

02

การประเมินการปนเปื้อนของโลหะหนักในฝุ่นที่ผนัง ของบ้านเรือนในเขตพื้นที่เกษตรกรรม จังหวัดสุโขทัย CONTAMINATION ASSESSMENT OF HEAVY METALS IN DUST DEPOSITED ON RESIDENTIAL BUILDING WALLS IN AGRICULTURAL AREAS OF SUKHOTHAI

อรชร จิมจรรย์^a และธันวดี ศรีธาวรัตน์^b ✉

^aหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

^bหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

Orachon Chimjan^a and Thunwadee Srithawirat^b ✉

^aEnvironmental Science Programme, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University

^bEnvironmental Science Programme, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University

✉ t.srithawirat@psru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์โลหะหนัก ได้แก่ เหล็ก สังกะสี ทองแดง ตะกั่ว และแคดเมียม ในฝุ่นที่ตกลงบ้านเรือนที่อยู่ในชุมชนเกษตรกรรม จังหวัดสุโขทัย โดยเก็บตัวอย่างฝุ่นด้วยวิธีการ บัด ด้วยแปรงโพลีเอทิลีน บริเวณผนังภายในและภายนอกของบ้าน จำนวน 16 หลังคาเรือน สุ่มเก็บ ตัวอย่างเดือนละ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 3 เดือน แล้วนำมาวิเคราะห์โลหะหนักด้วย Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) ผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นภายในและภายนอกบ้านไม่มีความแตกต่างกัน ยกเว้นเหล็ก ซึ่งพบว่าเหล็กมีค่าเฉลี่ยสูงสุดทั้งจากฝุ่นภายในและภายนอกบ้าน มีค่าเท่ากับ $35,091 \pm 7,159$ และ $37,064 \pm 5,955$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ความเข้มข้นของโลหะหนักของฝุ่นภายในและภายนอกบ้านเรียงตาม ที่ตรวจพบได้ดังนี้ เหล็ก > สังกะสี > ทองแดง > แคดเมียม ตามลำดับ ส่วนปัจจัยการปนเปื้อนของโลหะหนักในฝุ่น (Enrichment Factor: EF) พบว่า แคดเมียม ตะกั่ว และสังกะสี มีค่า EF สูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการปนเปื้อนของโลหะหนักมาจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ ดังนั้นกระบวนการสร้างความตระหนักด้านมลพิษจึงมีความจำเป็นเพื่อให้เกิดการปรับเปลี่ยนทัศนคติและพฤติกรรม และเพื่อลดความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ : โลหะหนัก ฝุ่นที่ผนัง ชุมชนเกษตรกรรม การปนเปื้อนของโลหะหนักในฝุ่น

Abstract

This study determined the concentration of heavy metals (Fe, Zn, Cu, Pb and Cd) in the settled surface dust of residential buildings near the agricultural areas of Sukhothai province in Thailand. Samples of dust were collected from interior and exterior walls by using a polyethylene brush. Random samples from 16 houses were collected twice a month for three months. The heavy metal compositions were analyzed using Atomic Absorption Spectroscopy (AAS). The results showed that the mean concentrations of heavy metals of indoor and outdoor house dust were not significantly different, with the exception of Fe. Fe was found to be the highest in both indoor and outdoor house dust, with $35,091 \pm 7,159$ and $37,064 \pm 5,955$ mg/kg, respectively. The heavy metal concentrations of indoor and outdoor houses followed the following trend: Fe > Zn > Pb > Cu > Cd. Enrichment Factor (EF) analysis showed that Cd, Pb, and Zn had high EF values, indicating that heavy metal contaminations may be contributed from anthropogenic activities. Thus, an awareness-raising programme is important in order to change people's attitude and behaviour and to reduce risks to human health and the environment.

Keywords : Heavy metals, Wall dust, Agricultural community, Enrichment Factor

บทนำ

ปัจจุบันมลพิษอากาศเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากมลพิษอากาศก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน ส่งผลต่อการเข้ารักษาตัวในโรงพยาบาลอันเนื่องมาจากอาการเจ็บป่วยต่างๆ เช่น โรคระบบทางเดินหายใจ โรคหัวใจ และโรคมะเร็งปอด เป็นต้น ในแต่ละปีมีประชากรที่ต้องเสียชีวิตเนื่องจากมลพิษอากาศหรือเสียเงินค่ารักษาสุขภาพจากอาการเจ็บป่วยเป็นจำนวนมาก (Vichit-Vadakan & Vajanapoom, 2011) โดยมลพิษอากาศที่ก่อให้เกิดอาการเจ็บป่วยนั้นเกิดขึ้นได้ทั้งภายในอาคารและภายนอกอาคาร องค์การอนามัยโลก ได้ประมาณการว่ามลพิษอากาศภายในอาคารทำให้คนเสียชีวิตก่อนวัยอันควรประมาณ 2 ล้านคน โดยส่วนใหญ่อยู่ในประเทศกำลังพัฒนา ในขณะที่คาดการณ์ว่ามีประชากรที่เสียชีวิตจากมลพิษอากาศภายนอกอาคารในชุมชนเมืองประมาณ 1.3 ล้านคนทั่วโลกต่อปี (Bruce *et al.*, 2000)

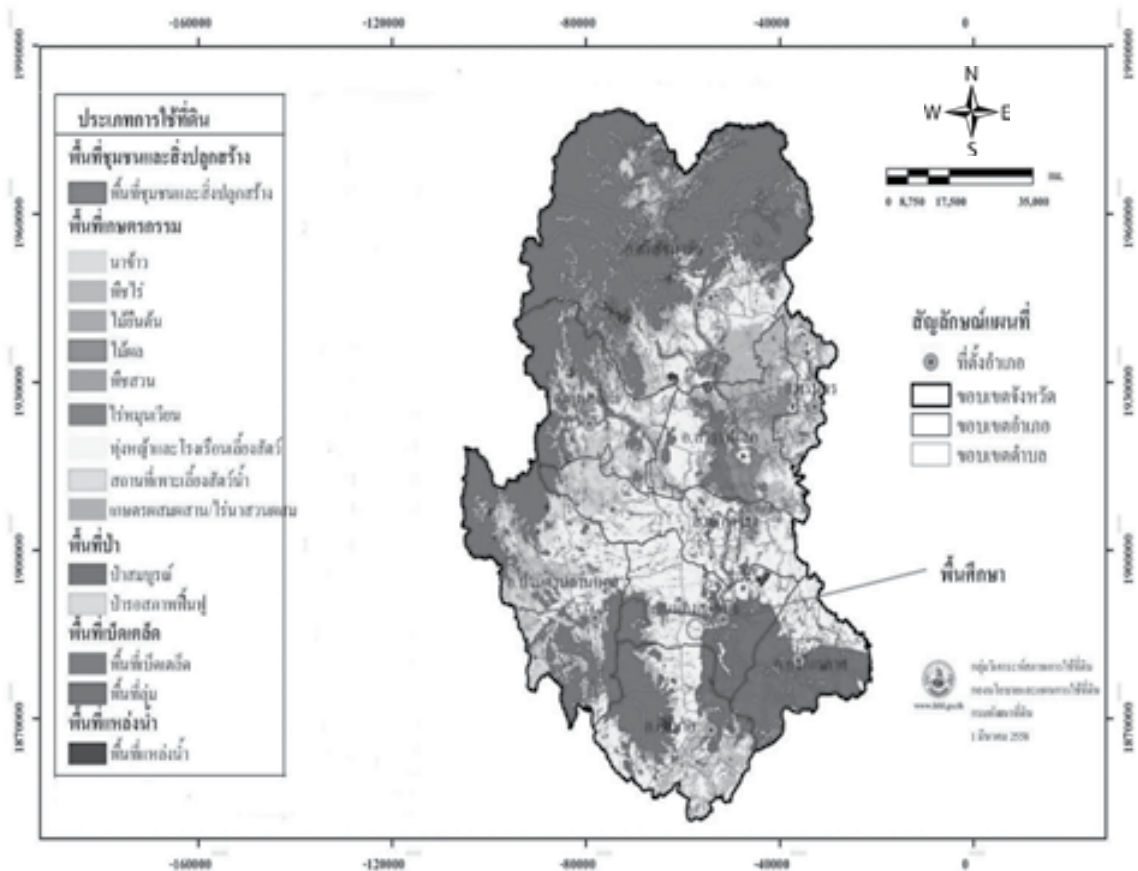
สำหรับมลพิษอากาศในประเทศไทย พบว่า ฝุ่นละอองเป็นปัญหาหลักของประเทศ โดยในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในพื้นที่ต่างๆ มีค่าเกินมาตรฐานค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (120 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร) โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่น การก่อสร้าง และการเผาไหม้ในที่โล่ง (Pollution Control Department, 2013) ซึ่งอนุภาคฝุ่นที่ตกจากบรรยากาศโดยแรงโน้มถ่วงของโลก เมื่อถูกระดมพัดจะปลิวกระจายตัวอยู่ในอากาศและตกสู่พื้นดินหรืออาคารบ้านเรือนต่างๆ โดยใช้เวลาในการตกช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับน้ำหนักของอนุภาคฝุ่นละอองนั้น ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นทั้งจากกิจกรรมของมนุษย์หรือธรรมชาติ พบการปนเปื้อนของโลหะหนัก ซึ่งความเป็นพิษของโลหะหนักที่ปนเปื้อนอยู่กับฝุ่นละอองส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนที่อาจจะมีความเสี่ยงในการได้รับหรือสัมผัสกับฝุ่นละออง โดยโลหะหนักเหล่านี้จะไปรบกวนการทำงานของเอนไซม์ของเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้การควบคุมการลำเลียงของสารต่างๆ ของเยื่อหุ้มเซลล์ผิดปกติไป เกิดความผิดปกติทางพันธุกรรม และสร้างความเสียหายต่อโครโมโซม เปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการทำงานของเซลล์ซึ่งเป็นตัวการทำให้เกิดมะเร็ง เป็นต้น ทั้งนี้ผลกระทบต่อสุขภาพของเด็กหากได้รับโลหะหนักจะส่งผลมากกว่าผู้ใหญ่ (Pope *et al.*, 1995) จึงจำเป็นจะต้องมีการเฝ้าระวังและตรวจติดตามโลหะหนักที่มีการปะปนในสิ่งแวดล้อม

การศึกษาโลหะหนักในฝุ่นที่ผนังของบ้านเรือนที่ตั้งอยู่ในชุมชนเกษตรกรรมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากกิจกรรมทางการเกษตร เช่น การเพาะปลูก การใช้สารเคมี การเผาไหม้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เป็นแหล่งกำเนิดสำคัญของโลหะหนักปนเปื้อนในฝุ่นละออง (Lemieux *et al.*, 2004) ซึ่งในการศึกษาค้นคว้าวัสดุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่ผนังบ้านเรือน รวมถึงหาค่าการปนเปื้อนของโลหะหนักในฝุ่นเพื่อระบุแหล่งที่มาของโลหะหนัก ผลการศึกษาในครั้งนี้จะสามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเฝ้าระวังและตรวจติดตามผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากโลหะหนักในฝุ่นได้ ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการจัดทำแนวทางและมาตรการการป้องกันและแก้ไขปัญหาสถานการณ์คุณภาพอากาศในพื้นที่ชุมชนเกษตรกรรมต่อไป

วิธีการศึกษา

พื้นที่การศึกษา

การศึกษานี้ดำเนินการเก็บตัวอย่างฝุ่นที่เกาะผนังบ้านทั้งภายในและภายนอกอาคารจาก 16 หลังคาเรือนที่ตั้งอยู่ใกล้พื้นที่เกษตรกรรม (ภาพที่ 1) ในพื้นที่หมู่ 3 (ตลาดบ้านสวน-วัดคู้ยางใหญ่) ตำบลบ้านสวน อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย ซึ่งเป็นที่ตั้งของโรงสีขนาดใหญ่หลายแห่ง โดยทำการสุ่มแบ่งชั้นภูมิชนิดสุ่มแบบง่าย (Stratified Simple Random Sampling) โดยเก็บตัวอย่างทั้งอาคารปูนและอาคารไม้ที่ติดกับถนนสายหลัก ถนนสายรอง และพื้นที่เกษตรกรรม เพื่อศึกษาปัจจัยด้านการระบายอากาศ ซึ่งสภาพแวดล้อมของจุดเก็บตัวอย่างแสดงในตารางที่ 1 โดยทำการเก็บตัวอย่างในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างเดือนละ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 3 เดือน ตั้งแต่เดือนสิงหาคม-ตุลาคม พ.ศ.2557



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษา

ที่มา: ดัดแปลงจาก กรมพัฒนาที่ดิน (Land Development Department, 2015)

ตารางที่ 1 ตำแหน่งและลักษณะของบ้านที่เก็บตัวอย่าง

จุดเก็บตัวอย่าง	ละติจูด (E)	ลองจิจูด (N)	ลักษณะของจุดเก็บตัวอย่าง
1	17.026875°	99.882274°	บ้านปูน ตัดถนนสายหลัก
2	17.028424°	99.882816°	บ้านไม้ ตัดถนนสายหลัก
3	17.028938°	99.882060°	บ้านไม้ ตัดถนนสายหลัก
4	17.029719°	99.881703°	บ้านไม้ ตัดถนนสายหลัก
5	17.031369°	99.882734°	บ้านไม้ ตัดถนนสายหลัก
6	17.028022°	99.885328°	บ้านปูน ตัดถนนสายรอง
7	17.029048°	99.884185°	บ้านไม้ ตัดถนนสายรอง
8	17.028736°	99.884150°	บ้านไม้ ตัดถนนสายรอง
9	17.029866°	99.884475°	บ้านปูน
10	17.031330°	99.883662°	บ้านปูน
11	17.030325°	99.883404°	บ้านไม้ ตัดถนนสายรอง
12	17.026286°	99.882897°	บ้านไม้ ตัดถนนสายรอง
13	17.028593°	99.885902°	บ้านไม้ ตัดนาข้าว
14	17.029343°	99.885672°	บ้านปูน ตัดนาข้าว
15	17.030343°	99.886296°	บ้านไม้ ตัดนาข้าว
16	17.031594°	99.884330°	บ้านไม้ ตัดนาข้าว

การเก็บตัวอย่างฝุ่น

เก็บตัวอย่างฝุ่นที่บริเวณผนังอาคารทั้งภายในบ้านและนอกบ้าน โดยนำแปรงโพลีเอทิลีน (Polyethylene: PE) บัดฝุ่นตกใส่ในภาดเก็บฝุ่น ทำการเก็บตัวอย่างแล้วใส่ลงในถุงพลาสติกซิปล็อค ร่อนตัวอย่างด้วยตะแกรงขนาด 230 mesh (63 ไมโครเมตร) ก่อนนำตัวอย่างไปวิเคราะห์โลหะหนักในห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจาก Latif *et al.* (2014) และ Srithawirat & Latif (2015)

การวิเคราะห์โลหะหนัก

การวิเคราะห์โลหะหนักในฝุ่น จะพิจารณาโลหะปนเปื้อน 5 ประเภท ได้แก่ สังกะสี (Zn), เหล็ก (Fe), แคดเมียม (Cd), ทองแดง (Cu) และตะกั่ว (Pb) โดยนำตัวอย่าง 0.1 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมนกรดไนตริกเข้มข้น (HNO₃, 65%) ปริมาตร 20 มิลลิลิตรและเติมนกรดเปอร์คลอริกเข้มข้น (HClO₄, 70 %) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ นำตัวอย่างที่ได้ในขวดรูปชมพู่ ขึ้นย่อยบนเตาไฟฟ้า โดยทำการย่อยตัวอย่างให้เหลือในปริมาตรประมาณ 5-10 มิลลิลิตร (หรือสังเกตจากสีของตัวอย่างจะมีสีใส และไม่มีควัน) นำตัวอย่างลงจากเตาไฟฟ้าตั้งทิ้งไว้ให้เย็น กรองตัวอย่างด้วย

กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 50 มิลลิลิตร เทตัวอย่างลงในขวดพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนเพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) รุ่น Shimadzu AA-6200 โดยค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้ (Limit of Detection: LOD) ของเหล็ก สังกะสี ตะกั่ว ทองแดง และแคดเมียมมีค่าเท่ากับ 20 1.0 0.05 0.5 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และร้อยละการคืนกลับ (% recovery) มีค่าอยู่ในช่วง 95.1–104

ปัจจัยการปนเปื้อนของโลหะหนักในฝุ่น (Enrichment Factor: EF)

EF เป็นค่าที่สามารถใช้เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของธาตุชนิดต่างๆ ในรูปแบบที่เปลี่ยนแปลงไปจากที่มีอยู่ในธรรมชาติ ซึ่งเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของธาตุต่างๆ ที่มีกิจกรรมของมนุษย์เข้ามาเกี่ยวข้อง โดยเป็นการบอกถึงระดับการปนเปื้อนของธาตุชนิดนั้นในธรรมชาติ (Lawson & Winchester, 1979) ในการศึกษาครั้งนี้พิจารณาการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบของฝุ่น โดยมีสมการคำนวณดังนี้

$$EF_x = (C_x / C_{ref})_{dust} / (C_x / C_{ref})_{soil}$$

โดยที่ $(C_x / C_{ref})_{dust}$ = อัตราส่วนน้ำหนักของธาตุโลหะหนักใดๆ กับธาตุอ้างอิงที่พบได้จากฝุ่น

$(C_x / C_{ref})_{soil}$ = อัตราส่วนน้ำหนักของธาตุโลหะหนักใดๆ กับธาตุอ้างอิงที่พบได้จากดิน

ในการศึกษานี้เลือกใช้เหล็กเป็นธาตุอ้างอิง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lawson & Winchester (1979) ที่ระบุว่า ธาตุเหล็กมีความเหมาะสมเป็นธาตุอ้างอิงในการคำนวณค่า EF โดยค่าธาตุอ้างอิงที่พบได้จากดินใช้จากการศึกษาของ Taylor & McLennan (1995) ซึ่งเหล็กมีค่าเท่ากับ 70,700 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนสังกะสี ตะกั่ว ทองแดง และแคดเมียมมีค่าเท่ากับ 80, 8, 75 และ 0.098 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ Yongming *et al.* (2006) ได้แบ่งระดับของอิทธิพลที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ไว้ ดังแสดงในตารางที่ 2 และโดยทั่วไป EF มีค่ามากกว่า 10 หมายถึงมีการปนเปื้อนจากกิจกรรมมนุษย์

ตารางที่ 2 การแบ่งประเภทระดับของอิทธิพลที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์

Enrichment Factor (EF)	ระดับของอิทธิพลที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์
EF < 2	ระดับที่ไม่ได้รับอิทธิพลจนถึงได้รับอิทธิพลน้อย
EF = 2-5	ระดับที่ได้รับอิทธิพลปานกลาง
EF = 5-20	ระดับที่ได้รับอิทธิพลสูง
EF = 20-40	ระดับที่ได้รับอิทธิพลสูงมาก
EF > 40	ระดับที่ได้รับอิทธิพลอย่างรุนแรง

ที่มา: Yongming *et al.* (2006)

การสำรวจความคิดเห็นของประชาชน

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจภาคตัดขวาง (Cross Sectional Survey) โดยศึกษาความคิดเห็นต่อฝุ่นละอองที่มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชนจากประชาชนทั้งหมด 380 คน และสุ่มสำรวจความคิดเห็นของตัวแทนกลุ่มตัวอย่างประชาชนจำนวน 191 คน จากการเทียบตารางกำหนดขนาดของตัวอย่างประชากรของ Krejcie & Morgan (1970) การศึกษานี้มีรายละเอียดของแบบสอบถามดังนี้ ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป ส่วนที่ 2 แบบสอบถามทางด้านปัจจัยเสี่ยงที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบหายใจ และส่วนที่ 3 แบบสอบถามด้านผลกระทบและแนวทางในการป้องกันฝุ่นละออง โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) และสถิติที่ใช้ในการวิจัยคือ สถิติทดสอบที (t-test) เพื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นภายในและภายนอกบ้านเรือน โดยกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ระดับ 0.05

ผลการศึกษา

ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักในฝุ่นที่เก็บจากตัวอย่างภายในและภายนอกบ้านแสดงในตารางที่ 3 โลหะหนักในฝุ่นภายในบ้านมีความเข้มข้นของเหล็กเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ $35,091 \pm 7,159$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือ สังกะสี ตะกั่ว แคดเมียม และทองแดง มีความเข้มข้นเท่ากับ $1,051 \pm 618$ 226 ± 203 9 ± 7 และ 2 ± 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับโลหะหนักในฝุ่นภายนอกบ้าน พบความเข้มข้นเฉลี่ยของเหล็กสูงสุดมีค่าเท่ากับ $37,064 \pm 5,955$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือ สังกะสี ตะกั่ว แคดเมียม และทองแดง มีค่าเท่ากับ $1,140 \pm 651$ 245 ± 165 8 ± 6 และ 3 ± 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ การวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติแสดงให้เห็นว่าปริมาณความเข้มข้นของเหล็กในฝุ่นทั้งภายในบ้านและภายนอกบ้าน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ส่วนสังกะสี ตะกั่ว ทองแดง และแคดเมียมในฝุ่นภายในบ้านและภายนอกบ้านมีปริมาณความเข้มข้นไม่แตกต่างกัน (ดังตารางที่ 3)

ปัจจัยการปนเปื้อนของโลหะหนักในฝุ่น (EF) ทั้งฝุ่นภายในและนอกอาคารโดยใช้เหล็กเป็นธาตุอ้างอิง ดังแสดงในตารางที่ 4 โดยพบว่า แคดเมียมมีค่าการปนเปื้อนของโลหะหนักในฝุ่นสูงสุด รองลงมา คือ ตะกั่ว สังกะสี และทองแดง ตามลำดับ ซึ่งค่าการปนเปื้อนของโลหะหนักในฝุ่นที่มากกว่า 10 แสดงว่า โลหะหนักที่พบในฝุ่นนั้นมีแนวโน้มที่มาจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์เป็นหลัก

ตารางที่ 3 ความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นภายในและนอกอาคารบ้านเรือน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

โลหะหนัก	จำนวนตัวอย่าง	ความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นภายในอาคารบ้านเรือน			ความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นภายนอกอาคารบ้านเรือน		
		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD
เหล็ก	16	30,475	43,338	35,091 $\pm$ 7,159*	31,260	43,159	37,064 $\pm$ 5,955*
สังกะสี	16	337	1,416	1,051 $\pm$ 618	414	1,668	1,140 $\pm$ 651
ตะกั่ว	16	81	458	226 $\pm$ 203	135	436	245 $\pm$ 165
ทองแดง	16	1	3	2 $\pm$ 1	1	5	3 $\pm$ 2
แคดเมียม	16	4	17	9 $\pm$ 7	5	15	8 $\pm$ 6

* ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4 ปัจจัยการปนเปื้อนของโลหะหนักในฝุ่นและระดับของอิทธิพลที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์

โลหะหนัก	ภายในอาคารบ้านเรือน	ภายนอกอาคารบ้านเรือน	ระดับของอิทธิพลที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์
สังกะสี	26.4	27.1	ระดับที่ได้รับอิทธิพลสูงมาก
ตะกั่ว	56.8	58.8	ระดับที่ได้รับอิทธิพลอย่างรุนแรง
ทองแดง	0.05	0.06	ระดับที่ไม่ได้รับอิทธิพลจนถึงได้รับอิทธิพลน้อย
แคดเมียม	180.5	165.2	ระดับที่ได้รับอิทธิพลอย่างรุนแรง

การสำรวจความคิดเห็นของประชาชนที่มีต่อปัญหาฝุ่นละออง พบว่ากลุ่มที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 100 คน (ร้อยละ 52.4) และเพศชายจำนวน 91 คน (ร้อยละ 47.6) มีอายุ 51-60 ปี (ร้อยละ 24.1) และอายุ 31-40 ปี (ร้อยละ 19.9) ซึ่งส่วนใหญ่มีระยะห่างระหว่างบ้านกับโรงสีข้าว ประมาณ 50-100 เมตร (ร้อยละ 43) ประชาชนส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในหมู่บ้านตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป (ร้อยละ 97.9) และมีโอกาสสัมผัสกับฝุ่นละอองมาก (ร้อยละ 71.7) ซึ่งประชาชนมีความคิดเห็นว่าฝุ่นละอองที่ได้รับมาจากการจราจร (ร้อยละ 85.3) เนื่องจากมีรถบรรทุกเข้า-ออก โรงสีข้าวอยู่ตลอดเวลา จึงทำให้มีการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง และฝุ่นละอองจะเกิดขึ้นมากในช่วงฤดูหนาว (ร้อยละ 56.0) เนื่องจากมีการเผาไหม้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรร่วมด้วย ซึ่งประชาชนบางส่วนมีประวัติการเป็นโรคหอบหืด (ร้อยละ 15.2) มีอาการแพ้ฝุ่นละออง มากกว่าเดือนละ 1 ครั้ง (ร้อยละ 26.7) มีอาการไอ เจ็บคอ (ร้อยละ 24.6) มีอาการผื่นคันตามร่างกายเมื่อถูกฝุ่นละออง (ร้อยละ 35.6) และมีอาการระคายเคืองตา ตาแดง คันตา (ร้อยละ 38.2) เป็นต้น ซึ่งอาการเหล่านี้อาจเป็นผลมาจากการที่สัมผัสกับฝุ่นละอองที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักทั้งทางผิวหนังและระบบทางเดินหายใจ (Pope *et al.*, 1995)

อภิปรายผลการศึกษา

การศึกษาปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักในฝุ่น พบว่า โดยภาพรวมความเข้มข้นของโลหะหนักในพื้นที่ที่ทำการศึกษทั้งภายในบ้านและภายนอกบ้านไม่มีค่าแตกต่างกัน ($p > 0.05$) ยกเว้นเหล็ก เนื่องมาจากอาคารทั้งบ้านปูนและบ้านไม้แต่ละหลังที่ทำการเก็บตัวอย่างเปิดหน้าต่างหรือประตูบ้านไว้ จึงทำให้ลมพัดพาฝุ่นละอองต่างๆ เข้าไปตกสะสมอยู่ภายในบ้าน ในพื้นที่ที่ทำการวัดสะอาดไม่ถึงหรือไม่สะดวก จึงทำให้ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักที่ทำการศึกษทั้งภายในบ้านและภายนอกบ้านมีค่าใกล้เคียงกัน

ความเข้มข้นเฉลี่ยของเหล็กภายในบ้านมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $35,091 \pm 7,159$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณเหล็กในฝุ่นภายนอกอาคาร (ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $37,064 \pm 5,955$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สาเหตุที่ทำให้พบเหล็กในฝุ่นอาจเป็นเพราะเกิดจากการพัดพาของฝุ่นละอองจากดิน หิน ทราาย ที่มีส่วนประกอบของแร่เหล็กที่มีอยู่ในธรรมชาติ (Sultan & Shazili, 2009) หรือจากการจราจร (Gietl *et al.*, 2010; Thorpe & Harrison, 2008) ซึ่งบ้านเรือนที่ทำการเก็บตัวอย่างที่ตั้งอยู่ใกล้เคียงกับโรงสีข้าวขนาดใหญ่ จึงทำให้มีรถบรรทุกเข้าออกโรงสีประจำ โดยฝุ่นละอองเหล่านี้เมื่อฟุ้งกระจายไปในอากาศแล้วไม่นานจะตกลงมาเกาะตามบ้านเรือนทั้งภายในและภายนอกของบ้านที่อยู่ติดริมถนนหรือบริเวณใกล้เคียง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Srithawirat & Latif (2015) ที่ได้ทำการศึกษาโลหะหนักในฝุ่นตกในบริเวณบ้านเรือนที่อยู่ใกล้ริมถนนในจังหวัดพิษณุโลก โดยพบว่าโลหะหนักที่ตรวจพบนี้อาจมาจากฝุ่นจากถนนและการจราจร

ถึงแม้ว่าในบริเวณที่ทำการศึกษไม่มีโรงงานอุตสาหกรรม แต่ในการศึกษานี้ตรวจพบสังกะสี ทองแดง และแคดเมียมในฝุ่นทั้งภายในบ้านและภายนอกบ้าน เนื่องมาจากบ้านเรือนตั้งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงโรงสีข้าวทำให้มีการจราจรของยานพาหนะอยู่ตลอดเวลา โดยสังกะสี ทองแดง และแคดเมียมที่ปนเปื้อนในฝุ่นอาจมาจากยางรถยนต์ น้ำมันหล่อลื่น เบรกรถยนต์ และการอ่อนตัว การฉีกขาด และการกัดกร่อนของชิ้นส่วนสังกะสีของรถยนต์ (Abechi *et al.*, 2010; Duong & Lee, 2011) นอกจากนี้ตัวอาคารก็อาจจะเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ตรวจพบสังกะสีได้เช่นกัน คาดว่าจากสภาพบ้านที่ค่อนข้างเก่าวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ เช่น สี ส่วนประกอบของบ้าน หลังคา หรือวัสดุอื่นๆ ที่ใช้สังกะสีเป็นโลหะผสม (Abdul Wahab *et al.*, 2012) เช่นเดียวกันกับการตรวจพบตะกั่วในฝุ่น ถึงแม้ว่าประเทศไทยห้ามใช้ตะกั่วในน้ำมันเบนซินตั้งแต่ ปี 2539 เป็นต้นมา แต่ตะกั่วยังถูกนำมาใช้ในงานบัดกรี ทำโลหะผสมทำท่อ ใช้ในอุตสาหกรรมเคมี และผสมสีทาต่างๆ เพื่อให้สีติดแน่นทนไม่ลอกง่าย (Choo-In, 2013) โดยค่าการปนเปื้อนของแคดเมียม ตะกั่ว และสังกะสีในฝุ่นภายในและนอกอาคารมีค่าสูงแสดงให้เห็นว่าโลหะหนักในฝุ่นมีแหล่งกำเนิดที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ การศึกษครั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นที่ผนังของอาคาร ซึ่งเป็นฝุ่นขนาดเล็กที่ยึดติดที่พื้นผิวของอาคาร โดยโลหะหนักที่ตรวจพบในฝุ่นอาจมีสาเหตุมาจากการฟุ้งปลิวของฝุ่น (Resuspension) ในสภาพแวดล้อมภายในและภายนอกอาคาร เช่น ฝุ่นจากหน้าดิน ฝุ่นจากถนน เป็นต้น (Latif *et al.*, 2014) โดยความสัมพันธ์ของปริมาณฝุ่นกับความเข้มข้นของโลหะหนัก ยังไม่ได้มีการศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ถึงแม้ว่าประชาชนส่วนใหญ่ยังไม่ตระหนักถึงปัญหาของฝุ่นละอองเนื่องจากขาดความรู้และความเข้าใจถึงผลกระทบต่อสุขภาพ และฝุ่นละอองที่สะสมอยู่ในร่างกายอาจแสดงอาการเมื่อได้รับเป็นเวลานานๆ ฉะนั้น เพื่อป้องกันผลกระทบที่อาจจะเกิดได้ในอนาคตจะต้องมีแนวทางการป้องกันผลกระทบของฝุ่นละอองโดยให้ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องฝุ่นละออง ป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากรถบรรทุก ลดการเผาไหม้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เพื่อลดการปัญหาฝุ่นละอองและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในฝุ่นภายในอาคารของรายงานวิจัยนี้กับการศึกษาฝุ่นในบ้านเรือนที่ติดกับถนนสายหลักในจังหวัดพิษณุโลกของ Srithawirat & Latif (2015) พบว่า ความเข้มข้นของเหล็ก สังกะสี และตะกั่ว มีค่าสูงกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าบ้านเรือนในพื้นที่เกษตรกรรมมีการปนเปื้อนของโลหะหนักเช่นกัน งานวิจัยของ Karuchit & Hirunkam (2015) ซึ่งทำการศึกษามหาปริมาณโลหะหนักในฝุ่นตกและฝุ่นบนหลังคาของอาคารส่วนราชการในจังหวัดนครราชสีมา พบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของเหล็กและทองแดงสูงกว่ารายงานวิจัยนี้ ซึ่งอาจเป็นผลจากกิจกรรมโดยรอบและการตกสะสมของฝุ่นในระยะเวลาและปริมาณที่มากกว่า รายงานวิจัยนี้ยังตรวจพบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของทองแดงมีค่าใกล้เคียงกับฝุ่นภายในบ้านเรือนของประเทศมาเลเซีย (Abdul Wahab *et al.*, 2012) ส่วนปริมาณสังกะสีและตะกั่วมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ Al-Momani (2007) (ดังตารางที่ 5) ซึ่งปริมาณโลหะหนักที่แตกต่างกันอาจเป็นเพราะลักษณะของพื้นที่ การจราจรหรือแหล่งกำเนิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 5 ความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นตกเปรียบเทียบกับพื้นที่ศึกษาอื่น

พื้นที่ศึกษา	โลหะหนัก (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)					งานวิจัย
	เหล็ก	สังกะสี	ตะกั่ว	ทองแดง	แคดเมียม	
บ้านเรือนในเขตเกษตรกรรมประเทศไทย	35,099-37,064	1,051-1,140	226-245	2-3	8-9	การศึกษานี้
บ้านเรือนริมถนนประเทศไทย	6,315-6,167	322-519	62-129	68-90	21-25	Srithawirat & Latif (2015)
โรงเรียนอนุบาลในเขตเมืองประเทศมาเลเซีย	NR	559	78	44	NR	Tahir <i>et al.</i> (2007)
บ้านเรือนในเขตเมืองประเทศจอร์แดน	NR	1,985	169	133	3	Al-Momani (2007)
บ้านเรือนในเขตเมืองประเทศมาเลเซีย	NR	17-54	2-77	2-14	NR	Abdul Wahab <i>et al.</i> (2012)
โรงเรียนอนุบาลในเขตเมืองประเทศมาเลเซีย	1,489-7,919	NR	93-220	22-43	NR	Darus <i>et al.</i> (2012)
โรงเรียนอนุบาลในเขตที่พักอาศัยประเทศมาเลเซีย	4,801	145	254	NR	12	Latif <i>et al.</i> (2014)
อาคารราชการในเขตเมืองประเทศไทย	11,529-13,059	125-782	16-1,127	31-97	0.2-1.4	Karuchit & Hirunkam (2015)

NR: ไม่ได้รายงาน

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การศึกษาโลหะหนักในฝุ่นทั้งภายในและภายนอก 5 ชนิด โดยเรียงตามความเข้มข้นโลหะหนักของฝุ่นภายในและภายนอกบ้านได้ดังนี้ เหล็ก > สังกะสี > ตะกั่ว > ทองแดง > แคดเมียม ตามลำดับ การวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าส่วนใหญ่ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในพื้นที่ที่ทำการศึกษทั้งภายในและภายนอกอาคารไม่มีค่าแตกต่างกัน ($p > 0.05$) ยกเว้นเหล็ก ส่วนปัจจัยการปนเปื้อนของโลหะหนักในฝุ่นทั้งฝุ่นภายในและนอกอาคารพบว่าแคดเมียมมีค่าสูงสุด รองลงมาคือ ตะกั่ว สังกะสี และทองแดง โดยแหล่งที่มาของโลหะหนักที่ตรวจพบนี้อาจมาจากกิจกรรมโดยรอบของพื้นที่ เช่น การปลดปล่อยของยานพาหนะในบริเวณการจราจรที่หนาแน่น การเผาไหม้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และกิจกรรมภายในเขตชุมชน ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้ส่งผลให้มีปริมาณโลหะหนักในฝุ่นเพิ่มมากขึ้น และก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ดังนั้นบ้านเรือนในบริเวณที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงควรกำจัดหรือทำความสะอาดให้บ้านอยู่ในสภาพปราศจากฝุ่น เช่น ปิดกวาดฝุ่นที่เกาะตามผนัง ประตูหน้าต่าง อย่างสม่ำเสมอ

เอกสารอ้างอิง

- Abdul Wahab, N. A., Darus, F. M., Isa, N., Sumari, S. M. & Hanafi, N. F. M. (2012). Heavy metal concentration of settled surface dust in residential building. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 16(1), 18 – 23.
- Abechi, E. S., Okunola, O. J., Zubairu, S. M. J., Usman, A. A. & Apene, E. (2010). Evaluation of heavy metals in roadside soils of major streets in Josmetropolis, Nigeria. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 2(6), 98 – 102.
- Al-Momani, I. F. (2007). Trace elements in street and household dusts in Amman, Jordan. *Soil & Sediment Contamination: International Journal*, 16(5), 485 – 496.
- Bruce, N., Perez-Padilla, R. & Albalak, R. (2000). Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health challenge. *Bulletin of the world health organization*, 78(9), 1078 – 1092.
- Choo-In, S. (2013). *Air pollution* [In Thai]. Bangkok: Chulalongkorn University Press.
- Darus, F. M., Nasir, R. A., Sumari, S. M., Ismai, Z. S. & Omar, N. A. (2012). Heavy metal composition of indoor dust in nursery schools building. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 38, 169 – 175.
- Duong, T. T. T., & Lee, B. K. (2011). Determining contamination level of heavy metals in road dust from busy traffic areas with different characteristics. *Journal of Environmental Management*, 92(3), 554 – 562.
- Gietl, J. K., Lawrence, R., Thorpe, A. J. & Harrison, R. M. (2010). Identification of brake wear particles and derivation of a quantitative tracer for brake dust at a major road. *Atmospheric Environment*, 44(2), 141 – 146.
- Karuchit, S & Hirunkam, T. (2015). Multivariate analysis of heavy metal concentrations in soil, roof dust, and dust fall in Nakhon Ratchasima, Thailand. *Suranaree Journal of Science and Technology*, 22(2), 173 – 182.
- Krejcie, R. V. & Morgan, D. W. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement*, 30(3), 607 – 610.
- Land Development Department. (2015). Sukhothai Land Use Map [In Thai]. Division of Land Use Policy and Planning, Land Development Department.
- Latif, M., Yong, S., Saad, A., Mohamad, N., Baharudin, N., Mokhtar, M. & Tahir, N. (2014). Composition of heavy metals in indoor dust and their possible exposure: a case study of preschool children in Malaysia. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 7(2), 181 – 193.
- Lawson, D. R. & Winchester, J. W. (1979). A Standard Crustal Aerosol as Reference for Elemental Enrichment Factors. *Atmospheric Environment*, 13(7), 925 – 930.

- Lemieux, P. M., Lutes, C. C. & Santoianni, D. A. (2004). Emission of Organic Air Toxics from Open Burning: A Comprehensive Review. *Progress in Energy and Combustion Science*. 30(1), 1 – 32.
- Pollution Control Department. (2013). The 2013 Report on Pollution Situation [In Thai]. Ministry of Natural Resources and Environment, Thailand.
- Pope, C. A., Bates, D. A. & Raizenne, M. E. (1995). Health Effects of Particulate Air Pollution: Time for Reassessment? *Environmental Health Perspective*, 103(5), 472 – 479.
- Srithawirat, T. & Latif, M. T. (2015). Concentration of selected heavy metals in the surface dust of residential buildings in Phitsanulok, Thailand. *Environmental and Earth Science*, 74(3), 2701 – 2706.
- Sultan, K. & Shazili, N. A. (2009). Distribution and geochemical baselines of major, minor and trace elements in tropical top soils of the Terengganu River basin, Malaysia. *Journal of Geochemical Exploration*, 103(2–3), 57 – 68.
- Tahir, N. M., Poh, S. C. & Jaafar, M. (2007). Determination of heavy metal contents in soils and indoor dusts from nurseries in Dungun, Terengganu. *The Malaysia Journal of Analytical Sciences*, 11(1), 280 – 286.
- Taylor, S. R., & McLennan, S. M. (1995). The Geochemical Evolution of the Continental Crust. *Reviews of Geophysics*, 33(2), 241 – 265.
- Thorpe, A., & Harrison, R. M. (2008). Sources and properties of non-exhaust particulate matter from road traffic: a review. *Science of the Total Environment*, 400(1–3), 270 – 282.
- Vichit-Vadakan, N. & Vajanapoom, N. (2011). Health Impact from Air Pollution in Thailand: Current and Future Challenges. *Environmental Health Perspectives*, 119(5), A197 – A198.
- Yongming, H., Peixuan, D., Junji, C. & Posmentier, E. S. (2006). Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of Xi'an, Central China. *Science of the Total Environment*, 355(1–3), 176 – 186.

