การปนเปื้อนโลหะหนักในดินรอบแหล่งกำจัดขยะเทศบาลเมืองลพบุรี

กรองแก้ว มิฆเนตร[1*], จุฑามาศ โสภา[1], ประนิตดา เพ็งงิ้ว[1] และ รัตติยาพร ใจดี[2]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี, ลพบุรี
[2]สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี, ลพบุรี
*กรองแก้ว มิฆเนตร: email krongkaew.m@lawasri.tru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณโลหะหนัก (ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี) ในดินรอบแหล่งกำจัดขยะเทศบาลเมืองลพบุรี ซึ่งเป็นระบบเทกองกลางแจ้ง และประเมินการแพร่กระจายของของโลหะหนักในแหล่งฝังกลบสู่พื้นที่โดยรอบ โดยวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างดินที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอย เปรียบเทียบกับตัวอย่างดินที่ไม่ได้รับผลกระทบ และตะกอนท้องน้ำในร่องน้ำรอบแหล่งกำจัดขยะ ผลการศึกษาพบว่า ดินที่ได้รับผลกระทบจากน้ำชะมูลฝอยมีปริมาณโลหะหนัก (42.91±5.23 mg Cu kg^{-1}, 19.68 ± 3.68 mg Pb kg^{-1}, 28.28±6.33 mg Zn kg^{-1}) สูงกว่าดินที่ไม่ได้รับผลกระทบ (36.70±5.08 mg Cu kg^{-1}, 15.72 ±4.11 mg Pb kg^{-1}, 22.01±5.97 mg Zn kg^{-1}) อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งบ่งชี้ว่าแหล่งกำจัดมูลฝอยเป็นแหล่งกำเนิดของโลหะหนัก โดยแพร่กระจายผ่านน้ำชะมูลฝอย อย่างไรก็ตามปริมาณที่พบยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินเพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมของประเทศไทย การศึกษาปริมาณโลหะในตะกอนท้องน้ำ พบว่าปริมาณโลหะที่พบในตะกอนท้องน้ำสูงกว่าที่พบในตัวอย่างดินอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะตะกั่ว และสังกะสี ซึ่งมีค่า p ของการเปรียบเทียบ <0.000 บ่งชี้ว่าการขุดร่องน้ำรอบแหล่งกำจัดขยะสามารถช่วยลดการแพร่กระจายของโลหะหนักสู่สิ่งแวดล้อมโดยรอบได้

คำสำคัญ: โลหะหนัก การปนเปื้อน แหล่งกำจัดขยะ

Heavy Metal Contamination in Soil Around Lopburi Municipality Waste Disposal Site

Krongkaew Mighanetara[1*], Jutamas Sopa[1], Pranitda Peng-ngiw[1], and Rattiyaporn Jaidee[2]

[1]Environmental Science Programme, Science and Technology Faculty, Thepsatri Rajabhat University, Lopburi

[2] Agriculture Programme, Science and Technology Faculty, Thepsatri Rajabhat University, Lopburi

* Krongkaew Mighanetara: email krongkaew.m@lawasri.tru.ac.th

Abstract

This research investigates heavy metal concentrations in soil around Lopburi Municipality open dumping site and to evaluate the possibility of their migration to adjacent areas. Soil samples from a control group (no leachate received), leachate affected, and sediments from a ditch around an open dumping site were collected and analysed for their copper, lead and zinc contents. The study results show that leachate affected soils contain 42.91±5.23 mg Cu kg^{-1}, 19.68 ± 3.68 mg Pb kg^{-1}, 28.28±6.33 mg Zn kg^{-1}. The metals observed are significantly higher than those found in a control group soil samples (36.70±5.08 mg Cu kg^{-1}, 15.72±4.11 mg Pb kg^{-1}, 22.01±5.97 mg Zn kg^{-1}). This finding indicates that Lopburi Municipality waste disposal site is indeed a source of heavy metals to soils around the site through the migration of landfill leachate. The concentrations found, however, is lower than the standard values of Thailand' s Soil Quality Standard for Housing and Agriculture. Statistical analysis also shows that the metal contents in sediments are significantly higher than those in leachate affected soil samples, particularly for lead and zinc that yielded *p* value as low as <0.000. This suggests that dredging a ditch around a dumping site can immobilise and prevent the migration of heavy metals from a waste disposal site to adjacent soils.

Keywords: heavy metal, contamination, waste disposal site

1. บทนำ

ปัญหาขยะมูลฝอยเป็นปัญหาที่สำคัญทั้งระดับชุมชนและระดับประเทศ และมีแนวโน้มที่จะมีความรุนแรงมากขึ้น จากรายงานของกรมควบคุมมลพิษพบว่า ในปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยมีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดจากชุมชนทั่วประเทศประมาณ 28.71 ล้านตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.71 จาก พ.ศ. 2561 ที่มีปริมาณขยะ 27.93 ล้านตัน โดยในปี พ.ศ. 2562 มีการนำขยะกลับมาใช้

ประโยชน์ใหม่ จำนวน 12.52 ล้านตัน นำไปกำจัดถูกต้องตามหลักวิชาการ 9.81 ล้านตัน ทำให้ขยะอีก 6.38 ล้านตัน หรือประมาณร้อยละ 22 ถูกนำไปกำจัดโดยการนำไปเทกองไว้กลางแจ้ง หรือเผาในที่โล่ง ซึ่งเป็นการกำจัดที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) การกำจัดที่ไม่ถุกต้องนี้อาจส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสุขภาพประชาชนและสิ่งแวดล้อม

จังหวัดลพบุรีเป็นหนึ่งในหลายจังหวัดที่ประสบปัญหาเรื่องการจัดการขยะ มีอัตราการผลิตขยะ 1.15 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน และมีปริมาณขยะเกิดขึ้นในอำเภอเมืองลพบุรี ประมาณ 253.20 ตันต่อวัน แหล่งกำจัดขยะของเทศบาลเมือลพบุรี ปัจจุบันมีเทศบาลและองค์การบริหารส่วนตำบลนำขยะมากำจัดแบบเทกองกลางแจ้งมากกว่า 100 ตันต่อวัน (สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดลพบุรี, 2557) ทำการกำจัดขยะโดยวิธีการเทกองกลางแจ้ง และไม่มีการแยกประเภทของขยะก่อนการกำจัด ทำให้มีการนำของเสียอันตราย เช่น แบตเตอรี่ ถ่านไฟฉาย และขยะเครื่องใช้ไฟฟ้าบางอย่างที่ไม่มีมูลค่า เป็นต้น มาทิ้งรวมกับขยะชุมชน ซึ่งอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักสู่สิ่งแวดล้อมโดยรอบได้ ดังการศึกษาของ วาสนา และ วิจิตรา (2557) ที่ศึกษาการปนเปื้อนและการแพร่กระจายของโลหะหนักในดินในพื้นที่นาข้าวรอบบ่อฝังกลบขยะชุมชน ตำบลวังน้ำคู้ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร พบว่ามีสังกะสี 51.3-86.7 และ 51.5-87.5 mg kg^{-1} ตามลำดับ มีแคดเมียม 10.3-11.2 และ 9.8-11.3 mg kg^{-1} ตามลำดับ มีทองแดง 8.6-24.5 และ7.7-24.6 mg kg^{-1} ตามลำดับ และมีแมงกานีส 8.1-47.5 และ12.8-45.7 mg kg^{-1} ตามลำดับ โลหะหนักในดินเหล่านี้สามารถแพร่กระจายในสิ่งแวดล้อมและถ่ายทอดสู่สิ่งมีชีวิตผ่านห่วงโซ่อาหารได้ เมื่อมนุษย์ได้รับโลหะหนักเข้าสู่ร่างกาย ถึงแม้จะได้รับในปริมาณต่ำ แต่หากได้รับต่อเนื่องเป็นเวลานานก็อาจส่งผลต่อระบบต่างๆของร่างกายและส่งผลเสียต่อสุขภาพ ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาปริมาณโลหะหนัก (ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี) ในดินรอบแหล่งกำจัดขยะเทศบาลเมืองลพบุรี เพื่อประเมินการแพร่กระจายของของโลหะหนักในแหล่งฝังกลบสู่พื้นที่โดยรอบ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปวางแผนป้องกัน และแก้ไขผลกระทบจากการปนเปื้อนโลหะหนักจากแหล่งฝังกลบที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

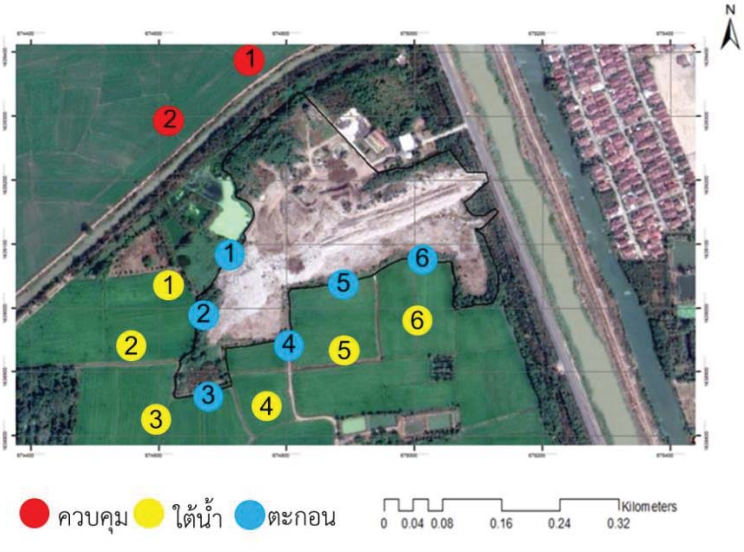
2.1 ศึกษาปริมาณโลหะหนัก (ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี) ในดินรอบแหล่งกำจัดขยะเทศบาลเมืองลพบุรี

2.2 ประเมินการแพร่กระจายของของโลหะหนักในแหล่งฝังกลบสู่พื้นที่โดยรอบ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

แหล่งกำจัดขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองลพบุรี ตั้งอยู่ริมถนนคลองชลประทานสายลพบุรี – บ้านหมี่ หมู่ 4 ตำบลทะเลชุบศร อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ทิศเหนือติดกับโรงสูบน้ำดิบประปาของเทศบาลเมืองลพบุรี ด้านทิศใต้และทิศตะวันตกติดกับทุ่งนา ด้านทิศตะวันออกติดกับถนนสายลพบุรี – บ้านหมี่ และ คลองชลประทาน และหมู่บ้านจัดสรร เป็นระบบเทกองกลางแจ้ง มีพื้นที่ทั้งหมด 33 ไร่ มีร่องน้ำล้อมเพื่อป้องกันการไหลของน้ำชะมูลฝอยสู่พื้นที่นารอบข้าง (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 พื้นที่แหล่งกำจัดขยะมูลฝอย อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี และตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง

3.2 การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างแบบเจาะจง ทำการเก็บตัวอย่าง 3 กลุ่ม (1) คือตัวอย่างเหนือแหล่งฝังกลบ จำนวน 2 ตัวอย่าง (สีแดง) ซึ่งอยู่เหนือทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน มีถนนและคลองชนประทานกั้น ทำให้ไม่ได้รับอิทธิพลของน้ำชะมูลฝอย จัดเป็นตัวอย่างควบคุม (2) ตัวอย่างที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำชะมูลฝอย จำนวน 6 ตัวอย่าง (สีเหลือง) และ (3) ตัวอย่างตะกอนท้องน้ำในร่องน้ำที่กั้นระหว่างแหล่งกำจัดขยะและที่นาโดยรอบ จำนวน 6 ตัวอย่าง โดยแต่ละตัวอย่างทำการเก็บ 2 ระดับความลึกคือ ตัวอย่างผิวดินหรือดินชั้นบน ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร และตัวอย่างระดับไถพรวน หรือดินชั้นล่าง ที่ระดับความลึก 30-45 เซนติเมตร เพื่อศึกษาปริมาณโลหะตามชั้นความลึก เก็บตัวอย่างโดยใช้เสียมที่สะอาดขุดเป็นหลุมขนาดประมาณ 30x30 เซนติเมตร และเก็บดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ทั้งหมด แล้วนำดินที่ได้มาแบ่ง 4 ส่วน แล้วเลือกส่วนตรงข้ามกันจนกระทั่งเหลือตัวอย่างประมาณ 500 กรัม เก็บตัวอย่างดินใส่ซองสีน้ำตาล (kraff paper bag) ขนาด 7x10 นิ้ว แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (โหมดระบายอากาศ) จนกว่าน้ำหนักจะคงที่ เก็บตัวอย่างดินด้วยวิธีเดียวกันที่ระดับความลึก 30-45 เซนติเมตร สำหรับตัวอย่างตะกอนท้องน้ำเก็บด้วยดิปเปอร์ (dipper) ชนิดด้ามยาวใส่กล่องพลาสติกโพลีโพรพิลีน (polypropylene, PP) ขนาด 750 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูม 40 องศาเซลเซียส (โหมดระบายอากาศ) จนกว่าน้ำหนักจะคงที่

นำดินที่แห้งแล้ว มาทำให้อนุภาคของเม็ดดินแยกออกจากกันด้วยค้อนยาง แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 2 สุ่มตัวอย่างดินที่ผ่านตระแกรงเบอร์ 2 ด้วยวิธีแบ่งสี่ส่วน และเลือกฝั่งตรงข้ามจนได้ตัวอย่างดินประมาณ 20 กรัม แล้วนำดินที่สุ่มได้มาบด แล้วร่อนผ่านตะแกงขนาด 180 ไมครอน จนกระทั่งได้ปริมาณตัวอย่างดินที่ผ่านตะแกรงไม่น้อยกว่า 90 % เพื่อให้ได้ตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทนที่แท้จริง สำหรับนำไปย่อย (digest) เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก

3.3 การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก

นำตัวอย่างดินที่ผ่านตะแกรงขนาด 180 ไมครอน ปริมาณ 1 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แท้จริง) มาย่อยด้วยกรดกัดทอง (กรดไนตริก 1 ส่วน + กรดไฮโดรคลอริก 3 ส่วน) จำนวน 8 มิลลิลิตร ใส่หลอดย่อยตัวอย่างของเครื่องย่อยตัวอย่าง digi-block แล้วย่อย

ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็น (Radojevic and Bashkin, 2006) และกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำ DI ให้ได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร แต่ละตัวอย่างทำ 2 ซ้ำ และทำแบลงก์ของตัวอย่าง (sample blank) เช่นเดียวกับการย่อยตัวอย่างเพื่อควบคุณคุณภาพการวิเคราะห์

3.4 การวิเคราะห์โลหะหนัก

นำตัวอย่างในข้อ 2.3 ไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง (Flame Atomic Absorption Spectrometer, AAS) (Shimadzu, AA-6200) โดยใช้สภาวะในการวิเคราะห์โลหะแต่ละธาตุดังรายละเอียดในตารางที่ 1 โดยจะวิเคราะห์ตัวอย่างเมื่อค่า R^2 ของกราฟมาตรฐาน (calibration curve) มีค่ามากกว่า 0.995

ตารางที่ 1 สภาวะในการวิเคราะห์ (operating conditions) โลหะหนักด้วยเครื่อง Shimadzu, AA-6200

Metals	Wave length (nm)	Slit width (nm)	Linear Range (mg L^{-1})	Average Linearity
ทองแดง (Cu)	324.7	0.5	0.4-3.2	>0.995
ตะกั่ว (Pb)	217.0	0.5	1-8	>0.995
สังกะสี (Zn)	213.9	0.5	0.11-0.8	>0.995

3.5 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์

3.5.1 การหาค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับ (%recovery) เพื่อตรวจสอบวิธีการสกัดว่ามีความสามารถในการสกัดสารได้เพียงใด โดยการนำตัวอย่างดินจำนวน 1 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แท้จริง) จำนวน 4 ตัวอย่าง มาเติมสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นสูงปริมาณน้อย ๆ (spiked sample) และนำตัวอย่างที่ไม่มีการเติมสารมาตรฐาน (original sample) 4 ตัวอย่าง ไปย่อยและวิเคราะห์หาปริมาณโลหะตามวิธีการในข้อ 2.3 และ 2.4 แล้วหาค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับ จากสมการที่ 1

$$\%\text{Recovery} = \frac{C_1 - C_2}{C_3} \times 100 \qquad (1)$$

โดยที่ $C1$ = ความเข้มข้นของ spiked sample
$C2$ = ความเข้มข้นของตัวอย่าง original sample
$C3$ = ความเข้มข้นของสารมาตรฐานที่เติมลงในตัวอย่าง

3.5.2 การหาค่าความเที่ยงตรง (precision) เพื่อตรวจสอบความแม่นยำในการทำซ้ำ (repeatability) ของการย่อยตัวอย่าง โดยการหาค่าร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Percent Relative Standard Deviation, %RSD) ของตัวอย่าง original sample หรือ spike sample ที่ทำซ้ำในข้อ 2.5.1 ดังสมการที่ 2

$$\%RSD = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100 \qquad (2)$$

3.6 การประเมินการปนเปื้อนของโลหะหนักจากแหล่งกำจัดมูลฝอย

ใช้ สถิติ Student's t-test เพื่อประเมินว่าแหล่งกำจัดขยะเป็นแหล่งกำเนิดของโลหะหรือไม่ โดยทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณโลหะในตัวอย่างควบคุม และตัวอย่างดินที่ได้รับอิทธิพลของน้ำชะมูลฝอย รวมทั้งเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณโลหะของดินชั้นบนและดินชั้นล่าง เพื่อศึกษาการแพร่กระจายของโลหะหนักตามความลึก

4. ผลการศึกษาและอภิปราย

4.1 ความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่าง spike sample และ original sample อย่างละ 4 ตัวอย่าง เพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับ พบว่า ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี มีค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับเฉลี่ยร้อยละ 118.6, 98.7 และ 104.7 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้สำหรับการวิเคราะห์โลหะหนักซึ่งยอมรับค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับระหว่างร้อยละ 80 - 120 (วรวิทย์, 2563) ส่วนค่า %RSD ของธาตุทั้งสี่ เท่ากับร้อยละ 2.04, 1.06 และ 1.52 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ คือ ต่ำกว่าร้อยละ 5 (วรวิทย์, 2563)

4.2 ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี ในตัวอย่างในตัวอย่างที่ศึกษาแสดงดังตารางที่ 2 และผลการวิเคราะห์ ตัวอย่าง sample blank พบว่ามีค่าต่ำกว่าค่าต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้ของเครื่อง Flame AAS ในวิธีวิเคราะห์ของการศึกษานี้ (Limit of Determination, LOD) ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 mg Cu L^{-1}, 0.68 mg Pb L^{-1} และ 0.09 mg Zn L^{-1}

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นของทองแดง ตะกั่ว และสังกะสีในตัวอย่างที่ศึกษา (แสดงในรูปค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอย่าง	ความลึกจากผิวดิน	ความเข้มข้น (mg kg^{-1})		
	(ซม.)	ทองแดง	ตะกั่ว	สังกะสี
ควบคุม	0-15	35.54±3.77	15.34±4.59	22.03±7.49
(ไม่ได้รับน้ำชะมูลฝอย)	30-45	37.86±6.51	16.09±4.24	21.99±5.22
	เฉลี่ย	36.70±5.08	15.72±4.11	22.01±5.97
ใต้น้ำ	0-15	43.25±6.43	20.55±3.15	28.79±5.32
(ได้รับน้ำชะมูลฝอย)	30-45	42.55±3.93	18.81±3.80	27.76±7.42
	เฉลี่ย	42.91±5.23	19.68±3.68	28.28±6.33
ตะกอน	-	51.35±9.96	25.98±6.51	47.50±10.53

จากตารางพบว่าตัวอย่างผิวดิน (0-15 เซนติเมตร) มีปริมาณโลหะหนักใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ระดับไถพรวน (30-45 เซนติเมตร) เช่น ตัวอย่างควบคุมมีปริมาณทองแดง 35.54±3.77 และ 37.86±6.51 mg kg^{-1} ในดินชั้นบน และดินชั้นล่างตามลำดับ ในทำนองเดียวกัน ปริมาณทองแดงในดินชั้นบนของตัวอย่างใต้น้ำ (43.25±6.43 mg kg^{-1}) ก็ใกล้เคียงกับปริมาณที่พบในดินชั้นล่าง (42.55±3.93 mg kg^{-1}) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณทองแดง ตะกั่ว และสังกะสีในดินชั้นบนและดินชั้นล่างด้วยสถิติ Student's t-test แบบสองทาง พบว่าปริมาณที่พบในดินสองชั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$ ทุกการทดสอบ) การที่ปริมาณโลหะหนักในดินชั้นบนและชั้นล่างไม่แตกต่างกัน น่าจะมีสาเหตุมาจากการไถพรวนในการปลูกข้าว ทำให้ดินชั้นบนและชั้นล่างเกิดการผสมกัน หรืออาจกล่าวได้ว่าการปนเปื้อนของโลหะหนักแพร่กระจายถึงระดับความลึกอย่างน้อย 45 เซนติเมตร

ในการประเมินว่าแหล่งกำจัดขยะของเทศบาลเมืองลพบุรีเป็นแหล่งกำเนิดของโลหะหนักหรือไม่นั้น การศึกษานี้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างควบคุมซึ่งไม่ได้รับอิทธิพลของน้ำชะมูลฝอย กับตัวอย่างใต้น้ำที่ได้รับอิทธิพลของน้ำชะมูลฝอย พบว่าทองแดง ตะกั่ว และสังกะสีในตัวอย่างที่ได้รับอิทธิพลของน้ำชะมูลฝอยสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 3) แสดงว่าแหล่งกำจัดขยะมูลฝอยเป็นแหล่งกำเนิดของโลหะหนัก และโลหะหนักในแหล่งกำเนิดมูลฝอยสามารถแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมโดยรอบผ่านน้ำชะมูลฝอย

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างเหนือและใต้ทิศทางการไหลของน้ำด้วยสถิติ Student's t-test แบบทางเดียว

โลหะหนัก	ตัวอย่างควบคุม (mg kg^{-1})	ตัวอย่างที่ได้รับอิทธิพลจาก น้ำชะมูลฝอย (mg kg^{-1})	ค่า *p*
Cu	36.70±5.08	42.91±5.23	<0.01
Pb	15.72±4.11	19.68±3.68	0.02
Zn	22.01±5.97	28.28±6.33	0.01

หมายเหตุ: ใช้ค่าเฉลี่ยของดินชั้นบนและดินชั้นล่างในการทดสอบ เนื่องจากดินทั้งสองชั้นไม่แตกต่างกันในทางสถิติ จึงอนุมานว่าเป็นตัวอย่างกลุ่มเดียวกัน

ข้อบ่งชี้อีกประการหนึ่งที่แสดงให้เห็นว่าน้ำชะมูลฝอยเป็นตัวกลางในการแพร่กระจายโลหะหนักสู่สิ่งแวดล้อมรอบนอกแหล่งกำจัดขยะคือปริมาณโลหะในตะกอนท้องน้ำในร่องน้ำ (51.35±9.96 mg Cu kg^{-1}, 25.98±6.51 mg Pb kg^{-1} และ 47.50±10.53 mg Zn kg^{-1}) มีค่าสูงกว่าที่พบในตัวอย่างดินที่ได้รับอิทธิพลของน้ำชะมูลฝอย (42.91±5.23 mg Cu kg^{-1}, 19.68±3.68 mg Pb kg^{-1} และ 28.28±6.33 mg Zn kg^{-1}) อย่างมีนัยสำคัญ (ค่า *p* ของทองแดง < 0.01 และ p ของตะกั่ว และสังกะสี < 0.000) ค่า *p* ที่ต่ำมากนี้บ่งชี้ว่าทองแดง ตะกั่ว และสังกะสีจำนวนมากถูกตรึง (immobilized) ด้วยตะกอนท้องน้ำ ซึ่งน่าจะเกิดจากการตกตะกอนของโลหะ หรือการดูดซับของอนุภาคขนาดเล็กในร่องน้ำ หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าการสร้างร่องน้ำรอบแหล่งกำจัดขยะแบบเทกอง นอกจากจะช่วยป้องกันไม่ให้น้ำชะมูลฝอยไหลเข้าสู่พื้นที่การเกษตรโดยตรงแล้ว ยังช่วยป้องกันการแพร่กระจายของโลหะหนักสู่พื้นที่รอบนอกได้ด้วย อย่างไรก็ตามร่องน้ำของแหล่งกำจัดมูลฝอยของเทศบาลเมืองลพบุรี มีขนาดเล็ก (กว้างประมาณ 1.5 เมตร) ทำให้มีน้ำชะมูลฝอยบางส่วนไหลเอ่อเข้าพื้นที่นาโดยรอบได้ นอกจากนี้แล้วยังมีมีโลหะหนักจำนวนหนึ่งซึ่งอยู่ในรูปของสารละลาย และสารแขวนลอย ซึ่งจะแพร่กระจายสู่แหล่งน้ำผิวดินที่รองรับร่องน้ำจากแหล่งกำจัดขยะแห่งนี้

ถึงแม้ว่าผลจากการวิเคราะห์ปริมาณทองแดง ตะกั่ว สังกะสี และการทดสอบทางสถิติบ่งชี้ว่าแหล่งกำจัดมูลฝอยเป็นแหล่งกำเนิดของโลหะ แต่ปริมาณตะกั่วที่พบต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพดินเพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (400 mg kg^{-1}) ส่วนทองแดง และสังกะสีนั้นมาตรฐานไม่ได้กำหนดไว้ (มาตรฐานคุณภาพดิน, 2547)

5. สรุป

การศึกษาปริมาณโลหะหนักในตัวอย่าง 3 กลุ่มพบว่า ตะกอนท้องน้ำในร่องน้ำรอบแหล่งกำจัดขยะมูลฝอยมีปริมาณโลหะหนักสูงกว่าตัวอย่างดินที่ได้รับอิทธิพลของน้ำชะมูลฝอยอย่างมีนัยสำคัญ และดินที่อยู่ใต้ทิศทางการไหลของน้ำชะมูลฝอยมีปริมาณโลหะที่ศึกษาสูงกว่าดินที่อยู่เหนือทิศทางการไหลของน้ำชะมูลฝอย หรือตัวอย่งควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าแหล่งกำจัดขยะมูลฝอยเป็นแหล่งกำเนิดของโลหะหนัก โดยแพร่ผ่านน้ำชะมูลฝอยซึ่งน่าจะเอ่อล้นตลิ่งในฤดูฝน อย่างไรก็ตามปริมาณที่พบยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินเพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม

6. ข้อเสนอแนะ

การขุดร่องน้ำรอบแหล่งกำจัดขยะนอกจากจะสามารถป้องกันการไหลของน้ำชะมูลสู่พื้นที่รอบข้างโดยตรงแล้ว ยังสามารถลดการแพร่กระจายของโลหะหนักสู่สิ่งแวดล้อมโดยรอบได้ด้วย นอกจากการขุดร่องน้ำรอบแหล่งกำจัดขยะแล้ว องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นที่ดำเนินการกำจัดขยะไม่ว่าจะเป็นการฝังกลบอย่างหลักสุขาภิบาล หรือการเทกองกลางแจ้งควรมีแหล่งรวบรวมน้ำชะมูลฝอย เพื่อให้โลหะหนักตกตะกอนก่อนการระบายสู่สิ่งแวดล้อมโดยรอบ หรือแหล่งน้ำอื่น

7. เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2562). **สถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2562**. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ.

มาตรฐานคุณภาพดิน พ.ศ. 2547. (2547, 20 ตุลาคม). **ราชกิจจานุเบกษา**. เล่มที่ 121 ตอนพิเศษ 119 ง หน้า 170-181.

วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ. (2563). **เคมีวิเคราะห์ :หลักการและเทคนิคการคำนวณเชิงปริมาณ**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วาสนา แนมบาง และวิจิตรา เมาเตจา. (2557). **การแพร่กระจายโลหะหนักในพื้นที่นาข้าวรอบบ่อฝังกลบขยะชุมชน กรณีศึกษา ตำบลวังน้ำคู้ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต. ภาคควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดลพบุรี. (2557). **แผนบริหารจัดการขยะมูลฝอย จังหวัดลพบุรี พ.ศ. 2558-2562**. ลพบุรี.

Radojevic, M., Bashkin, V. N. (2006). **Practical Environmental Analysis.** London: RSC Publishing.