http://krishipravahika.vitalbiotech.org/

कृषि प्रवाहिका: ई-समाचार पत्रिका

e-ISSN: 2583 – 0430

कृषि-प्रवाहिका: ई-समाचार पत्रिका, (2026) वर्ष 6, अंक 11, 16-20

Article ID:681

पराली से बायोचार और संवर्धन: फसल अवशेष जलाने की समस्या का समाधान और मिट्टी की उर्वरता में सुधार

प्रतिक्षा[1], शशिकांत[2] आदर्श पांडेय[3],देवव्रत सिंह[4] अंशिका मिश्रा[5]

[1,2]शोध छात्रा, बनारस हिंदू विश्वविद्यालय, वाराणसी

[4]सहायक प्रोफेसर कृषि महाविद्यालय, माधव विश्वविद्यालय, सिरोही, राजस्थान

[3,5]शोध छात्र, आचार्य नरेंद्र देव कृषि एवं प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय

*अनुरूपी लेखक

प्रतीक्षा*

परिचय

फसल कटाई के बाद खेत में बचे हुए तना, पत्ती, भूसा, डंठल और अन्य जैविक पदार्थ फसल अवशेष कहलाते हैं। ये अवशेष पौधों द्वारा मिट्टी से लिए गए पोषक तत्वों का एक हिस्सा अपने भीतर संचित रखते हैं। यदि इन्हें उचित ढंग से खेत में लौटाया जाए या उपयोगी उत्पादों में बदला जाए, तो ये मृदा स्वास्थ्य और ग्रामीण अर्थव्यवस्था दोनों के लिए महत्वपूर्ण संसाधन बन सकते हैं। इसके विपरीत, खुले खेत में जलाने से जैविक कार्बन और नाइट्रोजन का बड़ा भाग वायुमंडल में चला जाता है तथा धुएँ के साथ सूक्ष्म कण और अन्य प्रदूषक निकलते हैं। उत्तर-पश्चिम भारत के धान–गेहूँ फसल चक्र में धान की कटाई और गेहूँ की बुवाई के बीच सीमित समय, कम लागत में खेत साफ करने की आवश्यकता, कम्बाइन हार्वेस्टर से ऊँचे ठूँठ का बचना तथा अवशेष एकत्र करने की व्यवस्था का अभाव पराली जलाने के प्रमुख कारण हैं। धान की पराली जलाने को उत्तर भारत में वायु गुणवत्ता और स्वास्थ्य के लिए गंभीर चुनौती बताया गया है। इसलिए समाधान केवल किसानों को जलाने से रोकने तक सीमित नहीं होना चाहिए; ऐसी तकनीकें और बाजार विकसित करने होंगे जिनसे अवशेष का उपयोग आर्थिक रूप से लाभकारी बने।

पराली जलाने के दुष्परिणाम

पराली जलाने से निकलने वाला धुआँ PM2.5 और PM10 जैसे सूक्ष्म कणों, कार्बन मोनोऑक्साइड, नाइट्रोजन ऑक्साइड तथा अन्य गैसीय प्रदूषकों का स्रोत हो सकता है। ये प्रदूषक श्वसन तंत्र और हृदय-स्वास्थ्य पर प्रतिकूल प्रभाव डालते हैं तथा क्षेत्रीय धुंध और दृश्यता में कमी को बढ़ाते हैं। मौसम की प्रतिकूल परिस्थितियों में स्थानीय प्रदूषण दूर-दूर तक फैल सकता है। मृदा पर भी इसका प्रभाव पड़ता है। आग की तीव्रता और अवधि के अनुसार सतह पर उपस्थित जैविक पदार्थ, लाभकारी सूक्ष्मजीव तथा कुछ पोषक तत्व प्रभावित होते हैं। दहन के बाद राख में कुछ खनिज तत्व अस्थायी रूप से उपलब्ध हो सकते हैं, लेकिन कार्बनिक कार्बन और नाइट्रोजन का नुकसान होता है। बार-बार आग लगने से मृदा की जैविक गुणवत्ता, सूक्ष्मजीवी गतिविधि और दीर्घकालिक पोषक चक्र प्रभावित हो सकते हैं। Indo-Gangetic Plains पर उपलब्ध समीक्षा साहित्य भी अवशेष जलाने के कारण वायु प्रदूषण, पोषक तत्वों की हानि और मृदा स्वास्थ्य पर प्रतिकूल प्रभावों को रेखांकित करता है।

इसलिए पराली प्रबंधन का लक्ष्य केवल धुएँ को रोकना नहीं, बल्कि फसल अवशेष में मौजूद कार्बन और पोषक तत्वों को कृषि प्रणाली में बनाए रखना होना चाहिए।

बायोचार क्या है और यह कैसे बनता है?

बायोचार एक कार्बन-समृद्ध ठोस पदार्थ है, जिसे कृषि अवशेष, लकड़ी, भूसा, छिलके या अन्य जैवभार को सीमित अथवा नियंत्रित ऑक्सीजन की स्थिति में

गर्म करके तैयार किया जाता है। इस ताप-रासायनिक प्रक्रिया को पायरोलिसिस कहते हैं। सामान्यतः बायोचार निर्माण में जैवभार का तापमान, गर्म करने की अवधि, ऑक्सीजन की उपलब्धता, कण आकार और कच्चे पदार्थ की नमी अंतिम उत्पाद के गुणों को प्रभावित करते हैं। धीमी पायरोलिसिस में अपेक्षाकृत अधिक ठोस बायोचार प्राप्त करने पर ध्यान दिया जाता है, जबकि अन्य प्रक्रियाओं में गैस और तरल उत्पादों का अनुपात अलग हो सकता है।

धान के भूसे (पराली) को पहले धूप में अच्छी तरह सुखाया जाता है, फिर उसे काटकर जरूरत के मुताबिक छोटे-छोटे टुकड़ों में तैयार किया जाता है। इसके बाद इसे किसी बंद या नियंत्रित भट्ठी में, जहाँ ऑक्सीजन की मात्रा सीमित रखी जाती है, गरम किया जाता है। प्रक्रिया पूरी होने पर बचे हुए ठोस पदार्थ को पहले ठंडा किया जाता है और फिर सावधानीपूर्वक बाहर निकाला जाता है। इस्तेमाल से पहले बायोचार को छानना, उसकी राख की मात्रा और pH स्तर की जाँच करना लाभदायक रहता है। संभव हो तो इसमें पोषक तत्वों से भरपूर कम्पोस्ट या गोबर की खाद मिलाकर इसे पोषक-युक्त बनाया जा सकता है। बायोचार तैयार करते समय खुली आग जलाने या ऐसी व्यवस्था अपनाने से बचना चाहिए जिससे अनियंत्रित धुआँ निकले। इसके लिए सही प्रकार की भट्ठी, तापमान पर नियंत्रण, गैसों के निकलने का उचित रास्ता और काम करने वालों की सुरक्षा ज़रूरी है। प्रक्रिया में उत्पन्न गैसों को बिना शुद्धिकरण के हवा में छोड़ना भी ठीक नहीं है। कुल मिलाकर, फसल अवशेषों से धीमी पायरोलिसिस के जरिए बायोचार बनाना मिट्टी की गुणवत्ता सुधारने और कार्बन को संचित करने का एक उपयोगी विकल्प माना गया है।



बायोचार से मृदा उर्वरता और स्वास्थ्य में सुधार

बायोचार की उपयोगिता केवल उसमें उपस्थित पोषक तत्वों पर निर्भर नहीं करती; उसकी छिद्रयुक्त संरचना, सतह के रासायनिक गुण और मृदा के साथ अंतःक्रिया भी महत्वपूर्ण हैं। उचित गुणवत्ता वाला बायोचार निम्नलिखित तरीकों से मृदा गुणों में सुधार कर सकता है:

भौतिक गुण: बायोचार के सूक्ष्म छिद्र जल को रोकने और मृदा में वायु-संचार के लिए स्थान उपलब्ध कराने में योगदान दे सकते हैं। हल्की या कम जैविक कार्बन वाली मिट्टी में यह जलधारण क्षमता और समुच्चय स्थिरता को बेहतर बनाने में सहायक हो सकता है। प्रभाव मिट्टी की बनावट, बायोचार के कण आकार और मात्रा पर निर्भर करता है।

रासायनिक गुण: कुछ बायोचारों का pH क्षारीय होता है। अम्लीय मिट्टी में सीमित मात्रा में इनका प्रयोग अम्लता कम करने में मदद कर सकता है। बायोचार की सतह पर उपस्थित क्रियाशील समूह और उच्च सतह क्षेत्र कुछ पोषक धनायनों के प्रतिधारण तथा धनायन विनिमय क्षमता (CEC) में योगदान कर सकते हैं। हालांकि धान की पराली से बने बायोचार में राख और लवण की मात्रा अधिक हो सकती है; इसलिए EC तथा pH की जाँच जरूरी है।

पोषक तत्व प्रबंधन: बायोचार नाइट्रोजन, पोटैशियम और अन्य पोषक तत्वों के अपवाह या लीचिंग को कुछ परिस्थितियों में कम करने में मदद कर सकता है। परंतु बायोचार को पूर्ण उर्वरक का विकल्प नहीं समझना चाहिए। इसकी पोषक उपलब्धता कच्चे पदार्थ और निर्माण तापमान पर निर्भर करती है। बेहतर परिणाम के लिए इसे गोबर की खाद, कम्पोस्ट, वर्मी-कम्पोस्ट या अनुशंसित उर्वरक मात्रा के साथ समेकित पोषक तत्व प्रबंधन में शामिल किया जा सकता है।

जैविक गुण और कार्बन संचयन: बायोचार की सतह सूक्ष्मजीवों के लिए सूक्ष्म आवास उपलब्ध करा सकती है। स्थिर कार्बन का एक भाग मिट्टी में अपेक्षाकृत लंबे समय तक बना रह सकता है, जिससे मृदा कार्बन भंडार बढ़ाने में सहायता मिलती है। हालांकि सूक्ष्मजीवों और एंजाइम गतिविधियों पर प्रभाव हमेशा समान नहीं होता; यह बायोचार की गुणवत्ता, मिट्टी और प्रबंधन पर निर्भर करता है।

पराली से मूल्य संवर्धन के अन्य अवसर

हर प्रकार की पराली को बायोचार में बदलना आवश्यक या आर्थिक रूप से सर्वोत्तम नहीं है। स्थानीय परिस्थितियों, अवशेष की गुणवत्ता, पशुधन की उपलब्धता, परिवहन दूरी और बाजार की मांग के अनुसार बहु-विकल्पीय उपयोग अपनाया जाना चाहिए। प्रमुख विकल्प निम्न हैं:

कम्पोस्ट और जैविक खाद: पराली को गोबर, हरी जैविक सामग्री तथा उपयुक्त सूक्ष्मजीवी कल्चर के साथ कम्पोस्ट किया जा सकता है। इससे खेत में जैविक पदार्थ लौटता है और अवशेष का सुरक्षित अपघटन होता है।

पशु आहार: गेहूँ का भूसा सामान्यतः पशु आहार में उपयोगी है। धान की पराली में सिलिका अधिक और पाचनशीलता अपेक्षाकृत कम हो सकती है; इसलिए उपचार, संतुलित आहार और पशु पोषण विशेषज्ञ की सलाह के बिना इसे मुख्य चारा नहीं बनाना चाहिए।

बायोऊर्जा और बायो-CNG: उपयुक्त अवशेष को पेलेट या ब्रिकेट में बदलकर औद्योगिक ताप तथा ऊर्जा के लिए उपयोग किया जा सकता है। कुछ जैविक अवशेषों को अवायवीय पाचन के माध्यम से बायोगैस में बदला जा सकता है।

मशरूम उत्पादन और अन्य उत्पाद: चयनित फसल अवशेषों का उपयोग मशरूम उत्पादन के सब्सट्रेट, जैव-आधारित पैकेजिंग, कागज/पल्प, बोर्ड तथा अन्य फाइबर-आधारित उत्पादों में किया जा सकता है। उपयोग से पहले स्वच्छता, नमी और गुणवत्ता मानकों का पालन आवश्यक है।

बायोचार आधारित उत्पाद: बायोचार को कम्पोस्ट के साथ मिलाकर बायोचार-कम्पोस्ट, पोषक तत्वों से समृद्ध मृदा संशोधक, नर्सरी माध्यम के घटक और कुछ फिल्टर/अवशोषक पदार्थों के रूप में विकसित

किया जा सकता है। कृषि उपयोग के लिए उत्पाद की pH, EC, राख, स्थिर कार्बन और संभावित संदूषकों की जाँच की जानी चाहिए।

किसानों के लिए व्यावहारिक कार्यनीति

किसानों के स्तर पर पराली का सफल प्रबंधन करने के लिए गाँव या किसान उत्पादक संगठन (FPO) पर आधारित व्यवस्था लाभदायक साबित हो सकती है। सबसे पहले हर खेत और फसल के हिसाब से बचे हुए अवशेष की मात्रा और उसकी किस्म का अनुमान लगाना चाहिए। जिन खेतों में अवशेष को मिट्टी में वापस मिलाना संभव हो, वहाँ हैप्पी सीडर, सुपर सीडर, मल्चर, स्ट्रॉ मैनेजमेंट सिस्टम और उपयुक्त सीड ड्रिल की मदद से उसे सतह पर फैलाया या मिट्टी में मिलाया जा सकता है। जहाँ अवशेष की मात्रा ज़्यादा हो, वहाँ बेलर द्वारा उसे इकट्ठा करके पास की प्रसंस्करण इकाई तक भेजा जा सकता है। गाँव स्तर पर छोटे पायरोलिसिस संयंत्र तभी लगाने चाहिए जब कच्चा माल पर्याप्त मात्रा में और नियमित रूप से मिलता रहे, संचालन के लिए प्रशिक्षित लोग हों, भंडारण सुरक्षित हो, उत्पाद की गुणवत्ता जाँची जा सके, उसके खरीदार मौजूद हों और आर्थिक दृष्टि से यह व्यवहारिक हो। अकेले किसान के लिए अलग संयंत्र खरीदना आम तौर पर फायदेमंद नहीं होता; ऐसे में कस्टम हायरिंग सेंटर, सहकारी समिति या FPO के जरिए मशीनरी और प्रसंस्करण सुविधा को आपस में साझा करना बेहतर विकल्प है।

बायोचार को खेत में मिलाने से पहले मिट्टी और उत्पाद दोनों की जाँच कर लेना आवश्यक है। हर प्रकार की मिट्टी और हर फसल के लिए एक समान मात्रा उपयोगी साबित नहीं होती। शुरुआत में छोटे क्षेत्र पर इसका परीक्षण करें, बायोचार को पहले कम्पोस्ट या गोबर की खाद के साथ संशोधित करें, और अनुशंसित NPK उर्वरक प्रबंधन को बनाए रखें। यदि बायोचार अधिक मात्रा में या तेज़ लवणता के साथ बिना सोचे-समझे डाला जाए, तो बीजों के अंकुरण और पौधों की बढ़वार पर बुरा असर पड़ सकता है। धान जैसी फसलों में इसका जल प्रबंधन और मीथेन उत्सर्जन पर पड़ने वाला संभावित प्रभाव भी स्थानीय स्तर के परीक्षणों में जाँचा जाना चाहिए।

प्रमुख चुनौतियाँ और समाधान

बायोचार आधारित पराली प्रबंधन के सामने कुछ व्यावहारिक बाधाएँ हैं। इनमें पायरोलिसिस संयंत्र की प्रारंभिक लागत, ईंधन और बिजली की आवश्यकता, पराली का संग्रह एवं परिवहन, उत्पाद गुणवत्ता में असमानता, किसानों में तकनीकी जानकारी की कमी तथा बायोचार के लिए सुनिश्चित बाजार का अभाव शामिल हैं। इसके अतिरिक्त बायोचार के लाभ मृदा-विशिष्ट होते हैं; इसलिए बिना परीक्षण के बड़े क्षेत्र में प्रयोग करने से अपेक्षित परिणाम न मिलना संभव है।

इन बाधाओं को दूर करने के लिए कृषि विज्ञान केंद्रों, कृषि विश्वविद्यालयों, ICAR संस्थानों, राज्य कृषि विभागों और FPO के बीच समन्वय जरूरी है। स्थानीय स्तर पर प्रदर्शन प्लॉट, किसान प्रशिक्षण, गुणवत्ता मानक, परीक्षण प्रयोगशालाएँ और खरीद/विपणन व्यवस्था विकसित की जानी चाहिए। बायोचार उत्पादन इकाई को केवल मशीन वितरण परियोजना न बनाकर कच्चे माल की आपूर्ति, ऊर्जा उपयोग, उत्सर्जन नियंत्रण, उत्पाद परीक्षण और बाजार से जोड़ना होगा। नीतिगत स्तर पर अवशेष संग्रह, परिवहन और प्रसंस्करण के लिए प्रोत्साहन, कस्टम हायरिंग सेवाएँ, विकेन्द्रीकृत प्रसंस्करण तथा कृषि-उद्योग साझेदारी को बढ़ावा दिया जा सकता है। साथ ही, जहाँ पराली खेत में मल्च या मिट्टी में मिलाने से लाभ मिलता है, वहाँ उसी विकल्प को प्राथमिकता देनी चाहिए; बायोचार को सभी परिस्थितियों का एकमात्र समाधान नहीं मानना चाहिए।

निष्कर्ष

पराली जलाना कृषि अवशेष प्रबंधन की एक जटिल समस्या है, जिसका समाधान तकनीकी, आर्थिक और संस्थागत उपायों के संयोजन से ही संभव है। बायोचार निर्माण पराली को कार्बन-समृद्ध उपयोगी उत्पाद में बदलने का महत्वपूर्ण विकल्प है। उचित गुणवत्ता और मृदा परीक्षण के आधार पर इसका प्रयोग जलधारण क्षमता, CEC, मृदा कार्बन तथा पोषक तत्व प्रतिधारण में सहायता कर सकता है।

फिर भी बायोचार उर्वरकों, कम्पोस्ट या खेत में अवशेष संरक्षण का पूर्ण विकल्प नहीं है।

सबसे प्रभावी रणनीति स्थानीय जरूरत के अनुसार पराली का वर्गीकरण और बहु-उपयोग है कुछ अवशेष खेत में लौटें, कुछ कम्पोस्ट या पशु आहार में जाएँ, और अतिरिक्त मात्रा को बायोचार, ऊर्जा तथा औद्योगिक उत्पादों में बदला जाए। किसान समूहों, FPO, कृषि विश्वविद्यालयों और ग्रामीण उद्यमों के सहयोग से यह मॉडल पराली जलाने में कमी, मृदा उर्वरता में सुधार, अतिरिक्त आय और पर्यावरण संरक्षण चारों लक्ष्यों को एक साथ आगे बढ़ा सकता है।