

जैव-कोयले के तिहरे लाभ: जल सुरक्षा, उपज तथा कार्बन संचयन



अभिषेक पटेल*

भा.कृ.अनु.प.-केंद्रीय शुष्क क्षेत्र अनुसंधान संस्थान, क्षेत्रीय अनुसंधान केंद्र, भुज

सार

जैव-कोयला, जो सजीव अवशेषों को कम प्राणवायु की उपस्थिति में गर्म करके तैयार किया गया कार्बन-समृद्ध पदार्थ होता है, विशेषकर जल-अल्प क्षेत्रों में, टिकाऊ कृषि के लिए एक व्यावहारिक उपकरण के रूप में उभर रहा है। इसके लाभ मुख्यतः इस क्षमता से आते हैं कि यह मृदा में जल तथा पोषक तत्वों के संचयन और उपलब्धता को सुधारता है। मृदा संरचना को सुदृढ़ बनाकर, उपलब्ध जल को बढ़ाकर तथा सूक्ष्मजीव जीवन को प्रोत्साहित करके, जैव-कोयला फसलों को सूखे के दौर का बेहतर सामना करने में सहायता करता है और तनावग्रस्त मृदाओं में उत्पादकता बढ़ाता है। खेत-स्तर के इन लाभों से आगे, यह दीर्घकालिक कार्बन संचयन प्रदान करता है और अपशिष्ट को एक मूल्यवान मृदा-संशोधक में परिवर्तित करके परिपत्र जैव-अर्थव्यवस्था की रणनीतियों में योगदान देता है। इन सभी गुणों के साथ, जैव-कोयला जलवायु-लचीली कृषि प्रणालियाँ विकसित करने का एक बहुपयोगी विकल्प बनकर सामने आ रहा है।

मुख्य शब्द: जैव-कोयला, जलवायु समाधान,

मृदा, जल प्रबंधन

1. प्रस्तावना

बढ़ती जलवायु अस्थिरता के बीच कृषि पर कम पानी में अधिक उत्पादन करने का दबाव बढ़ता जा रहा है। जैव-कोयला, जो कार्बनिक अपशिष्ट के पायरोलिसिस द्वारा तैयार किया गया एक स्थिर, कार्बन-समृद्ध पदार्थ है, एक वैज्ञानिक रूप से प्रमाणित समाधान के रूप में उभर रहा है। कार्बोनाइज्ड बायोमास के उपयोग का विचार सदियों पुराना है, जैसा कि अमेजन की उपजाऊ "टेरा प्रेटा" मिट्टियों में देखा गया है, लेकिन आधुनिक नवाचार इसकी विशेष मृदा और जलवायु परिस्थितियों के अनुरूप गुणों को ढालने की क्षमता में निहित है। इसकी प्रभावशीलता इसके विशिष्ट भौतिक ढांचे और सतही रसायन से आती है। उच्च आंतरिक सतह क्षेत्र, विविध रंध्र आकार, और प्रतिक्रियाशील सतही आवेशों के कारण जैव-कोयला मृदा कणों, जल और पोषक तत्वों के साथ इस तरह से अंतःक्रिया करता है जो फसल वृद्धि को सीधे प्रभावित करता है। यदि इसे वैज्ञानिक तरीके से डिजाइन और लागू किया जाए, तो जैव-कोयला पानी का संरक्षण कर सकता है, पोषक तत्वों को

स्थिर कर सकता है, अम्लीय मिट्टियों को निष्प्रभावी कर सकता है, और जड़ों के विकास तथा सूक्ष्मजीवी गतिविधि के लिए अनुकूल परिस्थितियाँ बना सकता है। महत्वपूर्ण बात यह है कि यह एक "वन-साइज-फिट्स-ऑल" समाधान नहीं है, इसकी कार्यक्षमता प्रयुक्त फीडस्टॉक, पायरोलिसिस स्थितियाँ, अनुप्रयोग विधि, और अन्य मृदा-संशोधकों के साथ इसके एकीकरण पर निर्भर करती है।

2. जैव-कोयले द्वारा मृदा की भौतिक तथा जैविक गुणधर्मों का समायोजन

जैव-कोयले का एक प्रमुख लाभ, विशेषकर शुष्क तथा अर्ध-शुष्क क्षेत्रों में, मृदा की जल-गतिकी पर इसका प्रभाव है। बलुई मिट्टियों में, जहाँ जल तेजी से निकल जाता है, जैव-कोयला एक भण्डार की तरह कार्य करता है और पादप-उपलब्ध जल की मात्रा बढ़ा देता है। अनेक अध्ययनों की समीक्षाओं में पाया गया है कि जैव-कोयला बलुई मिट्टियों में उपलब्ध जल को लगभग 33-45 प्रतिशत तथा चिकनी मिट्टियों में लगभग 9-14 प्रतिशत तक बढ़ा सकता है। इसका अर्थ है कि वर्षा अथवा सिंचाई के बीच पौधों के लिए जल की अधिक विश्वसनीय आपूर्ति उपलब्ध होती है, जो वर्तमान समय में बढ़ती एवं अनिश्चित सूखा-अवधियों

के संदर्भ में अत्यंत महत्वपूर्ण है। मृदा के भौतिक गुणों की दृष्टि से, जैव-कोयला मृदा का थोक घनत्व घटाता है तथा रंध्रता बढ़ाता है, जिससे जल एवं वायु संचरण के अधिक मार्ग बनते हैं। इसकी रंध्रयुक्त संरचना उस स्तर पर जल संचित करती है जिसे पौधे अत्यधिक ऊर्जा खर्च किए बिना प्राप्त कर सकते हैं। भौतिक प्रभावों से आगे, जैव-कोयला जड़-क्षेत्र (राइजोस्फियर) को भी रूपांतरित करता है। इसकी सतहें सूक्ष्मजीवों के उपनिवेशन, बायोफिल्म निर्माण, तथा कार्बनिक-खनिज अंतःक्रियाओं के लिए स्थल प्रदान करती हैं जो पोषक तत्वों को बनाए रखने में सहायक होती हैं। यह जीवंत अंतरफलक जल एवं पोषक तत्वों दोनों के अधिक कुशल चक्रीय प्रवाह तथा बेहतर हाइड्रोलिक पारस्परिकता को प्रोत्साहित करता है।

3. बहुक्रियात्मक मृदा-संशोधक के रूप में जैव-कोयला

यद्यपि जल संरक्षण को प्रायः मुख्य लाभ के रूप में रेखांकित किया जाता है, जैव-कोयला इससे कहीं अधिक व्यापक लाभ प्रदान करता है जो मृदा तथा फसल से जुड़ी अनेक बाधाओं का समाधान करते हैं। विभिन्न जलवायु-क्षेत्रों तथा फसल-प्रणालियों पर किए गए तुलनात्मक अध्ययनों (मेटा-विश्लेषणों) में पाया गया है कि जैव-कोयला उपयोग के बाद उपज में लगभग 10 से 42 प्रतिशत तक वृद्धि होती है, और यह वृद्धि विशेष रूप से उन मिट्टियों में सर्वाधिक होती है जो क्षरित, अम्लीय या पोषक-तत्वों से गरीब होती हैं। ये सुधार तीन प्रमुख तंत्रों से जुड़े हैं:

i. पोषक-तत्व संरक्षण तथा दक्षता:

जैव-कोयले की रंध्रयुक्त संरचना तथा आवेशित सतहें पोषक-तत्वों को पकड़े रखने में सहायता करती हैं, जिससे रिसाव अथवा वाष्पीकरण द्वारा होने वाले नुकसान कम हो जाते हैं। यह संतुलन-प्रभाव उर्वरक की उपयोग-दक्षता बढ़ाता है और इसके लाभ कई फसल-चक्रों तक बने रहते हैं, विशेषकर तब जब जैव-कोयला कम्पोस्ट या खनिज उर्वरकों के साथ मिलाकर प्रयोग किया जाता है।

ii. अम्लीकरण-नियंत्रण तथा विषाक्तता में कमी:

अधिकांश जैव-कोयलों का स्वभाव क्षारीय होता है। अम्लीय मिट्टियों में यह मृदा का पीएच बढ़ाते हैं, एल्यूमिनियम विषाक्तता घटाते हैं तथा पोषक-तत्वों की उपलब्धता बढ़ाते हैं। यह अम्लीकरण-नियंत्रण प्रभाव उन उष्णकटिबंधीय एवं उप-उष्णकटिबंधीय मिट्टियों में पाई जाने वाली उल्लेखनीय उपज-वृद्धि का कारण है जहाँ अम्लीयता उत्पादन को सीमित करती है।

iii. पादप-स्वास्थ्य तथा तनाव-सहिष्णुता:

जैव-कोयला प्रायः मृदा के सूक्ष्मजीवी समुदायों को लाभकारी जीवों की ओर मोड़ देता है, जिससे पौधों को सूखा, लवणता तथा ऊष्मा जैसे अजैविक तनावों के विरुद्ध सहायता मिलती है तथा कुछ मृदा-जनित रोग भी कम होते हैं। बेहतर जड़-पर्यावरण, संतुलित मृदा-रसायन

तथा सूक्ष्मजीवी संकेतकसस मिलकर फसल की सहनशीलता को अधिक मजबूत बनाते हैं।

4. कृषि-पारिस्थितिक तंत्रों में जैव-कोयले की उत्सर्जन-न्यूनकरण क्षमता

मृदा तथा फसल सुधार में अपनी प्रत्यक्ष भूमिका से आगे, जैव-कोयला जलवायु तथा सततता से जुड़े महत्वपूर्ण लाभ भी प्रदान करता है। जैव-कोयले में उपस्थित कार्बन का बड़ा भाग अत्यंत स्थिर होता है और दीर्घ अवधि तक सूक्ष्मजीवी अपघटन का प्रतिरोध करता है। मृदा की सतह से लगभग 10 सेमी गहराई तक जैव-कोयला डालने से अवनमनीकरण (डिनाइट्रीफिकेशन) क्षमता घट सकती है तथा N_2O का उत्सर्जन कम हो सकता है, साथ ही पोटेसियम जैसे गतिशील पोषक-तत्वों के रिसाव को नियंत्रित कर सकता है, जिससे जल-उपयोग दक्षता, पोषक उपलब्धता और पादप-विकास में सुधार होता है। यह जैव-कोयले को एक मान्यता प्राप्त नकारात्मक-उत्सर्जन प्रौद्योगिकी बनाता है जो दीर्घकाल तक कार्बन को मृदा में बंद रखने में सक्षम है।

इसके अतिरिक्त, जैव-कोयला उत्पादन परिपत्र अर्थव्यवस्था के लक्ष्यों का समर्थन करता है। पायरोलिसिस न केवल फसल-अवशेषों को एक मूल्यवान मृदा-संशोधक में बदलती है, बल्कि ऐसे पदार्थ (गैस और तेल) भी उत्पन्न करती है जिन्हें नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों के रूप में उपयोग किया जा सकता है। अवशेष गैसीफायर या बायोलर में





अत्यधिक उच्च तापमान तथा शून्य या निम्न ऑक्सीजन वाले वातावरण में जलने पर उत्पादक-गैस में परिवर्तित हो जाते हैं (इसके ऊष्मीय मूल्य लगभग 1000-1200 किलो कैलोरी/एनएम³ होते हैं तथा यह CO, N और H से निर्मित होती है)। प्रक्रिया के दौरान कार्बनिक प्रदूषक टूट जाते हैं और फॉस्फोरस तथा पोटैशियम जैसे पादप-पोषक तत्व ठोस जैव-कोयला अंश में सघन हो जाते हैं, जिन्हें पुनः खेतों में लौटाया जा सकता है।

5. व्यावहारिक पक्ष

जैव-कोयले के प्रयोग की विधि उसके परिणामों पर अत्यधिक प्रभाव डालता है। इसे जड़-क्षेत्र में रखना, इसे कंपोस्ट या गोबर-खाद के साथ मिलाना, तथा मृदा की दशाओं के अनुसार इसकी मात्रा निर्धारित करना, केवल सतह पर फैलाने की तुलना में अधिक प्रभावी रहता है। खेतों में उपयोग की दर 1 से 20 टन प्रति हेक्टेयर तक पाई जाती है, परन्तु अधिक मात्रा सदैव अधिक लाभ नहीं देती। लागत, परिवहन-व्यवस्था तथा स्थानीय नियम भी निर्णयों को प्रभावित करते हैं। प्रत्येक खेत में छोटे स्तर पर परीक्षण करना प्रायः सबसे उपयुक्त रणनीति की पहचान करने की सर्वोत्तम विधि होती है।

लाभों को अधिकतम करने तथा जोखिमों से बचने के लिए गुणवत्ता-नियंत्रण अत्यावश्यक है। जैव-कोयले के गुण प्रयुक्त फीडस्टॉक, पायरोलिसिस

के तापमान तथा पश्च-प्रक्रिया पर निर्भर करते हैं। पीएच, विद्युत चालकता, राख की मात्रा, भारी धातुएँ तथा बहु-वृतीय सुगंधित कार्बनिक यौगिकों जैसी विशेषताओं के लिए मानकीकृत परीक्षण एवं प्रमाणन-प्रणालियाँ बढ़ती हुई आवश्यकता बनती जा रही हैं ताकि यह सुनिश्चित किया जा सके कि जैव-कोयला सुरक्षित और प्रभावी हो।

6. निष्कर्ष

पिछले दो दशकों में हुए शोध से यह स्पष्ट हुआ है कि बायोचार तब सबसे प्रभावी होता है जब उसे विशेष मिट्टी-समस्याओं के अनुसार तैयार किया जाए और अच्छे कृषि-प्रयोगों के साथ उपयोग किया जाए। यह कोई सर्व-उपचार नहीं है, परन्तु समझदारी से चुने और लागू किए जाने पर बायोचार:

- मिट्टी के भौतिक गुणों में सुधार करता है, विशेषकर रेतीली या सूखा-प्रवण मिट्टी में।
- पोषक-तत्व उपयोग दक्षता बढ़ाता है और अम्लीय मिट्टी से जुड़ी समस्याओं को कम करता है।
- लाभकारी सूक्ष्मजीवों को प्रोत्साहित करता है, जिससे पौधों का स्वास्थ्य और तनाव-सहनशीलता बढ़ती है।

दीर्घकालिक रूप से कार्बन का भंडारण करता है और कृषि तथा वानिकी अवशेषों के पुनर्चक्रण को बढ़ावा देता है।

बायोचार का सफल उपयोग करने के लिए किसानों को चाहिए कि वे पहले अपनी मिट्टी का परीक्षण करें, स्थानीय आवश्यकताओं के अनुसार उपयुक्त बायोचार चुनें और आवश्यकता होने पर इसे कम्पोस्ट या उर्वरकों के साथ मिलाएँ। उन्हें पी.एच., लवणता और पोषक-तत्वों की निगरानी भी करनी चाहिए ताकि किसी प्रकार की समस्या न उत्पन्न हो। बायोचार तब सर्वोत्तम परिणाम देता है जब इसे व्यापक मिट्टी-स्वास्थ्य प्रथाओं, जैसे आवरण-फसलें, अवशेष प्रबंधन, कम जुताई और कुशल सिंचाई के साथ जोड़ा जाए। बायोचार कोई एकल उत्पाद नहीं, बल्कि एक लचीला उपकरण है जिसे विभिन्न मिट्टियों और जलवायु-स्थितियों के अनुसार अनुकूलित किया जा सकता है। उपज बढ़ाकर, जल की बचत करके और कार्बन के भंडारण को बढ़ावा देकर यह लचीली, कम-कार्बन वाली खेती को समर्थन देता है। जल-संकट और जलवायु-दबाव बढ़ने के साथ, बायोचार किसानों और नीति-निर्माताओं को कृषि को सुदृढ़ करने और प्राकृतिक संसाधनों की रक्षा करने का एक प्रभावी विकल्प प्रदान करता है।

