

ความสัมพันธ์ระหว่างจุดความร้อนจากการเผาฟางข้าวในที่โล่ง ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝุ่น PM2.5 ในจังหวัดนครสวรรค์

THE RELATIONSHIP BETWEEN HOTSPOTS FROM OPEN FIELD BURNING OF RICE STRAW AND PM2.5 CHANGE IN NAKHONSAWAN PROVINCE

ปฏิวิทย์ สาระพิน ทินพันธุ์ เนตรแพ ฤทัยรัตน์ โพธิ์ อนูวัฒน์ แสงอ่อน
และ ชำมะเลียง เชาว์ธรรม*

Pativit Sarapin, Tinnapan Netpae, Rutairat Phothi, Anuwat Sangon,
and Chammalieng Chaothum*

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
Environmental Science Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University

*corresponding author email: chammalieng.c@nsru.ac.th

(Received: 25 June 2023; Revised: 10 September 2023; Accepted: 15 September 2023)

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อตรวจหาจำนวนจุดความร้อนโดยใช้เซ็นเซอร์ระบบโมดิส (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer; MODIS) ที่ติดตั้งบนดาวเทียม Terra และ Aqua และนำข้อมูลที่ได้ไปประเมินการเผาไหม้ฟางข้าวในที่โล่งที่ส่งผลต่อปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2.5 ไมโครเมตร (PM2.5) ในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่างปีเพาะปลูก พ.ศ. 2563/2564 โดยรวบรวมข้อมูลฝุ่น PM2.5 รายวัน เฉลี่ย 24 ชั่วโมง จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ตำบลปากน้ำโพ อำเภอเมืองนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ ผลการวิจัย พบว่า ถ้ามีการเผาฟางข้าวทั้งหมดในปีเพาะปลูก พ.ศ. 2563/2564 มีปริมาณฝุ่น PM2.5 จากข้าวนาปีและนาปรังประมาณ 10,075.86 กิโลกรัม และ 1,461.46 กิโลกรัม ตามลำดับ โดยพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ พบจุดความร้อนสูงสุดในเดือนธันวาคม เดือนมกราคม และเดือนกุมภาพันธ์ ตามลำดับ ส่วนอำเภอที่มีความเปราะบางต่อการเผาในพื้นที่การเกษตรมากที่สุด ได้แก่ หนองบัว ท่าตะโก และไพศาลี นอกจากนี้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ พบว่า จำนวนจุดความร้อนที่ปรากฏมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 ในอากาศ จากผลการศึกษาดังกล่าวสามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุน เพื่อนำไปสู่แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่น PM2.5 และการเผาในพื้นที่นาข้าวของจังหวัดนครสวรรค์ รวมทั้งกลุ่มจังหวัดในเขตภาคเหนือตอนล่าง ได้อย่างถูกต้อง ทันเหตุการณ์ และมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ฝุ่นPM2.5 จุดความร้อน เผาในที่โล่ง ฟางข้าว

Abstract

The purpose of this research was to investigate fire hotspots by using MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) satellite sensors carried on the Terra and Aqua satellite and use them to assess open field burning influencing fine particulate matters with a diameter less than 2.5 micrometers (PM 2.5) in Nakhon Sawan Province area. During the production year 2020 /2021, PM2.5 samples were collected daily for 24 hours at the Air Quality Monitoring Station in Pak Nam Pho sub-district, Mueang Nakhon Sawan district, Nakhon Sawan. The results showed that if all rice straw is burned in the production year 2020/2021, the amounts of PM 2.5 from in-season rice and off-season rice were approximately 10,075.86 kg and 1,461.46 kg, respectively. The highest hotspots in Nakhon Sawan province areas were observed in December, January, and February, respectively. The districts most vulnerable to burning in the agricultural areas were Nong Bua, Tha Tako and Phaisali. In addition, correlation analysis showed that hotspot numbers that appeared were correlated with PM2.5 levels in the ambient air. However, the study results could potentially be utilized for supporting information for establishing guidelines for effectively, rapidly and efficiently preventing and dealing with PM2.5 particulate concerns and burning in the paddy fields of Nakhon Sawan Province and Lower Northern Provincial Cluster.

Key words: PM2.5, Hotspot, Open field burning, Rice straw

บทนำ

จังหวัดนครสวรรค์มีพื้นที่ประมาณ 5,998,548 ไร่ ซึ่งมากกว่าครึ่งหนึ่งเป็นพื้นที่เกษตรกรรม โดยในฤดูกาลเพาะปลูกปี พ.ศ.2562/2563 (ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2562 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2563) จังหวัดนครสวรรค์มีพื้นที่ปลูกข้าวนาปี ข้าวนาปรัง และปลูกอ้อย สูงถึง 2,373,294 ไร่ 536,031 ไร่ และ 648,049 ไร่ ตามลำดับ (สำนักงานจังหวัดนครสวรรค์, 2564) โดยภายหลังจากการเก็บเกี่ยวพืชเศรษฐกิจเหล่านี้แล้ว ใบ เปลือก ฟาง และต้น ที่เป็นเศษวัสดุที่เหลือทิ้งจะถูกไถกลบบางส่วนเพื่อเป็นปุ๋ย และเศษวัสดุเหลือทิ้งอีกจำนวนมากจะถูกเผาทำลายเกิดฝุ่นละอองในปริมาณสูงก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม จากผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน หรือฝุ่นพีเอ็ม 2.5 (PM2.5) โดยกรมควบคุมมลพิษ พบว่า ในปี พ.ศ. 2561 บริเวณพื้นที่ตำบลปากน้ำโพ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ มีค่าสูงสุดอยู่ที่ 59 ไมโครกรัม

ต่อลูกบาศก์เมตร และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็น 74 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในปี พ.ศ. 2562 (หน่วยวิจัยเพื่อการจัดการพลังงานและเศรษฐกิจ, 2565) แม้โดยภาพรวมตลอดทั้งปี พบว่ามีค่าไม่เกินมาตรฐานที่ไม่ควรเกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แต่เมื่อมาพิจารณาเป็นรายเดือนพบว่า ในช่วงฤดูการเพาะปลูกในหลายเดือนมีค่าเกินมาตรฐาน โดย Tianwei et al. (2022) พบว่าการเผาเศษวัสดุที่เหลือทิ้งจากการทำการเกษตรในประเทศจีนมีความสัมพันธ์กับมลพิษทางอากาศทั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) โอโซน (O_3) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และฝุ่นละอองขนาดต่างๆ โดยเฉพาะ PM2.5 จะพบปริมาณสูงมากในฤดูหนาวแถบมณฑลที่ทำการเกษตร

Tansey et al. (2008) ใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศจากดาวเทียม TERRA และ AQUA โดยใช้เซ็นเซอร์ระบบ Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer; MODIS สำรวจบริเวณพื้นผิวโลก พบว่า จำนวนจุดความร้อน (Hotspot) ที่เกิดขึ้นที่ผิวโลกมีความสัมพันธ์กับไฟป่าในบริเวณป่าพรุเขตร้อนของจังหวัดกาลิมันตันกลางในประเทศอินโดนีเซีย ขณะที่สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศใช้ระบบ MODIS ติดตามสถานการณ์ไฟป่าและหมอกควันรายวันของพื้นที่ประเทศไทย พบว่า ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2561 พบจุดความร้อนที่แสดงถึงการเผาไหม้มีการสะสมทั่วประเทศจำนวนทั้งสิ้น 14,565 จุด ซึ่งมีจำนวนสูงสุดในเดือนมีนาคม โดยพบทั้งสิ้น 5,098 จุด รองลงมาเป็นเดือนกุมภาพันธ์ เดือนเมษายน เดือนมกราคม และเดือนพฤษภาคม ตามลำดับ หากแยกตามการใช้ประโยชน์ที่ดินปรากฏจุดความร้อนสะสมสูงสุดจะอยู่ในพื้นที่เกษตร โดยพบทั้งสิ้น 4,966 จุด สำหรับพื้นที่ในเขตภาคเหนือ (ตอนล่าง) จังหวัดนครสวรรค์ พบจุดความร้อนมากเป็นลำดับที่ 2 โดยพบจำนวนทั้งสิ้น 436 จุด (รองจากจังหวัดตาก) ในจำนวนนี้เป็นจุดความร้อนจากพื้นที่เกษตรมากถึง 269 จุด คิดเป็นร้อยละ 61.69 (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2561)

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างจุดความร้อนจากการเผาฟางข้าวในที่โล่งต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ PM2.5 ในเขตพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการติดตามจุดความร้อน และจัดทำแผนที่พื้นที่เปราะบางต่อการเผาไหม้เศษวัสดุทางการเกษตร จังหวัดนครสวรรค์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการส่งเสริมการทำการเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ลดการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อไม่ให้คุณภาพอากาศเสื่อมโทรมส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนที่อยู่ในพื้นที่ และบริเวณจังหวัดใกล้เคียง

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยนี้ แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ศึกษาพื้นที่เปราะบางจากการเผาฟางข้าวในพื้นที่ จังหวัดนครสวรรค์

ติดตามจุดความร้อนจากการเผาฟางข้าวและจัดทำแผนที่พื้นที่เปราะบางต่อการเผาเศษวัสดุทางการเกษตร ในพื้นที่นาข้าวในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ โดยนำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2564 จากกรมพัฒนาที่ดิน มาจำแนกพื้นที่นาข้าว จากนั้นรวบรวมข้อมูลจุดความร้อนเฉพาะในพื้นที่นาข้าวโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra และ Aqua โดยระบบ MODIS ดังตารางที่ 1 โดยนำข้อมูลภาพถ่ายที่ได้มาประมวลผลโดยใช้หลักอัลกอริทึมประมวลผลข้อมูล (Contextual algorithm) ซึ่งจุดความร้อน (Hotspot) มาจากการตรวจจับความร้อนบนผิวโลกที่ผิดปกติเมื่อเทียบกับบริเวณโดยรอบด้วยเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งบนดาวเทียม (อุณหภูมิสูงกว่า 800 องศาเซลเซียส) จากชั้นข้อมูลความละเอียดเชิงพื้นที่ 1,000x1,000 เมตรต่อพิกเซล โดยขนาดจุดความร้อนที่เล็กที่สุดที่เซ็นเซอร์ระบบโมดิส (MODIS) ตรวจจับมีขนาด 2,500 ตารางเมตร (1.6 ไร่) (เจน, 2565) โดยดาวเทียม Terra จะครอบคลุมประเทศไทยช่วงเวลา 01.00–02.00 น. และ 10.00–11.00 น. ขณะที่ดาวเทียม Aqua จะครอบคลุมประเทศไทยช่วงเวลา 13.00–14.00 น. และ 22.00–23.00 น. ในปี พ.ศ. 2563–2564 รวมถึงข้อมูลในภาพรวมย้อนหลัง 10 ปี (ในปี พ.ศ. 2554–2564)

ตารางที่ 1 แหล่งข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra และ Aqua ระบบ MODIS

ลำดับ	หน่วยงาน	ที่มา
1	U.S. Geological Survey (USGS)	https://earthexplorer.usgs.gov/
2	กรมป่าไม้	https://wildfire.forest.go.th/firemap/index.html
3	กลุ่มวิจัยและพัฒนาการบรรเทาภาวะโลกร้อนทางการเกษตร กรมพัฒนาที่ดิน	http://www.idd.go.th/hotspot/

จากนั้นจัดทำแผนที่พื้นที่เปราะบางจากการเผาฟางข้าวในพื้นที่นาข้าวจากค่าความเข้มจากจุดความร้อนสะสมต่อขนาดของพื้นที่แต่ละตำบลในจังหวัดนครสวรรค์ โดยใช้โปรแกรมภูมิสารสนเทศ Arc GIS Version 9.1 คัดจากจำนวนจุดความร้อนสะสมต่อพื้นที่ของตำบล หากตำบลใดมีจุดความเข้มเกิดขึ้นมากจะถือว่าพื้นที่ดังกล่าวมีความเปราะบางจากการเผาเศษวัสดุทางการเกษตรมากกว่าตำบลที่มีความเข้มน้อย (เข้มแข็ง, 2561)

2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่น PM2.5 จากการประมาณการกับปริมาณฝุ่น PM2.5 ที่เกิดขึ้นจริง และจำนวนจุดความร้อนจากการเผาไหม้ฟางข้าว

2.1 ประมาณการปริมาณการเกิดฝุ่น PM2.5 ในกรณีเผาฟางข้าวทั้งหมดในพื้นที่ จังหวัดนครสวรรค์

นำข้อมูลการปลูกข้าว ปีเพาะปลูก 63/64 (ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2564) ทั้งนาปี และนาปรังมาทำการประเมินปริมาณการเกิดฝุ่น PM2.5 ใช้ค่าการปลดปล่อย (Emission Factor; EF) จากงานวิจัยของ พงศ์ธร (2564) ที่พบว่า ข้าว 1 ไร่ มีมวลชีวภาพหรือฟางข้าวเหลือทิ้ง 329 กิโลกรัม และก่อให้เกิดฝุ่น PM2.5 น้ำหนัก 4.18 กิโลกรัม

2.2 ความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 ในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์

เก็บรวบรวมข้อมูลความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ณ โครงการชลประทานนครสวรรค์ (รหัสสถานี 41T) ตำบลปากน้ำโพ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 จนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2564

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 เฉลี่ยรายเดือนกับจำนวนจุดความร้อนสะสมรายเดือนที่เกิดขึ้นในพื้นที่นาข้าวของจังหวัดนครสวรรค์ โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient; r) โดยดำเนินการเป็น 2 ขั้นตอน คือ

- 1) สร้างแผนภาพการกระจาย (Scatter plot diagram) สำหรับ 2 ตัวแปร
- 2) กำหนดค่า r โดยใช้สมการที่ 1

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n(\sum x^2) - (\sum x)^2][n(\sum y^2) - (\sum y)^2]}} \quad (1)$$

เมื่อกำหนดให้

r คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

x คือ ความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 เฉลี่ยรายเดือน (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ปี พ.ศ. 2563 และ พ.ศ. 2564

y คือ จำนวนจุดความร้อนสะสมรายเดือนในพื้นที่นาข้าวของจังหวัดนครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2563 และ พ.ศ. 2564

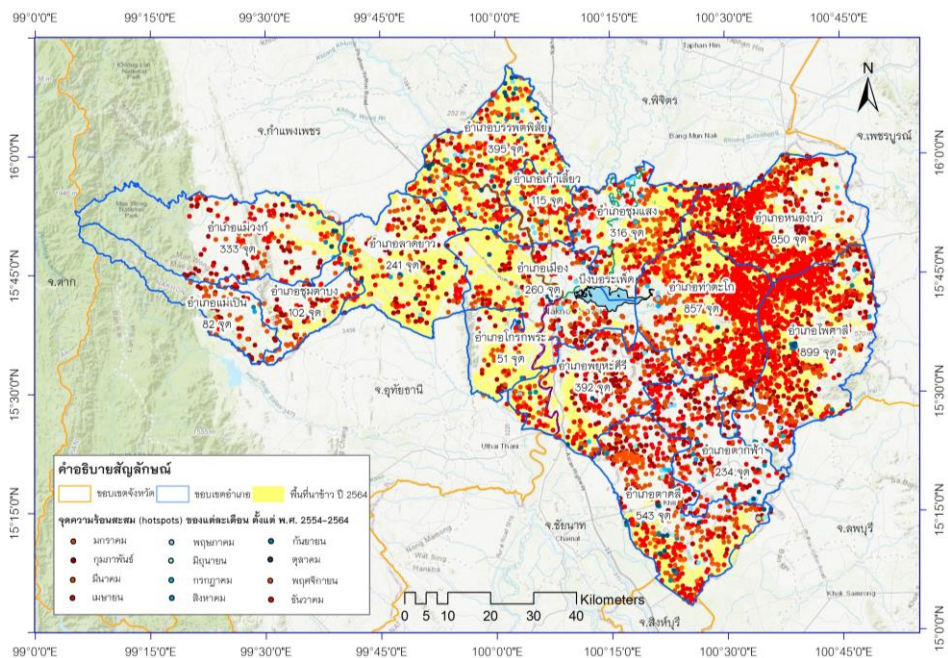
n คือ จำนวนตัวอย่าง

โดยค่า r ที่ใช้วัดขนาดของตัวแปร มี $-1 \leq r \leq 1$ และ $0 \leq r \leq 1$ หากค่า r เข้าใกล้ -1 หรือ 1 แสดงว่า ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนั้นๆ มีความสัมพันธ์กันสูง แต่ถ้าค่า r ของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนั้นๆ มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์ หรือสัมพันธ์กันน้อย

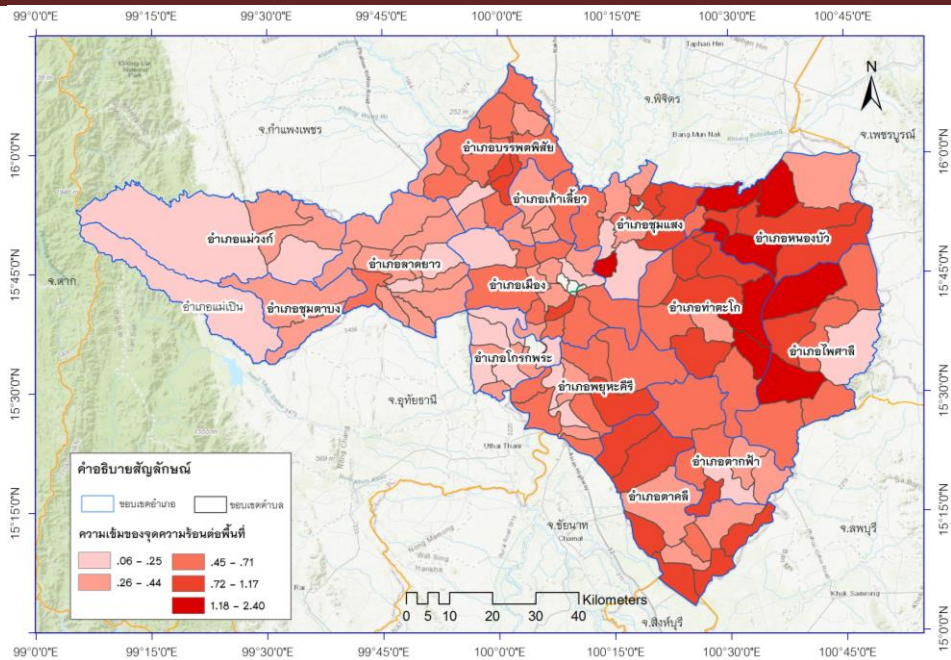
ผลการวิจัย

1. พื้นที่เปราะบางจากการเผาฟางข้าวในพื้นที่ จังหวัดนครสวรรค์

เมื่อพิจารณาข้อมูลย้อนหลังไป 10 ปี (พ.ศ. 2554–2564) บริเวณพื้นที่เปราะบางใน จังหวัดนครสวรรค์ที่ได้จากบริเวณที่มีค่าความเข้มข้นของจุดความร้อนสูง ซึ่งเป็นค่าที่คำนวณจาก จำนวนจุดความร้อนต่อขนาดพื้นที่ในแต่ละอำเภอในจังหวัดนครสวรรค์ พบว่า อำเภอหนองบัว เป็นอำเภอที่มีความเปราะบางในพื้นที่การทำนาของจังหวัดนครสวรรค์มากที่สุด มีค่าความเข้มข้นของจุดความร้อนเท่ากับ 1.04 รองลงมา ได้แก่ อำเภอท่าตะโก และอำเภอไพศาลี ที่มีค่าความเข้มข้นของจุดความร้อนเท่ากับ 0.98 และ 0.87 ตามลำดับ สอดคล้องกับข้อมูลของสำนักงานเกษตร จังหวัดนครสวรรค์ (2566) ที่พบว่า อำเภอหนองบัว อำเภอท่าตะโก และอำเภอไพศาลี เป็นอำเภอที่มีพื้นที่ในการปลูกข้าวนาปีมากที่สุดเป็นอันดับต้นๆ ของจังหวัดนครสวรรค์โดย อำเภอท่าตะโก มีพื้นที่ปลูกข้าวนาปีสูงถึง 412,103.02 ไร่ (อันดับ 1) ขณะที่อำเภอหนองบัว และอำเภอไพศาลี มีพื้นที่ปลูกข้าวนาปี 294,344.61 ไร่ (อันดับ 2) และ 256,785.62 ไร่ (อันดับ 4) ตามลำดับ ดังภาพที่ 1 และตารางที่ 2



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 แผนที่แสดง (ก) จุดความร้อนสะสม และ (ข) แผนที่พื้นที่เปราะบางต่อการเผาไหม้เศษวัสดุทางการเกษตรในพื้นที่นาข้าวของจังหวัดนครสวรรค์ ย้อนหลัง 10 ปี (พ.ศ. 2554–2564)

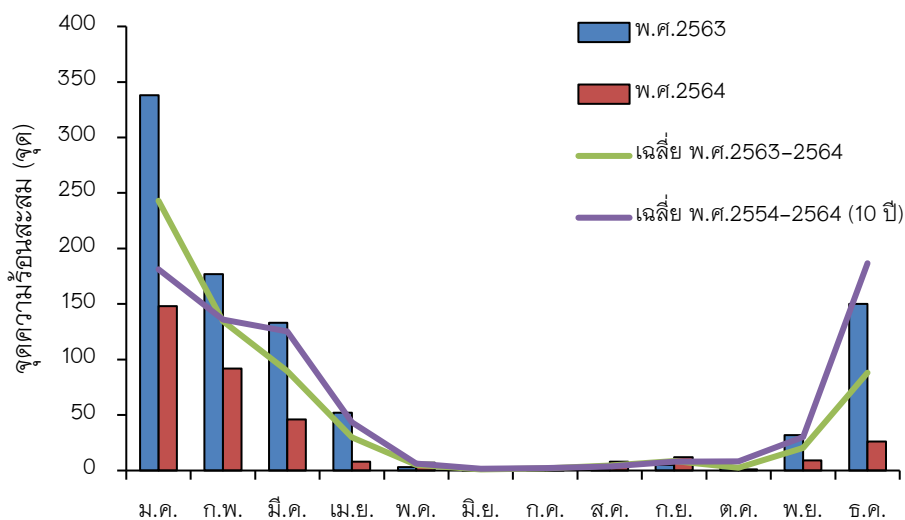
ตารางที่ 2 จุดความร้อนและความเข้มของจุดความร้อนของแต่ละอำเภอในพื้นที่นาข้าวของจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่างปี พ.ศ. 2554–2564

อำเภอ	พื้นที่ (ตร.กม.)	พ.ศ. 2554–2564	
		จำนวนจุดความร้อน	ความเข้มของจุดความร้อน
หนองบัว	819.93	850	1.04
ท่าตะโก	878.32	857	0.98
ไพศาลี	1,038.88	899	0.87
ตากสิน	803.15	543	0.68
พยุหะคีรี	662.00	392	0.59
ชุมแสง	541.12	316	0.58
บรรพตพิสัย	688.99	395	0.57
เก้าเลี้ยว	249.37	115	0.46
ตากฟ้า	526.32	234	0.44
เมืองนครสวรรค์	700.87	260	0.37
ชุมตาบง	291.48	102	0.35
ลาดยาว	722.38	241	0.33

ตารางที่ 2 (ต่อ)

อำเภอ	พื้นที่ (ตร.กม.)	พ.ศ. 2554-2564	
		จำนวนจุดความร้อน	ความเข้มของจุดความร้อน
แม่เปิน	371.85	82	0.22
แม่วงก์	1,683.80	333	0.20
โกรกพระ	284.51	51	0.18

การติดตามจุดความร้อน ในพื้นที่นาข้าวของจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2563 จนถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2564 จากภาพถ่ายของดาวเทียม Terra และ Aqua โดยใช้ระบบ MODIS พบจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดในช่วงฤดูหนาว คือ เดือนธันวาคม เดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเริ่มมีแนวโน้มลดลงหลังจากเดือนมีนาคม สอดคล้องกับการข้อมูลจำนวนจุดความร้อนย้อนหลังไป 10 ปี ก็พบว่า ในช่วงเวลาดังกล่าวมีจำนวนจุดความร้อนมากเช่นเดียวกัน ดังภาพที่ 2 โดยในปี พ.ศ. 2563 พบ 898 จุด ซึ่งมากกว่าปี พ.ศ. 2564 ที่พบเพียง 359 จุด เท่านั้น



ภาพที่ 2 แนวโน้มจุดความร้อนสะสมในพื้นที่นาข้าวของจังหวัดนครสวรรค์

2. ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่น PM2.5 จากการประมาณและที่เกิดขึ้นจริงกับจำนวนจุดความร้อนจากการเผาไหม้ฟางข้าว

2.1 ประมาณการปริมาณการเกิดฝุ่น PM2.5 ในกรณีเผาเศษวัสดุทางการเกษตรจากการปลูกข้าว

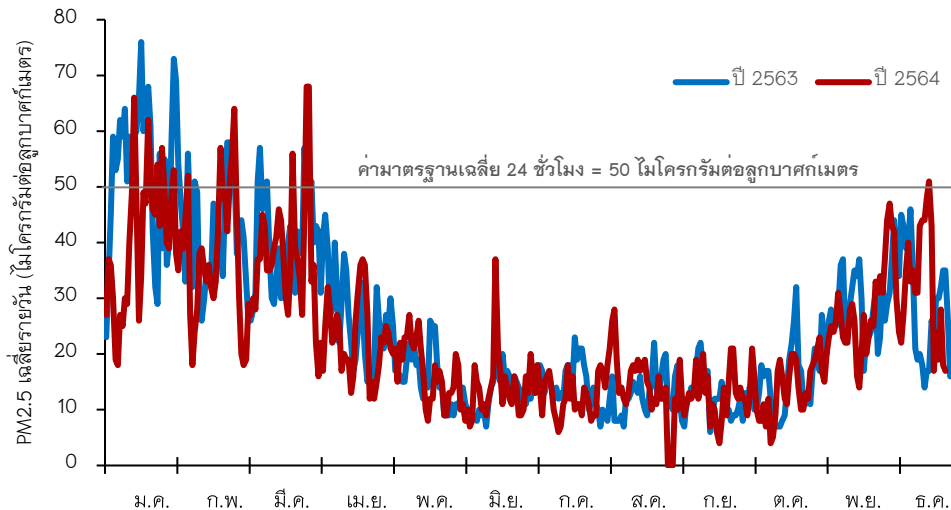
เมื่อนำข้อมูลพื้นฐานด้านการเกษตรจังหวัดนครสวรรค์ทั้ง 15 อำเภอ มาคำนวณการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากการเผาเศษวัสดุทางการเกษตรจากการปลูกข้าว ซึ่งเป็นการเผาในพื้นที่เปิดโล่ง พบว่า ถ้าในปีเพาะปลูก 63/64 ในกรณีที่เกษตรกรในจังหวัดนครสวรรค์ถ้ามีการจัดการพื้นที่โดยการเผาฟางข้าวที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะทำให้เกิดฝุ่น PM2.5 ทั้งสิ้น 11,537.32 กิโลกรัม โดยเกิดจากข้าวนาปี และข้าวนาปรัง จำนวนทั้งสิ้น 10,075.86 กิโลกรัม และ 1,461.46 กิโลกรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ประมาณการปริมาณฝุ่น PM2.5 ที่เกิดขึ้นในปีเพาะปลูก พ.ศ. 2563/2564 ในกรณีที่มีการเผาฟางข้าวที่เกิดขึ้นจากการทำนาทั้งหมด

ลำดับ	อำเภอ	ข้าวนาปี (ไร่)	ข้าวนาปรัง (ไร่)	ปริมาณฝุ่น PM2.5 (กิโลกรัม)		
				ข้าวนาปี	ข้าวนาปรัง	รวมทั้งสิ้น
1	เมืองนครสวรรค์	160,083	27,847	669.15	116.40	785.55
2	โกรกพระ	81,908	27,650	342.38	115.58	457.96
3	ชุมแสง	226,199	151,020	945.51	631.26	1576.77
4	หนองบัว	294,380	943	1,230.51	3.94	1234.45
5	บรรพตพิสัย	280,095	75,197	1,170.80	314.32	1485.12
6	เก้าเลี้ยว	92,584	9,507	387.00	39.74	426.74
7	ตาคลี	136,869	3,034	572.11	12.68	584.79
8	ท่าตะโก	412,126	0	1,722.69	0.00	1722.69
9	ไพศาลี	256,786	4	1,073.37	0.02	1073.39
10	พยุหะคีรี	100,939	23,229	421.93	97.10	519.03
11	ลาดยาว	251,985	22,793	1,053.30	95.27	1148.57
12	ตากฟ้า	10,876	30	45.46	0.13	45.59
13	แม่วงก์	61,295	3,926	256.21	16.41	272.62
14	แม่เปิน	7,491	0	31.31	0.00	31.31
15	ชุมตาบง	36,874	4,453	154.13	18.61	172.74
รวม		2,410,490	349,633	10,075.86	1,461.46	11,537.32

2.2 ความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 ในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์

จากข้อมูลคุณภาพอากาศรายวันของจังหวัดนครสวรรค์ พบว่า ในช่วงที่มีการเพาะปลูกเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ถึงเมษายน พ.ศ. 2564 มีความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 มีค่าที่สูงกว่า 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานอยู่ในระดับที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 เฉลี่ยรายวันในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่างปี พ.ศ. 2563 ถึง พ.ศ. 2564

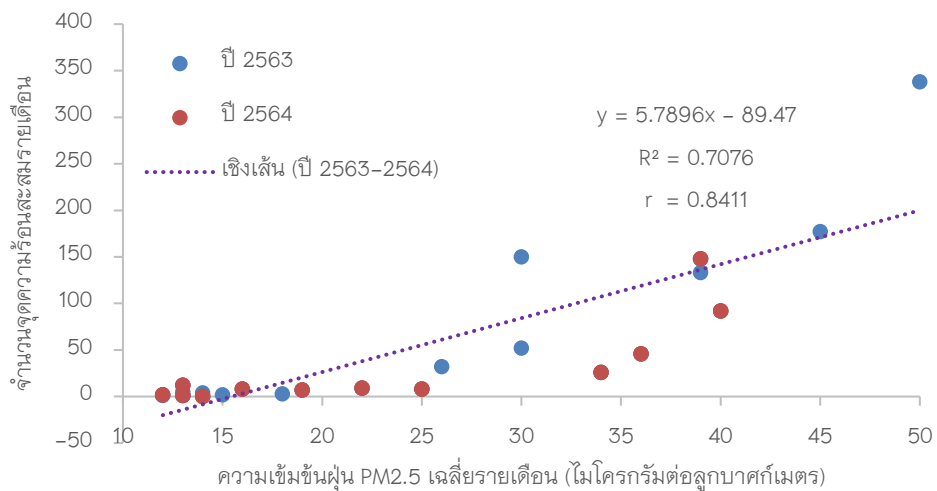
3. ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 กับจำนวนจุดความร้อนในพื้นที่นาข้าว จังหวัดนครสวรรค์

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 เฉลี่ยรายเดือนกับจำนวนจุดความร้อนสะสมรายเดือนที่เกิดขึ้นในพื้นที่นาข้าว พบว่า ในช่วงที่มีการเพาะปลูกจะมีจำนวนจุดความร้อนสูงเช่นเดียวกัน โดยจุดความร้อนสะสม พบสูงสุดในเดือนมกราคม โดย พ.ศ. 2563 สามารถตรวจพบได้สูงถึง 338 จุด ดังตารางที่ 4 ซึ่งเมื่อทำการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 เฉลี่ยรายเดือนกับจำนวนจุดความร้อนสะสมรายเดือนในพื้นที่นาข้าวของจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่างปี พ.ศ. 2563 และ พ.ศ. 2564 มีความสัมพันธ์กันสูง เนื่องจากพบว่า มีค่าเข้าใกล้ 1 โดยมีค่าเท่ากับ 0.84 ดังภาพที่ 4

ตารางที่ 4 ความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 กับจำนวนจุดความร้อน บริเวณพื้นที่นาข้าวของจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง พ.ศ. 2563 ถึง พ.ศ. 2564

เดือน	พ.ศ. 2563			พ.ศ. 2564		
	PM2.5 (มค.ก./ลบ.ม.)		จุดความร้อน (จุด)	PM2.5 (มค.ก./ลบ.ม.)		จุดความร้อน (จุด)
	ต่ำสุด-ค่าสูงสุด	เฉลี่ย		ต่ำสุด-ค่าสูงสุด	เฉลี่ย	
มกราคม	23–76	50	338	18–66	39	148
กุมภาพันธ์	26–73	45	177	18–64	40	92
มีนาคม	26–57	39	133	18–68	36	46
เมษายน	15–51	30	52	12–68	25	8
พฤษภาคม	9–30	18	3	8–27	19	7
มิถุนายน	7–20	13	1	7–37	14	0
กรกฎาคม	10–23	15	2	6–20	12	2
สิงหาคม	7–22	12	1	8–28	16	8
กันยายน	6–22	13	5	4–21	13	12
ตุลาคม	7–32	14	4	4–21	13	1
พฤศจิกายน	11–37	26	32	12–31	22	9
ธันวาคม	14–46	30	150	17–51	34	26

หมายเหตุ มค.ก./ลบ.ม. หมายถึง ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร



ภาพที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 เฉลี่ยรายเดือนกับจำนวนจุดความร้อนสะสมรายเดือนในพื้นที่นาข้าว จังหวัดนครสวรรค์ พ.ศ. 2563 และ พ.ศ. 2564

อภิปรายผล

จากการติดตามจุดความร้อน (การเผาในที่โล่ง) ในพื้นที่นาข้าวของจังหวัดนครสวรรค์ โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra และ Aqua ในระบบ MODIS ระหว่างปี พ.ศ. 2554–2564 ผลการศึกษา พบว่า มีการเผาฟางข้าวหรือชีวมวลในพื้นที่ทำนาตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงเดือนเมษายน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของกรมพัฒนาที่ดินที่ศึกษาช่วงระยะเวลาในการเผาฟางข้าว หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตของชาวนาในเขตภาคเหนือ โดยชาวนาปีในจังหวัดนครสวรรค์ จะทำการเก็บเกี่ยวในระหว่างเดือนพฤศจิกายน และเดือนธันวาคม ซึ่งช่วงระยะเวลาที่เกษตรกรนิยมเผาฟางข้าวจะเริ่มหลังจากการเก็บเกี่ยวข้าวประมาณปลายเดือนมกราคมเป็นต้นไป และการไถพรวนดินจะดำเนินการในช่วงเดือนเมษายน สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Adeleke et al. (2017) ที่พบว่า เกษตรกรในจังหวัดเชียงราย เผาพื้นที่เกษตร เพื่อทำการจัดการฟาง และต่อช่วงข้าวที่เหลือ รวมทั้งกำจัดวัชพืชก่อนทำการเพาะปลูกในฤดูกาลใหม่ และจะส่งผลให้เกิดมลพิษอากาศรุนแรงหลังหมดฤดูกาลเพาะปลูกในช่วงเดือนมกราคมและเดือนมีนาคม

ในส่วนการจัดทำแผนที่พื้นที่เปราะบางจากการเผาฟางข้าวในพื้นที่นาข้าวของจังหวัดนครสวรรค์ คำนวณจากจำนวนจุดความร้อนต่อขนาดของพื้นที่แต่ละอำเภอ ผลการศึกษา พบว่า อำเภอหนองบัวเป็นอำเภอที่มีความเปราะบางในพื้นที่การทำนาของจังหวัดนครสวรรค์มากที่สุด รองลงมา ได้แก่ อำเภอท่าตะโก และอำเภอไพศาลี สอดคล้องกับข้อมูลของสำนักงานเกษตรจังหวัดนครสวรรค์ (2566) ที่พบว่าอำเภอหนองบัว อำเภอท่าตะโก และอำเภอไพศาลี เป็นอำเภอที่มีพื้นที่ในการปลูกข้าวมากที่สุดเป็นอันดับต้นๆ ของจังหวัดนครสวรรค์โดย อำเภอท่าตะโก มีพื้นที่ปลูกข้าวนาปีสูงถึง 412,103.02 ไร่ (อันดับ 1) ขณะที่อำเภอหนองบัว และอำเภอไพศาลี มีพื้นที่ปลูกข้าวนาปี 294,344.61 ไร่ (อันดับ 2) และ 256,785.62 ไร่ (อันดับ 4) ตามลำดับ

จากการประมาณปริมาณฝุ่น PM_{2.5} ที่เกิดขึ้นจริง ในกรณีที่มีการจัดการพื้นที่โดยการเผาฟางข้าว ผลการศึกษา พบว่า ปีเพาะปลูก พ.ศ. 2563/2564 ในกรณีที่เกษตรกรในจังหวัดนครสวรรค์มีการจัดการพื้นที่โดยการเผาฟางข้าวที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะทำให้เกิดฝุ่น PM_{2.5} ทั้งหมด 11,537.32 กิโลกรัม จากงานวิจัยของ Junpen et al. (2018) ที่ประมาณการถึงปริมาณฝุ่น PM_{2.5} ที่เกิดจากวัสดุเหลือทิ้งจากการทำการเกษตรในประเทศไทย พบว่า ในช่วงหลังฤดูเก็บเกี่ยว ผลผลิตจะสามารถก่อให้เกิดฝุ่น PM_{2.5} ได้สูง โดยทั้งประเทศประมาณการว่าถ้ามีการเผาวัสดุเหลือทิ้งจากการทำการเกษตรในช่วงเดือนตุลาคมจนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 จะก่อให้เกิดฝุ่น PM_{2.5} ได้ถึง 823,000 กิโลกรัม 1,454,000 กิโลกรัม และ 590,000 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งจากผลการศึกษาของ He, Liu & Zhou (2019) ที่ใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายทางอากาศเพื่อตรวจจับการเผาฟางทางการเกษตรและประเมินผลกระทบต่อมลพิษทางอากาศและสุขภาพ ในประเทศจีน พบว่า การเผาฟางข้าวส่งผลให้เกิดฝุ่นละอองจำนวนมากโดยเฉพาะในพื้นที่ชนบท และทำให้มีผู้คน

เสียชีวิตจากโรคหัวใจ และหลอดเลือดเพิ่มสูงขึ้น โดยประมาณการว่าเมื่อ PM2.5 เพิ่มสูงขึ้น 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะทำให้อัตราการเสียชีวิตในคนวัยกลางคนและวัยชราเพิ่มสูงขึ้นถึงร้อยละ 3.25 นอกจากนี้ Thepnuan & Chantara (2016) ที่ทำการศึกษาคุณภาพอากาศในจังหวัดเชียงใหม่ ในปี พ.ศ. 2549 พบว่า ความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 มีความสัมพันธ์กับโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน หรือพีเอเอช (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons; PAHs) โดยมีค่า r เท่ากับ 0.76 โดยพีเอเอชเกิดจากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารอินทรีย์ เมื่อมีการหายใจเข้าไปอาจก่อให้เกิดโรคมะเร็งในมนุษย์ได้

ซึ่งเมื่อทำการหาค่า r ระหว่างความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 เฉลี่ยรายเดือนกับจำนวนจุดความร้อนสะสมรายเดือนในพื้นที่นาข้าวของจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่างปี พ.ศ. 2563 และ พ.ศ. 2564 มีความสัมพันธ์กันสูง โดยมีค่าเท่ากับ 0.84 ซึ่งถือว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้ พบว่า สูงเมื่อเทียบกับผลจากการเผาฟางข้าวในที่โล่งต่อคุณภาพอากาศในกรุงเทพฯ ซึ่งพบว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝุ่นมีความสัมพันธ์กับจำนวนจุดความร้อนมากกว่าพารามิเตอร์อื่น โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.77 (Tipayarom & Oanh, 2007) ขณะที่ เกวลิ้น และคณะ (2566) ศึกษาความสัมพันธ์ของจุดความร้อนกับค่าความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 ในพื้นที่จังหวัดทางภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย (เชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน พะเยา ลำพูน ลำปาง แพร่ น่าน และตาก) และพื้นที่โดยรอบใน ปี พ.ศ. 2562 พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ในช่วง 0.5–0.7 เท่านั้น

จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าแหล่งกำเนิดฝุ่น PM2.5 ของจังหวัดนครสวรรค์ที่สำคัญส่วนหนึ่งมาจากการเผาฟางข้าว โดยเฉพาะช่วงหลังการเก็บเกี่ยว ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายนเป็นประจำทุกปี ซึ่งหน่วยงานภาครัฐควรส่งเสริมการทำการเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยการนำแนวคิดโมเดลเศรษฐกิจใหม่ BCG มาใช้กับภาคการเกษตร เช่น นำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไปผลิตเป็นอาหารสัตว์ ปุ๋ยอินทรีย์ หรือพลังงานทดแทน ส่งเสริมการไถกลบตอซึ่งควบคู่กับการใช้ผลิตภัณฑ์ย่อยสลายฟางข้าว ส่งเสริมโครงการชิงเก็บ ลดเผา หรือส่งเสริมการหยุดเผาในพื้นที่การเกษตร เป็นต้น เพื่อไม่ให้คุณภาพอากาศเสื่อมโทรมจนส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนที่อยู่ในพื้นที่ต่อไป

สรุปผลการวิจัย

อำเภอวังตะขวนอกในเขตพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์มีความเปราะบางต่อการเผาไหม้เศษวัสดุทางการเกษตรในพื้นที่นาข้าว โดยมีค่าความเข้มของจุดความร้อนต่อพื้นที่สูง เช่น ในอำเภอหนองบัว อำเภอท่าตะโก และอำเภอไพศาลี นอกจากนี้จำนวนจุดความร้อน พบมากในช่วงฤดูหนาว ซึ่งส่งผลให้ปริมาณฝุ่น PM2.5 ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ถึงเมษายน พ.ศ. 2564

มีค่าที่สูง จากการประมาณการในกรณีที่เกิดกรณีในจังหวัดนครสวรรค์ ถ้ามีการจัดการพื้นที่โดยการเผาฟางข้าวที่เกิดขึ้นทั้งหมด ในปีเพาะปลูก พ.ศ.2563/2564 จะทำให้เกิดฝุ่น PM2.5 จากฟางข้าวสูงถึง 11,537.32 กิโลกรัม เมื่อทำการหาค่า r ระหว่างความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 เฉลี่ยรายเดือนกับจำนวนจุดความร้อนสะสมรายเดือนในพื้นที่นาข้าวของจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่างปี พ.ศ. 2563 และ พ.ศ. 2564 พบว่า มีความสัมพันธ์กันสูง ($r = 0.84$) จากผลการศึกษาดังกล่าว หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการดำเนินงานในการป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่น PM2.5 และการเผาในพื้นที่นาข้าวของจังหวัดนครสวรรค์ รวมทั้งกลุ่มจังหวัดในเขตภาคเหนือตอนล่างได้อย่างถูกต้อง ทันเหตุการณ์ และมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- เกวลิน อินทวง, ชาคริต ไซตอมรศักดิ์, วณิสา สุรพิพิธ, และ Ronald Macatangay. (2566). ความสัมพันธ์ของจุดความร้อนในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยและพื้นที่โดยรอบต่อค่าความเข้มข้น PM 2.5: กรณีศึกษาช่วงฤดูหมอกควัน ปี พ.ศ. 2562. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 33(2), 588–602.
- เข้มแข็ง ยุติธรรมดำรง. (2661). การติดตามจุดความร้อนจากการเผาเศษวัสดุทางการเกษตรเพื่อดำเนินการลดผลกระทบตามมาตรการแก้ไขปัญหาหมอกและควันในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร.
- เจน ชาญณรงค์. (2565). องค์ความรู้ไฟฟ้าและการเผาในที่โล่ง. กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, ศูนย์วิชาการเพื่อขับเคลื่อนการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศ (ศวอ).
- พงศ์ธร เพียรพิทักษ์. (2564). การจัดการเศษวัสดุทางการเกษตรเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสารก่อมลพิษทางอากาศในพื้นที่เกษตรกรรม 9 จังหวัด. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน, กองวิจัยและพัฒนาจัดการที่ดิน.
- สำนักงานจังหวัดนครสวรรค์. (2564). ข้อมูลสำคัญจังหวัดนครสวรรค์ ประจำปี 2564. นครสวรรค์: สำนักงานจังหวัดนครสวรรค์, กลุ่มงานยุทธศาสตร์และข้อมูลเพื่อการพัฒนาจังหวัดนครสวรรค์.
- สำนักงานเกษตรจังหวัดนครสวรรค์. (2566). แผนยุทธศาสตร์การพัฒนาข้าวอย่างยั่งยืน จังหวัดนครสวรรค์ พ.ศ. 2566–2570. นครสวรรค์: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรมส่งเสริมการเกษตร.
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. (2561). สถานการณ์ไฟฟ้าจากภาพถ่ายดาวเทียม. สืบค้นเมื่อ 2 พฤศจิกายน 2565, จาก <https://fire.gistda.or.th>.
- หน่วยวิจัยเพื่อการจัดการพลังงานและเศรษฐกิจ. (2565). โครงการวิจัย เรื่อง การเฝ้าระวังและเตือนภัยปัญหาหมอกควัน โดยเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศระบบเซ็นเซอร์ Dust Boy ในประเทศไทย ระยะที่ 3. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- Adeleke, A., Apidechkul, T., Kanthawee, P., Suma, Y., & Wongnuch, P. (2017). Contributing Factors and Impacts of Open Burning in Thailand: Perspectives from Farmers in Chiang Rai Province, Thailand. **Journal of Health Research**, **31**(2), 159–167.
- He, G., Liu, T., & Zhou, M. (2019). Straw Burning, PM 2.5 and Death: Evidence from China. **Emerging Markets Economics: Environmental & Social Aspects eJournal**, 2019–66.
- Junpen, A., Pansuk, J., Kamnoet, O., Cheewaphongphan, P., & Garivait, S. (2018). Emission of Air Pollutants from Rice Residue Open Burning in Thailand, 2018. **Atmosphere**, **9**, 449.
- Tansey, K., Beston, J., Hoscilo, A., Page, S.E., & Paredes Hernández, C.U. (2008). Relationship between MODIS fire hot spot count and burned area in a degraded tropical peat swamp forest in Central Kalimantan, Indonesia. **Journal of Geophysical Research Atmospheres**, **13**, D23112.
- Thepnuan, D., & Chantara, S. (2566). Characterization of PM2.5-bound Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Chiang Mai, Thailand during Biomass Open Burning Period of 2016. **Applied Environmental Research**, **42**(3), 11–24.
- Tianwei, W., Ke, M., Peihong, F., & Wei, H. (2022). Crop residual burning correlations with major air pollutants in mainland China. **Frontiers in Environmental Science**, **10**, 1002610.
- Tipayarom, D., & Oanh, N.T.K. (2007). Effects from Open Rice Straw Burning Emission on Air Quality in the Bangkok Metropolitan Region. **Science Asia**, **33**, 339–345.