



ผลของการลดสัดส่วนตะกอนดินต่อการสะสมสารหนูในสับปะรด

Effect of Reservoir Sediment Ratio in Soil Media on Arsenic Accumulation in Pineapple (*Ananas comosus* [L.] Merr.)

สุพรรณณี ทักษิณสัมพันธ์^{1*}, อรอนงค์ ผิวนิล², ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา¹, คณิตา ตังคณานุรักษ์²

Supanee Taksinsampan^{1*}, Onanong Phewnil², Supamard Panichsakpatana¹, Kanita Tungkananuruk²

(Received: Sep 19, 2019; Revised: Oct 11, 2019; Accepted: Oct 28, 2019)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนสารหนูในน้ำผิวดินภายในอ่างเก็บน้ำพุสวรรค์ อำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี โดยพบว่าตะกอนดินจำนวนมากภายในอ่างเก็บน้ำพุสวรรค์มีปริมาณสารหนูในรูป Total arsenic 26.2 มก./กก. ซึ่งสูงเกินค่ามาตรฐาน ดังนั้นการขุดลอกตะกอนดินเพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตรโดยใช้วิธีการลดสัดส่วนของดินจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ โดยทำการศึกษา (1) อัตราส่วนที่เหมาะสมของตะกอนดินจากอ่างเก็บน้ำพุสวรรค์ต่อการเจริญเติบโตของต้นสับปะรด (2) ปริมาณการสะสมสารหนูในส่วนต่างๆ ของต้นสับปะรด โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 4 ตำรับการทดลอง กำหนดอัตราส่วนโดยน้ำหนัก ตะกอนดิน:ดินปลูก ดังนี้ 0:1, 1:10, 1:5 และ 1:1 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แบ่งเป็น 3 ระยะเก็บผลการทดลอง คือ ก่อนออกดอก ออกดอก และเก็บเกี่ยวผลผลิต ผลการศึกษาพบว่า ตำรับที่มีตะกอนดินต่อดินปลูก 1:10 พืชมีการเจริญเติบโตดีที่สุด ส่วนตำรับที่มีตะกอนดินต่อดินปลูก 1:1 พืชมีการเจริญเติบโตต่ำที่สุด ในส่วนของการสะสมสารหนู (Total arsenic) ในพืช พบปริมาณมากที่สุดบริเวณรากในทุกระยะการเจริญเติบโต เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลอง พบว่า ตำรับที่มีตะกอนดินต่อดินปลูก 1:10 มีการสะสมสารหนูในรากและใบในปริมาณต่ำ ซึ่งไม่แตกต่างกับตำรับดินที่ไม่มีตะกอนดิน และพบการสะสมสารหนูในผลสับปะรดต่ำที่สุดในตำรับที่มีตะกอนดินต่อดินปลูก 1:10 เพียง 0.0134 มก./กก.

คำสำคัญ: การสะสมสารหนู การลดสัดส่วนดิน สับปะรด

Abstract

The objective of this research is to solve the contamination of Arsenic in the sediment of the Phu Sawan reservoir in Kaeng Krachan District of Petchaburi Province as it found that there is a lot of sediment in the reservoir and contains arsenic for 26.2 mg/kg, which was exceeded the guideline limit. Therefore, the dredging for agricultural benefit by soil dilution technique is interesting. This article (1) studied the suitable proportion of soil dilution technique towards the growth of pineapple, and (2) examined the accumulation of arsenic in parts of the plant, designed by Completely Randomized Design (CRD) with 4 treatments,

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

¹ Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University

² ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

² Department of Environmental Science, Faculty of Environment, Kasetsart University

* Corresponding author: t.supanee@gmail.com

1 normal soil + 3 ratios by weight (Sediment: Soil); 0:1, 1:10, 1:5 and 1:1 and 3 replications. The experimental samples were harvested at 3 growth stages: before flowering stage, flowering stage and harvesting stage. As the result, it was found that the treatment (Sediment : soil = 1:10) provides the best result while the treatment (Sediment : soil = 1:1) gives the low rate of growth. As a result included 3 stages, it was found the arsenic accumulation at the highest rate at the root. The treatment (Sediment : soil = 1:10) has the low arsenic accumulation in roots and leaves which is not different from the normal soil. It was found that the Arsenic accumulation in pineapple fruits of the treatment (Sediment : soil = 1:10) has the lowest value or 0.0134 mg/kg.

Keywords: Arsenic accumulation, Dilution technique, Pineapple

บทนำ

การปนเปื้อนของสารหนูในสิ่งแวดล้อมและในผลผลิตพืชเป็นปัญหาที่สำคัญเนื่องจากส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของมนุษย์ สารหนูได้รับการยอมรับว่าเป็นสารพิษที่รู้จักกันดีมาตั้งแต่สมัยโบราณ แม้ในความเข้มข้นต่ำแต่หากได้รับสารหนูในระยะยาวก็สามารถนำไปสู่โรคต่างๆ เช่น เนื้ออก ความผิดปกติของผิวหนัง ความผิดปกติของตับ การได้ยินบกพร่อง และนำไปสู่การเกิดมะเร็งได้ (Hutton, 1987) ประเทศไทยมีการกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพดินเพื่อการเกษตรและที่อยู่อาศัย คือ มีปริมาณสารหนูทั้งหมดไม่เกิน 3.9 มก./กก. (Ministry of Natural Resources and Environment, 2004) สารหนูหรืออาร์เซนิกเป็นธาตุกึ่งโลหะมีสมบัติเป็นแคลโคไฟล์ (Chalcophile) มาก มีลักษณะทางเคมีที่คล้ายกับฟอสฟอรัส โดยเฉพาะในระบบที่มีออกซิเจน (Aerated system) อาร์เซนิกเป็นที่สนใจในประเทศไทยเมื่อเกิดเหตุการณ์โรคไตดำขึ้นที่อำเภอรัตนบุรี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อบ่อน้ำดื่มมีอาร์เซนิกปนเปื้อนอยู่ โรคไตดำนี้เคยเกิดขึ้นที่ประเทศญี่ปุ่นมาก่อนเมื่อปี พ.ศ. 2498 เรียกว่าโรคจากนมผงโมรินางะ เกิดจากนมผงดังกล่าวมีอาร์เซนิกปนเปื้อนในปริมาณสูง ทำให้เด็กเสียชีวิต 133 คน และมีผู้ป่วยอีกหมื่นกว่าคน (Panichsakpatana, Thongju, & Khaokaew, 2016) ตามปกติความเข้มข้นของสารหนูในดินที่ไม่มีกรปนเปื้อนพบประมาณ 10 มก./กก. แต่ในดินที่ปนเปื้อนอาจสูงถึง 30,000 มก./กก. (Nateewattana, 2014)

อ่างเก็บน้ำพุสวรรค์เป็นโครงการอ่างเก็บน้ำตามแนวพระราชดำริเพื่อบรรเทาปัญหาขาดแคลนน้ำของราษฎร สร้างขึ้นในปี พ.ศ. 2516 โดยกรมชลประทาน ต่อมากรมทรัพยากรน้ำได้ก่อสร้างระบบประปาหมู่บ้านโดยมีการสูบน้ำจากอ่างเก็บน้ำพุสวรรค์ส่งจ่ายน้ำไปยังหมู่บ้านพุสวรรค์ให้ราษฎรได้ใช้ประโยชน์ แต่จากการดำเนินงานที่ไม่ต่อเนื่องจึงทำให้เกิดปัญหาคุณภาพน้ำที่ไม่ได้มาตรฐาน สำนักงานทรัพยากรสิ่งแวดล้อมภาคบุรีรัมย์จึงขอความอนุเคราะห์ไปยังมูลนิธิชัยพัฒนาในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ โดยโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมภาคบุรีรัมย์อันเนื่องมาจากพระราชดำริเป็นผู้รับผิดชอบดำเนินการในเรื่องดังกล่าว ผลการศึกษาคุณภาพน้ำผิวดินและตะกอนดินภายในอ่างเก็บน้ำพุสวรรค์ อำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี พบว่ามีปริมาณสารหนูเกินค่ามาตรฐานกำหนด (มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 และมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม) ในทุกจุดเก็บตัวอย่าง โดยลักษณะทางธรณีวิทยาในบริเวณนี้เป็นหินแกรนิตประปราย จึงสามารถตรวจพบสารหนูได้มาก เพราะสารหนูเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของหินแกรนิตด้วย ทั้งนี้สารหนูมักตกตะกอนและสะสมอยู่ในสารอินทรีย์และตะกอนดินซึ่งมีประจุลบ (The King's Rolly Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, 2013) หากมีการขุดลอกตะกอนดินซึ่งสะสมจากการพัดพาตะกอนจากพื้นที่ตอนบนของอ่างเก็บน้ำจำนวนมากนี้ออกไป อาจจะช่วยลดความเข้มข้นของสารหนูที่ตรวจพบในน้ำผิวดินได้ ดังนั้นการขุดลอกตะกอนดินขึ้นจากอ่างเก็บน้ำพุสวรรค์เพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตรจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ อีกทั้งตะกอนดินมีปริมาณธาตุอาหารหลักที่จำเป็น



ต่อพืชและมีปริมาณอินทรีย์วัตถุจำนวนมาก แต่อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยเพื่อบำบัดสารหนักก่อนนำตะกอนดินไปใช้ประโยชน์ดังกล่าว เพราะหากมีการปนเปื้อนสารหนักในสิ่งแวดล้อมมากเกินไปเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ อาจก่อให้เกิดพิษต่อมนุษย์ทั้งโดยทางตรงและทางอ้อม

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะหาแนวทางแก้ไขปัญหาคาร์บอนในน้ำผิวดินดังกล่าว ซึ่งวิธีการลดสัดส่วนดิน (Soil dilution technique) จัดเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถลดความเข้มข้นของโลหะหนักในดินได้ (Ahmad, Lee, Yang, Ro, Lee, & Ok, 2012) นอกจากนี้ Hseu, Su, Lai, Guo, Chen, & Chen (2010) ได้แนะนำให้ใช้วิธีการลดสัดส่วนดินในการบำบัดดินที่ปนเปื้อนโลหะหนักอีกด้วย โดยงานวิจัยนี้ทำการศึกษาอัตราส่วนของตะกอนดินและดินปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นสับปะรด และศึกษาปริมาณการสะสมสารหนักในส่วนต่างๆ ของต้นสับปะรด ได้แก่ ราก ลำต้น ใบ ดอก และผล โดยเลือกสับปะรดเป็นพืชทดลองเนื่องจากสับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของชุมชน โดยผลการศึกษาค้นคว้าจะนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการตะกอนดินภายในอ่างเก็บน้ำพุทธวรรค์ อำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรีต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนของดินตะกอนและดินปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นสับปะรด
2. เพื่อศึกษาปริมาณการสะสมสารหนักในส่วนต่างๆ ของต้นสับปะรด
3. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาคาร์บอนในน้ำผิวดินภายในอ่างเก็บน้ำพุทธวรรค์ อำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี

ระเบียบวิธีวิจัย

แผนการทดลองและวิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 4 ดำรับการทดลอง ประกอบด้วย อัตราส่วนตะกอนดิน : ดินปลูก (โดยน้ำหนัก) เท่ากับ 0:1, 1:10, 1:5 และ 1:1 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แบ่งเป็น 3 ระยะเก็บผลการทดลอง คือ ระยะก่อนออกดอก ระยะออกดอก และระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต เก็บตัวอย่างตะกอนดินปนเปื้อนสารหนักในอ่างเก็บน้ำพุทธวรรค์ อำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี บริเวณกึ่งกลางของอ่างเก็บน้ำเนื่องจากตรวจพบปริมาณสารหนักสูงกว่าบริเวณอื่นๆ จากนั้นนำไปผึ่งลมจนแห้งและคลุกเคล้าให้เข้ากันและทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดินก่อนปลูก ส่วนตัวอย่างดินปลูกเก็บจากแปลงสับปะรดของเกษตรกรชุมชนบ้านพุทธวรรค์ ทำการเก็บตัวอย่างดินแบบสุ่มทั้งพื้นที่ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร จำนวน 5 จุด โดยใช้จอบขุด นำไปผึ่งลมให้แห้งและคลุกเคล้าให้เข้ากันและทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดินก่อนปลูก คัดเลือกหน่อสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย (Smooth cayenne) อายุ 4 เดือน ที่มีขนาดใกล้เคียงกันจากเกษตรกรชุมชนบ้านพุทธวรรค์ นำไปผึ่งลมให้แห้ง ก่อนปลูกซบหน่อพันธุ์สับปะรดด้วยสารป้องกันกำจัดเชื้อราเพื่อป้องกันโรครากเน่าหรือต้นเน่า โดยใช้ฟอสโฟนิกแอซิด อัตราส่วน 50 มล./น้ำ 20 ลิตร ปลูกต้นสับปะรดที่เตรียมไว้ในกระถางพลาสติกขนาด 12 x 12 นิ้ว ใส่ดินผสมตามอัตราส่วนที่กำหนด จำนวนทั้งสิ้น 36 กระถาง แต่ละกระถางหุ้มด้วยถุงพลาสติกอย่างหนา เพื่อรองรับโลหะหนักที่จะออกมากับน้ำที่รดพืช โดยให้น้ำและน้ำตามแนวทางทั่วไปของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษา ดำเนินการทดลองในพื้นที่แปลงสับปะรดของเกษตรกรชุมชนพุทธวรรค์ ตำบลพุทธวรรค์ อำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี

การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนปลูก

นำตะกอนดินและดินปลูกที่แห้งแล้วมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. เพื่อวิเคราะห์สมบัติของดินก่อนปลูก ได้แก่ ชนิดเนื้อดินด้วยวิธีปิเปต (Gee & Bauder, 1986) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (ดิน:น้ำ = 1:1) ค่าการนำไฟฟ้า (ดิน:น้ำ = 1:5) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ใช้ 1M NH₄OAc ที่ pH 7 (Chapman, 1965) อินทรีย์วัตถุใช้วิธี Walkley & Black (1934) และตรวจวัดสารหนูในรูป Total arsenic โดยวิธีการย่อยด้วยกรดเข้มข้น (Aqua regia) ตามวิธี EPA-3052 (United States Environment Protection Agency (USEPA), 1982) วัดปริมาณสารหนูด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (AAS) ทำการตรวจสอบความเที่ยงตรงและแม่นยำโดยใช้ Reagent blanks และ Internal standards โดย Detection limit ของวิธีนี้คือ 1 µg kg⁻¹ หรือ µg l⁻¹

การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างพืช

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของสับปะรดใช้ดัชนีชี้วัด ได้แก่ จำนวนใบ และความสูงของต้น โดยเก็บข้อมูลทุกๆ 2 เดือน จนถึงระยะออกดอก ส่วนข้อมูลการสะสมสารหนูในส่วนต่างๆ ของต้นสับปะรดทำการตรวจวัดปริมาณสารหนูในรูป Total arsenic ในส่วนต่างๆ ของพืช ได้แก่ ราก ลำต้น ใบ ดอก และผล โดยเก็บตัวอย่างพืชตามแผนการทดลอง ได้แก่ ระยะก่อนออกดอก ระยะออกดอก และระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยเก็บมาทั้งต้น ล้างด้วยน้ำสะอาด นำมาแช่ให้แห้ง แล้วทำการตัดแยกแต่ละส่วนของพืช จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C จนน้ำหนักคงที่ เก็บตัวอย่างในถุงพลาสติกที่แห้งสนิทและปิดสนิท บดตัวอย่างพืชและนำไปตรวจวัดสารหนูในพืชแบบ Total arsenic โดยวิธีการย่อยด้วยกรดเข้มข้น (Aqua regia) ตามวิธี EPA-3052 (USEPA, 1982) วัดปริมาณสารหนูด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (AAS) ทำการตรวจสอบความเที่ยงตรงและแม่นยำโดยใช้ Reagent blanks และ Internal standards โดย Detection limit ของวิธีนี้คือ 1 µg kg⁻¹ หรือ µg l⁻¹

การคำนวณและวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) หากพบว่าตัวแปรใดมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ก็ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ของตัวแปรนั้นๆ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการวิจัย

คุณสมบัติของตะกอนดินและดินปลูก

ผลการวิเคราะห์ตะกอนดินจากอ่างเก็บน้ำพุสวรรค์ พบว่า เป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง มีกลิ่นของแก๊สไข่เน่าค่อนข้างรุนแรง เมื่อประเมินตามเกณฑ์ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Land Classification Division and FAO Project staff, 1973) พบว่า ดินเป็นกลาง ส่วนค่าการนำไฟฟ้า (EC) มีค่าต่ำเพียง 13.0 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร แสดงให้เห็นว่ามีปริมาณไอออนที่ละลายน้ำออกมาไม่มากนัก มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงมากถึง 68.0 ก./กก. รวมทั้งมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ในระดับสูง เนื่องจากตะกอนดินดังกล่าวสะสมจากการพัดพาตะกอนจากพื้นที่ตอนบนของอ่างเก็บน้ำพุสวรรค์ ทำให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุจำนวนมาก พบปริมาณสารหนูในรูป Total arsenic เท่ากับ 26.2 มก./กก. ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งเกินค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 (Ministry of Natural Resources and Environment, 2004) ซึ่งกำหนดให้สารหนูทั้งหมดในดินต้องไม่เกิน 3.9 มก./กก. ส่วนดินปลูกเป็นชุดดินที่ 56 กลุ่มชุดดินในพื้นที่ตอน เขตดินแห้ง เป็นดินร่วนสีปนกลางถึงชั้นหินพื้น เศษหินหรือลูกรัง (Land Development Department, 2011) จากผลการวิเคราะห์พบว่า เป็นดินร่วนปนเหนียวมีเศษหินปน มีความเป็นกรดจัดมาก ค่าการนำไฟฟ้า (EC) มีค่าต่ำมากเพียง 1.3 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงปานกลาง (28.0 ก./กก.) รวมทั้งมีค่าความจุ



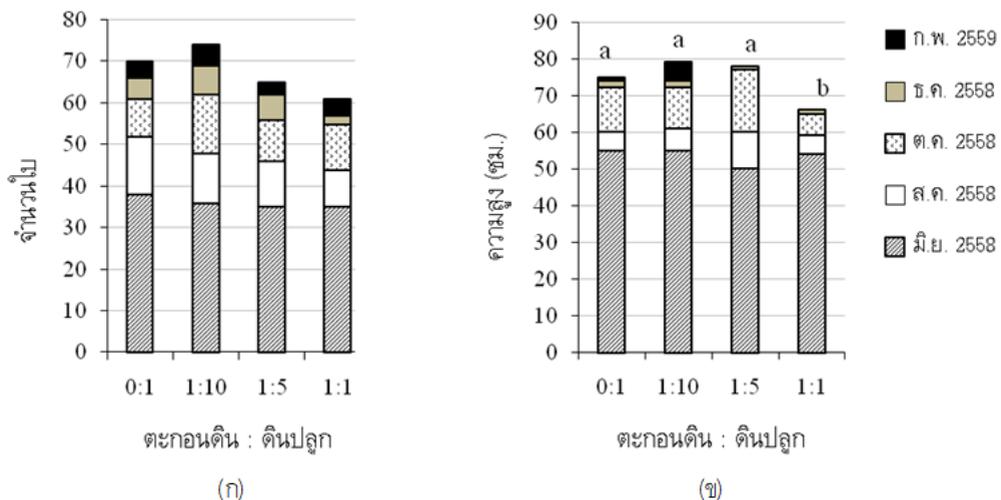
แลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ในระดับปานกลาง ดินมีปริมาณสารหนูในรูป Total arsenic เท่ากับ 3.5 มก./กก. เนื่องจากลักษณะทางธรณีวิทยาในบริเวณนี้เป็นหินแกรนิตประปราย จึงสามารถตรวจพบสารหนูได้ เพราะสารหนูเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของหินแกรนิต (The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, 2013)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของตะกอนดินและดินปลูกที่ใช้ในการวิจัย

| คุณสมบัติ | ตะกอนดิน | ดินปลูก |
|------------------|------------------|-------------------------|
| เนื้อดิน | เหนียวปนทรายแป้ง | ร่วนปนเหนียว มีเศษหินปน |
| pH | 7.3 | 4.9 |
| EC (dS/m) | 13.0 | 1.3 |
| OM (g/kg) | 68.0 | 28.0 |
| CEC (cmol/kg) | 27.0 | 13.0 |
| Total As (mg/kg) | 26.2 | 3.5 |

การเจริญเติบโตของต้นสับประรด

การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นสับประรดมีต้นชี้วัด คือ จำนวนใบ และความสูงของต้น โดยเก็บข้อมูลทุกๆ 2 เดือน จนถึงระยะออกดอก (มิถุนายน 2558 - กุมภาพันธ์ 2559) จากผลการทดลองพบว่า เมื่อสับประรดมีการเจริญเติบโตถึงระยะออกดอก จำนวนใบ (ภาพที่ 1-ก) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนความสูงของต้น (ภาพที่ 1-ข) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตำรับการทดลอง โดยการผสมตะกอนดินในอัตราส่วนที่เท่ากับกับดินปลูกทำให้สับประรดมีความสูงน้อยที่สุด



ภาพที่ 1 จำนวนใบ (ก) และความสูง (ข) ของต้นสับประรดที่ปลูกในดินที่มีอัตราส่วนของตะกอนดินแตกต่างกัน
หมายเหตุ : แท่งกราฟที่กำกับด้วยอักษรเหมือนกันพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

การสะสมสารหนูในส่วนต่างๆ ของพืช

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูในต้นสับปะรด (ตารางที่ 2) พบว่า มีสารหนูสะสมมากที่สุดบริเวณรากพืชในทุกๆ ระยะการเจริญเติบโต โดยในทุกๆ ระยะการเจริญเติบโต สับปะรดที่ปลูกในดินที่ไม่มีตะกอนดิน มีสารหนูสะสมในทุกส่วนของพืชต่ำที่สุด เมื่อพิจารณาระยะก่อนออกดอก พบว่า การสะสมสารหนูในรากและใบไม่มีความแตกต่างกันระหว่างดำรับการทดลองที่มีตะกอนดินผสม ส่วนของลำต้นพบสารหนูมากที่สุดในสัดส่วนของตะกอนดินต่อดินปลูก 1:1 อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนระยะออกดอก พบว่า สัดส่วนของตะกอนดินต่อดินปลูก 1:1 สะสมสารหนูไว้มากที่สุดในลำต้น ใบ และดอก เท่ากับ 0.5503 0.0683 และ 0.0504 มก./กก. ตามลำดับ ในขณะที่สัดส่วนของตะกอนดินต่อดินปลูก 1:10 มีสารหนูสะสมในทุกส่วนของพืชต่ำที่สุด เนื่องจากเป็นดำรับที่มีตะกอนดินผสมน้อยกว่าดำรับอื่นๆ ส่วนระยะเก็บเกี่ยวนั้น พบว่า สัดส่วนของตะกอนดินต่อดินปลูก 1:1 มีสารหนูสะสมในลำต้นมากที่สุด เท่ากับ 0.1206 มก./กก. รองลงมาคือสัดส่วนของตะกอนดินต่อดินปลูก 1:5 (0.0711 มก./กก.) และ 1:10 (0.0605 มก./กก.) เมื่อพิจารณาการสะสมสารหนูในผลสับปะรด พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยสัดส่วนของตะกอนดินต่อดินปลูก 1:5 และ 1:1 มีการสะสมมากที่สุด ส่วนสัดส่วนของตะกอนดินต่อดินปลูก 1:10 มีการสะสมสารหนูต่ำที่สุดเพียง 0.0134 มก./กก. โดยทุกดำรับการทดลองพบสารหนูสะสมในผลสับปะรดไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนด คือ สารหนูทั้งหมดในอาหารทั่วไปไม่เกิน 2 มก./กก. และสารหนูทั้งหมดในผักไม่เกิน 3 มก./กก. (Food and Drug Administration [FDA], 2004)

ตารางที่ 2 ปริมาณการสะสมสารหนูในส่วนต่างๆ ของต้นสับปะรด

| ดำรับการทดลอง (ตะกอนดิน : ดินปลูก) | ปริมาณสารหนูในรูป Total arsenic (มก./กก. น้ำหนักแห้ง) | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | ราก | ลำต้น | ใบ | ดอก/ผล |
| ระยะก่อนออกดอก | | | | |
| 0:1 | 1.1029±0.0145 ^b | 0.0001±0.0001 ^b | 0.0233±0.0079 | - |
| 1:10 | 1.5245±0.0640 ^a | 0.0009±0.0008 ^b | 0.0223±0.0040 | - |
| 1:5 | 1.6253±0.0970 ^a | 0.0007±0.0007 ^b | 0.0347±0.0098 | - |
| 1:1 | 1.5298±0.1562 ^a | 0.0051±0.0031 ^a | 0.0283±0.0032 | - |
| F-test | * | ** | ns | - |
| %CV | 11.58 | 59.97 | 42.44 | - |
| ระยะออกดอก | | | | |
| 0:1 | 0.4311±0.0153 | 0.0325±0.0126 ^b | 0.0409±0.0044 ^b | 0.0232±0.0066 ^b |
| 1:10 | 0.5352±0.0060 | 0.0594±0.0153 ^b | 0.0380±0.0060 ^b | 0.0294±0.0021 ^b |
| 1:5 | 0.9643±0.1545 | 0.0830±0.0188 ^b | 0.0617±0.0091 ^a | 0.0418±0.0013 ^a |
| 1:1 | 1.0428±0.2811 | 0.5503±0.2723 ^a | 0.0683±0.0048 ^a | 0.0504±0.0022 ^a |
| F-test | ns | ** | * | ** |
| %CV | 37.33 | 38.94 | 21.25 | 17.59 |



ตารางที่ 2 ปริมาณการสะสมสารหนูในส่วนต่างๆ ของต้นสับปะรด

| ตัวรับการทดลอง (ตะกอนดิน : ดินปลูก) | ปริมาณสารหนูในรูป Total arsenic (มก./กก. น้ำหนักแห้ง) | | | |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------|---------------|-----------------------------|
| | ราก | ลำต้น | ใบ | ดอก/ผล |
| ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต | | | | |
| 0:1 | 0.4571±0.0321 | 0.0176±0.0015 ^c | 0.0564±0.0067 | 0.0171±0.0045 ^{bc} |
| 1:10 | 0.6339±0.1500 | 0.0605±0.0248 ^b | 0.0551±0.0160 | 0.0134±0.0002 ^c |
| 1:5 | 0.7135±0.0186 | 0.0711±0.0321 ^b | 0.0661±0.0113 | 0.0436±0.0071 ^a |
| 1:1 | 0.7205±0.0208 | 0.1206±0.0122 ^a | 0.0731±0.0034 | 0.0370±0.0094 ^{ab} |
| F-test | ns | ** | ns | * |
| %CV | 21.34 | 10.60 | 29.45 | 39.31 |

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ปริมาณตะกอนดินมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นสับปะรด เนื่องจากคุณสมบัติของดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสับปะรด ควรเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทรายที่ระบายน้ำได้ดี ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ประมาณ 4.5-6.0 อินทรีย์วัตถุไม่ต่ำกว่า 1.5% (Kobkhangphlu, Chumpookam, & Chatbanyong, 2018) แม้ว่าตะกอนดินจากอ่างเก็บน้ำพุทธศวรรค์จะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงมากเหมาะกับการเกษตร แต่ลักษณะของตะกอนดินที่เป็นดินเหนียวปนทรายแข็ง มีขนาดอนุภาคค่อนข้างละเอียดและมีความแน่นสูง จึงทำให้การระบายน้ำของดินไม่ดีนัก ตัวรับที่มีตะกอนดิน 50% โดยน้ำหนักจึงมีการเจริญเติบโตในด้านความสูงของพืชต่ำที่สุด ส่วนการศึกษาปริมาณสารหนูทั้งหมดในพืช พบว่า มีการสะสมมากที่สุดบริเวณรากในทุกตัวรับการทดลอง สอดคล้องกับผลการศึกษาโดย Bhuthomdharaj (1994) ซึ่งพบปริมาณสารหนูสะสมสูงสุดในรากของมะเขือเทศ ผักกาดขาว และถั่วเขียว เช่นเดียวกับ Smith, Naidu, & Alston (2002) ที่สรุปว่า พืชผักจะสะสมสารหนูในรากพืชมากกว่าส่วนอื่นๆ โดยสารหนูจะถูกลำเลียงเข้าสู่พืชโดยรากแต่ไม่ค่อยเคลื่อนย้ายไปสะสมที่ส่วนเหนือดิน เช่น ลำต้นและใบ (Schm ger, Oven, & Grill, 2000; Pickering, Prince, George, Smith, George, & Salt, 2000) ส่วนปริมาณสารหนูทั้งหมดในผลสับปะรดของทุกตัวรับการทดลองไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดในอาหารทั่วไป (2 มก./กก.) ซึ่งกำหนดโดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (Food and Drug Administration (FDA), 2004) โดยมีสารหนูทั้งหมดในผลสับปะรด 0.0134 - 0.0436 มก./กก. เช่นเดียวกันกับการศึกษาการสะสมสารหนูในมะเขือเทศซึ่งปลูกในดินที่ปนเปื้อนสารหนู 56-75 มก./กก. ในประเทศอิตาลี ผลการทดลองพบปริมาณสารหนูทั้งหมดในผลมะเขือเทศเพียง 0.09 มก./กก. ในพื้นที่เกษตรกรรมทั่วไป และ 0.08 มก./กก. ในพื้นที่เกษตรอินทรีย์ แต่ในส่วนรากมะเขือเทศมีปริมาณสารหนูทั้งหมด 4.64 มก./กก. ในพื้นที่เกษตรกรรมทั่วไป และ 2.85 มก./กก. ในพื้นที่เกษตรอินทรีย์ (Stazi, Mancinelli, Marabottini, Allevato, Radicetti, Campiglia et al., 2018)

สรุป

อัตราส่วนของตะกอนดินและดินปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นสับปะรด คือ 1:5, 1:10 และ 0:1 (ดินปลูกล้วน) และเมื่อพิจารณาปริมาณสารหนูที่สะสมในส่วนต่างๆ ของพืช พบว่า อัตราส่วนตะกอนดินและดินปลูกที่ 1:10 มีปริมาณสารหนูทั้งในรากและใบต่ำเมื่อเทียบกับตำรับการทดลองอื่น ที่สำคัญปริมาณสารหนูสะสมในผลสับปะรด มีค่าต่ำสุดเพียง 0.0134 มก./กก. ซึ่งไม่แตกต่างกับดินปลูกล้วนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทุกตำรับการทดลองพบสารหนูสะสมในผลสับปะรดไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนด จึงสรุปได้ว่า ปริมาณการสะสมสารหนูในส่วนต่างๆ ของพืชลดลงตามสัดส่วนของตะกอนดินที่ผสมในดินปลูก โดยสามารถใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาสารหนูปนเปื้อนในน้ำผิวดินภายในอ่างเก็บน้ำพุทธสวรรค์ได้ และพบว่าอัตราส่วนตะกอนดินต่อดินปลูกที่ 1:10 เหมาะสมสำหรับการปลูกสับปะรดในพื้นที่ชุมชนพุทธสวรรค์ ตำบลพุทธสวรรค์ อำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี

ข้อเสนอแนะ

หากมีการใช้วัสดุปรับปรุงดินอื่นๆ เช่น ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมด้วยจะช่วยให้ประสิทธิภาพการบำบัดสารหนูดียิ่งขึ้น เนื่องจากสารอินทรีย์มีผลต่อการเคลื่อนที่ (Mobility) ของสารหนูในดิน และควรมีการศึกษาผลกระทบระยะยาวเกี่ยวกับการใช้ตะกอนดินที่ปนเปื้อนในการเกษตรเพิ่มเติมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้ และภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในการใช้ห้องปฏิบัติการเพื่อการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช

รายการอ้างอิง (References)

- Ahmad, M., Lee, S.S., Yang, J.E., Ro, H.M., Lee, Y.H., & Ok, Y.S. (2012). Effects of soil dilution and amendments (mussel shell, cow bone, and biochar) on Pb availability and phytotoxicity in military shooting range soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 79, 225-231.
- Bhuthorndharaj, S. (1994). *Arsenic Accumulation in Various Tissue of Some Plants*. M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)
- Chapman, H.D. (1965). Cation exchange capacity. In: C.A. Black, (Ed.), *Method of Soil Analysis part 2 Agronomy No. 9*. Wisconsin: American Society of Agronomy.
- Food and Drug Administration. (2004). *Food Safety Programme: Report from Food and Drug Administration*. Bangkok: Ministry of Public Health. (in Thai)
- Gee, G.W., & Bauder, J.W. (1986). Particle-sized analysis. In: A. Klute, (Ed.), *Methods of Soil Analysis Part 1 Physical and Mineralogical Methods*. American Society of Agronomy. Madison: Soil Science Society of America.
- Hseu, Z.Y., Su, S.W., Lai, H.Y., Guo, H.Y., Chen, T.C., & Chen, Z.S. (2010). Remediation techniques and heavy metal uptake by different rice varieties in metal - contaminated soils of Taiwan: New aspects for food safety regulation and sustainable agriculture. *Soil Science and Plant Nutrition*, 56(1), 31-52.



- Hutton M. 1987. Human health concerns of lead, mercury, cadmium and arsenic. In: T.C. Hutchinson, K.M. Meema, (Eds.), *Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in the Environment*. New York: John Wiley and Sons.
- Kobkhangphlu, S., Chumpookam, J., & Chatbanyong, R., (2018). Effect of Calcium Oxide on Vegetative Growth of 'Phuket' Pineapple [*Ananas comosus* (L.) Merr.]. *Thai Journal of Science and Technology*, 7(6), 592-599.
- Land Classification Division and FAO Project staff. (1973). *Soil Interpretation Handbook for Thailand*. Land Classification Division, Bangkok: Department of Land Development. (in Thai)
- Land Development Department. (2011). *Soil Group Map*. Retrieved from <http://eis.ddd.go.th/lddeis/SoilView.aspx>.
- Ministry of Natural Resources and Environment, Notification of the National Environment Committee, No. 25. (2004). *Issued under the Enhancement and Conservation of the National Environmental Quality Act 1992*. Standard for Soil Quality in Thailand. 20 October 2004. 170-181. (in Thai)
- Nateewattana, J. (2014). Arsenic Phytoremediation in Soil and Sediment: Mechanism and Management. *Khon Kaen University Science Journal*, 42(4), 730-747.
- Panichsakpatana, S., Thongju, C., & Khaokaew, S. (2016). *Soil Pollution*. Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- Pickering, I.J., Prince, R.C., George, M.J., Smith, R.D., George, G.N., & Salt, D.E. (2000). Reduction and Coordination of Arsenic in Indian Mustard. *Plant Physiology*, 122, 1171-1177.
- Schmöger, M.E.V., Oven, M., & Grill, E. (2000). Detoxification of Arsenic by Phytochelatins in Plants. *Plant Physiology*, 122, 793-801.
- Smith, E., Naidu, R., & Alston, A.M. (2002). Chemistry of Arsenic in Soils: II. Effect of phosphorous, sodium and calcium on arsenic sorption. *Journal of Environmental Quality*, 31(2), 557-563.
- Stazi, S.R., Mancinelli, R., Marabottini, R., Allevato, E., Radicetti, E., Campiglia, E., Marinari, S., (2018). Influence of Organic Management on As Bioavailability: Soil Quality and Tomato As Uptake. *Chemosphere*. 211, 352-359.
- The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project. (2013). *Final Report: Water quality management in Phu Sawan Watershed (Phase I and II)*. Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- United States Environment Protection Agency (USEPA). (1982). *Test Methods for Evaluating Solid Waste* (2nd ed.). Washington DC: Department of Commerce.
- Walkley, A., & Black, C.A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 29-38.