

การลดการชะละลายของโลหะหนักจากกากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบเอเอส

Reduction of Heavy Metals Leaching from Sludge of Activated Sludge of Domestic Wastewater Treatment System

พิมพ์ชนก บุญชู*, คณิตา ตั้งคณานุรักษ์, นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์

Pimchanok Boonchoo*, Kanita Tungkananurak, Nipon Tungkananurak

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*Corresponding author: Nhomtam_ku38@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการลดการชะละลายโลหะหนักจากกากตะกอนเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรโดยใช้ตัวดูดซับ เช่น ถ่านไม้ไผ่ เปลือกไข่ไก่ ปูนขาว เป็นต้น ความเข้มข้นของโลหะหนักถูกตรวจวัดด้วยวิธีการย่อยด้วยกรดตามวิธีมาตรฐาน US. EPA 3051 สำหรับกากตะกอน และ US. EPA 3015a สำหรับน้ำชะ ผลจากการศึกษาด้วยวิธี Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP) พบว่า ที่พีเอช 2.0 โลหะหนักทุกตัวถูกชะออกจากกากตะกอนที่ปริมาณสูง ทำการศึกษาการลดการชะละลายโลหะหนักที่พีเอช 6.0 พบว่า ถ่านไม้ไผ่ และเปลือกไข่ไก่ สามารถลดการชะละลายสังกะสีได้ 98.26% และ 98.04% ในขณะที่ปูนขาวสามารถลดการชะละลายแคดเมียมได้ 95.29% นอกจากนี้ ได้ทำการทดสอบการชะละลายแบบต่อเนื่องด้วยกระบะจำลอง 3 กระบะโดยการชะด้วยสารสกัดน้ำฝนพีเอช 6.0 ซึ่งกระบะที่ 1 คือ หน่วยทดลองควบคุม กระบะที่ 2 คือ กากตะกอนผสมเปลือกไข่ไก่และปูนขาว (1,200:120:36 กรัม) และกระบะที่ 3 คือ กากตะกอนผสมเปลือกไข่ไก่และถ่านไม้ไผ่ (1,200:120:600 กรัม) จากผลการศึกษา พบว่า กระบะทดลองที่ 2 มีประสิทธิภาพในการลดการชะละลายโลหะหนักได้ดีกว่ากระบะทดลองที่ 3 คือ ในน้ำชะผิวกากตะกอน พบว่า ร้อยละการชะละลายของทองแดง แคดเมียม เหล็ก และตะกั่วลดลง อย่างไรก็ตาม ในน้ำซึมผ่านใต้ชั้นกากตะกอนมีร้อยละการชะละลายของแคดเมียม สังกะสี เหล็ก และโครเมียมลดลง ดังนั้น การเติมเปลือกไข่ไก่ และถ่านไม้ไผ่ในกากตะกอนสามารถช่วยลดการชะละลายโลหะหนักของน้ำฝนที่เป็นกรดออกจากกากตะกอนของระบบบำบัดแบบเอเอสได้

คำสำคัญ : การชะละลาย, โลหะหนัก, กากตะกอนปนเปื้อน

Abstract

This research deal with the reduction of heavy metals leaching from sludge to utilize for cultivation by adsorbents such as bamboo charcoal, egg shell, lime, etc. The heavy metals concentration was determined by acid digestion of US. EPA method 3051 for sludge and US. EPA method 3015a for leachate. With the Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP), it revealed that at pH 2.0 all heavy metals were leached from sludge at the high level. The reduction of heavy metals leaching at pH 6.0 were conducted. It was found that bamboo charcoal and egg shell were able to reduce the leaching of Zn as 98.26% and 98.04% respectively. While lime gave the highest reducing efficiency of Cd leaching as 95.29%. In addition, the continuous leaching test by 3 simulated model unit were performed by leaching with the extract pH 6.0 rain. The 1st simulated model unit was used as the control unit, the 2nd was sludge mixed with the mixture of egg shell and lime (1,200: 120: 36 by wt.) and the 3rd was sludge the mixed with mixture of egg shell and bamboo charcoal (1,200: 120: 600 by wt.) It was found that the 2nd simulated model unit was able to decrease the leaching of heavy metal better than the 3rd the simulated model unit. in the run-off as indicated by decreasing percentage leaching of Cu, Cd, Fe, and Pb. As well as, in the permeate the decreasing percentage leaching of Cd, Zn, Fe and Cr. Therefore, the adding egg shell and bamboo charcoal was able to reduce the heavy metals leaching by acid rain from the AS sludge.

Keywords: Leaching, Heavy metal, Contaminated Activated Sludge

1. บทนำ

กากตะกอนของเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียใดๆ ของเสียต่างๆที่เจือปนในน้ำเสียอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ เช่น ซากสิ่งมีชีวิต ทิน ทราย ดิน ข้อมูลจากสำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม [1] พบว่าของเสียเหล่านี้จะมีการตกตะกอนตามแรงโน้มถ่วงของโลก ปริมาณตะกอนที่สะสมอยู่ในแต่ละส่วนของระบบจะมีผลต่อการบำบัดน้ำเสียโดยตรง ตะกอนน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการบำบัดจะมีการปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งอัตราการเพิ่มจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำทิ้ง และแหล่งที่มาของน้ำเสียนั้น และเมื่อปริมาณตะกอนเพิ่มมากขึ้นจะต้องมีการกำจัดออกจากระบบ ตะกอนของเสียเหล่านี้มีการนำไปใช้ประโยชน์โดยเฉพาะในการเพาะปลูกหรือถมที่ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม ถ้าเป็นสารเจือปนที่เป็นพิษ เช่น โลหะหนัก ดังนั้น การศึกษาวิจัยนี้ จึงได้ศึกษาการกำจัดโลหะหนักที่ปนเปื้อนในกากตะกอนก่อนนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกรมพัฒนาที่ดิน [2] เกี่ยวกับโครงการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรีย์วัตถุ กลุ่มอินทรีย์วัตถุและวัสดุเหลือใช้

ในงานวิจัยครั้งนี้มีการใช้หลักการการดูดซับด้วยวัสดุเหลือทิ้งที่เป็นมวลชีวภาพธรรมชาติในการทำให้โลหะหนักถูกตรึงอยู่ในกากตะกอน วัสดุเหลือทิ้งที่ถูกเลือกมาใช้ในงานวิจัย คือ เปลือกไข่ไก่ ถ่านไม้ไผ่ และปูนขาว ซึ่งวัสดุเหล่านี้เป็นวัสดุจากธรรมชาติ มีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีที่เป็นตัวดูดซับโลหะหนักได้ ดังนั้น จึงเลือกมาใช้ในการศึกษาของงานวิจัยครั้งนี้

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมกากตะกอน

เก็บกากตะกอนจากบ่อบำบัดน้ำเสียชุมชน แล้วนำมาตากแดดเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาร่อนด้วยตะแกรงขนาด 300 มม. กากตะกอนที่ผ่านการร่อนนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง กากตะกอนที่ผ่านการอบแล้วมาตำด้วยโถงบดยา และนำกากตะกอนใส่ถุง เก็บใส่ตู้ดูดความชื้นเพื่อนำไปใช้ในการทดลองในขั้นตอนต่อไป

2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและปริมาณโลหะหนักในกากตะกอน

2.2.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของกากตะกอนที่มีการปนเปื้อนโลหะหนัก เก็บจากบ่อบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน นำไปตากให้แห้งและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของกากตะกอน ได้แก่ ความชื้น ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุและอินทรีย์คาร์บอน (OM) โดยวิธีการของ Walkley Black ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) โดยวิธี Kjeldahl method วิเคราะห์ของแข็งทั้งหมด (TS) ของแข็งระเหยง่าย (VS) และค่าซีโอดี (COD) ด้วยวิธี Opened Reflux จากกรมพัฒนาที่ดิน [3]

2.1.2 การวิเคราะห์โลหะหนักในกากตะกอน ตัวอย่างกากตะกอน 0.5 กรัม ย่อยด้วยกรดไนตริกโดยเครื่อง Microwave Digester ตามวิธีมาตรฐาน US. EPA method 3051 และวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ Cr (VI), Ni (II), Cu (II), Fe (II), Pb (II), Cd (II) และ Zn (II) ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

2.3 ศึกษาการชะละลายของโลหะหนักจากกากตะกอนและวัสดุที่ใช้ลดการชะละลายโลหะหนักด้วยน้ำกลั่น

ทดสอบการชะละลายโดยวิธี SPLP ตามวิธี US. EPA method 1312 [4]

2.3.1 เตรียมสารละลายสกัด โดยนำน้ำกลั่นมา ปรับ pH ด้วยสารละลาย H₂SO₄ : HNO₃ (60:40) ตามวิธี SPLP และเตรียมสารสกัดพีเอช เท่ากับ 2.0, 4.2 และ 6.0

2.3.2 ชั่งตัวอย่างกากตะกอน 10 กรัม ถ่านไม้ไผ่ (1.0, 3.0 และ 5.0 กรัม) เปลือกไข่ไก่ (1.0, 3.0 และ 5.0 กรัม) หรือปูนขาว (0.1, 0.3 และ 0.5 กรัม) ต่อปริมาณสารสกัดหรือน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร หมุนเหวี่ยง 18 ชั่วโมง ด้วยความเร็ว 30 รอบต่อนาที กรองตัวอย่าง นำสารละลายไปย่อย ตามวิธี US. EPA method 3015a กรองและปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร ก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง AAS

2.4 ศึกษาความสามารถของการลดการชะละลายของโลหะหนักจากกากตะกอนด้วยสารสกัดน้ำฝนที่พีเอชต่างกัน

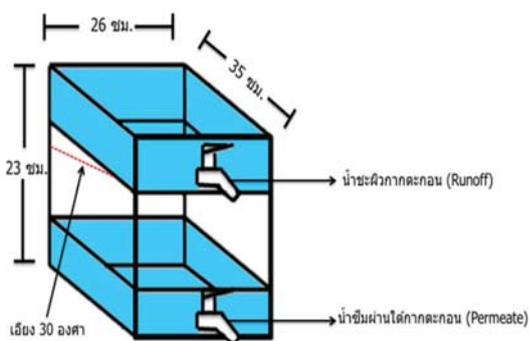
2.4.1 การทดสอบแบบแบตช์ (Batch method)

1) ศึกษาการชะละลายเมื่อใช้น้ำเป็นสารสกัด โดยชั่งตัวอย่างกากตะกอน 10.00 กรัม ต่อน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร นำไปหมุนเหวี่ยงความเร็ว 180 รอบต่อนาที ในระยะเวลาต่างๆกัน คือ 30 นาที, 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง และวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักตามวิธีมาตรฐาน

2) ศึกษาการชะละลายโลหะหนักเมื่อใช้วัสดุเหลือทิ้งลดการชะละลายโลหะหนักผสมกับกากตะกอน โดยใช้กากตะกอน 10.00 กรัม และผสมวัสดุเหลือทิ้งแต่ละชนิด ได้แก่ ถ่านไม้ไผ่ (1.0, 3.0 และ 5.0 กรัม), ปูนขาว (0.1, 0.3 และ 0.5 กรัม) และเปลือกไข่ (1.0, 3.0 และ 5.0 กรัม) และเติมน้ำกลั่นหรือสารสกัด pH 2.0, 4.2 และ 6.0 หมุนเหวี่ยง 18 ชั่วโมง ด้วยความเร็ว 30 รอบต่อนาที กรองตัวอย่าง นำสารละลายไปวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักตามวิธีมาตรฐาน

2.4.2 ศึกษาการชะละลายแบบต่อเนื่อง (Continuous Leaching Test)

การทดลองนี้เป็นทดลองเลียนแบบการชะละลายของกากตะกอนโดยน้ำฝนที่นำไปใช้ในพื้นที่ทางการเกษตรตามธรรมชาติ โดยมีการจำลองกระเบตทดลองมีความสูง 23 เซนติเมตร ยาว 35 เซนติเมตร และกว้าง 26 เซนติเมตร กระเบตทดลองมี 2 ชั้น ชั้นด้านบนมีการวางตัวกระเบตให้ลาดเอียง 30 องศา ตามพื้นที่แปลงเกษตรธรรมชาติ มีการต่อก๊อกลงปลายกระเบตทดลองเพื่อเก็บน้ำชะผิวหน้าดิน ก้นกระเบตทดลองเป็นตะแกรงมีรู ชั้นด้านล่างมีไว้เพื่อเก็บรวบรวมน้ำใต้ดินที่ไหลจากกระเบตทดลองชั้นบน โดยใช้ข้อมูลอัตราส่วนของกากตะกอนและวัสดุเหลือทิ้งจากการทดสอบแบบแบตซ์เพื่อให้เหมาะสมกับการจำลองกระเบตทดลอง โดยการทดลองนี้มีการทำการทดลองจำนวน 3 กระเบตทดลอง กระเบตทดลองที่ 1 กากตะกอน 1,200 กรัม เพื่อใช้เป็นตัวควบคุมการทดลอง, กระเบตทดลองที่ 2 กากตะกอน 1,200 กรัม ผสมกับเปลือกไข่ไก่ 120 กรัม และปูนขาว 36 กรัม ส่วนกระเบตทดลองที่ 3 เดิม กากตะกอน 1,200 กรัม ผสมกับ ถ่านไม้ไฟ 600 กรัม และเปลือกไข่ไก่ 120 กรัม ทำการเติมน้ำฝนจำลอง (น้ำกลั่นมาปรับพีเอชให้ได้เท่ากับ 6.0 ด้วยกรดซัลฟิวริก) ลงในกระเบตทดลองเติมน้ำฝนจำลองด้วยบัวรดน้ำ โดยการเติมตามปริมาณเดือนที่มีฝนตกน้อยที่สุด ไปถึงเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด และเติมทุกวัน ใช้ระยะเวลา 12 วัน โดยอ้างอิงข้อมูลจากปริมาณน้ำฝนรายเดือนของกรุงเทพมหานคร 30 ปีย้อนหลัง (พ.ศ. 2524-2553) นำมาคำนวณตามสถิติ ในการทดลองนี้จะได้น้ำ 2 ส่วนคือ น้ำชะผิวหน้าดิน (Runoff) และน้ำใต้ดิน (Permeate) ซึ่งในแต่ละวันน้ำทั้ง 2 ส่วนนี้จะทำการแยกส่วนเพื่อวัดค่าพีเอช ค่าสภาพการนำไฟฟ้า และวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักตามวิธีมาตรฐาน



รูปที่ 1 ภาพแบบจำลองที่ใช้ในการทดลองการชะละลายด้วยวิธีแบบต่อเนื่อง

3. ผลการศึกษา

3.1 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและปริมาณโลหะหนักในดิน

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของกากตะกอน พบว่ากากตะกอนมีความชื้น 15.74 ร้อยละโดยมวล ซึ่งความชื้นในดินมีความสำคัญต่อพืชเนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญเพื่อใช้ในกระบวนการเมทาบอลิซึมต่างๆ เช่น กระบวนการสังเคราะห์แสง อีกทั้งยังหลีกเลี่ยงธาตุอาหารที่อยู่ในรูปของไอออนจากดินเข้าสู่ภายในลำต้นของพืชได้ง่าย เป็นต้น, มี

อินทรีย์วัตถุและอินทรีย์คาร์บอน 17.05 ร้อยละโดยมวลซึ่งเป็นแหล่งสำคัญของธาตุอาหารพืช เป็นแหล่งอาหารและพลังงานของจุลินทรีย์ดิน อีกทั้งยังเป็นส่วนที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อสมบัติต่างๆของดินทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ เช่น โครงสร้างดิน ความร่วนซุย การระบายน้ำ การถ่ายเทอากาศ การดูดซับน้ำ และธาตุอาหารของดิน ซึ่งส่งผลกระทบต่อเนื่องไปถึงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน และความสามารถในการให้ผลผลิตของดินอีกด้วย และมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 1.47 ร้อยละโดยมวล ซึ่งพืชโดยทั่วไปมีความต้องการในปริมาณมากเป็นธาตุอาหารที่สำคัญในการส่งเสริมการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของพืช จากงานวิจัยของคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา [5] พีเอชของดิน มีความสำคัญต่อการปลูกพืชมาก เพราะเป็นตัวควบคุมการละลายธาตุอาหารในดิน ออกมาอยู่ในสารละลายหรือน้ำในดิน ถ้าดินมีพีเอชไม่เหมาะสม ธาตุอาหารในดินอาจจะละลายออกมาได้น้อย ไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช หรือในทางตรงกันข้าม ธาตุอาหารบางชนิดอาจจะละลายออกมามากเกินไป จนเป็นพิษต่อพืชได้ สำหรับพืชต่างๆไปมักจะเจริญเติบโตในช่วงพีเอช 6-7 ส่วนดินที่มีค่าพีเอชประมาณ 6.5 จะเป็นดินที่ปลูกต้นไม้ได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยครั้งนี้ที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 6.94 ในส่วนของผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในดินแสดงดังตารางที่ 1 พบว่าโลหะหนักในกากตะกอนส่วนใหญ่มีปริมาณสูง เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพดิน ปริมาณโลหะหนักที่ไม่เกินค่ามาตรฐาน ได้แก่ โครเมียม นิกเกิล ตะกั่ว แคดเมียม ยกเว้น ทองแดง เหล็กสังกะสี ที่มีปริมาณเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ค่อนข้างสูง จากข้อมูลทีกล่าวมา พบว่า กากตะกอนมีคุณสมบัติทางเคมีที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เพาะปลูกทางด้านเกษตรกรรม แต่ควร จะทำการปรับปรุงคุณภาพของกากตะกอนในด้านโลหะหนักก่อนนำไปใช้ประโยชน์

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในกากตะกอน

โลหะหนัก	ผลวิเคราะห์ (มก./กก.)	ค่ามาตรฐาน (มก./กก.)
โครเมียม	41.10	*300.00
นิกเกิล	43.40	*1,600.00
ทองแดง	163.25	**45.00
เหล็ก	3660.00	**200.00
ตะกั่ว	45.50	*400.00
แคดเมียม	3.15	*37.00
สังกะสี	1768.00	**100.00

หมายเหตุ: * หมายถึง ค่ามาตรฐานคุณภาพดินเพื่ออยู่อาศัยและเกษตรกรรมของกรมควบคุมมลพิษ

** หมายถึง ค่ามาตรฐานคุณภาพดินของกรมพัฒนาที่ดิน [3]

3.2 ผลการชะละลายของโลหะหนักออกจากถ่านไม้ไฟ เปลือกไข่ไก่ และปูนขาวด้วยวิธี SPLP

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในถ่านไม้ไผ่, เปลือกไข่ไก่ และปูนขาวด้วยวิธีSPLP โดยการเติมสารสกัดจำลองน้ำฝนที่ค่าพีเอชต่างๆ พบว่า ถ่านไม้ไผ่ที่พีเอช 2.0, 4.2 และ 6.0 มีปริมาณโลหะหนักที่ถูกชะละลายออกมามากที่สุด คือ สังกะสี, นิกเกิล และเหล็ก ตามลำดับ, ในเปลือกไข่ไก่ สังกะสีมีปริมาณโลหะหนักที่ถูกชะละลายออกมาที่สุดในทุกค่าพีเอช และในปูนขาว สังกะสีมีปริมาณโลหะหนักที่ถูกชะละลายออกมามากที่สุดที่พีเอช 2.0 และ 4.2 ส่วนเหล็กถูกชะละลายออกมาได้มากที่สุดที่ค่าพีเอช 6.0 แต่โครเมียมและตะกั่วไม่ถูกชะละลายออกมาในทุกค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงไป

3.3 การศึกษาการชะละลายโลหะในกากตะกอน

3.3.1 การศึกษาปริมาณโลหะที่ถูกชะละลายออกมาจากกากตะกอนเมื่อใช้น้ำเป็นสารสกัดด้วยวิธีการแบบแบดซ์

โลหะหนักที่ถูกชะละลายออกมามากที่สุดทุกช่วงเวลา คือ เหล็ก รองลงมา คือ นิกเกิล สังกะสี ทองแดง แคดเมียม แต่โครเมียม และตะกั่วไม่ถูกชะละลายออกมาจากกากตะกอน

3.3.2 การศึกษาการชะละลายของโลหะหนักในกากตะกอนเมื่อใช้น้ำเป็นสารสกัดด้วยวิธีSPLP

ผลการชะละลายโลหะหนักในกากตะกอนด้วยสารสกัดน้ำฝนจำลองหรือน้ำกลั่นกับปริมาณโลหะหนักในกากตะกอนโดยการคำนวณร้อยละการชะละลายของโลหะหนักในดิน ซึ่งจากผลการศึกษาได้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดน้ำฝนจำลองที่ค่าพีเอชเท่ากับ 2.0 ทำให้โลหะหนักชะละลายออกมาได้มากที่สุด โดยโลหะหนักที่ถูกชะละลายออกมามากที่สุด คือ แคดเมียม รองลงมา คือ นิกเกิล ทองแดง เหล็ก และสังกะสี ตามลำดับ ยกเว้น โครเมียม และตะกั่ว ไม่สามารถชะละลายออกจากกากตะกอนได้ตามพีเอชที่เปลี่ยนแปลงไป แต่พบว่าในน้ำกลั่น (พีเอช 8.0) ตะกั่วสามารถชะละลายออกจากกากตะกอนได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปิยาภรณ์ [6] รายงานว่า เมื่อ pH สูงขึ้นตะกั่วถูกชะละลายออกมาได้มาก จากการศึกษาของกรมวิทยาศาสตร์บริการ [7] เกี่ยวกับโลหะหนักในกากตะกอนของเสียจากโรงบำบัดน้ำเสีย พบว่า โลหะหนักที่มากที่สุด คือ แคดเมียม รองลงมา คือนิกเกิล และโลหะหนักที่มีน้อยที่สุด คือ สังกะสี และจากการศึกษาของชุตินา [8] พบว่า ที่พีเอช 2.0 โลหะหนักจะถูกชะละลายออกมาได้มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง

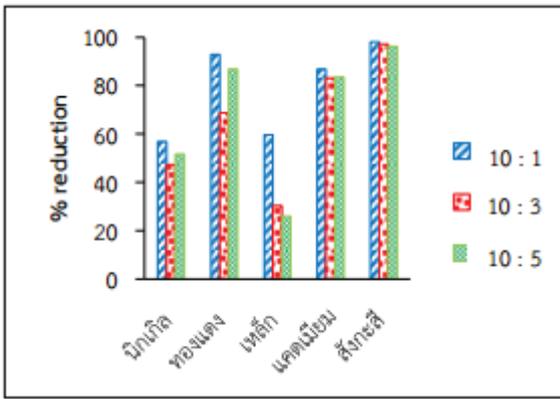
3.4 การศึกษาการชะละลายเมื่อใช้วัสดุเหลือทิ้งเพื่อลดการชะละลายโลหะหนักผสมกับกากตะกอน

จากการผสมตัวอย่างกากตะกอนกับวัสดุเหลือทิ้งในอัตราส่วนต่างๆ พบว่า กากตะกอนกับถ่านไม้ไผ่อัตราส่วน 10:1, 10:3 และ 10:5 กรัม ที่พีเอช 2.0, 4.2 และ 6.0 ตามลำดับ สามารถลดการชะละลายของสังกะสีได้ดีที่สุด จากงานวิจัยของ Regmi [9] กล่าวไว้ว่า ลักษณะทางกายภาพของถ่านชีวภาพจะมีคาร์บอนสูง ทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสมคาร์บอน และมีรูพรุนตามธรรมชาติ สามารถดักจับไอออนโลหะหนักที่เป็นพิษได้อีก

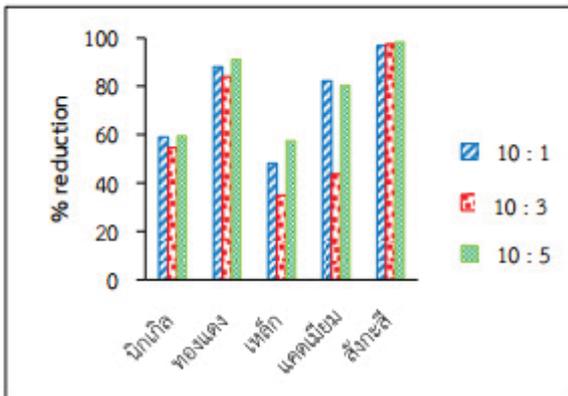
ด้วย ตัวอย่างการทดลอง ได้ทำการทดสอบด้วยถ่านชีวภาพ ที่พีเอช 2.0 พบว่า การชะละลายของทองแดงน้อยลงเมื่อใส่ปริมาณถ่านไม้ไผ่เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วน, กากตะกอนกับเปลือกไข่ไก่ในอัตราส่วนต่างๆ และทุกค่าพีเอช พบว่า สามารถลดการชะละลายของทองแดงได้ดีที่สุด จากงานวิจัยของ วิสาชา [10] พบว่า เปลือกไข่ไก่เกือบทั้งหมดเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต มีรูพรุนเหล่านี้ประมาณ 6,000-8,000 รู สามารถจับโลหะหนักได้ และจากงานวิจัยของ อัจฉราพร [11] พบว่า คุณสมบัติความเป็นเบสของเปลือกไข่ที่ช่วยเพิ่มพีเอชของสารละลายทันที ภายหลังการเติม ส่วนปริมาณเปลือกไข่ที่เหมาะสม คือ 1.0 กรัม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ และกากตะกอนกับปูนขาวในอัตราส่วนต่างๆ และทุกค่าพีเอช พบว่า สามารถลดการชะละลายของแคดเมียมได้ดีที่สุด จากงานวิจัยของ วรชาติ [12] พบว่า พีเอชเป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารหรือสารมลพิษในดิน เมื่อดินอยู่ในสภาพที่เป็นกรดไฮโดรเจนไอออน (H+) ในดิน จะมีการแข่งขันกับโลหะหนักในดิน ส่งผลให้ดินมีความสามารถในการดูดซับแคดไอออน (ธาตุอาหารหรือโลหะหนัก) ต่ำลง และเป็นการเพิ่มการเคลื่อนที่ของโลหะหนัก กลไกในการควบคุมความคงสภาพของโลหะหนักในดินด้วยวัสดุปูน เป็นการทำให้โลหะหนักตกตะกอนกับสารจำพวกคาร์บอเนต

3.4.1 อัตราส่วนของวัสดุเหลือทิ้งต่อการลดการชะละลายโลหะในกากตะกอนที่พีเอช 6.0

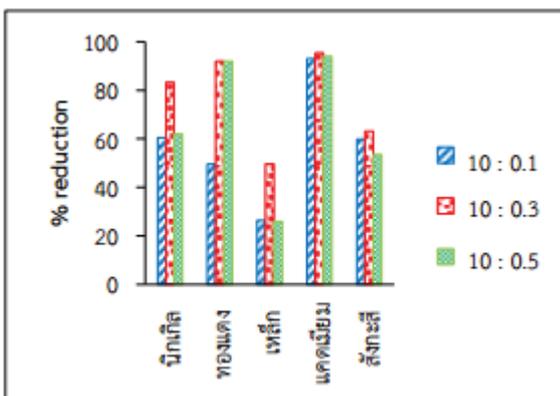
โดยการทดสอบด้วยสารสกัดน้ำฝนพีเอช 6.0 (เนื่องจากมีค่าพีเอชใกล้เคียงกับน้ำฝนจริง) ในทุกๆอัตราส่วนของวัสดุเหลือทิ้งเพื่อหาอัตราส่วนที่ดีที่สุดในการลดการชะละลายของโลหะหนักในกากตะกอน พบว่า กากตะกอนกับถ่านไม้ไผ่อัตราส่วน 10:5 โลหะหนักที่ถูกลดการชะละลายได้มากที่สุด คือ สังกะสี รองลงมา คือ ทองแดง แคดเมียม นิกเกิล และ เหล็ก ส่วนกากตะกอนผสมกับเปลือกไข่ไก่ที่อัตราส่วน 10:1 โลหะหนักที่ถูกลดการชะละลายได้มากที่สุด คือ สังกะสี รองลงมา คือ ทองแดง แคดเมียม เหล็ก และนิกเกิล และกากตะกอนกับปูนขาวที่อัตราส่วน 10:0.3 โลหะหนักที่ถูกลดการชะละลายได้มากที่สุด คือ แคดเมียม รองลงมา คือ ทองแดง นิกเกิล สังกะสี และเหล็ก ตามลำดับ ดังรูปที่ 2 ถึง รูปที่ 4 ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้เปลือกไข่ไก่ผสมกับปูนขาว และเปลือกไข่ไก่ผสมกับถ่านไม้ไผ่เพื่อลดการชะละลายโลหะหนักออกจากกากตะกอน



รูปที่ 2 ร้อยละการลดการชะละลายของกากตะกอนผสมกับถ่านไม้ไผ่ที่พีเอช 6.0



รูปที่ 3 ร้อยละการลดการชะละลายของกากตะกอนผสมกับเปลือกไข่ไก่ที่พีเอช 6.0



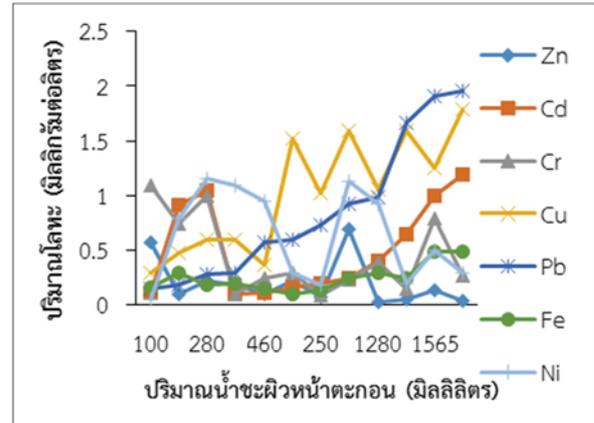
รูปที่ 4 ร้อยละการลดการชะละลายของกากตะกอนผสมกับปูนขาว;ที่พีเอช 6.0

3.5 ผลการศึกษาการชะละลายแบบต่อเนื่อง

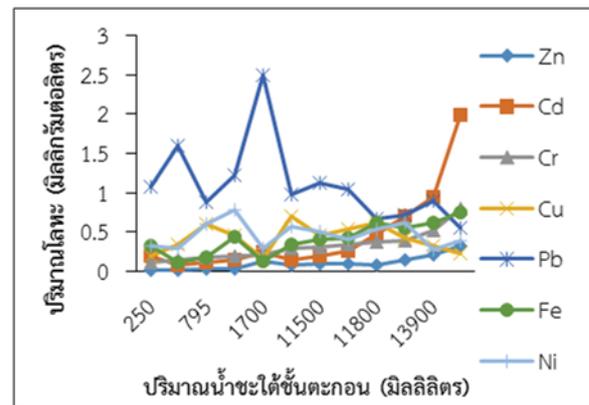
3.5.1 ศักยภาพการชะละลายโลหะหนักของกระเบดลองที่ 1 (กากตะกอน)

การทดลองการชะละลายโลหะหนักด้วยวิธีแบบต่อเนื่องพบว่า น้ำชะผิวกากตะกอนมีปริมาณสังกะสี นิกเกิล และโครเมียมคั่งที่ และมีปริมาณเหล็ก ทองแดง ตะกั่ว แคดเมียมมีการชะละลายออกมาเพิ่มมากขึ้น ซึ่งแคดเมียม โครเมียม ทองแดง ตะกั่ว และนิกเกิลมีปริมาณโลหะหนักเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ในส่วนของน้ำซึมผ่านชั้นใต้กากตะกอนมีทองแดง ตะกั่ว และนิกเกิลคั่งที่ และมีปริมาณสังกะสี แคดเมียม

เหล็ก และ โครเมียม มีการชะละลายออกมาเพิ่มมากขึ้น ซึ่งแคดเมียม โครเมียม และตะกั่วที่มีปริมาณโลหะหนักเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ดังรูปที่ 5 และ รูปที่ 6



รูปที่ 5 การชะละลายโลหะหนักในน้ำชะผิวกากตะกอนกระเบดลองที่

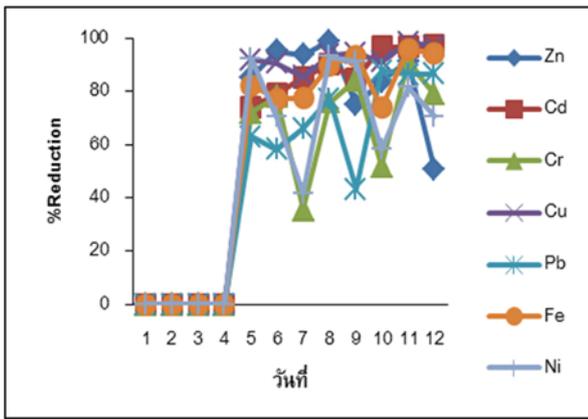


รูปที่ 6 การชะละลายโลหะหนักในน้ำซึมผ่านใต้กากตะกอนกระเบดลองที่ 1

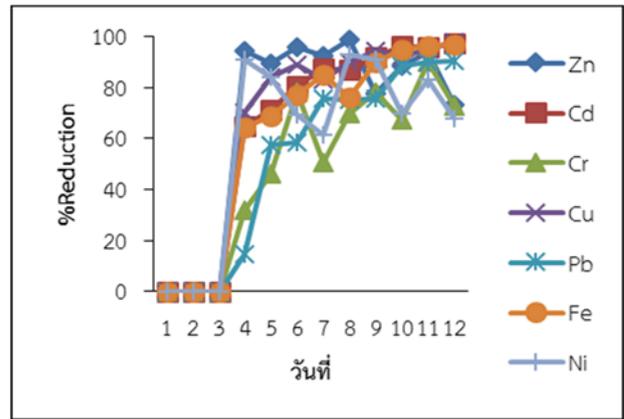
3.5.2 ศักยภาพการลดการชะละลายโลหะหนักของกระเบดลองที่ 2 (กากตะกอนผสมเปลือกไข่ไก่และปูนขาว)

การทดลองการลดการชะละลายโลหะหนักด้วยวิธีแบบต่อเนื่อง โดยการเทียบกับกระเบดลองที่ 1 (ตัวแปรควบคุม) พบว่า

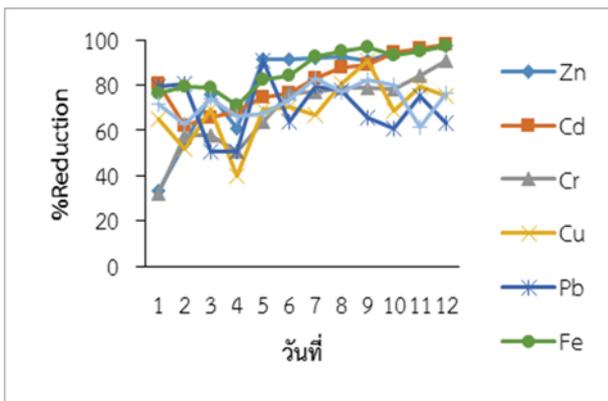
ร้อยละการลดการชะละลายโลหะหนักในน้ำชะผิวกากตะกอน ทองแดง แคดเมียม เหล็ก และตะกั่ว มีแนวโน้มในการลดการชะละลายของโลหะหนักได้ดี แต่สังกะสี โครเมียม และนิกเกิลมีแนวโน้มในการลดการชะละลายโลหะหนักที่คั่งที่ ดังรูปที่ 7 ในส่วนของร้อยละการลดการชะละลายโลหะหนักในน้ำใต้ชั้นกากตะกอนแคดเมียม สังกะสี เหล็ก และโครเมียม มีแนวโน้มในการลดการชะละลายของโลหะหนักได้ดี แต่ ทองแดง ตะกั่ว และนิกเกิลมีแนวโน้มในการลดการชะละลายโลหะหนักคั่งที่ ดังรูปที่ 8



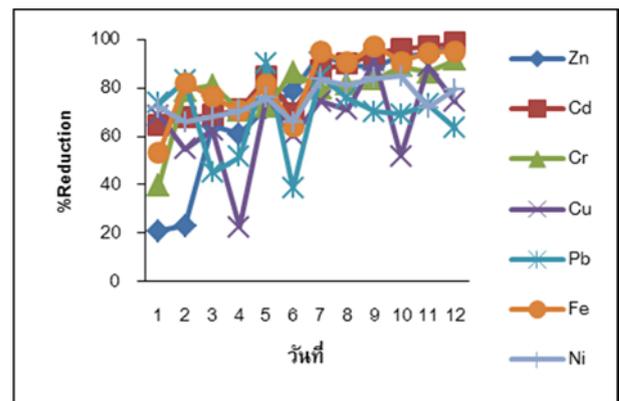
รูปที่ 7 การลดการชะละลายโลหะหนักในน้ำชะผิวจากตะกอนกระบะที่ 2



รูปที่ 9 การลดการชะละลายโลหะหนักในน้ำชะผิวจากตะกอนกระบะที่ 3



รูปที่ 8 การลดการชะละลายโลหะหนักในน้ำซึมผ่านใต้กากตะกอนกระบะที่ 2



รูปที่ 10 การลดการชะละลายโลหะหนักในน้ำซึมผ่านใต้กากตะกอนกระบะที่ 3

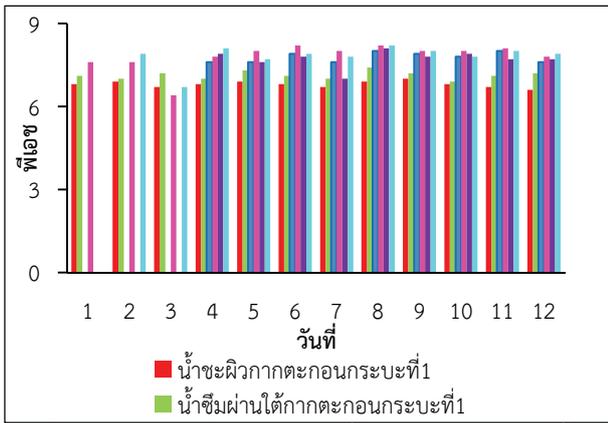
3.5.3 ศักยภาพการลดการชะละลายโลหะหนักของกระบะทดลองที่ 3 (กากตะกอนผสมเปลือกไข่ไก่และถ่านไม้ไผ่)

การทดลองการลดการชะละลายโลหะหนักด้วยวิธีแบบต่อเนื่อง โดยการเทียบกับกระบะที่ 1 (ตัวแปรควบคุม) พบว่า

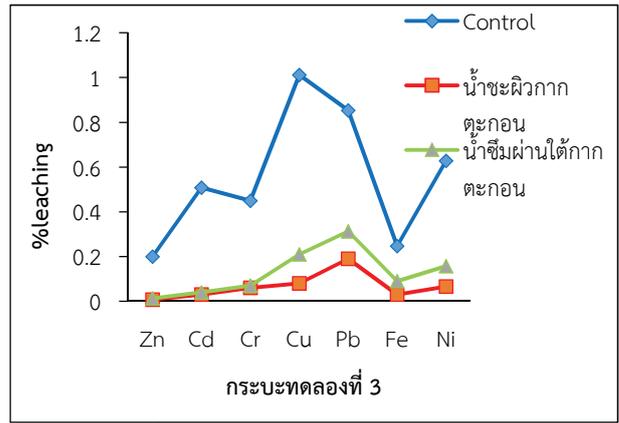
ร้อยละการลดการชะละลายโลหะหนักในน้ำชะผิวจากตะกอน แครตเมียมมีแนวโน้มในการลดการชะละลายของโลหะหนักได้ดี แต่สังกะสี โครเมียม ทองแดง ตะกั่ว เหล็ก และนิกเกิลมีแนวโน้มในการลดการชะละลายโลหะหนักคงที่ ดังรูปที่ 9 ในส่วนของร้อยละการลดการชะละลายโลหะหนักในน้ำใต้ชั้นกากตะกอน แครตเมียม สังกะสี และ โครเมียม มีแนวโน้มในการลดการชะละลายของโลหะหนักได้ดี แต่ ทองแดง ตะกั่ว เหล็ก และนิกเกิล มีแนวโน้มในการลดการชะละลายโลหะหนักคงที่ ดังรูปที่ 10

3.5.4 ศักยภาพการชะละลายความเป็นกรดและการนำไฟฟ้า

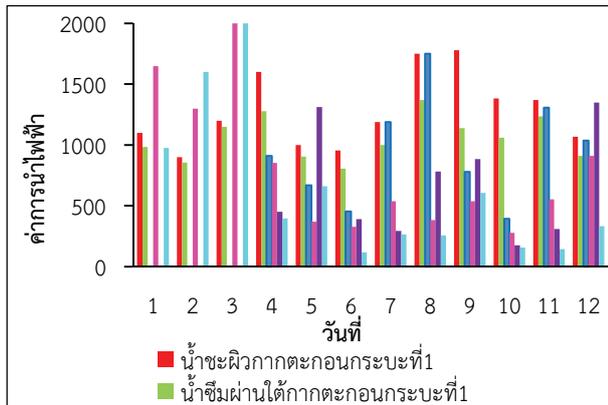
ในตัวแปรควบคุม (กระบะทดลองที่ 1) กากตะกอนที่มีการผสมระหว่างเปลือกไข่และปูนขาว (กระบะทดลองที่ 2) และกากตะกอนที่มีการผสมระหว่างเปลือกไข่และถ่านไม้ไผ่ (กระบะทดลองที่ 3) พบว่า พีเอชของน้ำชะผิวตะกอนมีค่าต่ำกว่าพีเอชของน้ำซึมผ่านใต้กากตะกอน เนื่องมาจากน้ำชะผิวจากตะกอนถูกกักอยู่บนกากตะกอนนานซึ่งระยะเวลาที่มีผลต่อการชะละลายความเป็นกรดที่มีอยู่ในกากตะกอน และยังมีผลให้อนุภาคประจุที่อยู่ในกากตะกอนถูกชะละลายออกมาได้มาก จึงส่งผลให้ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำชะผิวตะกอนมีค่าสูงกว่าค่าการนำไฟฟ้าของน้ำซึมผ่านใต้กากตะกอน ดังรูปที่ 11 และรูปที่ 12



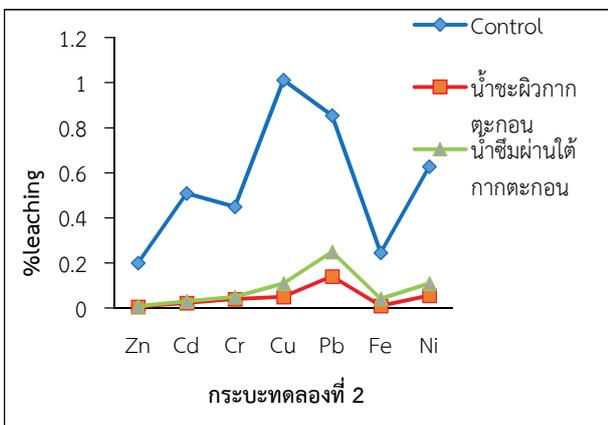
รูปที่ 11 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของน้ำชะผิวกากตะกอน และน้ำซึมน้ำซึมผ่านใต้กากตะกอนของกระเบตดลองที่ 1-3



รูปที่ 14 การชะละลายของกระเบตดลองที่ 3



รูปที่ 12 การเปลี่ยนแปลงค่าสภาพการนำไฟฟ้า น้ำชะผิวกากตะกอนและน้ำซึมผ่านใต้กากตะกอนของกระเบตดลองที่ 1-3



รูปที่ 13 การชะละลายของกระเบตดลองที่ 2

3.5.5 เปรียบเทียบการชะละลายของโลหะหนัก

เมื่อเปรียบเทียบร้อยละการชะละลายของกากตะกอนที่มีการผสมระหว่างเปลือกไข่และปูนขาว (กระเบตดลองที่ 2) และกากตะกอนที่มีการผสมระหว่างเปลือกไข่และถ่านไม้ไผ่ (กระเบตดลองที่ 3) พบว่า กระเบตดลองที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับชุดตัวแปรควบคุม มีการชะละลายโลหะหนักทุกตัวออกมาน้อยกว่ากระเบตดลองที่ 3 ดังนั้น กระเบตดลองที่ 2 มีประสิทธิภาพในการชะละลายโลหะหนักออกมาได้ดีกว่ากระเบตดลองที่ 3 ดังรูปที่ 13 และ รูปที่ 14

4. สรุป

1. กากตะกอนที่ศึกษามีค่าพีเอช ค่าความชื้น มีความอุดมสมบูรณ์ของอินทรีย์วัตถุ อินทรีย์คาร์บอน และไนโตรเจนที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชและจุลินทรีย์ในกากตะกอน ซึ่งเหมาะสมกับการใช้ประโยชน์เพื่อการเพาะปลูกพืช

2. ในกากตะกอนมีปริมาณโลหะหนักที่ไม่เกินค่ามาตรฐาน ได้แก่ โครเมียม นิกเกิล ตะกั่ว แคดเมียม เท่ากับ 41.10, 43.40, 45.50 และ 3.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ยกเว้น ทองแดง เหล็ก สังกะสี ที่มีปริมาณเกินเกณฑ์มาตรฐาน เท่ากับ 163.25, 3,600.00 และ 1,768.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

3. ระยะเวลาสัมผัสและพีเอชมีผลต่อการชะละลายโลหะหนัก โลหะหนักถูกชะละลายออกจากกากตะกอนได้สูงเมื่อระยะเวลาสัมผัสเพิ่มมากขึ้น พีเอชมีผลต่อการชะละลายโลหะหนักในถ่านไม้ไผ่ เปลือกไข่ไก่และปูนขาว โลหะหนักมีความสามารถในการชะละลายเมื่อพีเอชต่ำลง ดังรูปที่ 11 และ รูปที่ 12

4. ถ่านไม้ไผ่ผสมกากตะกอน และเปลือกไข่ไก่ผสมกากตะกอนในทุกอัตราส่วน คือ 10:1, 10:3 และ 10:5 กรัม มีการลดการชะละลายของสังกะสีได้ดีที่สุด แต่ปูนขาวผสมกากตะกอนในทุกอัตราส่วนมีการลดการชะละลายของแคดเมียมได้ดีที่สุด ผู้วิจัยเลือกใช้สารสกัดน้ำฝนที่พีเอช 6.0 เนื่องจากมีค่าพีเอชใกล้เคียงกับน้ำฝนจริง และเลือกใช้วัสดุเหลือทิ้ง 2 ชนิดมาผสมกับกากตะกอน โดยเลือกใช้กากตะกอนผสมกับปูนขาว และเปลือกไข่ไก่ (กระเบตดลองที่ 2) และกากตะกอนผสมผสมกับถ่านไม้ไผ่และเปลือกไข่ไก่ (กระเบตดลองที่ 3) เนื่องจากผลการทดลองที่ได้ พบว่า กระเบตดลองที่ 2 ในอัตราส่วนกากตะกอน 1,200 กรัม ผสมกับเปลือกไข่ไก่ 120 กรัม และปูนขาว 36 กรัม มีการลดการชะละลายของโลหะหนักได้ดีที่สุด ยกเว้น แคดเมียม จึงใช้ปูนขาวซึ่งมีการลดการชะละลายของแคดเมียมได้ดีมาผสมกัน

5. การใช้กากตะกอนผสมกับเปลือกไข่และปูนขาว (กระเบตดลองที่ 2) มีประสิทธิภาพในการลดการชะละลายของโลหะหนักจากกากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบตะกอนเร่งได้ดีกว่า คือ ในน้ำชะผิวกากตะกอน ทองแดง แคดเมียม

เหล็ก และตะกั่ว มีแนวโน้มในการลดการชะละลายของโลหะหนักลดลง และในส่วนของน้ำใต้ชั้นกากตะกอนแคดเมียมสังกะสี เหล็ก และโครเมียม มีแนวโน้มในการลดการชะละลายของโลหะหนักลดลง

งานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ในการลดโลหะหนักของกากตะกอนเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ซึ่งส่งผลต่อความปลอดภัยด้านสิ่งแวดล้อม และยังสามารถนำวัสดุเหลือใช้มาก่อนให้เกิดประโยชน์สูงสุดอีกด้วย ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยที่สามารถนำไปต่อยอดในเรื่องของการใช้ประโยชน์จากของเสียนำไปสู่การสร้างมูลค่าด้านการเกษตรต่อไปได้

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. (2002). *Report environmental quality situation*. 27 page.
- [2] Land Development Department. 1994. Government Employee Manual of organic fertilizers to improve soil deterioration, in *Improve the soil with organic matter, inorganic matter and residual waste*. Division of Soil and Water Conservation, Land development Department, Bangkok.
- [3] Land development Department. (2002). *Manual analysis of soil, water, fertilizer plants, soil amendments and analysis to determine Certification Bangkok: Volume 2*. Publisher sciences development. 81,210.
- [4] US EPA. (1992). *Stand method Toxicity Characteristic Le-aching Procedure*.(pdf file). Available Source: www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/pdfs.pdf, December 25, 2015.
- [5] Faculty, Department of Soil Science. (2003). *Preliminary agronomist*. Kasetsart University, Bangkok.
- [6] Piyaporn, W. (2003). *Treatment of Heavy Metals (Nickel and Lead) and Biosorption of Basic dye (Methylene blue) by Using GIANT DUCKWEED (SPIRODELA POLYRRHIZA (L.) Schleid*. *Journal of Thai Interdisciplinary Research*. 3 (1): 134,145.
- [7] Department of Science Service. (2010). *Absorbing Heavy metals with the Soviet biological*. Ministry of Science and Technology, Bangkok.
- [8] Chutima, K., Arubol C., & Chakkaphan S. (2014). *Effect of pH on heavy metal leaching from waste rock in Phu Thap Fah gold mining*, 410,417. in *Proceedings of Kasetsart University at 52th*. : (Science). Kasetsart University, Bangkok.
- [9] Regmi, P., J.L. Garcia-Moscoco, S. Kumar, X. Cao, J. Mao, & G. Schafran. (2012). *Removal of copper and cadmium from aqueous solution using switchgrass biochar produced via hydrothermal carbonization process*. *Journal of Environmental Management* 109: 61,69.
- [10] Wanvisa, K. (2005). *Removal of Lead from Battery Manufacturing Wastewater by Egg shell*. Dissertation, Mahidol University.
- [11] Acharaporn, K. (2007). *Removal of Lead from Battery Manufacturing Wastewater by Egg shell* Dissertation, Mahidol University.
- [12] Worachart,W. (2012). *Remediation technologies of heavy metal contaminated soils using phosphate materials*. *Khon Kaen Agriculture Journal* at 4th: 373, 3783.