

การปนเปื้อนโลหะหนักและการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศวิทยา ของอุทยานภูหินร่องกล้า

HEAVY METAL CONTAMINATION AND ECOLOGICAL RISK ASSESSMENT OF PHU HIN RONG KLA NATIONAL PARK

กาญจนา ธนพคุณ และ ธันวดี ศรีธาวีรัตน์*

Kanjana Thananoppakun, and Thunwadee Srithawirat*

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University

*corresponding author e-mail: T.srithawirat@psru.ac.th

(Received: 30 March 2025; Revised: 28 April 2025; Accepted: 1 May 2025)

บทคัดย่อ

ความสมดุลของระบบนิเวศขึ้นอยู่กับความยั่งยืนของดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณโลหะหนักเป็นปัจจัยหลักที่กำหนดระดับการปนเปื้อนและความเสื่อมโทรมของดิน การศึกษานี้มีเป้าหมายเพื่อประเมินการปนเปื้อนของโลหะหนัก ได้แก่ ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) และโครเมียม (Cr) ที่สะสมอยู่ในดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า จังหวัดพิษณุโลก ประเทศไทย และประเมินความเสี่ยงทางนิเวศวิทยาโดยใช้ดัชนีค่าความเสี่ยงทางนิเวศวิทยาแบบชนิดเดียว (Ecological Risk index; ER) และค่าความเสี่ยงทางนิเวศวิทยารวม (Potential Ecological Risk index; PERI) จากการศึกษา พบว่า ในพื้นที่เส้นทางศึกษาธรรมชาติ มีความเข้มข้นของ Cd Cr Cu Pb และ Zn อยู่ในช่วง 0.02–0.25 3.23–6.18 1.75–7.84 1.15–9.21 และ 10.19–19.89 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนในพื้นที่บริเวณบ้านพักและบริเวณลานจอดรถ มีความเข้มข้นของ Cd Cr Cu Pb และ Zn อยู่ในช่วง 0.03–0.08 12.56–29.07 5.23–10.48 5.17–7.90 และ 23.56–30.49 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ โดยปริมาณโลหะหนักในพื้นที่ศึกษามีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ส่วนการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศวิทยา พบว่า มีค่าอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งแสดงว่าการปนเปื้อนของโลหะในพื้นที่ศึกษาอยู่ในระดับต่ำ แม้ว่าผลการศึกษาจะบ่งชี้ว่าดินในอุทยานแห่งชาติไม่มีปนเปื้อนโลหะหนักในระดับที่เป็นอันตราย แต่อาจได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ในอนาคต ดังนั้นการติดตามคุณภาพดินอย่างต่อเนื่องจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อป้องกันการเสื่อมโทรมของระบบนิเวศ

คำสำคัญ: โลหะหนัก มลพิษทางดิน ดัชนีชี้วัดระบบนิเวศ

Abstract

The balance of ecosystems depends on soil sustainability, with heavy metal concentrations being a key factor determining the level of contamination and soil degradation. This study aimed to assess the contamination levels of heavy metals, including copper (Cu), zinc (Zn), cadmium (Cd), lead (Pb), and chromium (Cr), accumulated in the soil of Phu Hin Rong Kla National Park, Phitsanulok Province, Thailand. Additionally, the study evaluated the ecological risk using the Ecological Risk Index (ER) for individual metals and the Potential Ecological Risk Index (PERI) for overall contamination levels. The results indicated that in the nature trail area, the concentrations of Cd, Cr, Cu, Pb, and Zn ranged from 0.02–0.25, 3.23–6.18, 1.75–7.84, 1.15–9.21, and 10.19–19.89 mg/kg, respectively. In contrast, in the accommodation and parking area, the concentrations of Cd, Cr, Cu, Pb, and Zn ranged from 0.03–0.08, 12.56–29.07, 5.23–10.48, 5.17–7.90, and 23.56–30.49 mg/kg, respectively. The heavy metal concentrations in the studied areas did not exceed the soil quality standards of the National Environmental Board of Thailand. The ecological risk assessment revealed that the ecological risk indices for all samples were at a low level, indicating minimal contamination risk in the study area. Although the findings suggest that the soils in the national park are not contaminated with heavy metals at hazardous levels, there are indications of anthropogenic influences. Therefore, continuous soil quality monitoring is essential to prevent ecosystem degradation and ensure long-term environmental sustainability.

Keywords: Heavy metals, Soil pollution, Ecological indicators

บทนำ

ระบบนิเวศธรรมชาติทำงานได้อย่างสมบูรณ์มีความสำคัญต่อคุณภาพชีวิตและการพัฒนาที่ยั่งยืนข้อที่ 15 (Sustainable Development Goal 15, SDG15–การปกป้อง พื้นฟู และส่งเสริมการใช้ระบบนิเวศทางบกอย่างยั่งยืน) (United Nations, 2015) ซึ่งการดำเนินงานตามเป้าหมายนี้ควรมีการติดตามตรวจสอบอย่างใกล้ชิด โดยเฉพาะการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อนิเวศวิทยาในพื้นที่อนุรักษ์/คุ้มครองที่อาจได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ (Nakhle et al., 2024) ในปัจจุบันการปนเปื้อนของโลหะหนักในอุทยานแห่งชาติและพื้นที่คุ้มครองเป็นประเด็นปัญหาสำคัญที่สามารถพบได้ทั้งจากแหล่งกำเนิดทางธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์ (ธันวดี และ กาญจนนา, 2560; Łukaszek–Chmielewska et al., 2025; Mazurek et al., 2017) อย่างไรก็ตาม

การปนเปื้อนของโลหะหนักที่พบส่วนใหญ่มักมีสาเหตุมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น อุตสาหกรรมการทำเหมืองแร่ และการทิ้งของเสียโดยไม่ผ่านการบำบัดอย่างเหมาะสม รวมถึงการทำการเกษตรที่ใช้ปุ๋ยและสารฆ่าแมลง โดยโลหะหนักที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์อย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ สารหนู (As) ตะกั่ว (Pb) โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu) นิกเกิล (Ni) สังกะสี (Zn) แคดเมียม (Cd) และดีบุก (Sn) เป็นต้น (Łukaszek–Chmielewska et al., 2025; Mazurek et al., 2017) จากกิจกรรมการผลิตของมนุษย์ดังกล่าว ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงที่โลหะหนักจะปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น เนื่องจากโลหะหนักมีคุณสมบัติที่ย่อยสลายได้ยากตามธรรมชาติ เกิดการสะสมทั้งในแหล่งสิ่งแวดล้อมและในสิ่งมีชีวิตประเภทต่างๆ ที่ได้รับสัมผัส ซึ่งอาจนำไปสู่ความผิดปกติขององค์ประกอบในระบบนิเวศ เกิดการลดลงของความหลากหลายทางชีวภาพและทำให้ระบบนิเวศเกิดความเสื่อมโทรมไปในที่สุด ดินที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักในระดับสูงจึงมีความเสี่ยงมาก เนื่องจากสารพิษสามารถเคลื่อนย้ายเข้าสู่ น้ำและสะสมอยู่ในดินหรือพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งชั้นดินผิวน้ำที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดอันตรายต่อความปลอดภัยทางนิเวศวิทยา (Akbar et al., 2024; Terzano et al., 2021)

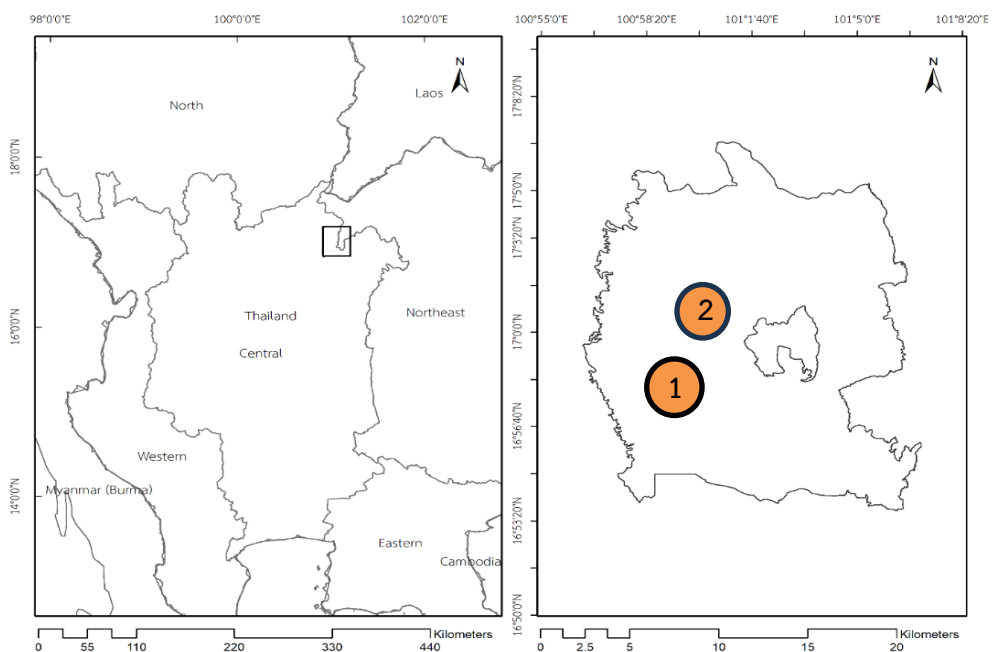
อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า ตั้งอยู่ในพื้นที่รอยต่ออำเภอด่านซ้าย จังหวัดเลย และอำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งการได้รับการประกาศเป็นอุทยานแห่งชาตินี้ถือเป็นการยืนยันได้ว่าพื้นที่แห่งนี้มีความสำคัญต่อการปกป้องและการอนุรักษ์ทรัพยากรชีวภาพ รวมถึงยังเป็นพื้นที่ที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ที่สำคัญของประเทศไทย อย่างไรก็ตาม การขยายตัวทางเศรษฐกิจ ส่งผลให้พื้นที่โดยรอบอุทยานมีกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินที่หลากหลาย เช่น การสร้างถนน การเกษตรกรรม และการทำเหมืองแร่ รวมทั้งการเพิ่มขึ้นของจำนวนนักท่องเที่ยวที่เดินทางเข้ามาเยี่ยมชมอุทยานแห่งชาติ ซึ่งกิจกรรมดังกล่าว อาจส่งผลให้มีการปล่อยสารมลพิษสู่บรรยากาศเพิ่มขึ้น และเกิดการตกสะสมลงสู่ดิน ทำให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักและสารเคมีในสิ่งแวดล้อม (Terzano et al., 2021)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์การปนเปื้อนของโลหะหนัก ได้แก่ ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) และโครเมียม (Cr) ที่สะสมอยู่ในดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า จังหวัดพิษณุโลก และประเมินความเสี่ยงทางนิเวศวิทยา เพื่อให้ทราบถึงระดับการปนเปื้อนของโลหะหนักในพื้นที่ศึกษาและระดับความเสี่ยงทางนิเวศวิทยา ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการนำไปสู่แนวทางการบริหารจัดการ และฟื้นฟูระบบนิเวศที่มีความสำคัญอันจะนำมาซึ่งความหลากหลายและความสมดุลของระบบนิเวศ และเพิ่มขีดความสามารถในการใช้ประโยชน์ของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตบริเวณโดยรอบอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้าต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า มีพื้นที่ประมาณ 307 ตารางกิโลเมตร หรือ 191,875 ไร่ ครอบคลุมพื้นที่รอยต่อของสองจังหวัด คือ อำเภอด่านซ้าย จังหวัดเลย และอำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 16 องศา 53 ลิปดา–17 องศา 07 ลิปดาเหนือ และอยู่ระหว่างเส้นแวงที่ 100 องศา 56 ลิปดา–101 องศา 06 ลิปดาตะวันออก ที่ทำการอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า ตั้งอยู่ห่างจากจังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นระยะทางประมาณ 120 กิโลเมตร ความสูงโดยทั่วไปประมาณ 1,300 เมตร จากระดับน้ำทะเล ลักษณะภูมิอากาศหนาวเย็นตลอดปีโดยเฉพาะในฤดูหนาวอุณหภูมิจะต่ำประมาณ 0–4 องศาเซลเซียส ส่วนฤดูร้อนอากาศเย็นสบาย ฝนตกชุกในฤดูฝน อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 18–25 องศาเซลเซียส โดยในการศึกษาครั้งนี้ ได้กำหนดพื้นที่ศึกษา 2 พื้นที่ คือ 1) พื้นที่เส้นทางศึกษาธรรมชาติผาชูธง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ห่างจากถนนและมีจำนวนนักท่องเที่ยวใช้เส้นทางนี้ไม่มาก (Unspoiled area; UA) และ 2) พื้นที่บริเวณบ้านพักและบริเวณลานจอดรถ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ติดถนนและมีจำนวนนักท่องเที่ยวใช้เส้นทางนี้มาก (Spoiled area; SA) ดังภาพที่ 1 และได้กำหนดจุดเก็บตัวอย่างดิน วัดค่าแห่งพักด้วยแอปพลิเคชัน Handy GPS ในสมาร์ทโฟน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2567) จำนวนทั้งหมด 12 สถานี ในสองลักษณะการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ ดังตารางที่ 1



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษา

จุดที่	สถานี	ค่าละติจูด (Latitude)	ค่าลองจิจูด (Longitude)	ระดับความสูง (Attitude, m)	ลักษณะพื้นที่
1	UA1	16.990917	100.993927	1280	พื้นที่เส้นทางศึกษาธรรมชาติ
2	UA2	16.993312	100.993004	1274	
3	UA3	16.994129	100.992590	1268	
4	UA4	16.994157	100.992534	1264	
5	UA5	16.99377	100.99145	1264	
6	UA6	16.991552	100.99275	1284	
7	SA1	17.006148	100.995111	1148	พื้นที่บริเวณบ้านพัก และบริเวณ ลานจอดรถ
8	SA2	17.004976	100.994836	1157	
9	SA3	17.003841	100.994439	1168	
10	SA4	17.003792	100.993997	1174	
11	SA5	17.003992	100.99384	1166	
12	SA6	17.00369	100.994203	1167	

2. วิธีการเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์

การเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ศึกษาเขตอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า ระหว่างเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน 2567 โดยแบ่งเป็น 2 พื้นที่ ได้แก่ 1) พื้นที่เส้นทางศึกษาธรรมชาติ (UA) และ 2) พื้นที่บริเวณบ้านพักและบริเวณลานจอดรถ (SA) โดยเก็บตัวอย่างดินแบบครั้งเดียวด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) โดยทำการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0–15 เซนติเมตร และนำดินไปอบที่อุณหภูมิ 103–105 องศาเซลเซียส และร่อนด้วยตะแกรงขนาด 250 ไมครอน เพื่อนำไปวิเคราะห์โลหะหนักในดิน โดยการย่อยตัวอย่างดิน ด้วยกรดเปอร์คลอริก (HClO_4) ผสมกับไนตริก (HNO_3) (1 : 3) อัตราส่วนดินต่อกรดผสม ดิน 1 กรัม : กรดผสม 10 มิลลิลิตร ตั้งไฟย่อยจนเหลือ 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตร 50 มิลลิลิตร ด้วย 5% ไนตริก (ดัดแปลงมาจาก Hesse, 1971) นำไปวิเคราะห์โลหะหนัก 5 ชนิด ได้แก่ ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) และโครเมียม (Cr) ด้วยเครื่อง Inductively coupled plasma optical emission spectroscopy (ICP-OES, Analytik-jena, Germany) การทดสอบความแม่นยำของวิธีการทดลอง โดยการตรวจสอบค่า % recovery ของโลหะหนัก Cu Zn Cd Pb และ Cr ในตัวอย่างดิน อยู่ในช่วง 82–110% โดยมีปริมาณต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (Limit of detection) สำหรับ Pb Cu Cd Cr และ Zn มีค่าเท่ากับ 0.05 0.03 0.01 0.01 และ 0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

3. การประเมินการปนเปื้อนของโลหะหนักและการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศวิทยา

การประเมินความเสี่ยงของระบบนิเวศ สามารถศึกษาโดยใช้ค่าดัชนีและสมการในการบ่งชี้ โดยการบ่งชี้ถึงความเสี่ยงของระบบนิเวศจะอยู่บนพื้นฐานของค่าการปนเปื้อนของโลหะหนัก ในองค์ประกอบที่สำคัญของระบบนิเวศ ในงานวิจัยนี้เลือกค่าปัจจัยการปนเปื้อนในดิน โดยประเมินการปนเปื้อนของโลหะหนัก ได้แก่ Pb Cu Cd Cr และ Zn ซึ่งค่าปัจจัยการปนเปื้อน (Contamination Factor; CF) คำนวณได้ดังสมการที่ 1

$$CF^i = C_o^i / C_n^i \quad (1)$$

เมื่อ C_o^i หมายถึง ค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในดิน

C_n^i หมายถึง ค่าอ้างอิงของโลหะหนัก

ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้ค่าอ้างอิงของ Wang et al. (2019); Xie et al. (2016) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าอ้างอิงของโลหะหนัก (C_n^i) และค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นพิษ (Tr^i) ของโลหะหนัก

โลหะหนัก	ค่าอ้างอิงของโลหะหนัก (C_n^i) ¹	ค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นพิษ (Tr^i) ²
Pb	26	5
Cu	22.60	5
Cd	0.097	30
Cr	61	2
Zn	74.20	1

ที่มา: ¹Xie et al. (2016); ² Wang et al. (2019)

การประเมินความเสี่ยงทางด้านนิเวศวิทยา โดยนำผลการวิเคราะห์ค่าปัจจัยการปนเปื้อนในดินในพื้นที่ศึกษามาทำการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศวิทยา ด้วยสมการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศวิทยาแบบชนิดเดียว (Ecological Risk index; ER) คำนวณตามสมการของ Hakanson (1980) ดังสมการที่ 2 และสมการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศวิทยารวม (Potential Ecological Risk index; PERI) ดังสมการที่ 3

$$ER^i = CF^i \times Tr^i \quad (2)$$

$$PERI = \sum ER^i \quad (3)$$

เมื่อ CF หมายถึง ค่าปัจจัยการปนเปื้อน

Tr หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นพิษ (ดังตารางที่ 2)

PERI หมายถึง ผลรวมของปัจจัยเสี่ยงของโลหะหนักทั้งหมดในดิน

การแบ่งระดับของความเสียหายทางนิเวศวิทยาจากการปนเปื้อนโลหะหนักในดิน ทั้งความเสียหายทางนิเวศวิทยาจากการปนเปื้อนโลหะหนักชนิดเดียว (ER) และความเสียหายทางนิเวศวิทยาจากการปนเปื้อนโลหะหนักรวมหลายชนิด (PERI) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระดับความเสียหายทางนิเวศวิทยา

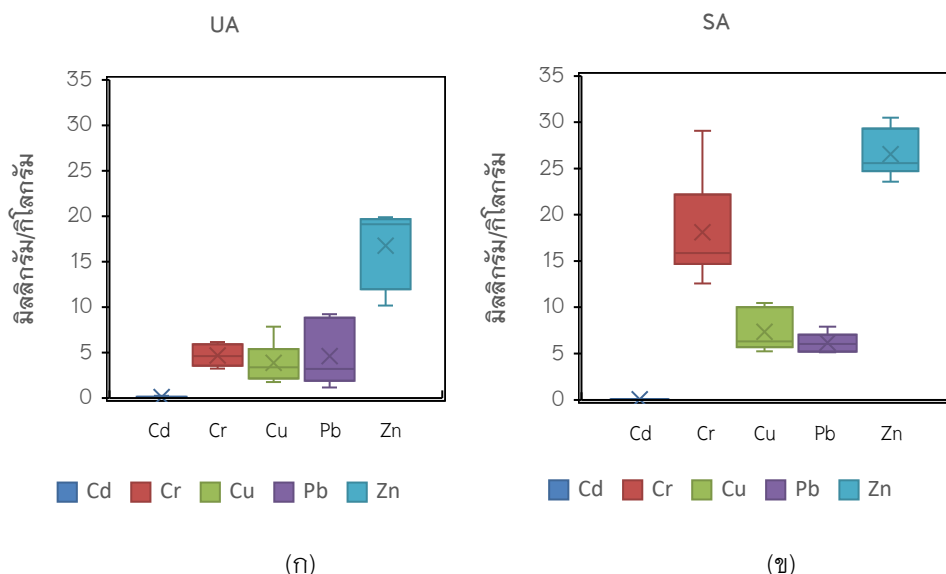
ระดับความเสียหายทางนิเวศวิทยา	ระดับต่ำ (Low Risk)	ระดับปานกลาง (Moderate Risk)	ระดับที่ต้องเฝ้าระวัง (Considerable Risk)	ระดับสูง (High Risk)	ระดับสูงมาก (Significantly High Risk)
ER	<40	40–80	80–160	160–320	>320
PERI	<150	150–300	300–600	≥600	--

ที่มา: Hakanson (1980)

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะในดิน

การติดตามตรวจสอบการปนเปื้อนของโลหะในดินจากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนัก 5 ชนิด ได้แก่ Cd Cr Cu Pb และ Zn พบว่า ในพื้นที่เส้นทางศึกษาธรรมชาติ (UA) มีความเข้มข้นของ Cd Cr Cu Pb และ Zn อยู่ในช่วง 0.02–0.25 3.23–6.18 1.75–7.84 1.15–9.21 และ 10.19–19.89 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนในพื้นที่บริเวณบ้านพักและบริเวณลานจอดรถ (SA) มีค่าความเข้มข้นของ Cd Cr Cu Pb และ Zn อยู่ในช่วง 0.03–0.08 12.56–29.07 5.23–10.48 5.17–7.90 และ 23.56–30.49 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ดังภาพที่ 2 ในพื้นที่ UA พบว่า Zn มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 16.75 ± 4.24 มิลลิกรัม/กิโลกรัม รองลงมา คือ Cr Pb Cu และ Cd ตามลำดับ เช่นเดียวกับในพื้นที่ SA ที่พบว่า Zn มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 26.54 ± 2.61 มิลลิกรัม/กิโลกรัม รองลงมา คือ Cr Cu Pb และ Cd ตามลำดับ การศึกษานี้ พบว่า พื้นที่ SA มีความเข้มข้นเฉลี่ยของ Pb Cr และ Zn ในดินสูงกว่าพื้นที่ UA อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ส่วน Cu และ Cd ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยทั้งสองพื้นที่มีค่าโลหะหนักไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2564 โดยคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัย กำหนดค่าความเข้มข้นของ Cd Cr(VI) Cu และ Pb ไม่เกิน 67 17.50 2920 และ 400 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่วน Zn ไม่ได้ถูกกำหนดไว้ในประกาศนี้



ภาพที่ 2 การปนเปื้อนของโลหะหนัก (ก) พื้นที่เส้นทางศึกษารวมชาติ (UA) และ (ข) พื้นที่บริเวณบ้านพัก และบริเวณลานจอดรถ (SA)

ตารางที่ 4 ค่าความเสี่ยงทางนิเวศวิทยาจากการปนเปื้อนโลหะหนัก

โลหะหนัก		พื้นที่ UA	พื้นที่ SA
Cd	ER	13.40	30.79
	ระดับความเสี่ยง	ต่ำ	ต่ำ
Cr	ER	0.59	0.41
	ระดับความเสี่ยง	ต่ำ	ต่ำ
Cu	ER	1.62	1.44
	ระดับความเสี่ยง	ต่ำ	ต่ำ
Pb	ER	1.18	1.47
	ระดับความเสี่ยง	ต่ำ	ต่ำ
Zn	ER	0.35	0.33
	ระดับความเสี่ยง	ต่ำ	ต่ำ
ความเสี่ยงทางนิเวศวิทยาจาก			
การปนเปื้อนโลหะหนักรวมหลายชนิด		17.16	34.46
(PERI)			

2. ผลการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศวิทยา

จากตารางที่ 4 ประเมินความเสี่ยงทางนิเวศวิทยาแบบชนิดเดี่ยว (ER) พบว่า Cd มีค่าสูงสุดทั้ง 2 พื้นที่ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 13.40 และ 30.79 ในพื้นที่ UA และ SA ตามลำดับ โดยมีค่าจากมากไปหาน้อยดังนี้ ในพื้นที่ UA พบว่า $Cd > Cu > Pb > Cr > Zn$ ส่วนพื้นที่ SA พบว่า $Cd > Pb > Cu > Cr > Zn$ แต่อย่างไรก็ตามค่า ER ของโลหะหนักแต่ละชนิดมีค่าน้อยกว่า 40 ซึ่งแสดงถึงระดับความเสี่ยงต่ำ ดังตารางที่ 4 ส่วนค่าความเสี่ยงทางนิเวศวิทยาจากการปนเปื้อนโลหะหนักรวมหลายชนิด (PERI) พบว่า ในพื้นที่ UA และ SA มีค่าเท่ากับ 17.16 และ 34.46 ตามลำดับ ซึ่งแสดงถึงระดับความเสี่ยงทางนิเวศวิทยาต่ำ

อภิปรายผล

ความเข้มข้นของโลหะหนักในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้าได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย รวมถึงกิจกรรมของมนุษย์โดยรอบพื้นที่ จากรายงานการวิจัยของ ธันวดี และกาญจนา (2560) ซึ่งได้ศึกษาการสะสมของปริมาณโลหะหนัก 5 ชนิด ได้แก่ เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) แคดเมียม (Cd) และ ตะกั่ว (Pb) ในดินบริเวณเส้นทางศึกษาธรรมชาติน้ำตกหมั่นแดง และพื้นที่เส้นทางศึกษาธรรมชาติลานหินแตก ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า ในปี พ.ศ. 2560 พบว่า การสะสมของ Cu และ Zn ในดินบริเวณเส้นทางศึกษาธรรมชาติน้ำตกหมั่นแดง ได้รับอิทธิพลในระดับสูงและสูงมากจากกิจกรรมมนุษย์ ส่วนพื้นที่เส้นทางศึกษาธรรมชาติด้านหินแตก Cu ได้รับอิทธิพลในระดับปานกลาง และ Zn ได้รับอิทธิพลในระดับสูง ส่วน Cd ได้รับอิทธิพลอย่างรุนแรงจากกิจกรรมมนุษย์ทั้งในทั้งสองพื้นที่ ทั้งนี้ค่าความเข้มข้นของตะกั่วในการศึกษานี้มีค่าสูงกว่าการศึกษาของ พรณิภา และปิยะดา (2564) ที่ทำการวิเคราะห์โลหะหนักในดินแปลงผักในพื้นที่ตำบลบึงพระ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยพบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่ว ทองแดง สังกะสี และเหล็ก เท่ากับ 2.98 10.97 32.38 และ 3898.31 มิลลิกรัม/กิโลกรัมตามลำดับ

ถึงแม้ว่าพื้นที่อุทยานแห่งชาติเป็นพื้นที่ที่มีการรบกวนจากกิจกรรมการของมนุษย์น้อย แต่ยังคงมีการตรวจพบการปนเปื้อนของโลหะหลายชนิด เช่น การศึกษาของ Łukaszek–Chmielewska et al. (2025) ได้ตรวจพบการปนเปื้อนของ Cr Cd Mn และ Pb ในดินบริเวณอุทยานแห่งชาติ Kampinos ในประเทศโปแลนด์ โดยพบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ Cd Cr Mn และ Pb อยู่ที่ 0.08 3.58 95.54 และ 8.35 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยในครั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบการปนเปื้อนของโลหะในดินป่าธรรมชาติในประเทศจีน พบว่า ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ Cd อยู่ที่ 0.02 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ Pb อยู่ที่ 17.05 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Kang et al., 2022) ในขณะที่การศึกษาของ Hernandez et al. (2003) พบว่า ดินชั้นบนในป่าของประเทศฝรั่งเศส

มีความเข้มข้นของ Cd อยู่ในช่วง 0.09–0.63 มิลลิกรัม/กิโลกรัม Cr อยู่ในช่วง 8.21–102.77 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ Pb อยู่ในช่วง 3.34–134.45 มิลลิกรัม/กิโลกรัม การตรวจพบโลหะหนักในดินเกิดจากองค์ประกอบของหินต้นกำเนิดและแร่ธาตุที่แตกต่างกัน รวมทั้งการตกสะสมจากสารมลพิษทางอากาศ (Hernandez et al., 2003) โลหะหนักที่ถูกปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดจะเข้าสู่บรรยากาศในเวลาต่อมา การตกสะสมของโลหะเกิดได้ 2 ทาง คือ การตกสะสมเปียก (Wet deposition) เป็นกระบวนการที่โลหะหนักในบรรยากาศรวมตัวกับเมฆ และต่อมากลายเป็นฝนตกลงสู่พื้นดิน และการตกสะสมแห้ง (Dry deposition) โลหะหนักที่แขวนลอยในบรรยากาศจะถูกพัดพาไปโดยลมและตกสะสมบนผิวดิน ต้นไม้ สิ่งก่อสร้าง รวมถึงการเข้าสู่ระบบการหายใจของมนุษย์ด้วย (Hernandez et al., 2003) การทำเกษตรกรรมในพื้นที่รอบๆ อุทยานแห่งชาติ โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยเคมีและสารกำจัดศัตรูพืชอย่างแพร่หลาย รวมทั้งการเผาไหม้ในที่โล่ง การปล่อยไอเสียจากการจราจร โรงงานอุตสาหกรรม การทำเหมืองแร่ในพื้นที่ห่างไกลออกไป สารมลพิษทางอากาศสามารถเกิดการเคลื่อนที่ตามทิศทางลมและสภาพทางอุตุนิยมวิทยาได้ (Mazurek et al., 2017; Srithawirat et al., 2024a; 2024b)

ปริมาณแคดเมียมสูงขึ้นในดินธรรมชาติ โดยทั่วไปมีความเชื่อมโยงกับการปรากฏของแร่ดินเหนียว คาร์บอนเตตออกไซด์ที่มีน้ำและอินทรีย์วัตถุ ตลอดจนคุณสมบัติทางฟิสิกส์เคมี เช่น ค่า pH ที่เพิ่มขึ้น แหล่งกำเนิดของแคดเมียมที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ การเผาไหม้ การฝังกลบขยะ การจราจร อุตสาหกรรมโลหะ (Liu et al., 2018) ส่วนโครเมียมตามธรรมชาติในดินส่วนใหญ่มีปริมาณในระดับที่ขึ้นอยู่กับวัสดุต้นกำเนิดของหิน แหล่งที่มาหลักของโครเมียมที่ปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมมาจากกระบวนการทางเคมี การผลิตแร่และซีเมนต์ การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า การฟอกหนัง การย้อมสีสิ่งทอ และการผลิตโลหะกรรม (Liu et al., 2018) การตรวจพบตะกั่วและแคดเมียมในฝุ่นบนถนน ซึ่งเกิดจากการใช้เชื้อเพลิงที่มีสารตะกั่วในยานพาหนะรุ่นเก่า อาจส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนในดินชั้นบนได้ สารตะกั่วในดินเป็นธาตุที่มีความสามารถในการเคลื่อนที่ต่ำ แต่ความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้นจะช่วยเพิ่มความสามารถในการละลาย ตะกั่วจึงมีความสามารถในการจับกับอินทรีย์วัตถุในดินได้สูง (Tomczyk et al., 2023)

ค่าความเสี่ยงทางนิเวศวิทยาแบบชนิดเดียว (ER) ในดินชั้นบนในอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า มีความแปรปรวน โดยมีค่าตั้งแต่ 0.33 ถึง 30.79 โดยในทุกตัวอย่าง ค่า ER มีค่าไม่เกิน 40 และค่าความเสี่ยงทางนิเวศวิทยาจากการปนเปื้อนโลหะหนักรวมหลายชนิด (PERI) มีค่าไม่เกิน 150 ซึ่งหมายความว่าดัชนีความเสี่ยงทางนิเวศวิทยาที่อาจเกิดขึ้นจากผลกระทบรวมของโลหะหนักในการศึกษานี้อยู่ในระดับต่ำ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้ามีค่าการปนเปื้อนของโลหะหนัก ซึ่งในอนาคตอาจส่งผลให้มลพิษเคลื่อนย้ายลงสู่ชั้นดินที่ลึกกว่า และอาจเป็นอันตรายต่อระบบนิเวศได้ (Łukaszek–Chmielewska et al., 2025)

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอการวิเคราะห์สถานการณ์ของโลหะหนักในดินพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า โดยพบว่าความเข้มข้นของโลหะหนักในดินชั้นบนในพื้นที่เส้นทางศึกษาธรรมชาติเรียงตามลำดับดังนี้ $Zn > Cr > Pb > Cu > Cd$ ส่วนพื้นที่บริเวณบ้านพักและบริเวณลานจอดรถ ค่าความเข้มข้นโลหะหนักเรียงลำดับ ดังนี้ $Zn > Cr > Cu > Pb > Cd$ โดยทั้งสองพื้นที่มีค่าความเข้มข้นโลหะหนักไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ส่วนการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศวิทยาของอุทยานภูหินร่องกล้า โดยใช้พารามิเตอร์ ค่าความเสี่ยงทางนิเวศวิทยาแบบชนิดเดียว (ER) และค่าความเสี่ยงทางนิเวศวิทยารวม (PERI) พบว่า ดัชนีความเสี่ยงทางนิเวศวิทยาในตัวอย่างทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งบ่งชี้ว่าการปนเปื้อนของโลหะหนักในพื้นที่ศึกษาอยู่ในระดับต่ำ แม้ว่าจะพบความแปรปรวนของระดับการปนเปื้อนขึ้นอยู่กัชนิดโลหะหนักและตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง อย่างไรก็ตาม การวิจัยในอนาคตควรมุ่งเน้นไปที่การเปรียบเทียบลักษณะเชิงพื้นที่และเชิงเวลาของโลหะหนักในระบบนิเวศของพื้นที่อุทยานแห่งชาติ รวมถึงผลกระทบต่อแหล่งน้ำ และดินชั้นต่างๆ ในฤดูกาลที่แตกต่างกัน และเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานตามเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDG15-การปกป้อง พื้นฟู และส่งเสริมการใช้ระบบนิเวศทางบกอย่างยั่งยืน) ควรมีการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่อง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมงบประมาณเพื่อสนับสนุนงานพื้นฐาน (Fundamental Fund; FF) ประจำปีงบประมาณ 2567 (RDI-1-67-25)

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. (2567). การหาตำแหน่งพิกัดด้วยแอปพลิเคชัน Handy GPS. สืบค้นเมื่อ 5 มกราคม 2567, จาก https://www.idd.go.th/WEB_Corn/PDF/Application_HandyGPS.pdf
- ธันวดี ศรีธาวีรัตน์, และกาญจนา ธนพคุณ. (2560). การปนเปื้อนโลหะหนักในดินอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า. ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 17 (น.2727-2734) พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.
- พรณิภา แท้มดี, และปิยะดา วชิระวงศกร (2564). การปนเปื้อนโลหะหนักในดินของพื้นที่ผลิตผักเศรษฐกิจในจังหวัดพิษณุโลก. *PSRU Journal of Science and Technology*, 6(2), 98–108.
- Akbar, Z., Akbar, W.A., Irfan, M., Rahim, H.U., Khan, U., Saleem, A., Ali, S., & Khan, K. (2024). Comparative effects of organic and inorganic amendments on heavy metal co-contaminated soil remediation, reducing heavy metal bioavailability and enhancing nutrient accessibility for maize growth. *Land Degradation & Development*, 35(16), 4741–4753.

- Hakanson, L. (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control– a sedimentological approach. **Water Research**, **14**(8), 975–1001.
- Hernandez, L., Probst, A., Probst, J.L., & Ulrich, E. (2003). Heavy metal distribution in some French forest soils: evidence for atmospheric contamination. **Science of The Total Environment**, **312**(1), 195–219.
- Hesse, P.R. (1971). **A Textbook of Soil Chemical Analysis**. London, John Murray, 184–184.
- Kang, J., Ding, X., Ma, H., Dai, Z., Li, X., & Huang, J. (2022). Characteristics and risk of forest soil heavy metal pollution in Western Guangdong Province, China. **Forests**, **13**(6), 884.
- Liu, J., Liu, Y.J., Liu, Y., Liu, Z., & Zhang, A.N. (2018). Quantitative contributions of the major sources of heavy metals in soils to ecosystem and human health risks: A case study of Yulin, China. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, **164**, 261–269.
- Łukaszek-Chmielewska, A., Rakowska, J., Rachwał, M., & Stawarz, O. (2025). Assessment of forest soil contamination by heavy metals in the Polish National Park near Warsaw. **Scientific Reports**, **15**(1), 4099.
- Mazurek, R., Kowalska, J., Gąsiorek, M., Zadrozny, P., Józefowska, A., Zaleski, T., Kępk, W., Tymczuk, M., & Orłowska, K. (2017). Assessment of heavy metals contamination in surface layers of Roztocze National Park forest soils (SE Poland) by indices of pollution. **Chemosphere**, **168**, 839–850.
- Nakhle, P., Stamos, I., Proietti, P., & Siragusa, A. (2024). Environmental monitoring in European regions using the sustainable development goals (SDG) framework. **Environmental and Sustainability Indicators**, **21**, 100332.
- Srithawirat, T., Jupu, S., Raksuan, S., & Noinumsai, S. (2024a). PM10–associated heavy metals and health risk assessment in charcoal production communities: A case study in Phitsanulok Province, Thailand. **Journal of Food Health and Bioenvironmental Science**, **17**(3), 1–7.
- Srithawirat, T., Kamaruddin, M.A., Othman, M., Chimjan, O., Banerjee, T., Singh, A., Afandi, N.Z.M., Dominick, D., Mohtar, A.A.A., & Latif, M.T. (2024b). Inorganic composition of PM2.5 in the lower northern region of Thailand and their potential impact on human health. **Environmental Earth Sciences**, **83**(21), 608.
- Terzano, R., Rascio, I., Allegretta, I., Porfido, C., Spagnuolo, M., Khanghahi, M.Y., Crecchio, C., Sakellariadou, F., & Gattullo, C.E. (2021). Fire effects on the distribution and bioavailability of potentially toxic elements (PTEs) in agricultural soils. **Chemosphere**, **281**, 130752.
- Tomczyk, P., Wdowczyk, A., Wiatkowska, B., & Szymańska-Pulikowska, A. (2023). Assessment of heavy metal contamination of agricultural soils in Poland using contamination indicators. **Ecological Indicators**, **156**, 111161.
- United Nations. (2015). **Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development**. Retrieved February, 21, 2025, from <https://thailand.un.org/th/sdgs/15>

- Wang, N., Han, J., Wei, Y., Li, G., & Sun, Y. (2019). Potential ecological risk and health risk assessment of heavy metals and metalloid in soil around Xunyang mining areas. **Sustainability**, 11(18), 4828.
- Xie, Z., Jiang, Y., Zhang, H., Wang, D., Qi, S., Du, Z., & Zhang, H. (2016). Assessing heavy metal contamination and ecological risk in Poyang Lake area, China. **Environmental Earth Sciences**, 75(7), 549.