एग्री मैगज़ीन
(कृषि लेखों के लिए अंतरराष्ट्रीय ई-पत्रिका)
वर्ष: 03, अंक: 08 (अगस्त, 2026)
www.agrimagazine.in पर ऑनलाइन उपलब्ध
© एग्री मैगज़ीन, आई. एस. एस. एन.: 3048-8656

भिंडी उत्पादन में बायोचार का महत्व: मृदा स्वास्थ्य एवं उत्पादकता सुधार की एक सतत तकनीक

*स्वप्ना सपहिया, अनिल कुमार, अंशुक राणा एवं शिवानी
मृदा विज्ञान और जल प्रबंधन विभाग, बागवानी और वानिकी महाविद्यालय, नेरी, हमीरपुर, हिमाचल प्रदेश, भारत
*संवादी लेखक का ईमेल पता: anshukrana23@gmail.com

भिंडी (*Abelmoschus esculentus* L.) भारत में उगाई जाने वाली प्रमुख सब्जी फसलों में से एक है, जो पोषण सुरक्षा एवं किसानों की आय बढ़ाने में महत्वपूर्ण योगदान देती है। वर्तमान समय में बढ़ती जनसंख्या एवं खाद्य मांग को पूरा करने के लिए कृषि उत्पादन में रासायनिक उर्वरकों एवं अन्य कृषि आदानों का अत्यधिक उपयोग किया जा रहा है। इसके परिणामस्वरूप मृदा जैविक कार्बन में कमी, पोषक तत्वों का असंतुलन तथा मृदा स्वास्थ्य में गिरावट जैसी समस्याएं उत्पन्न हो रही हैं। ऐसी परिस्थितियों में टिकाऊ कृषि के लिए बायोचार एक प्रभावी मृदा सुधारक के रूप में उभर रहा है। बायोचार एक स्थिर कार्बन युक्त पदार्थ है, जिसे कृषि अवशेषों, लकड़ी, खरपतवारों एवं अन्य जैविक पदार्थों को सीमित ऑक्सीजन की स्थिति में तापीय अपघटन (Pyrolysis) द्वारा तैयार किया जाता है। इसके प्रयोग से मृदा के भौतिक, रासायनिक एवं जैविक गुणों में सुधार होता है। बायोचार मृदा में कार्बनिक कार्बन की मात्रा बढ़ाने, जल धारण क्षमता सुधारने, पोषक तत्वों की उपलब्धता बढ़ाने तथा सूक्ष्मजीव गतिविधियों को बढ़ावा देने में सहायक होता है। भिंडी जैसी सब्जी फसलों में बायोचार का उपयोग पौधों की वृद्धि, उपज एवं गुणवत्ता सुधारने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकता है। अतः बायोचार का उपयोग मृदा स्वास्थ्य संरक्षण एवं सतत भिंडी उत्पादन के लिए एक उपयोगी तकनीक साबित हो सकता है।

मुख्य शब्द: बायोचार, भिंडी, मृदा स्वास्थ्य, मृदा कार्बन, पोषक तत्व प्रबंधन, सतत कृषि

परिचय

कृषि उत्पादकता को बनाए रखने में मृदा स्वास्थ्य की महत्वपूर्ण भूमिका होती है, क्योंकि यह पोषक तत्वों की उपलब्धता, जल धारण, सूक्ष्मजीवी गतिविधि तथा मृदा की समग्र कार्यक्षमता को प्रभावित करता है। लगातार खेती, रासायनिक उर्वरकों के अत्यधिक उपयोग तथा मृदा में कार्बनिक पदार्थों की कमी से मृदा की गुणवत्ता एवं पोषक तत्व उपयोग दक्षता प्रभावित हो सकती है। भिंडी (*Abelmoschus esculentus* L.) एक महत्वपूर्ण सब्जी फसल है, जिसकी वृद्धि, उपज एवं गुणवत्ता मृदा की उर्वरता तथा पोषक तत्वों की उपलब्धता से संबंधित होती है। ऐसी परिस्थितियों में बायोचार एक संभावित पर्यावरण–अनुकूल मृदा संशोधक के रूप में उभरा है। इसकी छिद्रयुक्त संरचना, स्थिर कार्बन तथा सक्रिय सतही गुण मृदा के pH कार्बनिक कार्बन, धनायन विनिमय क्षमता, पोषक तत्वों के प्रतिधारण एवं जल संबंधी गुणों को प्रभावित कर सकते हैं। 59 अध्ययनों पर आधारित मेटा–विश्लेषण में बायोचार के उपयोग से मृदा pH कार्बनिक कार्बन, धनायन विनिमय क्षमता एवं रंध्रता में सुधार तथा थोक घनत्व में कमी पाई गई, हालांकि इसका प्रभाव मृदा के प्रकार, कच्चे पदार्थ, प्रयोग की मात्रा एवं पायरोलिसिस परिस्थितियों पर निर्भर करता है। भिंडी पर किए गए अध्ययनों में भी बायोचार के उपयोग से मृदा गुणों एवं फसल प्रदर्शन में सुधार की संभावना सामने आई है।

बायोचार: एक प्रभावी मृदा सुधारक

बायोचार एक कार्बन–समृद्ध, छिद्रयुक्त एवं अपेक्षाकृत स्थायी जैविक पदार्थ है, जिसे फसल अवशेष, लकड़ी, पत्तियों एवं खरपतवार जैसे जैविक पदार्थों को सीमित ऑक्सीजन की स्थिति में गर्म करके तैयार किया जाता है। इस प्रक्रिया को पायरोलिसिस कहा जाता है। इसकी संरचना, सतह क्षेत्र एवं स्थिर कार्बन मृदा में जल, पोषक तत्वों एवं कार्बन के प्रतिधारण को प्रभावित कर सकते हैं। कृषि अवशेषों को बायोचार में परिवर्तित करना जैविक अपशिष्टों के उपयोग तथा मृदा सुधार का एक प्रभावी माध्यम हो सकता है।

मृदा स्वास्थ्य सुधार में बायोचार की भूमिका

1. मृदा के भौतिक गुणों पर प्रभाव

बायोचार मृदा की संरचना, रंध्रता, थोक घनत्व और जल धारण क्षमता जैसे भौतिक गुणों को प्रभावित कर सकता है। इसकी छिद्रयुक्त संरचना जल प्रतिधारण, जड़ों की वृद्धि और मृदा वायु संचार में सहायक हो सकती है। अध्ययनों में बायोचार के उपयोग से थोक घनत्व में कमी तथा रंध्रता में वृद्धि पाई गई है।

2. मृदा के रासायनिक गुणों पर प्रभाव

बायोचार मृदा के कार्बनिक कार्बन, pH और धनायन विनिमय क्षमता को सुधार सकता है। इसकी छिद्रयुक्त संरचना पोषक तत्वों के प्रतिधारण में सहायक होती है, जबकि क्षारीय प्रकति का बायोचार अम्लीय मृदा pH को सुधार कर सकता है। इसके प्रभाव बायोचार के गुणों और मृदा की परिस्थितियों पर निर्भर करते हैं।

3. मृदा जैविक गुणों पर प्रभाव

बायोचार मृदा के जैविक गुणों को भी प्रभावित कर सकता है। इसकी छिद्रयुक्त संरचना सूक्ष्मजीवों के लिए उपयुक्त आवास उपलब्ध कराती है और मृदा में कार्बन एवं पोषक तत्वों के चक्रण को प्रभावित कर सकती है। इसका प्रभाव बायोचार की मात्रा, गुणवत्ता तथा मृदा की परिस्थितियों पर निर्भर करता है।

भिंडी की वृद्धि एवं उपज पर बायोचार का प्रभाव

भिंडी की वृद्धि एवं उत्पादकता मृदा की उर्वरता, नमी तथा पोषक तत्वों की उपलब्धता से प्रभावित होती है। बायोचार के उपयोग से मृदा में पोषक तत्वों के प्रतिधारण, नमी तथा जड़ क्षेत्र की परिस्थितियों में सुधार हो सकता है, जिससे पौधों की वृद्धि, फल विकास एवं उपज पर सकारात्मक प्रभाव पड़ सकता है। भिंडी पर किए गए क्षेत्रीय अध्ययनों में कुछ बायोचार उपचारों से मृदा गुणों तथा फल के आकार एवं उपज में सुधार दर्ज की गई। विभिन्न फसलों के मेटा–विश्लेषण में भी बायोचार के उपयोग से फसल उत्पादकता पर सकारात्मक प्रभाव पाया गया है, हालांकि फसल की प्रतिक्रिया परिस्थितियों के अनुसार भिन्न हो सकती है।

भिंडी की गुणवत्ता सुधार में बायोचार की भूमिका

भिंडी उत्पादन में कुल उपज के साथ फलों की गुणवत्ता भी महत्वपूर्ण होती है, क्योंकि बाजार मूल्य फलियों की विशेषताओं पर निर्भर करता है। मृदा में पोषक तत्वों की उपलब्धता तथा मृदा वातावरण में सुधार के माध्यम से बायोचार पौध पोषण एवं फल विकास में योगदान कर सकता है। भिंडी पर किए गए अध्ययनों में कुछ बायोचार उपचारों से फलों की विशेषताओं में सुधार दर्ज किया गया है। हालांकि, कुल घुलनशील ठोस पदार्थ (TSS) एस्कॉर्बिक अम्ल तथा बतनकम चतवजमपद जैसे गुणवत्ता मानकों पर इसका प्रभाव स्रोत, मात्रा, मृदा के गुणों तथा उर्वरक प्रबंधन के अनुसार भिन्न हो सकता है।

बायोचार एवं जलवायु परिवर्तन नियंत्रण

मृदा गुणों में सुधार के अतिरिक्त बायोचार कार्बन प्रबंधन एवं जलवायु परिवर्तन नियंत्रण के संदर्भ में भी महत्वपूर्ण है। बायोचार में उपस्थित कार्बन अपेक्षाकृत स्थिर होता है और अनुपचारित जैविक अवशेषों की तुलना में लंबे समय तक मृदा में बना रह सकता है। इसलिए बायोचार का उपयोग मृदा में कार्बन पृथक्करण (carbon sequestration) बढ़ाने के संभावित माध्यम के रूप में किया जाता है। कृषि एवं वनस्पति अवशेषों को बायोचार में परिवर्तित करना जैविक अवशेषों के उपयोगी प्रबंधन का भी माध्यम है।

चुनौतियाँ एवं भविष्य की संभावनाएँ

बायोचार के लाभों के बावजूद इसकी प्रभावशीलता सभी मृदाओं एवं फसलों में समान नहीं होती। इसका प्रभाव कच्चे पदार्थ के प्रकार, पायरोलिसिस की परिस्थितियों, प्रयोग की मात्रा, मृदा के गुणों तथा उर्वरकों के साथ इसकी अंतःक्रिया पर निर्भर करता है। बायोचार की गुणवत्ता में अंतर, उत्पादन लागत तथा उपयुक्त मात्रा के संबंध में सीमित स्थानीय सिफारिशें इसके व्यापक उपयोग में बाधा बन सकती हैं। इसलिए स्थानीय कृषि एवं वनस्पति अवशेषों से तैयार बायोचार का मूल्यांकन करना तथा मृदा एवं फसल की परिस्थितियों के अनुसार इसकी उपयुक्त मात्रा निर्धारित करना आवश्यक है। हिमाचल प्रदेश जैसे क्षेत्रों में पंचरंगी (*Lantana camara*) जैसे स्थानीय जैवभार से तैयार बायोचार का उपयोग संभावित मृदा संशोधक के रूप में किया जा सकता है, लेकिन इसकी प्रभावशीलता का वैज्ञानिक मूल्यांकन आवश्यक है।

निष्कर्ष

भिंडी उत्पादन में बायोचार का उपयोग मृदा स्वास्थ्य सुधार एवं सतत कृषि के लिए एक संभावित प्रभावी तकनीक है। यह मृदा के भौतिक, रासायनिक एवं जैविक गुणों को प्रभावित करके पोषक तत्वों के प्रतिधारण, जल प्रबंधन तथा पौधों की वृद्धि के लिए अनुकूल परिस्थितियाँ बनाने में सहायक हो सकता है। भिंडी पर किए गए अध्ययनों से मृदा गुणों एवं फसल उत्पादकता में सुधार की संभावनाएं सामने आई हैं। हालांकि इसकी प्रभावशीलता बायोचार के स्रोत, उत्पादन परिस्थितियों, प्रयोग की मात्रा, मृदा के प्रकार तथा फसल प्रबंधन पर निर्भर करती है। इसलिए स्थानीय परिस्थितियों के अनुसार उपयुक्त बायोचार स्रोत एवं मात्रा का निर्धारण आवश्यक है।