

## การเลือกพืชไม้ประดับเพื่อใช้ในผนังพืชแนวตั้งสำหรับลดฝุ่นละอองที่มีอนุภาคขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนภายในอาคาร SELECTION OF ORNAMENTAL PLANTS FOR PM2.5 REDUCTION INSIDE THE BUILDINGS BY USING A VERTICAL GREEN WALL SYSTEM

อิทธิ ผลิตศรี<sup>1\*</sup> วรณวิทย์ เต็มทอง<sup>2</sup>

<sup>1</sup> นักศึกษาปริญญาเอก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ

<sup>2</sup> รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ

\*Corresponding author; Email address: s6201081911015@email.kmutnb.ac.th

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหามลพิษทางอากาศ จากฝุ่นละอองที่มีอนุภาคขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชากร อย่างไรก็ตามฝุ่น PM2.5 ไม่ได้มีอยู่ในที่โล่งแจ้งเท่านั้น ยังพบว่ามีปริมาณฝุ่น PM2.5 ที่เกินค่ามาตรฐานในทางเดินภายในอาคาร ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้อาคาร งานวิจัยนี้ทำการเลือกพืชไม้ประดับ 10 ชนิด เพื่อนำมาใช้ในการลดฝุ่น PM2.5 บริเวณทางเดินภายในอาคารซึ่งเป็นพื้นที่ที่ไม่มีมีการปรับอากาศ โดยทำการทดลองในกล่องให้อยู่ในลักษณะผนังแนวตั้งและติดตั้งพัดลมหมุนเวียนอากาศบริเวณด้านล่างของผนังพืช การทดลองแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศ และไม่เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศ เพื่อวิเคราะห์หาวิธีการติดตั้งและชนิดของพืชที่ช่วยลดฝุ่น PM2.5 ผลการศึกษาพบว่า พืชไม้ประดับ 3 ลำดับแรกที่มีความสามารถในการลดฝุ่น PM2.5 ได้ดี คือ ต้นพรมญี่ปุ่น ต้นไทรใบสัก และต้นบอสตันเฟิร์น อีกทั้งยังค้นพบว่าการเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศภายในกล่องทดลองผ่านผิวใบของพืช สามารถควบคุมปริมาณฝุ่น PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้เร็วกว่าการทดลองในรูปแบบไม่เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ จึงแนะนำให้ใช้ต้นพรมญี่ปุ่น ต้นไทรใบสัก และต้นบอสตันเฟิร์นติดตั้งในรูปแบบผนังแนวตั้งระบบแอคทีฟ (AGW) โดยใช้พัดลมสำหรับดูดฝุ่น PM2.5 ผ่านผิวใบของพืชเพื่อลดมลพิษทางอากาศภายในอาคาร

**คำสำคัญ:** ผนังพืชแนวตั้ง, ฝุ่นละอองที่มีอนุภาคขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน, พืชไม้ประดับ, ภายในอาคาร, มลพิษทางอากาศ

### Abstract

Thailand has experienced air pollution problems from a particulate matter of 2.5 microns (PM2.5) or smaller. It directly affects health of population in the country. However, PM2.5 dust is not only in the open area, but also inside the building. Indoor corridors were also found to have excesses of PM2.5 more than standard. It affects the health of building occupants. This research aims to select appropriate ornamental plants for using indoor to prevent the PM2.5 problem. Ten types of ornamental plants were studied in an experimental box. They are placed on a vertical wall panel with an air circulation fan at the bottom. The experiment was divided into 2 groups which are with a circulation fan on and off. The study results showed that the top three ornamental plants having the ability to reduce PM2.5 dust well are *Episcia cupreata* (Hook.), *Ficus Lyrata*, and *Nephrolepis exaltata* *Bostoniensis*. This study was also found that when the circulation fan is turned on through the plant's leaf surface. It can control PM2.5 dust below the standard faster than the circulation fan is turned off. Therefore, this study recommends the use *Episcia cupreata* (Hook.), *Ficus Lyrata*, and *Nephrolepis exaltata* *Bostoniensis* installing in a active green wall system (AGW) with the use of circulation fan to reduce PM2.5 inside the building.

**Keywords:** Air pollution, Indoor, Ornamental plants, PM2.5, Vertical green wall

### 1. คำนำ

อาคารเป็นสิ่งปลูกสร้างที่มนุษย์ใช้ในการอยู่อาศัยหรือดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวัน มนุษย์ใช้เวลาประมาณร้อยละ 90 ของเวลาทั้งหมดในแต่ละวัน อาศัยอยู่ในอาคาร [1] คุณภาพอากาศภายในอาคารจึงเป็นสิ่งสำคัญ องค์การอนามัยโลก (WHO) พบว่ามีผู้เสียชีวิตก่อนวัยอันควรประมาณ 7 ล้านคนต่อปี การเสียชีวิตที่

เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากโรคหลอดเลือดสมอง, โรคหัวใจ, โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง, โรคมะเร็งปอด มากกว่า 80% พบว่าเกิดขึ้นกับผู้อาศัยในเขตเมืองที่ตรวจพบค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองทางอากาศเกินกว่ามาตรฐาน [2] จากรายงานสถานการณ์ คุณภาพอากาศโลก พ.ศ. 2563 การจัดอันดับมลพิษ PM2.5 ของเมืองและภูมิภาคทั่วโลก พบว่าประเทศไทยอยู่ในลำดับที่ 34 โดยมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ PM 2.5 อยู่ที่ 21.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [3]

ฝุ่นละอองที่มีอนุภาคขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) จึงเป็นหนึ่งในตัวชี้วัดที่สำคัญของคุณภาพอากาศภายในอาคาร เนื่องจากส่งผลกระทบต่อสุขภาพผู้ใช้อาคาร ตามมาตรฐานสมาคมวิศวกรการทำความร้อน ความเย็นและการปรับอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา (ASHRAE) ระบุเกณฑ์ค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 ภายในอาคาร ไม่ควรเกิน 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  เฉลี่ยภายใน 24 ชั่วโมง และ 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  เฉลี่ยภายใน 1 ปี [4]

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า พืชไม้ประดับสามารถดักจับฝุ่น PM2.5 ได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อถูกติดตั้งในรูปแบบผนังพืชแนวตั้ง อย่างไรก็ตามพืชไม้ประดับแต่ละชนิดมีคุณสมบัติและลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน ทำให้มีประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่น PM2.5 ไม่เท่ากัน อีกทั้งรูปแบบในการติดตั้งผนังพืชแนวตั้ง เพื่อลดค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 นั้นเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องคำนึงถึง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงดำเนินการศึกษาประสิทธิภาพในการลดฝุ่น PM2.5 ของพืชไม้ประดับทั้ง 10 ชนิด โดยจำลองพืชให้อยู่ในรูปแบบผนังพืชแนวตั้งในกล่องทดลอง

## 2. การทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับการใช้พืชไม้ประดับในการลดฝุ่น PM2.5 สรุปผลการศึกษาดังต่อไปนี้

Cao et al. [5] ได้ศึกษาความสามารถในการลดความเข้มข้นของฝุ่น PM 2.5 ในอาคาร จำลองโดยการเผาไหม้บุหรี่ในห้องแบบปิดผนึก ใช้ระยะเวลาการทดลองทั้งหมด 180 นาที โดยใช้พืช 6 ชนิด ได้แก่ ได้แก่ เศรษฐีเรือนใน, เดหลี, พลูด่าง, ไทรย้อยใบแหลม, ลิ้นมังกร และว่านหางจระเข้ พบว่า พลูด่าง เป็นพืชที่มีความสามารถลดความเข้มข้นของฝุ่น PM 2.5 ได้ดีที่สุด ซึ่งสามารถลดฝุ่น PM2.5 ได้ร้อยละ 30 ภายใน 180 นาที เนื่องจากพื้นผิวของใบมีความขรุขระกว่าพืชชนิดอื่น

Paull et al. [6] ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการหนาทานต่อควันทึเซลของผนังพืชแนวตั้ง โดยคัดเลือกพืชที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 8 ชนิด ได้แก่ เศรษฐีเรือนใน เศรษฐีกำหนอง ไทรใบสัก ต้นปลาทอง บอสตันเฟิร์น เฟิร์นใบมะขาม หนวดปลาหมึกแคะ และหนวดปลาหมึก ทดลองในกล่องทดลอง พร้อมติดตั้งพัดลมระบายอากาศที่มีอัตราการไหล 15 L/s และดำเนินการปล่อยควันเข้าในกล่องทดลองเป็นระยะเวลา 10 นาที พบว่า ต้นไทรใบสักมีความสามารถในการหนาทานต่อควันทึเซลได้ดีที่สุด โดยสังเกตได้จากอนุภาคฝุ่นละอองจะถูกสะสมบนผิวใบ

Pettit et al. [7] ได้ศึกษาเกี่ยวกับผนังพืชแนวตั้งสามารถกรองฝุ่นละอองขนาดเล็กได้หรือไม่ โดยใช้พืชทั้งหมด 7 ชนิด ได้แก่ ว่าน เศรษฐี, ไทรใบสัก, ต้นปลาทอง, เฟิร์นใบมะขาม, บอสตันเฟิร์น, หนวดปลาหมึก และ ต้นหนวดปลาหมึกแคะ ทดลองในกล่องทดลอง และจัดพืชให้อยู่ในรูปแบบแนวตั้ง ผู้วิจัยได้ทดลองหาประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่นละอองแบบผ่านในครั้งเดียว (SPRE)

พบว่า บอสตันเฟิร์น สามารถลดฝุ่นละออง PM0.3-0.5 ได้ 45.78% และสามารถลดฝุ่นละออง PM5-10 ได้ 92.46%

พาสินี และ คณะ [8] ได้ศึกษาการเปรียบเทียบความสามารถในการจับฝุ่นละอองของ พรรณไม้เลื้อย โดยเลือกพืชพรรณไม้เลื้อยมาทดลอง 3 สายพันธุ์โดยแต่ละสายพันธุ์มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน ได้แก่ สร้อยอินทนิล จันทร์กระจ่างฟ้า และตำลึง ดำเนินการทดลองในกล่องทดลองและใช้พัดลมดูดอากาศจำลองสภาพกระแสลม ผลการทดลอง พบว่า ต้นสร้อยอินทนิล สามารถดักจับฝุ่นละอองได้ร้อยละ 63 ในขณะที่มีการปกคลุมของใบร้อยละ 44 เนื่องจากลักษณะ ผิวใบที่สากมีขนปกคลุมทำให้เกิดแรงเสียดทานมาก จึงทำให้การดักจับฝุ่นละอองได้ดี

Pettit et al. [9] ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถของผนังพืชแนวตั้งแบบ Passive (PGW) และผนังพืชแนวตั้งแบบ Active (AGW) เพื่อกำจัดอนุภาคฝุ่น (PM) จากบ้านพักอาศัยในเมือง ในซิดนีย์ โดยภายในห้องไม่มีระบบปรับอากาศ แต่มีพัดลมติดตั้งอยู่บนเพดาน ประตูและหน้าต่างถูกปิดตลอดการทดลอง ผนังพืชแนวตั้งมีพื้นที่ 1.5  $\text{m}^2$  ประกอบไปด้วย พืชจำนวน 7 ชนิด จำนวน 96 ต้น ได้แก่ ปาล์มไผ่ (6% ของพืชทั้งหมด), พลูด่าง (34%), ต้นไทรใบสัก (4%), ไอร์ริดาเนีย (5%), เปปเปอร์โรเมีย (10%), เดหลี (21%) และเงินไหลมา (19%) จากการทดลองพบว่า ภายใน 20 นาทีผนังพืชแนวตั้งแบบ AGW มีความสามารถในการกำจัดอนุภาคฝุ่น (PM) ได้ดีกว่า ผนังพืชแนวตั้งแบบ PGW

Torpy and Zavattaro [10] ได้ศึกษาเกี่ยวกับพืชผนังพืชแนวตั้งสำหรับลดมลพิษภายในอาคาร โดยใช้พืช 2 สายพันธุ์ในการทดลอง คือ เศรษฐีเรือนใน และ พลูด่าง ซึ่งผู้วิจัยทดลองในกล่องทดลองขนาด 0.25  $\text{m}^2$  และจัดให้อยู่ในรูปแบบแนวตั้ง พบว่า พืชทั้ง 2 ชนิดสามารถลดฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็ก PM10, PM2.5 ได้อย่างมีนัยสำคัญ และฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็ก PM10, PM2.5 สามารถลดลงในระดับต่ำกว่า 50% ภายใน 15 นาที เมื่อมีการไหลเวียนของอากาศในกล่องทดลอง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า พืชไม้ประดับมีความสามารถลดค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีตัวแปรสำคัญคือ พื้นที่ใบ, ลักษณะทางกายภาพของผิวใบ และอัตราการไหลเวียนของอากาศ จากข้อมูลข้างต้นนี้จึงนำมาสู่การคัดเลือกพืชและออกแบบการทดลองในขั้นตอนต่อไป

## 3. วิธีการดำเนินการวิจัย

### 3.1. พืชไม้ประดับที่ไม่ในการทดลอง

พืชไม้ประดับที่นำมาใช้ในการทดลองมาจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในข้างต้น โดยการวิจัยในครั้งนี้ได้คัดเลือกพืชไม้ประดับมาดำเนินการทดลอง ทั้งหมด 10 ชนิด ได้แก่ เศรษฐีเรือนใน (*Chlorophytum comosum* T.), พลูด่าง (*Epipremnum*

aureum), บอสตันเฟิร์น (Nephrolepis exaltata Bostoniensis), ข้าหลวงหลังลาย (Asplenium nidus L.), ไทรใบสัก (Ficus Lyrata), เดหลี (Spathiphyllum spp.), พรหมญี่ปุ่น (Episcia cupreata Hook.), คล้าแวมยูรา (Maranta Leuconeura) เงินไหลมา (Syngonium podophyllum) และลิ้นมังกร (Sansevieria trifasciata) พืชชนิดละ 6 ต้น ถูกติดตั้งให้อยู่ในรูปแบบผนังแนวตั้งในกล่องทดลองขนาด 0.40 x 0.60 x 0.80 m โดยพื้นที่ใบของพืชที่ใช้ในการทดลองคิดเป็นร้อยละ 56 ของพื้นที่กล่องทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงการติดตั้งพืชไม้ประดับในกล่องทดลอง

### 3.2. สถานที่ที่ใช้ในการทดลอง

อาคารเรียน 18 ชั้น 9 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี

### 3.3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

กล่องทดลองอะคริลิกใสขนาด 0.40 x 0.60 x 0.80 m เสริมความแข็งแรงของกล่องทดลองด้วยฉากอลูมิเนียม พร้อมเจาะรูด้านบนฝากล่องทดลอง สำหรับปล่อยฝุ่น PM2.5 จากควันรูป ติดตั้งแผ่นอะคริลิกใส ขนาด 0.40 x 0.60 m พร้อมเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.025 m จำนวน 6 จุด ติดตั้งพัดลมหมุนเวียนอากาศ ขนาด 120 x 120 x 38 mm DC 12v ความเร็วลม 2.50 m/s บริเวณด้านล่าง เชื่อมต่อท่ออ่อน (flexible conduit) เพื่อดูดอากาศเข้าแล้วให้ระบายออกผ่านรูเจาะทั้ง 6 จุด โดยมีความเร็วลมผ่านรูเจาะ เท่ากับ 0.40 m/s ต่อจุด ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 กล่องทดลองอะคริลิกใส

เครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศ ในรูปแบบ IoT (Internet of Things) Xiaomi Mijia Air Detector 3.1Retina เชื่อมต่อ Wifi ส่งข้อมูลผ่านแอปพลิเคชัน Qingping+ แบบเรียลไทม์ ประมวลผลการวัดด้วยระบบ Quad-Core A7 บันทึกข้อมูลทุก 15 นาที ช่วงการ

ทดสอบวัดค่าฝุ่น PM2.5 0 – 999  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  แสดงดังรูปที่ 3



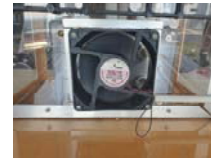
รูปที่ 3 เครื่องมือในการตรวจวัดค่าฝุ่น PM2.5

อุปกรณ์แฮร์อินเทอร์เน็ทโดยไม่ต้องเดินสาย ให้อุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพอากาศ Xiaomi Mijia Air Detector 3.1Retina แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 อุปกรณ์แฮร์อินเทอร์เน็ทสำหรับรับส่งข้อมูลคุณภาพอากาศ

พัดลมระบายอากาศ ขนาด 120 x 120 x 38 mm DC 12v ความเร็วลมที่วัดได้ เท่ากับ 2.5 m/s ติดตั้งบริเวณด้านล่างของผนังพืชแนวตั้ง แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 พัดลมระบายอากาศ

เครื่องวัดความเร็วลม ช่วงในการทดสอบระหว่าง 0 – 30 m/s มีความเที่ยงตรงที่  $\pm 5\%$  ของค่าที่อ่านได้ แสดงดังรูปที่ 6



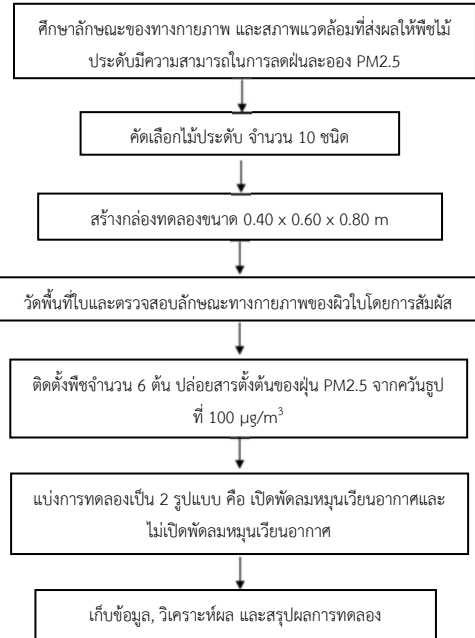
รูปที่ 6 เครื่องวัดความเร็วลม

เครื่องวัดพื้นที่ใบแบบภาคสนาม เป็นเครื่องมือวัดแบบไม่ทำลาย ใช้หลักการ Laser Scanner และประมวลผลการวัดด้วยระบบไมโครโปรเซสเซอร์ ในการตรวจวัด มีความเที่ยงตรงที่  $\pm 1\%$  ของค่าที่อ่านได้ แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 เครื่องวัดพื้นที่ใบแบบภาคสนาม

ดำเนินการทดลองพืชไม้ประดับ 10 ชนิดในกล่องทดลองระบบปิด ใช้ระยะเวลาการทดลอง 8 ชั่วโมง ต่อ 1 การทดลอง ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย และทำความสะอาดกล่องทดลองทุกครั้ง เมื่อเริ่มการทดลองใหม่ โดยมีขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 แผนภูมิวิธีการดำเนินการวิจัย

พืชทุกต้นถูกหุ้มอลูมิเนียมฟอยล์บริเวณรากก่อนนำไปติดตั้งในกล่องทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 9 การทดลองแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศ และ ไม่เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศ การทดลองรูปแบบเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศดำเนินการดังต่อไปนี้ ติดตั้งพืชทั้ง 6 ต้นภายในกล่องทดลอง วัดค่าความเร็วลมที่ผ่านรูเจาะทั้ง 6 จุด เท่ากับ 0.4 m/s ต่อจุด แสดงดังรูปที่ 10 ปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศ และจำลองการปล่อยควันรูป จากด้านบนกล่องทดลองเสมือนว่ามีฝุ่น PM2.5 จากภายนอกอาคารแทรกซึมเข้ามาภายในอาคาร แสดงดังรูปที่ 11 รอค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 คงตัว ที่ 100 µg/m<sup>3</sup> จากนั้นดำเนินการเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศ บันทึกผลการทดลองทุก 15 นาทีเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ส่วนการทดลองรูปแบบไม่เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศดำเนินการดังต่อไปนี้ ติดตั้งพืชทั้ง 6 ต้นภายในกล่องทดลอง ปล่อยควันรูป จากด้านบนกล่องทดลอง รอค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 คงตัว ที่ 100 µg/m<sup>3</sup> จากนั้นบันทึกผลการทดลองทุก 15 นาทีเป็นเวลา 8 ชั่วโมง พืชแต่ละชนิดถูกทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ในรูปแบบเดิม เพื่อหาค่าเฉลี่ยเช่นเดียวกันทั้ง 2 รูปแบบการทดลอง



รูปที่ 9 หุ้มอลูมิเนียมฟอยล์บริเวณรากของพืช



รูปที่ 10 วัดความเร็วลมที่ผ่านรูเจาะ



รูปที่ 11 ปล่อยควันรูปที่เป็นสารตั้งต้นของฝุ่น PM2.5

การวิเคราะห์ผลการทดลอง ดำเนินการคำนวณจากค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 ที่ลดลงจาก 100 µg/m<sup>3</sup> ณ จุดเริ่มต้นการทดลองนาที่ที่ 0 ลบกับค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 ณ สิ้นสุดการทดลองนาที่ที่ 480 รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 8 ชั่วโมง

#### 4. ผลการศึกษา

การวิเคราะห์ผลการวิจัยในครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ วิเคราะห์พื้นที่ใบรวมและลักษณะทางกายภาพผิวใบของพืชไม้ประดับ, การวิเคราะห์ระยะเวลาในการลดฝุ่น PM2.5 ให้ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน โดยไม่พิจารณาถึงพื้นที่ใบ และการวิเคราะห์ความสามารถในการลดฝุ่น PM2.5 โดยพิจารณาพื้นที่ใบ โดยสามารถแจกแจงผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

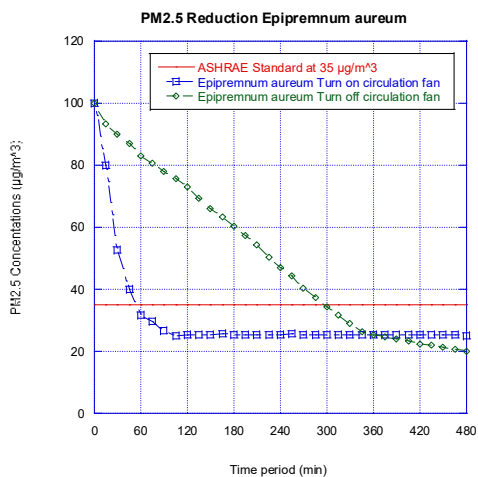
4.1 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ใบและตรวจลักษณะทางกายภาพของผิวใบโดยการสัมผัส พบว่า พืชแต่ละชนิดมีพื้นที่ใบรวมแตกต่างกันไม่เกิน ± 10% และมีลักษณะทางกายภาพของผิวใบตรวจสอบ โดยการสัมผัสแตกต่างกัน เพื่อหาความสามารถในการลดฝุ่น PM2.5 จึงต้องดำเนินการวิเคราะห์เป็นพื้นที่ใบต่อ cm<sup>2</sup> และพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพของผิวใบประกอบ

ตารางที่ 1 พื้นที่ใบรวมและลักษณะทางกายภาพของผิวใบ

ชื่อสามัญ (ภาษาไทย)	ชื่อทางวิทยาศาสตร์	พื้นที่ใบรวม (cm <sup>2</sup> )	ลักษณะทางกายภาพของผิวใบ
พลูด่าง	<i>Epipremnum aureum</i>	1,814	ผิวใบมัน
ไทรใบสัก	<i>Ficus Lyrata</i>	1,840	ผิวใบด้าน
พรมญี่ปุ่น	<i>Episcia cupreata Hook.</i>	1,829	ผิวใบมีขน
เงินไหลมา	<i>Syngonium podophyllum</i>	1,791	ผิวใบมัน
เดหลี	<i>Spathiphyllum spp.</i>	1,796	ผิวใบมัน
ข้าหลวงหลังลาย	<i>Asplenium nidus L.</i>	1,742	ผิวใบมัน
บอสตันเฟิร์น	<i>Nephrolepis exaltata Bostoniensis</i>	1,759	ผิวใบด้าน
คล้าแววมยุรา	<i>Maranta Leuconeura</i>	1,665	ผิวใบด้าน
เครชชู่เรอโน	<i>Chlorophytum comosum T.</i>	1,827	ผิวใบมัน
ลิ้นมังกร	<i>Sansevieria trifasciata</i>	1,771	ผิวใบมัน

4.2 ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาในการลดฝุ่น PM2.5 ให้ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ของพืชไม้ประดับทั้ง 10 ชนิด โดยไม่นำพื้นที่ใบรวมมาพิจารณา พบว่า การออกแบบด้วยวิธีการเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศดูดฝุ่นละอองผ่านผิวใบของพืช มีประสิทธิภาพในการลดฝุ่น PM2.5 ได้ดีกว่า ไม่เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศแสดงผลการวิเคราะห์ที่ตรงรายละเอียดต่อไป

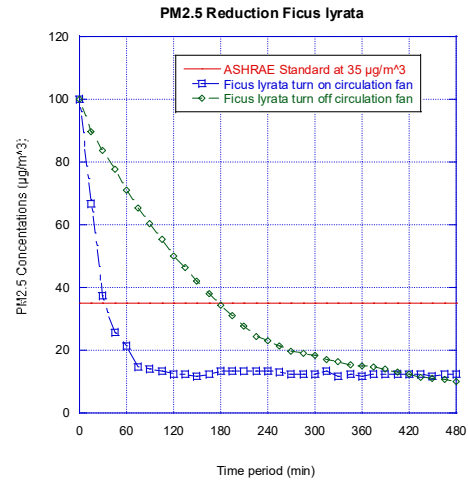
จากการทดลองต้นพลูด่าง พบว่า มีความสามารถควบคุมค่าความเข้มข้นของ PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ภายใน 1 ชั่วโมง เมื่อมีการเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศ ในขณะที่การทดลองแบบไม่เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศนั้น สามารถควบคุมค่าความเข้มข้นของ PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ภายใน 5 ชั่วโมง โดยเส้นสีแดง หมายถึง เกณฑ์มาตรฐานของ ASHRAE 62.1 แสดงดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 การลดลงของฝุ่น PM2.5 ด้วยต้นพลูด่าง

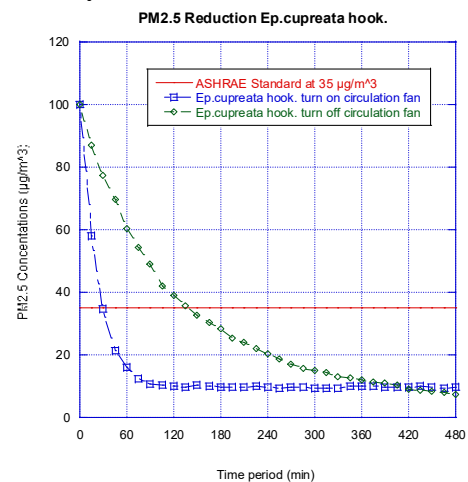
จากการทดลองต้นไทรใบสัก พบว่า มีความสามารถควบคุมค่าความเข้มข้นของ PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ภายใน 45 นาที เมื่อมีการเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศ ในขณะที่การทดลองแบบไม่เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศนั้น สามารถควบคุมค่าความ

เข้มข้นของ PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ภายใน 3 ชั่วโมง แสดงดังรูปที่ 13



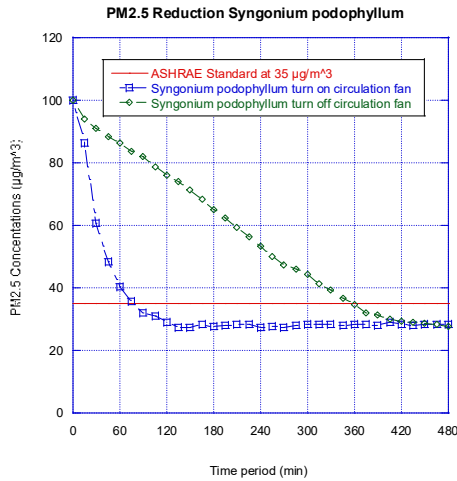
รูปที่ 13 การลดลงของฝุ่น PM2.5 ด้วยต้นไทรใบสัก

จากการทดลองต้นพรมญี่ปุ่น พบว่า มีความสามารถควบคุมค่าความเข้มข้นของ PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ภายใน 30 นาที เมื่อมีการเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศ ในขณะที่การทดลองที่แบบไม่เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศนั้น สามารถควบคุมค่าความเข้มข้นของ PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ภายใน 2 ชั่วโมง 30 นาที แสดงดังรูปที่ 14



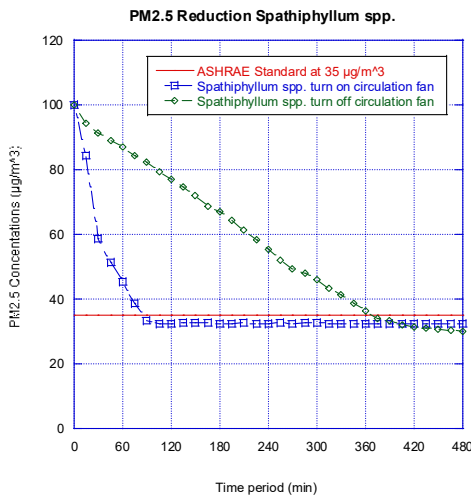
รูปที่ 14 การลดลงของฝุ่น PM2.5 ด้วยต้นพรมญี่ปุ่น

จากการทดลองต้นเงินไหลมา พบว่า มีความสามารถควบคุมค่าความเข้มข้นของ PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ภายใน 90 นาที เมื่อมีการเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศ ในขณะที่การทดลองแบบไม่เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศนั้น สามารถควบคุมค่าความเข้มข้นของ PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ภายใน 6 ชั่วโมง แสดงดังรูปที่ 15



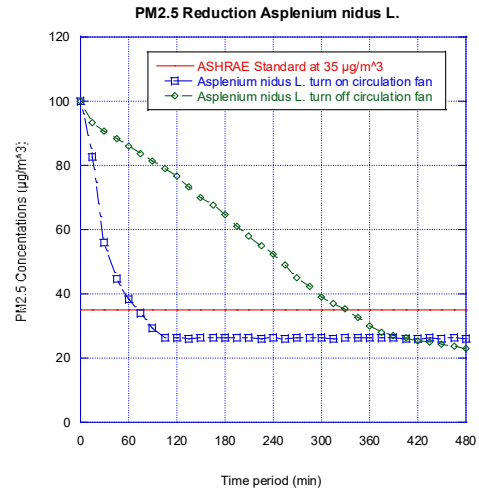
รูปที่ 15 การลดลงของฝุ่น PM2.5 ด้วยต้นเงินไหลมา

จากการทดลองต้นเดหลี พบว่า มีความสามารถควบคุมค่าความเข้มข้นของ PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ภายใน 90 นาที เมื่อมีการเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศ ในขณะที่การทดลองแบบไม่เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศนั้น สามารถควบคุมค่าความเข้มข้นของ PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ภายใน 6 ชั่วโมง 15 นาที แสดงดังรูปที่ 16



รูปที่ 16 การลดลงของฝุ่น PM2.5 ด้วยต้นเดหลี

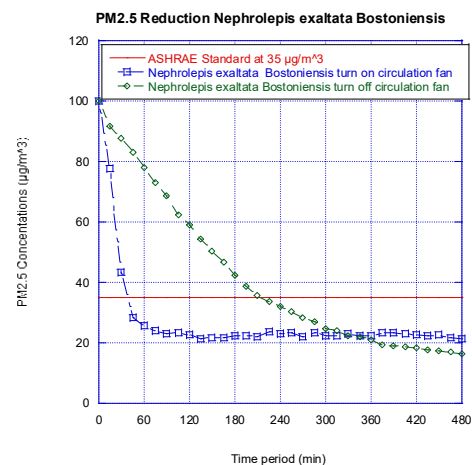
จากการทดลองต้นข้าหลวงหลังลาย พบว่า มีความสามารถควบคุมค่าความเข้มข้นของ PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ภายใน 75 นาที เมื่อมีการเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศ ในขณะที่การทดลองแบบไม่เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศนั้น สามารถควบคุมค่าความเข้มข้นของ PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ภายใน 6 ชั่วโมง 15 นาที แสดงดังรูปที่ 17



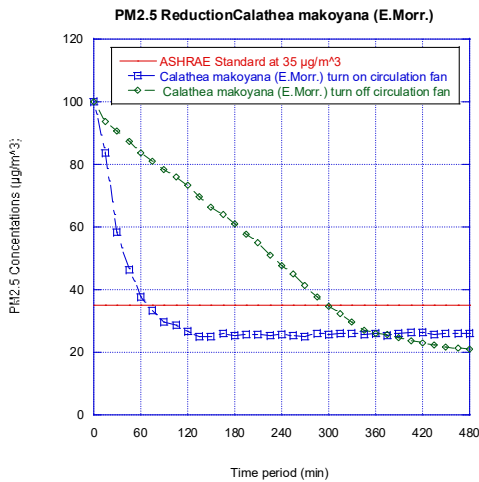
รูปที่ 17 การลดลงของฝุ่น PM2.5 ด้วยต้นข้าหลวงหลังลาย

จากการทดลองต้นบอสตันเฟิร์น พบว่า มีความสามารถควบคุมค่าความเข้มข้นของ PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ภายใน 45 นาที เมื่อมีการเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศ ในขณะที่การทดลองแบบไม่เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศนั้น สามารถควบคุมค่าความเข้มข้นของ PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ภายใน 3 ชั่วโมง 45 นาที แสดงดังรูปที่ 18

จากการทดลองต้นคล้าแววมยุรา พบว่า มีความสามารถควบคุมค่าความเข้มข้นของ PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ภายใน 1 ชั่วโมง 15 นาที ในขณะที่การทดลองที่ไม่เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศนั้น สามารถควบคุมค่าความเข้มข้นของ PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ภายใน 5 ชั่วโมง แสดงดังรูปที่ 19

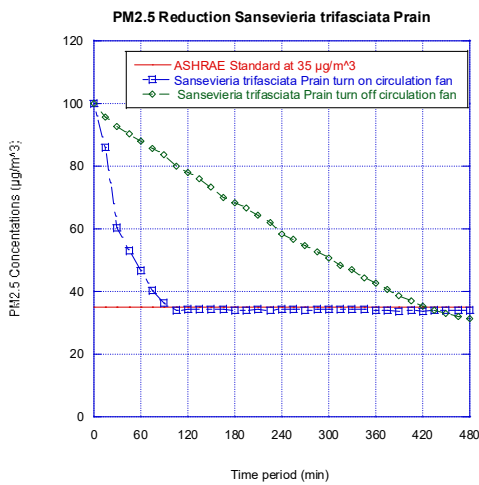


รูปที่ 18 การลดลงของฝุ่น PM2.5 ด้วยต้นบอสตันเฟิร์น



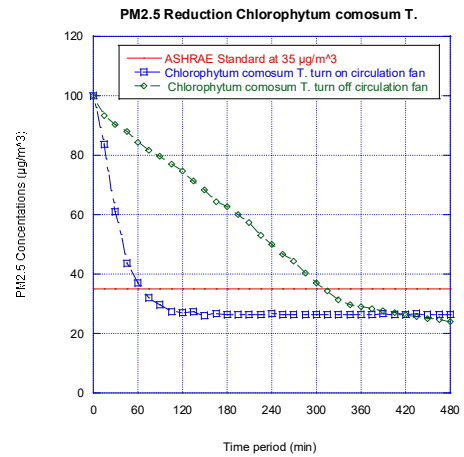
รูปที่ 19 การลดลงของฝุ่น PM2.5 ด้วยต้นคล้าแวมยุรา

จากการทดลองต้นลิ้นมังกร พบว่า มีความสามารถควบคุมค่าความเข้มข้นของ PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ภายใน 1 ชั่วโมง 45 นาที ในขณะที่การทดลองแบบไม่เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศนั้น สามารถควบคุมค่าความเข้มข้นของ PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ภายใน 7 ชั่วโมง 15 นาที แสดงดังรูปที่ 20



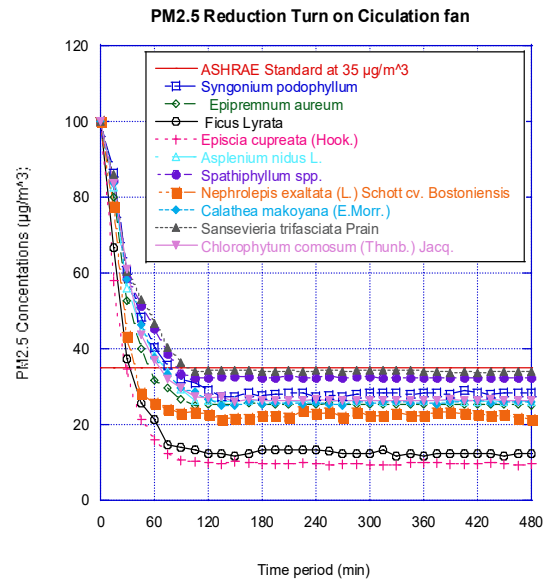
รูปที่ 20 การลดลงของฝุ่น PM2.5 ด้วยต้นลิ้นมังกร

จากการทดลองต้นเศรษฐีเรือนใน พบว่า มีความสามารถควบคุมค่าความเข้มข้นของ PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ภายใน 1 ชั่วโมง 45 นาที เมื่อมีการเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศ ในขณะที่การทดลองแบบไม่เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศนั้น สามารถควบคุมค่าความเข้มข้นของ PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ภายใน 7 ชั่วโมง 15 นาที แสดงดังรูปที่ 21



รูปที่ 21 การลดลงของฝุ่น PM2.5 ด้วยต้นเศรษฐีเรือนใน

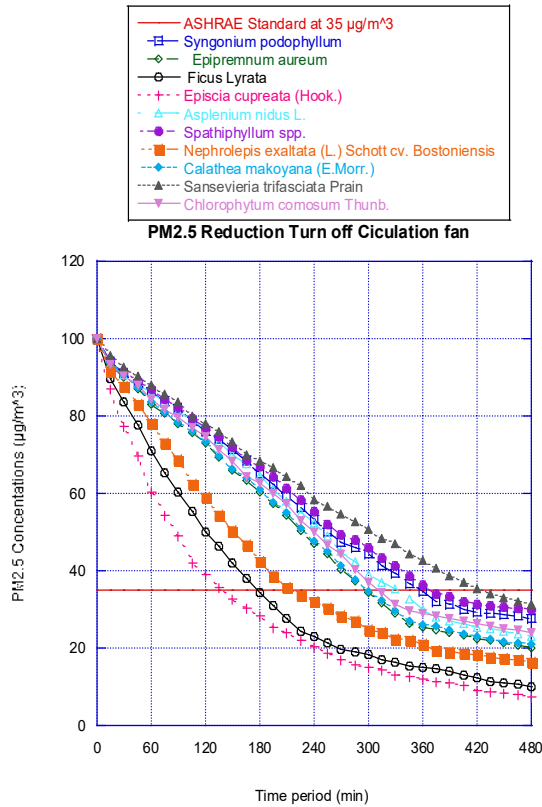
ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการลดฝุ่น PM2.5 ของพืชไม้ประดับทั้ง 10 ชนิด ชั่วโมง โดยไม่นำพื้นที่ใบรวมมาพิจารณา ด้วยวิธีการทดลองในรูปแบบเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศ พบว่า มีพืชไม้ประดับ 3 ลำดับแรกที่มีความสามารถในการลดฝุ่น PM2.5 ได้ดี ได้แก่ ต้นพรมญี่ปุ่น, ต้นไทรใบสัก และต้นบอสตันเฟิร์น โดยมีประสิทธิภาพในการลดฝุ่น PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ภายใน 1 ชั่วโมง และสามารถลดฝุ่น PM2.5 ได้ 90.3 µg/m³, 87.5 µg/m³ และ 78.5 µg/m³ ภายใน 8 ชั่วโมง ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 22



รูปที่ 22 การลดลงของฝุ่น PM2.5 ในรูปแบบเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศของพืชทั้ง 10 ชนิด

ส่วนผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการลดฝุ่น PM2.5 ของพืชไม้ประดับทั้ง 10 ชนิด ภายในระยะเวลา 8 ชั่วโมง โดยไม่นำพื้นที่ใบรวมมาพิจารณา ด้วยวิธีการทดลองในรูปแบบไม่เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศภายในกล่องทดลอง พบว่า มีพืชไม้ประดับ 3

ลำดับแรกที่มีความสามารถในการลดฝุ่น PM2.5 ได้ดี ได้แก่ ต้นพรมญี่ปุ่น, ต้นไทรใบสัก และต้นบอสตันเฟิร์น โดยมีประสิทธิภาพในการลดฝุ่น PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ภายใน 3 ชั่วโมง และสามารถลดฝุ่น PM2.5 ได้ 92.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 90.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  และ 83.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 23



รูปที่ 23 การลดลงของฝุ่น PM2.5 ในรูปแบบไม่เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศของพืชทั้ง 10 ชนิด

4.3 ผลการวิเคราะห์การลดฝุ่น PM2.5 ของพืชไม้ประดับทั้ง 10 ชนิดต่อพื้นที่ใบ เนื่องจากพืชแต่ละชนิดมีพื้นที่ใบแตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงนำค่าพื้นที่ใบรวมที่วัดได้ จากตารางที่ 1 มาดำเนินการวิเคราะห์ผลการลดฝุ่น PM2.5 ของพืชแต่ละชนิด โดยเปรียบเทียบกับพื้นที่ใบรวม เพื่อจะพิจารณาประสิทธิภาพการลดลงของฝุ่น PM2.5 ต่อพื้นที่ใบรวมต่อเวลา 1 ชั่วโมง พบว่า พืชไม้ประดับ 3 ลำดับแรกที่มีความสามารถในการลดฝุ่น PM2.5 ต่อพื้นที่ใบรวมต่อเวลา 1 ชั่วโมง ได้ดี ได้แก่ ต้นพรมญี่ปุ่น รองลงมาคือ ต้นไทรใบสัก และต่อมาคือ ต้นบอสตันเฟิร์น ซึ่งมีผลที่สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ระยะเวลาในการลดฝุ่น PM2.5 ให้ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ของพืชไม้ประดับทั้ง 10 ชนิด โดยไม่นำพื้นที่ใบรวมมาพิจารณา แสดงผลดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการลดฝุ่น PM2.5 ของพืชทั้ง 10 ในรูปแบบเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศ

ชื่อสามัญ (ภาษาไทย)	ปริมาณฝุ่น PM2.5 ที่ลดลงภายใน 8 ชั่วโมง ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ปริมาณฝุ่น PM2.5 ที่ลดลง ต่อพื้นที่ใบรวม ต่อเวลา 1 ชั่วโมง ( $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{cm}^2 \text{ leaf area}/\text{hr}$ )
พรมญี่ปุ่น	90.3	$-6.17 \times 10^{-3}$
ไทรใบสัก	87.5	$-5.94 \times 10^{-3}$
บอสตันเฟิร์น	78.5	$-5.58 \times 10^{-3}$
แวมยुरา	74.1	$-5.56 \times 10^{-3}$
ข้าหลวงหลังลาย	73.9	$-5.30 \times 10^{-3}$
พลูด่าง	74.9	$-5.16 \times 10^{-3}$
เศรษฐีเรือนใน	73.7	$-5.04 \times 10^{-3}$
เงินไหลมา	71.8	$-5.01 \times 10^{-3}$
เดหลี	67.6	$-4.70 \times 10^{-3}$
ลิ้นมังกร	66.0	$-4.66 \times 10^{-3}$

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพการลดฝุ่น PM2.5 ของพืชทั้ง 10 ในรูปแบบไม่เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศ

ชื่อสามัญ (ภาษาไทย)	ปริมาณฝุ่น PM2.5 ที่ลดลงภายใน 8 ชั่วโมง ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ปริมาณฝุ่น PM2.5 ที่ลดลง ต่อพื้นที่ใบรวม ต่อเวลา 1 ชั่วโมง ( $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{cm}^2 \text{ leaf area}/\text{hr}$ )
พรมญี่ปุ่น	92.5	$-6.32 \times 10^{-3}$
ไทรใบสัก	90.0	$-6.11 \times 10^{-3}$
บอสตันเฟิร์น	83.6	$-5.94 \times 10^{-3}$
แวมยुरา	78.9	$-5.92 \times 10^{-3}$
ข้าหลวงหลังลาย	76.9	$-5.52 \times 10^{-3}$
พลูด่าง	79.9	$-5.51 \times 10^{-3}$
เศรษฐีเรือนใน	75.9	$-5.19 \times 10^{-3}$
เงินไหลมา	72.2	$-5.04 \times 10^{-3}$
เดหลี	70.0	$-4.87 \times 10^{-3}$
ลิ้นมังกร	68.8	$-4.86 \times 10^{-3}$

## 5. สรุปผลการวิจัย

จากผลวิจัยการคัดเลือกไม้ประดับเพื่อใช้ในผนังพืชแนวตั้งสำหรับลดฝุ่น PM2.5 ของพืชทั้ง 10 ชนิด พบว่า พืชไม้ประดับ 3 ลำดับแรกที่มีความสามารถในการลดฝุ่น PM2.5 ได้ดี คือ ต้นพรมญี่ปุ่น, ต้นไทรใบสัก และต้นบอสตันเฟิร์น จากการเปรียบเทียบกัน ในระยะเวลา 8 ชั่วโมง ฝุ่น PM 2.5 ในการทดลองรูปแบบไม่เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศลดลงมากกว่าการทดลองในรูปแบบเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากธรรมชาติของฝุ่นละอองเมื่อไม่มีการกระทำใด ให้เกิดการฟุ้งกระจาย ฝุ่นละอองจะตกลงตามแรงโน้มถ่วงอยู่บริเวณพื้นของกล่องทดลอง แต่การเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศภายในกล่องทดลองผ่านผิวใบของพืชไม้ประดับทั้ง 3 ชนิดนั้น พบว่า ต้นพรมญี่ปุ่นสามารถควบคุมปริมาณฝุ่น PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ ภายใน 30 นาที ส่วนต้นไทรใบสัก และต้นบอสตันเฟิร์น สามารถควบคุมปริมาณฝุ่น PM2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ ภายใน 45 นาที ในขณะที่การทดลองในรูปแบบไม่เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศ ต้นพรมญี่ปุ่น, ต้นไทรใบสัก และต้นบอสตันเฟิร์น สามารถควบคุมปริมาณฝุ่น PM 2.5 ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้ภายใน 2 ชั่วโมง 30 นาที, 3 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง 45 นาที ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษานี้สามารถนำไปปรับใช้ในการออกแบบระบบการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในห้องเรียนได้ เนื่องจาก โดยส่วนใหญ่ในประเทศไทยจะใช้เวลาในการเรียนการ



สอนสำหรับรายวิชาภาคทฤษฎี ประมาณ 3 ชั่วโมงต่อครั้ง ดังนั้น จากผลการวิจัยครั้งนี้ จึงแนะนำให้ใช้ต้นพรมญี่ปุ่น, ต้นไทรใบสัก และต้นบอสตันเฟิร์น ติดตั้งในรูปแบบผนังพืชแนวตั้งระบบแอคทีฟ (AGW) โดยใช้พัดลมสำหรับดูดฝุ่น PM2.5 ผ่านผิวใบของพืช เพื่อลดมลพิษทางอากาศภายในอาคาร

## 6. การอ้างอิง

- [1] United States Environmental Protection Agency. (n.d.). [online]. *The Inside Story: A Guide to Indoor Air Quality*. [cited 3 Feb. 2021]. Available from: URL: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/inside-story-guide-indoor-air-quality>.
- [2] World Health Organization. (2018). [online]. *Air pollution and health: Summary*. [cited 4 Feb. 2021]. Available from: URL: <https://www.who.int/airpollution/ambient/about/en>
- [3] IQAir AirVisual. (2020). 2020 WORLD AIR QUALITY REPORT Region & City PM2.5 Ranking. Amsterdam: Greenpeace.
- [4] ASHRAE 62.1:2019. *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*.
- [5] Cao, Y., Li, F., Wang, Y., Yu, Y., Wang, Z., Liu, X., Ding, K., 2019. Assisted Deposition of PM2.5 from Indoor Air by Ornamental Potted Plants. *Sustainability*, 11(9), 1-10.
- [6] Paull, N.J., Irga, P.J., Torpy, F.R., 2018. Active green wall plant health tolerance to diesel smoke exposure. *Environmental Pollution*. 240, 448-456.
- [7] Pettit, T., Irga, P. J., Abdo, P., Torpy, F. R., 2017. Do the plants in functional green walls contribute to their ability to filter particulate matter?. *Building and Environment*. 125, 299-307.
- [8] พาลินี สุนากร, อองอาจ ภาพรภาชี, พัชรียา บุญกอนแก้ว, 2559. การศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการจับฝุ่นละอองของพรรณไม้เลี้ยง. *วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*. 15(2), 175-186.
- [9] Pettit, T., Irga, P. J., Torpy, F. R., 2018. The in situ pilot-scale phytoremediation of airborne VOCs and particulate matter with an active green wall. *Air Quality, Atmosphere & Health*. 12(1), 33-44.
- [10] Torpy, F.R., Zavattaro, M., 2018. Bench-study of green-wall plants for indoor air pollution reduction. *Journal of Living Architecture*. 8(29), 1-8