การประเมินการปนเปื้อนของทองแดง และตะกั่ว ผ่านชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ในพื้นที่เกษตรกรรม ตำบลหัวเรือ จังหวัดอุบลราชธานี โดยใช้แบบจำลอง Hydrus-1D

The Assessment of Cu and Pb through unsaturated zone of agricultural area in Hua Rua area, Ubon Ratchatani province using the Hydrus-1D model

ตุลญา มะสีพันธ์ (Tulaya Masipan)* ดร.ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์ (Dr.Srilert Chotpantarat)**

บทคัดย่อ

พื้นที่เกษตรกรรมบริเวณตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานีได้มีการใช้ปุ๋ยเคมี ยาฆ่าแมลงอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนของโลหะหนักลงสู่ดินและผ่านลงไปสู่น้ำบาดาลระดับตื้นได้ ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของดินในพื้นที่พบว่า เป็นดินร่วนปนทรายโดยมี ทราย 70.8% ทรายแป้ง 25.2 % ดินเหนียว 4% มีค่าความเป็นกรดด่าง 5.3 จากการวิเคราะห์ปุ๋ยเคมีพบว่าปุ๋ยสูตร1 (15-15-15) มีทองแดง (Cu) มากที่สุดคือ 25 mg/kg ส่วนปุ๋ยสูตร2 (15-15-15) และปุ๋ยสูตร (16-8-8) มีปริมาณตะกั่ว (Pb) มากที่สุดคือ 25 mg/kg และจากการใช้แบบจำลอง Hydrus-1D วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักตามความลึกต่างๆ ที่ 100, 200 และ 300 เซนติเมตร ที่เวลา 1, 5, และ 10 ปี ตามลำดับ พบว่าค่าความเข้มข้นของตะกั่วและทองแดงที่ความลึก 100 เซนติเมตร จะมีค่าความเข้มข้นมากกว่าที่ระดับความลึก 300 เซนติเมตร และที่เวลา 10 ปีจะมีค่าความเข้มข้นของตะกั่ว และทองแดงปนเปื้อนมากที่สุดคือ 4.49 mg/l และ 3.56 mg/l ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนในน้ำบาดาลระดับตื้นได้

ABSTRACT

Agricultural area in Hua Rua Area Ubon Ratchatani province, have long been used chemical fertilizers and pesticides, which may release and eventually may cause heavy metal contamination in soil and shallow groundwater systems. In this study, soils is a sandy loam consisting of sand 70.8% silt 25.2% clay 4% with a pH of 5.3. The main component of fertilizer 1 with a chemical formula of 15-15-15 is Cu of 25 mg / kg. Moreover, Pb (approx. 25 mg / kg) is a major component of fertilizer 2 with a chemical formula of 15-15-15 and fertilizer with a chemical formula of 16-8-8. The Hydrus-1D model was applied to assess migration of heavy metals at various depths of 100, 200 and 300 cm. in 1, 5, and 10 years. The results showed that the concentration of lead and copper at a depth of 100 cm. was more than 300 cm. As expected, the concentration lead and copper are 4.49 mg/l and 3.56 mg / l at 10 years later. The benefit of this study could predict the contamination in soils and shallow groundwater.

คำสำคัญ: โลหะหนัก Hydrus-1D ชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ

Key Words: Heavy metals, Hydrus-1D, Unsaturated zone

** นิสิต หลักสูตรสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

บทนำ

น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำจืดที่ถูกนำมาใช้มากขึ้นในด้านการอุปโภค บริโภค อุตสาหกรรมโดยเฉพาะด้านเกษตรกรรมซึ่งมีความต้องการใช้น้ำในการเพาะปลูกเป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังพบว่ามีการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่การเกษตรที่อยู่ห่างไกลจากระบบชลประทาน(Manika *et al.*, 2012) และจากข้อมูลพื้นฐานการใช้น้ำบาดาลระดับหมู่บ้านในประเทศไทยพบว่า จำนวนบ่อน้ำบาดาลมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมตามการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร ส่งผลให้ภาคเกษตรกรรมมีการเร่งอัตราการผลิตมากขึ้นเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการ จึงทำให้มีการใช้ปุ๋ยเคมี สารเคมี ยาฆ่าแมลงมากขึ้นอย่างต่อเนื่องส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักลงไปในดินและชั้นน้ำบาดาลระดับตื้นในที่สุด

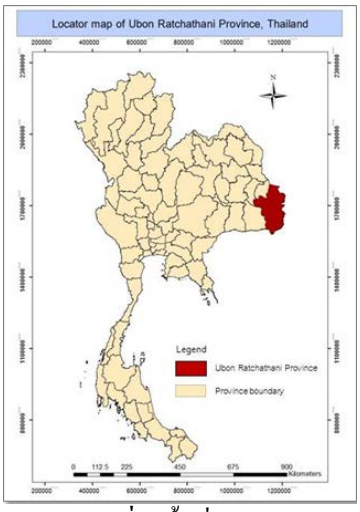
โลหะหนักเป็นสารที่คงตัวไม่สามารถสลายตัวได้ในกระบวนการทางธรรมชาติจึงมีบางส่วนตกตะกอนสะสมอยู่ในดิน เมื่อดินมีสภาพที่เป็นกรดไฮโดรเจนไอออน (H^+) ในดิน จะมีการแข่งขันกับโลหะหนักในดิน ส่งผลให้ดินมีความสามารถในการดูดซับแคตไอออน (ธาตุอาหารหรือโลหะหนัก) ต่ำลง (Worachart., 2012) โดยชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำจะมีการซึมผ่านของน้ำผิวดินลงไปสู่น้ำบาดาลได้ จึงมีผลต่อการเพิ่มการเคลื่อนที่ของโลหะหนักและถูกชะละลายลงสู่ชั้นน้ำบาดาลในที่สุด (Antanaitis and Antanaitis, 2004)

สำหรับพื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ในบริเวณตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานีเป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการปลูกพริกเป็นจำนวนมากและได้มีการใช้ปุ๋ยเคมีและยาฆ่าแมลงหลายชนิด บริเวณที่ปลูกพริกเกือบทุกที่จะมีบ่อน้ำบาดาลกระจายอยู่ทั่วบริเวณและมีการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำบาดาลระดับตื้นและที่สำคัญเกษตรกรบางรายมีการอุปโภคน้ำจากบ่อน้ำบาดาลโดยตรงซึ่งทำให้เสี่ยงต่อปัญหาสุขภาพอนามัยได้ (Pokkate, 2553) นอกจากนี้ผลจากการวิเคราะห์ค่าโลหะหนักในปุ๋ยที่เกษตรกรใช้พบว่ามีปริมาณของทองแดงและตะกั่วในปริมาณที่สูง จากข้อมูลดังกล่าวจึงทำให้มีโอกาสเสี่ยงที่จะปนทองแดงและตะกั่วในดินและในน้ำบาดาล ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะประยุกต์ใช้แบบจำลองHydrus-1Dในการอธิบายการปนเปื้อน และคาดการณ์การเคลื่อนตัวของทองแดงและตะกั่วผ่านชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมไปสู่น้ำบาดาลระดับตื้น

วิธีการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

บริเวณพื้นที่เกษตรกรรม ตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ครอบคลุมแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1: 50,000 ระวาง 5939I (รูปที่ 1) ซึ่งพื้นที่นี้มีการปลูกพริกเป็นจำนวนมากและได้มีการใช้ปุ๋ยเคมีและยาฆ่าแมลงหลายชนิด



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา

2. การวิเคราะห์ดิน

นำตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและลักษณะทางเคมีของดินซึ่งได้แก่ เนื้อดิน (Soil Texture), ค่าความเป็นกรด-ด่าง, ค่าการนำไฟฟ้า ค่าอินทรียวัตถุของดิน, ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก,โพแทสเซียม,โซเดียม, แคลเซียม, แมกนิเซียม, ค่าความหนานแน่น และเนื้อดิน ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพเคมี และ วิธีวิเคราะห์ดินบริเวณพื้นที่หัวเรือ

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
ค่าความเป็นกรด-ด่าง, ค่าการนำไฟฟ้า	Field Method
ค่าอินทรียวัตถุของดิน	Walkley and Black
เนื้อดิน	Pipette analysis
โพแทสเซียม, โซเดียม, แคลเซียม, แมกนิเซียม	Atomic absorption spectrophotometer
ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก	Ammonium acetate pH 7.0 method-centrifuge modification
ค่าความหนานแน่น	Clod method
ตะกั่ว, ทองแดง	ICP-MS

3. การวิเคราะห์ปุ๋ย

นำตัวอย่างปุ๋ยเคมีที่ใช้ในพื้นที่เพาะปลูกทั้ง 8 ชนิด มา 0.3-0.5 กรัม แล้วนำมาย่อยด้วยกรดผสมบนเตาให้ความร้อน ที่อุณหภูมิไม่เกิน 220 องศาเซลเซียส จนสารละลายใส ปรับปริมาตร แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

4. Hydrus-1D

เป็นแบบจำลองสภาพแวดล้อมที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์การไหลของน้ำและสารละลายใน1มิติ หรืออาจจะใช้ในการวิเคราะห์น้ำและการเคลื่อนไหวของตัวถูกละลายในชั้นไม่อิ่มตัว ดินไม่สม่ำเสมอ หรือมีรูพรุนได้ การไหลและการเคลื่อนตัวสามารถใช้ในแนวตั้งแนวนอนหรือแนวเอียงได้ (Simunek *et al.*, 2009)

ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้แบบจำลอง Hydrus-1D ในการสร้างแบบจำลองการเคลื่อนตัวของทองแดง (Cu) และตะกั่ว (Pb) ในชั้นไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Unsaturated zone) โดยนำเข้าข้อมูลของชั้นไม่อิ่มตัวด้วยน้ำมาวิเคราะห์ตามความหนาต่างๆ ที่ 100, 200 และ 300 เซนติเมตร กำหนดให้เวลาที่โลหะหนักเคลื่อนตัวผ่านชั้นไม่อิ่มตัวด้วยน้ำเป็น เวลา10 ปี ข้อมูลปริมาณฝนและข้อมูลค่าการระเหยรายวัน ซึ่งรวบรวมจากกรมอุตุนิยมวิทยา บันทึกโดยสถานีอากาศเกษตรอุบลราชธานี แล้วสร้างแบบจำลองที่ความลึก 100, 200 และ 300 เซนติเมตร ของชั้นน้ำในพื้นที่ศึกษา โดยใส่ค่าเริ่มต้นในการสร้างแบบจำลองในตารางที่ 2

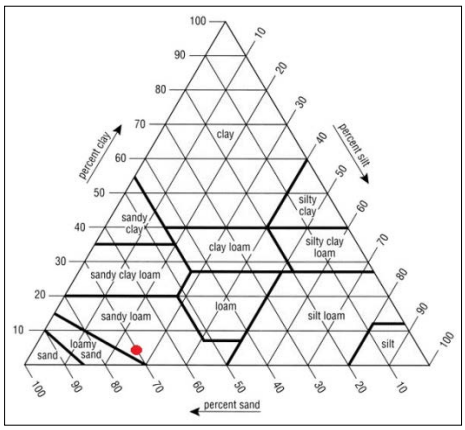
ตารางที่ 2 ค่าเริ่มต้นในการสร้างแบบจำลองการเคลื่อนตัวของโลหะหนักในชั้นไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ

การนำเข้าข้อมูล	ค่าเริ่มต้น
Concentration (mg/L)	Pb =1.85 , Cu =1.73
Adsorption isotherm coefficient, k_d (g/cm^{-3})	Pb = 0.226 Cu = 0.069
Hydraulic conductivity, K_s (cm/day)	1.64
Residual soil water content, Q_r	0.16
Saturated soil water content, Q_s	0.36
Parameter α in the soil water retention function (m^{-1})	0.007
Parameter *n* in the soil water retention function	2.19
Tortuosity parameter in the conductivity function (-)	0.5
Adsorption isotherm coefficient, b (the Freundlich exponent)	1

ผลการวิจัย

1. ลักษณะทางกายภาพของดิน

การทดลองหาประเภทเนื้อดินในห้องปฏิบัติการ โดยนำตัวอย่างดินมาวิเคราะห์คัดแยกขนาดดิน แล้วนำตะกอนดินที่อยู่บนถาดหาขนาดโดยวิธี Pipette analysis เพื่อสร้างกราฟการกระจายของดินและมาเทียบสัดส่วนโดยใช้สามเหลี่ยมดิน (รูปที่ 2) ซึ่งจากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าดินในพื้นที่เกษตรกรรมมีลักษณะเป็นดินร่วนปนทรายประกอบด้วย ดินทราย 70.8% ทรายแป้ง 25.2 % ดินเหนียว 4%



รูปที่ 2 สามเหลี่ยมวิเคราะห์ดิน

2. ลักษณะทางเคมีของดิน

จากการวิเคราะห์หาลักษณะทางเคมีของดิน พบว่า (ตารางที่ 3) ดินมีค่า pH 5.3 ซึ่งมีสภาพเป็นกรด เมื่อดินมีความเป็นกรดมากขึ้น ความเข้มข้นของ H^+ ในสารละลายดินจะเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันปริมาณ H^+ ที่อาจแลกเปลี่ยนได้ก็เพิ่มขึ้นด้วย ในดินที่เป็นกรดมักจะมีธาตุอาหารบางธาตุเช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมในปริมาณค่อนข้างต่ำ เพราะธาตุอาหารเหล่านี้จะถูกชะละลายออกไปจากดินได้ง่ายมาก

และในดินร่วนปนทรายจะมีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก และค่าอินทรียวัตถุต่ำ ทำให้ไม่สามารถดูดยึดธาตุอาหารต่าง ๆ ได้ ธาตุอาหารจึงถูกชะล้างโดยง่าย

ตารางที่ 3 ลักษณะทางเคมีของดินบริเวณพื้นที่หัวเรือ

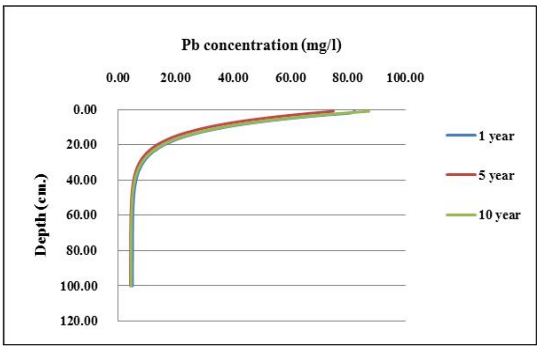
ลักษณะทางเคมี	ค่าการวิเคราะห์
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	5.3
ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	0.082
ค่าอินทรียวัตถุ (%)	0.87
โพแทสเซียม (mg/kg)	37
โซเดียม (mg/kg)	252
แคลเซียม (mg/kg)	29
ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cmol kg^{-1})	2.6
ตะกั่ว (mg/l)	1.85
ทองแดง (mg/l)	1.73

3. การวิเคราะห์ปุ๋ย

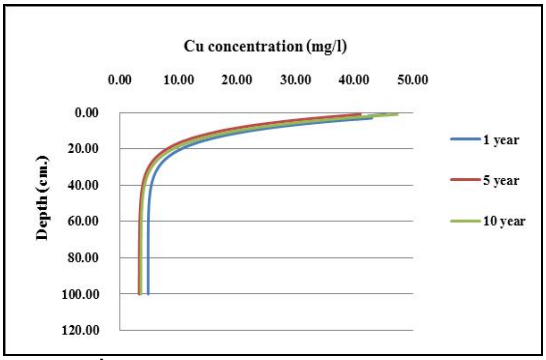
จากการนำตัวอย่างปุ๋ยที่ใช้ในพื้นที่เกษตรกรรมมาทั้งหมด 8 ชนิดคือ ปุ๋ยสูตร(27-6-6), ปุ๋ยสูตร (16-8-8), ปุ๋ยสูตร (46-0-0), ปุ๋ยสูตร (21-0-0), ปุ๋ยสูตร (13-13-21), ปุ๋ยสูตร(25-7-7), ปุ๋ยสูตร1(15-15-15), ปุ๋ยสูตร2 (15-15-15) มาวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในตารางที่ 4 ได้แก่ Cu, Pb, Ni, Fe และCd ซึ่งพบว่า ปุ๋ยสูตร 1 (15-15-15)มีทองแดง(Cu) มากที่สุดคือ 25 mg/kg ส่วนปุ๋ยสูตร2 (15-15-15) และ ปุ๋ยสูตร(16-8-8) มีตะกั่ว (Pb) มากที่สุดคือ 25 mg/kg

4. Hydrus-1D

ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของตะกั่ว (Pb) และทองแดง (Cu) ใน (รูปที่ 3 และ รูปที่ 4) ที่ระดับความลึก 100 เซนติเมตร ที่เวลา 1, 5 และ 10 ปี พบว่าตะกั่ว มีค่าความเข้มข้น 4.37, 4.28 และ4.49 mg/l ตามลำดับ และทองแดงมีค่าความเข้มข้น 4.79, 3.26 และ 3.56 mg/l ตามลำดับ



รูปที่ 3 กราฟแสดงความเข้มข้นของตะกั่ว (Pb) ที่ความลึก 100 ซม. ที่เวลา 1, 5 และ10 ปี

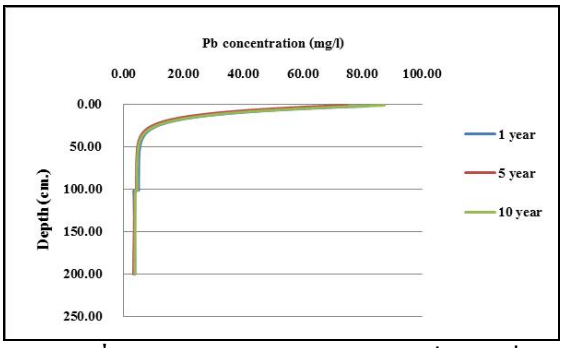


รูปที่ 4 กราฟแสดงความเข้มข้นของทองแดง (Cu) ที่ความลึก 100 ซม. ที่เวลา 1, 5 และ10 ปี

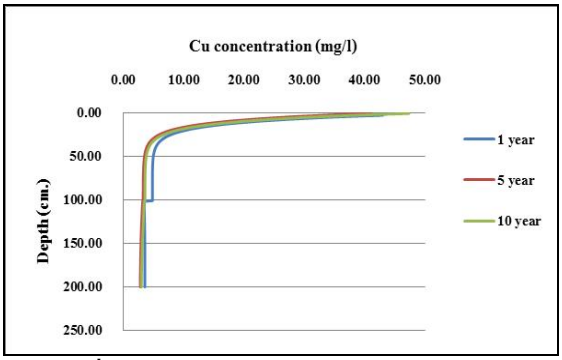
ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักของปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยเคมี	Cu (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Cd (mg/kg)
ปุ๋ยสูตร (27-6- 6)	10	15	5.5	702.5	0.02
ปุ๋ยสูตร (16-8-8)	9	25	1.54	1057	0.05
ปุ๋ยสูตร (46-0-0)	4.5	10	0.00	119.5	0.04
ปุ๋ยสูตร(21-0-0)	4.5	10	1.2	135	0.01
ปุ๋ยสูตร (13-13-21)	15.5	10	5.05	2563	0.06
ปุ๋ยสูตร (25-7-7)	10.5	15	2.34	646	0.07
ปุ๋ยสูตร1 (15-15-15)	25	5	0.01	1601.5	0.07
ปุ๋ยสูตร2 (15-15-15)	23	25	5.38	2830.5	0.05

ค่าความเข้มข้นของตะกั่ว และทองแดงใน(รูปที่ 5 และ รูปที่ 6) ที่ระดับความลึก 200 เซนติเมตร พบว่าตะกั่ว ที่เวลา 1, 5 และ 10 ปีมีค่าความเข้มข้น 3.76, 3.31 และ3.69 mg/l ตามลำดับและทองแดงมีค่าความเข้มข้น 3.54, 2.79 และ 2.97 mg/l ตามลำดับ

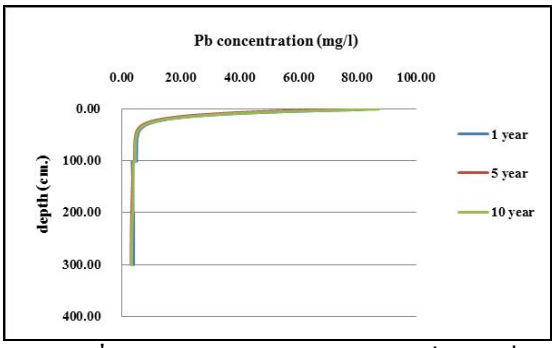


รูปที่ 5 กราฟแสดงความเข้มข้นของตะกั่ว (Pb) ที่ความลึก 200 ซม. ที่เวลา 1, 5 และ10 ปี

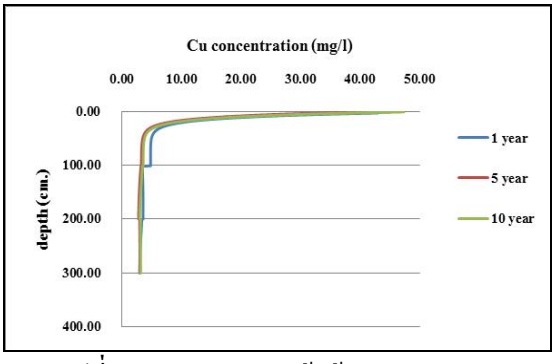


รูปที่ 6 กราฟแสดงความเข้มข้นของทองแดง (Cu) ที่ความลึก 200 ซม. ที่เวลา 1, 5 และ10 ปี

ค่าความเข้มข้นของตะกั่ว และทองแดงใน(รูปที่ 7 และ รูปที่ 8) ที่ระดับความลึก 300 เซนติเมตร พบว่าตะกั่ว ที่เวลา 1, 5 และ 10 ปี มีค่าความเข้มข้น 3.96, 3.09 และ3.27 mg/l ตามลำดับ และทองแดงมีค่าความเข้มข้น 2.96, 3.03 และ3.12 mg/l ตามลำดับ



รูปที่ 7 กราฟแสดงความเข้มข้นของตะกั่ว (Pb) ที่ความลึก 300 ซม. ที่เวลา 1, 5 และ10 ปี



รูปที่ 8 กราฟแสดงความเข้มข้นของทองแดง (Cu) ที่ความลึก 300 ซม. ที่เวลา 1, 5 และ10 ปี

อภิปรายผลและสรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาการเคลื่อนตัวของทองแดงและตะกั่วผ่านชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำโดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง Hydrus-1D ในพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการปลูกพริกเป็นจำนวนมากและได้มีการใช้ปุ๋ยเคมีและยาฆ่าแมลงหลายชนิด ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมี และวิธีวิเคราะห์ดินบริเวณพื้นที่หัวเรือของดินพบว่า เป็นดินร่วนปนทราย ประกอบด้วย ดินทราย 70.8% ทรายแป้ง 25.2 % และดินเหนียว 4% ซึ่งถ้าหากมีเปอร์เซ็นต์ของดินทรายมากค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกก็จะต่ำ ทำให้ไม่สามารถยึดธาตุอาหารไว้ได้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

ส่วนผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของดิน พบว่าดินมีค่า pH 5.3 ซึ่งมีสภาพเป็นกรดซึ่งเกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมี และพบว่ามีปริมาณของตะกั่วและทองแดงมากที่สุดคือ ปุ๋ยสูตร2 (15-15-15) และปุ๋ยสูตร16-8-8 มีตะกั่ว(Pb) 25 mg/kg และปุ๋ยสูตร1(15-15-15) มีทองแดง(Cu) 25 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับสุธาสินี (2553) ได้ศึกษาปริมาณความเข้มข้นของปุ๋ยเคมีจากพื้นที่เกษตรกรรมตำบลหัวเรือ จังหวัดอุบลราชธานี โดยใช้เครื่อง ICP-MS โดยพบธาตุโลหะหนักชนิดเดียวกันกับโลหะหนักที่พบในน้ำบาดาล และเป็นโลหะหนักที่สนใจศึกษา ได้แก่ ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) นิกเกิล(Ni) และ สังกะสี (Zn) และได้ศึกษาการกระจายตัวของความเป็นกรด-ด่างในน้ำบาดาลในพื้นที่นี้พบว่า บริเวณที่มีการทำการเกษตรกรรมหนาแน่นประกอบกับมีการใช้สารเคมีทางการเกษตรหลายชนิด จะพบความเป็นกรดสูงกว่าบริเวณรอบข้างที่มีการทำการเกษตรที่น้อยกว่า ซึ่งน้ำบาดาลที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักมาก จะทำให้น้ำมีสภาพเป็นกรด (pH เฉลี่ยเท่ากับ 4.67) ซึ่งการทำเกษตรสมัยใหม่ที่มีการใช้สารเคมีเข้ามาเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้มีโอกาสเสี่ยงต่อการปนเปื้อนโลหะหนักลงสู่ระบบน้ำบาดาลระดับตื้นมากขึ้น (Jabbar, 1993 และ Pepijn, 2011)

จากการใช้แบบจำลอง Hydrus-1D วิเคราะห์ตามความลึกต่างๆ ที่ 100, 200 และ 300 เซนติเมตร ที่เวลา 1, 5, และ 10 ปี ตามลำดับ พบว่าค่าความเข้มข้นของตะกั่ว และทองแดงบริเวณที่ระดับความลึก300 เซนติเมตร จะพบค่าความเข้มข้นน้อยกว่าระดับความลึก100 เซนติเมตร และที่ความลึก 100 เซนติเมตรที่ระยะเวลา 10 ปีจะมีค่าความเข้มข้นของตะกั่ว 4.49 mg/l และทองแดง 3.56 mg/l จากรูปที่ 3 ถึงรูปที่ 8 จะพบว่าค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่วและทองแดงมากกว่าค่าเริ่มต้นในตารางที่ 2 เนื่องจากเมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 ปี 5 ปี และ 10 ปี การสะสมของโลหะหนักในดินจะแตกต่างกัน ซึ่งปัจจัยที่ทำให้ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วและทองแดงต่างกันคือปริมาณการใช้สารเคมีทางการเกษตร ปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่และระยะเวลาในการสะสม โดยสอดคล้องกับการศึกษาของMinh *et al* (2009) ซึ่งใช้แบบจำลอง Hydrus-1D จำลองการชะล้างทองแดง(Cu), ตะกั่ว (Pb) และสังกะสี (Zn) ที่ความลึก 1 เมตรที่ 370 วัน 470 วัน และ495 วัน ตามลำดับ พบว่ามีการปนเปื้อนของโลหะหนักที่ระดับความลึกไม่เกิน 30 เซนติเมตรมากที่สุด ซึ่งมีความใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้คือ ที่ความลึก 100 เซนติเมตรจะพบว่ามีการปนเปื้อนมากที่สุดจากความลึกทั้งหมด 300 เซนติเมตร โดยผลจากจากการวิเคราะห์ข้อมูลความเข้มข้นของตะกั่ว (Pb) และทองแดง(Cu) พบว่าในพื้นที่เกษตรกรรมที่ปลูกพริกเป็นพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนมากที่สุด ซึ่งมีแนวโน้มให้เกิดการปนเปื้อนลงสู่น้ำบาดาลระดับตื้นได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณหลักสูตรสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้สนับสนุนเงินทุนในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2548. ข้อมูลบ่อน้ำบาดาล. ค้นเมื่อ 1 กุมภาพันธ์ 2557, จาก http://www.dgr.go.th/well_web/WellWEB/Well_web.html

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. ดินเพื่อประชาชน. ค้นเมื่อ1 กุมภาพันธ์ 2557, จาก http://elibrary.ldd.go.th/library/Ebook/bib481.pdf

สุธาสินี ซื่อสัตย์. 2553. การกระจายตัวและศักยภาพในการเคลื่อนตัวของโลหะหนักในดินและชั้นน้ำบาดาลระดับตื้นบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม: กรณีศึกษาตำบลหัวเรือ จังหวัดอุบลราชธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต. สาขาวิชาธรณีวิทยา ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Jabbar, A., 1993. Pesticide residues in cropland soils and shallow groundwater in Punjab, Pakistan. Environ Contam Toxicol 51: 268–273.

Antanaitis, D., Antanaitis, A., 2004. Migration of heavy metals in soil and their concentration in sewage and sewage sludge. Ekologija. 1: 42-45.

Anat, T., Paul, FH., 2003. Use of geographic information systems for assessing groundwater pollution potential by pesticides in Central Thailand. Environment International 29: 87– 93.

Filgueiras, AV., Lavilla, I., Bendicho, C., 2002. Chemical sequential extraction for metal partitioning in environmental solid samples. J Environment Monit 4: 823-857.

Manika Gupta, NK. Garg, Himanshu Joshi and MP. Sharma ,2012. Persistence and mobility of 2,4- D in unsaturated soil zone under winter wheatcrop in sub-tropical region of India. Agriculture, Ecosystems and Environment. 146: 60–72.

Minh Nguyen Ngoc, Stefan Dultz and Jorn Kasbohm 2009. Simulation of retention and transport of copper, lead and zinc in a paddy soil of the Red River Delta, Vietnam. Agriculture, Ecosystems and Environment 129: 8–16.

Pepijn Schreinemachers., 2011. The role of synthetic pesticides in the intensification of highland agriculture in Thailand. Crop Protection 30: 1431-1437.

Pokkate Wongsasuluk., 2010. Human health risk assessment associated with heavy metals in drinking shallow groundwater wells at Ubon Ratchathani province, Thailand. A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master. Science Program in Environmental Management, Graduate School Chulalongkorn University.

Worachart Wisawapiapt,. 2012. Remediation technologies of heavy metal contaminated soils using phosphate materials. Khon kaen agr. 40 :373-378.

Simunek, J., Šejna, M., Saito, H., Sakai, M. & Van Genuchten, M. 2009. the hydrus-1d software package for simulating the one-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably-saturated media. 4: 1-8 .