บทความ: การศึกษาประสิทธิภาพการลดฝุ่นโดยป่านิเวศ

ศิรพงศ์ สุขทวี*, อดุลย์ เดชปัดภัย, สุธีระ บุญญาพิทักษ์, นิรัน เปี่ยมใย, หทัยรัตน์ การีเวทย์, อนงค์ ชานะมูล

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

*sooktawee@gmail.com

การอ้างอิง: ศิรพงศ์ สุขทวี, อดุลย์ เดชปัดภัย, สุธีระ บุญญาพิทักษ์, นิรัน เปี่ยมใย, หทัยรัตน์ การีเวทย์, อนงค์ ชานะมูล. (2563). การศึกษาประสิทธิภาพการลดฝุ่นโดยป่านิเวศ. วารสารสิ่งแวดล้อม, ปีที่ 24 (ฉบับที่ 3).

บทนำ

ประเทศไทยได้ประสบกับปัญหาฝุ่นละอองในบรรยากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 ที่มีการตื่นตัวอย่างมาก อันเนื่องมาจากปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) โดยเฉพาะ $PM_{2.5}$ มีค่าสูงเกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศไทยที่กำหนดค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของ $PM_{2.5}$ ไว้ที่ 50 $\mu g/m^3$ (Narita *et al*., 2019) จากปัญหาดังกล่าวรัฐบาลไทยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของผลกระทบของฝุ่นละอองที่เกิดขึ้น คณะรัฐมนตรีจึงได้มีมติเห็นชอบให้การแก้ไขปัญหามลภาวะด้านฝุ่นละอองเป็นวาระแห่งชาติ เมื่อวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2562 เพื่อให้การแก้ไขปัญหาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพโดยความร่วมมือของภาครัฐ เอกชน และประชาชน (สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี, 2562) และนอกเหนือจากการควบคุมด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่างๆ นั้น วิธีการทางธรรมชาติ เช่น ต้นไม้มีความสามารถในการลดหรือดักจับฝุ่นได้ (Nowak, Crane, & Stevens, 2006) ผ่านกระบวนการตกสะสมของอนุภาคและก๊าซที่แขวนลอยอยู่ในอากาศลงสู่พื้นผิว อนุภาคและโมเลกุลของก๊าซที่แขวนลอยในอากาศสามารถที่จะตกสะสม (Deposit) เมื่อผ่านเข้ามาใกล้กับพื้นผิวของพืชได้ (Janhäll, 2015) ต้นไม้ที่มีใบกว้างและผิวของใบมีความขรุขระจะมีความหนาแน่นของอนุภาคฝุ่นถูกจับตกสะสมบนผิวใบได้ดี นอกจากนี้แล้วยังมีปัจจัยหลักที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับคือจำนวนของปากใบ (Stomata) รวมทั้งปริมาณของขี้ผึ้งบนเยื่อบุผิวนอก (Epicuticular Wax) (Zhang *et al*., 2017) และในประเทศไทยได้มีการเก็บตัวอย่างใบไม้ในพื้นที่ตำบลหน้าพระลาน จังหวัดสระบุรี มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณฝุ่นที่ตกสะสมอยู่บนใบไม้ พบว่าไม้ที่มีขน เช่น ไผ่และตะขบ ยังมีความสามารถดูดจับ $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ได้ดี (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2561) ดังนั้นนอกเหนือจากการควบคุมดูแลตามมาตรการต่างๆ ที่ได้ดำเนินการแล้วนั้น วิธีการทางธรรมชาติเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยลดปัญหาฝุ่นลงได้ การศึกษาป่านิเวศที่มีต้นไม้หนาแน่นว่ามีความสามารถในการลด $PM_{2.5}$ มากน้อยเพียงใดจึงเป็นข้อมูลที่นำไปสนับสนุนการจัดการลดปัญหาฝุ่นละอองในบรรยากาศต่อไป

ป่านิเวศและการตรวจวัดฝุ่นละออง

ป่านิเวศคือป่าที่ถูกปลูกโดยเลียนแบบธรรมชาติที่มีความหลากหลายทางชีวภาพและพันธุ์ไม้ โดยพันธุ์ไม้ที่ใช้ส่วนใหญ่จะใช้พันธุ์ไม้ดั้งเดิมที่มีอยู่ในท้องถิ่น แปลงป่านิเวศที่ใช้ศึกษาได้ทำการปลูกตามวิธีของ ศ. อาคิระ มิยาวากิ ที่สามารถทำให้ต้นไม้โตไวและแข็งแรง (Miyawaki, 1999) โดยใช้พันธุ์ไม้หลากหลายชนิด ทำการปลูก 4 ต้น/ตร.ม. ในแปลงทดลองขนาด 5 เมตร × 50 เมตร ซึ่งในช่วงการศึกษานี้ป่านิเวศมีอายุ 2 ปี ความสูงเฉลี่ยสูงสุด 6-8 เมตร แปลงป่านี้อยู่ภายใต้โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี สำหรับการตรวจวัดฝุ่น $PM_{2.5}$ ได้ใช้เครื่อง Electrostatic Dust Monitor (EDM) 0025 จาก PICO Innovation ผลิตภัณฑ์จากประเทศไทยทำการตรวจวัดภายในป่านิเวศ 1 เครื่อง และภายนอกป่านิเวศ 1 เครื่อง ในช่วงเวลาเดียวกัน โดยเครื่องมือตรวจวัดภายนอกป่านิเวศติดตั้ง ณ บริเวณท้ายลมห่างจากแนวขอบเรือนยอดป่านิเวศประมาณ 5 เมตร (แสดงดังรูปที่ 1ก และ 1ข) เครื่อง EDM นี้ใช้เทคนิค Electrostatic mass monitor ในการตรวจวัด ซึ่งเทคนิค Electrostatic mass monitor นี้ได้มีการศึกษาเปรียบเทียบกับเครื่องมือที่ใช้เทคนิคตามประกาศของ US.EPA โดยพบว่าสามารถนำมาใช้ในการตรวจวัด $PM_{2.5}$ ได้ในช่วง 0-500 $\mu g/m^3$ (Panich Intra, Artit Yawootti, & Sate Sampattagul, 2018)

นอกจากนี้ได้ใช้เครื่อง Thermo Scientific™ รุ่น 1405-DF TEOM™ Continuous Dichotomous Ambient Air Monitor (รูปที่ 1ค) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้เทคนิคการตรวจวัดที่ได้รับการรับรองจาก US.EPA ทำการตรวจวัด $PM_{2.5}$ และ PM_{10} จากควันที่มาจากการทดลองเผาฟาง รวมถึงชุดอุตุนิยมวิทยาของรถตรวจวัดคุณภาพอากาศที่นำมาใช้ในการตรวจวัดทิศทางและความเร็วลม (รูปที่ 1ง)

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

รูปที่ 1 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

(ก) เครื่อง Electrostatic Dust Monitor (EDM) ทำการตรวจวัดภายในป่านิเวศ

(ข) เครื่อง Electrostatic Dust Monitor (EDM) ทำการตรวจวัดภายนอกป่านิเวศ

(ค) เครื่อง Continuous Dichotomous Ambient Air Monitor

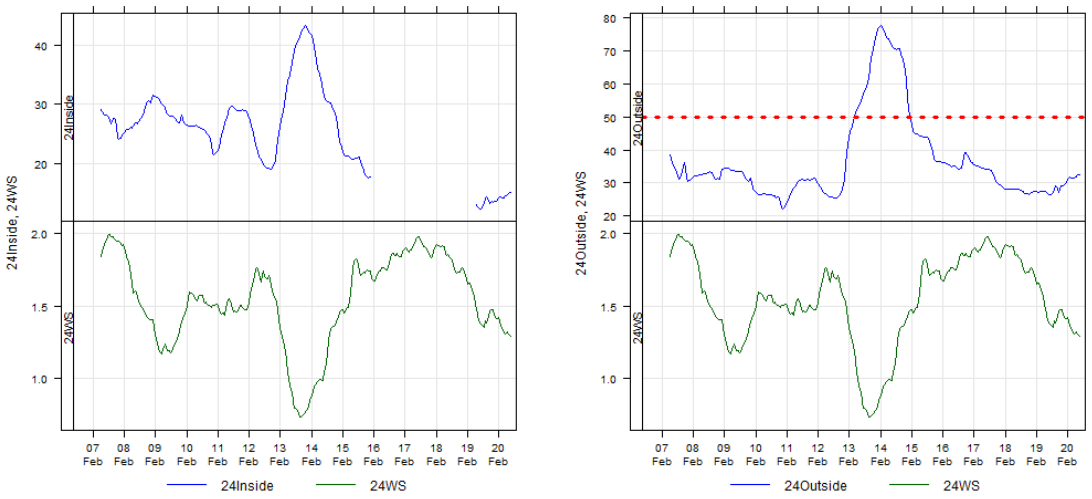
(ง) ชุดอุตุนิยมวิทยาของรถตรวจวัดคุณภาพอากาศ

กรณีศึกษา: ความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ภายในป่านิเวศและนอกป่านิเวศ

การศึกษาทดลองในครั้งนี้ดำเนินการ ณ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี โดยทำการตรวจวัดเปรียบเทียบความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ภายในป่านิเวศและภายนอกป่านิเวศในสภาวะสิ่งแวดล้อมจริง ระหว่างวันที่ 7-20 กุมภาพันธ์ 2562 ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูหนาวที่ค่า $PM_{2.5}$ มีค่าสูงขึ้นเนื่องมาจากอิทธิพลของความกดอากาศสูงที่ทำให้ระยะการคลุกเคล้าของมลพิษในแนวดิ่งของบรรยากาศลดต่ำลง อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ และกำลังของความกดอากาศจะมีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาและฤดูกาล และอาจส่งผลต่อศักยภาพของป่านิเวศในการบรรเทาปัญหา $PM_{2.5}$ เพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ โดยในช่วงการทดลองนี้พบว่าลมพัดมาจากทางด้านใต้เป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะจากทิศตะวันตกเฉียงใต้มีค่ามากที่สุด 30% และลมที่มาจากทางด้านนี้จะมีความเร็วลมสูง ในขณะที่ลมจากทางด้านเหนือจะมีความเร็วลมต่ำและลมสงบมากกว่า และเมื่อนำค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ มาคำนวณค่า Moving Average เฉลี่ย 24 ชั่วโมง เพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศไทยที่มีค่าเท่ากับ 50 $\mu g/m^3$ พบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมงภายในและภายนอกป่านิเวศมีลักษณะไปในทิศทางเดียวกัน โดยอากาศที่อยู่ภายในป่านิเวศมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุด 43 $\mu g/m^3$ ขณะที่ภายนอกป่านิเวศมีค่า

ความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุด 78 $\mu g/m^3$ เกินค่ามาตรฐาน (50 $\mu g/m^3$) (เส้นประสีแดงแสดงถึงค่ามาตรฐาน รูปที่ 2ข)

แต่ในช่วงเวลาที่ลมสงบระหว่างวันที่ลมสงบ 13-14 ก.พ. 62 (เส้นสีเขียวแสดงความเร็วลม) พื้นที่ภายนอกป่านิเวศมีค่าความเข้มข้นสูงเกินมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของประเทศไทย (รูปที่ 2ข) แต่ในขณะที่ $PM_{2.5}$ ภายในพื้นที่ป่านิเวศกลับมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (รูปที่ 2ก) โดยที่ปริมาณ $PM_{2.5}$ ของอากาศในป่านิเวศช่วงวันดังกล่าวมีความเข้มข้นลดลงประมาณครึ่งหนึ่ง (45%) เมื่อเทียบกับอากาศภายนอกป่านิเวศ

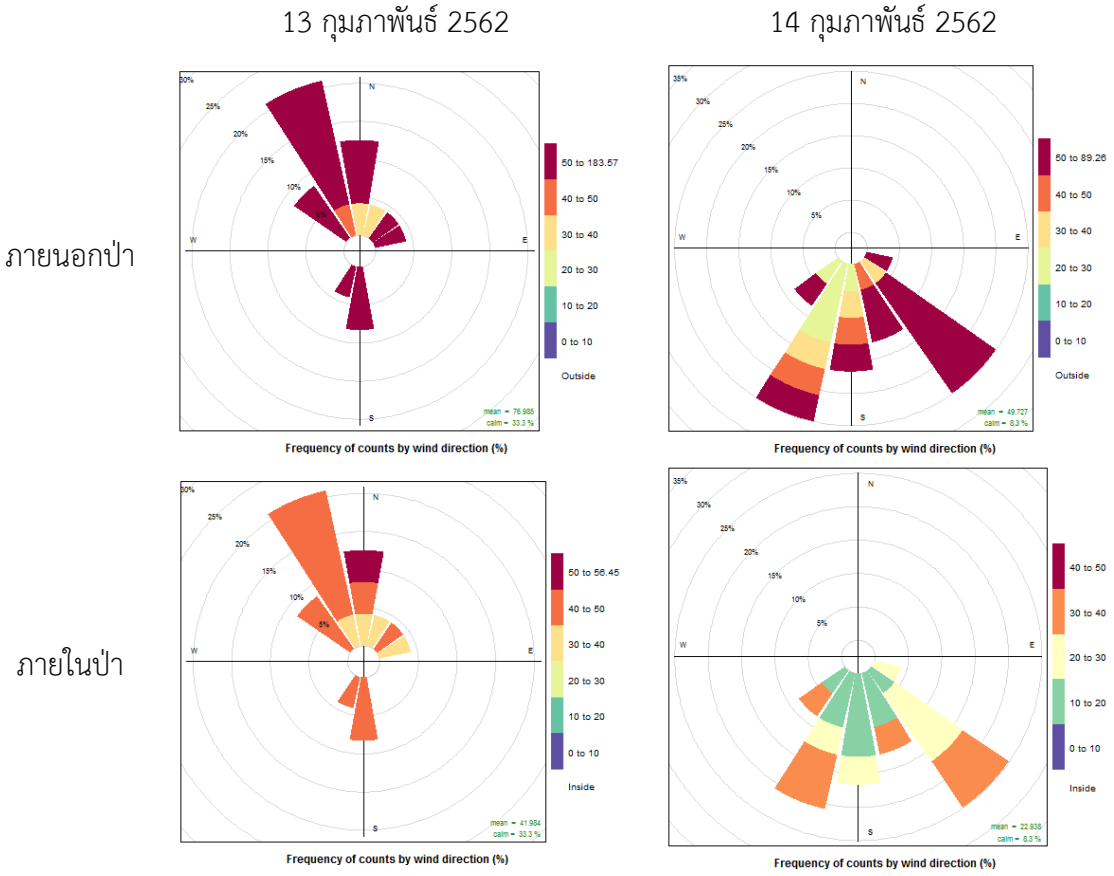


(ก) (ข)

รูปที่ 2 แสดงผลการตรวจวัดค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (moving average) 24 ชั่วโมงของ $PM_{2.5}$ (เส้นสีฟ้า) บริเวณ (ก) ภายในและ (ข) ภายนอกป่านิเวศ และความเร็วลมเฉลี่ยเคลื่อนที่ 24 ชั่วโมง (เส้นสีเขียว) โดยที่เส้นประสีแดงแสดงถึงค่ามาตรฐานเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของ $PM_{2.5}$ ในบรรยากาศของประเทศไทย

ถัดมาเป็นปัจจัยของทิศทางลม ซึ่งทิศทางและความเร็วของลมอาจจะส่งผลต่อระดับความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ที่ตรวจวัดได้ ดังนั้นข้อมูลการตรวจวัด $PM_{2.5}$ ทิศทางและความเร็วของลม ได้ถูกนำมาจัดทำผังมลพิษแสดงดังรูปที่ 3 จากผังมลพิษในช่วงเวลา 13-14 กุมภาพันธ์ 2562 พบว่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ มีระดับค่าความเข้มข้นสูงทั้งภายในและภายนอกป่านิเวศ ซึ่งในวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2562 มีลมพัดมามาจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือหรือทางด้านเหนือมากกว่าทางใต้ (รูปที่ 3) แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าระดับความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ภายนอกป่านิเวศมีค่าสูง (สีแดง) ในทุกทิศทาง ซึ่งหมายถึงสภาวะบรรยากาศมีความเป็นเนื้อเดียวกันและมีฝุ่นสะสมเป็นบริเวณกว้าง ในขณะที่วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2562 ลมพัดพามาจากทางด้านใต้มากกว่าและมีความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ สูงเช่นเดียวกัน จากผังมลพิษทั้งสองนี้แสดงถึงความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ภายในป่านิเวศมีค่าที่ต่ำกว่าภายนอกนั้นเกิดขึ้นในทุกทิศทางการพัดพาของลม เป็นนัยยะว่าภายใต้สภาวะที่บรรยากาศมีมลพิษฝุ่น $PM_{2.5}$ สูงและมี

ความเป็นเนื้อเดียวกัน ป่านิเวศมีกลไกที่ทำให้อากาศภายในป่ามีความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ลดลงโดยไม่ขึ้นกับทิศทางของลม



รูปที่ 3 แสดงฝังมลพิษของ $PM_{2.5}$ ในวันที่ 13 และ 14 กุมภาพันธ์ 2562

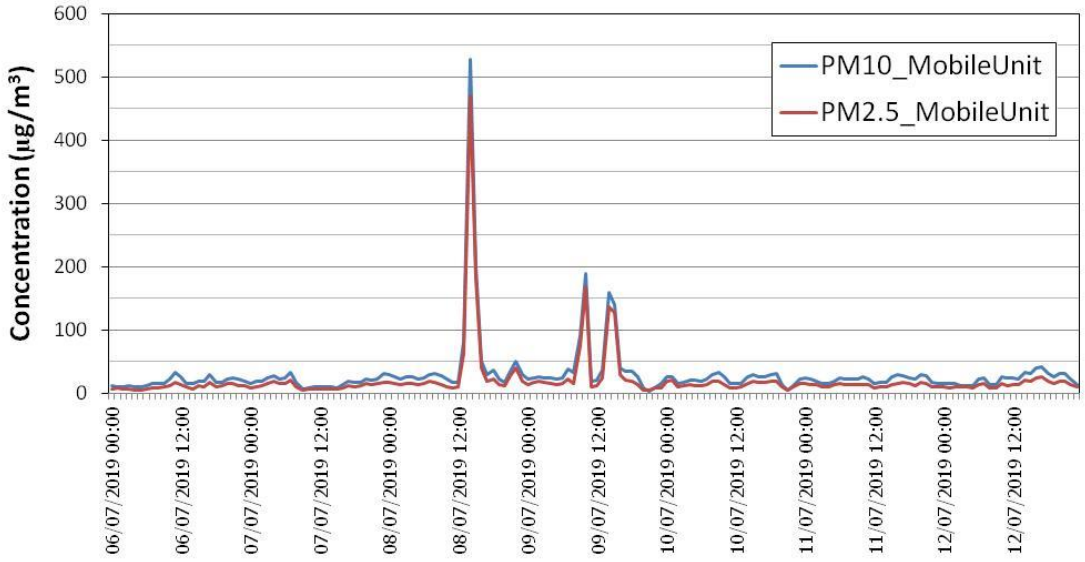
กรณีศึกษา: การเพิ่มขึ้นของ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ จากการเผาฟาง

เป็นที่ทราบกันว่าการเผาในที่โล่ง เช่น การเผาฟาง ก่อให้เกิดฝุ่นละอองสู่บรรยากาศ (Junpen *et al.*, 2018) การทดลองนี้จึงมุ่งที่จะหาปริมาณฝุ่น PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ที่เกิดขึ้นจากการเผาฟางข้าวโดยใช้เครื่อง TEOM ในการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่น โดยทำการทดลองในเดือนกรกฎาคมซึ่งเป็นช่วงที่มีความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ต่ำ เหมาะสมที่จะทำการทดลองสร้างแหล่งกำเนิดการเผาเองซึ่งจะทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนและไม่เกิดผลกระทบต่อพื้นที่ใกล้เคียง ในขั้นแรกทำการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นก่อนการเผาฟางในวันที่ 8 กรกฎาคม 2562 ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมงของ $PM_{2.5}$ อยู่ที่ 17 $\mu g/m^3$ และเมื่อทำการทดลองเผาฟางจำนวน 2 จุด จุดละ 1 ฟ่อน (16 กิโลกรัม) ในช่วงบ่ายวันที่ 8 กรกฎาคม 2562 ค่าความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ เพิ่มขึ้นโดยมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 469 $\mu g/m^3$ ซึ่งเพิ่มขึ้นประมาณ 28 เท่า และในการเผาฟางในวันที่ 9 กรกฎาคม 2562 ทำการทดลองเผาฟางจำนวน 2 ครั้ง ครั้งละ 1 ฟ่อน 1 จุด ในตำแหน่งเดียวกันทั้งช่วงเช้าและช่วงบ่าย

พบว่าค่าความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ เพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยมีค่าสูงสุด 169 µg/m^3 และ 137 µg/m^3 ในช่วงเช้าและช่วงบ่ายตามลำดับ ซึ่งเพิ่มขึ้น 10 และ 8 เท่า จากความเข้มข้นก่อนการเผา (รูปที่ 4)

สำหรับ PM_{10} ก่อนการเผาฟางในวันที่ 8 กรกฎาคม 2562 ระดับความเข้มข้นของ PM_{10} อยู่ที่ 30 µg/m^3 และเมื่อทำการเผาฟางจำนวน 2 จุด จุดละ 1 ฟ่อน ในช่วงบ่ายวันที่ 8 กรกฎาคม 2562 ค่าความเข้มข้นเพิ่มขึ้นโดยมีค่าสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 528 µg/m^3 ซึ่งเพิ่มขึ้นประมาณ 18 เท่า และในการเผาฟางในวันที่ 9 กรกฎาคม 2562 พบว่าค่าความเข้มข้นของ PM_{10} เพิ่มขึ้นโดยมีค่าสูงสุดในช่วงเช้าอยู่ที่ประมาณ 190 µg/m^3 ซึ่งเพิ่มขึ้นประมาณ 6 เท่า และในช่วงบ่ายมีค่าสูงสุด 160 µg/m^3 ซึ่งเพิ่มขึ้นประมาณ 5 เท่า

จากผลที่ได้เป็นที่น่าสังเกตว่าเมื่อมีการเผาฟางที่เป็นแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองทั้ง PM_{10} และ $PM_{2.5}$ นั้น ส่งผลทำให้ระดับความเข้มข้นของ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ เพิ่มขึ้นทั้งคู่ แต่สัดส่วนการเพิ่มขึ้นมีความแตกต่างกันโดย $PM_{2.5}$ มีสัดส่วนการเพิ่มขึ้นมากกว่า PM_{10} โดยพิจารณาอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดตั้งแต่ 2.5 ไมครอน ถึง 10 ไมครอน (PMcoarse) ในการเผาฟางทั้งสามครั้งมีค่าเท่ากับ 59 21 และ 23 µg/m^3 ตามลำดับ โดยที่ระดับของ PMcoarse ช่วงที่ไม่มีการเผาอยู่ที่ 13 µg/m^3 ดังนั้นสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของ PMcoarse อยู่ที่ประมาณ 4.5 1.6 และ 1.8 เท่า ตามลำดับ สำหรับ $PM_{2.5}$ อยู่ที่ 28 10 และ 8 เท่า ตามลำดับ เนื่องจาก PM_{10} = PMcoarse + $PM_{2.5}$ จึงสรุปได้ว่าในการเผาฟางนั้นทำให้ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนเพิ่มมากขึ้นกว่าฝุ่นขนาดที่ใหญ่กว่า 2.5 ไมครอนแต่ไม่เกิน 10 ไมครอน (PMcoarse)



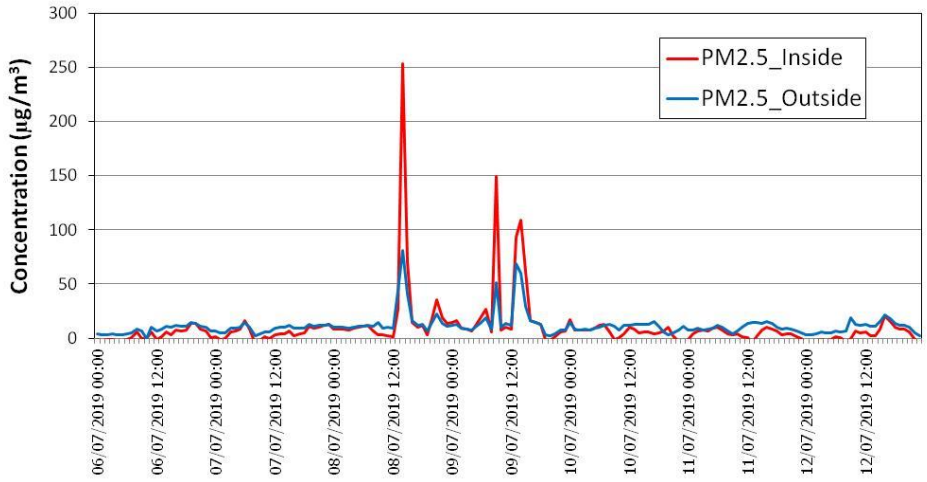
รูปที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ในการทดลองเผาฟางข้าวในวันที่ 8 และ 9 กรกฎาคม 2562

กรณีศึกษา: ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ในป่านิเวศและบริเวณท้ายลมนอกป่านิเวศจากการเผาฟางบริเวณต้นลมของป่านิเวศ

การทดลองถัดมาเป็นการสร้างแหล่งกำเนิด $PM_{2.5}$ โดยการเผาฟาง ณ บริเวณเหนือลมเพื่อให้กลุ่มควันผ่านเข้าสู่ป่านิเวศและทำการตรวจวัด $PM_{2.5}$ ภายในป่านิเวศและบริเวณท้ายลมนอกพื้นที่ป่านิเวศด้วยเครื่อง EDM เพื่อดูประสิทธิภาพของป่านิเวศในการป้องกันฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ แสดงดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 แสดงภาพป่านิเวศและการทดลองเผาฟางเพื่อเป็นแหล่งกำเนิด $PM_{2.5}$

ผลการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ภายในและภายนอกป่านิเวศที่มีการเผาฟางและกลุ่มควันพัดผ่านเข้าไปในป่านิเวศ พบว่าค่าความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ภายในป่านิเวศจากการเผาฟางทั้งสามครั้งมีค่าเท่ากับ 256 149 และ 110 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ โดยที่ระดับของ $PM_{2.5}$ ท้ายลมภายนอกป่านิเวศอยู่ที่ 81 52 และ 69 $\mu g/m^3$ ซึ่งค่าความแตกต่างระหว่างพื้นที่ภายในและภายนอกป่านิเวศมีค่าเท่ากับ 175 97 41 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 6 กล่าวได้ว่าป่านิเวศทำหน้าที่เป็นแนวกันชนกรองฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ควันจากการเผาฟางพัดผ่านป่านิเวศได้ 68% 65% และ 37% ตามลำดับ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะสภาวะแวดล้อมจริงการพัดพาของลมส่งผลให้ควันที่พัดผ่าน เช่น หากควันมีการยกตัวสูงควันบางส่วนจะข้ามแนวป่านิเวศส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกรองฝุ่น $PM_{2.5}$ เปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ระหว่างภายในและภายนอกป่านิเวศ ในช่วงการทดลองที่มีการเผาฟางในวันที่ 8 และ 9 กรกฎาคม 2562

สรุปผลการศึกษา

จากการทดลองตรวจวัดระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบรรยากาศและนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ในพื้นที่ภายในและภายนอกป่านิเวศ พบว่าในช่วงที่อากาศภายนอกป่านิเวศมีความเข้มข้น $PM_{2.5}$ สูง อากาศภายในป่านิเวศจะมีค่า $PM_{2.5}$ ต่ำกว่า คล้ายกับป่านิเวศมีกลไกที่พยายามลดความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ในอากาศให้มาอยู่ในระดับปกติ ซึ่งพบว่าสามารถลดค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ลงได้ประมาณ 45% โดยไม่ขึ้นกับทิศทางลมที่พัดพา ในขณะที่หากมีแหล่งกำเนิดฝุ่นจากการเผาฟางอยู่เหนือลมของป่านิเวศนั้นพบว่า การเผาฟางทำให้ฝุ่น $PM_{2.5}$ เพิ่มมากขึ้นกว่าฝุ่นขนาดที่ใหญ่กว่า (ขนาด 2.5 ถึง 10 ไมครอน; PMcoarse) 6.2 6.3 และ 4.4 เท่าตามลำดับ ฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่เกิดจากการเผาฟาง ณ พื้นที่เหนือลมจะถูกกรองโดยป่านิเวศทำให้ความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ลดลง 37-68% ซึ่งกล่าวได้ว่าป่านิเวศมีประโยชน์ในการป้องกันและลดฝุ่นละอองในบรรยากาศได้ การปลูกต้นไม้ที่มีความหนาแน่นลักษณะเดียวกันหรือใกล้เคียงกับป่านิเวศในชุมชนจึงเป็นตัวเลือกหนึ่งในการบรรเทาและลดปัญหาฝุ่นละอองในอากาศ

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2561). *การศึกษาการป้องกันการแพร่กระจายฝุ่น PM10 ด้วยการปลูกต้นไม้ ตำบลหน้าพระลาน อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี*. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี. (2562). *กำหนดให้การแก้ไขปัญหามลภาวะด้านฝุ่นละอองเป็นวาระแห่งชาติ*. หนังสือสำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี ที่ นร 0505/ว75 ลงวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2562.

Janhäll, S. (2015). Review on urban vegetation and particle air pollution – Deposition and dispersion. *Atmospheric Environment*, *105*, 130–137.

Miyawaki, A. (1999). Creative Ecology: Restoration of Native Forests by Native Trees. *Plant Biotechnology*, *16*(1), 15–25.

Narita, D., Oanh, N. T. K., Sato, K., Huo, M., Permadi, D. A., Chi, N. N. H., … Pawarmart, I. (2019). Pollution Characteristics and Policy Actions on Fine Particulate Matter in a Growing Asian Economy: The Case of Bangkok Metropolitan Region. *Atmosphere*, *10*(5), 227.

Nowak, D. J., Crane, D. E., & Stevens, J. C. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, *4*(3), 115–123.

Panich Intra, Artit Yawootti, & Sate Sampattagul. (2018). Field evaluation of an electrostatic PM2.5 mass monitor. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, *40*, 347–353.

Zhang, W., Wang, B., Niu, X., Zhang, W., Wang, B., & Niu, X. (2017). Relationship between Leaf Surface Characteristics and Particle Capturing Capacities of Different Tree Species in Beijing. *Forests*, *8*(3), 92.