

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย : แผนบูรณาการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพดิน ปุ๋ย และน้ำทางการเกษตรอย่างสมดุลและยั่งยืน
2. โครงการวิจัย : โครงการวิจัยการศึกษาติดตามตรวจสอบมลพิษทางดินและเทคโนโลยีบำบัดดินในพื้นที่ปนเปื้อน
กิจกรรม : -
3. ชื่อการทดลอง : การศึกษาการแพร่กระจายของแคดเมียม ตะกั่ว และสารหนูในพื้นที่การเกษตรจังหวัดเลย
: Study of cadmium, lead and arsenic distribution in agricultural areas in Loei Province.
4. คณะผู้ดำเนินงาน
หัวหน้าการทดลอง : นางสาวศราริน กลิ่นโพธิ์กลับ
ผู้ร่วมงาน : นางสาวนิตา โนบรรเทา
นางสาวแววตา พลกุล
นางสาวสายน้ำ อุดพั้ว
นายอนันต์ ทองภู
กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

5. บทคัดย่อ

ศึกษาการแพร่กระจายของแคดเมียม ตะกั่ว และสารหนูในพื้นที่การเกษตรจังหวัดเลยและทดสอบเทคโนโลยีบำบัดดินเพื่อลดการดูดซึมสารหนูของข้าวในพื้นที่การเกษตรที่ปนเปื้อนสารหนู โดยดำเนินการสำรวจการปนเปื้อนของโลหะหนักในพื้นที่เกษตรกรรมใกล้เคียงเหมืองแร่ทองคำทับฟ้า จำนวน 4 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านนาหนองบง บ้านภูทับฟ้าพัฒนา บ้านห้วยผุก และบ้านกกสะทอน ต.เขาหลวง อ.วังสะพุง จ.เลย เก็บตัวอย่างดินในพื้นที่เกษตรกรรมตลอดแนวลำน้ำฮวย ห้วยผุกและห้วยเหล็ก จำนวน 256 จุด แต่ละจุดแบ่งเป็นดินชั้นบนและดินชั้นล่าง (ที่ระดับต่ำกว่าดินบนลงไปจนถึง 60 เซนติเมตร) พบการปนเปื้อนของสารหนูทั้งในดินชั้นบนและดินชั้นล่างและตะกอนท้องน้ำในเกือบทุกจุด เก็บตัวอย่างในระดับที่สูงเกินค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้เพื่ออยู่อาศัยและเกษตรกรรมของประเทศไทย ที่ 3.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ตะกั่วและแคดเมียมนั้นมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานของ European Economic Community (EEC) ที่ 100 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ทั้งในดินชั้นบนและดินชั้นล่างตลอดลำน้ำ เมื่อทำการทดลองในสภาพเรือนทดลองโดยการเก็บตัวอย่างดินนาข้าวที่ปนเปื้อนสารหนูปริมาณ 65.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นำมาทดลองในกระถางและปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นพืชทดสอบ โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB 3 ซ้ำ 7 กรรมวิธี คือ 1) ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน 2) ใส่ (FeSO₄) อัตรา 2 mole ต่อ 1 mole As 3) ใส่ (FeSO₄) อัตรา 4 mole ต่อ 1 mole As 4) ใส่ (FeSO₄) อัตรา 6 mole ต่อ 1 mole As 5) ใส่ซีโอไลต์ อัตรา 250 กิโลกรัมต่อไร่ 6) ใส่ซีโอไลต์ อัตรา 500

กิโลกรัมต่อไร่ และ 7) ใส่ซีโอไลต์ อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการทดลอง พบว่าการใส่เฟอร์รัสซัลเฟต (FeSO_4) อัตรา 6 mole : 1 mole As ในดินที่มีปริมาณสารหนู 65.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีผลทำให้สารหนูสะสมอยู่ในส่วนต่างๆ ของข้าวน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ โดยพบการสะสมของสารหนูในรากและฟางข้าวที่ระดับ 28.75 และ 3.66 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และพบปริมาณสารหนูสะสมสูงสุดในส่วนราก รองลงมาคือส่วนฟางข้าวกลับตามลำดับ

Abstract

Study of cadmium, lead and arsenic distribution in agricultural areas in Loei Province was conducted for determination of soil remediation technology to reduce arsenic absorption of rice crop in arsenic contaminated agricultural area. The study site covered agricultural areas in four villages, including Ban Na Nong Bong, Ban Phu Thap Fah Pattana, Ban Hui Puk and Ban Kok Sathon near Phu Thap Fah gold mine, Wang Saphung district, Loei province. Soil samples were collected from agricultural lands located along both banks of Huy Rivers, Hui Puk and Hui Lek. Two hundred fifty six soil samples were collected from two layers, top soil and a layer beneath the topsoil to a depth of 60 cm (subsoil). Results showed almost all soil samples contained As in the amount exceeding the quality standard for habitable and agricultural sites in Thailand, which is 3.9 mg kg^{-1} while both Pb and Cd concentrations were far below amounts issued by the European Economic Community (EEC) standard which are 100 and 3 mg kg^{-1} , respectively. The house experiment on soil remediation technology to reduce arsenic absorption of rice crop was carried out by collecting arsenic contaminated soil samples in Wang Saphung district, Loei province with the arsenic content of 65.5 mg kg^{-1} and cultivated Khao Dawk Mali 105 rice varieties as a testing plant which in RCB experimental designed with 3 replications and 7 treatments: 1) control 2) FeSO_4 2 mole : 1 mole As 3) FeSO_4 4 mole : 1 mole As 4) FeSO_4 6 mole : 1 mole As 5) Zeolite rate 250 kg/rai 6) Zeolite rate 500 kg/rai and 7) Zeolite rate 1,000 kg/rai. It was found that Ferrous sulfate (FeSO_4) rate 6 mole : 1 mole As contained low arsenic in the range of 28.75 and 3.66 mg kg^{-1} in root and straw, respectively and found that As had the highest accumulation in the root followed by the straw and rice husk respectively.

6. คำนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนโลหะหนักในดิน เนื่องจากมีกิจกรรมหลายประเภทที่นำโลหะหนักมาใช้กันมาก ทั้งในด้านอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม การคมนาคมขนส่ง การใช้วัสดุและสารเคมีทางการเกษตร น้ำทิ้ง ของเสียเหลือใช้ เป็นต้น โลหะหนักส่วนใหญ่ที่ปนเปื้อนในดิน เช่น สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ทองแดง (Cu),ปรอท (Hg),

นิกเกิล (Ni), ตะกั่ว (Pb), และสังกะสี (Zn) สามารถถ่ายทอดสู่สิ่งมีชีวิตโดยผ่านไปตามห่วงโซ่อาหาร แพร่กระจายในสิ่งแวดล้อม เมื่อมนุษย์ได้รับจะเข้าไปสะสมในเนื้อเยื่อทำให้เกิดอันตรายอาจพิการหรือเสียชีวิตได้ พื้นที่ทำการเกษตรที่ปนเปื้อนโลหะหนักในประเทศไทยส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมของเหมืองแร่ การบด การทิ้งหางแร่ การจัดการที่ไม่เหมาะสม ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักในพื้นที่เกษตรกรรมได้ พืชผักที่ปลูกในดินที่ปนเปื้อน หรือน้ำที่เจือปนด้วยโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว แคดเมียมและสารหนู เมื่อรับประทานหรือดื่มเข้าไปจะเกิดโรคที่สำคัญ ๆ ได้แก่ โรคอิตะ-อิตะจากการบริโภคข้าวที่ปนเปื้อนแคดเมียม (Hagino, 1958; Yoshioka, 1964) โรคไตดำหรือมะเร็งผิวหนังจากพิษสารหนูเรื้อรัง หรือโรคที่เกิดจากความเป็นพิษของตะกั่ว มีอาการถ่ายท้อง ปวดท้อง ปวดศีรษะ กระดูก ซา บวมตามแขนขา หากเป็นในเด็กทำให้มีสภาพผิดปกติและมีพัฒนาการทางสมองช้า (WHO, 2000) ด้วยเหตุนี้ จึงควรมีการศึกษาเพื่อหาวิธีที่ถูกต้องในการจัดการปัญหาโลหะหนักที่ปนเปื้อนในดินอย่างถูกต้องเหมาะสม จำเป็นจะต้องมีการวิจัยและพัฒนาหาข้อมูลในด้านการประเมินคุณภาพดิน และการจัดการดินที่มีการปนเปื้อนของสารเคมีและโลหะหนักในประเทศไทย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำไปใช้กำหนดมาตรการเฝ้าระวัง ป้องกันและแก้ไขที่เหมาะสมต่อไป

การบำบัดหรือฟื้นฟูพื้นที่ที่ปนเปื้อนโลหะหนัก แบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ 1.การบำบัดในพื้นที่ (In situ) มีข้อดีคือกระบวนการบำบัดไม่ยุ่งยากและใช้ต้นทุนค่อนข้างต่ำ แต่มีข้อเสียเนื่องจากเป็นเพียงการเปลี่ยนแปลงสภาพการละลายของสิ่งปนเปื้อนให้อยู่ในรูปที่มีการละลายต่ำและไม่ปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม และอาจมีการปลดปล่อยสู่สภาพแวดล้อมอีกครั้งเมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป 2.การบำบัดภายนอกพื้นที่ (Ex situ) เป็นการสกัดหรือแยกสารมลพิษออกด้วยวิธีทางเคมี ทางกายภาพ หรือทางชีวภาพ โดยมีข้อดีคือสามารถกำจัดโลหะหนักที่เคลื่อนย้ายได้ง่ายออกเกือบทั้งหมด แต่มีข้อเสียคือเรื่องค่าใช้จ่าย การใช้วัสดุปรับปรุงดินโดยส่วนใหญ่จะเน้นเรื่องการลดการแพร่กระจายของโลหะหนัก โดยการลดการเคลื่อนย้าย (immobilization) โดยกระบวนการดูดซับ (absorption) กระบวนการตกตะกอน (precipitation) หรือการเปลี่ยนสภาพเป็นรูปของแข็ง (solid-phase transformation) กับวัสดุปรับปรุงดินตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ทำให้โลหะหนักอยู่ในรูปที่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ วัสดุปรับปรุงดินที่ใช้มีหลายชนิด เช่น วัสดุฟอสฟอต (อะพาไทต์ หินฟอสเฟต ปุ๋ยฟอสเฟต และกรดฟอสฟอริก) (Nzihou and Sharrock, 2010) ปูนขาว (Gray et al., 2006) อินทรีย์วัตถุ (Park et al., 2011) และแร่ซีโอไลต์ (Friesl et al., 2003) ซึ่งสามารถหาซื้อได้ง่ายและราคาไม่สูงมากนัก โดยการใช้วัสดุดังกล่าวเหล่านี้เพื่อปรับปรุงสภาพดินปนเปื้อนถือเป็นวิธีทางเลือกที่เป็นไปได้ในเชิงปฏิบัติ

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

- 1) ถุงกระดาษ ถุงพลาสติก
- 2) ถุงตาข่ายขนาด 50x75 เซนติเมตร ใช้สำหรับเก็บตัวอย่างพืช
- 3) อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดิน เช่น จอบ พลั่วมือ กระบอกรับดิน

- 4) สารเคมีและวัสดุวิทยาศาสตร์ เช่น กรดไนตริก กรดซัลฟิวริก กรดไฮโดรคลอริก แอมโมเนียมอะซิเตต เพอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต โพแทสเซียมไดโครเมต สารละลายมาตรฐานแคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง สังกะสีและเหล็ก เป็นต้น
- 5) เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ เช่น หลอดแก้วสำหรับย่อยตัวอย่างดินและพืช ปีกเกอร์แก้วและพลาสติก หลอดพลาสติกสำหรับเครื่องเหวี่ยง (centrifuge tube) เครื่องเหวี่ยง (centrifuge) เครื่องวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก (ICP-OES)
- 6) แก๊สอาร์กอนและไนโตรเจน ที่ใช้กับเครื่องวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก (ICP-OES)
- 7) เครื่องย่อยตัวอย่างดินและพืช
- 8) เครื่องจับพิกัด (GPS)
- 9) เมล็ดข้าว พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105
- 10) Ferrous sulfate (FeSO_4)
- 11) ซีไอไลต์
- 12) กระจกทดลองขนาด 14 นิ้ว

- วิธีการ

1. สำรวจ (survey) เก็บตัวอย่างดินและตะกอนท้องน้ำ บริเวณพื้นที่เกษตรกรรมด้านฝั่งตะวันออก เหมือนแร่ทองคำทับฟ้า ริมลำน้ำฮวย บ้านนาหนองบง บ้านภูทับฟ้าพัฒนา บ้านห้วยผุก และบ้านกอกสะทอน ต.เขาหลวง อ.วังสะพุง จ.เลย ซึ่งเป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่ได้รับผลกระทบจากการทำเหมืองแร่

1.1 สุ่มเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่เกษตรกรรมที่ใช้น้ำที่ผ่านกิจกรรมของเหมืองแร่ โดยเก็บตัวอย่างดินมีระยะห่างในแต่ละจุด 40 เมตร โดยมีจุดอ้างอิงจากลำห้วยออกไปทั้ง 2 ฝั่ง แต่ละจุดเก็บตัวอย่างดิน 2 ระดับความลึก คือ ดินชั้นบนและดินชั้นล่าง (ที่ระดับต่ำกว่าดินบนลงไปจนถึง 60 เซนติเมตร) พร้อมบันทึกพิกัดตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างโดยใช้ Global Positioning System (GPS)

1.2 สุ่มเก็บตัวอย่างตะกอนดินท้องน้ำ (bed load sediment) โดยเก็บตัวอย่างตะกอนดินท้องน้ำบริเวณกลางน้ำ

1.3 นำตัวอย่างดินมาตากแห้งในที่ร่ม บด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการต่อไป

1.4 วิเคราะห์สมบัติพื้นฐานทางเคมีของดิน ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

1.5 วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักทั้งหมดในดิน (Total heavy metals) ด้วยวิธี aqua regia (3:1 $\text{HCl} : \text{HNO}_3$) ในหลอดย่อยตัวอย่างแบบเปิด และโลหะหนักในดินในรูปที่พืชดูดซึมได้ (availability forms) วัดปริมาณของโลหะหนักที่สกัดได้ในดินเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานที่

ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนด้วยเครื่อง Inductively Couple Plasma - Optical Emission Spectrometry (ICP-OES, Perkin Elmer Optima 5300 DV)

1.6 การบันทึกข้อมูล

1) ข้อมูลภาคสนาม: บันทึกพิกัดทุกตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างโดยใช้ Global Positioning System (GPS)

2) ข้อมูลห้องปฏิบัติการ: ผลวิเคราะห์ดินทางเคมี เช่น ปริมาณโลหะหนักทั้งหมดและปริมาณโลหะหนักในรูปที่พืชสามารถดูดซับได้ (extractable form) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ความเป็นกรดเป็นด่างและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

3) การวิเคราะห์ข้อมูล: นำเข้าข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติ (regression และ correlation) ระหว่างปริมาณของโลหะหนักทั้งหมดในดิน ปริมาณโลหะหนักที่สกัดได้กับเนื้อดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุ รวบรวมและวิเคราะห์ผลประเมินระดับการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินและตะกอนดิน โดยเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่อนุญาตให้พืชมั่งมีในดินเพื่อการเกษตร จัดทำแผนที่แสดงปริมาณของโลหะหนักในพื้นที่ และหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการฟื้นฟูและมาตรการฟื้นฟูการปนเปื้อนต่อไป

2. การทดลองในสภาพเรือนทดลอง

2.1 เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 1- 60 เซนติเมตร ในพื้นที่การเกษตรที่ปนเปื้อนโลหะหนักในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมด้านฝั่งตะวันออกของเหมืองแร่ทองคำทุ่งคำ ริมลำน้ำฮวย ต.เขาหลวง อ.วังสะพุง จ.เลย พิกัด ที่ตั้ง 47Q 784057 1920696 ซึ่งเป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่ได้รับผลกระทบจากการทำเหมืองแร่ นำมาวิเคราะห์สมบัติพื้นฐานของดินในห้องปฏิบัติการ

2.2 เตรียมตัวอย่างดินที่เก็บมาจากพื้นที่ปนเปื้อนสำหรับทดลองปลูกข้าวในเรือนทดลอง วางแผนการทดลองแบบ RCB 7 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่

1. ไม้ใส่สาร
2. ใส่ FeSO_4 2 mole : 1 mole As
3. ใส่ FeSO_4 4 mole : 1 mole As
4. ใส่ FeSO_4 6 mole : 1 mole As
5. ใส่วัสดุปรับปรุงดินซีโอไลต์ อัตรา 250 กก./ไร่
6. ใส่วัสดุปรับปรุงดินซีโอไลต์ อัตรา 500 กก./ไร่
7. ใส่วัสดุปรับปรุงดินซีโอไลต์ อัตรา 1,000 กก./ไร่

ฝังดินให้แห้งในที่ร่ม บดย่อยดิน และซังดิน 10 กิโลกรัมต่อกระถาง ผสมคลุกเคล้าด้วย FeSO_4 และซีโอไลต์ตามกรรมวิธีทดลองใส่ในกระถางทดลอง ตั้งไว้ก่อนปลูกข้าว 1 เดือน รักษาให้ดินมีความชื้นอยู่เสมอ

2.3 เพาะต้นกล้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ย้ายปลูกในกระถางเมื่อต้นกล้ามีอายุ 20 วันปักดำในกระถางๆ ละ 3 ต้นและใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำของกรมการข้าว สูตร 16-20-0 อัตรา 25

กก. /ไร่ หลังปักดำ 7 วัน และใส่ปุ๋ยยูเรีย ในช่วงข้าวตั้งท้อง อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ รักษาระดับน้ำให้สูงจากดินประมาณ 5 เซนติเมตร

2.4 เก็บตัวอย่างข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยวแยกเป็นส่วนของใบ ลำต้น ราก และเมล็ด ชั่งน้ำหนักสด นำไปอบแห้งแล้วชั่งน้ำหนักแห้ง คำนวณความชื้นในส่วนต่างๆของข้าว แล้วนำตัวอย่างที่อบแห้งแล้วมาบดให้ละเอียด

2.5 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินก่อนปลูกและหลังเก็บเกี่ยวข้าว ได้แก่ วิเคราะห์เนื้อดินโดยวิธี Hydrometer ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ใช้อัตราส่วนดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1 (Peech, 1965) วัดโดยเครื่อง pH meter วิเคราะห์อินทรีย์วัตถุด้วยวิธี Walkley and Black (Nelson and Sommers, 1982) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ สกัดดินด้วยน้ำยา Bray II

วิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในดิน และส่วนต่างๆของข้าว ด้วยวิธี aqua regia (3:1 HCl : HNO₃) ในหลอดย่อยตัวอย่างแบบเปิด วัดปริมาณของโลหะหนักที่สกัดได้ในดินและพืช เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนด้วยเครื่อง Inductively Couple Plasma - Optical Emission Spectrometry (ICP-OES, Perkin Elmer Optima 5300 DV) วิเคราะห์โลหะหนักในดินในรูปที่พืชดูดซึมได้ (availability forms) โดยน้ำยาสกัด DTPA (Diethylene Triamine Penta Acetic acid pH 7.3) และวิเคราะห์รูปที่แลกเปลี่ยนได้ของแคดเมียม ด้วยน้ำยาสกัด 1N NH₄OAc, pH 7

2.6 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) ค่า F-value และค่าทางสถิติ อื่นๆสำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย เช่น DMRT (Duncan's new Multiple's Range Test) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

2.7 การบันทึกข้อมูล

- 1) บันทึกข้อมูลการแตกกอ จำนวนรวงต่อกอ และผลผลิต
- 2) ข้อมูลผลวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในดินและในส่วนต่างๆของข้าว เพื่อนำมาประเมินประสิทธิภาพของสารและวิธีที่เหมาะสมในการลดการดูดซึมสารหนูของข้าว
- 3) ข้อมูลทางสถิติ เช่น ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) ค่า F-value และค่าทางสถิติ อื่นๆสำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย เช่น DMRT (Duncan's new Multiple's Range Test)

| | |
|------------|---|
| - ระยะเวลา | เริ่มต้น ปี 2560 สิ้นสุด ปี 2562 |
| สถานที่ | 1. พื้นที่เกษตรกรรมโดยรอบเมืองแร่ทองคำภูทับฟ้า ต.เขาหลวง อ.วังสะพุง จ.เลย 2. ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร 3. เรือนทดลองกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร |

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

| | | | | | | | | |
|---|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 0-15 | 5.77 | 7.3 | 16.6 | 0.37 | 0.38 | 2.33 | 0.15 |
| | 15-30 | 6.83 | 6.5 | 16.6 | 0.38 | 0.26 | 1.68 | 0.11 |
| | 30-50 | 6.87 | 6.6 | 18.2 | 0.47 | 0.28 | 1.64 | 0.17 |
| | 50-70 | 6.88 | 7.9 | 19.6 | 0.57 | 0.29 | 1.86 | 0.24 |
| 2 | 0-15 | 6.38 | 10.7 | 20.2 | 0.77 | 0.36 | 2.12 | 0.29 |
| | 15-30 | 6.92 | 10.6 | 22.7 | 0.89 | 0.41 | 2.12 | 0.29 |
| | 30-50 | 6.26 | 10.4 | 24.6 | 0.53 | 0.42 | 1.93 | 0.12 |
| | 50-70 | 6.23 | 11.0 | 25.1 | 0.51 | 0.48 | 1.74 | 0.11 |

ตารางที่ 2 สมบัติทั่วไป ปริมาณโลหะหนักทั้งหมดในดิน (มก./กก.) และปริมาณโลหะหนักที่สกัดได้ในดิน (มก./กก.) ตามชั้นความลึกของดิน บริเวณบ้านภูทับฟ้าพัฒนา ต.เขาหลวง อ.วังสะพุง จ.เลย

| จุดที่ | ระดับความลึก (ซม.) | pH | ปริมาณโลหะหนักทั้งหมด (มก./กก.) | | | ปริมาณโลหะหนักที่สกัดได้ (มก./กก.) | | |
|--------|-----------------------|------|------------------------------------|--------|----------|---------------------------------------|--------|----------|
| | | | สารหนู | ตะกั่ว | แคดเมียม | สารหนู | ตะกั่ว | แคดเมียม |
| | | | | | | | | |
| 1 | 0-15 | 5.81 | 8.5 | 13.5 | 0.34 | 0.02 | 1.24 | 0.07 |
| | 15-30 | 6.89 | 9.0 | 13.2 | 0.39 | 0.03 | 1.38 | 0.10 |
| | 30-50 | 7.03 | 7.5 | 12.2 | 0.36 | 0.05 | 1.12 | 0.09 |
| | 50-70 | 6.73 | 5.3 | 15.5 | 0.21 | 0.17 | 1.46 | 0.06 |
| 2 | 0-15 | 6.63 | 11.0 | 8.33 | 0.44 | 0.35 | 1.26 | 0.09 |
| | 15-30 | 7.32 | 10.6 | 22.7 | 0.89 | 0.24 | 0.85 | 0.06 |
| | 30-50 | 7.33 | 10.4 | 24.6 | 0.53 | 0.07 | 1.03 | 0.05 |
| | 50-70 | 7.27 | 11.0 | 25.1 | 0.51 | 0.12 | 1.00 | 0.04 |
| 3 | 0-15 | 6.73 | 1.8 | 12.1 | 0.17 | 0.06 | 1.46 | 0.09 |
| | 15-30 | 7.09 | 1.7 | 11.1 | 0.18 | 0.04 | 0.96 | 0.06 |
| | 30-50 | 6.92 | 2.2 | 10.9 | 0.17 | 0.05 | 0.96 | 0.06 |
| | 50-70 | 6.70 | 1.9 | 13.4 | 0.10 | 0.04 | 0.95 | 0.04 |
| 4 | 0-15 | 6.53 | 1.2 | 9.1 | 0.11 | 0.02 | 0.90 | 0.05 |
| | 15-30 | 6.96 | 1.3 | 9.4 | 0.05 | 0.05 | 0.97 | 0.02 |
| | 30-50 | 6.95 | 1.5 | 9.4 | 0.08 | 0.10 | 0.89 | 0.02 |
| | 50-70 | 6.90 | 1.6 | 9.9 | 0.05 | 0.09 | 0.89 | 0.01 |
| 5 | 0-15 | 6.40 | 2.3 | 11.0 | 0.15 | 0.03 | 1.56 | 0.07 |
| | 15-30 | 7.17 | 2.3 | 12.0 | 0.20 | 0.05 | 0.92 | 0.08 |
| | 30-50 | 7.22 | 1.8 | 10.1 | 0.13 | 0.02 | 0.80 | 0.04 |
| | 50-70 | 6.96 | 2.3 | 11.2 | 0.14 | 0.05 | 0.82 | 0.03 |
| 6 | 0-15 | 5.41 | 6.4 | 14.0 | 0.33 | 0.01 | 0.16 | 0.10 |
| | 15-30 | 5.82 | 6.6 | 13.2 | 0.34 | 0.05 | 0.34 | 0.10 |
| | 30-50 | 6.21 | 5.6 | 14.8 | 0.31 | 0.08 | 0.16 | 0.14 |
| | 50-70 | 5.66 | 8.6 | 11.9 | 0.41 | 0.02 | 0.40 | 0.10 |

เกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักที่ยอมรับให้มีได้ในดิน สารหนู 3.9 (มก./กก.) ตะกั่ว 100 (มก./กก.) แคดเมียม 3.0 (มก./กก.)

ตารางที่ 3 สมบัติทั่วไป ปริมาณโลหะหนักทั้งหมดในดิน (มก./กก.) และปริมาณโลหะหนักที่สกัดได้ในดิน (มก./กก.) ตามชั้นความลึกของดิน บริเวณบ้านกกสะท้อน ต.เขาหลวง อ.วังสะพุง จ.เลย

| จุดที่ | ระดับความลึก (ซม.) | pH | ปริมาณโลหะหนักทั้งหมด (มก./กก.) | | | ปริมาณโลหะหนักที่สกัดได้ (มก./กก.) | | |
|--------|-----------------------|------|------------------------------------|--------|----------|---------------------------------------|--------|----------|
| | | | สารหนู | ตะกั่ว | แคดเมียม | สารหนู | ตะกั่ว | แคดเมียม |
| | | | | | | | | |
| 1 | 0-15 | 5.61 | 98.1 | 18.3 | 3.60 | 0.24 | 2.31 | 0.02 |
| | 15-30 | 5.32 | 72.3 | 20.4 | 2.60 | 0.23 | 5.61 | 0.03 |
| | 30-50 | 5.94 | 31.0 | 20.1 | 1.10 | 0.25 | 4.41 | 0.00 |
| | 50-70 | 6.51 | 35.6 | 20.7 | 1.30 | 0.21 | 3.04 | 0.00 |
| 2 | 0-15 | 5.91 | 23.3 | 14.2 | 0.89 | 0.32 | 2.73 | 0.03 |
| | 15-30 | 5.47 | 21.4 | 15.1 | 0.85 | 0.28 | 3.21 | 0.03 |
| | 30-50 | 5.47 | 38.8 | 19.2 | 1.50 | 0.30 | 2.92 | 0.04 |
| | 50-70 | 6.36 | 46.4 | 22.1 | 1.70 | 0.32 | 2.80 | 0.02 |
| 3 | 0-15 | 5.69 | 33.3 | 19.2 | 1.20 | 0.24 | 4.33 | 0.03 |
| | 15-30 | 5.82 | 35.9 | 20.2 | 1.40 | 0.34 | 4.40 | 0.03 |
| | 30-50 | 5.36 | 39.6 | 23.5 | 1.50 | 0.44 | 3.44 | 0.02 |
| | 50-70 | 6.07 | 41.8 | 26.3 | 1.40 | 0.40 | 2.66 | 0.00 |
| 4 | 0-15 | 5.59 | 29.7 | 23.1 | 1.10 | 0.39 | 2.64 | 0.06 |
| | 15-30 | 6.59 | 36.7 | 25.2 | 1.40 | 0.32 | 2.28 | 0.07 |
| | 30-50 | 6.57 | 31.6 | 24.1 | 1.10 | 0.38 | 2.22 | 0.01 |
| | 50-70 | 6.76 | 35.3 | 25.3 | 1.20 | 0.41 | 1.81 | 0.00 |
| 5 | 0-15 | 6.11 | 9.0 | 17.5 | 0.49 | 0.16 | 2.08 | 0.09 |
| | 15-30 | 6.42 | 7.8 | 17.3 | 0.37 | 0.12 | 1.32 | 0.05 |
| | 30-50 | 6.55 | 6.4 | 18.1 | 0.30 | 0.11 | 1.02 | 0.04 |
| | 50-70 | 6.72 | 5.4 | 17.3 | 0.30 | 0.17 | 1.23 | 0.04 |
| 6 | 0-15 | 6.47 | 2.5 | 15.3 | 0.34 | 0.04 | 1.57 | 0.14 |
| | 15-30 | 7.09 | 1.8 | 16.3 | 0.41 | 0.07 | 1.16 | 0.16 |
| | 30-50 | 7.13 | 2.0 | 16.1 | 0.23 | 0.08 | 0.94 | 0.05 |
| | 50-70 | 6.76 | 2.6 | 16.5 | 0.21 | 0.11 | 0.96 | 0.04 |
| 7 | 0-15 | 6.81 | 1.2 | 9.4 | 0.17 | 0.00 | 0.79 | 0.05 |
| | 15-30 | 7.03 | 1.2 | 10.0 | 0.17 | 0.00 | 0.67 | 0.04 |
| | 30-50 | 7.05 | 1.3 | 8.5 | 0.13 | 0.00 | 0.51 | 0.02 |
| | 50-70 | 7.13 | 1.3 | 11.0 | 0.13 | 0.00 | 0.68 | 0.02 |
| 8 | 0-15 | 7.42 | 1.4 | 9.7 | 0.23 | 0.00 | 0.93 | 0.06 |
| | 15-30 | 7.47 | 1.4 | 9.7 | 0.16 | 0.00 | 0.49 | 0.02 |
| | 30-50 | 7.05 | 1.8 | 10.8 | 0.11 | 0.07 | 0.55 | 0.01 |
| | 50-70 | 7.31 | 2.3 | 10.1 | 0.10 | 0.08 | 0.60 | 0.01 |

เกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักที่ยอมรับให้มีได้ในดิน สารหนู 3.9 (มก./กก.) ตะกั่ว 100 (มก./กก.) แคดเมียม 3.0 (มก./กก.)

ตารางที่ 4 สมบัติทั่วไป ปริมาณโลหะหนักทั้งหมดในดิน (มก./กก.) และปริมาณโลหะหนักที่สกัดได้ในดิน (มก./กก.) ตามชั้นความลึกของดิน บริเวณบ้านนาหนองบง ต.เขาหลวง อ.วังสะพุง จ.เลย

| จุดที่ | ระดับความลึก (ซม.) | pH | ปริมาณโลหะหนักทั้งหมด (มก./กก.) | | | ปริมาณโลหะหนักที่สกัดได้ (มก./กก.) | | |
|--------|-----------------------|------|------------------------------------|--------|----------|---------------------------------------|--------|----------|
| | | | สารหนู | ตะกั่ว | แคดเมียม | สารหนู | ตะกั่ว | แคดเมียม |
| | | | 1 | 0-15 | 6.11 | 15.4 | 18.7 | 0.71 |
| | 15-30 | 6.81 | 14.8 | 21.9 | 0.76 | 0.23 | 1.58 | 0.14 |
| | 30-50 | 5.43 | 12.4 | 22.1 | 0.86 | 0.24 | 2.87 | 0.28 |
| | 50-70 | 5.49 | 10.4 | 22.8 | 0.74 | 0.32 | 3.36 | 0.27 |
| 2 | 0-15 | 5.37 | 9.6 | 21.6 | 0.41 | 0.25 | 2.50 | 0.17 |
| | 15-30 | 5.60 | 11.6 | 22.1 | 0.53 | 0.15 | 2.18 | 0.25 |
| | 30-50 | 5.88 | 8.3 | 23.2 | 0.50 | 0.22 | 2.62 | 0.27 |
| | 50-70 | 6.06 | 10.3 | 26.3 | 0.56 | 0.35 | 2.61 | 0.25 |
| 3 | 0-15 | 6.09 | 11.3 | 10.7 | 0.31 | 0.16 | 1.91 | 0.06 |
| | 15-30 | 6.01 | 9.8 | 7.6 | 0.27 | 0.14 | 1.51 | 0.04 |
| | 30-50 | 5.97 | 11.3 | 9.0 | 0.30 | 0.20 | 1.47 | 0.04 |
| | 50-70 | 6.01 | 11.4 | 8.3 | 0.32 | 0.14 | 1.30 | 0.05 |
| 4 | 0-15 | 5.76 | 15.4 | 18.3 | 0.47 | 0.34 | 2.90 | 0.09 |
| | 15-30 | 6.20 | 12.5 | 13.4 | 0.39 | 0.37 | 1.96 | 0.06 |
| | 30-50 | 6.20 | 11.7 | 10.4 | 0.39 | 0.41 | 2.00 | 0.06 |
| | 50-70 | 5.19 | 12.3 | 20.8 | 0.59 | 0.27 | 2.72 | 0.22 |
| 5 | 0-15 | 5.63 | 14.3 | 27.1 | 0.53 | 0.25 | 4.01 | 0.13 |
| | 15-30 | 5.89 | 16.7 | 28.4 | 0.78 | 0.30 | 3.93 | 0.22 |
| | 30-50 | 5.50 | 10.4 | 28.8 | 0.52 | 0.45 | 4.33 | 0.25 |
| | 50-70 | 5.87 | 9.5 | 28.8 | 0.45 | 0.40 | 3.60 | 0.14 |
| 6 | 0-15 | 6.02 | 9.8 | 22.1 | 0.51 | 0.17 | 2.52 | 0.16 |
| | 15-30 | 6.45 | 9.9 | 22.9 | 0.39 | 0.23 | 2.09 | 0.11 |
| | 30-50 | 5.56 | 10.6 | 25.3 | 0.44 | 0.26 | 2.98 | 0.13 |
| | 50-70 | 5.90 | 9.8 | 24.1 | 0.36 | 0.24 | 2.15 | 0.09 |

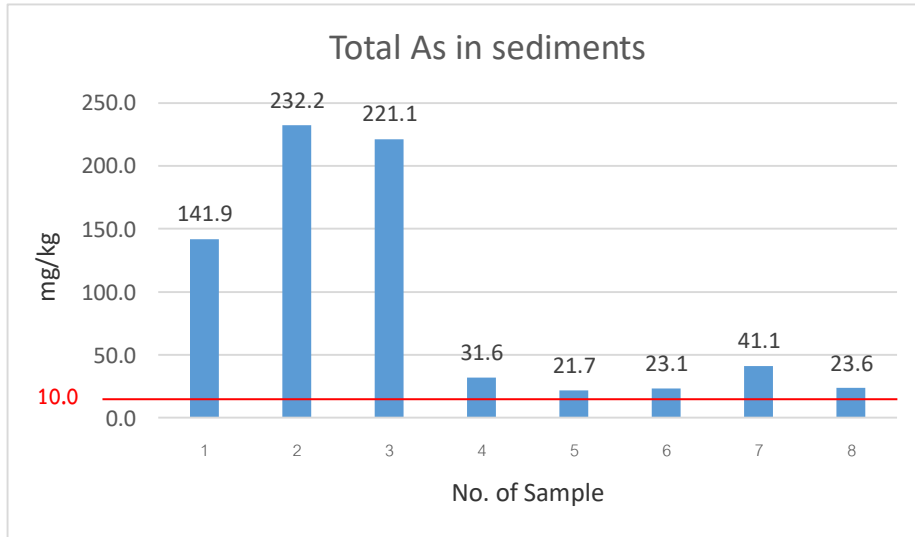
เกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักที่ยอมรับให้มีได้ในดิน สารหนู 3.9 (มก./กก.) ตะกั่ว 100 (มก./กก.) แคดเมียม 3.0 (มก./กก.)

ตารางที่ 5 ปริมาณโลหะหนักทั้งหมดในดิน (มก./กก.) ตามชั้นความลึกของดิน บริเวณบ้านเล่า ต.หนองจิว และบ้านเขาหลวง ต.เขาหลวง อ.วังสะพุง จ.เลย

| จุดที่ | ตำแหน่ง | ความลึก (ซม.) | สารหนู | ตะกั่ว | แคดเมียม |
|--------|------------------------|---------------|--------|--------|----------|
| 1 | บ้านเล่า ม.3 ต.หนองจิว | 0-15 | 1.086 | 13.680 | 0.085 |
| | | 15-30 | 1.263 | 12.790 | 0.047 |
| | | 30-50 | 0.245 | 12.600 | 0.048 |
| | | 50-70 | 0.315 | 13.345 | 0.120 |
| 2 | ม.7 ต.เขาหลวง | 0-15 | 0.000 | 8.041 | 0.021 |
| | | 15-30 | 0.131 | 9.004 | 0.037 |
| | | 30-50 | 0.062 | 8.153 | 0.019 |
| | | 50-70 | 0.030 | 7.961 | 0.030 |
| 3 | ม.7 ต.เขาหลวง | 0-15 | 0.000 | 9.829 | 0.012 |
| | | 15-30 | 0.000 | 10.220 | 0.020 |
| | | 30-50 | 0.000 | 9.216 | 0.023 |
| | | 50-70 | 0.186 | 6.879 | 0.041 |

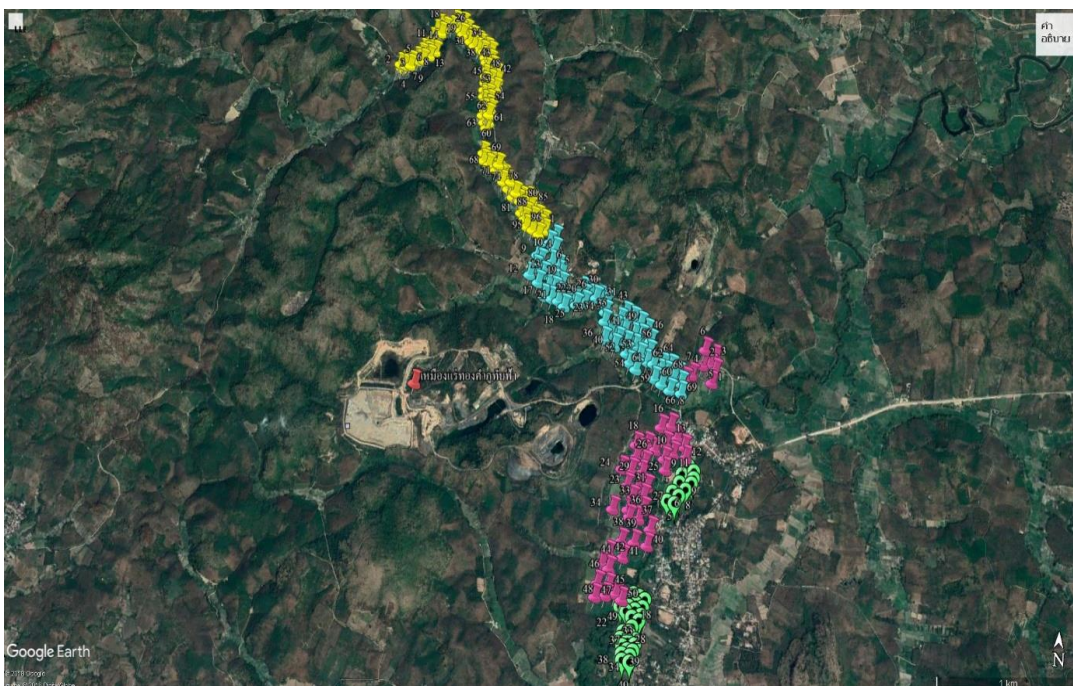
เกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักที่ยอมรับให้มีได้ในดิน สารหนู 3.9 (มก./กก.) ตะกั่ว 100 (มก./กก.) แคดเมียม 3.0 (มก./กก.)

จากการเก็บตัวอย่างตะกอนดินท้องน้ำ (sediments) จากลำห้วยสาธารณะ ตำบลเขาหลวง อ.วังสะพุง จ.เลย โดยเก็บตัวอย่างที่ห้วยเหล็กจำนวน 4 ตัวอย่าง (จุดที่ 1-4) และห้วยผุก 4 ตัวอย่าง (จุดที่ 5-8) พบปริมาณสารหนูทั้งหมดในตะกอนดินที่ระดับสูงเกินเกณฑ์คุณภาพตะกอนดินในแหล่งน้ำผิวดินที่ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามประกาศของกรมควบคุมมลพิษ 2561 โดยเฉพาะตะกอนดินที่เก็บมาจากห้วยเหล็ก ซึ่งไหลผ่านด้านข้างของเหมืองบริเวณใกล้เคียงกับบ่อดักตะกอน โดยพบสารหนูในตะกอนดินห้วยเหล็กที่ระดับ 31.6-232.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และสารหนูในตะกอนดินห้วยผุก 21.7-41.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 2) โดยลำห้วยทั้งสองสายนี้จะไหลลงไปสู่ชุมชนด้านล่างก่อนไปรวมสายเป็นลำน้ำฮวยซึ่งเป็นแหล่งน้ำหลักที่ชาวบ้านใช้ประโยชน์ทั้งเพื่อการอุปโภคและบริโภค



ภาพที่ 2 ปริมาณสารหนู (As) ทั้งหมดในตะกอนดินห้วยเหล็ก บ้านกกสะทอน และห้วยผุก บ้านนาหนองบง อ.วังสะพุง จ.เลย

เมื่อพิจารณาปริมาณโลหะหนักทั้งหมดในดิน (Total Heavy Metal) จะเห็นได้ว่าทั้ง 3 หมู่บ้านคือ บ้านนาหนองบง บ้านภูทับฟ้าพัฒนา และบ้านกกสะทอน มีปริมาณโลหะหนักทั้ง 3 ชนิดปนเปื้อนในดินในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายได้ ในขณะที่จุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 1 (หมู่ 3 บ้านเล้า ต.หนองจิว) และจุดที่ 2-3 (หมู่ 7 บ้านเขาหลวง ต.เขาหลวง) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่อยู่นอกเขตเหมืองและไม่ได้ใช้น้ำจากลำน้ำฮวยในการทำเกษตรกรรม พบค่าการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินในปริมาณที่ต่ำ อีกทั้งยังพบสารหนูในปริมาณสูงมากในลำห้วยหลักซึ่งไหลผ่านเหมืองแร่ทองคำ จึงทำการกำหนดพื้นที่ที่จะสำรวจเก็บตัวอย่างดินแบบละเอียด โดยใช้วิธี grid sampling แบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 พื้นที่ ตามแนวลำน้ำฮวย คือ 1) บ้านนาหนองบง 2) บ้านภูทับฟ้าพัฒนา 3) บ้านห้วยผุก และ 4) บ้านกกสะทอน (ภาพที่ 3)

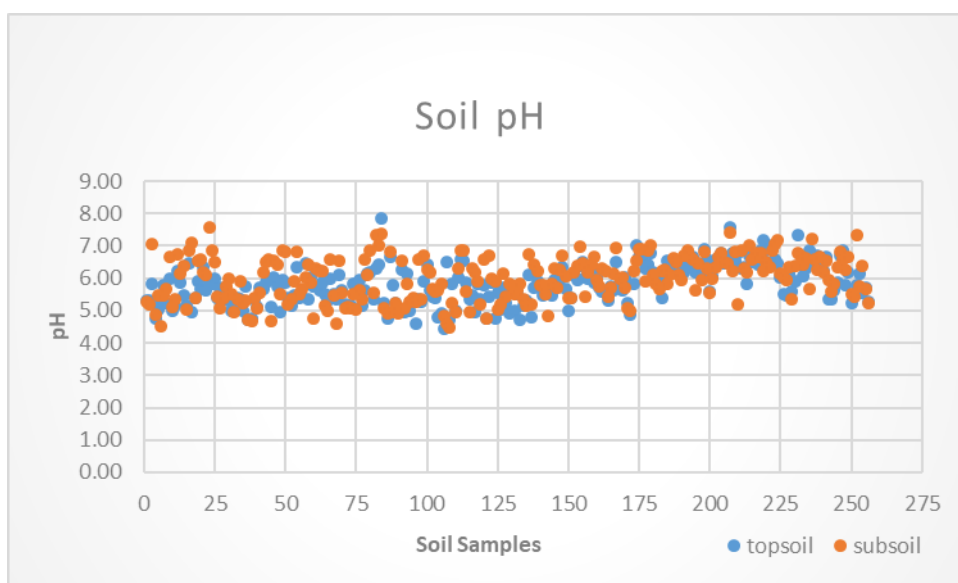


ภาพที่ 3 แสดงตำแหน่งการสุ่มเก็บตัวอย่างดินบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม 4 หมู่บ้าน ใกล้เคียงเหมืองแร่ทองคำทับฟ้า อ.วังสะพุง จ.เลย

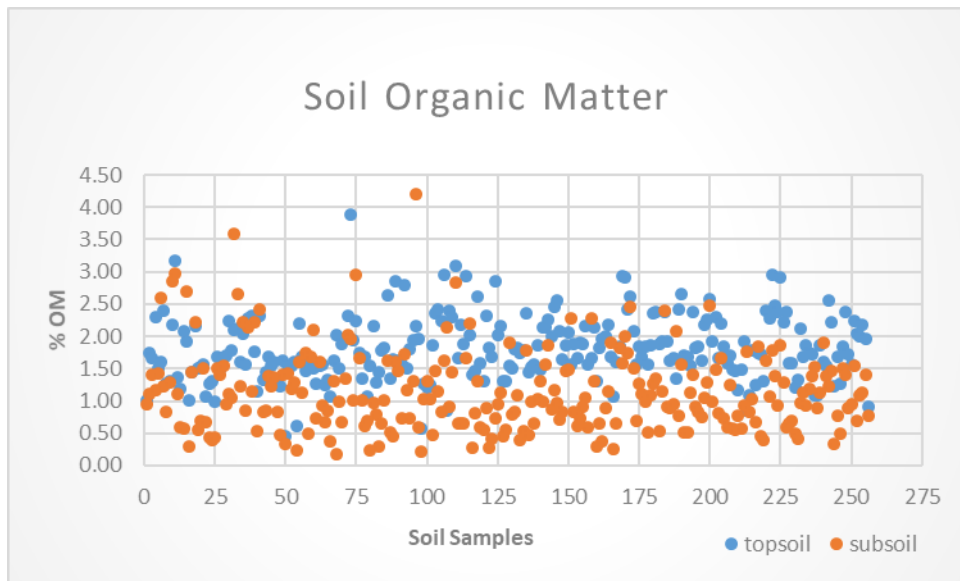
ทำการสำรวจเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่เกษตรกรรมบ้านนาหนองบง ซึ่งอยู่เหนือเหมืองแร่ทองคำทับฟ้าและใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติด้านข้างเหมือง ในช่วงวันที่ 2-6 มีนาคม 2560 จำนวน 97 จุด เก็บตัวอย่างดินในพื้นที่เกษตรกรรมบ้านภูทับฟ้าพัฒนา ซึ่งอยู่บริเวณด้านหน้าเหมืองแร่ทองคำทับฟ้า ซึ่งมีห้วยผูกและลำน้ำฮวยไหลผ่าน เมื่อวันที่ 18-21 เมษายน 2560 จำนวน 69 จุด ทำการเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่เกษตรกรรมบ้านห้วยผูก ซึ่งมีลำน้ำฮวยไหลผ่านเมื่อวันที่ 29-31 พฤษภาคม 2560 จำนวน 50 จุด และทำการสำรวจเก็บตัวอย่างดินเมื่อวันที่ 9-10 มกราคม 2561 ในพื้นที่เกษตรกรรมบ้านกกสะทอน ซึ่งมีลำน้ำฮวยไหลผ่าน ทำการเก็บตัวอย่างจำนวน 40 จุด รวม 4 หมู่บ้าน จำนวน 256 จุด เก็บตัวอย่าง (ภาพผนวกที่ 1-4)

1.1 สมบัติดินทางกายภาพ

จากผลการวิเคราะห์สมบัติดินพบว่า เนื้อดินโดยส่วนใหญ่เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ดินเป็นกรดจัด ไปจนถึงต่างอ่อน โดยดินชั้นบนมีค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ตั้งแต่ 4.6-7.6 ดินล่างมีค่า pH ตั้งแต่ 4.5-7.8 (ภาพที่ 4) วิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่เกษตรกรรมพบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าตั้งแต่ระดับต่ำมากไปจนถึงระดับสูง โดยดินชั้นบนมีปริมาณอินทรีย์วัตถุตั้งแต่ 0.46-3.89 % และดินล่างมีปริมาณอินทรีย์วัตถุตั้งแต่ 0.18-3.62 % และพบว่าดินบนมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าดินล่างในเกือบทุกจุดที่ทำการเก็บตัวอย่าง (ภาพที่ 5) และเมื่อพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available P) พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าตั้งแต่ระดับต่ำไปจนถึงสูง โดยดินบนมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ระหว่าง 1.4-19.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ดินล่างพบปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ระหว่าง 1.4-52.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และจะพบว่าดินล่างมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าดินบน



ภาพที่ 4 ความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างดินบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมใกล้เคียงเหมืองแร่ทองคำทับฟ้า อ.วังสะพุง จ.เลย

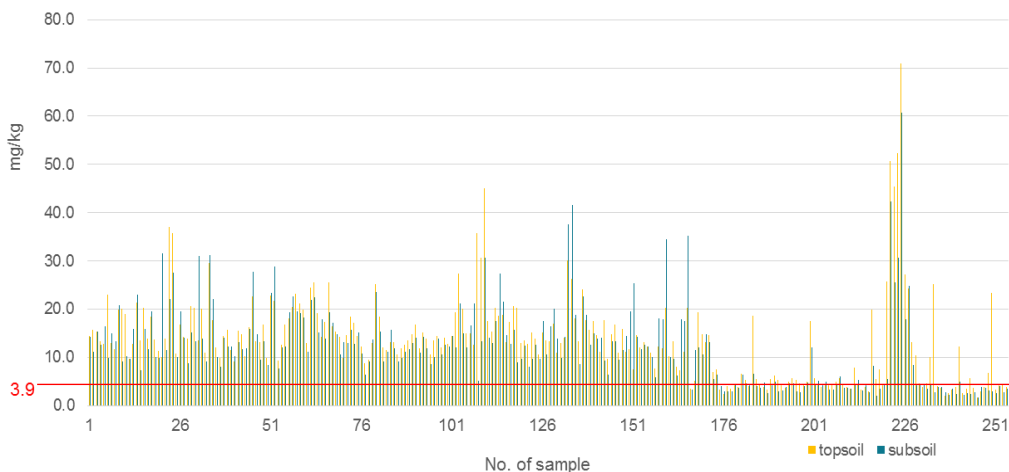


ภาพที่ 5 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในตัวอย่างดินบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมใกล้เคียงเหมืองแร่ทองคำภูทับฟ้า อ.วังสะพุง จ.เลย

2.2 ปริมาณสารหนู (As) ในดิน

ปริมาณสารหนูทั้งหมดในตัวอย่างดินพบว่า ชั้นดินบนมีค่าระหว่าง 2-71 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และชั้นดินล่างมีค่าระหว่าง 1-61 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และพบว่าเกือบทุกตัวอย่างดินทั้งดินบนและดินล่างมีค่าสารหนูเกินค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้เพื่ออยู่อาศัยและเกษตรกรรมของประเทศไทย ที่ 3.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 6)

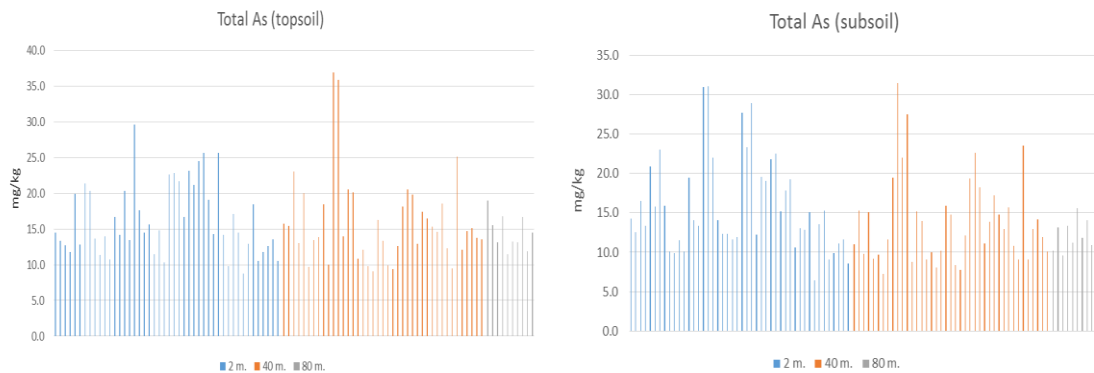
Total As in Soil



ภาพที่ 6 ปริมาณสารหนู (As) ทั้งหมดในดินบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมใกล้เคียงเหมืองแร่ทองคำภูทับฟ้า อ.วังสะพุง จ.เลย

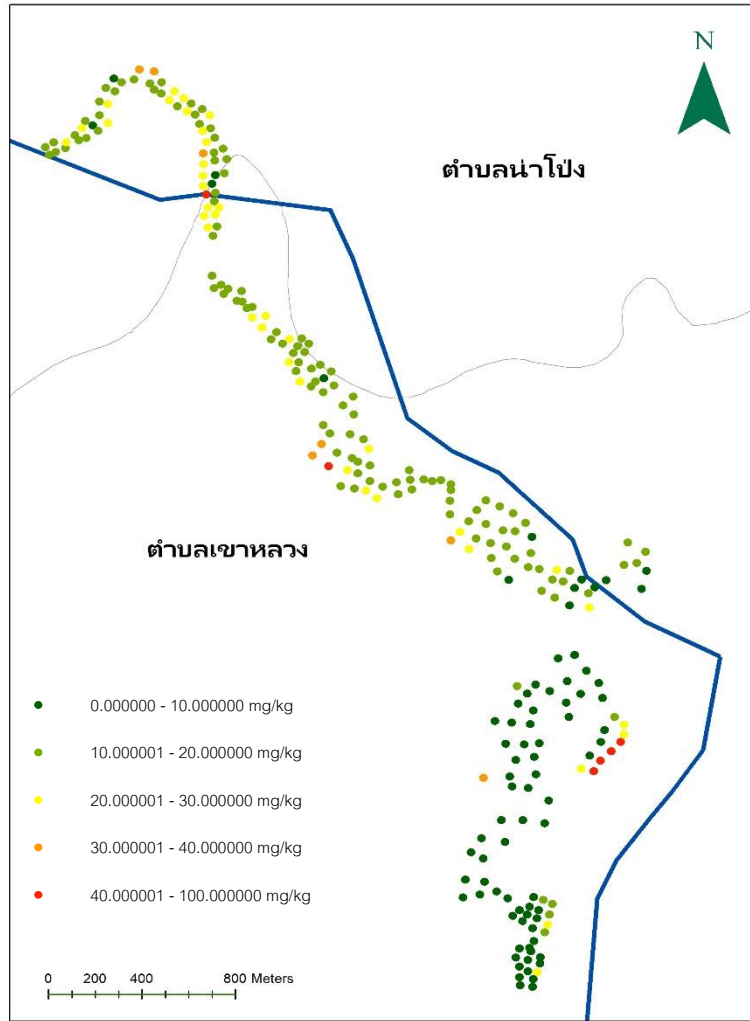
เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของ As ที่ระยะห่างจากริมฝั่งน้ำ 2, 40 และ 80 เมตร พบความเข้มข้นของ As ที่ระยะใกล้ฝั่งในระดับสูงและค่อยๆ ลดลงตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น จะเห็นได้ชัดเจนในดินชั้นล่างมากกว่าดินชั้นบน ซึ่งจากข้อมูลนี้สามารถบอกได้ว่า As นั้นไม่ได้มีการสะสมอยู่ในเฉพาะดินบน

เท่านั้น แต่มีการชะล้างลงไปสะสมในดินชั้นล่างด้วยเช่นกันตามคุณสมบัติของธาตุกึ่งโลหะ (metalloid) (ภาพที่ 7)

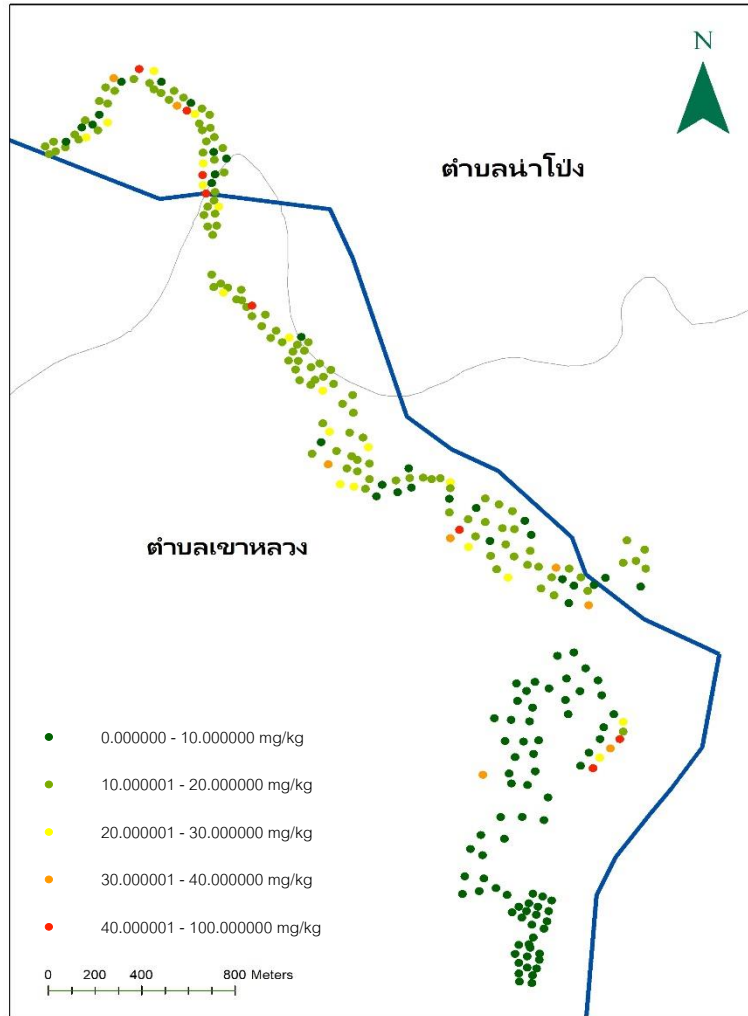


ภาพที่ 7 เปรียบเทียบปริมาณสารหนู (As) ทั้งหมดในดินชั้นบนและชั้นล่างที่สุ่มเก็บที่ระยะห่างจากริมฝั่ง 2 เมตร, 40 เมตร และ 80 เมตร ตามลำดับ

จากข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์มาพบว่าสารหนู (As) เป็นธาตุที่ปนเปื้อนในพื้นที่เกษตรกรรม ใกล้เคียงเหมืองแร่ทองคำภูทับฟ้าที่มีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้เพื่ออยู่อาศัยและเกษตรกรรมของประเทศไทยที่ 3.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของ As ที่ปนเปื้อนในดินชั้นบนในพื้นที่เกษตรกรรมที่ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมา พบว่าทางด้านทิศเหนือของเหมืองแร่ทองคำ และบางส่วนของพื้นที่ทิศตะวันออกติดชุมชนเมืองซึ่งต่ำกว่าฝั่งตรงข้ามของลำน้ำ มีค่าความเข้มข้นของ As อยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง ในขณะที่ทางทิศใต้มีการปนเปื้อนในระดับที่ต่ำกว่า (ภาพที่ 8) ในขณะที่ ในดินชั้นล่างก็ให้ผลในแบบเดียวกันกับดินชั้นบน (ภาพที่ 9)

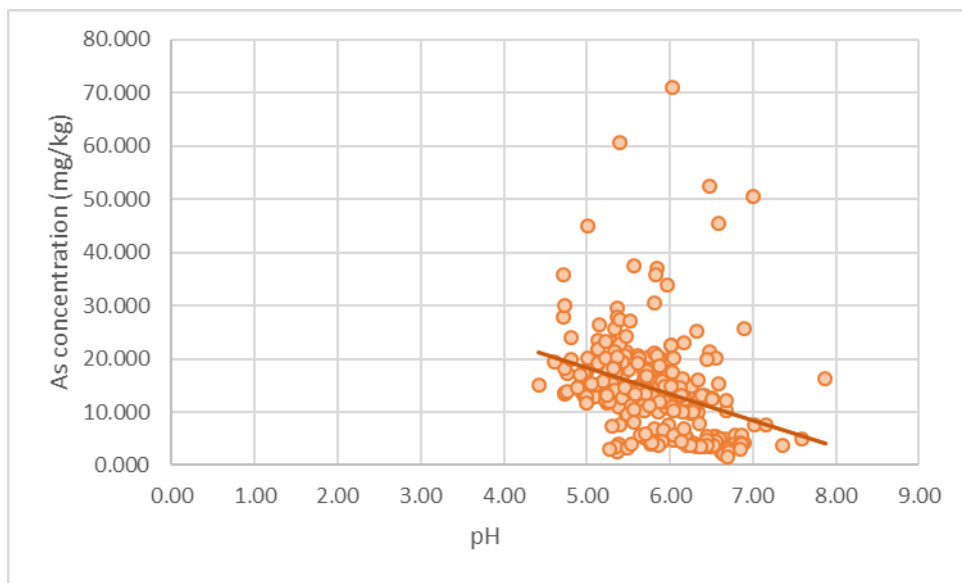


ภาพที่ 8 ความเข้มข้นของ As ระดับต่างๆ ในดินชั้นบนของพื้นที่เกษตรกรรมใกล้เคียงเหมืองแร่ทองคำ ภูทับฟ้า

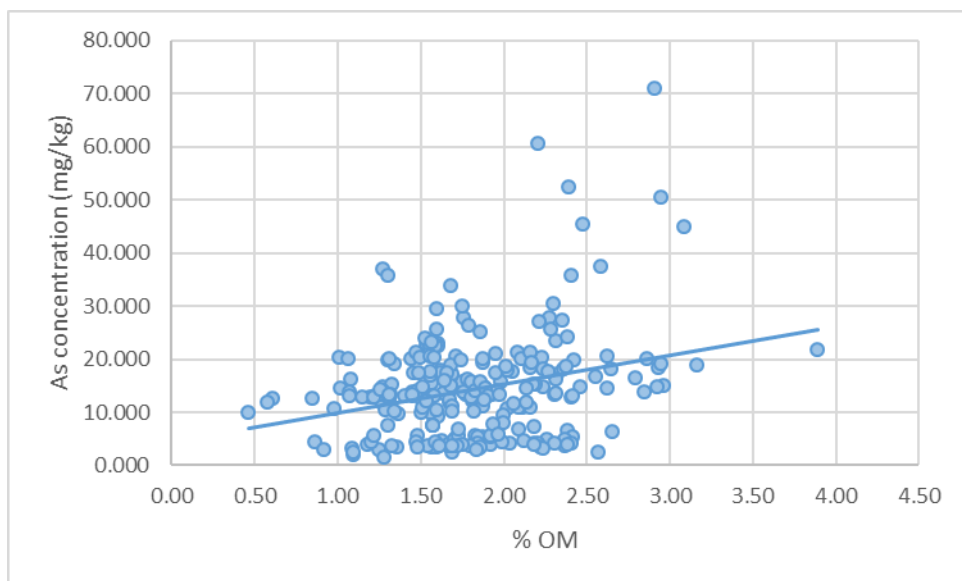


ภาพที่ 9 ความเข้มข้นของ As ระดับต่างๆ ในดินชั้นล่างของพื้นที่เกษตรกรรมใกล้เคียงเหมืองแร่ทองคำ ภูทับฟ้า

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Correlation coefficient (r) ระหว่าง As กับ ความเป็นกรด-ต่างของดินแล้วพบว่า มีความสัมพันธ์แบบสหสัมพันธ์ทางลบ (Negative correlations) ในขณะที่เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง As กับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน พบว่ามีความสัมพันธ์แบบสหสัมพันธ์ทางบวก (Positive correlations) (ภาพที่ 10)



Correlation coefficient (r) = -0.31



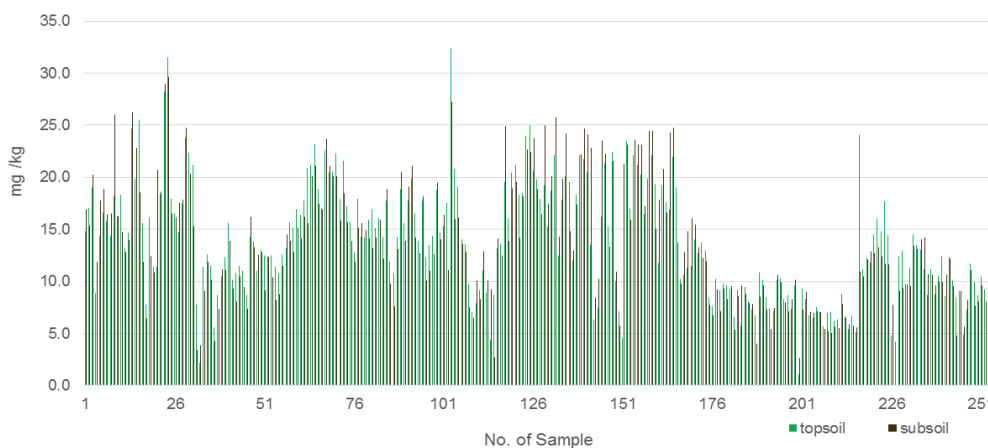
Correlation coefficient (r) = 0.28

ภาพที่ 10 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Correlation coefficient (r) ระหว่าง As กับ ความเป็นกรด-ต่างของดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

2.3 ปริมาณตะกั่ว (Pb) ในดิน

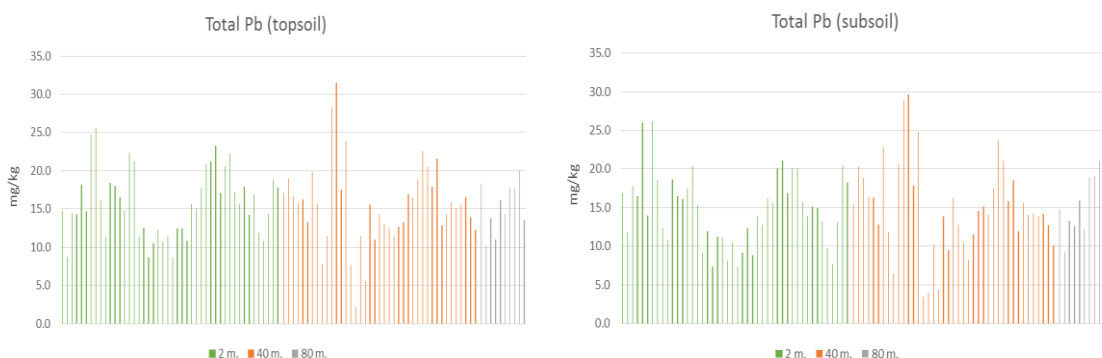
ปริมาณตะกั่วทั้งหมดในตัวอย่างดินพบว่าชั้นดินบนมีค่าระหว่าง 4-32 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และชั้นดินล่างมีค่าระหว่าง 2-29 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และพบว่าในทุกตัวอย่างดินทั้งดินบนและดินล่างมีค่าตะกั่วต่ำกว่าค่ามาตรฐานของ European Economic Community (EEC) ที่ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 11)

Total Pb in Soil



ภาพที่ 11 ปริมาณตะกั่ว (Pb) ทั้งหมดในดินบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมใกล้เคียงเหมืองแร่ทองคำภูทับฟ้า อ.วังสะพุง จ.เลย

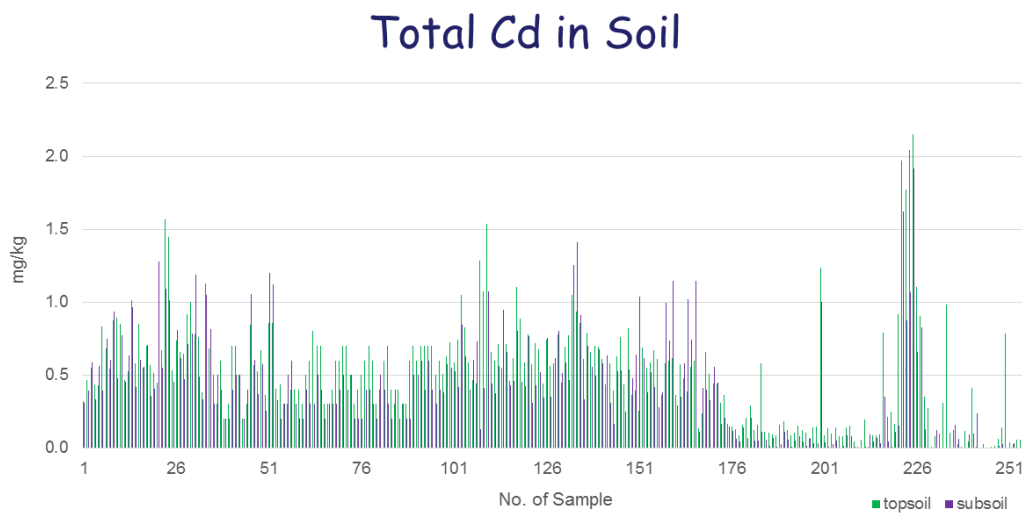
ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของ Pb ที่ระยะห่างจากริมฝั่งน้ำ 2, 40 และ 80 เมตร ไม่พบความแตกต่างของความเข้มข้นของ Pb ในแต่ละระยะที่ชัดเจนทั้งในดินชั้นบนและดินชั้นล่าง ซึ่งในกรณีของ Pb นี้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยในดินชั้นล่างจะต่ำกว่าดินชั้นบนเล็กน้อย (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 เปรียบเทียบปริมาณตะกั่ว (Pb) ทั้งหมดในดินชั้นบนและชั้นล่างที่สุ่มเก็บที่ระยะห่างจากริมฝั่ง 2 เมตร, 40 เมตร และ 80 เมตร ตามลำดับ

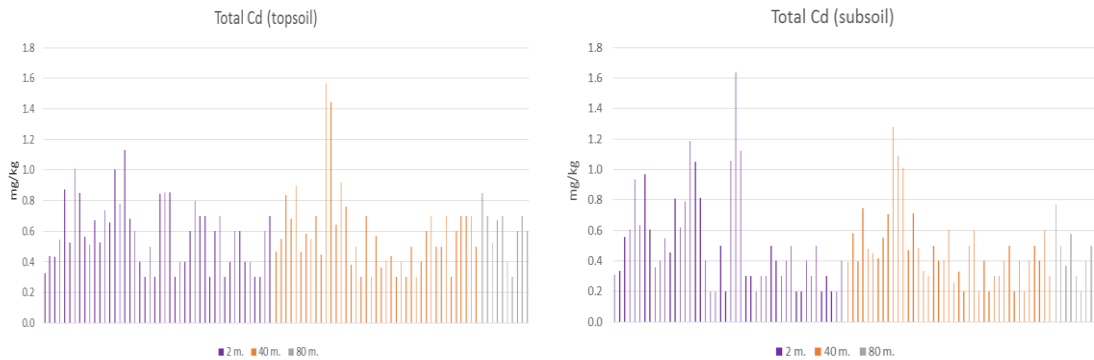
2.4 ปริมาณแคดเมียม (Cd) ในดิน

ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในตัวอย่างดินพบว่าชั้นดินบนมีค่าระหว่าง 0-2.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และชั้นดินล่างมีค่าระหว่าง 0-1.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และพบว่าในทุกตัวอย่างดินทั้งดินบนและดินล่างมีค่าแคดเมียมต่ำกว่าค่ามาตรฐานของ European Economic Community (EEC) ที่ 3.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 13)



ภาพที่ 13 ปริมาณแคดเมียม (Cd) ทั้งหมดในดินบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมใกล้เคียงเมืองแร่ทองคำ ภูทับฟ้า อ.วังสะพุง จ.เลย

แคดเมียมมีการสะสมในดินชั้นบนสูงกว่าดินชั้นล่าง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินชั้นบนซึ่งมีมากกว่าชั้นล่าง (กราฟที่ 2) และไม่พบความแตกต่างของเข้มข้นของ Cd ในแต่ละระยะที่ชัดเจนทั้งในดินชั้นบนและดินชั้นล่าง (ภาพที่ 14)



ภาพที่ 14 เปรียบเทียบปริมาณแคดเมียม (Cd) ทั้งหมดในดินชั้นบนและชั้นล่างที่สุ่มเก็บที่ระยะห่างจากริมฝั่ง 2 เมตร, 40 เมตร และ 80 เมตร ตามลำดับ

จากการสำรวจตัวอย่างดินในพื้นที่เกษตรกรรมทั้ง 4 หมู่บ้านซึ่งอยู่เหนือเหมืองแร่ทองคำภูทับฟ้าและใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติด้านข้างเหมือง พบโลหะหนักปนเปื้อนในพื้นที่ 3 ชนิด คือ สารหนู ตะกั่วและแคดเมียม โดยสารหนูมีค่าการปนเปื้อนเกินค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้เพื่ออยู่อาศัยและเกษตรกรรมของประเทศไทย ที่ 3.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ตะกั่วและแคดเมียมนั้นมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานของ European Economic Community (EEC) ที่ 100 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จึงทำการคัดเลือกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนสารหนูในระดับสูงเพื่อทำการเก็บตัวอย่างดินมาทำการทดลองในเรือนทดลองต่อไป

2. การทดลองในเรือนทดลอง

2.1 สมบัติดินก่อนการทดลอง

ผลวิเคราะห์สมบัติดินที่ทำการทดลองก่อนปลูกพบว่า เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ดินเป็นกรดอ่อน (pH 6.08) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับต่ำ (2.39%) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำที่ 4.51 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีสารหนูสะสมในดิน 65.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 6) ซึ่งเกินค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้เพื่ออยู่อาศัยและเกษตรกรรมของประเทศไทย ที่ 3.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 6 สมบัติดินก่อนปลูกข้าวในกระถางทดลอง

| สารหนูทั้งหมด mg/kg | pH ^{1/} (1:1) | OM ^{2/} (%) | Available P (Brayl) ^{3/} | Sand % | Silt % | Clay % | เนื้อดิน ^{4/} |
|------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| 65.5 | 6.08 | 2.39 | 4.51 | 55.38 | 18.22 | 26.41 | ร่วนเหนียวปนทราย |

^{1/} Peech (1965) อัตราส่วนดินต่อน้ำ = 1 ต่อ 1

^{2/} Walkley and Black (1934)

^{3/} Bray and Kurtz (1945)

^{4/} Bouyoucos Hydrometer method (1962)

2.2 การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว

การใส่วัสดุปรับปรุงดินมีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่สาร โดยความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวระยะเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วง 156-161.3 เซนติเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการแตกกอของข้าวมีจำนวนต้นตอกเฉลี่ยอยู่ในช่วง 17-22 ต้นตอกอ จำนวนรวงตอกเฉลี่ย 16-21 รวงตอกอ ผลผลิตเฉลี่ย 85.7-116 กรัม (ตารางที่ 7) ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน

ตารางที่ 7 ผลของการใส่วัสดุปรับปรุงดินอัตราต่างๆ ในดินที่มีการปนเปื้อนสารหนูต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในกระถางทดลอง

| กรรมวิธี | ความสูงระยะเก็บเกี่ยว (ซม.) | จำนวน ต้น/กอ | จำนวน รวง/กอ | น้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก | |
|---|--------------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|--|
| | | | | กรัม | |
| 1. ไม่ใส่สาร | 156.0 | 17.7 | 16 | 85.7 | |
| 2. ใส่ FeSO ₄ 2 mole : 1 mole As | 157.7 | 19.7 | 18 | 88.0 | |
| 3. ใส่ FeSO ₄ 4 mole : 1 mole As | 161.3 | 22.0 | 20 | 100.7 | |
| 4. ใส่ FeSO ₄ 6 mole : 1 mole As | 161.3 | 22.0 | 21 | 115.3 | |
| 5. ใส่ซีโอไลต์ อัตรา 250 กก./ไร่ | 160.0 | 20.0 | 19 | 107.3 | |
| 6. ใส่ซีโอไลต์ อัตรา 500 กก./ไร่ | 158.3 | 19.3 | 19 | 112.3 | |
| 7. ใส่ซีโอไลต์ อัตรา 1,000 กก./ไร่ | 162.0 | 20.3 | 20 | 116.0 | |
| เฉลี่ย | 159.5 | 20.1 | 19 | 103.6 | |
| F-test | ns | ns | ns | ns | |
| C.V.% | 1.7 | 10.4 | 11.4 | 17.8 | |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การใส่วัสดุปรับปรุงดินในแต่ละอัตราไม่ทำให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ยมีค่าต่างกันมากนัก เมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่สาร โดยกรรมวิธีที่ใส่ซีโอไลต์ อัตรา 500 กก./ไร่ ให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ยรวมทุกส่วนสูงสุดคือ 366.3 กรัม รองลงมาคือการใส่ FeSO₄ 6 mole : 1 mole As ให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ยรวมทุกส่วน 365.8 กรัม (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยในส่วนต่างๆ ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในกระถางทดลอง

| กรรมวิธี | น้ำหนักแห้ง (กรัม) | | | | รวมทั้งหมด |
|---|--------------------|------|------|-------|------------|
| | เมล็ด | ราก | แกลบ | ฟาง | |
| 1. ไม่ใส่สาร | 78.5 | 53.4 | 40.5 | 175.1 | 347.5 |
| 2. ใส่ FeSO ₄ 2 mole : 1 mole As | 86.7 | 51.1 | 40.2 | 158.0 | 336.0 |
| 3. ใส่ FeSO ₄ 4 mole : 1 mole As | 98.7 | 50.7 | 43.2 | 161.0 | 353.6 |
| 4. ใส่ FeSO ₄ 6 mole : 1 mole As | 113.0 | 50.3 | 44.8 | 157.7 | 365.8 |
| 5. ใส่ซีโอไลต์ อัตรา 250 กก./ไร่ | 103.8 | 47.4 | 42.3 | 147.7 | 341.2 |
| 6. ใส่ซีโอไลต์ อัตรา 500 กก./ไร่ | 110.5 | 50.8 | 43.3 | 161.7 | 366.3 |
| 7. ใส่ซีโอไลต์ อัตรา 1,000 กก./ไร่ | 113.5 | 49.5 | 44.3 | 157.9 | 365.2 |

2.3 สมบัติดินหลังเก็บเกี่ยวข้าว

สมบัติทางเคมีของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวพบว่า การใส่สารปรับปรุงดินมีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของดินที่ทำให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าความเป็นกรด-ด่างของดินมีความอยู่ในช่วง 4.58-5.65 (กรดแก่ถึงกรดปานกลาง) ในขณะที่ปริมาณอินทรีย์วัตถุและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์นั้นไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี โดยปริมาณอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.87-2.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินก่อนทดลองเล็กน้อย ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.09-3.93 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าดินก่อนทดลองเล็กน้อยเช่นกัน (ตารางที่ 9)

ปริมาณสารหนูทั้งหมดในดินเฉลี่ยอยู่ในช่วง 9.20-12.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่ก็มีปริมาณสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้เพื่ออยู่อาศัยและเกษตรกรรมของประเทศไทย ที่ 3.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่สารหนูในรูปที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.023-0.157 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ใส่ FeSO_4 6 mole : 1 mole As มีผลทำให้มีสารหนูในรูปที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด ในขณะที่กรรมวิธีที่ไม่ใส่สารนั้นทำให้สารหนูในรูปที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าต่ำที่สุด และสารหนูในรูปที่พืชดูดซึมได้เฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.31-1.51 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 9 สมบัติของดินหลังปลูกข้าวในกระถางทดลอง

| กรรมวิธี | pH (1:1) | OM (%) | Available P (Bray II) (mg/kg) |
|---|-------------|-----------|----------------------------------|
| 1. ไม่ใส่สาร | 5.65 a | 1.87 | 3.15 |
| 2. ใส่ FeSO_4 2 mole : 1 mole As | 5.09 bc | 2.00 | 3.56 |
| 3. ใส่ FeSO_4 4 mole : 1 mole As | 4.86 cd | 1.91 | 3.37 |
| 4. ใส่ FeSO_4 6 mole : 1 mole As | 4.58 d | 1.87 | 3.93 |
| 5. ใส่ซีโอไลท์ อัตรา 250 กก./ไร่ | 5.54 a | 1.99 | 3.26 |
| 6. ใส่ซีโอไลท์ อัตรา 500 กก./ไร่ | 5.34 ab | 1.96 | 3.50 |
| 7. ใส่ซีโอไลท์ อัตรา 1,000 กก./ไร่ | 5.07 bc | 1.88 | 3.09 |
| เฉลี่ย | 5.16 | 1.92 | 3.41 |
| F-test | ** | ns | ns |

| C.V.% | 3.9 | 5.6 | 10.7 |
|----------|--|-----|------|
| หมายเหตุ | ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT | | |
| | ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ | | |
| | ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ | | |

ตารางที่ 10 ปริมาณสารหนุรูปต่างๆ ในดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวที่ปลูกในกระถางทดลอง

| กรรมวิธี | สารหนุทั้งหมด | รูปที่แลกเปลี่ยนได้ | รูปที่พืชดูดซึมได้ |
|---|---------------|---------------------|--------------------|
| | (มก./กก.) | (มก./กก.) | (มก./กก.) |
| 1. ไม่ใส่สาร | 9.69 | 0.023 d | 1.51 |
| 2. ใส่ FeSO ₄ 2 mole : 1 mole As | 10.64 | 0.054 cd | 1.45 |
| 3. ใส่ FeSO ₄ 4 mole : 1 mole As | 10.05 | 0.057 cd | 1.51 |
| 4. ใส่ FeSO ₄ 6 mole : 1 mole As | 10.39 | 0.157 a | 1.40 |
| 5. ใส่ซีโอไลท์ อัตรา 250 กก./ไร่ | 9.20 | 0.081 bc | 1.31 |
| 6. ใส่ซีโอไลท์ อัตรา 500 กก./ไร่ | 12.35 | 0.074 bc | 1.46 |
| 7. ใส่ซีโอไลท์ อัตรา 1,000 กก./ไร่ | 9.93 | 0.107 b | 1.49 |
| เฉลี่ย | 10.32 | 0.079 | 1.45 |
| F-test | ns | ** | ns |
| C.V.% | 3.9 | 5.6 | 10.7 |

หมายเหตุ เลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

2.4 ปริมาณสารหนุในส่วนต่างๆ ของข้าว

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารหนุในส่วนต่างๆ ของข้าว พบว่าการใส่สารปรับปรุงดินในทุกกรรมวิธีมีผลต่อปริมาณสารหนุในส่วนต่างๆ ของข้าวทำให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นในเมล็ดข้าวที่ไม่สามารถตรวจวัดปริมาณสารหนุได้ โดยพบการสะสมของสารหนุในส่วนของรากมากที่สุด รองลงมาคือส่วนฟางข้าวและแกลบตามลำดับ และเมื่อพิจารณาการสะสมของสารหนุในรากและฟางข้าวพบว่ากรรมวิธีที่มีการใส่ FeSO₄ 6 mole : 1 mole As นั้นมีผลทำให้สารหนุสะสมอยู่น้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ โดยพบการสะสมของสารหนุในรากและฟางข้าวที่ระดับ 28.75 และ 3.66 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และมีความแตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่สารอย่างชัดเจน (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ปริมาณสารหนุทั้งหมดในส่วนต่างๆ ของต้นข้าว ที่ปลูกในกระถางทดลอง

| กรรมวิธี | ปริมาณสารหนุทั้งหมด (มก./กก.) | | | |
|---|-------------------------------|---------|--------|---------|
| | เมล็ด | ราก | แกลบ | ฟาง |
| 1. ไม่ใส่สาร | ND | 59.91 a | 1.66 a | 8.11 ab |
| 2. ใส่ FeSO ₄ 2 mole : 1 mole As | ND | 41.14 b | 0.63 c | 4.04 d |

| | | | | |
|---|----|---------|---------|---------|
| 3. ใส่ FeSO ₄ 4 mole : 1 mole As | ND | 47.59 b | 0.55 c | 5.00 cd |
| 4. ใส่ FeSO ₄ 6 mole : 1 mole As | ND | 28.75 c | 0.64 c | 3.66 d |
| 5. ใส่ซีโอไลต์ อัตรา 250 กก./ไร่ | ND | 58.24 a | 1.31 b | 6.63 bc |
| 6. ใส่ซีโอไลต์ อัตรา 500 กก./ไร่ | ND | 44.06 b | 1.37 ab | 9.22 a |
| 7. ใส่ซีโอไลต์ อัตรา 1,000 กก./ไร่ | ND | 62.62 a | 1.15 b | 8.49 ab |
| เฉลี่ย | - | 92.62 | 1.05 | 6.45 |
| F-test | - | ** | ** | ** |
| C.V. (%) | - | 13.2 | 16.6 | 16.2 |

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี

DMRT

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ND = not detected

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. มีการปนเปื้อนของสารหนู ตะกั่วและแคดเมียมในพื้นที่เกษตรกรรมทั้งสองฝั่งตลอดลำน้ำ โดยพบว่าสารหนูทั้งหมดในดินมีค่าเกินค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้เพื่ออยู่อาศัยและเกษตรกรรมของประเทศไทย ที่ 3.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ตะกั่วและแคดเมียมนั้นมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานของ European Economic Community (EEC) ที่ 100 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ทั้งในดินชั้นบนและดินชั้นล่าง

2. น้ำจากแม่น้ำที่ล้นตลิ่งในฤดูฝนและน้ำที่ถูกนำมาใช้เพื่อการเกษตรในพื้นที่เกษตรกรรมทั้งสองฝั่งแม่น้ำ มีผลต่อการกระจายตัวของธาตุโลหะหนักในพื้นที่นี้

3. สารหนูที่ปนเปื้อนในดินในพื้นที่เกษตรกรรมที่ทำการสูบน้ำขึ้นมา มีค่าอยู่ในระดับสูงทางด้านทิศเหนือของเหมืองแร่ทองคำและบางส่วนของพื้นที่ทิศตะวันออกติดชุมชนเมือง เป็นพื้นที่ที่ต่ำกว่าฝั่งตรงกันข้ามของลำน้ำซึ่งเป็นแปลงยางพารา

4. การทดลองปลูกข้าวในกระถางโดยใส่เฟอร์รัสซัลเฟต (FeSO₄) อัตรา 6 mole : 1 mole As ในดินที่มีปริมาณสารหนู 65.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีผลทำให้สารหนูสะสมอยู่ในส่วนต่างๆ ของข้าวน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ โดยพบการสะสมของสารหนูในรากและฟางข้าวที่ระดับ 28.75 และ 3.66 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แสดงว่าเฟอร์รัสซัลเฟต (FeSO₄) อัตรา 6 mole : 1 mole As อาจมีส่วนช่วยในการดูดซับสารหนูในดินไว้ มีผลทำให้พืชดูดดึงสารหนูเข้าสู่ส่วนต่างๆ ได้น้อยลง แต่ทั้งนี้ในส่วนของเมล็ดข้าวซึ่งเป็นส่วนที่มนุษย์นำมาบริโภคนั้น ยังไม่สามารถตรวจพบการปนเปื้อนของสารหนูได้ อาจเป็นเพราะปริมาณสารหนูในดินมีไม่มากพอ การทดลองนี้จึงยังแสดงผลไม่ชัดเจน จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ข้อมูลการบำบัดดินโดยใช้วัสดุปรับปรุงดินเพื่อลดการดูดซึมสารหนูเข้าไปสะสมในเมล็ดข้าวสามารถนำไปใช้ในการแนะนำเกษตรกรที่ปลูกข้าวในพื้นที่ปนเปื้อนสารหนูและนักวิชาการเกษตรสามารถนำไปใช้ในการพัฒนางานวิจัยด้านการลดมลพิษทางดินในพื้นที่การเกษตรได้

11. เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน. 2544. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. เอกสารวิชาการ กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพฯ. 164 หน้า.
- Friesl, W., E. Lombi, O. Horak, and W. Wenzel. 2003. Immobilization of heavy metals in soils using inorganic amendments in a greenhouse study. *Journal of Plant nutrition and soil Science* 166: 191-196.
- Gray, C.W., S.J. Dunham, P.G. Dennis, F.J. Zhao, and S.P. McGrath. 2006. Field evaluation of in situ remediation of a heavy metal contaminated soil using lime and red mud. *Environmental Pollution* 142: 530-539.
- Hagino, N. 1958. Study of Itai-itai disease, 13th Annu. Meet. Toyama Med. Soc.(J) Cited in Kitagishi, K. and Yamane, I., Eds., Heavy metal pollution in soils of Japan, Japan Science Society Press, Tokyo.
- Nelson, D. W. and Sommer, L. E. 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic matter. pp 539-579. In *Method of soil analysis, part 2. Chemical and Microbiology Properties*. Agronomy Monograph 9 (2 nd) ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- Nzihou, A., and P. Sharrock. 2010. Role of phosphate in the remediation and reuse of heavy metal polluted wastes and sites. *Waste Biomass* 1: 163-174.
- Park, J.H., D. Lamb, P. Paneerselvam, G. Choppala, N. Bolan, and J.W. Chung. 2011. Role of organic amendments on enhanced bioremediation of heavy metal(loid) contaminated soils. *Journal of Hazardous Materials* 185: 549-574.
- Peech, M. 1965. Soil pH by glass electrode pH meter, pp 914-925. In C.A. Black, D.D. Evans, R.L. White, L.E. Ensminger, F.E. Clack, and R.C. Dinsuer (eds). *Method of soil analysis part 2: Physical and Menerological Properties, Inching Statistics of Measurement and Sampling* American Society of Agronomy Inc., Publisher Madison, USA.
- WHO. 2000. Regional Office for Europe, Air Quality Guidelines, chapter 6.7, Lead, Copenhagen, Denmark, 2nd edition.
- Yoshioka, K., 1964. Epidemiological study on the relationship between Itai-itai disease and mining nuisance, *Yamaguchi Med. J.*, 13, 146-170.

12. ภาคผนวก

ภาพผนวกที่ 1 แสดงตำแหน่งการสุ่มเก็บตัวอย่างดินบริเวณพื้นที่บ้านนาหนองบง อ.วังสะพุง จ.เลย



ภาพผนวกที่ 2 แสดงตำแหน่งการสุ่มเก็บตัวอย่างดินบริเวณพื้นที่บ้านภูทับฟ้าพัฒนา อ.วังสะพุง จ. เลย



ภาพผนวกที่ 3 แสดงตำแหน่งการสุ่มเก็บตัวอย่างดินบริเวณพื้นที่บ้านห้วยผุก อ.วังสะพุง จ.เลย



ภาพผนวกที่ 4 แสดงตำแหน่งการสุ่มเก็บตัวอย่างดินบริเวณพื้นที่บ้านกสะอาด อ.วังสะพุง จ.เลย

