

**การแพร่กระจายของสารพิษการเกษตร  
จากแหล่งเกษตรกรรมลงสู่แม่น้ำสายหลักในประเทศไทย**

**Distribution of Pesticides from Agricultural Plantation to the Main Rivers in Thailand**

มลิสา เวชยานนท์ สิริพร เหลืองสุชนกุล ประกิจ จันทร์ต๊ะ เอกราช สิทธิมงคล ปัทสรา คุณเลิศ

Malisa Wetchayanon Siriporn Luengsuchonkul Prakit Chantip Eakaraj Sittimongkol Paphasara Khunlert

**ABSTRACT**

The distribution of pesticides from agricultural plantation into the main rivers in Thailand, Chaopraya, Pasak, Thajean and Bang Pakong, was carried out consequently in 2009 to 2012. The sampling of water, sediment, aquatic plant and fish was undertaken 4 times per year from each river at 27, 26, 24 and 24 sites marked by the Global Positioning System; GPS respectively. The total of 393 water, 348 sediment, 108 aquatic plants and 41 fish samples were analyzed for pesticide residues which were insecticides, herbicides and fungicides. The result revealed that 61% of water samples were contaminated with organochlorine, organophosphorus and carbamate insecticides, triazine herbicides and Phenylamide:acylalanine fungicides ranged from <0.01-0.21, <0.01-0.49, 0.03-0.44, 0.01-29.55 and 0.06 0.20 µg/L respectively. In sediments, 25% of total samples were contaminated with organochlorine, organophosphorus, pyrethroid and carbamate insecticides, triazine and chlorophenoxy compound herbicides and Phenylamide:acylalanine fungicides ranged from <0.01-0.04, <0.01-0.07, <0.01-0.33, <0.01-0.02, <0.01-0.70, <0.01 and <0.01 mg/kg respectively. In aquatic plants, 9% of total samples were contaminated with organochlorine, pyrethroid and carbamate insecticides and triazine herbicides ranged from <0.01-0.02, 0.02, 0.06 and 0.03 mg/kg respectively. In fish, 78% of total samples were contaminated with organochlorine, organophosphorus, pyrethroid insecticides and triazine herbicides ranged from <0.01-0.04, 0.02-0.03, <0.01-0.09 and 0.09 mg/kg respectively. However, the residue levels detected in water and fish were lower than the Maximum Allowable Concentration : MAC, of pesticide residues in water and did not exceed the Median Lethal Concentration : LC<sub>50</sub> for fish. The result from this study will be utilized in the examining/monitoring of hazardous pesticides in natural water resources particularly pesticides in the watch list of the Department of agriculture. In addition, the result

---

กลุ่มวิจัยศัตรูมีพิษการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

Pesticide Research Group, Agricultural Production Science Research and Development Office

obtained will be used as the pesticide residue database in surface water for the establishment of Water Quality Standard in Thailand.

**Key words:** Chaopraya, Pasak, Thajean, Bang Pakong, water, sediment, aquatic plant

## บทคัดย่อ

ศึกษาการแพร่กระจายของสารพิษทางการเกษตรจากแหล่งเกษตรกรรมลงสู่แม่น้ำสายหลักของประเทศ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนตั้งแต่ต้นจนถึงปลายทางของแม่น้ำ รวมทั้งตัวอย่างพืชและสัตว์น้ำที่นำมาบริโภคเพื่อตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างทางการเกษตร ใช้ระบบกำหนดตำแหน่งพื้นโลกด้วยดาวเทียม (Global Positioning System; GPS) ประกอบด้วยแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำป่าสัก แม่น้ำท่าจีน และแม่น้ำบางปะกง กำหนด 27, 26, 24 และ 24 จุดตามลำดับ ซึ่งในแต่ละแม่น้ำจะสุ่มเก็บ 4 ครั้งต่อปี ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2552 - 2555 ช่วงเดือน มีนาคม พฤษภาคม กรกฎาคม และธันวาคม ผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างจากแม่น้ำทั้ง 4 สาย ได้แก่ตัวอย่างน้ำ ตะกอน พืชน้ำ และสัตว์น้ำจำนวน 393, 348, 108 และ 41 ตัวอย่าง ตามลำดับ พบสารพิษตกค้างในตัวอย่างน้ำ 240 ตัวอย่าง คิดเป็น 61 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส กลุ่มคาร์บาเมท สารกำจัดวัชพืชกลุ่มไตรอาซีน และสารกำจัดโรคพืชกลุ่มฟิโนลเอไมด์ เอคิลอทานิน ปริมาณ <math><0.01-0.21, <0.01-0.49, 0.03-0.44, 0.01-29.55, 0.06-0.20</math> ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ตัวอย่างตะกอน 348 ตัวอย่าง ตรวจพบสารพิษตกค้าง 88 ตัวอย่าง คิดเป็น 25 เปอร์เซ็นต์ สารพิษที่ตรวจพบเป็นสารกำจัดแมลง กลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส กลุ่มไพรีทรอยด์ กลุ่มคาร์บาเมท สารกำจัดวัชพืชกลุ่มไตรอาซีน กลุ่มคลอโรฟิโนอกซีคอมพาวด์และสารกำจัดโรคพืชกลุ่มฟิโนลเอไมด์ เอคิลอทานิน ปริมาณ <math><0.01 - 0.04, <0.01 - 0.07, <0.01-0.33, <0.01-0.02, <0.01-0.70, <0.01</math> และ <math><0.01</math> มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ตัวอย่างพืชน้ำ 108 ตัวอย่าง ตรวจพบสารพิษ 10 ตัวอย่าง คิดเป็น 9 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลุ่มไพรีทรอยด์ กลุ่มคาร์บาเมทและสารกำจัดวัชพืชกลุ่มไตรอาซีน ปริมาณ <math><0.01-0.02, 0.02, 0.06</math> และ <math>0.03</math> มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ตัวอย่างสัตว์น้ำชนิดปลา 41 ตัวอย่าง ตรวจพบสารพิษตกค้าง 32 ตัวอย่าง คิดเป็น 78 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส กลุ่มไพรีทรอยด์และสารกำจัดวัชพืชกลุ่มไตรอาซีน ปริมาณ <math><0.01-0.04, 0.02-0.03, <0.01-0.09</math> และ <math>0.09</math> มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณสารพิษที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำและสัตว์น้ำ ไม่เกินค่าสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในน้ำ (Maximum Allowable Concentration; MAC) และไม่เกินค่าความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์ทดลองตาย 50 เปอร์เซ็นต์ (Median Lethal Concentration;  $LC_{50}$ ) ของปลา ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการตรวจวิเคราะห์จะเป็นการเฝ้าระวังการปนเปื้อนของสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อมบริเวณเกษตรกรรม รวมทั้งใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการห้ามหรือการยกเลิกการใช้สารพิษทางการเกษตรตามกฎหมาย ตลอดจนใช้ประกอบการร่างมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งผิวดินของประเทศต่อไป

**คำหลัก:** แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำป่าสัก แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำบางปะกง น้ำ ตะกอน พืชน้ำ

## คำนำ

ปัจจุบันการปนเปื้อนของสารพิษตกค้างทางการเกษตรในผลิตภัณฑ์เกษตรและสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาที่หลายประเทศทั่วโลกให้ความสนใจ ประเทศไทยได้ชื่อว่าเป็นแหล่งเกษตรกรรมที่มีการปลูกพืชเศรษฐกิจมากและหลากหลาย เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค จำเป็นต้องใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชประเภทต่าง ๆ จากสถิติการนำเข้าวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีการนำเข้ามาใช้ในประเทศมากกว่า 10,000 ตันในแต่ละปี (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2552-55) ทำให้มีการแพร่กระจายและสะสมในสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารพิษที่มีฤทธิ์ตกค้างยาวนาน (Persistent Organic Pollutant; POPs) หรือมีระดับความเป็นพิษรุนแรงและเฉียบพลัน มีการปนเปื้อนในสภาพแวดล้อม ระบบนิเวศ และแพร่กระจายเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร ได้แก่ แหล่งน้ำธรรมชาติ แม่น้ำสายหลัก รวมทั้งพืชและสัตว์ที่อาศัยในแหล่งนั้น และที่สุดก็จะส่งผลกระทบต่อมนุษย์ผู้บริโภค อีกทั้งอนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (Stockholm convention on Persistent Organic Pollutants, POPs) จัดชนิดของสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานเหล่านี้ ได้แก่ aldrin, chlordane, DDT, dieldrin, dioxins, endrin, furans, hexachlorobenzene, heptachlor, mirex, PCBs และ toxaphene ประเทศไทยเป็นรัฐภาคีใน 50 ประเทศ ได้ให้สัตยาบันโดยมีจุดมุ่งหมายในเรื่องการเฝ้าระวังและติดตามสถานการณ์การปนเปื้อนของสาร POPs เพื่อคุ้มครองสุขภาพอนามัยของมนุษย์ และสิ่งแวดล้อมจากสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน โดยให้มีการลดและเลิกการใช้สารเหล่านี้ มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 17 พฤษภาคม 2547 (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการ ได้ตระหนักถึงปัญหาและผลกระทบที่จะเกิดจากสารพิษเหล่านี้ รวมทั้งปฏิบัติตามข้อตกลงตามอนุสัญญาระหว่างประเทศ จึงได้ดำเนินการศึกษา วิจัย และประเมินสถานการณ์การแพร่กระจายของสารพิษทางการเกษตรจากแหล่งเกษตรกรรมลงสู่แม่น้ำสายหลักของประเทศ ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำป่าสัก แม่ท่าจีน และแม่น้ำบางปะกง

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. เครื่องแก้วสกัด ได้แก่ separatory funnel, beaker, cylinder, Erlenmeyer flask, round bottom flask
2. เคมีภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ
  - 2.1 สารเคมี analytical grade, pesticides grade และ HPLC grade ได้แก่ acetone, ammonium chloride, anhydrous sodium sulfate, dichloromethane, ethyl ether, hexane, iso-octane, methanol, sodium hydrogen carbonate, sulfuric acid, sodium hydroxide, sodium chloride, silica gel, SPE C18 และ SPE florisil
  - 2.2 สารพิษมาตรฐาน pesticide grade กลุ่มออร์กาโนคลอรีน 20 ชนิด ประกอบด้วย aldrin, alpha BHC, alpha-endosulfan, beta-BHC, beta-endosulfan, cis-chlordane, dicofol, dieldrin, endosulfan sulfate, endrin, gamma-BHC, heptachlor, heptachlor epoxide, o,p'-DDE, o,p'-DDT, o,p'-TDE, p,p'-DDE, p,p'-DDT, p,p'-TDE และ trans-chlordane กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส 21 ชนิด ประกอบด้วย azinphos ethyl, chlorpyrifos, chlorpyrifos methyl,

diazinon, dicrotophos, dimethoate, EPN, ethion, ethoprophos, fenthion, fenitrothion, malathion, methidathion, monocrotophos, parathion methyl, pirimiphos methyl, profenofos, triazophos, methamidophos, omethoate และ phosalone กลุ่มไพรีทรอยด์ 7 ชนิด ประกอบด้วย bifenthrin, cyfluthrin, cypermethrin, lamda cyhalothrin, deltamethrin, fenvalerate และ permethrin กลุ่มคาร์บาเมท 6 ชนิด ประกอบด้วย carbaryl, carbofuran, fenobucarb, methomyl, metolcarb และ promecarb กลุ่มไทโรอาซีน 3 ชนิด ประกอบด้วย ametryn, metribuzin และ triazine กลุ่มคลอโรพีนอกซีคอมพาวด์ชนิด 2,4-D และกลุ่มไบไพรีดิเลียมชนิด paraquat กลุ่มฟิโนลเอไมด์ เอคิลอลานินชนิด metalaxyl

3. เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เครื่องชั่งละเอียด, เครื่องสกัดชนิด separatory funnel shaker, shaker, Homogeneizer, เครื่อง food processor, เครื่องลดปริมาตร, เครื่อง spectrophotometer, เครื่อง Gas Chromatograph (GC) ของบริษัท Agilent Technology รุ่น HP 6890 หัวตรวจวัดชนิด Flame Photometric Detector (FPD) และ Electron Capture Detector (ECD), เครื่อง Gas Chromatograph-Mass spectrometry รุ่น 5973

4. วัสดุอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่าง ได้แก่ แครงทำด้วย stainless steel และขวดพลาสติกชนิด polypropylene พร้อมฝาปิด สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำ ซ้อนทำด้วย stainless steel และขวดแก้วพร้อมฝาปิด สำหรับเก็บตัวอย่าง ตะกอน ถุงพลาสติกพร้อมที่ผูก สำหรับเก็บตัวอย่างพีชน้ำและสัตว์น้ำ ถังแช่บรรจุน้ำแข็งพร้อมฝาปิด สำหรับเก็บรักษาสภาพตัวอย่างในระหว่างขนส่ง

### วิธีการ

1. สำรวจพื้นที่และกำหนดจุดเก็บตัวอย่างบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมแม่น้ำไหลผ่านตลอดทั้งสายแม่น้ำละ 4 ครั้งในแต่ละปี ใช้ระบบกำหนดตำแหน่งพื้นโลกด้วยดาวเทียม (Global Positioning System; GPS) โดยในแต่ละจุดเก็บกำหนดระยะห่างประมาณ 10-15 กิโลเมตร และให้ครอบคลุมตลอดทั้งสายของแม่น้ำ

2. การสุ่มเก็บ และเตรียมตัวอย่าง

2.1 ตัวอย่างน้ำ เก็บให้เต็มขวด ปริมาตรประมาณตัวอย่างละ 4 ลิตร

2.2 ตัวอย่างตะกอน เก็บบริเวณใกล้ที่เก็บตัวอย่างน้ำ ให้ได้น้ำหนักประมาณ 500 กรัม ก่อนสกัดนำไปฝั่งในถาด สเตนเลสที่อุณหภูมิห้อง ให้มีความชื้นประมาณ 10 - 20 เปอร์เซ็นต์ (พงศศิริและพลสุข, 2545) ทบให้ละเอียดผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน นำไปสกัดและหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในเวลาเดียวกัน

2.3 ตัวอย่างสัตว์น้ำชนิดปลา เก็บในถุงพลาสติก เลือกเฉพาะส่วนเนื้อ นำไปบดให้ละเอียด

2.4 ตัวอย่างพีชน้ำชนิดผักบุ้งและผักกระเฉด สุ่มเก็บให้ได้น้ำหนักมากพอสำหรับการสกัด นำไปบดให้ละเอียด

2.5 ตัวอย่างทั้งหมดที่สุ่มเก็บได้ เก็บในถังแช่แข็ง เพื่อป้องกันสารพิษสลายตัวในระหว่างการขนส่ง

3. การเตรียมสารละลายของสารมาตรฐาน เตรียม stock standard solution ของสารพิษแต่ละชนิดให้มีความเข้มข้นประมาณ 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เตรียม Intermediate standard solution ให้ได้สารละลายมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 20-200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และเตรียม working standard solution ให้ได้สารละลายมีความเข้มข้นประมาณ 0.01-2.50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

#### 4. การสกัดตัวอย่าง

##### 4.1 ตัวอย่างน้ำ

4.1.1 กลุ่มออร์กาโนคลอรีนและกลุ่มไพรีทรอยด์ (กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร, 2547) ตัวอย่างน้ำ 1,000 มิลลิลิตร สกัดด้วย hexane (AR) 100, 50, 50 มิลลิลิตร นำไปลดปริมาตรจนเกือบแห้ง ปรับปริมาตรเป็น 1 มิลลิลิตร นำไปฉีดด้วยเครื่อง GC-ECD

4.1.2 กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส กลุ่มคาร์บาเมต และกลุ่มไพโรอาซีน (กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร, 2553) ใช้วิธีการสกัดเช่นเดียวกับวิธีการสกัดข้อ 4.1.1 แต่เปลี่ยนสารเคมีที่ใช้ในการสกัดเป็น ethyl acetate และฉีดเครื่อง GC-FPD เพื่อตรวจวิเคราะห์สารพิษกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส และฉีดเครื่อง GC-MS เพื่อตรวจวิเคราะห์สารพิษกลุ่มคาร์บาเมต กลุ่มพินิเอไมด์ เอคิลอาลานิน และกลุ่มไพโรอาซีน

4.1.3 กลุ่มคลอโรฟีนอกซีอะคิโคมพาวด์ ชนิด 2,4-D (W.keller and S. Otto., 1985) ตัวอย่างน้ำ 1,000 มิลลิลิตร สกัดด้วย methanol: ethyl ether (2:8) 100, 50, 50 มิลลิลิตร เติม 10 M NaOH 10 มิลลิลิตร นำไปต้มที่ อุณหภูมิ water bath 60 องศาเซลเซียส นำไปสกัดต่อด้วย dichloromethane 25, 25, 25 มิลลิลิตร ลดปริมาตร เกือบแห้ง เติม methanol:conc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (9:1) 5 มิลลิลิตร เติม hexane (PR) 10 มิลลิลิตร เติม 0.5 M NaHCO<sub>3</sub> 15 มิลลิลิตร เขย่า ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น ทิ้งชั้นล่าง ชั้นบนกรองและนำไปตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-ECD

4.1.4 กลุ่มไบไพริดิเลียม ชนิด paraquat (Kennedy, S.H., 1983) ตัวอย่างน้ำ 500 มิลลิลิตร นำไป clean up โดยใช้ burette ที่บรรจุ cation exchange resin เติม sat<sup>d</sup> NaCl 50 มิลลิลิตร ไขทิ้ง เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ไขทิ้ง เติมตัวอย่าง เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร 2 N HCl 50 มิลลิลิตร น้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร 2.5 % NH<sub>4</sub>Cl 50 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร สะตัวอย่างด้วย sat<sup>d</sup> NH<sub>4</sub>Cl 50 มิลลิลิตร นำไปตรวจวัดเครื่อง spectrophotometer ที่ ความยาวคลื่น 396 นาโนเมตร

##### 4.2 ตัวอย่างตะกอน

4.2.1 การหาความชื้นในตะกอน (Back C.A., 1965) เพื่อนำไปลดน้ำหนักตัวอย่างตะกอนที่มีความชื้นจะ ได้น้ำหนักตะกอนแห้งสุทธิ โดยชั่งและบันทึกน้ำหนักตัวอย่าง ก่อนอบ และชั่งน้ำหนักตัวอย่างหลังอบ 24 ชั่วโมง นำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นและน้ำหนักตะกอนแห้ง

##### 4.2.2 การสกัดสารพิษ

4.2.2.1 กลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส กลุ่มไพรีทรอยด์ กลุ่มคาร์บาเมต และ กลุ่มไพโรอาซีน (กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร, 2550) ชั่งตัวอย่าง 20 กรัม สกัดด้วย ethyl acetate (AR) 75 มิลลิลิตร เขย่า 5 ชั่วโมง นำไปลดปริมาตรจนเกือบแห้ง ปรับปริมาตรเป็น 2 มิลลิลิตร สารสกัด 1 มิลลิลิตร นำไปฉีดเครื่อง GC-FPD เพื่อตรวจวิเคราะห์สารพิษกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส และฉีดเครื่อง GC-MS เพื่อ ตรวจวิเคราะห์สารพิษกลุ่มคาร์บาเมต กลุ่มพินิเอไมด์ เอคิลอาลานิน และกลุ่มไพโรอาซีน และสารสกัดที่ เหลือ 1 มิลลิลิตร นำไปเปลี่ยนและปรับปริมาตรด้วย hexane (PR) เป็น 2.5 มิลลิลิตร นำไปฉีดเครื่อง GC-ECD เพื่อตรวจวิเคราะห์สารพิษกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและกลุ่มไพรีทรอยด์

4.2.2.2 กลุ่มคลอโรพีนอกซีคอมพาวด์ ชนิด 2,4-D (W. Keller and S. Otto., 1985) ตะกอน 20 กรัม ขั้นตอนการสกัดเช่นเดียวกับตัวอย่างน้ำ จะเปลี่ยนในส่วนสารเคมีที่ใช้สกัดเป็น methanol:water (8:2) 100 มิลลิลิตร

4.2.2.3 กลุ่มไปไพริดีเลียม ชนิด paraquat (Kennedy, S.H.1983) ตัวอย่างตะกอน 25 กรัม ใส่ round bottom flask เติมน้ำ 65 มิลลิลิตร เติม  $18\text{NH}_4\text{SO}_4$  35 มิลลิลิตร และ octanal 1 มิลลิลิตร นำไป reflux นาน 5 ชั่วโมง กรองผ่าน celite ปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตรและนำไป clean up ผ่าน cation exchange resin 5 กรัม ใส่ใน burette เติม sat<sup>d</sup> NaCl 50 มิลลิลิตร น้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เติมตัวอย่าง เติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร 2N HCl 100 มิลลิลิตร น้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร 2.5%  $\text{NH}_4\text{Cl}$  25 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร ไซทิง ๕ ตัวอย่างด้วย sat<sup>d</sup>  $\text{NH}_4\text{Cl}$  50 มิลลิลิตร เก็บชั้นสารละลายที่ได้ไปตรวจวัดปริมาณสารพิษด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 396 นาโนเมตร

#### 4.3 ตัวอย่างพีชน้ำ (Steinwandter, 1985)

4.3.1 การสกัด ชั่งตัวอย่างพีชสด 25 กรัม สกัดด้วย acetone 50 มิลลิลิตร บดด้วย homogenizer เติม dichloromethane 40 มิลลิลิตร และ NaCl 8 กรัม บดต่ออีก 1 นาที เติสารละลายส่วนที่ใส ใส่ Erlenmeyer flask เติม anhydrous  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  15 กรัม กรองผ่าน anhydrous  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  แบ่งสารละลาย 50 มิลลิลิตร ไปลดปริมาตรเกือบแห้ง ปรับปริมาตรด้วย ethyl acetate (PR) เป็น 10 มิลลิลิตร แบ่งสารสกัด 2 มิลลิลิตร ตรวจวิเคราะห์สารพิษกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส และตรวจวิเคราะห์สารพิษกลุ่มคาร์บาเมท กลุ่มพีนีลเอไมด์ เอคิลออลานิน และกลุ่มไพโรอซิซิน ส่วนสารสกัดอีก 4 มิลลิลิตร นำไปจัดตั้งปนเปื้อน

4.3.2 การกำจัดสิ่งปนเปื้อน (clean up) ชั่ง silica gel ที่ deactivated ด้วยน้ำ 10 เปอร์เซ็นต์ 1 กรัม ใส่ในคอลัมน์ ปิดทับด้วย anhydrous  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  สูงประมาณ 1 เซนติเมตร ล้างคอลัมน์ด้วย hexane 5 มิลลิลิตร ใส่สารสกัดตัวอย่าง ๕ ตัวอย่างในคอลัมน์ด้วยสารผสมของ hexane:dichloromethane (4:1) 5 มิลลิลิตร และสารผสมของ hexane:dichloromethane (1:1) 10 มิลลิลิตร เก็บสารละลายไปลดปริมาตรจนเกือบแห้งและปรับปริมาตรเป็น 2 มิลลิลิตรด้วย hexane (PR) นำไปฉีดเครื่อง GC-ECD เพื่อตรวจวิเคราะห์สารพิษกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและกลุ่มไพริทรอยด์

#### 4.4 ตัวอย่างสัตว์น้ำ (ปลา) ใช้วิธีของ (FEEI SUN, 2000)

4.4.1 ชั่งเนื้อปลาสด 10 กรัม สกัดด้วย acetonitrile 50 มิลลิลิตร โดยใช้ homogenizer กรองและ ล้างขวดใส่ตัวอย่างด้วย acetonitrile 100 มิลลิลิตร แบ่งสารสกัด 50 มิลลิลิตร ไปลดปริมาตรจนเกือบแห้ง เติม acetonitrile 15 มิลลิลิตร นำไปจัดตั้งปนเปื้อน (clean up)

4.4.2 การกำจัดสิ่งปนเปื้อน (Clean up) ใช้ SPE ชนิด C18 ต่อกับ SPE ชนิด florisil ที่บรรจุเพิ่มด้วย anhydrous  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  2 กรัม ล้างคอลัมน์ด้วย acetonitrile 6 มิลลิลิตร ดูดตัวอย่างจากข้อ 4.4.1 ใส่คอลัมน์ เก็บใน graduated tube ลดปริมาตรสกัดด้วย nitrogen evaporator และปรับปริมาตรเป็น 1 มิลลิลิตร แบ่งสารสกัด 0.5 มิลลิลิตร นำไปตรวจวิเคราะห์กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส และตรวจวิเคราะห์สารพิษกลุ่มคาร์บาเมท กลุ่มพีนีลเอไมด์ เอคิลออลานิน และ

ไพโรซีน สารสกัดที่เหลือ 0.5 มิลลิกรัม นำไปลดปริมาตรเกือบแห้งและปรับปริมาตรด้วย hexane (PR) ให้ได้ 0.5 มิลลิกรัม เพื่อตรวจวิเคราะห์สารพิษกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและกลุ่มไพรีทรอยด์

ระยะเวลา (เริ่มต้น – สิ้นสุด) ตุลาคม 2551 – กันยายน 2555

สถานที่ดำเนินงาน กลุ่มวิจัยวัฏภูมิพิษการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

### ผลการทดลองและวิจารณ์

แม่น้ำเจ้าพระยาและคลองแยก เก็บตัวอย่างในช่วงเดือนธันวาคม 2551 เดือนมีนาคม พฤษภาคม และกรกฎาคม 2552 จำนวน 27 จุด รวม 192 ตัวอย่าง เป็นตัวอย่างน้ำ 103 ตัวอย่าง ตรวจพบสารพิษตกค้าง 68 ตัวอย่าง คิดเป็น 66 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่สารพิษกลุ่มออร์กาโนคลอรีนชนิด chlordane, DDT & metabolites, dicofol, dieldrin, endosulfan และ endrin ปริมาณระหว่าง <0.01 - 0.21 ไมโครกรัมต่อลิตร จำนวน 21 ตัวอย่าง สารพิษที่พบในปริมาณสูงในกลุ่มนี้เป็นสารพิษชนิด endosulfan เมื่อเปรียบเทียบกับค่าสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในน้ำดื่มตามมาตรฐานของประเทศเยอรมันที่กำหนดไว้เท่ากับ 3 ไมโครกรัมต่อลิตร (Gustafson, 1993) พบว่าปริมาณที่ตรวจพบนี้ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยเป็นแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร ถ้านำไปผลิตเป็นน้ำเพื่อการบริโภคแนวโน้มปริมาณสารพิษที่พบจะลดลงอีก กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสชนิด chlorpyrifos, diazinon, ethion, malathion, monocrotophos และ pirimiphos methyl ปริมาณระหว่าง <0.01-0.11 ไมโครกรัมต่อลิตร จำนวน 39 ตัวอย่าง กลุ่มคาร์บาเมท ชนิด carbofuran ปริมาณ 0.03-0.07 ไมโครกรัมต่อลิตร จำนวน 3 ตัวอย่าง กลุ่มพินิลเอไมด์ เอคิลออลานิน ชนิด metalaxyl 0.06-0.14 ไมโครกรัมต่อลิตร จำนวน 2 ตัวอย่าง และกลุ่มไพโรซีนชนิด ametryn, atrazine และ metribuzin ปริมาณ 0.07-0.12 ไมโครกรัมต่อลิตร จำนวน 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างตะกอน 89 ตัวอย่าง ตรวจพบสารพิษตกค้าง 29 ตัวอย่าง คิดเป็น 33 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่กลุ่มออร์กาโนคลอรีนชนิด dieldrin และ endosulfan ปริมาณ <0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 16 ตัวอย่าง กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส ชนิด chlorpyrifos, EPN, ethion และ profenofos ปริมาณระหว่าง <0.01-0.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 10 ตัวอย่าง กลุ่มคาร์บาเมท ชนิด carbofuran และกลุ่มพินิลเอไมด์ เอคิลออลานิน ชนิด metalaxyl ปริมาณ <0.01-0.02 และ <0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จำนวน 3 ตัวอย่าง (Table 1 - 2)

แม่น้ำป่าสักกลุ่มเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนธันวาคม 2552 เดือนกุมภาพันธ์ เดือนเมษายน และเดือนมิถุนายน 2553 จำนวน 26 จุด ทั้งหมด 242 ตัวอย่าง เป็นตัวอย่างน้ำ ตะกอน พืชน้ำและสัตว์น้ำ จำนวน 99, 99, 29 และ 15 ตัวอย่าง ตามลำดับ พบสารพิษตกค้างในตัวอย่างน้ำ 81 ตัวอย่าง คิดเป็น 81 เปอร์เซ็นต์ สารพิษที่ตรวจพบเป็นสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน จำนวน 10 ตัวอย่าง ได้แก่ ชนิด DDT & metabolites และ dieldrin ปริมาณระหว่าง <0.01-0.02 ไมโครกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ยังตรวจพบ endosulfan ซึ่งเป็นวัตถุอันตรายประเภทที่ 4 ที่ประกาศห้ามใช้ตั้งแต่ปี 2547 ปริมาณ 0.01-0.04 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่วนสารพิษกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสจะตรวจพบปริมาณสูงในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง ปริมาณน้ำในบางจุดค่อนข้างน้อย ทำให้ตรวจพบสารพิษปริมาณสูง ประกอบกับในพื้นที่มีการทำไร่และปลูกผัก จึงทำให้ตรวจพบสารพิษกลุ่มนี้ได้แก่ ชนิด chlorpyrifos, diazinon, EPN, ethion, omethoate และ profenofos ปริมาณระหว่าง 0.02-0.44 ไมโครกรัมต่อลิตร จำนวน 9 ตัวอย่าง นอกจากนี้ยังตรวจพบสารกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมทชนิด carbaryl,

carbofuran, fenobucarb ปริมาณระหว่าง 0.03-0.44 ไมโครกรัมต่อลิตร จำนวน 11 ตัวอย่าง กลุ่มฟิโนลเอไมด์ เอคิล อาลานินชนิด metalaxyl ปริมาณ 0.11-0.17 ไมโครกรัมต่อลิตร 5 ตัวอย่าง และสารกำจัดวัชพืชกลุ่มไตรอาซีน ชนิด ametryn, atrazine และ metribuzin ปริมาณระหว่าง 0.01-29.55 ไมโครกรัมต่อลิตร จำนวน 75 ตัวอย่าง ซึ่ง สารกำจัดวัชพืชกลุ่มนี้จะตรวจพบเกือบทุกครั้ง และทุกตัวอย่างในการสุ่มเก็บทั้ง 4 ครั้ง โดยตรวจพบ atrazine ในปริมาณค่อนข้างสูงในช่วงเดือนมิถุนายนซึ่งเป็นระยะที่เริ่มทำการเพาะปลูก เกษตรกรจะใช้เพื่อกำจัดวัชพืช ในไร่อ้อย และข้าวโพด สอดคล้องกับข้อมูลสถิติการนำเข้า atrazine ปี 2553 ที่มีปริมาณมากถึง 4.3 ล้าน กิโลกรัม (กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2553) จึงทำให้มีการใช้มาก จึงพบการปนเปื้อนในแหล่งน้ำสูง ถึงแม้ว่า atrazine ไม่จัดอยู่ในสารกลุ่ม POPs แต่มีค่าความเป็นพิษสำหรับปลา rainbow trout  $LC_{50}$  (96h) เท่ากับ 11 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ 11,000 ไมโครกรัมต่อลิตร (The pesticide manual, 2012) ปริมาณที่พบนี้จึงปลอดภัย ต่อสัตว์น้ำ และค่ากำหนดสูงสุดที่ยอมให้มีได้ (Maximum Allowable Concentration; MAC) ในน้ำดื่มของ องค์การอนามัยโลก (WHO) 2 ไมโครกรัมต่อลิตร ในขณะที่สหรัฐอเมริกากำหนดไม่เกิน 3 ไมโครกรัมต่อลิตร ทั้งนี้เนื่องจากสหรัฐอเมริกามีการใช้ atrazine กำจัดวัชพืชในไร่ข้าวโพด ข้าวฟ่างในปริมาณมาก จึงเกิดการ ปนเปื้อนอย่างกว้าง ทั้งในน้ำผิวดินและใต้ดิน นอกจากนี้การศึกษาของ Hayes และคณะเมื่อปี 2010 พบว่า atrazine มีผลต่อการทำงานของต่อมไร้ท่อที่ควบคุมการทำงานของระบบสืบพันธุ์ในการผลิตฮอร์โมนชนิด estrogen และ testosterone ในปลา สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์ปีก สัตว์เลี้ยงลูกและหนูในห้องทดลอง รวมทั้ง พบว่ามีผลต่อหน้าเด็กแรกเกิด จะลดลงเมื่อได้รับสารพิษในระยะตั้งครรภ์ รวมทั้งการศึกษาตั้งแต่ครั้งแรก ในปี 2002 ที่พบว่ากบมีสองเพศในตัวเดียวกัน เพียงได้รับในปริมาณ 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร ทำให้ atrazine จะ ถูกห้ามใช้ในยุโรปหลายประเทศได้แก่ ฝรั่งเศส สวีเดน เดนมาร์ก ฟินแลนด์ เยอรมัน ออสเตรีย และอิตาลี แต่ อย่างไรก็ตามยังมีบางประเทศที่มีการใช้ได้แก่ สหราชอาณาจักร ไอร์แลนด์ และเบลเยียม สำหรับประเทศไทย ปริมาณ atrazine ที่พบในแม่น้ำที่มีปริมาณสูงนี้เป็นน้ำเพื่อการเกษตรประเภทแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งถ้าจะนำมาใช้ สำหรับผลิตน้ำเพื่อบริโภคให้มีความปลอดภัยตามมาตรฐานของ WHO จะต้องมีการผ่านกระบวนการตรวจ วิเคราะห์คุณภาพอีกครั้ง และจะได้นำข้อมูลที่ตรวจพบนี้ไปสู่การร่างมาตรฐานน้ำผิวดินต่อไป ตัวอย่างตะกอน 99 ตัวอย่าง ตรวจพบสารพิษ 22 ตัวอย่าง คิดเป็น 22 เปอร์เซ็นต์ เป็นกลุ่มออร์กาโนคลอรีนชนิด DDT & metabolites และ chlordane ปริมาณ <0.01-0.04 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จำนวน 8 ตัวอย่าง กลุ่ม ออร์กาโนฟอสฟอรัสชนิด ethion ปริมาณ <0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 1 ตัวอย่าง และสารกำจัดวัชพืช กลุ่มไตรอาซีนชนิด ametryn และ atrazine ปริมาณระหว่าง <0.01-0.70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จำนวน 16 ตัวอย่าง ตัวอย่างพืชน้ำ 29 ตัวอย่าง ได้แก่ ผักบุ้ง 26 ตัวอย่าง และ ผักกระเฉด 3 ตัวอย่าง ตรวจพบสารพิษ 5 ตัวอย่าง คิดเป็น 17 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ชนิด DDT & metabolites และ dieldrin ปริมาณระหว่าง <0.01-0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จำนวน 3 ตัวอย่าง กลุ่มคาร์บาเมทชนิด carbaryl และสารกำจัดวัชพืชกลุ่มไตรอาซีนชนิด ametryn ปริมาณ 0.06 และ 0.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จำนวนกลุ่มละ 1 ตัวอย่าง ตัวอย่างสัตว์น้ำ 15 ตัวอย่าง แบ่งเป็นปลาทราย ปลาคัง ปลาช่อน ปลาตะเพียนขาว ปลาตะเพียนทอง ปลาสวาย ปลากระมัง ปลาแก และปลาหมอ ตรวจพบสารพิษ 12 ตัวอย่าง คิดเป็น 80

เปอร์เซ็นต์ เป็นสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนชนิด DDT & metabolites และ endosulfan ปริมาณระหว่าง <0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 7 ตัวอย่าง กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส ชนิด chlorpyrifos ปริมาณ 0.02-0.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 2 ตัวอย่าง กลุ่มไพรีทรอยด์ชนิด cypermethrin ปริมาณ 0.01-0.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 6 ตัวอย่าง และสารกำจัดวัชพืชกลุ่มไตรอาซีนชนิด ametryn ปริมาณ 0.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 1 ตัวอย่าง (Table 3 - 4) โดยทั่วไปสารพิษที่ตกค้างในปลาส่วนใหญ่จะถ่ายทอดทางห่วงโซ่อาหารสามารถเพิ่มและทวีปริมาณขึ้นและสะสมในเนื้อเยื่อและไขมันของเซลล์สิ่งมีชีวิตได้ หรือที่เรียกว่า bioaccumulation เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับปริมาณสารเคมีที่สามารถรับเข้าไปได้ทุกวัน โดยไม่ทำให้เกิดความผิดปกติใดๆ ต่อร่างกาย Reference Dose; RfD ของสารพิษชนิด ametryn, cypermethrin และ endosulfan เท่ากับ 0.07, 0.1 และ 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ (The Pesticide Manual 16<sup>th</sup>, 2012) ถือว่าอยู่ในระดับที่ปลอดภัยและสารพิษที่พบในปลาเมื่อผ่านขบวนการต่างๆ สำหรับทำเป็นอาหารเนวโน้มการปนเปื้อนสารพิษเหล่านี้จะลดลง ประกอบกับสารพิษชนิด cypermethrin เมื่อเข้าสู่ร่างกายในปริมาณ 1.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะเกิดการเปลี่ยนแปลงและขับออกจากร่างกายได้ภายใน 2 วัน (Extoxnet, 1996)

**Table 1.** Pesticide residues detected in water and sediment in the Chaopraya river

sample	no. of sample		pesticide	type	concentration
	total sample (192)	positive sample (97)			water : µg/L sediment, aquatic plant and fish: mg/kg
water	103	68 (66%)	Organochlorines (21)	chlordan	0.03 - 0.05
				dicolfol	0.01
				dieldrin	<0.01 - 0.01
				endosulfan	<0.01 - 0.21
				endrin	<0.01
				o,p,-TDE	<0.01
				p,p,-DDE	<0.01 - 0.13
p,p -DDT	<0.01 - 0.02				
Organophosphorus (39)				chlorpyrifos	<0.01 - 0.05
				diazinon	0.02 - 0.05
				dicrotophos	0.09
				ethion	<0.01 - 0.11
				malathion	0.02 - 0.05
				monocrotophos	0.04
				pirimiphos methyl	<0.01 - 0.06
Carbamates (3)				carbofuran	0.03 - 0.07
Phenylamide:acylalanine (2)				metalaxyl	0.06 - 0.14
Triazines (3)					0.07
					0.18
					0.12
sediment	89	29 (33%)	Organochlorines (16)	dieldrin	<0.01
				endosulfan	<0.01
			Organophosphorus (10)	chlorpyrifos	0.01
				EPN	<0.01 - 0.06
				ethion	<0.01 - 0.04
Carbamates(3)		0.03			
	carbofuran	<0.01 - 0.02			
Phenylamide:acylalanine (1)				metalaxyl	<0.01

**Table 2.** Pesticide residues detected in each sampling time in the Chaopraya river

sampling time	sample	total sample/ positive sample	pesticide	concentration	no. of positive sample
				water : $\mu\text{g/L}$ sediment, aquatic plant and fish: mg/kg	
1 <sup>st</sup> Dec, 2008	water	24/15	atrazine dieldrin dicofol endosulfan ethion p,p' - DDE	0.18 <0.01 - 0.01 0.01 0.04 0.03 - 0.11 <0.01	1 5 2 1 5 1
	sediment	22/14	dieldrin endosulfan	<0.01 <0.01	12 3
2 <sup>nd</sup> March, 2009	water	25/15	ametryn carbofuran chlorpyrifos diazinon endrin endosulfan ethion malathion monocrotophos pirimiphos methyl o,p,- DDT o,p' - DDE	0.07 0.03 0.04 - 0.05 0.04 - 0.05 <0.01 0.02 0.02 0.04 - 0.05 0.04 0.06 - 0.10 0.01 <0.01	1 1 2 2 1 1 1 2 1 2 1 1
	sediment	22/13	carbofuran EPN endosulfan ethion metalaxyl profenofos	0.03 <0.01 - 0.06 0.01 <0.01 - 0.04 <0.01 0.03	2 4 1 4 1 1
3 <sup>rd</sup> May,2009	water	27/17	aldrin carbofuran chlordane diazinon endosulfan metribuzin o,p' -DDE pirimiphos methyl p,p,-DDT p,p' -DDE	0.01 0.07 - 0.21 0.03 - 0.05 0.02 - 0.05 <0.01 - 0.21 0.12 0.13 0.04 - 0.09 <0.01 - 0.02 0.01	1 1 2 2 2 1 2 1 3 2
	sediment	23/1	carbofuran	<0.01	1
4 <sup>th</sup> July, 2009	water	27/21	chlorpyrifos diazinon ethion malathion metalaxyl pirimiphos methyl	<0.01 - 0.03 <0.01 - 0.02 0.01 0.02 0.06 - 0.14 <0.01 - 0.03	5 5 3 2 2 5
	sediment	22/1	chlorpyrifos	0.01	1

แม่น้ำท่าจีนสุ่มเก็บในช่วงเดือนธันวาคม 2553 เดือนกุมภาพันธ์ เดือนเมษายน และเดือนมิถุนายน 2554 จำนวน 24 จุด ทั้งหมด 270 ตัวอย่าง เป็นตัวอย่างน้ำ ตะกอน ฟิชน้ำ และสัตว์น้ำ จำนวน 93, 85, 71 และ 21 ตัวอย่าง ตามลำดับ ตัวอย่างน้ำ 93 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง 76 ตัวอย่าง คิดเป็น 82 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารกำจัดแมลง กลุ่มออร์กาโนคลอรีน จำนวน 41 ตัวอย่าง ได้แก่ ชนิด DDT & metabolites ปริมาณระหว่าง <0.01-0.02 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และตรวจพบ endosulfan ปริมาณ 0.01-0.07 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่วนสารพิษกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสจะตรวจพบมากในการสุ่มเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 ในเดือนกุมภาพันธ์ เช่นเดียวกับแม่น้ำป่าสัก ได้แก่ ชนิด chlorpyrifos, EPN, ethion, monocrotophos และ triazophos ปริมาณ 0.01-0.49 ไมโครกรัมต่อลิตร จำนวน 25 ตัวอย่าง นอกจากนี้ยังตรวจพบสารกลุ่มฟิโนลไมด์ เอคิลอลานิน ชนิด metalaxyl ปริมาณ 0.08 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จำนวน 1 ตัวอย่าง และสารกำจัดวัชพืชกลุ่ม ไทรอาซีนชนิด ametryn, และ atrazine ปริมาณ 0.05-0.79 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จำนวน 69 ตัวอย่าง ตัวอย่างตะกอน 85 ตัวอย่าง ตรวจพบสารพิษ 29 ตัวอย่าง คิดเป็น 34 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนชนิด DDT & metabolites และ endosulfan ปริมาณระหว่าง <0.01 - 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 8 ตัวอย่าง กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

ชนิด ethion, chlorpyrifos และ monocrotophos ปริมาณระหว่าง <0.01-0.07 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จำนวน 22 ตัวอย่าง กลุ่มไพรีทรอยด์ชนิด bifenthrin และ cypermethrin ปริมาณระหว่าง <0.01-0.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จำนวน 3 ตัวอย่าง และสารกำจัดวัชพืชกลุ่มสารประกอบคลอโนฟีนอกซี ชนิด 2,4-D ปริมาณ <0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 2 ตัวอย่าง ตัวอย่างพืชน้ำเป็นชนิดที่นำมาบริโภคเป็นผักได้แก่ ผักบุ้ง 66 ตัวอย่าง และ ผักกระเฉด 5 ตัวอย่าง รวม 71 ตัวอย่าง ตรวจพบสารพิษ 5 ตัวอย่าง คิดเป็น 7 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนชนิด dieldrin และ endosulfan ปริมาณระหว่าง <0.01-0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 4 ตัวอย่าง และตรวจพบสารกำจัดแมลงกลุ่มไพรีทรอยด์ชนิด cypermethrin ปริมาณ 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 1 ตัวอย่าง ตัวอย่างสัตว์น้ำ 21 ตัวอย่าง แบ่งเป็นปลาตะเพียน 5 ตัวอย่าง ปลาแขยง 4 ตัวอย่าง ปลายี่สก 2 ตัวอย่าง ปลากทราย ปลาเนื้ออ่อน ปลาหมอ ปลาสิด ปลาชวย ปลากระดี่ ปลาดุก ปลากระสูบ ปลาสังกะวาด ปลากดเหลือง ชนิดละ 1 ตัวอย่าง ตรวจพบสารพิษ 20 ตัวอย่าง คิดเป็น 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนชนิด DDT & metabolites, dieldrin และ endosulfan ปริมาณระหว่าง <0.01-0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จำนวน 19 ตัวอย่าง กลุ่มไพรีทรอยด์ชนิด cypermethrin ปริมาณ <0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 1 ตัวอย่าง (Table 5 - 6)

**Table 3.** Pesticide residues detected in water, sediment, aquatic plant and fish in the Pasak river

sample	no. of sample		pesticide	type	concentration
	total sample (242)	positive sample (120)			water : $\mu\text{g/L}$ sediment, aquatic plant and fish: mg/kg
water	99	81 (81%)	Organochlorines (10)	dieldrin	<0.01 - 0.02
				endosulfan	0.01 - 0.04
				o,p,-DDT	0.02
				p,p,-DDE	<0.01
				p,p -DDT	<0.01 - 0.01
			Organophosphorus (9)	chlorpyrifos	0.04
				diazinon	0.06 - 0.24
Carbamates (11)	EPN	0.04 - 0.10			
	ethion	0.02 - 0.28			
	omethoate	0.13 - 0.44			
Phenylamide:acylalanine (5)	profenofos	0.11			
	carbaryl	0.19 - 0.44			
Triazines (75)	carbofuran	0.07 - 0.22			
	fenobucarb	0.03 - 0.08			
	metalaxyl	0.11 - 0.17			
sediment	99	22 (22%)	Organochlorines (8)	ametryn	0.01 - 8.04
				atrazine	0.03 - 29.55
				metribuzin	0.11
				chlordan	<0.01 - 0.04
				o,p,-DDT	<0.01
Organophosphorus (1)	o,p,-DDE	<0.01			
	ethion	<0.01			
Triazines (16)	p,p,-DDE	<0.01			
	atrazine	<0.01 - 0.70			
aquatic plant	29	5 (17%)	Organochlorines (3)	dieldrin	<0.01
				p,p -DDT	0.01 - 0.02
			Carbamates (1)	carbaryl	0.06
fish	15	12 (80%)	Organochlorines (7)	ametryn	0.03
				endosulfan	<0.01
				p,p,-DDE	<0.01
			Organophosphorus (2)	p,p -DDT	<0.01
				chlorpyrifos	0.02 - 0.03
Pyrethroids (6)	cypermethrin	0.01 - 0.09			
Triazines (1)	ametryn	0.09			

**Table 4.** Pesticide residues detected in each sampling time in the Pasak river

sampling time	sample	total sample/ positive sample	pesticide	concentration	no. of positive sample
				water : µg/L sediment, aquatic plant and fish: mg/kg	
1 <sup>st</sup> Dec, 2009	water	24/13	ametryn atrazine carbofuran diazinon dieltrin EPN ethion p,p -DDT	0.05 - 0.06 0.03 - 0.08 0.22 0.24 0.02 0.10 0.02 - 0.28 <0.01	3 9 1 1 1 1 2 2
	sediment	24/0	-	-	-
2 <sup>nd</sup> Feb,2010	water	25/25	ametryn atrazine carbofuran chlorpyrifos diazinon dieltrin endosulfan EPN ethion fenobucarb o,p - DDT omethoate p,p - DDT profenofos	0.01 - 0.06 0.03 - 0.22 0.07 0.04 0.06 <0.01 0.02 0.04 0.02 - 0.05 0.03 - 0.08 0.02 0.13 - 0.44 0.01 0.11	13 26 1 1 1 1 2 1 2 2 1 3 1 1
	sediment	25/5	atrazine ethion p,p - DDE	<0.01 <0.01 <0.01	1 2 3
	aquatic plant	11/3	dieltrin p,p - DDT	<0.01 0.01-0.02	1 3
	fish	5/4	ametryn chlorpyrifos cypermethrin endosulfan	0.09 0.03 0.01 <0.01	1 1 1 1
	water	25/18	ametryn atrazine endosulfan metalaxyl o,p - DDE p,p - DDT	0.02-0.11 0.04-0.13 0.01-0.04 0.16 <0.01 <0.01	7 17 2 1 1 1
	sediment	25/4	atrazine o,p -DDT p,p -DDT	<0.01 <0.01 <0.01	2 1 2
3 <sup>rd</sup> April, 2010	aquatic plant	10/0	-	-	-
fish	7/6	chlorpyrifos cypermethrin endosulfan p,p - DDT	<0.01 0.01 - 0.09 <0.01 0.02	5 5 1 2	
4 <sup>th</sup> June,2010	water	25/25	ametryn atrazine carbaryl metalaxyl metribuzin	0.08 - 8.04 0.05 - 29.55 0.19 - 0.44 0.11-0.17 0.11	18 25 3 4 1
	sediment	25/13	ametryn atrazine chlordan	0.03 - 0.08 <0.01 - 0.70 <0.01 - 0.04	6 8 4
	aquatic plant	8/2	ametryn carbaryl	0.03 0.06	1 1
	fish	3/2	p,p - DDE	<0.01	2

**Table 5.** Pesticide residues detected in water, sediment, aquatic plant and fish in the Thajean river

sample	no. of sample		pesticide	type	concentration
	total sample (270)	positive sample (130)			water : $\mu\text{g/L}$ sediment, aquatic plant and fish: $\text{mg/kg}$
water	93	76 (76%)	Organochlorines (41)	endosulfan o,p, -DDE p,p' -DDE	<0.01 - 0.07 0.01 - 0.02 <0.01
			Organophosphorus (25)	chlorpyrifos EPN ethion monocrotophos triazophos	0.03 0.02 - 0.49 0.01 - 0.04 0.01 - 0.21 0.02 - 0.04
			Triazine (69)	ametryn atrazine	0.09 - 0.79 0.05 - 0.42
			Phenylamide:acylalanine (1)	metalaxyl	0.08
sediment	85	29 (34%)	Organochlorines (7)	endosulfan p,p' -DDE	<0.01 - 0.02 <0.01
			Organophosphorus (22)	chlorpyrifos ethion monocrotophos	<0.01 - 0.07 <0.01 - 0.03 <0.01 - 0.01
			Pyrethroids (3)	bifenthrin cypermethrin	0.01 <0.01 - 0.33
			Chlorophenoxy compound (2)	2,4-D	<0.01
aquatic plant	71	5 (7%)	Organochlorines (4)	dieldrin endosulfan	<0.01 <0.01 - 0.02
			Pyrethroids (1)	cypermethrin	0.02
fish	21	20 (95%)	Organochlorines (19)	dieldrin endosulfan p,p, -DDE p,p, -DDT p,p' -TDE	<0.01 <0.01 <0.01 - 0.02 <0.01 <0.01 - 0.01

แม่น้ำบางปะกง สุ่มเก็บในช่วงเดือนมกราคม มีนาคม พฤษภาคม และกรกฎาคม 2555 จำนวน 24 จุด รวม 186 ตัวอย่าง เป็นตัวอย่างน้ำ ตะกอน พืชน้ำและสัตว์น้ำ จำนวน 98, 75, 8 และ 5 ตัวอย่าง ตามลำดับ ตัวอย่างน้ำ 98 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง 15 ตัวอย่าง คิดเป็น 15 เปอร์เซ็นต์ สารพิษที่ตรวจพบเป็นกลุ่ม ออร์กาโนคลอรีน ชนิด DDT & metabolites, endosulfan, dieldrin และ ปริมาณระหว่าง <0.01-0.05, และ <0.01 ไมโครกรัมต่อลิตร จำนวน 11 ตัวอย่าง กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสชนิด parathion methyl และ pirimiphos methyl ปริมาณระหว่าง 0.01 - 0.04 ไมโครกรัมต่อลิตร จำนวน 2 ตัวอย่าง กลุ่มคาร์บาเมท ชนิด carbofuran ปริมาณ 0.08 - 0.62 ไมโครกรัมต่อลิตร จำนวน 2 ตัวอย่าง และสารกำจัดวัชพืชกลุ่มไตรอาซีน ชนิด atrazine ปริมาณ 0.04 ไมโครกรัมต่อลิตร จำนวน 1 ตัวอย่าง ตัวอย่างตะกอน 75 ตัวอย่าง ตรวจพบ 8 ตัวอย่าง คิดเป็น 11 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ชนิด DDT & metabolites ปริมาณ <0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 8 ตัวอย่าง กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสชนิด chlorpyrifos, dimethoate และ ethion ปริมาณ < 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 3 ตัวอย่าง ส่วนตัวอย่างพืชน้ำ 8 ตัวอย่าง และสัตว์น้ำ (ปลา) 5 ตัวอย่าง ตรวจไม่พบสารพิษ ในทุกตัวอย่าง (Table 7-8)

**Table 6.** Pesticide residues detected in each sampling time in the Thajean river

sampling time	sample	total sample/ positive sample	pesticide	concentration	no. of positive sample
				water : $\mu\text{g/L}$ sediment, aquatic plant and fish : $\text{mg/kg}$	
1 <sup>st</sup> Dec, 2010	water	21/14	atrazine	0.08 - 0.14	7
			EPN	0.02 - 0.49	2
	monocrotophos	0.01 - 0.21	7		
sediment	20/12	bifenthrin	0.01	1	
		chlorpyrifos	<0.01 - 0.02	12	
ethion	<0.01 - 0.01	7			
aquatic plant	18/1	endosulfan	0.02	1	
2 <sup>nd</sup> Feb, 2011	water	24/16	atrazine	0.06 - 0.29	16
			endosulfan	0.02 - 0.03	5
	o,p - DDE	0.01 - 0.02	2		
sediment	22/8	2,4-D	<0.01	2	
		chlorpyrifos	<0.01 - 0.07	5	
ethion	0.03	1			
monocrotophos	<0.01 - 0.01	2			
aquatic plant	16/2	cypermethrin	0.02	1	
endosulfan	<0.01	1			
3 <sup>rd</sup> April, 2011	water	24/23	ametryn	0.09 - 0.33	12
			atrazine	0.05 - 0.21	22
endosulfan	0.01 - 0.07	16			
metalaxyl	0.08	1			
sediment	22/6	cypermethrin	<0.01 - 0.33	2	
		endosulfan	<0.01 - 0.02	4	
ethion	0.01	1			
3 <sup>rd</sup> April, 2011	aquatic plant	17/0	-	-	-
	fish	7/6	endosulfan	<0.01	5
			p,p - DDE	<0.01	1
4 <sup>th</sup> July, 2011	water	24/23	ametryn	0.39 - 0.79	22
			atrazine	0.25 - 0.42	23
	chlorpyrifos	0.03	1		
	endosulfan	<0.01 - 0.02	19		
ethion	0.01 - 0.04	6			
triazophos	0.02 - 0.04	16			
sediment	21/3	chlorpyrifos	<0.01	1	
		cypermethrin	0.33	1	
endosulfan	<0.01	2			
ethion	0.03	1			
p,p - DDE	<0.01	1			
aquatic plant	20/2	dieldrin	<0.01	2	
fish	14/14	dieldrin	<0.01	13	
		endosulfan	<0.01	14	
		p,p,- DDE	<0.01 - 0.02	14	
		p,p,- DDT	<0.01	1	
p,p - TDE	<0.01 - 0.01	7			

**Table 7.** The results of pesticides residue analysis in sample in the Bang Pakong river and canal

sample	no. of sample		pesticide	type	concentration
	total sample (186)	positive sample (26)			water : $\mu\text{g/L}$ sediment, aquatic plant and fish: mg/kg
water	98	15 (15%)	Organochlorines (11)	dieldrin endosulfan o,p' - DDE	<0.01 <0.01 - 0.05 <0.01
			Organophosphorus (2)	parathion methyl pirimiphos methyl	0.04 0.01 - 0.02
			Carbamate (2)	carbofuran	0.08 - 0.62
			Triazine (1)	atrazine	0.04
sediment	75	8 (11%)	Organochlorines (8)	p,p' - DDE	<0.01
			Organophosphorus (3)	chlorpyrifos dimethoate ethion	<0.01 <0.01 <0.01
aquatic plant	8	-	-	-	-
fish	5	-	-	-	-

**Table 8.** The results of pesticides residue analysis in sample in the Bang Pakong river and canal

sampling time	sample	total sample/ positive sample	pesticide	concentration water : $\mu\text{g/L}$ sediment, aquatic plant and fish : mg/kg	no. of positive sample
survey Dec, 2011	water	10/0	-	-	-
	sediment	6/0	-	-	-
	aquatic plant	1/0	-	-	-
	fish	2/0	-	-	-
1 <sup>st</sup> Jan, 2012	water	22/11	atrazine	0.04	1
			carbofuran	0.08	1
			dieldrin	<0.01	1
			endosulfan	<0.01	7
o,p' -DDE			<0.01	1	
sediment	17/1	chlorpyrifos	<0.01	1	
aquatic plant	2/0	-	-	-	
fish	3/0	-	-	-	
2 <sup>nd</sup> March, 2012	water	22/4	carbofuran	0.62	1
			endosulfan	<0.01 - 0.05	3
parathion methyl			0.04	1	
pirimiphos methyl			0.01 - 0.02	1	
sediment	17/2	dimethoate ethion	<0.01 <0.01	1 1	
3 <sup>rd</sup> March, 2012	water	22/0	-	-	-
	sediment	19/5	p,p' -DDE	<0.01	5
	aquatic plant	3/0	-	-	-
4 <sup>th</sup> July, 2012	water	22/0	-	-	-
	sediment	16/0	-	-	-
	aquatic plant	1/0	-	-	-

## สรุปผลการทดลอง

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำ ตะกอน พืชน้ำ และสัตว์น้ำในบริเวณลุ่มแม่น้ำทั้ง 4 สายและคลอง แยก สารพิษตกค้างที่ตรวจพบส่วนใหญ่เป็นกลุ่มสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (POPs) แต่อยู่ในระดับต่ำ ไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนดที่ยอมรับได้ (MAC) ในน้ำและไม่อยู่ในระดับที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ โดยค่า  $LC_{50}$  (96 hour) กำหนดไว้ในปลา golden orfe 2 ไมโครกรัมต่อลิตร สำหรับสารกำจัดวัชพืชกลุ่มไตรอะซีนที่ตรวจพบมีปริมาณค่อนข้างสูงในฤดูเพาะปลูก ปริมาณจะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งสลายตัวไปตามช่วงเวลาที่เหมาะสม ซึ่งจะต้องตรวจติดตามและเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่อง ส่วนการตรวจพบสารพิษในเนื้อปลานั้น เป็นสถานการณ์จากการปนเปื้อนของสารพิษในสิ่งแวดล้อมและถ่ายทอดทางห่วงโซ่อาหาร มนุษย์ในฐานะผู้บริโภคควรมีความระมัดระวังในการบริโภคอาหารจากแหล่งนี้ ซึ่งนับว่าเป็นเรื่องที่มีความจำเป็นที่จะต้องติดตามและเฝ้าระวังการแพร่กระจาย และการสะสมของสารพิษกลุ่มนี้อย่างต่อเนื่อง โดยข้อมูลปริมาณสารพิษที่ตรวจพบทั้งหมดนี้จะนำไปกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งผิวดิน ที่เดิมได้กำหนดค่ามาตรฐานสารพิษที่มีคลอรีนทั้งหมดไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารในกลุ่ม POPs กำหนดไว้ไม่เกิน 0.02-1 ไมโครกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2552) ส่วนสารพิษกลุ่มคาร์บาเมต กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส และกลุ่มอื่น ๆ ยังไม่กำหนดค่า ดังนั้นข้อมูลที่ได้นี้จึงมีความสำคัญในการนำไปประกอบการพิจารณา นอกจากนี้การตรวจพบสารพิษตกค้างยังเป็นการเฝ้าระวังและประเมินสถานการณ์ที่มีการใช้สารพิษในกลุ่มเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในสภาพแวดล้อม รวมทั้งใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการยกเลิก และห้ามใช้สารพิษทางการเกษตรทางกฎหมายต่อไป

## เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2547. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs) อนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน. 99 หน้า
- กรมควบคุมมลพิษ. 2552. มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (Surface Water Quality Standard)
- กลุ่มวิจัยวัฏเคมีพิษการเกษตร. 2547.เอกสารวิธีทดสอบสารพิษกลุ่มorganochlorinesในน้ำโดยวิธี Gas Chromatography TM-T04-I01 13 หน้า
- กลุ่มวิจัยวัฏเคมีพิษการเกษตร. 2550.เอกสารวิธีทดสอบสารพิษกลุ่ม organochlorines กลุ่ม Pyrethroids และกลุ่ม organophosphorusในดินโดยวิธี Gas Chromatography TM-T04-I02. 17 หน้า
- กลุ่มวิจัยวัฏเคมีพิษการเกษตร. 2553.เอกสารวิธีทดสอบสารพิษกลุ่มorganophosphorusในน้ำโดยวิธี Gas Chromatography TM-T04-I03. 14 หน้า
- พงศ์ศรี ไบออคัลย์ และพลสุข หฤทัยธนาสันต์. 2545. การพัฒนาวิธีตรวจวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชกลุ่ม Triazine ในดินและน้ำ เอกสารประกอบการประชุมวิชาการกองวัฏเคมีพิษการเกษตร ครั้งที่ 4 หน้า 240-246.
- สำนักควบคุมพืชและวัสดุทางการเกษตร. 2552-55. รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ปี พ.ศ. 2552-55. <http://www.doa.go.th>

- Anonymous. 1994. The Agrochemical Handbook Third Edition. The Royal Society of Chemical, Cambridge, England.
- Anonymous. 1998. Guidelines for Drinking Water Quality, Vol.I-Recommendation. World Health Organization.
- Back C.A. 1965. "Method of soil analysis : part I physical and mineralogical properties". American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. 4 p.
- C. Macbean. 2012. The Pesticide Manual Sixteen Edition. pp. 49-50.
- EXTOXNET, 1996. <http://www.bvsde.paho.org/bvsapud/i/fulltext/cyper.htm> (1 กุมภาพันธ์ 2556)
- Fei Sun, Feng-Yi lin, Sue-Sun Wong and Gwo-Chen Li. 2000. Determination of organochlorine and Nitrogen-Containing Pesticides in Fish with Different Fat Content. J. Food and Drug Analysis. 8(2):pp.103 – 111.
- Gustafson,D.I.1993. Pesticides in drinking Water. Van Nostrand Reinhold, New York, U.S.A. 241 p.
- Hayes T.B. Falso P., Gallipeau S. and Stice M.2010. The cause of global amphibian declines: a developmental endocrinologist's perspective. Journal of Experiment Biology-JEXP BIOL, vol.213, no.6, pp. 921-933.
- Kennedy, S.H.1983. The Determination of Paraquat Residues in soil and water. ICI Jealott's Hill Research Station Bracknell Berks, UK.
- Steinwandter, H. 1985. Universal 5 min on-line Method for Extraction and Isolating Pesticide Residues and industrial Chemicals. Fresenius Z. Anal. Chem. 322: 752-754.
- W.keller and S. Otto.1985. BASF Agricultural Research Station, Limburgerhof.

## Appendix

### จุดเก็บตัวอย่าง

Appendix table 1. Detail of the Sampling Sites of Chaopraya river

No.	Sampling Site		Description
	X	Y	
P1	618030	1732080	บ. ยางโทน ต. นครสวรรค์ตอ อ. เมือง จ.นครสวรรค์
P2	617754	1728647	บ.ตะเคียนเลื่อน ต.ตะเคียนเลื่อน อ. เมือง จ.นครสวรรค์
P3	616978	1719636	บ.บางจำซอ 8 ต. โกรกพระ อ. โกรกพระ จ.นครสวรรค์
P4	615954	1723651	บ.เนินเวียง ต. โกรกพระ อ. โกรกพระ จ.นครสวรรค์
P5	617657	1715263	ซอยท่าโก 1 บ.ท่าโก ต.ยางขาว อ.พยุหะคีรี จ.นครสวรรค์
P6	621694	1705510	ต.น้ำทรง อ.พยุหะคีรี จ.นครสวรรค์
P7	616592	1703332	บ. สะพานหิน ต.หาดทอง อ. เมือง จ.อุทัยธานี
P8	613955	1687130	ต. หาดท่าเสา อ.เมือง จ.ชัยนาท
P9	614514	1680857	ต.มะขามเต่า อ.วัดสิงห์ จ.ชัยนาท
P10	627667	1676756	เขื่อนเจ้าพระยา อ.เมือง จ.ชัยนาท
P11	622465	1695640	กม.16 บ.คลองกลาง ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท
P12	633073	1687580	ต. อุตะเกา อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท
P13	637052	1670336	บ.บางท่าช้าง ต.โพธิ์นางคำออก อ.สรรพยา จ.ชัยนาท
P14	634427	1673796	บ.บางท่าช้าง ต.โพธิ์นางคำออก อ.สรรพยา จ.ชัยนาท
P15	639804	1665980	ต.ชีน้ำร้าย อ.อินทร์บุรี จ.สิงห์บุรี
P16	647975	1649218	บ.บางกระบือ ต.บางกระบือ อ.เมือง จ.สิงห์บุรี
P17	655026	1633578	บ.พระงาม ต.พระงาม อ.พรหมบุรี จ.สิงห์บุรี
P18	655801	1609961	ต.โพสะ อ.เมือง จ.อ่างทอง
P19	657625	1597451	ต.บางเสด็จ อ.ป่าโมกข์ จ.อ่างทอง
P20	659342	1588112	บ.เหนือ ต.กบเจา อ.บางบาล จ.อ่างทอง
P21	659518	1588202	บ.เหนือ ต.กบเจา อ.บางบาล จ.อ่างทอง
P22	666423	1555173	ต.บ้านปทุม อ.สามโคก จ. ปทุมธานี
P23	662754	1569454	บ.ราชคราม ต.ราชคราม อ.บางปะอิน จ.พระนครศรีอยุธยา
P24	671180	1578025	ม.3 ต.บ้านโพธิ์ อ.บางปะอิน จ.พระนครศรีอยุธยา
P25	669335	1583946	ม.11 ต.คลองตะเคียน อ.พระนครศรีอยุธยา จ. พระนครศรีอยุธยา
P26	625974	1694306	กม.11 บ.คลองกลาง ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท
P27	655370	1626751	กม. 70 ต.ไชโย อ.ไชโย จ.อ่างทอง

**Appendix table 2.** Detail of the Sampling Sites of Pasak river

No	Sampling site		Description
	X	Y	
P1	750498	1881522	บ.ตะกอย ต.ตะกอย อ. หล่มเก่า จ. เพชรบูรณ์
P2	746509	1883719	ห้วยน้ำป่า บ. ศิลา ต.ศิลา อ.หล่มเก่า จ. เพชรบูรณ์
P3	748204	1867505	บ. ห้วยศรีจันทร์ ต. ทำอัญญา อ. หล่มสัก จ. เพชรบูรณ์
P4	739336	1851287	บ. ปากห้วยขอนแก่น ต. ตาลเดี่ยว อ.หล่มสัก จ. เพชรบูรณ์
P5	736126	1842321	บ.จางวาง ต.ลานป่า อ.หล่มสัก จ. เพชรบูรณ์
P6	736119	1830115	บ.ทากกตาล ต.ดงมูลเหล็ก อ.เมือง จ. เพชรบูรณ์
P7	728488	1793376	บ.หนองแหวน ต.ห้วยสะแก อ.เมือง จ. เพชรบูรณ์
P8	727155	1769300	ต.หนองไผ่ อ.หนองไผ่ จ. เพชรบูรณ์
P9	719750	1751825	บ.ลำตะคร้อ ต.กันจู่ อ.บึงสามพัน จ. เพชรบูรณ์
P10	725211	1732045	ต.ท่าโรง อ.วิเชียรบุรี จ.เพชรบูรณ์
P11	725656	1710317	ต.โคกสะอาด อ.ศรีเทพ จ.เพชรบูรณ์
P12	737572	1695758	บ.ชัยบาดาล ต.ศิลาทิพย์ อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี
P13	735489	1688703	บ.บัวชุม ต.บัวชุม อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี
P14	731194	1681066	บ.ท่ามะนาว ต.ท่ามะนาว อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี
P15	722042	1667180	บ.ถนนโค้ง ต.ท่าหลวง อ.ท่าหลวง จ.ลพบุรี
P16	724314	1641006	บ.คำพราน ต.หนองบัว อ.พัฒนานิคม จ.ลพบุรี
P17	721720	1630552	บ.หินซ้อน ต.หินซ้อน อ.แก่งคอย จ. สระบุรี
P18	719844	1624709	บ. ท่าศาลา ต.ท่าคล้อ อ.แก่งคอย จ. สระบุรี
P19	703714	1609091	บ. ดาวเรือง ต.ดาวเรือง อ.เมือง จ. สระบุรี
P20	700095	1610085	ต. ท่าช้าง อ. เสาไห้ จ. สระบุรี
P21	694110	1611231	บ. หมาก ต. บ้านยาง อ. เสาไห้ จ. สระบุรี
P22	690415	1611095	คลองรพีพัฒน์ ต. ท่าหลวง อ. ท่าเรือ จ. สระบุรี
P23	690769	1610598	บ.ช้าง ต.ท่าหลวง อ.ท่าเรือ จ.สระบุรี
P24	670450	1592263	วัดเกาะแก้ว ต.บ่อโพรง อ.นครหลวง จ.พระนครศรีอยุธยา
P25	688070	1607231	คลองรพีพัฒน์ ต.ท่าหลวง อ.ท่าเรือ จ.พระนครศรีอยุธยา
P26	673696	1600169	วัดใหม่ชุมพล ต.นครหลวง อ.นครหลวง จ.พระนครศรีอยุธยา

**Appendix table 3.** Detail of the Sampling Sites of Thajeau river

No.	Sampling Site		Description
	X	Y	
P1	613486	1687695	วัดปากคลองมะขามเต่า ต.ปากคลองมะขามเต่า อ.วัดสิงห์
P2	615254	1682373	ประตูน้ำพลเทพ ต.หาดท่าเสา อ.เมือง จ.ชัยนาท
P3	612261	1674168	ต.หนองน้อย อ.วัดสิงห์ จ.ชัยนาท
P4	610392	1667175	ต.หนองหวาย อ.สามง่ามพระโบสถ์ จ.ชัยนาท
P5	608738	1657477	ต.หันคา อ.หันคา จ.ชัยนาท
P6	607916	1650268	บ.หนองทรภู ต.บ้านเข็ญ อ.หันคา จ.ชัยนาท
P7	616114	1650571	วัดปากน้ำ ต.เดิมบาง อ.เดิมบางนางบวช จ.สุพรรณบุรี
P8	618058	1641482	วัดเขาพระ ต.เขาพระ อ.เดิมบางนางบวช จ.สุพรรณบุรี
P9	622494	1620460	วัดพังม่วง ต.พังม่วง อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี
P10	623385	1611624	วัดไก่อ๊ต้อย ต.วังยาง อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี
P11	618424	1611624	คลองชลประทาน บ้านวังกุ่ม ต.วัดวังกุ่ม อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี
P12	620513	1605990	วัดพระนอน ต.พิหารแดง อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี
P13	623607	1584606	วัดสุขเกษม ต.บ้านแหลมพัฒนา อ.บางปลาม้า จ.สุพรรณบุรี
P14	620407	1566909	ต.บางตะเคียน อ.สองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี
P15	620953	1561118	คลองบางหลวง ต.บางหลวง อ.บางเลน จ.นครปฐม
P16	620950	1561128	วัดบางปลา ต.บางหลวง อ.บางเลน จ.นครปฐม
P17	627292	1546351	วัดสุขวัฒนาราม ต.บางระกำ อ.บางเลน จ.นครปฐม
P18	629823	1540210	วัดสำโรง ต.วัดสำโรง อ.นครชัยศรี จ.นครปฐม
P19	623232	1529053	ปากคลองจินดา ต.บางช้าง อ.สามพราน จ.นครปฐม
P20	626990	1526576	คลองเจดีย์บูชา บ้านสะพานหก ต.วัดแขก อ.นครชัยศรี จ.นครปฐม
P21	626906	1590365	คลองบางยี่หน บ้านปากคลองกุ่ม ต.มะค่า อ.บางปลาม้า จ.สุพรรณบุรี
P22	630537	1515576	สะพานบางยางรุ่งสินพัฒนา ต.บางยาง อ.บ้านแพ้ว จ.สมุทรสาคร
P23	633341	1508643	สะพานท่าจีน2 ต.ท่าเสา อ.บ้านแพ้ว จ.สมุทรสาคร
P24	6301021	1509633	วัดใหญ่จอมปราสาท ต.ท่าจีน อ.เมือง จ.สมุทรสาคร

**Appendix table 4.** Detail of the Sampling Sites of Bangpakong river

No.	Sampling site		Description
	X	Y	
P1	714892	1490295	ปากอ่าว ศูนย์ฝึกรบกรม โรงไฟฟ้า บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา
P2	719209	1493080	โรงไฟฟ้าบางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา
P3	719509	1498386	คลองอ้อมใหญ่ ต. เขาหิน อ. บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา
P4	720012	1502032	วัดแสนภูคาศ อ. บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา
P5	725182	1504115	ที่ว่าการอำเภอบ้านโพธิ์ จ.ฉะเชิงเทรา
P6	723097	1507036	คลองประเวศบุรีรมย์ จ.ฉะเชิงเทรา
P7	723742	1510713	วัดไชยภูมิธาราม (วัดท่าอิฐ) อ. เมือง จ.ฉะเชิงเทรา
P8	726406	1514825	สะพานรถไฟข้ามแม่น้ำบางปะกง อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา
P9	730637	1514343	วัดจุกเขอล่าง อ. เมือง จ.ฉะเชิงเทรา
P10	731475	1516092	ประตูทศน้ำเขื่อนบางปะกง อ. เมือง จ.ฉะเชิงเทรา
P11	731189	1516276	เขื่อนทศน้ำบางปะกง อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา
P12	733309	1514830	วัดสาวชะโงก อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา
P13	739702	1519521	คลองท่าลาด ต.บางคล้า อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา
P14	739152	1544956	วัดบางกระเบา อ. บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี
P15	734929	1540449	สะพานข้ามแม่น้ำบางปะกง อ. บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี
P16	734061	1536777	จุดสบ ใกล้เคียงนัมยบางแดน อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี
P17	731785	1534544	สะพานบางขนาก อ. บางขนาก จ.ฉะเชิงเทรา
P18	728590	1533202	คลองแสนแสบ อ. เมือง จ.ฉะเชิงเทรา
P19	728588	1533204	วัดบางโรง อ.คลองเขื่อน จ.ฉะเชิงเทรา
P20	737209	1527115	คลองขนม จ.ฉะเชิงเทรา
P21	738522	1524026	วัดหัวไทร อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา
P22	735268	1519895	วัดบางตลาด อ.คลองเขื่อน จ.ฉะเชิงเทรา

ชื่อวิทยาศาสตร์พืชและสัตว์น้ำ

ผักนึ่งน้ำ (*Ipomoea aquatica*) ผักกระเฉด (*Neptunia oteracea*) ปลากระดี่ (*Hemibagrus wyckioides*) ปลาแคหลิ่ง (*Mystus nemurus*) ปลาทราย (*Notopterus notopterus*) ปลาเกา (*Morulis chysophekdion*) ปลากระมัง (*Puntioplites protozsron*) ปลากระดี่ (*Trihogaster microlepis*) ปลากระสูบ (*Hampala dispar*) ปลาเขยง (*Mystus bocourti*) ปลาตุ๊ก (*Clarias batrachus*) ปลาเนื้ออ่อน (*Micronema bleekeri*) ปลาช่อน (*Channa striata*) ปลาตะเพียนขาว (*Puntius gonionotus*) ปลาตะเพียนทอง (*Barbonymus altus*) ปลายี่สก (*Probarbus jullieni*) ปลาสังกะวาด (*Pangasius macronema*) ปลาสร้อย (*Cirrhina jullieni*) ปลาสติล (*Trichogaster pectoralis*) ปลาสาวย (*Pangasianodon hypophthalmas*) ปลาหมอ (*Anabas testudineus*)

## ข้อมูลเชิงพื้นที่

### แม่น้ำเจ้าพระยา

ข้อมูลทั่วไป เป็นแม่น้ำสายหลักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เกิดจากการรวมตัวของแม่น้ำสายหลัก 2 สายจากภาคเหนือ คือแม่น้ำปิงและแม่น้ำน่าน ที่ ตำบลปากน้ำโพ อำเภอเมือง นครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ จากนั้นไหลลงไปทางทิศใต้ ผ่านจังหวัดอุทัยธานี ชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง พระนครศรีอยุธยา ปทุมธานี นนทบุรี กรุงเทพมหานคร ก่อนออกสู่อ่าวไทยที่ปากน้ำ ซึ่งอยู่ระหว่าง เขตตำบลท้ายบ้าน ต.บางปูใหม่ อ.เมืองสมุทรปราการ และตำบลแหลมฟ้าผ่า อำเภอพระสมุทรเจดีย์จังหวัดสมุทรปราการ ความยาวตลอดลำน้ำ 379 กิโลเมตร มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 20,266 ตารางกิโลเมตร มีพื้นที่การเกษตรประมาณ 17,030 ตารางกิโลเมตร

ข้อมูลด้านการเกษตรกรรม พืชหลัก - ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง อ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง ยางพารา ถั่วลิสง มะพร้าว และ ถั่วเหลือง พื้นที่การเกษตรในลุ่มน้ำเจ้าพระยา ส่วนใหญ่เป็นการปลูกข้าวและพืชไร่ โดยเป็นพื้นที่ปลูกข้าวมากที่สุดถึงร้อยละ 69.86 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด โดยพื้นที่ปลูกข้าวส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณที่ราบลุ่มของลุ่มน้ำเจ้าพระยา พืชที่ปลูกในลำดับรองลงมาคือพืชไร่ มีการปลูกประมาณร้อยละ 23.76 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมดโดยจะปลูกบริเวณที่ราบที่อยู่ห่างไกลแหล่งน้ำ โดยเฉพาะบริเวณฝั่งตะวันออกของลุ่มน้ำ ส่วนพื้นที่การเกษตรที่เหลือมีการปลูกไม้ผล-ไม้ยืนต้นในจำนวนไม่มากนักประมาณร้อยละ 5.74 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด

พื้นที่การเกษตร (ตารางกิโลเมตร)					รวม
ข้าว	พืชไร่	พืชผัก	ไม้ผล-ไม้ยืนต้น	อื่น ๆ	
11,897.72	4,045.59	101.34	977.95	7.58	17,030.18

ข้อมูลสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ ข้าว-buprofezin, isoprocarb, carbosulfan, carbaryl, thiamethoxam, dinotefuran, imidacloprid, fipronil, thiacloprid, chlorpyrifos, malathion, fenitrothion, ethiprole ข้าวโพด- carbaryl, chlorpyrifos, carbosulfan, imidacloprid, fipronil, beta-cyfluthrin, diazinon, flufenoxuron, chlorfluazuron, deltamethrin, triflumuron, teflubenzuron, flufenoxuron, fenitrothion ถั่วเหลือง- triazophos, fipronil, chlorpyrifos, imidacloprid, carbosulfan, carbosulfan, buprofezin, dinotefuran, thiamethoxam, acetamiprid, lambda-cyhalothrin, gamma-cyhalothrin, profenofos, cypermethrin, phosalone, betacyfluthrin, cyfluthrin, thiodicarb ถั่วลิสง- triazophos, acephate, carbosulfan, methiocarb, chlorpyrifos, carbaryl, cartap อ้อย- deltamethrin, carbofuran, deltamethrin, chlorpyrifos, beta-cyfluthrin, fipronil, carbaryl, malathion, carbosulfan, formothion, fenobucarb พริก-abamectin, carbaryl, carbendazim, chlorpyrifos, cypermethrin, deltamethrin, malathion, permethrin, profenofos

## แม่น้ำป่าสัก

**ข้อมูลทั่วไป** เป็นแม่น้ำที่มีต้นน้ำอยู่ที่จังหวัดเลย ไหลผ่านจังหวัดเพชรบูรณ์ ลพบุรี สระบุรี แล้วไหลมารวมกับแม่น้ำลพบุรีที่อำเภอนครหลวง จังหวัดลพบุรี มีความยาวประมาณ 513 กิโลเมตร มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 14,520 ตารางกิโลเมตร และมีพื้นที่การเกษตรประมาณ 10,572 ตารางกิโลเมตร

**ข้อมูลด้านการเกษตรกรรม** พืชหลัก - ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง ข้าวโพด และอื่นๆ พื้นที่การเกษตรในลุ่มน้ำป่าสัก ส่วนใหญ่เป็นการปลูกข้าวและพืชไร่ โดยเป็นพื้นที่ปลูกพืชไร่มากที่สุดถึงร้อยละ 70.15 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด โดยพื้นที่ปลูกพืชไร่ส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณที่ราบที่อยู่ห่างไกลแหล่งน้ำ พืชที่ปลูกในลำดับรองลงมาคือข้าว มีการปลูกประมาณร้อยละ 26.80 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด โดยจะปลูกบริเวณที่ราบตอนบนถึงตอนกลางลุ่มน้ำ โดยเฉพาะบริเวณสองฝั่งลำน้ำของแม่น้ำป่าสัก ส่วนพื้นที่การเกษตรที่เหลือมีการปลูกไม้ผล-ไม้ยืนต้นในจำนวนไม่มากนักประมาณร้อยละ 2.56 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด

พื้นที่การเกษตร (ตารางกิโลเมตร)					รวม
ข้าว	พืชไร่	พืชผัก	ไม้ผล-ไม้ยืนต้น	อื่นๆ	
2,833.85	7,416.80	5.79	270.85	45.65	10,572.94

**ข้อมูลสารกำจัดศัตรูพืช** ข้าว-buprofezin, isoprocarb, carbosulfan, carbaryl, thiamethoxam, dinotefuran, imidacloprid, fipronil, thiacloprid, chlorpyrifos, malathion, fenitrothion, ethiprole  
ข้าวโพด- carbaryl, chlorpyrifos, carbosulfan, imidacloprid, fipronil, beta-cyfluthrin, diazinon, flufenoxuron, chlorfluazuron, deltamethrin, triflumuron, teflubenzuron, flufenoxuron, fenitrothion  
อ้อย- ametryn, atrazine, fomesafen

## แม่น้ำท่าจีน

**ข้อมูลทั่วไป** เป็นแม่น้ำที่แยกจากฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยาที่ตำบลมะขามเต่า อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท ไหลผ่านจังหวัดสุพรรณบุรี นครปฐม และจังหวัดสมุทรสาคร มีความยาวประมาณ 325 กิโลเมตร มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 19,536 ตารางกิโลเมตร และมีพื้นที่ทางการเกษตรประมาณ 11,658 ตารางกิโลเมตร

**ข้อมูลทางการเกษตร** พืชหลัก - นาปี นาปรัง อ้อย มะพร้าว และอื่นๆ พื้นที่การเกษตรในลุ่มน้ำท่าจีน ส่วนใหญ่เป็นการปลูกข้าวและพืชไร่ โดยเป็นพื้นที่ปลูกพืชข้าวมากที่สุดถึงร้อยละ 55.31 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด โดยพื้นที่ปลูกพืชข้าวส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณที่ราบลุ่มสองฝั่งลำน้ำของแม่น้ำท่าจีนซึ่งอยู่ทางฝั่งตะวันออกของลุ่มน้ำ ที่อยู่ห่างไกลแหล่งน้ำ พืชที่ปลูกในลำดับรองลงมาคือพืชไร่ มีการปลูกประมาณร้อยละ 37.57 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมดโดยจะปลูกบริเวณที่ราบที่อยู่ห่างไกลแหล่งน้ำซึ่งอยู่ทางฝั่งตะวันตกของลุ่มน้ำเป็นส่วนใหญ่ ส่วนพื้นที่การเกษตรที่เหลือมีการปลูกไม้ผล-ไม้ยืนต้นในจำนวนไม่มากนักประมาณร้อยละ 6.67 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด

พื้นที่การเกษตร (ตารางกิโลเมตร)					รวม
ข้าว	พืชไร่	พืชผัก	ไม้ผล-ไม้ยืนต้น	อื่น ๆ	
6,448.32	4,379.95	49.00	777.05	3.72	11,658.04

ข้อมูลสารกำจัดศัตรูพืช : ข้าว-buprofezin, isoprocarb, carbosulfan, carbaryl, thiamethoxam, dinotefuran, imidacloprid, fipronil, thiacloprid, chlorpyrifos, malathion, fenitrothion, ethiprole อ้อย-deltamethrin, carbofuran, deltamethrin, chlorpyrifos, beta-cyfluthrin, fipronil, carbaryl, malathion, carbosulfan, formothion, fenobucarb, atrazine, ametryn ข้าวโพดฝักอ่อน-carbofuran, cypermethrin, deltamethrin, diazinon, dimethoate, EPN, malathion ถั่วฝักยาว-carbaryl, carbofuran, carbosulfan, cypermethrin, dimethoate, malathion, fipronil, triazophos

#### แม่น้ำบางปะกง

ข้อมูลทั่วไป เป็นแม่น้ำที่เกิดจากการรวมตัวของแม่น้ำนครนายกและแม่น้ำปราจีนบุรี ที่ตำบลบางแตน อำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี ไหลผ่านจังหวัดสระแก้ว ปราจีนบุรี และฉะเชิงเทรา มีความยาวประมาณ 122 กิโลเมตร มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 9,672 ตารางกิโลเมตร และมีพื้นที่ทางการเกษตรประมาณ 6,296 ตารางกิโลเมตร

ข้อมูลด้านการเกษตร พืชหลัก - ข้าว มันสำปะหลัง และอื่นๆ พื้นที่การเกษตรในลุ่มน้ำบางปะกง ส่วนใหญ่เป็นการปลูกข้าวและพืชไร่ โดยเป็นพื้นที่ปลูกข้าวมากที่สุดถึงร้อยละ 50.00 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด โดยพื้นที่ปลูกข้าวส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณพื้นที่ราบลุ่มสองฝั่งแม่น้ำนครนายก และแม่น้ำบางปะกงตอนล่าง พืชที่ปลูกในลำดับรองลงมาคือพืชไร่ มีการปลูกประมาณร้อยละ 44.77 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด โดยจะปลูกบริเวณพื้นที่ราบที่อยู่ห่างไกลน้ำ ในเขตอำเภอบ้านบึง อำเภอนันทนิคม อำเภอบ่อทอง จังหวัดชลบุรี และกิ่งอำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นส่วนใหญ่ ส่วนพื้นที่การเกษตรที่เหลือมีการปลูกไม้ผล-ไม้ยืนต้นในจำนวนไม่มากนัก ประมาณร้อยละ 5.23 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด

พื้นที่การเกษตร (ตารางกิโลเมตร)					รวม
ข้าว	พืชไร่	พืชผัก	ไม้ผล-ไม้ยืนต้น	อื่น ๆ	
3,148.13	2,819.15	-	329.23	-	6,296.51

ข้อมูลสารกำจัดศัตรูพืช ข้าว-buprofezin, isoprocarb, carbosulfan, carbaryl, thiamethoxam, dinotefuran, imidacloprid, fipronil, thiacloprid, chlorpyrifos, malathion, fenitrothion, ethiprole มะม่วง-carbendazim, profenofos, fenvalerate, omethoate, thiamethoxam, imidacloprid, dinotefuran, prothiophos, pirimiphos-methyl, lambda-cyhalothrin, malathion ส้มโอ-chlorpyrifos, cypermethrin, dimethoate, ethion, malathion, profenofos, triazophos

## สูตรการคำนวณ

### 1. สูตรคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นในตัวอย่างตะกอน

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100$$

เมื่อ W1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (ตามวิธีการเท่ากับ 50 กรัม) หน่วยเป็น กรัม (g)

W2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบต่อแล้วน้ำหนักที่หายไปไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ หน่วยเป็น กรัม (g)

### 2. สูตรคำนวณน้ำหนักตะกอนแห้ง

$$\text{น้ำหนักตะกอนแห้ง} = W - \frac{(W \times \% \text{ ความชื้น})}{100}$$

เมื่อ W = น้ำหนักตะกอนที่สกัด (ตามวิธีการเท่ากับ 20 กรัม) หน่วยเป็น กรัม (g)

### 3. สูตรคำนวณปริมาณสารพิษในตัวอย่างน้ำและตะกอน

$$C = C_0 \times \frac{V}{W} \times D$$

เมื่อ C = ปริมาณสารพิษในตัวอย่าง ตะกอน หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg)  
น้ำ หน่วยเป็น ไมโครกรัมต่อลิตร ( $\mu\text{g/L}$ )

$C_0$  = ปริมาณสารพิษในตัวอย่างคำนวณจาก calibration curve  
โดยที่  $C_0 = \frac{(R_x - B_0)}{A_0}$  หน่วยเป็น ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ( $\mu\text{g/ml}$ )

R<sub>x</sub> = response (area/height) ของสารพิษในตัวอย่าง

B<sub>0</sub> = intercept ของ calibration curve

A<sub>0</sub> = slope ของ calibration curve

W = กรณีเป็นตัวอย่างตะกอน จะเท่ากับน้ำหนักตัวอย่างตะกอนแห้ง หน่วยเป็น กรัม (g)

กรณีเป็นตัวอย่างน้ำ จะเท่ากับปริมาตรของตัวอย่างน้ำ หน่วยเป็น ลิตร (L)

V = ปริมาตรสุดท้ายของสารละลายตัวอย่าง หน่วยเป็น มิลลิลิตร (ml)

D = Dilution factor

### 4. สูตรคำนวณปริมาณสารพิษในตัวอย่างพืชน้ำและสัตว์น้ำ

$$C = C_0 \times \frac{V_t \times V_f \times D}{V_a \times W}$$

เมื่อ C = ปริมาณสารพิษในตัวอย่าง หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg)

$C_0$  = ปริมาณสารพิษในตัวอย่างคำนวณจาก calibration curve

โดยที่  $C_0 = \frac{(R_x - B_0)}{A_0}$  หน่วยเป็น ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ( $\mu\text{g/ml}$ )

R<sub>x</sub> = response (area/height) ของสารพิษในตัวอย่าง

B<sub>0</sub> = intercept ของ calibration curve

A<sub>0</sub> = slope ของ calibration curve

V<sub>t</sub> = ปริมาตรทั้งหมดของสารละลายที่สกัดตัวอย่าง หน่วยเป็น มิลลิลิตร (ml)

V<sub>a</sub> = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่แบ่ง หน่วยเป็น มิลลิลิตร (ml)

V<sub>f</sub> = ปริมาตรสุดท้ายของสารละลายตัวอย่าง หน่วยเป็น มิลลิลิตร (ml)

W = น้ำหนักตัวอย่าง หน่วยเป็น กรัม (g)

D = Dilution factor