

## รายงานผลงานเรื่องเติมการทดลองที่สิ้นสุดปี 2556

1. ชุดโครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
2. โครงการวิจัย : การศึกษาความรุนแรงของผลกระทบและการเฝ้าระวังสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีพิษร้ายแรงหรือมีความคงทนในสภาพแวดล้อม
- กิจกรรมที่ 3 : การสะสมและการแพร่กระจายของสารพิษในสิ่งแวดล้อมบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม
- กิจกรรมย่อย 3.1 : การสะสมสารพิษตกค้างในแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณเกษตรกรรม

3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย): 3.1.1 การสะสมสารพิษตกค้างในแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณเกษตรกรรมพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ): Accumulation of Pesticide Residues in Groundwater in Agricultural Area: Lower Northeastern Region

### 4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง : นายประกิจ จันทร์ดี๊บ                      กลุ่มวิจัยวัฏภูมิพิษการเกษตร สปผ.

ผู้ร่วมงาน                      นางสาวปัทสรา คุณเลิศ                      กลุ่มวิจัยวัฏภูมิพิษการเกษตร สปผ.

### 5. บทคัดย่อ

สำรวจและเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินจากบ่อบาดาลบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ใกล้เคียงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง เลือกกำหนดจุดเก็บตัวอย่างได้ 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ ศรีสะเกษ และสุรินทร์ ได้จุดเก็บรวม 26 จุด โดยเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินทุก ๆ 3 เดือน จำนวน 3 ครั้ง ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนกรกฎาคม 2556 เป็นตัวอย่างน้ำใต้ดินรวมทั้งหมด 67 ตัวอย่าง เพื่อหาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในน้ำใต้ดิน โดยตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารกำจัดแมลง 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Organochlorines, Organophosphorus, Pyrethroids และ Carbamates สารป้องกันกำจัดโรคพืช 1 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Acylalanine และสารกำจัดวัชพืชกลุ่ม Triazines ได้แก่ atrazine, ametryn และ metribuzine

ผลการตรวจวิเคราะห์พบสารพิษตกค้างในน้ำใต้ดินทั้งหมด 1 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 1 โดยพบสารพิษกลุ่ม Triazine 1 ตัวอย่าง ชนิดสารพิษที่พบ ได้แก่ atrazine 1 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.03 ไมโครกรัมต่อลิตร สำหรับสารป้องกันกำจัดแมลงกลุ่ม Organochlorines, Organophosphorus, Pyrethroids และ Carbamates และสารป้องกันกำจัดโรคพืชกลุ่ม Acylalanine ผลการวิเคราะห์ตรวจไม่พบสารพิษตกค้าง ปริมาณสารพิษตกค้างที่พบใน

น้ำใต้ดินมีปริมาณต่ำกว่าค่าปริมาณสูงสุดที่กำหนดให้มีได้ (Maximum Allowable Concentration: MAC) ในน้ำดื่ม น้ำเพื่อใช้อุปโภคและใช้เพื่อการเกษตร และต่ำกว่าค่าความเป็นพิษต่อปลาและสัตว์น้ำ (Median Lethal Concentration : LC<sub>50</sub>)

## Abstract

The accumulation of pesticide residues in groundwater in the Lower Northeastern Region agricultural Area was studied by surveying and sampling water from artesian wells in agricultural and nearby areas. The sampling points were selected from 4 provinces, including Nakhon Ratchasima , Buriram , Surin and Sisaket province, with a total of 26 sampling points. The collecting of groundwater samples were proceeded for 3 times during February to July 2013 with a total of 67 groundwater samples. To identify and quantify, 4 groups of insecticides including organochlorines, organophosphorus, pyrethroids and carbamates, fungicide and herbicides, gas and liquid chromatography has been applied in this work. The results show that only one herbicide, as atrazine, was found in one sample with amount of 0.03 micrograms per liter and did not find insecticides, organochlorines, organophosphorus, pyrethroids, and carbamates, also fungicides in all samples. The pesticide residue found in the groundwater is lower than the Maximum Allowable Concentration (MAC) in drinking water for domestic and agricultural use and lower than the Median Lethal Concentration (LC<sub>50</sub>) which does not affect to fish and aquatic animal.

## 6. คำนำ

น้ำบาดาลหรือน้ำใต้ดินโดยทั่วไปมักจะใช้สื่อในความหมายเดียวกัน เกิดจากน้ำผิวดินที่ซึมผ่านชั้นดินต่างๆ ลงไปจนถึงชั้นดินหรือชั้นหินที่ไม่ซึมน้ำ และเกิดการสะสมอยู่ระหว่างช่องว่างของเนื้อดิน โดยเฉพาะชั้นดินที่เป็นกรวด ทรายหิน ปริมาณของน้ำที่ขังอยู่ในชั้นของดินดังกล่าวจะค่อย ๆ เพิ่มปริมาณมากขึ้นในฤดูฝน และลดปริมาณลงในฤดูแล้ง น้ำบาดาลจะมีการถ่ายเทระดับได้เช่นเดียวกับน้ำผิวดิน มนุษย์นำน้ำบาดาลมาใช้ประโยชน์โดยการเจาะบ่อบาดาล เนื่องจากน้ำเป็นตัวทำลายที่ดี ในขณะที่ซึมผ่านชั้นดินลงไปก็จะละลายเอาแร่ธาตุและสารต่าง ๆ ในชั้นดินปะปนลงไปด้วยรวมทั้งสารกำจัดศัตรูพืชและวัตถุที่มีพิษการเกษตรชนิดต่าง ๆ ดังนั้นน้ำจากบ่อบาดาลจะพบว่ามีควมใสสะอาดปราศจากเชื้อโรค แต่ก็มีปริมาณของแร่ธาตุและสารละลายต่าง ๆ เจือปนอยู่ในน้ำแตกต่างกันไป (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบสูง มีพื้นที่เป็น 1 ใน 3 ของประเทศ โดยแบ่งออกเป็นภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนและตอนล่าง พื้นที่โดยทั่วไปเป็นที่ราบกว้างใหญ่และติดต่อกันได้โดยตลอด มีทิวเขาที่ราบออกเป็นตอน ๆ ลักษณะแบบนี้ทำให้แหล่งน้ำผิวดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวนแหล่งน้ำมีไม่มากเหมือนภาคอื่น ๆ เช่นภาคกลาง ทำให้ในการอุปโภค บริโภค และการทำเกษตรกรรมต้องมีการนำน้ำใต้ดินมาใช้ร่วมด้วย จากการสำรวจเพื่อศึกษาการสะสมสารพิษตกค้างในแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณเกษตรกรรมในครั้งนี้ พบว่าทางตอนล่างของภาคเกษตรกรรมส่วนใหญ่ทำนาข้าว พืชไร่ ได้แก่

อ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง ถั่วลิสง พืชผัก ได้แก่ พริก มะเขือเทศ มะเขือยาว ผักกวางตุ้ง ผักกาดหอม คื่นช่าย ถั่วฝักยาว หัวไชเท้า และอื่น ๆ จึงมีการใช้วัตถุมีพิษการเกษตรหลากหลายชนิดเพื่อป้องกันกำจัดศัตรูพืช เช่น สารกำจัดแมลง ได้แก่ abamectin, carbofuran, cabosulfan, chlorpyrifos, cypermethrin, dimethoate, dicrotophos, imidacloprid, omethoate และ methomyl สารกำจัดโรคพืช ได้แก่ mancozeb และ metalaxyl สารกำจัดวัชพืช ได้แก่ 2,4-D, alachlor, ametryn, atrazine, diuron, glyphosate และ paraquat การใช้สารกำจัดศัตรูเหล่านี้ จะถูกชะลงสู่แหล่งน้ำทั้งผิวดินและใต้ดินได้ สารชนิดใดมีความสามารถละลายน้ำได้ดีก็จะสามารถซึมลงสู่ใต้ดินได้ โดยเฉพาะสารกำจัดวัชพืชกลุ่ม Trazines เช่นสารพิษชนิด ametryn และ atrazine ในบริเวณที่มีการใช้สารพิษชนิดนี้ปริมาณมาก เช่นไร่อ้อย โดย US.EPA รายงานว่าพบ atrazine ปนเปื้อนในน้ำใต้ดินในระดับสูง ในบางรัฐของอเมริกาที่มีการใช้ในแหล่งปลูก (US.EPA) ในประเทศอินเดียการศึกษากการปนเปื้อนสารพิษตกค้างกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในจังหวัด Thiruvallur ผลการศึกษาพบ DDT, HCH และเมตาโบไลต์ endosulfan และเมตาโบไลต์ ความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.8 ไมโครกรัมต่อลิตรถึง 15.9 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีการปนเปื้อนสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในปริมาณสูงในน้ำใต้ดิน (R. Jayashree et al., 2007) และพบ gamma-HCH, malathion และ dieldrin ปริมาณสูงสุดคือ 0.90, 29.84 และ 16.28 ไมโครกรัมต่อลิตรตามลำดับ บริเวณเขตอุตสาหกรรมในจังหวัด Kanpur รัฐ Uttar Pradesh ของอินเดียด้วยเช่นกัน (N. Sankaramakrishnan et al., 2005) จากการศึกษาสารพิษตกค้างน้ำใต้ดินในแหล่งปลูกส้มที่สำคัญของยุโรปใต้ที่เขตวาเลนเซียของประเทศสเปน ระหว่างปี 2000 ถึงปี 2003 สารกำจัดวัชพืชที่พบบ่อยคือ simazine, terbuthylazine, bromacil, terbumeton และ diuron โดยที่ simazine เป็นสารที่พบบ่อยที่สุดรองลงมาคือ สารเมตาโบไลต์ของ triazine (F. Hernández et al., 2008) สำหรับประเทศไทยจากการศึกษากการปนเปื้อนวัตถุมีพิษในน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของสุวรรณภูมิ และคณะ (2549) พบการปนเปื้อนของสารกำจัดวัชพืช atrazine และ metribuzine ปริมาณสูงสุด 0.03 ไมโครกรัมต่อลิตรและ 0.09 ไมโครกรัมต่อลิตรตามลำดับในแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณบ่อบาดาลอำเภอหนองหิน จังหวัดเลย และจากการศึกษากการปนเปื้อนวัตถุมีพิษในน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมภาคเหนือตอนล่างของปรีชา และคณะ (2549) ตรวจพบ atrazine ปริมาณสูงสุด 0.15 ไมโครกรัมต่อลิตร บริเวณอำเภอบึงสามัคคี จังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการทำเกษตรกรรมไร่อ้อยมาก และมีการใช้สารพิษชนิดนี้ในปริมาณมาก ดังนั้นกลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตรจึงได้ศึกษากการสะสมสารพิษตกค้างในแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณเกษตรกรรมพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างอีก เพื่อเป็นข้อมูลในการเฝ้าระวังและติดตามการปนเปื้อนสารพิษในน้ำใต้ดินและให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้บริโภค อุปโภคและเกษตรกรรมผู้ใช้น้ำ

## 7. วิธีดำเนินการ

### อุปกรณ์

#### 1. เครื่องแก้ว

เครื่องแก้วที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ separatory funnel, beaker, cylinder, Erlenmeyer flask, round bottom flask, graduated tube, glass vial for auto sampler, pipette, volumetric flask และ glass funnel เครื่องแก้วที่ใช้ในการเตรียมสารละลายมาตรฐาน ได้แก่ auto pipette volumetric pipette และ volumetric flask class A

## 2. เคมีภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ

2.1 สารเคมีชนิด analytical grade สำหรับใช้ในการสกัดตัวอย่าง ได้แก่ anhydrous sodium sulfate (anh. Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), acetone, ethyl acetate, hexane, sulfuric acid, methanol, sodium hydroxide

2.2 สารเคมีชนิด pesticide grade และ HPLC grade ได้แก่ acetone, acetonitrile, ethyl acetate, hexane, water, isopropanol, methanol และ iso-octane

2.3 สารมาตรฐาน pesticide grade

2.3.1 กลุ่ม Organochlorines 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

2.3.2 กลุ่ม Organophosphorus 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

2.3.3 กลุ่ม Pyrethroids 7 ชนิด ประกอบด้วย bifenthrin, cyfluthrin, cypemethrin, lambda cyhalothrin, deltamethrin, fenvalerate และ permethrin

2.3.4 กลุ่ม Carbamates 11 ชนิด ประกอบด้วย 3 - keto carbofuran, 3 - OH carbofuran, carbaryl, carbofuran, fenobucarb, methomyl, metolcarb, isoprocarb, methiocarb, iprodione และ promecarb

2.3.5 กลุ่ม Triazines 3 ชนิด ประกอบด้วย atrazine, ametryn และ metribuzine

2.3.6 กลุ่ม Acylalanine 1 ชนิด ประกอบด้วย metalaxyl

## 3. เครื่องมือวิทยาศาสตร์

เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 2 และ 5 ตำแหน่ง เครื่องสกัดวัตุภูมิพิษ separatory funnel shaker เครื่องลดปริมาตรชนิด rotary evaporator เครื่องลดปริมาตรชนิด nitrogen evaporator ตู้อบสารเคมี ตู้ดูดความชื้น (desiccator) เครื่องผสมสารละลาย (vortex mixer) ตู้เย็นอุณหภูมิมิ 5 ± 3 องศาเซลเซียส ตู้แช่ (Freezer) อุณหภูมิมิ -20 ± 5 องศาเซลเซียส เครื่องตรวจวัดในภาคสนาม ได้แก่ เครื่องวัดค่ากรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และอื่น ๆ เครื่อง Gas Chromatograph (GC) ของบริษัท Agilent Technology รุ่น HP 6890 พร้อมหัวตรวจวัดชนิด Flame Photometric Detector (FPD) และ Electron Capture Detector (ECD) เครื่อง Gas Chromatograph /Mass Selective Detector (GC/MSD) รุ่น 5973 และ เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ของบริษัท Agilent Technology รุ่น 1100 Series

4. วัสดุอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่าง ได้แก่ แครงทำด้วย stainless steel และขวดพลาสติกชนิด polypropylene พร้อมฝาปิด สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำ ถังแช่เย็นรักษาสภาพตัวอย่างในระหว่างขนส่ง

## วิธีการ

1. การสำรวจพื้นที่และกำหนดจุดเก็บ

1.1 สืบค้นติดต่อขอข้อมูลแหล่งน้ำใต้ดินจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาลสำรวจพื้นที่เกษตรกรรมในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยศึกษาข้อมูลจากสำนักงานการเกษตรจังหวัด และลงพื้นที่สอบถามข้อมูลการใช้สารพิษแหล่งเกษตรกรรมของเกษตรกร เพื่อใช้ประกอบในการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง กำหนดจุดเก็บบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ใช้เครื่อง GPS ในการหาพิกัดทางภูมิศาสตร์ในปี 2556 ได้จุดเก็บรวมทั้งสิ้น 26 จุดใน 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ ศรีสะเกษ และสุรินทร์ แบ่งเป็นจังหวัดดังนี้

1.1.1 จังหวัดนครราชสีมา 8 จุด ได้แก่ อำเภอโชคชัย 1 จุด อำเภอปักธงชัย 1 จุด อำเภอปากช่อง 3 จุด อำเภอหนองบุญมาก 2 จุด และ อำเภอห้วยแถลง 1 จุด

1.1.2 จังหวัดบุรีรัมย์ 1 จุด ได้แก่ อำเภอลำปลายมาศ 1 จุด

1.1.3 จังหวัดศรีสะเกษ 10 จุด ได้แก่ อำเภอกันทรารมณี 5 จุด อำเภอขุขันธ์ 3 จุด อำเภอขามเฒ่า 1 จุด และ อำเภอวังหิน 1 จุด

1.1.4 จังหวัดสุรินทร์ 7 จุด ได้แก่ อำเภอเมือง 2 จุด อำเภอปราสาท 2 จุด อำเภอศีขรภูมิ 1 จุด และอำเภอสังขะ 2 จุด

## 2. ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินทุก ๆ 3 เดือน ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2556 ถึงเดือนกรกฎาคม 2556 รวม 3 ครั้ง ครั้งแรกเป็นช่วงฤดูหนาว เดือนกุมภาพันธ์ 2556 ครั้งที่ 2 ช่วงฤดูร้อน เดือนพฤษภาคม 2556 ครั้งที่ 3 ช่วงฤดูฝน เดือนกรกฎาคม 2556 ได้ตัวอย่างน้ำทั้งหมด 67 ตัวอย่าง

## 3. วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (Keith, 1991)

3.1 ก่อนเก็บตัวอย่างน้ำ จะมีการเปิดน้ำทิ้งก่อนประมาณ 20 – 30 นาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความลึกของบ่อ และเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสารพิษที่อาจจะตกค้างในท่อส่งน้ำ และในบ่อบาดาล

3.2 วัดค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) ในน้ำ ประมาณ 2-3 ครั้ง จนค่าการนำไฟฟ้าคงที่ ทำการวัดคุณภาพน้ำ เช่น ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) อุณหภูมิของน้ำและอากาศ และค่าปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายในน้ำ (Total Dissolved Solid) หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดพลาสติกให้เต็มขวดปริมาตร 3 ลิตร แช่ตัวอย่างในน้ำแข็งไว้ระหว่างการนำส่งห้องปฏิบัติการ

## 4. การเตรียมสารละลายของสารมาตรฐาน

เตรียม stock standard solution ของสารพิษแต่ละชนิดให้มีความเข้มข้น ประมาณ 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เตรียม Intermediate standard solution ให้ได้สารละลายของสารมาตรฐานผสม ที่มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 50 - 200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และเตรียม working standard solution ให้ได้สารละลายของสารมาตรฐานผสมของแต่ละกลุ่มให้มีความเข้มข้นประมาณ 0.01 - 2.50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

## 5. วิธีการสกัดตัวอย่าง

### 5.1 การสกัดสารพิษในน้ำ

#### 5.1.1 กลุ่ม Organochlorines และกลุ่ม Pyrethroids (AOAC, 2005)

ตวงน้ำปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำ hexane (AR) 100 มิลลิลิตร เขย่าโดยใช้ separatory funnel shaker นาน 3 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น ไช้ชั้นล่างทิ้ง ชั้นบนกรองผ่าน sodium sulfate anhydrous ทำซ้ำอีก 2

ครั้งโดยใช้ปริมาตร hexane (AR) ครั้งละ 50 มิลลิลิตร เก็บชั้นของ hexane กรองรวมกัน ล้าง separatory funnel ด้วย hexane (AR) 10 มิลลิลิตร 2 ครั้ง นำไปลดปริมาตรโดยใช้ rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนเกือบแห้ง ปรับปริมาตรด้วย hexane (PR) ลดปริมาตรสารสกัดด้วย nitrogen evaporator และปรับปริมาตรให้ได้ 1 มิลลิลิตร นำไปฉีดเครื่อง GC ชนิดหัวตรวจวัด ECD

#### 5.1.2 กลุ่ม Organophosphorus, Carbamates, Acylalanine และ Triazines (AOAC, 1995)

ใช้วิธีการสกัดเช่นเดียวกับวิธีการสกัดสารพิษกลุ่ม Organochlorines และกลุ่ม Pyrethroids นข้อ 5.1.1 แต่จะเปลี่ยนจาก hexane เป็น ethyl acetate และนำสารสกัดที่ได้ฉีดเครื่อง GC ชนิดหัวตรวจวัด FPD เพื่อตรวจวิเคราะห์สารพิษกลุ่ม Organophosphorus ฉีดเครื่อง HPLC ชนิดหัวตรวจวัด DAD เพื่อตรวจวิเคราะห์สารพิษกลุ่ม Carbamates และฉีดเครื่อง GCMS เพื่อตรวจวิเคราะห์สารพิษกลุ่ม Triazines

### 6. การเตรียมเครื่อง GC GC/MSD และ HPLC

ตัวอย่างน้ำใต้ดินที่สกัดได้นำไปตรวจวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารพิษ

#### 6.1 เครื่อง Gas Chromatograph หัวตรวจวัดชนิด Electron Capture Detector (ECD) ใช้ตรวจวิเคราะห์สารพิษ

กลุ่ม Organochlorines และกลุ่ม Pyrethroids ควบคุมสภาวะการทำงานของเครื่องดังนี้

Mode : splitless

GC column : DB 1701 capillary, ความยาว 30 เมตร x เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.32 มิลลิเมตร, stationary phase 0.25 ไมโครเมตร

Temperature : injector = 230 °C, detector = 300 °C

Oven program : 80 °C (1 นาที)  $\xrightarrow{20^{\circ}\text{C/นาที}}$  220 °C (2 นาที)  $\xrightarrow{1^{\circ}\text{C/นาที}}$  235 °C (1 นาที)  $\xrightarrow{20^{\circ}\text{C/นาที}}$  240 °C (1 นาที)  $\xrightarrow{25^{\circ}\text{C/นาที}}$  265 °C (12 นาที)  $\xrightarrow{20^{\circ}\text{C/นาที}}$  280 °C (8 นาที)

Carrier gas : helium flow 1.4 มิลลิลิตร/นาที

Make up gas : nitrogen flow 30 มิลลิลิตร/นาที

Injection volume : 1 ไมโครลิตร

#### 6.2 เครื่อง Gas Chromatograph หัวตรวจวัดชนิด Flame Photometric Detector (FPD) ใช้ตรวจวิเคราะห์สารพิษ

กลุ่ม Organophosphorus ควบคุมสภาวะการทำงานของเครื่องดังนี้

Mode : splitless

GC column : DB 1701 capillary, ความยาว 30 เมตร x เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร, stationary phase 0.25 ไมโครเมตร

Temperature : injector = 230 °C, detector = 250 °C

Oven program : 80 °C (1 นาที)  $\xrightarrow{20^{\circ}\text{C/นาที}}$  194 °C (1 นาที)  $\xrightarrow{2^{\circ}\text{C/นาที}}$  197 °C (1 นาที)  $\xrightarrow{5^{\circ}\text{C/นาที}}$  200 °C (1 นาที)  $\xrightarrow{1^{\circ}\text{C/นาที}}$  210 °C (2 นาที)  $\xrightarrow{0.5^{\circ}\text{C/นาที}}$  212 °C (1 นาที)  $\xrightarrow{30^{\circ}\text{C/นาที}}$  260 °C (17 นาที)

Carrier gas : helium flow 1.2 มิลลิลิตร/นาที

Make up gas : nitrogen flow 60 มิลลิลิตร/นาที

Ignite gas : H<sub>2</sub> 110 มิลลิลิตร/นาที, Air 150 มิลลิลิตร/นาที

Injection volume : 1 ไมโครลิตร

6.3 เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) หัวตรวจวัดชนิด Diode Array Detector (DAD) ใช้ตรวจวิเคราะห์สารพิษกลุ่ม Carbamates และ กลุ่ม Acylalanine ควบคุมสภาวะการทำงานของเครื่อง ดังนี้

Wavelength : 220 นาโนเมตร

Column : Eclipse XDB-C18 ความยาว 150 มิลลิเมตร  
เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.6 มิลลิเมตร ขนาดอนุภาค 5 ไมโครเมตร

Flow rate : 1.0 มิลลิลิตร/นาที

Mobile Phase : Water: acetonitrile = 65:35 %

Temperature : 30 องศาเซลเซียส

Injection volume : 10 ไมโครลิตร

6.4 เครื่อง Gas Chromatograph หัวตรวจวัดชนิด Mass Selective Detector (GC/MSD)

ใช้ตรวจวิเคราะห์สารพิษกลุ่ม Triazines ควบคุมสภาวะการทำงานของเครื่องดังนี้

Mode : splitless

GC column : RTX-5ms capillary, ความยาว 30 เมตร x เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร,  
stationary phase 0.25 ไมโครเมตร

Temperature : injector = 250 °C, detector: MS Source = 250 °C, MS Quadrupole = 150 °C

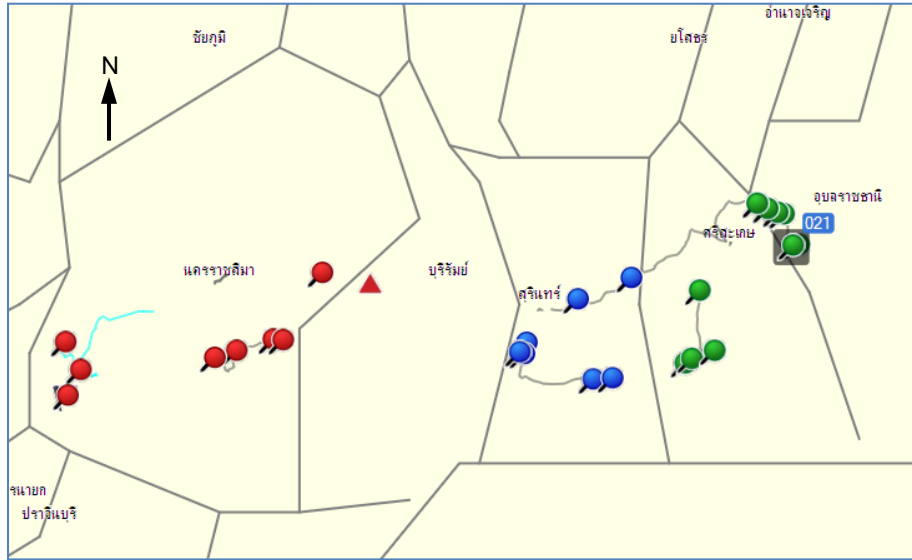
Oven program : 50 °C (1 นาที)  $\xrightarrow{15^{\circ}\text{C/นาที}}$  180 °C (1 นาที)  $\xrightarrow{3^{\circ}\text{C/นาที}}$  200 °C (0 นาที)  $\xrightarrow{1^{\circ}\text{C/นาที}}$  210 °C (0 นาที)  
 $\xrightarrow{15^{\circ}\text{C/นาที}}$  290 °C (5 นาที)

Carrier gas : helium flow 1.4 มิลลิลิตร/นาที

Injection volume : 1 ไมโครลิตร

**ระยะเวลา** เดือนตุลาคม 2555 – เดือนกันยายน 2556

**สถานที่ทำการทดลอง** พื้นที่เกษตรกรรมในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือในจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ ศรีสะเกษ และสุรินทร์ และห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยผลกระทบจากการใช้วัตถุมีพิษการเกษตร กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ดังตารางที่ 1 และแสดงแผนที่จุดเก็บดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงแผนที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินในเขตพื้นที่ จ. นครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ และศรีสะเกษ

ตารางที่ 1. ที่ตั้งของจุดเก็บตัวอย่างใช้เครื่อง GPS ในการหาพิกัดทางภูมิศาสตร์

จุดที่	ชื่อ - สกุล	ที่ตั้ง	พิกัดภูมิศาสตร์
1	นางสมิต ขอบผลกลาง	บ.โนนนารีย์ ม.19 ต.ปากช่อง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา	47 P 758531 1631979
2	-	บ.หนองผักแว่น ต.หนองสาหร่าย อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา	47 P 765845 1621044
3	นายอ้อน เป็องกระโทก	บ.พลับพลา ม.9 ต.พลับพลา อ.โชคชัย จ.นครราชสีมา	48 P 193467 1629127
4	นางมา พินสระน้อย	บ.นกออก ม.1 ต.นกออก อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมา	48 P 183072 1626472
5	นางสมพร พลายงาม	บ.แหลมทอง ม.3 ต.แหลมทอง อ.หนองบุญมาก จ.นครราชสีมา	48 P 210864 1633358
6	น.ส.นริศรา มัดตั้งดอน	บ.หนองหัวแรด ม.8 ต.แหลมทอง อ.หนองบุญมาก จ.นครราชสีมา	48 P 215527 1633113
7	ผญบ.ชมจันทร์ งานสันเทียะ	บ.ห้วยยาง ม.7 ต.หินดาด อ.ห้วยแถลง จ.นครราชสีมา	48 P 234415 1659619
8	ผญบ. วรณนา ธารหาญ	บ.ไร่ ต.หมูสี อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา	47 P 759855 1610776
9	นางจนวน พรรคฐิน	บ.โคกสะอาด ม.16 ต.นาบัว อ.เมือง จ.สุรินทร์	48 P 330843 1631414
10	นางเนือง ลายปุม	ม. 7 ต.เชื้อเพลิง อ.ปราสาท จ.สุรินทร์	48 P 329671 1626970
11	นายปราณี หอมจันทร์	บ.โพธิ์ทอง ม.3 ต.เชื้อเพลิง อ.ปราสาท จ.สุรินทร์	48 P 327533 1627668
12	-	บ.หลัก ม.5 ต.สากด อ.สังขะ จ.สุรินทร์	48 P 362255 1616640



13	นายคอน ลายทอง	บ.ต้นซอ ม.2 ต.ต้นซอ อ.สังขะ จ.สุรินทร์	48 P 371391 1617063
14	นายวิทยา สาทร	บ.ใจดีสิริ ม.9 ต.ยาง อ.ศีขรภูมิ จ.สุรินทร์	48 P 380496 1656886
15	ผญบ.วิเชียร แสนเมือง	บ.ลำโรง ม.6 ต.เมืองที่ อ.เมือง จ.สุรินทร์	48 P 355200 1648543
16	นางสมจิตต์ แก้วหาวงษ์	บ.โสน ม.1 ต.โสน อ.ขุนันธ์ จ.ศรีสะเกษ	48 P 405954 1622869
17	นายทวี จินดาวงษ์	48 ม.3 ต.ห้วยสำราญ อ.ขุนันธ์ จ.ศรีสะเกษ	48 P 409019 1624678
18	นางสมบัติ จันทร์ตาม	บ.สนวน ม.17 ต.สะเดาใหญ่ อ.ขุนันธ์ จ.ศรีสะเกษ	48 P 419783 1627807
19	นายคล้าย นรสิงห์	บ.โพนยาง 55 ม.7 ต.โพนยาง อ.วังหิน จ.ศรีสะเกษ	48 P 412832 1651742
20	-	บ.หนองแขว ม.8 ต.ตุน อ.กันทรารมณ์ จ.ศรีสะเกษ	48 P 456981 1669531
21	ด.ต.ไชยา สุขหล้า	บ.โนนสัง ม.11 ต.โนนสัง อ.กันทรารมณ์ จ.ศรีสะเกษ	48 P 459895 1669869
22	นายเสถียร ไชยานุกูล	บ.เมืองน้อย ม.1 ต.เมืองน้อย อ.กันทรารมณ์ จ.ศรีสะเกษ	48 P 452711 1681989
23	นายประดิษฐ์พร บ้องเศร้า	บ.โนนสวน ม.2 ต.เมืองน้อย อ.กันทรารมณ์ จ.ศรีสะเกษ	48 P 449695 1682621
24	-	บ.ฟุ้งมั่ง ม.1 ต.อีปาด อ.กันทรารมณ์ จ.ศรีสะเกษ	48 P 444980 1684171
25	-	บ.บอน ม.11 ต.บึงบอน อ.ยางชุมน้อย จ.ศรีสะเกษ	48 P 440074 1686227
26	นางละเอียด เขตดอน	บ.หนองสระ ม.3 ต.หนองกระเทียม อ.ลำปลายมาศ จ.บุรีรัมย์	48 P 257954 1656631

## 8. ผลการทดลองและวิจารณ์

### ผลการวัดคุณภาพน้ำใต้ดินของจังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2556

	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
pH	6.16 – 7.32	6.60 – 7.38
อุณหภูมิน้ำ (°C)	27.0 – 29.3	27.0 – 29.7
Electrical Conductivity (EC) (µs/cm)	390 – 1818	381 – 1722
Total Dissolved Solid (TDS) (ppm)	194 – 909	190 – 857

### ผลการวัดคุณภาพน้ำใต้ดินของจังหวัดบุรีรัมย์ พ.ศ. 2556

	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
pH	6.94 – 7.19	6.92
อุณหภูมิน้ำ (°C)	28.4 – 29.1	29.1
Electrical Conductivity (EC) (µs/cm)	688 – 686	665
Total Dissolved Solid (TDS) (ppm)	344 – 391	331

ผลการวัดคุณภาพน้ำใต้ดินของจังหวัดสุรินทร์ พ.ศ. 2556

	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
pH	5.21 – 8.49	6.1 – 7.3
อุณหภูมิน้ำ (°C)	25.7 – 29.6	28.8 – 29.5
Electrical Conductivity (EC) (µs/cm)	58 – 1721	54 – 1041
Total Dissolved Solid (TDS) (ppm)	29 – 860	30 – 520

ผลการวัดคุณภาพน้ำใต้ดินของจังหวัดศรีสะเกษ พ.ศ. 2556

	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
pH	4.71 – 7.41	4.99 – 7.61
อุณหภูมิน้ำ (°C)	28.0 – 30.3	28.2 – 29.9
Electrical Conductivity (EC) (µs/cm)	45 - 1556	27 – 1,158
Total Dissolved Solid (TDS) (ppm)	22 - 777	18 – 586

คุณภาพของน้ำจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างโดยรวมค่อนข้างเป็นกรดอ่อน ๆ ถึงเป็นกลาง อุณหภูมิน้ำในฤดูแล้งและฤดูฝนไม่แตกต่างกันมาก ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) บ่งบอกถึงปริมาณไอออนรวมทั้งไอออนบวกและไอออนลบที่มีอยู่ในน้ำมีค่าการนำไฟฟ้าแตกต่างกันในแต่ละไอออนและในแต่ละพื้นที่ก็แตกต่างกันไป อาทิเช่นโซเดียมไอออน แคลเซียมไอออน ที่เป็นไอออนบวกหรือไฮดรอกไซด์ไอออนและคาร์บอเนตไอออนที่เป็นไอออนลบ ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าในน้ำจะบอกถึงการปนเปื้อนของสารที่มีความสามารถละลายได้ในน้ำได้ถ้าหากมีปริมาณค่าการนำไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปมาก ๆ ก็จะทำให้ทราบถึงการปนเปื้อนได้ในเบื้องต้น และค่าปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายในน้ำ (TDS) ในฤดูฝนสูงกว่าฤดูแล้งเล็กน้อย เนื่องจากในฤดูฝนสารที่มีความสามารถละลายน้ำได้จะละลายหรือถูกชะลงสู่น้ำใต้ดินได้ จึงทำให้ในฤดูฝนที่มีปริมาณน้ำจากผิวดินมากถูกชะลงสู่น้ำใต้ดินได้ โดยจะพบว่าค่าปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายในน้ำมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันกับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายหรือน้ำใต้ดินในแหล่งเก็บเดียวกัน

สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ เดือนพฤษภาคม และเดือนกรกฎาคม 2556 รวมตัวอย่างที่สุ่มเก็บทั้งหมด 67 ตัวอย่าง ตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง 6 กลุ่ม แบ่งเป็นสารกำจัดแมลง 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Organochlorines 16 ชนิด กลุ่ม Organophosphorus 21 ชนิด กลุ่ม Pyrethroids 7 ชนิด กลุ่ม Carbamates 11 ชนิด กลุ่มสารป้องกันและกำจัดโรคพืช 1 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Acylalanine 1 ชนิด และสารกำจัดวัชพืช 1 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Triazines 3 ชนิด

ผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำใต้ดิน 67 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้างเพียง 1 ตัวอย่าง คิดเป็น 1 เปอร์เซนต์ เป็นสารกำจัดวัชพืชกลุ่ม Triazines ได้แก่สารพิษชนิด atrazine ปริมาณที่พบ 0.03 ไมโครกรัมต่อลิตร

สำหรับสารกำจัดแมลงกลุ่ม Organochlorines กลุ่ม Organophosphorus กลุ่ม Pyrethroids และกลุ่ม Carbamates และสารป้องกันกำจัดโรคพืชกลุ่ม Acylalanine ตรวจไม่พบในทุกตัวอย่าง (ตารางที่ 2.)

ตารางที่ 2. ผลการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในตัวอย่างน้ำใต้ดินบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

จำนวน		กลุ่มสารพิษ	ชนิดของสารพิษ	ปริมาณ (ไมโครกรัม/ลิตร)	LC <sub>50</sub>
ทั้งหมด	ตรวจพบ				
67	1(1%)	triazines (1) <sup>1/</sup>	atrazine (1)	0.03	8.8 mg/L, rainbow trout <sup>2/</sup>
		acylalanine	ตรวจไม่พบ	-	
		carbamates	ตรวจไม่พบ	-	
		organochlorines	ตรวจไม่พบ	-	
		organophosphorus	ตรวจไม่พบ	-	
		pyrethroids	ตรวจไม่พบ	-	

หมายเหตุ :<sup>1/</sup> จำนวนตัวอย่างที่พบสารกลุ่มนี้, <sup>2/</sup> Douglas Hartley et al.

สารพิษตกค้างที่ตรวจพบในน้ำใต้ดินเป็นสารกลุ่ม triazines ชนิดที่พบคือ atrazine โดยพบปนเปื้อนในน้ำใต้ดินที่เก็บในช่วงฤดูฝนคือช่วงเดือนกรกฎาคมปี 2556 มากกว่าในช่วงฤดูแล้งคือช่วงเดือนกุมภาพันธ์ แต่พบในปริมาณน้อยมาก โดยพบ atrazine ปริมาณ 0.03 ไมโครกรัมต่อลิตร (ฤดูฝน) เป็นตัวอย่างที่เก็บจากบ่อบาดาลของเกษตรกร บ.ใจดีสิริ ม.9 ต.ยาง อ.ศีขรภูมิ จ.สุรินทร์และจุดที่พบอยู่ในแหล่งที่มีการปลูกข้าวและมะเขือเทศ จากข้อมูลการใช้มีการใช้สาร atrazine ซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชใบกว้าง เป็นสารที่มีการจำกัดการใช้ เนื่องจากมีศักยภาพที่จะปนเปื้อนในน้ำใต้ดินได้มีความเป็นพิษน้อย มีความคงสภาพในดินนานและสลายตัวอย่างรวดเร็วโดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสในสภาพที่เป็นกรดหรือด่าง แต่สลายตัวช้าในสภาพเป็นกลาง (U.S.EPA) ได้รายงานตรวจพบการปนเปื้อน atrazine ในน้ำใต้ดินและพบในปริมาณสูงในบางรัฐของอเมริกาที่มีการใช้ในแหล่งปลูกในปริมาณมาก

ตรวจไม่พบสารพิษกลุ่ม กลุ่ม Organochlorines กลุ่ม Organophosphorus กลุ่ม Pyrethroids และกลุ่ม Carbamates และสารป้องกันกำจัดโรคพืชกลุ่ม Acylalanine ในน้ำใต้ดินเนื่องจากสารพิษในกลุ่มนี้มีการสลายตัวในสิ่งแวดล้อมได้ดีและรวดเร็วกว่า จึงไม่แพร่ลงสู่ชั้นใต้ดิน ปริมาณสารพิษตกค้างที่พบในน้ำใต้ดินต่ำกว่าค่าปริมาณสูงสุดที่กำหนดให้มีได้ (MAC) ในน้ำดื่ม น้ำเพื่ออุปโภค และใช้เพื่อการเกษตรและต่ำกว่าค่าความเป็นพิษต่อปลาและสัตว์น้ำ (LC<sub>50</sub>) แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าสูงสุดที่ยอมให้มีได้ (Maximum Allowable Concentration, MAC) ในน้ำ (ไมโครกรัม/ลิตร)

วัตถุพิษ	ประเทศ	ระดับที่กำหนด	เงื่อนไขเฉพาะ
atrazine	WHO	2	น้ำดื่ม <sup>1/</sup>
	สหรัฐอเมริกา	3	น้ำดื่ม <sup>2/</sup>
	แคนาดา	3	น้ำดื่ม <sup>2/</sup>
	สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน	3	น้ำดื่ม <sup>2/</sup>
	อังกฤษ	2	น้ำดื่ม <sup>2/</sup>

1/ : WHO (องค์การอนามัยโลก) 1996, 1998

2/ : Gustafson, 1993

จากการสำรวจและศึกษาแหล่งน้ำใต้ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ทำให้ทราบถึงการสะสมและการแพร่กระจายของสารพิษในน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ใกล้เคียงว่ามีการปนเปื้อนวัตถุที่มีพิษ การเกษตรในปริมาณน้อยและค่อนข้างปลอดภัยจากสารพิษตกค้างทางการเกษตร แต่ถ้านำมาผลิตเพื่อการบริโภคต้องผ่านกระบวนการผลิตที่เหมาะสมและควรตรวจคุณภาพน้ำด้านอื่น ๆ ทั้งทางด้านเคมี ด้านกายภาพ และด้านจุลินทรีย์เพื่อสามารถนำผลการตรวจวิเคราะห์มาประกอบการพิจารณาว่าแหล่งน้ำนั้น เหมาะสมที่จะนำมาผลิตเพื่อการอุปโภคบริโภคหรือไม่เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อสุขภาพของประชาชนมากที่สุด

## 9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สารพิษตกค้างทางการเกษตรที่ตรวจพบในน้ำใต้ดินพบเพียงสารในกลุ่ม triazines เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีการทำเกษตรกรรมเช่นนาข้าว และผักอื่น ๆ เกษตรกรนิยมใช้ในการฉีดพ่นเพื่อกำจัดวัชพืช แต่ปริมาณที่ตรวจพบปริมาณต่ำ ไม่เกินค่าความปลอดภัยที่กำหนดให้มีได้ในน้ำ จากการเฝ้าติดตามสารพิษตกค้างในน้ำบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง พบว่าปริมาณสารพิษตกค้างยังคงพบในปริมาณต่ำกว่าค่าปริมาณสูงสุดที่กำหนดให้มีได้ (MAC) และต่ำกว่าค่าความเป็นพิษต่อปลาและสัตว์น้ำ ยังจัดอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้สำหรับอุปโภค และใช้เพื่อการเกษตรได้ ถ้านำมาผลิตเพื่อการบริโภคต้องผ่านกระบวนการผลิตที่เหมาะสมและควรตรวจสอบคุณภาพน้ำด้านอื่น ๆ ก่อน เช่น ทางกายภาพ ทางเคมีอื่น ๆ ได้แก่ โลหะหนัก ปริมาณไอออน ค่าความกระด้าง เป็นต้น

## 10. การนำไปใช้ประโยชน์

1. เผยแพร่ในหนังสือรายงานประจำปี และการประชุมวิชาการของหน่วยงาน
2. ฐานข้อมูลการสะสมสารพิษตกค้างในแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณเกษตรกรรมพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

## เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. <http://www.dgr.go.th/water2006/technique18.html> (เข้าถึงเมื่อ 15 ธ.ค. 2556)

ศิวาภรณ์ สกุลเที่ยงตรง และพงศ์ศรี ไบอดุลย์. 2549. ศึกษาการปนเปื้อนวัตถุที่มีพิษในน้ำใต้ดินบริเวณเกษตรกรรม: ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน. ใน ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2549. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, กรมวิชาการเกษตร.

ปรีชา ฉัตรสันติประภา และพงศ์ศรี ไบอดุลย์. 2549. ศึกษาการปนเปื้อนวัตถุที่มีพิษในน้ำใต้ดินบริเวณเกษตรกรรม: ภาคเหนือตอนล่าง. ใน ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2549. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, กรมวิชาการเกษตร.

Anonymous 1998. Guideline for Drinking Water Quality, Vol. 1 – Recommendation. World Health Organization.

Douglas Hartley and Hamish Kidd , Unwin Brother , The Agrochemical Handbook Third Edition Limited , Nottingham England, 1991.

F. Hernández, J. M. Marín, Ó. J. Pozo, J. V. Sancho, F. J. López and I. Morell, Pesticide residues and transformation products in groundwater from a Spanish agricultural region on the Mediterranean Coast, *Inter. J. Environ. Anal. Chem.* 2008; 88: 409–424.

Gastafson, D.I.1993. Pesticide in Drinking Water. Van Norstand Reinhold, New York,U.S.A. p.241.

In-house method, 2005. Organochlorine Pesticides in Water, Gas Chromatographic Method. AOAC Official Method 990.06, 2005.

In-house method, 2005. Organochlorine and Organophosphorus Pesticide. General Multiresidue Method. AOAC Official Method 970.52, 1995.

N. Sankararamakrishnan, A. K. Sharma and R. Sanghi, Organochlorine and organophosphorous pesticide residues in ground water and surface waters of Kanpur, Uttar Pradesh, India, *Environment International* 31 (2005) 113– 120.

R. Jayashree and N. Vasudevan, Organochlorine pesticide residues in ground water of Thiruvallur district, India, *Environ Monit Assess* (2007) 128:209–215.

World Health Organization. 1993. Guideline for Drinking Water Quality, Second Edition. Addendum to vol.2. Health Criteria and Other Supporting Information, Geneva. Switzerland.

[http://it.geol.science.cmu.ac.th/gs/courseware/groundwater/documents/Groundwater\\_10.pdf](http://it.geol.science.cmu.ac.th/gs/courseware/groundwater/documents/Groundwater_10.pdf) (12 ஈ.ஈ. 2556)

<http://www.epa.gov/ogwdw/pdfs/factsheets/soc/tech/altrazine.pdf> EPA. (15 ஈ.ஈ. 2556)

[http://www.epa.gov/teach/chem\\_summ/Atrazine\\_summary.pdf](http://www.epa.gov/teach/chem_summ/Atrazine_summary.pdf) (15 ஈ.ஈ. 2556)