

Lecture notes: Phyto technology

What is Phytotechnology: Phytotechnology refers to the use of plants & plant – based systems to address environmental problems through sustainable & often green methods. It combines knowledge from plant science, biotechnology & environmental engineering.

“Phyto” [plant] + “Technology” [application of science to solve problem]

Introduction

Phytotechnology is an innovative, eco-friendly approach that utilizes green plants & their associated micro-organisms to remediate contaminated environments & manage pollutants in soil, water, & air. It offers a sustainable alternative to conventional physical & chemical remediation techniques.

It is also known as “Phytoremediation”, is a sustainable & cost-effective approach that uses plants to remove, degrade or contain contaminants in soil, water & air. It leverages the natural processes of plants like phytoextraction, phytodegradation & phytovolatilization, to address environmental pollution.

Principle: Phytotechnology works on the principle of using plants & their associated micro-organisms to absorb, accumulate, degrade, or stabilize pollutants from soil, water or air. These plants naturally interact with contaminants through processes like uptake, transformation or containment, making the environment cleaner in a sustainable & eco-friendly way.

These plants-based strategies are typically:-

1. Environmentally friendly [green technology].
2. Cost-effective compared to physical/chemical methods.
3. Capable of large-scale application.
4. Aesthetic & biodiversity-enhancing.

Types:-

TYPES	MECHANISM	FUNCTION
• Phytoremediation	Umbrella term	Using plants to remove, degrade, or neutralize pollutants.

<ul style="list-style-type: none"> • Phytoextraction 	Absorption	Plants take up heavy metals or nutrients into shoots/leaves.
<ul style="list-style-type: none"> • Phytostabilization 	Immobilization	Plants reduce mobility of contaminants in soil/sediment.
<ul style="list-style-type: none"> • Phytodegradation/ Phytotransformation 	Breakdown	Plants break down organic pollutants [e.g., pesticides, solvents].
<ul style="list-style-type: none"> • Phytovolatilization 	Evaporation	Plants absorb & release contaminants as vapors. [e.g., selenium, mercury].

Mechanisms of Action:-

1. Phytosequestration/ Phytoextraction
2. Rhizodegradation/ Phytostimulation
3. Phytovolatilization
4. Phytodegradation

Phytosequestration:-

1. Ability of plants to sequester certain contaminants in root zone.
2. Contamination can also be taken up by the route and stored in the vacuoles in the root system.
3. The transport proteins associated with the root also can irreversibly bind and stabilize target contaminants.
4. Contaminants are taken into the plant.
5. The plant material is then removed and safely stored or destroyed.
6. Mainly applied to metals (Cd, Ni, Zn, Cu, Pb) but can also be used for other elements (Se, As) & organic compounds.

7. This technique preferentially uses hyper accumulator plants, that have the ability to store high conc. Of specific metals in their aerial parts [0.01% to 1% dry weight, depending on the metals].
8. 8. *Elsholtzia splendens*, *Alyssum bertolonii*, *Thlaspi caerulescens* & *Pteris vittata* are known example of hyperaccumulator plants for Cu, Ni, Zn/Cd & As, respectively.

Importance

1. Eco friendly and cost-effective.
2. Enhances soil and water quality.
3. Supports biodiversity.
4. Reduces reliance on chemical or mechanical remediation.

Applications

1. **Soil remediation**:- Using Indian mustard to extract lead from contaminated soil.
2. **Water purification**:- Floating wetlands with “*Phragmites australis*” (reeds) for wastewater treatment.
3. **Agricultural runoff management**:- Buffer strips of vegetation reduce nitrate/phosphate pollution.
4. **Radiation clean-up**:- Sunflowers have been used to observed radioactive isotopes from contaminated water (e.g., Chernobyl, Fukushima).

Limitations:-

1. Slow remediation process.
2. Limited to shallow contamination zones.
3. May require long-term maintenance.
4. Risk of bioaccumulation in the food chain.
5. Seasonal & climate-dependent effectiveness.

व्याख्यान नोट: फाइटो प्रौद्योगिकी

फाइटोटेक्नोलॉजी क्या है: फाइटोटेक्नोलॉजी, पर्यावरणीय समस्याओं के समाधान के लिए पौधों और पादप-आधारित प्रणालियों के उपयोग को स्थायी और प्रायः हरित तरीकों से संदर्भित करती है। यह पादप विज्ञान, जैव प्रौद्योगिकी और पर्यावरण इंजीनियरिंग के ज्ञान को जोड़ती है।

“फाइटो” [पौधा] + “प्रौद्योगिकी” [समस्या को हल करने के लिए विज्ञान का अनुप्रयोग]

परिचय

फाइटोटेक्नोलॉजी एक नवोन्मेषी, पर्यावरण-अनुकूल दृष्टिकोण है जो दूषित वातावरण को सुधारने और मिट्टी, पानी और हवा में प्रदूषकों के प्रबंधन के लिए हरे पौधों और उनसे जुड़े सूक्ष्म जीवों का उपयोग करता है। यह पारंपरिक भौतिक और रासायनिक उपचार तकनीकों का एक स्थायी विकल्प प्रदान करता है।

इसे "फाइटोरेमेडिएशन" के रूप में भी जाना जाता है, यह एक स्थायी और लागत प्रभावी दृष्टिकोण है जो मिट्टी, पानी और हवा में दूषित पदार्थों को हटाने, विघटित करने या रोकने के लिए पौधों का उपयोग करता है। यह पर्यावरण प्रदूषण को दूर करने के लिए फाइटोएक्सट्रैक्शन, फाइटोडिग्रेडेशन और फाइटोवाल्टिलाइजेशन जैसी पौधों की प्राकृतिक प्रक्रियाओं का लाभ उठाता है।

सिद्धांत: फाइटोटेक्नोलॉजी मिट्टी, पानी या हवा से प्रदूषकों को अवशोषित करने, संचित करने, विघटित करने या स्थिर करने के लिए पौधों और उनसे जुड़े सूक्ष्म जीवों का उपयोग करने के सिद्धांत पर काम करती है। ये पौधे स्वाभाविक रूप से अवशोषण, परिवर्तन या रोकथाम जैसी प्रक्रियाओं के माध्यम से प्रदूषकों के साथ परस्पर क्रिया करते हैं, जिससे पर्यावरण एक स्थायी और पर्यावरण-अनुकूल तरीके से स्वच्छ बनता है।

ये पादप-आधारित रणनीतियाँ आम तौर पर हैं:-

1. पर्यावरण के अनुकूल [हरित प्रौद्योगिकी]।
2. भौतिक/रासायनिक विधियों की तुलना में लागत प्रभावी।
3. बड़े पैमाने पर अनुप्रयोग में सक्षम।
4. सौंदर्यपरक और जैव विविधता बढ़ाने वाली।

कार्रवाई के तंत्र:-

1। फाइटोसेक्ट्रेशन/ फाइटोएक्सट्रैक्शन

2। प्रकंद अपघटनफाइटोस्टिम्यूलेशन /

3। फाइटोवोलैटिज़ेशन

4। फाइटोडेग्राडेशन

फाइटोसेक्ट्रेशन:-

1. पौधों की जड़ क्षेत्र में कुछ संदूषकों को अलग करने की क्षमता।
2. संदूषण को जड़ प्रणाली में रिक्तिकाओं में मार्ग और संचय द्वारा भी लिया जा सकता है।
3. जड़ से जुड़े परिवहन प्रोटीन भी लक्ष्य संदूषकों को अपरिवर्तनीय रूप से बाँध और स्थिर कर सकते हैं।
4. संदूषकों को पौधे में ले जाया जाता है।
5. फिर पौधे की सामग्री को हटा दिया जाता है और सुरक्षित रूप से संग्रहीत या नष्ट कर दिया जाता है।
6. मुख्य रूप से धातुओं (Cd, Ni, Zn, Cu, Pb) पर लागू होता है, लेकिन अन्य तत्वों (Se, As) और कार्बनिक यौगिकों के लिए भी इस्तेमाल किया जा सकता है।
7. इस तकनीक में मुख्य रूप से हाइपर एक्युमलेटर पौधों का उपयोग किया जाता है, जिनमें उच्च सांद्रता संग्रहीत करने की क्षमता होती है। अपने हवाई भागों में विशिष्ट धातुओं की धातुओं के आधार पर]0.01% से 1% शुष्क भारा।
8. एल्शोलिट्ज़िया स्प्लेंडेस, एलिसम बर्टोलोनी, थ्लास्पी कैरलेसेन्स और टेरिस विट्टाटा क्रमशः Cu, Ni, Zn/Cd और As के लिए हाइपरकेमुलेटर पौधों के ज्ञात उदाहरण हैं।

महत्व

1. पर्यावरण अनुकूल और लागत प्रभावी।
2. मृदा और जल की गुणवत्ता में सुधार।
3. जैव विविधता को बढ़ावा।
4. रासायनिक या यांत्रिक उपचार पर निर्भरता कम करता है।

अनुप्रयोग

1. मृदा उपचार:- दूषित मृदा से सीसा निकालने के लिए भारतीय सरसों का उपयोग।
2. जल शोधन:- अपशिष्ट जल उपचार के लिए "फार्गमाइट्स ऑस्ट्रेलिस" (नरकट) के साथ तैरती हुई आर्द्धभूमि।
3. कृषि अपवाह प्रबंधन:- वनस्पति की बफर पट्टियाँ नाइट्रोट/फॉस्फेट प्रदूषण को कम करती हैं।

4. विकिरण सफाई:- सूरजमुखी का उपयोग दूषित जल (जैसे, चेरनोबिल, फुकुशिमा) से रेडियोधर्मी समस्थानिकों का अवलोकन करने के लिए किया गया है।

सीमाएँ:-

1. धीमी उपचार प्रक्रिया।
2. उथले संदूषण क्षेत्रों तक सीमित।
3. दीर्घकालिक रखरखाव की आवश्यकता हो सकती है।
4. खाद्य श्रृंखला में जैव संचय का जोखिम।
5. मौसमी और जलवायु-निर्भर प्रभावशीलता।