

นิพนธ์ต้นฉบับ

(Original article)

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนกับอาการกำเริบแบบเฉียบพลันของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในเขตพื้นที่อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่

Association between particulate matter with diameter of less than 2.5 micron with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease in Chaiprakarn District, Chiang Mai Province

ฐิติกานต์ ณ ปั่น*

Titikarn Na Pan*

โรงพยาบาลแม่แตง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

Mae Taeng Hospital Mae Taen district, Chiang Mai Province (titikarn.napan@gmail.com)

*ผู้รับผิดชอบหลัก

Received: September 4, 2022/ Revised: January 9, 2023/ Accepted: January 24, 2023

บทคัดย่อ: การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาภาคตัดขวางวัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนกับอาการกำเริบแบบเฉียบพลันของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังการเก็บรวบรวมข้อมูลใช้แบบเก็บข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์เก็บข้อมูลย้อนหลัง ผลการศึกษาพบว่า ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนมีผลต่ออาการกำเริบของโรคในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังทั้ง 3 ฤดูกาล โดยพบว่าผู้ป่วยที่มีอาการกำเริบแบบเฉียบพลันของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในฤดูร้อนมีความสัมพันธ์กับค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน(p -value = 0.001) ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน(p -value < 0.001) และการสูบบุหรี่ (p -value = 0.026) ในฤดูฝนพบผู้ป่วยที่มีอาการกำเริบแบบเฉียบพลันของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังมีความสัมพันธ์กับค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (p -value = 0.044) รวมทั้งผู้ป่วยที่มีอาการกำเริบแบบเฉียบพลันของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในฤดูหนาวมีความสัมพันธ์กับค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (p -value = 0.034) สรุปผลการศึกษาค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน มีผลต่ออาการกำเริบแบบเฉียบพลันของโรคในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังทั้ง 3 ฤดูกาล ในเขตพื้นที่อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่

คำสำคัญ: อาการกำเริบโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง; ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน; อำเภอไชยปราการ

ABSTRACT: This research is a cross-sectional descriptive study. The objective of this study was to study the relationship of particulate matter with diameter of less than 2.5 micron (PM 2.5) with Acute Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (AECOPD) in Chaiprakarn district, Chiang Mai Province. Data collection uses electronic data collection for historical data collection. The results showed that PM 2.5 had an effect on AECOPD over three seasons. This study found AECOPD in summer season were associated with particulate matter with diameter of less than 10 micron (PM 10) (p -value = 0.001), PM2.5 (p -value < 0.001), and cigarette smoke (p -value = 0.026). In the rainy season, it was found that AECOPD was related to PM 2.5 (p -value = 0.044). Patients who had AECOPD in the winter season were related to PM 2.5 (p -value = 0.034). In conclusion, PM 2.5 affects AECOPD in all three seasons in Chaiprakarn district, Chiang Mai Province.

Keywords: Acute Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease; Particulate matter with diameter of less than 2.5 micron; Chaiprakarn district

1. บทนำ

ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นและเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับ 3 ทั่วโลก มีผู้เสียชีวิตกว่า 3.23 ล้านคนในปี 2019¹ อำเภอไชยปราการพบผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังจำนวนมาก ปี 2562 พบผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังจำนวน 791.31 ต่อแสนประชากร² ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังสาเหตุสำคัญเกิดจากการสูบบุหรี่ ทั้งผู้สูบปัจจุบัน ผู้ที่เลิกสูบบุหรี่ไปแล้ว และผู้ที่ได้รับควันบุหรี่จากคนใกล้ชิด (Second-hand smoker)³ มลภาวะทางอากาศและมาจากการทำงาน เป็นต้น⁴ ปัจจัยที่ทำให้ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังมีอาการกำเริบของโรคบ่อยครั้งและมีอาการแย่งที่ชัดเจน ประกอบด้วย การสูบบุหรี่ การใช้จ่ายไม่ถูกต้อง การติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนล่างรวมถึงมลภาวะ

ทางอากาศ⁵ นอกจากนี้ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังยังเพิ่มภาระทางสาธารณสุขในไทย โดยต้องมีต้นทุนในการรักษาเพิ่มสูงผู้ป่วยหลายรายมีอาการกำเริบของโรคบ่อยครั้งและมีคุณภาพชีวิตที่แย่ลง⁶

จากบทความคุณภาพอากาศประเทศไทย พบข้อมูลของอาเซียนและกรมควบคุมมลพิษ (กรมควบคุมมลพิษและกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2018) จากปี 2554 ถึงปี 2561 ประเทศไทยพบค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน ค่าเฉลี่ยรายปีทั่วประเทศอยู่ระหว่าง 9 ถึง 41 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หากมองในส่วนของภาคเหนือจะพบการเพิ่มขึ้นของค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอนอย่างต่อเนื่องจากรายงานดังกล่าว⁷ อีกทั้งมีการศึกษาพบว่าค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน สามารถกระทบต่อระบบทางเดินหายใจในมนุษย์ได้⁸ และการศึกษาจากต่างประเทศพบว่าการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอนระดับสูงมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเสี่ยงของการเกิดอาการกำเริบโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง⁹ ยังมีการศึกษาอิมานาล่าสุดที่ยืนยันข้อค้นพบนี้ด้วย¹⁰ การเพิ่มขึ้นของ ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอนมีผลต่ออาการกำเริบ และการดำเนินโรคในระยะยาว¹¹⁻¹³ ทั้งโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังและ โรคหัวใจด้วย¹¹ และหลังจากได้รับปัจจัยกระตุ้นแล้ว ยังไม่เกิดอาการทันที แต่อาจเกิดให้หลัง 2-7 วัน^{14,15} ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอนจะเข้าสู่ร่างกายและไปเหนี่ยวนำสารร้ายต่ออนุมูลอิสระก่อเกิดความ เป็นพิษทำให้ความสามารถของเซลล์ในการต่อต้านอนุมูลอิสระลดลง ทำให้เกิดภาวะเครียดจากออกซิเดชัน (oxidative stress) อนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้นทำให้ระบบต้านอนุมูลอิสระเสียจะทำให้เกิดการทำงานลดลง¹⁶⁻¹⁸ นอกจากนี้ ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอนไปกระตุ้นการอักเสบ อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อความเป็นพิษในยีน ทำให้เกิดการทำลายของสายพันธุกรรม หากมองกลไกการทำงานที่ก่อให้เกิดโรคทางเดินหายใจเกิดจากการ 1) กระตุ้นของ neutrophils และ eosinophil โดยจะไปเพิ่มการหลั่งของ cytokines ที่ทำให้เกิดการอักเสบ^{16,19,20} 2) การตอบสนองการอักเสบโดยมีการเพิ่มขึ้นของ Interleukin-6 และลดการทำงานของ innate immune receptor แต่มีการเพิ่มขึ้นของ inflammatory receptor ใน macrophage^{16,21,22} 3) การตอบสนองต่อภูมิคุ้มกันอาจจะไปยับยั้ง การแสดงออกของ interleukin-12 (IL-12) และ Interferon-alpha ยิ่งไปกว่านั้นไปเพิ่มการหลั่งของ Interleukin-10 (IL-10) ในเซลล์ T (T-cell) ทำให้เกิดผลต่อทางเดินหายใจ^{16,22,23} 4) เกิดภาวะเครียดจากออกซิเดชัน (oxidative stress) ส่งผลให้การทำงานของปอดบกพร่อง^{16,24,25} 5) เกิดการตายของเซลล์(apoptosis)และ กลไกการกินตัวเองของเซลล์ (autophagy) ภายในเซลล์^{16,26} 6) เกิดการเสียสมดุลของเซลล์เม็ดเลือดขาว ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอนไปส่งผลให้เกิดการเสียสมดุลของภูมิคุ้มกันในการตอบสนองของ T helper cell 2 (Th2) และ T helper cell 17 (Th17)^{16,27} ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเกิดมลพิษทางอากาศส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ ทั้งทาง การอักเสบต่อเซลล์ สมดุลของภูมิคุ้มกัน รวมไปถึงการผิดปกติของ DNA ที่อาจจะส่งผลให้ผู้ป่วยด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังมีอาการกำเริบได้ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าภาคเหนือมีความสัมพันธ์กับไฟป่าที่ส่งผลต่อการเกิด ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอนและ ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก 10 ไมครอนและการเกิดมลพิษทางอากาศอาจจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชากรที่อาศัย^{28,29} แต่อย่างไรก็ตามยังมีการศึกษาที่มีผลขัดแย้ง คือ ไม่พบความเกี่ยวข้องของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกับความถี่ของอาการกำเริบในเพศหญิงและไม่มีความเกี่ยวข้องกับการดำเนินโรคด้วย³⁰

ทั้งนี้ภาคเหนือมีปัญหาในเรื่องของการเผาถ่านซังสูงทั้งการเผาป่าในเกษตร เผาพื้นที่ป่า และการเผาขยะในชุมชน ภาคเหนือเป็นแหล่งทางการเกษตร จึงเกิดการเผาทางการเกษตรที่สูง คือ การเผาชีวมวล ทำให้เกิดสารเคมีที่ชื่อ โพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน สูงตามค่าฝุ่นละอองที่เพิ่มสูงขึ้นจากการเผาไหม้ สารเคมีที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ดังนั้นจังหวัดเชียงใหม่เป็นพื้นที่ภาคเหนือตอนบนที่มีความวิกฤตในปัญหาหมอกควันที่กระทบต่อสุขภาพ³¹ จากรายงานของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงใหม่พบว่า อำเภอไชยปราการเป็น 1 ใน 3 อำเภอต้นๆที่พบค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอนสูง³² อย่างไรก็ตามยังไม่พบการศึกษาแน่ชัดเกี่ยวกับค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอนที่มีความสัมพันธ์กับอาการกำเริบผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังที่อาศัยอยู่ในพื้นที่อำเภอไชยปราการ

จังหวัดเชียงใหม่ตั้งนั้นผู้วิจัยจึงสนใจทำการศึกษาที่มีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน กับอาการกำเริบของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังซึ่งผลการศึกษาที่ได้จะนำไปสู่การป้องกันและส่งเสริมสุขภาพเพื่อดูแลสุขภาพของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในด้านการลดความรุนแรงของโรค อีกทั้งให้ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเกิดความตระหนักในการดูแลสุขภาพของตนเอง

2. วิธีการศึกษา

2.1 รูปแบบการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาภาคตัดขวาง (Cross-sectional descriptive study) ในอำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่ เก็บข้อมูลทุติยภูมิของโรงพยาบาลไชยปราการ ระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 -เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564

2.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือกลุ่มผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ที่พักอาศัยในพื้นที่อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่ภาคเหนือของประเทศไทย โดยผู้วิจัยทำการคำนวณกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรทาโร ยามาเน ซึ่งจากการคำนวณได้กลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้นไม่น้อยกว่า 395 คน แต่การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้จำนวนประชากร รวมจำนวนทั้งสิ้น 715 คน

2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลจากฐานอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic case record form) หลังจากได้รับอนุญาตจากคณะกรรมการจริยธรรมวิจัยของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงใหม่ให้เก็บข้อมูล (REC no. CM30/2564) ย้อนหลังได้ โดยไม่ยุ่งเกี่ยวกับผู้ป่วยและเก็บเฉพาะข้อมูลจากเวชระเบียนเท่านั้นทำการกรอกแบบฟอร์มการขออนุญาตเข้าถึงข้อมูลผู้ป่วยจากกลุ่มงานเวชระเบียนโรงพยาบาลไชยปราการ เพื่อติดตามข้อมูลผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยด้วยรหัสโรค ICD-10 (J44.0, J44.1, J44.2, J44.8, J44.9) ในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในส่วนของค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 และ 10 ไมครอนได้ทำการเก็บข้อมูลจากข้อมูลทุติยภูมิของอำเภอไชยปราการที่มีการติดตั้งเครื่องวัดค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 และ 10 ไมครอน ที่โรงพยาบาลไชยปราการ 1 สถานี โดยใช้เครื่อง DustBoy

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลในการศึกษาค้นคว้านี้เป็นข้อมูลเชิงปริมาณ การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic case record form) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS for Windows) โดยมีขั้นตอนดังนี้

- วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป ประกอบด้วย เพศ อายุ อาชีพ ที่อยู่อาศัย โรคประจำตัวร่วมกับโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ประวัติการสูบบุหรี่ การพบอาการกำเริบตามฤดูกาล โดยใช้การแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ศึกษาความสัมพันธ์ของค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM 2.5) กับอาการกำเริบแบบเฉียบพลันของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังโดยใช้สถิติ Multiple linear regression โดยพิจารณาจากค่าสถิติทดสอบนัยสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (p-value <0.05) และค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2) ของตัวแปร

3. ผลการศึกษา

3.1 ลักษณะทั่วไปของประชากร

จากการศึกษาพบว่าผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเป็นเพศชายร้อยละ 57.48 และเพศหญิงร้อยละ 42.52 มีอายุเฉลี่ย 70.32 ปี จากข้อมูลพบว่าประชากรส่วนใหญ่อาศัยอยู่ตำบล ข. รองลงมาคือ ตำบล ค. ตำบล ก. และตำบล ง. ร้อยละ 44.61 24.90 18.04 และ 12.45 ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร ร้อยละ 80.56 และพบว่าผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังมีโรคประจำตัวร่วม คือ โรคทางเดินหายใจ ร้อยละ 19.58 และมีโรคประจำตัวอื่นๆ ร้อยละ 46.85 การสูบบุหรี่พบว่าผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังส่วนใหญ่เลิกสูบบุหรี่ คิดเป็นร้อยละ 88.95 และพบว่าผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังมีอาการกำเริบแบบเฉียบพลันตามฤดูกาลดังนี้ คือ ฤดูร้อนพบอาการกำเริบ คิดเป็นร้อยละ 29.23 ฤดูฝนพบอาการกำเริบ ร้อยละ 31.47 ฤดูหนาวพบอาการกำเริบ ร้อยละ 39.30 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (715 คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	411	57.48
หญิง	304	42.52
อายุ(ปี); mean ± SD	70.32±10.06	
อาชีพ		
เกษตรกร	576	80.56
อาชีพอิสระ	139	19.44
ที่อยู่อาศัย (ตำบล)		
ตำบล ก	129	18.04
ตำบล ข	319	44.61
ตำบล ค	178	24.90
ตำบล ง	89	12.45
โรคประจำตัวร่วมกับโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง		
โรคระบบทางเดินหายใจ		
พบ	140	19.59
ไม่พบ	575	80.41
โรคอื่นๆ		
พบ	335	46.85
ไม่พบ	380	53.15

Mean หมายถึง ค่าเฉลี่ย, Standard Deviation: SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไป (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (715 คน)	ร้อยละ
ประวัติการสูบบุหรี่		
ยังสูบบุหรี่	56	7.83
เลิกสูบ	636	88.95
ไม่เคยสูบ	23	3.22
การพบอาการกำเริบตามฤดูกาล		
ฤดูร้อน		
พบอาการกำเริบ	209	29.23
ไม่พบอาการกำเริบ	506	70.77
ฤดูฝน		
พบอาการกำเริบ	225	31.47
ไม่พบอาการกำเริบ	490	68.53
ฤดูหนาว		
พบอาการกำเริบ	281	39.30
ไม่พบอาการกำเริบ	434	60.70

3.2 ข้อมูลค่าฝุ่นละออง

ค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน มีค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 102.99 ± 105.40 มคก./ลบ.ม. และค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน มีค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 93.85 ± 98.20 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลค่าฝุ่นละออง

ข้อมูลค่าฝุ่นละออง	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	102.99 ± 105.40
ค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน	93.85 ± 98.20

3.3 ความสัมพันธ์ของค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ต่ออาการกำเริบแบบเฉียบพลันของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังตามฤดูกาล

จากผลการศึกษาพบว่า ค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับอาการกำเริบแบบเฉียบพลันของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในฤดูร้อน ($B = 0.007, 95\% \text{ CI} = 0.005, 0.010$) นอกจากนี้ยังพบว่าค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ($B = -0.004, 95\% \text{ CI} = -0.007, -0.002$) และการสูบบุหรี่ ($B = -0.095, 95\% \text{ CI} = -0.179, -0.012$) มีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญกับอาการกำเริบแบบเฉียบพลันของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในฤดูร้อนเมื่อมีการควบคุมปัจจัยต่างๆ เช่น เพศ อายุ ที่อยู่ อาชีพ โรคประจำตัว จากการหาความสัมพันธ์ของ

ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ต่ออาการกำเริบแบบเฉียบพลันของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังฤดูร้อน พบค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2) ของตัวแปรอยู่ที่ 0.348 ดังแสดงในตารางที่ 3

จากการศึกษาพบว่าค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญกับอาการกำเริบแบบเฉียบพลันของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในฤดูฝน ($B = -0.003$, 95% CI = -0.006 , 0.000) มีการควบคุมปัจจัยต่างๆ เช่น เพศ อายุ ที่อยู่ อาชีพ โรคประจำตัว การสูบบุหรี่และค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน จากการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ต่ออาการกำเริบแบบเฉียบพลันของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังฤดูฝน พบค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2) ของตัวแปรอยู่ที่ 0.235 ดังแสดงในตารางที่ 3

จากการศึกษาพบว่าค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญกับอาการกำเริบแบบเฉียบพลันของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในฤดูหนาว ($B = -0.004$, 95% CI = -0.008 , 0.000) มีการควบคุมปัจจัยต่างๆ เช่น เพศ อายุ ที่อยู่ อาชีพ โรคประจำตัว การสูบบุหรี่และค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน จากการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ต่ออาการกำเริบแบบเฉียบพลันของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังฤดูหนาว พบค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2) ของตัวแปรอยู่ที่ 0.007 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ของค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ต่ออาการกำเริบแบบเฉียบพลันของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังตามฤดูกาล ซึ่งควบคุมโดย เพศ อายุ ที่อยู่ อาชีพ การสูบบุหรี่ โรคประจำตัวร่วม และ ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน

	Model	B	SE	β	T	p-value	95% CI for B	R^2
ฤดูร้อน	PM 2.5	0.007	0.001	1.609	5.051	0.000	0.005 to 0.010	0.348
	PM 10	-0.004	0.001	-1.035	-3.247	0.001	-0.007 to -0.002	
	อายุ	0.000	0.002	-0.009	-0.257	0.797	-0.004 to 0.003	
	เพศ	-0.039	0.029	-0.043	-1.362	0.174	-0.096 to 0.017	
	ที่อยู่	-0.025	0.016	-0.049	-1.565	0.118	-0.055 to 0.006	
	อาชีพ	-0.002	0.041	-0.001	-0.042	0.967	-0.082 to 0.078	
	การสูบบุหรี่	-0.095	0.043	-0.069	-2.235	0.026	-0.179 to -0.012	
	โรคระบบทางเดินหายใจ	-0.002	0.035	-0.002	-0.049	0.961	-0.070 to 0.067	
	โรคอื่นๆ	0.017	0.028	0.019	0.600	0.549	-0.039 to 0.072	
ฤดูฝน	PM 2.5	-0.003	0.002	-0.695	-2.014	0.044	-0.006 to 0.000	0.235
	PM 10	0.001	0.002	0.215	0.623	0.533	-0.002 to 0.004	
	อายุ	-0.003	0.002	-0.073	-1.863	0.063	-0.007 to 0.000	
	เพศ	0.052	0.032	0.055	1.638	0.102	-0.010 to 0.114	
	ที่อยู่	0.029	0.017	0.056	1.642	0.101	-0.006 to 0.063	
	อาชีพ	-0.054	0.045	-0.046	-1.193	0.233	-0.142 to 0.035	
	การสูบบุหรี่	0.036	0.047	0.026	0.767	0.443	-0.056 to 0.129	
	โรคระบบทางเดินหายใจ	0.038	0.039	0.032	0.976	0.330	-0.038 to 0.114	
	โรคอื่นๆ	-0.020	0.031	-0.021	-0.627	0.531	-0.081 to 0.042	
ฤดูหนาว	PM 2.5	-0.004	0.002	-0.838	-2.130	0.034	-0.008 to 0.00	0.007
	PM 10	0.004	0.002	0.759	1.930	0.054	0.000 to 0.007	
	อายุ	0.004	0.002	0.078	1.749	0.081	0.000 to 0.008	
	เพศ	-0.013	0.038	-0.013	-0.340	0.734	-0.088 to 0.062	
	ที่อยู่	-0.004	0.021	-0.007	-0.190	0.850	-0.045 to 0.037	
	อาชีพ	0.055	0.054	0.045	1.027	0.305	-0.051 to 0.161	
	การสูบบุหรี่	0.059	0.057	0.040	1.046	0.296	-0.052 to 0.170	
	โรคระบบทางเดินหายใจ	-0.036	0.046	-0.029	-0.777	0.437	-0.127 to 0.055	
	โรคอื่นๆ	0.003	0.037	0.003	0.071	0.943	-0.071 to 0.076	

4. อภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษานี้พบว่าค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน มีผลต่ออาการกำเริบแบบเฉียบพลันของโรคในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังทั้ง 3 ฤดูกาล โดยพบว่าผู้ป่วยที่มีอาการกำเริบในฤดูร้อนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($p\text{-value} < 0.001$) มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ($p\text{-value} = 0.001$) และการสูบบุหรี่ ($p\text{-value} = 0.026$) แต่อย่างไรก็ตามจากแนวทางการแก้ไขปัญหามอกควันของคณะกรรมการการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สภานิติบัญญัติแห่งชาติ แผนพัฒนาท้องถิ่นองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ (2561-2565) และมติคณะรัฐมนตรี วันที่ 23 พฤศจิกายน 2563 ที่ผ่านมา จึงมีคำสั่งจากกระทรวงมหาดไทยในการแก้ไขปัญหาหมอกควันช่วงฤดูร้อน มีมาตรการเคร่งครัดในการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ เรื่อง ฝุ่นละอองขนาดเล็กจึงเกิดการควบคุมป้องกันค่าฝุ่นละอองในพื้นที่ โดยเฉพาะ 17 จังหวัดภาคเหนือที่พบค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กสูงดำเนินการ 6 มาตรการ ได้แก่ 1. ปฏิบัติตามหลักในการอำนวยความสะดวก สั่งการ ควบคุม และแก้ไขปัญหาไฟป่า หมอกควันและฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{2.5}) ตามระเบียบกฎหมายที่เกี่ยวข้อง 2. ทบสวนและจัดทำแผนเผชิญเหตุสำหรับใช้แก้ปัญหาในพื้นที่รับผิดชอบ โดยให้ความสำคัญกับการจัดทำรายละเอียดการแบ่งพื้นที่ 3. ตั้งคณะทำงานติดตามสถานการณ์ในพื้นที่ พร้อมให้ความสำคัญกับการใช้เทคโนโลยีเสริมประสิทธิภาพการติดตามตรวจสอบข้อมูลและแจ้งเตือนประชาชน 4. เน้นย้ำการป้องกันและลดการเกิดมลพิษที่ต้นทาง (แหล่งกำเนิด) โดยบังคับใช้กฎหมายอย่างเคร่งครัด 5. ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในการสร้างเครือข่ายเฝ้าระวังและสร้างการรับรู้ให้กับประชาชนทราบถึงสถานการณ์ที่ถูกต้อง 6. ประชาสัมพันธ์สร้างการรับรู้ประชาชนให้ตระหนักถึงผลกระทบจากกิจกรรมที่ก่อให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{2.5}) แนวทางปฏิบัติในการดูแลสุขภาพ มาตรการต่าง ๆ ภาครัฐ และข้อกฎหมาย รวมถึงในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มีการออกประกาศห้ามการเผาทุกชนิด 60 วัน ยกเว้นพื้นที่ตามแผนการบริหารจัดการเชื้อเพลิง ตั้งแต่ 1 มี.ค.-30 เม.ย. สำหรับผู้ใดที่ฝ่าฝืนไม่ปฏิบัติตามประกาศจังหวัดเชียงใหม่ จะมีโทษความผิดตามมาตรา 74 ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกิน 3 เดือน หรือปรับไม่เกิน 25,000 บาท หรือทั้งจำทั้งปรับ ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นอาจจะส่งผลให้ค่า pm₁₀ มีความสัมพันธ์เชิงลบในช่วงฤดูร้อน³³⁻³⁶ นอกจากนี้เรื่องของ การสูบบุหรี่มีการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าค่า pm_{2.5} โดยเฉพาะในอาคารหรือที่เริ่มมีความสัมพันธ์กับการสูบบุหรี่ ซึ่งอาจจะส่งผลต่อผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังได้^{37,38} ผู้ป่วยที่มีอาการกำเริบแบบเฉียบพลันในฤดูฝนมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($p\text{-value} = 0.044$) ผู้ป่วยที่มีอาการกำเริบแบบเฉียบพลันในฤดูหนาวมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($p\text{-value} = 0.034$) สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา ก่อนหน้านี้ของ กนก พิพัฒน์เวช และคณะ¹⁴ ผลการศึกษาพบว่าการสัมผัสกับมลพิษที่ระดับความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน สูงในระยะเวลายาวนาน มีความสัมพันธ์กับอาการกำเริบเฉียบพลันที่เพิ่มขึ้นของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเช่นเดียวกับการศึกษาของ Li N และคณะ³⁹ และคณะในการศึกษาแบบเชิงระบบที่พบว่า ความเสี่ยงของอาการกำเริบของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (การรักษาในโรงพยาบาล ห้องฉุกเฉิน และการเข้ารับการรักษาผู้ป่วยนอก) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญนอกจากนี้จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการสูบบุหรี่เป็นหนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ออาการกำเริบของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง⁴⁰

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับหมอกควัน ได้แก่ การเผาในที่โล่งความเร็วลมซึ่งพบว่าหากมีการเผาในที่โล่งแจ้งและมีความเร็วลมที่สูงจะพบฝุ่นละอองขนาดเล็กลอยอยู่ในอากาศได้มากในช่วงเดือนเดือนกุมภาพันธ์ถึง เมษายน หรือ ช่วงฤดูร้อน⁴¹ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าหากอากาศมีความแห้งแล้งจะมีการเผาป่าหรือเศษใบไม้เพิ่มมากขึ้น อาจจะด้วยอันเนื่องจากการเตรียมพื้นที่ทำการเกษตรก่อนถึงฤดูฝน⁴² และในช่วงฤดูร้อนมีการศึกษาพบความเร็วลมมีผลต่อการพัดพามลพิษทางอากาศจากที่ถึงไปอีกหนึ่ง จะเห็นได้ว่าช่วงฤดูร้อนภาคเหนือจะมีการปกคลุมด้วยหมอกควันจากประเทศเพื่อนบ้านที่ลอยมาด้วย⁴¹ ความชื้น ความกดอากาศและด้านปริมาณน้ำฝน ที่สำคัญพบว่าหากในบรรยากาศมีความชื้นที่ต่ำจะมีความสัมพันธ์กับการพบฝุ่นละอองขนาดเล็กลอยอยู่ในอากาศได้มากในฤดูฝนมีปริมาณน้ำฝนมากจึงทำให้ช่วยในการชะล้างมลพิษในอากาศได้ หากเปรียบกับฤดูอื่นที่ปริมาณน้ำฝนน้อยจะ

ส่งผลต่อการมีฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศสูงและฤดูหนาวมีความกดอากาศที่สูงพบว่าฝุ่นละอองขนาดเล็กลอยอยู่ในอากาศได้ไม่นาน บทความวิจัยก่อนหน้านี้พบความกดอากาศต่ำจะส่งผลต่อการลอยตัวของฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศเช่นเดียวกับปัจจัยทางด้านอุณหภูมิที่มีอิทธิพลต่อมลพิษทางอากาศ โดยอุณหภูมิมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับความกดอากาศ หากอากาศมีความอุ่นขึ้นหรือร้อนจะนำพาควันพิษจากพื้นดินลอยขึ้นไปบนบรรยากาศ⁴¹ สอดคล้องกับการศึกษาของ Kwanma P และคณะ⁴³ พบความเข้มข้นของค่าฝุ่นละออง เพิ่มขึ้นเมื่อความกดอากาศสูง ขณะที่ความเร็วลม อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝนต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้งที่มีสภาพอากาศเย็นและแห้ง มีผลให้ความเข้มข้นของค่าฝุ่นละออง มีค่าสูงที่สุดเป็นประจำในทุกๆ ปี ในส่วนของการพบอาการกำเริบตามฤดูกาล จะเห็นว่าฤดูหนาวพบผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังมีอาการกำเริบมากกว่าฤดูอื่นๆเนื่องมาจากฤดูหนาวมีอุณหภูมิที่ต่ำ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการกำเริบของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังโดยเฉพาะอุณหภูมิที่ต่ำและเย็น^{44,45}

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการศึกษาค้นคว้าครั้งแรกในเขตพื้นที่ศึกษาผลการศึกษาค้นคว้าจึงสำคัญในการนำไปใช้ในระบบการบริการทางสุขภาพของพื้นที่ใช้ แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดของการศึกษา คือ การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาภาคตัดขวาง จึงทำให้ผลที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจน ดังนั้นการศึกษาในอนาคตควรต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในรูปแบบการศึกษาไปข้างหน้าแบบต่อเนื่อง (Prospective cohort study) เพื่อจะได้เห็นผลการศึกษาที่ชัดเจน และจากข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่า ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน มีผลต่อการกำเริบแบบเฉียบพลันของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังทั้ง 3 ฤดูกาล ในเขตพื้นที่อำเภอไชยปราการ โดยในฤดูร้อนค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการกำเริบแบบเฉียบพลันของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ส่วนฤดูฝนกับฤดูหนาว ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนมีความสัมพันธ์เชิงลบกับการกำเริบแบบเฉียบพลันของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง

เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization (WHO). Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) (Internet). Available from: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-\(copd\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-(copd))
2. รายงานผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังประจำปี 2562. โรงพยาบาลไชยปราการ อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่. 2562.
3. Korsbaek N, Landt EM, Dahl M. Second-hand smoke exposure associated with risk of respiratory symptoms, asthma, and copd in 20,421 adults from the general population. J Asthma Allergy. 2021;14:1277-84.
4. Australian Institute of Health and Welfare 2020.Chronic obstructive pulmonary disease (COPD), associated comorbidities and risk factors.2021. Available from: <https://www.aihw.gov.au/reports/chronic-respiratory-conditions/copd-associatedcomorbidities-risk-factors>
5. Viniol C, Vogelmeier CF. Exacerbations of COPD. Eur Respir Rev. 2018;27(147):170103.

6. Rodthong W, Rattanachotpanit T, Limwattananon S, Limwattananon C, Lertsinudom S, Boonsawat W. Cost of illness for chronic obstructive pulmonary disease. *IJPS*. 2015; 11(Suppl.):151-8.
7. Nikam J, Archer D, Nopsert C. Air Quality in Thailand: Understanding the regulatory context. SEI Working Paper. Stockholm Environment Institute. 2021. Available from: <https://www.sei.org/publications/air-quality-thailand-regulatory-context/>
8. Xing YF, Xu YH, Shi MH, Lian YX. The impact of PM2.5 on the human respiratory system. *J Thorac Dis*. 2016;8:E69-74.
9. Bo Y, Chang L, Guo C, Lin C, Lau AKH, Tam T, et al. Reduced ambient PM2.5, better lung function, and decreased risk of chronic obstructive pulmonary disease. *Environ Int*. 2021;156:106706.
10. Zhu R-X, Nie X-H, Chen Y-H, Chen J, Wu S-W, Zhao L-H. Relationship between particulate matter (pm2.5) and hospitalizations and mortality of chronic obstructive pulmonary disease patients: a meta-analysis. *Am J Med Sci*. 2020;359(6):354-64.
11. Zhao J, Li M, Wang Z, Chen J, Zhao J, Xu Y, et al. Role of PM2.5 in the development and progression of COPD and its mechanisms. *Respir Res*. 2019;20:120.
12. Wen CP, Gao W. PM2.5: an important cause for chronic obstructive pulmonary disease? *Lancet Planet Health*. 2018;2(3):e105-6.
13. Ting M-J, Tsai Y-H, Chuang S-P, Wang P-H, Cheng S-L. Is PM2.5 associated with emergency department visits for mechanical ventilation in acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease? *Am J Emerg Med*. 2021;50:566-73.
14. Pipatvech K, Aupachak S. Relationship between PM2.5 dust exposure and exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease patients. *J Health Sci*. 2021;30(4):645-53.
15. Pothirat C, Chaiwong W, Liwsrisakun C, Bumroongkit C, Deesomchok A, Theerakittikul T, et al. Influence of particulate matter during seasonal smog on quality of life and lung function in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Int J Environ Res Public Health*. 2019; 16(1):106.
16. Junhasavasdikul B, Wanikiat P, Krobthong A, Chaiyasit K. Health effects of ambient air PM2.5, pathogenesis and alternative medicine treatment. *J Thai Trad Alt Med*. 2020;18:187-202.
17. Ryu YS, Kang KA, Piao MJ, Ahn MJ, Yi JM, Hyun YM, et al. Particulate matter induces inflammatory cytokine production via activation of NFκB by TLR5-NOX4 ROS signaling in human skin keratinocyte and mouse skin. *Redox Biol*. 2019;12:101080.
18. Hong Z, Guo Z, Zhang R, Xu J, Dong W, Zhuang G, et al. Airborne fine particulate matter induces oxidative stress and inflammation in human nasal epithelial cells. *Tohoku J Exp Med*. 2016;239:117-25.

19. Wu JZ, Ge DD, Zhou LF, Hou LY, Zhou Y, Li QY. Effects of particulate matter on allergic respiratory diseases. *Chronic Dis Transl Med*. 2018; 4:95-102.
20. Ozturk AB, Bayraktur R, Gogebakan B, Mumbuc S, Bayram H. Comparision of inflammatory cytokine release from nasal epithelial cells of non-atopic non rhinitic, allergic rhinitic and polyp subjects and effects of diesel exhaust particles in vitro. *Allergol Immunopathol*. 2017;45:473-81.
21. Alexis NE, Huang YC, Rappold AG, Kehrl H, DevlinR, Peden DB. Patients with asthma demonstrate airway inflammation after exposure to concentrated ambient particulate matter. *Am J Respir Crit Care Med*. 2014;190:235-7.
22. Chan RC, Wang M, Li N, Yanagawa Y, Onoe K, Lee JJ, et al. Pro-oxidative diesel exhaust particle chemicals inhibit LPS-induced dendritic cells responses involved in T-helper differentiation. *J Allergy Clin Immunol*. 2006;118:455-65.
23. Brandt EB, Bolcas P, Ruff B, Hershey GKK. IL-33 aignaling contributes to diesel exhaust particles (DEP)-induced asthma exacerbatiobs and recall reponses. *J Allergy ClinImmunol*. 2017;139: AB81.
24. Becker S, Mundandhara S, Devlin RB, Madden M. Regulation of cytokine production in human alveolar macrophages and airway epithelial cells in response to ambient air pollution particles: further mechanistic studies. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2005;207:269-75.
25. Deng X, Rui W, Zhang F, Ding W. PM2.5 induces Nrf2 –mediated defense mechanisms against oxidative stress by activatingPIK3/AKT signaling pathway in human lung alveolar epithelial A549 cells. *Cell Biol Toxicol*. 2013;29:143-57.
26. Deng X, Zhang F, Wang L, Rui W, long F, Zhao Y, et al. Airborne fine particulate matter induces multiple cell death pathways in human lung epithelial cells. *Apoptosis*. 2014; 19:1099-112.
27. Wang YH, Lin ZY, Yang LW. PM2.5 exacerbate allergic asthma involved in autophagy signaling pathway in mice. *Int J Clin Exp Pathol*. 2016;9:12247-61.
28. Jeensorn T, Apichartwiwat P, Jinsart W. PM10 and PM2.5 from haze smog and visibility effect in Chiang Mai province Thailand. *Appl Environ Res*. 2018;40(3):1–10.
29. Chujit W, Wiwatanadate P, Deesomchok A, Sopajaree K, Eldeirawi K, Tsai YI. Air pollution levels related to peak expiratory flow rates among adult asthmatics in Lampang, Thailand. *Aerosol Air Qual Res*. 2020;20:1398–410.
30. Jo YS, Lim MN, Han YJ, Kim WJ. Epidemiological study of PM2.5 and risk of COPD-related hospital visits in association with particle constituents in Chuncheon, Korea. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2018;12(13):299-307.

31. ศุทธิณี ดนตรี, ทิพวรรณ ประภาณพล, สมพร จันทระ, ลิ่ว ผาติธสง-ชัยพานิช. หมอกควันในภาคเหนือ ความรุนแรง ผลกระทบ สาเหตุและแนวทางการแก้ไข. ชุดโครงการวิจัยเพื่อพัฒนานโยบายและขับเคลื่อนระบบสุขภาพและสิ่งแวดล้อมระยะที่ 2. สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข มิถุนายน 2555.
32. รายงานกลุ่มงานอนามัยสิ่งแวดล้อม. สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่. 2565.
33. คณะกรรมาธิการการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สภานิติบัญญัติแห่งชาติ. รายงานการพิจารณาศึกษา เรื่อง แนวทางการแก้ไขปัญหาหมอกควัน. 2560.
ค้นหาจาก: https://www.senate.go.th/document/Ext16971/16971489_0002.PDF
34. กรมประชาสัมพันธ์. รัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทย สั่งการทุกจังหวัดบูรณาการป้องกันและแก้ไขฝุ่นละออง ขนาดเล็ก PM2.5 และไฟป่าในพื้นที่ภาคเหนืออย่างเป็นระบบ. 2563
ค้นหาจาก: <https://www.prd.go.th/th/content/category/detail/id/39/iid/5881.%20>
35. ประชาไท. หมอกควัน (3): มายาคติ PM2.5 ภาคเหนือกับการแก้ไขปัญหาแบบ ‘ลองผิดลองถูก’. 2564.
ค้นหาจาก:
<https://prachatai.com/journal/2021/02/91906#:~:text=%E0%B8%95%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B9%83%E0%B8%99%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88,25%2C000%20%E0%B8%9A%E0%B8%B2%E0%B8%97%20%E0%B8%AB%E0%B8%A3%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%97%E0%B8%B1%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B8%88%E0%B8%B3>
36. แผนพัฒนาท้องถิ่นองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ (2561-2565). การป้องกันและลดผลกระทบจากกรณีค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM2.5)
ค้นหาจาก: <https://chiangmaipao.go.th/cmpao/upload/66171646813522.pdf>
37. Ni Y, Shi G, Qu J. Indoor PM2.5, tobacco smoking and chronic lung diseases: A narrative review. Environ Res. 2020;181:108910.
38. Gerber A, Hofen-Hohloch AV, Schulze J, Groneberg DA. Tobacco smoke particles and indoor air quality (ToPIQ-II) – a modified study protocol and first results. J Occup Med Toxicol. 2015; 10:5.
39. Li N, Ma J, Ji K, Wang L. Association of PM2.5 and PM10 with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease at lag0 to lag7: a systematic review and meta-analysis. COPD. 2022;19(1):243-54.
40. Ding Q, Li J, Xu S, Gao Y, Guo Y, Xie B, et al. Different smoking statuses on survival and emphysema in patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis. 2022;17:505-15.
41. Mankan W. The causing factors of the smog phenomenon in Lampang Basin. BUSCIJ. 2017;22(1):226-39.

42. Ni-orn S, Kongvee S. Study on the effective factors to maize cultivation in hilly area. A case study in Wawee sub-district, Mae-Sruai district, Chiang Rai province. FEU Academic Review. 2014;8(1):163-71.
43. Kwanma P, Pukngam S, Arunpraparu W. Meteorological factors affecting concentration of PM10 at Na Phra Lan sub-district, Chaloem Phra Kiat district, Saraburi province. PSRU J Sci Tech. 2019;4:85-94.
44. Tseng CM, Chen YT, Ou SM, Hsiao YH, Li SY, Wang SJ, et al. The effect of cold temperature on increased exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease: a nationwide study. PLoS One. 2013;8:e57066.
45. Zhang Y, Liu X, Kong D, Fu J, Liu Y, Zhao Y, et al. Effects of ambient temperature on acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease: results from a time-series analysis of 143318 Hospitalizations. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis. 2020;15:213-23.