 องศาเซลเซียส อาจเนื่องจากในทุกแปลง ยังไม่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จึงยังไม่มีอิทธิพลของสารกำจัดศัตรูพืชในแปลงนาข้าว ดังตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.2

ในวันที่ 30 ของอายุต้นข้าว น้ำในแปลงมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 28.9-29.5 องศาเซลเซียส โดยแปลงที่ 5 น้ำมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 29.5 แตกต่างจากแปลงอื่นๆ ที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต คือ แปลงที่ 2, 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 (ภาคผนวก ค 4.2) อาจเนื่องจากคุณสมบัติทางเคมีของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

ที่ใช้ฉีดพ่น เมื่อละลายน้ำจะมีการแตกตัวของประจุ และการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำ[135] ที่สำคัญ คือ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส จากการแตกตัวของประจุของสารทำให้มีการเคลื่อนที่ชนกันได้มากขึ้น เกิดการคายความร้อนออกมาสู่สิ่งแวดล้อม ส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น[26] โดยแปลงที่มีจำนวนชนิดสารกำจัดศัตรูพืชยิ่งมากจะส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มสูงไปด้วย ในขณะที่แปลงที่ 1 ซึ่งไม่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต มีอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด คือ 28.9 องศาเซลเซียส

ในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว น้ำในแปลงมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 29.0-29.8 องศาเซลเซียส เพราะไม่มีฝนตก ทำให้ระดับน้ำในทุกแปลงลดลงต่ำสุด คือเฉลี่ย 3.7-3.8 เซนติเมตร เนื่องจากต้นข้าวที่เจริญเติบโตและ แตกกอ มาจากระยะแรกต้องการใช้น้ำมากขึ้นในระยะสืบพันธุ์นี้ คือตั้งแต่ย่างปล้อง สร้างรวงอ่อนถึงแทงช่อดอก ออกรวง และดอกบาน[32,46] ดังนั้น เมื่อไม่มีฝนตกติดต่อกันนานๆ และสภาพอากาศร้อน จึงส่งผลต่อการระเหยของน้ำในแปลงเพิ่มขึ้น ทำให้ระดับน้ำในทุกแปลงลดลงต่ำสุด และส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มสูงขึ้นด้วย โดยพบว่าแปลงที่ 5 มีอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยสูงสุด 29.8 องศาเซลเซียส แตกต่างจากแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 ยกเว้นในแปลงที่ 4 ซึ่งอาจเป็นผลจากการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตหลายชนิด ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีเกิดมากขึ้น และอาจเนื่องจากน้ำในแปลงมีปริมาณน้อยกว่าในวันอื่นๆ

ในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว น้ำในแปลงมีอุณหภูมิต่ำสุด เฉลี่ยอยู่ในช่วง 28.0-28.7 องศาเซลเซียส อาจเนื่องจากระดับน้ำในทุกแปลงเพิ่มสูงขึ้นเพราะปริมาณฝนที่ตกลงมาติดต่อกัน โดยมีระดับน้ำเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 8.0-8.1 เซนติเมตร นอกจากนี้พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในแปลงนาข้าวมากขึ้น คือเฉลี่ยเท่ากับ 5.8 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำลดลง โดยพบว่าแปลงที่ 5 มีอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยสูงสุด คือ 28.7 องศาเซลเซียส แตกต่างจากแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 ยกเว้นในแปลงที่ 4 ซึ่งมีอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ย 28.6 องศาเซลเซียส ในลักษณะเช่นเดียวกับในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว

โดยพบว่าอุณหภูมิของน้ำทุกแปลง ในวันที่ 30 และ 60 ของอายุต้นข้าว เพิ่มสูงขึ้น อาจจะเนื่องจากส่วนใหญ่สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต มีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ดี เช่น ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส ซึ่งเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน (exothermic reaction) มีการแตกตัวของสารได้ดี ทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น[26] ส่วนในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว เป็นช่วงที่มีฝนที่ตกติดต่อกันจากอิทธิพลของพายุหว่ดีบ[134] ทำให้ระดับน้ำสูงขึ้น ซึ่งอาจจะส่งผลต่ออุณหภูมิของน้ำลดลง อย่างไรก็ตาม พบว่าการผสมสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต อาจมีผลต่ออุณหภูมิของน้ำ คืออุณหภูมิของน้ำจะเพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้ จากการแตกตัวเป็นประจุของสารมากตามไปด้วย โดยพบแปลงที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่มีจำนวนชนิดแตกต่างกัน ส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดย

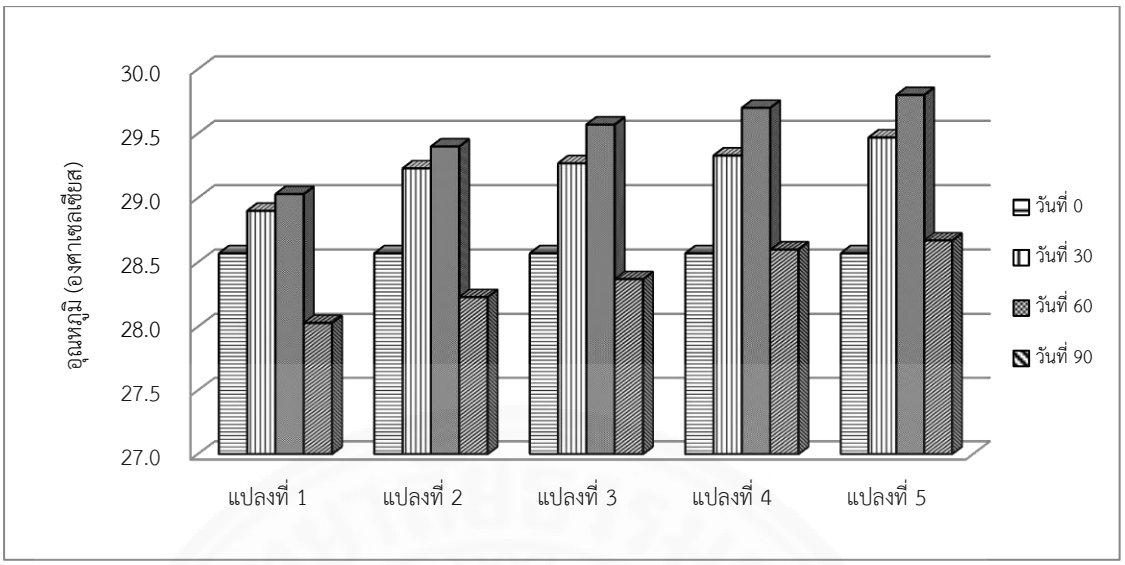
แปลงที่ 1 ซึ่งไม่ใช้สารกำจัดศัตรูพืช มีอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำต่ำที่สุด 28.0 องศาเซลเซียส ต่ำกว่าทุกแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แต่ไม่ต่ำกว่าแปลงที่ 2 และ 3 ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำ เท่ากับ 28.2 และ 28.4 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในขณะที่แปลงที่ 5 ซึ่งมีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวนมากที่สุด 4 ชนิด มีอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำสูงสุด เท่ากับ 28.7 องศาเซลเซียส และสูงกว่าแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 ยกเว้น ในแปลงที่ 4 ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำ เท่ากับ 28.6 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ อุณหภูมิของน้ำกับระดับน้ำมีผลต่อกัน คือแปรผกผันกัน นอกจากนี้ อุณหภูมิของน้ำยังขึ้นกับแสงที่ส่องผ่านลงไปในน้ำ คือน้ำที่ระดับความลึกแตกต่างกันส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำแตกต่างกัน เพราะอุณหภูมิของน้ำมีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาเคมีของสารกำจัดศัตรูพืชในน้ำ ซึ่งมีผลต่อการลดลงของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำด้วย[136] อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำทั้งหมดยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินโดยทั่วไป คือมีค่าไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส[34,36]

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว

แปลงนาข้าวที่	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)			
	วันที่ 0	วันที่ 30	วันที่ 60	วันที่ 90
1	28.6^{aA}	28.9^{aA}	29.0^{aA}	28.0^{aA}
2	28.6^{aA}	29.2^{bA}	29.4^{bA}	28.2^{aA}
3	28.6^{aA}	29.3^{bA}	29.6^{bA}	28.4^{aA}
4	28.6^{aA}	29.3^{bA}	29.7^{cB}	28.6^{bB}
5	28.6^{aA}	29.5^{cB}	29.8^{cB}	28.7^{bB}

หมายเหตุ: อักษรอารบิกพิมพ์เล็ก แทนระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

อักษรอารบิกพิมพ์ใหญ่ แทนระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01



หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง

ภาพที่ 4.2 อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำ (องศาเซลเซียส) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว

4.1.1.3 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในนาข้าว

ผลการศึกษาปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ในแปลงที่ 1-5 พบว่า

ในวันที่ 0 แปลงที่ 1-5 มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ย เท่ากับ 4.9-5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำโดยทั่วไปของน้ำผิวดิน คือ 5.0-8.0 มิลลิกรัมต่อลิตร[34] อาจจะเนื่องมาจากในระยะเริ่มแรกของการปักดำต้นกล้า ยังไม่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในแปลงนาข้าว เหมือนกันทุกแปลง ดังตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.3

ในวันที่ 30 ของอายุต้นข้าว โดยแปลงที่ 1 มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 5.8 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมา แปลงที่ 2 และ 3 คือเท่ากับ 5.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะแปลงที่ 5 มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 5.2 มิลลิกรัมต่อลิตร แตกต่างจากแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 (ภาคผนวก ค 4.3) อาจจะเนื่องมาจากอิทธิพลของ

คุณสมบัติทางเคมี และจำนวนชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้แตกต่างกัน โดยทั่วไปสารกลุ่มนี้เมื่อทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำ จะให้ความร้อนออกมาสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลง โดยมีลักษณะแปรผันตรงกับจำนวนชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ อย่างไรก็ตาม พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในทุกแปลงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากวันที่ 0 ของอายุต้นข้าว อาจจะเนื่องจากในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ กระบวนการสังเคราะห์แสงของต้นข้าว ทำให้มีปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้น และน้ำในทุกแปลงอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับความต้องการของข้าว คือ เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 10.8-11.1 เซนติเมตร

ในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว พบว่าแปลงที่ 1 มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงสุดเฉลี่ย เท่ากับ 5.8 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสูงกว่าแปลงอื่นๆ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แต่ไม่สูงกว่า แปลงที่ 2 และ 3 ที่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ย เท่ากับ 5.6 และ 5.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในขณะแปลงที่ 5 มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 5.1 มิลลิกรัมต่อลิตร แตกต่างจากแปลงอื่นๆ อย่างมีไม่นัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.05 ยกเว้น แปลงที่ 4 ที่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ย เท่ากับ 5.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้ อาจเนื่องจากคุณสมบัติทางเคมีและจำนวนชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้แตกต่างกัน โดยพบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ มีแนวโน้มลดลงตามจำนวนชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ฉีดพ่นในแต่ละแปลง กล่าวคือ ถ้ามีจำนวนชนิดของสารยิ่งมาก จะส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำยิ่งลดลงด้วย

ในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว พบว่าแปลงที่ 1 มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงสุดเฉลี่ย เท่ากับ 6.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสูงกว่าแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แต่ไม่สูงกว่าแปลงที่ 2 ที่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 6.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะแปลงที่ 4 และ 5 มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำสุดเท่ากัน คือ 5.3 มิลลิกรัมต่อลิตร และแตกต่างจากแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว และอาจจะเนื่องมาจาก เป็นช่วงที่มีปริมาณฝนตกติดต่อกัน ซึ่งเมื่อฝนตกจะละลายออกซิเจนในอากาศลงมานอกจากส่งผลต่อออกซิเจนละลายน้ำได้มากขึ้นแล้ว ยังทำให้อุณหภูมิของน้ำลดลง ส่งผลต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมากขึ้น อย่างไรก็ตาม พบว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกับในวันที่ 30 ของอายุต้นข้าว คือทุกแปลงมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้น

โดยในทุกระยะการเจริญเติบโตของข้าวทั้ง 3 ระยะ พบว่าแปลงที่ 1 มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยสูงสุด ในขณะแปลงที่ 5 มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยต่ำสุด อาจเนื่องจากคุณสมบัติของสารกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิดและจำนวนชนิดสารที่ผสมฉีดพ่น นอกจากนี้ ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ในสิ่งแวดล้อมขณะนั้น เช่น ระดับน้ำ และอุณหภูมิของน้ำ เป็นต้น โดยพบว่าแปลงที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชยิ่งจำนวนหลายชนิด เช่น แปลงที่ 4 และ 5 จะมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยต่ำกว่าแปลงอื่นๆ ที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชน้อยกว่าทั้งจำนวนและปริมาณสารที่

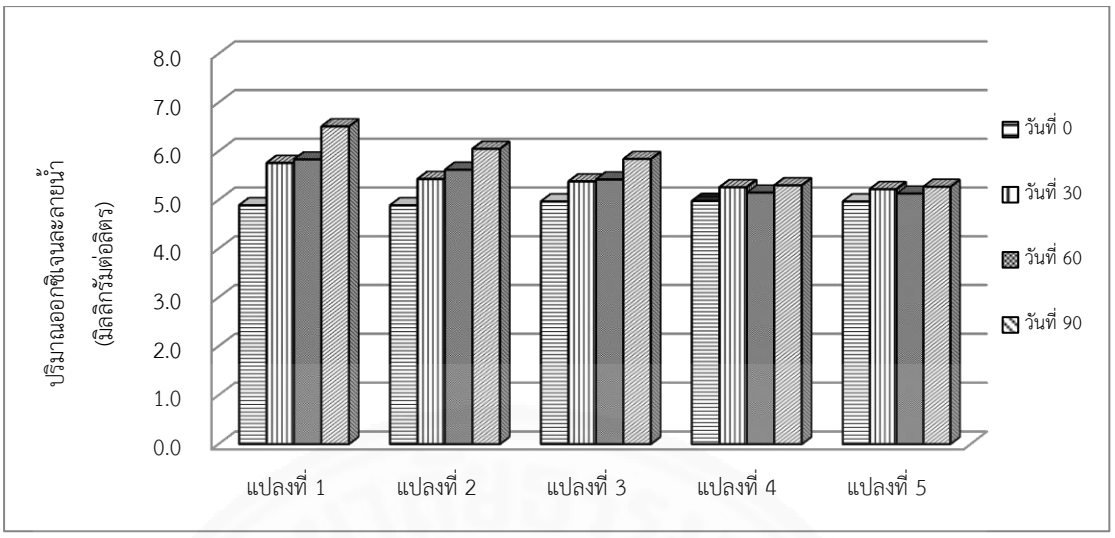
ฉีดพ่น และแปลงที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชเลย เช่น แปลงที่ 2 และ 1 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ทุกแปลงมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ย อยู่ใกล้เคียงกับเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินโดยทั่วไป คือมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ อยู่ระหว่าง 5.0-8.0 มิลลิกรัมต่อลิตร[34]

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว

แปลงนาข้าวที่	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	วันที่ 0	วันที่ 30	วันที่ 60	วันที่ 90
1	4.9^{aA}	5.8^{aA}	5.8^{aA}	6.5^{aA}
2	4.9^{aA}	5.4^{bA}	5.6^{bA}	6.1^{aA}
3	5.0^{aA}	5.4^{bA}	5.4^{bA}	5.8^{bA}
4	5.0^{aA}	5.3^{bA}	5.2^{cA}	5.3^{cA}
5	5.0^{aA}	5.2^{cA}	5.1^{cA}	5.3^{cA}

หมายเหตุ: อักษรอารบิกพิมพ์เล็ก แทนระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

อักษรอารบิกพิมพ์ใหญ่ แทนระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01



หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ผสม OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง

ภาพที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว

4.1.1.4 ค่าความเป็นกรด - เบส ของน้ำในนาข้าว

พบว่า ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำ ในแปลงที่ 1-5 ดังนี้

ในวันที่ 0 ระยะปักดำต้นกล้า ในแปลงที่ 1-5 มีค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำเท่ากัน คือ 6.9 อาจเนื่องจากยังไม่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต สอดคล้องกับสมคิด เฉลิมเกียรติ[9] ที่พบว่าน้ำจากนาข้าวที่เป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าวในระบบการชลประทานที่มีการใช้สารเคมีทางการเกษตรจะมีค่าความเป็นกรด-เบส อยู่ระหว่าง 6.5-7.5 ดังตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.4

ในวันที่ 30 ของอายุต้นข้าว น้ำมีค่าความเป็นกรด-เบส ระหว่าง 7.8-8.2 เพิ่มขึ้นในทุกแปลง จากวันที่ 0 ของอายุต้นข้าว ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากคุณสมบัติของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 4 ชนิดนี้ มีค่าความเป็นกรด-เบส ระหว่าง 7.5-9.0 คือ เป็นเบสอ่อนถึงปานกลาง เมื่อละลายน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส ได้หมู่ของไฮดรอกไซด์อิออน ส่งผลให้ค่าความ

เป็นกรด-เบสของน้ำสูงขึ้น[22] โดยพบว่าแปลงที่ 4 และ 5 ที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 3 และ 4 ชนิดรวมกัน ตามลำดับ มีค่าความเป็นกรด-เบสสูงสุด เท่ากับ 8.2 แตกต่างจากแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 (ภาคผนวก ค 4.4) ในขณะแปลงที่ 1 ซึ่งไม่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต น้ำมีค่าความเป็นกรด-เบสต่ำสุด เท่ากับ 7.8 แตกต่างจากแปลงที่ 2 และ 3 อย่างไม่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 คือน้ำมีค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 8.0 และ 8.1 ตามลำดับ

ในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว น้ำมีค่าความเป็นกรด-เบสสูงสุด ระหว่าง 8.3-8.7 และสูงกว่าในวันอื่นๆ ซึ่งนอกจากคุณสมบัติทางเคมีของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ฉีดพ่นจะส่งผลต่อค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำแล้ว ระดับน้ำยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำ เพราะปริมาณน้ำจะมีผลต่อความเข้มข้นของสาร ในระยะนี้พบว่าระดับน้ำทุกแปลงลดลงต่ำสุด คือ เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.7-3.8 เซนติเมตร อาจเนื่องจากการที่ไม่มีฝนตกติดต่อกัน ส่งผลต่อค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะในแปลงที่ 4 และ 5 ที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 3 และ 4 ชนิด ตามลำดับ มีค่าความเป็นกรด-เบสสูงสุด คือ เท่ากับ 8.7 ซึ่งแตกต่างจากแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01

ในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว น้ำมีค่าความเป็นกรด-เบส ระหว่าง 7.1-7.9 และต่ำกว่าในวันที่ 30 และ 60 จากปริมาณฝนที่ตกลงมา ทำให้ระดับน้ำในทุกแปลงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความเข้มข้นของสารละลายต่างๆ ในน้ำเจือจางลง นอกจากนี้แล้ว อาจจะเนื่องจากเมื่อฝนตกจะละลายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศลงมา ซึ่งจะส่งผลต่อค่าความเป็นกรด-เบส ลดลง โดยทั่วไปน้ำฝนมีค่าความเป็นกรด-เบส ประมาณ 6.5 คือจัดเป็นกรดอ่อนจึงทำให้น้ำมีสภาพความเป็นกรด-เบสลดลง โดยแปลงที่ 5 น้ำมีค่าความเป็นกรด-เบสสูงสุด เท่ากับ 7.9 แตกต่างจากแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 ยกเว้นแปลงที่ 4 ที่มีค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 7.8 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

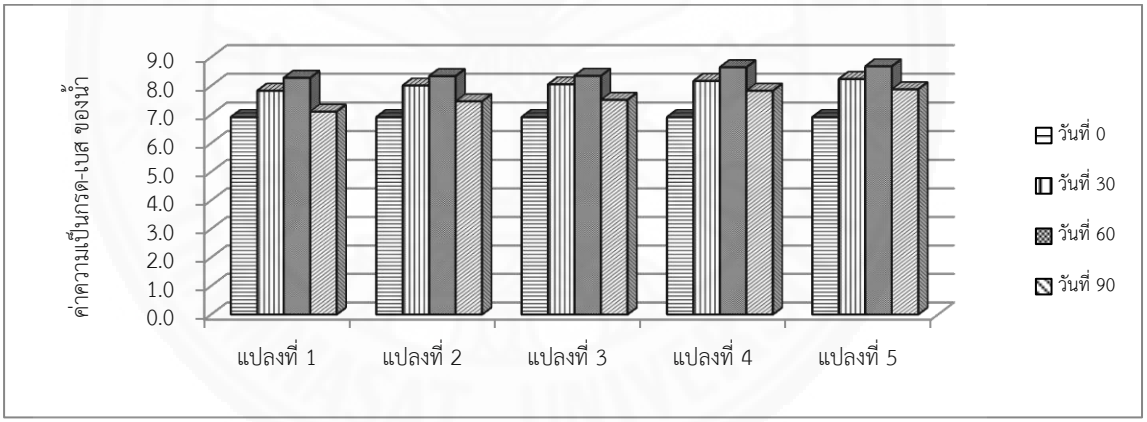
โดยพบว่าค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำ ในแปลงที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว คือ ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว พบว่าในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว น้ำมีค่าความเป็นกรด-เบสของสูงสุด คือ อยู่ระหว่าง 8.3-8.7 และในวันที่ 0 ของอายุต้นข้าว มีค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำต่ำสุด เท่ากับ 6.9 แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำทั้งหมด ยังอยู่ในมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินโดยทั่วไป คือ มีค่าความเป็นกรด-เบส อยู่ระหว่าง 5.0-9.0[34]

ตารางที่ 4.4 ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำ ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว

แปลงนาข้าวที่	ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำ			
	วันที่ 0	วันที่ 30	วันที่ 60	วันที่ 90
1	6.9^{aA}	7.8^{aA}	8.3^{aA}	7.1^{aA}
2	6.9^{aA}	8.0^{aA}	8.3^{aA}	7.5^{bA}
3	6.9^{aA}	8.1^{bA}	8.4^{aA}	7.5^{bA}
4	6.9^{aA}	8.2^{cB}	8.7^{bB}	7.8^{cB}
5	6.9^{aA}	8.2^{cB}	8.7^{bB}	7.9^{cB}

หมายเหตุ: อักษรอารบิกพิมพ์เล็ก แทนระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

อักษรอารบิกพิมพ์ใหญ่ แทนระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01



หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง

ภาพที่ 4.4 ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำ ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตแตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว

4.1.1.5 ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำในนาข้าว

ในวันที่ 0 ของอายุต้นข้าว พบว่าปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ในแปลงที่ 1-5 มีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 145.3-145.7 มิลลิกรัมต่อลิตร อาจจะเนื่องจากเป็นวันเริ่มการเตรียมแปลงนา สำหรับการปักดำต้นกล้าข้าวในพื้นที่เดียวกัน ซึ่งโดยทั่วไปจะพบคอลลอยด์ในน้ำและอนุภาคดินละลายในแปลงนาที่มีน้ำขังไม่แตกต่างกัน[37] ดังตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.5

ในวันที่ 30 ของอายุต้นข้าว มีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเฉลี่ย อยู่ระหว่าง 136.7-146.3 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าสูงสุดในแปลงที่ 5 เท่ากับ 146.3 มิลลิกรัมต่อลิตร แตกต่างจากแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 (ภาคผนวก ค 4.5) ยกเว้นในแปลงที่ 4 ที่มีปริมาณของแข็งละลายน้ำเท่ากับ 144.7 มิลลิกรัมต่อลิตร อาจจะเนื่องจากมีการผสมชนิดสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตที่ผสมฉีดพ่นมากที่สุด คือ 4 และ 3 ชนิด ตามลำดับ จึงสามารถยึดจับกับอนุภาคของแข็งละลายน้ำและคอลลอยด์ในน้ำมากกว่าในแปลงอื่นๆ โดยแปลงที่ 3 และ 2 มีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเฉลี่ย เท่ากับ 141.7 และ 140.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 และแปลงที่ 1 มีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเฉลี่ยต่ำสุด 136.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอาจจะเนื่องจากสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต ที่มีคุณสมบัติการละลายน้ำของสารและจำนวนสารแต่ละชนิด ส่งผลต่อปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดแตกต่างกัน[26,37]

ในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าวแปลงที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต คือ แปลงที่ 2-5 มีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเฉลี่ย อยู่ระหว่าง 141.3-148.3 มิลลิกรัมต่อลิตร แตกต่างจากแปลงที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 โดยพบว่าปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ในทุกแปลงที่ผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากในวันที่ 30 ของอายุต้นข้าว อาจจะเนื่องจากมีระดับน้ำในแปลงต่ำสุดคือ เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.7-3.8 เซนติเมตร อาจจะส่งผลสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ในการยึดจับกับอนุภาคของแข็งละลายน้ำและคอลลอยด์ในน้ำ[26] และยังสามารถรวมตัวกับสารพิษที่อยู่ในน้ำ ที่อาจมีเหลือตกค้างมาจากการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ในวันที่ 27 ของอายุต้นข้าว ส่งผลให้ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้น โดยพบว่าแปลงที่ 5 มีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 148.3 มิลลิกรัมต่อลิตร สูงกว่าแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 ยกเว้น แปลงที่ 4 ที่มีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเฉลี่ย 147.3 มิลลิกรัมต่อลิตร

ในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว มีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 129.3-144.7 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากระดับน้ำในทุกแปลงเพิ่มสูงขึ้น คือ เฉลี่ยเพิ่มขึ้น 7.1-7.3 เซนติเมตร เนื่องจากปริมาณน้ำฝน ส่งผลให้ปริมาณสารละลายทั้งหมดลดน้อยลง และอาจเนื่องจากการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันในแต่ละระยะที่ฉีดพ่น ยังมีบางส่วนที่

ตกค้างอยู่ในน้ำตั้งแต่ในวันที่ 27 และ 57 ของอายุต้นข้าว ส่งผลให้ในแปลงที่ 5 มีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด เฉลี่ยสูงสุด 144.7 มิลลิกรัมต่อลิตร แตกต่างจากแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 ยกเว้นแปลงที่ 4 ที่มีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด เฉลี่ย 141.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่แปลงที่ 1 มีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด เฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 129.3 มิลลิกรัมต่อลิตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 กับแปลงที่ 2 และ 3 ที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 1 และ 2 ชนิด คือมีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด เฉลี่ยเท่ากับ 132.3 และ 134.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

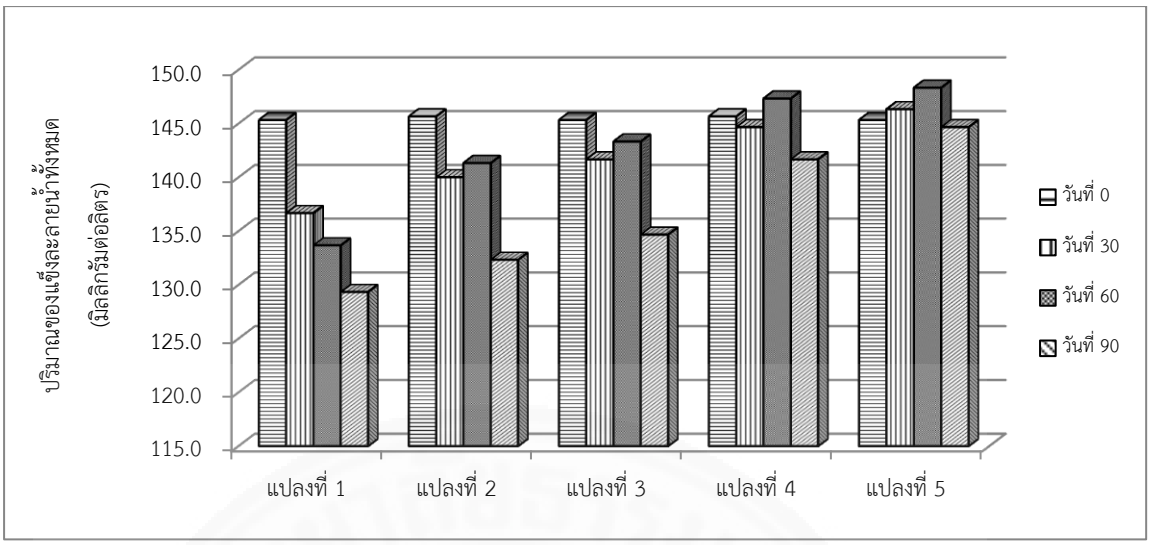
โดยพบว่าปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ในแปลงที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว พบว่าแปลงที่ 1 มีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเฉลี่ยต่ำสุด ในทุกๆ ครั้ง โดยแปลงที่ 2-5 ซึ่งมีการใช้ชนิดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตเพิ่มขึ้นในแต่ละแปลงในแต่ละครั้งนั้น จะพบปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยแปลงที่ 5 ที่ทุกครั้งมีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมากที่สุด คือ 4 ชนิด ฉีดพ่นในแปลงนาข้าว มีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเฉลี่ยสูงสุดในทุกครั้ง แตกต่างจากแปลงที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 อย่างไรก็ตาม ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ที่พบอยู่ในมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินโดยทั่วไป คือ มีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร[34]

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว

แปลงนาข้าวที่	ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	วันที่ 0	วันที่ 30	วันที่ 60	วันที่ 90
1	145.3^{aA}	136.7^{aA}	133.7^{aA}	129.3^{aA}
2	145.7^{aA}	140.0^{bA}	141.3^{bB}	132.3^{bA}
3	145.3^{aA}	141.7^{bA}	143.3^{bB}	134.7^{bA}
4	145.7^{aA}	144.7^{cB}	147.3^{cC}	141.7^{cB}
5	145.3^{aA}	146.3^{cB}	148.3^{cC}	144.7^{cB}

หมายเหตุ: อักษรอารบิกพิมพ์เล็ก แทนระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

อักษรอารบิกพิมพ์ใหญ่ แทนระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01



หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง

ภาพที่ 4.5 ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว

4.1.1.6 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ

ในวันที่ 0 หรือก่อนการปักดำต้นกล้า พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ในแปลงที่ 1-5 น้ำมีค่าการนำไฟฟ้า เฉลี่ยเท่ากัน คือ 243.0 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ดังตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.6

ในวันที่ 30 ของอายุต้นข้าว น้ำในแปลงที่ 5 มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุด คือ 292.0 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร แตกต่างจากแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 (ภาคผนวก ค 4.6) ยกเว้นแปลงที่ 4 ที่มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย 290.0 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร อาจจะเนื่องจาก ในแปลงที่ 5 และ 4 มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตหลายชนิด คือ 4 และ 3 ชนิด ตามลำดับ ซึ่งคุณสมบัติในการแตกตัวของสารนั้น ขึ้นอยู่กับจำนวนและชนิดของสาร สอดคล้องกับ Arjmandi, et al.[100] ซึ่งพบว่าสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตส่วนใหญ่

สามารถแตกตัว และตกค้างได้ทั้งในเฟสน้ำและดิน กล่าวคือยิ่งมีการผสมจำนวนสารหลายชนิด จะส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำและดินเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย เช่น ค่าการนำไฟฟ้า เป็นต้น ส่วนแปลงที่ 1 ซึ่งไม่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ซึ่งอาจจะทำให้ไม่มีสารทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสและการแตกตัวในน้ำ น้อยกว่าแปลงที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตหลายชนิด อาจทำให้มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำสุด คือ 272.3 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร

ในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว น้ำในแปลงมีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 282.7-296.7 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร โดยพบว่าแปลงที่ 5 มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุด คือเท่ากับ 296.7 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร โดยมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 ยกเว้น แปลงที่ 4 และ 3 ซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย เท่ากับ 296.0 และ 295.7 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำโดยเฉลี่ยของทุกแปลงลดลง คืออยู่ระหว่าง 3.7-3.8 เซนติเมตร อาจส่งผลต่อความเข้มข้นของสารละลายในน้ำเพิ่มขึ้น และอาจมีสารตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตบาลชนิดที่ฉีดพ่นในครั้งแรก อาจทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในทุกแปลงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นด้วย ในขณะที่แปลงที่ 1 มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 282.7 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร แตกต่างจากแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 ยกเว้น แปลงที่ 2 มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย 286.3 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร อาจจะเนื่องจากการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 1 ชนิด ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีและการแตกตัวของสารน้อยกว่าการผสมสารฉีดพ่นหลายชนิด ซึ่งมีผลต่อการเคลื่อนที่ชนกันของประจุหรือไอออนลดลงด้วย[26] จึงอาจจะส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ต่ำกว่าแปลงอื่นๆ ที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตรวมกันฉีดพ่น ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป เช่น แปลงที่ 3, 4 และ 5

ในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว น้ำในแปลงมีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย อยู่ระหว่าง 258.7-285.7 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร โดยแปลงที่ 5 มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 285.7 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร แตกต่างจากแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 ยกเว้นแปลงที่ 4 ที่มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย เท่ากับ 283.3 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร อาจเนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา ทำให้ระดับน้ำทุกแปลงเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำลดลง โดยพบว่าแปลงที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตจำนวนหลายชนิด มีค่าการนำไฟฟ้าสูงตามจำนวนชนิดของสารที่ใช้ด้วย แปลงที่ 1 มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยต่ำสุด คือ 258.7 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร แตกต่างจากแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 ยกเว้น แปลงที่ 2 และ 3 ที่มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย เท่ากับ 264.0 และ 268.3 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ

โดยพบว่า การผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ฉีดพ่นในแปลงนาข้าวมีผลต่อค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ อาจจะเนื่องจากค่าการแตกตัวของสาร ซึ่งสารหลายชนิดที่มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ จะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสกับน้ำได้ดี ส่งผลต่อค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นด้วย คือ

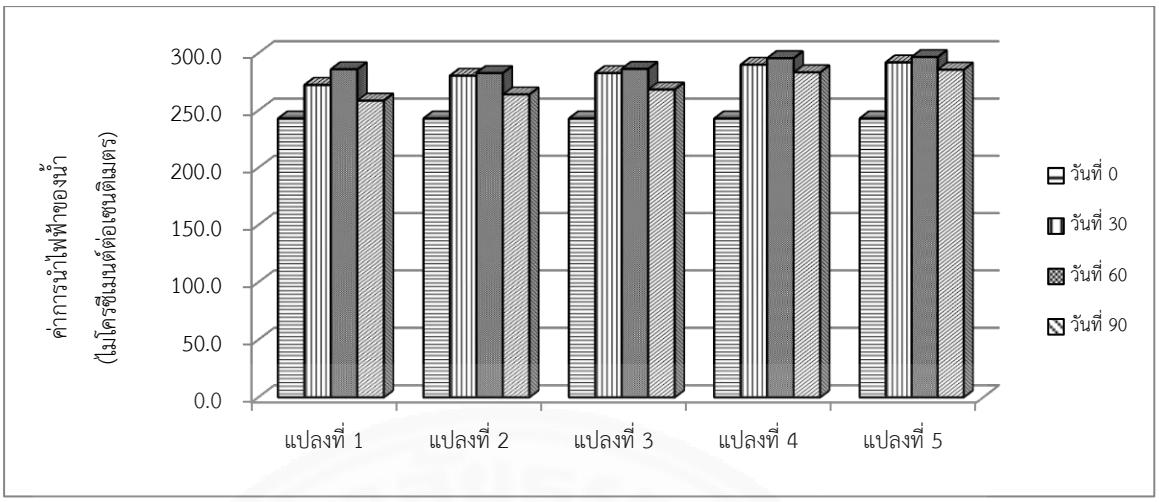
ค่าการนำไฟฟ้าจะเพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนและปริมาณของชนิดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ที่ผสมร่วมกัน โดยพบว่าแปลงที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ที่มีจำนวนชนิดแตกต่างกัน ส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในแปลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 โดยในวันที่ 0 ของอายุต้นข้าว มีค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าทุกแปลงต่ำสุด เท่ากับ 243.0 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร อาจเนื่องจากยังไม่ได้ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต อย่างไรก็ตาม ค่าการนำไฟฟ้าทุกแปลงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ในวันที่ 30 และ 60 ของอายุต้นข้าว และลดลงในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว ซึ่งอาจเนื่องจากอิทธิพลของระดับน้ำในทุกแปลงที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณน้ำฝน โดยพบว่าแปลงที่ 4 และ 5 มีค่าเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสูงสุด และสูงกว่าแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว

แปลงนาข้าวที่	ค่าเฉลี่ยค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)			
	วันที่ 0	วันที่ 30	วันที่ 60	วันที่ 90
1	243.0^{aA}	272.3^{aA}	282.7^{aA}	258.7^{aA}
2	243.0^{aA}	280.3^{bA}	286.3^{aA}	264.0^{bA}
3	243.0^{aA}	282.7^{bA}	295.7^{bB}	268.3^{bA}
4	243.0^{aA}	290.0^{cB}	296.0^{cB}	283.3^{cB}
5	243.0^{aA}	292.0^{cB}	296.7^{cB}	285.7^{cB}

หมายเหตุ: อักษรอารบิกพิมพ์เล็ก แทนระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

อักษรอารบิกพิมพ์ใหญ่ แทนระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01



หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง

ภาพที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว

4.1.2 ปริมาณสารพิษตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในน้ำ นาข้าว

การศึกษาปริมาณสารพิษตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในน้ำจากการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพรฟีโนฟอส ตามระยะการเจริญเติบโตของข้าวทั้งหมด 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 ของการเจริญเติบโตของข้าว หรือต้นข้าวอายุ 0-30 วัน ระยะที่ 2 คือ ระยะสืบพันธุ์ หรือต้นข้าวอายุ 31-60 วัน และระยะที่ 3 คือ ระยะสร้างเมล็ด หรือต้นข้าวอายุ 61-120 วัน โดยมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นกำจัดแมลงศัตรูข้าว รวมทั้งหมด 3 ครั้ง คือครั้งที่ 1 เมื่อต้นข้าวอายุได้ 27 วัน ครั้งที่ 2 ต้นข้าวอายุได้ 57 วัน และครั้งที่ 3 ต้นข้าวอายุได้ 87 วัน ในแต่ละแปลง ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 5 แปลง รายละเอียดดังนี้

แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต 1 ชนิดต่อครั้ง คือ ครั้งที่ 1 คลอร์ไพริฟอส ครั้งที่ 2 อีพีเอ็น และครั้งที่ 3 ไดเมทโธเอท

แปลงที่ 3 ผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 2 ชนิดต่อครั้ง คือ ครั้งที่ 1 คลอร์ไพริฟอส+อีพีเอ็น ครั้งที่ 2 โพรฟีโนฟอส+คลอร์ไพริฟอส และครั้งที่ 3 ไดเมทโธเอท+อีพีเอ็น

แปลงที่ 4 ผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 3 ชนิดต่อครั้ง คือ ครั้งที่ 1 คลอร์ไพริฟอส+อีพีเอ็น+ไดเมทโธเอท ครั้งที่ 2 อีพีเอ็น+ไดเมทโธเอท+โพรฟีโนฟอส และครั้งที่ 3 คลอร์ไพริฟอส+อีพีเอ็น+โพรฟีโนฟอส

แปลงที่ 5 ผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวนทั้งหมด 4 ชนิดต่อครั้ง คือ คลอร์ไพริฟอส+อีพีเอ็น+ไดเมทโธเอท+โพรฟีโนฟอส

เก็บตัวอย่างน้ำ ในแต่ละแปลง จำนวน 3 ครั้งๆ ละ 3 ซ้ำ ในวันที่ 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว ตามลำดับ คือหลังจากมีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในแต่ละครั้ง 3 วัน ผลมีดังนี้

ในระยะแรก ของการเจริญเติบโตของข้าว คือ ช่วงต้นข้าวอายุ 0-30 วัน มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ในวันที่ 27 ของอายุต้นข้าว โดยเก็บตัวอย่างน้ำในวันที่ 30 ของอายุต้นข้าว ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในน้ำ โดยพบปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในน้ำ ในแปลงที่มีการฉีดพ่นสารออร์กาโนฟอสเฟตทุกแปลง ยกเว้น แปลงที่ 1 ไม่พบสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตในน้ำ ดังตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.7 อาจเนื่องจากเป็นแปลงที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ในขณะที่แปลงที่ 5 โดยรวมพบปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ผสมรวมกันฉีดพ่น ทั้ง 4 ชนิด คือ พบไดเมทโธเอทสูงสุด เท่ากับ 6.155 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาอีพีเอ็น โพรฟีโนฟอส และคลอร์ไพริฟอส เท่ากับ 0.927, 0.771 และ 0.448 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนแปลงที่ 2, 3 และ 4 พบปริมาณสารในแต่ละแปลงตามชนิดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ผสมรวมกัน คือ แปลงที่ 2 พบคลอร์ไพริฟอส 2.976 มิลลิกรัมต่อลิตร แปลงที่ 3 พบอีพีเอ็น และคลอร์ไพริฟอส เท่ากับ 4.275 และ 2.976 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในแปลงที่ 4 พบไดเมทโธเอท อีพีเอ็น และคลอร์ไพริฟอส เท่ากับ 1.143, 0.845 และ 0.393 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

โดยพบว่า แปลงที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตหลายชนิดรวมกัน เช่นแปลงที่ 4 และ 5 จะพบปริมาณสารพิษแต่ละชนิดตกค้างน้อยกว่าแปลงที่มีการผสมสารจำนวนน้อยกว่า 3 ชนิด อาจเนื่องจากปฏิกิริยาของสารแต่ละชนิด เมื่อนำมาผสมรวมกันจะมีการเปลี่ยนรูปสารหรือสารอนุพันธ์ (derivative) ดังกล่าว ได้แก่ สารในกระบวนการเปลี่ยนแปลง (conversion products) สารในกระบวนการสร้างและสลาย (metabolites) และสารที่เกิดจาก

ปฏิกิริยา (reaction products) แล้วเปลี่ยนไปจากเดิม[33] เช่น คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น โพรฟีโนฟอส ในขณะที่ไดเมทโธเอท ซึ่งพบในปริมาณสูงสุดในแปลงที่ผสมสารรวมกับสารชนิดอื่น อาจจะเนื่องจากคุณสมบัติของสารนี้ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับต่ำสุด เท่ากับ 8 ซึ่งน้อยกว่าสารชนิดอื่นๆ ในกลุ่มนี้[34] นอกจากนี้ ยังมีค่าการแตกตัวของสารค่อนข้างน้อย คือ เท่ากับ 2.0[35-36] อาจทำให้มีการเปลี่ยนรูปหรืออนุพันธ์ของสารได้น้อยกว่าสารชนิดอื่นๆ เมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ในขณะที่ อีพีเอ็นและคลอร์ไพริฟอส ซึ่งพบปริมาณสูงสุดในน้ำในแปลงที่ 2 และ 3 ซึ่งสูงกว่าแปลงที่ 4 และ 5 โดยที่มีการผสมสารฉีดพ่นในปริมาณและอัตราเท่ากันในทุกแปลง นอกจากอาจจะเนื่องจากการเปลี่ยนรูปหรืออนุพันธ์ของสารไปจากเดิมแล้ว คุณลักษณะของสาร ได้แก่ ค่าการละลายน้ำที่ต่ำ ค่าการแตกตัวของสารและค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ[34-36] ที่สูงกว่าไดเมทโธเอทและโพรฟีโนฟอส อาจส่งผลให้พบปริมาณสารทั้งสองชนิดนี้ได้มาก หากมีการฉีดพ่นสารแต่ละชนิดหรือนำมาผสมรวมกัน

ตารางที่ 4.7 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำในแปลงนาข้าวหลังฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันแล้ว 3 วัน ในวันที่ 30 ของอายุต้นข้าว

แปลงนาข้าวที่	ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำวันที่ 30 ของอายุต้นข้าว				
	คลอร์ไพริฟอส	อีพีเอ็น	ไดเมทโธเอท	โพรฟีโนฟอส	รวม
1	ND	ND	ND	ND	ND
2	2.976	ND	ND	ND	2.976
3	2.279	4.275	ND	ND	6.554
4	0.393	0.845	1.143	ND	2.381
5	0.448	0.927	6.155	0.711	8.241

หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

ND= Not Detected คือต่ำกว่าค่า LOD (LOD ≥0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร)

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

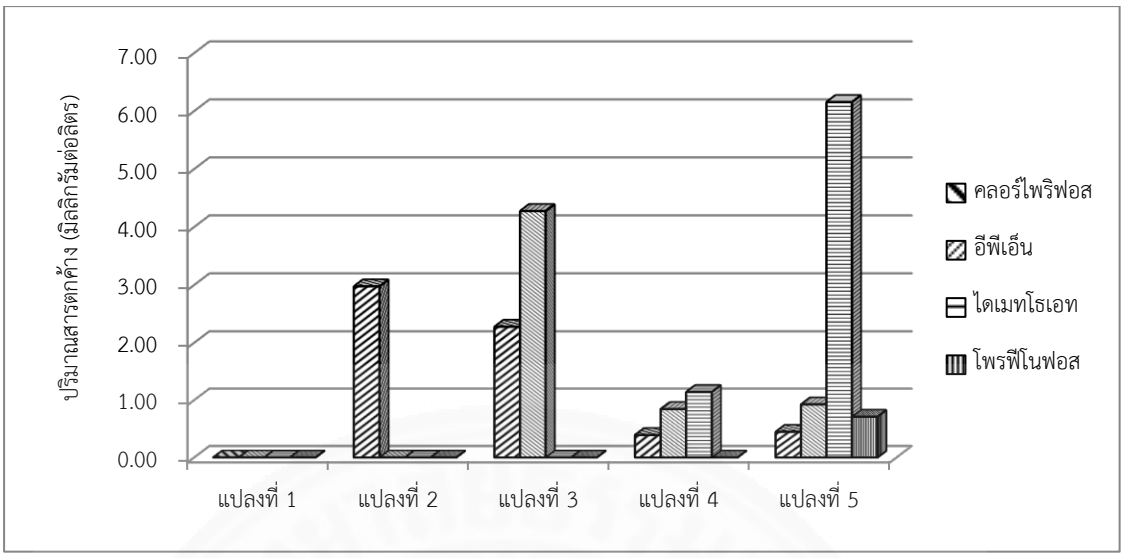
แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง



หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง

ภาพที่ 4.7 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำในแปลงนาข้าวหลังฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันแล้ว 3 วัน ในวันที่ 30 ของอายุต้นข้าว

ในระยะที่ 2 ของการเจริญเติบโตของข้าว หรือช่วงต้นข้าวอายุ 31-60 วัน มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ในวันที่ 57 ของอายุต้นข้าว โดยเก็บตัวอย่างน้ำ ในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว ผลพบปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในทุกแปลง ดังตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.8 ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากกระบวนการเคลื่อนที่ของสารในเฟสน้ำ ด้วยคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสาร รวมทั้งปัจจัยต่างๆ ในสิ่งแวดล้อม ที่สำคัญคือ น้ำ ซึ่งเป็นตัวกลางของการแพร่กระจายของสารละลายต่างๆ รวมทั้งปริมาตรหรือระดับน้ำซึ่งมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ของสารและปริมาณความเข้มข้นของสาร[26] เมื่อปริมาตรน้ำลดลงนอกจากนี้ เป็นผลจากการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ฉีดพ่นในระยะแรก ซึ่งอาจมีสารบางชนิดตกค้างอยู่ และอาจจะเนื่องมาจากคุณสมบัติการสลายตัวของสารในน้ำและค่าครึ่งชีวิตของสารที่แตกต่างกัน[35-36] ทำให้มีปริมาณสารตกค้างได้ เช่น คลอร์ไพริฟอส ที่มีค่าครึ่งชีวิตในน้ำนานที่สุด คือ 35 วัน (ค่าความเป็นกรด-เบส 7.0 และอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส)[21,30,137-139] จึงพบสารคลอร์ไพริฟอส ตกค้างในแหล่ง

น้ำหรือพื้นที่ในบริเวณใกล้เคียงกับที่เคยมีการใช้สารนี้มาก่อนได้ เช่น พบคลอร์ไพริฟอสในน้ำ ในแปลงที่ 1 เท่ากับ 0.098 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตเลย ทุกครั้ง

โดยแปลงที่ 5 พบปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตทุกชนิดและมากที่สุด คือ โพรฟีโนฟอส สูงสุด 66.183 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมา อีพีเอ็น คลอร์ไพริฟอส และไดเมทโธเอท เท่ากับ 55.748, 22.224 และ 10.439 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ อาจจะเนื่องจากคุณสมบัติของสาร เช่น ค่าการแตกตัวของสาร ค่าการละลายน้ำ และค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับของสารแต่ละชนิด ยกตัวอย่างเช่น โพรฟีโนฟอส ที่มีค่าการแตกตัวของสารน้อยที่สุด คือ เท่ากับ 0.6 แต่มีค่าการละลายน้ำสูงสุด เท่ากับ 28.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอาจจะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนรูปหรืออนุพันธ์สาร ในขณะแปลงที่ 2 พบอีพีเอ็น และคลอร์ไพริฟอส เท่ากับ 11.319 และ 0.877 มิลลิกรัมต่อลิตร แปลงที่ 3 พบโพรฟีโนฟอส คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น และไดเมทโธเอท เท่ากับ 28.152, 8.431, 2.191 และ 0.027 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และแปลงที่ 4 พบอีพีเอ็น ไดเมทโธเอท โพรฟีโนฟอส และคลอร์ไพริฟอส เท่ากับ 17.559, 8.982, 5.486 และ 0.448 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในระยะที่ 2 นี้ พบสารพิษตกค้างในน้ำในแต่ละแปลง ปริมาณสูงกว่าในระยะแรก อาจจะเนื่องจากผลการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ฉีดพ่นในระยะแรก ซึ่งอาจจะมีสารพิษบางชนิดตกค้างอยู่ และระดับน้ำในทุกแปลงมีปริมาตรต่ำสุด จึงอาจส่งผลต่อความเข้มข้นของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ฉีดพ่นตกค้างมากขึ้น

ตารางที่ 4.8 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำในแปลงนาข้าวหลังฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันแล้ว 3 วัน ในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว

แปลงนาข้าวที่	ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว				
	คลอร์ไพริฟอส	อีพีเอ็น	ไดเมทโธเอท	โพรฟีโนฟอส	รวม
1	ND	ND	ND	ND	ND
2	0.877	11.319	ND	ND	12.196
3	8.431	2.191	ND	28.152	38.774
4	0.224	17.559	8.982	5.486	32.251
5	22.224	55.748	10.439	66.183	154.594

หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

ND= Not Detected คือต่ำกว่าค่า LOD (LOD ≥0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร)

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

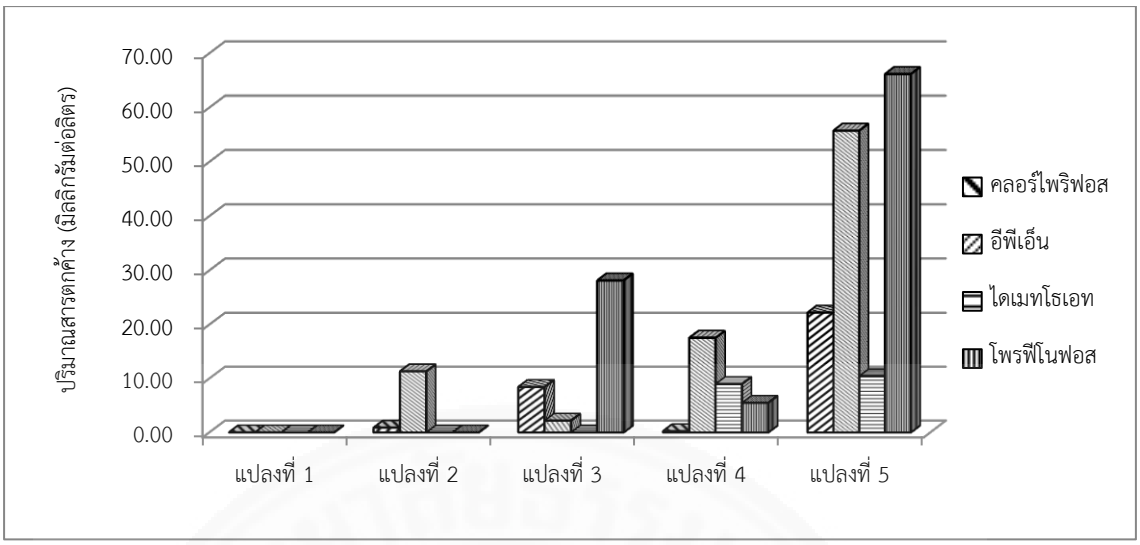
แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง



หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง

ภาพที่ 4.8 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำในแปลงนาข้าวหลังฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันแล้ว 3 วัน ในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว

ในระยะที่ 3 ของการเจริญเติบโตของข้าว หรือช่วงข้าวอายุ 61-120 วัน มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นในวันที่ 87 ของอายุต้นข้าว โดยเก็บตัวอย่างน้ำในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว ผลตรวจพบปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตทุกแปลง เช่นเดียวกับในระยะที่ 2 ดังตารางที่ 4.9 และภาพที่ 4.9 แต่อย่างไรก็ตาม พบปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในน้ำทุกแปลงน้อยกว่า ระยะที่ 2 ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝน ทำให้ระดับน้ำโดยเฉลี่ยทุกแปลงเพิ่มสูงขึ้น คือ มีระดับเฉลี่ย 8.1 เซนติเมตร สูงกว่าในระยะที่ 2 ซึ่งมีระดับน้ำเฉลี่ยเพียง 3.7-3.8 เซนติเมตร และอาจเนื่องจากมีสารพิษบางชนิดที่ตกค้างมาจากการผสมสารฉีดพ่นในระยะที่ 1 และ 2 โดยแปลงที่ 5 พบสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตทุกชนิดในปริมาณสูงสุด คือ พบไดเมทโธเอท คลอร์ไพริฟอส โพรฟีโนฟอส และอีพีเอ็น เท่ากับ 9.245, 5.927, 3.228 และ 2.044 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ รองลงมา แปลงที่ 3 พบไดเมทโธเอท อีพีเอ็น โพรฟีโนฟอส และคลอร์ไพริฟอส เท่ากับ 3.625, 1.297, 0.999 และ 0.013 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในที่ขณะแปลง

ที่ 1 พบปริมาณสารน้อยที่สุด คือ พบโพรฟีโนฟอส ไดเมทโธเอท และคลอร์ไพริฟอส เท่ากับ 0.070, 0.065 และ 0.006 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ตารางที่ 4.9 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำในแปลงนาข้าวหลังฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันแล้ว 3 วัน ในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว

แปลงนาข้าวที่	ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว				
	คลอร์ไพริฟอส	อีพีเอ็น	ไดเมทโธเอท	โพรฟีโนฟอส	รวม
1	ND	ND	ND	ND	ND
2	0.007	0.369	2.972	ND	3.348
3	0.013	1.297	3.625	0.999	5.934
4	0.448	0.437	0.383	1.017	2.285
5	5.927	2.044	9.245	3.228	20.444

หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

ND= Not Detected คือต่ำกว่าค่า LOD (LOD ≥0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร)

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

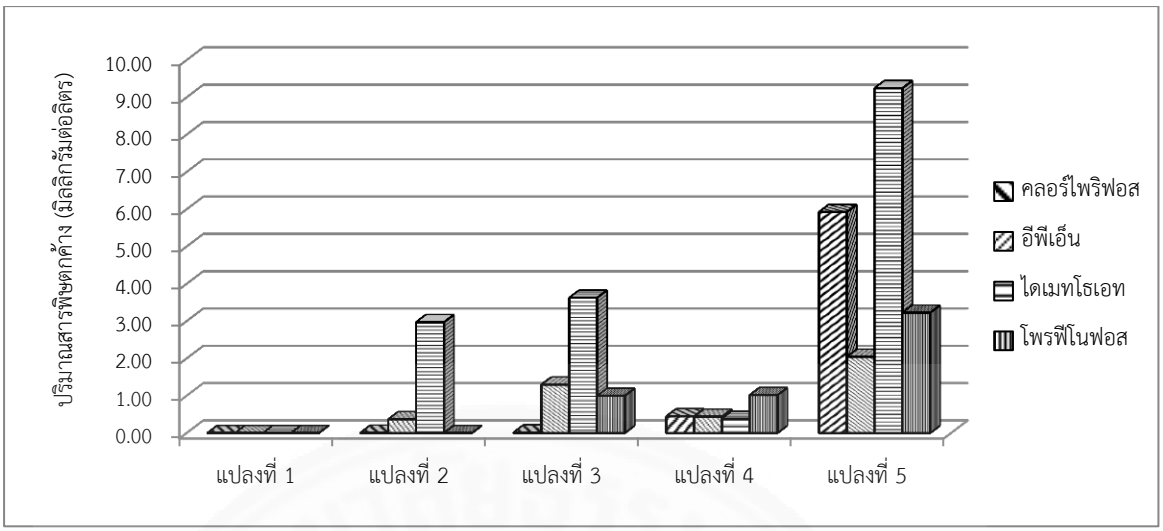
แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง



หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง

ภาพที่ 4.9 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำในแปลงนาข้าวหลังฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันแล้ว 3 วัน ในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 4 ชนิด ในน้ำนาข้าว ตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว 3 ระยะ เมื่อพิจารณาจากค่าความเป็นพิษของสาร หรือค่า LC_{50} [30-31] จากตารางที่ 2.1 พบว่าปริมาณสารพิษในน้ำบางชนิดสูงเกินค่าที่กำหนดไว้ต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ คือ คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพรฟีโนฟอส ต้องมีค่าไม่เกิน 0.41, 0.11, 3.02 และ 3.36 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยพบปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตบางชนิดในน้ำสูงเกินค่า LC_{50} ของทุกแปลงที่มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืช ทั้งในระยะที่ 2 และ 3 ของระยะการเจริญเติบโตของข้าว โดยเฉพาะในระยะที่ 3 พบปริมาณสารพิษสูงเกินค่า LC_{50} คือแปลงที่ 2 พบอีพีเอ็น 0.369 มิลลิกรัมต่อลิตร แปลงที่ 3 พบอีพีเอ็น และไดเมทโธเอท เท่ากับ 1.297 และ 3.625 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แปลงที่ 4 พบอีพีเอ็น 0.437 มิลลิกรัมต่อลิตร และแปลงที่ 5 ซึ่งพบปริมาณสารพิษในน้ำสูงสุด คือ พบไดเมทโธเอท คลอร์ไพริฟอส และอีพีเอ็น เท่ากับ 9.245, 5.927 และ 2.044 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยปริมาณสารพิษเหล่านี้สูงเกินค่า

LC_{50} มากหลายเท่าตัว คือ อีพีเอ็น คลอร์ไพริฟอส และไดเมทโธเอท เท่ากับ 18.58, 14.46 และ 3.06 เท่า ตามลำดับ ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและสิ่งแวดล้อม ดังนั้น หากเกษตรกรทำการระบายน้ำออกจากแปลงนาข้าว ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าวและช่วงก่อนการเกี่ยวผลผลิต โดยเฉพาะในขณะที่แปลงนาข้าวมีปริมาตรน้ำน้อย ส่งผลต่อความเข้มข้นของสารพิษสูงขึ้น อาจทำให้สารพิษที่ตกค้างอยู่ในน้ำจากแปลงนาข้าวลงสู่แหล่งน้ำอื่นๆ เช่น แม่น้ำ คลองชลประทาน และคูส่งน้ำ เป็นต้น สูงตามไปด้วย[31]

4.1.3 สมบัติของดินในนาข้าว

การศึกษาการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ที่มีผลต่อปริมาณสารพิษตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในดินนาข้าว โดยเก็บตัวอย่างดินก่อนทำการเพาะปลูกข้าว คือ วันที่ 0 ของอายุต้นข้าว เพื่อวิเคราะห์หาเนื้อดิน ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน และความหนาแน่นอนุภาคดิน โดยเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร[40] เพื่อวิเคราะห์ดินตามชนิดของพืชที่ทำการเพาะปลูก คือข้าว[41-42] พบลักษณะโดยทั่วไปเป็นเนื้อดินพวกดินเหนียว มีสีน้ำตาลหรือน้ำตาลปนเทา มีจุดประสีน้ำตาลปนแดง เมื่อจัดตามอนุกรมวิธานดิน ผลการจำแนกดิน คือ Fine, Kaolinitic, Isohyperthermic Aeric (Plinthic) Endoaqualfs เป็นชุดดินที่ 7 ชื่อชุดดินเดิมบาง (Doem Bang Series: Db) เนื้อดินประกอบด้วยอนุภาคดินทราย ดินร่วน และดินเหนียว คือร้อยละ 48.1, 27.4 และ 24.5 ตามลำดับ จัดเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ความหนาแน่นอนุภาคดิน เท่ากับ 2.1 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักดิน 100 กรัม มีปริมาณอินทรียวัตถุ ร้อยละ 2.3 คืออยู่ในระดับปานกลาง[38] ค่าความเป็นกรด-เบส 6.5 คือเป็นกรดอ่อน มีค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 420.5 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร[39,43] และ ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน เท่ากับ 23.8 เซนติโมลต่อกิโลกรัม จัดเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ระดับปานกลาง การระบายน้ำค่อนข้างเลว เหมาะสำหรับใช้ทำนาข้าว

การเก็บตัวอย่างดิน เพื่อวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity; EC) และความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity; CEC) ตามระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าว หลังจากมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวแต่ละครั้งแล้ว 3 วัน คือพร้อมกับการเก็บตัวอย่างน้ำ โดยแบ่งออกเป็น 3 ระยะเช่นกัน ผลมีดังนี้

4.1.3.1 ปริมาณอินทรียวัตถุและความหนาแน่นอนุภาคของดินในนาข้าว

ผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดินนา ก่อนทำการเพาะปลูกข้าว พบปริมาณอินทรียวัตถุ ร้อยละ 2.4 คือ มีปริมาณอินทรียวัตถุในดิน อยู่ในระดับปานกลาง[44] ซึ่งจะมีผลต่อการเกาะยึดและการดูดซับสารละลายและสารพิษต่างๆ ที่อยู่ในดิน ทั้งนี้ เนื่องจากอินทรียวัตถุมี

ความสามารถในการดูดซับแคตไอออนได้สูง และยังมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบสได้ดี เพราะว่าดินจะรักษาสมดุลระหว่าง H^+ ที่ดูดซับอยู่ที่ผิวอนุภาคดินกับ H^+ ในสารละลายดิน[40] โดยพบความหนาแน่นอนุภาคดิน มีค่าเท่ากับ 2.1 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักดิน 100 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน คือ มีความหนาแน่นอนุภาคดินในระดับปานกลาง

4.1.3.2 ความเป็นกรด – เบสของดิน

ผลการศึกษาค่าความเป็นกรด-เบสของดิน ในแปลงที่ 1-5 พบว่า

ในวันที่ 0 ทุกแปลงมีค่าความเป็นกรด-เบสของดิน เท่ากับ 6.8 ดังตารางที่ 4.10 และภาพที่ 4.10 อาจเนื่องจากคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีบางประการของชุดดินเดิมบาง[39] ซึ่งเนื้อดินจัดเป็นพวกดินเหนียว มีการระบายน้ำค่อนข้างเลว และดินนาที่มีน้ำท่วมขังในฤดูฝนนาน 3-4 เดือน ทำให้ดินมีค่าความเป็นกรด-เบส ระหว่าง 6.0-7.0 คือค่อนข้างเป็นกรดปานกลาง[140] และยังไม่มีการผสมฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในแปลงนาข้าว จึงทำให้ทุกแปลงมีค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากัน

ในวันที่ 30 ของอายุต้นข้าว ค่าความเป็นกรด-เบสของดิน อยู่ระหว่าง 6.6-6.8 โดยแปลงที่ 1 มีค่าความเป็นกรด-เบสของดินสูงสุด เท่ากับ 6.8 แตกต่างจากแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 (ภาคผนวก ค 4.7) รองลงมา แปลงที่ 2, 3 และ 4 มีค่าความเป็นกรด-เบสของดินเท่ากัน คือ เท่ากับ 6.7 และแปลงที่ 5 มีค่าความเป็นกรด-เบสของดิน ต่ำสุด คือเท่ากับ 6.6 โดยแตกต่างจากแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 อาจจะเนื่องมาจากอิทธิพลของการผสมสารกำจัดศัตรูพืชที่ฉีดพ่น ละลายอยู่ในน้ำเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส ซึ่งแตกตัวให้ H^+ และถูกดูดซับไว้ด้วยอินทรียวัตถุ และอนุภาคดินเหนียว[35,40] ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-เบสของดินลดลง

ในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว มีค่าความเป็นกรด-เบสของดิน อยู่ระหว่าง 6.5-6.7 โดยแปลงที่ 1 มีค่าความเป็นกรด-เบสของดินสูงสุด เท่ากับ 6.7 แตกต่างจากแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 รองลงมา แปลงที่ 2, 3 และ 4 ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-เบสของดินเท่ากัน คือ 6.6 และแปลงที่ 5 มีค่าความเป็นกรด-เบสของดินต่ำสุด เท่ากับ 6.5 แตกต่างจากแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 อาจเนื่องจากอิทธิพลของสารกำจัดศัตรูพืชที่ฉีดพ่นในระยะแรก ซึ่งอาจมีสารบางชนิดสะสมอยู่ในดิน จากการละลายอยู่ในน้ำแล้วเกิดการยึดเกาะหรือดูดซับรวมตัวกับของแข็งแขวนลอยในน้ำก่อนจมลงสู่ตะกอนดิน ทำให้ค่าความเป็นกรด-เบสของดินลดลง

ในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว มีค่าความเป็นกรด-เบสของดิน อยู่ระหว่าง 6.4-6.7 โดยแปลงที่ 1 มีค่าความเป็นกรด-เบสของดินสูงสุด เท่ากับ 6.7 แตกต่างจากแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 รองลงมา แปลงที่ 2 มีค่าความเป็นกรด-เบสของดิน เท่ากับ 6.6 ส่วนแปลงที่ 3 และ 4 มีค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากัน คือ 6.5 และแปลงที่ 5 มีค่าความเป็นกรด-เบสของ

ดินต่ำสุด เท่ากับ 6.4 แตกต่างจากแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 โดยพบว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกับในวันที่ 30 และ 60 ของอายุต้นข้าว

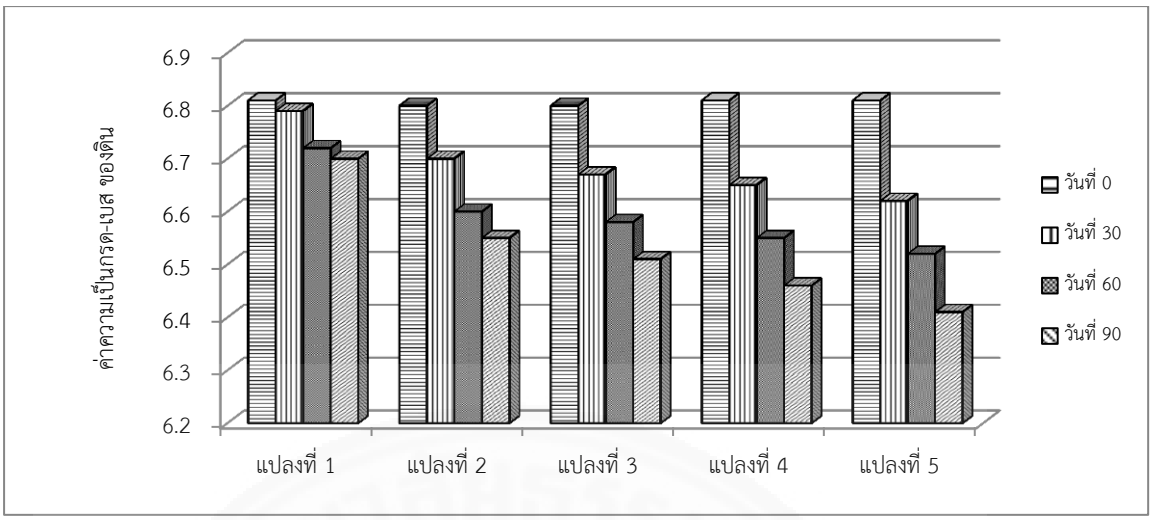
โดยพบว่าค่าความเป็นกรด-เบส ของดิน ในแปลงที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นในวันที่ 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว จะมีแนวโน้มลดลงตามจำนวนชนิดและปริมาณสารที่ผสมฉีดพ่นในแต่ละแปลง โดยแปลงที่มีการผสมสารจำนวน 1-3 ชนิด คือ ในแปลงที่ 2, 3 และ 4 จะมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-เบสของดินลดลงเท่าๆ กัน ในขณะที่แปลงที่ 5 ที่มีการผสมสารจำนวนมากที่สุด คือ 4 ชนิด มีค่าความเป็นกรด-เบสของดินต่ำสุด และแตกต่างจากแปลงอื่นๆ ทุกแปลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ทั้งนี้ อาจจะเนื่องจากสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตทั้ง 4 ชนิดนี้ มีคุณสมบัติของค่าความเป็นกรด-เบส อยู่ระหว่าง 7.5-9.0 คือเป็นเบสอ่อนถึงปานกลาง เมื่อละลายน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส และ Alkaline hydrolysis[35] โดยทำให้ค่าความเป็นกรด-เบส ในน้ำสูงขึ้นในช่วงแรก แต่เมื่อจมลงสู่ดินตะกอนในดินขังน้ำ เช่น ดินนา ซึ่งมีออกซิเจนอยู่น้อยหรือไม่มี ส่งผลให้มี H^+ มากกว่า OH^- ซึ่งเป็นประจุบวกและถูกดูดซับไว้ด้วยอินทรียวัตถุและอนุภาคดินเหนียว ทำให้ดินมีค่าความเป็นกรด-เบสลดลง

ตารางที่ 4.10 ค่าความเป็นกรด-เบสของดิน ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว

แปลงนาข้าวที่	ค่าความเป็นกรด-เบสของดิน			
	วันที่ 0	วันที่ 30	วันที่ 60	วันที่ 90
1	6.8^{aA}	6.8^{aA}	6.7^{aA}	6.7^{aA}
2	6.8^{aA}	6.7^{bA}	6.6^{bA}	6.6^{bA}
3	6.8^{aA}	6.7^{bA}	6.6^{bA}	6.5^{bA}
4	6.8^{aA}	6.7^{bA}	6.6^{bA}	6.5^{bA}
5	6.8^{aA}	6.6^{cB}	6.5^{cB}	6.4^{cB}

หมายเหตุ: อักษรอารบิกพิมพ์เล็ก แทนระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

อักษรอารบิกพิมพ์ใหญ่ แทนระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01



หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง

ภาพที่ 4.10 ค่าความเป็นกรด-เบสของดิน ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว

4.1.3.3 ค่าการนำไฟฟ้าของดิน

ผลการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าของดิน ในแปลงที่ 1-5 พบว่า

ในวันที่ 0 แปลงที่ 1-5 พบว่าดินในทุกแปลงมีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากัน คือ 426.5 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร อาจจะเนื่องมาจากยังไม่ได้รับอิทธิพลของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ดังตารางที่ 4.11 และภาพที่ 4.11

ในวันที่ 30 ของอายุต้นข้าว มีค่าการนำไฟฟ้าของดินเฉลี่ย อยู่ระหว่าง 423.0-431.0 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร โดยแปลงที่ 5 มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 431.0 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร สูงกว่าแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 (ภาคผนวก ค 4.8) ยกเว้น ในแปลงที่ 4 ที่มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย เท่ากับ 429.0 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ในขณะที่แปลงที่ 1, 2 และ 3 มีค่าการนำไฟฟ้าของดินเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

อาจจะเนื่องจากคุณสมบัติทางเคมี และจำนวนชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตที่ฉีดพ่นแตกต่างกัน เมื่อทำปฏิกิริยาละลายกับน้ำแล้วเกิดการแตกตัว และจะจับตัวกับคอลลอยด์ ของแข็งแขวนลอย และของแข็งละลายน้ำ ก่อนจมลงสู่ดินแล้วถูกดูดซับไว้ด้วยอินทรียวัตถุและอนุภาคดิน จึงส่งผลต่อค่าการนำไฟฟ้าของดินสูงขึ้น

ในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว มีค่าการนำไฟฟ้าของดินสูงสุด เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 428.0-435.0 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร โดยแปลงที่ 5 มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 435.0 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร สูงกว่าแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 ยกเว้นในแปลงที่ 4 ซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย เท่ากับ 432.0 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร อาจเนื่องจากจำนวนชนิดของการผสมสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตที่ฉีดพ่น เมื่อมีการแตกตัวของสารละลายในน้ำ จะผันตรงกับอุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำในขณะนั้น[26] ทำให้อัตราการสลายตัวของสารกำจัดศัตรูพืชในน้ำ จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส เกิดการแตกตัวของสารเป็นประจุหรือแคตไอออนเพิ่มสูงขึ้น รวมตัวกับอนุภาคต่างน้ำ เช่น คอลลอยด์ ของแข็งแขวนลอย และของแข็งละลายน้ำ แล้วถูกดูดซับไว้ด้วยอินทรียวัตถุและอนุภาคดิน โดยเฉพาะดินเหนียว ที่มีคุณสมบัติในการดูดซับกับประจุบวกได้ดี ดังนั้น เมื่ออนุภาคของดินดูดซับประจุสารละลายต่างๆ ในน้ำได้มากขึ้น อีกทั้งระยะนี้ระดับน้ำในแปลงมีปริมาตรต่ำสุด คือ 3.7-3.8 เซนติเมตร จึงส่งผลต่อค่าการนำไฟฟ้าของดินสูงขึ้นด้วย

ในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว มีค่าการนำไฟฟ้าของดินเฉลี่ย อยู่ระหว่าง 436.0-442.0 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร โดยแปลงที่ 5 มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 442.0 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร สูงกว่าแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 ยกเว้นในแปลงที่ 4 ซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย เท่ากับ 440.0 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ส่วนแปลงที่ 1 มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 436.0 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ต่ำกว่าแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 ยกเว้น แปลงที่ 2 และ 3 ที่มีค่าการนำไฟฟ้าของดินเฉลี่ย 438.0 และ 439.0 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ เช่นเดียวกับในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว

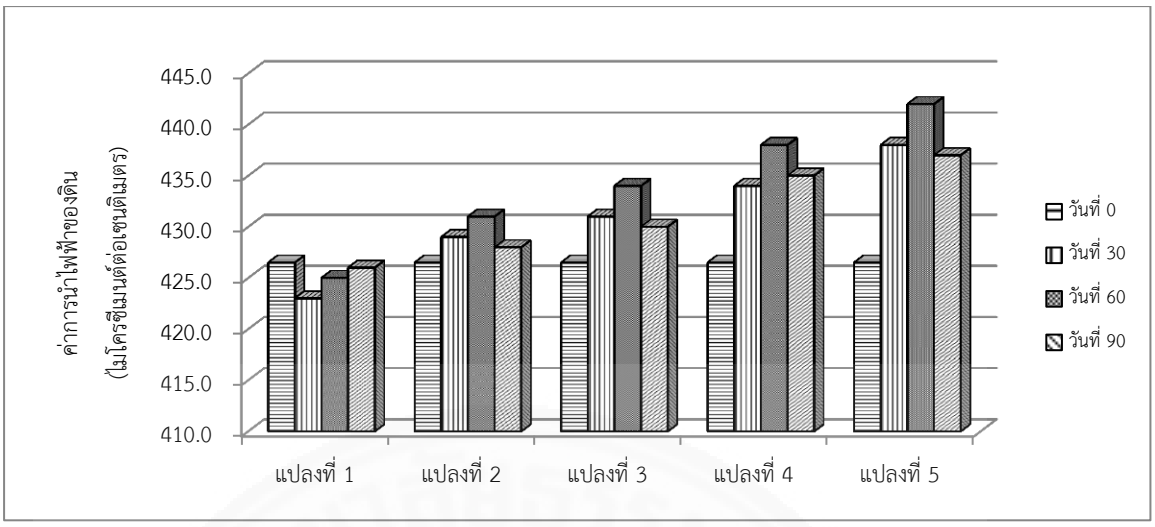
อย่างไรก็ตาม ค่าการนำไฟฟ้าในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยพบว่าระดับน้ำในแปลงมีอิทธิพลต่อค่าการนำไฟฟ้าของดิน อาจเป็นเพราะส่งผลต่อความเข้มข้นของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้ซึ่งจะยึดจับกับคอลลอยด์ ของแข็งแขวนลอย และของแข็งละลายน้ำแล้วถูกดูดซับไว้ด้วยอินทรียวัตถุและอนุภาคดิน รวมกับตะกอนดิน ส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าในดินเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ จำนวนชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตที่ฉีดพ่น ยังส่งผลต่อค่าการนำไฟฟ้าในดิน เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสารแต่ละชนิด เช่น ค่าการละลายของสารในน้ำ ค่าการแตกตัวของสาร และการเคลื่อนที่ในเฟสน้ำและดิน ชนิดของดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน โดยเฉพาะดินเหนียวที่มีการดูดซับประจุบวกของสารละลาย และยึดติดกับอนุภาคของดินได้ดี พบว่าการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตจำนวนชนิดยิ่งมาก จะส่งผลต่อค่าการนำไฟฟ้าใน

ดินเพิ่มมากขึ้น โดยแปลงที่ 5 ซึ่งมีการผสมสารฉีดพ่นมากที่สุด คือจำนวน 4 ชนิด ในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว มีค่าการนำไฟฟ้าในดินสูงกว่าทุกแปลง คือ เท่ากับ 442.0 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และพบว่าค่าการนำไฟฟ้าของดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุของต้นข้าว อาจจะเนื่องมาจากการตกค้างสะสมของสารกำจัดศัตรูพืชในดิน นอกจากนี้ ยังอาจจะเนื่องมาจากค่าความเป็นกรด-เบสของดิน และผลจากอิทธิพลของคุณสมบัติทางเคมีของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่สะสมอยู่ในดิน

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยค่าการนำไฟฟ้าของดิน (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว

แปลงนาข้าวที่	ค่าเฉลี่ยค่าการนำไฟฟ้าของดิน (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)			
	วันที่ 0	วันที่ 30	วันที่ 60	วันที่ 90
1	426.5^{aA}	423.0^{aA}	428.0^{aA}	436.0^{aA}
2	426.5^{aA}	425.0^{aA}	430.0^{aA}	438.0^{aA}
3	426.5^{aA}	426.0^{aA}	431.0^{aA}	439.0^{bA}
4	426.5^{aA}	429.0^{bB}	432.0^{bB}	440.0^{cB}
5	426.5^{aA}	431.0^{bB}	435.0^{cB}	442.0^{cB}

หมายเหตุ: อักษรอารบิกพิมพ์เล็ก แทนระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05
อักษรอารบิกพิมพ์ใหญ่ แทนระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01



หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง

ภาพที่ 4.11 ค่าการนำไฟฟ้าของดินเฉลี่ย (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว

4.1.3.4 ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน

ผลการศึกษาค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน ในแปลงที่ 1-5 พบว่า

ในวันที่ 0 ของอายุต้นข้าวมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินต่ำสุดเฉลี่ยคือ อยู่ในช่วง 24.0-24.1 เซนติโมลต่อกิโลกรัม อาจจะเนื่องจากยังไม่ได้รับอิทธิพลของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ดังตารางที่ 4.12 และ ภาพที่ 4.12 ซึ่งพบว่า มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดิน ของดินร่วนปนเหนียวทั่วไป คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 15-30 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ซึ่งจัดได้ว่ามีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนได้ดี[44]

ในวันที่ 30 ของอายุต้นข้าว มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินเฉลี่ยอยู่ในช่วง 24.6-25.5 เซนติโมลต่อกิโลกรัม โดยแปลงที่ 5 มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 25.5 เซนติโมลต่อกิโลกรัม สูงกว่าแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

ทางสถิติที่ 0.01 (ภาคผนวก ค 4.9) ยกเว้น ในแปลงที่ 4 ที่มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินเฉลี่ย เท่ากับ 25.3 เซนติโมลต่อกิโลกรัม อาจจะเนื่องจากจำนวนชนิดของสารที่ผสมฉีดพ่นแตกต่างกัน ในขณะที่แปลงที่ 1, 2 และ 3 มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 อาจจะเนื่องมาจากปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ตกค้างในดิน จากการดูดซับของอนุภาคดินและอินทรียวัตถุ มีมากกว่าในวันที่ 0 ของอายุต้นข้าว ซึ่งยังไม่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในทุกแปลง

ในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินเฉลี่ย อยู่ในช่วง 25.2-26.0 เซนติโมลต่อกิโลกรัม โดยแปลงที่ 5 มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 26.0 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าแปลงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 อาจจะเนื่องจากผลการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ฉีดพ่นกำจัดแมลงศัตรูข้าว ในครั้งที่ 2 ตามระยะการเจริญเติบโตของข้าวหลังจากมีการฉีดพ่นในระยะแรก ทำให้มีปริมาณสารพิษเหล่านี้สะสมในดินเพิ่มขึ้น โดยขึ้นอยู่กับอัตราการสลายตัวของสารและค่าครึ่งชีวิตของสารแต่ละชนิดในดินส่งผลต่อค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน

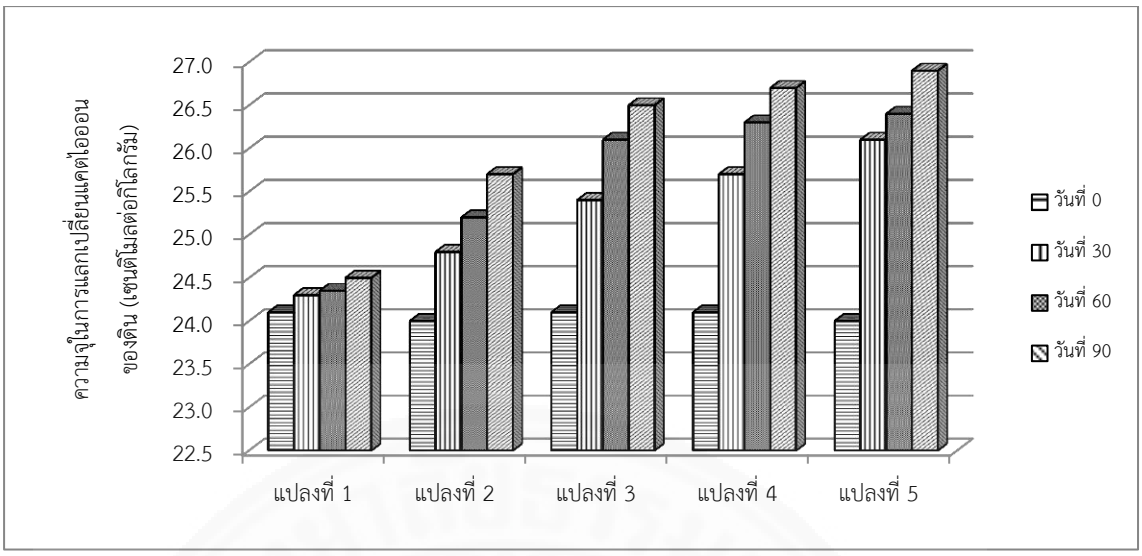
ในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินสูงสุดเฉลี่ย อยู่ในช่วง 26.1-26.8 เซนติโมลต่อกิโลกรัม โดยแปลงที่ 5 มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 26.8 เซนติโมลต่อกิโลกรัม สูงกว่าแปลงที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 แต่ไม่สูงกว่าแปลงที่ 3 และ 4 มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินเฉลี่ย เท่ากับ 26.5 และ 26.6 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ อาจจะเนื่องจากมีปริมาณของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตกค้างสะสมอยู่ในดินเพิ่มมากขึ้น ตามจำนวนและปริมาณสารบางชนิดจากการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ตั้งแต่ในระยะที่ 1-3 ของการเจริญเติบโตของข้าว อาจทำให้มีแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ของดินเพิ่มขึ้นด้วย โดยอินทรียวัตถุและดินเหนียวดูดซับไว้ได้มากแล้ว อาจส่งผลให้ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว

แปลงนาข้าวที่	ค่าเฉลี่ยความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (เซนติโมลต่อกิโลกรัม)			
	วันที่ 0	วันที่ 30	วันที่ 60	วันที่ 90
1	24.1^{aA}	24.6^{aA}	25.2^{aA}	26.1^{aA}
2	24.0^{aA}	24.8^{aA}	25.4^{aA}	26.4^{aA}
3	24.1^{aA}	24.9^{aA}	25.5^{aA}	26.5^{bB}
4	24.1^{aA}	25.3^{bB}	25.6^{aA}	26.6^{bB}
5	24.0^{aA}	25.5^{bB}	26.0^{bB}	26.8^{bB}

หมายเหตุ: อักษรอารบิกพิมพ์เล็ก แทนระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

อักษรอารบิกพิมพ์ใหญ่ แทนระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01



หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง

ภาพที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 0, 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว

อย่างไรก็ตาม จำนวนชนิดและปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่พบในน้ำแตกต่างกันในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าวและในแต่ละแปลง และส่งผลต่อปริมาณสารพิษตกค้างในดิน เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสาร กระบวนการเคลื่อนที่ของสาร ในเฟสน้ำและดิน คุณภาพของน้ำซึ่งเป็นตัวกลางของการแพร่กระจายของสาร โดยเฉพาะปริมาตรหรือระดับน้ำมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ของสาร และความเข้มข้นของสารแต่ละชนิด รวมทั้งอัตราการสลายตัวของชนิดสารและค่าครึ่งชีวิตของสารที่แตกต่างกัน รวมทั้งการสะสมของสารพิษบางชนิดที่ตกค้างในดินจากการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชที่ผ่านมา อาจจะทำให้พบปริมาณสารบางชนิดตกค้างได้ในบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ที่มีการเกษตรกรรม ซึ่งใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชทั้งในแหล่งน้ำและดินได้ สอดคล้องกับ Arjmandi et al.[100] และ Ragnarsdottir[102] ที่พบว่าคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสารกำจัดศัตรูพืช เช่น สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตแต่ละชนิด โดยขึ้นอยู่กับคุณภาพ

ของน้ำ เช่น ค่าความเป็นกรด-เบส อุณหภูมิของน้ำ และค่าการนำไฟฟ้า เป็นต้น นอกจากนี้ การเคลื่อนที่ของสารในดินโดยมีน้ำเป็นตัวพา ยังมีผลต่อชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในดิน เช่น พบคลอร์ไพริฟอสตกค้างในดินนาข้าวที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชติดต่อกันนานๆ หรือไม่ได้เว้นระยะเวลาการทำนา ส่งผลต่อระบบนิเวศและชนิดดิน ซึ่งมีอิทธิพลต่อการลดปริมาณและการเคลื่อนย้ายของสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม ทั้งในระหว่างที่เพาะปลูกและระยะการเก็บเกี่ยว เป็นต้น

4.1.4 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตกค้างในดินนาข้าว

การศึกษาปริมาณสารพิษตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในดิน จากการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพรฟีโนฟอส ตามระยะการเจริญเติบโตของข้าวทั้งหมด 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 ของการเจริญเติบโตของข้าว หรือต้นข้าวอายุ 0-30 วัน ระยะที่ 2 คือ ระยะสืบพันธุ์ หรือต้นข้าวอายุ 31-60 วัน และระยะที่ 3 คือ ระยะสร้างเมล็ด หรือต้นข้าวอายุ 61-120 วัน โดยฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต รวมทั้งหมด 3 ครั้ง คือ เมื่อข้าวต้นอายุได้ 27, 57 และ 87 วัน ตามลำดับ ในแต่ละแปลง จำนวนทั้งหมด 5 แปลง คือ แปลงที่ 1 ไม่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตทุกครั้ง แปลงที่ 2 ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 1 ชนิดต่อครั้ง แปลงที่ 3 ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 2 ชนิด ผสมรวมกันต่อครั้ง แปลงที่ 4 ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 3 ชนิด ผสมรวมกันต่อครั้ง และแปลงที่ 5 ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวนทั้งหมด 4 ชนิด ผสมรวมกันทุกครั้ง โดยเก็บตัวอย่างดิน จำนวน 3 ครั้งๆ ละ 3 ตัวอย่าง ในวันที่ 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว คือ หลังจากมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในแต่ละครั้ง 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง คือในวันที่ 27, 57 และ 87 ของอายุต้นข้าว ตามลำดับ ผลมีดังนี้

ในระยะแรก ของการเจริญเติบโตของข้าว คือ ช่วงต้นข้าวอายุ 0-30 วัน มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ในวันที่ 27 ของอายุต้นข้าว โดยเก็บตัวอย่างดินในวันที่ 30 ของอายุต้นข้าว ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในดิน เนื่องจากแปลงนาที่ทำการศึกษาเป็นพื้นที่ทำนาข้าวแบบเชิงเดี่ยวที่เกษตรกรชาวนามีการใช้สารเคมีต่อเนื่องกันมานาน และไม่ได้เว้นระยะการทำนา จึงอาจจะพบสารกำจัดศัตรูพืชบางชนิดตกค้างอยู่ในดิน[100,102] สอดคล้องกับ ทรงพล โต้ชารี[21], นาตยา จันทร์ส่อง[94], Aiyesanmi et al.[95] และ Safina et al.[96] ซึ่งพบว่าพื้นที่ที่เคยมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชมาก่อน อาจพบการตกค้างของสารบางชนิดเหล่านี้อยู่ในสิ่งแวดล้อมได้ เช่น ในดิน และดินตะกอน เป็นต้น จึงอาจทำให้พบคลอร์ไพริฟอส ในแปลงที่ 1 ซึ่งไม่ได้ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตเลย พบปริมาณคลอร์ไพริฟอสต่ำที่สุด คือ 0.013 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และแปลงที่ 2 ซึ่งมีการฉีดพ่นสารชนิดเดียว คือ พบคลอร์ไพริฟอส 0.127 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่แปลงที่ 5 พบชนิดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมาก

ที่สุด คือ พบคลอร์ไพริฟอส เท่ากับ 0.206 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมา โพรฟีโนฟอส ไดเมทโธเอท และอีพีเอ็น เท่ากับ 0.072, 0.068 และ 0.044 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยพบคลอร์ไพริฟอสสูงสุด อาจเนื่องจากสารนี้มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับในดินสูงสุด คือ เท่ากับ 6,070[27-30] และจากการที่พบปริมาณสารนี้ตกค้างอยู่ในดิน ก่อนมีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในแปลงนาข้าว เท่ากับ 0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนแปลงที่ 3 และ 4 พบปริมาณสารในแต่ละแปลงตามชนิดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ผสมรวมกันฉีดพ่น คือในแปลงที่ 3 พบ อีพีเอ็น และคลอร์ไพริฟอส เท่ากับ 0.045 และ 0.041 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แปลงที่ 4 พบไดเมทโธเอท คลอร์ไพริฟอส และอีพีเอ็น เท่ากับ 0.116, 0.054 และ 0.025 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.13 และภาพที่ 4.13

โดยพบปริมาณสารพิษตกค้างในดินแตกต่างกัน ซึ่งอาจขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสาร ปฏิกิริยาของสารแต่ละชนิดในดิน ปริมาณหรืออัตราการใช้สารออกฤทธิ์ ความถี่ห่างหรือระยะเวลาที่ฉีดพ่นสารแต่ละครั้ง ค่าการสลายตัวของสาร ค่าครึ่งชีวิตของสารแต่ละชนิดในดิน โดยเฉพาะจำนวนชนิดและปริมาณ ของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ฉีดพ่นครั้งสุดท้าย นอกจากนี้ ยังมีอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมในขณะนั้น เช่น อุณหภูมิ แสงแดด ปริมาตรน้ำในแปลง และต้นข้าว รวมทั้งผลจากการใส่ปุ๋ยบางชนิดในแปลงนาข้าว เป็นต้น

ตารางที่ 4.13 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในดินในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกัน ในวันที่ 30 ของอายุต้นข้าว

แปลงนาข้าวที่	ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในวันที่ 30 ของอายุต้นข้าว				
	คลอร์ไพริฟอส	อีพีเอ็น	ไดเมทโธเอท	โพรฟีโนฟอส	รวม
1	0.013	ND	ND	ND	0.013
2	0.127	ND	ND	ND	0.127
3	0.041	0.045	ND	ND	0.086
4	0.054	0.025	0.116	ND	0.195
5	0.206	0.044	0.068	0.072	0.390

หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

ND= Not Detected คือต่ำกว่าค่า LOD (LOD ≥0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

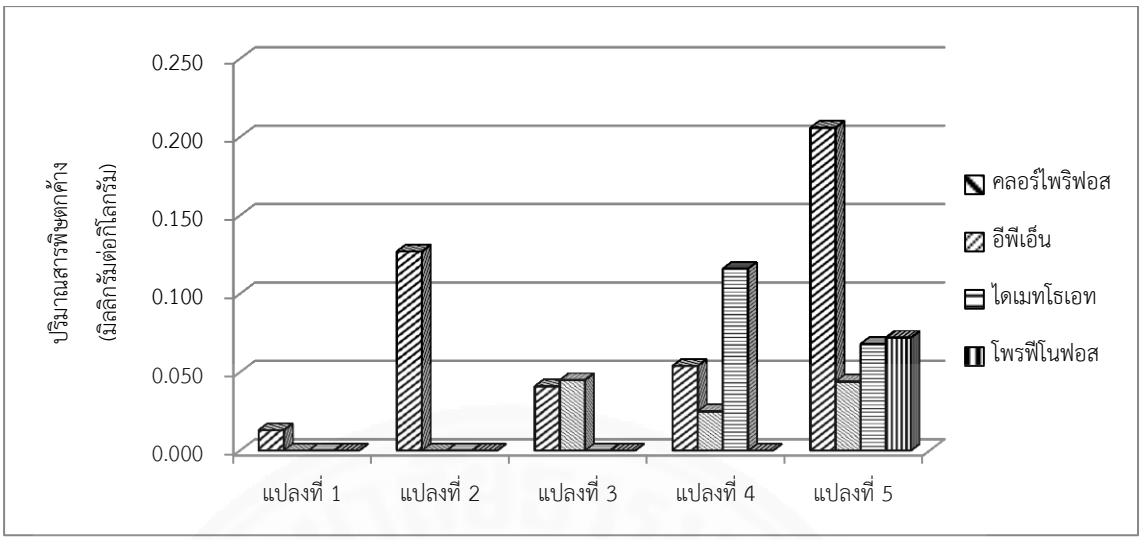
แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง



หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง

ภาพที่ 4.13 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในดินแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันแล้ว 3 วัน ในวันที่ 30 ของอายุต้นข้าว

ในระยะที่ 2 ของการเจริญเติบโตของข้าว หรือต้นข้าวมีอายุ 31-60 วัน มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่น ในวันที่ 57 ของอายุต้นข้าว โดยเก็บตัวอย่างดินในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว ผลพบปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตทุกแปลง อาจจะเนื่องจากกระบวนการเคลื่อนย้ายสารในเฟสน้ำและดิน คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสารและปัจจัยต่างๆ ด้านสิ่งแวดล้อมในขณะนั้น เช่น ค่าความเป็นกรด-เบสของดิน และผลจากการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นในระยะแรก ทำให้พบปริมาณสารตกค้างแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับค่าครึ่งชีวิตของสารแต่ละชนิดในดิน คือ คลอร์ไพริฟอส มีค่าครึ่งชีวิตในดินนาน 12-30 วัน ส่วน อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโฟรพีโนฟอส มีค่าครึ่งชีวิตในดินนาน 15-30 วัน, 4-16 วัน และ 7-28 วัน ตามลำดับ[27-30] และการสลายตัวของสารในดิน พบว่าอีพีเอ็น มีการสลายตัวในดินนานที่สุด 15 วัน รองลงมา โฟรพีโนฟอส คลอร์ไพริฟอส และไดเมทโธเอท คือ การสลายตัวในดินเท่ากับ 7 วัน, 3 วัน และ 2.6 วัน ตามลำดับ[30,51,109] โดยแปลงที่ 5 พบปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโน

ฟอสเฟตทั้ง 4 ชนิดตกค้างในดิน คือ พบคลอร์ไพริฟอส สูงสุด 0.353 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมา อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท โพรฟีโนฟอส เท่ากับ 0.170, 0.127 และ 0.094 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะแปลงที่ 2 พบอีพีเอ็น และคลอร์ไพริฟอส เท่ากับ 0.285 และ 0.063 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แปลงที่ 3 พบคลอร์ไพริฟอส โพรฟีโนฟอส อีพีเอ็น และไดเมทโธเอท เท่ากับ 0.246, 0.140, 0.010 และ 0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แปลงที่ 4 พบไดเมทโธเอท คลอร์ไพริฟอส โพรฟีโนฟอส และอีพีเอ็น เท่ากับ 0.299, 0.069, 0.044 และ 0.027 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่แปลงที่ 1 ซึ่งไม่ได้ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตเลย แต่พบคลอร์ไพริฟอส เท่ากับ 0.031 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อาจจะเนื่องจากการเคลื่อนที่ของสารในเฟสน้ำและเฟสดิน[26] จากแปลงอื่นๆ รวมทั้งคุณสมบัติค่าการแตกตัวของสารคลอร์ไพริฟอส ซึ่งมีมากที่สุด คือเท่ากับ 4.55 และค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับสูงสุดเท่ากับ 6,070[30] จึงอาจส่งผลทำให้พบสารนี้ในแปลงที่ 1 ดังตารางที่ 4.14 และภาพที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในดินแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกัน ในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว

แปลงนาข้าวที่	ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว				
	คลอร์ไพริฟอส	อีพีเอ็น	ไดเมทโธเอท	โพรฟีโนฟอส	รวม
1	0.031	ND	ND	ND	0.031
2	0.063	0.285	ND	ND	0.348
3	0.246	0.010	0.001	0.140	0.397
4	0.069	0.027	0.299	0.044	0.439
5	0.353	0.170	0.127	0.094	0.744

หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

ND= Not Detected คือต่ำกว่าค่า LOD (LOD ≥0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

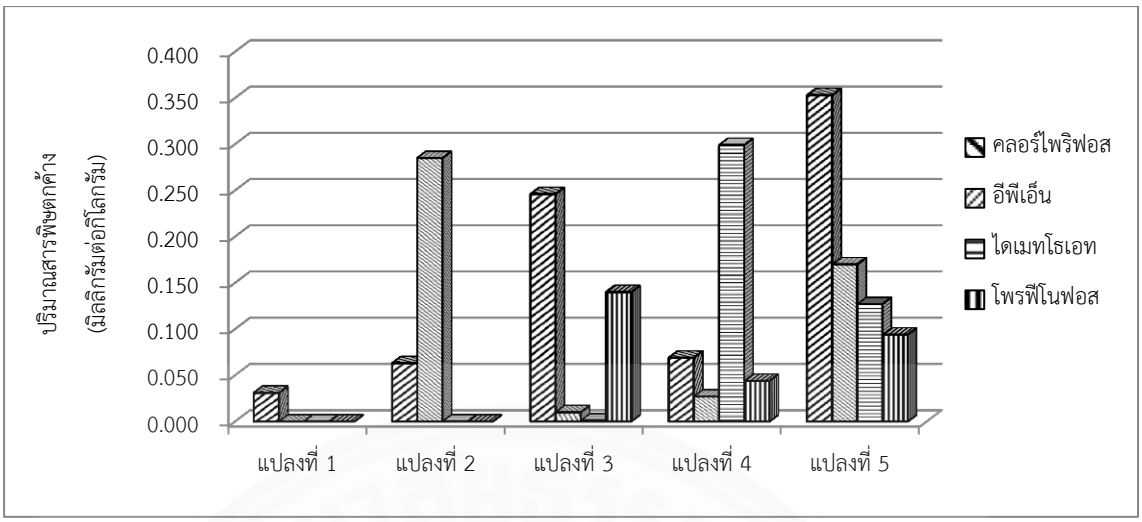
แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง



หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ผสม OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง

ภาพที่ 4.14 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในดินแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันแล้ว 3 วัน ในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว

ในระยะที่ 3 ของการเจริญเติบโตของข้าว หรือช่วงต้นข้าวอายุ 61-120 วัน มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ในวันที่ 87 ของอายุต้นข้าว เก็บตัวอย่างดินในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว ผลพบปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตทุกแปลง เช่นเดียวกับในระยะที่ 2 โดยแปลงที่ 5 พบปริมาณสารตกค้างมากที่สุด คือ คลอร์ไพริฟอส โพรฟีโนฟอส อีพีเอ็น และไดเมทโธเอท เท่ากับ 3.678, 2.657, 1.522 และ 0.874 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ รองลงมาแปลงที่ 4 พบคลอร์ไพริฟอส โพรฟีโนฟอส อีพีเอ็น และไดเมทโธเอท เท่ากับ 1.741, 0.706, 0.369 และ 0.017 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แปลงที่ 3 พบไดเมทโธเอท อีพีเอ็น คลอร์ไพริฟอส และโพรฟีโนฟอส เท่ากับ 1.307, 0.657, 0.110 และ 0.044 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และแปลงที่ 2 พบ ไดเมทโธเอท คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น และโพรฟีโนฟอส เท่ากับ 2.560, 0.056, 0.007 และ 0.006 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยแปลงที่ 1 พบชนิดและปริมาณสารตกค้างในดินน้อย

ที่สุด คือ พบคลอร์ไพริฟอส ไดเมทโธเอท และโพรฟีโนฟอส เท่ากับ 0.028, 0.004 และ 0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.15 และภาพที่ 4.15

โดยพบว่า ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในดินในแปลงนาข้าวที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกัน ในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว นอกจากอาจมีสารพิษบางชนิดที่ฉีดพ่นตกค้างมาจากในระยะแรกแล้ว อาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาของสารแต่ละชนิด เมื่อนำมาผสมรวมกันจะมีการเปลี่ยนรูปหรือสารอนุพันธ์ ได้แก่ สารในกระบวนการเปลี่ยนแปลง สารในกระบวนการสร้างและสลาย และสารที่เกิดจากปฏิกิริยาแล้วเปลี่ยนไปจากเดิม[26] ในเฟสดินเช่นเดียวกับในน้ำ อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติทางเคมีบางประการของสาร เช่น ค่าการสลายตัวของสาร และค่าครึ่งชีวิตของสารจะเปลี่ยนไปตามค่าความเป็นกรด-เบส และอุณหภูมิของดิน ส่งผลต่อปริมาณการตกค้างของสารพิษในดิน เช่น ที่ค่าความเป็นกรด-เบส 7.0 และอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบสารอีพีเอ็นมีค่าการสลายตัวในดินนานที่สุด เท่ากับ 15 วัน รองลงมา โพรฟีโนฟอส ไดเมทโธเอท และคลอร์ไพริฟอส คือ 7, 3 และ 2.6 วัน ตามลำดับ[27-30] โดยค่าครึ่งชีวิตของสารในดินพบว่า อีพีเอ็น คลอร์ไพริฟอส และโพรฟีโนฟอส จะนานใกล้เคียงกัน คือ นานประมาณ 1-4 สัปดาห์ ยกเว้น ไดเมทโธเอท มีค่าครึ่งชีวิตในดินน้อยที่สุด คือ 4-16 วัน[27-30] จึงอาจทำให้พบสารพิษในดินแตกต่างกันในแต่ละระยะที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

ตารางที่ 4.15 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในดินแปลงนาข้าว ที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกัน ในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว

แปลงนาข้าวที่	ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว				
	คลอร์ไพริฟอส	อีพีเอ็น	ไดเมทโธเอท	โพรฟีโนฟอส	รวม
1	0.028	ND	0.004	0.001	0.033
2	0.056	0.007	2.560	0.006	2.629
3	0.110	0.657	1.307	0.044	2.118
4	1.741	0.369	0.017	0.706	2.833
5	3.678	1.522	0.874	2.657	8.731

หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

ND= Not Detected คือต่ำกว่าค่า LOD (LOD ≥0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

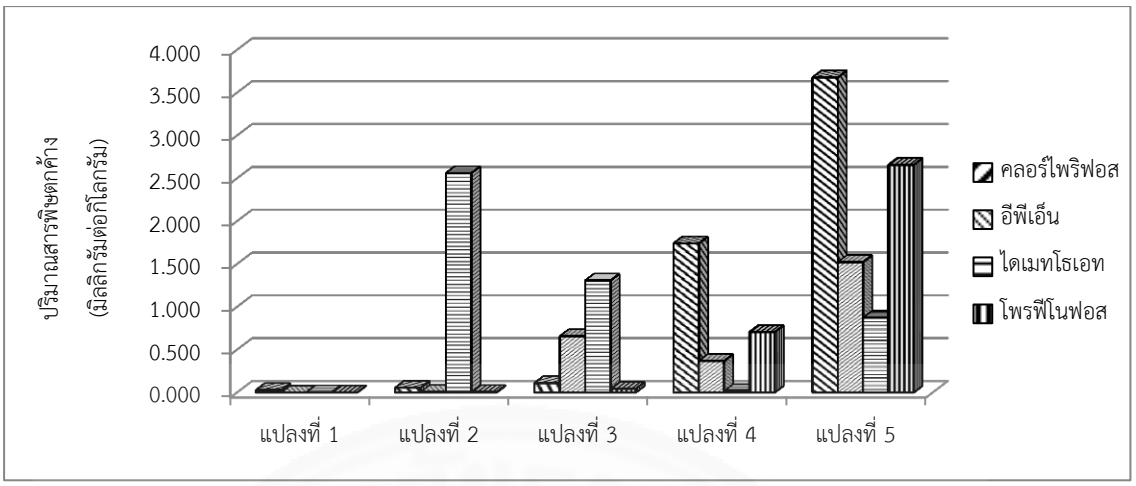
แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง



หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง

ภาพที่ 4.15 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในดินแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันแล้ว 3 วัน ในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว

ผลการวิเคราะห์ หาปริมาณสารพิษตกค้างในดิน ของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 4 ชนิด ตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว โดยพิจารณาจากค่าความเป็นพิษของสารตกค้างในดิน[141-142] หรือค่า LD_{50} พบว่าปริมาณสารพิษกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตทุกชนิดไม่สูงเกินค่าที่กำหนดไว้ต่อสิ่งมีชีวิตในดิน ได้แก่ อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท คลอร์ไพริฟอส และโพรฟีโนฟอส คือ มีค่าไม่เกิน 358-400, 215-245, 97-276, และ 14-26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม[27-30] ตามลำดับ อาจเนื่องจากช่วงเวลาหลังการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว 3 วัน ซึ่งสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตจะมีคุณสมบัติการละลาย และสลายตัวได้ดีในน้ำ ก่อนจะรวมตัวหรือถูกดูดซับโดยอนุภาคของแข็งแขวนลอยหรือของแข็งละลายน้ำ โดยมีค่าการสลายตัวในน้ำค่อนข้างเร็ว โดยทั่วไปที่ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำ เท่ากับ 7.0 และที่อุณหภูมิ 25.0 องศาเซลเซียส[135] ซึ่งโพรฟีโนฟอส ใช้เวลานานที่สุด คือ 14.6 วัน รองลงมา อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และคลอร์ไพริฟอส คือ 9.2, 4.4 และ 1.5 วัน[30] ตามลำดับ นอกจากนี้ ค่าความเป็นกรด-เบส และอุณหภูมิของน้ำ ยังมีผลต่ออัตราการสลายตัวของสารในน้ำ ทั้งนี้ สารจะมีอัตราการสลายตัวได้เร็วขึ้นเมื่อค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำเป็นเบส อุณหภูมิ

ของน้ำที่สูงขึ้น[95,101-103] โดยสอดคล้องกับกรมควบคุมมลพิษ[104] ซึ่งพบว่าเมื่อค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำอยู่ระหว่าง 7.7-8.3 และอุณหภูมิของน้ำอยู่ระหว่าง 28.7-29.3 องศาเซลเซียส ทำให้พบปริมาณสารในน้ำได้มากกว่าในดิน

นอกจากนี้ การผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ฉีดพ่นกำจัดแมลงศัตรูข้าวในแปลงนาข้าว โดยพบชนิดและปริมาณ สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในดินแตกต่างกันในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าว ทั้งนี้ นอกจากปริมาณหรืออัตราการใช้สารแล้ว ยังขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสารแต่ละชนิด อัตราการสลายตัวของสาร ค่าครึ่งชีวิตของสารในน้ำและในดิน รวมทั้งปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝน คุณภาพน้ำ และคุณสมบัติดิน เช่น ค่าความเป็นกรด-เบส ค่าการนำไฟฟ้า อุณหภูมิ ชนิดของดิน และความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน อาจนับได้ว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่อาจทำให้สารมีการแพร่กระจายในสิ่งแวดล้อม หรือการเคลื่อนที่ของสารทั้งในเฟสน้ำและดิน ส่งผลให้พบสารบางชนิดตกค้างในพื้นที่หรือบริเวณใกล้เคียงได้ โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีการทำนาข้าว และเกษตรกรมีการใช้สารเคมีติดต่อกันมานาน จึงอาจพบสารเคมีบางชนิดตกค้างอยู่ในดิน เช่น คลอร์ไพริฟอส เป็นต้น

4.1.5 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตกค้างในน้ำและดินนาข้าว

จากการศึกษา การผสมสารใช้กำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ในนาข้าว จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพรฟีโนฟอส เพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าว ตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ทั้งหมด 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 ของการเจริญเติบโตของข้าว หรือต้นข้าวอายุ 0-30 วัน ระยะที่ 2 คือ ระยะสืบพันธุ์ หรือต้นข้าวอายุ 31-60 วัน และระยะที่ 3 คือ ระยะสร้างเมล็ด หรือต้นข้าวอายุ 61-120 วัน โดยการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 3 ครั้ง คือเมื่อต้นข้าวอายุได้ 27, 57 และ 87 วัน ตามลำดับ ในแต่ละแปลง รวมทั้งหมด 5 แปลง ดังตารางที่ 3.2 โดยเก็บตัวอย่างน้ำและดิน จำนวน 3 ครั้งๆ ละ 3 ตัวอย่าง ในวันที่ 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว คือหลังจากที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในแปลงนาข้าวแล้ว ในแต่ละครั้ง 3 วัน สรุปผลได้ดังนี้

ในระยะแรก ของการเจริญเติบโตของข้าว คือ ช่วงต้นข้าวอายุ 0-30 วัน มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ในวันที่ 27 ของอายุต้นข้าว โดยเก็บตัวอย่างน้ำและดินในวันที่ 30 ของอายุต้นข้าว ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในน้ำและในดิน พบปริมาณสารพิษกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตรวมทุกชนิดตกค้างทั้งหมดสูงสุด ในแปลงที่ 5 เท่ากับ 8.631 พีพีเอ็ม รองลงมา แปลงที่ 3 เท่ากับ 6.642 พีพีเอ็ม และต่ำสุด ในแปลงที่ 1 เท่ากับ 0.017 พีพีเอ็ม โดยพบว่าแปลงที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตผสมหลายชนิดจะพบปริมาณสารพิษตกค้างสูงไปด้วย ยกเว้น แปลงที่ 3 ที่พบปริมาณสารพิษตกค้างในน้ำสูงกว่าในดินทุกแปลง อาจจะเนื่องจากคุณสมบัติทางเคมีของสารแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน[30] เช่น โพรฟีโนฟอส

มีค่าการละลายน้ำสูงสุด เท่ากับ 28.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าการสลายตัวของสารในน้ำนานที่สุด 14.6 วัน (ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-เบส 7.0) โดยพบการผสมสารฉีดพ่นในกลุ่มเดียวกันจำนวน 2 ชนิด จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีในน้ำได้ดีกว่าสารหลายชนิด[26] อาจเนื่องจากผลของปฏิกิริยาของสารแต่ละชนิด จะมีการเปลี่ยนรูปหรือสารอนุพันธ์ไปน้อยกว่า และระยะเวลาหลังการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 3 วัน ซึ่งคุณสมบัติของสารในกลุ่มนี้เมื่อละลายน้ำโดยทั่วไปจะยึดจับกับอนุภาคหรือคอลลอยด์และของแข็งละลายในน้ำ แล้วจึงค่อยๆ รวมตัวเป็นตะกอนจมลงสู่ดิน ส่งผลให้พบปริมาณสารพิษตกค้างในน้ำสูงกว่าในดิน ดังตารางที่ 4.16 และภาพที่ 4.16

ในระยะที่ 2 ของการเจริญเติบโตของข้าว ช่วงต้นข้าวอายุ 31-60 วัน มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ในวันที่ 57 ของอายุต้นข้าว โดยเก็บตัวอย่างน้ำและดินในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว พบปริมาณสารพิษกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตกค้างทั้งหมดในทุกแปลง โดยพบสูงสุด ในแปลงที่ 5 เท่ากับ 155.338 พีพีเอ็ม รองลงมา แปลงที่ 3 เท่ากับ 39.171 พีพีเอ็ม และต่ำสุดในแปลงที่ 1 เท่ากับ 0.032 พีพีเอ็ม โดยแปลงที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตผสมรวมกันหลายชนิด จะพบปริมาณสารพิษตกค้างสูงตามไปด้วย ยกเว้นในแปลงที่ 3 ซึ่งมีแนวโน้มเช่นเดียวกับในระยะแรก ที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ในวันที่ 27 ของอายุต้นข้าว อย่างไรก็ตาม ในระยะที่ 2 ตรวจพบปริมาณสารพิษตกค้างทั้งหมดสูงกว่าครั้งแรกในทุกแปลง อาจเนื่องจากอิทธิพลของระดับน้ำเฉลี่ยในแปลงลดลงต่ำสุด คืออยู่ระหว่าง 3.7-3.8 เซนติเมตร ส่งผลต่อการละลายและความเข้มข้นของสาร นอกจากนี้แล้ว การตกค้างสะสมของสารพิษจากในระยะแรกในเฟสน้ำและดิน อัตราการสลายตัวของสารหรือ ค่า DT_{50} และค่าครึ่งชีวิตของสารในสิ่งแวดล้อมน้ำและดิน[141-145] ที่มีเหลืออยู่ในขณะนั้น เช่น อีพีเอ็น ซึ่งมีค่า DT_{50} นานที่สุด (ที่ค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 7.0 อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) คือในน้ำ 6.2-9.7 วัน ในดิน 15 วัน มีค่าครึ่งชีวิตในน้ำ 8 วัน และในดิน 15-30 วัน ส่วนคลอร์ไพริฟอส มีค่าครึ่งชีวิตในน้ำนาน 35 วัน และในดิน 12-30 วัน[30,33,135] ส่งผลให้พบปริมาณสารพิษตกค้างทั้งหมดสูงกว่าในระยะแรก

ในระยะที่ 3 ของการเจริญเติบโตของข้าว หรือช่วงต้นข้าวอายุ 61-120 วัน มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ในวันที่ 87 ของอายุต้นข้าว โดยเก็บตัวอย่างน้ำและดิน ในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว ตรวจพบปริมาณสารพิษกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตกค้างทั้งหมดในทุกแปลง โดยสูงสุดในแปลงที่ 5 เท่ากับ 29.175 พีพีเอ็ม รองลงมา แปลงที่ 3 เท่ากับ 8.052 พีพีเอ็ม และต่ำสุด แปลงที่ 1 คือ 0.034 พีพีเอ็ม โดยแปลงที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตหลายชนิด จะพบปริมาณสารพิษตกค้างสูงตามไปด้วย ยกเว้น ในแปลงที่ 3 ซึ่งมีแนวโน้มเช่นเดียวกับในระยะที่ 1 และ 2 โดยทุกแปลงที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต พบว่ามีปริมาณสารพิษตกค้างทั้งหมดลดลง อาจจะเนื่องจากระดับน้ำเฉลี่ยในแปลงเพิ่มสูงขึ้น จากปริมาณ

น้ำฝนที่ตกลงมา เจือจางความเข้มข้นของสารพิษที่ตกค้างในแปลง นอกจากนี้ การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่สูงและเพิ่มจำนวนขึ้น ปกคลุมพื้นที่ผิวน้ำในแปลง ทำให้สารที่ผสมฉีดพ่นอาจติดค้างอยู่ตามส่วนต่างๆ เช่น ช่อดอก ใบ และลำต้นข้าว ทำให้ปริมาณสารที่ฉีดพ่นมีการปลิวหรือตกลงสู่ในน้ำและดินได้น้อยลง ในขณะที่แปลงที่ 1 ไม่มีการผสมฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตเลยทุกครั้ง แต่พบปริมาณสารพิษตกค้างทั้งหมดเพิ่มขึ้น เท่ากับ 0.034 พีพีเอ็ม ซึ่งเป็นปริมาณน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงอื่นๆ คือ แปลงที่ 2-5 ซึ่งมีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต อาจจะเนื่องจากคุณสมบัติของสารและการเคลื่อนที่ของสารแต่ละชนิดในเฟสน้ำและดิน[26] จากแปลงนาข้าวใกล้เคียงที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต[138] จะเห็นได้จากค่าครึ่งชีวิตของสารในน้ำและในดิน โดยเฉพาะคลอร์ไพริฟอส และอีพีเอ็น ที่มีค่าการแตกตัวของสารและค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับมากที่สุด ในจำนวนสารทั้ง 4 ชนิดนี้ (ตารางที่ 2.1) อาจส่งผลต่อความสามารถในการยึดจับกับอนุภาคหรือคอลลอยด์ของสารละลายในน้ำและอนุภาคดินเหนียวได้ดี[30]

ตารางที่ 4.16 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตกค้างทั้งหมด (พีพีเอ็ม) ในน้ำและดิน ในวันที่ 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว หลังการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช ในแต่ละครั้งแล้ว 3 วัน

แปลงนาข้าวที่	ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตกค้างทั้งหมด (พีพีเอ็ม) ในน้ำและดิน								
	วันที่ 30 ของอายุต้นข้าว			วันที่ 60 ของอายุต้นข้าว			วันที่ 90 ของอายุต้นข้าว		
	ในน้ำ	ในดิน	รวม	ในน้ำ	ในดิน	รวม	ในน้ำ	ในดิน	รวม
1	0.001	0.013	0.014	0.001	0.031	0.032	0.001	0.033	0.034
2	2.979	0.127	3.106	12.196	0.348	12.544	3.348	2.629	5.977
3	6.556	0.086	6.642	38.774	0.397	39.171	5.934	2.118	8.052
4	2.382	0.195	2.577	32.251	0.439	32.690	2.285	2.833	5.118
5	8.241	0.390	8.631	154.594	0.744	155.338	20.444	8.731	29.175

หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

ND= Not Detected คือต่ำกว่าค่า LOD (LOD ≥0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

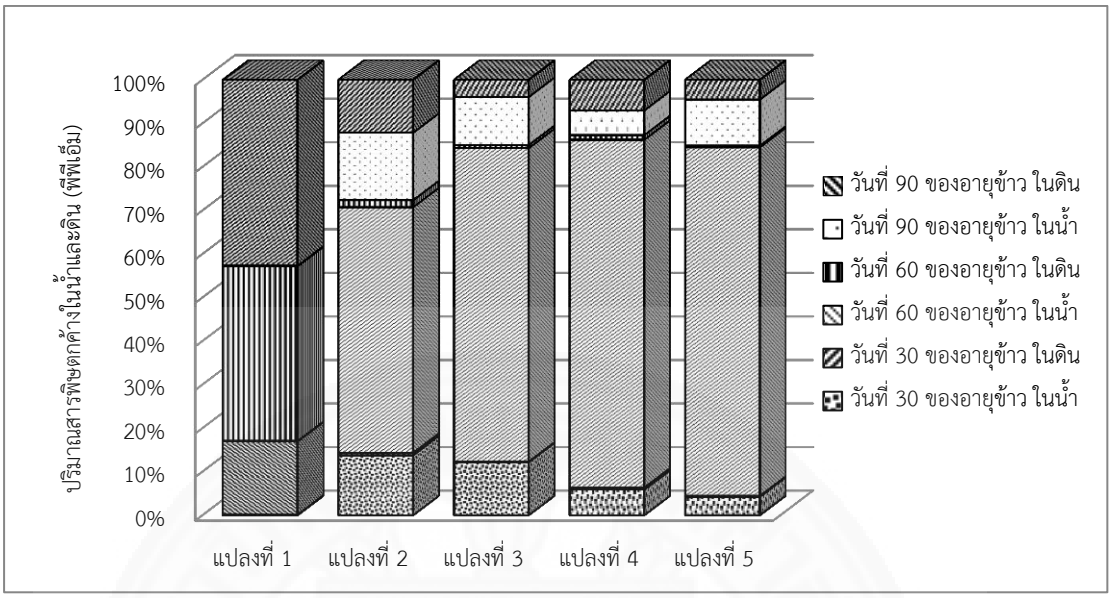
แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง



หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง

ภาพที่ 4.16 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตกค้างทั้งหมด (พีพีเอ็ม) ในน้ำและดิน ในวันที่ 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว หลังการฉีดพ่นสารในแต่ละครั้งแล้ว 3 วัน

จากคุณสมบัติทางเคมีของสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 4 ชนิด ที่ใช้ฉีดพ่นกำจัดแมลงศัตรูข้าว พบว่า โพรฟีโนฟอส มีค่าการละลายน้ำมากที่สุด (ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-เบส 7.0) คือ 28.0 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมา ไดเมทโธเอท อีพีเอ็น และคลอร์ไพริฟอส คือ เท่ากับ 23.8, 6.6 และ 2.74 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีค่าการแตกตัวของสารเท่ากับ 0.6, 2.0, 2.85 และ 4.56 แต่มีค่าการสลายตัวของสาร ในน้ำนานที่สุด 14.6 วัน รองลงมา อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และคลอร์ไพริฟอส เท่ากับ 9.2, 4.4 และ 1.5 วัน ตามลำดับ ค่าครึ่งชีวิตของโพรฟีโนฟอส ในน้ำ 7-14.6 วัน[30] ทำให้พบปริมาณสารโพรฟีโนฟอสในน้ำได้สูง ถ้าหากใช้ผสมกับคลอร์ไพริฟอส เช่นแปลงที่ 2 ได้มากกว่าสารชนิดอื่นๆ ที่ตกค้างทั้งหมดในแปลงที่ 3 ซึ่งมีการผสมสารจำนวน 3 ชนิดฉีดพ่นรวมกัน

4.1.6 ผลผลิตข้าวเปลือก

การผสมฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ที่แตกต่างกันในแต่ละแปลง ตามระยะการเจริญเติบโตของข้าวทั้งหมด 3 ระยะ คือ ในวันที่ 27, 57 และ 87 ของอายุต้นข้าว เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวเปลือก คือต้นข้าวอายุ 120 วัน พบว่าแปลงที่ 5 ซึ่งมีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมากที่สุด จำนวน 4 ชนิด ในแต่ละครั้งตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว รวมทั้งหมด 3 ครั้ง ได้ผลผลิตข้าวเปลือกเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 900.2 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาแปลงที่ 4, 3, 2 และ 1 คือ ได้ผลผลิตข้าวเปลือกเฉลี่ย เท่ากับ 890.2, 860.2, 840.4 และ 820.3 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.17 และภาพที่ 4.17

โดยพบว่า การผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นที่แตกต่างกันส่งผลต่อผลผลิตข้าวเปลือกแตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าแปลงที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นจำนวนหลายชนิด สามารถกำจัดแมลงศัตรูข้าวที่ทำลายต้นข้าว ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าว ได้มากกว่าแปลงไม่ได้ฉีดพ่นและแปลงที่ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตจำนวนชนิดน้อยกว่า อย่างไรก็ตาม พบว่าแปลงที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นที่มีจำนวนชนิดแตกต่างกัน ส่งผลต่อผลผลิตข้าวเปลือกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 (ภาคผนวก ค 4.10) โดยแปลงที่ 1 ซึ่งไม่ได้ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ได้ผลผลิตข้าวเปลือกเฉลี่ยต่ำสุด คือ 820.3 กิโลกรัมต่อไร่ และต่ำกว่าทุกแปลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 ยกเว้น แปลงที่ 2 ที่ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตจำนวน 1 ชนิด คือได้ผลผลิตข้าวเปลือกเฉลี่ย เท่ากับ 840.4 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นผลผลิตข้าวเปลือกส่วนใหญ่ของเกษตรกรอำเภอสามชุก คือ ร้อยละ 51.85 ได้ผลผลิตเฉลี่ย 800-890 กิโลกรัมต่อไร่ หรือ 80-89 ถังต่อไร่ ซึ่งได้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงกว่า โดยเฉลี่ยของกรมการข้าว 793 กิโลกรัมต่อไร่[47] ในขณะที่แปลงที่ 5 ที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นจำนวนชนิดมากที่สุด คือ 4 ชนิด ได้ผลผลิตข้าวเปลือกเฉลี่ยสูงสุด คือ 900.2 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าทุกแปลง อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 ยกเว้น ไม่แตกต่างกับแปลงที่ 4 ที่ได้ผลผลิตข้าวเปลือกเฉลี่ย เท่ากับ 890.2 กิโลกรัมต่อไร่ เหล่านี้ อาจเป็นสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้เกษตรกรอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี มีการผสมใช้สารกำจัดศัตรูพืชหลายชนิดร่วมกันในการฉีดพ่นกำจัดแมลงศัตรูข้าว หรือที่กลุ่มเกษตรกรรู้จักกันดีว่า “การผสมสารเคมีแบบคอกเทล” เพื่อมุ่งหวังผลผลิตมากกว่าโดยอาจมิได้คำนึงถึงผลกระทบที่อาจจะมีผลตามมาในด้านอื่นๆ เช่น สิ่งแวดล้อม และสุขภาพ เป็นต้น[21]

ซึ่งเมื่อพิจารณาจำนวนชนิดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ที่ฉีดพ่นในแต่ละแปลง พบว่าแปลงที่ 3 ที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 2 ชนิดรวมกันฉีดพ่น ได้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงเป็นอันดับ 3 คือ เท่ากับ 860.2 กิโลกรัมต่อไร่ โดยได้ผลผลิตสูงกว่าแปลงที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 แต่ไม่สูงกว่าแปลงที่ 5 ที่ได้ผลผลิตสูงสุด

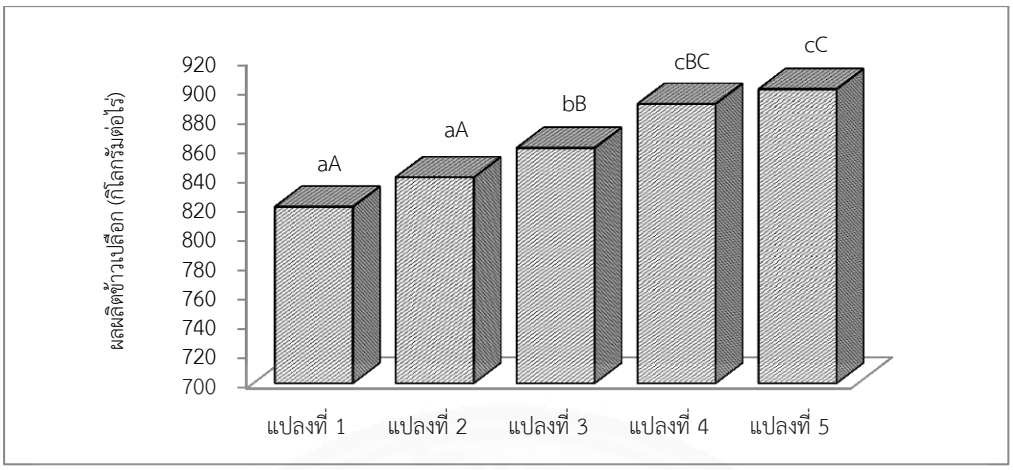
และสูงกว่าทุกแปลง ยกเว้น แปลงที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 อย่างไรก็ตาม พบว่าแปลงที่ 3 ได้ผลผลิตข้าวเปลือกไม่แตกต่างกับแปลงที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 คือ ได้ผลผลิตข้าวเปลือก เท่ากับ 890.2 กิโลกรัมต่อไร่ ในการศึกษานี้ พบว่าการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ตามปริมาณหรืออัตราสารออกฤทธิ์ที่กำหนดไว้สูงสุดบนฉลาก/บรรจุภัณฑ์ จำนวน 1 ชนิดต่อครั้ง เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตเลย ได้ผลผลิตข้าวเปลือกแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 คือ ได้ผลผลิตข้าวเปลือก เฉลี่ยระหว่าง 820.3-840.4 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนแปลงที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่น จำนวน 3 ชนิด และ 4 ชนิด ได้ผลผลิตข้าวเปลือกแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 คือ ได้ผลผลิตข้าวเปลือก เฉลี่ย 890.2-900.2 กิโลกรัมต่อไร่

ตารางที่ 4.17 ผลผลิตข้าวเปลือกเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตแตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าวในวันที่ 120 ของอายุต้นข้าว

แปลงนาข้าวที่	ผลผลิตข้าวเปลือก (กิโลกรัมต่อไร่)			
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	เฉลี่ย
1	830.2	810.4	820.3	820.3^{aA}
2	840.4	845.3	835.5	840.4^{aA}
3	870.2	850.3	860.0	860.2^{bB}
4	890.3	880.2	900.2	890.2^{cBC}
5	895.4	905.1	900.1	900.2^{cC}

หมายเหตุ: อักษรอารบิกพิมพ์เล็ก แทนระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

อักษรอารบิกพิมพ์ใหญ่ แทนระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01



หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง

ภาพที่ 4.17 ผลผลิตข้าวเปลือกเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในวันที่ 120 ของอายุต้นข้าว

4.1.7 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตตกค้างในผลผลิตข้าวเปลือก

พบว่าแปลงที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่น ที่มีจำนวนชนิดแตกต่างกัน ส่งผลต่อปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต ตกค้างในข้าวเปลือก แตกต่างกันในแต่ละแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 (ภาคผนวก ค 4.11) โดยแปลงที่ 5 ซึ่งมีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตจำนวนชนิดมากที่สุด คือ 4 ชนิด ทุกครั้งตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว รวมทั้งหมด 3 ครั้ง พบปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตกค้างในผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด เท่ากับ 0.299 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมา แปลงที่ 4, 3, 2 และ 1 คือ 0.168, 0.060, 0.035 และ 0.031 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่ แปลงที่ 1 ซึ่งไม่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในทุกครั้ง มีปริมาณสารตกค้างน้อยที่สุด คือพบสารคลอร์ไพริฟอส เท่ากับ 0.007 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และไดเมทโธเอท เท่ากับ 0.024 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ต่ำกว่าทุกแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แต่ไม่ต่ำกว่าแปลงที่ 2 ที่ฉีดพ่นสารจำนวน 1 ชนิด คือ พบคลอร์ไพริฟอส เท่ากับ 0.008 และไดเมทโธเอท เท่ากับ 0.027 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 กับแปลงที่ 3, 4 และ 5 ที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตใน จำนวน 2, 3 และ 4 ชนิด ตามลำดับ ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากมีสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตเหล่านี้ในน้ำและดินแตกต่างกัน ซึ่งอาจขึ้นกับจำนวนชนิดของสารที่ฉีดพ่นและคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสารแต่ละชนิด เช่น ค่าครึ่งชีวิต อัตราการสลายตัว ค่าการแตกตัวของสาร การเคลื่อนที่ของสารในเฟสน้ำและดิน เป็นต้น ดังนั้น ในนาข้าวที่มีการใช้สารเคมี หรือการทำนาในพื้นที่ที่เป็นเกษตรเคมี ซึ่งมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชต่างๆ รวมทั้งสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จึงอาจพบสารพิษบางชนิดอยู่ในน้ำและตกค้างในดิน นอกจากนี้ อาจพบสารพิษบางชนิดตกค้างในผลผลิตข้าวเปลือกแตกต่างกันด้วย ทั้งนี้ อาจเนื่องจากการแพร่กระจายหรือการเคลื่อนย้ายของสารในสิ่งแวดล้อม[26,146] จะถูกต้นข้าวนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ตั้งแต่ระยะเริ่มแรกของการเพาะปลูกจนกระทั่งถึงระยะการเก็บเกี่ยวผลผลิต จึงอาจส่งผลให้พบปริมาณสารพิษตกค้างในแปลงที่ 1 ซึ่งไม่ได้ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ดังตารางที่ 4.18 และภาพที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ชนิดและปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตในข้าวเปลือก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกัน ในวันที่ 120 ของอายุต้นข้าว

แปลงนาข้าวที่	ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)				
	คลอร์ไพริฟอส	อีพีเอ็น	ไดเมทโธเอท	โพรฟีโนฟอส	รวม
1	0.007	ND	0.024	ND	0.031^{aA}
2	0.008	ND	0.027	ND	0.035^{aA}
3	0.011	0.018	0.031	ND	0.060^{bA}
4	0.041	0.094	0.033	ND	0.168^{cA}
5	0.103	0.153	0.043	ND	0.299^{cA}

หมายเหตุ: อักษรอารบิกพิมพ์เล็ก แทนระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

อักษรอารบิกพิมพ์ใหญ่ แทนระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

ND= Not Detected คือต่ำกว่าค่า LOD (LOD ≥0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

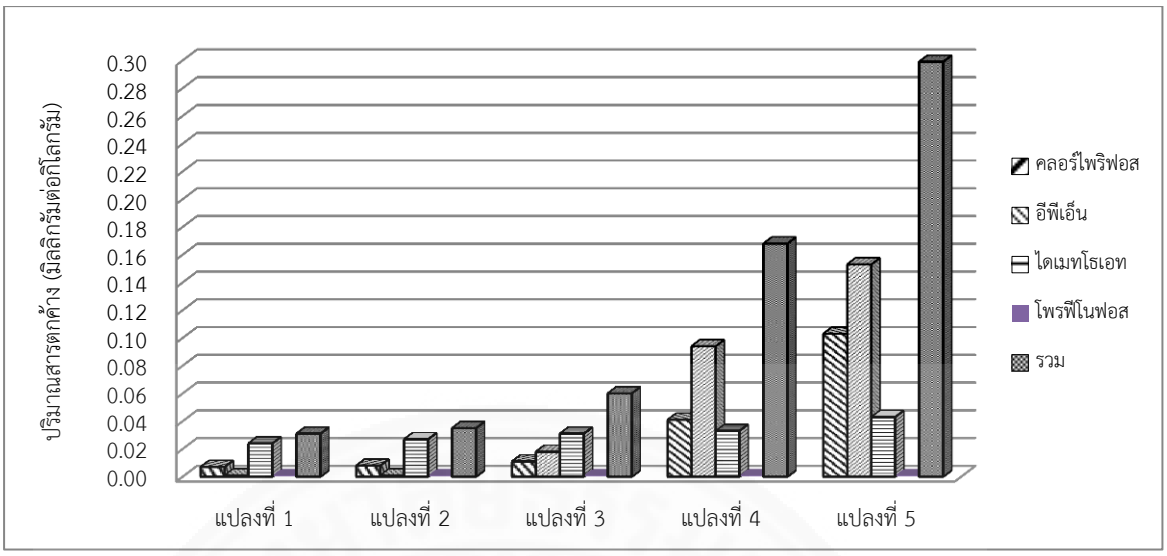
แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง



หมายเหตุ: OP= สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

C= คลอร์ไพริฟอส, E= อีพีเอ็น, D= ไดเมทโธเอท, P= โพรฟีโนฟอส

แปลงที่ 1 ไม่ฉีดพ่น OP ทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่น OP ครั้งละ 1 ชนิด คือวันที่ 27=C, วันที่ 57=E, วันที่ 87=D

แปลงที่ 3 ผสม OP ครั้งละ 2 ชนิด คือวันที่ 27=C+E, วันที่ 57=P+C, วันที่ 87=D+E

แปลงที่ 4 ผสม OP ครั้งละ 3 ชนิด คือวันที่ 27=C+E+D, วันที่ 57=E+D+P, วันที่ 87=C+E+P

แปลงที่ 5 ผสม OP ทั้ง 4 ชนิด คือ C+E+D+P ทุกครั้ง

ภาพที่ 4.18 ชนิดและปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตในข้าวเปลือก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในแปลงนาข้าวที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันในวันที่ 120 ของอายุต้นข้าว

จากตารางที่ 4.18 ผลการตรวจวิเคราะห์ พบปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตโดยรวมทุกชนิด ในผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุดในแปลงที่ 5 เท่ากับ 0.299 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาแปลงที่ 4, 3, 2 และ 1 คือ พบปริมาณสารพิษ เท่ากับ 0.168, 0.060, 0.035 และ 0.031 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยพบปริมาณสารพิษตกค้างแต่ละชนิดสูงสุดในแปลงที่ 5 คือ พบอีพีเอ็น คลอร์ไพริฟอส และไดเมทโธเอท เท่ากับ 0.153, 0.103 และ 0.043 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ รองลงมา แปลงที่ 4 ในขณะที่แปลงที่ 1 พบปริมาณสารพิษตกค้างต่ำสุด อาจจะเนื่องจากแปลงที่ 5 ซึ่งมีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตมากชนิดที่สุด คือทั้ง 4 ชนิด ในทุกครั้งที่ฉีดพ่นกำจัดแมลงศัตรูข้าวตามการเจริญเติบโตของข้าวทั้ง 3 ระยะ ส่งผลให้มีสารพิษเหล่านี้อยู่ในน้ำและตกค้างสะสมในดินได้มากกว่าแปลงอื่นๆ โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ 1 ซึ่ง

ไม่ได้ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต อย่างไรก็ตาม ไม่พบสารโพรฟีโนฟอสตกค้างในข้าวเปลือกทุกแปลง อาจเนื่องจากปริมาณและอัตราสารออกฤทธิ์สูงสุดที่ใช้น้อยกว่าสารชนิดอื่นๆ คือ 1 มิลลิลิตร และค่าการแตกตัวของโพรฟีโนฟอสที่น้อยที่สุดกว่าสารชนิดอื่นๆ คือ เท่ากับ 0.6 และยังขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำ เช่น ถ้าน้ำมีค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 7.0 ค่าการสลายตัวในน้ำจะเท่ากับ 7 วัน แต่ถ้าค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 9.0 ค่าการสลายตัวในน้ำจะเหลือเพียง 5.7 ชั่วโมง[30,143] ในขณะที่พบสารชนิดอื่นๆ คือ อีพีเอ็น คลอร์ไพริฟอส และไดเมทโธเอท ตกค้างในผลผลิตข้าวเปลือกทุกแปลงในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยขึ้นกับคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี รวมทั้งจำนวนชนิดสารที่ผสมฉีดพ่นในแต่ละครั้ง

โดยพบว่าการผสมสารรวมกันฉีดพ่นจำนวนตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป จะมีปริมาณสารพิษตกค้างรวมทุกชนิดสูงเกินค่า MRLs คือ มากกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และจะพบปริมาณสารพิษตกค้างเพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนชนิดของสารที่ผสมรวมกันฉีดพ่น นอกจากนี้ ยังพบสารพิษบางชนิดตกค้างในปริมาณที่สูงเกินค่า MRLs ได้แก่ อีพีเอ็น (ไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งมีความเป็นพิษและความเป็นอันตรายร้ายแรงยิ่ง มากกว่าสารชนิดอื่นในจำนวน 4 ชนิดนี้ ในแปลงที่มีการผสมสารอีพีเอ็นร่วมกับสารอื่นๆ อีกอย่างน้อย 1 ชนิด และแปลงที่มีการผสมสารจำนวนตั้งแต่ 3 ชนิดขึ้นไป โดยพบคลอร์ไพริฟอส ตกค้างในข้าวเปลือกสูงเกินค่า MRLs คือ มากกว่า 0.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในแปลงที่มีการผสมคลอร์ไพริฟอสฉีดพ่นทุกครั้ง ในขณะที่พบว่ามีสารบางชนิดตกค้างในข้าวเปลือกทุกแปลง ไม่สูงเกินค่า MRLs ได้แก่ ไดเมทโธเอท (ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โดยไม่พบโพรฟีโนฟอส ตกค้างในข้าวเปลือกสูงกว่าค่า LOD คือต่ำกว่า 0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งอาจจะมีความเป็นอันตรายหรือพิษจากโพรฟีโนฟอส น้อยกว่าสารชนิดอื่นๆ ในจำนวน 4 ชนิดนี้ หากมีการผสมร่วมกันฉีดพ่น ในวันที่ 87 ของอายุต้นข้าว

ถึงแม้ว่าในปัจจุบัน การกำหนดปริมาณสารพิษตกค้างในผลผลิตข้าวเปลือก ยังไม่มีมาตรการควบคุมชัดเจนเหมือนกับในข้าวสาร[147] ตามสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติและ Codex ได้กำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum residue limits; MRLs) ของสารพิษบางชนิดในข้าวสาร เช่น คลอร์ไพริฟอส ไม่เกิน 0.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม[148] ในขณะที่โพรฟีโนฟอส และไดเมทโธเอท ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้ EU[149] ยังได้กำหนดค่ามาตรฐานเพื่อความปลอดภัยจากสารพิษที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์และอาหาร ของสารที่ไม่อยู่ในรายการควบคุมของ EU โดยใช้ค่า general default ต้องไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เช่น อีพีเอ็น และกำหนดปริมาณสารพิษตกค้างรวมทุกชนิดต้องไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม[147,150] อย่างไรก็ตาม ในการศึกษานี้ พบปริมาณสารพิษตกค้างเหล่านี้ในผลผลิตข้าวเปลือก ถึงแม้จะไม่ได้ใช้บริโภคโดยตรง แต่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพเกษตรกรได้จากการได้รับสัมผัสระหว่างการเก็บเกี่ยวผลผลิต การนวดข้าว และการขนย้าย โดยเฉพาะเกษตรกรที่ทำนาข้าว ซึ่งมีการผสมและใช้จำนวนสารกำจัดศัตรูพืช

กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตหลายชนิดรวมกันฉีดพ่น เช่น ในแปลงที่ 4 และ 5 รวมทั้งการนำข้าวเปลือกที่มีสารพิษตกค้างในปริมาณที่สูงเกินค่า MRLs ไปใช้เลี้ยงสัตว์บางชนิด เช่น ปลา เป็ด และไก่ เป็นต้น หากเกษตรกรใช้เป็นอาหารบริโภค อาจส่งผลต่อสุขภาพได้จากการได้รับสารพิษบางชนิดที่ตกค้างอยู่ในอาหารโดยทางอ้อม

4.2 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตกับผลกระทบต่อสุขภาพเกษตรกร

ผลการศึกษา การผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ที่ใช้ในนาข้าวกับผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี โดยการใช้แบบสัมภาษณ์ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของเกษตรกร การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และอาการและอาการแสดงทางสุขภาพเกษตรกรจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตร่วมกับการตรวจเลือดเกษตรกร เพื่อตรวจหาระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา ผลมีดังนี้

4.2.1 ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของเกษตรกร

พบว่า ลักษณะส่วนบุคคลของเกษตรกร จำนวนทั้งหมด 135 คน เป็นเพศหญิง ร้อยละ 53.33 และเพศชาย ร้อยละ 46.67 ดังตารางที่ 4.19 ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้อาจแตกต่างจากการศึกษาส่วนใหญ่ คือ สุจิตรา ยอดจันทร์ และคณะ[110] และอาภิรมย์ ชิณโน[52] ที่พบเกษตรกรเพศชายมากกว่าเพศหญิง ทั้งนี้ เนื่องจากอาชีพเกษตรกรรมต้องใช้แรงงานในขั้นตอนต่างๆ โดยเฉพาะการทำนาข้าว เช่นการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชที่ต้องใช้แรงค่อนข้างมากสำหรับการแบกยกเครื่องฉีดพ่นสารเคมีนั้น ที่ผ่านมาส่วนใหญ่มักพบว่าเกษตรกรเพศชาย จะเคยได้รับการตรวจเลือดเพื่อหาระดับโคลีนเอสเตอเรสมาก่อน คือ ร้อยละ 56.76 มากกว่าเกษตรกรเพศหญิง[10] และเครื่องฉีดพ่นสารเคมีชนิดมือโยกสะพายหลังแบบเดิม ขนาดความจุ 40-50 ลิตร ไม่ค่อยนิยมใช้ เพราะมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมากกว่า ทำให้เกษตรกรร้อยละ 54.81 เปลี่ยนมาใช้ชนิดเครื่องยนต์พ่นสะพายหลังขนาดความจุ 20-25 ลิตร ที่มีน้ำหนักเบาและสะดวกกว่าในการใช้เพิ่มขึ้น[9,14,74] ทำให้พบเกษตรกรเพศหญิงมีบทบาทในการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับ Duangchinda et al.[16] ที่พบว่าเกษตรกรที่ทำนาข้าวอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 236 คน เป็นเพศหญิง ร้อยละ 55.5 เพศชาย ร้อยละ 44.5 และ กิตติพันธุ์ ย่งฮะ[77] พบว่าเกษตรกรพื้นที่อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี จำนวน 250 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 55.6 เกษตรกรมีอายุระหว่าง 50-59 ปี ร้อยละ 41.48 อายุเฉลี่ย 52.62 ปี เนื่องจากลักษณะเกษตรกรที่เป็นครอบครัวชาวนาอยู่เดิม ประกอบอาชีพหลักทำนาข้าวมานานมากกว่า 20 ปี มากที่สุด คือร้อยละ 42.22 มีอายุเฉลี่ยสูงมากขึ้น โดยเพศชาย

มีอายุเฉลี่ย 54.22 ปี เพศหญิงอายุเฉลี่ย 51.22 ปี จากเดิมที่เกษตรกรมีอายุเฉลี่ย ระหว่าง 40-45 ปี สอดคล้องกับ Plianbangchang et al.[151] พบว่าเกษตรกรชาวนาส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 40-49 ปี ส่วนสมาชิกในครอบครัวรุ่นหลังๆ จะเปลี่ยนไปประกอบอาชีพอื่นๆ เช่น รับจ้างหรือไปทำงานต่างถิ่นมากกว่าทำนา ทำให้เกษตรกรซึ่งเป็นชาวนารุ่นเดิมมีอายุเฉลี่ยสูงขึ้น โดยมีสถานภาพสมรส คู่ มากที่สุด ร้อยละ 81.48 ซึ่งเป็นลักษณะทางสังคมของอาชีพเกษตรกรในชนบทที่ทำมาหากินอยู่ในถิ่นฐานของตนเองสืบต่อกันมานาน ระดับการศึกษาสูงสุดของเกษตรกร คือ ประถมศึกษามากที่สุด ร้อยละ 71.85 ซึ่งระดับการศึกษาอาจส่งผลต่อการอ่านทำความเข้าใจฉลาก/บรรจุภัณฑ์ของสารกำจัดศัตรูพืช รวมทั้งการปฏิบัติตนของเกษตรกรที่ถูกต้องอย่างเคร่งครัด ในการใช้สารกำจัดศัตรูพืช โดยสอดคล้องกับ Duangchinda et al.[16], Norkaew et al.[152] และ Atreya et al.[153] พบว่าระดับการศึกษาของเกษตรกรมีความสัมพันธ์กับการใช้สารกำจัดศัตรูพืช และการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 คือ กลุ่มเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาสูงกว่าประถมศึกษา ส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืช และการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่ถูกต้องทุกครั้งมากกว่ากลุ่มเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาต่ำกว่า

ร้อยละ 34.08 ของเกษตรกร มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 2,500-5,000 บาท ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ผู้ที่มีรายได้น้อย ตามระเบียบของสำนักนายกรัฐมนตรี ว่าด้วยสวัสดิการประชาชนด้านการรักษาพยาบาล พ.ศ. 2537 คือ ครอบครัวมีรายได้รวมกันน้อยกว่า 2,800 บาทต่อเดือน[154] อาจส่งผลต่อการมีและใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลอย่างครบถ้วนมีประสิทธิภาพอย่างเคร่งครัดทุกครั้งในการใช้สารกำจัดศัตรูพืช สอดคล้องกับ Duangchinda et al.[16] และ Plianbangchang et al.[151] พบว่า เกษตรกรที่มีรายได้น้อย จะมีการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลไม่ครบถ้วนทุกครั้ง โดยเฉพาะการไม่ใช้แว่นตาป้องกันสารเคมีขณะฉีดพ่น ถึงแม้ว่าอำเภอสามชุกจะเป็นพื้นที่เกษตรกรรมในระบบนาข้าวชลประทาน อาจทำให้มีปริมาณน้ำเพียงพอในการเพาะปลูกข้าว แต่อย่างไรก็ตาม เกษตรกรยังคงมีการพึ่งพาการใช้น้ำฝนในช่วงฤดูฝนเช่นกัน ส่งผลให้เกษตรกรสามารถทำนาได้เฉลี่ยปีละ 2-3 ครั้ง ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ข้าวที่เพาะปลูกมีอายุถึงวันเก็บเกี่ยวผลผลิต ส่วนใหญ่ทำนาเฉลี่ย 2 ครั้งต่อปี มากที่สุด คือร้อยละ 94.07 ร้อยละ 34.82 มีเนื้อที่ทำนาระหว่าง 10-25 ไร่ต่อครอบครัว ซึ่งจะมีผลต่อการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร เช่น ระยะเวลา ความถี่ ปริมาณสารในการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว ร้อยละ 51.85 ของเกษตรกร ได้ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 80-89 ถังต่อไร่ หรือ 800-890 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งได้ผลผลิตข้าวมากกว่าผลผลิตโดยเฉลี่ยของจังหวัดสุพรรณบุรี คือ 793 กิโลกรัมต่อไร่[32] ร้อยละ 71.85 ของเกษตรกร ไม่มีโรคประจำตัวที่มีผลต่อระดับโคลีนเอสเตอเรส เช่น โรคหัวใจ โรคตับ โรคโลหิตจาง ภาวะขาดสารอาหาร โรคไตเรื้อรัง และโรคอัลไซเมอร์ เป็นต้น[61] โดยร้อยละ 72.59 ยังไม่เคยได้รับการตรวจเลือดเพื่อหาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชในร่างกายมาก่อน ในจำนวนนี้เป็นเกษตรกรเพศหญิงมากสุด คือ ร้อยละ 77.78 สอดคล้องกับ สมคิด เฉลิมเกียรติ[10] และ

Duangchinda et al.[16] ที่พบว่าตัวแทนของครอบครัวเกษตรกรที่มีอาชีพหลักทำนาข้าวในจังหวัดสุพรรณบุรี อาจเนื่องจากที่ผ่านมาส่วนใหญ่นั้น เกษตรกรชาวนาเพศชายจะได้รับการตรวจหาระดับโคลีนเอสเตอเรสในร่างกายมากกว่าเพศหญิง เพราะเป็นหัวหน้าครอบครัว และในการทำนาข้าวเกษตรกรเพศชายซึ่งร่างกายมีความแข็งแรงมากกว่าเพศหญิง เป็นผู้ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวและเครื่องฉีดพ่นสารเคมีชนิดมือโยกสะพายหลังแบบเดิมนั้น มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก[10,107] ทำให้เป็นกลุ่มที่เคยได้รับการตรวจเลือดหาสารกำจัดศัตรูพืชในร่างกายมากกว่าเกษตรกรเพศหญิงได้

ตารางที่ 4.19 ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

ลักษณะประชากร	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ		
-ชาย	63	46.67
-หญิง	72	53.33
รวม	**135**	**100.00**
2. อายุ (ปี)		
20-29	2	1.48
30-39	7	5.19
40-49	41	30.37
50-59	56	41.48
60-69	23	17.04
70 ปีขึ้นไป	6	4.44
รวม	**135**	**100.00**
min = 25, max = 75, mean = 52.62, S.D. = 9.502		
3. สถานภาพสมรส		
-โสด	14	10.37
-คู่	110	81.48
-หม้าย/หย่า/แยก	11	8.15
รวม	**135**	**100.00**
4. การศึกษาสูงสุด		
-ประถมศึกษา	97	71.85
-มัธยมศึกษาตอนต้น	22	16.30
-มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	15	11.11
-ปริญญาตรี/เทียบเท่า	1	0.74
รวม	**135**	**100.00**

ตารางที่ 4.19 ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของเกษตรกรอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี (ต่อ)

ลักษณะประชากร	จำนวน	ร้อยละ
5. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน (บาท)		
< 2,500	10	7.41
2,500-5,000	46	34.08
5,001-7,500	43	31.85
7,501-10,000	18	13.33
> 10,000	18	13.33
รวม	**135**	**100.00**
6. ทำนามานาน (ปี)		
< 5	15	11.11
5-10	21	15.56
11-15	20	14.81
16-20	22	16.30
> 20	57	42.22
รวม	**135**	**100.00**
min = 3, max = 50, mean = 21.56, S.D. = 12.975		
7. เนื้อที่ทำนา (ไร่)		
< 10	27	20.00
10-25	47	34.82
26-50	40	29.63
51-75	16	11.85
> 76	5	3.70
รวม	**135**	**100.00**
min = 3, max = 100, mean = 28.87, S.D. = 20.539		
8. ทำนาเฉลี่ย (ครั้ง/ปี)		
1	0	0.00
2	127	94.07
3	8	5.93
รวม	**135**	**100.00**

ตารางที่ 4.19 ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของเกษตรกรอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี (ต่อ)

ลักษณะประชากร	จำนวน	ร้อยละ
9. ได้ผลผลิตข้าวเฉลี่ย ถัง/ไร่ (ถังละ 10 กิโลกรัม)		
< 70	12	8.89
70-79	17	12.59
80-89	70	51.85
90-99	24	17.78
> 100	12	8.89
รวม	**135**	**100.00**
min = 65, max = 110, mean = 82.80, S.D. = 8.595		
10. เคยได้รับการตรวจเลือดหาสารกำจัดศัตรูพืชมาก่อน		
-ไม่เคย	98	72.59
-เคย	37	27.41
รวม	**135**	**100.00**

4.2.2 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

พบว่าสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่เกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี ใช้ในนาข้าวมากที่สุด คือ คลอร์ไพริฟอส ร้อยละ 46.67 รองลงมา อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพรฟิโนฟอส ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของนิรินธน์ ประเสริฐสังข์[55] พบว่า สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่เกษตรกรนิยมใช้ในนาข้าว จังหวัดสุพรรณบุรี คือคลอร์ไพริฟอส และอีพีเอ็น อาจเนื่องจากเกษตรกรสามารถซื้อใช้ได้ง่าย ตามร้านค้าขายปุ๋ยและสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในหมู่บ้าน[55] จึงพบว่ามีการใช้คลอร์ไพริฟอส และ/หรืออีพีเอ็น ได้บ่อยครั้งตลอดฤดูกาลทำนา และประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวได้หลายชนิด เมื่อเทียบกับสารเคมีอื่นๆ โดยมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 3 ชนิด ร้อยละ 28.15 และ 4 ชนิด ร้อยละ 25.93 ดังตารางที่ 4.20 กล่าวคือเมื่อเกษตรกรพบว่าแมลงศัตรูข้าวมีมากมายหลายชนิดที่มีการระบาดอย่างรวดเร็ว และทำลายผลผลิตข้าวได้ในทุกระยะของการทำนามากขึ้น เช่น เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยจักจั่น เป็นต้น[10] ส่งผลให้เกษตรกรเลือกใช้สารกำจัดศัตรูพืชหลายชนิด[55] มีการตัดสินใจเลือกใช้สารกำจัดศัตรูพืชฉีดพ่นในนาข้าว เมื่อเริ่มพบว่ามีศัตรูข้าวเล็กน้อย คือการที่เกษตรกรพบโรคหรือแมลงศัตรูข้าวหรือร่องรอยการทำลายข้าว เช่น ใบ และลำต้น ประมาณร้อยละ 10 ของนาข้าว[9] หรือจากการสำรวจแปลงนาทุกสัปดาห์ ถ้าหากพบจำนวนตัวอ่อนของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล แต่ยังไม่ถึง 10 ตัวต่อกอ[8] เป็นต้น ทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่ ร้อยละ 82.22 เริ่มใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชฉีดพ่น เช่น

สารในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต เพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของโรคและแมลงศัตรูข้าวทำลายข้าว[24] ความถี่ในการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวต่อฤดูกาลเพาะปลูก มากที่สุด คือ 1 ครั้งต่อเดือน ร้อยละ 38.52 เนื่องจากปัญหาโรคและแมลงศัตรูข้าวมีมากหลายชนิด เช่น แมลงวันเจาะยอดข้าว เพลี้ยไฟ เพลี้ยอ่อน และหนอนกอ เป็นต้น ที่มีการระบาดตามชนิดพันธุ์ข้าว ฤดูกาล ลักษณะภูมิอากาศและพื้นที่เพาะปลูกข้าวแล้ว ยังมีการระบาดตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ซึ่งพบได้บ่อยมากในพื้นที่ปลูกข้าวขนาดใหญ่ของระบบการชลประทาน เช่น ในภาคกลางของประเทศ[10-11] จึงอาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกษตรกร มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชบ่อยครั้งมากยิ่งขึ้นในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าว สอดคล้องกับ นิรินธน์ ประเสริฐสังข์[55] ที่พบว่าผลกระทบในการใช้สารเคมีทางการเกษตรจากการทำนา ในเขตพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี มีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเกษตรกรหันมาพึ่งพาการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เพื่อมุ่งเน้นการเพิ่มผลผลิตข้าว ทำให้เกษตรกรมีการใช้สารหลายชนิด ทั้งการเพิ่มปริมาณสาร และความถี่ในการฉีดพ่นโดยไม่จำเป็น และพบว่าเกษตรกรจังหวัดสุพรรณบุรี มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวบ่อยมากถึง 15 ครั้งต่อฤดูกาลเพาะปลูก[6]

ระยะเวลาที่ใช้ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าว มากที่สุด 1-2.5 ชั่วโมงต่อครั้ง คือ ร้อยละ 48.89 ซึ่งจะขึ้นอยู่กับเนื้อที่ทำนาข้าวของเกษตรกร คือ เฉลี่ยรายละ 10-25 ไร่ โดยทั่วไปจะใช้เวลาในการฉีดพ่นสาร ด้วยเครื่องยนต์ชนิดพ่นสะพายหลัง ขนาดความจุ 20-25 ลิตร ประมาณ 10-15 นาทีต่อไร่ มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นในนาข้าว ครั้งสุดท้าย 1-4 สัปดาห์ ร้อยละ 32.59 สอดคล้องกับ Duangchinda et al.[16] และกัญจน์ ศิลปะสิทธิ์ และคณะ[107] พบว่าในระยะนี้เกษตรกรจะใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต เพื่อป้องกันกำจัดแมลงที่มาทำลายข้าว ในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวข้าว มีการปฏิบัติก่อนการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต โดยอ่านคำแนะนำของฉลากสารกำจัดศัตรูพืชอย่างเคร่งครัดทุกครั้ง ร้อยละ 47.41 และมีวิธีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชโดยใช้ตามคำแนะนำของฉลาก/บรรจุภัณฑ์สารกำจัดศัตรูพืชอย่างเคร่งครัดทุกครั้ง ร้อยละ 49.63 ซึ่งพบจำนวนเกษตรกร ร้อยละ 50.37 ที่มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตไม่ถูกต้องทุกครั้ง สอดคล้องกับการศึกษาของกระทรวงพาณิชย์[5], สมคิด เฉลิมเกียรติ[10], Duangchinda et al.[16], วรเชษฐ์ ขอบใจ และคณะ[104] พบว่า เกษตรกรมีการอ่านคำแนะนำของฉลาก/บรรจุภัณฑ์ก่อนการใช้สารกำจัดศัตรูพืชเป็นบางครั้ง ร้อยละ 52.59 แต่ไม่ได้ปฏิบัติตามคำแนะนำที่ถูกต้องตามฉลาก/บรรจุภัณฑ์อย่างเคร่งครัดทุกครั้ง เนื่องจากความเคยชินในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร หรือการใช้ตามเพื่อนบ้าน รวมทั้งการใช้ตามคำแนะนำของตัวแทนร้านค้าจำหน่ายปุ๋ยและสารกำจัดศัตรูพืช มากกว่าคำแนะนำของฉลาก/บรรจุภัณฑ์ และหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เจ้าหน้าที่เกษตร และเจ้าหน้าที่สาธารณสุข เป็นต้น ซึ่งเป็นการปฏิบัติที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช และอาจส่งผลกระทบทั้งต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพเกษตรกรได้โดยตรง

กลุ่มเกษตรกรมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นในนาข้าว จำนวน 2 และ 3 ชนิด มากที่สุด ร้อยละ 45.18 มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้ฉีดพ่นในนาข้าวแต่ละครั้ง จำนวน 2 ชนิด ร้อยละ 28.89 สอดคล้องกับอาภิรมย์ ชิณโน[52] เนื่องจากมีวิธีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชโดยไม่ใส่ถุงมือแต่ใช้ไม้กวน ร้อยละ 48.15 กำหนดปริมาณการใช้สารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นในนาข้าว ตามปริมาณกำหนดไว้ในฉลาก/บรรจุภัณฑ์ทุกครั้ง ร้อยละ 50.37 การเว้นระยะการเก็บเกี่ยวข้าวหลังจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตครั้งสุดท้ายมากกว่า 14 วัน ร้อยละ 81.48 จากคำแนะนำของฉลาก/บรรจุภัณฑ์ ส่วนใหญ่สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ควรใช้ก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิตอย่างน้อย 7-21 วัน เช่น คลอร์ไพริฟอส และไดเมทโธเอท ควรเว้นระยะ 7-14 วัน อีพีเอ็น 14-21 วัน และโพรฟีโนฟอส 21 วัน เป็นต้น ดังนั้น หากเกษตรกรเว้นระยะการเก็บเกี่ยวข้าว หลังจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตครั้งสุดท้ายน้อยกว่าระยะเวลาที่ถูกต้องของชนิดสารกำจัดศัตรูพืชแล้ว อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม จากการได้รับสารพิษตกค้างของสารเคมีเหล่านี้ เกษตรกรมีการปฏิบัติตัวขณะฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าว โดยใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ได้แก่ หมวก แว่นตาสำหรับป้องกันสารเคมี ผ้าปิดปากและจมูก เสื้อแขนยาว กางเกงขายาวและรองเท้าบู๊ท คือ มีอุปกรณ์ครบและใช้ทุกครั้ง ร้อยละ 55.56 สอดคล้องกับ อิทธิพล ดวงจินดาและบัณฑิต อนุรักษ์[15], ประสิทธิ์ ค้าชัยภูมิ และคณะ[103], วรเชษฐ์ ขอบใจ และคณะ[104] ที่พบว่าประมาณ 1 ใน 3 ถึง ร้อยละ 50.0 ของเกษตรกร ที่ไม่ใช้อุปกรณ์หรือเครื่องป้องกันอันตรายส่วนบุคคลอย่างครบถ้วนและถูกต้องทุกครั้งในขณะที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เนื่องจากความไม่คล่องตัวในการทำงาน รู้สึกอึดอัดหรือหายใจไม่สะดวก และบางรายไม่มีการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลครบชุด โดยเฉพาะแว่นตาสำหรับใส่ป้องกันสารเคมี ผ้าปิดปากและจมูกในขณะที่ผสมและฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกรได้

เกษตรกรมีการใช้เครื่องพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว ชนิดเครื่องยนต์พ่นสะพายหลังมากที่สุด ร้อยละ 54.81 ปัจจุบันเครื่องพ่นสารกำจัดศัตรูพืชแบบมือโยกสะพายหลังไม่ค่อยนิยมใช้ เนื่องจากมีขนาดใหญ่และหนักกว่า คือ ขนาดความจุ 40-50 ลิตร ซึ่งจะเหมาะสำหรับเกษตรกรเพศชายที่มีความแข็งแรงมากกว่าเพศหญิง ดังนั้น เกษตรกรจึงเปลี่ยนมาใช้ชนิดเครื่องยนต์พ่นสะพายหลัง ขนาดความจุ 20-25 ลิตร ซึ่งมีน้ำหนักเบาและสะดวกกว่าในการใช้ฉีดพ่นในนาข้าวเพิ่มขึ้น[9,15,107] โดยใช้อัตราการฉีดพ่นหรือความเร็วตามอัตรากำหนดของเครื่องพ่นทุกครั้ง ร้อยละ 35.56 สอดคล้องกับ Duangchinda et al.[16] ที่พบว่าเกษตรกรชาวนาอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี ร้อยละ 44.5 จะกำหนดอัตราการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว โดยตนเองหรือตามคำแนะนำของเพื่อนบ้านมากกว่าใช้ตามอัตราคำแนะนำของฉลาก/บรรจุภัณฑ์สารกำจัดศัตรูพืช ระบุไว้อย่างเคร่งครัดทุกครั้ง โดยขณะผสมสารหรือฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช ไม่เคยดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ เช่น สุรา/เหล้า/

เบียร์/ยาดองและไม่เคยสูบบุหรี่/ยาสูบ/ยาเส้น ร้อยละ 91.11 เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรเพศหญิง (ร้อยละ 53.33) โดยพฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์และ/หรือสูบบุหรี่จะมีจำนวนน้อยกว่าเกษตรกรเพศชาย ซึ่งโดยทั่วไปเกษตรกรเพศชายที่สูบบุหรี่ จะหยุดพักสูบบุหรี่หรือยาสูบและบางรายจะดื่มแอลกอฮอล์ ทั้งในขณะพักและหลังจากการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช[104] หลังเสร็จจากการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช ส่วนใหญ่อาบน้ำชำระล้างร่างกายทันที มากที่สุดร้อยละ 77.04 และทำความสะอาดซักล้างเสื้อผ้าที่สวมใส่ โดยการแยกซักทันที ร้อยละ 77.78 อาจเนื่องจากเกษตรกรเข้าใจว่าหากสวมใส่เสื้อผ้าที่ใช้ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชนานๆ ทำให้ได้รับอันตรายจากสารพิษที่ใช้เข้าสู่ร่างกายได้จากการสัมผัสโดยตรง สอดคล้องกับ ชวิศา สุริยา และคณะ[154] พบว่า ร้อยละ 32 ของเกษตรกร มีความรู้ความเข้าใจในการปฏิบัติตนในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในการปลูกข้าว แต่ยังขาดการปฏิบัติตนที่ถูกต้องอย่างสม่ำเสมอ และอาจมีผลต่อระดับโคลีนเอสเตอเรสในร่างกายลดลง[108] มีการทำความสะอาดอุปกรณ์ต่างๆ ทันที ร้อยละ 56.30 และมีการจัดเก็บสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต โดยการเก็บรวมไว้กับอุปกรณ์และเครื่องมือทำนาอื่นๆ ภายนอกที่พักอาศัย ร้อยละ 45.19 ซึ่งเป็นวิธีการปฏิบัติที่ถูกต้องและลดอันตรายจากการสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืช ในขณะฉีดพ่นสารในนาข้าวโดยอยู่ในทิศเหนือลมและหยุดพ่นฉีดเป็นระยะๆ เมื่อลมแรงเป็นบางครั้ง ร้อยละ 48.89 ส่วนใหญ่ เกษตรกรนิยมฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในช่วงเวลาเช้า 6.00-8.30 น. และ/หรือในช่วงเวลาเย็น 16.00-18.00 น.[9] เพื่อหลีกเลี่ยงแสงแดดและความร้อนของอากาศมากกว่าทิศทางลม ทำให้การฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้มีโอกาสสัมผัสกับแมลงศัตรูข้าวได้มากกว่าเวลาอื่นๆ เพราะแสงแดดและอากาศที่ร้อนทำให้แมลงศัตรูข้าวหลายชนิดหลบซ่อนตัวอยู่ใต้ใบหรือตามส่วนอื่นๆของข้าว ดังนั้น เมื่อเกษตรกรฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตอาจทำให้ไม่โดนแมลงกลุ่มเป้าหมายได้

โดยเกษตรกรไม่เคยติดป้ายหรือประกาศห้ามเข้าบริเวณที่ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวมากที่สุด ร้อยละ 94.82 อาจทำให้เกษตรกรหรือบุคคลอื่นที่ไม่ทราบว่ามีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวเมื่อใด หรือการกลับเข้าไปในบริเวณที่ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชไว้ (re-entry) ก่อนระยะปลอดภัยของสารชนิดนั้นๆ ที่นานที่สุดกี่วัน[152] เช่น ถ้าฉีดพ่นสารอีพีเอ็น หรือโพรฟีโนฟอสในนาข้าว ควรเว้นระยะไว้นานอย่างน้อย 21 วัน[30] เพื่อป้องกันการได้รับอันตรายจากการสัมผัสกับสารพิษที่อาจมีตกค้างอยู่ในนาข้าว เช่น ในน้ำ ดิน และต้นข้าว หรือการนำแมลงและสัตว์น้ำบางชนิดที่ได้รับสารพิษเหล่านี้ เช่น ตั๊กแตน ปลา ปู และหอย นำไปเป็นอาหารบริโภคนั้น อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพทางอ้อมได้ ร้อยละ 50.37 ของเกษตรกร ไม่เคยนำสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ผสมแล้วหรือที่มีเหลืออยู่นำใส่ภาชนะเดิมของสารเคมี ซึ่งถือว่าเป็นการปฏิบัติที่ถูกต้องเกี่ยวกับการใช้สารเคมีทางการเกษตร เนื่องจากสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ผสมแล้วเหลืออยู่ จะมีคุณสมบัติทางเคมีเปลี่ยนแปลงไป อาจทำให้ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวลดลงทำ

ให้แมลงดื้อต่อสารเคมีได้ ส่งผลให้เกษตรกรต้องเพิ่มปริมาณ และ/หรือจำนวนชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชเพิ่มมากขึ้นโดยไม่จำเป็น[157] ดังนั้น เกษตรกรควรใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตให้ถูกต้องในปริมาณและอัตราสารออกฤทธิ์ของสาร รวมทั้งจำนวนพื้นที่นาในการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชแต่ละครั้ง โดยปฏิบัติตามคำแนะนำของฉลาก/บรรจุภัณฑ์อย่างเคร่งครัดทุกครั้ง[10,108]

เกษตรกร ร้อยละ 74.08 คิดว่าการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าว มีผลกระทบหรือผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ชุมชน และสุขภาพ แต่อาจจะเนื่องจากการทำนาเป็นอาชีพหลัก ในภาคเกษตรกรรมที่ต้องการมุ่งเน้นผลผลิตให้ได้มาก ส่งผลต่อการเพิ่มรายได้หลักของครอบครัวทำให้เกษตรกรมีการทำนาบ่อยครั้งขึ้น โดยส่วนใหญ่ทำนาเฉลี่ยปีละ 2 ครั้ง คือร้อยละ 94.07 ในขณะที่มีเกษตรกร ร้อยละ 5.93 สามารถทำนาได้มากถึงปีละ 3 ครั้ง โดยจะขึ้นกับชนิดของพันธุ์ข้าวที่เพาะปลูก คือใช้พันธุ์ข้าวที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น ประมาณ 95-110 วัน[32] เพราะนอกจากปัจจัยเรื่องพื้นที่นา และน้ำในระบบชลประทานแล้ว ยังมีแรงผลักดันของครอบครัวที่สำคัญเป็นตัวขับเคลื่อนเกี่ยวกับรายได้และเศรษฐกิจ[10,55,84] แตกต่างจากในอดีตที่ผ่านมา ซึ่งจะทำนาปลูกข้าวเพียงปีละ 1 ครั้ง หรือเรียกกันว่า “การทำนาปี” สอดคล้องกับสุวิทย์ วรรณศรี[115], นิรินธน์ ประเสริฐสังข์[55], วิชิต ศิริสันธนะ และคณะ[157] ที่พบว่าเกษตรกรมีการพึ่งพาสารเคมีต่างๆ ทั้งปุ๋ย และสารกำจัดศัตรูพืชอย่างมาก เพื่อเร่งหรือเพิ่มผลผลิตโดยไม่จำเป็น ซึ่งอาจเป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้โรคและแมลงศัตรูข้าวมีการดื้อต่อสารเคมีหลายชนิด และเกิดการระบาดหนักในหลายพื้นที่ เช่น กรณีการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ในนาข้าวในเขตภาคกลาง[24] ทำให้เกษตรกรพึ่งพาสารเคมีกำจัดศัตรูพืชมากขึ้น อาจจะเนื่องจากเห็นผลที่รวดเร็วในการกำจัดแมลงศัตรูข้าว สะดวก และประหยัดแรงงาน[7] ถึงแม้ว่าเกษตรกร ร้อยละ 74.08 คิดว่าการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ชุมชนและสุขภาพ ในขณะที่เกษตรกร ร้อยละ 8.89 คิดว่าการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าว ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ชุมชน และสุขภาพนั้น อาจจะเนื่องจากเกษตรกรกลุ่มนี้ ให้ความสำคัญในการเพิ่มผลผลิตข้าวมากกว่าผลกระทบจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

ตารางที่ 4.20 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

การใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว	จำนวน	ร้อยละ
1. จำนวนชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้มาก/ใช้บ่อยๆ		
1 ชนิด	12	8.89
2 ชนิด	19	14.07
3 ชนิด	38	28.15
4 ชนิด	35	25.93
5 ชนิด	19	14.07
6 ชนิด	9	6.67
> 6 ชนิด	3	2.22
รวม	**135**	**100.00**
2. ท่านตัดสินใจเลือกใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวเมื่อใด		
-เริ่มพบว่ามีศัตรูพืชเล็กน้อย	111	82.22
-มีคำแนะนำการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของหน่วยงานเกษตร	9	6.67
-นาข้าวเพื่อนบ้านมีการใช้กันมาก	10	7.41
-ตามคำแนะนำของร้านค้า/ตัวแทนขาย(เซลแมน) สารกำจัดศัตรูพืช	5	3.70
รวม	**135**	**100.00**
3. ความถี่ที่ท่านใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวต่อฤดูกาลเพาะปลูก		
1 ครั้ง/เดือน	52	38.52
2 ครั้ง/เดือน	42	31.11
3, 4 ครั้ง/เดือน	27	20.00
> 4 ครั้ง/เดือน	14	10.37
รวม	**135**	**100.00**
4. ระยะเวลาที่ท่านใช้พ่น/ฉีดสารกำจัดศัตรูพืชในแต่ละครั้ง		
< 1 ชั่วโมง	38	28.15
1-2.5 ชั่วโมง	66	48.89
2.6-4 ชั่วโมง	25	18.52
> 4 ชั่วโมง	6	4.44
รวม	**135**	**100.00**

ตารางที่ 4.20 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี (ต่อ)

การใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว	จำนวน	ร้อยละ
5. ท่านมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวครั้งสุดท้ายเมื่อใด		
1 วัน	15	11.11
2-7 วัน	34	25.19
1-4 สัปดาห์	44	32.59
> 1 เดือน	42	31.11
รวม	**135**	**100.00**
6. ท่านมีการปฏิบัติก่อนการใช้สารกำจัดศัตรูพืชโดย		
-อ่านคำแนะนำของฉลากสารกำจัดศัตรูพืชอย่างเคร่งครัดทุกครั้ง	64	47.41
-อ่านคำแนะนำของฉลากสารกำจัดศัตรูพืชเป็นบางครั้ง	46	34.07
-ตามคำแนะนำของร้านค้าหรือตัวแทนขาย (เซลแมน) สารกำจัดศัตรูพืช	10	7.41
-ไม่ได้อ่านคำแนะนำของฉลากสารกำจัดศัตรูพืช	15	11.11
รวม	**135**	**100.00**
7. ท่านมีวิธีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชโดย		
-ใช้ตามคำแนะนำของฉลาก/บรรจุภัณฑ์สารกำจัดศัตรูพืชอย่างเคร่งครัดทุกครั้ง	67	49.63
-ใช้ตามคำแนะนำของฉลาก/บรรจุภัณฑ์สารกำจัดศัตรูพืชเป็นบางครั้ง	35	25.92
-ใช้ตามคำแนะนำของร้านค้าหรือตัวแทนขาย (เซลแมน) สารกำจัดศัตรูพืช	11	8.15
-ใช้ตามความเข้าใจ/ความเคยชินหรือตามคำแนะนำของเพื่อนบ้าน	22	16.30
รวม	**135**	**100.00**
8. ท่านใช้สารกำจัดศัตรูพืชกี่ชนิดพ่น/ฉีดในนาข้าวต่อฤดูกาลเพาะปลูก		
1 ชนิด	11	8.15
2, 3 ชนิด	61	45.18
4, 5 ชนิด	49	36.30
> 5 ชนิด	14	10.37
รวม	**135**	**100.00**
9. ท่านผสมสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้พ่น/ฉีดในนาข้าวแต่ละครั้งโดย		
ไม่ผสมกัน	29	21.48
2 ชนิด	39	28.89
3 ชนิด	35	25.93
> 3 ชนิด ขึ้นไป	32	23.70
รวม	**135**	**100.00**

ตารางที่ 4.20 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี (ต่อ)

การใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว	จำนวน	ร้อยละ
10. ท่านมีวิธีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชโดยการ		
-ใส่ถุงมือยางและใช้ไม้กวน	55	40.74
-ไม่ใส่ถุงมือ ใช้ไม้กวน	65	48.15
-เทใส่ถังเครื่องพ่น/ฉีดเขย่า	9	6.67
-ใช้มือเปล่ากวน	6	4.44
รวม	**135**	**100.00**
11. ท่านกำหนดปริมาณการใช้สารกำจัดศัตรูพืชพ่น/ฉีดในนาข้าวโดย		
-ตามปริมาณกำหนดไว้ในฉลาก/บรรจุภัณฑ์ทุกครั้ง	68	50.37
-ตามปริมาณกำหนดไว้ในฉลาก/บรรจุภัณฑ์บางครั้ง	31	22.96
-กำหนดปริมาณการใช้เอง	26	19.26
-ตามปริมาณที่นิยมใช้กันของเพื่อนบ้าน	10	7.41
รวม	**135**	**100.00**
12. ท่านเว้นระยะการเก็บเกี่ยวข้าวหลังจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชครั้งสุดท้ายกี่วัน		
1-3 วัน	0	0.00
4-7 วัน	5	3.70
8-14 วัน	20	14.82
> 14 วัน	110	81.48
รวม	**135**	**100.00**
13. ท่านมีการปฏิบัติตัวขณะพ่น/ฉีดสารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว โดยการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ได้แก่ หมวก แว่นตา ผ้าปิดปากและจมูก เสื้อแขนยาว กางเกงขายาว และรองเท้าบู๊ท		
-มีครบและใช้ทุกครั้ง	75	55.56
-มีครบแต่ใช้ไม่ทุกครั้ง	19	14.07
-มีไม่ครบแต่ใช้ทุกครั้ง	10	7.41
-ไม่ได้ใช้เลย	31	22.96
รวม	**135**	**100.00**

ตารางที่ 4.20 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี (ต่อ)

การใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว	จำนวน	ร้อยละ
14. ท่านใช้เครื่องพ่น/ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช (เครื่องพ่นยา) ในนาข้าวชนิด		
-เครื่องโยกมือพ่น/ฉีดสะพายหลัง	22	16.30
-เครื่องยนต์พ่น/ฉีดสะพายหลัง	74	54.81
-เครื่องยนต์พ่น/ฉีดแบบฝอยละออง	39	28.89
-อื่นๆ	0	0.00
รวม	**135**	**100.00**
15. ท่านใช้เครื่องพ่น/ฉีดสารกำจัดศัตรูพืชในอัตราการฉีดพ่นหรือความเร็วโดย		
-ใช้ตามอัตรากำหนดของเครื่องพ่นทุกครั้ง	48	35.56
-ใช้ตามอัตรากำหนดของเครื่องพ่นเป็นบางครั้ง	29	21.48
-ใช้ตามอัตราที่เพื่อนบ้านใช้กันทั่วไป	21	15.55
-กำหนดอัตราการใช้เองทุกครั้ง	37	27.41
รวม	**135**	**100.00**
16. ขณะผสมสารหรือพ่น/ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช ท่านดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์		
-ทุกครั้ง	2	1.48
-บางครั้ง	8	5.93
-นานๆ ครั้ง	2	1.48
-ไม่เคย	123	91.11
รวม	**135**	**100.00**
17. ขณะผสมสารหรือพ่น/ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช ท่านสูบบุหรี่/ยาสูบ/ยาเส้น		
-ทุกครั้ง	4	2.97
-บางครั้ง	5	3.70
-นานๆ ครั้ง	3	2.22
-ไม่เคย	123	91.11
รวม	**135**	**100.00**
18. หลังเสร็จจากการพ่น/ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช ท่านอาบน้ำชำระล้างร่างกาย		
ทันที	104	77.04
30 นาที-1 ชั่วโมง	19	14.07
1-2 ชั่วโมง	5	3.70
> 2 ชั่วโมง	7	5.19
รวม	**135**	**100.00**

ตารางที่ 4.20 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี (ต่อ)

การใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว	จำนวน	ร้อยละ
19. หลังเสร็จจากการพ่น/ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช ท่านทำความสะอาดอุปกรณ์ต่างๆ		
ทันที	76	56.30
30 นาที-1 ชั่วโมง	21	15.55
> 2 ชั่วโมง	7	5.19
ไม่ได้ทำความสะอาด	31	22.96
รวม	**135**	**100.00**
20. หลังเสร็จจากการพ่น/ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช ท่านทำความสะอาดซักล้างเสื้อผ้าที่สวมใส่โดย		
-แยกเสื้อผ้าที่สวมใส่โดยซักทันที	105	77.78
-แยกเสื้อผ้าที่สวมใส่ซักภายหลัง	24	17.78
-เก็บไว้ซักรวมกับเสื้อผ้าทั่วไป	5	3.70
-ไม่ได้ทำความสะอาด	1	0.74
รวม	**135**	**100.00**
21. ท่านมีการจัดเก็บสารกำจัดศัตรูพืชโดย		
-มีตู้ใส่หรือชั้นวางแยกเก็บไว้เป็นสัดส่วนแยกออกจากส่วนที่พักอาศัย	59	43.70
-เก็บรวมไว้กับอุปกรณ์และเครื่องมือทำนาอื่นๆ ภายนอกที่พักอาศัย	61	45.19
-เก็บรวมไว้กับอุปกรณ์และเครื่องมือทำนาอื่นๆ ภายในที่พักอาศัย	5	3.70
-กองรวมกันไว้ที่พื้นในบริเวณบ้าน	10	7.41
รวม	**135**	**100.00**
22. ขณะพ่น/ฉีดสารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว ท่านอยู่ในทิศเหนือลมและหยุดพ่น/ฉีดเป็นระยะๆ เมื่อลมแรง		
-ทุกครั้ง	39	28.89
-เป็นบางครั้ง	66	48.89
-นานๆ ครั้ง	18	13.33
-ไม่เคย	12	8.89
รวม	**135**	**100.00**

ตารางที่ 4.20 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี (ต่อ)

การใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว	จำนวน	ร้อยละ
23. ท่านมีการติดป้าย/ประกาศห้ามเข้าบริเวณที่ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว		
-ทุกครั้ง	0	0.00
-เป็นบางครั้ง	6	4.44
-นานๆ ครั้ง	1	0.74
-ไม่เคย	128	94.82
รวม	**135**	**100.00**
24. ท่านปฏิบัติกับสารกำจัดศัตรูพืชส่วนที่ผสมแล้วหรือที่มีเหลืออยู่โดยการนำใส่ภาชนะเดิมของสารเคมี		
-ทุกครั้ง	37	27.41
-เป็นบางครั้ง	12	8.89
-นานๆ ครั้ง	18	13.33
-ไม่เคย	68	50.37
รวม	**135**	**100.00**
25. ท่านคิดว่าการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวมีผลกระทบหรือผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ชุมชน และสุขภาพหรือไม่		
-มี	100	74.08
-ไม่แน่ใจ	19	14.07
-ไม่ทราบ	4	2.96
-ไม่มี	12	8.89
รวม	**135**	**100.00**

4.2.3 อาการและอาการแสดงทางสุขภาพของเกษตรกร

ผลต่อสุขภาพจากอาการและอาการแสดงทางสุขภาพเกษตรกร โดยใช้เกณฑ์การเคยมีอาการผิดปกติของร่างกาย ในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมา ว่าเกษตรกรเคยมีหรือเกิดอาการผิดปกติของระบบต่างๆ ในร่างกายที่เปลี่ยนแปลงไปจากภาวะปกติ อันเนื่องมาจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต โดยมีอาการที่ผิดปกติในขณะผสม ฉีดพ่น หรือหลังจากการสัมผัสกับสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ ร้อยละ 68.15 ไม่เคยมีอาการผิดปกติของร่างกายขณะผสมหรือหลังจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชฉีดพ่นในนาข้าว สำหรับอาการที่ผิดปกติของร่างกาย พบเกษตรกรเคยมีอาการ

ผิดปกติ ระบบทางเดินอาหาร มากที่สุด ร้อยละ 28.15 รองลงมา ระบบต่อมไร้ท่อ ระบบกล้ามเนื้อ ระบบประสาทส่วนกลาง คือ ร้อยละ 26.67, 25.92 และ 25.18 ตามลำดับ และเกษตรกรเคยมีอาการผิดปกติ คือ หมดสติ น้ำลายฟูมปาก ปัสสาวะราด อุจจาระราด ตัวเขียว ชัก และหายใจลำบาก ถึงร้อยละ 18.52 ดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 จำนวนและร้อยละของเกษตรกรที่เคยมีอาการผิดปกติของร่างกาย ในรอบ 6 เดือน ที่ผ่านมา จากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

ข้อ	ผลกระทบต่อสุขภาพจากอาการและอาการแสดงของร่างกายของเกษตรกรจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต	จำนวนเกษตรกร (คน) ที่เคยมีอาการผิดปกติของร่างกาย (ร้อยละ)				
		ไม่เคย	นานๆครั้ง	บางครั้ง	บ่อย	บ่อยมาก
1.	เคยมีอาการผิดปกติของร่างกายขณะผสมหรือหลังจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว	92 (68.15)	7 (5.18)	17 (12.60)	14 (10.37)	5 (3.70)
2.	ระบบผิวหนัง คือ ผื่นแดง ผื่นคัน พุพอง ปวดแสบปวดร้อน	104 (77.03)	8 (5.93)	8 (5.93)	8 (5.93)	7 (5.18)
3.	ระบบต่อมไร้ท่อ คือ น้ำตาไหล น้ำลายฟูมปาก เหงื่อออกมาก	99 (73.33)	10 (7.41)	14 (10.37)	10 (7.41)	2 (1.48)
4.	เกี่ยวกับดวงตา คือ ตาพร่า ตาแดง ม่านตาหรี่ เยื่อบุตาแดง หนังตาตก	120 (88.89)	9 (6.67)	5 (3.70)	1 (0.74)	0 (0.00)
5.	ท่านเคยมีอาการผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร คือคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ท้องเสีย อุจจาระราด	97 (71.85)	8 (5.93)	15 (11.11)	14 (10.37)	1 (0.74)
6.	ระบบทางเดินหายใจ คือ น้ำมูกไหล ไอ เสมหะมาก อึดอัดแน่นหน้าอก หลอดลมหดเกร็ง หายใจลำบาก	106 (78.52)	13 (9.63)	8 (5.93)	7 (5.18)	1 (0.74)
7.	ระบบไหลเวียนเลือด คือ ความดันเลือดต่ำหน้ามืด หัวใจเต้นช้า	106 (78.52)	3 (2.22)	20 (14.82)	6 (4.44)	0 (0.00)
8.	ระบบทางเดินปัสสาวะ คือ กลั้นปัสสาวะไม่อยู่ ปัสสาวะราด	123 (91.11)	12 (8.89)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)
9.	ระบบไหลเวียนเลือดและหัวใจ คือ หัวใจเต้นเร็ว หน้าซีด ชีพจรเต้นผิดปกติ ความดันเลือดสูง	104 (77.04)	10 (7.41)	13 (9.63)	7 (5.18)	1 (0.74)

ตารางที่ 4.21 จำนวนและร้อยละของเกษตรกรที่เคยมีอาการผิดปกติของร่างกาย ในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมา จากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี (ต่อ)

ข้อ	ผลกระทบต่อสุขภาพจากอาการและอาการแสดงของร่างกายของเกษตรกรจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต	จำนวนเกษตรกร (คน) ที่เคยมีอาการผิดปกติของร่างกาย (ร้อยละ)				
		ไม่เคย	นานๆครั้ง	บางครั้ง	บ่อย	บ่อยมาก
10.	ระบบกล้ามเนื้อ คือ หนังตากระตุก เป็นตะคริว กล้ามเนื้ออ่อนล้า ชา	100 (74.08)	3 (2.22)	18 (13.33)	12 (8.89)	2 (1.48)
11.	ระบบประสาทส่วนกลาง คือ ซึม สับสน ขาดสมาธิ ปวดศีรษะ ตัวสั่น	101 (74.82)	4 (2.96)	24 (17.78)	5 (3.70)	1 (0.74)
12.	อาการหมดสติ น้ำลายฟูมปาก ปัสสาวะหรืออุจจาระราด ตัวเขียว ชัก หายใจลำบาก	110 (81.48)	16 (11.85)	8 (5.93)	1 (0.74)	0 (0.00)

4.2.4 การตรวจหาระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา

ผลการตรวจเลือดเพื่อหาระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 135 คน พบว่ามีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกรอยู่ระหว่าง 4,900.03-11,174.21 หน่วยต่อมิลลิลิตร (mean = 8037.12, S.D. = 3137.09) (ภาคผนวก ฉ) เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ของ COBAS[69] และองค์การอนามัยโลก[70] พบว่าส่วนใหญ่ร้อยละ 74.1 มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาอยู่ในเกณฑ์ปกติของร่างกาย คือ อยู่ระหว่าง 4,260-12,920 หน่วยต่อมิลลิลิตร และ ร้อยละ 25.9 ต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ คือน้อยกว่า 4,260 หน่วยต่อมิลลิลิตร[69-70] สอดคล้องกับ Duangchinda et al.[16], ประสิทธิ์ ค้าชัยภูมิ และคณะ[103], วรเชษฐ์ ขอบใจ และคณะ[104] และ Ohayo-Mitoko GJA et al.[105] พบผลการตรวจหาระดับโคลีนเอสเตอเรสในเลือดหรือในซีรั่มของเกษตรกร ร้อยละ 32 หรือประมาณ 1 ใน 3 ของเกษตรกรทั้งหมดจะมีระดับโคลีนเอสเตอเรสต่ำกว่ามาตรฐาน อาจจะเนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ นิยมใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและ/หรือกลุ่มคาร์บาเมทเพิ่มมากขึ้น ทั้งชนิด ปริมาณ และความถี่ในการใช้ ทั้งนี้เพราะเกษตรกรสามารถหาซื้อสารกำจัดศัตรูพืชเหล่านี้ได้ง่ายในท้องถิ่น สะดวก มีราคาถูกกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารเคมีสังเคราะห์กลุ่มไพรีทรอยด์[18] และเห็นผลในการกำจัดแมลงศัตรูข้าวได้มากกว่าวิธีอื่นๆ เช่น การใช้สารชีวภาพ และสารอินทรีย์จากสมุนไพร[48,50] เป็นต้น นอกจากนี้แล้ว วิธีการใช้และการป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่ไม่ถูกต้องและไม่เหมาะสมของเกษตรกร ซึ่งจัดได้ว่าเป็นสาเหตุสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ส่งผลให้ระดับโคลีนเอสเตอเรสในร่างกายลดลง[16,103]

4.2.5 ความสัมพันธ์ของปัจจัยส่วนบุคคลกับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

ปัจจัยส่วนบุคคลของเกษตรกรอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งได้แก่ อายุ เพศ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา รายได้ ระยะเวลาทำนา จำนวนพื้นที่ทำนา จำนวนครั้งการทำนาต่อปี และผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ ผลจากการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Linear Regression; MLR) โดยวิธี stepwise พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคลของเกษตรกรที่มีความสัมพันธ์กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้แก่ จำนวนพื้นที่ทำนา และผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ (ภาคผนวก ค 4.12) อาจจะเนื่องจากเกษตรกรมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ทั้งจำนวนชนิดและปริมาณสาร ตามจำนวนพื้นที่ทำนา เมื่อจำนวนพื้นที่ทำนาเพิ่มขึ้น การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตเพิ่มขึ้นด้วย เกษตรกรจึงอาจสัมผัสสารได้มากขึ้นตามจำนวนชนิดและ/หรือปริมาณสารที่ใช้ฉีดพ่นในนาข้าว และส่งผลต่อระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาด้วย กล่าวคือ เกษตรกรที่มีจำนวนพื้นที่ทำนายิ่งมาก อาจจะมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมากตามไปด้วย ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวที่มาทำลายข้าวในแต่ละระยะรวมทั้งผลผลิต อาจทำให้ได้ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่สูงกว่าเกษตรกรที่มีจำนวนพื้นที่ทำนาน้อย ซึ่งอาจจะไม่ได้ฉีดพ่นสาร หรือใช้จำนวนชนิด และ/หรือปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาที่น้อยกว่า จึงอาจทำให้การได้รับสัมผัสสารพิษที่ใช้น้อยลงด้วยตามจำนวนพื้นที่ทำนา ซึ่งอาจส่งผลต่อระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาลดลงน้อยกว่าเกษตรกรที่มีจำนวนพื้นที่ทำนามาก

ปัจจัยส่วนบุคคลที่ไม่มีความสัมพันธ์กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา รายได้ ระยะเวลาทำนา และจำนวนครั้งการทำนาต่อปี อาจเนื่องมาจากเกษตรกรเพศหญิงกับเพศชาย มีจำนวนใกล้เคียงกัน โดยมีอายุเฉลี่ยในวัยเดียวกัน คือ เพศชาย 54.22 ปี และเพศหญิง 51.22 ปี สถานภาพการสมรส คู่ มากที่สุด คือร้อยละ 81.48 เกษตรกร ร้อยละ 71.85 มีการศึกษาสูงสุดระดับประถมศึกษา อาจมีผลต่อการใช้สารกำจัดศัตรูพืชคือ ข้อจำกัดในการอ่านและความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชตามคำแนะนำของฉลากหรือบรรจุภัณฑ์คล้ายๆ กัน ส่วนรายได้ของเกษตรกร ร้อยละ 34.08 มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 2,500-5,000 บาท จัดอยู่ในเกณฑ์ผู้ที่มีรายได้น้อยตามระเบียบของสำนักนายกรัฐมนตรี ว่าด้วยสวัสดิการประชาชนด้านการรักษาพยาบาล พ.ศ. 2537[154] อาจจะทำให้เกษตรกรขาดแคลนอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล[15-16] ซึ่งอาจส่งผลให้เกษตรกร ได้รับสัมผัสพิษสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตที่ฉีดพ่นเข้าสู่ร่างกาย และส่งผลต่อระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาได้เช่นกัน โดยพื้นที่ทำนาของอำเภอสามชุก ซึ่งมีระบบการชลประทานที่เอื้อต่อการทำนา ส่งผลให้ครอบครัวเกษตรกรส่วนใหญ่ ร้อยละ 94.07 ทำนาเฉลี่ยได้ 2 ครั้งต่อปี โดยทำนาปลูกข้าวกันมานานมากกว่า 20 ปี มากที่สุด คือ ร้อยละ 42.22 จึงอาจทำให้เกษตรกรมีวิถีชีวิตของอาชีพทำนาที่คล้ายคลึงกัน[55]

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ของความสัมพันธ์ปัจจัยส่วนบุคคลกับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี โดยใช้สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบ สรุปได้ว่า ปัจจัยส่วนบุคคลของเกษตรกรสามารถทำนายค่าของระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา ได้ร้อยละ 9.60 ดังสมการที่ 4.1 และ 4.2

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \ldots + b_kx_k \quad (4.1)$$

แทนค่าในสมการ (4.1)

ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา = 16377.25 – 110.15 (ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่) (4.2)
– 27.02 (จำนวนพื้นที่ทำนา)

ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา = 16,240.08 หน่วยต่อมิลลิลิตร

จากสมการที่ 4.2 พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคลของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี มีความสัมพันธ์กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($R = 0.309$, $F = 6.986$, $p = 0.040$) (ภาคผนวก ค 4.12) โดยสามารถทำนายค่าของระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา ได้ร้อยละ 9.60 ซึ่งอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาเกษตรกร เท่ากับ 16,240.08 หน่วยต่อมิลลิลิตร โดยผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่และจำนวนพื้นที่ ทำนา จะส่งผลต่อระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาลดลง เท่ากับ -83.13 หน่วยต่อมิลลิลิตร

4.2.6 ความสัมพันธ์ของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้ในนาข้าวกับ ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

ผลจากการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณพบว่าสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต 4 ชนิด ที่ใช้ในนาข้าวมีความสัมพันธ์กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) คือคลอร์ไพริฟอส ($p < 0.001$) อีพีเอ็น ($p < 0.001$) ไดเมทโธเอท ($p = 0.005$) และโพรฟีโนฟอส ($p = 0.008$) ตามลำดับ (ภาคผนวก ข 4.13) อาจจะเนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตกันมากในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าว จึงอาจทำให้มีการสัมผัสหรือได้รับพิษสารเหล่านี้เข้าสู่ร่างกายได้โดยตรงทางผิวหนังและทางการหายใจ ส่งผลต่อระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาต่ำลง โดยคลอร์ไพริฟอสซึ่งเป็นชนิดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่เกษตรกรใช้มากที่สุด (ร้อยละ 46.7) ส่งผลต่อระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาลดลงมากที่สุด เท่ากับ -3,142.27 หน่วยต่อมิลลิลิตร รองลงมา คือ อีพีเอ็น โพรฟีโนฟอส และไดเมทโธเอท เท่ากับ -1,656.12, -1,374.85 และ -1,362.80 หน่วยต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

จากสมการที่ 4.1 เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณความสัมพันธ์ของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ฉีดพ่นในนาข้าว กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี โดยใช้สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบ พบว่า ชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต 4 ชนิด ได้แก่ คลอร์ไพริฟอส ไดเมทโธเอท โพรฟีโนฟอส และอีพีเอ็น สามารถทำนายค่าของระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาได้ ร้อยละ 53.30 ดังสมการที่ 4.3

ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา = 10667.93 – 3142.27 (คลอร์ไพริฟอส) (4.3)
– 1656.12 (อีพีเอ็น) – 1374.85 (โพรฟีโนฟอส)
– 1362.80 (ไดเมทโธเอท)
ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา = 3,131.89 หน่วยต่อมิลลิลิตร

จากสมการที่ 4.3 พบชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ที่ฉีดพ่นในนาข้าวของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี มีความสัมพันธ์กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($R = 0.730$, $F = 3.726$, $p < 0.001$) (ภาคผนวก ค 4.13) สามารถทำนายค่าของระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา ได้ร้อยละ 53.30 ส่งผลต่อระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาเกษตรกร เท่ากับ 3,131.89 หน่วยต่อมิลลิลิตร โดยชนิดสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต ที่มีผลต่อระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาลดลงมากที่สุด ได้แก่ คลอร์ไพริฟอส คือ เท่ากับ -3,142.27 หน่วยต่อมิลลิลิตร รองลงมา อีพีเอ็น โพรฟีโนฟอส และไดเมทโธเอท เท่ากับ -1,656.12, -1,374.85 และ -1,362.80 หน่วยต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

4.2.7 ความสัมพันธ์ของการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตกับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

ผลจากการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ พบว่า การผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้ในนาข้าวของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี มีความสัมพันธ์กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ภาคผนวก ก 4.14) ได้แก่ การปฏิบัติตัวขณะฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าว คือการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ($p < 0.001$) เนื่องจากพบว่ากลุ่มเกษตรกรที่มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลครบ แต่ใช้ไม่ทุกครั้งหรือมีครบแต่ใช้ทุกครั้งและไม่ได้ใช้เลย มีถึงร้อยละ 44.4 จึงอาจจะทำให้ได้รับสารเคมีเข้าสู่ร่างกายได้มากกว่า กลุ่มเกษตรกรที่มีการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลครบและใช้ทุกครั้ง โดยสอดคล้องกับ Duangchinda et al.[16] และ ประสิทธิ์ ค้าชัยภูมิ และคณะ[103] พบว่าเกษตรกรที่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชโดยใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลไม่ถูกต้องหรือไม่ใช้เลย มี

ความสัมพันธ์กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาผิดปกติ คือ ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน มากกว่ากลุ่มเกษตรกรที่มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลครบและใช้ทุกครั้ง

วิธีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (p = 0.001) วิธีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (p = 0.001) การกำหนดปริมาณการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นในนาข้าว (p = 0.002) การผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้ฉีดพ่นในนาข้าวแต่ละครั้ง (p = 0.002) มีความสัมพันธ์กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากเกษตรกร ร้อยละ 52.59 ไม่ได้อ่านคำแนะนำของฉลากสารกำจัดศัตรูพืชอย่างเคร่งครัดทุกครั้ง และ ร้อยละ 50.4 ไม่ได้ใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตามคำแนะนำอย่างเคร่งครัดทุกครั้ง จึงอาจส่งผลให้มีวิธีการผสมและการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้ฉีดพ่นไม่ถูกต้อง สอดคล้องกับ Duangchinda et al.[16] ,ประสิทธิ์ ค้าชัยภูมิ และคณะ[103] และ วรเชษฐ์ ขอบใจ และคณะ[104] พบว่าระยะเวลาที่ใช้ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในแต่ละครั้ง (p = 0.007) อัตราการฉีดพ่นหรือความเร็วของการใช้เครื่องพ่นสารกำจัดศัตรูพืช (p = 0.007) ความถี่ที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นในนาข้าวต่อฤดูกาลเพาะปลูก (p = 0.009) และการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ในนาข้าวครั้งสุดท้าย (p = 0.019) แสดงถึงช่วงระยะเวลาที่ร่างกายได้รับสารเคมี หลังจากเกษตรกรใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต โดยพบว่าระดับโคลีนเอสเตอเรสในร่างกายจะลดลงมากที่สุดภายใน 1 วัน และค่อยๆ เพิ่มขึ้น โดยทั่วไปร่างกายจะใช้เวลานานประมาณ 4-6 สัปดาห์[159-160] การปฏิบัติก่อนการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (p = 0.027) และการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตหลายชนิดฉีดพ่นในนาข้าวแต่ละครั้ง (p = 0.028) อาจเนื่องจากเกษตรกรมากกว่าครึ่ง (ร้อยละ 52.6) ไม่ได้ปฏิบัติตามคำแนะนำของฉลากสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตอย่างเคร่งครัดทุกครั้ง

อย่างไรก็ตาม พบว่าชนิดเครื่องพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว การตัดสินใจเลือกใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าว และการเว้นระยะการเก็บเกี่ยวข้าวหลังจากมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ไม่มีความสัมพันธ์กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อาจจะเนื่องจากเกษตรกรทำนาข้าว ที่มีการใช้ชนิดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ชนิดเครื่องพ่นสารเคมี การเลือกใช้สารกำจัดศัตรูพืช และการเว้นระยะการเก็บเกี่ยวข้าวหลังจากใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตนั้น ไม่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณความสัมพันธ์ ของการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี โดยการใช้สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบ พบว่า การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของเกษตรกร สามารถทำนายค่าของระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาได้ ร้อยละ 71.90 ดังสมการที่ 4.4

ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา = 11255.63 + 766.76 (x_1) + 671.16 (x_2) (4.4)
+ 574.61 (x_3) + 511.98 (x_4) – 901.35 (x_5)
– 673.75 (x_6) – 648.19 (x_7) – 582.20 (x_8)
– 543.12 (x_9) – 530.22 (x_{10}) – 392.20 (x_{11})

ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา = 9,509.11 หน่วยต่อมิลลิลิตร

เมื่อ x_1 = วิธีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชโดยใส่ถุงมือยาง ใช้ไม้กวน ใช้มือเปล่า
x_2 = การผสมจำนวนชนิดสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ฉีดพ่นในนาข้าว
x_3 = การปฏิบัติก่อนการใช้สารกำจัดศัตรูพืชอ่านตามคำแนะนำของฉลาก
x_4 = การใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวครั้งสุดท้าย
x_5 = วิธีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชตามคำแนะนำของฉลาก
x_6 = การกำหนดปริมาณการใช้สารกำจัดศัตรูพืชตามคำแนะนำของฉลาก
x_7 = การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล
x_8 = ความถี่ที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว
x_9 = จำนวนชนิดสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ฉีดพ่นในนาข้าว
x_{10} = ระยะเวลาที่ใช้ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช
x_{11} = อัตราการพ่น/ความเร็วการใช้เครื่องพ่นตามคำแนะนำของเครื่อง

จากสมการที่ 4.4 พบว่า การผสมสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้ในนาข้าวของเกษตรกรอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี มีความสัมพันธ์กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($R = 0.848$, $F = 28.636$, $p < 0.001$) (ภาคผนวก ค 4.14) สามารถทำนายค่าของระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาได้ร้อยละ 71.90 โดยส่งผลต่อระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาเกษตรกร เท่ากับ 9,509.11 หน่วยต่อมิลลิลิตร

อย่างไรก็ตาม การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ในนาข้าวของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี โดยจำแนกตามเกณฑ์ของค่าระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา[61-62,71] แบ่งออกได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเกษตรกรที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ คือน้อยกว่า 4,260 หน่วยต่อมิลลิลิตร และกลุ่มเกษตรกรที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาอยู่ในเกณฑ์ปกติ คือ เท่ากับหรือมากกว่า 4,260 หน่วยต่อมิลลิลิตร[69-71] ดังตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี จำแนกตามปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา

การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของเกษตรกร	**ปริมาณโคลีนเอสเตอเรส (PChE) ในพลาสมาเกษตรกร (หน่วย/มิลลิลิตร)**				**รวมจำนวนเกษตรกรทั้งหมด**	
	PChE < 4,260		**PChE ≥ 4,260**			
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
(1) มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวเมื่อ						
-เริ่มพบว่ามีศัตรูพืชเล็กน้อย	30	85.7	81	81.0	111	82.2
-ตามคำแนะนำของหน่วยงานเกษตร	2	5.7	7	7.0	9	6.7
-นาข้าวเพื่อนบ้านมีการใช้กันมาก	2	5.7	8	8.0	10	7.4
-ตามคำแนะนำของร้านค้า/ตัวแทนขาย	1	2.9	4	4.0	5	3.7
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**
(2) ความถี่ที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว						
1 ครั้ง/เดือน	1	2.9	51	51.0	52	38.5
2 ครั้ง/เดือน	4	11.4	38	38.0	42	31.1
3, 4 ครั้ง/เดือน	18	51.4	9	9.0	27	20.0
> 4 ครั้ง/เดือน	12	34.3	2	2.0	14	13.4
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**
(3) ระยะเวลาที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืช						
< 1 ชั่วโมง/ครั้ง	3	8.6	35	35.0	38	28.2
1-2.5 ชั่วโมง/ครั้ง	16	45.7	50	50.0	66	48.9
2.6-4 ชั่วโมง/ครั้ง	13	37.1	12	12.0	25	18.5
> 4 ชั่วโมง/ครั้ง	3	8.6	3	3.0	6	4.4
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**
(4) การใช้สารกำจัดศัตรูพืชครั้งสุดท้าย						
1 วัน	13	37.1	2	2.0	15	11.1
2-7 วัน	19	54.3	15	15.0	34	25.2
1-4 สัปดาห์	3	8.6	41	41.0	44	32.6
> 1 เดือน	0	0.0	42	42.0	42	31.1
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**

ตารางที่ 4.22 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี จำแนกตามปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา (ต่อ)

การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของเกษตรกร	**ปริมาณโคลีนเอสเตอเรส (PChE) ในพลาสมาเกษตรกร (หน่วย/มิลลิลิตร)**				**รวมจำนวนเกษตรกรทั้งหมด**	
	PChE < 4,260		**PChE ≥ 4,260**			
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
(5) การปฏิบัติก่อนใช้สารกำจัดศัตรูพืชโดย						
-อ่านคำแนะนำฉลากสารกำจัดศัตรูพืชอย่างเคร่งครัดทุกครั้ง	5	14.3	59	59.0	64	47.4
-อ่านคำแนะนำฉลากสารกำจัดศัตรูพืชเป็นบางครั้ง	8	22.9	38	38.0	46	34.1
-ใช้ตามคำแนะนำของร้านค้า/ตัวแทนขาย	7	20.0	3	3.0	10	7.4
-ไม่ได้อ่านคำแนะนำเลย	15	42.8	0	0.0	15	11.1
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**
(6) วิธีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชโดย						
-ตามคำแนะนำฉลากสารกำจัดศัตรูพืชอย่างเคร่งครัดทุกครั้ง	3	8.6	35	35.0	38	28.2
-ตามคำแนะนำฉลากสารกำจัดศัตรูพืชเป็นบางครั้ง	16	45.7	50	50.0	66	48.9
-ตามคำแนะนำของร้านค้า/ตัวแทนขาย	13	37.1	12	12.0	25	18.5
-ตามความเคยชินหรือตามเพื่อนบ้าน	3	8.6	3	3.0	6	4.4
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**
(7) จำนวนชนิดสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ต่อฤดูกาลเพาะปลูก						
1 ชนิด	4	11.5	7	7.0	11	8.1
2, 3 ชนิด	13	37.1	48	48.0	61	45.2
4, 5 ชนิด	13	37.1	36	36.0	49	36.3
> 5 ชนิด	5	14.3	9	9.0	14	10.4
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**

ตารางที่ 4.22 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี จำแนกตามปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา (ต่อ)

การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของเกษตรกร	**ปริมาณโคลีนเอสเตอเรส (PChE) ในพลาสมาเกษตรกร (หน่วย/มิลลิลิตร)**				**รวมจำนวนเกษตรกรทั้งหมด**	
	PChE < 4,260		**PChE ≥ 4,260**			
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
(8) ผสมสารกำจัดศัตรูพืชกี่ชนิดที่ใช้แต่ละครั้ง						
ไม่ผสมกัน	6	17.1	23	23.0	29	21.5
2 ชนิด	5	14.3	34	34.0	39	28.9
3 ชนิด	7	20.0	28	28.0	35	25.9
> 3 ชนิด ขึ้นไป	17	48.6	15	15.0	32	23.7
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**
(9) วิธีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชโดย						
-ใส่ถุงมือยางและใช้ไม้กวน	13	37.1	42	42.0	55	40.7
-ไม่ใส่ถุงมือ ใช้ไม้กวน	19	54.3	46	46.0	65	48.2
-เทใส่ถังเครื่องพ่น/ฉีดเขย่า	3	8.6	6	6.0	9	6.7
-ใช้มือเปล่ากวน	0	0.0	6	6.0	6	4.4
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**
(10) กำหนดปริมาณการใช้สารกำจัดศัตรูพืชฉีดพ่นในนาข้าวโดย						
-ตามปริมาณกำหนดไว้ในฉลากทุกครั้ง	1	2.9	67	67.0	58	50.4
-ตามปริมาณกำหนดไว้ในฉลากบางครั้ง	4	11.4	27	27.0	31	22.9
-กำหนดปริมาณการใช้เอง	21	60.0	5	5.0	26	19.3
-ตามปริมาณที่นิยมใช้กันของเพื่อนบ้าน	9	25.7	1	1.0	10	7.4
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**
(11) เว้นระยะการเก็บเกี่ยวข้าวหลังจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชครั้งสุดท้าย						
1-3 วัน	0	0.0	0	0.0	0	0.0
4-7 วัน	1	2.9	4	4.0	5	3.7
8-14 วัน	5	14.3	15	15.0	20	14.8
> 14 วัน	29	82.8	81	81.0	110	81.5
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**

ตารางที่ 4.22 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี จำแนกตามปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา (ต่อ)

การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของเกษตรกร	**ปริมาณโคลีนเอสเตอเรส (PChE) ในพลาสมาเกษตรกร (หน่วย/มิลลิลิตร)**				**รวมจำนวนเกษตรกรทั้งหมด**	
	PChE < 4,260		**PChE ≥ 4,260**			
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
(12) การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล						
-มีครบและใช้ทุกครั้ง	4	11.4	71	71.0	75	55.6
-มีครบแต่ใช้ไม่ทุกครั้ง	4	11.4	15	15.0	19	14.1
-มีไม่ครบแต่ใช้ทุกครั้ง	3	8.6	7	7.0	10	7.4
-ไม่ได้ใช้เลย	24	68.6	7	7.0	31	22.9
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**
(13) ชนิดเครื่องพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในนา						
-เครื่องโยกมือพ่น/ฉีดสะพายหลัง	5	14.3	17	17.0	22	16.3
-เครื่องยนต์พ่น/ฉีดสะพายหลัง	19	54.3	55	55.0	74	54.8
-เครื่องยนต์พ่น/ฉีดแบบฝอยละออง	11	31.4	28	28.0	39	28.9
-อื่นๆ	0	0.0	0	0.0	0	0.0
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**
(14) ใช้อัตราการฉีดพ่นของเครื่องพ่นโดย						
-ตามอัตราของเครื่องพ่นทุกครั้ง	3	8.6	45	45.0	48	35.6
-ตามอัตราของเครื่องพ่นเป็นบางครั้ง	3	8.6	26	26.0	29	21.5
-ตามอัตราที่เพื่อนบ้านใช้กันทั่วไป	9	25.7	12	12.0	21	15.5
-กำหนดอัตราการใช้เองทุกครั้ง	20	57.1	17	17.0	37	27.4
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**

จากตารางที่ 4.22 พบกลุ่มเกษตรกรที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ และกลุ่มเกษตรกรที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาอยู่ในเกณฑ์ปกติ ส่วนใหญ่มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าว เมื่อเริ่มพบว่ามีแมลงศัตรูพืชเล็กน้อยในนาข้าวมากที่สุด คือ ร้อยละ 85.2 และ 81.0 ตามลำดับ อาจเนื่องจากเกษตรกรมีความเข้าใจว่าต้องรีบใช้สารกำจัดศัตรูพืชก่อนที่จะมีแมลงศัตรูข้าวมาทำลายต้นข้าว โดยยังไม่ได้มีการสำรวจหรือการพบชนิดของแมลงศัตรูข้าวก่อนการใช้สารกำจัดศัตรูพืช สอดคล้องกับ นิรินธน์ ประเสริฐสังข์[55] ซึ่งพบว่า

เกษตรกร ร้อยละ 41.1 ที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชเมื่อเริ่มพบว่ามีศัตรูพืชเล็กน้อยในนาข้าว แม้ไม่มีการระบาดของแมลงศัตรูข้าว โดยฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าว สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เช่น เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ที่จะอพยพหนีมาทำลายต้นข้าวในนาตนเองได้ เพราะว่าถ้าไม่รีบใช้ตามเพื่อนบ้านในการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชพร้อมๆ กันได้ ทำให้มีเกษตรกรที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวบ่อยครั้งคือความถี่ในการใช้มากกว่า 4 ครั้งต่อเดือน ถึงร้อยละ 10.37 โดยกลุ่มเกษตรกรที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ พบว่า ร้อยละ 51.4 มีความถี่ในการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมากที่สุด 3, 4 ครั้งต่อเดือน และ ร้อยละ 45.7 มีระยะเวลาที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต นาน 1-2.5 ชั่วโมงต่อครั้ง

ร้อยละ 32.6 ของเกษตรกรทั้งหมดมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าว ครั้งสุดท้าย 1-4 สัปดาห์ ในขณะที่กลุ่มเกษตรกรที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ จะมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าว ครั้งสุดท้าย 2-7 วัน มากที่สุด ร้อยละ 54.3 เมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาที่เกษตรกรใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวครั้งสุดท้าย ซึ่งเป็นระยะเวลาที่เกษตรกรอาจได้รับสารพิษ จากการสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้กับปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของร่างกาย โดยพบว่ากลุ่มเกษตรกรที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวครั้งสุดท้าย 1 วัน มากที่สุด คือร้อยละ 86.7 ในขณะที่กลุ่มเกษตรกรที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาอยู่ในเกณฑ์ปกติ มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวครั้งสุดท้ายนานกว่า 1 เดือนขึ้นไป คือ ร้อยละ 100.0

ร้อยละ 42.8 ของจำนวนเกษตรกรทั้งหมด มีการปฏิบัติก่อนใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต โดยไม่ได้อ่านคำแนะนำฉลากเลย ร้อยละ 45.7 มีวิธีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต โดยตามคำแนะนำฉลากสารเป็นบางครั้ง ร้อยละ 37.1 มีจำนวนชนิดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้ต่อฤดูกาลเพาะปลูก 2, 3 ชนิด และ 4, 5 ชนิด จำนวนเท่ากัน ร้อยละ 48.6 มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้แต่ละครั้ง มากกว่า 3 ชนิด ขึ้นไป ร้อยละ 54.3 มีวิธีการผสมสารโดยไม่ใส่ถุงมือ ใช้ไม้กวน ร้อยละ 60.0 กำหนดปริมาณการใช้สารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นในนาข้าว โดยกำหนดปริมาณการใช้เอง ร้อยละ 82.8 มีการเว้นระยะในการเก็บเกี่ยวข้าว หลังจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตครั้งสุดท้ายมากกว่า 14 วัน ร้อยละ 68.6 ไม่ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลมากที่สุด ร้อยละ 54.3 ใช้ชนิดเครื่องพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในนาแบบเครื่องยนต์ฉีดพ่นสะพายหลัง และ ร้อยละ 57.1 กำหนดอัตราการใช้เครื่องพ่นเองทุกครั้ง ซึ่งโดยรวมลักษณะการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตต่างๆ เหล่านี้อาจทำให้เกษตรกรได้รับสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้ฉีดพ่นเข้าสู่ร่างกายได้ง่าย เช่น ทางผิวหนัง และส่งผลต่อระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ สอดคล้องกับ

อิทธิพล ดวงจินดา และบัณฑิต อนุรักษ์[15], ประสิทธิ์ ค้าชัยภูมิ และคณะ[103], วรเชษฐ์ ขอบใจ และคณะ[104] และ Johnstone[106] ซึ่งพบว่าพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชที่ไม่ถูกต้องของเกษตรกร โดยเฉพาะการไม่ปฏิบัติตามคำแนะนำของฉลาก/บรรจุภัณฑ์สารเคมี อย่างเคร่งครัดทุกครั้ง และการที่ไม่ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลอย่างครบถ้วน ถูกต้อง และเหมาะสมนั้น จะพบได้มากในกลุ่มเกษตรกรที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสต่ำกว่าปกติ

ในขณะที่กลุ่มเกษตรกรที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา อยู่ในเกณฑ์ปกติ ร้อยละ 38.5 มีความถี่ในการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตน้อยกว่า คือเพียง 1 ครั้ง ต่อฤดูกาลเพาะปลูกมากที่สุด ร้อยละ 48.9 ของเกษตรกรทั้งหมด มีระยะเวลาที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ฉีดพ่นในแต่ละครั้ง นาน 1-2.5 ชั่วโมง ร้อยละ 42.0 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาครั้งสุดท้าย มากกว่า 1 เดือน ร้อยละ 59.0 การปฏิบัติก่อนใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต โดยอ่านคำแนะนำฉลากสารอย่างเคร่งครัดทุกครั้ง ร้อยละ 50.0 มีวิธีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต โดยตามคำแนะนำฉลากสารเป็นบางครั้ง ร้อยละ 48.0 มีจำนวนชนิดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้ต่อฤดูกาลเพาะปลูก 2, 3 ชนิด โดยร้อยละ 34.0 ผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้แต่ละครั้ง 2 ชนิด ร้อยละ 46.0 มีวิธีการผสมสารโดยไม่ใส่ถุงมือแต่ใช้ไม้กวน ร้อยละ 67.0 กำหนดปริมาณการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตพ่นในนาข้าวตามปริมาณกำหนดไว้ในฉลากทุกครั้ง ร้อยละ 81.0 มีการเว้นระยะการเก็บเกี่ยวข้าว หลังจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตครั้งสุดท้าย มากกว่า 14 วัน ร้อยละ 71.0 มีการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลครบและใช้ทุกครั้ง ร้อยละ 55.0 ใช้ชนิดเครื่องพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว แบบเครื่องยนต์ฉีดพ่นสะพายหลังมากที่สุด และ ร้อยละ 45.0 ใช้อัตราการฉีดพ่นของเครื่องพ่นตามอัตราของเครื่องพ่นทุกครั้ง ซึ่งโดยส่วนใหญ่ พบว่ามีวิธีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต แตกต่างจากกลุ่มเกษตรกรที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ สอดคล้องกับ Duangchinda et al.[16], Raksanam et al.[114], Suswati et al.[115] และ Lorens et al.[116] พบว่าเกษตรกรที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาหรือในเลือดอยู่ในเกณฑ์ปกติ จะมีวิธีการใช้และการปฏิบัติตัวในการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตามคำแนะนำของฉลากอย่างเคร่งครัดทุกครั้ง มากกว่ากลุ่มเกษตรกรที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา หรือในเลือดน้อยกว่าเกณฑ์ปกติ อาจทำให้มีการสัมผัสหรือได้รับพิษสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้เข้าสู่ร่างกายได้น้อยกว่า โดยเฉพาะเกษตรกรที่มีการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลอย่างครบถ้วนถูกต้องทุกครั้ง ในการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

4.2.8 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตครั้งสุดท้ายภายใน 1 สัปดาห์กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

เมื่อพิจารณาการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าว ครั้งสุดท้ายของเกษตรกรภายในระยะเวลา 1 สัปดาห์ ก่อนการตรวจเลือดเพื่อหาปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา พบเกษตรกร จำนวน 49 คน (ร้อยละ 36.3) ที่มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวครั้งสุดท้ายน้อยกว่า 1 สัปดาห์ ดังตารางที่ 4.23 ในจำนวนนี้เป็นกลุ่มเกษตรกรที่มีปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาต่ำกว่าเกณฑ์ปกติมากที่สุด คือ ร้อยละ 65.3 และกลุ่มเกษตรกรที่มีปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาอยู่ในเกณฑ์ปกติ ร้อยละ 34.7 โดยพบว่ากลุ่มเกษตรกรที่มีปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตมากที่สุด คือ ร้อยละ 87.5 ใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าว เมื่อเริ่มพบว่ามีศัตรูพืชเพียงเล็กน้อย ร้อยละ 53.1 มีความถี่ที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นในนาข้าว 3-4 ครั้งต่อเดือน ร้อยละ 43.7 มีระยะเวลาที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต นาน 1-2.5 ชั่วโมงต่อครั้ง ร้อยละ 59.4 มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตครั้งสุดท้ายนาน 2-7 วัน ร้อยละ 40.6 มีการปฏิบัติก่อนใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตโดยไม่ได้อ่านคำแนะนำเลย ร้อยละ 65.7 มีวิธีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชโดยใช้ตามความเคยชินหรือตามเพื่อนบ้าน ร้อยละ 40.6 ใช้จำนวนชนิดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 4, 5 ชนิดต่อฤดูกาลเพาะปลูก ร้อยละ 53.1 ผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นครั้งละมากกว่า 3 ชนิดขึ้นไป ร้อยละ 56.2 มีวิธีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตโดยไม่ใส่ถุงมือ แต่ใช้ไม้กวน ร้อยละ 59.4 กำหนดปริมาณการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นด้วยตนเอง ร้อยละ 81.3 เว้นระยะการเก็บเกี่ยวข้าวหลังจากใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตครั้งสุดท้าย มากกว่า 14 วัน ร้อยละ 68.7 ไม่ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลเลย ร้อยละ 53.1 ใช้ชนิดเครื่องพ่นสารกำจัดศัตรูพืชแบบเครื่องยนต์ฉีดพ่นสะพายหลัง โดยร้อยละ 59.4 กำหนดอัตราการฉีดพ่นของเครื่องพ่นเองทุกครั้ง

ในขณะที่กลุ่มเกษตรกรที่มีปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา อยู่ในเกณฑ์ปกติจะมีลักษณะการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมากที่สุด คือ ร้อยละ 76.5 ใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวเมื่อเริ่มพบว่ามีศัตรูพืชเพียงเล็กน้อย ร้อยละ 53.0 มีความถี่ที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นในนาข้าว เพียง 1 ครั้งต่อเดือน ร้อยละ 52.9 มีระยะเวลาที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต นาน 1-2.5 ชั่วโมงต่อครั้ง มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตครั้งสุดท้าย 2-7 วัน และ 1 วัน คือ ร้อยละ 88.2 และ 11.8 ตามลำดับ ร้อยละ 52.9 มีการปฏิบัติก่อนใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตโดยอ่านคำแนะนำฉลากเป็นบางครั้ง ร้อยละ 52.9 มีวิธีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตโดยใช้ตามคำแนะนำฉลากอย่างเคร่งครัดทุกครั้ง ร้อยละ 52.9 ใช้จำนวนชนิดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 2, 3 ชนิดต่อ

ฤดูกาลเพาะปลูก ร้อยละ 47.0 ผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นครั้งละ 2 ชนิด ร้อยละ 64.7 มีวิธีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตโดยไม่ใส่ถุงมือ แต่ใช้ไม้กวน โดยร้อยละ 76.5 กำหนดปริมาณการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นในนาข้าวโดยใช้ตามปริมาณกำหนดไว้ในฉลากทุกครั้ง เว้นระยะการเก็บเกี่ยวข้าวหลังจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตครั้งสุดท้าย มากกว่า 14 วัน และมีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลครบและใช้ทุกครั้ง ร้อยละ 53.0 ใช้ชนิดเครื่องพ่นสารกำจัดศัตรูพืชแบบเครื่องยนต์ฉีดพ่นสะพายหลัง โดยร้อยละ 41.2 ใช้ตามอัตราการฉีดพ่นของเครื่องทุกครั้ง

โดยการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวของเกษตรกร อาจส่งผลต่อปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาแตกต่างกัน คือ กลุ่มที่มีปริมาณโคลีนเอสเตอเรสต่ำกว่าเกณฑ์ปกติและกลุ่มที่อยู่ในเกณฑ์ปกติ อาจจะเนื่องจากเกษตรกรทั้งสองกลุ่ม มีลักษณะการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกัน เช่น ความถี่ที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืช การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตครั้งสุดท้าย การปฏิบัติก่อนใช้สารกำจัดศัตรูพืช วิธีการใช้สารกำจัดศัตรูพืช จำนวนชนิดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตต่อฤดูกาลเพาะปลูก การผสมสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นแต่ครั้ง การกำหนดปริมาณการใช้สารกำจัดศัตรูพืชฉีดพ่น และการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล สอดคล้องกับ ประสิทธิ์ ค้าชัยภูมิ และคณะ[103] พบว่าการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรที่มีการปฏิบัติตัวอย่างถูกต้องตามคำแนะนำของบรรจุภัณฑ์ทุกครั้ง จะพบปริมาณโคลีนเอสเตอเรสอยู่ในเกณฑ์ปกติ มากกว่าเกษตรกร ซึ่งที่ไม่ได้ปฏิบัติตัวอย่างถูกต้องตามคำแนะนำของบรรจุภัณฑ์ทุกครั้ง และ วรเชษฐ์ ขอบใจ และคณะ[104] พบว่าเกษตรกรที่ไม่ได้ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลไม่ถูกต้อง พบปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในร่างกายต่ำกว่าค่าปกติ มากกว่าเกษตรกรที่มีการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลถูกต้องครบถ้วนทุกครั้ง

นอกจากนี้ ระยะเวลาที่เกษตรกรมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชครั้งสุดท้าย อาจส่งผลให้การตรวจเลือดพบปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกรแตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากการใช้หรือได้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตครั้งสุดท้าย นานกว่า 1 สัปดาห์ ก่อนได้รับการตรวจเลือด จึงควรตรวจเลือดเกษตรกรเพื่อหาปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา หลังจากที่เกษตรกรมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตครั้งสุดท้าย ภายใน 1 สัปดาห์ เพราะว่าหากเกษตรกรมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตครั้งสุดท้าย นานมากกว่า 1 สัปดาห์ อาจจะทำให้ตรวจพบปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ ได้เพียงร้อยละ 3.5 ทั้งนี้อาจเนื่องจากโคลีนเอสเตอเรสในเม็ดเลือดและในพลาสมา จะลดน้อยลงตามระยะเวลาที่ได้รับสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชบางชนิด โดยการถูกยับยั้งหรือทำลายสารพิษของอะซีติลโคลีนที่ร่างกายสร้างขึ้น ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 30-45 วัน[161] จึงอาจส่งผลให้การตรวจหาระดับโคลีนเอสเตอเรสในร่างกายลดลงหรือไม่พบได้ หากเกษตรกรมีการสัมผัสสารกลุ่มนี้ครั้งสุดท้ายมานาน มากกว่า 30 วัน[18,161]

ตารางที่ 4.23 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ครั้งสุดท้ายภายใน 1 สัปดาห์ ก่อนการตรวจเลือดหาโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี จำแนกตามปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา

การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของเกษตรกร	**ปริมาณโคลีนเอสเตอเรส (PChE) ในพลาสมาเกษตรกร (หน่วย/มิลลิลิตร)**				**รวมจำนวนเกษตรกรทั้งหมด**	
	PChE < 4,260		**PChE ≥ 4,260**			
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
(1) มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวเมื่อ						
-เริ่มพบว่ามีศัตรูพืชเล็กน้อย	28	87.5	13	76.5	41	83.7
-ตามคำแนะนำของหน่วยงานเกษตร	1	3.1	1	5.9	2	4.1
-นาข้าวเพื่อนบ้านมีการใช้กันมาก	2	6.3	3	17.6	5	10.2
-ตามคำแนะนำของร้านค้า/ตัวแทนขาย	1	3.1	0	0.0	1	2.0
รวม	**32**	**100.0**	**17**	**100.0**	**49**	**100.0**
(2) ความถี่ที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว						
1 ครั้ง/เดือน	0	0.0	9	53.0	9	18.4
2 ครั้ง/เดือน	3	9.4	5	29.4	8	16.3
3, 4 ครั้ง/เดือน	17	53.1	3	17.6	20	40.8
> 4 ครั้ง/เดือน	12	37.5	0	0.0	12	24.5
รวม	**32**	**100.0**	**17**	**100.0**	**49**	**100.0**
(3) ระยะเวลาที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืช						
< 1 ชั่วโมง/ครั้ง	3	9.4	7	41.2	10	20.4
1-2.5 ชั่วโมง/ครั้ง	14	43.7	9	52.9	23	47.0
2.6-4 ชั่วโมง/ครั้ง	12	37.5	1	5.9	13	26.5
> 4 ชั่วโมง/ครั้ง	3	9.4	0	0.0	3	6.1
รวม	**32**	**100.0**	**17**	**100.0**	**49**	**100.0**
(4) การใช้สารกำจัดศัตรูพืชครั้งสุดท้าย						
1 วัน	13	40.6	2	11.8	15	30.6
2-7 วัน	19	59.4	15	88.2	34	69.4
1-4 สัปดาห์	0	0.0	0	0.0	0	0.0
> 1 เดือน	0	0.0	0	0.0	0	0.0
รวม	**32**	**100.0**	**17**	**100.0**	**49**	**100.0**

ตารางที่ 4.23 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ครั้งสุดท้ายภายใน 1 สัปดาห์ ก่อนการตรวจเลือดหาโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี จำแนกตามปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา (ต่อ)

การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของเกษตรกร	**ปริมาณโคลีนเอสเตอเรส (PChE) ในพลาสมาเกษตรกร (หน่วย/มิลลิลิตร)**				**รวมจำนวนเกษตรกรทั้งหมด**	
	PChE < 4,260		**PChE ≥ 4,260**			
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
(5) การปฏิบัติก่อนใช้สารกำจัดศัตรูพืชโดย						
-อ่านคำแนะนำฉลากสารกำจัดศัตรูพืชอย่างเคร่งครัดทุกครั้ง	3	9.4	8	47.1	11	22.4
-อ่านคำแนะนำฉลากสารกำจัดศัตรูพืชเป็นบางครั้ง	8	25.0	9	52.9	17	34.7
-ใช้ตามคำแนะนำของร้านค้า/ตัวแทนขาย	7	21.9	0	0.0	7	14.3
-ไม่ได้อ่านคำแนะนำเลย	14	43.7	0	0.0	14	28.6
รวม	**32**	**100.0**	**17**	**100.0**	**49**	**100.0**
(6) วิธีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชโดย						
-ตามคำแนะนำฉลากสารกำจัดศัตรูพืชอย่างเคร่งครัดทุกครั้ง	1	3.1	9	52.9	10	20.4
-ตามคำแนะนำฉลากสารกำจัดศัตรูพืชเป็นบางครั้ง	5	15.6	7	41.2	12	24.5
-ตามคำแนะนำของร้านค้า/ตัวแทนขาย	5	15.6	1	5.9	6	12.2
-ตามความเคยชินหรือตามเพื่อนบ้าน	21	65.7	0	0.0	21	42.9
รวม	**32**	**100.0**	**17**	**100.0**	**49**	**100.0**
(7) จำนวนชนิดสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ต่อฤดูกาลเพาะปลูก						
1 ชนิด	4	12.5	0	0.0	4	8.2
2, 3 ชนิด	11	34.4	9	52.9	20	40.8
4, 5 ชนิด	13	40.6	6	35.3	19	38.8
> 5 ชนิด	4	12.5	2	11.8	6	12.2
รวม	**32**	**100.0**	**17**	**100.0**	**49**	**100.0**

ตารางที่ 4.23 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ครั้งสุดท้ายภายใน 1 สัปดาห์ ก่อนการตรวจเลือดหาโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี จำแนกตามปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา (ต่อ)

การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของเกษตรกร	**ปริมาณโคลีนเอสเตอเรส (PChE) ในพลาสมาเกษตรกร (หน่วย/มิลลิลิตร)**				**รวมจำนวนเกษตรกรทั้งหมด**	
	PChE < 4,260		**PChE ≥ 4,260**			
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
(8) ผสมสารกำจัดศัตรูพืชกี่ชนิดที่ใช้แต่ละครั้ง						
ไม่ผสมกัน	5	15.6	1	5.9	6	12.2
2 ชนิด	4	12.5	8	47.0	12	24.5
3 ชนิด	6	18.8	6	35.3	12	24.5
> 3 ชนิด ขึ้นไป	17	53.1	2	11.8	19	38.8
รวม	**32**	**100.0**	**17**	**100.0**	**49**	**100.0**
(9) วิธีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชโดย						
-ใส่ถุงมือยางและใช้ไม้กวน	11	34.4	5	29.4	16	32.7
-ไม่ใส่ถุงมือ ใช้ไม้กวน	18	56.2	11	64.7	29	59.2
-เทใส่ถังเครื่องพ่น/ฉีดเขย่า	3	9.4	0	0.0	3	6.1
-ใช้มือเปล่ากวน	0	0.0	1	5.9	1	2.0
รวม	**32**	**100.0**	**17**	**100.0**	**49**	**100.0**
(10) กำหนดปริมาณการใช้สารกำจัดศัตรูพืชฉีดพ่นในนาข้าวโดย						
-ตามปริมาณกำหนดไว้ในฉลากทุกครั้ง	1	3.1	13	76.5	14	28.6
-ตามปริมาณกำหนดไว้ในฉลากบางครั้ง	3	9.4	3	17.6	6	12.2
-กำหนดปริมาณการใช้เอง	19	59.4	1	5.9	20	40.8
-ตามปริมาณที่นิยมใช้กันของเพื่อนบ้าน	9	28.1	0	0.0	9	18.4
รวม	**32**	**100.0**	**17**	**100.0**	**49**	**100.0**

ตารางที่ 4.23 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ครั้งสุดท้ายภายใน 1 สัปดาห์ ก่อนการตรวจเลือดหาโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี จำแนกตามปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา (ต่อ)

การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของเกษตรกร	**ปริมาณโคลีนเอสเตอเรส (PChE) ในพลาสมาเกษตรกร (หน่วย/มิลลิลิตร)**				**รวมจำนวนเกษตรกรทั้งหมด**	
	PChE < 4,260		**PChE ≥ 4,260**			
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
(11) เว้นระยะการเก็บเกี่ยวข้าวหลังจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชครั้งสุดท้าย						
1-3 วัน	0	0.0	0	0.0	0	0.0
4-7 วัน	1	3.1	1	5.9	2	4.1
8-14 วัน	5	15.6	3	17.6	8	16.3
> 14 วัน	26	81.3	13	76.5	39	79.6
รวม	**32**	**100.0**	**17**	**100.0**	**49**	**100.0**
(12) การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล						
-มีครบและใช้ทุกครั้ง	3	9.4	13	76.5	16	32.7
-มีครบแต่ใช้ไม่ทุกครั้ง	4	12.5	3	17.6	7	14.3
-มีไม่ครบแต่ใช้ทุกครั้ง	3	9.4	0	0.0	3	6.1
-ไม่ได้ใช้เลย	22	68.7	1	5.9	23	46.9
รวม	**32**	**100.0**	**17**	**100.0**	**49**	**100.0**
(13) ชนิดเครื่องพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในนา						
-เครื่องโยกมือพ่น/ฉีดสะพายหลัง	5	15.6	4	23.5	9	18.4
-เครื่องยนต์พ่น/ฉีดสะพายหลัง	17	53.1	9	53.0	26	53.0
-เครื่องยนต์พ่น/ฉีดแบบฝอยละออง	10	31.3	4	23.5	14	28.6
-อื่นๆ	0	0.0	0	0.0	0	0.0
รวม	**32**	**100.0**	**17**	**100.0**	**49**	**100.0**
(14) ใช้อัตราการฉีดพ่นของเครื่องพ่นโดย						
-ตามอัตราของเครื่องพ่นทุกครั้ง	1	3.1	7	41.2	8	16.3
-ตามอัตราของเครื่องพ่นเป็นบางครั้ง	3	9.4	5	29.4	8	16.3
-ตามอัตราที่เพื่อนบ้านใช้กันทั่วไป	9	28.1	2	11.8	11	22.5
-กำหนดอัตราการใช้เองทุกครั้ง	19	59.4	3	17.6	22	44.9
รวม	**32**	**100.0**	**17**	**100.0**	**49**	**100.0**

4.2.9 ความสัมพันธ์ของผลกระทบต่อสุขภาพจากอาการและอาการแสดงของร่างกายกับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

ผลกระทบต่อสุขภาพจากอาการและอาการแสดงของร่างกาย จากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี ได้แก่ เกษตรกรเคยมีอาการผิดปกติของร่างกายในขณะผสมสาร การฉีดพ่น หรือหลังจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้ในนาข้าว ต่อระบบผิวหนัง ระบบต่อมไร้ท่อ เกี่ยวกับดวงตา ระบบทางเดินอาหาร ระบบทางเดินหายใจ ระบบไหลเวียนเลือด ระบบทางเดินปัสสาวะ ระบบไหลเวียนเลือดและหัวใจ ระบบประสาทส่วนกลาง ระบบกล้ามเนื้อ รวมทั้งเคยมีอาการหมดสติ ตัวเขียว ชัก และหายใจลำบาก

ผลจากการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ พบว่า ผลกระทบต่อสุขภาพจากอาการและอาการแสดงของร่างกายมีความสัมพันธ์กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา อย่างมีนัยยิ่งสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ได้แก่ เกษตรกรเคยมีอาการผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร ($p < 0.001$) และระบบประสาทส่วนกลาง ($p < 0.001$) (ภาคผนวก ค 4.15) ทั้งนี้ เนื่องจากสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ส่วนใหญ่เมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วจะถูกดูดซึมได้ดีทางผิวหนัง ทางเดินอาหาร และทางปอด โดยไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส ในระบบประสาทส่วนกลางแบบถาวร ทำให้ไม่สามารถทำลายสารอะซิติลโคลีนที่เป็นสารสื่อประสาทของร่างกายได้ จึงเกิดการคั่งสะสมของสารอะซิติลโคลีนในระบบประสาทและสมอง[74] ส่งผลต่ออาการและอาการแสดงของระบบต่างๆ ในร่างกายแตกต่างกัน[63] โดยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารพิษแต่ละชนิด รวมทั้งปริมาณ ความเข้มข้น ระยะเวลา และการเข้าสู่ร่างกายของสารพิษ[75] ซึ่งจะมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง[18,63] เช่น คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น และโพรฟีโนฟอส ผลต่อระบบผิวหนัง ได้แก่ คลอร์ไพริฟอส และโพรฟีโนฟอส ในขณะที่ไดเมทโธเอท จะมีผลเกี่ยวกับตา[165] นอกจากนี้แล้ว มีสารหลายชนิดในกลุ่มนี้อาจส่งผลต่อร่างกายในหลายระบบร่วมกัน หากได้รับสารพิษบางชนิดหรือได้รับในปริมาณมากเกินค่า MRLs โดยพบอาการและอาการแสดงต่อระบบทางเดินอาหารได้บ่อยๆ คือ คลื่นไส้ อาเจียน น้ำลายออกมากผิดปกติ และอุจจาระร่วง เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ยังมีผลต่อระบบอื่นๆ ของร่างกาย เช่น ระบบหายใจ และระบบกล้ามเนื้อ เป็นต้น[63]

เมื่อพิจารณาด้านผลกระทบต่อสุขภาพ จากอาการและอาการแสดงของร่างกายเกษตรกร ในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมา อันเนื่องมาจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้ฉีดพ่นในนาข้าว โดยจำแนกตามปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา และการสัมภาษณ์เกษตรกรจำนวน 135 คน โดยพิจารณาการแบ่งระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาตามเกณฑ์ของศูนย์พิษวิทยา โรงพยาบาลรามาธิบดี[71] แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มเกษตรกรที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา

ต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ คือน้อยกว่า 4,260 หน่วยต่อมิลลิลิตร และกลุ่มเกษตรกรที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาอยู่ในเกณฑ์ปกติ คือ เท่ากับหรือมากกว่า 4,260 หน่วยต่อมิลลิลิตร[69-71] กับผลกระทบต่อสุขภาพเกษตรกร จากการเคยมีอาการและ/หรืออาการแสดงที่มีความผิดปกติของร่างกาย ในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมา ได้แก่ ระบบทางเดินอาหาร ระบบผิวหนัง เกี่ยวกับดวงตา ระบบต่อมไร้ท่อ ระบบไหลเวียนเลือด ระบบทางเดินปัสสาวะ ระบบประสาทส่วนกลาง ระบบไหลเวียนเลือดและหัวใจ ระบบทางเดินหายใจ ระบบกล้ามเนื้อ และอาการรุนแรงคือหมดสติ ตัวเขียว ชัก และหายใจลำบาก ดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 ผลกระทบต่อสุขภาพอาการและอาการแสดงของร่างกาย ในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมา จากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี จำแนกตามปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา

ผลกระทบต่อสุขภาพจากอาการและอาการแสดงของร่างกายเกษตรกรจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต	**ปริมาณโคลีนเอสเตอเรส (PChE) ในพลาสมาเกษตรกร (หน่วย/มิลลิลิตร)**				**รวมจำนวนเกษตรกรทั้งหมด**	
	PChE < 4,260		**PChE ≥ 4,260**			
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เคยมีอาการผิดปกติของร่างกาย						
- ไม่เคย	1	2.8	91	91.0	92	68.1
- นานๆ ครั้ง	2	5.7	5	5.0	7	5.2
- บางครั้ง	14	40.0	3	3.0	17	12.6
- บ่อย	13	37.2	1	1.0	14	10.4
- บ่อยมาก	5	14.3	0	0.0	5	3.7
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**
2. ระบบผิวหนัง						
- ไม่เคย	11	31.5	93	93.0	104	77.1
- นานๆ ครั้ง	4	11.4	4	4.0	8	5.9
- บางครั้ง	8	22.9	0	0.0	8	5.9
- บ่อย	6	17.1	2	2.0	8	5.9
- บ่อยมาก	6	17.1	1	1.0	7	5.2
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**

ตารางที่ 4.24 ผลกระทบต่อสุขภาพอาการและอาการแสดงของร่างกาย ในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมา จากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี จำแนกตามปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา (ต่อ)

ผลกระทบต่อสุขภาพจากอาการและอาการแสดงของร่างกายเกษตรกรจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต	**ปริมาณโคลีนเอสเตอเรส (PChE) ในพลาสมาเกษตรกร (หน่วย/มิลลิลิตร)**				**รวมจำนวนเกษตรกรทั้งหมด**	
	PChE < 4,260		**PChE ≥ 4,260**			
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
3. ระบบต่อมไร้ท่อ						
- ไม่เคย	4	11.4	95	95.0	99	73.3
- นานๆ ครั้ง	6	17.1	4	4.0	10	7.4
- บางครั้ง	13	37.2	1	1.0	14	10.4
- บ่อย	10	28.6	0	0.0	10	7.4
- บ่อยมาก	2	5.7	0	0.0	2	1.5
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**
4. เกี่ยวกับดวงตา						
- ไม่เคย	21	60.0	99	99.0	120	88.9
- นานๆ ครั้ง	9	25.8	0	0.0	9	6.7
- บางครั้ง	4	11.4	1	1.0	5	3.7
- บ่อย	1	2.8	0	0.0	1	0.7
- บ่อยมาก	0	0.0	0	0.0	0	0.0
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**
5. ระบบทางเดินอาหาร						
- ไม่เคย	2	5.7	95	95.0	97	71.9
- นานๆ ครั้ง	5	14.3	3	3.0	8	5.9
- บางครั้ง	13	37.2	2	2.0	15	11.1
- บ่อย	14	40.0	0	0.0	14	10.4
- บ่อยมาก	1	2.8	0	0.0	1	0.7
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**

ตารางที่ 4.24 ผลกระทบต่อสุขภาพอาการและอาการแสดงของร่างกาย ในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมา จากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี จำแนกตามปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา (ต่อ)

ผลกระทบต่อสุขภาพจากอาการและอาการแสดงของร่างกายเกษตรกรจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต	ปริมาณโคลีนเอสเตอเรส (PChE) ในพลาสมาเกษตรกร (หน่วย/มิลลิลิตร)				รวมจำนวนเกษตรกรทั้งหมด	
	PChE < 4,260		PChE ≥ 4,260			
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
6. ระบบทางเดินหายใจ						
- ไม่เคย	8	22.9	98	98.0	106	78.6
- นานๆ ครั้ง	12	34.3	1	1.0	13	9.6
- บางครั้ง	7	20.0	1	1.0	8	5.9
- บ่อย	7	20.0	0	0.0	7	5.2
- บ่อยมาก	1	2.8	0	0.0	1	0.7
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**
7. ระบบไหลเวียนเลือด						
- ไม่เคย	8	22.9	98	98.0	106	78.6
- นานๆ ครั้ง	3	8.6	0	0.0	3	2.2
- บางครั้ง	18	51.4	2	2.0	20	14.8
- บ่อย	6	17.1	0	0.0	6	4.4
- บ่อยมาก	0	0.0	0	0.0	0	0.0
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**
8. ระบบทางเดินปัสสาวะ						
- ไม่เคย	23	65.7	100	100.0	123	91.1
- นานๆ ครั้ง	12	34.3	0	0.0	12	8.9
- บางครั้ง	0	0.0	0	0.0	0	0.0
- บ่อย	0	0.0	0	0.0	0	0.0
- บ่อยมาก	0	0.0	0	0.0	0	0.0
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**

ตารางที่ 4.24 ผลกระทบต่อสุขภาพอาการและอาการแสดงของร่างกาย ในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมา จากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี จำแนกตามปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา (ต่อ)

ผลกระทบต่อสุขภาพจากอาการและอาการแสดงของร่างกายเกษตรกรจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต	ปริมาณโคลีนเอสเตอเรส (PChE) ในพลาสมาเกษตรกร (หน่วย/มิลลิลิตร)				รวมจำนวนเกษตรกรทั้งหมด	
	PChE < 4,260		PChE ≥ 4,260			
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
9. ระบบไหลเวียนเลือดและหัวใจ						
- ไม่เคย	6	17.1	98	98.0	104	77.1
- นานๆ ครั้ง	9	25.8	1	1.0	10	7.4
- บางครั้ง	12	34.3	1	1.0	13	9.6
- บ่อย	7	20.0	0	0.0	7	5.2
- บ่อยมาก	1	2.8	0	0.0	1	0.7
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**
10. ระบบกล้ามเนื้อ						
- ไม่เคย	3	8.6	97	97.0	100	74.1
- นานๆ ครั้ง	3	8.6	0	0.0	3	2.2
- บางครั้ง	15	42.8	3	3.0	18	13.3
- บ่อย	12	34.3	0	0.0	12	8.9
- บ่อยมาก	2	5.7	0	0.0	2	1.5
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**
11. ระบบประสาทส่วนกลาง						
- ไม่เคย	4	11.4	97	97.0	101	74.8
- นานๆ ครั้ง	2	5.7	2	2.0	4	3.0
- บางครั้ง	23	65.8	1	1.0	24	17.8
- บ่อย	5	14.3	0	0.0	5	3.7
- บ่อยมาก	1	2.8	0	0.0	1	0.7
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**

ตารางที่ 4.24 ผลกระทบต่อสุขภาพอาการและอาการแสดงของร่างกาย ในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมา จากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี จำแนกตามปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา (ต่อ)

ผลกระทบต่อสุขภาพจากอาการและอาการแสดงของร่างกายเกษตรกรจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต	ปริมาณโคลีนเอสเตอเรส (PChE) ในพลาสมาเกษตรกร (หน่วย/มิลลิลิตร)				รวมจำนวนเกษตรกรทั้งหมด	
	PChE < 4,260		PChE ≥ 4,260			
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
12. หมดสติ ตัวเขียว ชัก หายใจลำบาก						
- ไม่เคย	10	28.6	100	100.0	110	81.5
- นานๆ ครั้ง	16	45.7	0	0.0	16	11.9
- บางครั้ง	8	22.9	0	0.0	8	5.9
- บ่อย	1	2.8	0	0.0	1	0.7
- บ่อยมาก	0	0.0	0	0.0	0	0.0
รวม	**35**	**100.0**	**100**	**100.0**	**135**	**100.0**

จากตารางที่ 4.24 ผลกระทบต่อสุขภาพอาการและอาการแสดงของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี จากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้ในนาข้าว ในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมา จากการจำแนกตามปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร พบว่ากลุ่มเกษตรกรที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ ส่วนใหญ่เคยมีอาการผิดปกติของร่างกาย มากถึง ร้อยละ 97.2 คือ เกษตรกรเคยมีอาการผิดปกติเป็นบางครั้ง มากที่สุด ร้อยละ 40.0 สอดคล้องกับ Duangchinda et al.[16], นิรินธน์ ประเสริฐสังข์[55], Choudhary et al.[166], Eleršek and Filipič[167] และ Rastogi et al.[168] ทั้งนี้ อาจจะเนื่องมาจากการผสมใช้สารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตของเกษตรกรกลุ่มนี้ ได้แก่ วิธีการใช้ ปริมาณการใช้ ความถี่ที่ใช้ จำนวนชนิดสาร การผสมสารตามคำแนะนำของฉลาก/บรรจุภัณฑ์อย่างเคร่งครัด และการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลอย่างครบชุดทุกครั้ง มีการปฏิบัติที่ถูกต้องตามคำแนะนำของฉลาก/บรรจุภัณฑ์ น้อยกว่ากลุ่มเกษตรกรที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาอยู่ในเกณฑ์ปกติ ซึ่งพบว่าเคยมีอาการผิดปกติของร่างกาย เพียงร้อยละ 9.0 เท่านั้น

โดยกลุ่มเกษตรกรที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ เคยมีอาการผิดปกติของร่างกายที่พบมากที่สุด ได้แก่ ระบบทางเดินอาหาร รองลงมา ระบบกล้ามเนื้อ ระบบประสาทส่วนกลาง และระบบต่อมไร้ท่อ คือ ร้อยละ 94.3, 91.4 และ 88.6 ตามลำดับ ส่วน

กลุ่มเกษตรกรที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาอยู่ในเกณฑ์ปกติ จะพบอาการผิดปกติของร่างกายได้น้อยกว่า ซึ่งในจำนวนนี้อาการที่พบได้บ่อยที่สุด ได้แก่ ระบบผิวหนัง เพียงร้อยละ 7.0 รองลงมา ระบบต่อมไร้ท่อ ระบบทางเดินอาหาร ระบบกล้ามเนื้อ และระบบประสาทส่วนกลาง คือ ร้อยละ 7.0, 5.0, 5.0, 3.0 และ 3.0 ตามลำดับ สอดคล้องกับ นิรินธน์ ประเสริฐสังข์[55], Kim et al.[169], Jinky and Del Prado-Lu[170], Khan et al.[171] และ Jintana et al.[172] พบว่าเกษตรกรที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จะพบอาการผิดปกติของร่างกายต่อระบบกล้ามเนื้อ ระบบประสาท ระบบทางเดินอาหาร และระบบทางเดินหายใจ ทั้งจากการสัมผัสสารเคมีดังกล่าวโดยตรงและ/หรือจากการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ยังพบเกษตรกรที่เคยมีอาการผิดปกติของร่างกายซึ่งเป็นอาการรุนแรง คือ หมดสติ ปัสสาวะหรืออุจจาระราด ตัวเขียว ชัก และหายใจลำบาก ซึ่งอาจเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตได้[63,173] โดยเฉพาะในกลุ่มเกษตรกรที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ[174-175] ได้มากถึง ร้อยละ 71.4 ซึ่งอาการรุนแรงต่างๆ เหล่านี้ ไม่เคยพบในกลุ่มเกษตรกรที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาที่อยู่ในเกณฑ์ปกติเลย

เมื่อพิจารณาผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกร จากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตจากอาการและอาการแสดงของร่างกายเกษตรกร ในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมา โดยการนำค่าคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มาจัดระดับ โดยแบ่งเกณฑ์ออกเป็น 3 ระดับ[126] ดังนี้ ระดับมาก ค่าคะแนนเฉลี่ย มากกว่า 26.55 คะแนน ระดับปานกลาง ค่าคะแนนเฉลี่ย 17.48-26.55 คะแนน และระดับน้อย ค่าคะแนนเฉลี่ย น้อยกว่า 17.48 คะแนน ดังตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 จำนวนและร้อยละของเกษตรกร จำแนกตามระดับผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

ระดับผลกระทบต่อสุขภาพเกษตรกร	ค่าคะแนนเฉลี่ย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
มาก	>26.55	29	21.5
ปานกลาง	17.48 – 26.55	9	6.7
น้อย	<17.48	97	71.8
รวม (min = 12, max = 43, mean = 17.47, S.D. = 9.09)		135	100.0

จากตารางที่ 4.25 ผลกระทบต่อสุขภาพเกษตรกร จากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต โดยจัดแบ่งตามเกณฑ์ของค่าคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบระดับผลกระทบต่อสุขภาพเกษตรกร อยู่ในระดับน้อย มากที่สุด ร้อยละ 71.8 รองลงมา ระดับมาก และ

ระดับปานกลาง คือ ร้อยละ 21.5 และ 6.7 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ช่วงคะแนนของเกษตรกรทั้งหมด โดยการรวมคะแนนรายข้อและค่าคะแนนเฉลี่ย เพื่อหาเกณฑ์การแปลผลแบ่งคะแนนตามช่วง[127-128] ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ช่วงคะแนน พบมีค่าเฉลี่ยคะแนน เท่ากับ 2.51 คะแนน หมายถึง มีผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต อยู่ในระดับน้อย คือ มีค่าเฉลี่ยคะแนนอยู่ระหว่าง 1.80-2.59 คะแนน เกษตรกรส่วนใหญ่มีผลกระทบต่อสุขภาพมากที่สุด คือ เคยมีอาการผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ท้องเสีย และอุจจาระราด โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย 2.24 คะแนน รองลงมา เคยมีอาการผิดปกติของระบบประสาทส่วนกลาง ได้แก่ ซึม สับสน ขาดสมาธิ ปวดศีรษะ และตัวสั่น และเคยมีอาการผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อ ได้แก่ เป็นตะคริว หนังตากระตุก กล้ามเนื้ออ่อนล้า และชา มีค่าคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 2.23 และ 2.15 คะแนน ตามลำดับ อาจจะเนื่องจากเกษตรกรมีการปฏิบัติก่อนใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ไม่ถูกต้อง เช่น ไม่ได้อ่านคำแนะนำของฉลาก/บรรจุภัณฑ์สารทุกครั้ง (ร้อยละ 52.6) การผสมสารกำจัดศัตรูพืชตั้งแต่ 2 ชนิด รวมกันฉีดพ่นในนาข้าวแต่ละครั้ง (ร้อยละ 78.5) และไม่ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลทุกครั้ง (ร้อยละ 44.4) โดยสอดคล้องกับ ประชุมพร เลาห์ประเสริฐ และคณะ[113] พบว่าในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร มีการปฏิบัติตามคำแนะนำของฉลากทุกครั้ง และใช้ตามปริมาณที่ระบุไว้ในฉลาก ร้อยละ 87.0 ผสมสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ตั้งแต่ 2 ชนิดรวมกัน ร้อยละ 100.0 ด้วยมือเปล่าคือการใช้ไม้คน ในขณะฉีดพ่นสารเคมีเกษตรกรไม่ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล มากที่สุด คือ การไม่ใส่แว่นตาป้องกันสารเคมี ร้อยละ 52.2 ซึ่งเป็นพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชที่ไม่ถูกต้อง โดยพบเกษตรกรมีอาการผิดปกติของร่างกาย ภายหลังจากการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชมากที่สุด คือ ปวดศีรษะ รองลงมา คลื่นไส้ และมีผื่นคัน ร้อยละ 73.2, 62.0 และ 31.5 ตามลำดับ

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าว ที่มีต่อผลผลิตและสุขภาพเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี โดยการวิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพรฟีโนฟอส ในน้ำ ดิน และผลผลิตข้าวเปลือก ตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะแรกของการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ คือต้นข้าวมีอายุ 0-30 วัน ระยะที่ 2 ระยะข้าวออกดอก คือต้นข้าวมีอายุ 31-60 วัน และระยะที่ 3 ระยะสร้างเมล็ด คือต้นข้าวมีอายุ 61-120 วัน ในแปลงทดลอง จำนวน 5 แปลง ซึ่งในการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต โดยพิจารณาจากปริมาณความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ ตามอัตราการใช้สารแต่ละชนิดที่กำหนดไว้สูงสุดบนฉลากหรือภาชนะบรรจุ ใช้ฉีดพ่นในแต่ละครั้งต่อพื้นที่แปลงนาข้าว 16 ตารางเมตร ได้แก่ คลอร์ไพริฟอส และไดเมทโธเอท อัตราที่ใช้ 0.80 กรัม (2 มิลลิลิตร) อีพีเอ็น อัตราที่ใช้ 0.90 กรัม (2 มิลลิลิตร) และโพรฟีโนฟอส อัตราที่ใช้ 0.50 กรัม (1 มิลลิลิตร) โดยผสมกับน้ำปริมาตร 1 ลิตร ฉีดพ่นป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวในแปลงนาข้าว ซึ่งมีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกัน ในจำนวนชนิด และปริมาณสารออกฤทธิ์ โดยมีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ครั้งที่ 1 ในวันที่ 27 ครั้งที่ 2 ในวันที่ 57 และ ครั้งที่ 3 ในวันที่ 87 ของอายุต้นข้าว ตามลำดับ จำนวนทั้งหมด 5 แปลง ดังนี้

แปลงที่ 1 ไม่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตทุกครั้ง

แปลงที่ 2 ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ครั้งละ 1 ชนิด คือ ครั้งที่ 1 ใช้คลอร์ไพริฟอส ครั้งที่ 2 ใช้อีพีเอ็น ครั้งที่ 3 ใช้ไดเมทโธเอท

แปลงที่ 3 มีการผสมฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ครั้งละ 2 ชนิด คือ ครั้งที่ 1 ใช้คลอร์ไพริฟอสและอีพีเอ็น ครั้งที่ 2 ใช้โพฟีโนฟอสและคลอร์ไพริฟอส ครั้งที่ 3 ใช้อีพีเอ็นและไดเมทโธเอท

แปลงที่ 4 มีการผสมฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ครั้งละ 3 ชนิด คือ ครั้งที่ 1 ใช้คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น และไดเมทโธเอท ครั้งที่ 2 ใช้อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพฟีโนฟอส ครั้งที่ 3 ใช้คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น และโพฟีโนฟอส

แปลงที่ 5 มีการผสมฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ทั้งหมด 4 ชนิด คือ คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพฟีโนฟอส ทุกครั้ง

และศึกษาการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตกับการตรวจเลือดหาระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา และผลกระทบต่อสุขภาพเกษตรกร จำนวน 135 คน สรุปผลได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในน้ำ

ผลการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในน้ำตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว คือในวันที่ 30, 60 และ 90 ของอายุต้นข้าว ด้วยเครื่อง GC-FPD พบปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ในน้ำในแปลงที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตามจำนวนชนิดสารที่ฉีดพ่น คือ แปลงที่ 2, 3, 4 และ 5 โดยพบปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในน้ำในแต่ละแปลง ตามจำนวนชนิดสารที่ฉีดพ่นในแต่ละช่วงระยะของการเจริญเติบโตของข้าว ขึ้นอยู่กับชนิดสารและปริมาณความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ตามอัตราการใช้สารแต่ละชนิดที่มีการฉีดพ่นครั้งสุดท้ายในแต่ละระยะ และระดับน้ำหรือปริมาตรน้ำในแปลง มีอิทธิพลต่อความเข้มข้นและปริมาณสารพิษในน้ำโดยตรง คือการฉีดพ่นสารในปริมาณและอัตราของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่เท่ากัน ในแปลงที่มีปริมาตรน้ำน้อยจะมีความเข้มข้นของสารพิษตกค้างอยู่ สูงกว่าแปลงที่มีปริมาตรน้ำมากกว่า คือในวันที่ 60 ของอายุต้นข้าว ที่มีระดับน้ำในทุกแปลงต่ำสุดกว่าในวันอื่นๆ โดยในแปลงที่ 5 พบปริมาณสารพิษรวมทุกชนิดสูงสุด เท่ากับ 154.594 มิลลิกรัมต่อลิตร สูงกว่าในวันที่ 90 และ 30 ของอายุต้นข้าว คือ เท่ากับ 20.444 และ 8.241 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

5.1.2 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในดิน

โดยพบปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในดิน ตามจำนวนชนิดสารที่ฉีดพ่นในแปลงนาข้าว ในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตของข้าว ทั้ง 3 ระยะ ขึ้นอยู่กับจำนวนชนิดสารและปริมาณความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ตามอัตราการใช้สารแต่ละชนิด ที่มีการฉีดพ่นครั้งสุดท้ายในแต่ละระยะ โดยแปลงที่ 5 ที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต มากที่สุด 4 ชนิดรวมกันฉีดพ่นทุกครั้ง พบปริมาณสารพิษตกค้างโดยรวมทุกชนิดในดินสูงสุด ในวันที่ 90 ของอายุต้นข้าว คือ เท่ากับ 8.731 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมา ในวันที่ 60 และ 30 ของอายุต้นข้าว เท่ากับ 0.744 และ 0.390 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยพบปริมาณคลอร์ไพริฟอสสูงสุดในทุกระยะการเจริญเติบโตของข้าว

5.1.3 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในผลผลิตข้าวเปลือก

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ตกค้างในผลผลิตข้าวเปลือก หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว พบปริมาณสารตกค้างมีความสัมพันธ์กับการผสม

สารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตที่ฉีดพ่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยแปลงที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต ที่มีจำนวนชนิดและปริมาณสารแตกต่างกัน ส่งผลต่อปริมาณสารตกค้างในข้าวเปลือกแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยแปลงที่ 5 ซึ่งมีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตจำนวนชนิดมากที่สุด คือ 4 ชนิด ซึ่งฉีดพ่นกำจัดแมลงศัตรูข้าวทุกครั้งตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว พบปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตตกค้างรวมทุกชนิดเฉลี่ยสูงสุด คือ 0.075 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมา แปลงที่ 4, 3 และ 2 คือ 0.042, 0.015 และ 0.009 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และแปลงที่ 1 ซึ่งไม่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตเลยทุกครั้ง โดยพบปริมาณสารพิษตกค้างในข้าวเปลือกน้อยที่สุด คือ เท่ากับ 0.008 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

5.1.4 ผลผลิตข้าวเปลือก

การผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในแปลงนาข้าว ส่งผลต่อผลผลิตข้าวเปลือกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 คือแปลงที่ 5 ที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตรวมกันฉีดพ่นทุกครั้งมากที่สุด คือจำนวน 4 ชนิด ได้ผลผลิตข้าวเปลือกเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 900.2 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา แปลงที่ 4 ซึ่งมีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 3 ชนิด ได้ผลผลิตข้าวเปลือกเฉลี่ย เท่ากับ 890.2 กิโลกรัมต่อไร่ แปลงที่ 3 ที่มีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 2 ชนิด ได้ผลผลิตข้าวเปลือก เท่ากับ 860.2 กิโลกรัมต่อไร่ แปลงที่ 2 ซึ่งฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 1 ชนิด ได้ผลผลิตข้าวเปลือกเฉลี่ยเท่ากับ 840.4 กิโลกรัมต่อไร่ และแปลงที่ 1 ซึ่งไม่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่น ได้ผลผลิตข้าวเปลือกเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 820.3 กิโลกรัมต่อไร่

จากสมมติฐาน ข้อที่ 1 การผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้ในนาข้าวของเกษตรกรมีผลต่อปริมาณสารพิษตกค้างในน้ำ ดินนา และผลผลิตข้าวเปลือก โดยผลการศึกษาพบว่าปริมาณสารพิษตกค้าง 4 ชนิด คือ คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพรฟีโนฟอส ในน้ำ ดิน และผลผลิตข้าวเปลือก มีปริมาณสารพิษตกค้างแตกต่างกัน ตามจำนวนชนิด ปริมาณ และอัตราสารออกฤทธิ์ ในการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ฉีดพ่นในแปลงนาข้าว โดยพบว่าแปลงที่มีการผสมฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตยิ่งจำนวนมากชนิด ตรวจพบปริมาณสารพิษโดยรวมตกค้างอยู่ในน้ำ ดิน และผลผลิตข้าวเปลือก สูงมากตามไปด้วย ดังนั้น จึงปฏิเสธ H_0 กล่าวคือ ปริมาณสารพิษตกค้างในน้ำ ดิน และผลผลิตข้าวเปลือก ขึ้นอยู่กับการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้ฉีดพ่นในนาข้าวของเกษตรกร โดยแปลงที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต พบปริมาณสารพิษกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตกค้าง ในน้ำ ดิน และข้าวเปลือกสูงเกินค่า MRL โดยแปลงที่ 5 ซึ่งมีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมากที่สุดจำนวน 4 ชนิด ได้ผลผลิตข้าวเปลือกมากที่สุด คือ 900.2 กิโลกรัมต่อไร่ แต่พบปริมาณสารพิษตกค้างโดยรวม

ในข้าวเปลือกสูงสุด เท่ากับ 0.299 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สูงเกินค่า MRL ถึง 5.98 เท่า ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพได้ อย่างไรก็ตาม หากคำนึงถึงผลผลิตข้าวและความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพเกษตรกรแล้ว แปลงที่ 2 ที่ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 1 ชนิดต่อครั้ง ได้ผลผลิตข้าวเปลือก 840.4 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าผลผลิตโดยเฉลี่ยทั่วไป คือ 793.0 กิโลกรัมต่อไร่ แต่พบปริมาณสารพิษตกค้างโดยรวมในข้าวเปลือก ต่ำกว่าค่า MRL คือ เท่ากับ 0.035 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จึงมีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพมากกว่าการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นรวมกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป คือ แปลงที่ 3, 4 และ 5 ที่พบปริมาณสารพิษตกค้างในข้าวเปลือก สูงเกินค่า MRL คือ เท่ากับ 0.060, 0.168 และ 0.299 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

5.1.5 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตกับผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ฉีดพ่นป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวของเกษตรกรอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี กับผลกระทบต่อสุขภาพ โดยพบเกษตรกรส่วนใหญ่มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ไม่ถูกต้อง คือ มากกว่าร้อยละ 50.0 มีการปฏิบัติก่อนการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และวิธีการใช้สารกำจัดศัตรูพืช โดยไม่ได้อ่านคำแนะนำของฉลากหรือบรรจุภัณฑ์สารทุกครั้ง ร้อยละ 78.5 ที่มีการผสมสารรวมกันฉีดพ่นตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ร้อยละ 59.3 ที่ผสมสารกำจัดศัตรูพืชโดยการไม่ใส่ถุงมือยางและใช้ไม้กวนทุกครั้ง ร้อยละ 61.5 ใช้สารกำจัดศัตรูพืชฉีดพ่นในนาข้าวต่อฤดูกาลเพาะปลูกมากกว่า 1 ครั้งต่อเดือน ร้อยละ 49.6 กำหนดปริมาณการใช้สารกำจัดศัตรูพืชโดยไม่ได้ปฏิบัติตามฉลาก/บรรจุภัณฑ์สารทุกครั้ง และ ร้อยละ 44.5 ที่ไม่มีการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลครบทุกครั้ง ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกร รวมทั้งระยะเวลาที่เกษตรกรมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวครั้งสุดท้าย เช่น ภายใน 1 สัปดาห์ ส่งผลต่อการตรวจเลือดพบระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกรต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ ถึงร้อยละ 65.3

5.1.6 ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

ผลการตรวจเลือดหาระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 135 คน ด้วยวิธี Spectrophotometry พบว่าระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อยู่ในช่วง 4,900.03 - 11,174.21 หน่วยต่อมิลลิลิตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับระดับโคลีนเอสเตอเรสในร่างกายของเกษตรกรโดยทั่วๆ ไป พบว่า เกษตรกรอำเภอสามชุก มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาอยู่ในเกณฑ์ปกติ คือ อยู่ในช่วง 4,260 - 12,920 หน่วยต่อมิลลิลิตร

ร้อยละ 74.1 และต่ำกว่าปกติ คือน้อยกว่า 4,260 หน่วยต่อมิลลิลิตร ร้อยละ 25.9 ซึ่งพบได้น้อยกว่าเกษตรกรโดยทั่วไปที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ คือ ร้อยละ 32.0

5.1.7 ความสัมพันธ์ของการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตกับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

ผลการศึกษาการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี ได้แก่ ชนิดสาร ปริมาณที่ใช้ วิธีการผสม ระยะเวลาที่ใช้ ความถี่ในการใช้สารเคมี การเก็บและการทำลายภาชนะบรรจุภัณฑ์ และการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล มีความสัมพันธ์กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($R = 0.848$, $F = 28.636$, $p < 0.001$) จากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของเกษตรกร สามารถทำนายค่าของระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา ได้ร้อยละ 71.9 โดยมีความสัมพันธ์กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร เท่ากับ 9,509.11 หน่วยต่อมิลลิลิตร

จากสมมติฐาน ข้อที่ 2 การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมีผลต่อระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาเกษตรกร โดยผลการศึกษา พบว่า การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าว มีผลต่อระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 จึงปฏิเสธ H_0 กล่าวคือ การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมีผลต่อระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร โดยพบว่ากลุ่มเกษตรกรที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาอยู่ในเกณฑ์ปกติ มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าว โดยการปฏิบัติตามคำแนะนำของฉลาก/บรรจุภัณฑ์อย่างเคร่งครัดทุกครั้ง ซึ่งเป็นการใช้สารกำจัดศัตรูพืชที่ถูกต้องมากกว่ากลุ่มเกษตรกรที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ เช่น ระยะเวลาที่มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่นในนาข้าวครั้งสุดท้าย จำนวนชนิดสารที่ใช้ฉีดพ่นในแต่ละครั้ง การผสมสารกำจัดศัตรูพืช และความถี่ที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต รวมทั้งการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่แตกต่างกันระหว่างเกษตรกรทั้งสองกลุ่ม

5.1.8 ความสัมพันธ์ของปัจจัยส่วนบุคคลกับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

ปัจจัยส่วนบุคคลของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี มีความสัมพันธ์กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาเกษตรกร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($R = 0.309$, $F = 6.986$, $p = 0.040$) สามารถทำนายค่าของระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา ได้ร้อยละ 9.60 โดยมีความสัมพันธ์กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร เท่ากับ 16,240.08 หน่วยต่อมิลลิลิตร โดยพบว่าปัจจัยส่วนบุคคลของเกษตรกร คือ ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ และจำนวนพื้นที่ทำนาส่งผลต่อระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาลดลง เท่ากับ 83.13 หน่วยต่อมิลลิลิตร

5.1.9 ความสัมพันธ์ของระดับโคลีนเอสเตอเรสในเลือดกับอาการและอาการแสดงของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

ผลการศึกษาพบว่าผลกระทบต่อสุขภาพจากอาการและอาการแสดงของร่างกายกับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี มีความสัมพันธ์กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($R = 0.818$, $F = 133.920$, $p < 0.001$)

โดยผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกร จากอาการและอาการแสดงของร่างกายสามารถทำนายค่าของระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาได้ร้อยละ 67.0 และมีความสัมพันธ์กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร เท่ากับ 9,552.22 หน่วยต่อมิลลิลิตร ทั้งนี้ การผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 4 ชนิดรวมกันฉีดพ่น ทำให้ปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาลดลงมากที่สุด คือ เท่ากับ 7,536.04 หน่วยต่อมิลลิลิตร รองลงมา การผสมสารรวมกัน 3 ชนิด ผสมสารรวมกัน 2 ชนิด และการฉีดพ่นสาร 1 ชนิด คือ ปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาลดลง ระหว่าง 4,393.77 - 6,173.24, 2,737.65 - 4,798.39 และ 1,362.40 - 3,142.27 หน่วยต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ โดยผลกระทบต่อสุขภาพจากอาการและอาการแสดงของร่างกาย จากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต มีค่าคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 2.51 คะแนน ซึ่งอยู่ในค่าช่วงคะแนนเฉลี่ย 1.80 - 2.59 คะแนน คือการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมีผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกรในระดับน้อย โดยเคยพบความผิดปกติของร่างกายมากที่สุด ได้แก่ ระบบทางเดินอาหาร ($p < 0.001$) และระบบประสาทส่วนกลาง ($p < 0.001$)

จากสมมติฐาน ข้อที่ 3 ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาเกษตรกรมีผลกระทบต่อสุขภาพ โดยผลการศึกษา พบว่าระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาเกษตรกรมีผลกระทบต่อสุขภาพจากอาการและอาการแสดงของร่างกาย อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.01 จึงปฏิเสธ H_0 กล่าวคือ ผลกระทบต่อสุขภาพเกษตรกร ขึ้นอยู่กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา โดยพบว่าจากอาการและอาการแสดงของร่างกายเกษตรกรที่ผิดปกติของร่างกายในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมา จากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต อยู่ในระดับน้อย คือมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 เกษตรกรส่วนใหญ่มีผลกระทบต่อสุขภาพมากที่สุด คือเคยมีอาการผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร และระบบประสาทส่วนกลาง โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 2.24 และ 2.23 คะแนน ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการให้ข้อมูลแก่เกษตรกร ในทางเลือกถึงการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในการทำนาข้าว ที่ช่วยลดอันตรายจากสารพิษที่ใช้ฉีดพ่น โดยคำนึงถึงจำนวนชนิด

ปริมาณสารออกฤทธิ์ และการผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่พบปริมาณตกค้างน้อยที่สุด ทั้งในน้ำ ดิน และข้าวเปลือก โดยการผสมสาร จำนวน 2 ชนิด ฉีดพ่นในแต่ละครั้ง ซึ่งได้ผลผลิตข้าว ไม่แตกต่างจากการผสมสาร จำนวน 3 ชนิด คือได้ผลผลิตข้าวมากกว่าผลผลิตโดยเฉลี่ยทั่วไป แต่มีความปลอดภัยต่อสิ่งมีชีวิตมากกว่า เพราะพบปริมาณสารพิษตกค้างทั้งหมดในข้าวเปลือก ไม่เกินค่า MRLs การผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตฉีดพ่น ในระยะที่ต้นข้าวมีอายุ 57 วัน และ 87 วัน พบคลอร์ไพริฟอส ที่ฉีดพ่นในแต่ละครั้ง ตามปริมาณและอัตราสารออกฤทธิ์กำหนดไว้สูงสุด มีปริมาณตกค้างสูงกว่าสารชนิดอื่นๆ ทั้งในน้ำ ดิน และข้าวเปลือก จึงควรฉีดพ่นในระยะแรก คือเมื่อต้นข้าวมีอายุ 27 วัน เพื่อลดปริมาณคลอร์ไพริฟอสตกค้าง และอีพีเอ็น ไม่ควรผสมร่วมกับสารชนิดอื่นๆ เนื่องจากพบปริมาณอีพีเอ็นตกค้างสูงเกินค่า MRLs (Maximum residue limits คือน้อยกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในข้าวเปลือก แต่ควรใช้ไดเมทโธเอทหรือโพรฟีโนฟอส แทนสารชนิดอื่นๆ เพราะพบปริมาณสารนี้ตกค้างไม่เกินค่า MRLs และโพรฟีโนฟอส ซึ่งไม่พบการตกค้างสูงเกินค่า LOD (limit of detection คือน้อยกว่า 0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในข้าวเปลือกทุกแปลง และควรใช้ตามปริมาณสารออกฤทธิ์ไม่เกินกว่าที่ฉลากหรือบรรจุภัณฑ์กำหนดไว้ รวมทั้งลดการใช้ชนิดสารที่มีความเป็นพิษสูง คือ คลอร์ไพริฟอส และอีพีเอ็น โดยใช้ฉีดพ่นให้น้อยลง

5.2.2 ควรให้เจ้าหน้าที่สาธารณสุขและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แนะนำให้เกษตรกรมารับการตรวจเลือดเพื่อหา PChE ภายใน 1 สัปดาห์ หลังจากที่มีการใช้ OP ร่วมกับอาการและอาการแสดงของร่างกาย เนื่องจากผลการตรวจเลือดพบปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ ถึงร้อยละ 65.3 ร่วมกับอาการและอาการแสดงของร่างกาย เพื่อความถูกต้องของข้อมูล ผลการตรวจเลือดและการแปลผลกระทบต่อสุขภาพ โดยเฉพาะกลุ่มเกษตรกรที่มีปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาต่ำกว่าเกณฑ์ มีมากถึงร้อยละ 88.6 ที่เคยพบอาการผิดปกติต่อระบบประสาทส่วนกลาง และที่น่าเป็นห่วงมากที่สุด คือร้อยละ 71.4 ของเกษตรกรกลุ่มนี้ที่เคยมีอาการหมดสติ ตัวเขียว ชัก หายใจลำบาก ซึ่งเป็นอันตรายต่อชีวิตมากที่สุด

5.2.3 ควรมีการกำหนดเกณฑ์ค่ามาตรฐานของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตกค้างในแหล่งน้ำ และดิน ทั้งปริมาณ และระยะเวลาที่สารพิษตกค้างอยู่ เนื่องจากสารกลุ่มนี้มีความเป็นพิษสูงต่อสิ่งมีชีวิต เพื่อผลักดันให้ภาครัฐและผู้เกี่ยวข้อง มีการควบคุมสารเคมีกลุ่มนี้อย่างชัดเจนมากขึ้น ซึ่งจะช่วยลดผลกระทบจากสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ทั้งในน้ำ ดิน และความเป็นอันตรายต่อสุขภาพเกษตรกร

รายการอ้างอิง

1. วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์. เกษตรอินทรีย์ในประเทศไทย [อินเตอร์เน็ต]. 2551 [สืบค้นเมื่อวันที่ 22 มี.ค. 2555]. จาก http://www.budmgt.com/agri01/org-agri3thai.html

2. ทรัพย์สตรี แสนทวีสุข, วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์. การใช้สารกำจัดศัตรูพืชอย่างปลอดภัยต่อคนและสิ่งแวดล้อม คู่มือสำหรับเกษตรกรและผู้ที่สนใจ. พิมพ์ครั้งที่ 2. [กรุงเทพฯ]: เอเอ็นที ออฟฟิศ เอกซ์เพรส; 2555.

3. กัลยาณี จันธิมา, จันทรกาญจน์ แสงรัตนชัย, นันทนา แต้ประเสริฐ, ภักวิภา งอกชัยภูมิ. การพัฒนาระบบเฝ้าระวังโรคในชุมชนเพื่อการป้องกันโรคพิษสารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรปลูกผักในตำบลลุ่มลำน้ำชี อำเภอบ้านเขว้า จังหวัดชัยภูมิ ปี 2551-2552 (Community based surveillance system for pesticide poisoning among farmer in tambol Lumlaoshe Bankaol district Chaiyaphum province, 2008-2009). วารสารวิชาการสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 5 จังหวัดนครราชสีมา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. 2554;17:6-7.

4 สำนักงานสถิติแห่งชาติ. จังหวัดที่มีผลผลิตข้าวมากที่สุด 10 ลำดับ พ.ศ. 2552-2554 [อินเตอร์เน็ต]. 2554 [สืบค้นเมื่อวันที่ 7 ก.พ. 2556]. จาก http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/TopTen/10/T1005/th.htm

5. กระทรวงพาณิชย์. ราคาสินค้าเกษตร [อินเตอร์เน็ต]. 2556 [สืบค้นเมื่อวันที่ 7 ก.พ. 2556]. จาก www.dit.go.th/uploadnew53/Suphanburi

6. ผู้จัดการออนไลน์. คุณภาพชีวิต: อึ้ง! นาข้าวสุพรรณฯ ฉีดสารเคมีไม่ยั้ง 15 ครั้ง ต่อ 1 ฤดูกาล เร่งจำนำข้าวรัฐบาล [อินเตอร์เน็ต]. 2556 [สืบค้นเมื่อวันที่ 29 พ.ย. 2555]. จาก www.manager.co.th/QOL/ViewNews.aspx?NewsID=9550000145855

7. ไมตรี สุทธจิตต์. สารพิษรอบตัว. พิมพ์ครั้งที่ 3. [กรุงเทพฯ]: ดวงกมล; 2551.

8. วัลยาพร จันตรี. ปัญหาการใช้สารเคมีในการทำเกษตรกรรมที่ส่งผลต่อสังคม [อินเตอร์เน็ต]. 2556 [สืบค้นเมื่อวันที่ 4 ม.ค. 2556]. จากhttp://sd-group1.blogspot.com/2013/01/53242520.html

9. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. คำแนะนำการใช้สารเคมีฆ่าแมลงในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในพื้นที่ระบาดเขตภาคเหนือตอนล่างและภาคกลาง; 2554.

10. สมคิด เฉลิมเกียรติ. รายงานผลการดำเนินงาน เรื่องการส่งเสริมเกษตรกรลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวในภาคตะวันตก. ศูนย์บริหารศัตรูพืช จังหวัดสุพรรณบุรี, สำนักส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 จังหวัดราชบุรี, กรมส่งเสริมการเกษตร; 2554.

11. นวลศรี โชตินันทน์. กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร จดหมายข่าวผลิใบ ก้าวใหม่การวิจัยและพัฒนาการเกษตร: การจัดการเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลอย่างยั่งยืน [อินเตอร์เน็ต]. 2555 [สืบค้นเมื่อวันที่ 29 พ.ย. 2557]. จาก http://it.doa.go.th/pibai/pibai/n13/v_3-apr/rai.html

12. สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. สถานการณ์ความเสี่ยงและโรคจากการประกอบอาชีพภาคเกษตรกรรม. กระทรวงสาธารณสุข; 2550.

13. สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค. รายงานสถานการณ์การได้รับพิษจากสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช. กระทรวงสาธารณสุข; 2550.

14. พิบูล อิสสระพันธุ์. สถานการณ์ความเสี่ยงของเกษตรกรจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและการเจ็บป่วยเฉียบพลัน. สถานการณ์ปัญหา ความเสี่ยง และผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของสังคมไทยปัจจุบัน. การประชุมวิชาการเพื่อการเฝ้าระวังสารเคมีทางการเกษตร ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ. 2554;57-64.

15. อิทธิพล ดวงจินดา, บัณฑิต อนุรักษ์. ระดับโคลีนเอสเตอเรสในซีรั่มชาวนาอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี. Proceedings of 2nd THAILAND INWEPF SYMPOSIUM. “Crucial roles of paddy fields associated with water management and environment”. กรุงเทพฯ: 2553; 67-77.

16. Duangchinda A, Anurugsa B, Hungspreug N. The use of organophosphate and carbamate pesticides on paddy fields and cholinesterase levels of farmers in Sam Chuk district, Suphan Buri province, Thailand. TIJST. 2014;19(1):39-51.

17. Gupta RC. Toxicology of organophosphate and carbamate compounds. [London]: Elsevier Academic Press; 2006.

18. รัตนา ทรัพย์บำเรอ. สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและผลกระทบต่อสุขภาพ. [กรุงเทพฯ]: โอเดียนสโตร์; 2557.

19. Murphy H. The health effects of pesticides use. FAO programme for community IPM in Asia. 1997.

20. กรมวิชาการเกษตร. ฝ่ายวัตถุมีพิษ สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชของประเทศไทย ระหว่างปี 2545-2553. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์; 2555.

21. ทรงพล โต้ชารี. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ. การตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม [อินเตอร์เน็ต]. 2554 [สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มี.ค. 2555]. จาก http://wqm.pcd.go.th/water/images/stories/agriculture/p8/pesticide.pdf

22. Fenik J, Tankiewicz M, Biziuk M. Properties and determination of pesticides in fruits and vegetables. Trends in Analytical Chemistry. 2011:814-6.

23. Mishar IP, Sabat G, Mohanty BK. Determination of LC_{50} for profenofos Q (curacron 500 PRO) with germination parameters of *Vigna radiate*, L. seeds. BMR Food & Nutrition Research. 2014;1(1):1-3.

24. สำนักงานเกษตรจังหวัดสุพรรณบุรี. รายงานการใช้สารเคมีการเกษตรจังหวัดสุพรรณบุรี ประจำปี 2553. สุพรรณบุรี; 2554.

25. สำนักงานเกษตรจังหวัดสุพรรณบุรี. รายงานประจำปี 2555. สุพรรณบุรี; 2556.

26. มลิวรรณ บุญเสนอ. นิเวศพิษวิทยา. [นครปฐม]: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2552.

27. Pesticide Action Network (PAN). Pesticides database-chemicals. Dimethoate-Identification, toxicity, use, water pollution potential, ecological toxicity and regulatory information [Internet]. 2007 [cited 2014 June 9]. Available from: http://pesticideinfo.org/Detail_Chemical.jsp?Rec_Id=PC33349

28. National Pesticide Information Center (NPDI). OSU Extension pesticide properties database [Internet] 2009 [cited 2014 May 2]. Available from: http://npic.orst.edu/ingred/ppdmove.htm

29. United States Department of Agriculture (USDA). Pesticide properties databases [Internet]. 2009 [cited 2014 May 2]. Available from: http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=14199

30. EXTOXNET. Movement of pesticides in the environment [Internet]. 2010 [cited 2013 Oct 9]. Available from: http://extoxnet.orst.edu/tibs/movement.htm

31. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. การจัดการน้ำอย่างเหมาะสม [อินเตอร์เน็ต]. 2554 [สืบค้นเมื่อวันที่ 9 พ.ค. 2557]. จาก http://www.brrd.in.th/rkb/manual/index.php-file=content.php&id=48

32. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. พันธุ์ข้าว การปักดำ การปลูก ดูแลรักษา และใช้ปุ๋ยในนาข้าว [อินเตอร์เน็ต]. 2553 [สืบค้นเมื่อวันที่ 9 พ.ค. 2557]. จาก www.ricethailand.go.th/info_riceknowledge.htm

33. Fishel F. Effect of water pH on the stability of pesticides. Department of Agronomy; University of Missouri [Internet]. 1989 [cited 2014 May 11]. Available from: extension.missouri.edu/p/IPM1017.

34. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการพลังงาน. มาตรฐานของแม่น้ำลำคลองและคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำต่างๆ [อินเตอร์เน็ต]. 2554 [สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มี.ค. 2557]. จาก http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi3/subwater1/standard.htm

35. Schilder A. Effect of water pH on the stability of pesticides. Department of Plant Pathology; Michigan State University; 2009.

36. กรมควบคุมมลพิษ. มาตรฐานการระบายน้ำลงทางน้ำชลประทานและทางน้ำที่เชื่อมต่อกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน [อินเตอร์เน็ต]. 2553 [สืบค้นเมื่อวันที่ 10 พ.ค. 2557]. จาก www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04.html

37. เชาวเลข ชยวัฒนางกูร, หทัยการ มิละโฮ, ผุสดี ช่วยแก้ว. สภาพนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งทั้งหมด สภาพด่าง และพีเอช [อินเตอร์เน็ต]. 2553. [สืบค้นเมื่อวันที่ 12 พ.ค. 2557]. จาก: http://www0.tint.or.th/nkc/nkc53/content/nstkc53-010.html

38. กรมพัฒนาที่ดิน. ความสำคัญของอินทรียวัตถุในดิน [อินเตอร์เน็ต]. 2554 [สืบค้นเมื่อวันที่ 10 พ.ค. 2557]. จาก www.ldd.go.th

39. กองวิเคราะห์ดิน. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีดินกับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ. [กรุงเทพฯ]: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์; 2544.

40. นันทรัตน์ ศุภกำเนิด. การเก็บตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์และการแปลผล. สถาบันวิจัยพืชสวน, กรมวิชาการเกษตร [อินเตอร์เน็ต]. 2557. [สืบค้นเมื่อวันที่ 14 มี.ค. 2557]. จาก: http://www.kehakaset.com/index.php/component/documen/doc_download/835-update?itemid

41. กรมพัฒนาที่ดิน. ลักษณะและสมบัติของชุดดินภาคกลาง: ชุดดินเดิมบาง-ชุดดินจัดตั้งของประเทศไทย [อินเตอร์เน็ต]. 2552. [สืบค้นเมื่อวันที่ 28 เม.ย. 2557]. จาก: www.ldd.go.th/thaisoils_museum/pf_d

42. ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร. ความรู้ชุดดินไทย [อินเตอร์เน็ต]. 2555. [สืบค้นเมื่อวันที่ 28 เม.ย. 2557]. จาก: www.mcc.cmu.ac.th/dinthai/taxonomy_detail.asp?SoilSeries=Db

43. สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน, กรมพัฒนาที่ดิน. ความรู้ชุดดินไทย [อินเตอร์เน็ต]. 2553 [สืบค้นเมื่อวันที่ 28 มี.ค. 2557]. จาก http://oss101.ldd.go.th

44. คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 8. [กรุงเทพฯ]: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตร; 2548.

45. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. กรมการข้าว. การจัดการแมลงศัตรูข้าว [อินเตอร์เน็ต]. 2554 [สืบค้นเมื่อวันที่ 21 ก.พ. 2555]. จาก http://natres.psu.ac.th/Department/PlantScience/510-111

46. กรมการข้าว. การจัดการแมลงศัตรูข้าว [อินเตอร์เน็ต]. 2554 [สืบค้นเมื่อวันที่ 21 ก.พ. 2555]. จาก http://natres.psu.ac.th/Department/PlantScience/510-111web/Technology%20Changes

47. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. พันธุ์ข้าว [อินเตอร์เน็ต]. 2554 [สืบค้นเมื่อวันที่ 9 พ.ค. 2557]. จาก http://www.brrd.in.th/rkb/varieties/index.php-file=content.php&id=125.htm

48. สุนิสา ชายเกลี้ยง, สายชล แปรงกระโทก. การประเมินทางชีวภาพด้านความเสี่ยงต่อการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มเกษตรกรผู้ทำนา: กรณีศึกษาตำบลแก้งสนามนาง อำเภอแก้งสนามนาง จังหวัดนครราชสีมา. ศรีนครินทร์เวชสาร. 2556;28(3):382-9.

49. Feron VJ, Cassee FR, Groten JP, Vliet PW, Zorge JA. International issues on human health effects of exposure to chemical mixtures. Environmental Health Perspectives. 2002;110(6): 893-9.

50. วันทนา ศรีรัตนศักดิ์, สุกัญญา อรัญมิตร, จินตนา ไชยวงค์. ผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวและแนวทางการขึ้นทะเบียนสารที่ใช้ในนาข้าว. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการเพื่อเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ปี 2555. เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (Thai-PAN). 2555.

51. วิชชาดา สิมลา, ตั้ม บุญรอด. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร ตำบลแหลมโตนด อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง. วารสารสาธารณสุขศาสตร์. 2555; 42(2):103-13.

52. อาภิรมย์ ชิณโน. พฤติกรรมในการใช้และการป้องกันอันตรายจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรของเกษตร จังหวัดกาฬสินธุ์ ปี 2553. วารสารวิจัยและพัฒนาระบบสุขภาพ. 2553;3(3):49-57.

53. นัฐวุฒิ ไผ่ผาด, สมจิตต์ สุพรรณทัสน์, ธีรพัฒน์ สุทธิประภา. ผลจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม อำเภอร่องคำ จังหวัดกาฬสินธุ์. แก่นเกษตร. 2557;42(3):301-10.

54. กรมวิชาการเกษตร. ผังการผสมสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชบางชนิด. กลุ่มงานวิจัยการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช กลุ่มกีฏและสัตว์วิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. 2551.

55. นิรินธน์ ประเสริฐสังข์. รายงานการศึกษาผลกระทบในการใช้สารเคมีทางการเกษตร: กรณีศึกษา การทำนาในเขตพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี. การประชุมวิชาการเพื่อการเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ประจำปี 2555, กรุงเทพฯ; 2554.

56. วิภา ตั้งนิพนธ์, ภิญญา จุลินทร, ปรีชา ฉัตรสันติประภา, ผกาสินี คล้ายมาลา, มลิสา เวชยสนนท์, วรวิทย์ สุจิรธรรม และคณะ. ความเสี่ยงจากการใช้วัตถุมีพิษการเกษตร (Risk assessment of pesticides used). กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร, สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2552.

57. Murphy H. The health effects of pesticides use. FAO programme for community IPM in Asia. 1997.

58. สุชาตา ชินะจิตร. พิษภัย ใกล้ตัว. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. [กรุงเทพฯ]: สร้างสื่อ; 2545.

59. ทรัพย์สตรี แสนทวีสุข, วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์. รู้ทันพฤติกรรมเสี่ยงในการทำนาข้าว: ป้องกันก่อนเกิดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บ. [กรุงเทพฯ]: เอเอ็นที ออฟฟิศ เอกซ์เพรส; 2556.

60. WHO (World Health Organization). World Health Organization Metabolism and mode of action. Organophosphorus Insecticides: a General Introduction. WHO. Geneva; 1986. p. 39-48.

61. คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี. พิษจลนศาสตร์ [อินเตอร์เน็ต]. 2550 [สืบค้นเมื่อวันที่ 12 ม.ค. 2554]. จาก http://www2.ra.mahidol.ac.th/poisoncenter/pois-cov/op.cb%20t1.html

62. คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. Cholinergic transmission [อินเตอร์เน็ต]. 2552 [สืบค้นเมื่อวันที่ 12 ม.ค. 2554]. จาก http://www.med.cmu.ac.th/dept/pharmaco/pharmacology/lesson01/08.htm

63. สุรศักดิ์ บูรณตรีเวทย์. อันตรายจากการสัมผัสสารปราบศัตรูพืชต่อเกษตรกร. [ปทุมธานี]: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2553.

64. วารุณี จิตอารี, ศักดิ์ระพี อินซีอาจ. รูปแบบทางพันธุกรรมของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในน้ำเลือดประชากรไทยภาคเหนือ. วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่. 2549;39(3):88-96.

65. Colovic MB, Krstic DZ, Lazarevic-Pasti TD, Bondzic AM, Vasic VM. Acetylcholinesterase inhibitors: pharmacology and toxicology. Current Neuropharmacology. 2013;11:315-35.

66. Pohanka M. Inhibitors of acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase meet immunity. Int J Mol Sci. 2014;15:9809-25.

67. Moss DW and Henderson AR. Tietz. Textbook of Clinical Chemistry. 2nd ed. New York: Burtis CA, & Ashwood ER(eds); 1994. p. 735-896.

68. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. กระทรวงสาธารณสุข. ชุดทดสอบสารพิษตกค้างในเลือด (Cholinesterase Test) [อินเตอร์เน็ต]. 2553 [สืบค้นเมื่อวันที่ 23 พ.ค. 2554]. จาก http://www.thailabonline.com/food_safety3.htm

69. COBAS. Cholinesterase Gen.2 Roche [Internet] 2007 [cited 2013 Jan 9]. Available from: https://usdiagnostics.roche.com/products/04498577190/PARAM14/overlay.html

70. WHO (World Health Organization). Use of anticoagulants in diagnosis laboratory investigations. WHO Publication WHO/DIL/LAB/99.1; 2002.

71. ศูนย์พิษวิทยา โรงพยาบาลรามาธิบดี. ภาวะเป็นพิษจากออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต [อินเตอร์เน็ต]. 2550 [สืบค้นเมื่อวันที่ 23 พ.ค. 2554]. จาก www.ra.mahidol.ac.th/poisoncenter/poi-cov/OP,CB.html

72. Eddleston M, Buckley NA, Eyer P, Dawson AH. Management of acute organophosphorus pesticide poisoning. Lancet. 2008;371:597-607.

73. Roberts D, Aaron C. Management of acute organophosphorus pesticide poisoning. BMJ. 2007;334:629-34.

74. WHO (World Health Organization). The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification. International Programme on Chemical Safety (IPCS). Geneva, Switzerland; 2009. p. 6-11.

75. Department of Environmental & Occupational Health Sciences. Mechanism of acute toxicity [Internet] 2007 [cited 2014 Oct 12]. Available from: http://depts.washington.edu/opchild/acute.html

76. Katzung BF. Basic and clinical pharmacology: introduction to autonomic pharmacology. 8th ed. [USA]: McGraw-Hill Companies; 2001. p. 75-91.

77. Gupta PK. Chapter 39 Organophosphates and carbamates. In: Gupta RC, editor. Veterinary Toxicology. [London]: Elsevier; 2007. p. 477-87.

78. Rotenberg M, Shefi M, Dany S, Dore I, Tirosh M, Almog S. Differentiation between organophosphate and carbamate poisoning. Clin Chim Acta. 1995;234:11-21.

79. Starks SE, Hoppin JA, Kamel F, Lynch CF, Jones MP, Alavanja MC, Sandler DP, Gerr F. Peripheral nervous system function and organophosphate pesticide use among licensed pesticide applications in the agricultural health study. Environ Health Perspect. 2012;120:515-20.

80. Stokes L, Stark A, Marshall E, Narang A. Neurotoxicity among pesticide applicators exposure to organophosphate. Occup Environ Med. 1995;52:648-53.
81. Ecobichon DJ. Toxic effects of pesticides. In: Klaassen CD, editor. Casarett & Doull's Toxicology: The basic science of poisons. 5th ed. [USA]: McGraw-Hill; 1996. p. 643-89.
82. Eddleston M, Szinicz L, Eyer P, Buckley N. Oximes in acute organophosphorus pesticide poisoning: a systematic review of clinical trials. QJM. 2002;95:275-83.
83. Eddleston M, Eyer P, Worek F, Mohamed F, Senarathna L, Von ML, et al. Differences between organophosphorus insecticides in human self-poisoning: a prospective cohort study. Lancet. 2005;366:1452-9.
84. ศิริพร วันฟั่น. เกษตรกรรมปลอดพิษ ชีวิตปลอดภัย. เครือข่ายสาขานโยบายการเกษตรและชนบท แผนงานวิจัยและพัฒนานโยบายสาธารณะเพื่อสุขภาพและระบบการประเมินผลกระทบทางสุขภาพ. สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข; 2554.
85. Smith GJ. Toxicology and pesticide use in relation to wildlife, organophosphate and carbamate compounds. [USA]: C.K. Smoley; 1993.
86. EXTOXNET (Extension Toxicology Network). Cholinesterase inhibition [Internet]. 1993 [cited 2014 Oct 9]. Available from: http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extoxnet/TIB/cholinesterase.html
87. Balali-Mood M, Abdollahi M. Basic and clinical toxicology of organophosphorus compounds. [London]: Springer; 2014.
88. IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry). Environmental fate - ecotoxicology - human health [Internet] 2009 [cited 2014 Oct 12]. Available from: http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/Reports/155.htm
89. PAN (Pesticide Action Network). Pesticide database. [Internet]. 2013 [cited 2014 Oct 9]. Available from: http://www.pesticideinfo.org/Docs/ref_toxicity4.html
90. ประกิจ เชื้อชม, ปัตพงษ์ เกษสมบูรณ์, นุศราพร เกษสมบูรณ์, นาถธิดา วีระปรียากุล. สรุปผลกระทบต่อสุขภาพและระบบนิเวศของ EPN (Ethy p-nitrophenyl thionobenzenephosphonate) [Internet] 2013 [cited 2014 Jul 28]. Available from: http://www.thaipan.org/node/525

91 ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตราย กรมควบคุมมลพิษ. เอกสารข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์ (MSDS): Dimethoate [อินเตอร์เน็ต]. 2549 [สืบค้นเมื่อวันที่ 25 พ.ค. 2555]. จาก http://msds.pcd.go.th/searchName.asp?vID=515

92. Sigma-Aldrich Singapore. เอกสารข้อมูลความปลอดภัย: Profenofos [อินเตอร์เน็ต]. 2547 [สืบค้นเมื่อวันที่ 25 พ.ค. 2555]. จาก http://www.chemtrack.org/MSDSSG/Trf/msdst/msdst41198-08-7.html

93. Akan JC, Jafiya L, Mohammed Z, Abdulrahman FI. Organophosphate pesticide residues in vegetables and soil samples from alau dam and gongulong agricultural areas, Borno State, Nigeria. Int J Environmental Monitoring and Analysis. 2013;1(2):58-64.

94. นาตยา จันทร์ส่อง. ชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในพริก ดิน และน้ำใต้ดินของแปลงเกษตรกรภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ตามโครงการเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP: พืช). กรมวิชาการเกษตร [อินเตอร์เน็ต]. 2550 [สืบค้นเมื่อวันที่ 12 ม.ค. 2554]. จาก http://puparn.rid.go.th.

95. Aiyesanmi AF, Idowu GA. Determination of organophosphorus pesticide residue in some selected cocoa farms in Idanre, Ondo State, Nigeria. Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry (EJEAFChe); 2011.

96. Safina M, Gichuki WJ, Raburu OP, Aura MC. Organoochlorine and organophosphorus pesticide residues in water and sediment from Yala/Nzoia River within Lake Victoria Basin, Kenya. J Ecology and the Natural Environment. 2011;3(12):392-9.

97. Abdel-Halim KY, Salama AK, El-Khateeb EN, Bakry NM. Organophosphorus pollutants (OPP) in aquatic environment at Damietta Governorate, Egypt: implications for monitoring and biomarker responses. Chemosphere. 2006;63(9):1491-8.

98. Loewy RM, Monza LB, Kirs VE, Savini MC. Pesticide distribution in an agricultural environment in Argentina. Journal of Environmental Science and Health, Part B. 2011;46(8):662-70.

99. Fadaei A, Dehghani MH, Nasseri S, Mahvi AH, Rastkari N, Shayeghi M. Organophosphorous pesticides in surface water of Iran. Bull Environ Contam Toxicol. 2012;88(6):867-9.

100. Arjmandi R, Tavakol M, Shayeghi M. Determination of organophosphorus insecticides in the rice paddies. Int J Environ Sci Tech., Winter 2010;7(1):175-82.
101. Rahmanikhah Z, Sari AE, Bahramifar N, Bousjien ZS. Organophosphorous pesticide residues in the surface and ground water in the Southern Coast Watershed of Caspian Sea, Iran. World Applied Science Journal. 2010;9(2):160-6.
102. Ragnarsdottir KV. Environmental fate and toxicology of organophosphate pesticides. Journal of the Geological Society. 2000;157(4):859-76.
103. ประสิทธิ์ ค้าชัยภูมิ, นพพร โหวธีระกุล, ดุสิต สุจิรารัตน์, สุคนธา ศิริ, นวรัตน์ สุวรรณวงษ์. ปัจจัยที่สัมพันธ์กับระดับโคลีนเอสเตอเรสในกระแสเลือดของเกษตรกรที่ทำสวนพริกในจังหวัดชัยภูมิ [Serum cholinesterase levels of Thai chilli-farm workers exposure to chemical pesticides: prevalence estimates and associated factors]. J Occup Health 2010; 52: 89-98.
104. วรเชษฐ์ ขอบใจ, อารักษ์ ดำรงสัตย์, พิทักษ์พงศ์ ปันต๊ะ, เดช ดอกพวง. พฤติกรรมการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดของกลุ่มเกษตรกรต้นน้ำ: กรณีศึกษาชาวเขาเผ่าม้ง จังหวัดพะเยา. วารสารวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ. ก.ค.-ธ.ค. 2553;4(2):36-46.
105. Ohayo-Mitoko GJA, Kromhout H, Simwa JM, Boleij JSM, Heederik D. Self-reported symptoms and inhibition of acetylcholinesterase activity among Kenyan agricultural workers. J Occup Environ Med. 2000;57:195-200.
106. Johnstone K. Organophosphate exposure in Australian agricultural workers: human exposure and risk assessment [dissertation]. [Queensland]: Queensland University of Technology; 2006.
107. กัญจน์ ศิลปะสิทธิ์, กฤติญา แสงภักดี, ณภัทร โพธิ์วัน, วสินี ไขว้พันธ์, ศิรินภา ศิริยันต์, ภัทรพงษ์ เกริกสกุล. การศึกษาพฤติกรรมการใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืชของชาวนา อำเภองครักษ์ จังหวัดนครนายก [A study chemical using behavior of farmer in Ongkharak district Nakhonnayok province, Thailand]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2556.
108. สง่า ทับทิมหิน. กระบวนการลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเพื่อเพิ่มความปลอดภัยด้านสุขภาพของเกษตรกรผู้ปลูกพริกและชุมชนบ้านหัวเรือทอง ตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี. วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่. 2555;5(1):66-78.

109. กิตติพันธุ์ ย่งฮะ. ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ในเกษตรกรพื้นที่อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี [Factors related to cholinesterase levels among agriculturists in Thamai district Chanthaburi province]. คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 2554.

110. สุจิตรา ยอดจันทร์, จรรยา สันตยากร, ณรงค์ศักดิ์ หนูสอน, ปกรณ์ ประจัญบาน. ผลของโปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพต่อพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของชาวนา. วารสารพยาบาลและสุขภาพ. 2554;5(2):45-54.

111. ธีรพัฒน์ สุทธิประภา. กระบวนการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมในการลดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารเคมีและการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้สารเคมี [The participatory learning process of reduction of impacts on health and environment from uses of chemicals and behavioral changes in chemical uses] [วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต (สิ่งแวดล้อม)]. [มหาสารคาม]: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2550.

112. Kesavachandran CN, Fareed M, Pathak MK, Bihari V, Mathur N, Srivastava AK. Adverse health effects of pesticides in agrarian populations of developing countries. Rev Environ Contam Toxicol. 2009;200:33-52.

113. ประชุมพร เลาห์ประเสริฐ, วีระศักดิ์ สืบเสาะ, คมศร เลาห์ประเสริฐ. การใช้สารเคมีและพฤติกรรมการป้องกันตนเองต่อสารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม. วารสารสุขศึกษา. 2551;31(110):91-106.

114. Mohd Fuad MJ, Junaidi AB, Habibah A, Hamzah J, Toriman ME, Lyndon N, et al. The impact of pesticides on paddy farmers and ecosystem. Advances in Natural and Applied Sciences. 2012;6(1):65-70.

115. สุวิทย์ วรรณศรี. สารเคมีทางการเกษตรและสุขภาพอนามัยของเกษตรกรในจังหวัดเพชรบูรณ์. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์; 2552.

116. ศูนย์ข้อมูลประเทศไทย. แผนที่อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี [อินเตอร์เน็ต]. 2555 [สืบค้นเมื่อวันที่ 9 ก.ย. 2557]. จาก http://suphanburi.kapook.com

117. Krejcie RV, Morgan DW. Determining sample size for research activities. Educational and Psychological Measurement. 1970;30(3):607-10.

118. Bartlett EJ, Kotrlik WJ, Higgins CC. Organizational research: determining appropriate sample size in survey research. Information Technology Learning and Performance Journal. 2001;19(1):43-50.

119. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Guidance on choosing a sampling design for environmental data collection for use in developing a quality assurance project plan. [USA]: EPA; 2002.

120. กรมวิชาการเกษตร. การวิเคราะห์สารเคมีตกค้าง โดยวิธีมาตรฐาน [อินเตอร์เน็ต]. 2552 [สืบค้นเมื่อวันที่ 2 ก.ย. 2556]. จาก http://www.clinickaset.net/CRA-final/4_2_1.htm

121. Chau ASY, Afghan BK. Analysis of pesticide in water. Vol. II. [USA]: CRC Press; 1988.

122. Keith LH. Compilation of EPA's sampling and analysis methods. [USA]: Lewis Publishers, Inc.; 1992.

123. TNO (The Netherlands Organization). TNO Standard Method. TNO Nutrition and Food Research Institute. The Netherlands; 1996.

124. ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. เครื่องวัดความชื้นเมล็ดพันธุ์ EE-KU รุ่นเกษตร 60 ปี [อินเตอร์เน็ต]. 2556 [สืบค้นเมื่อวันที่ 13 ก.พ. 2557]. จาก http://pirun.ku.ac.th

125. สุวิมล ติรกานันท์. การสร้างเครื่องมือวัดตัวแปรในการวิจัยทางสังคมศาสตร์: แนวทางสู่การปฏิบัติ. [กรุงเทพฯ]: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2551.

126. Practical statistics for educations. 4th ed. [USA]: Rowman & Littlefield Publishers, Inc.; 2011.

127. บุญชม ศรีสะอาด. วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 4. [กรุงเทพฯ]: สุวีริยาสาส์น; 2547.

128. บุญชม ศรีสะอาด. การวิจัยเบื้องต้น (ฉบับปรับปรุงใหม่). พิมพ์ครั้งที่ 8. [กรุงเทพฯ]: สุวีริยาสาส์น; 2553.

129. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. การจัดการแมลงศัตรูข้าว [อินเตอร์เน็ต]. 2555 [สืบค้นเมื่อวันที่ 13 ก.พ. 2556]. จาก http://natres.psu.ac.th

130. Huang JH, Hu RF, Qiao FB, Yin YH, Liu HJ, Huang ZR. Impact of insect-resistant GM rice on pesticide use and farmers' health in China. Science China Life Sciences. 2014:1-6.

131. บุญหงษ์ จงคิด. ข้าวและเทคโนโลยีการผลิต. [กรุงเทพฯ]: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2553.

132. ทรงเกียรติ วิสุทธิพิทักษ์กุล. การใช้สถิติเพื่อการปรับปรุงกระบวนการ (The use of statistics for process improvement). [กรุงเทพฯ]: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย; 2545.

133. กัลยา วานิชย์บัญชา. การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 20. [กรุงเทพฯ]: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2555.

134. กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. สถิติปริมาณฝน ณ สถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดสุพรรณบุรี พ.ศ. 2544-2556 [อินเตอร์เน็ต]. 2556 [สืบค้นเมื่อวันที่ 1 ต.ค. 2556]. จาก http://www.tmd.go.th/province.php

135. Deer HM, Beard R. Effect of water pH on the chemical stability of pesticides [Internet]. 2008 [cited 2014 May 11]. Available from: http://utahpests.usu.edu/htm/factsheets/publication=5309&custom=1

136. ส่วนวิชาการคุณภาพน้ำ กองแผนคุณภาพน้ำ การประปานครหลวง. ปัจจัยที่ทำให้เกิดน้ำเสีย [อินเตอร์เน็ต]. 2556 [สืบค้นเมื่อวันที่ 13 ก.พ. 2557]. จาก http://www.mwa.co.th/ewt_news.php?nid=13321

137. Environmental fate - ecotoxicology - human health. General information for chlorpyrifos, EPN, dimethoate, profenofos [Internet] 2009 [cited 2014 May 2]. Available from: http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/155.htm

138. Montgomery JH. Agrochemicals desk reference 2nd. [USA.]: Lewis Publishers; 1997.

139. คณาจารย์ภาควิชาเภสัชเคมี. สารกำจัดแมลงศัตรูพืช. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2556.

140. กรมพัฒนาที่ดิน. ระบบฐานข้อมูลกลุ่มชุดดิน [อินเตอร์เน็ต]. 2553 [สืบค้นเมื่อวันที่ 31 มี.ค. 2557]. จาก http://giswebldd.go.th

141. Howard PH. Handbook of environmental fate and exposure data for organic chemicals. [USA.]: Taylor & Francis Group; 1991.

142. The Royal Society of Chemistry. Metabolic pathways of agrochemicals: Insecticides and fungicides. [Cambridge]: The Royal Society of Chemistry; 1999.

143. Green SA, Pohanish RP. Sittig's handbook of pesticide and agricultural chemicals. [New York]: William Andrew Publishing; 2005.

144. Tomlin CDS. The pesticide manual: a world compendium. 15th revised edition. [Brighton]: BCPC; 2009.

145. กรมควบคุมมลพิษ. มาตรฐานคุณภาพน้ำ [อินเตอร์เน็ต]. 2553 [สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มี.ค. 2557]. จาก http://water.rid.go.th/wrd/const14/images/KL/KL3.pdf

146. Ney RE. Why did that chemical go? a practical guide to chemical fate and transport in the environment. [New York]: Van Nostrand Reinhold; 1990.

147. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช. 9002-2551. สารพิษตกค้าง: ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Pesticide residues: Maximum residue limits). [กรุงเทพฯ]. 2551.

148. Codex. WHO/FAO food standards. Pesticide residues in food and feed [Internet]. 2014 [cited 2014 May 11]. Available from: http://www.codexalimentarius.net/pestres/data/pesticides/index.html

149. เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช. รายงานการตรวจผักในกรุงเทพมหานคร [อินเตอร์เน็ต]. 2555 [สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มี.ค. 2557]. จาก http://www.thaipan.org/sites/default/files/conference2555/conference2555_0_06.pdf

150. กระทรวงสาธารณสุข. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องอาหารที่มีสารพิษตกค้าง: ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum residue limit, MRL) [อินเตอร์เน็ต]. 2554. [สืบค้นเมื่อวันที่ 24 ต.ค. 2556]. จาก http://elib.fda.moph.go.th

151. Plianbangchang P, Jetiyanon K, Wittaya-areekul S. Pesticide use patterns among small-scale farmers: a case study from Phtisanulok, Thailand. Southeast Asian J Trop Med Public Health. 2008;40(2):401-10.

152. Norkaew S, Siriwong W, Siripattanakul S, Robson, GM. Knowledge, Attitude, and Practice (KAP) of Using Personal Protective Equipment (PPE) for Chilli-Growing Farmers in Huarua Sub-district, Mueang District, Ubon Rachathani Province, Thailand, J Health Res. 2010;24(2):93-100.

153. Atreya K, Sitaula KB, Overgaard H, Bajracharya MR, Sharma S. Knowledge, Attitude and Practices of Pesticide Use and Acetylcholinesterase Depression among Farm Workers in Nepal. Int J Environ Res Public Health. 2012;22(5):401-15.

154. ผู้จัดการออนไลน์. คุณภาพชีวิต: ผู้มีรายได้น้อยตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยสวัสดิการประชาชนด้านการรักษาพยาบาล พ.ศ. 2537 [อินเตอร์เน็ต]. 2555 [สืบค้นเมื่อวันที่ 24 ก.ย. 2557]. จาก http://www.manager.co.th/QOL/ViewNews.aspx?NewsID=9550000085318

155. ชวิศา สุริยา, สินีนุช ครุฑเมือง แสนเสริม, เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ. ความรู้และการปฏิบัติในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในการปลูกข้าวของเกษตรกรในอำเภอคีรีมาศ จังหวัดสุโขทัย. การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 3. กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 3-4 กันยายน 2556, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี.

156. Maroni M, Fanetti AC, Metruccio F. Risk assessment and management of occupational exposure to pesticides in agriculture. Med Lav. 2006 Mar-Apr; 97(2): 430-7.

157. วิชิต ศิริสันธนะ, วันทนา ศรีรัตนศักดิ์, สุกัญญา เทพันดุง, วาสนา พันธุ์เพ็ง, พัชนี ชัยวัฒน์, สาธิต ทยาพัชร และคณะ. สถานการณ์โรคแมลงศัตรูข้าวตามภารกิจของสำนักวิจัยและพัฒนาข้าว ในปี 2551-2552. การประชุมวิชาการข้าวและพืชเมืองหนาว ประจำปี 2552, สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. 2552. น. 343-54.

158. Mineau P. Cholinesterase-inhibiting insecticides, their impact on wildlife and the environment. [USA]: Elsevier; 1991.

159. Jokanovic M. Medical treatment of acute poisoning with organophosphorus and carbamate pesticides. Toxicology Letters. 2009;190:107-15.

160. Pohanka M. Acetylcholinesterase inhibitors: a patent review (2008- present), Expert Opin Ther Pat. 2012;22:871-86.

161. Mason HJ. The recovery of plasma cholinesterase and erythrocyte acetylcholinesterase activity in worker after over-exposure to dichlovos. J Occup Med. 2000;50(5):343-7.

162. Raksanam B, Taneepanichskul S, Robson GM, Siriwong W. Health risk behaviors associated with agrochemical exposure among rice farmers in a rural community, Thailand, a community-based ethnography. Asia Pac J Public Health. 2012:20.

163. Suswati E, Agustin KN, Mariyono J. Adverse health impacts of pesticide use on Indonesian rice production: an economic analysis, SOCA. 2006;6.

164. Lorens NA, Prapamontol T, Narksen W, Srinual N, Barr BD, Riederer M. Pilot study of pesticide knowledge, attitudes, and practices among pregnant women in Northern Thailand, Int J Environ Res Public Health. 2012;9:3365-83.

165. ประกิจ เชื้อชม, ปัตพงษ์ เกษสมบูรณ์, นุศราพร เกษสมบูรณ์, นาถธิดา วีระปรียากุล. สรุปผลกระทบต่อสุขภาพและระบบนิเวศของ EPN [อินเตอร์เน็ต]. 2556 [สืบค้นเมื่อวันที่ 28 พ.ค. 2556]. จาก http://www.thaipan.org/node/525

166. Choudhary A, Ali AS, Ali SA. Adverse health effects of organophosphate pesticides among occupationally exposure farm sprayers: a case study of Bhopal Madhya Pradesh, India. Asian Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences. 2014;4(35):30-5.

167. Eleršek T, Filipič M. Organophosphorus pesticides mechanisms of their toxicity. Pesticides - the impacts of pesticide exposure [Internet]. 2011 [cited 2014 June 9]. Available from: http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/13231.pdf

168. Rastogi SK, Singh VK, Kesavachandran C, Jyoti, Siddiqui MK, Mathur N, et al. Monitoring of plasma butyrylcholinesterase activity and hematological parameters in pesticide sprayers. Indian J Occup Environ Med. 2008;12(1):29-32.

169. Kim HJ, Kim J, Cha SE, Ko Y, Kim HD, Lee JW. Work-related risk factors by severity for acute pesticide poisoning among male farmers in South Korea. Int J Environ Res Public Health. 2013;10:1100-12.

170. Jinky L, Del Prado-Lu. Pesticide exposure, risk factors and health problems among cut flower farmers: a cross sectional study. J. Occup Med and Toxic. 2007;2(9).

171. Khan DA, Hashmi I, Mahjabeen W, Naqvi TA. Monitoring health implications of pesticide exposure in factory workers in Pakistan. Environ Contam Tox. 2010;168:231-40.

172. Jintana S, Sming K, Krongtong Y, Thanyachai S. Cholinesterase activity, pesticide exposure and health impact in a population exposed to organophosphates. Int Arch Occ Env Hea. 2009;82:833-42.

173. Murphy HH, Hoan NP, Matteson P, Abubakar AL. Farmer' self-surveillance of pesticides poisoning: a 12-month pilot in northern Vietnam. Int J Occup Environ Health. 2002;8(3):201-11.

174. Hayat K, Ashfaq M, Ashfaq U, Saleem MA. Determination of pesticide residues in blood samples of villagers involved in pesticide application at district Vehari (Punjab), Pakistan. African Journal of Environmental Science and Technology. 2010;4(10):666-84.

175. Azmi MA, Naqvi SNH, Akhtar K, Moinuddin, Parveen S, Parveen R, et al. Effect of pesticide residues on health and blood parameters of farm workers from rural Gadap, Karachi, Pakistan. Journal of Environmental Biology. 2009;30(5):747-56.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

หนังสืออนุมัติด้านจริยธรรมการทำวิจัยในคน

คณะอนุกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ชุดที่ 2

.....

หนังสือรับรองเลขที่ .....054./2557.....

รหัสโครงการ .....033/2557.....

ชื่อโครงการวิจัย.....การผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวที่มีต่อผลผลิตข้าว และสุขภาพของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี.....

ชื่อผู้วิจัยหลัก .....นายอิทธิพล ดวงจินดา.....

หน่วยงานที่รับผิดชอบ .....คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.....

เอกสารที่รับรอง
1. .....โครงร่างการวิจัย ฉบับแก้ไข ครั้งที่ 1 (วันที่ 10 เมษายน 2557).....
2. .....เอกสารชี้แจงข้อมูลแก่ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย (Information Sheet).....
3. .....หนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย (Consent Form).....

คณะอนุกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ชุดที่ 2 ได้พิจารณาอนุมัติด้านจริยธรรมการทำวิจัยในคนให้ดำเนินการวิจัยข้างต้นได้

ระยะเวลาที่อนุมัติ 1 ปี (เอกสารอนุมัติฉบับนี้มีผลตั้งแต่วันที่ 17 เมษายน 2557 ถึง วันที่ 17 เมษายน 2558)

ลงชื่อ.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. พันเอก ถวัลย์ ฤกษ์งาม)
ประธานอนุกรรมการ

ลงชื่อ.....
(อาจารย์ ดร. วิมลพักตร์ ศรีไวย์)
อนุกรรมการและเลขานุการ

ภาคผนวก ข

หนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย

(Consent Form)

โครงการวิจัยเรื่อง **การผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวที่มีต่อผลผลิตข้าวและสุขภาพของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี**

วันที่ให้คำยินยอม วันที่ .....เดือน .....พ.ศ.....

ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมให้ทำการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย อันตรายหรืออาการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัยหรือจากยาที่ใช้ รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด และมีความเข้าใจดีแล้ว ซึ่งผู้วิจัยได้ตอบคำถามต่างๆ ที่ข้าพเจ้าสงสัยด้วยความเต็มใจ ไม่ปิดบัง ซ่อนเร้น จนข้าพเจ้าพอใจ และเข้าร่วมโครงการนี้โดยสมัครใจ

ข้าพเจ้ามีสิทธิ์ที่จะบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ ถ้าข้าพเจ้าปรารถนา โดยไม่เสียสิทธิในการรักษาพยาบาลที่จะเกิดขึ้นตามมาในโอกาสต่อไป

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูล เฉพาะเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าเป็นความลับ และจะเปิดเผยได้เฉพาะในรูปแบบที่เป็นสรุปผลการวิจัย

การเปิดเผยข้อมูลเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าต่อหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกระทำได้เฉพาะกรณีจำเป็นด้วยเหตุผลทางวิชาการเท่านั้นและจะต้องได้รับคำยินยอมจากข้าพเจ้าเป็นลายลักษณ์อักษร

ในการวิจัยครั้งนี้ จะมีการเจาะเลือดจากเส้นเลือดดำตำแหน่งข้อพับแขน เป็นจำนวน 3 ซีซี เป็นจำนวน 1 ครั้ง

ผู้วิจัยรับรองว่าหากเกิดภาวะแทรกซ้อนใดๆ ที่มีสาเหตุจากการวิจัยดังกล่าว ข้าพเจ้าจะได้รับการรักษาพยาบาลโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย และหรือจะมีการชดเชยค่าตอบแทน ตลอดจนเงินทดแทนความพิการที่อาจเกิดขึ้นตามความเหมาะสม

ข้าพเจ้ายินยอมให้ผู้กำกับดูแลการวิจัย ผู้ตรวจสอบ คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน และคณะกรรมการที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมยา สามารถเข้าไปตรวจสอบบันทึกข้อมูลทางการแพทย์ของข้าพเจ้าเพื่อเป็นการยืนยันถึงขั้นตอนโครงการวิจัยทางคลินิกโดยไม่ล่วงละเมิดเอกสิทธิ์ในการปิดบังข้อมูลของการสมัครตามกรอบที่กฎหมายและกฎระเบียบได้อนุญาตไว้

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว และมีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนามในใบยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ข้าพเจ้าสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ที่ กลุ่มงานเวชปฏิบัติครอบครัวและชุมชน โรงพยาบาลสามชุก เลขที่ 4/1 หมู่ 7 ถนนสามชุก-หนองหญ้าไซ ต. หนองผักนาก อ. สามชุก จ. สุพรรณบุรี 72130 โทร.035 571492 ต่อ 110 และ โทร. 08 3139 2592

โดยบุคคลที่รับผิดชอบเรื่องนี้ คือ นายอิทธิพล ดวงจินดา กลุ่มงานเวชปฏิบัติครอบครัวและชุมชน โรงพยาบาลสามชุก เลขที่ 4/1 หมู่ 7 ถนนสามชุก-หนองหญ้าไซ ต. หนองผักนาก อ. สามชุก จ. สุพรรณบุรี 72130 โทร.035 571492 ต่อ 110 และหมายเลขโทรศัพท์ที่สามารถติดต่อได้ในกรณีฉุกเฉิน 08 3139 2592

ข้าพเจ้ารับทราบว่า ข้าพเจ้าสามารถขอรับคำปรึกษา/แจ้งเรื่อง/ร้องเรียน ได้ที่ สำนักงานอนุกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (มธ.ชุดที่ 2) โทรศัพท์ 0-2564-4440-79 ต่อ 1804 โทรสาร 0-2564-3151

ลงนาม.....ผู้ยินยอม

(.....)

ลงนาม.....ผู้วิจัย

(.....)

ลงนาม.....พยาน

(.....)

ลงนาม.....พยาน

(.....)

ในกรณีที่การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีความจำเป็นต้องถอนอาสาสมัครที่ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ออกจากโครงการวิจัย เนื่องจากอาสาสมัครขาดคุณลักษณะอย่างน้อยในกรณีใดกรณีหนึ่ง ต่อไปนี้

1. ไม่มีรายชื่ออยู่ในทะเบียนครอบครัวเกษตรกรอาชีพทำนาของสำนักงานเกษตร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี ปี 2555-2556
2. มีอายุต่ำกว่า 20 ปี บริบูรณ์ (นับถึง ปี พ.ศ. 2556)
3. มีภาวะบกพร่องทางจิตประสาทหรือพิการทางสมอง
4. ทุพพลภาพหรือไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้
5. ไม่สามารถอ่านและเขียนหนังสือได้

6. ขาดการรับรองหรือเป็นพยานลงนามในหนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยจากเจ้าหน้าที่สาธารณสุขหรือโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลในพื้นที่

7. พยาบาลวิชาชีพผู้ให้บริการเจาะเลือดพบว่ามีข้อจำกัดในการเก็บตัวอย่าง คือ เจาะเลือดจากเส้นเลือดดำไม่ได้ และ/หรือมีความผิดปกติของเส้นเลือดตำแหน่งข้อพับแขน ซึ่งอาจจะมีผลต่อสุขภาพของอาสาสมัครเองได้

ทั้งนี้ ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว ได้รับทราบและมีความเข้าใจในรายละเอียดโครงการวิจัยทุกประการเป็นอย่างดี และยินยอมให้ผู้วิจัย และ/หรือเจ้าหน้าที่สาธารณสุขโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ ถอนข้าพเจ้าออกจากการร่วมการวิจัยนี้ได้ โดยข้าพเจ้าจะไม่กระทำการเรียกร้องหรือขอค่าชดเชยหรือค่าเสียหายใดๆทั้งสิ้น จึงลงลายมือชื่อไว้เป็นหลักฐาน

ลงนาม.....ผู้ยินยอม

(.....)

ลงนาม.....ผู้วิจัย

(.....)

ลงนาม.....พยาน

(.....)

ลงนาม.....พยาน

(.....)

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์สถิติ

ภาคผนวก ค 4.1

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และการวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test เปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยระดับน้ำ (เซนติเมตร) ในแปลงที่มีการผสมใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว

SOV	df	SS	MS	F		
				Cal	Table	
					0.05	0.01
Total SS	19	171.3858				
Rep SS	3	171.3111	57.1037	11773.96**	3.49	5.95
Tre SS	4	0.01648	0.00412	0.849485^{ns}	3.26	5.41
Error SS	12	0.0582	0.00485			

หมายเหตุ : ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ภาคผนวก ค 4.2

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และการวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test เปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) ในแปลงที่มีการผสมใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว

SOV	df	SS	MS	F		
				Cal	Table	
					0.05	0.01
Total SS	19	5.085375				
Rep SS	3	4.264375	1.421458	73.34982**	3.49	5.95
Tre SS	4	0.58845	0.147112	7.591271**	3.26	5.41
Error SS	12	0.23255	0.019379			

หมายเหตุ : ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

ภาคผนวก ค 4.3

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และการวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test เปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในแปลงที่มีการผสมใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว

SOV	df	SS	MS	F		
				Cal	Table	
					0.05	0.01
Total SS	19	3.492655				
Rep SS	3	1.838335	0.612778	10.94182**	3.49	5.95
Tre SS	4	0.98228	0.24557	4.384918*	3.26	5.41
Error SS	12	0.67204	0.056003			

หมายเหตุ : * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

ภาคผนวก ค 4.4

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และการวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test เปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำ ในแปลงที่มีการผสมใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว

SOV	df	SS	MS	F		
				Cal	Table	
					0.05	0.01
Total SS	19	7.359655				
Rep SS	3	6.716935	2.238978	123.6777**	3.49	5.95
Tre SS	4	0.42548	0.10637	5.875713**	3.26	5.41
Error SS	12	0.21724	0.018103			

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

ภาคผนวก ค 4.5

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และการวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test เปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในแปลงที่มีการผสมใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว

SOV	df	SS	MS	F		
				Cal	Table	
					0.05	0.01
Total SS	19	571.4647				
Rep SS	3	210.4983	70.16609	7.770272**	3.49	5.95
Tre SS	4	252.6056	63.1514	6.993457**	3.26	5.41
Error SS	12	108.3608	9.030068			

หมายเหตุ: ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

ภาคผนวก ค 4.6

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และการวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test เปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) ในแปลงที่มีการผสมใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว

SOV	df	SS	MS	F		
				Cal	Table	
					0.05	0.01
Total SS	19	7366.812				
Rep SS	3	6387.995	2129.3318	77.92464**	3.49	5.95
Tre SS	4	650.9107	162.72767	5.955152**	3.26	5.41
Error SS	12	327.9063	27.325527			

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

ภาคผนวก ค 4.7

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และการวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test เปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-เบสของดิน ในแปลงที่มีการผสมใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว

SOV	df	SS	MS	F		
				Cal	Table	
					0.05	0.01
Total SS	19	0.313255				
Rep SS	3	0.223615	0.074538	33.42526**	3.49	5.95
Tre SS	4	0.06288	0.01572	7.049327**	3.26	5.41
Error SS	12	0.02676	0.00223			

หมายเหตุ : ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

ภาคผนวก ค 4.8

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และการวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test เปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ในแปลงที่มีการผสมใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว

SOV	df	SS	MS	F		
				Cal	Table	
					0.05	0.01
Total SS	19	20.25438				
Rep SS	3	11.24038	3.746792	17.79596**	3.49	5.95
Tre SS	4	6.4875	1.621875	7.703345**	3.26	5.41
Error SS	12	2.5265	0.210542			

หมายเหตุ : ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

ภาคผนวก ค 4.9

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และการวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test เปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าของดิน (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) ในแปลงที่มีการผสมใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว

SOV	df	SS	MS	F		
				Cal	Table	
					0.05	0.01
Total SS	19	527.1375				
Rep SS	3	144.3375	48.1125	5.49334*	3.49	5.95
Tre SS	4	277.7	69.425	7.926736**	3.26	5.41
Error SS	12	105.1	8.758333			

หมายเหตุ: * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

ภาคผนวก ค 4.10

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และการวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test เปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยผลผลิตข้าวเปลือก (กิโลกรัมต่อไร่) ในแปลงที่มีการผสมใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกัน

SOV	df	SS	MS	F		
				Cal	Table	
					0.05	0.01
Total SS	14	14083.656				
Rep SS	2	130.816	65.408	0.9371825^{ns}	4.46	8.65
Tre SS	4	13394.503	3348.626	47.979964**	3.84	7.01
Error SS	8	558.337	69.79217			

หมายเหตุ : ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ภาคผนวก ค 4.11

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และการวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test เปรียบเทียบปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตในข้าวเปลือก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในแปลงที่มีการผสมใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แตกต่างกัน

SOV	df	SS	MS	F		
				Cal	Table	
					0.05	0.01
Total SS	19	0.032715				
Rep SS	3	0.007235	0.0024118	2.37052^{ns}	3.49	5.95
Tre SS	4	0.01327	0.0033176	3.26081*	3.26	5.41
Error SS	12	0.012209	0.0010174			

หมายเหตุ * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ภาคผนวก ค 4.12

ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของปัจจัยส่วนบุคคลกับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Constant	16377.25	2528.91		6.476	0.04*
ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่	-110.15	31.20	-0.302	-3.531	0.04*
จำนวนพื้นที่ทำนา	-27.02	13.06	0.177	2.070	0.001**

a. Dependent Variable: ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา (PChE)

หมายเหตุ * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

$R = 0.309$ $R^2 = 0.096$ $R^2_{Adj} = 0.082$ $F = 6.986$ Mean = 8037.14 SD = 3137.11

สมการถดถอยพหุคูณ $Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \ldots + b_kx_k$ (4.1)

แทนค่า Y (ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา) = 16377.25 - 110.15 (ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่) (4.2)
- 27.02 (จำนวนพื้นที่ทำนา)

ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา = 16,240.08 หน่วยต่อมิลลิลิตร

จากสมการถดถอยพหุคูณ พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคลคือ ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ และจำนวนพื้นที่ทำนา สามารถทำนายค่าของระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา ได้ร้อยละ 9.60

ภาคผนวก ค 4.13

ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 4 ชนิดกับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Constant	10667.93	290.12		36.77	<0.001**
คลอร์ไพริฟอส	-3142.27	391.07	-0.502	-8.04	<0.001**
อีพีเอ็น	-1656.12	421.29	-0.252	-3.93	<0.001**
โพรฟีโนฟอส	-1374.85	512.32	-0.173	-2.68	0.008**
ไดเมทโธเอท	-1362.80	476.03	-0.185	-2.86	0.005**

a. Dependent Variable: ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา (PChE)

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

R = 0.730 R^2 = 0.533 R^2_{Adj} = 0.519 F = 37.168 Mean = 8037.14 SD = 3137.11

สมการถดถอยพหุคูณ $Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + ... + b_kx_k$ (4.1)

แทนค่า Y (ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา) = 10667.93 - 3142.27 (คลอร์ไพริฟอส) (4.3)

- 1656.12 (อีพีเอ็น) - 1374.85 (โพรฟีโนฟอส)

- 1362.80 (ไดเมทโธเอท)

ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา = 3,131.89 หน่วยต่อมิลลิลิตร

จากสมการถดถอยพหุคูณ พบว่า สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 4 ชนิด คือ คลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น โพรฟีโนฟอส และไดเมทโธเอท สามารถทำนายค่าของระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา ได้ร้อยละ 53.3

ภาคผนวก ค 4.14

ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตกับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Constant	11255.63	1085.14		10.382	<0.001**
ความถี่ที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว	-582.20	208.55	-0.186	-2.792	0.006**
ระยะเวลาที่ใช้พ่น/ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช	-530.22	207.62	-0.136	-2.554	0.012*
การใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวครั้งสุดท้าย	511.98	196.30	0.162	2.608	0.010*
การปฏิบัติก่อนการใช้สารกำจัดศัตรูพืช	574.61	272.49	0.180	2.109	0.037*
วิธีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชตามคำแนะนำของฉลาก	-901.35	276.02	-0.319	-3.265	0.001**
การใช้สารกำจัดศัตรูพืชกี่ชนิดฉีดพ่นในนาข้าว	-543.12	251.68	-0.137	-2.158	0.033*
การผสมสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ฉีดพ่นในนาข้าว	671.16	192.74	0.231	3.482	0.001**
วิธีการผสมสารกำจัดศัตรูพืช	766.76	209.16	0.188	3.666	<0.001**
การกำหนดปริมาณการใช้สารกำจัดศัตรูพืช	-673.75	219.55	-0.212	-3.069	0.003**
อัตราการฉีดพ่น/ความเร็วของการใช้เครื่องพ่น	-392.20	141.44	-0.153	-2.773	0.006**
การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล	-648.19	160.58	-0.258	-4.037	<0.001**

a. Dependent Variable: ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา (PChE)

หมายเหตุ * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

$R = 0.848$ $R^2 = 0.719$ $R^2_{Adj} = 0.694$ $F = 28.636$ Mean = 8037.14 SD = 3137.11

สมการถดถอยพหุคูณ $Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + ... + b_kx_k$ (4.1)

ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา = 11255.63 + 766.76 (x1) + 671.16 (x2) (4.4)
+ 574.61 (x3) + 511.98 (x4) - 901.35 (x5)
- 673.75 (x6) - 648.19 (x7) - 582.20 (x8)
- 543.12 (x9) - 530.22 (x10) - 392.20 (x11)

ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา = 9,509.11 หน่วยต่อมิลลิลิตร

เมื่อ x1 = วิธีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชโดยการใส่ถุงมือยาง ใช้ไม้กวน ใช้มือเปล่า
x2 = การผสมจำนวนชนิดสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ ฉีดพ่นในนาข้าว
x3 = การปฏิบัติก่อนการใช้สารกำจัดศัตรูพืชอ่านตามคำแนะนำของฉลาก
x4 = การใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวครั้งสุดท้าย
x5 = วิธีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชตามคำแนะนำของฉลาก

x6 = การกำหนดปริมาณการใช้สารกำจัดศัตรูพืชตามคำแนะนำของฉลาก

x7 = การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

x8 = ความถี่ที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว

x9 = จำนวนชนิดสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ฉีดพ่นในนาข้าว

x10 = ระยะเวลาที่ใช้พ่น/ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช

x11 = อัตราการพ่น/ความเร็วของการใช้เครื่องพ่นตามคำแนะนำของเครื่อง

ภาคผนวก ค 4.15

ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของผลกระทบต่อสุขภาพจากอาการและอาการแสดงของร่างกายกับระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Constant	12194.86	299.53		40.713	<0.001**
อาการผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร	-1300.69	245.33	-0.450	-5.302	<0.001**
อาการผิดปกติระบบประสาทส่วนกลาง	-1341.95	277.08	-0.411	-4.843	<0.001**

a. Dependent Variable: ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา (PChE)

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

$R = 0.818$ $R^2 = 0.670$ $R^2_{Adj} = 0.665$ $F = 133.920$ Mean = 8037.14 SD = 3137.11

สมการถดถอยพหุคูณ $Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + ... + b_kx_k$ (4.1)

แทนค่า Y (ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา) = 12194.86 - 1300.69 (4.5)

(อาการผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร)

- 1341.95 (อาการผิดปกติระบบประสาทส่วนกลาง)

ระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา = 9,552.22 หน่วยต่อมิลลิลิตร

ภาคผนวก ง
ปริมาณน้ำฝน

วันฝนตก	ปริมาณฝน (มิลลิเมตร)	ระดับน้ำเฉลี่ย (เซนติเมตร) ในแปลงนาข้าวที่				
		1	2	3	4	5
9 ก.ค.56*	24.9	11.0	11.0	11.0	11.1	10.8
11 ก.ค.56	35.2	11.6	11.7	11.6	11.8	11.7
18 ก.ค.56	28.5	10.8	10.6	10.8	10.7	10.7
22 ก.ค.56	12.3	9.5	9.6	9.5	9.6	9.7
24 ก.ค.56	17.1	9.1	9.0	8.9	9.1	8.9
2 ส.ค.56	8.3	4.3	4.3	4.5	4.5	4.3
3 ส.ค.56	10.5	5.2	5.3	5.2	5.4	5.2
8 ส.ค.56*	2.8	3.7	3.7	3.8	3.7	3.8
9 ส.ค.56	3.6	3.5	3.4	3.5	3.6	3.6
22 ส.ค.56	11.6	7.6	7.5	7.5	7.7	7.5
30 ส.ค.56	56.4	9.3	9.4	9.2	9.3	9.4
2 ก.ย.56	98.3	11.0	10.8	10.8	11.0	10.9
5 ก.ย.56	83.5	10.5	10.5	10.6	10.6	10.5
8 ก.ย.56*	74.2	8.1	8.0	8.0	8.1	8.1
17 ก.ย.56	65.1	9.5	9.6	9.6	9.4	9.5
18 ก.ย.56	92.7	12.2	12.0	12.3	12.0	12.1
19 ก.ย.56	71.4	12.0	11.8	12.0	11.8	11.9
20 ก.ย.56	106.5	ดินชื้น	ดินชื้น	ดินชื้น	ดินชื้น	ดินชื้น
22 ก.ย.56	81.2	ดินชื้น	ดินชื้น	ดินชื้น	ดินชื้น	ดินชื้น
1 ต.ค.56	43.2	ดินชื้น	ดินชื้น	ดินชื้น	ดินชื้น	ดินชื้น
8 ต.ค.56	77.4	ดินชื้น	ดินชื้น	ดินชื้น	ดินชื้น	ดินชื้น

หมายเหตุ: ข้อมูลจากการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนในแปลงนาข้าวทดลอง และสถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดสุพรรณบุรี

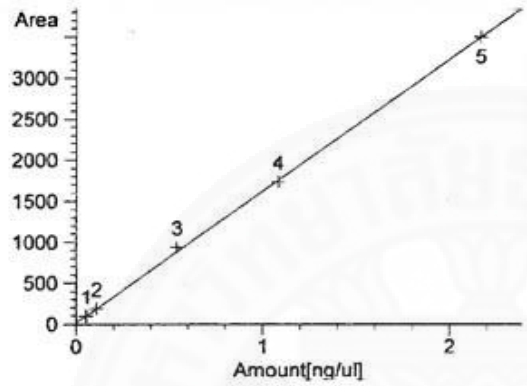
*วันที่เก็บตัวอย่างน้ำและตัวอย่างดิน

วันที่ 18 - 22 ก.ย. 56 ฝนตกติดต่อกันเนื่องจากอิทธิพลพายุหวู่ติ๊บ

วันที่ 20 ก.ย. - 8 ต.ค. 56 ดินชื้น เนื่องจากเป็นช่วงระบายน้ำออกจากแปลงนาข้าวก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว

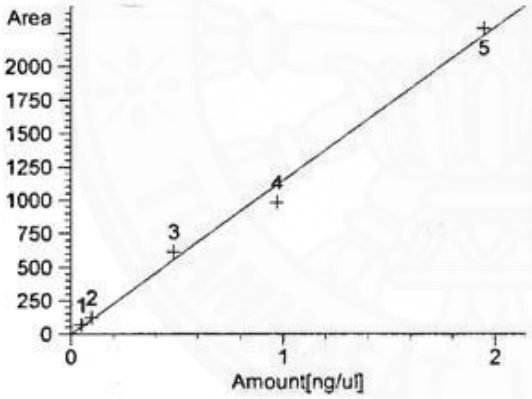
ภาคผนวก จ

Calibration curves ค่า Correlation coefficient และ ค่า Retention time ของความเข้มข้นสารละลายมาตรฐาน (นาโนกรัมต่อลิตร) ของคลอร์ไพริฟอส อีพีเอ็น ไดเมทโธเอท และโพรพีโนฟอส



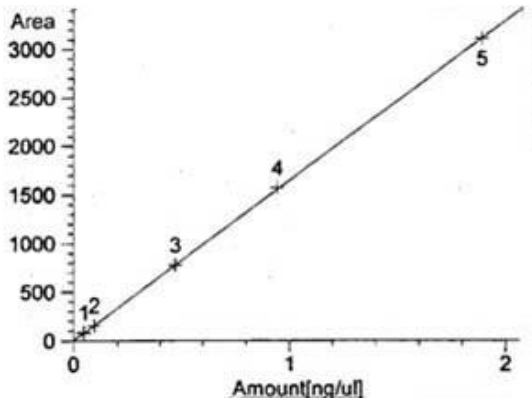
chlorpyrifos at exp. RT: 8.981
FPD2 B,
Correlation: 0.99981
Residual Std. Dev.: 29.33809
Formula: y = mx + b
m: 1608.75509
b: 14.53437
x: Amount[ng/ul]
y: Area

(ก) สารละลายมาตรฐานคลอร์ไพริฟอส (นาโนกรัมต่อลิตร)



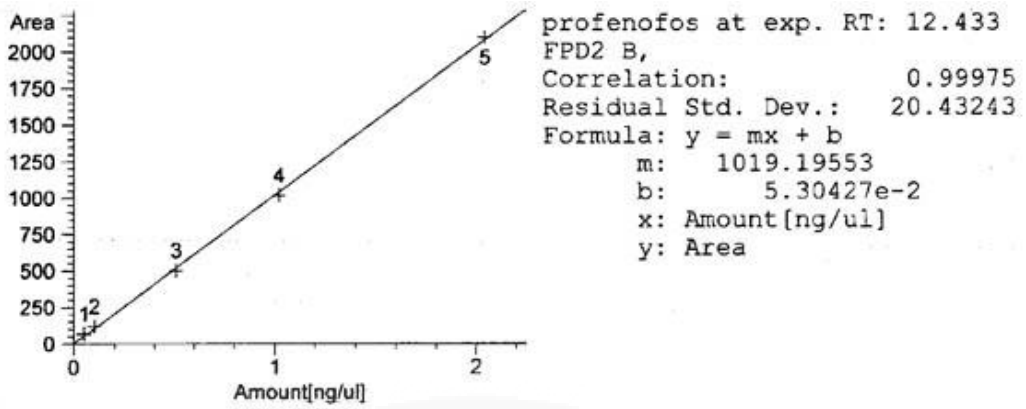
EPN at exp. RT: 22.576
FPD2 B,
Correlation: 0.99679
Residual Std. Dev.: 78.34551
Formula: y = mx + b
m: 1149.26567
b: -2.16052
x: Amount[ng/ul]
y: Area

(ข) สารละลายมาตรฐานอีพีเอ็น (นาโนกรัมต่อลิตร)

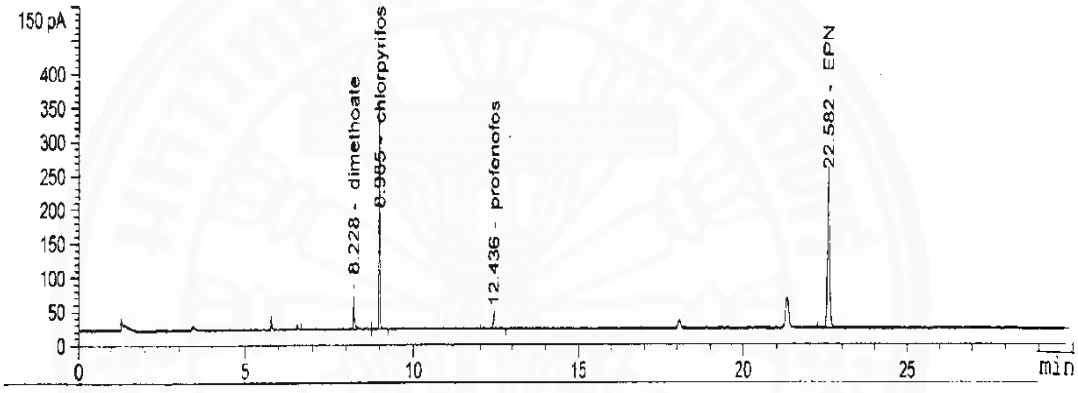


dimethoate at exp. RT: 8.224
FPD2 B,
Correlation: 0.99999
Residual Std. Dev.: 6.72567
Formula: y = mx + b
m: 1644.19090
b: 1.32194
x: Amount[ng/ul]
y: Area

(ค) สารละลายมาตรฐานไดเมทโธเอท (นาโนกรัมต่อลิตร)



(ง) สารละลายมาตรฐานโพรฟีโนฟอส (นาโนกรัมต่อลิตร)



(จ) Retention time ของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 4 ชนิด ด้วยเครื่อง GC-FPD

การวิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 4 ชนิด ด้วยเครื่อง GC-FPD รุ่น 6890 โดยใช้สารมาตรฐาน Organophosphate Pesticides Laboratory Grade สารที่มีค่า Retention time น้อยที่สุด คือ ไดเมทโธเอท เท่ากับ 8.224 นาที รองลงมา คลอร์ไพริฟอส โพรฟีโนฟอส และอีพีเอ็น เท่ากับ 8.981, 12.433 และ 22.576 นาที ตามลำดับ

ภาคผนวก ฉ

แบบสัมภาษณ์

เรื่อง การผสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวที่มีต่อผลผลิตข้าว และสุขภาพของเกษตรกร อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

<u>คำชี้แจง</u>

ผู้ตอบแบบสัมภาษณ์นี้ คือ เกษตรกรผู้มีอาชีพทำนาข้าวในพื้นที่อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษารูปแบบการผสมและใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในนาข้าวที่มีผลกระทบต่อสุขภาพและระดับโคลีนเอสเตอเรสในเลือดของเกษตรกร รวมทั้งนำผลไปใช้เป็นแนวทางในการเฝ้าระวังสุขภาพเกษตรกร จากการประกอบอาชีพภาคเกษตรกรรมในพื้นที่ ทั้งนี้ **เป็นไปโดยความสมัครใจของผู้ตอบแบบสัมภาษณ์** โดยได้รับทราบถึงการศึกษาและวัตถุประสงค์ในการสัมภาษณ์ รวมทั้งการตรวจเลือดเพื่อหาระดับโคลีนเอสเตอเรสแล้วเป็นอย่างดี

แบบสัมภาษณ์ชุดนี้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน รวมจำนวนทั้งหมด 47 ข้อคำถาม (มี 7 หน้า) ดังนี้

ส่วนที่ 1	ข้อมูลส่วนบุคคล	จำนวน 10 ข้อ
ส่วนที่ 2	การใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว	จำนวน 25 ข้อ
ส่วนที่ 3	ผลต่อสุขภาพจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืช	จำนวน 12 ข้อ

หากท่านมีข้อสงสัย โปรดติดต่อ คุณอิทธิพล ดวงจินดา กลุ่มงานเวชปฏิบัติครอบครัวและชุมชน โรงพยาบาลสามชุก 035 -571492 และ 083-1392592

รหัส.....

ผู้สัมภาษณ์.....

<u>ส่วนที่ 1</u> **ข้อมูลส่วนบุคคล**

<u>คำชี้แจง</u> โปรดเติมข้อความลงในช่องว่าง และทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง **( )**ให้ครบถ้วนสมบูรณ์

1. เพศ ( ) ชาย ( ) หญิง

2. อายุ.....ปี (นับเต็มปีถึง พ.ศ. 2556)

3. สถานภาพสมรส ( ) โสด ( ) คู่ ( ) หม้าย/หย่า/แยก

4. การศึกษาสูงสุด ( ) ประถมศึกษา ( ) มัธยมศึกษา ( ) ปวช. / ปวส.
( ) ปริญญาตรีหรือเทียบเท่า ( ) สูงกว่าปริญญาตรี

5. ท่านมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน ( ) น้อยกว่า 2,500 บาท ( ) 2,500 – 5,000 บาท
( ) 5,001 – 7,500 บาท ( ) 7,501 – 10,000 บาท ( ) มากกว่า 10,000 บาท

6. ท่านทำนาข้าว มานาน.....ปี

7. ท่านทำนาข้าว ต่อฤดูกาลเพาะปลูกในเนื้อที่.....ไร่

8. ท่านทำนาข้าว โดยเฉลี่ยปีละ.....ครั้ง

9. ท่านทำนาข้าวในฤดูกาลเพาะปลูกที่ผ่านมา ได้ข้าวเฉลี่ยไร่ละ.....ถัง

10. ท่านมีโรคประจำตัวซึ่งต้องพบแพทย์อย่างสม่ำเสมอ ข้อใดต่อไปนี้ (ตอบได้หลายข้อ)
( ) ไม่มี ( ) โรคตับ ( ) โรคโลหิตจาง ( ) โรคหัวใจ
( ) วัณโรค ( ) โรคขาดสารอาหารหรือภาวะทุพโภชนาการ ( ) อื่นๆ.....

และท่านเคยได้รับการตรวจเลือดในการเฝ้าระวังสุขภาพจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชหรือไม่
( ) ไม่เคย ( ) เคย ครั้งสุดท้ายเมื่อปี พ.ศ. .....

<u>ส่วนที่ 2</u> การใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว

1. <u>ชื่อสามัญและชื่อการค้าหรือยี่ห้อหรือตรา</u>ของชนิดสารกำจัดศัตรูพืช ต่อไปนี้ ที่ท่านใช้มากหรือใช้บ่อยๆ เป็นประจำในการพ่น/ฉีดป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชในนาข้าว

( ) **คลอร์ไพริฟอส** เช่น คลอร์ไพริฟอส 40, ลอร์สแบน, คลอร์ดิน, ไซแอมโพริฟอส, ฟิลด์ดอกซ์ 40

( ) **อีพีเอ็น** เช่น อีพีเอ็น 45, คูมิฟอส, ซันฟอส, อีซีน็อค, ฟาร์มทรัสต์, เอ็นดิ้ง, นิวมาร์น็อค 25

( ) **ไดเมทโธเอท** เช่น ไดเมทโธเอท 40, โอเรียล, ไดโฟเมท, รอกซิน, รอคไธออน, เพอร์เฟคไธออน

( ) **โพรฟีโนฟอส** เช่น โพรฟีโนฟอส 50, การูก้า, โปรคอน, ซีลีครอน, คูราครอน, ไซแอมโปรฟอส

( ) **พาราไธออน** เช่น โฟลิดอล 60, โซมาดิล, อีคาท็อกซ์, ออร์โธฟอส, พาราเฟต

( ) **ไดโครโตฟอส** เช่น ไบดริน 24, คอมราด, คาร์ไบครอน, ไดฟอส, ฮอนด้า, ไบทีน

( ) **บีพีเอ็มซี** เช่น นาซิน, ไบขาบ 500, ฟาสแทค-อาร์, ฟาสแทค-ดี, โบรดาน, เบย์คาร์พ, ฮอพซิน

( ) **ไซเปอร์เมทริน** เช่น ไซเปอร์เมทริน, ซิมบุธ, เรดคอร์ด

( ) **ไตรอะโซฟอส ไฟโปรนิล** เช่น ฮอสตาไธออน, ทอมโบว์ 400, สะเปซ, รีเจนท์, แอสเซนต์

( ) **คาร์โบฟูราน คาร์บาริล** เช่น ฟูราดาน 3 จี, ฟูราดาน 5 จี, คูราแทร์, เซพวิน 50, เอส 85

2. ท่านตัดสินใจเลือกใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวเมื่อใด

( ) เริ่มพบว่ามีศัตรูพืชเล็กน้อย

( ) มีคำแนะนำการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของหน่วยงานเกษตร

( ) นาข้าวเพื่อนบ้านมีการใช้กันมาก

( ) ตามคำแนะนำของร้านค้าหรือตัวแทนขายสารกำจัดศัตรูพืช

3. <u>ความถี่</u>ที่ท่านใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว<u>ต่อฤดูกาลเพาะปลูก</u>

( ) 1 ครั้ง/เดือน ( ) 1 - 2 ครั้ง/เดือน ( ) 3 - 4 ครั้ง/เดือน ( ) มากกว่า 4 ครั้ง/เดือน

4. <u>ระยะเวลา</u>ที่ท่านใช้พ่น/ฉีดสารกำจัดศัตรูพืชใน<u>แต่ละครั้ง</u>

( ) น้อยกว่า 1 ชั่วโมง ( ) 1 – 2 ชั่วโมง ( ) 3 - 4 ชั่วโมง ( ) นานกว่า 4 ชั่วโมง

5. ท่านมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืช<u>ในนาข้าวครั้งสุดท้าย</u>เมื่อใด

( ) 1 วัน ( ) 2 - 7 วัน ( ) 1 - 4 สัปดาห์ ( ) มากกว่า 1 เดือน

6. ท่านมีการปฏิบัติก่อนการใช้สารกำจัดศัตรูพืชโดย

( ) อ่านคำแนะนำของฉลากสารกำจัดศัตรูพืชอย่างเคร่งครัดทุกครั้ง

( ) อ่านคำแนะนำของฉลากสารกำจัดศัตรูพืชเป็นบางครั้ง

( ) ตามคำแนะนำของร้านค้าหรือตัวแทนขาย (เซลล์) สารกำจัดศัตรูพืช

( ) ไม่ได้อ่านคำแนะนำของฉลากสารกำจัดศัตรูพืชเลย

7. ท่านมีวิธีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชโดย

( ) ใช้ตามคำแนะนำของฉลาก/บรรจุภัณฑ์สารกำจัดศัตรูพืชอย่างเคร่งครัดทุกครั้ง

( ) ใช้ตามคำแนะนำของฉลาก/บรรจุภัณฑ์สารกำจัดศัตรูพืชเป็นบางครั้ง

( ) ใช้ตามคำแนะนำของร้านค้า/หรือตัวแทนขาย (เซลล์) สารกำจัดศัตรูพืช

( ) ใช้ตามความเข้าใจ/ความเคยชินหรือตามคำแนะนำของเพื่อนบ้าน

8. ท่านใช้สารกำจัดศัตรูพืชกี่ชนิดพ่น/ฉีดในนาข้าวต่อฤดูกาลเพาะปลูก

( ) 1 ชนิด ( ) 2 - 3 ชนิด ( ) 4 - 5 ชนิด ( ) มากกว่า 5 ชนิด

9. ท่านผสมสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้พ่น/ฉีดในนาข้าวแต่ละครั้งโดย

( ) ไม่ผสมกัน ( ) 2 ชนิด ( ) 3 ชนิด ( ) มากกว่า 3 ชนิด ขึ้นไป

10. ท่านมีวิธีการผสมสารกำจัดศัตรูพืชโดยการ

( ) ใส่ถุงมือยางและใช้ไม้กวน ( ) ใช้ไม้กวน

( ) เทใส่ถังเครื่องพ่น/ฉีดเขย่า ( ) ใช้มือเปล่ากวน

11. ท่านกำหนดปริมาณการใช้สารกำจัดศัตรูพืชพ่น/ฉีดในนาข้าวโดย

( ) ตามปริมาณกำหนดไว้ในฉลาก/บรรจุภัณฑ์ทุกครั้ง

( ) กำหนดปริมาณการใช้เอง

( ) ตามปริมาณกำหนดไว้ในฉลาก/บรรจุภัณฑ์บางครั้ง

( ) ตามปริมาณที่นิยมใช้กันของเพื่อนบ้าน

12. ท่านเว้นระยะการเก็บเกี่ยวข้าวหลังจากใช้สารกำจัดศัตรูพืชครั้งสุดท้ายกี่วัน

( ) 1 – 3 วัน ( ) 4 – 7 วัน ( ) 8 – 14 วัน ( ) มากกว่า 14 วัน

13. ท่านมีการปฏิบัติตัวขณะพ่น/ฉีดสารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว โดยการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ได้แก่ หมวก แว่นตา ผ้าปิดปากและจมูก เสื้อแขนยาว กางเกงขายาว และรองเท้าบู๊ท คือ
( ) มีครบและใช้ทุกครั้ง ( ) มีครบแต่ไม่ใช้ทุกครั้ง ( ) ไม่ครบแต่ใช้ทุกครั้ง ( ) ไม่ได้ใช้เลย

14. ท่านใช้เครื่องพ่น/ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช (เครื่องพ่นยา) ในนาข้าวชนิด
( ) เครื่องโยกมือพ่น/ฉีดสะพายหลัง ( ) เครื่องยนต์พ่น/ฉีดสะพายหลัง
( ) เครื่องยนต์พ่น/ฉีดแบบฝอยละออง ( ) อื่นๆ.....

15. ท่านใช้เครื่องพ่น/ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช (เครื่องพ่นยา) ในอัตราการฉีดพ่นหรือความเร็วโดย
( ) ใช้ตามอัตราที่กำหนดของเครื่องพ่นทุกครั้ง
( ) ใช้ตามอัตราที่กำหนดของเครื่องพ่นเป็นบางครั้ง
( ) ใช้ตามอัตราที่เพื่อนบ้านใช้กันทั่วไป
( ) กำหนดอัตราการใช้เองทุกครั้ง

16. ขณะผสมสารหรือพ่น/ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช ท่านมีการดื่มแอลกอฮอล์ เช่น สุรา/เหล้า/เบียร์/ยาดอง
( ) ทุกครั้ง ( ) บางครั้ง ( ) นานๆครั้ง ( ) ไม่เคย

17. ขณะผสมสารหรือพ่น/ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช ท่านสูบบุหรี่หรือยาสูบหรือยาเส้น
( ) ทุกครั้ง ( ) บางครั้ง ( ) นานๆครั้ง ( ) ไม่เคย

18. หลังเสร็จจากการพ่น/ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช ท่านอาบน้ำชำระล้างร่างกาย
( ) ทันที ( ) 30 นาที - 1 ชั่วโมง ( ) 1 - 2 ชั่วโมง ( ) นานกว่า 2 ชั่วโมง

19. หลังเสร็จจากการพ่น/ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช ท่านทำความสะอาดอุปกรณ์ต่างๆ
( ) ทันที ( ) 30 นาที - 1 ชั่วโมง
( ) นานกว่า 2 ชั่วโมง ( ) ไม่ได้ทำความสะอาด

20. หลังจากพ่น/ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช ท่านทำความสะอาดซักล้างเสื้อผ้าที่สวมใส่โดย

( ) แยกเสื้อผ้าที่สวมใส่โดยซักทันที ( ) แยกเสื้อผ้าที่สวมใส่ซักภายหลัง

( ) เก็บไว้ซักรวมกับผ้าทั่วไป ( ) ไม่ได้ทำความสะอาด

21. ท่านมีการจัดเก็บสารกำจัดศัตรูพืชโดย

( ) มีตู้ใส่หรือชั้นวางแยกเก็บไว้เป็นสัดส่วนแยกออกจากส่วนที่พักอาศัย

( ) เก็บรวมไว้กับอุปกรณ์และ เครื่องมือทำนาอื่นๆ ภายนอกที่พักอาศัย

( ) เก็บรวมไว้กับอุปกรณ์และเครื่องมือทำนาอื่นๆ ภายในที่พักอาศัย

( ) กองรวมกันไว้ที่พื้นในบริเวณบ้าน

22. ขณะพ่น/ฉีดสารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว ท่านอยู่ในทิศเหนือลมและหยุดพ่นเป็นระยะๆ เมื่อลมแรง

( ) ทุกครั้ง ( ) เป็นบางครั้ง ( ) นานๆ ครั้ง ( ) ไม่เคย

23. ท่านมีการติดป้ายหรือประกาศห้ามเข้าบริเวณที่พ่น/ฉีดสารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว

( ) ทุกครั้ง ( ) เป็นบางครั้ง ( ) นานๆ ครั้ง ( ) ไม่เคย

24. ท่านปฏิบัติกับสารกำจัดศัตรูพืชส่วนที่ผสมแล้วหรือที่มีเหลืออยู่โดยการนำใส่ภาชนะเดิมของสารเคมี

( ) ทุกครั้ง ( ) เป็นบางครั้ง ( ) นานๆ ครั้ง ( ) ไม่เคย

25. ท่านคิดว่าการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวมีผลกระทบหรือผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนหรือไม่

( ) มี ( ) ไม่แน่ใจ ( ) ไม่ทราบ ( ) ไม่มี

<u>ส่วนที่ 3</u> ผลต่อสุขภาพจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืช

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง ในแต่ละข้อคำถามโดยให้เลือกตอบอาการผิดปกติของร่างกายของท่านที่ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุดเพียงคำตอบเดียว

อาการผิดปกติของร่างกาย หมายถึง ในรอบ 6 เดือน ที่ผ่านมา ท่านเคยมีหรือเกิดอาการผิดปกติของระบบต่างๆ ในร่างกายที่เปลี่ยนแปลงไปจากภาวะปกติ ซึ่งอาจเนื่องมาจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืช โดยมีอาการที่ผิดปกติในขณะผสม หรือฉีดพ่น หรือหลังจากการสัมผัสและการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวแล้ว ดังนี้

5 = บ่อยมาก หมายถึง ท่านมีอาการส่วนใหญ่เหล่านั้นผิดไปจากภาวะปกติทุกครั้ง

4 = บ่อย หมายถึง ท่านมีอาการส่วนใหญ่เหล่านั้นผิดไปจากภาวะปกติบ่อยๆครั้ง

3 = บางครั้ง หมายถึง ท่านมีอาการส่วนใหญ่เหล่านั้นผิดไปจากภาวะปกติบางครั้ง

2 = นานๆครั้ง หมายถึง ท่านมีอาการส่วนใหญ่เหล่านั้นผิดไปจากภาวะปกตินานๆครั้ง

1 = ไม่เคย หมายถึง ท่านไม่มีอาการใดๆเหล่านั้นผิดไปจากภาวะปกติเลยทุกครั้ง

ข้อ	ผลกระทบต่อสุขภาพ	อาการผิดปกติของร่างกาย				
		ไม่เคย (1)	นานๆครั้ง (2)	บางครั้ง (3)	บ่อย (4)	บ่อยมาก (5)
1.	ท่านเคยมีอาการผิดปกติของร่างกายขณะผสมหรือหลังจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว					
2.	ท่านเคยมีอาการผิดปกติของผิวหนัง คือ ผื่นแดง ผื่นคัน พุพอง ปวดแสบปวดร้อน					
3.	ท่านเคยมีอาการผิดปกติของระบบต่อมไร้ท่อ คือ น้ำตาไหล น้ำลายฟูมปาก เหงื่อออกมาก					
4.	ท่านเคยมีอาการผิดปกติเกี่ยวกับดวงตา คือ ตาพร่า ตาแดง ม่านตาหรี่ เยื่อบุตาแดง หนังตาตก					
5.	ท่านเคยมีอาการผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร คือ คลื่นไส้อาเจียน ปวดท้อง ท้องเสีย อุจจาระราด					
6.	ท่านเคยมีอาการผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ คือ ไอ น้ำมูกไหล เสมหะมาก อึดอัดแน่นหน้าอก หลอดลมหดเกร็ง หายใจลำบาก					
7.	ท่านเคยมีอาการผิดปกติของระบบไหลเวียนเลือด คือ หน้ามืด หัวใจเต้นช้า ความดันเลือดต่ำ					
8.	ท่านเคยมีอาการผิดปกติของระบบทางเดินปัสสาวะ คือ กลั้นปัสสาวะไม่อยู่ ปัสสาวะราด					
9.	ท่านเคยมีอาการผิดปกติของระบบไหลเวียนเลือดและหัวใจ คือหัวใจเต้นเร็ว ชีพจรเต้นผิดปกติ หน้าซีด ความดันเลือดสูง					
10.	ท่านเคยมีอาการผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อ คือ เป็นตะคริว หนังตากระตุก กล้ามเนื้ออ่อนล้า ชา					
11.	ท่านเคยมีอาการผิดปกติของระบบประสาทส่วนกลาง คือ ซึม สับสน ขาดสมาธิ ปวดศีรษะ ตัวสั่น					
12.	ท่านเคยมีอาการผิดปกติของร่างกาย คือ หมดสติ น้ำลายฟูมปาก ปัสสาวะหรืออุจจาระราด ตัวเขียว ชัก หายใจลำบาก					

****โปรดตรวจสอบความครบถ้วนสมบูรณ์ในทุกข้อสัมภาษณ์...และขอขอบคุณทุกท่านไว้ ณ โอกาสนี้****

ภาคผนวก ช

ผลการตรวจเลือดหาโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาของเกษตรกร

ผลการตรวจเลือดหาระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา (PChE) ของเกษตรกรอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

ลำดับ	เพศ	อายุ (ปี)	PChE (หน่วยต่อมิลลิลิตร)	ลำดับ	เพศ	อายุ (ปี)	PChE (หน่วยต่อมิลลิลิตร)
1	ญ	44	8983.4	23	ญ	62	8711.3
2	ช	54	10352.9	24	ช	46	8907.9
3	ญ	42	7944.9	25	ช	53	9961.6
4	ช	66	3471.5	26	ช	72	11564.8
5	ช	61	4062.2	27	ญ	52	7647.3
6	ญ	60	9178.9	28	ช	55	3311
7	ญ	58	10844	29	ญ	31	4136
8	ญ	53	3626.9	30	ญ	55	9207.6
9	ญ	57	13360.8	31	ช	46	3445.6
10	ญ	64	10434.3	32	ช	69	9315.6
11	ญ	42	7922.4	33	ญ	46	2826.7
12	ช	74	4119	34	ช	46	10395.5
13	ญ	49	3095.8	35	ญ	59	9449.5
14	ช	51	2984.9	36	ช	45	12056.9
15	ช	66	8867.1	37	ช	58	4034.2
16	ช	47	18686.2	38	ช	64	9551.3
17	ช	42	16288.1	39	ญ	59	9686.7
18	ช	50	11747.8	40	ช	65	3879.4
19	ญ	51	9407.2	41	ช	50	8098.2
20	ช	50	9030.2	42	ช	52	3966.2
21	ญ	59	9105.2	43	ช	57	2735.7
22	ญ	71	7944.6	44	ช	52	9025.9

ผลการตรวจเลือดหาระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา (PChE) ของเกษตรกรอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี (ต่อ)

ลำดับ	เพศ	อายุ (ปี)	PChE (หน่วยต่อมิลลิลิตร)	ลำดับ	เพศ	อายุ (ปี)	PChE (หน่วยต่อมิลลิลิตร)
45	ช	54	11342.5	68	ช	54	9308.6
46	ญ	56	10408.8	69	ญ	40	10063.6
47	ญ	49	9968.5	70	ญ	52	3661.2
48	ช	46	9294.1	71	ช	49	8402
49	ญ	48	8450.8	72	ญ	58	12193.1
50	ช	44	9368.2	73	ญ	40	10193.2
51	ญ	65	8402.3	74	ช	42	8930.2
52	ญ	40	2555.1	75	ญ	59	8862.5
53	ญ	63	8691.7	76	ช	59	7741.1
54	ช	68	10516.8	77	ญ	37	7519
55	ญ	49	16213.3	78	ญ	48	8074.8
56	ช	48	10414.1	79	ญ	45	6876.5
57	ญ	52	11570	80	ญ	36	9957.1
58	ญ	30	8502.3	81	ญ	62	12556
59	ญ	37	8606.9	82	ญ	75	4079.2
60	ญ	54	9982.2	83	ช	61	9644.6
61	ญ	63	4030.2	84	ญ	50	9977
62	ญ	48	3375.1	85	ญ	38	7975
63	ญ	57	10696.7	86	ญ	46	9524.1
64	ช	52	10570	87	ช	61	7726.2
65	ช	66	7993.5	88	ช	58	2752.3
66	ช	56	8133.1	89	ญ	55	10278.5
67	ช	51	9445.2	90	ช	54	9875.6

ผลการตรวจเลือดหาระดับโคลีนเอสเตอเรสในพลาสมา (PChE) ของเกษตรกรอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี (ต่อ)

ลำดับ	เพศ	อายุ (ปี)	PChE (หน่วยต่อมิลลิลิตร)	ลำดับ	เพศ	อายุ (ปี)	PChE (หน่วยต่อมิลลิลิตร)
91	ช	50	3737.6	114	ช	47	9054.1
92	ญ	46	7489.1	115	ญ	47	8351
93	ญ	41	6895.5	116	ช	49	8792.2
94	ช	44	8862	117	ช	45	3366.5
95	ญ	39	2941.3	118	ญ	57	10390.8
96	ญ	58	3422.4	119	ญ	65	11081.3
97	ญ	26	7238	120	ช	63	9668.1
98	ช	54	8740.2	121	ช	50	3189.2
99	ญ	60	8378.6	122	ญ	60	8564.1
100	ญ	59	3560	123	ช	25	3254
101	ญ	51	7176.5	124	ช	40	2751.7
102	ช	72	7475.2	125	ช	59	3713.8
103	ช	56	8562.4	126	ช	61	10894.6
104	ช	43	7067.5	127	ช	56	9112.5
105	ญ	52	9770.7	128	ญ	41	9774.4
106	ญ	58	9890	129	ช	57	9321
107	ญ	58	9665.1	130	ญ	58	9081.1
108	ช	57	3674.2	131	ญ	48	2508.3
109	ญ	60	10016	132	ญ	42	1882.4
110	ช	53	8900.6	133	ช	51	3890.6
111	ญ	46	10081.3	134	ช	70	4125.4
112	ญ	48	10994.5	135	ญ	49	10792.1
113	ญ	53	8837.7				

หมายเหตุ: n = 135, min = 1882.4, max = 18686.2, mean = 8037.12, S.D. = 3137.09

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายอิทธิพล ดวงจินดา
วันเดือนปีเกิด	1 ตุลาคม 2509
วุฒิการศึกษา	ปีการศึกษา 2531: เจ้าพนักงานสาธารณสุขชุมชน วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดยะลา ปีการศึกษา 2535: สาธารณสุขศาสตร์ (บริหารสาธารณสุข) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ปีการศึกษา 2551: สาธารณสุขศาสตร์มหาบัณฑิต (บริหารสาธารณสุข) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ตำแหน่ง	นักวิชาการสาธารณสุข ชำนาญการ โรงพยาบาลสามชุก สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสุพรรณบุรี
ทุนการศึกษา	ปีงบประมาณ 2557: ทุนสนับสนุนการวิจัย ประเภทวิจัยทั่วไป สำหรับนักศึกษาบัณฑิตศึกษา กองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ผลงานทางวิชาการ

1. อิทธิพล ดวงจินดา, บัณฑิต อนุรักษ์. ระดับโคลีนเอสเตอเรสในซีรั่มชาวนาอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี. Proceedings of 2nd THAILAND INWEPF SYMPOSIUM. “Crucial roles of paddy fields associated with water management and environment”. กรุงเทพฯ: 2553; 67-77.
2. อิทธิพล ดวงจินดา บัณฑิต อนุรักษ์ และณัฏฐา หังสพฤกษ์. การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในนาข้าวและระดับโคลีนเอสเตอเรสในเลือดของชาวนา อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี. วันนิทรรศการวิชาการ รร.จปร. 2556; 2556.
3. Duangchinda A, Anurugsa B, Hungspreug N. The use of organophosphate and carbamate pesticides on paddy fields and cholinesterase levels of farmers in Sam Chuk district, Suphan Buri province, Thailand. TIJST. 2014;19(1):39-51.