

ग्रीन टेक्नोलॉजी द्वारा सतत् मृदा प्रदूषण शोधन: स्वस्थ मिट्टी और सुरक्षित भविष्य की ओर
अजीत कुमार¹, कुमारी सुनीता², डा. कमलेश कुमार सिंह³, डॉ. संजय कुमार सिंह³ और महेश कुमार⁴

प्रस्तावना: मिट्टी—जीवन का अनदेखा आधार

मिट्टी को “अनंत जीवन की आत्मा” कहा जाता है, क्योंकि यही वह माध्यम है जो पौधों को सहारा देती है, जल को संजोती है, अपशिष्ट पदार्थों को विघटित करती है और लाखों सूक्ष्मजीवों का घर है। लेकिन बढ़ती शहरीकरण, औद्योगिक गतिविधियों और तीव्र कृषि प्रथाओं ने इस कीमती संसाधन को प्रदूषण के गंभीर खतरे में डाल दिया है। औद्योगिक अपशिष्टों और अपशिष्ट जल के माध्यम से क्रोमियम, जिंक, कैडमियम, लेड, निकेल जैसे भारी धातुओं की मात्रा मिट्टी में तेजी से बढ़ रही है। ये प्रदूषक न केवल मिट्टी को नुकसान पहुँचाते हैं बल्कि भूजल, फसलों और अंततः हमारे भोजन में प्रवेश कर मानव स्वास्थ्य को भी प्रभावित करते हैं। विश्व में औद्योगिक रसायनों का उत्पादन लगातार बढ़ रहा है, जिससे आने वाले वर्षों में प्रदूषण की समस्या और भी बढ़ने की आशंका है। ऐसे में मिट्टी शोधन अत्यंत आवश्यक हो गया है।

सतत् मिट्टी शोधन क्या है?

सतत् मृदा शोधन का अर्थ है ऐसी सफाई तकनीकों को अपनाना जो पर्यावरण, समाज और अर्थव्यवस्था—तीनों के संतुलन को बनाए रखें। इसका उद्देश्य है: पर्यावरण को हानि पहुँचाए बिना प्रदूषण कम

करना; लागत को कम रखना; स्थानीय समुदायों और पारिस्थितिकों को लाभ पहुँचाना। परंपरागत विधियाँ जैसे खुदाई, रासायनिक धुलाई या भारी मशीनरी का उपयोग मिट्टी की संरचना को नुकसान पहुँचा सकती हैं। इसके विपरीत सतत् और हरित तकनीकें प्राकृतिक प्रक्रियाओं का उपयोग करके प्रदूषण कम करती हैं।

प्रमुख सतत् शोधन तकनीकें

- ☞ थर्मल रेमेडिएशन – गर्मी द्वारा प्रदूषक हटाना
 - ☞ बायोरिमेडिएशन – सूक्ष्मजीवों द्वारा प्रदूषण विघटित करना
 - ☞ माइकोरिमेडिएशन – फफूंद आधारित शोधन
 - ☞ फाइटोरिमेडिएशन (ग्रीन टेक्नोलॉजी) – पौधों द्वारा प्रदूषण अवशोषण या निष्क्रियकरण
- इन सभी में फाइटोरिमेडिएशन सबसे सरल, सस्ता और पर्यावरण-अनुकूल विकल्प माना जाता है।

फाइटोरिमेडिएशन: प्रदूषण सफाई की प्राकृतिक तकनीक

फाइटोरिमेडिएशन में ऐसी विशेष पौधों को प्रदूषित मिट्टी में उगाया जाता है जो भारी धातुओं, कीटनाशकों, हाइड्रोकार्बन, लवण और अन्य प्रदूषकों को अवशोषित कर अपने ऊतकों में जमा कर लेते हैं। प्रमुख

अजीत कुमार¹, कुमारी सुनीता², डा. कमलेश कुमार सिंह³, डॉ. संजय कुमार सिंह³ और महेश कुमार⁴

¹सहायक प्राध्यापक-सह-वैज्ञानिक (मृदा विज्ञान - मृदा सूक्ष्मजीव), सूक्ष्म जीव विज्ञान विभाग, आधार विज्ञान एवं मानविकी महाविद्यालय

²सहायक प्राध्यापक-सह-वैज्ञानिक (खाद्य एवं पोषण विभाग), सामुदायिक विज्ञान महाविद्यालय

³सहायक प्राध्यापक-सह-वैज्ञानिक (मृदा विज्ञान विभाग), तिरहुत कृषि महाविद्यालय, ढोली, मुजफ्फरपुर

⁴सह प्राध्यापक- वरीय-वैज्ञानिक] (कृषि सांख्यिकी), सांख्यिकी एवं संगणक विभाग, आधार विज्ञान एवं मानविकी महाविद्यालय डॉ. राजेंद्र प्रसाद केंद्रीय कृषि विश्वविद्यालय, पूसा (समस्तीपुर)-848125, बिहार

प्रदूषक-संग्रह करने वाले पौधे: *Brassica juncea* (सरसों); *Helianthus annuus* (सूरजमुखी); *Vetiveria zizanioides* (खस/वेटिवर); *Zea mays* (मक्का); *Populus spp.* (पॉपलर); *Eichhornia crassipes* (जलकुंभी)। ये पौधे मिट्टी से विषैले तत्वों को जड़ों द्वारा अवशोषित करके पत्तियों, तनों या जड़ों में जमा कर लेते हैं। मिट्टी में मौजूद प्रदूषक ऐसे पौधों द्वारा हटाए जाते हैं और बाद में उनका सुरक्षित निपटान किया जाता है।

ग्रीन टेक्नोलॉजी कैसे काम करती है?

फाइटोरिमेडिएशन कई क्रियाविधियों के माध्यम से मिट्टी और पानी को साफ करती है:

- फाइटोएक्सट्रैक्शन:** पौधे भारी धातुओं को अवशोषित करके अपने ऊतकों में जमा करते हैं। यह तकनीक धातु-प्रदूषित मिट्टी के लिए अत्यंत उपयोगी है।
- फाइटोडिग्रेडेशन:** पौधों के एंजाइम्स की मदद से कार्बनिक प्रदूषक (जैसे कीटनाशक) टूटकर हानिरहित पदार्थों में बदल जाते हैं।
- फाइटोस्टेबिलाइज़ेशन:** जड़ों मिट्टी में मौजूद विषैले तत्वों को स्थिर बनाकर उनकी गतिशीलता और उपलब्धता कम कर देती हैं। इससे प्रदूषक भूजल में नहीं फैलते।
- फाइटोबोलैटिलाइज़ेशन:** कुछ पौधे प्रदूषकों को गैसीय रूप में परिवर्तित करके वातावरण में छोड़ देते हैं।
- फाइटोडीसलिनेशन:** लवण-सहिष्णु पौधे (हैलोफाइट) मिट्टी से अतिरिक्त लवण हटाते हैं और मिट्टी की उत्पादकता बढ़ाते हैं।

अन्य हरित शोधन तकनीकें

राइजोफिल्ट्रेशन: जलीय पौधे प्रदूषित पानी से धातुएँ और विषैले तत्व अवशोषित करते हैं।

राइजोडिग्रेडेशन: जड़ों के आसपास के सूक्ष्मजीव कार्बनिक प्रदूषकों को विघटित करते हैं। यह प्रक्रिया कीटनाशक, PAHs और PCB प्रदूषण के लिए अत्यंत प्रभावी है।

वर्मिरिमेडिएशन: केंचुए प्रदूषित मिट्टी में मौजूद कार्बनिक प्रदूषकों को विघटित करते हैं और भारी धातुओं को अपने शरीर में जमा करते हैं। यह तकनीक सस्ती, सरल और किसान-हितैषी है।

ग्रीन टेक्नोलॉजी क्यों है भविष्य की जरूरत?

ग्रीन टेक्नोलॉजी कई कारणों से तेजी से लोकप्रिय हो रही है: पर्यावरण-अनुकूल और सुरक्षित; किफायती तथा कम रख-रखाव वाली; मिट्टी की संरचना और उर्वरता को सुधारती है; जैव विविधता को बढ़ावा देती है; लैंडस्केप सुंदर और आकर्षक बनाती है; ग्रामीण व शहरी समुदायों के लिए उपयुक्त। बढ़ते प्रदूषण, बदलती जलवायु और खाद्य सुरक्षा जैसी वैश्विक समस्याओं के समाधान में यह तकनीक अत्यंत महत्वपूर्ण है।

ग्रीन टेक्नोलॉजी लागू करने के लिए आवश्यक रणनीतियाँ

सफल शोधन के लिए कुछ महत्वपूर्ण उपाय हैं:

पर्यावरण जागरूकता और सामुदायिक सहभागिता; पौधारोपण और वनीकरण; एकीकृत पोषण प्रबंधन; जैविक खाद, कम्पोस्ट और अवशेष प्रबंधन; मिट्टी जैविक गुणों में सुधार; शहरी अपशिष्ट प्रबंधन; मिट्टी में कार्बन बढ़ाने के नियमित प्रयास। शोधन की प्रभावशीलता कई कारकों पर निर्भर करती है, जैसे—पौधों की प्रजाति, प्रदूषक की प्रकृति, मिट्टी के गुण, धातुओं की उपलब्धता, तथा पर्यावरणीय परिस्थितियाँ।

निष्कर्ष: आने वाली पीढ़ियों के लिए स्वच्छ मिट्टी मिट्टी हमारे लिए केवल एक माध्यम नहीं, बल्कि जीवन का आधार है। इसकी सुरक्षा और शुद्धता हमारे

भविष्य की सुरक्षा है। स्थानीय समुदायों की भागीदारी, जिम्मेदार अपशिष्ट प्रबंधन और हरित तकनीकों के उपयोग से हम मिट्टी में बढ़ते प्रदूषण को काफी हद तक नियंत्रित कर सकते हैं। फाइटोरिमेडिएशन जैसी हरित तकनीकें न सिर्फ किफायती और सुंदर हैं, बल्कि पर्यावरण और मानव स्वास्थ्य दोनों के लिए उपयोगी हैं। इन तकनीकों के माध्यम से हम आने वाली पीढ़ियों को स्वच्छ, सुरक्षित और उपजाऊ मिट्टी देकर एक स्वस्थ पर्यावरण का निर्माण कर सकते हैं।

