http://krishipravahika.vitalbiotech.org/

कृषि प्रवाहिका: ई-समाचार पत्रिका

e-ISSN: 2583 – 0430

कृषि-प्रवाहिका: ई-समाचार पत्रिका, (2025) वर्ष 5, अंक 8, 28-32

Article ID:460

जलवायु परिवर्तन शमन और अनुकूलन हेतु अनाज फसलों का आनुवंशिक सुधार

अभिषेक कुमार[1], आशुतोष सिंह[2], राकेश कुमार[2]

[1]बिहार कृषि विश्वविद्यालय, सबौर, भागलपुर, बिहार

[2]रानी लक्ष्मी बाई केंद्रीय कृषि विश्वविद्यालय, झाँसी, उत्तर प्रदेश

*अनुरूपी लेखक

राकेश कुमार*

विश्व स्तर पर जलवायु परिवर्तन कृषि उत्पादन के लिए गंभीर चुनौती के रूप में उभर रहा है। तापमान में निरंतर वृद्धि, वर्षा अस्थिरता, सूखा एवं बाढ़ जैसी मौसम घटनाओं की आवृत्ति, तथा मिट्टी की गुणवत्ता में गिरावट सीधे अनाज फसलों की उत्पादकता को प्रभावित कर रही हैं। इन प्रतिकूल परिस्थितियों से निपटने के लिए "जलवायु-स्मार्ट" किस्मों का विकास अत्यंत आवश्यक है। आनुवंशिक सुधार तकनीकें जैसे- पारंपरिक चयन, आणविक प्रजनन, जीनोमिक्स, ट्रांसजेनिक तकनीक और जीन-संपादन, उच्च-तापमान, लवणता, सूखा और नए कीट-रोग दबाव का सामना करने वाली किस्मों के विकास में महत्वपूर्ण भूमिका निभा रही हैं। इन तकनीकों से पौधों में गहरी जड़ प्रणाली, बेहतर प्रकाश-संश्लेषण क्षमता, तेज़ विकास दर और तनाव-सहनशीलता जैसे गुण समायोजित किये जा सकते हैं। स्थानीय किस्मों एवं जंगली पौधोंमें मौजूद प्राकृतिक विविधता का उपयोग कर जलवायु-अनुकूल जीन स्रोतों की पहचान और उनका संवर्धन किया जा सकता है। इस प्रकार, पारंपरिक और आधुनिक प्रजनन तकनीकों का एकीकृत उपयोग न केवल अनाज फसलों की उत्पादकता और गुणवत्ता को बनाए रखेगा, बल्कि बदलते जलवायु में वैश्विक खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित करने में भी योगदान देगा।

मुख्य शब्दः जलवायु परिवर्तन, आनुवंशिक सुधार, अनाज फसलें, सूखा-सहनशीलता, लवणता-सहनशीलता, जीन-संपादन, आणविक प्रजनन, जलवायु-स्मार्ट कृषि

जलवायु परिवर्तन के कारण कृषि पारिस्थितिकी तंत्र में असंतुलन पैदा हो रहा है, जिससे फसलों के विकास-चक्र, फूलने-फलने का समय, और उपज की स्थिरता पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ रहा है। वर्षा के अनियमित पैटर्न के कारण कभी बाढ़ तो कभी सूखा जैसी स्थितियां उत्पन्न हो रही हैं, जो पौधों की जड़ प्रणाली और पोषक तत्वों के अवशोषण क्षमता को बाधित करती हैं। लवणता और अम्लीय मिट्टी की समस्या भी जलवायु परिवर्तन के कारण बढ़ रही है, जिससे कई क्षेत्रों में कृषि भूमि की उत्पादकता घट रही है। ऐसे में आनुवंशिक सुधार तकनीकें एक प्रभावी समाधान के रूप में सामने आ रही हैं। पारंपरिक चयन पद्धति में जहां किसानों और वैज्ञानिकों को कई पीढ़ियों तक इंतजार करना पड़ता है, वहीं आधुनिक तकनीकें जैसे मार्कर-असिस्टेड चयन, जीनोमिक-चयन, और जीन-संपादन तेजी से वांछित गुणों वाली किस्में तैयार करने में सक्षम हैं। इन तकनीकों की मदद से ऐसे जीन पहचाने जा सकते हैं जो सूखा, बाढ़, उच्च तापमान या लवणता-सहनशीलता प्रदान करते हैं, और उन्हें नई किस्मों में स्थानांतरित किया जा सकता है। जंगली प्रजातियों और पारंपरिक किस्मों में मौजूद आनुवंशिक विविधता का उपयोग कर बेहतर अनुकूलन क्षमता विकसित की जा सकती है। उदाहरण के लिए, अफ्रीका के सूखा-सहनशील बाजरे और ज्वार की किस्मों से जीन लेकर एशियाई क्षेत्रों की फसलों को अधिक सहनशील बनाया जा सकता है। इसी तरह, बाढ़-सहनशील चावल की किस्में (जैसे-सब-1 जीन वाली) बाढ़ वाले क्षेत्रों में किसानों के लिए उपयोगी साबित हो रही हैं।

जलवायु परिवर्तन के प्रभाव केवल उपज पर ही नहीं बल्कि अनाज की पोषण गुणवत्ता पर भी पड़ते हैं। बढ़ते कार्बन डाइऑक्साइड स्तर के कारण प्रोटीन और सूक्ष्म पोषक तत्वों की मात्रा घटने का खतरा है। इस चुनौती का समाधान बायोफोर्टिफिकेशन जैसी तकनीकों से किया जा सकता है, जिसमें फसलों के जीनोम में बदलाव कर जिंक, आयरन, और विटामिन जैसे आवश्यक पोषक तत्वों की मात्रा बढ़ाई जाती है। इससे न केवल कुपोषण से लड़ने में मदद मिलेगी, बल्कि बदलते पर्यावरण में पौष्टिक आहार की उपलब्धता भी सुनिश्चित होगी। पारंपरिक ज्ञान और आधुनिक विज्ञान का संयोजन ही जलवायु परिवर्तन के दौर में अनाज फसलों की स्थिर और टिकाऊ उत्पादकता सुनिश्चित कर सकता है। यदि आनुवंशिक सुधार कार्यक्रमों को नीति समर्थन, शोध निवेश, और किसानों के प्रशिक्षण के साथ आगे बढ़ाया जाए तो आने वाले दशकों में वैश्विक खाद्य और पोषण सुरक्षा को बल मिल सकता है। इस प्रकार आनुवंशिक सुधार न केवल एक वैज्ञानिक समाधान है, बल्कि मानवता के अस्तित्व और समृद्धि के लिए एक अनिवार्य रणनीति भी है।

1. जलवायु परिवर्तन का अनाज फसलों पर प्रभाव

जलवायु परिवर्तन का अनाज फसलों पर गहरा प्रभाव पड़ रहा है। बढ़ती गर्मी, अनियमित वर्षा, और मौसमी घटनाओं से फसलों की पैदावार में कमी आ रही है। अधिक तापमान से फसलों के विकास की गति प्रभावित होती है, जबकि सूखे और बाढ़ से फसलें नष्ट हो जाती हैं। इन सभी कारणों से खाद्य सुरक्षा के लिए खतरा बढ़ गया है। इन चुनौतियों का सामना करने के लिए वैज्ञानिकों को ऐसी किस्में विकसित करने की आवश्यकता है जो बदलते मौसम और पर्यावरणीय दबावों का सामना कर सकें।

चित्र-1: जलवायु परिवर्तन का अनाज फसलों पर प्रभाव

- **तापमान में वृद्धिः** उच्च तापमान फसल के विकास चरणों पर प्रत्यक्ष प्रभाव डालता है। विशेषकर गेहूं और चावल जैसी फसलों में फूलने और दाने भरने की अवधि घट जाती है, जिससे दानों का आकार और गुणवत्ता प्रभावित होती है। न्यूनतम तापमान वृद्धि भी गेहूं की उपज में 5-10 प्रतिशत तक कमी ला सकती है। उच्च तापमान पौधों की प्रकाश-संश्लेषण दर और परागण क्षमता को भी घटाता है, जिससे उत्पादन में गिरावट आती है।
- **सूखा और अनियमित वर्षाः** लंबे समय तक सूखा मिट्टी की नमी घटाकर पौधों की जड़ प्रणाली को कमजोर करता है, जबकि अचानक भारी वर्षा खेतों में जलभराव पैदा कर देती है। मक्का और बाजरा जैसी फसलों में सूखे के कारण परागण असफल हो सकता है, जिससे उत्पादन में भारी कमी आती है।
- **बाढ़ और जलभरावः** धान जैसी फसलें सीमित अवधि के जलभराव को सह सकती हैं, लेकिन लंबे समय तक पानी

भरे रहने से जड़ों की श्वसन क्षमता घट जाती है। इससे पौधों में पीलापन, पत्तियों का मुरझाना और उपज में गिरावट होती है। बाढ़ से मिट्टी के पोषक तत्व भी बह जाते हैं, जिसका असर अगली फसल पर असर पड़ता है।

- **लवणता में वृद्धिः** समुद्र-स्तर में वृद्धि और सिंचाई के लिए खारे पानी के उपयोग से मिट्टी की लवणता बढ़ रही है। इससे पौधों की जल अवशोषण क्षमता घटती है और अंकुरण बाधित होता है। गेहूं और ज्वार जैसी फसलें लवणता के प्रति संवेदनशील हैं, जबकि कुछ बाजरा किस्में सहनशील होती हैं।
- **कीट एवं रोग दबावः** जलवायु परिवर्तन की वजह से कीटों और रोग जनकों की नई जातियां उभर रही हैं और उनका भौगोलिक वितरण बदल रहा है। उच्च तापमान और आर्द्रता के कारण धान में में ब्लास्ट रोग, गेहूं में रस्ट रोग और मक्का में स्टेम बोरर जैसे बीमारियों के लगने की संभावनाएं बढ़ जाती हैं, जिससे उत्पादन एवं फसल गुणवत्ता प्रभावित होती है।

तालिका-1: जलवायु परिवर्तन के प्रमुख प्रभाव और प्रभावित अनाज फसलें

जलवायु परिवर्तन प्रभाव	प्रभावित फसलें	संभावित परिणाम
उच्च तापमान	गेहूँ, धान, मक्का	दाने का छोटा आकार, दानों में सिकुड़न, अपरिपक्वता, परागण में बाधा
सूखा	बाजरा, मक्का, ज्वार	परागण विफलन, बाधित बीज विकास, प्रकाश–संश्लेषण में कमी, उत्पादन में गिरावट
बाढ़ / जलभराव	धान, गेहूँ	जड़ों तक ऑक्सीजन की आपूर्ति में कमी, पौधों की वृद्धि पर, फसल सड़न
लवणता में वृद्धि	गेहूं, ज्वार	बाधित अंकुरण, प्रभावित अवशोषण क्षमता
कीट एवं रोग में वृद्धि	गेहूँ, धान, मक्का, ज्वार	नए कीटों एवं रोगों का प्रकोप, फसल गुणवत्ता में कमी, अतिरिक्त लागत
अनियमित मॉनसून	धान, मक्का, बाजरा	प्रभावित फसल–चक्र, उपज में अनिश्चितता

2. आनुवंशिक सुधार की आवश्यकता

जलवायु परिवर्तन में निरंतर वृद्धि के कारण फसल किस्मों का आनुवंशिक सुधार अत्यंत आवश्यक है, जिससे उन्नत किस्में तेजी से बदलते जलवायु परिस्थितियों का सामना कर सकें। इन चुनौतियों के लिए हमें ऐसी नई किस्मों को विकसित करने की आवश्यकता है जो उच्च तापमान, लवणता, और पानी की कमी जैसी विषम परिस्थितियों को सहन कर सकें। बढ़ती हुई आबादी के लिए पर्याप्त भोजन सुनिश्चित करने और खाद्य सुरक्षा को बनाए रखने के लिए पौधों की उत्पादकता और पोषण गुणवत्ता को बढ़ाना आवश्यक है जो कि सफल किस्मों के अनुवांशिक सुधार से संभव है। इस प्रक्रिया में वैज्ञानिक विभिन्न तकनीकों का उपयोग करते हैं ताकि पौधों को रोगों और कीटों के प्रति प्रतिरोधी बनाया जा सके। इस प्रकार, आनुवंशिक सुधार केवल फसलों को जलवायु परिवर्तन के अनुकूल बनाने तक ही सीमित नहीं है, बल्कि यह कृषि को भविष्य की चुनौतियों के लिए तैयार करने का एक महत्वपूर्ण साधन भी है।

तालिका-2: आनुवंशिक सुधार की प्रमुख रणनीतियाँ, विवरण और उदाहरण

रणनीति	विवरण	उदाहरण
चयनात्मक प्रजनन	वांछित लक्षणों वाले पौधों का चयन, संकरण	सूखा–सहिष्णु धान, सूखा, लवणता–सहिष्णु गेहूं, अगेती किस्में
आणविक प्रजनन	डी.एन.ए. मार्कर से वांछित जीन वाले पौधों का चयन	रोग–प्रतिरोधी धान, उच्च उपज वाली मक्का
जीन–संपादन	जीनोम में विशिष्ट स्थानों पर डी.एन.ए. को सटीक रूप से बदलना	सब–1 जीन–संशोधित बाढ़–सहनशील धान
अनुवांशिक रूपांतरण	एक प्रजाति के जीन को दूसरी प्रजाति में डालकर नए गुण प्रदान करना	बीटी मक्का, बीटी कपास, बीटी बैंगन
जलवायु–स्मार्ट किस्में	कम पानी में बढ़ने वाली, अगेती किस्म विकास	सूखा सहनशील, पौष्टिक सी.आई–4 बाजरा

3. आनुवंशिक सुधार की प्रमुख रणनीतियाँ

जलवायु परिवर्तन के शमन और अनुकूलन के लिए आनुवंशिक सुधार एक महत्वपूर्ण रणनीति है। पौधों में ऐसे आनुवंशिक लक्षण विकसित किए जाते हैं जो उन्हें बदलती जलवायु परिस्थितियों में बेहतर ढंग से जीवित रहने में मदद कर सकें। इसमें फसल की नई किस्मों का विकास शामिल है जो सूखा, बाढ़, और उच्च तापमान को सहन कर सकती हैं। आनुवंशिक सुधार से ऐसी फसलों का निर्माण किया जा सकता है जो कम पानी और उर्वरक में भी अच्छी उपज दे सकें। अनुवांशिकी के विभिन्न आयाम बीमारियों के प्रति प्रतिरोधक क्षमता बढ़ाने और उत्पादकता में सुधार में भी सहायक है।

चित्र-2: जलवायु परिवर्तन शमन और अनुकूलन हेतु आनुवंशिक सुधार की प्रमुख रणनीतियाँ

- **परंपरागत प्रजननः** यह पुराना और सफल तरीका है, जिसमें वैज्ञानिक श्रेष्ठ पौधों का चयन करते हैं और उन्हें आपस में संकरण कराकर नई किस्में विकसित करते हैं। इस प्रक्रिया का मुख्य उद्देश्य वांछित गुणों जैसे- सूखा-सहनशीलता, शीघ्र पकने की क्षमता या रोग प्रतिरोधकता को अगली पीढ़ी में स्थानांतरित करना है। परम्परागंत प्रजनन द्वारा सूखा-सहनशील गेहूं की किस्में, शीघ्र पकने वाली धान की किस्में विकसित की जा चुकी है जो विपरीत मौसम में भी फसल उत्पादन में सहायक हैं।
- **आणविक प्रजननः** यह एक आधुनिक और अधिक सटीक विधि है जो परंपरागत प्रजनन को पूरक बनाती है। यह डी.एन.ए. मार्करों का उपयोग करके पौधों में वांछित जीन की पहचान करती है। इस तकनीक में, वैज्ञानिक डी.एन.ए. मार्करों का उपयोग करके उन पौधों का चयन करते हैं जिनमें विशेष गुणों के लिए जिम्मेदार जीन मौजूद होते हैं। यह प्रक्रिया पौधों के परिपक्व होने का इंतजार किए बिना ही शुरुआती चरण में ही सबसे अच्छे पौधों का चयन करने में मदद करती है।
- **जीनोमिक चयनः** यह आणविक प्रजनन की एक और उन्नत तकनीक है जिसमें किसी भी पौधे के पूरे जीनोम की जानकारी का उपयोग करके उसकी संभावित पैदावार और अन्य गुणों का सटीक अनुमान लगाया जाता है। यह विधि एक साथ कई जीनों के प्रभाव को ध्यान में रखती है, जिससे अधिक जटिल और बेहतर गुणों वाली किस्में तेजी से तैयार की जा सकती हैं।
- **जीन-संपादन तकनीकः** जीन संपादन एक शक्तिशाली तकनीक है जो वैज्ञानिकों को पौधों के डी.एन.ए. में सीधे और सटीक बदलाव करने की अनुमति देती है। इस तकनीक का उपयोग करके धान में सब-1 जीन को संशोधित किया गया है, जिससे बाढ़-सहनशील किस्में विकसित हुई हैं। यह विधि पौधों को सूखा, उच्च-

लवणता और विभिन्न रोगों के प्रति शहिष्णु किस्मों के सटीक विकास में सहायक है।

- **ट्रांसजेनिक तकनीकः** इस तकनीक में, एक प्रजाति के उपयोगी जीन को दूसरी प्रजाति में डालकर नए गुण प्राप्त किए जाते हैं। यह प्रक्रिया पौधों को विशिष्ट गुणों के लिए तैयार करती है जो प्राकृतिक रूप से उनमें मौजूद नहीं होते। इसका एक प्रमुख उदाहरण बीटी मक्का है, जिसमें बैसिलस थुरिंजेंसिस नामक बैक्टीरिया से एक जीन डाला गया है। यह जीन मक्के को कुछ खास कीटों के प्रति प्रतिरोधी बनाता है, जिससे कीटनाशकों का उपयोग कम हो जाता है और फसल की सुरक्षा बेहतर होती है। यह तकनीक किसानों को फसल के नुकसान से बचाने में मदद करती है, जिससे उनकी आय में वृद्धि होती है।
- **जलवायु-स्मार्ट किस्मों का विकासः** जलवायु-स्मार्ट किस्मों का विकास एक समग्र दृष्टिकोण है जो जलवायु परिवर्तन के अनुकूलन और शमन दोनों पर ध्यान केंद्रित करता है। इस रणनीति में ऐसी फसलें विकसित की जाती है जो कम पानी में अच्छी तरह से बढ़ती हैं, जल्दी पक जाती हैं। ये किस्में न केवल पर्यावरणीय दबावों को सहन कर सकती हैं, बल्कि पोषण सुरक्षा को भी बढ़ाती हैं। बाजरा की सी.आई-4 किस्म सूखा-सहनशील और पोषक तत्वों से भरपूर किस्म है जो किसानों के लिए एक व्यवहार्य विकल्प प्रदान करती है।

4. शमन और अनुकूलन में योगदान

आनुवंशिक रूप से उन्नत अनाज की किस्में जलवायु परिवर्तन को कम करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं। उच्च उत्पादक किस्मों के विकास से प्रति इकाई भूमि पर अनाज का उत्पादन बढ़ जाता है। समान मात्रा में भोजन का उत्पादन करने के लिए कम कृषि भूमि की आवश्यकता होती है। जब नई कृषि भूमि की मांग घटती है, तो वनों और प्राकृतिक पारिस्थितिक तंत्रों को साफ करने की आवश्यकता भी कम हो जाती है। वनों की कटाई, जो एक प्रमुख ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन का स्रोत है, को कम करने में यह एक प्रभावी तरीका है। ऐसी किस्में जो उर्वरकों और कीटनाशकों का बेहतर उपयोग करती हैं, उनके उत्पादन से जुड़े ऊर्जा खपत और ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन को भी कम करती हैं।

फसलों का आनुवंशिक सुधार किसानों को जलवायु परिवर्तन के प्रभावों के अनुकूल होने में मदद करता है। जलवायु-सहनशील किस्में, जैसे- सूखा-प्रतिरोधी गेहूं या बाढ़-सहनशील धान, किसानों को असामान्य मौसम की घटनाओं के बावजूद एक स्थिर और विश्वसनीय उपज प्रदान करती हैं। यह विशेष रूप से उन क्षेत्रों में महत्वपूर्ण है जहां जलवायु परिवर्तन के कारण सूखे, बाढ़ या अत्यधिक गर्मी की घटनाएं बढ़ गई हैं। इन किस्मों का उपयोग करके किसान अपनी फसल के नुकसान को कम कर सकते हैं और अपनी आजीविका को सुरक्षित रख सकते हैं। इस तरह, आनुवंशिक सुधार किसानों को भविष्य की अनिश्चितताओं से निपटने के लिए आवश्यक उपकरण प्रदान करता है, जिससे कृषि प्रणाली अधिक लचीली और टिकाऊ बनती है।

5. निष्कर्ष

जलवायु परिवर्तन का प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष प्रभाव विश्व की कृषि प्रणाली, विशेषकर अनाज फसलों पर गहराई से पड़ रहा है। तापमान में वृद्धि, वर्षा के पैटर्न में अस्थिरता, सूखा, बाढ़ और लवणता जैसी समस्याएं फसलों की उत्पादकता और गुणवत्ता को प्रभावित कर रही हैं। गेहूं, चावल, मक्का, ज्वार और बाजरा जैसी प्रमुख फसलें जलवायु के उतार-चढ़ाव के प्रति अत्यधिक संवेदनशील हैं, जिसके कारण खाद्य सुरक्षा पर गंभीर खतरा मंडरा रहा है। इस चुनौती का समाधान केवल पारंपरिक कृषि पद्धतियों में नहीं, बल्कि उन्नत आनुवंशिक सुधार तकनीकों के सक्रिय उपयोग में है। जलवायु परिवर्तन की चुनौतियों का सामना करने के लिए आनुवंशिक सुधार एक अनिवार्य रणनीति है। परंपरागत और आधुनिक तकनीकों का संयोजन कर हम ऐसी अनाज फसलें विकसित कर सकते हैं जो न केवल प्रतिकूल परिस्थितियों में जीवित रहें बल्कि उच्च गुणवत्ता और उपज भी दें। नीति-निर्माताओं, वैज्ञानिकों और किसानों को मिलकर ऐसे अनुसंधान और विकास कार्यों में निवेश करना होगा, जिससे आने वाली पीढ़ियों के लिए खाद्य और पोषण सुरक्षा सुनिश्चित हो सके।