

การดักจับฝุ่นละอองขนาดเล็กจากควันธูปด้วยพืชในอาคาร*

THE ABSORPTION OF FINE PARTICULATE MATTER BY INDOOR PLANTS

กันติทัต ทับสุวรรณ

Kantitut Tubsuwan

ศิริเดช สุธี

Siradech Surit

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kasetsart University, Thailand

E-mail: siradech.s@ku.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพการดักจับฝุ่นจากควันธูปของพืชในอาคารและคัดเลือกลักษณะพืชพรรณที่เหมาะสมกับการดักจับฝุ่น เนื่องจากควันธูปที่ปล่อยออกมานั้นมีองค์ประกอบของสารอินทรีย์และอนินทรีย์ซึ่งสารประกอบเหล่านี้จะอยู่รวมเป็นอนุภาคขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน และ 2.5 ไมครอน เรียกว่า PM10 และ PM2.5 โดยการวิจัยนี้มุ่งเน้นการจัดการปัญหาฝุ่นควัน PM2.5 จากการเผาไหม้ของธูปด้วยการดักจับอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กของพรรณพืชที่นิยมปลูกในอาคาร 16 ชนิด ซึ่งการทดลองจะทำการปล่อยควันธูปในกล่องทดลองเปล่าเปรียบเทียบกับกล่องทดลองที่มีพืชในอาคาร 1 ต้นเป็นเวลา 30 นาที โดยทำการวัดฝุ่น PM2.5 ที่บริเวณพัดลมระบายอากาศขาออก ซึ่งผลจากการทดสอบพืชทั้งหมด 16 ชนิด ชนิดละ 3 การทดลอง รวม 48 ตัวอย่าง พบว่า ต้นกวักมรกตมีความสามารถในการดักจับ PM2.5 ได้มากที่สุด คือ ร้อยละ 30.87 รองลงมาคือ ต้นลิ้นมังกรความสามารถในการดักจับ PM2.5 ที่ร้อยละ 23.70 ส่วนพืชที่ประสิทธิภาพต่ำสุดคือ ต้นหน้าวัวใบผักกาดที่สามารถดักจับฝุ่นได้เพียงร้อยละ 7.45 โดยสังเกตได้ว่า พืชที่มีลำต้นและใบที่เจริญเติบโตในแนวตั้งจะสามารถดักจับ PM2.5 ได้มากกว่า เนื่องจากมีพื้นผิวสัมผัสมากกว่า รวมทั้งลักษณะใบที่เป็นรูปหอกจะเพิ่มประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นได้ดี ในทางตรงข้าม พืชที่เจริญเติบโตในแนวราบและมีใบขนานกับแนวเคลื่อนที่ของฝุ่นควัน จะมีความสามารถในการดักจับฝุ่นต่ำกว่าปกติ เนื่องจากพื้นที่ผิวสัมผัสมีน้อยกว่าพืชที่เจริญเติบโตในแนวตั้ง

คำสำคัญ: พืชในอาคาร, พืชพรรณประกอบอาคาร, พืชลดฝุ่น, ควันธูป, PM2.5



Abstract

The objectives of this research article were to investigate the absorption of smoke produced from incense burning by 16 indoor plants and to select suitable plants for particulate matter absorption. An incense burning activity was considered as a source of indoor pollution since it produces large amount of organic and inorganic compounds, which those compounds are combined into an ultra - fine particle, which particles size are less than 10 - micron or 2.5 - micron called PM10 and PM2.5. Therefore, this study focused on the indoor PM2.5 from incense burning activities by using indoor potted plant as the air - purification strategy. Common 16 indoor plants were chosen for this experiment. The experimental procedure compared between the PM2.5 emission profile from “the empty reference chamber” and “the reference chamber with a potted plant inside” over 30 minutes of incense burning time. The PM2.5 concentration was measured in 1 - minute interval by a PM2.5 detector at the exhaust fan, which 48 samples of potted plant (3 samples per 1 species) were measured. The result showed that the Zanzibar Gem (*Zamioculcas (Lodd.) Engl*) and the Snake plant (*Sansevieria trifasciata Prain*) were the first two plant that had the highest PM2.5 absorption, which were 30.87% and 23.70% respectively. In contrast, the least PM2.5 absorption plant were the Crystal Anthurium (*Anthurium schlechtendahlil Kunth*) that can absorb only 7.45% of PM2.5. These absorption rate can be related with the plant architecture, which plants that grow by shooting branches and leaves vertically trend to absorb more particle since it can block the streamline of dust particle. As a result, plants have more effective surface area to contact with PM2.5 particle. On controversy, plants that grow horizontally trend to absorb less particle because leaves and branches arrange in parallel direction with smoke streamline. Consequently, PM2.5 particle were less contacted with the surface area of the leaf and have less absorption.

Keywords: Indoor Plant, Building Greenery, Dust Purifier Plant, Incense Stick, PM2.5

บทนำ

การบูชาพระพุทธรูปในพระพุทธศาสนาเป็นธรรมเนียมปฏิบัติมาอย่างยาวนานของชาวพุทธและชาวไทย ซึ่งมีความเชื่อว่า การจุดธูปเป็นสื่อกลางระหว่างผู้บูชา (ผู้จุดธูป) และสิ่ง



ศักดิ์สิทธิ์ที่เคารพนับถือ เช่น พระรัตนตรัย พระอริยะสงฆ์ เทวดา หรือผู้ที่ล่วงลับไปแล้ว โดยรูปมีนิยามคือ ผลิตภัณท์ที่จุดติดไฟแล้วมีกลิ่นหอมตามธรรมชาติจากวัตถุดิบที่ใช้ผลิตหรือจากสารปรุงแต่งกลิ่น ทำเป็นลักษณะต่าง ๆ เช่น ก้าน ขด แท่ง รูปกรวย โดยในประเทศไทยได้มีการใช้รูปในสถานที่ต่าง ๆ เช่น วัด ศาลเจ้า และห้องพระภายในอาคาร ซึ่งหากจุดธูปภายนอกอาคารควันธูปจะค่อย ๆ ลดความเข้มข้นลงเนื่องจากอากาศมีการถ่ายเทมาก ในทางตรงกันข้ามหากจุดธูปในพื้นที่ปิด เช่น ห้องพระ หรือโนโบสท์ ความเข้มข้นของควันธูปจะเพิ่มขึ้นตลอดหากไม่มีการระบายอากาศที่ดี ซึ่งควันธูปนี้เป็นต้นตอของการเกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า $2.5\ \mu\text{m}$ (PM_{2.5}) ในอาคารร่วมกับการทำอาหารและการสูบบุหรี่ (Brauer, M. et al., 2000) ก่อให้เกิดมลภาวะแก่ผู้ใช้อาคาร โดยองค์ประกอบของธูปประกอบไปด้วย ไม้สำหรับทำก้าน ขี้เลื่อย กาว น้ำมันหอมสกัดจากพืช ไม้หอม ใบไม้ เปลือกไม้ และสารเคมีที่ใช้ในอุตสาหกรรม น้ำหอม (นักรบ เจริญสุข และคณะ, 2558) ซึ่งตามมาตรฐานการผลิตธูปอนุญาตให้มีส่วนประกอบของโลหะหนัก คือ ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม สารหนู และปรอท ในปริมาณ 20, 10, 20, 2, 0.5 มิลลิกรัมต่อธูป 1 กิโลกรัมตามลำดับ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2550) โดยในธูปนั้นเมื่อเกิดการเผาไหม้จะเกิดควันธูปที่มีองค์ประกอบของสารเคมีที่เป็นพิษมากสู่อากาศ ประกอบด้วยสารอินทรีย์จำพวก กลิ่นจากสารประกอบของไฮโดรคาร์บอน และโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) เช่น สารประกอบของเบนซีน หรือไพรีน รวมถึงสารอินทรีย์จำพวก คาร์บอนมอนนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สารประกอบไนโตรเจนออกไซด์ คลอไรด์ และโพแทสเซียม (Ji, X. et al., 2010); (Cohen, R. et al., 2013) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งในสิ่งมีชีวิต และก่อให้เกิดอาการภูมิแพ้ (Kuo, S.-C. et al., 2015) ซึ่งสารประกอบข้างต้นจะอยู่ในรูปแบบควันธูปที่เป็นฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า $2.5\ \mu\text{m}$ หรือ PM_{2.5} โดยธูปสามารถปล่อย PM_{2.5} ได้ประมาณ 56 มิลลิกรัมต่อธูปน้ำหนัก 1 กรัม โดยอนุภาคที่ตรวจพบในควันธูปมีขนาดตั้งแต่ 0.06 จนถึง $2.5\ \mu\text{m}$ โดยช่วงอนุภาคที่มีค่ามากที่สุดของควันธูปคือ 0.26 - $0.65\ \mu\text{m}$ ซึ่งทำให้การจุดธูปในอาคารทำให้เกิดความหนาแน่นของ PM_{2.5} มากกว่าเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยในอากาศมาก (Jetter, J. J. et al., 2002) ดังนั้นมาตรการในการลดการใช้ธูป หรือการใช้เครื่องมือดักจับฝุ่น PM_{2.5} ในอาคารควรนำมาปฏิบัติเพื่อสุขภาพที่ดีของผู้ใช้อาคาร

ซึ่งการใช้พืชพรรณในการลดฝุ่นละอองก็เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยบรรเทาปัญหาคุณภาพอากาศได้ ซึ่งหลายการศึกษา พบว่า ต้นไม้สามารถดักจับฝุ่นละอองขนาดเล็กได้อย่างดี เช่น (Yang, J. et al., 2005) วิเคราะห์ว่า ต้นไม้จำนวน 2.4 ล้านต้นในเมืองปักกิ่งสามารถลดฝุ่นละอองขนาด PM₁₀ ได้ 772 ตันต่อปี โดยการดักจับฝุ่นของต้นไม้เกิดขึ้นได้จากความขรุขระของใบไม้ (Hwang, H.-J. et al., 2011); (Mo, L. et al., 2015) หรือการดักจับฝุ่นขนาดเล็กด้วยปากใบของพืช (Li, Y. et al., 2019) ซึ่งการใช้ต้นไม้ นอกจากจะช่วยลดฝุ่นที่เป็นอันตราย แต่ยังเพิ่มคุณภาพของอากาศผ่านการสังเคราะห์แสงโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ



สำหรับในสังคมไทยที่นับถือศาสนาพุทธเป็นศาสนาประจำชาติ การใช้รูปจึงมีความแพร่หลายทั้งในบริเวณวัด หรือการบูชาพระรัตนตรัยในห้องพระประจำบ้าน ซึ่งส่งผลให้ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 สูงขึ้นตามระยะเวลาการจุดธูปและปริมาณธูป การใช้เครื่องฟอกอากาศสามารถแก้ปัญหาเรื่องฝุ่นละอองเหล่านี้ได้ แต่ก็นำมาซึ่งค่าใช้จ่ายของเครื่องฟอกอากาศและค่าไฟระหว่างใช้งาน จึงเป็นการแก้ปัญหาที่ไม่มีความยั่งยืน ในทางตรงกันข้ามการปลูกพืชในอาคารเพื่อดักจับฝุ่นประเภทดังกล่าว เป็นการแก้ปัญหาที่มีต้นทุนต่ำ ทั้งยังส่งผลประโยชน์ทางอ้อมจากพืช เช่น ดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์และคายออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสง ลดสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย เพิ่มความชื้นในอาคาร และสร้างผลบวกในด้านจิตใจ (ศุภชาติ ธรรมนิติเวช, 2562) รวมถึงการช่วยสนับสนุนเกษตรกรผู้ปลูกไม้ดอกไม้ประดับในประเทศ ส่งผลบวกต่อการค้าในประเทศ

ดังนั้น การศึกษานี้มุ่งเน้นการทดสอบประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 จากคว้นรูปโดยการใช้พืชพรรณที่นิยมปลูกในอาคารจำนวน 16 โดยพืชในอาคารที่นำมาทำการทดสอบคัดเลือกมาจากพืชที่มีคุณสมบัติดังนี้ เป็นพืชที่มีขนาดเล็กสามารถปลูกในอาคารได้ ไม่มีอันตรายจากสารพิษและหนาม สามารถปรับตัวอยู่ในสภาวะในอาคารได้ยาวนาน มีความต้องการแสงต่ำสามารถเจริญเติบโตด้วยแสงในอาคารได้ และสามารถหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด (วิจิตร วังโน และคณะ, 2537); (วิรัตน์ ภูวิวัฒน์, 2545) โดยพืชที่เข้าข่ายทั้ง 16 ชนิดได้นำมาทำการทดลองเปรียบเทียบ เพื่อหาพืชพรรณที่เหมาะสมที่สุดในการดักจับฝุ่น PM2.5

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

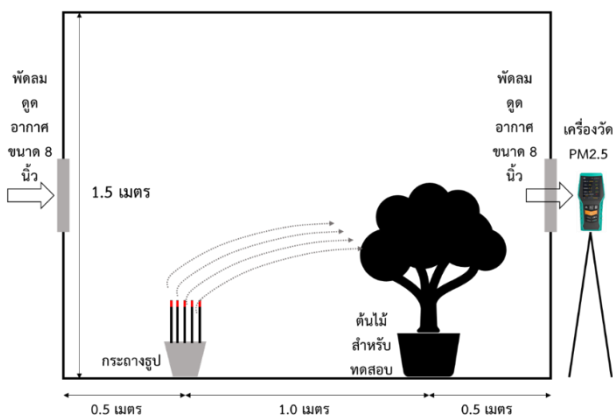
1. เพื่อศึกษาการดักจับฝุ่นละอองขนาดต่ำกว่า $2.5 \mu\text{m}$ (PM2.5) ที่เกิดจากการเผาไหม้ของธูปหอมโดยต้นไม้ในอาคาร 16 ชนิด
2. เพื่อคัดเลือกลักษณะพืชพรรณที่เหมาะสมกับการดักจับฝุ่นละอองขนาดต่ำกว่า $2.5 \mu\text{m}$ (PM2.5) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยหาประสิทธิภาพของการดูดซับฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า $2.5 \mu\text{m}$ (PM2.5) ในกล่องทดสอบของห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีทางอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยการทดสอบจะใช้วิธีการวัดปริมาณของฝุ่นละอองที่ถูกปล่อยจากการเผาไหม้ของธูปในกล่องทดสอบเปล่า ทุก ๆ 1 นาที เป็นระยะเวลา 30 นาที ด้วยเครื่องวัดฝุ่นละอองและสารอินทรีย์ระเหยง่าย Blatn BR - SMART - 126 ติดตั้งอยู่บริเวณพัดลมระบายอากาศขาออก จากนั้นนำพืชเข้าไปวางในกล่องทดสอบและวัดแนวโน้มของฝุ่น



PM2.5 ที่ออกจากพัดลมระบายอากาศที่ความเร็วเท่ากัน เพื่อทำการหาค่าของฝุ่น PM2.5 ที่ถูกดักจับโดยพืช ซึ่งการทดสอบมีการจัดวางอุปกรณ์ดังภาพที่ 1

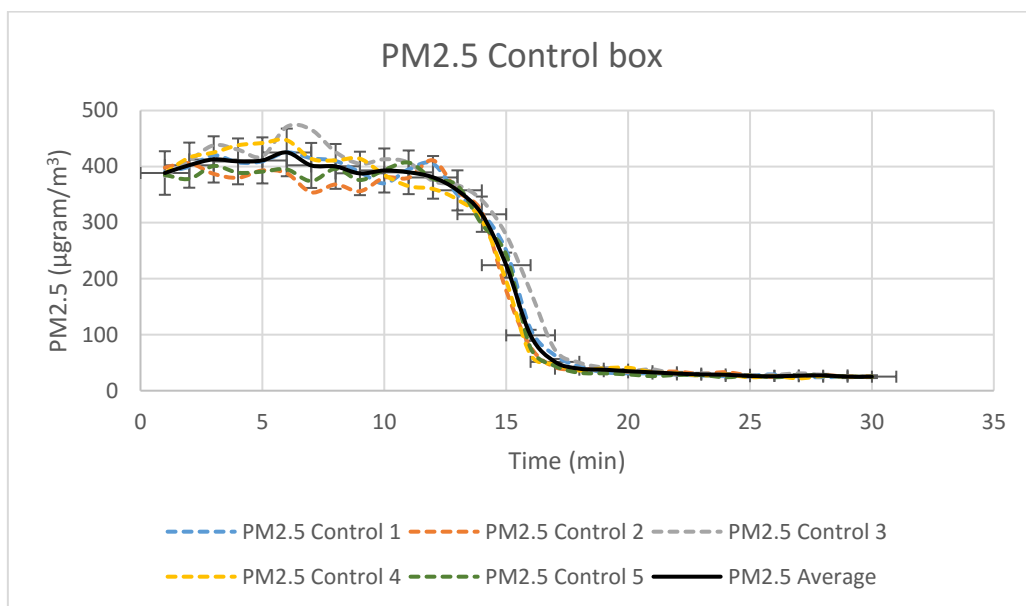


ภาพที่ 1 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดสอบ PM2.5 ในกล่องทดสอบ และต้นพืชระหว่างการทดสอบ

โดยขั้นตอนการทดสอบจะใช้รูปหอมกลี้นดอกแก้วจำนวน 3 ก้าน ขนาดความยาวรูป 20.5 เซนติเมตร มีเนื้อรูป 10 เซนติเมตร เป็นสารตั้งต้นของฝุ่นละออง ซึ่งรูปแต่ละก้านจะทำการชั่งน้ำหนัก 0.80 - 0.85 กรัมต่อก้าน และน้ำหนักรวมของรูป 3 ก้านต้องอยู่ระหว่าง 2.4 - 2.5 กรัม และก่อนทำการทดสอบ กล่องทดสอบขนาด 0.8 x 2.0 x 1.5 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) ปริมาตร 2.4 ลูกบาศก์เมตร จะถูกจัดเตรียมด้วยการ “รมควันรูป” จำนวน 10 ครั้ง โดยใช้รูปครึ่งละ 3 ก้าน เพื่อลดการดักจับฝุ่นละอองของกล่องทดสอบเอง (Chamber saturation process) จากนั้นจะทำการวัดความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 ที่ออกจากพัดลมระบายอากาศ ขนาด 8 นิ้ว (อัตราการระบายอากาศ 10 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที) ในความถี่ 1 นาทีอีกเป็น



จำนวน 10 ครั้ง แต่กราฟเฉลี่ยของฝุ่น PM2.5 ในกล่องเปล่าจะใช้ผลการทดสอบ 5 ครั้งหลัง เนื่องจากกล่องทดสอบมีความอึดตัว (ไม่มีการดักจับฝุ่นที่พื้นผิวกระจก) ทำให้แนวโน้มของกราฟมีค่าใกล้เคียงกันดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟแสดงความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 ในกล่องทดสอบเปล่า

โดยผลรวมปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 จากกราฟเฉลี่ย (PM2.5 Average เส้นสีดำเข้ม) ที่ปล่อยออกมาในช่วงเวลา 30 นาทีมีค่าเท่ากับ $6237.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ หรือ $14970.6 \mu\text{g}$ (เมื่อคิดปริมาตรกล่องทดสอบที่ 2.4 m^3) เมื่อได้กราฟตัวแทนความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5

ของกล่องทดสอบแล้ว จึงทำการจัดวางพีชในกล่องทดสอบตามตำแหน่งใน

ภาพที่ 1 ภาพที่ 1 ซึ่งพีช แต่ละชนิดจะทำความสะอาดบริเวณใบและรตน้ำ 24 ชั่วโมง ก่อนทำการทดสอบ โดยจะใช้พีชจำนวน 3 ต้นต่อชนิดพันธุ์ และขนาดของพีชแต่ละชนิด (เฉลี่ย ความกว้าง และความสูงทรงพุ่มจากพีช 3 ต้น) แสดงในตารางที่ 1 โดยทำการแบ่งกลุ่มพีชเป็น 5 ประเภทตามลำดับความสูงของทรงพุ่มที่พื้นขอบกระถาง คือ 1) ความสูงมากกว่า 45 เซนติเมตร 2) ความสูงระหว่าง 40 - 45 เซนติเมตร 3) ความสูงระหว่าง 25 - 35 เซนติเมตร 4) ความสูงระหว่าง 20 - 25 เซนติเมตร และ 5) ความสูงต่ำกว่า 20 เซนติเมตร



ตารางที่ 1 ขนาดของพืชในอาคารที่ใช้ในการทดลอง 16 ชนิด*

กลุ่ม	ชื่อพืช	ชื่อวิทยาศาสตร์	ความกว้าง (cm.)	ความสูง (cm.)
1	ไทรใบสัก	Ficus lyrata Warb	46.67	81.33
	ยางอินเดีย	Ficus elastica Roxb. ex Hornem	29.33	46.33
	จิ้งจิ้น	Rhapis excelsa (Thunb.) Henry ex rehder	36.67	45.33
2	ฟีโลเดนดรอนซานา	Philodendron xanadu Croat, Maya	50.67	44.33
	ดู	& J.Boos		
	มอนสเตอร์	Monstera deliciosa Liebm	23.67	42.67
	กวักมรกต	Zamioculcas zamiifolia (Lodd.) Engl	22.67	42.33
3	ข้าหลวงหลังลาย	Asplenium nidus L.	49.00	32.33
	คล้านางพิมพ์	Calathea majestic cv. Roseo - lineata	30.33	27.67
	หน้าวัวใบผักกาด	Anthurium schlechtendahl Kunth	48.50	26.50
	อโกลนีมา สยามออ	Aglaonema sp. 'Siam - Aurora'	28.00	26.33
	โรรา			
	ลิ้นมังกร	Sansevieria trifasciata Prain	21.33	26.00
	ฟีโลเดนดรอนรวย	Philodendron sp. Ruaysap	47.33	23.33
4	ทรัพย์			
	เสนห์จันทร์แดง	Homalomena rubescens (Roxb.) Kunth	29.00	23.33
	เดหลีใบกล้วย	Spathiphyllum cannifolium (Dryand. Ex Sims) Schott	32.67	20.33
5	พลูปักนก	Monstera sp.	25.00	18.67
	เฟินบอสตัน	Nephrolepis exaltata (L.) Schott cv. Bostoniensis	22.33	12.67

* พิจารณาจากพืชที่มีคุณสมบัติดังนี้ ปลูกในอาคารได้ ไม่มีอันตรายจากสารพิษและหนาม สามารถปรับตัวอยู่ในสภาวะในอาคารได้ยาวนาน มีความต้องการแสงต่ำสามารถเจริญเติบโตด้วยแสงในอาคารได้ และสามารถหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด (วิจิตร วังโน และคณะ, 2537); (วิรัตน์ ภูวิวัฒน์, 2545)

ข้อมูลของความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 ในกล่องทดสอบที่มีต้นไม้ในอาคารดักจับฝุ่นอยู่ จะถูกนำมาทดสอบจำนวน 3 ครั้งต่อต้นเพื่อเฉลี่ยและเปรียบเทียบกับข้อมูลของกล่องทดสอบสำหรับพิจารณาช่วงเวลาที่มีพืชสามารถดักจับฝุ่น และปริมาณของฝุ่นที่ถูกดักจับเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงจากกล่องทดสอบเปล่า



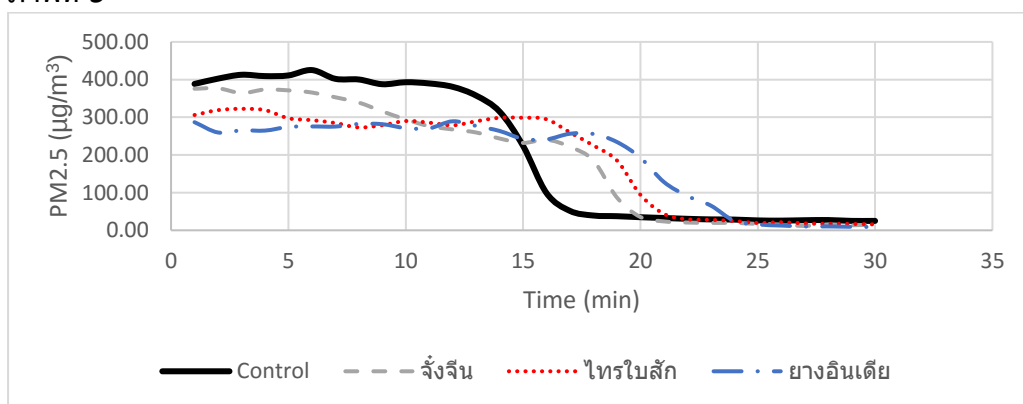
ผลการวิจัย

ผลของปริมาณควันรูปที่ถูกปล่อยออกจากกล่องทดสอบที่มีพืชดักจับฝุ่นเมื่อเทียบกับกล่องทดสอบเปล่า สามารถแสดงผลในรูปแบบกราฟเปรียบเทียบในแต่ละกลุ่มพืชตามตารางที่ 1 ได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 พืชในร่มที่มีความสูงมากกว่า 45 cm

พืชในกลุ่มนี้จะเป็นพืชที่มีลำต้นชัดเจน และสามารถเติบโตได้ดีในแนวตั้ง ประกอบด้วย จั๋งจีน ไทรใบสัก และยางอินเดีย โดยมีการตอบสนองต่อควันรูป (ฝุ่น PM2.5) ดังภาพที่ 36

ภาพที่ 3



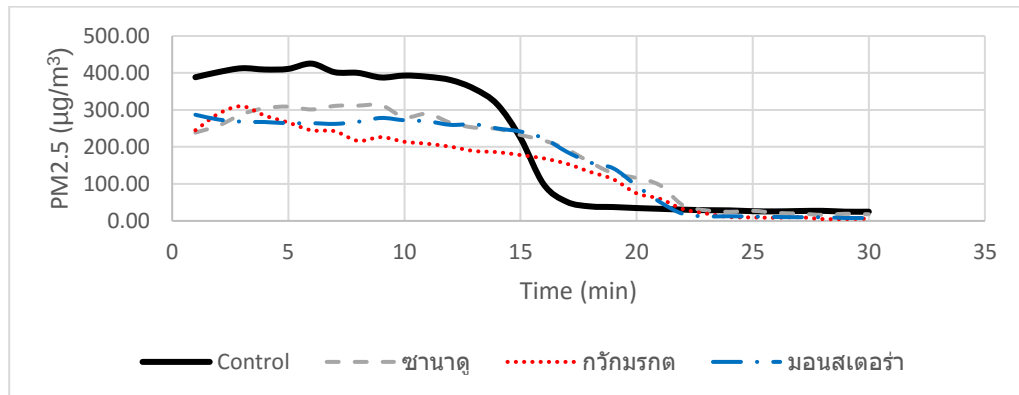
ภาพที่ 3 กราฟการตอบสนองต่อฝุ่น PM2.5 จากควันรูปของ จั๋งจีน ไทรใบสัก และยางอินเดีย

โดยพืชทั้ง 3 ชนิดสามารถดักจับฝุ่น PM2.5 ได้ดีในระยะแรกเมื่อเทียบกับ PM2.5 ในกล่องอ้างอิง โดย จั๋งจีน ไทรใบสัก และยางอินเดีย สามารถดักจับฝุ่นอยู่ที่ 486.75, 511.08, และ 599.42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ

กลุ่มที่ 2 พืชในร่มที่มีความสูงระหว่าง 35 - 45 cm

พืชกลุ่มนี้จะเป็นไม้ในร่มที่มีลักษณะเป็นพุ่มสูง โดยมีลักษณะเป็นกิ่งก้านเจริญเติบโตจากลำต้นใต้ดิน ประกอบด้วย ฟิโลเดนดรอนชานาตู กวักมรกต และมอนสเตอร่า โดยมีการตอบสนองต่อควันรูป (ฝุ่น PM2.5) ดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4



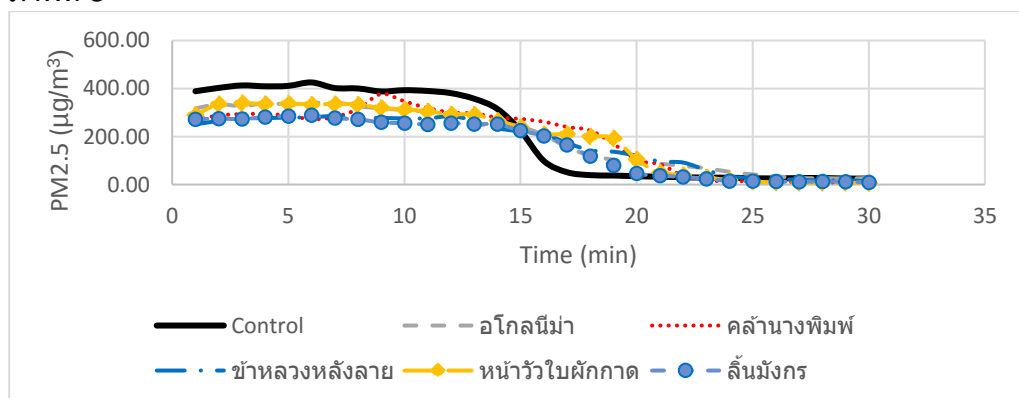
ภาพที่ 4 กราฟการตอบสนองต่อฝุ่น PM2.5 จากควันธูปของ ขานาดู กวักมรกต และมอนสเตอร์

โดยพืชทั้ง 3 ชนิดสามารถดักจับฝุ่น PM2.5 ได้ดีในระยะแรกเมื่อเทียบกับ PM2.5 ในกล่องอ้างอิง โดยเฉพาะกวักมรกต ซึ่งสามารถดักจับ PM2.5 ในช่วง 15 นาทีแรกได้สูงกว่าพืชชนิดอื่น ซึ่งขานาดู กวักมรกต และมอนสเตอร์ สามารถดักจับฝุ่นอยู่ที่ 904.75, 1925.75, และ 1291.08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ

กลุ่มที่ 3 พืชในร่มที่มีความสูงระหว่าง 25 - 35 cm

พืชกลุ่มนี้จะเป็นไม้ในร่มที่มีลักษณะเป็นพุ่มขนาดปานกลาง โดยมีลักษณะเป็นกิ่งก้านเจริญเติบโตจากลำต้นใต้ดิน หรือเป็นใบออกมาจากลำต้นใต้ดิน ประกอบด้วย อโกลนีมา “สยามออโรรา” คล้านางพิมพ์ ข้าหลวงหลังลาย หน้าวัวใบผักกาด และลิ้นมังกร โดยมีการตอบสนองต่อควันธูป (ฝุ่น PM2.5) ดังภาพที่ 5

ภาพที่ 5



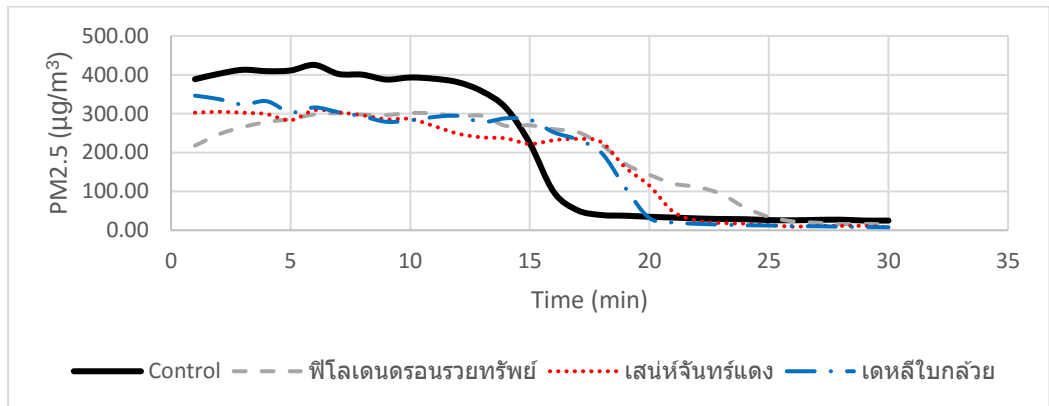
ภาพที่ 5 กราฟการตอบสนองต่อฝุ่น PM2.5 จากควันธูปของ อโกลนีมา “สยามออโรรา” คล้านางพิมพ์ ข้าหลวงหลังลาย หน้าวัวใบผักกาด และลิ้นมังกร



พืชทั้ง 5 ชนิดสามารถดักจับฝุ่น PM2.5 ได้ดีในระยะแรกเช่นเดียวกับกลุ่ม 1 และ 2 โอลีนีมา คล้านางพิมพ์ ข้าหลวงหลังลาย หน้าวัวใบผักกาด และลิ้นมังกร สามารถดักจับฝุ่นอยู่ที่ 470.75, 534.08, 1030.08, 464.75, และ 1478.42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ

กลุ่มที่ 4 พืชในร่มที่มีความสูงระหว่าง 20 - 25 cm

พืชกลุ่มนี้จะเป็นไม้ในร่มที่มีลักษณะเป็นพุ่มต่ำ โดยมีลักษณะเป็นกิ่งก้านเจริญเติบโตจากลำต้นใต้ดิน หรือเป็นใบออกมาจากลำต้นใต้ดิน ประกอบด้วย ฟิโลเดนดรอนรวยทรัพย์ เสน่ห์จันทร์แดง และเดหลีใบกล้วย โดยมีการตอบสนองต่อควันรูป (ฝุ่น PM2.5) ดังภาพที่ 6

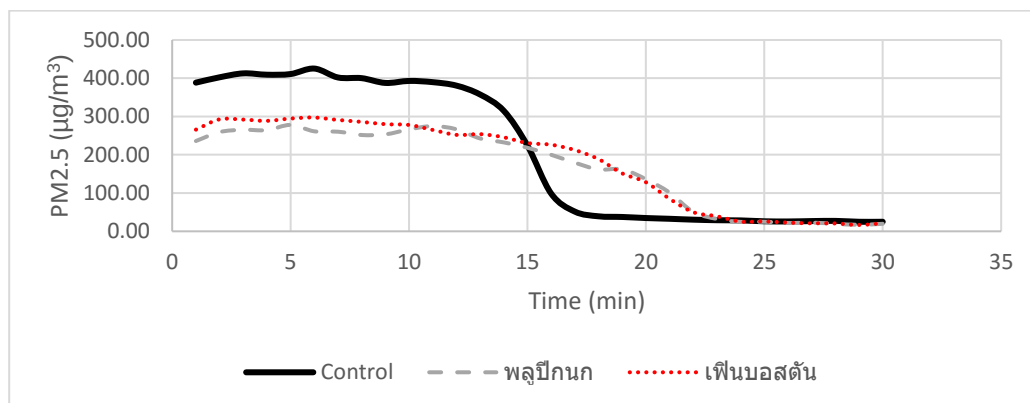


ภาพที่ 6 กราฟการตอบสนองต่อฝุ่น PM2.5 จากควันรูป
ของ ฟิโลเดนดรอนรวยทรัพย์ เสน่ห์จันทร์แดง และเดหลีใบกล้วย

ฟิโลเดนดรอนรวยทรัพย์ เสน่ห์จันทร์แดง และเดหลีใบกล้วย สามารถดักจับฝุ่นอยู่ที่ 468.25, 910.08, และ 736.08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับเมื่อเทียบกับ PM2.5 ในกล่องอ้างอิง

กลุ่มที่ 5 พืชในร่มที่มีความสูงต่ำกว่า 20 cm

พืชกลุ่มนี้จะเป็นไม้ในร่มที่มีลักษณะคลุมดิน โดยมีลำต้นเลื้อยไปตามดินหรือมีใบเหนือดินขึ้นมาเล็กน้อย ประกอบด้วย พลูปีกนก และเฟินบอสตัน โดยมีการตอบสนองต่อควันรูป (ฝุ่น PM2.5) ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 กราฟการตอบสนองต่อฝุ่น PM2.5 จากควันธูปของ พลุปีกนก และเฟินบอสตัน

พลุปีกนก และเฟินบอสตัน สามารถดักจับฝุ่นอยู่ที่ 1232.75 และ 889.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับเมื่อเทียบกับ PM2.5 ในกล่องอ้างอิง

โดยสามารถสรุปปริมาณ PM2.5 ที่ถูกดูดซับโดยพืชแต่ละชนิดตามลำดับได้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปปริมาณ PM2.5 ที่ถูกดูดซับโดยพืชแต่ละชนิด

พืชในอาคาร	Control chamber $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Total PM2.5 Released $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Absorbed PM2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Percentage absorbed %
กวักมรกต	6237.75	4312.00	1925.75	30.87
ลิ้นมังกร	6237.75	4759.33	1478.42	23.70
มอนสเตอร์	6237.75	4946.67	1291.08	20.70
พลุปีกนก	6237.75	5005.00	1232.75	19.76
ข้าหลวงหลังลาย	6237.75	5207.67	1030.08	16.51
เสน่ห์จันทร์แดง	6237.75	5327.67	910.08	14.59
ชานาตุ	6237.75	5333.00	904.75	14.50
เฟินบอสตัน	6237.75	5348.00	889.75	14.26
เดหลีใบกล้วย	6237.75	5501.67	736.08	11.80
ยางอินเดีย	6237.75	5638.33	599.42	9.61
คล้านางพิมพ์	6237.75	5702.67	535.08	8.58
ไทรใบสัก	6237.75	5726.67	511.08	8.19
จั๋งจีน	6237.75	5751.00	486.75	7.80
อโกลนีมา	6237.75	5767.00	470.75	7.55
ฟีโลเดนดรอนรวย	6237.75	5769.50	468.25	7.51
ทรัพย์	6237.75	5773.00	464.75	7.45



อภิปรายผล

โดยภาพรวมของการดักจับฝุ่น PM2.5 จากควันธูปของพืชในร่มพบว่า พืชทั้งหมดสามารถลดฝุ่นได้ในช่วงร้อยละ 7.45 - 30.87 ซึ่งพืชทั้งหมดมีแนวโน้มในการดักจับฝุ่น หรือชะลอการปลดปล่อยของฝุ่นได้ดีในช่วง 17 - 20 นาทีแรกของการทดสอบ จากนั้นปริมาณฝุ่นจะเริ่มลดลงเนื่องจากธูปได้ถูกเผาไหม้หมด โดยระหว่างที่ควันธูปหมดไป พืชยังสามารถดักจับฝุ่นจากอากาศโดยรอบได้ ดังเห็นได้จากค่าความเข้มข้นของ PM2.5 หลังนาที่ที่ 25 ที่มีค่าต่ำกว่าก่อนทดสอบตลอดเวลา (ยกเว้นเฟินบอสตันที่มีค่าเท่ากับก่อนทดสอบ)

และจากผลการทดสอบการดูดซับ PM2.5 จากควันธูปพบว่า กวักมรกต และลิ้นมังกรมีความสามารถในการดักจับ PM2.5 อย่างโดดเด่นเมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่นที่ทดสอบในสภาวะเดียวกัน โดยคาดการณ์ว่า ลักษณะสัณฐานของกวักมรกตเป็นพืชที่มีหัวอยู่ใต้ดินและมีกิ่งก้านชูขึ้นมาพื้นดินในแนวตั้ง โดยมีใบแตกออกจากกิ่งทั้ง 2 ด้าน ส่วนลิ้นมังกรจะมีลำต้นอยู่ด้านล่างเช่นกัน แต่มีใบที่โผล่ขึ้นมาเหนือดินซ้อน ๆ กัน ซึ่งลักษณะของก้านใบที่ตั้งขึ้นซ้อน ๆ กันนั้นทำให้เกิดความซับซ้อนเชิงโครงสร้างจึงสามารถต้านรับกับการไหลของฝุ่นควันได้ดี (Beckett, E. et al., 2001) ทำให้พืชดักจับ PM2.5 ได้เป็นจำนวนมาก นอกจากนั้นรูปทรงของใบมีลักษณะคล้ายหอก (lanceolate) เป็นรูปทรงใบที่มีความสามารถในการดักจับฝุ่นได้มากที่สุด (Leonard, R. J. et al., 2016) และลักษณะของพืชทั้ง 2 ชนิดมีความหนาทำให้เกิดพื้นที่ในการดักจับฝุ่นมาก ส่วนลักษณะของผิวใบของกวักมรกตและลิ้นมังกร แม้ว่าจะไม่มีความขรุขระตามทฤษฎีของการดักจับฝุ่น แต่ความมันเงาคล้ายการเคลือบด้วย Wax ทำให้เกิดการดักจับฝุ่นขนาดเล็กแบบไฟฟ้าสถิตทั้งในบริเวณใบและกิ่ง จึงทำให้พืชชนิดนี้มีการดักจับฝุ่นได้ดีกว่าพืชชนิดอื่น

ส่วนพืชชนิดอื่นที่ดักจับฝุ่นระหว่างร้อยละ 11.80 - 20.70 เช่น เดหลีใบกล้วย มอนสเตอร่า พลูบิกนก ข้าหลวงหลังลาย เสน่ห์จันทร์แดง ซานาดู และเฟินบอสตัน พืชเหล่านี้มีใบเป็นส่วนประกอบหลัก แต่ใบจะมีแนวโน้มในการเจริญเติบโตในแนวราบ ทำให้ไม่สามารถดักจับฝุ่น PM2.5 ได้ดีเท่ากวักมรกตและลิ้นมังกร ซึ่งการดักจับฝุ่นของพืชกลุ่มนี้เกิดจากการดักจับบริเวณผิวใบที่มีความขรุขระ รวมถึงการดักจับที่ปากใบเช่นกัน

สำหรับพืชกลุ่มที่ดักจับ PM2.5 ได้น้อย คือ ยางอินเดีย คล้านางพิมพ์ ไทรใบสัก จั๋งจีน อโกลนีมา พิไลเดนดรอนรวยทรัพย์ และหน้าวัวใบผักกาด ที่สามารถดักจับฝุ่นได้ต่ำกว่าร้อยละ 10 ซึ่งคาดว่าต้นไม้มที่เป็นลักษณะไม้ยืนต้น เช่น ยางอินเดีย และไทรใบสัก มีความหนาแน่นของใบน้อยและใบมีลักษณะบานออกขนานกับพื้นทำให้มีพื้นผิวสัมผัสกับควันธูปต่ำ ทำให้มีการดักจับ PM2.5 น้อย ส่วนจั๋งจีน แม้ว่าพืชจะมีความซับซ้อนของใบ แต่ด้วยลักษณะของใบที่มีความเรียวยาว (linear leaf) ซึ่งเป็นใบที่มีประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นน้อยที่สุด (Leonard, R. J. et al., 2016) ทำให้การดักจับฝุ่นโดยรวมของจั๋งจีนมีค่าต่ำ ส่วนพืชชนิดอื่น เช่น คล้านางพิมพ์ อโกลนีมา พิไลเดนดรอนรวยทรัพย์ และหน้าวัวใบผักกาด เป็นพืชที่มีความสูงต่ำและมีใบขนาน



พื้น ทำให้ระนาบการดักจับและพื้นที่ผิวในการดักจับฝุ่นต่ำ ส่งผลให้ร้อยละของการดักจับฝุ่นควัน PM2.5 มีค่าน้อยกว่าพืชอื่น ๆ

ดังนั้น พืชในอาคารที่เหมาะสมสำหรับการดักจับฝุ่น PM2.5 มากที่สุดจากการทดลองควรมีคุณสมบัติดังนี้ 1) การเจริญเติบโตของพืชควรเป็นในแนวตั้ง ทำให้ต้านทานการไหลของอากาศที่มีฝุ่นละอองได้ดี (Beckett, E. et al., 2001) เช่นเดียวกับผนังไม้เลื้อยที่มีประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่น PM2.5 (พาสินี สุนากร และคณะ, 2559) 2) รูปทรงขอใบที่มีลักษณะคล้ายหอกจะมีประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับใบลักษณะอื่น (Leonard, R. J. et al., 2016) โดยจากการทดสอบพืชทั้ง 16 ชนิด พืชที่เหมาะสมกับการปลูกในอาคาร และสามารถดักจับฝุ่น PM2.5 ได้อย่างมีประสิทธิภาพคือ ต้นกวักมรกต (*Zamioculcas zamiifolia* (Lodd.) Engl) และต้นลิ้นมังกร (*Sansevieria trifasciata* Prain) ตามลำดับ ซึ่งพืช 2 ชนิดนี้เป็นพืชที่ดูแลรักษาง่าย และสามารถปลูกในบริเวณอาคารที่มีแสงน้อยได้ อย่างไรก็ตามพืชในร่มควรได้รับแสงแดดธรรมชาติเป็นระยะเพื่อความสะดวกสมบูรณ์ของพืช

สรุป/ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า พืชทุกชนิดสามารถดักจับฝุ่นควันขนาดต่ำกว่า 2.5 μg ได้แต่ประสิทธิภาพในการดักจับจะแตกต่างกันไปตามลักษณะสัณฐานของพืช ซึ่งพืชที่มีลำต้นเตี้ยและมีใบที่ขนานกับการเคลื่อนตัวของควันรูปจะมีความสามารถในการดักจับ PM2.5 ได้น้อย เช่น พิไลเดนดรอนรวยทรัพย์ และหน้าวัวใบผักกาด เป็นต้น ส่วนพืชที่มีการเจริญเติบโตในแนวตั้ง หรือขวางการเคลื่อนตัวของควันรูป และมีใบที่สลับซับซ้อนจะสามารถดักจับ PM2.5 ได้ดี เช่น ต้นกวักมรกต และต้นลิ้นมังกร เป็นต้น ดังนั้นสามารถเลือกใช้พืชประเภทดังกล่าวในการดักจับฝุ่น PM2.5 จากควันรูปตั้งแต่ในอาคาร เช่น ห้องพระ หรือโบสถ์ ทำให้ลดการเกิดมลภาวะออกสู่ภายนอกอาคารได้ แต่ในทางตรงข้าม พืชประเภทดังกล่าวยังสามารถลดฝุ่น PM2.5 จากแหล่งกำเนิดประเภทอื่น เช่น ถนน เป็นต้น โดยสามารถปลูกเป็นแนวได้ร่ม หรือได้แนวรถไฟฟ้ามที่มีสภาวะแสงที่เหมาะสมในการปลูกพืชในอาคาร อย่างไรก็ตามพืชทุกชนิดควรมีการทำควมสะอาดใบพืชเป็นระยะ ๆ เพื่อให้พืชสามารถดักจับฝุ่นในระลอกใหม่ได้โดยการทดลองนี้พิจารณาการดักจับฝุ่นของพืชในภาพรวมเปรียบเทียบกับกล่องทดสอบ ซึ่งไม่ได้พิจารณาถึงบริเวณที่พืชดักจับฝุ่นมากที่สุด เช่น ในปากใบ หรือในร่องผิวใบ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือจำพวกกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) หรือการชั่งน้ำหนักพืชก่อนและหลังการล้างด้วยสารละลาย เพื่อหาปริมาณฝุ่นแท้จริงในส่วนต่าง ๆ ของพืชได้อย่างละเอียดยิ่งขึ้น รวมถึงการทดลองนี้ไม่ได้ศึกษาในพืชที่จริง เช่น ห้องพระ หรือบริเวณวัด โดยอาจพิจารณาการศึกษาดังกล่าวเพิ่มเติมในงานวิจัยครั้งต่อไป



กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการศูนย์การทดลองพืชพรรณประกอบอาคาร (Green task force) ซึ่งได้รับการสนับสนุนจาก บริษัท อนันดา ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด (มหาชน) ขอขอบคุณผู้บริหาร และทีมงานวิจัยในการสนับสนุนงบประมาณ และการอำนวยความสะดวกในด้านอุปกรณ์วิจัย

เอกสารอ้างอิง

- นักรบ เจริญสุข และคณะ. (2558). การพัฒนาส่วนผสมของรูปเพื่อลดสารก่อมะเร็งในควันรูป. VRU Research and Development Journal Science and Technology, 10(3), 75-84.
- พาสินี สุนากร และคณะ. (2559). การศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการจับฝุ่นละอองของพรรณไม้เลื้อย. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 15(2), 175-186.
- วิจิตร วังไฉ และคณะ. (2537). การจำแนกพืชสวน. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน.
- วิรัตน์ ภูวิวัฒน์. (2545). การประดับต้นไม้ภายในอาคาร. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ศุภชาติ ธรรมนิติเวทย์. (2562). การประดับต้นไม้ภายในอาคาร. วารสารเกษตรนเรศวร, 16(2), 70-86.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2550). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. รูป. มอก.2345-2550 หน้า 1-6 (24 สิงหาคม 2550).
- Beckett, E. et al. (2001). Bioanalytical utility of sonovoltammetry. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 26(5-6), 995-1001.
- Brauer, M. et al. (2000). Assessment of indoor fine aerosol contributions from environmental tobacco smoke and cooking with a portable nephelometer. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 10(2), 136-144.
- Cohen, R. et al. (2013). Hazard assessment of United Arab Emirates (UAE) incense smoke. Science of The Total Environment, 2013(458-460), 176-186.
- Hwang, H.-J. et al. (2011). Experimental investigation of submicron and ultrafine soot particle removal by tree leaves. Atmospheric Environment, 45(38), 6987-6994.



- Jetter, J. J. et al. (2002). Characterization of emissions from burning incense. *Science of The Total Environment*, 295(1), 51-67.
- Ji, X. et al. (2010). Characterization of particles emitted by incense burning in an experimental house. *Indoor Air*, 20(2), 147-158.
- Kuo, S.-C. et al. (2015). Emission identification and health risk potential of allergy-causing fragrant substances in PM_{2.5} from incense burning. *Building and Environment*, 2015(87), 23-33.
- Leonard, R. J. et al. (2016). Particulate matter deposition on roadside plants and the importance of leaf trait combinations. *Urban Forestry and Urban Greening*, 2016(20), 249-253.
- Li, Y. et al. (2019). The response of plant photosynthesis and stomatal conductance to fine particulate matter (PM_{2.5}) based on leaf factors analyzing. *Journal of Plant Biology*, 62(2), 120-128.
- Mo, L. et al. (2015). Assessing the Capacity of Plant Species to Accumulate Particulate Matter in Beijing, China. *PLOS ONE*, PLOS ONE, 10 (10), 1-18.
- Yang, J. et al. (2005). The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction. *Urban forestry & urban greening*, 3(2), 65-78.