การประเมินผลกระทบของสารตกค้างในแม่น้ำเจ้าพระยาและท่าจีน
Impact Assessment of Pesticide Residues in Chao Phraya and Tha Chin River

จันทิมา ผลกอง *มลิสา เวชยานนท์* *อำนาจ กะฐินเทศ* *ประกิจ จันทร์ติ๊บ*
Jantima Phonkong *Malisa Wetchayanon* *Amnaj Katintet* *Prakit Chuntib*

กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ABSTRACT

Environmental pesticide contamination is a major problem arising from the utilization of agricultural toxins in agricultural fields, causing the accumulation and spread of toxic residues especially around the water source used for consumption. This research examined the contamination of pesticide residues in the Chao Phraya River and the Tha Chin River, as well as the canal intersection. The purpose of the research is to assess impacts as well as to assess risks to humans and the environment. A total of 144 samples were randomly collected during dry and rainy season, analyzed by gas chromatography and liquid chromatography. Pesticide residues were found in the water samples of the Chao Phraya River as herbicide atrazine. The highest amounts detected during the dry season and the rainy season were 0.22 and 0.60 µg/L, respectively. In the Tha Chin River, pesticide residues were found in water samples as herbicide atrazine and ametryn. The highest concentrations of atrazine detected during the dry season and the rainy season were 0.28 and 0.33 µg/L, respectively. The maximum amount of ametryn detected during the rainy season was 0.43 µg/L. The contamination content of atrazine and ametryn did not exceed the established standard value. The results of the environment impact assessment were given a Hazard Quotient (HQ) and Risk Quotient (RQ) of less than 1 was an acceptable risk.

Keywords: Pesticide residues, Water, Sediment, Risk assessment, Environmental contamination

บทคัดย่อ

การปนเปื้อนของสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อมถือเป็นปัญหาสำคัญที่เกิดจากการใช้ประโยชน์สารพิษทางการเกษตรในแหล่งเกษตรกรรม ทำให้เกิดการสะสมและแพร่กระจายของสารพิษตกค้าง โดยเฉพาะบริเวณแหล่งน้ำที่ใช้ในการอุปโภคบริโภค งานวิจัยนี้ได้ตรวจติดตามการปนเปื้อนของสารพิษตกค้างในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำท่าจีน รวมทั้งบริเวณคลองแยก เพื่อประเมินผลกระทบ รวมทั้งความเสี่ยงต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม สุ่มเก็บตัวอย่างในช่วงฤดูแล้งและฝน รวมทั้งหมด 144 ตัวอย่าง ตรวจวิเคราะห์ด้วยแก๊สโครมาโทกราฟีและลิควิดโครมาโทกราฟี พบสารพิษตกค้างในตัวอย่างน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา เป็นสารกำจัดวัชพืช atrazine โดยค่าสูงสุดที่ตรวจพบในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน เท่ากับ 0.22 และ 0.60 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนในแม่น้ำท่าจีน พบสารพิษตกค้างในตัวอย่างน้ำ เป็นสารกำจัดวัชพืช atrazine และ ametryn โดยค่าสูงสุดของ atrazine ที่ตรวจพบในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน เท่ากับ 0.28 และ 0.33 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าสูงสุดของ ametryn ที่ตรวจพบในช่วงฤดูฝน เท่ากับ 0.43 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งปริมาณการปนเปื้อน atrazine และ ametryn ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ผลของการประเมินผลกระทบในสิ่งแวดล้อมได้ค่า Hazard Quotient (HQ) และ Risk Quotient (RQ) น้อยกว่า 1 เป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้

คำหลัก : สารพิษตกค้าง น้ำ ตะกอน การประเมินความเสี่ยง การปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม

คำนำ

ปัจจุบันการปนเปื้อนของสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นมานานและหลายประเทศทั่วโลกต่างให้ความสนใจ ในต่างประเทศมีงานวิจัยที่ตรวจพบสารตกค้างในสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะในแหล่งน้ำที่ใช้อุปโภคบริโภค ในช่วงปี 1999 - 2015 ประเทศฮังการีมีงานวิจัยที่รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเฝ้าระวังสารพิษตกค้างในน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินจากการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างมากกว่า 2,000 ตัวอย่าง โดยส่วนใหญ่ตรวจพบสารพิษตกค้างเป็นสารกำจัดวัชพืช เช่น acetochlor atrazine 2,4-D metolachlor เป็นต้น (Székács *et al*., 2015) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยในประเทศแทนซาเนีย เมื่อปี 2011 มีการตรวจพบสารพิษตกค้างกลุ่ม Organochlorine ในตัวอย่างน้ำและตะกอน จากแม่น้ำ 4 สายที่ไหลผ่านแหล่งปลูกอ้อย (Harieth, 2011) ส่วนในประเทศไทยซึ่งถือว่าเป็นประเทศเกษตรกรรมมีการปลูกพืชเศรษฐกิจมากมาย ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและปริมาณที่เพียงพอต่อการบริโภคและการส่งออก เกษตรกรส่วนใหญ่จึงจำเป็นต้องใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชปริมาณมากในการควบคุมศัตรูพืช พิจารณาได้จากสถิติการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตรในปี พ.ศ. 2560 - 2562 มีการนำเข้ามากกว่า 10,000 ตันต่อปี (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2560 - 2562) ส่งผลทำให้เกิดการสะสมและแพร่กระจายของสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม จากงานวิจัยในปี พ.ศ. 2552 - 2555 การศึกษาการแพร่กระจายของสารพิษทางการเกษตรจากแหล่งเกษตรกรรมสู่แม่น้ำสายหลักของประเทศ ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำป่าสัก แม่น้ำท่าจีน และแม่น้ำบางปะกง สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอน รวมทั้งพืชและสัตว์น้ำรวมทั้งหมด 890 ตัวอย่าง ตรวจพบสารพิษตกค้าง 370 ตัวอย่าง สารพิษตกค้างที่ตรวจพบเป็นสารกำจัดแมลงกลุ่ม Organochlorine กลุ่ม Organophosphorus กลุ่ม Pyrethroid กลุ่ม Carbamate สารกำจัดวัชพืชกลุ่ม Triazine กลุ่ม Chlorophenoxy compound และสารกำจัดโรคพืชกลุ่ม Phenylamide akylalanine (มลิสา และคณะ, 2555) ในปี 1998 มีงานวิจัยการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่ม Organochlorine ในตัวอย่างปลาจากแม่น้ำเจ้าพระยา โดยตรวจพบสารพิษ DDT & metabolites (Chinda, 1998) ในปี 2003 - 2005 มีงานวิจัยการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่ม Organochlorine ในแม่น้ำแม่กลอง ตรวจพบสารพิษ heptachlor epoxide สูงสุดในช่วงฤดูแล้ง (Poolpak *et al*., 2008) และมีงานวิจัยการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่ม Organochlorines ในภาคใต้ โดยสุ่มตัวอย่างจากแม่น้ำสายบุรี ปัตตานี และเทพา ในช่วงกรกฎาคม 2549 ถึงกุมภาพันธ์ 2550 พบว่าตัวอย่างจากแม่น้ำสายบุรี ตรวจพบการตกค้างสูงสุดและพบสารพิษ *p,p'*-DDE มากที่สุด (Samoh and Ibrahim, 2009)

จากข้อมูลงานวิจัยข้างต้นแสดงให้เห็นว่า มีการสะสมและแพร่กระจายของสารพิษตกค้างจากแหล่งเกษตรกรรมสู่สิ่งแวดล้อม มีการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ ทำลายห่วงโซ่อาหาร และส่งผลกระทบต่อมนุษย์ผู้บริโภค ประเทศไทยเป็นรัฐภาคีใน 50 ประเทศ ของอนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (Stockholm convention on Persistent Organic Pollutants, POPs) ได้ให้สัตยาบันโดยมีจุดมุ่งหมายในเรื่องการเฝ้าติดตามสถานการณ์การปนเปื้อนของสาร POPs เพื่อคุ้มครองสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ได้ตระหนักถึงปัญหาและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากสารพิษตกค้างทางการเกษตร รวมทั้งปฏิบัติตามข้อตกลงของอนุสัญญาระหว่างประเทศ จึงได้ศึกษางานวิจัยนี้เพื่อตรวจติดตามการปนเปื้อนของสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม ประเมินผลกระทบจากการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรในพื้นที่บริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและท่าจีน รวมทั้งประเมินความเสี่ยงต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่องแก้ว ได้แก่ separatory funnel, beaker, cylinder, Erlenmeyer flask, Petri dish, round bottom flask, pipette, volumetric flask เป็นต้น

2. วัสดุวิทยาศาสตร์ ได้แก่ filter paper No.1, filter paper No.42, Solid-Phase Extraction (SPE) cartridge ชนิด C_{18}, florisil, Si-OH และ Envi-Carb^{TM}

3. เคมีภัณฑ์ชนิดต่างๆ

3.1 สารเคมี analytical grade, pesticide grade และ HPLC grade ได้แก่ acetone, ammonium chloride, anhydrous sodium sulfate, dichloromethane, ethyl ether, hexane, iso-octane, methanol, sodium hydroxide, sodium hydrogen carbonate, sulfuric acid, sodium chloride, primary secondary amine (PSA), magnesium sulfate, cation exchange resin (DOWEX 50W resin), ethyl acetate, ammonium formate, formic acid, phosphoric acid, hydrochloric acid, methanol, acetonitrile และ water

3.2 สารพิษมาตรฐาน pesticide grade ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 95% ได้แก่ กลุ่ม Organochlorine 16 ชนิด ประกอบด้วย aldrin, alpha-BHC, alpha-endosulfan, beta-endosulfan, dieldrin, endosulfan sulfate, endrin, gamma-BHC, heptachlor, heptachlor epoxide, *o,p'*-DDE, *o,p'*-DDT, *o,p'*-TDE, *p,p'*-DDE, *p,p'*-DDT และ *p,p'*-TDE กลุ่ม Organophosphorus 22 ชนิด ประกอบด้วย azinphos ethyl, chlorpyrifos, chlorpyrifos ethyl, diazinon, dicrotophos, dimethoate, EPN, ethion, ethoprophos, fenthion, fenitrothion, malathion, methidathion, monocrotophos, parathion methyl, pirimiphos methyl, profenophos, triazophos, methamidophos, omethoate และ phosalone กลุ่ม Pyrethroid 7 ชนิด ประกอบด้วย bifenthrin, cyfluthrin, cypermethrin, lambda-cyhalothrin, deltamethrin, fenvalerate และ permethrin กลุ่ม Carbamate 6 ชนิด ประกอบด้วย carbaryl, carbofuran, isoprocarb, promecarb, metocarb และ methomyl กลุ่ม Triazine 3 ชนิด ประกอบด้วย ametryn, metribuzine และ atrazine กลุ่ม Phenoxy compound ชนิด 2,4-D กลุ่ม Bipyridirium ชนิด paraquat กลุ่ม Phenylamide akylalanine ชนิด metalaxyl กลุ่ม Triazole 4 ชนิด ประกอบด้วย difenoconazole, tetraconazole, hexaconazole และ propiconazole กลุ่ม Chloroacetamide 3 ชนิด ประกอบด้วย alachlor, acetochlor และ s-metolachlor สารกำจัดวัชพืชชนิด oxyfluorfen, oxadiazon และ pendimethalin

4. เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เครื่องชั่งละเอียด เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า เครื่องวัดค่าการแขวนลอยในน้ำ ตู้อบ เตาเผา เครื่องสกัดชนิด Separatory funnel shaker เครื่อง Shaker เครื่อง Homogenizer เครื่อง Rotary evaporator เครื่อง Nitrogen evaporator เครื่อง Centrifuge เครื่อง Gas Chromatograph ยี่ห้อ Agilent Technology รุ่น HP6890 หัวตรวจวัดชนิด Flame Photometric Detector (FPD) และ Electron Capture Detector (ECD) รุ่น 7890 หัวตรวจวัดชนิด Nitrogen Phosphorus Detector (NPD) เครื่อง Gas Chromatograph-Mass Spectrometry ยี่ห้อ Agilent Technology รุ่น 5973 และเครื่อง Ultra-High Performance Liquid Chromatograph ยี่ห้อ Agilent Technology รุ่น 1290 หัวตรวจวัดชนิด Diode Array Detector (DAD)

5. วัสดุอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่าง ได้แก่ อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำ Grab sampling แบบ Vertical type water sampler อุปกรณ์เก็บตัวอย่างตะกอน แบบ Ekman grap แครงทำด้วย stainless steel ขวดพลาสติกชนิด polypropylene พร้อมฝาปิด ช้อนทำด้วย stainless steel ขวดแก้วพร้อมฝาปิด ถุงพลาสติก ถังแช่บรรจุน้ำแข็งพร้อมฝาปิดสำหรับเก็บรักษาสภาพตัวอย่างในระหว่างขนส่ง

วิธีการ

1. สำรวจพื้นที่และสัมภาษณ์เกษตรกร บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาและท่าจีน จังหวัดนครสวรรค์ อุทัยธานี ชัยนาท สุพรรณบุรี สิงห์บุรี อ่างทอง อยุธยา นครปฐม และปทุมธานี พร้อมทั้งกำหนดจุดเก็บตัวอย่างบริเวณคลองแยกและแม่น้ำหลัก ใกล้บริเวณพื้นที่แหล่งเกษตรกรรม ที่มีโอกาสสูงที่จะเกิดปนเปื้อนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ใช้ระบบกำหนดตำแหน่งพื้นโลกด้วยดาวเทียม (Global Positioning System, GPS)

2. การสุ่มเก็บและเตรียมตัวอย่าง

2.1 ตัวอย่างน้ำ เก็บให้เต็มขวด ปริมาตรตัวอย่างละ 4 ลิตร

2.2 ตัวอย่างตะกอน เก็บตัวอย่างให้ได้น้ำหนักประมาณ 500 กรัม ก่อนสกัดนำไปผึ่งในถาดสแตนเลสที่อุณหภูมิห้อง ให้มีความชื้นประมาณ 10-20 เปอร์เซนต์ ทุบให้ละเอียด นำไปสกัดและหาเปอร์เซนต์ความชื้นในเวลาเดียวกัน

2.3 ตัวอย่างสัตว์น้ำ (ปลา) เก็บในถุงพลาสติก เลือกเฉพาะส่วนเนื้อ นำไปบดให้ละเอียด

2.4 ตัวอย่างพืช (ผักบุ้ง ผักกระเฉด) เก็บตัวอย่างให้ได้น้ำหนักมากพอสำหรับสกัด นำไปบดให้ละเอียด

3. การเตรียมสารละลายของสารมาตรฐาน เตรียม stock standard solution ให้มีความเข้มข้นประมาณ 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เตรียม intermediate standard solution ให้มีความเข้มข้นอยู่ในช่วงประมาณ 20-100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และเตรียม working standard solution

4. การสกัดตัวอย่าง

4.1 ตัวอย่างน้ำ

4.1.1 กลุ่ม Organochlorine กลุ่ม Pyrethroid กลุ่ม Triazole กลุ่ม Chloroacetamide pendimethalin oxyfluorfen และ oxadiazon ตวงตัวอย่างน้ำปริมาตร 800 มิลลิลิตร สกัดด้วย hexane (AR) ปริมาตร 100, 50 และ 50 มิลลิลิตร กรองผ่าน anh. sodium sulfate ใส่ round bottom flask นำไปลดปริมาตรจนเกือบแห้ง ปรับปริมาตรเป็น 1 มิลลิลิตร ด้วย hexane (PR) นำไปตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-ECD (TM-T04-I01) (กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร, 2564ก)

4.1.2 กลุ่ม Organophophorus กลุ่ม Carbamate กลุ่ม Triazine และกลุ่ม Phenylamide akylalanine ตวงตัวอย่างน้ำปริมาตร 800 มิลลิลิตร สกัดด้วย ethyl acetate (AR) ปริมาตร 100, 50 และ 50 มิลลิลิตร กรองผ่าน anh. sodium sulfate ใส่ round bottom flask นำไปลดปริมาตรจนเกือบแห้ง ปรับปริมาตรเป็น 1 มิลลิลิตร ด้วย ethyl acetate (PR) นำไปตรวจวิเคราะห์หาสารพิษกลุ่ม Organophophorus ด้วยเครื่อง GC-FPD และหาสารพิษกลุ่ม Carbamate กลุ่ม Triazine และกลุ่ม Phenylamide akylalanine ด้วยเครื่อง GC-NPD (TM-T04-I03) (กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร, 2564ค)

4.1.3 กลุ่ม Chlorophenoxy compound ชนิด 2,4-D ตวงตัวอย่างน้ำปริมาตร 800 มิลลิลิตร สกัดด้วย methanol: ethyl ether (2:8) ปริมาตร 100, 50 และ 50 มิลลิลิตร กรองผ่าน anh. sodium sulfate ใส่ round bottom flask เติม 10 M NaOH ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปต้มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นำไปสกัดต่อด้วย dichloromethane ปริมาตร 25, 25 และ 25 มิลลิลิตร กรองผ่าน anh. sodium sulfate ใส่ round bottom flask นำไปลดปริมาตรจนเกือบแห้ง เติม methanol: conc. H_2SO_4 (9:1) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เติม hexane (PR) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เติม 0.5 M $NaHCO_3$ ปริมาตร 15 มิลลิลิตร เขย่าตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น ทิ้งชั้นล่าง ชั้นบนกรองผ่าน anh. sodium sulfate นำไปตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-ECD (Rice *et al*., 2017)

4.1.4 กลุ่ม Bipyridirium ชนิด paraquat ตวงตัวอย่างน้ำปริมาตร 500 มิลลิลิตร นำไป clean up ด้วย SPE cartridge ชนิด Si-OH (ผ่านการเตรียม โดยชะ methanol (HPLC) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร และ water (HPLC) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ตามลำดับ) ชะสารด้วย acetonitrile: 250 mM ammonium formate: phosphoric acid (30: 70: 1.25) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำไปตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UHPLC-DAD (Robinson, 2006)

4.2 ตัวอย่างตะกอน

4.2.1 การหาความชื้นในตัวอย่างตะกอน (Back, 1965) เพื่อหาน้ำหนักตะกอนแห้งสุทธิ โดยชั่งตัวอย่างดิน 50 กรัม บันทึกน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ และหลังอบ 24 ชั่วโมง นำไปคำนวณความชื้นและน้ำหนักตะกอนแห้ง

<u>สูตรคำนวณ</u> $\%\text{ความชื้น} = \frac{(W_1+W_2)-W_3}{(W_3+W_1)} \times 100$

W_1 = น้ำหนัก Petri dish

W_2 = น้ำหนักดินก่อนอบ

W_3 = น้ำหนัก Petri dish+น้ำหนักดิน หลังอบ 3-4 ชม. (หลังจากอบ 24 ชม.)

4.2.2 การสกัดสารพิษ

4.2.2.1 กลุ่ม Organophophorus กลุ่ม Carbamate กลุ่ม Triazine กลุ่ม Phenylamide akylalanine กลุ่ม Organochlorine กลุ่ม Pyrethroid กลุ่ม Triazole กลุ่ม Chloroacetamide pendimethalin oxyfluorfen และ oxadiazon ชั่งตัวอย่างดินปริมาณ 20 กรัม สกัดด้วย ethyl acetate (AR) ปริมาตร 75 มิลลิลิตร เขย่า 4 ชั่วโมง ที่ความเร็วรอบ 210 รอบต่อนาที กรองผ่าน anh. sodium sulfate ใส่ round bottom flask นำไปลดปริมาตรจนเกือบแห้ง ปรับปริมาตรเป็น 2 มิลลิลิตร ด้วย ethyl acetate (PR) ดูดสารสกัด 1 มิลลิลิตร นำไปตรวจวิเคราะห์หาสารพิษกลุ่ม Organophophorus ด้วยเครื่อง GC-FPD และหาสารพิษกลุ่ม Carbamate กลุ่ม Triazine และกลุ่ม Phenylamide akylalanine ด้วยเครื่อง GC-NPD สารสกัดที่เหลือ 1 มิลลิลิตร นำไปเปลี่ยนและปรับปริมาตรเป็น 2.5 มิลลิลิตร ด้วย hexane (PR) นำไปตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-ECD เพื่อหาสารพิษกลุ่ม Organochlorine กลุ่ม Pyrethroid กลุ่ม Triazole กลุ่ม Chloroacetamide pendimethalin oxyfluorfen และ oxadiazon (TM-T04-I02) (กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร, 2564ข)

4.2.2.2 กลุ่ม Chlorophenoxy compound ชนิด 2,4-D ชั่งตัวอย่างดินปริมาณ 20 กรัม เติม methanol: water (8:2) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่อง shaker ที่ความเร็วรอบ 210 รอบต่อนาที นาน 30 นาที สกัดซ้ำ 2 รอบ ครั้งละ 50 มิลลิลิตร กรองผ่าน anh. sodium sulfate ใส่ round bottom flask เติม 10 M NaOH ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปต้มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นำไปสกัดต่อด้วย dichloromethane ปริมาตร 25, 25 และ 25 มิลลิลิตร กรองผ่าน anh. sodium sulfate ใส่ round bottom flask นำไปลดปริมาตรจนเกือบแห้ง เติม methanol: conc. H_2SO_4 (9:1) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เติม hexane (PR) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เติม 0.5 M $NaHCO_3$ ปริมาตร 15 มิลลิลิตร เขย่าตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น ทิ้งชั้นล่าง ชั้นบนกรองผ่าน anh. sodium sulfate นำไปตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-ECD (keller and Otto, 1985)

4.2.2.3 กลุ่ม Bipyridirium ชนิด paraquat ชั่งตัวอย่างดินปริมาณ 25 กรัม ใส่ round bottom flask เติมน้ำ 75 มิลลิลิตรและ conc. H_2SO_4 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร จากนั้น เติม oc-2-nol ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และเม็ดแก้ว นำไป reflux นาน 2 ชั่วโมง (เริ่มนับเวลาเมื่อความร้อนคงที่) กรองผ่าน filter paper No.42 และ celite ปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร ด้วยน้ำ DI นำไป clean up ผ่าน cation exchange resin (DOWEX 50W resin) ปริมาณ 5 กรัม (ผ่านการเตรียมโดยชะ sat[d] NaCl ปริมาตร 50 มิลลิลิตร และน้ำ DI ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ตามลำดับ) ล้างด้วยน้ำปริมาตร DI 25 มิลลิลิตร 2N HCl ปริมาตร 100 มิลลิลิตร น้ำ DI ปริมาตร 25 มิลลิลิตร 2.5% NH_4Cl ปริมาตร 25 มิลลิลิตร และน้ำ DI ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ตามลำดับ ชะสารด้วย sat[d] NH_4Cl ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ดูดสารสกัดมา 5 มิลลิลิตร นำไป clean up ด้วย SPE cartridge ชนิด Envi-Carb™ (ผ่านการเตรียมโดยชะด้วย methanol (HPLC) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร และ water (HPLC) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ตามลำดับ) ล้างด้วย water (HPLC) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ชะสารด้วย acetonitrile: 250 mM ammonium formate: phosphoric acid (30: 70: 1.25) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UHPLC-DAD (Robinson, 2006)

4.3 ตัวอย่างพืช (Anastassiades *et al*., 2003)

ชั่งตัวอย่างพืชปริมาณ 10 กรัม ใส่ centrifuge tube ขนาด 50 มิลลิลิตร เติม acetonitrile ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่า 1 นาที เติม ($MgSO_4$) ปริมาณ 4 กรัม และ (NaCl) ปริมาณ 1 กรัม ผสมกัน 1 นาที ด้วยเครื่อง vortex mixer สกัดด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ความเร็วรอบ 4,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที

4.3.1 ดูดสารละลายส่วนใสปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ micro-centrifuge tube ขนาด 1.5 มิลลิลิตร ที่บรรจุ (PSA) ปริมาณ 25 มิลลิกรัม และ ($MgSO_4$) ปริมาณ 150 มิลลิกรัม สกัดด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ความเร็วรอบ 6,000 รอบต่อนาที นาน 5 นาที ดูดสารละลายส่วนใสปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ใส่ micro-centrifuge tube นำไปลดปริมาตรจนเกือบแห้งด้วยเครื่อง Nitrogen evaporator ปรับปริมาตรเป็น 0.5 มิลลิลิตร ด้วย ethyl acetate (PR) ดูดสารสกัดนำไปตรวจวิเคราะห์หาสารพิษกลุ่ม Organophophorus ด้วยเครื่อง GC-FPD และหาสารพิษกลุ่ม Carbamate กลุ่ม Triazine และกลุ่ม Phenylamide akylalanine ด้วยเครื่อง GC-NPD

4.3.2 ดูดสารละลายส่วนใสปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ micro-centrifuge tube ขนาด 1.5 มิลลิลิตร ที่บรรจุ (PSA) ปริมาณ 25 มิลลิกรัม และ ($MgSO_4$) ปริมาณ 150 มิลลิกรัม สกัดด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอน ที่ความเร็วรอบ 6,000 รอบต่อนาที นาน 5 นาที ดูดสารละลายส่วนใส 0.5 มิลลิลิตร ใส่ micro-centrifuge tube นำไปลดปริมาตรจนเกือบแห้งด้วยเครื่อง Nitrogen evaporator ปรับปริมาตรเป็น 0.5 มิลลิลิตร ด้วย hexane (PR) ดูดสารสกัด นำไปตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-ECD เพื่อหาสารพิษกลุ่ม Organochlorine กลุ่ม Pyrethroid กลุ่ม Triazole กลุ่ม Chloroacetamide pendimethalin oxyfluorfen และ oxadiazon

4.4 ตัวอย่างปลา (Feei *et al*., 2000)

ชั่งตัวอย่างปลาปริมาณ 10 กรัม สกัดด้วย acetonitrile ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้เครื่อง Homogenizer 1 นาที กรองตัวอย่างโดยใช้ปั๊มสุญญากาศ ล้างขวดใส่ตัวอย่าง ด้วย acetonitrile ปริมาตร 50 มิลลิลิตร 2 ครั้ง ตวงสารละลายปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำไปลดปริมาตร ด้วยเครื่อง Evaporator จนเกือบแห้ง เติม acetonitrile ปริมาตร 5 มิลลิลิตร กำจัดสิ่งรบกวนด้วย SPE cartridge ชนิด C_{18} และ florisil ใช้เทคนิค Solid-Phase Extraction (SPE) ล้าง round bottom flask ด้วย acetonitrile 2 ครั้งๆละ 5 มิลลิลิตร นำไปลดปริมาตรจนเกือบแห้งด้วยเครื่อง Nitrogen evaporator ปรับปริมาตรเป็น 1 มิลลิลิตร ด้วย hexane (PR) ดูดสารสกัด 0.5 มิลลิลิตร นำไปตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-ECD เพื่อหาสารพิษกลุ่ม Organochlorine กลุ่ม Pyrethroid กลุ่ม Triazole กลุ่ม Chloroacetamide pendimethalin oxyfluorfen และ oxadiazon สารสกัดที่เหลือ 0.5 มิลลิลิตร นำไปลดปริมาตรจนเกือบแห้งด้วยเครื่อง Nitrogen evaporator ปรับปริมาตรเป็น 0.5 มิลลิลิตร ด้วย ethyl acetate (PR) นำไปตรวจวิเคราะห์หาสารพิษกลุ่ม Organophophorus ด้วยเครื่อง GC-FPD และหาสารพิษกลุ่ม Carbamate กลุ่ม Triazine และกลุ่ม Phenylamide akylalanine ด้วยเครื่อง GC-NPD

5. การบันทึกข้อมูล

5.1 ข้อมูลสารพิษตกค้างในตัวอย่างน้ำ หน่วยเป็นไมโครกรัมต่อลิตร (µg/L) ตัวอย่างตะกอน พืช และสัตว์น้ำ หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg)

5.2 ข้อมูลผลกระทบของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อสุขภาพ และสิ่งแวดล้อม ประเมินจากค่า Hazard quotient (HQ) และ Risk quotient (RQ)

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2562 สิ้นสุด กันยายน 2564

สถานที่ทำการทดลอง ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. คุณลักษณะและปริมาณสารพิษตกค้างในแม่น้ำเจ้าพระยา

จากการสำรวจบริเวณพื้นที่ใกล้ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่าเกษตรกรใช้ทั้งสารกำจัดแมลง สารกำจัดวัชพืช รวมทั้งสารป้องกันกำจัดโรคพืชร่วมกัน เพื่อใช้ในการควบคุมศัตรูพืช ซึ่งแหล่งเกษตรกรรมในบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ส่วนใหญ่เพาะปลูกข้าว รองลงมาปลูกพืชไร่ พืชสวน และพืชผัก ได้สุ่มเก็บตัวอย่างในระหว่างวันที่ 11 - 14 ธันวาคม 2562 (ฤดูแล้ง) และ 22 - 24 กรกฎาคม 2563 (ฤดูฝน) โดยเก็บตัวอย่างน้ำ ตะกอน พืช และสัตว์น้ำ บริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและคลองแยก ตามจุดเก็บที่กำหนดไว้ จำนวน 20 จุด ได้ตัวอย่างรวมทั้งหมด 66 ตัวอย่าง แบ่งเป็นตัวอย่างน้ำ ตะกอน พืช (ผักบุ้ง) และปลา (ปลากดและปลาตะเพียน) จำนวน 40, 21, 3 และ 2 ตัวอย่าง ตามลำดับ

1.1 คุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของตัวอย่างน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา

จากการวัดค่าการนำไฟฟ้า ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิของตัวอย่างน้ำขณะทำการเก็บตัวอย่าง พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 7.7±0.4 อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานคู่มือคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน คือ ค่า pH อยู่ในช่วง 5.0 - 9.0 (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) โดยค่า pH ในช่วงฤดูฝนมีค่าต่ำกว่าฤดูแล้ง การลดลงเล็กน้อยของค่า pH ในช่วงฤดูฝน อาจจะเกิดจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำเนื่องจากฝนตก ส่งผลให้ความเข้มข้นของไอออน H^+ เปลี่ยนแปลงไป (Samoh and Ibrahim, 2009) อุณหภูมิของน้ำ เท่ากับ 26.9±1.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของน้ำในสภาวะปกติของช่วงฤดูแล้งจะสูงกว่าฤดูฝน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศของแต่ละพื้นที่และเวลาที่สุ่มเก็บตัวอย่าง ค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำ เท่ากับ 220±57 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ซึ่งค่าสูงสุดที่ WHO ยอมให้มีได้สำหรับน้ำดื่ม คือ 2500 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และค่าปริมาณของแข็ง สารอนินทรีย์และอินทรีย์ทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำ (Total dissolved solids; TDS) เท่ากับ 110±27 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งใกล้เคียงกับช่วงปกติสำหรับแม่น้ำธรรมชาติ คือ 0 - 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร (WHO, 1988) (Table 1)

1.2 ปริมาณสารพิษตกค้างในแม่น้ำเจ้าพระยา

ผลการตรวจวิเคราะห์พบสารพิษตกค้าง atrazine ในตัวอย่างน้ำ จำนวน 40 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 100 ปริมาณ 0.07 - 0.60 ไมโครกรัมต่อลิตร (Table 2) เมื่อเทียบกับค่าสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในน้ำดื่มตามมาตรฐานต่าง ๆ ได้แก่ ประเทศออสเตรเลียที่กำหนดไว้เท่ากับ 20 ไมโครกรัมต่อลิตร (NHMRC and NRMMC, 2011) WHO กำหนดไว้เท่ากับ 2 ไมโครกรัมต่อลิตร (WHO, 2004) U.S. EPA กำหนดไว้ 3 ไมโครกรัมต่อลิตร (U.S. EPA, 2003) และประเทศแคนาดา กำหนดไว้ เท่ากับ 5 ไมโครกรัมต่อลิตร (Health Canada, 1993) อย่างไรก็ตาม ปริมาณที่ตรวจพบนี้ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด และอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร และนำไปผลิตน้ำเพื่อการบริโภคได้

Table 1. Physicochemical parameter of water and sediment samples from the Chao Phraya and Tha Chin River

Parameter	Chao Phraya River	Tha Chin River
Water		
pH	7.7±0.4	7.1±0.4
Temperature (°C)	26.9±1.3	30.8±2.6
Conductivity (µS/cm)	220±57	332±22
TDS (mg/L)	110±27	166±10

Table 2. Concentration of pesticide residues in sample during the two seasons from the Chao Phraya River

Sampling time	Sample	Total sample/ Positive sample	Pesticides	Concentration
Dry season	Water	20/20	atrazine	0.07 - 0.22
	Sediment	13/0	ND	ND
Rainy season	Water	20/20	atrazine	0.16 - 0.60
	Sediment	8/0	ND	ND
	Aquatic plant	3/0	ND	ND
	Fish	2/0	ND	ND

Unit of concentration of pesticide residues: water (µg/L), sediment (mg/kg), aquatic plant (mg/kg), fish (mg/kg)
ND: Not Detected

2. คุณลักษณะและปริมาณสารพิษตกค้างในแม่น้ำท่าจีน

จากการสำรวจบริเวณพื้นที่ใกล้ลุ่มแม่น้ำท่าจีน พบว่าเกษตรกรใช้ทั้งสารกำจัดแมลง สารกำจัดวัชพืช รวมทั้งสารป้องกันกำจัดโรคพืชร่วมกัน เพื่อใช้ในการควบคุมศัตรูพืช ซึ่งแหล่งเกษตรกรรมในบริเวณลุ่มแม่น้ำท่าจีน ส่วนใหญ่เพาะปลูกข้าว รองลงมาปลูกพืชสวนและพืชผัก ได้สุ่มเก็บตัวอย่างในระหว่างวันที่ 10 - 12 กุมภาพันธ์ 2564 (ฤดูแล้ง) และ 12 - 14 กรกฎาคม 2564 (ฤดูฝน) โดยเก็บตัวอย่างน้ำ ตะกอน พืช และสัตว์น้ำบริเวณลุ่มแม่น้ำท่าจีนและคลองแยกตามจุดเก็บที่กำหนดไว้ จำนวน 24 จุด ได้ตัวอย่างรวมทั้งหมด 84 ตัวอย่าง แบ่งเป็นตัวอย่างน้ำ ตะกอน และพืช (ผักบุ้งและผักกระเฉด) จำนวน 48, 19 และ 17 ตัวอย่าง ตามลำดับ

2.1 คุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของตัวอย่างน้ำในแม่น้ำท่าจีน

จากการวัดค่าการนำไฟฟ้า ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิของตัวอย่างน้ำขณะทำการเก็บตัวอย่าง ได้ผลดังตารางที่ 1 พบค่า pH เท่ากับ 7.1±0.4 อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานคู่มือคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินคือ pH อยู่ในช่วง 5.0 - 9.0 (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) โดยค่า pH ในช่วงฤดูฝนมีค่าต่ำกว่าฤดูแล้ง สอดคล้องกับแม่น้ำเจ้าพระยา ในขณะที่อุณหภูมิของน้ำเท่ากับ 30.8±2.6 องศาเซลเซียส และค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 332±22 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร เทียบกับค่าสูงสุดที่ WHO ยอมให้มีได้สำหรับน้ำดื่ม อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ 2500 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และค่า TDS เท่ากับ 166±10 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งใกล้กับช่วงปกติของแม่น้ำธรรมชาติ คือ 0 - 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร (WHO, 1988) (Table 1)

2.2 ปริมาณสารพิษตกค้างในแม่น้ำท่าจีน

ผลการตรวจวิเคราะห์พบสารพิษตกค้าง atrazine ในตัวอย่างน้ำ จำนวน 41 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 85 ปริมาณ 0.09 - 0.33 ไมโครกรัมต่อลิตร (Table 3) เมื่อเทียบกับค่าสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในน้ำดื่มตามมาตรฐานต่างๆ ได้แก่ ประเทศออสเตรเลียที่กำหนดไว้เท่ากับ 20 ไมโครกรัมต่อลิตร (NHMRC and NRMMC, 2011) WHO กำหนดไว้เท่ากับ 2 ไมโครกรัมต่อลิตร (WHO, 2004) U.S. EPA กำหนดไว้เท่ากับ 3 ไมโครกรัมต่อลิตร (U.S. EPA, 2003) และประเทศแคนาดา กำหนดไว้เท่ากับ 5 ไมโครกรัมต่อลิตร (Health Canada, 1993) นอกจากนี้ ยังตรวจพบสารพิษตกค้าง ametryn ในตัวอย่างน้ำ จำนวน 4 ตัวอย่าง คิดเป็น ร้อยละ 8 ปริมาณ 0.16 - 0.43 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อเทียบกับค่าสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในน้ำดื่มตามมาตรฐานของประเทศออสเตรเลียที่กำหนดไว้เท่ากับ 70 ไมโครกรัมต่อลิตร (NHMRC and NRMMC, 2011) พบว่าปริมาณที่ตรวจพบนี้ ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร และนำไปผลิตน้ำเพื่อการบริโภคได้

Table 3. Concentration ranges of pesticide residues in sample during the two seasons from the Tha Chin River

Sampling time	Sample	Total sample/Positive sample	Pesticides	Concentration
Dry season	Water	24/18	atrazine	0.09 - 0.28
	Sediment	12/0	ND	ND
	Aquatic plant	7/10	ND	ND
Rainy season	Water	24/23	atrazine	0.19 - 0.33
			ametryn	0.16 - 0.43
	Sediment	7/0	ND	ND
	Aquatic plant	10/0	ND	ND

Unit of concentration of pesticide residues: water (µg/L), sediment (mg/kg), aquatic plant (mg/kg)
ND: Not Detected

การตรวจพบ atrazine และ ametryn ในบริเวณลุ่มแม่น้ำทั้งแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำท่าจีน คิดเป็นร้อยละ 92 และ 5 ตามลำดับ โดยบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาพบ atrazine ตกค้างในตัวอย่างน้ำทุกตัวอย่าง เนื่องจากแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำสายหลัก เกิดจากการรวมกันของแม่น้ำปิงและแม่น้ำน่าน ในบริเวณแม่น้ำปิงและแม่น้ำน่านตอนล่างส่วนใหญ่เพาะปลูกอ้อย ข้าวโพด เกษตรกรใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิด atrazine และ ametryn เพื่อควบคุมวัชพืชในแหล่งเกษตรกรรม ทำให้มีโอกาสสูงที่จะเกิดการตกค้างในแหล่งน้ำ เกิดการแพร่กระจายสู่แม่น้ำเจ้าพระยา รวมทั้งบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำท่าจีน เกษตรกรมีการใช้สารดังกล่าวเช่นกัน โดยพื้นที่เกษตรกรรมส่วนใหญ่ปลูกข้าว รองลงมาปลูกพืชไร่พืชผัก (สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา, 2563) สอดคล้องกับปริมาณการนำเข้าในปี พ.ศ. 2563 ของสารกำจัดวัชพืชชนิด atrazine นำเข้าสูงเป็นอันดับ 5 ปริมาณสารสำคัญ 2,735,030.56 กิโลกรัม มูลค่า 370,460,037.11 บาท และ ametryn นำเข้าสูงเป็นอันดับ 9 ปริมาณสารสำคัญ 1,268,039.40 กิโลกรัม มูลค่า 214,970,577.43 บาท (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2563)

จากข้อมูลสารพิษตกค้างในบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำท่าจีน พบว่าในตัวอย่างน้ำพบสารพิษ atrazine และ ametryn โดย ametryn พบตกค้างในช่วงฤดูฝนบริเวณลุ่มแม่น้ำท่าจีน ส่วน atrazine พบตกค้างบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำท่าจีนทั้งในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน ช่วงฤดูฝนตรวจพบในปริมาณที่สูงกว่าฤดูแล้ง เนื่องจากในช่วงฤดูฝนมีโอกาสสูงที่จะเกิดการไหลบ่า (runoff) และการชะล้าง (leaching) ลงสู่แม่น้ำจากกรณีฝนตก ทำให้ปริมาณสารพิษตกค้างที่ตรวจพบสูงกว่าในฤดูแล้ง อีกทั้งช่วงฤดูฝนเป็นระยะที่เริ่มทำการเพาะปลูก เกษตรกรใช้ atrazine และ ametryn เพื่อควบคุมวัชพืชก่อนและหลังงอก จึงส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนของสารพิษมากขึ้น โดยพบสารพิษตกค้าง atrazine ในตัวอย่างน้ำที่สุ่มเก็บเกือบทั้งหมด สอดคล้องกับการศึกษาการแพร่กระจายของสารพิษทางการเกษตรจากแหล่งเกษตรกรรมสู่แม่น้ำสายหลักของประเทศ (มลิสาและคณะ, 2555) สำหรับตัวอย่างตะกอน พืช และสัตว์น้ำ ไม่พบสารพิษตกค้าง เนื่องจาก atrazine ในน้ำ เกิดการสลายตัวได้ด้วยแสง โดยค่า DT_{50} ที่ pH 7 เท่ากับ 2.6 วัน (จัดเป็น moderately fast) ส่วน ametryn เกิดการสลายตัวได้ด้วยแสงแดด โอกาสที่จะเกิดการดูดซับบนตะกอนจึงเกิดขึ้นได้น้อยมาก atrazine และ ametryn มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตอยู่ในระดับปานกลาง แต่ปริมาณที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำอยู่ในระดับต่ำมาก และไม่อยู่ในระดับที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ โดยค่า LC_{50} (96 hour) ในปลา ของ atrazine และ ametryn เท่ากับ 4500 และ 5000 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (Lewis *et al*., 2016)

3. ผลกระทบของสารพิษตกค้างต่อสิ่งแวดล้อม

จากผลการตรวจวิเคราะห์ที่ได้ นำมาประเมินผลกระทบของสารพิษตกค้างต่อสุขภาพตาม Exposure Assessment ตาม U.S. EPA (U.S. EPA, 2017) และประเมินผลกระทบของสารพิษตกค้างต่อสิ่งแวดล้อมตาม European Chemicals Bureau (ECB, 2003) ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพโดยใช้ค่า Hazard Quotient (HQ) จากการประเมินความผลกระทบต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสโดยการบริโภคน้ำที่มีการปนเปื้อนของของสารพิษตกค้างที่ไม่ใช่สารก่อมะเร็ง สำหรับเด็กอายุ 6 ปี และผู้ใหญ่อายุ 70 ปี พบว่าค่า HQ ที่ได้ทั้งในฤดูแล้งและฤดูฝน มีค่าน้อยกว่า 1 (Table 4) แสดงว่าเป็นความเสี่ยงที่ยอมได้ (acceptable risk) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากค่า Risk Quotient (RQ) พบว่าค่า RQ ที่ได้ทั้งในฤดูแล้งและฤดูฝน มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าเป็นความเสี่ยงที่ยอมได้ (acceptable risk) ดัง Table 5

Table 4. Hazard Quotient (HQ) of non-carcinogenic toxic residues for child 6 years old and adult 70 years old

Pesticides	Chao Phraya River				Tha Chin River			
	Dry season		Rainy season		Dry season		Rainy season	
	Child	Adult	Child	Adult	Child	Adult	Child	Adult
atrazine	1.35×10^{-4}	1.02×10^{-4}	3.67×10^{-4}	2.78×10^{-4}	1.71×10^{-4}	1.30×10^{-4}	2.02×10^{-4}	1.53×10^{-4}
ametryn	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.02×10^{-4}	2.02×10^{-4}

ND: Not detected

HQ $\leq$1: acceptable risk, HQ $>$1: risk

Child 6 years old (average weight 33.38 kg), Adult 70 years old (average weight 55.77 kg) (มกอช., 2559)

Table 5. Risk Quotient (RQ) of pesticide residues in water samples during the two seasons from the Chao Phraya and Tha Chin River

Pesticides	Chao Phraya River		Tha Chin River	
	Dry season	Rainy season	Dry season	Rainy season
atrazine	0.022	0.060	0.028	0.033
ametryn	-	-	-	0.043

RQ <1: No immediate concern), RQ = 1-10: Of concern if supply volumes increase, RQ = 10-100: (Further data require), RQ >100: Reduce risk immediate

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ/คำแนะนำ

จากการตรวจติดตามการปนเปื้อนของสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม บริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำท่าจีน รวมทั้งบริเวณคลองแยก โดยสุ่มเก็บตัวอย่างในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน ตรวจพบสารพิษตกค้างในตัวอย่างน้ำ เป็นสารกำจัดวัชพืชกลุ่ม Triazine ชนิด atrazine และ ametryn โดยพบการปนเปื้อนของ atrazine ในช่วงฤดูฝนมากกว่าฤดูแล้งทั้งในบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำท่าจีน ส่วน ametryn พบตกค้างในช่วงฤดูฝนในบริเวณลุ่มแม่น้ำท่าจีน ปริมาณของ atrazine และ ametryn ที่ตรวจพบอยู่ในระดับต่ำ ไม่เกินค่าสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในน้ำดื่มที่กำหนดไว้ เท่ากับ 20 และ 70 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และไม่อยู่ในระดับที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของสารพิษตกค้าง atrazine และ ametryn ในตัวอย่างน้ำกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 ซึ่งกำหนดให้สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ที่มีคลอรีนทั้งหมด มีค่าไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ 50 ไมโครกรัมต่อลิตร นั้น พบว่าปริมาณการปนเปื้อนของ atrazine และ ametryn ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร และนำไปผลิตน้ำเพื่อการบริโภคได้ ซึ่งผลการประเมินผลกระทบในสิ่งแวดล้อม ค่า HQ และ RQ ที่ได้มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ข้อมูลของปริมาณสารพิษตกค้าง ผลการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมที่ได้จากงานวิจัยนี้มีความสำคัญในการเฝ้าระวังและประเมินสถานการณ์มลพิษของสารพิษตกค้างที่เกิดจากการใช้สารพิษในกลุ่มเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อมนุษย์และระบบนิเวศ รวมทั้งใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาเพื่อกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินสำหรับสารกำจัดวัชพืชกลุ่ม Triazine และเป็นข้อมูลสนับสนุนการยกเลิกหรือการจำกัดการใช้สารพิษทางการเกษตรต่อไป

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. เกษตรกร ภาคเอกชน ผู้ที่สนใจ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องรับทราบผลกระทบและความเสี่ยงที่เกิดจากสารพิษตกค้างในบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและท่าจีน

2. ข้อมูลการตกค้างของสารพิษ รวมทั้งผลกระทบ และความเสี่ยงจากการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ในบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและท่าจีน สามารถคาดการณ์แนวโน้มสถานการณ์มลพิษของสารพิษตกค้างในอนาคต เฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร. 2564ก. วิธีทดสอบสารพิษกลุ่ม Organochlorines ในน้ำ โดยวิธี Gas Chromatography TM-T04-I01. 10 หน้า.

กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร. 2564ข. วิธีทดสอบสารพิษกลุ่ม Organochlorines Organophosphorus และ Pyrethroidในดิน โดยวิธี Gas Chromatography TM-T04-I02. 12 หน้า.

กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร. 2564ค. วิธีทดสอบสารพิษกลุ่ม Organophosphorus ในน้ำ โดยวิธี Gas Chromatography TM-T04-I03. 9 หน้า.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2537. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง. (ลงวันที่ 10 มกราคม 2537)

มลิสา เวชยานนท์ สิริพร เหลืองสุชนกุล ประกิจ จันทร์ติ๊บ เอกราช สิทธิมงคล และปภัสรา คุณเลิศ. 2555. การแพร่กระจายของสารพิษการเกษตรจากแหล่งเกษตรกรรมลงสู่แม่น้ำสายหลักในประเทศไทย. ผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตรประจำปี 2555. หน้า 231-255.

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2560-2562. รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ปี 2560-2562. สืบค้นจาก: https://www.doa.go.th/ard [24 มิ.ย. 2564].

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2563. รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ปี 2563. สืบค้นจาก: https://www.doa.go.th/ard [24 มิ.ย. 2564].

มกอช. 2559. ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย (FOOD CONSUMPTION DATA OF THAILAND). สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. สืบค้นจาก: https://www.acfs.go.th/files/files/attach- files/867_20190606145951_625162.pdf [15 ก.ย. 2563].

สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา. 2563. แผนการบริหารจัดการน้ำและการเพาะปลูกพืชฤดูแล้งในเขตชลประทาน ปี 2563/64. สืบค้นจาก: https://www.rid.go.th [24 มิ.ย. 2564].

Anastassiades, M., S. J. Lehotay, D. Staibaher, and F. J. Schenck. 2003. Fast and Easy Multiresidues employing Acetonitrile Extraction/Partitioning and Dispersive Solid-Phase Extraction for Determination of Pesticide Residues in Produce. *AOAC. J.* 86(2): 412-431.

Back, C. K. 1965. Method of soil analysis: part I physical and mineralogical properties. American Society of Agronomy. Madison. Wisconsin. USA. 4 p.

Chinda, S. 1998. Organochloine pesticide residues in fishes from the Chao Phraya River. Retrieved July 26, 2021, from https://agris.fao.org/agris-search

ECB. 2003. Technical Guidance Document on Risk Assessment. Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for notified substances. Retrieved Mar 20, 2019, from https://www.echa.europa.eu/documents/10162/16960216/tgdpart2_2ed_en.pdf

Feei, S., L. Feng-Yi., W. Sue-Sun, and L. Gwo-Chen. 2000. Determination of Organochlorine and Nitrogen-Containing Pesticide Residues in Fish with Different Fat Content. *Food and Drug Analysis. J.* 8(2): 103-111.

Harieth, H. K. 2011. Pesticide residues in four rivers running through an intensive agricultural area, Kilimanjaro, Tanzania. *Appl. Sci. Environ. Manage.* J. 15(2):307-316.

Health Canada. 1993. Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Guideline technical Document.Atrazine. Canada. 9 p.

Keller, W. and S. Otto. 1985. BASF Agricultural Research Station, Limburgerhof.

Lewis, K.A., J. Tzilivakis, D. Warner, and A. Green. 2016. An international database for pesticide risk assessments and management. Human and Ecological Risk Assessment. *An International J.* 22 (4): 1050-1064.

NHMRC and NRMMC. 2011. Australian Drinking Water Guidelines version 3.7 Paper 6 National Water Quality Management Strategy. National Health and Medical Research Council, National Resource Management Ministerial Council, Commonwealth of Australia, Canberra. Retrieved February 1, 2022, from https://www.nhmrc.gov.au/about-us/publications/australian-drinking-water-guidelines#block-views-block-file-attachments-content-block-1

Poolpak, T., P. Pokethitiyook, M. Kruatrachue, U. Arjarasirikoon, and N. Thanwaniwat. 2008. Residue Analysis of organochlorine pesticides in the Mae Klong River of Central Thailand. *Hazard Mater. J.* 156(1-3): 230-239.

Rice, E.W., R.B. Baird, and A.D. Eaton. 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd Edition. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. pp. 135-145.

Robinson, N. J. 2006. Paraquat: Residue Method for the Determination of Paraquat Dichloride as Paraquat cation in Soil (GRM012.04A). Syngenta. Jealott's Hill International Research Centre. UK. 49 p.

Samoh, A. N. H. and M. S. Ibrahim. 2009. Organochlorine Pesticide Residues in the Major Rivers of Southern Thailand. *EnvironmentAsia. J.* 1: 30-34.

Székács, A., M. Mörtl, and B. Darvas. 2015. Monitoring Pesticide Residues in Surface and Ground Water in Hungary: Surveys in 1990-2015. *Chemisty. J.* 2015: 1-15.

U.S. EPA. 2003. Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories. USA.

U.S. EPA. 2017. Exposure Factors Handbook Chapter 5: Soil and Dust Ingestion. U.S. EPA. Office of Research and Development. Washington, DC. EPA/600/R-17/384F.

WHO. 1988. Assessment of fresh water quality. Global environmental monitoring system (GEMS) report on the related environmental monitoring. World Health Organization.

WHO. 2004. Guidelines for Drinking-water Quality. 3rd Edition. WHO Geneva. Switzerland.