THE SCIENCE WORLD
A Monthly e Magazine
ISSN:2583-2212
Popular article
July, 2026 Vol.6(7), 2153-2161

बायोएरोसोल और मानव स्वास्थ्य पर उनका प्रभाव

Ashutosh Kumar, Gaurangkumar Makwana, Chandrashekar Mootapally, Neelam Nathani
GTU-School of Applied Sciences and Technology, Gujarat Technological University, Ahmedabad - 382424, Gujarat, India
Correspondence: neelam.nathani13@gmail.com
doi.org/10.5281/ScienceWorld.21824119

हवा में मौजूद सूक्ष्म जैविक कणों की अदृश्य दुनिया

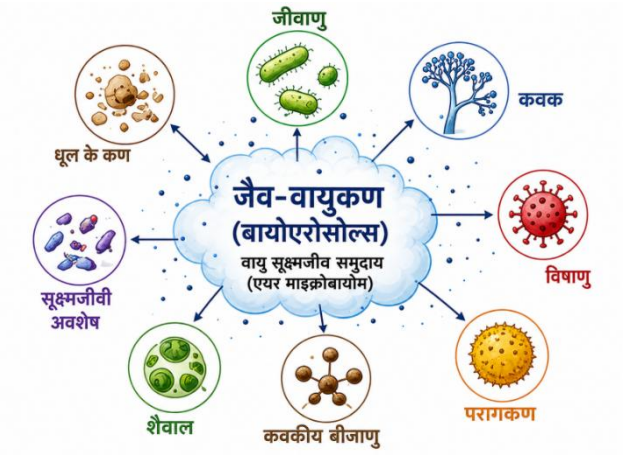
हम अपने आसपास की हवा को देख नहीं सकते, लेकिन हर क्षण उसी हवा के साथ अनेक सूक्ष्म कण हमारे शरीर के अंदर और बाहर आते-जाते रहते हैं। इनमें धूल, धुआँ और रासायनिक कणों के साथ-साथ कुछ ऐसे कण भी होते हैं जिनकी उत्पत्ति जीवित या जैविक स्रोतों से होती है। इन्हें बायोएरोसोल (Bioaerosols) कहा जाता है।

बायोएरोसोल इतने छोटे हो सकते हैं कि हम उन्हें अपनी आँखों से नहीं देख सकते। इनमें बैक्टीरिया, कवक, वायरस, परागकण, कवक के बीजाणु, शैवाल तथा सूक्ष्म जैविक अवशेष जैसे विभिन्न घटक शामिल हो सकते हैं। ये कण हवा में कुछ समय तक तैर सकते हैं और सांस लेते समय हमारे श्वसन तंत्र तक पहुँच सकते हैं।

बायोएरोसोल क्या होते हैं?

सरल शब्दों में, हवा में मौजूद ऐसे कण या सूक्ष्म जीव जिनका संबंध किसी जैविक स्रोत से हो, **बायोएरोसोल** कहलाते हैं। इनमें जीवित सूक्ष्मजीवों के साथ-साथ जैविक पदार्थों के छोटे-छोटे कण भी शामिल हो सकते हैं।

बैक्टीरिया, वायरस, कवक, कवक बीजाणु, परागकण और शैवाल इसके कुछ उदाहरण हैं। इनके अलावा सूक्ष्मजीवों के टूटे हुए अवशेष और जैविक धूल भी वायुमंडल में मौजूद हो सकती है। इस तरह हवा में मौजूद ये अलग-अलग जैविक घटक मिलकर एक प्रकार का **अदृश्य वायु माइक्रोबायोम** बनाते हैं।



चित्र 1. बायोएरोसोल के घटक। बैक्टीरिया, वायरस, कवक, परागकण, बीजाणु, शैवाल और जैविक अवशेष हवा में मौजूद बायोएरोसोल के प्रमुख घटक हैं।

बायोएरोसोल हवा में कहाँ से आते हैं?

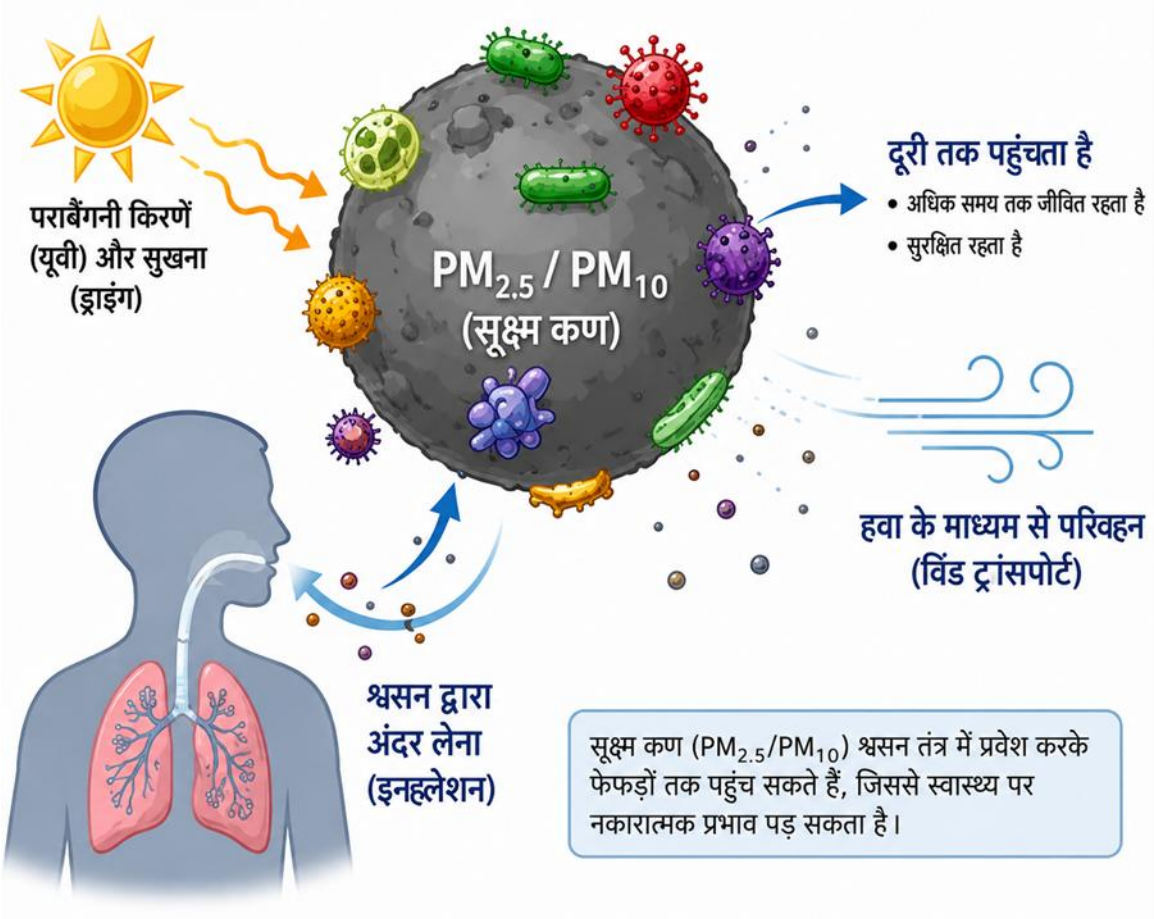
बायोएरोसोल के स्रोत हमारे आसपास ही मौजूद हैं। मिट्टी, पौधे, पानी, जानवर, मनुष्य और विभिन्न जैविक पदार्थ इनके स्रोत हो सकते हैं।

प्राकृतिक वातावरण में मिट्टी, वनस्पति, जल निकायों और अन्य पारिस्थितिक तंत्रों से सूक्ष्मजीव और जैविक कण हवा में पहुँचते रहते हैं। दूसरी ओर, कृषि, निर्माण, औद्योगिक गतिविधियाँ, पशुपालन और मनुष्यों की दैनिक गतिविधियाँ भी बायोएरोसोल के स्रोत हो सकती हैं। इस प्रकार प्राकृतिक और मानवीय स्रोतों से निकलने वाले सूक्ष्मजीव हवा में मिलकर स्थानीय वायु माइक्रोबायोम का निर्माण करते हैं।

चित्र 2. बायोएरोसोल के प्राकृतिक और मानवीय स्रोत। प्राकृतिक और मानवीय गतिविधियों से निकलने वाले जैविक कण हवा में मिलकर स्थानीय वायु माइक्रोबायोम बनाते हैं।

Official Website
www.thescienceworld.net
thescienceworldmagazine@gmail.com
Published 25/07/2026

हवा की गति, तापमान, नमी और मानवीय गतिविधियों के कारण ये कण एक स्थान से दूसरे स्थान तक पहुँच सकते हैं। सूखी मिट्टी या धूल के हिलने से उसमें मौजूद सूक्ष्म जैविक कण हवा में जा सकते हैं। इसी प्रकार पौधों से निकलने वाले परागकण और कवक के बीजाणु भी हवा के माध्यम से फैल सकते हैं। इन कणों का फैलाव केवल उनके अपने आकार पर निर्भर नहीं करता। कई बार धूल और अन्य सूक्ष्म कण स्वयं **माइक्रोबियल वाहक** का काम करते हैं। उनकी सतह से जुड़े सूक्ष्मजीव धूप और सूखने जैसी प्रतिकूल परिस्थितियों से कुछ हद तक सुरक्षित रह सकते हैं और अधिक दूरी तक पहुँच सकते हैं।



चित्र 3. कणिकीय पदार्थ माइक्रोबियल वाहक के रूप में। सूक्ष्म कणों से जुड़े सूक्ष्मजीव प्रतिकूल परिस्थितियों में टिक सकते हैं और हवा के साथ दूर तक जा सकते हैं।

सांस के साथ शरीर में प्रवेश

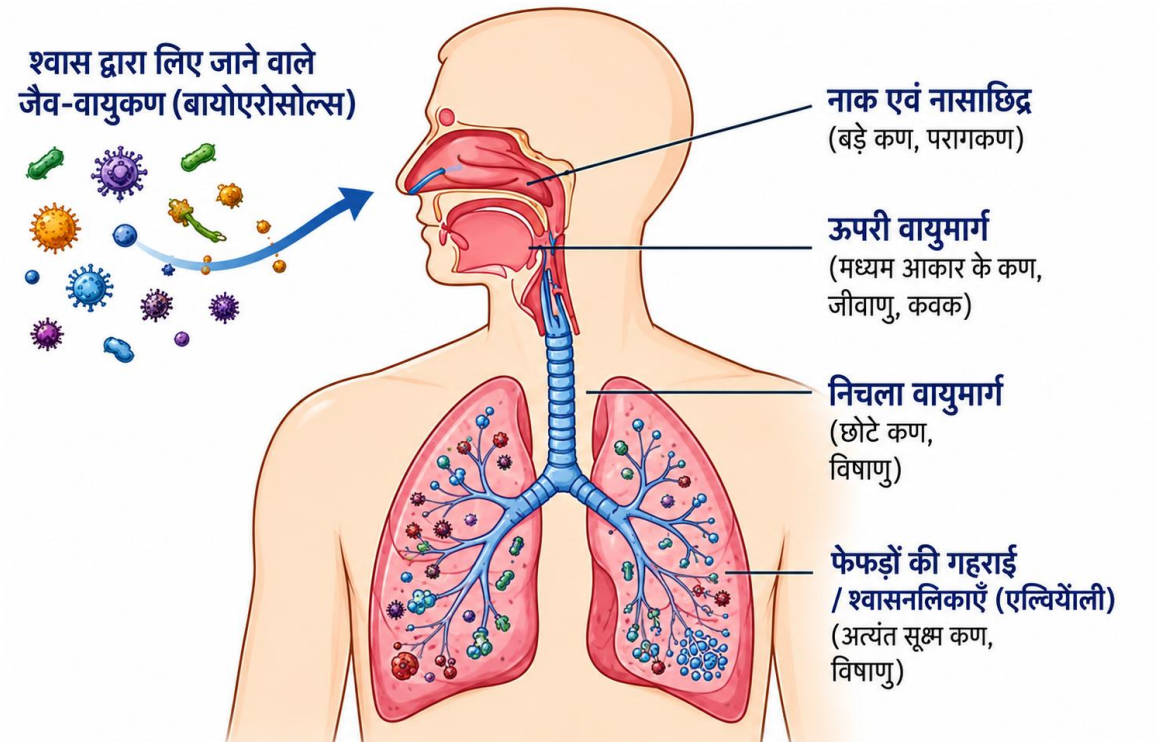
बायोएरोसोल के मानव स्वास्थ्य पर प्रभाव को समझने के लिए यह जानना जरूरी है कि सांस लेते समय ये कण हमारे शरीर में किस प्रकार प्रवेश करते हैं।

Official Website
www.thescienceworld.net
thescienceworldmagazine@gmail.com
Published 25/07/2026

जब हम सांस लेते हैं, तो हवा नाक और मुंह के माध्यम से श्वसन मार्ग में प्रवेश करती है। बड़े कण अक्सर नाक और गले के आसपास ही रुक जाते हैं। कुछ छोटे कण श्वासनली और ब्रोंकाई तक पहुँच सकते हैं, जबकि बहुत छोटे कण फेफड़ों के गहरे हिस्सों तक पहुँच सकते हैं। **(चित्र 4)**

हमारे श्वसन तंत्र में इन कणों से बचाव के लिए प्राकृतिक सुरक्षा व्यवस्था भी होती है। नाक के बाल, श्लेष्मा (mucus), खांसने की प्रक्रिया और श्वसन मार्ग की अन्य सुरक्षात्मक व्यवस्थाएँ कई कणों को शरीर से बाहर निकालने में सहायता करती हैं।

फिर भी, सभी कण शरीर से बाहर नहीं निकल पाते। कुछ कण फेफड़ों तक पहुँच सकते हैं और वहाँ स्थानीय प्रतिक्रिया उत्पन्न कर सकते हैं।



चित्र 4. मानव श्वसन तंत्र में बायोएरोसोल का प्रवेश। बायोएरोसोल के आकार के अनुसार अलग-अलग कण श्वसन तंत्र के विभिन्न भागों में जमा हो सकते हैं।

स्वास्थ्य पर क्या प्रभाव पड़ सकता है?

हर बायोएरोसोल स्वास्थ्य के लिए हानिकारक नहीं होता। इसका प्रभाव कई बातों पर निर्भर करता है—कण का प्रकार, उसका आकार, हवा में उसकी मात्रा, संपर्क की अवधि और व्यक्ति की संवेदनशीलता।

कुछ बायोएरोसोल सामान्य परिस्थितियों में कोई स्पष्ट समस्या उत्पन्न नहीं करते। लेकिन कुछ जैविक कणों के संपर्क में आने पर शरीर की प्रतिरक्षा प्रणाली प्रतिक्रिया कर सकती है। **एलर्जी** इसका

Official Website
www.thescienceworld.net
thescienceworldmagazine@gmail.com
Published 25/07/2026

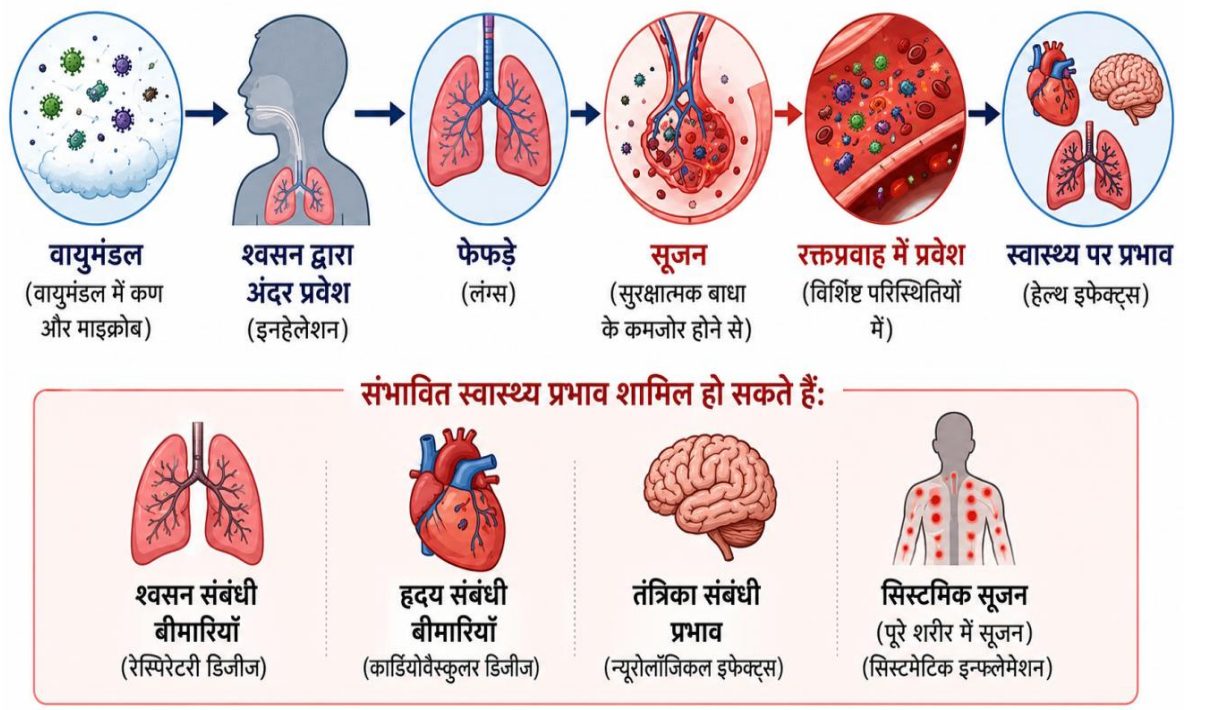
एक सामान्य उदाहरण है। कुछ परागकण और कवक के बीजाणु संवेदनशील व्यक्तियों में छींक, नाक बहना, आँखों में जलन या सांस से संबंधित परेशानी उत्पन्न कर सकते हैं।

कुछ बायोएरोसोल **श्वसन तंत्र में सूजन और जलन** से भी जुड़े हो सकते हैं। लंबे समय तक या अधिक मात्रा में संपर्क होने पर संवेदनशील व्यक्तियों में श्वसन संबंधी समस्याएँ बढ़ सकती हैं। कुछ सूक्ष्मजीवों से जुड़े बायोएरोसोल **संक्रमण फैलाने में भी भूमिका निभा सकते हैं**। हालांकि, किसी संक्रमण के फैलने की प्रक्रिया केवल बायोएरोसोल की उपस्थिति पर निर्भर नहीं करती; इसमें सूक्ष्मजीव का प्रकार, उसकी मात्रा, वातावरण और व्यक्ति की प्रतिरोधक क्षमता जैसे अनेक कारक महत्वपूर्ण होते हैं।

फेफड़ों से आगे की यात्रा?

सामान्य परिस्थितियों में श्वसन तंत्र कई प्रकार के कणों और जैविक पदार्थों को प्रभावी ढंग से बाहर निकालने में सक्षम होता है। लेकिन यदि फेफड़ों की प्राकृतिक सुरक्षा बाधित हो जाए, तो बहुत छोटे कण या कुछ जैविक पदार्थ शरीर के अंदर अधिक गहराई तक पहुँच सकते हैं।

अल्ट्राफाइन कणों और कुछ माइक्रोबियल पदार्थों के शरीर में प्रवेश से स्थानीय प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया उत्पन्न हो सकती है। कुछ परिस्थितियों में यह प्रतिक्रिया शरीर के अन्य हिस्सों को भी प्रभावित कर सकती है। हालांकि, इस प्रक्रिया को समझने के लिए अभी भी वैज्ञानिक अनुसंधान जारी है **(चित्र 5)**।



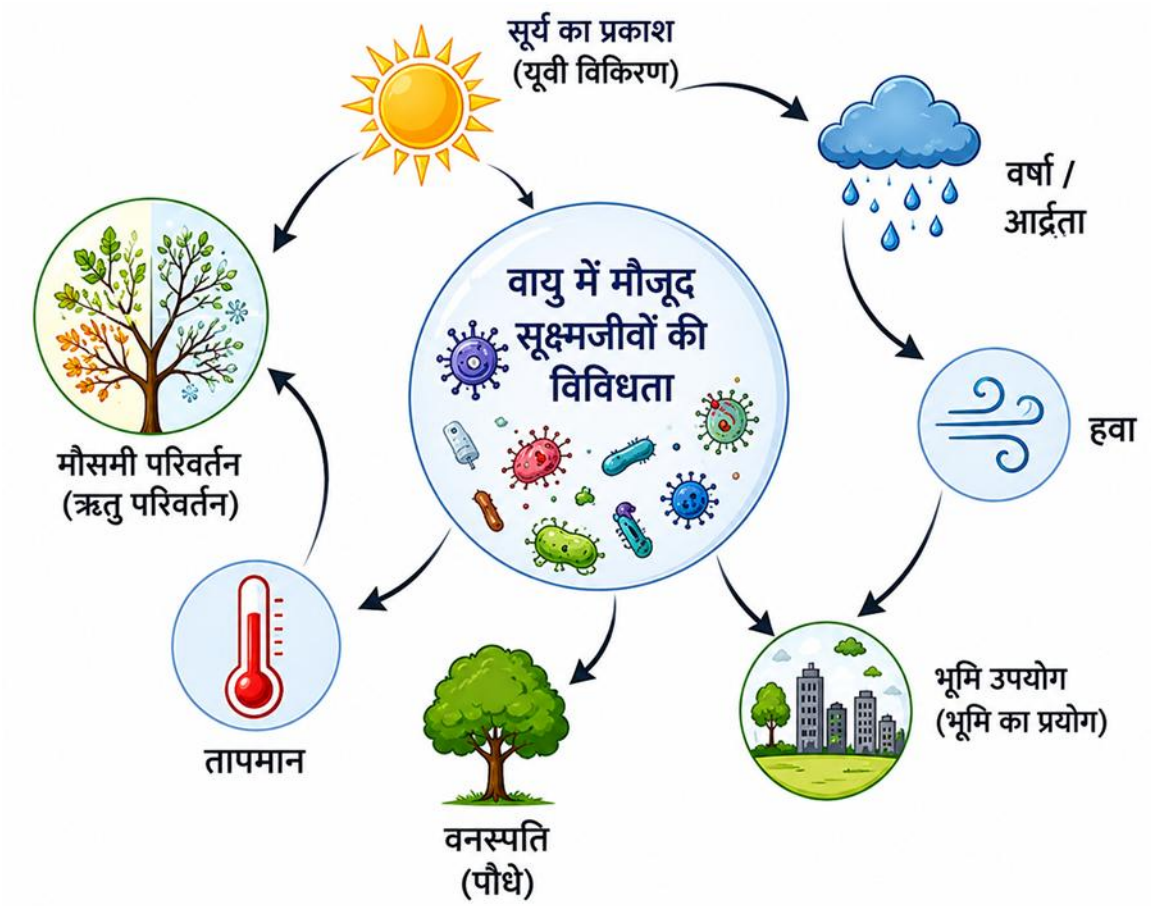
चित्र 5. वायुमंडल से रक्तप्रवाह तक की संभावित यात्रा। सामान्यतः श्वसन तंत्र कणों को रोकता है, लेकिन कमजोर फेफड़ों की बाधा में बहुत छोटे कण और जैविक पदार्थ आगे पहुँच सकते हैं।

Official Website
www.thescienceworld.net
thescienceworldmagazine@gmail.com
Published 25/07/2026

क्या वातावरण बायोएरोसोल को बदलता है?

बायोएरोसोल की मात्रा और विविधता हर जगह एक जैसी नहीं होती। **तापमान, नमी, सूर्य का प्रकाश, हवा की गति, वनस्पति, भूमि उपयोग और मौसम** जैसे पर्यावरणीय कारक हवा में मौजूद सूक्ष्मजीव समुदाय को प्रभावित करते हैं।

उदाहरण के लिए, नमी में परिवर्तन कुछ सूक्ष्मजीवों के अस्तित्व और फैलाव को प्रभावित कर सकता है, जबकि सूर्य का प्रकाश कई सूक्ष्मजीवों के लिए प्रतिकूल हो सकता है। इसी प्रकार हवा की गति और दिशा बायोएरोसोल को एक स्थान से दूसरे स्थान तक ले जा सकती है **(चित्र 6)**।



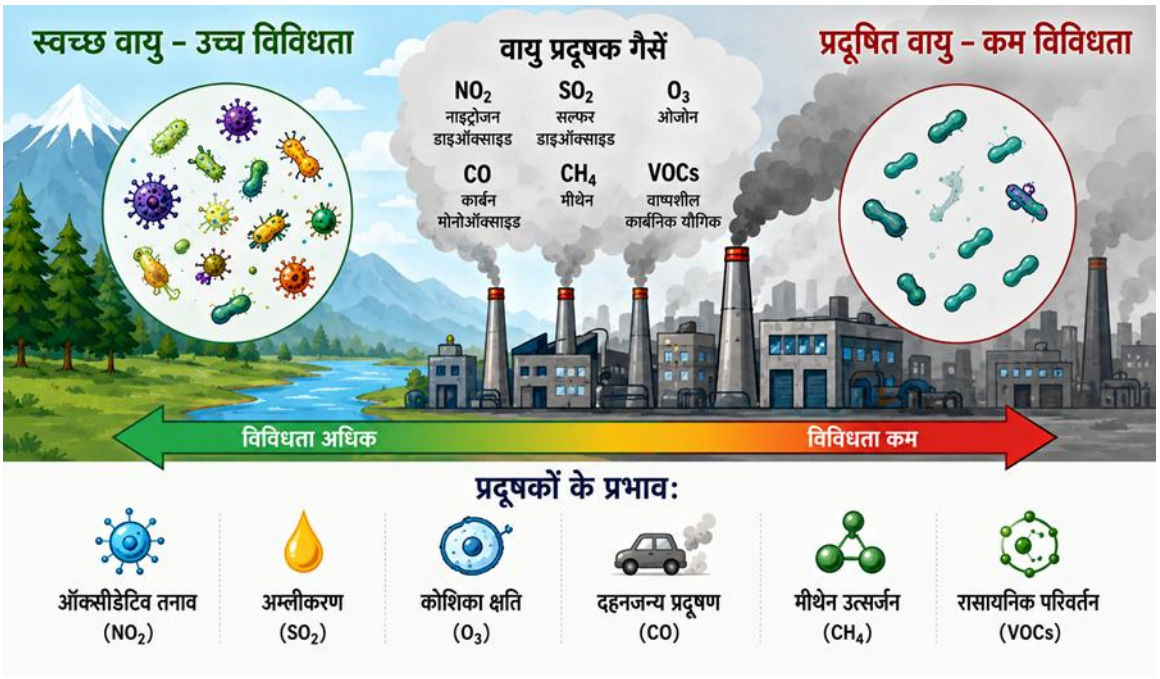
चित्र 6. बायोएरोसोल की विविधता को प्रभावित करने वाले कारक। तापमान, नमी, सूर्य का प्रकाश, हवा, वनस्पति, भूमि उपयोग और मौसम वायु माइक्रोबायोम को प्रभावित करते हैं।

वायु प्रदूषण और माइक्रोबियल दुनिया

वायु प्रदूषण का प्रभाव केवल मानव स्वास्थ्य तक सीमित नहीं है। प्रदूषित वातावरण में मौजूद रासायनिक और कणिकीय पदार्थ हवा में रहने वाले सूक्ष्मजीव समुदायों को भी प्रभावित कर सकते हैं। बदलती पर्यावरणीय परिस्थितियाँ कुछ सूक्ष्मजीवों के लिए अनुकूल हो सकती हैं, जबकि अन्य के लिए प्रतिकूल। परिणामस्वरूप वायु में मौजूद सूक्ष्मजीवों की संरचना और विविधता में परिवर्तन हो सकता है।

Official Website
www.thescienceworld.net
thescienceworldmagazine@gmail.com
Published 25/07/2026

इसीलिए वायु प्रदूषण को केवल रासायनिक प्रदूषण के रूप में नहीं, बल्कि **वायु के माइक्रोबियल वातावरण में होने वाले बदलाव** के रूप में भी समझना महत्वपूर्ण है **(चित्र 7)**।



चित्र 7. वायु प्रदूषण और माइक्रोबियल बदलाव। प्रदूषण पर्यावरणीय परिस्थितियों को बदलकर हवा में मौजूद सूक्ष्मजीव समुदाय को प्रभावित कर सकता है।

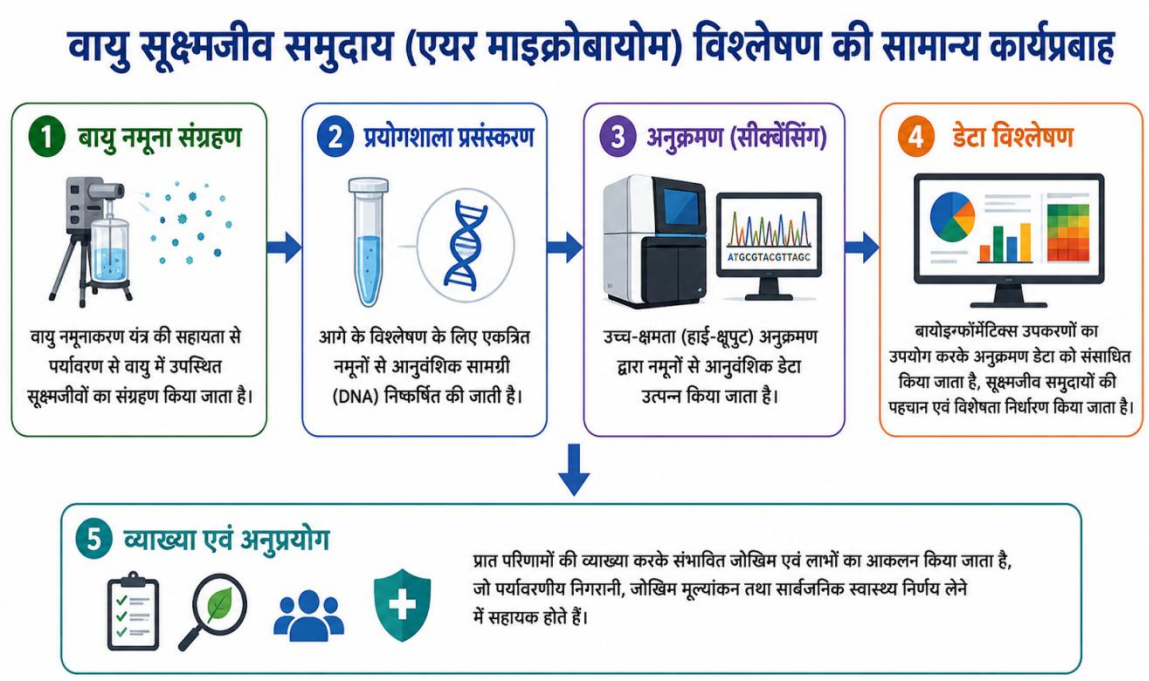
आधुनिक विज्ञान हवा को कैसे पढ़ता है?

पहले हवा में मौजूद सूक्ष्मजीवों का अध्ययन मुख्य रूप से उन्हें प्रयोगशाला में उगाकर किया जाता था। लेकिन आधुनिक **DNA sequencing और multi-omics** जैसी तकनीकों ने इस क्षेत्र को नई दिशा दी है।

अब हवा के नमूनों में मौजूद अनेक सूक्ष्मजीवों की पहचान उनके आनुवंशिक पदार्थ के आधार पर की जा सकती है, जिनमें से कई को प्रयोगशाला में उगाना कठिन या असंभव हो सकता है।

वायु नमूने से प्राप्त आनुवंशिक जानकारी का विश्लेषण करके वैज्ञानिक यह समझने का प्रयास करते हैं कि किसी वातावरण में कौन-कौन से सूक्ष्मजीव मौजूद हैं और उनकी विविधता किस प्रकार बदल रही है। ऐसी तकनीकें पर्यावरणीय निगरानी और संभावित स्वास्थ्य जोखिमों को समझने में उपयोगी हो सकती हैं **(चित्र 8)**।

Official Website
www.thescienceworld.net
thescienceworldmagazine@gmail.com
Published 25/07/2026



चित्र 8. वायु नमूने से मल्टी-ओमिक्स तक। आधुनिक sequencing तकनीकें हवा में मौजूद सूक्ष्मजीवों की व्यापक पहचान में मदद करती हैं।

क्या बायोएरोसोल से बचा जा सकता है?

बायोएरोसोल हमारे प्राकृतिक वातावरण का हिस्सा हैं, इसलिए उनसे पूरी तरह बचना संभव नहीं है। लेकिन अनावश्यक और अत्यधिक संपर्क को कम किया जा सकता है।

स्वच्छ वातावरण बनाए रखना, अत्यधिक धूल और नमी को नियंत्रित करना तथा पर्याप्त वायु-संचार रखना उपयोगी कदम हो सकते हैं। ऐसे स्थानों पर जहाँ जैविक कणों का स्तर अधिक हो सकता है, उचित व्यक्तिगत सुरक्षा उपाय भी महत्वपूर्ण हो सकते हैं। सबसे महत्वपूर्ण बात यह समझना है कि **हवा की गुणवत्ता केवल धूल और धुएँ से निर्धारित नहीं होती।** हवा में मौजूद जैविक कण भी पर्यावरण और स्वास्थ्य के बीच एक महत्वपूर्ण संबंध बनाते हैं।

अदृश्य कण, दिखाई देने वाला प्रभाव

बायोएरोसोल की दुनिया हमें यह समझाती है कि हमारे आसपास का वातावरण हमारी आँखों से दिखाई देने वाली चीजों से कहीं अधिक जटिल है। हवा केवल ऑक्सीजन और नाइट्रोजन का मिश्रण नहीं है; उसमें असंख्य सूक्ष्म कण और जैविक घटक भी मौजूद हो सकते हैं।

इनमें से अधिकांश हमारे प्राकृतिक वातावरण का सामान्य हिस्सा हैं। लेकिन कुछ परिस्थितियों में यही सूक्ष्म जैविक कण मानव स्वास्थ्य को प्रभावित कर सकते हैं। इसलिए बायोएरोसोल को समझना केवल वैज्ञानिक दृष्टि से महत्वपूर्ण नहीं है, बल्कि **स्वस्थ वातावरण और बेहतर जीवन के लिए भी आवश्यक है।**

Official Website
www.thescienceworld.net
thescienceworldmagazine@gmail.com
Published 25/07/2026

अगली बार जब हम खुली हवा में सांस लें, तो यह याद रखना उपयोगी होगा कि हमारे चारों ओर एक ऐसी अदृश्य दुनिया भी मौजूद है जिसे हम देख नहीं सकते—लेकिन जो हमारे पर्यावरण और स्वास्थ्य के साथ लगातार जुड़ी हुई है।

हवा दिखाई नहीं देती, लेकिन उसमें मौजूद सूक्ष्म जीवन की दुनिया हमारे चारों ओर हर समय मौजूद रहती है।

Official Website
www.thescienceworld.net
thescienceworldmagazine@gmail.com
Published 25/07/2026