

कृषक ज्योति



भाग -1, अंक 2 जनवरी-2026

त्रैमासिक पत्रिका



संपादक - मंडल

डॉ. राजेंद्र प्रसाद मुख्य संपादक

editorinchief@krishakjyoti.in
प्रोफेसर, उद्यान विज्ञान विभाग,
कुलभास्कर आश्रम PG कॉलेज
प्रयागराज, उत्तर प्रदेश

सौम्या तिवारी संपादक

editor@krishakjyoti.in
प्रबंधन अध्ययन विद्याशाखा उत्तर प्रदेश
राजर्षि टंडन मुक्त विश्वविद्यालय,
प्रयागराज

डॉ. अनुराग रजनीकांत तायडे संपादक

editor@krishakjyoti.in
सहायक प्रोफेसर कीट विज्ञान विभाग,
शुआट्स, प्रयागराज, उत्तर प्रदेश

डॉ. अमित कुमार संपादक

editor@krishakjyoti.in
सहायक प्रोफेसर कृषि अर्थशास्त्र विभाग,
SHUATS, प्रयागराज, उत्तर प्रदेश

निखिल तिवारी श्रीदत्त सह-संपादक

coeditor@krishakjyoti.in
टीचिंग एसोसिएट कृषि विस्तार एवं संचार
विभाग, शुआट्स,
प्रयागराज, उत्तर प्रदेश



प्रकाशक
डॉ. राजेन्द्र प्रसाद

पत्रिका का प्रकार - हिंदी, त्रैमासिक पत्रिका, कृषि पत्रिका

पंजीकृत कार्यालय - 4/4सी, म्योर रोड, इलाहाबाद, इलाहाबाद,
उत्तर प्रदेश -211002

Website - www.krishakjyoti.in

E-mail - editorinchief@krishakjyoti.in

Contact - 9450681433



भारी धातुओं से प्रदूषित मृदा का फाइटोरिमेडिएशन (एक पर्यावरण-अनुकूल एवं सतत् दृष्टिकोण)

हिमांचल विश्वकर्मा

एग्रोनॉमिस्ट

सपोर्ट सर्विसेज प्राइवेट लिमिटेड

वाटिका टावर, गुरुग्राम, सेक्टर 54, हरियाणा, भारत

प्रस्तावना

भारी धातुओं द्वारा मृदा प्रदूषण आज विश्व-स्तरीय पर्यावरणीय समस्या है। सीसा (Pb), कैडमियम (Cd), आर्सेनिक (As), पारा (Hg), क्रोमियम (Cr) जैसी धातुएँ औद्योगिक गतिविधियों, खनन, धातु गलाने की इकाइयों, कीटनाशकों के अत्यधिक उपयोग, सीवेज स्लज तथा अपशिष्टों के अनुचित निपटान के कारण मिट्टी में एकत्रित हो जाती हैं।

कार्बनिक प्रदूषकों, रेडियोन्यूक्लाइड्स और संभावित विषैले तत्वों के कारण होने वाला पर्यावरणीय प्रदूषण जीवमंडल (जल, वायु और मृदा) की गुणवत्ता को प्रभावित करता है। तीव्र औद्योगिक विकास, खनन, कृषि में उपयोग होने वाले पदार्थ, अपशिष्ट जल और औद्योगिक अपशिष्टों का मृदा में प्रयोग, ये सभी प्रदूषण में योगदान करते हैं। इन बहुमूल्य संसाधनों के उपचार के साथ-साथ नए प्रदूषकों की रोकथाम, स्वास्थ्य पर नकारात्मक प्रभावों से बचने के लिए लंबे समय से आवश्यक रही है।

पर्यावरणीय प्रदूषकों के उपचार के लिए कई रणनीतियाँ अपनाई गई हैं। इस समीक्षा में, प्रदूषकों को हटाने के लिए पादप प्रौद्योगिकी के अनुप्रयोग और उनके अंतर्निहित तंत्रों (पादप निष्कर्षण/पादप संचय,

पादप रूपांतरण, पादप उत्तेजना, पादप वाष्पीकरण, पादप अपघटन और पादप स्थिरीकरण) का उपयोग किया जाता है।

**भारी धातुओं के प्रमुख स्रोत निम्नलिखित हैं: -
औद्योगिक स्रोत**

खनन और धातु गलाने की इकाइयाँ रासायनिक उद्योग बैटरी, पेंट और इलेक्ट्रॉनिक उपकरण निर्माण टैनरी (चमड़ा उद्योग)

कृषि स्रोत

- रासायनिक उर्वरक
- कीटनाशक और शाकनाशी
- सीवेज स्लज का उपयोग
- घरेलू एवं शहरी स्रोत
- सीवेज और कचरा
- प्लास्टिक और इलेक्ट्रॉनिक कचरा
- पुराने पेंट (जिनमें सीसा होता है)

- प्राकृतिक स्रोत
- ज्वालामुखी विस्फोट
- चट्टानों का अपक्षय
- वनाग्नि (Forest fire)
- परिवहन स्रोत
- पेट्रोल/डीज़ल का धुआँ
- टायर और ब्रेक के घिसाव से निकलने वाले कण

फाइटरिमेडिएशन पर्यावरण सुधार की एक प्राकृतिक एवं जैविक प्रक्रिया है, जिसमें पौधों का उपयोग करके प्रदूषित मिट्टी, पानी और हवा को शुद्ध किया जाता है। यह ग्रीक शब्द "फाइटो" (पौधा) और लेटिन शब्द "रेमेडियम" (सुधार) से मिलकर बना है।

जैविक प्रदूषकों के विपरीत, भारी धातुएँ समय के साथ नष्ट नहीं होतीं। वे मिट्टी में लंबे समय तक बनी रहती हैं, खाद्य श्रृंखला में प्रवेश करती हैं, भूजल को प्रदूषित करती हैं तथा मानव, पशु और पारिस्थितिकी तंत्र के लिए गंभीर खतरा उत्पन्न करती हैं। ऐसी स्थिति में फाइटरिमेडिएशन (Phytoremediation) एक हरित, किफायती और सतत् तकनीक के रूप में उभरती है, जिसमें पौधों की सहायता से प्रदूषकों को हटाया या निष्क्रिय किया जाता है। फाइटरिमेडिएशन एक ऐसी जैव-प्रौद्योगिकीय विधि है जिसमें पौधों तथा उनके साथ रहने वाले सूक्ष्मजीवों की सहायता से मृदा, जल या वायु में उपस्थित प्रदूषकों को अवशोषित, संचित, स्थिर, अथवा कम विषैले रूप में परिवर्तित किया जाता है।

भारी धातुओं के लिए फाइटरिमेडिएशन के प्रकार

फाइटोएक्सट्रैक्शन

पौधे अपनी जड़ों द्वारा धातुओं को अवशोषित करते हैं। धातुएँ तनों एवं पत्तियों में स्थानांतरित हो जाती हैं। उपरी भाग की कटाई कर सुरक्षित निपटान किया जाता है। इसे फाइटोअक्यूमुलेशन भी कहा जाता है। उपयुक्त धातुएँ जैसे: सीसा (Pb), कैडमियम (Cd), क्रोमियम (Cr) और आर्सेनिक (As) इत्यादि।

फाइटोस्टेबिलाइजेशन

पौधे धातुओं को मिट्टी में स्थिर कर देते हैं। भूजल में रिसाव को रोकते हैं। मिट्टी के कटाव और धूल के प्रसार को कम करते हैं। उपयुक्त धातुएँ: सीसा (Pb), कैडमियम (Cd), क्रोमियम (Cr) और आर्सेनिक (As) इत्यादि। राइजोफिल्ट्रेशन (Rhizofiltration) पौधों की जड़ें प्रदूषित जल से धातुओं को अवशोषित करती हैं। अपशिष्ट जल उपचार में उपयोगी।

फाइटोवोलेटिलाइजेशन

पौधे कुछ धातुओं को अवशोषित कर वाष्पीय रूप में वातावरण में छोड़ते हैं। एक पादपउपचार प्रक्रिया है, जिसमें पौधे अपनी जड़ों के माध्यम से मिट्टी या पानी से प्रदूषकों (जैसे भारी धातुएँ, आर्सेनिक) को अवशोषित करते हैं और फिर उन्हें अपनी पत्तियों के माध्यम से वाष्प के रूप में वायुमंडल में छोड़ देते हैं। यह तकनीक दूषित स्थलों को साफ करने का एक हरित और सतत तरीका है।

फाइटोडिग्रेडेशन

फाइटोडिग्रेडेशन में किसी विशेष प्रदूषक को हटाने के लिए उसकी विघटन क्षमता के आधार पर एक विशेष पौध प्रजाति का उपयोग किया जाता है। पौधे वास्तव में अपने ऊतकों (tissues) के अंदर प्रदूषकों का चयापचय (metabolize) करते हैं और उन्हें तोड़कर कम हानिकारक रूप में बदल देते हैं।

कुछ विशेष पौधे भारी धातुओं को अत्यधिक मात्रा में संचित करने की क्षमता रखते हैं, जिन्हें हाइपरअक्यूमुलेटर कहा जाता है।

उदाहरण:

- गेंदा (टैगेटेस इरेक्टा)– Cd, Pb और Cr.
- सूरजमुखी (हेलिअंथस एनस) – Pb, Cd और Zn.
- सरसों (ब्रासिका जुनसिया) – Pb और Cd.
- बथुआ (चेनोपोडियम एल्बम) – Cd, Pb, Hg और Cr.
- पालक (स्पिनैसिया ओलेरासिया)- Pb और Cd.
- चौलाई (अमरंथस वर्डिस) - Pb और Cd.
- मकोय (सोलनम निगराम) – Pb, Cr और Cd.
- मेथी (ट्राइगोनेला फोएनम-ग्रेकम) - Pb, Cr और Cd इत्यादि

इन पौधों का उपयोग व्यावहारिक स्तर पर प्रदूषित भूमि के उपचार में किया जाता है।

फाइटोरिमेडिएशन के लाभ

पर्यावरण-अनुकूल एवं सुरक्षित

कम लागत बड़े क्षेत्रों के लिए उपयुक्त भूमि की उर्वरता में सुधार पारिस्थितिक संतुलन बनाए रखने में सहायक सौंदर्यात्मक रूप से भी उपयोगी कचरे की मात्रा में कमी ऊर्जा का उपयोग न्यूनतम मृदा व्यवधान दूषित भूजल नियंत्रण

फाइटोरिमेडिएशन के सीमाएँ हैं –

- जैसे उपचार में अधिक समय लगना एवं पौधों की चयनात्मक क्षमता यह एक प्राकृतिक तरीका है, इसलिए परिणाम आने में महीनों या सालों का समय लग सकता है।

- सीमित गहराई पौधों की जड़ें जितनी गहराई तक जाती हैं, उतनी ही गहराई तक प्रदूषण साफ हो पाता है। गहरे स्तर का प्रदूषण साफ करना कठिन होता है।
- सभी प्रदूषकों पर प्रभावी नहीं कुछ भारी धातुएँ या जटिल रसायन पौधों द्वारा आसानी से अवशोषित नहीं होते।
- बायोमास का निपटान प्रदूषक सोख लेने के बाद पौधे खुद दूषित हो जाते हैं। इन पौधों का सुरक्षित निपटान करना जरूरी होता है, वरना प्रदूषण फिर फैल सकता है।
- जलवायु और मिट्टी पर निर्भरता यह तकनीक मौसम, मिट्टी की गुणवत्ता और पौधों की वृद्धि पर निर्भर करती है। हर जगह समान परिणाम नहीं मिलते।
- बड़े पैमाने पर सीमाएँ बहुत अधिक प्रदूषित क्षेत्रों में यह अकेले पर्याप्त नहीं होती।

निष्कर्ष –

- फाइटोरिमेडिएशन भारी धातुओं से प्रदूषित मिट्टी के उपचार के लिए एक प्रभावी, किफायती और पर्यावरण-अनुकूल तकनीक है। यद्यपि यह पारंपरिक विधियों की तुलना में धीमी है, फिर भी दीर्घकालिक एवं सतत् समाधान के रूप में इसकी उपयोगिता अत्यंत महत्वपूर्ण है।
- भारी धातुओं से प्रदूषित मृदा एक गंभीर पर्यावरणीय समस्या है, जो मानव स्वास्थ्य, कृषि उत्पादकता एवं पारिस्थितिक संतुलन के लिए खतरा उत्पन्न करती है। प्रस्तुत अध्ययन से यह स्पष्ट होता है कि फाइटोरिमेडिएशन एक

प्रभावी, कम लागत एवं पर्यावरण-अनुकूल तकनीक है, जो मृदा से भारी धातुओं को हटाने या निष्क्रिय करने में सक्षम है। यद्यपि इस तकनीक की कुछ सीमाएँ हैं, जैसे उपचार में अधिक समय लगना एवं

पौधों की चयनात्मक क्षमता, तथापि उचित पौध प्रजातियों के चयन एवं वैज्ञानिक प्रबंधन द्वारा इन बाधाओं को काफी हद तक कम किया जा सकता है।

अतः फाइटरिमेडिएशन को सतत् विकास की दिशा में एक महत्वपूर्ण कदम के रूप में अपनाया जाना चाहिए, विशेषकर विकासशील देशों में जहाँ आर्थिक एवं पर्यावरणीय दोनों प्रकार की चुनौतियाँ विद्यमान हैं।