

การดูดซับสารหนูในดินที่ปนเปื้อนโดยหญ้ากินนีสีม่วง

Biosorption of Arsenic in Soil by Purple guinea Grass (*Panicum maximum*)

ธัญพร พรหมราช (Thanyaporn Prommarach)* ดร. พิสิฏฐ์ เจริญสุขใจ (Dr. Pisit Chareonsudjai)**

ดร.สุรเดช พลเสน (Dr. Suradej Pholsen)***

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดูดซับสารหนูในดินที่ปนเปื้อนโดย หญ้ากินนีสีม่วง (*Panicum maximum* cv. Purple guinea) ในเรือนทดลอง โดยศึกษาปริมาณการสะสมสารหนูในต้นและใบ และส่วนราก ในดินสังเคราะห์ใส่สารประกอบสารหนู ($\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ลงในดินที่ระดับความเข้มข้นของสารหนู เท่ากับ 0, 50, 100, 150 และ 200 mg/kg ที่ระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง 0, 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วัน พบว่า หญ้ากินนีสีม่วงสามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ตลอด 90 วัน คือที่ความเข้มข้นของสารหนูต่ำกว่า 50 mg/kg มีการสะสมสารหนูในส่วนรากสูงกว่าในต้นและใบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 มีค่าเท่ากับ 13.883 - 66.877 mg/kg และในส่วนต้นและใบ เท่ากับ 5.367 - 15.858 mg/kg และเมื่อนำไปทดลองปลูกในดินที่นำมาจากท้ายเหมืองซึ่งมีค่าสารหนูในดิน เท่ากับ 153.02 mg/kg พบว่าสามารถเจริญเติบโตได้ดี มีการสะสมสารหนูในส่วนราก เท่ากับ 10.574 - 28.780 mg/kg และในส่วนต้น เท่ากับ 1.282 - 6.214 mg/kg

ABSTRACT

The objective of this research was to study the capacity of Purple Guinea Grass (*Panicum maximum* cv. Purple guinea) to remove arsenic from contaminated soil in a pot experiment under greenhouse condition. Amount of accumulated arsenic in shoot plus leaf and root were analysed. The soil was added by arsenic compound ($\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) to 0, 50, 100, 150, 200 mg As/kg dry soil. The grass was harvested at 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 days. The result revealed that the purple guinea grass can tolerate for the experiment period (90 day) only at the concentration below 50 mg/kg. The Arsenic was accumulated more in root significantly ($P < 0.05$) than shoot and leaf. The accumulated concentration in root range from 13.883 to 66.877 mg/kg while in shoot and leaf were range from 5.367 to 15.858 mg/kg. Experiment in soil from a gold mine tailing, which the arsenic concentration equal to 153.02 mg/kg, was carried out. The grass could grow well. Arsenic were 10.574-28.280 mg/kg in root and leaf were 1.282-6.214 mg/kg in shoot and leaf, respectively.

คำสำคัญ : สารหนู การดูดซับทางชีวภาพ หญ้ากินนีสีม่วง

Key Words : Arsenic, biosorption, *Panicum maximum* cv. Purple guinea

* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*** รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

การปนเปื้อนสารหนูในสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาในหลายประเทศทั่วโลก เช่น อาร์เจนตินา ชิลี เม็กซิโก โปแลนด์ บังกลาเทศ อินเดีย เนปาล จีน ญี่ปุ่น ไต้หวัน และเวียดนาม (Anawar, 2002; Chowdhury, 2000; Das, 2000; Das *et al.*, 2004; Mitra, *et al.*, 2002; Pandey *et al.*, 2002; Smith *et al.*, 2001) ทำให้ประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นมีอาการทางผิวหนัง ผิวดำคล้ำ เป็นผื่นแดงและคัน เม็ดสีที่ผิวเป็นสี ดำเข้ม จนกระทั่งอาจกลายเป็นมะเร็งผิวหนัง ซึ่งสารหนูมักมาจากการถลุงแร่ โดยเฉพาะเหมืองแร่ทองคำ เนื่องจากสายแร่ทองคำส่วนใหญ่มีสารหนูในรูปของแร่อาร์ซีโนไฟไรต์เป็นส่วนประกอบถึง 46% (กรมทรัพยากรธรณี, 2553) ทำให้สารหนูของประเทศไทยมีแหล่งสำคัญมาจากกองหางแร่จากเหมืองที่มีการชะล้างและแพร่กระจายปนเปื้อนออกมาสู่ดินและน้ำใต้ดิน (Visootviseth *et al.*, 2002) เช่น ในเขตพื้นที่ ต.ร่อนพิบูลย์ อ.ร่อนพิบูลย์ จ. นครศรีธรรมราช ที่ทำเหมืองแร่ดีบุก และเหมืองแร่ทองคำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณ อ.วังสะพุง จ.เลย และมีการร้องเรียนจากชาวบ้านทางท้ายเหมืองว่า ข้าวในนาตายเป็นจำนวนมาก และเกี่ยวเกี่ยวผลผลิตได้น้อยลง และมีการร้องเรียนจากชาวสวนยางพาราในพื้นที่โดยรอบว่าน้ำยางพาราลดลงจากปกติเมื่อเทียบกับบริเวณที่อยู่ไกลออกไป ซึ่งชาวบ้านสันนิษฐานว่าเกิดการทำเหมืองแร่ทองคำ ในจังหวัดเลย (ศูนย์สันติภาพและสิทธิมนุษยชนแห่งภาคอีสาน, 2552) จากการวิเคราะห์ตัวอย่างดินของ ศูนย์วิจัยน้ำบาดาล (2553) บริเวณรอบพื้นที่โครงการแหล่งแร่ทองคำ พบว่าดินบริเวณดังกล่าวมีปริมาณสารหนูเกินมาตรฐานของสารหนูที่อนุญาตให้มีได้ในพื้นที่เกษตรกรรมที่กฎหมายไทยระบุไว้ คือ 3.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2547)

การวิจัยนี้ศึกษาหญ้ากินนีสีม่วง (*Panicum maximum* cv. Purple guinea) ซึ่งเป็นพืชโตเร็ว ทนแล้ง และสามารถขึ้นได้ดีตั้งแต่ดินทรายจนถึงดินเหนียว ทั้ง

ยังเป็นหญ้าที่เกษตรกรนิยมปลูกเป็นอาหารสัตว์ ดังนั้นเมื่อสารหนูปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมทั้งดินและน้ำ ก็จะมีโอกาสแพร่กระจายสารหนูเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร เกิดการเพิ่มขยายปริมาณทางชีวภาพ (Biological magnification) ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ใน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาผลของสารหนูต่อการเจริญเติบโตของหญากินนีสีม่วง
2. เพื่อศึกษาการสะสมสารหนูในส่วนต้นและใบ และส่วนรากของหญากินนีสีม่วง ที่ปลูกในดินทดลองสังเคราะห์ที่มีการปนเปื้อนสารหนู
3. เพื่อเปรียบเทียบการสะสมสารหนู ในส่วนต้นและใบ และส่วนรากของหญากินนีสีม่วง ที่ปลูกในดินจากท้ายเหมืองแร่ทองคำ จ.เลย

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้ เป็นการศึกษาในเรือนทดลอง ศึกษาถึงประสิทธิภาพของหญากินนีสีม่วง (*Panicum maximum* cv. Purple guinea) ในการดูดซับสารหนูจากดินที่มีการปนเปื้อน 2 แหล่ง ได้แก่ 1) ดินสังเคราะห์ที่นำมาจากแปลงทดลองของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และ 2) ดินจากท้ายเหมืองแร่ของเหมืองทอง บริษัท หงษ์คำ จำกัด ต.เขาหลวง อ.วังสะพุง จ.เลย มีรายละเอียดการศึกษา ดังนี้

1.การเตรียมดิน

ดินสังเคราะห์ที่นำมาจากแปลงทดลองคณะเกษตรศาสตร์ เป็นชุดดินยโสธร ลักษณะเด่นของชุดดินนี้ คือ ค่อนข้างเป็นทราย ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) ทำการเก็บตัวอย่างดินแบบสุ่มทั้งพื้นที่ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร จำนวน 5 จุด โดยใช้จอบขุด ผสมดินและเตรียมดินโดยผึ่งลมให้แห้ง แล้วนำมาร้อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร แล้ววิเคราะห์คุณสมบัติของตัวอย่างดินทางด้านกายภาพและทางด้านเคมี ได้แก่ เนื้อดิน ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) อินทรีย์วัตถุ ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ในโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

และ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ วิธีการวิเคราะห์ ใช้
วิธีมาตรฐาน แสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 1 พื้นที่เก็บตัวอย่างดินจากท้ายเหมืองแร่

ดินจากท้ายเหมืองแร่ใช้ดินจากบริเวณท้ายเหมืองแร่ จ. เลข บริเวณพิกัด (1920800, 781700) – (19205500, 78200) เป็นกลุ่มชุดดินที่ 47 เป็นกลุ่มชุดดิน ซึ่งเกิดการผุพังสลายตัวอยู่กับที่ หรือจากการสลายตัวผุพังแล้วเคลื่อนย้ายมาในระยะทางไม่ไกลของวัสดุเนื้อละเอียดที่มาจากหินตะกอนหรือหินอัคนี เนื้อดินเป็นดินเหนียวหรือดินร่วนที่มีเศษหินปะปนมาก ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงปานกลาง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) ทำการเก็บตัวอย่างดินแบบสุ่มทั้งพื้นที่ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร จำนวน 4 จุด โดยใช้จอบขุด ผสมดิน และเตรียมดินโดยฟุ้งลมให้แห้ง แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร แล้ววิเคราะห์คุณสมบัติของตัวอย่างดินทางด้านกายภาพและทางด้านเคมี ได้แก่ เนื้อดิน ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) อินทรีย์วัตถุ ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ วิธีการวิเคราะห์ ใช้วิธีมาตรฐาน แสดงในตารางที่ 1

ในการศึกษาการดูดซับสารหนูในดินที่ปนเปื้อนโดยยูเรเนียมสินิม่วง ต้องทราบลักษณะสมบัติและองค์ประกอบของดินก่อน เนื่องจากดินที่นำมาศึกษาจาก 2 พื้นที่ ทำให้สมบัติทางกายภาพและทาง

เคมี ย่อมมีความแตกต่างกัน จึงได้ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติดินตามพารามิเตอร์ต่างๆ แสดงในตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติดินทางกายภาพ

และทางเคมี

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
องค์ประกอบของเนื้อดิน	Hydrometer Method
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	pH Meter
อินทรีย์วัตถุ	Walkley and Black Method
ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC)	Ammonium Saturation
เจลดาล์ไนโตรเจนทั้งหมด	Kjeldahl Method
โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	Ammonia Acetate Extraction
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	Bray II Extraction and Extraction Blue Method of Murphy & Riley

2.การเตรียมดินสังเคราะห์

โดยการเติมไดโซเดียมไฮโดรเจนอาร์ซีเนต ($\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) บริษัท sigma ประเทศ สิงคโปร์ ให้ได้ตามอัตราส่วนปริมาณความเข้มข้นของสารหนูในดิน ที่ระดับ 0, 50, 100, 150, 200 mg/kg ซึ่งเป็นระดับที่ครอบคลุมระดับความเข้มข้นของสารหนูในดินที่นำมาจากเหมืองทอง บริษัท หุ่นคำ จำกัด (153.02 mg/kg) ได้ในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 17.50 เซนติเมตร สูง 13.50 เซนติเมตร เติมหาตุ๋นอาหารเพื่อให้เหมาะสมต่อการปลูกพืช โดยใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 บริษัทเจียใต้ประเทศจีน (เทียบเท่าอัตราการใช้ปุ๋ย 50 กิโลกรัมต่อไร่) และปุ๋ยคอก 5% (v/v) ในแต่ละกระถาง เนื่องจากการทดลองเบื้องต้น พบว่า เมื่อไม่ใช้ปุ๋ยยูเรเนียมสินิม่วงจะไม่เจริญเติบโต เมื่อเติมสารหนูที่ความเข้มข้น 100 mg/kg

3. ฐานข้อมูลนิยาม

ฐานข้อมูลนิยามที่ใช้ปลูกทดลอง มาจากการเพาะกล้ามีอายุ 1 เดือน คัดเลือกต้นที่มีขนาดความสูงในช่วง 15-20 เซนติเมตร ปลูกจำนวน 4 ต้นต่อกระถาง คัดปลายของต้นกล้าออกให้เหลือความยาว 15 เซนติเมตร ทำการปลูกในเรือนทดลอง ควบคุมระยะเวลาวันแสง มีระยะกลางวัน 12 ชั่วโมง และ ระยะกลางคืน 12 ชั่วโมง มีอุณหภูมิเฉลี่ย 34 องศาเซลเซียส

4. วางแผนการทดลอง

จัดวางกระถางทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ศึกษาจำนวน 3 ซ้ำ

5. การดูแลรักษาระหว่างการทดลอง

ดินสังเคราะห์ดินน้ำครั้งแรกปริมาณ 307.50 มิลลิกรัม ดินทรายแห้งครั้งแรกปริมาณ 298.80 มิลลิกรัมด้วยบีกเกอร์ เพื่อให้มีค่าความชื้น เท่ากับ 50% ของความจุการอุ้มน้ำของดิน (WHC) และไม่ให้ น้ำชะล้างสารหนูออกไปจากดิน หลังจากนั้นรดน้ำเท่ากับ ปริมาณของน้ำที่หายไปในวันเพื่อรักษาปริมาณน้ำในดินให้เท่ากับ 50 % WHC โดยการชั่งน้ำหนักของกระถาง หากมีวัชพืชขึ้นปะปนเก็บออกด้วยมือ

6. การวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูในส่วนรากและต้น

วิเคราะห์หาปริมาณสารหนูที่สะสมในส่วนลำต้นและราก เก็บตัวอย่างหญ้าทุกๆ 15 วัน ที่ระยะเวลา 0, 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วัน เก็บตัวอย่างโดยล้างน้ำเอาดินออก ตัดแยกส่วนใบ ลำต้น และราก และวิเคราะห์หาปริมาณสารหนู ตามวิธีของ (Baroni *et al.*, 2004) ซึ่งมีรายละเอียดวิธีการศึกษาโดยย่อคือ อบที่อุณหภูมิ $80 \pm 1^{\circ}\text{C}$ นาน 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมาตัดให้มีขนาดเล็ก บดให้ละเอียดชั่งน้ำหนักให้ได้ 0.5 ± 0.02 กรัม ทำการย่อยด้วยกรดไนตริก (HNO_3) และกรดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่อุณหภูมิ 125°C จนกระทั่งสารละลายใส กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 แล้วปรับปริมาตร จากนั้นนำไปวัดปริมาณสารหนูด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) (Benton, 2001) ด้วยเทคนิค Hydride Generation

รุ่น AAnalyst 300 บริษัท Perkin - Elmer ที่ความยาวคลื่น 193.7 นาโนเมตร

7. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 19 ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น วิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (two-way ANOVA) ของปริมาณสารหนูที่พบในส่วนต้นและราก ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัย

1) คุณสมบัติของดิน

1.1 ดินที่นำมาจากแปลงดินทดลองของคณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินทรายร่วน (Loamy Sand) มีอินทรีย์วัตถุต่ำมาก (0.25%) ดินมีค่าเป็นกรดเล็กน้อย มีค่าในการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำ และมีระดับธาตุอาหารในดินค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2 โดยที่ความเข้มข้น 0 mg/kg (ควบคุม) มีค่าเฉลี่ยสารหนูในดิน 0.214 mg/kg ที่ความเข้มข้น 50, 100, 150 และ 200 mg/kg มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสารหนูในดิน 52.175, 103.706, 152.233 และ 203.768 mg/kg ตามลำดับ

ตารางที่ 2 คุณสมบัติดินทางกายภาพและเคมีจากแปลงดินทดลองคณะเกษตรศาสตร์

คุณสมบัติ	ค่าที่ได้
ดินทราย (%)	87.16
ดินทรายแป้ง (%)	6.34
ดินเหนียว (%)	6.50
เนื้อดิน	ดินทรายร่วน
pH	6.47
อินทรีย์วัตถุ (%)	0.25
CEC (c mol/kg)	1.18
ไนโตรเจนทั้งหมด (μg/mg)	0.005
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	19.06
โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	61.15
ปริมาณสารหนูในดิน (mg/kg)	0.214

1.2 ดินที่นำมาจากท้ายเหมืองแร่ มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนทราย (Sandy Loam) มีอินทรียวัตถุต่ำมาก (0.72%) ดินมีค่าเป็นกรดจัด มีค่าในการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำ และมีระดับธาตุอาหารในดินต่ำ มีปริมาณสารหนูในดิน 153.02 mg/kg รายละเอียดแสดงในตารางที่ 3

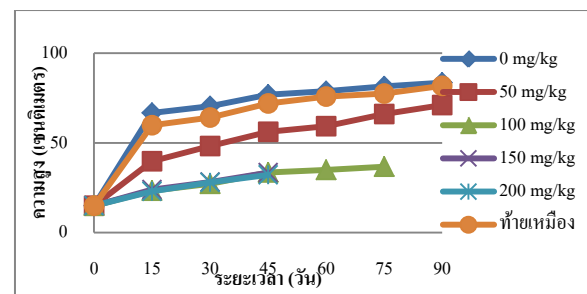
ตารางที่ 3 คุณสมบัติดินทางกายภาพและเคมีจากท้ายเหมืองแร่

คุณสมบัติ	ค่าที่ได้
ดินทราย (%)	67.98
ดินทรายแป้ง (%)	21.38
ดินเหนียว (%)	10.64
เนื้อดิน	ดินร่วนปนทราย
pH	4.86
อินทรียวัตถุ (%)	0.72
CEC (c mol/kg)	1.06
ไนโตรเจนทั้งหมด (μg/mg)	0.017
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	6.96
โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	43.08
ปริมาณสารหนูในดิน (mg/kg)	153.02

2) ผลของสารหนูต่อการเจริญเติบโตของหญ้านิสีม่วง

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้านิสีม่วง ในดินสังเคราะห์ที่เติมสารหนู ที่ระดับความเข้มข้น 0, 50, 100, 150 และ 200 mg/kg และดินที่เก็บจากท้ายเหมืองแร่ (153.02 mg/kg) ที่ระยะเวลา 0, 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วัน ในเรือนทดลอง พบว่าหญ้านิสีม่วงมีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันที่ระดับความเข้มข้นของสารหนูต่างกัน โดยที่ช่วง 0-15 วันแรกที่มีความเข้มข้น 0 mg/kg (ควบคุม) มีอัตราการเจริญเติบโตสูงมากที่สุดที่วัดจากความสูง 25.83 เซนติเมตร/สัปดาห์ รองลงมาที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีอัตราการเจริญเติบโต 12.39 เซนติเมตร/สัปดาห์ และต่ำสุดที่ความเข้มข้น 100, 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อ

กิโลกรัม มีอัตราการเจริญเติบโต 4.17, 4.50 และ 3.98 เซนติเมตร/สัปดาห์ ตามลำดับ และดินจากท้ายเหมืองแร่ มีอัตราการเจริญเติบโต 22.40 เซนติเมตร/สัปดาห์ ที่ช่วงเวลา 15 - 90 วัน ของกลุ่มควบคุมมีอัตราการเจริญเติบโตลดลงมาก เมื่อเทียบกับช่วง 0-15 วัน และอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่ากลุ่มที่มีสารหนู เนื่องจากอาจจะมี N-P-K ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต มีอัตราการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 0.96-3.22 เซนติเมตร/สัปดาห์ ที่ความเข้มข้น 50 mg/kg มีอัตราการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 1.5-4.21 เซนติเมตร/สัปดาห์ และที่ความเข้มข้น 100, 150 และ 200 mg/kg มีอัตราการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 0.88-3.15 เซนติเมตร/สัปดาห์ และดินท้ายเหมือง มีอัตราการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 0.85-9.65 เซนติเมตร/สัปดาห์ ดังแสดงในรูปที่ 2 และพบว่าระดับความเข้มข้น 100 mg/kgหญ้านิสีม่วง ไม่สามารถทนต่อระดับความเข้มข้นได้ที่ระยะเวลา 90 วัน ที่ระดับความเข้มข้น 150 และ 200 mg/kgตั้งแต่ระยะเวลาเก็บ 45 วัน เป็นต้น ไป พบว่าหญ้านิสีม่วงที่ความเข้มข้นดังกล่าวเหี่ยวเฉาและตายทั้งหมด



รูปที่ 2 ความสูงของหญ้านิสีม่วงที่ความเข้มข้นสารหนูระดับต่างๆ ตามระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง

3. การสะสมสารหนูในลำต้นและใบ (stem+leave) และส่วนราก (root) ของหญ้านิสีม่วง ที่ปลูกในดินทดลองสังเคราะห์ที่มีการปนเปื้อนสารหนู ที่ปลูกในเรือนทดลอง

3.1 การสะสมสารหนูทั้งต้น

การศึกษาปริมาณการดูดซับสารหนูทั้งต้น ที่ระดับความเข้มข้น 50, 100, 150 และ 200 mg/kg ที่ระยะเวลา 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วัน พบว่า ที่ความ

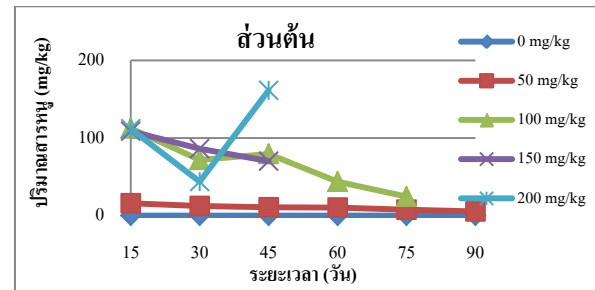
เข้มข้น 50 mg/kg เท่ากับ 81.734, 41.264, 75.016, 38.307, 21.615 และ 51.348 mg/kg ตามลำดับ ที่ความเข้มข้น 100 mg/kg เท่ากับ 324.524, 159.502, 317.408, 99.579 และ 58.644 mg/kg ตามลำดับ ที่ความเข้มข้น 150 mg/kg เท่ากับ 422.706, 295.875 และ 407.358 mg/kg ตามลำดับ ที่ความเข้มข้น 200 mg/kg เท่ากับ 464.877, 256.256 และ 452.301 mg/kg ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการดูดซับสารหนูทั้งต้นที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ตามระยะเวลา พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และจะเห็นว่าปริมาณความเข้มข้นสารหนูของหญ้านิสีม่วง เพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของสารหนูที่ใส่ลงไป มีการสะสมสารหนูลดลงตามระยะเวลาการปลูก และเมื่อคำนวณประสิทธิภาพการดูดซับสารหนูจากดินส่วนใหญ่มีค่าประสิทธิภาพสูงสุดที่ระยะเวลา 90 วัน คือ ที่ความเข้มข้นของสารหนู 50, 100, 150 และ 200 mg/kg มีค่าประสิทธิภาพที่ 90 วัน เท่ากับ 0.6860, 0.0277, 0.0624, 0.0346 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ

การศึกษาปริมาณการดูดซับสารหนูในส่วนต่างๆของหญ้า จะทำการศึกษา 2 ส่วน คือ ส่วนต้น (Shoot) และส่วนราก (Root) ซึ่งผลการศึกษานี้สามารถแสดงได้ดังนี้

3.2 การสะสมสารหนูในลำต้นและใบ

เมื่อพิจารณาการดูดซับสารหนูในส่วนลำต้นและใบ พบว่า ส่วนใหญ่ปริมาณสารหนูเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของสารหนูที่ใส่ลงไป ในดินกระถางที่ระดับความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สามารถดูดซับได้มากที่สุด ที่ระยะเวลา 45 วัน คือ 161.244 mg/kg ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 50, 100, 150 mg/kg สามารถดูดซับสารหนูในลำต้นและใบมากที่สุด ที่ระยะเวลา 15 วัน คือ 15.858, 112.319 และ 108.684 mg/kg ตามลำดับ และยังพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 50 mg/kg สามารถอยู่รอดได้ตลอดระยะเวลา 90 วัน การสะสมสารหนูในส่วนต้นมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการปลูกนานขึ้น เท่ากับ 15.857, 12.370, 10.874, 10.458, 7.732 และ 5.367 mg/kg ที่ระยะเวลา 15, 30,

45, 60, 75 และ 90 วัน ดังรูปที่ 3 เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารหนูในลำต้นและใบมีความแตกต่างกันตามระยะเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

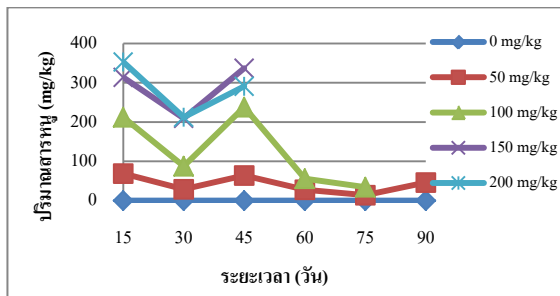


รูปที่ 3 การดูดซับสารหนูในส่วนต้นของหญ้านิสีม่วงตามระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง

3.3 การสะสมสารหนูส่วนราก

เมื่อพิจารณาการดูดซับสารหนูในส่วนรากพบว่า ปริมาณสารหนูเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของสารหนูที่ใส่ลงในดิน กระถางที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/kg สามารถดูดซับได้มากที่สุด ที่ระยะเวลา 15 วัน คือ 353.130 mg/kg ที่ระดับความเข้มข้น 150 และ 100 mg/kg สามารถดูดซับสารหนูได้มากที่สุด ที่ระยะเวลา 45 วัน คือ 237.891 และ 337.156 mg/kg ตามลำดับ ที่ระดับความเข้มข้น 50 mg/kg สามารถดูดซับสารหนูได้มากที่สุดที่ระยะเวลา 15 วัน คือ 65.877 mg/kg และพบว่าการสะสมสารหนูในรากโดยส่วนใหญ่มีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงระยะเวลา 45 วันแรก และลดลงอย่างชัดเจนที่ระยะเวลา 75 วัน ดังรูปที่ 4 เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารหนูในส่วนรากมีความแตกต่างกันตามระยะเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนของรากต่อต้น ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ตามระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง พบว่า ที่ความเข้มข้นสารหนู 50 mg/kg เท่ากับ 4.154, 2.335, 5.90, 2.660, 1.796, 8.562 โดยที่ระยะเวลา 75 วัน สัดส่วนของรากต่อต้นใกล้เคียงกันมากที่สุด คือ 1.796 และเมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารหนูระหว่างลำต้นและใบกับรากตามระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง พบว่า ความเข้มข้นสาร

หนูในรากสูงกว่าในลำต้นและใบ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05



รูปที่ 4 การดูดซับสารหนูในส่วนรากของหญ้ากีนีสีม่วงตามระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง

4. เปรียบเทียบการสะสมสารหนู ในส่วนลำต้นและใบ และส่วนรากของหญ้ากีนีสีม่วง ในดินจากท้ายเหมือง แร่ทองคำ จ.เลย ที่ปลูกในเรือนทดลอง

4.1 การสะสมสารหนูทั้งต้น

การศึกษาปริมาณการดูดซับสารหนูทั้งต้น ที่ระยะเวลา 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วัน พบว่า มีปริมาณความเข้มข้นสารหนูในหญ้ากีนีสีม่วง เท่ากับ 33.994, 31.601, 18.820, 13.814, 11.856 และ 13.013 mg/kg ตามลำดับ มีการสะสมสารหนูลดลงตามระยะเวลาการปลูก และมีประสิทธิภาพการดูดซับสารหนูจากดินโดยมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดที่ระยะเวลา 90 วัน คือ 0.0956 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับในดินสังเคราะห์ เมื่อเปรียบเทียบการดูดซับสารหนูทั้งต้นที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ตามระยะเวลา พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

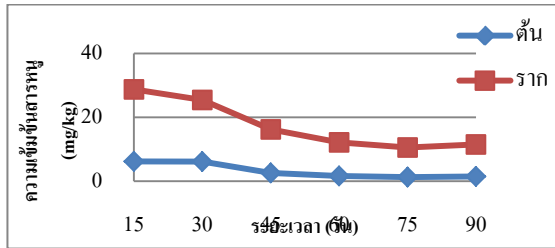
4.2 การสะสมสารหนูในลำต้นและใบ

เมื่อพิจารณาการดูดซับสารหนูในลำต้นและใบของหญ้ากีนีสีม่วง พบว่า เมื่อระยะเวลามากขึ้น ระดับความเข้มข้นของสารหนูที่อยู่ในลำต้นและใบมีแนวโน้มลดลง หญ้ากีนีสีม่วงมีการดูดซับสารหนูในลำต้นและใบ ตามระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง คือ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วัน ได้ดังนี้ 6.214, 6.152, 2.578, 1.646, 1.282 และ 1.508 mg/kg เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าความเข้มข้นของสารหนูในลำต้นและใบมีความแตกต่างกันตามระยะเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และเมื่อใช้ Duncan's New Multiple Range

Test พบว่าปริมาณสารหนูในลำต้นและใบเริ่มลดลงที่ระยะเวลา 45 วัน ปริมาณสารหนูในส่วนต้นในดินท้ายเหมืองมีความสอดคล้องกับดินจากแปลงทดลอง เมื่อระยะเวลามากขึ้น ระดับความเข้มข้นของสารหนูที่อยู่ในลำต้นและใบลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ดังรูปที่ 5 เนื่องจากว่าอัตราการเจริญเติบโตของหญ้าช่วงระยะ 45 วัน มีอัตราการเจริญเติบโตสูง และมีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุดที่ระยะเวลา 15 วันแรก ทำให้การดูดซับอาหารในดินไปใช้มาก จึงทำให้ปริมาณความเข้มข้นสารหนูที่ระยะเวลามากขึ้น มีความเข้มข้นสูงและลดลงเมื่อระยะเวลามากขึ้นเนื่องจากการดูดซับอาหารในดินน้อยลง

4.3 การสะสมสารหนูส่วนราก

เมื่อพิจารณาการดูดซับสารหนูในส่วนราก พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง 15 วันแรก หญ้ากีนีสีม่วง สามารถดูดซับสารหนูในดินได้มากที่สุด และลดลงที่ระยะเวลา 45 วัน หญ้ากีนีสีม่วงมีการดูดซับสารหนูในส่วนราก ตามระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง คือ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วัน ได้ดังนี้ 28.780, 25.450, 16.242, 12.168, 10.574, และ 11.505 mg/kg ดังแสดงในรูปที่ 5 เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารหนูในเนื้อเยื่อส่วนรากมีความแตกต่างกันตามระยะเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 เปรียบเทียบความเข้มข้นสารหนูระหว่างต้นกับราก พบว่า สัดส่วนของรากต่อต้น ตามระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง คือ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วัน เท่ากับ 4.631, 4.137, 6.30, 6.393, 8.250 และ 7.630 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นสารหนูระหว่างต้นกับราก ตามระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.001



รูปที่ 5 การดูดซับสารหนูในส่วนดินและรากของหญ้า
กินนีสีม่วงในดินท้ายเหมือง

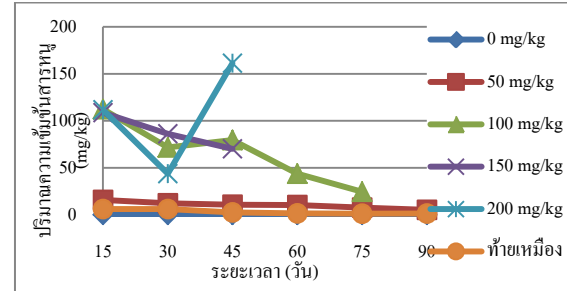
อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาความสามารถในการดูดซับสารหนูของหญังกินนีสีม่วง ที่ระดับความเข้มข้น 50, 100, 150 และ 200 mg/kg และดินที่นำมาจากท้ายเหมืองแร่ (153.02 mg/kg) ในเรือนทดลอง พบว่า มีอัตราการเจริญเติบโตของหญ้าสูงที่สุดในช่วงระยะเวลา 0-15 วัน ที่ทุกระดับความเข้มข้น โดยที่ความเข้มข้น 0 mg/kg (ควบคุม) มีอัตราการเจริญเติบโตมากที่สุด รองลงมาคือความเข้มข้น 50 mg/kg และที่ความเข้มข้น 100, 150 และ 200 mg/kg มีอัตราการเจริญเติบโตน้อยที่สุด การดูดซับสารหนู พบว่าปริมาณความเข้มข้นของสารหนูในส่วนรากมากกว่าส่วนดินทุกระยะวันที่เก็บตัวอย่าง ซึ่งโดยทั่วไปพืชจะสะสมสารหนูไว้ในส่วนรากมากกว่าส่วนต้น เพราะส่วนรากจะสัมผัสและดูดซับกับสารโดยตรง (Pendergrass & Butcher, 2006) สัดส่วนของรากต่อต้นที่ระยะเวลาการปลูกนานขึ้นค่าสัดส่วนจะต่างกันมากกว่าระยะที่ปลูกช่วงแรกๆ ปริมาณสารหนูจะเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นสารหนูที่ใส่ลงไปในดิน โดยที่ระยะเวลา 15 วัน หญ้าจะดูดซับสารหนูได้มากที่สุด ทุกความระดับความเข้มข้น เมื่อคำนวณปริมาณความเข้มข้นสารหนูรวมทั้งต้นของหญังกินนีสีม่วง พบว่า เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นด้วย และมีปริมาณสารหนูมากที่สุดที่ระยะเวลา 15 วัน เมื่อคำนวณประสิทธิภาพการดูดซับสารหนูออกจากดินเป็นร้อยละ พบว่า มีค่าประสิทธิภาพสูงที่สุดที่ระยะเวลา 90 วัน เมื่อนำไปปลูกในดินจากท้ายเหมืองในเรือนทดลอง พบว่า ช่วงระยะเวลา

0-15 วัน มีอัตราการเจริญเติบโตมากที่สุด โดยที่ระยะเวลา 15 วัน หญ้าจะดูดซับสารหนูได้มากที่สุด ซึ่งมีความสอดคล้องกับดินสังเคราะห์ และยังพบว่าโดยส่วนใหญ่การดูดซับสารหนูมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาการปลูกนานขึ้น เนื่องจากช่วงระยะเวลา 45 วันแรก อัตราการเจริญเติบโตของหญ้าสูง และอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุดที่ระยะเวลา 15 วัน เนื่องจากมีการดูดธาตุอาหารในดินไปใช้มาก ทำให้ช่วงระยะเวลา 15 วันแรก ปริมาณความเข้มข้นของสารหนูในหญ้างังมาก และช่วงระยะเวลาหลัง 45 วันซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตช้าลงดังรูปที่ 6 จึงทำให้การดูดธาตุอาหารในดินย่อมลดลงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Doronila *et al.* (2014) ที่ได้ทำการศึกษาการสะสมสารหนูของหญ้ามะเขือเทศที่มีสารหนูปนเปื้อนในเรือนทดลอง พบว่าหญ้ามะเขือเทศ (*Enteropogon acicularis* (Lindl.) Lazarider) มีปริมาณความเข้มข้นของสารหนูในใบลดลงตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นที่ปลูกจากบ่อเก็บตะกอนดิน เมื่อคำนวณประสิทธิภาพการดูดซับสารหนูออกจากดินเป็นร้อยละ พบว่า มีค่าประสิทธิภาพสูงที่สุดที่ระยะเวลา 90 วัน สอดคล้องกับในดินสังเคราะห์ของงานทดลองนี้ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Srisatit *et al.* (2003) ที่พบว่า หญ้าแฝกหอมและแฝกคอนมีประสิทธิภาพดูดซับสารหนูออกจากดินได้มากที่สุดที่ค่าประสิทธิภาพที่ 90 วัน เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นสารหนูในดินสังเคราะห์กับดินท้ายเหมืองแร่ พบว่า ปริมาณสารหนูในดินจากท้ายเหมืองแร่จะดูดซับสารหนูได้น้อยกว่าในดินสังเคราะห์ เนื่องจาก การดูดซับสารหนูในดินมีความสัมพันธ์กับ pH ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) และปริมาณของสารหนูในดิน (Huang, 1994) และระดับความเป็นพิษสารหนูในดินต่อพืช มีค่าไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับชนิดของสารหนู ชนิดของพืช และประเภทของเนื้อดิน ซึ่งค่า CEC ทั้งในดินจากแปลงทดลองและดินจากท้ายเหมือง ค่าจะต่ำ ทำให้ดูดซับสารหนูจากดินได้น้อย แต่สารประกอบสารหนูที่ใช้ใส่ลงในดินจากแปลงทดลอง คณะเกษตรจะอยู่ในรูปของอาร์ซีเนต (As^{+5} , arsenate)

ซึ่งดินจะตรึงอาร์ซีเนต (As^{+5} , arsenate) สูงสุดที่ pH 6-8 (Huang, 1994) ซึ่งค่า pH ดินจากแปลงทดลองมีค่า pH อยู่ที่ 6.47 จึงสามารถดูดซับสารหนูได้มาก และนำไปสะสมในส่วนต่างๆของหญ้า นอกจากนี้ดินสังเคราะห์มีเนื้อดินเป็นดินทรายร่วน ซึ่งมีปริมาณดินทรายที่มากกว่าดินจากท้ายเหมืองที่เป็นดินร่วนทราย ดังจะเห็นได้ว่าลักษณะเนื้อดินที่ค่อนข้างเป็นดินทรายนั่น มักมีความสามารถในการดูดซับโลหะหนักได้ดีกว่าดินที่เป็นดินเหนียว (ศุภมาส, 2545)

ความเข้มข้นของสารหนูที่ระดับ 50, 100, 150 และ 200 mg/kg มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของหญ้า เมื่อเปรียบเทียบกับความสูงที่ 0 mg/kg มีอัตราการเจริญเติบโตที่มากกว่ากับระดับความเข้มข้นของสารหนู 50, 100, 150 และ 200 mg/kg และในดินท้ายเหมือง (153.02 mg/kg) การดูดซับสารหนูในดินสังเคราะห์สามารถสะสมสารหนูในส่วนรากมากกว่าส่วนลำต้นและใบทุกระยะเวลาเก็บตัวอย่าง และปริมาณส่วนต่างๆของหญ้าจะเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของสารหนูที่เพิ่มขึ้น และสามารถอยู่รอดได้ตลอด 90 วัน คือที่ระดับความเข้มข้นของสารหนู 50 mg/kgเมื่อนำไปปลูกในดินท้ายเหมืองในเรือนทดลอง สามารถอยู่รอดได้ตลอด 90 วัน และสามารถดูดซับสารหนูที่ส่วนรากมากกว่าส่วนลำต้นและใบทุกระยะเวลาเก็บตัวอย่าง เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการดูดซับสารหนูของหญ้านิสิ่ม่วง พบว่าหญ้านิสิ่ม่วงไม่สามารถใช้บำบัดดินที่ปนเปื้อนสารหนูได้ ฉะนั้น เมื่อนำหญ้านิสิ่ม่วงไปใช้เป็นหญ้าอาหารสัตว์ ควรที่จะระมัดระวังและหลีกเลี่ยงไม่นำไปปลูกในดินที่ปนเปื้อนสารหนู เช่น ท้ายเหมืองแร่ เนื่องจากหญ้านิสิ่ม่วงดูดซับสารหนูที่ส่วนลำต้นและใบเกินมาตรฐานที่ให้มีได้ในอาหาร คือไม่เกิน 1.08 mg/kg (Leonard, 1941) ทุกระยะเวลาเก็บตัวอย่าง คือ 6.214, 6.152, 2.578, 1.646, 1.282 และ 1.508 mg/kg เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้สารหนูแพร่กระจายเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร



รูปที่ 6 การดูดซับสารหนูในส่วนต้นของหญ้านิสิ่ม่วงในดินท้ายเหมืองเทียบกับดินสังเคราะห์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัยครั้งนี้ และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์ทุนอุดหนุนงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี. 2553. อาร์เซนไพไรต์ (Arsenopyrite). ค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2556.
จาก <http://www.dmr.go.th/main.php?filename=arsenopyrite>.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. ข้อมูลดิน. ค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2556. จาก http://osl101.lkd.go.th/survey_1/DATA_gr6.htm.
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2547. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 (พ.ศ. 2547) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน. กรุงเทพฯ .
- ศุภมาส พนิชศักดิ์พัฒนา. 2545. ภาวะมลพิษของดินจากการใช้สารเคมี. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ศูนย์วิจัยน้ำบาดาล. 2553. รายงานผลการปฏิบัติตามมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อมและมาตรการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมโครงการเหมืองแร่ทองคำทับฟ้า ต.เขาหลวง อ.วังสะพุง จ.เลย. ขอนแก่น: ศูนย์วิจัยน้ำบาดาล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศูนย์สันติภาพและสิทธิมนุษยชนแห่งภาคอีสาน

(PHRC). 2552. เสี่ยงจากคนขายขอบ นานองบง
[ฉบับอิเล็กทรอนิกส์]. โครงการขับเคลื่อนสิทธิด้าน
เศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรม. 2552: 1-39.

Anawar, H.M., Akai, J., Mostofa, K.M., Safiullah, S.
and Tareq, S.M. 2002. Arsenic poisoning in
groundwater: health risk and geochemical sources
in Bangladesh. *Environ Int.* 27:597- 604.

Baroni F., Boscagli, A., Di Lella, L.A., Protano, G.,
Riccobono F. 2004. Arsenic in soil and vegetation
of contaminated areas in southern Tuscany (Italy).
J. Geochem Explor. 81: 1–14

Chowdhury, U.K., Biswas, B.K., Chowdhury, T.R.,
Samanta, G., Mandal, B.K. and Basu, G.C. 2000.
Groundwater arsenic contamination in Bangladesh
and West Bengal, India. *Environ Health Perspect.*
108:393- 397.

Das, H.K. 2000. Bangladeshe Arsenic: Bhayabahata O
Sambhabhya Protikar Dhaka 1000, Bangladesh.
Bengali: Bangla Academy.

Das, H.K., Mitra, A.K., Sengupta, P.K., Hossain, A.,
Islam, F., & Rabbani, G.H. 2004. Arsenic
concentrations in rice, vegetables, and fish in
Bangladesh: a preliminary study. *Environ Int.*
30(3): 383-387.

Doronila, A.I., Maddox, L.E., Reichman, S.M., King,
D.J., Kolev, S.D., Woodrow, I.E. 2014. Vegetation
response of Australian native grass species
redgrass (*Bothriochloa macra* (Steudel) S.T.
Blake) and spider grass (*Enteropogon acicularis*
(Lindl.) Lazarides) in saline and arsenic
contaminated gold mine tailings: A glasshouse
study. *Minerals Engineering.* 56 (2014): 61-69.

Huang, Y.C. 1994. Arsenic in the environment. Part I:
Cycling and Characterization (Vol. 26). New
York: John Wiley and sons.

Leonard, M. 1941. Accumulation of arsenic in the
shoots of sudan grass and bush bean. *Plant
Physiol.* 16(3): July 1941.

Mitra, A. K., Bose, B. K., Kabir, H., Das, B. K., &
Hussain, M. 2002. Arsenic-related health problems
among hospital patients in southern Bangladesh.
Health Popul Nutr. 20: 198-204.

Pandey, P. K., Yadav, S., Nair, S., & Bhui, A. (2002).
Arsenic contamination of the environment: a new
perspective from central-east India. *Environ Int.*
28: 235- 245.

Pendergrass, A., & Butcher, D. J. 2006. Uptake of lead
and arsenic in food plants grown in contaminated
soil from Barber Orchard, NC. *J. Microchem.*
83(1): 14-16.

Smith, A. H., Lingas, E. O., & Rahman, M. 2001.
Contamination of drinking-water by arsenic in
Bangladesh health emergency. *Bull World Health
Organ.* 78: 1093-1103.

Srisatit, T., Kosakul, T., Dhitivara, D. 2003. Efficiency
of Arsenic Removal from Soil by *Vertiveria
Zizanioides* and *Vetiveria nemoralis*. *ScienceAsia.*
29 (2003): 291-296.

Visootviseth, P., Francesconi, K., & Sridokchan, W.
2002. The potential of Thai indigenous plant
species for the phytoremediation of arsenic
contaminated land. *Environ Pollution.* 118(3): 453-
461.

Benton, J.J. 2001. Laboratory guide for conduction
soil tests and plant analysis. New York : CRC
Press.