# कार्बन खेती जलवायु स्मार्ट कृषि का सशक्त मॉडल

**आनन्द प्रसाद राकेश[1], संतोष कुमार सिंह[1], आर.के. झा[1]** और **शिवनाथ सुमन[2]**

"कार्बन खेती एक नवाचार आधारित कृषि प्रणाली है, जिसका उद्देश्य मृदा, पौधों और अन्य जैविक अवयवों में कार्बन का संचयन बढ़ाकर जलवायु परिवर्तन के प्रभावों को कम करना है। आधुनिक कृषि ने उत्पादन में उल्लेखनीय वृद्धि की है, किंतु इसके साथ मृदा क्षरण, पोषक तत्वों का असंतुलन, ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन और पर्यावरणीय असंतुलन जैसी गंभीर समस्याएं भी उत्पन्न हुई हैं। इन चुनौतियों से निपटने हेतु कार्बन खेती एक प्रभावी समाधान प्रस्तुत करती है। इस प्रणाली में कृषि वानिकी, संरक्षण कृषि, फसलचक्रण, जैविक खेती, पशुधन प्रबंधन, बायोचार उत्पादन तथा आर्द्रभूमि पुनर्स्थापन जैसी तकनीकों का समावेश किया जाता है, जो मृदा स्वास्थ्य, जैव विविधता, जल संरक्षण और कार्बन संचयन को बढ़ावा देती हैं। '4 पर 1000' पहल के अनुसार, मृदा कार्बन में वार्षिक 0.4 प्रतिशत की वृद्धि वैश्विक कार्बन डाइऑक्साइड की वृद्धि की भरपाई करने में सहायक हो सकती है। अतः कार्बन खेती न केवल कृषि की उत्पादकता एवं किसानों की आय में वृद्धि का साधन है, बल्कि यह जलवायु-स्मार्ट कृषि का एक सशक्त और टिकाऊ मॉडल भी है, जो पर्यावरणीय संतुलन और खाद्य सुरक्षा दोनों को सुनिश्चित करता है।"

कार्बन खेती जलवायु अनुकूल कृषि प्रबंधन की एक ऐसी प्रणाली है, जो मृदा, पौधों और अन्य जैविक पदार्थों में कार्बन को संचित करने तथा वायुमंडल से ग्रीनहाउस गैसों के उत्सर्जन को कम करने में सहायक है। आधुनिक कृषि में अधिक उपज देने वाली प्रजातियों, रासायनिक उर्वरकों, कीटनाशकों और उन्नत सिंचाई प्रणालियों के प्रयोग से उत्पादन में वृद्धि हुई है, जिससे विश्व में भूख और कुपोषण की समस्या में कमी आई है। किंतु इसके दुष्परिणाम स्वरूप पर्यावरणीय असंतुलन, मृदा क्षरण, जैव विविधता में कमी, जल प्रदूषण तथा स्वास्थ्य संबंधी समस्याएं भी उत्पन्न हुई हैं।

रसायनों के अविवेकपूर्ण प्रयोग से मृदा की उर्वराशक्ति में कमी, पोषक तत्वों का असंतुलन तथा ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन में वृद्धि जैसी समस्याएं सामने आई हैं। इन समस्याओं के समाधान हेतु वर्तमान वैश्विक परिदृश्य में कार्बन खेती की आवश्यकता और अधिक महसूस की जा रही है।

मृदा में जैविक कार्बन बढ़ाने से मृदा स्वास्थ्य, फसल उत्पादन, जल धारण क्षमता, खाद्य सुरक्षा तथा मृदा की गुणवत्ता में सुधार होता है, जिससे रासायनिक उर्वरकों पर निर्भरता भी घटती है। वर्ष 2015 में आयोजित पेरिस जलवायु शिखर सम्मेलन

[1]पंडित दीनदयाल उपाध्याय उद्यान एवं वानिकी महाविद्यालय, पिपराकोठी, पूर्वी चंपारण; [2]स्नातकोत्तर कृषि महाविद्यालय, डा. राजेंद्र प्रसाद केन्द्रीय कृषि विश्वविद्यालय, पूसा (बिहार)

(सीओपी-21) में '4 पर 1000' पहल के अंतर्गत यह दर्शाया गया कि मृदा कार्बन में मात्र 0.4 प्रतिशत की वार्षिक वृद्धि वैश्विक कार्बन डाइऑक्साइड उत्सर्जन की नई वृद्धि की भरपाई कर सकती है।

संयुक्त राष्ट्र की रिपोर्ट के अनुसार, कुल ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन में कृषि क्षेत्र का योगदान लगभग 24 प्रतिशत है, जिसमें मुख्यत: मीथेन और नाइट्रस ऑक्साइड शामिल हैं। अत: कार्बन खेती एक ऐसी प्रभावी पद्धति है, जो जलवायु परिवर्तन और खाद्य सुरक्षा दोनों चुनौतियों का समग्र समाधान प्रस्तुत करती है।

## कार्बन खेती में अपनाई जाने वाली प्रमुख प्रणाली

### कृषि वानिकी

कृषि वानिकी में खेती के साथ पेड़ों को लगाया जाता है। यह पद्धति न केवल वायुमंडलीय कार्बन का संचयन करती है, बल्कि जैव विविधता को भी बढ़ावा देती है। वृक्ष अपने विकास के दौरान पत्तियों, तनों तथा जड़ों में कार्बन एकत्रित करते हैं। कृषि वानिकी प्रणाली फसलों या पशुधन के साथ वृक्षों का एकीकरण करती है, जिससे कार्बन का संचयन वृक्ष जैवभार (बायोमास) के साथ-साथ मृदा में भी होता है।

वृक्षों की जड़ें जैविक पदार्थों का स्राव करती हैं, जो सूक्ष्मजीवों के लिए पोषक तत्वों से भरपूर खाद्य स्रोत बनते हैं। इससे सूक्ष्मजीवों की क्रियाशीलता बढ़ती है और मृदा में कार्बन समृद्ध पदार्थों की मात्रा में वृद्धि होती है। कृषि वानिकी मृदा अपरदन को रोकने, वायुरोधक का कार्य करने तथा भारी वर्षा के कारण होने वाले ऊपरी मृदा कटाव को कम करने में सहायक है, जिससे कार्बन संचयन को प्रोत्साहन मिलता है।

वृक्षों और पशुधन का संतुलित उपयोग, जैसे सिल्वीपास्चर या एली क्रॉपिंग, न केवल कार्बन भंडारण को बढ़ाता है, बल्कि किसानों की आय में विविधता लाने के साथ-साथ पारिस्थितिक संतुलन बनाए रखने में भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है।

जैव अपशिष्ट से वर्मीकम्पोस्ट उत्पादन

### पशुधन प्रबंधन

पशुधन जैसे-गाय, भैंस, भेड़ और बकरी से मीथेन तथा नाइट्रस ऑक्साइड का उत्सर्जन होता है, जो जलवायु परिवर्तन में योगदान देता है। तथापि, उचित और वैज्ञानिक प्रबंधन अपनाकर पशुपालन को अधिक टिकाऊ बनाया जा सकता है। चक्रीय चराई प्रणाली चरागाह की गुणवत्ता में सुधार करती है। वनस्पति के पुनर्जनन को प्रोत्साहित करती है तथा मृदा में कार्बन संचयन को बढ़ाती है। उच्च गुणवत्ता एवं संतुलित चारे का उपयोग, विशेषकर दलहनी एवं पौष्टिक चारे के प्रयोग से, पशुओं में मीथेन उत्सर्जन को कम किया जा सकता है। गोबर प्रबंधन भी इस संदर्भ में अत्यंत महत्वपूर्ण है। यदि गोबर को बिना ऑक्सीजन के सड़ने दिया जाए, तो उससे अधिक मात्रा में मीथेन गैस उत्पन्न होती है; जबकि एरोबिक कम्पोस्टिंग अथवा बायोगैस संयंत्रों के माध्यम से इसके वैज्ञानिक प्रबंधन से ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन में कमी लाई जा सकती है। इस प्रक्रिया से न केवल उत्सर्जन घटता है, बल्कि उत्पादित बायोगैस एक स्वच्छ एवं नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत के रूप में भी उपयोगी सिद्ध होती है।

### फसलचक्र एवं विविधीकरण

फसलचक्र में एक ही भूमि पर अलग-अलग फसलों को निश्चित क्रम में उगाया जाता है। इससे मृदा का पोषण संतुलित रहता है तथा कीट-व्याधि प्रबंधन में सुधार होता है। फसल विविधीकरण में एक ही मौसम में अनेक प्रकार की फसलें जैसे-अनाज, दालें, फल और सब्जियां उगाई जाती हैं, जिससे उत्पादन का जोखिम घटता है, भूमि उपयोग की दक्षता बढ़ती है और किसानों की आय के स्रोतों में विविधता आती है।

विभिन्न फसलों की जड़ संरचनाएं और कार्बन संचयन की दरें अलग-अलग होती हैं, इसलिए मिश्रित फसल प्रणालियां मृदा में अधिक स्थिर और दीर्घकालिक कार्बन संग्रह सुनिश्चित करती हैं। दलहनी फसलें वायुमंडलीय नाइट्रोजन का स्थिरीकरण कर आगामी फसलों की उत्पादकता तथा जैवभार को बढ़ाती हैं, जिससे मृदा में कार्बन स्तर की वृद्धि होती है। इसके साथ ही निरंतर पौध आवरण मृदा के क्षरण को रोकता है और उसकी संरचना को सुदृढ़ बनाता है, जो दीर्घकालीन मृदा स्वास्थ्य के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण है।

गेहूं की बुआई में जीरो टिलेज का प्रयोग

### जैविक खेती

जैविक खेती एक टिकाऊ एवं पर्यावरण अनुकूल कृषि पद्धति है, जो रासायनिक आदानों पर निर्भरता कम कर प्राकृतिक संसाधनों के जिम्मेदार और संतुलित उपयोग पर बल देती है। कम्पोस्ट, गोबर खाद तथा हरी खादों का प्रयोग मृदा में ह्यूमस की मात्रा बढ़ाने के साथ-साथ कार्बन स्तर में भी वृद्धि करता है। रासायनिक उर्वरकों के उपयोग से परहेज करने के कारण मृदा में सूक्ष्मजीवों की

## संरक्षित खेती

संरक्षित खेती में कम या शून्य जुताई, फसलचक्र, फसल अवशेष प्रबंधन तथा आवरण फसलें शामिल होती हैं। यह पद्धति मृदा स्वास्थ्य की रक्षा करती है और कार्बन संचयन को बढ़ावा देती है। शून्य जुताई से मृदा में संचित कार्बन के कार्बन डाइऑक्साइड में रूपांतरण की संभावना कम हो जाती है, जबकि फसल अवशेष और मल्च मृदा के कटाव को रोकने में सहायक होते हैं। इससे मृदा में नमी का संरक्षण होता है, जल रिसाव एवं जल धारण क्षमता में सुधार आता है तथा सूक्ष्मजीवों की क्रियाशीलता बढ़ती है। इसके विपरीत, पारंपरिक गहरी जुताई मृदा में संचित कार्बन को वायुमंडल में छोड़ देती है, जिससे ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन बढ़ता है और ग्लोबल वार्मिंग को बढ़ावा मिलता है। संरक्षित खेती अपनाने से न केवल कार्बन संचयन में वृद्धि होती है, बल्कि कृषि उत्पादन की लागत में भी कमी आती है।

विविधता बढ़ती है, जो कार्बन पृथक्करण में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है।

सूक्ष्मजीव कार्बनिक पदार्थों को विघटित कर उन्हें स्थिर कार्बनिक यौगिकों में परिवर्तित करते हैं, जो लंबे समय तक मृदा में बने रहते हैं। इस प्रकार जैविक खेती से ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन में कमी आती है तथा कृषि की कार्बन फुटप्रिंट घटती है। जैविक खेती पर आधारित पारिस्थितिकी तंत्र न केवल जैव विविधता का संरक्षण करते हैं, बल्कि उपभोक्ताओं को उच्च गुणवत्ता और सुरक्षित कृषि उत्पाद भी प्रदान करते हैं।

**बायोचार उत्पादन**

बायोचार पायरोलिसिस प्रक्रिया से प्राप्त

फसल विविधीकरण हेतु उद्यानिकी फसलों में अंतरवर्ती खेती

एक स्थायी एवं कार्बन समृद्ध पदार्थ है, जिसमें जैवभार को सीमित ऑक्सीजन की उपस्थिति में गर्म किया जाता है। यह कई वर्षों तक मृदा में स्थायी रूप से बना रह सकता है और एक प्रभावी कार्बन सिंक के रूप में कार्य करता है। बायोचार मृदा को छिद्रयुक्त संरचना प्रदान करता है। इससे सूक्ष्मजीवों की गतिविधि में वृद्धि होती है तथा पोषक तत्वों का ह्रास कम होता है।

इसके प्रयोग से मृदा की केटायन विनिमय क्षमता, पोषक तत्व उपयोग दक्षता और जल धारण क्षमता में उल्लेखनीय सुधार होता है। परिणामस्वरूप मृदा की उर्वराशक्ति बढ़ती है और फसल उत्पादन में वृद्धि होती है। इस प्रकार बायोचार का उपयोग मृदा में गुणवत्ता सुधार, कृषि उत्पादकता बढ़ाने और कार्बन संचयन इन तीनों लक्ष्यों को एक साथ प्राप्त करने में सहायक होता है, साथ ही रासायनिक उर्वरकों पर निर्भरता को भी कम करता है।

**आर्द्र भूमि पुनर्स्थापन**

आर्द्र भूमि अत्यधिक कार्बन संचयन करने वाले महत्वपूर्ण पारिस्थितिक तंत्र हैं। मानवीय गतिविधियों के कारण इनका व्यापक क्षरण हुआ है। इससे इनमें संचित विशाल मात्रा में कार्बन वायुमंडल में मुक्त हो गया है। आर्द्र भूमि पुनर्स्थापन के माध्यम से ये क्षेत्र पुनः सक्रिय कार्बन सिंक के रूप में कार्य करने लगते हैं।

जल जमाव की परिस्थितियां ऑक्सीजन की कमी और कार्बनिक पदार्थों की अधिकता उत्पन्न करती हैं, जो कार्बन संचयन के लिए अनुकूल वातावरण प्रदान करती हैं। इस प्रकार पुनर्जीवित आर्द्र भूमि न केवल जलवायु परिवर्तन के शमन में सहायक होती हैं, बल्कि जैव विविधता के संरक्षण, जल गुणवत्ता में सुधार तथा भूमिगत जल के पुनर्भरण में भी महत्वपूर्ण योगदान देती हैं।

अतः यह स्पष्ट होता है कि कार्बन खेती केवल एक तकनीकी अवधारणा नहीं, बल्कि एक समग्र कृषि दर्शन है, जो उत्पादन, पर्यावरण और समाज तीनों को आपस में जोड़ती है। यह कृषि प्रणाली खेती को कार्बन उत्सर्जक से कार्बन-संग्राहक में परिवर्तित करने की क्षमता रखती है। कृषि वानिकी, संरक्षित खेती, फसलचक्रण, जैविक खेती, पशुधन प्रबंधन, बायोचार निर्माण तथा आर्द्रभूमि पुनर्स्थापन जैसी पद्धतियां मिलकर मृदा स्वास्थ्य, जल संरक्षण, जैव विविधता और किसानों की आजीविका में सुधार लाती हैं।

वर्ष 2015 के पेरिस समझौते में प्रस्तुत '4 पर 1000' पहल ने यह स्पष्ट संदेश दिया कि मृदा में कार्बन की थोड़ी सी वृद्धि भी वैश्विक कार्बन डाइऑक्साइड के संतुलन को स्थिर रखने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकती है। यदि इन पद्धतियों को नीतिगत समर्थन, अनुसंधान और प्रभावी प्रशिक्षण के साथ व्यापक रूप से अपनाया जाए, तो कार्बन खेती जलवायु स्मार्ट कृषि का एक सशक्त और व्यावहारिक मॉडल बन सकती है। इस प्रकार यह कहना उचित होगा कि कार्बन खेती को अपनाकर न केवल वर्तमान पर्यावरणीय संकट को कम कर सकते हैं, बल्कि भावी पीढ़ियों के लिए एक स्वच्छ, सुरक्षित और टिकाऊ भविष्य की मजबूत नींव भी रख सकते हैं।

उन्नत तकनीक से प्रभावी समाधान