

2025 White Paper

Advancing Indoor Air Quality with NanoJet Technology



INNOVA NANOJET
TECHNOLOGIES LIMITED

目錄

摘要.....	3
第 01 章 介紹.....	4
空氣品質的重要性.....	4
第 2 章 室內空氣品質差的隱患.....	6
室內空氣污染物對健康的影響.....	6
第 03 章 室內空氣品質 南美洲.....	8
項目經理.....	8
生物氣溶膠.....	10
空氣傳播的過敏原.....	11
第 4 章 傳統空氣淨化的局限性.....	13
第 5 章 我們的技術.....	15
CDa 如何運作？.....	15
快速行動，持久影響.....	16
第 6 章 實驗室測試.....	19
第三方測試.....	19
抗 MS2 病毒的 CDa.....	19
CDa 對抗花粉.....	22
結論.....	23

執行摘要

本白皮書旨在解決南美洲室內空氣污染的嚴峻挑戰及其對公共衛生的重大影響。由於快速城市化、工業活動和生物質燃料的廣泛使用，該地區的空气品質惡化，導致呼吸系統和心血管疾病的發病率達到驚人的水準。不良的室內空氣品質（**IAQ**）不成比例地影響弱勢群體，例如兒童、老人和已有健康情況的人，每年導致數百萬人過早死亡。本白皮書通過探討以下方面來討論空氣質量問題：

- **公共衛生危機：**研究 **PM2.5**、**PM10**、生物氣溶膠和空氣傳播過敏原對健康的嚴重影響，這些影響會顯著增加呼吸系統疾病、心臟病和死亡率。
- **區域空氣品質挑戰：**強調南美城市和農村環境中空氣污染的來源和程度，包括車輛排放、工業排放和室內生物質燃燒。
- **當前解決方案的局限性：**討論傳統空氣淨化器在解決南美洲空氣質量問題方面的低效和缺點。

本白皮書進一步介紹了 **Innova NanoJet** 專有的 **CDa** 產品，作為有效和可持續地減少室內空氣污染物的創新解決方案。本文中介紹的關於 **CDa** 的主要發現包括：

- **CDa** 提供快速行動和長期保護。
- 與傳統方法相比，去除效率更高，結果更快。
- 由於先進的設計，降低了維護成本。
- 第三方實驗室測試證明對病毒和過敏原有效。

第 1 章 簡介

空氣品質的重要性

空氣品質是一個影響全球人口的關鍵環境和公共衛生問題。在南美洲，保持空氣清潔的挑戰是由自然和人為因素的複雜相互作用決定的。快速城市化、工業活動、車輛排放和森林砍伐是空氣污染的重要原因。野火、火山噴發和季節性花粉傳播等自然現象加劇了這種情況，造成了多方面的空氣質量問題。

室內和室外的空氣污染包括各種有害污染物，對健康和生態系統產生深遠影響。主要污染物包括：

- 顆粒物（PM2.5 和 PM10）：

這些顆粒來自汽車排放、工業排放、建築活動和生物質燃燒等來源。

由於體積小，它們可以深入肺部並進入血液，導致呼吸系統和心血管疾病^[1]。

- 生物氣溶膠（病毒和細菌）：

空氣中的生物氣溶膠，包括病毒、細菌和真菌孢子，會顯著影響室內空氣品質。

這些微生物污染物與感染、過敏反應和其他呼吸系統疾病有關，尤其是在通風不良的環境中^[2]。

- 空氣傳播的過敏原（花粉）：

植物中的花粉會導致季節性過敏，並加劇哮喘和花粉症等疾病。氣候變化和城市化正在加劇花粉的傳播和致敏性，使許多地區의空氣品質惡化^[3]。

室內空氣品質（IAQ）在南美洲仍然是一個緊迫的問題，尤其是在農村和服務不足的社區。數以百萬計的家庭依靠傳統的生物質燃料進行烹飪和取暖，導致細顆粒物、一氧化碳（CO）和揮發性有機化合物（VOC）等污染物的釋放。鑒於個人大約90%的時間都在室內度過，不良IA對健康的影響是

¹世界衛生組織（2022年）。全球航空品質指南。日內瓦：世衛組織。

<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf>。

²Lee, T. 和 Jo, WK（2006）。韓國高層公寓樓室內和室外生物氣溶膠的特性。環境研究（Environmental Research），第 101 卷第 1 期，第 11-17 頁。

³貝格斯，PJ，克洛特，B.，M.，C 約翰斯頓，FH（2023 年）。氣候變化、空氣傳播的過敏原和三種轉化緩解方法。EBioMedicine，93 歲，104478。
<https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2023.104478>。

深刻。弱勢群體，包括兒童、孕婦、老年人和患有呼吸系統疾病的人，受到的影響尤為嚴重。

空氣品質差的影響不僅限於人類健康。生態系統退化、農業減產和氣候變化是污染未得到解決的直接後果。例如，在亞馬遜地區，森林火災加劇了區域空氣污染，同時加速了森林砍伐和生物多樣性的喪失。聖保羅、聖地牙哥和波哥大等市中心面臨著來自車輛和工業排放的日益嚴峻的挑戰，而農村地區則面臨著生物質燃燒和清潔能源解決方案不足的問題。

本白皮書對南美洲的室內和室外空氣品質狀況進行了深入分析。它探討了主要污染物及其對健康和環境的影響，評估了當前的緩解措施，併為改善空氣品質管理提供了建議。本文旨在為南美洲空氣品質改善的可持續和公平解決方案做出貢獻。

第 2 章 室內空氣不佳的隱患

室內空氣品質（IAQ）顯著影響人類健康，導致各種不良健康結果。了解這些污染物的危險和來源對於有效緩解至關重要。

主要 發現

- 細顆粒物（PM_{2.5}）和其他室內空氣污染物與呼吸系統和心血管疾病密切相關。
- 室內空氣污染每年導致超過320萬人過早死亡。
- 平均而言，人們 90% 的時間都在室內度過，那裡的污染物濃度可能比室外濃度高 100 倍。

室內空氣污染物對健康的影響

- 顆粒物（PM）：細顆粒物，尤其是 PM_{2.5}，可以深入肺部和血液，導致呼吸系統和心血管疾病。世界衛生組織（WHO）報告稱，室內空氣污染（主要來自顆粒物）每年導致約 **320 萬人過早死亡**。32% 死於缺血性心臟病，23% 死於中風，21% 死於下呼吸道感染，19% 死於慢性阻塞性肺病（COPD），6% 死於肺癌。據估計，2019年，**室內空氣污染造成了8600萬健康生命年的損失**，其中生活在低收入和中等收入國家的女性負擔最大^[4]。
- 生物氣溶膠：這些包括細菌、病毒、真菌孢子和花粉。接觸生物氣溶膠會導致傳染病、過敏反應和呼吸系統疾病。潮濕的室內環境會促進黴菌的生長，黴菌會將孢子釋放到空氣中，加劇哮喘並引起過敏反應^[5]。COVID-19 大流行凸顯了病毒空氣傳播的重要性。據報導，**7,076、126**^[6]（更新於 2024 年 12 月 30 日）

⁴室內空氣污染 – 世界衛生組織（WHO）。https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health?utm_source=chatgpt.com

⁵伯恩斯坦，JA，亞歷克西斯，N，巴克斯，H，伯恩斯坦，IL，弗里茨，P，霍納，E，李，N，梅森，S，內爾，A，奧萊特，J，Reijula，K，Reponen，T，Seltzer，J，史密斯，A，C 塔洛，SM（2008 年）。非工業室內空氣污染對健康的影響。過敏與臨床免疫學雜誌，121（3），585-591。
<https://doi.org/10.1016/j.jaci.2007.10.045>

⁶馬蒂厄，愛德華；里奇，漢娜；羅德斯-吉勞，盧卡斯；阿佩爾，卡梅隆；賈蒂諾，查理；巴塞爾，喬；麥克唐納，鮑比；達塔尼，薩洛尼；貝爾特基安，戴安娜；奧爾蒂斯-奧斯皮納，埃斯特班；羅塞爾，馬克斯（2020–2024）。"冠狀病毒大流行（COVID-19）"。我們的數據世界。檢索於 2024 年 12 月 30 日。

全球確診 COVID 引起的死亡。強調全球需要適當的室內空氣品質管理^[7]。

- 空氣傳播的過敏原：常見的室內過敏原包括塵蟎、寵物皮屑和蟑螂糞便。接觸這些過敏原會引發過敏反應和哮喘發作，尤其是在致敏個體中。EPA 指出，生物污染物通常存在於提供食物和水分的區域，例如加濕器、床上用品和地毯^[8]。

室內污染物水準通常會超過室外水準，尤其是在通風不良的空間中。EPA 報告稱，室內污染物水準可能比室外水準高 2 到 5 倍，有時甚至超過 100 倍^[9]。這些水平的室內空氣污染物尤其令人擔憂，因為大多數人大約 90% 的時間都在室內度過^[10]。

室內空氣污染與人類的日常活動密切相關。顆粒物主要來自燃燒過程，例如使用固體燃料烹飪或使用壁爐和蠟燭。室內吸煙也對 PM 水準有很大影響。氮氧化物由燃氣灶和加熱器等不通風的設備排放，通風不足會加劇這種情況。臭氧通常是室外空氣滲透的副產品，也由某些空氣淨化器和電子設備產生。生物氣溶膠，包括病毒和細菌，在潮濕的環境中茁壯成長，並通過 HVAC 系統、維護不善的通風和過度擁擠的生活空間傳播。空氣中的過敏原，如塵蟎和寵物皮屑，會在軟傢俱、地毯和潮濕環境中繁殖。總之，這些來源表明，常見的家庭活動和室內空氣管理不足如何顯著導致健康風險。

⁷ Rosário Filho, NA, Urrutia-Pereira, M., D'Amato, G., Cecchi, L., Ansotegui, IJ, Galán, C., Pomés, A., Murrieta-Aguttes, M., Caraballo, L., Rouadi, P., Chong-Neto, HJ, C Peden, DB (2021 年)。空氣污染和室內環境。世界過敏組織雜誌, 14 (1), 100499。
<https://doi.org/10.1016/j.waojou.2020.100499>

⁸ 室內空氣污染：衛生專業人員簡介。 [https:// www.epa.gov/indoor-air-quality-IAQ/indoor-air-pollution-introduction-health-professionals?utm_source=chatgpt.com](https://www.epa.gov/indoor-air-quality-IAQ/indoor-air-pollution-introduction-health-professionals?utm_source=chatgpt.com)

⁹ Wallace, Lance A., et al. 總暴露評估方法 (TEAM) 研究：個人暴露，新澤西州的室內外關係和呼吸中揮發性有機化合物的水準。環境。國際 1986, 12, 369-387。 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0160412086900516>

¹⁰ 為什麼室內空氣質量對學校很重要。 [https:// www.epa.gov/iaq-schools/why-indoor-air -品質-重要-](https://www.epa.gov/iaq-schools/why-indoor-air-quality-important-schools#:~:text=EPA%20studies%20of%20human%20exposure,times%20%E2%80%94%20higher%20than%20outdoor%20levels.Ctext=這些%20levels%20of%20indoor%20air,percent%20of%20their%20time%20indoors.)

[學校#: ~: text=EPA%20studies%20of%20human%20exposure, times%20%E2%80%94%20higher%20than%20outdoor%20levels.Ctext=這些%20levels%20of%20indoor%20air, percent%20of%20their%20time%20indoors.](https://www.epa.gov/iaq-schools/why-indoor-air-quality-important-schools#:~:text=EPA%20studies%20of%20human%20exposure,times%20%E2%80%94%20higher%20than%20outdoor%20levels.Ctext=這些%20levels%20of%20indoor%20air,percent%20of%20their%20time%20indoors.)

第 3 章 南美洲的室內空氣狀況

南美城市的室內空氣品質（IAQ）是一個緊迫的公共衛生問題，包括顆粒物（PM）、氮氧化物（NO_x）、臭氧（O₃）、對城市人口產生不利影響的生物氣溶膠（包括病毒和細菌）和空氣傳播的過敏原。

主要 發現

- 南美洲 337 個城市的 PM_{2.5} 暴露與較高的死亡率有關，凸顯了該地區顆粒物污染的嚴重長期健康風險。
- 健康影響包括哮喘和 COPD 急診科就診次數增加。在利馬，據報導，PM_{3.7} 每增加 6.02 µg/m³，急診就診次數就會增加 2.5%。
- 城市化、車輛排放和家庭使用生物質燃料使 PM 水平顯著升高，超過了 WHO 指南建議的水準。

項目經理

在南美洲，城市中心遭受嚴重的顆粒物污染。例如，巴西的聖格特魯德斯在 2018 年記錄的 PM₁₀ 水準平均為 95 µg/m³，使其成為南美洲污染最嚴重的城市之一^[11]。同樣，秘魯利馬報告稱 PM_{2.5} 濃度超過了世界衛生組織（WHO）的建議限值，導致其人口患上呼吸系統和心血管疾病^[12]。在哥倫比亞波哥大，研究表明，PM_{2.5} 水平經常超過世界衛生組織的指導方針，導致因呼吸系統問題入院的人數增加^[13]。

¹¹ 年南美洲空氣污染最嚴重的 2018 個城市。 [https:// www.statista.com/statistics/913881/south-america-air-pollution level/](https://www.statista.com/statistics/913881/south-america-air-pollution-level/)

¹² Tapia, V., Steenland, K., Vu, B., Liu, Y., Vásquez, V., C Gonzales, GF (2020)。2010 年至 2016 年秘魯利馬每日心肺死亡率的 PM_{2.5} 暴露。環境健康：全球獲取科學來源，19（1），63。 <https://doi.org/10.1186/s12940-020-00618-6>

¹³ 羅德里格斯-維拉米扎爾，洛杉磯，羅哈斯-羅阿，紐約州，布蘭科-貝塞拉，LC，埃雷拉-加林多，VM，C 費爾南德斯-尼諾，JA（2018 年）。2011-2014 年哥倫比亞空氣污染對呼吸和循環系統發病率的短期影響：多城市時間序列分析。國際環境研究與公共衛生雜誌，15（8），1610。
<https://doi.org/10.3390/ijerph15081610>

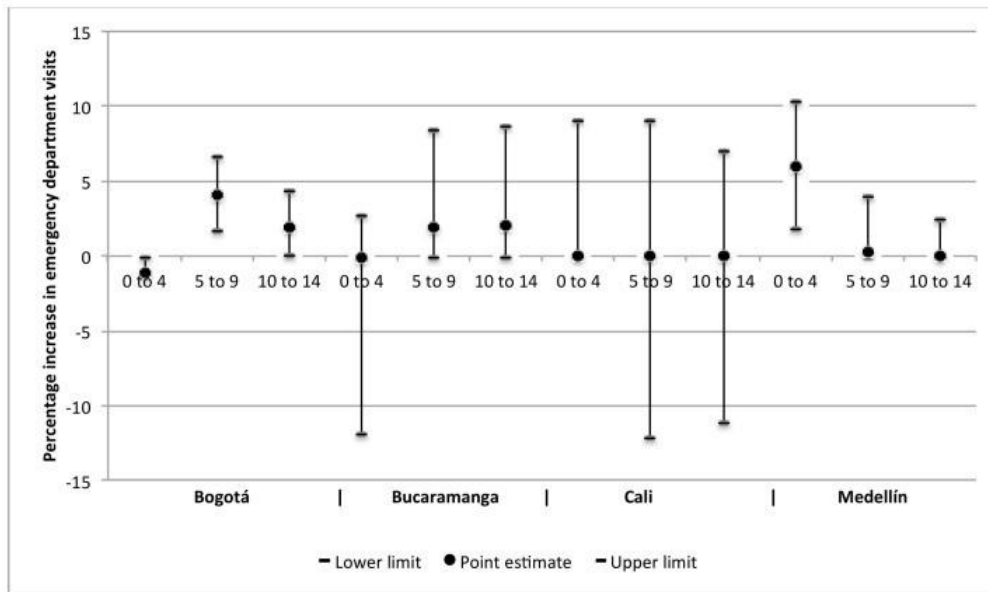


圖 1 2011 年至 2014 年哥倫比亞四個城市每個年齡組兒童因 PM_{2.5} 濃度相關的呼吸系統疾病急診就診的百分比增加百分比。年齡組兒童的點估計值和 5% 置信區間^[13]。

德雷塞爾大學城市健康合作組織（2024 年）的一項研究發現，拉丁美洲 **337 個城市** 的 **PM_{2.5} 暴露**與拉丁美洲城市死亡率增加有關^[14]。在哥倫比亞波哥大，**PM 暴露導致哮喘和慢性阻塞性肺病（COPD）的急診就診人數增加**^[13]。在秘魯利馬，研究人員報告說，**PM_{2.5} 每增加一個四分位距（IQR，6.02 µg/m³），急診科（ED）就診次數就會增加 3.7%**。對於 **0-18 歲年齡組**，觀察到 PM_{2.5} 暴露每增加一次 IQR，急診就診次數**就會增加 4.5%**。對於 **16-64 歲年齡組**，觀察到 **PM_{2.5} 暴露每增加一次 IQR，急診就診次數就會增加 6.0%**。對於 **65 歲及以上的年齡組**，觀察到 PM_{2.5} 暴露每增加一次 IQR，急診就診次數就會增加 16.0%^[15]。

嚴重的室內顆粒物污染可能由多種因素引起。一方面，惡化的室外空氣滲透到室內環境中。城市化和工業活動是導致 PM 水準高的重要原因。例如，在巴西聖保羅，車輛排放是 PM_{2.5} 的主要來源，研究表明，交通約佔 PM_{2.5} 濃度的 60%^[16]。另一方面，室內活動，如在家庭中使用生物質燃料做飯和取暖，會導致室內 PM 升高。

¹⁴ 新研究將空氣污染與拉丁美洲城市死亡率增加聯繫起來。

<https://drexel.edu/uhc/about/News/2024/March/New%20Study%20Connects%20Air%20Pollution%20to%20增加%20死亡%20率%20in%20Latin%20American%20Cities/#:~:text=A%20newly%20published%20study%20from,nine%20countries%20in%20Latin%20America>.

¹⁵ Vu, BN, Tapia, V., Ebelt, S., Gonzales, GF, Liu, Y., C Steenland, K. (2021)。秘魯利馬哮喘急診科就診與衛星衍生的 PM_{2.5} 之間的關聯。環境研究, 199, 111226.

<https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111226>

¹⁶ 米蘭達, RM de, 安德拉德, MF, 里貝羅, FND, 法蘭西斯科, KJM, C 馬丁內斯, PJP (2018年)。在巴西聖保羅大都市區通過正矩陣分解實現細顆粒物的源分配。清潔生產雜誌, 第 2018 期, 253-263。doi: 10.1016/j.jclepro.2018.08.100

水準。在南美洲，很大一部分人口依賴固體燃料^[17]，這可能導致室內 PM 濃度比 WHO 指導值高 10-50 倍^[18]。

智利等國家已經建立了空氣品質監測網路並頒布了控制空氣污染的立法^[19]。然而，由於監測站的覆蓋範圍有限，尤其是在較小的城市和農村地區，挑戰仍然存在。在宏都拉斯，社會企業 Mirador 安裝了近 200,000 個改進的生物質爐灶，從而顯著降低了室內顆粒物水準^[20]。然而，由於文化偏好、缺乏意識和財務限制，清潔技術的採用率可能很低。維持這些計劃需要持續的資金和社區參與。

生物氣溶膠

COVID-19 大流行凸顯了生物氣溶膠在室內環境中的重要性。截至 2024 年 7 月，南美洲已報告超過 **130 萬人死於 COVID-19**，其中**巴西**約佔 **700,000 人**^[21]。在秘魯利馬，COVID-19 有 128,700 例病例和 2382 例死亡。病死率為 1.93%。以前接觸 PM2.5（2010-2016）與 COVID-19 病例和死亡人數有關，突出了大流行與空氣質量之間的相互作用。需要從長期角度減少空氣污染，以防止病毒爆發的傳播^[22]。

¹⁷ 特隆科索，K.，C 蘇亞雷斯達席爾瓦，A.（2017 年）。拉丁美洲的液化石油氣燃料補貼和使用固體燃料做飯。能源政策，107。 <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.04.046>

¹⁸ Pope, D., Bruce, N., Dherani, M., Jagoe, K., C Rehfuess, E.（2017 年）。“改進”爐灶和清潔燃料在減少 PM2.5 和 CO 方面的真實效果：系統評價和薈萃分析。在國際環境（第 101 卷）中。 <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.01.012>

¹⁹ 比利亞庫拉，L.，桑切斯，LF，加泰羅尼亞，F.，托羅 A. R.，C Leiva G.，MA（2024 年）。智利空氣污染研究概述：文獻計量分析和範圍界定審查、挑戰者和未來方向。赫利揚，10（3），e25431。 <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25431>

²⁰ 新報告分析了 2020 年至 2030 年空氣污染對拉丁美洲公共衛生的影響。 <https://www.climatelinks.org/blog/new-report-analyzes-impacts-air-pollution-public-health-latin-america-2020-2030>

拉丁美洲 21 例 COVID-19 死亡 C 加勒比地區 2024 年，按國家/地區劃分。

<https://www.statista.com/statistics/1103965/latin-america-caribbean-coronavirus-deaths/>

²² 巴斯克斯-阿佩斯特吉，BV，帕拉斯-加里多，E.，塔皮亞，V.，帕斯-阿帕裡西奧，VM，羅哈斯，JP，桑切斯-科伊洛，

OR，C 岡薩雷斯，GF（2021 年）。利馬空氣污染與 COVID-19 高發病率之間的關聯：事後分析的結果。BMC 公共衛生，21（1），1161。

<https://doi.org/10.1186/s12889-021-11232-7>

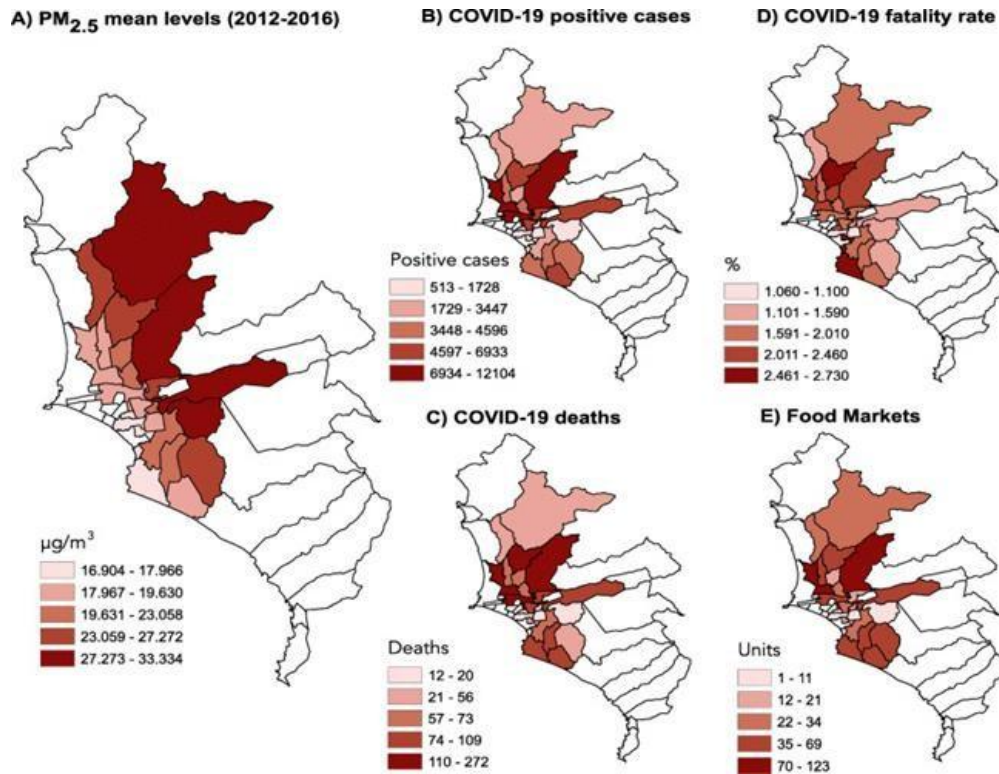


圖 2 利馬的空氣污染和 COVID-1S 病例分佈。A 顆粒物 $\leq 2.5 \mu\text{m}$ (PM_{2.5})，B COVID-1S 病例的發生率，C COVID-1S 死亡的發生率，D COVID-1S 死亡率(死亡病例*100)和 E 食品市場的豐富性。環境數據以 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ 表示，指的是 2012-2016C 的平均值。COVID-1S 的分佈數據來自秘魯衛生部 (COVID-1S 數據更新至 2020 年 6 月 12 日) [22]。

室內環境通風不良和高佔用率會導致生物氣溶膠濃度增加，從而促進傳染病的傳播。為了緩解這種情況，室內環境採用了改善通風、空氣過濾和紫外線 (UV) 空氣淨化系統等措施。然而，實施先進的空氣淨化技術可能成本高昂，尤其是在資源有限的環境中。此外，傳統的空氣淨化器，包括那些帶有高效微粒空氣 (HEPA) 過濾器的空氣淨化器，可能難以有效捕獲超細顆粒 ($0.1\text{--}1.0 \mu\text{m}$)，其中包括病毒和一些細菌 [23]。這種限制降低了它們在減輕導致大流行的生物氣溶膠方面的功效。

空氣傳播 的過敏原

與其他過敏原的花粉給南美洲的許多城市帶來了挑戰，導致花粉症和過敏性鼻炎病例增加。一項研究報告稱，在墨西哥城，過敏性鼻炎的患病率在開放人群中約為 19.6%；同時，在兒科人群中，這一比例為 11.3% 至 15% [24]。另一項研究

²³ 過濾和室內空氣 Quality：優點和局限性。 <https://gpsair.com/blogs/filtration-and-室內空氣質量的好處和限制>

²⁴ Cid del Prado, M., Zarco-Cid del Prado, O., Guerrero-Parra, H. A., C Juárez Contreras, KE (2023)。墨西哥托盧卡市的空氣傳播花粉日曆。空氣生物學，1 (1)，54-69。
<https://doi.org/10.3390/aerobiology1010005>

發現空氣傳播過敏性疾病在 12.0% 的青少年中普遍存在，其中屋塵蟎是主要過敏原（11.2%）^[25]。

空氣傳播過敏原的主要來源是花粉、黴菌孢子和塵蟎。大多數花粉是從城市植被中釋放的，尤其是樹木和草。在哥倫比亞麥德林，研究發現水曲柳和天蚤屬的花粉佔主導地位，導致居民過敏反應^[26]。對於黴菌孢子，熱帶和亞熱帶氣候中的高濕度水準會促進其生長。在城市地區，通風和建築物維護不足會導致室內黴菌孢子濃度增加，從而導致呼吸道過敏。對於塵蟎來說，它們在許多南美城市普遍存在的溫暖潮濕的條件下茁壯成長。它們常見於家庭灰塵中，是室內過敏原的重要來源，導致過敏性鼻炎和哮喘等疾病^[27]。

²⁵ Morillo-Argudo, DA, Andrade Tenesaca, DS, Rodas-Espinoza, CR, Perkin, MR, Gebreegziabher, TL, Zuñiga, GA, Andrade Muñoz, DD, Ramírez, PL, García García, AA, C Ochoa-Avilés, AM (2020)。

生活在厄瓜多兩個不同社會經濟地區的青少年的食物過敏、空氣傳播過敏和過敏致敏：一項橫斷面研究。世界過敏組織雜誌，13（11），100478。
<https://doi.org/10.1016/j.waojou.2020.100478>

²⁶ 瓜林, FA, 阿布里爾, MA q., 阿爾瓦雷斯, A., C Fonnegra, R. (2015 年)。哥倫比亞麥德林市市區的大氣花粉和孢子含量。Hoehnea, 42 (1)。<https://doi.org/10.1590/2236-8906-2013-52>

²⁷ 格蘭特, TL, 伍德, RA, C 查普曼, 醫學博士 (2023 年)。室內環境暴露及其與過敏性疾病的關係。過敏與臨床免疫學雜誌：實踐中, 11 (10)。<https://doi.org/10.1016/j.jaip.2023.08.034>

第 4 章 傳統空氣淨化的局限性

HEPA 過濾空氣淨化器廣泛用於通過去除顆粒物來解決室內空氣污染。儘管這些設備被廣泛採用，但在實際環境中部署時仍面臨重大挑戰。

主要 發現

- 傳統空氣淨化設備中使用的 HEPA 過濾難以捕獲 0.1 至 1.0 μm 的超細顆粒。
- 空氣淨化器的連續運行可能是能源密集型的，會導致更高的碳排放量，並與可持續發展目標相衝突。

雖然理論上帶有 HEPA 過濾器的淨化器能夠去除灰塵、花粉、黴菌、細菌和任何空氣中的顆粒，但它們在實際生活和工作環境中進行淨化時面臨挑戰和限制。

- **粒徑過濾效率**。如上所述，帶有 HEPA 過濾器的傳統空氣淨化器可能會發現難以有效捕獲病毒、一些細菌和其他大小從 0.1 到 1.0 μm 的超細顆粒^[23]。這種限制降低了它們在減輕導致大流行的生物氣溶膠方面的功效。

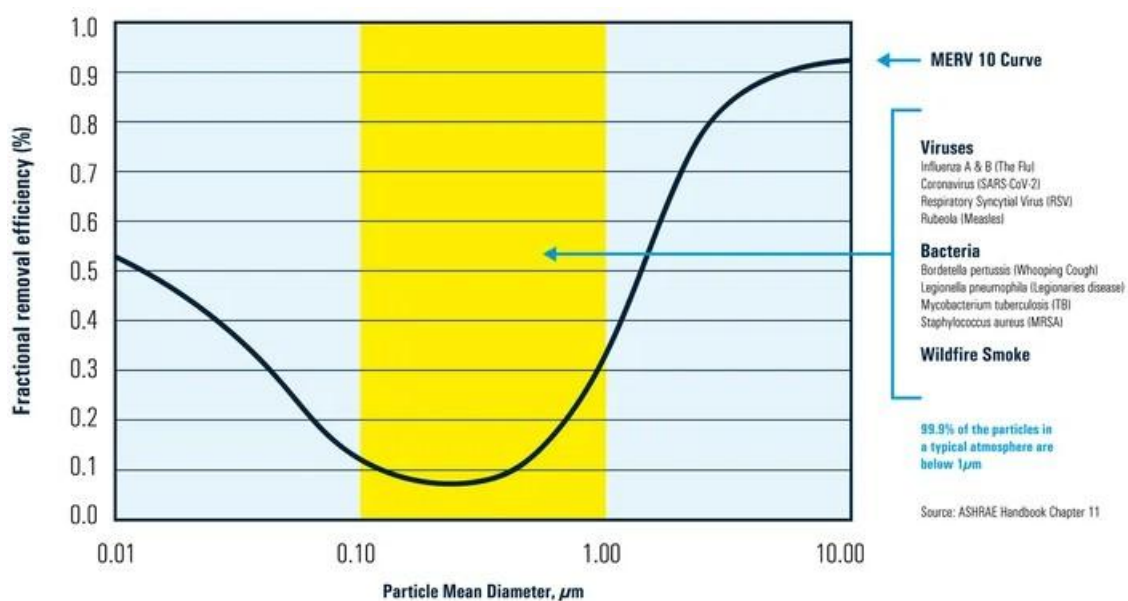


圖 3 最小效率報告值 (MERV) 曲線，顯示不同尺寸顆粒的過濾效率^[23]

- **運營成本和維護**。空氣淨化器的有效性取決於定期維護，包括更換篩檢程式和清潔。不一致的維護會導致性能下降和潛在的輔助

污染^[28]。此外，與高品質空氣淨化器相關的運營成本可能成為資源匱乏環境中的障礙。

- **高能耗**。為了保持最佳空氣品質，空氣淨化器通常需要連續運行，這可能是能源密集型且成本高昂的。傳統空氣淨化器的高能耗導致碳排放增加，這與全球應對氣候變化的努力背道而馳^[29]。
- **覆蓋範圍**。傳統的空氣淨化器通常需要為每個房間放置一台機器以確保足夠的覆蓋範圍，從而增加整體費用和維護負擔。
- **空氣流通和淨化的時間**。空氣淨化器需要足夠的時間來有效循環和過濾空間內的空氣。在污染物流入量大或體積大的環境中，實現完全的空氣周轉可能非常耗時，在此期間可能會使居住者暴露於污染物中。

²⁸ 馬塔，TM，馬丁斯，AA，卡萊羅斯，CSC，維拉紐瓦，F，阿隆索-庫維拉，NP，加布里埃爾，MF，C 席爾瓦，GV（2022 年）。室內空氣品質：清潔技術綜述。環境，9（9），118。

<https://doi.org/10.3390/environments9090118>

²⁹ Kumar，P，Arora，K，Chanana，I，Kulshreshtha，S，Thakur，V，C Choi，KY（2023）。傳統空氣淨化器和基於微藻的空氣淨化器的比較研究：為可持續綠色空間鋪平道路。在環境化學工程雜誌（第 11 卷，第 6 期）中。<https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.111046>

第 5 章 I 我們的技術

CDa 是世界上第一款納米液滴噴霧產品，克服了傳統大液滴噴霧設備和現有基於篩檢程式的空氣淨化器的局限性和低效率，尤其是在處理納米級污染物和病毒方面。它為全球社區提供了一種安全（僅使用水）、有效（>99%）和快速（幾分鐘內）的解決方案，用於對抗 **COVID-19** 和流感等氣溶膠傳播的病毒、空氣污染物、過敏原和花粉。該產品產生數萬億個超細納米級水滴，這些水滴碰撞並封裝空氣中的氣溶膠污染物和病毒，並增加聚集的氣溶膠顆粒的品質，使其迅速從空氣中去除。

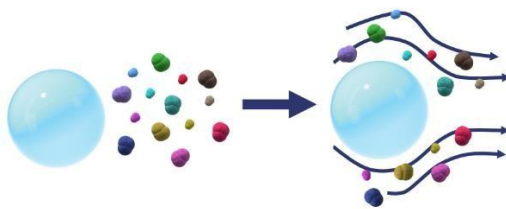
主要 發現

- **CDa** 可產生數萬億個納米級液滴，這些液滴可以封裝和去除空氣中的污染物、過敏原和病原體，有效解決了傳統噴霧劑和 **HEPA** 過濾器無法滿足的納米級挑戰。
- **NanoJet** 技術利用封裝、電荷效應、氧化應激和濕度調節來中和病原體並減少顆粒物，效率超過 99%。
- **CDa** 通過使用 **NanoJet** 技術消除了對傳統篩檢程式的需求，使其更加高效和具有成本效益。

CDa 如何運作？

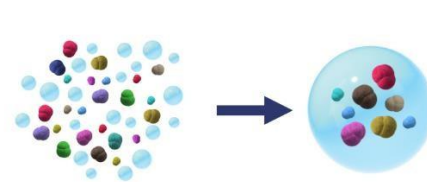
在具有大液滴的傳統噴霧技術中，由於滑流效應，氣溶膠顆粒很容易被液滴推走，這意味著大噴霧液滴會誘導氣流，導致空氣中的污染物被推到其表面。因此，噴洒大液滴無法有效去除空氣中較小的污染物和病毒。

Conventional Spray Technology



The aerosol particles are pushed away by the larger spray droplet

Innova Nanojet Technology



The aerosol particles collide with and are enveloped by the smaller spray droplets.

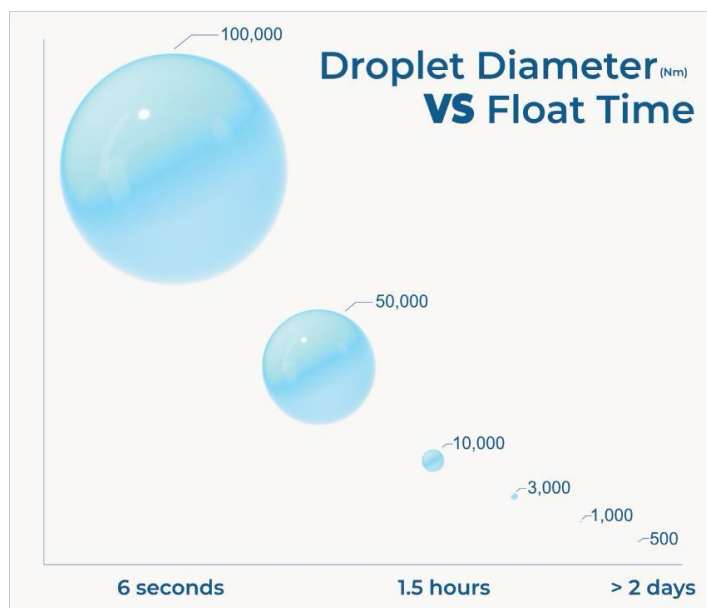
相比之下，**NanoJet** 技術代表了傳統噴霧方法的革命性進步，允許將各種超細液滴釋放到空氣中。釋放的 **NanoJet** 液滴可實現大範圍的顆粒去除。

封裝和物理隔離 主要是氣溶膠顆粒的去除。**NanoJet** 技術產生的納米級飛沫可以與懸浮的空氣傳播病毒和污染物碰撞並完全包裹和封裝，將它們從空氣中隔離和去除。對於病毒和細菌，這個過程可以顯著降低它們與宿主細胞相互作用的能力。這種分離對於抑制病毒活性至關重要。

實驗研究表明，亞微米大小（~800 nm）的液滴可顯著降低顆粒物（**PM1.0** 包括燃燒顆粒、細菌和病毒）濃度。在受控室實驗中，當暴露於亞微米水滴時，**PM1.0** 水準在前 30 分鐘內下降了 30% [30]，[31]。這種高效率歸因於液滴的大小和動態，它與超細顆粒物（包括病毒和細菌）的物理特性密切相關。慣性碰撞和擴散力的結合確保這些液滴主動捕獲病原體，將它們封裝成聚集體，從空氣中沉澱下來。此外，較小的液滴尺寸大大提高了相互作用率，與較大直徑的液滴相比，去除效率提高了一倍 [30]。這種物理封裝機制是降低病原體活力、防止傳播和去除空氣傳播環境中顆粒物的關鍵步驟。

快速行動，持久影響

任何空氣中顆粒的壽命都直接受其大小影響。品質較大的顆粒會很快落到地板上。然而，由於體積小，以病毒、煙霧或過敏原形式存在的空氣傳播顆粒可以在空氣中停留數小時。通過利用 **NanoJet** 技術，我們的系統產生超細噴霧液滴，這些液滴在空氣中懸浮數小時，這意味著可以實現增強的覆蓋範圍和更長的功效。



³⁰ 金，D.，金，J.，C Lee，SJ（2021 年）。使用亞微米水滴有效去除室內超細顆粒物。環境管理雜誌，296。 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113166>

³¹ Kim，D.，C Lee，SJ（2020 年）。水微滴大小對去除室內顆粒物的影響。建築與環境，181。 <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107097>

CDa 可以去除什麼？

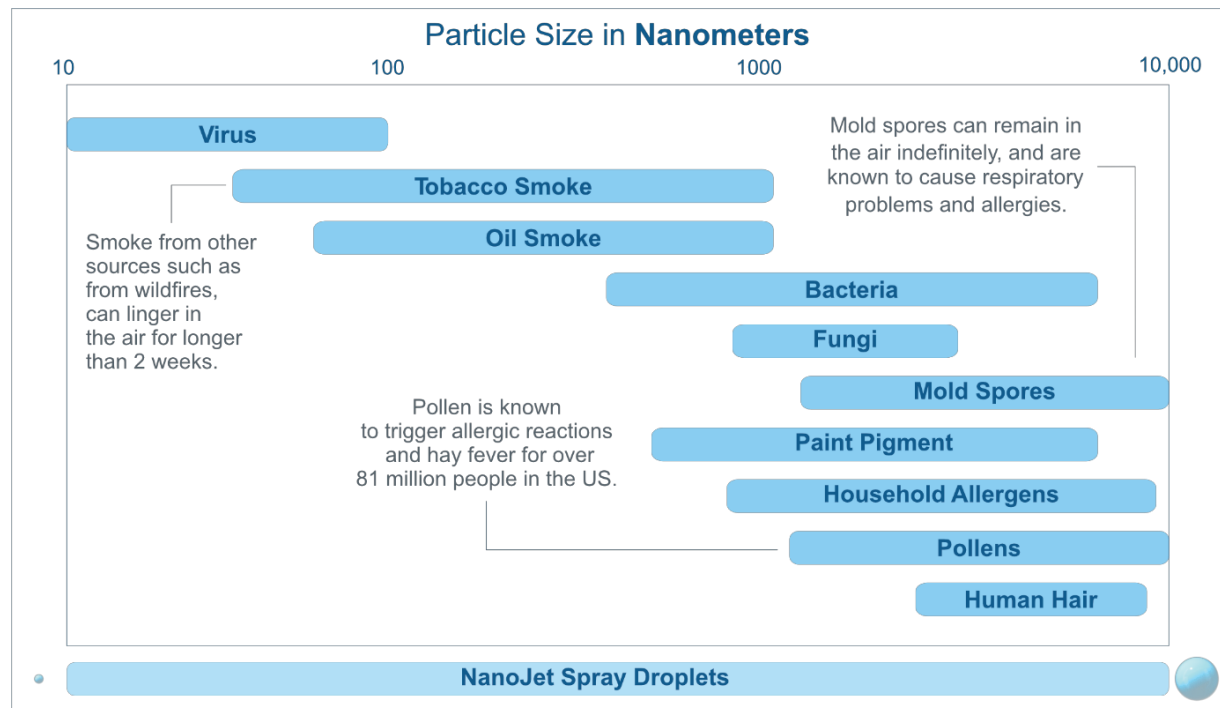
Innova NanoJet CDa 系統

旨在有效去除各種空氣污染物，包括

PM2.5-5-10、病毒，例如

COVID-19 和常見的過敏原，例如

作為花粉或灰塵。通過生成各種噴霧液滴，我們的系統甚至可以針對空氣中最小的顆粒。



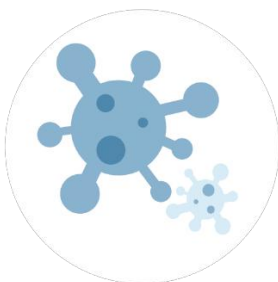
無過濾器，無憂

與傳統空氣淨化器不同，傳統的空氣淨化器通常每 **6-12** 年需要更換一次昂貴的篩檢程式月，每次更換會產生高達設備初始成本的 **20-30%**，我們的創新解決方案確保持久的效率和成本

有效性。我們相信不僅要提供尖端技術，還要為清潔健康的室內環境提供可持續和經濟的選擇。

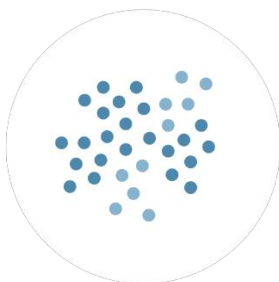
**Clean your air
using only
Water**

CDa 的目標是什麼？



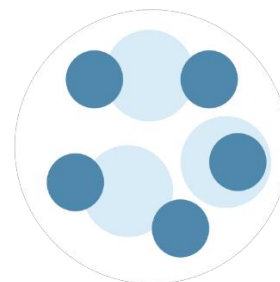
Viruses

Infectious and respirable viruses.



PM0.1

Ultra-fine particulates.



PM2.5

Combustion related particulates.



PM5

Bacteria & industrial emissions.



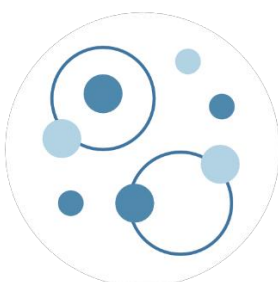
PM10

Pollen & mold spores.



Dander

Matter shed from pets.

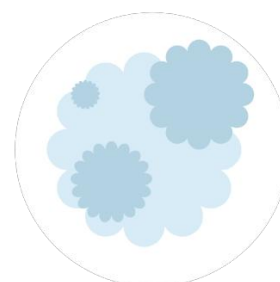


Odours



Allergens

From airborne sources.



Dust

From indoor and outdoor sources.

第 6 章 實驗室測試

3rd 方測試

抗 MS2 病毒的 CDa

實驗室：LMS Technologies，INC

日期：2023 年 7 月 12 日

主要發現：

- 用水 CDa 浸泡 5 分鐘後，在 20 分鐘內從空氣中的病毒減少 G4%。
- **GG.**用稀釋消毒劑 CDa 5 分鐘後，在 **20 分鐘內**從空氣中的病毒減少 G3%。

測試程式：

在該測試中，使用 MS2 噬菌體作為病毒代表來測量 CDa 去除病毒的功效。MS2 病毒粒子的直徑為 23-28 nm，屬於 EPA 公認的最難滅活的小型無包膜病毒。在測試中，20 ml MS2 病毒釋放到 4000 cf 測試室中。空氣中 MS2 病毒的濃度為 **3×10G – 5×10G** PFU/m³（每立方米空氣的噬菌斑形成單位），遠高於典型的空氣傳播病毒濃度。作為參考，不同位置的典型空氣傳播病毒濃度在 **1 – 75** PFU/m³ 的範圍內（大部分 **< 20** PFU/m³），如下所示。

位置	測得病毒	總 IAV 濃度 (基因組拷貝數/m ³)	等效病毒 濃度 (PFU/m ³)
健康中心a	甲型流感病毒	5.8e3 – 1.6e4	1.6 – 5.3 ^[32]
日托設施b	甲型流感病毒	1.6e4 – 3.7e4	5.3 – 12.3 ^[32]
飛機	甲型流感病毒	1.1e4 – 3.4e4	3.7 – 11.3 ^[32]
實驗室	人類冠狀病毒 229E		1.2 ^[33]
豬圈	豬呼吸道 冠狀病毒		< 74.2 ^[34]

一. 佛吉尼亞理工大學的一家健康中心。樣本是從候診室採集的，候診室是半開放空間約 8.5 m × 5 m。

二. 佛吉尼亞州布萊克斯堡的一家日托中心。樣本是在兩個幼兒房和一個嬰兒房收集的。每個幼兒房長約 8 × 4 米，可容納 16 名兒童和 4 名成人，嬰兒房長約 8 × 3.5 米，可容納 12 名兒童和 4 名成人。

三. 羅阿諾克 與三藩市之間的跨國航班。

³²Yang, W., Elankumaran, S., C Marr, LC (2011 年)。空氣中的濃度和大小分佈在衛生中心、日托中心和飛機的室內測量的甲型流感病毒。皇家學會雜誌，介面，8 (61)，1176-1184。 <https://doi.org/10.1098/rsif.2010.0686>

³³Bhardwaj, J., Hong, S., Jang, J., Han, CH, Lee, J., C Jang, J. (2021 年)。病原性空氣傳播病毒測量的最新進展。危險材料雜誌，420，126574。 <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126574>

³⁴Bourgueil, E., Hutet, E., Cariolet, R., C Vannier, P. (1992 年)。豬呼吸道冠狀病毒 (PRCV) 豬的實驗性感染：病毒排泄的測量。獸醫微生物學，31 (1)，11-18。 [https://doi.org/10.1016/0378-1135 \(92\) 90136-H](https://doi.org/10.1016/0378-1135 (92) 90136-H)

收穫生物體並滴定，然後使用霧化器將生物體的懸浮液霧化到腔室中 60 分鐘，然後再為測試設備供電。使用 SKC Bio Stage 級聯撞擊器以不同的間隔時間對測試室空氣進行 1 分鐘採樣。級聯撞擊器的氣流速率為 12.5 升/分鐘，採樣入口位於測試室的中點。孵育 24-48 小時後對回收的生物體進行計數。



結果：

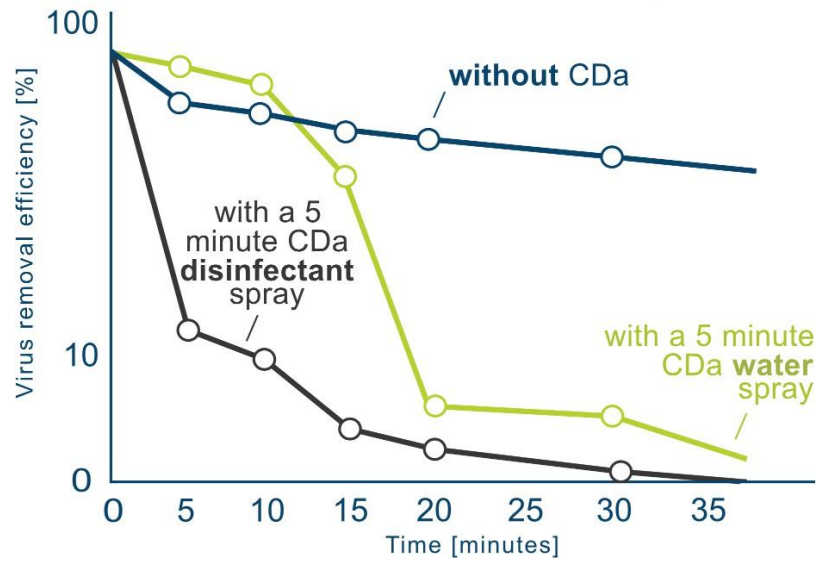
為了測試 CDa 對病毒去除的功效，進行了兩種不同的測試：

- 測試 A：釋放 MS2 病毒后，將 ONLY WATER 噴灑 CDa 5 分鐘
 - 在大約 16 分鐘內達到 1 ACH（每小時換氣量） [35]。
 - 在 20 分鐘內從空氣中去除 94% 的病毒。
 - 在 60 分鐘內從空氣中去除 98% 的病毒。
- 測試 B：釋放 MS2 病毒后，用 CDa 噴灑消毒劑（用 10 倍水稀釋）5 分鐘
 - 在不到 5 分鐘的時間內達到 1 ACH（每小時換氣量）。
 - 在 20 分鐘內從空氣中去除 99.93% 的病毒。
 - 在 60 分鐘內從空氣中去除 99.98% 的病毒。

時間	標稱 MS2 病毒殘留*		
	自然衰變	Nano Jet 設備	Nano Jet 設備 + LMS 消毒劑
0 分鐘	1	1	1
20 分鐘	0.51	0.06	0.0006
60 分鐘	0.14	0.02	0.0002
60 分鐘內高效去除		98.2%	99.98%

³⁵ ACH（每小時換氣次數）決定了消除污染源后從房間中去除污染物的速度。每次換氣，大約 63% 的污染物被去除，留下 37%。因此，經過三次換氣后，只剩下大約 5% 的病原體，其中 95% 被去除。

Virus Removal Efficiency



CDa 對抗花粉

實驗室：LMS Technologies，INC

日期：2023 年 8 月 6 日

主要發現：

- 大於 **0.3** 微米的顆粒減少 82.2%。
- 大於 **3.0** 微米的顆粒幾乎減少 **100%**。測試程式：

最初，該任務基於生成花粉顆粒，這些顆粒由文丘里系統送入房間。這一代一直持續到計數達到每立方英尺/分之 **224000** 只。監測水準 **1** 小時，花粉計數水平沒有降低。這將被視為空腔室。

在下一步中，打開測試裝置，僅注入水顆粒兩分鐘。由於水顆粒會干擾顆粒計數，因此加熱器裝置打開了 **2** 小時。在此期間，混合風扇使顆粒保持在空氣中。

結果：

所有大於 **0.3** 微米的顆粒的顆粒總數減少了 **82.2%**，所有大於 **3.0** 微米的顆粒幾乎減少了 **100%**。

結論

本白皮書重點介紹了南美洲的空氣污染狀況及其對公共衛生的直接影響，強調了有效解決方案的緊迫性。本文提供了關於空氣污染與慢性病、住院和過早死亡率增加之間聯繫的詳細證據。它還分析了污染來源、趨勢以及當前空氣淨化技術在有效解決問題方面的普遍失敗。由於快速城市化、工業排放和生物質燃料的使用，南美洲地區面臨著嚴重且不斷升級的空氣質量危機。此外，本文還展示了第三方實驗室結果，展示了 Innova NanoJet 的 CDa 對污染物和病原體的有效性。調查結果呼籲採取緊急行動來應對空氣品質危機。具體來說，它們強調了以下需求：

- **部署新技術**：創新解決方案，如 CDa 技術，經科學證明可以減少有害的室內空氣污染物。
- **合作努力**：政策制定者、醫療保健機構和行業領導者必須推動推廣和採用先進的空氣淨化技術。
- **公眾意識**：加大努力讓公眾了解空氣品質差的危險以及採用創新解決方案的重要性。

Innova NanoJet 的 CDa 被定位為減輕空氣污染的破壞性影響並在南美洲營造更健康的室內環境的關鍵解決方案。