

लवणीय जलभराव वाले क्षेत्रों का प्रबंधन

राकेश बन्याल और **वरुण सैनी**

“मृदा लवणता और जलभराव भूमि के क्षरण के दो प्रमुख रूप हैं जो विशेष रूप से शुष्क और अर्द्ध-शुष्क क्षेत्रों में कृषि उत्पादकता और पारिस्थितिकीय स्थिरता को गंभीर रूप से प्रभावित करते हैं। वैश्विक स्तर पर लगभग 33 प्रतिशत सिंचित भूमि, यानी लगभग 1.0 अरब हैक्टर, इन दोहरी समस्याओं से ग्रसित है। भारत में लगभग 8.5 मिलियन हैक्टर भूमि प्रभावित है। इसमें से 5.5 मिलियन हैक्टर भूमि लवणता और जलभराव की संयुक्त समस्याओं से ग्रसित है। इनमें से लगभग 2.3 मिलियन हैक्टर क्षेत्र नहर कमांड क्षेत्रों के भीतर और बाहर स्थित हैं। इसका एक प्रमुख कारण उचित जल निकासी व्यवस्था के बिना सिंचाई प्रणालियों की स्थापना है। हरियाणा, महाराष्ट्र, गुजरात, ओडिशा, उत्तर प्रदेश, पंजाब, पश्चिम बंगाल, बिहार, आंध्र प्रदेश, तमिलनाडु, राजस्थान और केरल जैसे राज्य इस समस्या से विशेष रूप से प्रभावित हैं। जलभराव की गंभीरता को भूजल स्तर के आधार पर (संभावित जलभराव (≤3 मीटर), जलभराव (≤1.5 मीटर) और गंभीर जलभराव (0-30 सें.मी.) वर्गीकृत किया गया है। पारंपरिक जल निकासी विधियां प्रभावी तो हैं, लेकिन ये उच्च लागत वाली हैं और इनके साथ पर्यावरणीय जोखिम भी जुड़े हैं। इसके विपरीत, जैव जल निकासी मॉडल अपेक्षा कम लागत, न्यूनतम निवेश और पर्यावरण-अनुकूल समाधान प्रदान करता है। प्रकृति आधारित जैविक उपचार रणनीतियां, विशेषकर कृषि-वानिकी, लवणीय एवं जलभराव वाले क्षेत्रों के प्रबंधन में कारगर सिद्ध हुई हैं। ये पुनर्भरण के साथ-साथ पारिस्थितिकी तंत्र सेवाओं की एक विस्तृत श्रृंखला भी प्रदान करती हैं। यह लेख ऐसे जैव उपचार मॉडलों और उनके पारिस्थितिक लाभों पर चर्चा करता है, जो सतत भूमि प्रबंधन के लिए उपयोगी हो सकते हैं।”

जैव जल निकासी एक ऐसी प्रक्रिया है, जिसमें गहरी जड़ों वाले पौधे अपनी जैव ऊर्जा के माध्यम से अतिरिक्त जल को अवशोषित करते हैं और उसे वाष्पोत्सर्जन के माध्यम से वायुमंडल में उत्सर्जित करते हैं। यह प्रणाली मूल रूप से जल स्तर नियंत्रण के लिए विकसित की गई है। वर्तमान में इसके उपचारात्मक और निवारक दोनों रूपों में उपयोग की संभावनाएं हैं। हालांकि, इसकी आर्थिक व्यवहार्यता और इसमें प्राप्त प्रत्यक्ष लाभों के साथ-साथ पारिस्थितिक तंत्र सेवाओं के मूल्यांकन की दिशा में अब तक सीमित अध्ययन हुए हैं।

भाकृअनुप-केंद्रीय मृदा लवणता अनुसंधान संस्थान, करनाल, हरियाणा-132001

वृक्ष आधारित जैव-उपचार मॉडल

सफेदा, कीकर, बबूल और झाऊ जैसे वृक्षों को क्षारीय जलभराव वाले क्षेत्रों में अपनाया गया। इनकी प्रजातिगत उपयुक्तता क्षेत्र की लवणता की तीव्रता के आधार पर अलग-अलग पाई गई। जहां सफेदा कम से मध्यम प्रभावित क्षेत्रों में बेहतर प्रदर्शन करता है, वहीं कीकर, बबूल और झाऊ गंभीर रूप से प्रभावित क्षेत्रों में अधिक उपयुक्त पाए गए।

कम प्रभावित क्षेत्रों में 1.5-2.0 मीटर की दूरी पर सीमांत वृक्षारोपण किया गया। जबकि मध्यम प्रभावित क्षेत्रों में 1.0×3.0 मीटर की दूरी पर ब्लॉक वृक्षारोपण अपनाया गया। गंभीर रूप से प्रभावित क्षेत्रों में पौधरोपण का कोई निश्चित स्वरूप नहीं पाया गया। इन परिस्थितियों में सीमांत और ब्लॉक दोनों प्रकार के मॉडल अपनाए गए। ब्लॉक वृक्षारोपण में 1.5×3.0 मीटर, 1.5×4.0 मीटर या 1.5×6.0 मीटर की दूरी रखी गई। जबकि सीमांत मॉडल में 1.5 मीटर एकल पंक्ति और पट्टी वृक्षारोपण 1.5×2.0 मीटर (समानांतर पंक्तियां) या 1.5×1.5 मीटर में किया गया।

क्षारीय जलभराव क्षेत्रों में जैव जल निकासी मॉडल से जुड़ी पारिस्थितिक तंत्र सेवाएं

पारिस्थितिकी तंत्र सेवाओं का कोई सर्वमान्य वर्गीकरण उपलब्ध नहीं है। सामान्यत: इन्हें मानव द्वारा पारिस्थितिकी तंत्र से प्राप्त लाभों के रूप में समझा जाता है। इन सेवाओं को चार प्रकारों में वर्गीकृत किया गया है: प्रदाय, विनियमन, समर्थन और सांस्कृतिक। जलभराव से ग्रस्त लवणीय मृदा पर वृक्ष-आधारित जैव उपचार मॉडल आहार, चारा, ईंधन और आय सहित कई लाभ प्रदान करते हैं। पत्तियों और जड़ों के अपघटन के माध्यम से, ये मॉडल मृदा स्वास्थ्य में सुधार कर कार्बन को अवशोषित करते हैं। स्थानीय जलवायु को संतुलित और भूदृश्य सौंदर्य को बढ़ाते हैं। ये वृक्ष-आधारित भूमि उपयोग द्वारा प्रदान की जाने वाली पारिस्थितिकी तंत्र सेवाओं की एक व्यापक श्रेणी का हिस्सा हैं।



वृक्षारोपण मॉडल लाभकारी



जल ठहराव के साथ सीमा पर सफेदा

प्रदाय सेवाएं

क्षारीय जलभराव क्षेत्रों में वृक्षारोपण आहार, चारा, ईंधन, रेशा और लकड़ी जैसी सेवाएं प्रदान करते हैं। सफेदा आधारित वृक्षारोपण मॉडल से 28.65 टन/हैक्टर लकड़ी और 1.84

सांस्कृतिक सेवाएं

सांस्कृतिक पारिस्थितिक तंत्र सेवाएं, जैसे आध्यात्मिक, संज्ञानात्मक, मनोरंजक और सौंदर्यात्मक अनुभव, व्यापक रूप से स्वीकार की जाती हैं। इनका मात्रात्मक मूल्यांकन करना अक्सर कठिन होता है। हरियाणा के क्षारीय जल-जमाव प्रभावित क्षेत्रों में किए गए एक अध्ययन में पाया गया कि वृक्ष-आधारित भूमि उपयोग प्रणालियों ने सौंदर्य और सामाजिक मनोरंजन जैसी सांस्कृतिक सेवाओं में सर्वाधिक योगदान दिया, जबकि परती भूमि में इन सेवाओं का योगदान न्यूनतम था। इसी प्रकार अल्जीरिया के शहरी क्षेत्रों में जैव जल निकासी वृक्षारोपण से प्राप्त मनोरंजन और विश्राम संबंधी लाभों की पुष्टि की गई। सांस्कृतिक सेवाएं अपेक्षाकृत कम प्रभावित स्थलों पर सफेदा आधारित मॉडल में अधिक पाई गईं, जबकि अत्यधिक प्रभावित स्थलों पर एकल वृक्ष में ये सेवाएं प्रदान कर पाए। इन तथ्यों के बावजूद, सांस्कृतिक सेवाएं अभी भी उपलब्ध साहित्य में सीमित रूप से प्रतिनिधित्व कर पाती हैं। इससे इस क्षेत्र में और अधिक शोध एवं गहन विश्लेषण की आवश्यकता है।

जैव जल निकासी से बदलता स्वरूप

लवणीय और जलभराव से प्रभावित मृदा, विशेष रूप से अपर्याप्त निकास वाली अंतर्देशीय सिंचित क्षेत्रों में, कृषि की स्थिरता के लिए एक गंभीर चुनौती प्रस्तुत करती है। इस समस्या के समाधान हेतु जैव-निकासी (बायोड्रेनेज) जिसमें गहरी जड़ वाली वृक्ष प्रजातियों का उपयोग वाष्पोत्सर्जन के माध्यम से अतिरिक्त जल को हटाने के लिए किया जाता है, एक किफायती एवं पर्यावरण अनुकूल विकल्प है। वृक्ष-आधारित जैव निकासी मॉडल न केवल भूमि सुधार में सहायक होते हैं, बल्कि ये विविध पारिस्थितिक तंत्र सेवाएं जैसे कि प्रदाय, विनियमन, समर्थन और सांस्कृतिक सेवाएं भी प्रदान करते हैं। विशेषकर मध्यम रूप से प्रभावित क्षेत्रों में विकसित सफेदा आधारित मॉडल ने उच्च बायोमास उत्पादन और पारिस्थितिक लाभ प्रदर्शित किए हैं। हालांकि, इन प्रणालियों के सांस्कृतिक और सामाजिक पहलुओं पर अनुसंधान अपेक्षाकृत सीमित है। भविष्य में प्रयासों को समग्र पारिस्थितिकी तंत्र मूल्यांकन, समुदाय की भागीदारी और स्थल-विशिष्ट प्रजाति चयन को प्राथमिकता देनी चाहिए। इससे इन मॉडलों की स्थिरता और स्वीकृति में वृद्धि हो सकेगी तथा लवणीय जलभराव भू-दृश्यों के प्रबंधन को प्रभावी बनाया जा सकेगा।



खेत की सीमा पर सफेदा वृक्ष

टन/हैक्टर ईंधन प्राप्त हुआ। कुल बायोमास (जड़ और जमीन के ऊपर) 102-186 टन/हैक्टर पाया गया, जो अन्य प्रजातियों से अधिक था। हरियाणा में मध्यम प्रभावित क्षेत्रों में 30 टन/हैक्टर बायोमास प्राप्त हुआ, जो कम और गंभीर रूप से प्रभावित क्षेत्रों की तुलना में 62.3 प्रतिशत और 84.5 प्रतिशत अधिक था।

विनियमन सेवाएं

जैव जल निकासी हेतु रोपे गए वृक्ष जलवायु परिवर्तन के शमन विशेषकर कार्बन स्थिरीकरण और भूजल स्तर के विनियमन के माध्यम से महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। सफेदा द्वारा 10 वर्षों में प्रति हैक्टर 3.30 से 11.5 टन कार्बन/वर्ष स्थिर किया गया, जबकि सफेदा ने लवणीय जलभराव मृदा पर 5 वर्षों में 15.5 टन कार्बन/हैक्टर एकत्र किया। जलभराव मृदा पर अपनाई कृषि वानिकी प्रणालियों ने 15.82 टन कार्बन/हैक्टर तथा 58.03 टन कार्बन/हैक्टर का स्थिरीकरण हुआ, जबकि बायो-सलाइन प्रणालियों द्वारा 6 टन कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2) समतुल्य/हैक्टर कार्बन को ग्रहण किया।

वृक्षारोपण के अंतर्गत भूजल स्तर में 15.7 मीटर तक की कमी दर्ज की गई, जबकि ब्लैक वेटल एवं केजुरिना वृक्षारोपण प्रणालियों ने 3.2 मीटर तक जलस्तर को घटाया। इसके अतिरिक्त, वृक्षों की छाया स्थानीय सूक्ष्म जलवायु को नियंत्रित करती है। इससे ग्रीष्म ऋतु में तापमान 2 से 4 डिग्री सेल्सियस तक कम होता है और शीत ऋतु में थोड़ा बढ़ता है।

अनुसंधान से ज्ञात हुआ कि शीशम एवं केजुरिना जैसी वृक्ष प्रजातियां पत्तियों के बेहतर अपघटन के माध्यम से मृदा में नाइट्रोजन, फॉस्फोरस और पोटेशियम जैसे पोषक तत्वों की उपलब्धता बढ़ाती हैं। यह भी बताया गया कि इन क्षेत्रों में विकसित बायो-रीमेडिएशन मॉडल ग्रीनहाउस गैसों के उत्सर्जन को कम करने में सहायक होते हैं।

रिपोर्ट के अनुसार, मध्यम रूप से लवणीय जलभराव क्षेत्रों में विकसित यूकेलिप्टस आधारित बायो-रीमेडिएशन मॉडल ने अधिक कार्बन भंडारण, बेहतर कार्बन स्थिरीकरण तथा वायु और मृदा तापमान के नियंत्रण जैसी श्रेष्ठ नियामक सेवाएं प्रदान की। उन्होंने यह भी पाया गया कि वृक्षों की छाया के अंतर्गत ग्रीनहाउस गैसों का उत्सर्जन कम हुआ, जिसमें कार्बन डाइऑक्साइड का सबसे न्यूनतम फ्लक्स मध्यम प्रभावित क्षेत्रों में यूकेलिप्टस मॉडल के तहत देखा गया।

नाइट्रस ऑक्साइड का सबसे कम फ्लक्स गंभीर रूप से प्रभावित क्षेत्रों में एकल वृक्ष आधारित मॉडल में तथा मीथेन का सबसे कम फ्लक्स कम प्रभावित क्षेत्रों के यूकेलिप्टस मॉडल में देखा गया।

मृदा के गुणों पर भी इन मॉडलों का



परती जलभराव वाला खेत



जलभराव वाली लवणीय मृदा में ब्लॉक में सफेदा वृक्ष

सकारात्मक प्रभाव देखा गया। कम प्रभावित क्षेत्रों में मृदा गुण अपेक्षाकृत बेहतर थे, जबकि लवणता और जलभराव बढ़ने के साथ गुणों में कमी देखी गई। ईसीई मान अधिकतर एकल वृक्ष आधारित मॉडल के अंतर्गत शीर्ष मृदा (0-15 सें.मी.) में अधिक पाया गया।

मृदा कार्बनिक कार्बन की मात्रा सबसे अधिक यूकेलिप्टस (बाउंड्री) वृक्षारोपण मॉडल के तहत कम प्रभावित क्षेत्रों में (0.33 प्रतिशत) तथा ब्लॉक वृक्षारोपण मॉडल के अंतर्गत मध्यम प्रभावित क्षेत्रों में देखी गई। उपलब्ध नाइट्रोजन और पोटेशियम की मात्रा सामान्यत: कम पाई गई, जबकि फॉस्फोरस मध्यम स्तर पर रहा। मृदा में माइक्रोबियल बायोमास कार्बन की मात्रा मध्यम प्रभावित क्षेत्रों के यूकेलिप्टस आधारित मॉडल में अधिक पाई गई, जबकि कम प्रभावित एवं गंभीर रूप से प्रभावित क्षेत्रों के मॉडल में यह कम रही।

समर्थनकारी सेवाएं

लवणीय जलभराव वाले क्षेत्रों में जैव विविधता अध्ययन सीमित हैं। यह सर्वविदित है कि ऐसे क्षेत्रों में वृक्षारोपण प्रमुख पारिस्थितिकी तंत्र सेवाओं का समर्थन करता है। भाकृअनुप-केन्द्रीय मृदा लवणता अनुसंधान संस्थान, करनाल द्वारा किए गए अध्ययन में सफेदा आधारित मॉडल में शैनन-वीनर सूचकांक और सिम्पसन सूचकांक के मान अधिक पाए गए। सफेदा सभी क्षेत्रों में प्रमुख प्रजाति रहा। इससे कुल बेसल क्षेत्र का 93 प्रतिशत, 67 प्रतिशत, और 82 प्रतिशत योगदान था।