

บทคัดย่อ

การศึกษาและทดสอบเทคโนโลยีการลดปริมาณโลหะหนักในดินบนพื้นที่สูง ในปี 2560 มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบชีวภัณฑ์และคัดเลือกสารตรึงอาซินิก สำหรับลดความเป็นกรดและความเป็นพิษของโลหะหนักอาซินิกที่ปนเปื้อนในดินบนพื้นที่สูงที่ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน คือ (1) การพัฒนาต้นแบบชีวภัณฑ์และคัดเลือกสารตรึงอาซินิก (2) การทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบชีวภัณฑ์และสารตรึงอาซินิก ในสภาพแปลงปลูกพืชของเกษตรกรบนพื้นที่สูง และ 3) การตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนสารอาซินิกในปัจจัยการผลิตที่ถูกนำมาใช้ในพื้นที่สูง

การศึกษาและพัฒนาต้นแบบชีวภัณฑ์ลดความเป็นกรดและความเป็นพิษโลหะหนักอาซินิกในดิน ได้ทำการคัดเลือกวัสดุรองรับเชื้อแบคทีเรียไฮโซเลท Ars. 29 จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ 1) ซีโอไลท์ 2) ภูไมท์ 3) ไดอะตอมไมท์ 4) ไบโอสฟอสฟอไรต์ และ 5) ไดอะตอมไมท์ผสมไฮโซเลท มาทดสอบการอยู่รอดของเชื้อแบคทีเรียไฮโซเลท Ars.29 ผลการศึกษาเบื้องต้นสามารถคัดเลือกวัสดุรองรับหัวเชื้อทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ซีโอไลท์ ภูไมท์ และ ไดอะตอมไมท์ โดยพบว่าวัสดุรองรับหัวเชื้อทั้ง 3 ชนิดช่วยรักษาเชื้อแบคทีเรียไฮโซเลท Ars.29 ให้มีปริมาณเชื้อสูงสุดในระยะเวลา 180 วัน ได้มากกว่า 10^5 cfu/g และเมื่อนำต้นแบบชีวภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ไปทดสอบประสิทธิภาพในการลดโลหะหนักอาซินิกในดินในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าเชื้อแบคทีเรียไฮโซเลท Ars.29 ที่เตรียมโดยใช้วัสดุรองรับเป็น ซีโอไลท์ ภูไมท์ และ ไดอะตอมไมท์ สามารถลดปริมาณอาซินิกในรูปที่ละลายน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยภูไมท์สามารถลดได้ 87% และไดอะตอมไมท์ลดได้ 43% อย่างไรก็ตามไดอะตอมไมท์ถูกคัดเลือกเป็นวัสดุรองรับหัวเชื้อไฮโซเลท Ars 29 เนื่องจากคุณสมบัติในการรักษาเซลล์ที่มีชีวิตของเชื้อแบคทีเรียไฮโซเลท Ars.29 ได้ในระดับที่สูง ต้นทุนการผลิตต่ำ และความสะดวกในการจัดหาเพื่อนำมาใช้งาน สำหรับการคัดเลือกสารตรึงอาซินิก เพื่อลดความสามารถในการเคลื่อนที่ของอาซินิกในดิน ได้ดำเนินการในห้องปฏิบัติการเคมีดิน ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คัดเลือกสารตรึงอาซินิก 4 ชนิด ได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) เฟอรัสซัลเฟต (FeSO_4) เฟอริกคลอไรด์ (FeCl_3) และ เหล็กคีเลต (Fe-EDTA) นำมาทดสอบ โดยเติมสารตรึงอาซินิกในอัตราที่แตกต่างกัน (0.1 0.5 และ 1% w/w) ลงไปในดินที่มีการปนเปื้อนอาซินิก 1,000 mg/kg แล้ววิเคราะห์หาอาซินิกที่ระยะเวลา 0 และ 15 วัน หลังการเติม ผลการศึกษาพบว่า การเติมเฟอรัสซัลเฟตและเฟอริกคลอไรด์ อัตรา 1% w/w สามารถลดปริมาณอาซินิกในรูปที่ละลายน้ำได้ 92% นอกจากนี้ยังสามารถลดปริมาณอาซินิกในรูปที่ถูกดูดซับอย่างหลวมๆ บนผิวดิน 90% และเมื่อนำเฟอรัสซัลเฟตมาทดสอบระยะเวลาและประสิทธิภาพในการการตรึงอาซินิก โดยใส่เฟอรัสซัลเฟตในอัตรา 0.1 0.5 และ 1% w/w ลงในดินเพาะปลูกที่มีการปนเปื้อนอาซินิก 27.65 mg/kg แล้วทำการวิเคราะห์หาอาซินิกที่ระยะ 0 15 และ 30 วันหลังการบำบัด พบว่าการใช้เฟอรัสซัลเฟต อัตรา 0.1 % w/w มีประสิทธิภาพเพียงพอในการลดปริมาณอาซินิกในรูปที่ละลายน้ำได้ ซึ่งเป็นรูปที่ละลายน้ำและเข้าสู่พืชได้ง่าย ดังนั้นเฟอรัสซัลเฟต จึงถูกคัดเลือกเพื่อนำไปใช้ในทดสอบการลดอาซินิกในดินบนพื้นที่สูงที่มีการปนเปื้อน

การทดสอบเทคโนโลยีการลดปริมาณโลหะหนักอาซินิกในดินบนพื้นที่สูง ได้ดำเนินการทดสอบในแปลงปลูกพืชที่มีรายงานการปนเปื้อน 2 พื้นที่ ได้แก่ โรงเรือนปลูกพืชของเกษตรกร ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถ อ.ฮอด จ.เชียงใหม่ ซึ่งมีการปนเปื้อนสารอาซินิก 31.31 mg/kg และแปลงปลูกพืช ของสถานีเกษตรหลวงปางดะ อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่ ซึ่งมีการปนเปื้อนสารอาซินิก 35.08 mg/kg โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ 6 กรรมวิธี ซึ่งประกอบไปด้วยกรรมวิธีบำบัดดินที่แตกต่างกัน 5 กรรมวิธี ได้แก่ 1) การใช้เชื้อไอโซเลท Ars.29 2) การใช้เชื้อไอโซเลท Ars.29 ร่วมกับปุ๋ย 3) การใช้เชื้อไอโซเลท Ars.29 ร่วมกับปุ๋ยและเฟอร์รัสซัลเฟต 4) การใช้เชื้อไอโซเลท Ars.29 ร่วมกับเฟอร์รัสซัลเฟต 5) การใช้เฟอร์รัสซัลเฟต และมีกรรมวิธีที่ไม่บำบัดดินเป็นกรรมวิธีควบคุม ทำการปลูกผักกาดขาวปลีและมะเขือม่วงเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของการบำบัดดิน ผลการศึกษาพบว่า การใช้สารเฟอร์รัสซัลเฟตในตรึงอาซินิก โดยผสมน้ำรดดินก่อนปลูกในอัตรา 0.1% ช่วยลดอาซินิกในรูปที่ละลายน้ำได้ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สามารถลดอาซินิกในรูปที่ละลายน้ำได้มากกว่าร้อยละ 21 และ การใช้เชื้อไอโซเลท Ars.29 ในรูปแบบชีวภัณฑ์ผสมปุ๋ย รองกันหลุมก่อนปลูก อัตรา 1 ช้อนชา/หลุม ร่วมกับการใช้สารตรึงอาซินิกเฟอร์รัสซัลเฟต ช่วยลดการดูดอาซินิกในรากและในลำต้นของผักกาดขาวปลีได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสามารถลดปริมาณอาซินิกในรากได้ร้อยละ 21-29 และลดอาซินิกในลำต้นได้ร้อยละ 28-49 เช่นเดียวกับมะเขือม่วง พบว่าสามารถลดปริมาณอาซินิกในรากได้ร้อยละ 39 และลดอาซินิกในลำต้นได้ร้อยละ 28 อย่างไรก็ตามไม่พบการปนเปื้อนของอาซินิกในผลของมะเขือม่วงในทุกกรรมวิธี

สำหรับการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนอาซินิกในปัจจัยการผลิต ได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างปัจจัยการผลิตชนิดต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วยตัวอย่างน้ำ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช วัสดุเพาะปลูก และปูนโดโลไมท์ จากศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 10 ศูนย์ ได้แก่ ปังค่า ห้วยน้ำริน แม่ลาน้อย ปางอุ๋ง หุ่นเรา หุ่นเริง แม่แฮ แม่โถ ปางดะ และม่อนเงาะ จำนวน 117 ตัวอย่าง ตรวจพบการปนเปื้อนสารอาซินิก 42 ตัวอย่าง (35.6%) โดยการปนเปื้อนอาซินิกในระดับสูง ส่วนใหญ่อยู่ในปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งพบการปนเปื้อนถึง 22 ตัวอย่าง (71%) จากข้อมูลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ในการลดปัญหาการปนเปื้อนโลหะหนักอาซินิกบนพื้นที่สูง จำเป็นต้อง 1) ลดหรืองดใช้ปัจจัยการผลิตที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักอาซินิก โดยทำการตรวจวิเคราะห์ ปัจจัยการผลิตเบื้องต้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีที่มีการนำเข้ามาใช้ในพื้นที่ และ 2) ลดการดูดอาซินิกของพืชที่ปลูก โดยลดปริมาณอาซินิกที่พืชสามารถดูดใช้ได้ง่าย ซึ่งได้แก่ อาซินิกที่สามารถละลายน้ำได้ โดยการบำบัดดินด้วยเชื้อไอโซเลท Ars.29 ร่วมกับการใช้ปุ๋ยและสารตรึงอาซินิกเฟอร์รัสซัลเฟตก่อนปลูกพืช

Abstract

The 2017's year research was conducted in order to develop the prototype of bio-product and select the arsenic immobilizing substance for reduction of soil acidity and toxicity of arsenic from arsenic contaminated highland soil. The study was divided into 3 parts, (1) development of the prototype of bio-product and selection of arsenic immobilizing substance (2) efficiency test of the bio-product prototype and arsenic immobilizing substance for arsenic remediation under field conditions and (3) analysis of arsenic in agricultural production inputs.

For development of the bio-product prototype, 5 carriers, zeolite, pumice, diatomite, mixture of diatomite and leonardite and mixture of biochar and leonardite were selected to test as a carrier for Ars.19 bacteria. The results show that zeolite, pumice and diatomite were suitable for Ars.29 bacterial carrier due to viability cell of Ars.29 were maintained at the high level ($>10^5$ cfu/g) after 180 days of storage. Therefore, 3 carriers were selected for arsenic immobilization test. The pumice-Ars.29 bacteria showed the highest in reduction of water soluble arsenic (WSAs). The pumice-Ars.29 reduced 87% of WSAs while diatomite-Ars.29 reduced 43% of WSAs. However diatomite was selected for Ars.29 carrier due to (1) maintaining of high level of viability cell (2) low production cost and (3) available in market. Four arsenic immobilizing substances, calcium carbonate, ferrous sulfate, ferric chloride and Fe-EDTA were selected for efficiency test. In the test, the soil sample were contaminated by arsenic to 1,000 mg/kg. Each immobilizing substance was introduced into soil sample in doses of 0.1 0.5 and 1.0 % (w/w). Determination of the arsenic in the soil sample was done at 0 and 15 days after arsenic addition. The result showed that the average efficiency of WSAs immobilization was 92% and 90% for efficiency of loosely adsorbed arsenic (LAAs). In addition, ferrous sulfate at the rate of 0.1, 0.5 and 1.0% was also tested with 27.65 mg/kg of arsenic contaminated soil collected from farmer's field. The results indicated that application ferrous sulfate at the rate of 0.1% (w/w) was sufficient to immobilize WSAs which this form was easy uptake by plant. Therefore, ferrous sulfate was selected for the arsenic immobilization test in the farmer's field.

To evaluate the efficiency of bio-product prototype and arsenic immobilizing substance two experiments were carried out in vegetable growing greenhouse at Mae

Tho village, Hot district, and in the planting area of the Royal Agricultural Station, Pang Da, Samoeng district, Chiang Mai province where the high concentration of arsenic (31.31 and 35.08 mg/kg) in soil has been reported. The experiment design was a RCB with 6 treatments and 4 replications. Five methods for arsenic remediation including application of 1) diatomite-Ars.29 2) diatomite-Ars.29 in combination with dolomite 3) diatomite-Ars.29 in combination with dolomite and ferrous sulfate 4) diatomite-Ars.29 in combination with ferrous sulfate and 5) immobilization by ferrous sulfate were tested. No arsenic remediation treatment was used as control treatment. When each treatment was applied to arsenic-contaminated soil, followed by growing Chinese cabbage and eggplant to test the efficiency of the treatment. The application of 0.1% w/w of ferrous sulfate showed highest in reduction of water soluble arsenic. The average efficiency of water soluble arsenic immobilization was >21%. In addition, the application of diatomite-Ars.29 in combination of lime and ferrous sulfate to soil reduced arsenic uptake by Chinese cabbage and eggplant significantly. Arsenic content in the edible above ground part and root of Chinese cabbage decreased 28-49% and 21-29% respectively. Similarly, in eggplant, arsenic content in the root and shoot decreased 39% and 28% respectively. However, no arsenic contamination in fruits of eggplant were observed.

In the third part of this research, agricultural production inputs including irrigation water, chemical fertilizer, organic fertilizer, pesticide, culture media and dolomite were collected from 10 Development Centers of the Royal Project Foundation, Pang Kha, Huay Nam Rin, Mae La Noi, Pang Ung, Tong Rao, Tung Roeng, Mae Hae, Mae Tho Pang Da and Mont-ngo for total arsenic analysis. 117 samples of agricultural production inputs were subjected to arsenic analysis and 42 arsenic contaminated samples (35.6%) were observed. It should be noted that high level of arsenic content were found in organic fertilizer. About 71% of organic fertilizer were arsenic contaminated.

It is possible to draw conclusions based on the tests carried out. In order to prevent the arsenic contamination in highland agricultural soil, the farmers should avoid or reduce the use of contaminated agricultural inputs in farmer's field. In addition, arsenic contamination in agricultural production inputs should be analyzed before using in the farmer's field. Through arsenic immobilization by application of diatomite-Ars.29 in combination of dolomite and 0.1% of ferrous sulfate, it is possible to reduce the toxic impact of arsenic on plants.