भारतीय कृषि में बायोचार का उपयोग

ज्योति रानी[1], सारिका[2], सुमित कुमार[3]

[1] इंदिरा गांधी कृषि विश्वविद्यालय, रायपुर

[2] कृषि विज्ञान केंद्र, झज्जर

[3] महाराणा प्रताप बागवानी विश्वविद्यालय, करनाल

पिछले 40 वर्षों में हरित क्रांति ने वैश्विक खाद्य मांग को पूरा किया, लेकिन इसकी अस्थिरता और पर्यावरणीय हानियां चिंताजनक हैं। बदलते जलवायु परिदृश्य, मृदा क्षरण, जल की कमी, और महंगे रासायनिक उर्वरकों के साथ, कृषि को अब अधिक स्थायी विकल्पों की आवश्यकता है। रासायनिक उर्वरकों के उपयोग ने मिट्टी के स्वास्थ्य और कार्बनिक कार्बन को बनाए रखने में सीमित मदद की है, जबकि खाद और कम्पोस्ट जैसे विकल्प कई चुनौतियों से घिरे हैं, जैसे कि प्रदूषण, रोगजनक, और ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन।

इस संदर्भ में, बायोचार एक प्रभावी और टिकाऊ समाधान प्रदान करता है। इसकी उच्च छिद्रता, पोषक तत्व संरक्षण, और मिट्टी की अम्लता को कम करने की क्षमता इसे अद्वितीय बनाती है। बायोचार का उत्पादन कृषि अपशिष्ट, पशुधन खाद, और अन्य जैविक कचरे के निपटान में मदद करता है, जिससे ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन कम होता है। यह मिट्टी की नमी बनाए रखने, पोषक तत्व लीचिंग रोकने, और कार्बन अलगाव में योगदान देता है। हालाँकि, बायोचार की प्रभावशीलता इसके फीडस्टॉक और उत्पादन प्रक्रियाओं पर निर्भर करती है। इसे अपनाने से रासायनिक उर्वरकों पर निर्भरता कम होगी और पर्यावरणीय स्थिरता को बढ़ावा मिलेगा। इस प्रकार, बायोचार कृषि क्षेत्र में एक नई, अधिक टिकाऊ हरित क्रांति के लिए एक महत्वपूर्ण उपकरण हो सकता है।

बायोचार की भौतिक संरचना

बायोचार एक काला, हल्का और अत्यधिक छिद्रयुक्त पदार्थ है, जिसका बड़ा सतही क्षेत्र इसे पानी और पोषक तत्वों को बनाए रखने में सक्षम बनाता है। इसकी विशेषताएँ, जैसे सूक्ष्मजीव गतिविधि, खनिज और पोषक तत्वों का बंधन, और जल धारण क्षमता, मुख्य रूप से फीडस्टॉक के प्रकार, छिद्र आकार और सतही क्षेत्रफल पर निर्भर करती हैं। बायोचार का उत्पादन जैविक बायोमास (जैसे कृषि अवशेष, पशु खाद और नगरपालिका कचरा) को 300-1,000 डिग्री सेल्सियस तापमान पर कम ऑक्सीजन वाले वातावरण में पायरोलिसिस द्वारा किया जाता है।

लकड़ी के बायोमास से बने बायोचार के मुकाबले, खाद, समुद्री शैवाल और कृषि अवशेषों से बने बायोचार में अधिक पोषक तत्व, उच्च पीएच और कम स्थिर कार्बन होता है। इसकी छिद्रता सूक्ष्मजीवों की गतिविधि को बढ़ावा देती है और जल व पोषक तत्व धारण क्षमता को नियंत्रित करती है। नारियल के खोल से बने बायोचार का सतही क्षेत्रफल 1,400 m^2/g तक हो सकता है, जो इसे पर्यावरणीय लाभों के लिए प्रभावी बनाता है।

मिट्टी के गुणों पर बायोचार का प्रभाव

मृदा छिद्रण:

- मिट्टी की छिद्रण क्षमता बढ़ाकर जल प्रतिधारण और पोषक तत्वों के अवशोषण में सुधार।
- बायोचार मिट्टी में चैनल बनाकर छिद्रण क्षमता बढ़ाता है।
- छिद्रपूर्ण मिट्टी CO2 अलग करने और प्रदूषकों को सोखने में सक्षम।

मिट्टी की जल धारण क्षमता (WHC):

- बायोचार सतह क्षेत्र और छिद्रपूर्ण संरचना के कारण जल धारण क्षमता में सुधार करता है।
- जल अपवाह और कटाव को कम करके शुष्क क्षेत्रों में लाभकारी।
- सूक्ष्मजीव गतिविधि को बढ़ावा देता है।

मृदा कार्बनिक कार्बन (SOC):

- मिट्टी की उर्वरता, संरचना, जल धारण, पोषक चक्रण, और कार्बन पृथक्करण में सुधार।

मृदा थोक घनत्व:

- बायोचार के कम थोक घनत्व से मिट्टी के थोक घनत्व में कमी।
- मिट्टी के गुणों और बायोचार की मात्रा पर प्रभाव निर्भर।

e-ISSN No. 2583-0937

मृदा पीएच:

- अम्लीय मिट्टी में पीएच संतुलित कर पोषक तत्वों की उपलब्धता में सुधार।
- क्षारीय मिट्टी में नकारात्मक प्रभाव पड़ सकता है।

धनायन विनिमय क्षमता (CEC):

- बायोचार धनायनों को आकर्षित और धारण कर पोषक तत्व धारण क्षमता बढ़ाता है।

माइक्रोबायोम:

- बायोचार सूक्ष्मजीव विविधता और गतिविधि को बढ़ाकर पोषक चक्रण और जड़ विकास में मदद करता है।
- अम्लीय और रेतीली मिट्टी में अधिक प्रभावी।

बायोचार का पर्यावरणीय लाभ

कार्बन पृथक्करण:

- जलवायु परिवर्तन के खतरे को कम करने में कार्बन पृथक्करण की महत्वपूर्ण भूमिका।
- वायुमंडल में CO_2 का स्तर 2020 में 412 PPM तक पहुंचा और 2030 तक 54-56 गीगाटन CO_2 उत्सर्जन का अनुमान।
- बायोचार मिट्टी में सैकड़ों-हजारों वर्षों तक स्थिर रहकर CO_2 को अवशोषित करने का एक प्रभावी तरीका है।

नाइट्रस ऑक्साइड उत्सर्जन (N_2O):

- N_2O, CO_2 की तुलना में 300 गुना अधिक गर्मी रोकने वाली ग्रीनहाउस गैस।
- बायोचार मिट्टी के पीएच को संतुलित कर, संघनन को कम कर और सूक्ष्मजीव गतिविधि को बढ़ाकर N_2O उत्सर्जन में 50% तक कमी लाता है।
- रेतीली-दोमट मिट्टी में बायोचार अधिक प्रभावी।

मीथेन उत्सर्जन (CH_4):

- बायोचार चावल के खेतों, पशुधन खाद, और लैंडफिल से CH_4 उत्सर्जन को कम करने में मदद करता है।
- बायोचार CH_4 को सतह पर सोखता है और सूक्ष्मजीव ऑक्सीकरण से उत्सर्जन को नियंत्रित करता है।

रसायनों और भारी धातुओं का सोखना:

- बायोचार पर्यावरण सुधार, अपशिष्ट जल उपचार और मृदा सुधार में प्रभावी।
- कार्बोक्सिल, कार्बोनिल और हाइड्रॉक्सिल जैसे कार्यात्मक समूह बायोचार की सोखने की क्षमता को प्रभावित करते हैं।
- उच्च सतह क्षेत्र और बड़े छिद्र-आकार वितरण वाला बायोचार भारी धातुओं को अधिक प्रभावी ढंग से सोखता है।
- बायोचार-डाइजेस्टेट मिश्रण बायोप्यूरिफिकेशन सिस्टम में नए सोरबेंट के रूप में उपयोगी।

उत्पादन पद्धतियाँ

बायोचार एक स्थायी कार्बन-समृद्ध उत्पाद है, जिसे धीमी पायरोलिसिस के माध्यम से बायोमास को ऑक्सीजन की अनुपस्थिति में 300-500 डिग्री सेल्सियस पर गर्म करके बनाया जाता है। इसमें उच्च कार्बन सामग्री (>60%) होती है, और इसका H:C मोलर अनुपात 0.7 से अधिक नहीं होना चाहिए। पायरोलिसिस प्रक्रिया में बायोमास को बायोचार, बायो-ऑयल, और सिनगैस जैसे उत्पादों में परिवर्तित किया जाता है, जिनमें से गैसीय उत्पाद बिजली उत्पादन के लिए और बायो-ऑयल हीटिंग और डीजल के विकल्प के रूप में उपयोग किए जा सकते हैं। भारत में बायोचार उत्पादन प्रोटोकॉल अभी मानकीकृत नहीं हुआ है, लेकिन विकासशील देशों में कम लागत वाली पोर्टेबल बायोचार भट्टियां फसल अवशेषों के कुशल पुनर्चक्रण के लिए उपयुक्त समाधान प्रदान करती हैं।

भारत में पारंपरिक "ढेर लगाना और जलाना" विधि, होली मदर बायोचार भट्ठा, आईसीएआर-सीआईएई द्वारा विकसित भट्ठियां, और ड्रम विधि जैसी तकनीकों का उपयोग बायोचार उत्पादन के लिए किया जाता है। "ढेर विधि" और "ड्रम विधि" में तापमान और वायु आपूर्ति पर सीमित नियंत्रण होता है, जिससे उत्पाद में भिन्नता आती है। वहीं, होली मदर और आईसीएआर-सीआईएई द्वारा विकसित भट्ठियां बायोमास को नियंत्रित ऑक्सीजन और तापमान स्थितियों में जलाने का बेहतर विकल्प प्रदान करती हैं। इन विधियों के तहत उत्पादित बायोचार का उपयोग पर्यावरणीय लाभ और जैविक कृषि में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकता है।

मानक बायोचार उत्पादन इकाइयाँ

आईसीएआर-रिसर्च कॉम्प्लेक्स, बारापानी और आईसीएआर-सीआईएई, भोपाल में बायोचार उत्पादन के लिए पायरोलिसिस प्लांट स्थापित किए गए हैं। बारापानी प्लांट में 300 किलोग्राम फीडस्टॉक की क्षमता है, जबकि भोपाल प्लांट छोटी मात्रा में बायोचार उत्पादन के लिए डिज़ाइन किया गया है। भोपाल प्लांट में तापमान नियंत्रण और धुएँ के सुरक्षित निपटान की सुविधा है, और इसमें इलेक्ट्रिक हीटर का उपयोग किया जाता है, जिससे किसी प्रारंभिक प्रज्वलन की आवश्यकता नहीं होती। बायोचार उत्पादन के लिए सर्वोत्तम प्रबंधन अभ्यास (BMP) को स्थानीय और अंतर्राष्ट्रीय नियामक आवश्यकताओं के अनुरूप होना चाहिए। निर्माता को सामग्री सुरक्षा डेटा शीट (MSDS) प्रदान करनी चाहिए, जिसमें स्व-हीटिंग और ज्वलनशीलता की संभावना का परीक्षण शामिल हो। बायोचार को अपक्षय से बचाने के लिए इसे सुरक्षित स्थान पर भंडारित किया जाना चाहिए, जैसे कि घर के अंदर या तिरपाल से ढके स्थान पर। इन उपायों से उत्पादन प्रक्रिया सुरक्षित और पर्यावरणीय मानकों के अनुसार होती है।

आवेदन दर, विधियाँ और आवृत्ति

बायोचार का उपयोग फसल उत्पादन बढ़ाने और जलवायु परिवर्तन को कम करने के लिए अत्यधिक संभावनाएँ प्रदान करता है। इसे मिट्टी में कार्बन भंडारण के लिए गहराई में या फसल पोषण के लिए जड़ क्षेत्र के पास लगाया जा सकता है। बायोचार खराब मिट्टी, भारी धातुओं, कीटनाशकों और अन्य प्रदूषकों से दूषित क्षेत्रों को सुधारने और वनस्पति स्थापित करने में सहायक है। यह जल निकासी खाइयों और जलमार्गों के पास पोषक तत्वों और प्रदूषकों को फँसाने में मदद करता है। बायोचार नमी बनाए रखने, पोषक तत्व रिसाव रोकने और मिट्टी की उर्वरता बढ़ाने में उपयोगी है।

अलग-अलग मिट्टी और फसल प्रणालियों में बायोचार का उपयोग 5-20 टन/हेक्टेयर की दर से प्रभावी पाया गया है, हालांकि यह मात्रा मिट्टी के प्रकार, फसल, और उपलब्धता पर निर्भर करती है। इसे रेत, ऊपरी मिट्टी, खाद या अन्य संशोधनों के साथ मिलाकर उपयोग किया जा सकता है। बायोचार को बागवानी, बारहमासी फसलों, और घास के क्षेत्रों में पट्टियों के रूप में लगाया जा सकता है। नर्सरी और ग्रीनहाउस में भी इसका व्यापक उपयोग हो रहा है।

शोधकर्ता यह भी सुझाव देते हैं कि नम बायोचार को मिट्टी में मिलाने से बेहतर परिणाम मिल सकते हैं। बायोचार की स्थायित्व के कारण, एक बार उपयोग करने के बाद यह कई फसल चक्रों तक लाभकारी प्रभाव प्रदान कर सकता है। इसके उचित उपयोग और प्रबंधन के लिए व्यवहार्य और सस्ती विधियों का विकास आवश्यक है। इसके साथ ही, बायोचार प्रबंधन के प्रभावों को समझने और दस्तावेज़ करने के लिए डेटा संग्रह की आवश्यकता है। बायोचार को अन्य संशोधनों के साथ मिलाने से इसकी दक्षता और लाभ बढ़ाए जा सकते हैं, जिससे इसे खेती और बागवानी में व्यापक रूप से अपनाया जा सके।