मंगल जैसी मिट्टी की जैव-ईंटों पर परक्लोरेट का असर

विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी | शोध प्रकाशन: 29 जनवरी 2026 | मुख्य परीक्षा: सामान्य अध्ययन-तीन

खबरों में क्यों

अंतरिक्ष में निर्माण के लिए पृथ्वी से हर वस्तु ले जाना कठिन होगा। इसलिए स्थानीय मिट्टी जैसी सामग्री को उपयोगी संरचनाओं में बदलने के तरीके खोजे जा रहे हैं। एक नए भारतीय अध्ययन में जीवाणुओं की मदद से मंगल की सतह जैसी कृत्रिम सामग्री को बाँधने का परीक्षण हुआ। परिणाम ने एक दिलचस्प अंतर दिखाया: जिस परक्लोरेट ने जीवाणुओं की वृद्धि घटाई, उसी की उपस्थिति में कुछ मिश्रणों से बनी छोटी ईंटों की दाब सहने की क्षमता बढ़ी। यह मंगल पर निर्माण की सिद्ध तकनीक नहीं, पृथ्वी पर किया गया शुरुआती परीक्षण है।

प्लॉस वन में 29 जनवरी 2026 को प्रकाशित अध्ययन ने परक्लोरेट का एक जैव-सीमेंटीकरण सक्षम जीवाणु और मंगल की मिट्टी जैसी सामग्री से बने नमूनों पर असर जाँचा। भारतीय विज्ञान संस्थान तथा सहयोगी शोधकर्ताओं ने बेंगलुरु की मिट्टी से अलग किए गए स्पोरोसार्सिना समूह के जीवाणु का उपयोग किया। उसकी सहायता से कृत्रिम मंगल रेगोलिथ के कणों को जोड़ने की संभावना परखी गई।

अध्ययन का महत्त्व पदार्थ की मजबूती और जीवित कोशिकाओं की स्थिति को अलग-अलग देखने में है। जीवाणुओं की धीमी वृद्धि का अर्थ हर मिश्रण में कमजोर ईंट नहीं निकला। लेकिन मजबूत नमूने का अर्थ जीवाणुओं पर तनाव समाप्त होना भी नहीं है। परिणाम ग्वार गम और अन्य मिलाए गए पदार्थों की उपस्थिति पर निर्भर थे। इसलिए एक सरल, सार्वभौमिक निष्कर्ष निकालना उचित नहीं होगा।

स्थानीय संसाधन उपयोग क्या है?

इन-सिटू रिसोर्स यूटिलाइजेशन का अर्थ उपलब्ध स्थानीय संसाधनों का उपयोग है। अंतरिक्ष संदर्भ में इसका उद्देश्य कुछ सामग्री को गंतव्य पर प्राप्त या संसाधित करना है, ताकि पृथ्वी से भेजे जाने वाले सामान पर निर्भरता घट सके। रेगोलिथ किसी खगोलीय सतह पर मौजूद ढीले कणों और खनिज पदार्थ की परत है। इसे सीधे उपजाऊ कृषि मिट्टी का पर्याय नहीं मानना चाहिए।

PCSMANTRA.COM

इस अध्ययन ने वास्तविक मंगल से लाए नमूने नहीं इस्तेमाल किए। शोधकर्ताओं ने एमजीएस-1 नामक कृत्रिम रेगोलिथ में परक्लोरेट मिलाकर परीक्षण किया। ऐसी सामग्री नियंत्रित तुलना की सुविधा देती है, पर वास्तविक स्थल की हर खनिज विविधता और पर्यावरणीय कठिनाई को नहीं दोहराती। प्रयोगशाला में सफल पदार्थ को मंगल पर उपयोगी बताने से पहले इस अंतर को ध्यान में रखना आवश्यक है।

जीवाणु कणों को कैसे जोड़ते हैं?

प्रक्रिया में जीवाणु की यूरिया तोड़ने वाली गतिविधि का उपयोग होता है। उपयुक्त कैल्शियम स्रोत और अन्य परिस्थितियों में कैल्शियम कार्बोनेट जैसे खनिज अवक्षेप बन सकते हैं। ये कणों के बीच जुड़ाव में सहायता करते हैं। इसे सूक्ष्मजीव प्रेरित कैल्साइट अवक्षेपण आधारित जैव-सीमेंटीकरण कहा जाता है। यह पारंपरिक सीमेंट को हर स्थिति में सीधे बदल देने वाला तैयार विकल्प नहीं है।

शोध में पहले जीवाणु की संबंधित गतिविधि और अवक्षेप बनाने की क्षमता परखी गई। सूक्ष्मदर्शी तथा एक्स-रे विवर्तन जाँच से खनिज बनने के संकेत मिले। एक्स-रे विवर्तन में पदार्थ से टकराकर बिखरी एक्स-रे का पैटर्न देखकर उसकी क्रिस्टलीय संरचना पहचानी जाती है। जीवाणु को स्पोरोसार्सिना समूह के निकट पहचाना गया है; अध्ययन उसे निश्चित रूप से एक नई प्रजाति घोषित नहीं करता। आनुवंशिक निकटता, कार्यक्षमता और औपचारिक प्रजाति पहचान अलग प्रश्न हैं।

परक्लोरेट क्यों महत्त्वपूर्ण है?

परक्लोरेट एक ऋणावेशित आयन है जिसमें क्लोरीन के साथ चार ऑक्सीजन परमाणु होते हैं। मंगल की सतह के अध्ययन में इसके लवणों का पता चला है। इसकी उपस्थिति जीवाणुओं और जैविक पदार्थ के व्यवहार को प्रभावित कर सकती है। लेकिन किसी एक स्थल या परीक्षण की मात्रा को पूरे मंगल की समान संरचना नहीं मानना चाहिए। नए अध्ययन ने ईंट परीक्षण में एक प्रतिशत परक्लोरेट वाली स्थिति चुनी।

जीवाणु संबंधी अलग परीक्षणों में परक्लोरेट की मात्रा बढ़ने पर वृद्धि घटने और मृत कोशिकाओं के संकेत बढ़ने का परिणाम मिला। कोशिकाएँ आकार तथा समूह बनाने के तरीके में भी बदलीं। इससे स्पष्ट है कि उस जीवाणु के लिए यह पदार्थ तनावकारी था। इस निष्कर्ष को सभी सूक्ष्मजीवों के लिए पूर्ण निषेध या मंगल पर किसी भी जीवन की असंभवता का प्रमाण नहीं बनाया जा सकता।

कोशिकाओं का समूह और बाहरी मैट्रिक्स

परक्लोरेट के संपर्क में जीवाणु अधिक समूहित दिखे और कोशिका के बाहर मैट्रिक्स जैसा पदार्थ दिखाई दिया। मैट्रिक्स यहाँ कोशिकाओं से बाहर निकले पदार्थों के जाल जैसी संरचना है। शोधकर्ताओं ने कुछ छवियों में कोशिकाओं तथा अवक्षेप के बीच छोटे पुल जैसे संबंध देखे। इससे संभावना बनी कि बाहरी पदार्थ जुड़ाव या कोशिकाओं की प्रतिक्रिया में भूमिका निभाता है। लेकिन ऐसी तस्वीरें अपने आप पोषक पदार्थ के प्रवाह या किसी निश्चित संचार प्रक्रिया को सिद्ध नहीं करतीं।

PCSMANTRA.COM

लेख ने इसे बहुकोशिकीयता जैसा व्यवहार कहा है, वास्तविक कार्यात्मक बहुकोशिकीय जीव बनना नहीं। दृश्य समूह और संगठित विकासात्मक सहयोग में अंतर है। इसी तरह तनाव वाले मिश्रण में दिखे अतिरिक्त अकार्बनिक अवक्षेप की रासायनिक पहचान स्पष्ट नहीं हो सकी। इसलिए उसे निश्चित रूप से कैल्शियम क्लोराइड या कैल्साइट घोषित करना अनुचित होगा। सामान्य जैव-सीमेंटीकरण का खनिज परिणाम और यह अनपहचाना अवक्षेप अलग रखने चाहिए।

ईंटों की मजबूती में क्या मिला?

शोधकर्ताओं ने लगभग दो सेंटीमीटर आकार के घनाकार नमूनों पर संपीडन परीक्षण किया। ग्वार गम वाले जीवाणु मिश्रण में परक्लोरेट के साथ औसत संपीडन शक्ति 6.71 मेगापास्कल रही, जबकि संबंधित बिना परक्लोरेट मिश्रण में 3.07 मेगापास्कल थी। संपीडन शक्ति किसी पदार्थ की दबाव में टूटने से पहले भार सहने की क्षमता है; मेगापास्कल दबाव की इकाई है। ये विशेष मिश्रणों के प्रयोगशाला परिणाम हैं। इसे भवन की दीवार, सड़क या लैंडिंग पैड की प्रमाणित क्षमता नहीं समझना चाहिए।

ग्वार गम और निकल वाले जीवाणु मिश्रण में भी परक्लोरेट के साथ 5.77 मेगापास्कल तथा उसके बिना 4.4 मेगापास्कल दर्ज हुए। इससे दिखता है कि अतिरिक्त पदार्थों का प्रभाव सरल जोड़ जैसा नहीं है। निकल शामिल करने से हर संयोजन में सबसे अधिक शक्ति नहीं मिली। अधिक पदार्थ डालना हमेशा बेहतर परिणाम देगा, ऐसा नियम इस अध्ययन से नहीं निकलता।

पृथ्वी पर सामग्री की मजबूती बदलने वाले सहायक पदार्थों की अलग भूमिका समझने के लिए टेराजाइम और जैंथन गम के अध्ययन को भी पढ़ें। वह अलग सामग्री और अलग प्रयोग है, इस मंगल-सदृश मिश्रण का सत्यापन नहीं।

ग्वार गम और नियंत्रण परीक्षण

ग्वार गम एक प्राकृतिक चिपकने वाला पदार्थ है। इस अध्ययन में उसके बिना पर्याप्त मजबूत जैव-समेकित नमूने प्राप्त करना कठिन था। जीवाणु, परक्लोरेट और विभिन्न सहायक पदार्थों के अलग संयोजन बनाकर नियंत्रण तुलना की गई। ऐसी तुलना आवश्यक है, क्योंकि केवल अंतिम ईंट देखकर यह तय नहीं किया जा सकता कि मजबूती का कितना भाग जीवाणु, चिपकने वाले पदार्थ या अन्य प्रक्रियाओं से आया।

निकल को यूरिया विघटन प्रक्रिया के ज्ञात सहायक के रूप में शामिल किया गया था। लेकिन खबर को इस तरह पढ़ना गलत होगा कि परक्लोरेट का लाभ तभी मिला जब ग्वार गम और निकल दोनों अनिवार्य रूप से मौजूद थे। प्राथमिक परिणामों में ग्वार गम वाला, बिना निकल का मिश्रण भी मजबूत था। इसलिए निष्कर्ष में ग्वार गम की भूमिका और संयोजन पर निर्भरता को स्पष्ट रखना चाहिए।

मंगल पर उपयोग से पहले की दूरी

PCSMANTRA.COM

यह परीक्षण पृथ्वी की प्रयोगशाला में हुआ। इससे कम दबाव, अत्यधिक ताप परिवर्तन, विकिरण या मंगल के वास्तविक वातावरण में नियमित जैव-सीमेंटीकरण सिद्ध नहीं होता। संस्थान की जानकारी के अनुसार, अधिक मंगल-सदृश कार्बन डाइऑक्साइड वातावरण में आगे जाँच की योजना है। योजना को पूरा हो चुका प्रदर्शन नहीं कहना चाहिए। निर्माण के लिए पानी, पोषण और सहायक पदार्थों की उपलब्धता भी अलग प्रश्न है।

जैविक तनाव और पदार्थ की मजबूती के बीच कारण संबंध भी पूरी तरह स्पष्ट नहीं है। बाहरी मैट्रिक्स या अवक्षेप संभावित योगदानकर्ता हैं, अंतिम प्रमाणित कारण नहीं। लंबे समय तक टूट-फूट, तापीय चक्र, धूल और बार-बार भार के असर की जाँच आवश्यक होगी। एक बार का संपीडन परीक्षण पूर्ण संरचनात्मक सुरक्षा प्रमाणपत्र का स्थान नहीं ले सकता।

ग्रह संरक्षण और मुख्य परीक्षा

पृथ्वी के जीवाणुओं को दूसरे ग्रह पर इस्तेमाल करने का विचार केवल इंजीनियरिंग प्रश्न नहीं है। ग्रह संरक्षण का उद्देश्य पृथ्वी के जीवन से दूसरे खगोलीय पिंडों के संदूषण को नियंत्रित करना और लौटाए नमूनों से पृथ्वी की सुरक्षा करना भी है। अनियंत्रित जीवाणु फैलाव भविष्य में वहाँ जीवन खोजने के वैज्ञानिक परिणामों को भ्रमित कर सकता है। इसलिए किसी संभावित उपयोग को सुरक्षा समीक्षा और नियंत्रित प्रणालियों से जोड़ना होगा।

मुख्य परीक्षा में यह उदाहरण अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी, जैव प्रौद्योगिकी और संसाधन दक्षता को जोड़ सकता है। उत्तर में उपलब्धि को कृत्रिम सामग्री पर सीमित प्रयोग के रूप में रखें। उसके बाद अतिरिक्त संसाधनों की जरूरत, जैविक सुरक्षा और संरचनात्मक सत्यापन लिखें। अध्ययन ने न तो मंगल पर जीवन खोजा है, न वहाँ निर्माण की अनुमति या तैयार व्यावसायिक प्रक्रिया प्रदान की है।

आगे की राह

अगली जाँच यह स्पष्ट करेगी कि जीवाणु द्वारा निकला बाहरी पदार्थ और अनपहचाना अवक्षेप मजबूती में कितना योगदान देते हैं। इसके लिए रासायनिक पहचान, जैविक गतिविधि और यांत्रिक परीक्षणों को साथ देखना होगा। अलग रेगोलिथ संरचनाओं तथा परक्लोरेट के अलग स्तरों पर परिणाम दोहराना भी आवश्यक है। एक मिश्रण की सफलता को पूरे ग्रह की सामग्री पर लागू नहीं किया जा सकता।

बड़े नमूने, टिकाऊपन, नियंत्रित जैविक प्रणालियाँ और वास्तविक उपयोग की संसाधन लागत अगला स्तर होंगे। अभी सबसे उपयोगी सीख यह है कि तनावकारी रसायन का कोशिका और समेकित पदार्थ पर प्रभाव अलग हो सकता है। इस विरोधाभास को समझना अंतरिक्ष निर्माण के लिए रोचक है, लेकिन मंगल पर सुरक्षित और नियमित निर्माण का दावा करने के लिए प्रमाण अभी पर्याप्त नहीं हैं।

मुख्य परीक्षा अभ्यास: स्थानीय संसाधनों से अंतरिक्ष में निर्माण के संदर्भ में जैव-सीमेंटीकरण की संभावनाओं और सीमाओं पर चर्चा कीजिए। मंगल-सदृश कृत्रिम रेगोलिथ पर परक्लोरेट के अध्ययन से क्या सीख मिलती है? (250 शब्द)

स्रोत: प्रकाशित शोध | प्रकाशक का संशोधन | भारतीय विज्ञान संस्थान | नासा: परक्लोरेट का संदर्भ | नासा: ग्रह संरक्षण

PCSMANTRA.COM