कृषि प्रदूषणः जल संसाधनों एवं मानव स्वास्थ्य पर एक अदृश्य संकट

पूनम राणा

कृषि प्रदूषण आज भारत के जल संसाधनों, मृदा गुणवत्ता, जैव विविधता और मानव स्वास्थ्य के लिए एक अत्यंत गंभीर पर्यावरणीय संकट बन चुका है। हरित क्रांति के पश्चात कृषि उत्पादन में वृद्धि तो हुई, परंतु इसके साथ-साथ रासायनिक उर्वरकों और कीटनाशकों के अत्यधिक एवं असंतुलित उपयोग ने जल स्रोतों की स्वच्छता और पारिस्थितिक संतुलन को अत्यधिक प्रभावित किया है। यह समस्या अब केवल पर्यावरणीय ही नहीं हैं, बल्कि यह सार्वजनिक स्वास्थ्य, खाद्य सुरक्षा और सतत विकास की दिशा में भी एक बड़ी चुनौती बन चुकी है। देश के कई राज्यों जैसे पंजाब, हरियाणा, उत्तर प्रदेश, महाराष्ट्र और केरल में प्रदूषण की स्थिति अधिक गंभीर है। विभिन्न शोध अध्ययनों में यह स्पष्ट हुआ है कि नदियों और भूजल में नाइट्रेट, फॉस्फेट, एंडोसल्फान और अन्य कीटनाशकों की उपस्थिति अब एक स्थानीय समस्या नहीं रही, बल्कि यह राष्ट्रीय स्तर की बहुआयामी चुनौती बन चुकी है। इस चुनौती से निपटने के लिए केवल तकनीकी उपाय ही पर्याप्त नहीं हैं। वरन् इसके लिए बहुस्तरीय और बहुआयामी रणनीति की आवश्यकता है, जिसमें मृदा स्वास्थ्य आधारित उर्वरक प्रबंधन, जैविक एवं प्राकृतिक कृषि, बफर जोन की स्थापना, जैव-निस्पंदन तकनीक, सतत जल गुणवत्ता प्रबोधन, और आंकड़ा आधारित निर्णय-निर्माण जैसी वैज्ञानिक विधियों को अपनाना होगा।

कृषि भारत की जीवन रेखा है। यह न सिर्फ करोड़ों लोगों के जीवनयापन और पोषण का आधार है, बल्कि देश की सामाजिक और आर्थिक व्यवस्था को भी मजबूती प्रदान करती है। देश की लगभग 60% जनसंख्या प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष रूप से कृषि पर निर्भर है। कृषि केवल खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित नहीं करती, बल्कि यह ग्रामीण लोगों को रोजगार, आर्थिक मजबूती और सामाजिक संतुलन भी प्रदान करती है।

स्वतंत्रता के शुरुआती वर्षों में भारत की कृषि व्यवस्था अनेक समस्याओं से जूझ रही थी। विशेषकर 1950 और 1960 के दशकों में कृषि मुख्यतः पारंपरिक तकनीकों पर आधारित थी, जिसमें वर्षा पर निर्भरता, सीमित सिंचाई सुविधाओं और कम उत्पादकता वाले बीजों की उपलब्धता प्रमुख चुनौतियाँ थी। इस दौरान जब देश की जनसंख्या तेजी से बढ़ रही थी, तो वहीं दूसरी ओर खाद्यान्न उत्पादन उसकी तुलना में बहुत पीछे था। इसके परिणामस्वरूप, देश को भुखमरी और खाद्यान्न आयात जैसी गंभीर समस्याओं का सामना करना पड़ रहा था।

इस गंभीर स्थिति से उभरने के लिए एक व्यापक परिवर्तन की आवश्यकता थी, और इसी आवश्यकता ने हरित क्रांति को जन्म दिया, जिसने भारतीय कृषि के स्वरूप को पूरी तरह से बदल दिया। हरित क्रांति के अन्तर्गत उन्नत बीजों, रासायनिक उर्वरकों, कीटनाशकों और आधुनिक सिंचाई प्रणालियों को प्रोत्साहन मिला, जिससे खाद्य उत्पादन में अभूतपूर्व वृद्धि हुई और देश खाद्य आत्मनिर्भरता की दिशा में अग्रसर हुआ। हालांकि, हरित क्रांति ने एक ओर जहाँ खाद्यान्न उत्पादन को बढ़ावा दिया, वहीं दूसरी ओर इसने रासायनिक कृषि की नींव भी रखी, जिसके दीर्घकालिक दुष्प्रभाव आज जल, मृदा और पर्यावरण की गुणवत्ता पर स्पष्ट रूप से देखने को मिल रहे हैं।

इन दुष्प्रभावों में सबसे गंभीर और चिंताजनक पहलू है जल स्रोतों में बढ़ता प्रदूषण, जो कृषि रसायनों के अनियंत्रित उपयोग का परिणाम है। हरित क्रांति के बाद से देश में रासायनिक उर्वरकों (जैसे नाइट्रेट, फॉस्फेट), कीटनाशकों (जैसे एंडोसल्फान, क्लोरोपायरीफॉस), और शाकनाशकों का अत्यधिक उपयोग होने

खरपतवार नाशक और कीट नाशकों के अत्यधिक प्रयोग से खेती-बाड़ी को होता नुकसान

लगा है। खेतों में डाले गए रासायनिक उर्वरकों का केवल 50-70% भाग ही पौधों द्वारा अवशोषित किया जाता है शेष लगभग 30-50% भाग या तो भूजल में चला जाता है अथवा वाष्प बनकर वायुमंडल में उड़ जाता है। एक अध्ययन के अनुसार देश के लगभग 20% भूजल नमूनों में नाइट्रेट की मात्रा सुरक्षित सीमा से अधिक पाई गई, जो मुख्यतः उर्वरकों और अपशिष्टों से होने वाले रिसाव का परिणाम है। भारत के पंजाब, बिहार और आंध्र प्रदेश जैसे कई राज्यों में उर्वरक का सर्वाधिक उपयोग होता है। यहाँ उर्वरक का उपयोग औसतन 240-250 किलोग्राम/हेक्टेयर तक पहुँच चुका है, जबकि राष्ट्रीय औसत 139.8 किलोग्राम/हेक्टेयर है। वहीं, कीटनाशकों के उपयोग में आंध्र प्रदेश और बिहार अग्रणी राज्य हैं, जहाँ इन रसायनों का अत्यधिक उपयोग होता है।

इन रसायनों से युक्त जल का लंबे समय तक सेवन करने से मानव स्वास्थ्य पर गंभीर प्रभाव पड़ता है। नाइट्रेट- प्रदूषित जल का नियमित सेवन शिशुओं के लिए अत्यंत खतरनाक होता है, और यह ब्लू बेबी सिंड्रोम (Methemoglobinemia) का कारण बनता है, जिससे शरीर में मेथेमोग्लोबिन का स्तर बढ़ जाता है तथा शरीर के ऊतकों तक ऑक्सीजन का परिवहन बाधित हो जाता है। वहीं, कीटनाशकों में पाए जाने वाले कार्सिनोजेनिक और हार्मोन विघटनकारी यौगिक, जैसे ऑर्गनो-क्लोरीन और ऑर्गनो-फॉस्फेट, लंबे समय तक संपर्क में रहने पर कैंसर, तंत्रिका तंत्र की क्षति, यकृत और गुर्दे से जुड़ी बीमारियाँ, और हार्मोनल असंतुलन जैसी बीमारियाँ उत्पन्न करते हैं। विशेष रूप से गर्भवती महिलाओं, नवजात शिशुओं और किशोरों में ये प्रभाव अधिक देखने को मिलता है। इस लेख का उद्देश्य कृषि प्रदूषण की जटिलताओं को वैज्ञानिक दृष्टिकोण से प्रस्तुत करना है। यह लेख विशेष रूप से जल संसाधनों की गुणवत्ता और मानव स्वास्थ्य पर पड़ने वाले प्रभावों का विश्लेषण तथा इस संकट के समाधान हेतु नीतिगत, तकनीकी और सामाजिक समाधानों का चयन करता है।

फसलों को कीटों, रोगों और खरपतवारों से बचाने के लिए खेतों में कीटनाशक और शाकनाशकों का नियमित उपयोग किया जाता है। कृषि में सामान्यतः प्रयुक्त रसायनों में एंडोसल्फान, मेलाथियॉन और एल्ड्रिन प्रमुख हैं, ये रसायन लंबे समय तक मृदा में सक्रिय रहते हैं और धीरे-धीरे जल रिसाव द्वारा भू-जल स्रोतों को प्रदूषित करते हैं। इन प्रभावों के परिणामस्वरूप ओडिशा के धान उत्पादक क्षेत्रों के निकट स्थित छोटे जल स्रोतों में फेनोब्यूकार्ब (Fenobucarb) की औसत सांद्रता 272 mg/L दर्ज की गई है। इससे पता चलता है कि कीटनाशक केवल खेतों तक ही सीमित नहीं रहते, बल्कि जल निकायों तक पहुँचकर जलीय जैव विविधता और जलीय पारिस्थितिकी के लिए खतरा उत्पन्न करते हैं।

कृषि से प्रदूषण के कारण

कृषि प्रदूषण तब उत्पन्न होता है जब उर्वरक, कीटनाशक और अन्य रसायन खेतों से बहकर सतही जल या भूजल स्रोतों तक पहुँचते हैं। ये रसायन जल को प्रदूषित कर उसकी गुणवत्ता को प्रभावित करते हैं, जिससे मानव स्वास्थ्य और जल पारिस्थितिकी, दोनों पर गंभीर प्रभाव पड़ता है। ये प्रदूषक निम्नलिखित कारणों से उत्पन्न होते हैः

(i) रासायनिक उर्वरकों का अत्यधिक उपयोगः फसल उत्पादन बढ़ाने के उद्देश्य से नाइट्रोजन (N), फॉस्फोरस (P) और पोटैशियम (K) जैसे रासायनिक उर्वरकों का खेतों में बड़े पैमाने पर उपयोग किया जाता है। भारत में विभिन्न प्रकार के उर्वरकों का प्रयोग किया जाता है, जिनमें यूरिया, अमोनियम सल्फेट, अमोनियम क्लोराइड, डाय-अमोनियम फॉस्फेट (DAP) और सिंगल सुपर फॉस्फेट (SSP) प्रमुख हैं।

(ii) कीटनाशक और शाकनाशकों का अत्यधिक उपयोगः फसलों को कीटों, रोगों और खरपतवारों से बचाने के लिए खेतों में कीटनाशक और शाकनाशकों का नियमित उपयोग किया जाता है। कृषि में सामान्यतः प्रयुक्त रसायनों में एंडोसल्फान, मेलाथियॉन और एल्ड्रिन प्रमुख हैं, ये रसायन लंबे समय तक मृदा में सक्रिय रहते हैं और धीरे-धीरे जल रिसाव द्वारा भू-जल स्रोतों को प्रदूषित करते हैं। इन प्रभावों के परिणामस्वरूप ओडिशा के धान उत्पादक क्षेत्रों के निकट स्थित छोटे जल स्रोतों में फेनोब्यूकार्ब (Fenobucarb) की औसत सांद्रता 272 mg/L दर्ज की गई है। इससे पता चलता है कि कीटनाशक केवल खेतों तक ही सीमित नहीं रहते, बल्कि जल निकायों तक पहुँचकर जलीय जैव विविधता और जलीय पारिस्थितिकी के लिए खतरा उत्पन्न करते हैं।

(iii) पशु एवं जैविक अपशिष्टः कृषि में पशुपालन एक महत्वपूर्ण गतिविधि है, किंतु इससे उत्पन्न गोबर, खाद, मूत्र, और अन्य जैविक अपशिष्ट यदि उचित ढंग से प्रबंधित न किए जाएं तो ये जल स्रोतों के लिए प्रदूषण का एक गंभीर स्रोत बनते हैं। विशेष रूप से वर्षा या सिंचाई के दौरान ये अपशिष्ट खेतों से बहकर पास के सतही जल स्रोतों में पहुँच जाते हैं। इससे जल में जैविक ऑक्सीजन माँग (BOD) बढ़ जाती है, और घुलित ऑक्सीजन (DO) की मात्रा में गिरावट आती है। इसके अतिरिक्त, इन अपशिष्टों में उपस्थित रोगजनक सूक्ष्मजीव जैसे E- coli और Salmonella, जल स्रोतों को संक्रमित करते हैं। जिसके परिणामस्वरूप जलीय जीवन और मनुष्य के लिए संकट उत्पन्न होता है।

(iv) कृषि प्रदूषकों का जल स्रोतों तक पहुँचने का मार्गः कृषि गतिविधियों के दौरान प्रयुक्त रासायनिक यौगिक सीधे जल स्रोतों में नहीं पहुँचते हैं, बल्कि ये विभिन्न भौतिक और रासायनिक प्रक्रियाओं के माध्यम से धीरे-धीरे सतही और भूजल स्रोतों को प्रदूषित करते हैं। इन रसायनों के जल स्रोतों तक पहुँचने के दो प्रमुख मार्ग निम्नलिखित हैं:

(अ) सतही अपवाहः सतही अपवाह एक प्रमुख जलविज्ञानीय प्रक्रिया है, जिसके अंतर्गत वर्षा अथवा अधिक सिंचाई से उत्पन्न अधिशेष जल खेत की सतह पर बहते हुए उसमें विद्यमान घुलनशील और अघुलनशील कृषि रसायनों, शाकनाशक, कीटनाशक अवशेषों तथा कार्बनिक अपशिष्टों को अपने साथ समीपवर्ती सतही जल स्रोतों तक पहुँचा देता है। यह प्रक्रिया विशेष

सारणी 1: प्रमुख प्रदूषक और उनके स्रोत

प्रदूषक का प्रकार	मुख्य तत्व	प्रमुख स्रोत
रासायनिक उर्वरक	नाइट्रेट (NO_3^-), और फॉस्फेट (PO_4^-)	यूरिया, डाय-अमोनियम फॉस्फेट (DAP) नाइट्रोजन फॉस्फोरस, पोटैशियम (मिश्रित उर्वरक), और सिंगल सुपर फॉस्फेट (SSP) आदि
कीटनाशक	क्लोरोपायरीफॉस, एंडोसल्फान और मैनकोजेब	फसलों पर कीटनाशकों का छिड़काव
शाकनाशी	सल्फोसल्फ्यूरॉन, पेंडीमेथालिन और क्लोडिनाफॉप	खरपतवार नियंत्रण के रसायन
पशु अपशिष्ट	अमोनिया (NH_3), पैथोजेन (जैसे, E. Coli), और एंडीबायोटिक अवशेष	डेयरी, मुर्गीपालन, और पशुपालन

रूप से उन क्षेत्रों में तीव्र होती है जहाँ मृदा की जलधारण क्षमता सीमित हो, भूमि में ढलान तीव्र हो, शस्यावरण अपर्याप्त हो, सिंचाई अत्यधिक और मृदा अपरदन की प्रवृत्ति प्रबल हो।

(आ) रिसावः जल रिसाव (Leaching) एक महत्त्वपूर्ण भौतिक-रासायनिक परिवहन प्रक्रिया है, जिसके माध्यम से वर्षा या सिंचाई का जल, मृदा में मौजूद नाइट्रेट, अमोनिया और कुछ घुलनशील कीटनाशकों को मृदा की परतों के भीतर प्रवाहित करते हुए, अंततः भूजल स्तर तक पहुँचा देता है। इस प्रक्रिया की गति और तीव्रता मुख्यतः मृदा की बनावट (soil texture) एवं सरंध्रता (porosity) पर निर्भर करती है। रेतीली मृदा में मृदा कण आकार में बड़े तथा सरंध्रता अधिक होती है, जिससे जल का संचरण तीव्र होता है और रिसाव की संभावना अपेक्षाकृत अधिक होती है। इसके विपरीत, चिकनी मृदा में मृदा कण आकार में छोटे, और सरंध्रता संकीर्ण होती है, जिससे जल का प्रवेश धीमा हो जाता है और रिसाव की दर काफी कम हो जाती है। इसके अतिरिक्त, मृदा की जलधारण क्षमता, उसमें उपस्थित जैविक कार्बन और अधोभौमिक संरचना भी रिसाव की प्रवृत्ति को नियंत्रित करती है। विशेष रूप से उन क्षेत्रों में जहाँ भूजल पीने के पानी का मुख्य स्रोत है, रिसाव की प्रक्रिया गंभीर सार्वजनिक स्वास्थ्य जोखिम उत्पन्न कर सकती है।

कृषि प्रदूषकों के प्रभाव

(i) सतही जल पर प्रभावः कृषि रसायनों के अनियंत्रित उपयोग से सतही जल स्रोतों पर सुपोषण (Utrification) में वृद्धि से गंभीर प्रभाव पड़ता है। सुपोषण (Utrification) एक पारिस्थितिकीय प्रक्रिया है, जिसमें जल स्रोतों में पोषक तत्वों नाइट्रेट और फॉस्फेट की अधिकता के कारण शैवाल और सूक्ष्मजलीय जीवों की अत्यधिक वृद्धि होने लगती है। शैवाल की यह परत सूर्य के प्रकाश को जल की गहराई तक पहुँचने से रोकती है, जिससे जल की रंग, गंध और दृश्यता प्रभावित होती है। शैवाल की अत्यधिक वृद्धि और उनके अपघटन के कारण जल में घुलित ऑक्सीजन (DO) की मात्रा तेजी से घटने लगती है। यदि DO का स्तर 4 mg/L से कम हो जाए, तो यह मछलियों और अन्य जलीय जीवों के लिए घातक सिद्ध होता है।

इसके अतिरिक्त, कीटनाशकों जैसे विषैले यौगिक जल में विषाक्तता को बढ़ाते हैं, और धीरे-धीरे जलीय जीवों के शरीर में एकत्र होकर जैव संचयन को जन्म देते हैं। ये यौगिक खाद्य श्रृंखला में ऊपर की ओर संचयित होकर अंततः मानव स्वास्थ्य को प्रभावित करते हैं। नाइट्रेट और कीटनाशकों की अधिकता जल में पाए जाने वाले सूक्ष्म जीवों की संख्या में भारी कमी लाती है, जिससे मछलियों और उच्च जीवों की आहार श्रृंखला बाधित होती है। यह स्थिति पूरे जलीय पारिस्थितिक तंत्र में असंतुलन उत्पन्न करती है, जो दीर्घकालिक पारिस्थितिक संकट का कारण बन सकती है।

कृषि में कीटनाशकों का प्रयोग

(ii) भूजल पर प्रभावः जब ये कृषि प्रदूषक जलभृत (aquifer) में प्रवेश कर जाते हैं, तो वे वर्षों तक वहाँ स्थिर रहते हैं और धीरे-धीरे उन क्षेत्रों तक भी फैलते हैं, जहाँ प्रत्यक्ष रूप से कोई कृषि गतिविधि नहीं होती। वहीं, क्लोरीनयुक्त कीटनाशक मृदा में वर्षों तक सक्रिय रहकर धीरे-धीरे भूजल में पहुँचते हैं और जैव संचयन के माध्यम से खाद्य श्रृंखला में शामिल होकर तंत्रिका तंत्र विकार, हार्मोनल असंतुलन, तथा कैंसर जैसी बीमारियाँ उत्पन्न करते हैं। इसके अतिरिक्त, उर्वरकों और कीटनाशकों के निरंतर अत्यधिक उपयोग से मृदा की संरचनात्मक गुणवत्ता एवं जलधारण क्षमता में गिरावट आती है, जिससे वर्षा जल का प्राकृतिक निस्सरण बाधित हो जाता है। इसका प्रत्यक्ष प्रभाव भूजल के पुनर्भरण पर पड़ता है, जो समय के साथ मंद होता जाता है और अंततः भू-जल स्तर में स्थायी गिरावट का कारण बनता है। प्रदूषित भूजल के कारण इसके भौतिक और रासायनिक गुणधर्म जैसे स्वाद, गंध, pH, और कुल घुलनशील ठोस (TDS) में स्पष्ट परिवर्तन देखने को मिलते हैं, जिससे यह जल पीने योग्य नहीं रह जाता। यह समस्या विशेष रूप से ग्रामीण और अर्ध-शहरी क्षेत्रों में अधिक गंभीर रूप ले लेती है, जहाँ लोग, गहरे कुओं और हैंडपंप जैसे स्रोतों से भू-जल प्राप्त करते हैं और इन जल स्रोतों के पूर्व उपचार की कोई सुविधा उपलब्ध नहीं होती।

(iii) मानव स्वास्थ्य पर प्रभावः कृषि प्रदूषण में अनेक ऐसे रसायन और यौगिक शामिल होते हैं जो प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से मानव स्वास्थ्य को

प्रभावित करते हैं। इनमें से कुछ प्रमुख प्रदूषकों की अनुमेय सीमा और स्वास्थ्य प्रभावों को नीचे दी गई सारणी-2 में दर्शाया गया है। हालांकि, कुछ ऐसे प्रदूषक भी हैं जिन पर सामान्यतः कम ध्यान दिया जाता है, किंतु उनके प्रभाव उतने ही गंभीर होते हैं।

पशु अपशिष्ट के माध्यम से जल स्रोतों में पहुँचने वाले E- coli और Salmonella जैसे रोगजनक जीवों से प्रदूषित जल के सेवन से दस्त, हैजा और टाइफाइड जैसी बीमारियाँ उत्पन्न होती हैं। इसके अतिरिक्त, सूक्ष्म पोषक तत्वों जैसे जिंक, कॉपर और आयरन की अधिकता जल स्रोतों में पहुँचकर शरीर में धीरे-धीरे एकत्र होकर जठरांत्र विकार, यकृत क्षति, और धातु विषाक्तता की स्थितियाँ उत्पन्न करते हैं। ऐसे प्रदूषकों का प्रभाव अक्सर धीमा लेकिन दीर्घकालिक होता है, अतः इनका नियंत्रण जलजनित रोगों की रोकथाम और जनस्वास्थ्य सुरक्षा के लिए अत्यंत आवश्यक है।

कृषि रसायनों के अनियंत्रित उपयोग से सतही जल स्रोतों पर सुपोषण (Utrification) में वृद्धि से गंभीर प्रभाव पड़ता है। सुपोषण (Utrification) एक पारिस्थितिकीय प्रक्रिया है, जिसमें जल स्रोतों में पोषक तत्वों नाइट्रेट और फॉस्फेट की अधिकता के कारण शैवाल और सूक्ष्मजलीय जीवों की अत्यधिक वृद्धि होने लगती है। शैवाल की यह परत सूर्य के प्रकाश को जल की गहराई तक पहुँचने से रोकती है, जिससे जल की रंग, गंध और दृश्यता प्रभावित होती है। शैवाल की अत्यधिक वृद्धि और उनके अपघटन के कारण जल में घुलित ऑक्सीजन (DO) की मात्रा तेजी से घटने लगती है। यदि DO का स्तर 4 mg/L से कम हो जाए, तो यह मछलियों और अन्य जलीय जीवों के लिए घातक सिद्ध होता है।

सारणी 2: प्रमुख कृषि प्रदूषकः स्तर, प्रभाव

क्र.सं.	प्रदूषक का नाम	अनुमेय/ सामान्य सीमा	मानव स्वास्थ्य पर प्रभाव
1.	नाइट्रेट (NO_3^-)	45 mg/L	ब्लू बेबी सिंड्रोम, रक्त में ऑक्सीजन वहन में कमी, विशेषकर शिशुओं में खतरनाक
2.	एंडोसल्फान (अल्फा, बीटा और सल्फेट)	4.0 µg/I	तंत्रिका तंत्र विकार, हार्मोनल असंतुलन और कैंसर
3.	क्लोरोपायरीफॉस	30 µg/L	तंत्रिका तंत्र से जुड़ी समस्याएं
4.	एलेक्लोर	20 µg/L	कैंसर का खतरा
5.	मेलाथिऑन	190 µg/L	सिरदर्द, दस्त, धुंधली दृष्टि
6.	एल्ड्रिन/डायल्ड्रिन	0.03 µg/L	सिरदर्द, पाचन तंत्र की गड़बड़ी, थकान या कमजोरी
7.	अल्फा एचसीएच	0.01µg/L	कैंसर का खतरा
8.	डी.डी.टी.	1 µg/L	कैंसर का खतरा, तंत्रिका तंत्र पर असर, शारीरिक वृद्धि में कमी
9.	बीटा एचसीएच	0.04 µg/L	तंत्रिका तंत्र, प्रजनन प्रभाव

निदर्शन और प्रबोधन की भूमिकाः कृषि प्रदूषण से उत्पन्न प्रभाव चाहे वह सतही जल की गुणवत्ता में गिरावट हो, भूजल में नाइट्रेट का रिसाव, अथवा मानव स्वास्थ्य पर दीर्घकालिक खतरे, इनके समयबद्ध, स्थानिक एवं वैज्ञानिक चयन के लिए निदर्शन और प्रबोधन तकनीकों का एकीकृत उपयोग अत्यंत आवश्यक है। जहाँ पूर्ववर्ती खंडों में प्रदूषकों के स्रोत, मार्ग और प्रभावों पर चर्चा की गई है, वहीं यह खंड दर्शाता है कि इन प्रदूषकों का मापन, विश्लेषण और नियंत्रण कैसे किया जा सकता है। कृषि प्रदूषकों की गति, प्रसार और जल स्रोतों में उनके संचरण का पूर्वानुमान करने के लिए जलविज्ञानीय और जल गुणवत्ता निदर्शन अत्यधिक प्रभावी तकनीकें हैं।

HYDRUS मॉडल का उपयोग मृदा में जल, नाइट्रेट और कीटनाशकों की ऊर्ध्वाधर व क्षैतिज गति तथा जल रिसाव की प्रक्रिया के अध्ययन हेतु किया जाता है। इसके माध्यम से यह ज्ञात किया जा सकता है कि मृदा और जल में उपस्थित रसायन जैसे नाइट्रेट और कीटनाशक किस प्रकार गति करते हैं तथा किस दर से नीचे की ओर प्रवाहित होकर भूजल तक पहुँचते हैं।

MODFLOW, एक त्रि-आयामी भूजल प्रवाह मॉडल है, जो भूजल में प्रदूषकों के प्रसार एवं जल स्तर में परिवर्तनों की भविष्यवाणी में सहायक है।

QUAL2K सतही जल स्रोतों की जल गुणवत्ता (जैसे घुलित ऑक्सीजन, जैव रासायनिक ऑक्सीजन मांग, नाइट्रेट आदि) के विश्लेषण के लिए प्रयोग में लाया जाता है।

SWAT जलविभाजक स्तर पर सतही अपवाह, पोषक तत्वों और कृषि रसायनों के दीर्घकालिक प्रवाह का मूल्यांकन करने के लिए उपयुक्त है।

जल प्रदूषण के स्थानिक वितरण, हॉटस्पॉट के चयन और संवेदनशील क्षेत्रों के निर्धारण के लिए, केवल निदर्शन ही नहीं, बल्कि भौगोलिक सूचना तंत्र और सुदूर संवेदन तकनीकों का उपयोग भी किया जाता है। ये तकनीकें भूमि उपयोग में होने वाले परिवर्तनों के प्रबोधन और लक्षित प्रबंधन रणनीतियाँ विकसित करने में सहायक होती हैं। इसके अतिरिक्त, ऑन-साइट रियल-टाइम सेंसर्स (जैसे DO, pH, और नाइट्रेट सेंसर) तथा डेटा लॉगर्स के माध्यम से जल गुणवत्ता का निरंतर प्रबोधन किया जाता है। वहीं, नियमित नमूना संग्रह और प्रयोगशाला विश्लेषण से प्राप्त आंकड़ों का उपयोग न केवल निदर्शन के सत्यापन के लिए किया जाता है, बल्कि यह नीतिगत निर्णय निर्धारण की शुद्धता को भी

कृषि में सतही जल गुणवत्ता को हानि

कृषि से भूजल गुणवत्ता को हानि

बढ़ाता है।

इस प्रकार, निदर्शन और प्रबोधन का समन्वित उपयोग न केवल कृषि प्रदूषण के स्रोतों, मार्गों और प्रभावों के वैज्ञानिक आंकलन में सहायक है, बल्कि यह जल गुणवत्ता में सुधार और क्षेत्र विशिष्ट जल प्रबंधन रणनीतियों के विकास में भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है।

कृषि प्रदूषक की रोकथाम के समाधान और सुझावः कृषि प्रदूषण की रोकथाम के लिए केवल तकनीकी या नीतिगत समाधान ही पर्याप्त नहीं है। इसके लिए वैज्ञानिक, सामाजिक और प्रशासनिक स्तर पर समन्वित प्रयास आवश्यक हैं, जो स्थानीय परिस्थितियों और संसाधनों को ध्यान में रखते हुए कार्य करें। नीचे दिए गए उपाय इसी दिशा में ठोस और व्यावहारिक कदम हो सकते हैं:

(i) मृदा स्वास्थ्य आधारित उर्वरक प्रबंधनः प्रत्येक खेत की मृदा का परीक्षण करके उसकी पोषक आवश्यकताओं के अनुरूप उर्वरकों का उपयोग किया जाए।

(ii) जैविक और प्राकृतिक खेती को बढ़ावाः वर्मी कम्पोस्ट, हरी खाद, गोबर खाद, नीम-आधारित कीटनाशक और जैव उर्वरकों का प्रयोग करके रासायनिक निर्भरता को कम किया जा सकता है। किसानों को टिकाऊ खेती अपनाने के लिए प्रशिक्षण, प्रमाणन और बाजार से सम्बद्ध सहयोग प्रदान किया जाना चाहिए।

(iii) बफर जोन और जैव-निस्पंदन प्रणालीः खेती और जल निकायों के बीच हरित पट्टियाँ या बायोफिल्टर जोन बनाए जाएं ताकि रासायनिक अपवाह जल स्रोतों में न जा सके। कृत्रिम आर्द्रभूमियाँ प्रदूषकों के प्राकृतिक उपचार का सस्ता और टिकाऊ विकल्प हैं।

(iv) जल गुणवत्ता प्रबोधन और आंकड़ा प्रबंधनः जल स्रोतों की स्थिति को समझने के लिए समय-समय पर जल नमूनों की जाँच और उनका विश्लेषण किया जाना चाहिए। इससे यह पता चल सकेगा कि किन जगहों पर जल सबसे ज्यादा प्रदूषित है। ऐसे आंकड़ों की मदद से सुधार के उपाय तय किए जा सकते हैं और भविष्य की योजना भी बनाई जा सकती है।

(v) सामुदायिक जागरूकता और प्रशिक्षणः स्थानीय समुदायों और किसानों को जल संरक्षण, प्रदूषण के दुष्प्रभाव, तथा पर्यावरणीय रूप से अनुकूल कृषि पद्धतियों के बारे में जागरूक करना आवश्यक है। "जल ही जीवन है" तथा "जल है तो कल है" जैसे अभियानों को केवल नारा नहीं, बल्कि व्यावहारिक पहल में बदलना होगा, जिसमें सामाजिक भागीदारी की मुख्य भूमिका हो।

(vi) संतुलित उर्वरक उपयोग के उदाहरणः भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद द्वारा किये गये अध्ययन के अनुसार,यदि नाइट्रोजन, फॉस्फोरस और पोटैशियम (NPK) को फार्मयार्ड मैन्योर (FYM गोबर की खाद) के साथ संयोजित किया जाए, तो गेहूँ की उपज 77.9 क्विंटल/हेक्टेयर तक हो सकती है, जबकि केवल NPK के उपयोग से यह उपज मात्र 34.9 क्विंटल/हेक्टेयर रही। इससे पता चलता है कि संतुलित पोषण और जैविक संसाधनों के सम्मिलित उपयोग से न केवल उत्पादन में वृद्धि होती है, बल्कि पर्यावरणीय प्रभाव भी कम होते हैं।

निष्कर्षः कृषि प्रदूषण आज भारत के जल संसाधनों, मृदा गुणवत्ता, जैव विविधता और मानव स्वास्थ्य के लिए एक अत्यंत गंभीर पर्यावरणीय संकट बन चुका है। हरित क्रांति के पश्चात कृषि उत्पादन में वृद्धि तो हुई, परंतु इसके साथ-साथ रासायनिक उर्वरकों और कीटनाशकों के अत्यधिक एवं असंतुलित उपयोग ने जल स्रोतों की स्वच्छता और पारिस्थितिक संतुलन को अत्यधिक प्रभावित किया है। यह समस्या अब केवल पर्यावरणीय ही नहीं हैं, बल्कि यह सार्वजनिक स्वास्थ्य, खाद्य सुरक्षा और सतत विकास की दिशा में भी एक बड़ी चुनौती बन चुकी है। देश के कई राज्यों जैसे पंजाब, हरियाणा, उत्तर प्रदेश, महाराष्ट्र और केरल में प्रदूषण की स्थिति अधिक गंभीर है। विभिन्न शोध अध्ययनों में यह स्पष्ट हुआ है कि नदियों और भूजल में नाइट्रेट, फॉस्फेट, एंडोसल्फान और अन्य कीटनाशकों की उपस्थिति अब एक स्थानीय समस्या नहीं रही, बल्कि यह राष्ट्रीय स्तर की बहुआयामी चुनौती बन चुकी है। इस चुनौती से निपटने के लिए केवल तकनीकी उपाय ही पर्याप्त नहीं हैं। वरन् इसके लिए बहुस्तरीय और बहुआयामी रणनीति की आवश्यकता है, जिसमें मृदा स्वास्थ्य आधारित उर्वरक प्रबंधन, जैविक एवं प्राकृतिक कृषि, बफर जोन की स्थापना, जैव-निस्पंदन तकनीक, सतत जल गुणवत्ता प्रबोधन, और आंकड़ा आधारित निर्णय-निर्माण जैसी वैज्ञानिक विधियों को अपनाना होगा। इसके साथ ही, सामुदायिक भागीदारी, किसानों की क्षमता निर्माण, और नीति-निर्माताओं द्वारा समयबद्ध एवं प्रभावी नियमन भी आवश्यक है। सामाजिक जागरूकता और व्यवहार परिवर्तन के बिना तकनीकी समाधान अधूरे रहेंगे। यदि वैज्ञानिक दृष्टिकोण, नीति-निर्माण और सामाजिक उत्तरदायित्व को एकीकृत रूप से अपनाया जाए, तो भारत कृषि प्रदूषण को प्रभावी ढंग से नियंत्रित कर सकता है। इससे न केवल जल और मृदा संसाधनों की रक्षा होगी, बल्कि सतत कृषि, सुरक्षित खाद्य आपूर्ति और बेहतर जनस्वास्थ्य की दिशा में भी ठोस प्रगति सुनिश्चित होगी।

संपर्क करें:

पूनम राणा

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान,

रुड़की।