



Popular Article

Domain: Agriculture Science

Vol 4 Issue 8, August 2025, 3965-3969

अनाज फसलों के आनुवंशिक सुधार में जैव-प्रौद्योगिकी तकनीकियों की उपयोगिता एवं भविष्य की संभावनाएं

आशुतोष सिंह¹, अभिषेक कुमार², आशुतोष शर्मा¹, ललित ठाकुर³

¹रानी लक्ष्मी बाई केंद्रीय कृषि विश्वविद्यालय, झाँसी, उ.प्र.

²बिहार कृषि विश्वविद्यालय, सबौर, भागलपुर, बिहार

³डॉ. वाई.एस. परमार उद्यानिकी एवं वानिकी विश्वविद्यालय, सोलन, हि.प्र.

अनुरूपी लेखक: अभिषेक कुमार

[DOI:10.5281/TrendsInAgri16887163](https://doi.org/10.5281/TrendsInAgri16887163)

सारांश

विश्व की बढ़ती जनसंख्या, सीमित कृषि योग्य भूमि और जलवायु परिवर्तन के संकट के बीच अनाज फसलों की उत्पादकता एवं गुणवत्ता में सुधार समय की प्रमुख आवश्यकता बन गई है। परंपरागत प्रजनन विधियों की सीमाओं को ध्यान में रखते हुए आधुनिक जैव-प्रौद्योगिकी तकनीकियों का उपयोग तेजी से बढ़ रहा है। इनमें आनुवंशिक रूप से संशोधित फसलें, जीनोम-संपादन, मार्कर-सहायित चयन और ऊतक-संवर्धन जैसी तकनीकें प्रमुख हैं, जो रोग एवं कीट प्रतिरोध, पोषक मूल्य संवर्धन, सूखा, लवणता एवं तापीय तनाव जैसी प्रतिकूल परिस्थितियों के प्रति सहनशीलता विकसित करने में सहायक हैं। इन तकनीकों के माध्यम से उच्च उपज देने वाली और गुणवत्ता युक्त किस्में विकसित की जा रही हैं और खाद्य सुरक्षा को भी सुदृढ़ किया जा रहा है। यह अध्ययन इन उन्नत जैव-प्रौद्योगिकी विधियों के सिद्धांत, उनके व्यावहारिक अनुप्रयोग और भविष्य की संभावनाओं पर केंद्रित है, जिससे सतत कृषि विकास के लक्ष्यों की प्राप्ति और वैश्विक खाद्य आपूर्ति श्रृंखला की मजबूती सुनिश्चित की जा सके।

मुख्य शब्द: जैव-प्रौद्योगिकी, आनुवंशिक सुधार, अनाज फसलें, जीनोम-संपादन, मार्कर-सहायित चयन, रोग-प्रतिरोध, खाद्य सुरक्षा

परिचय

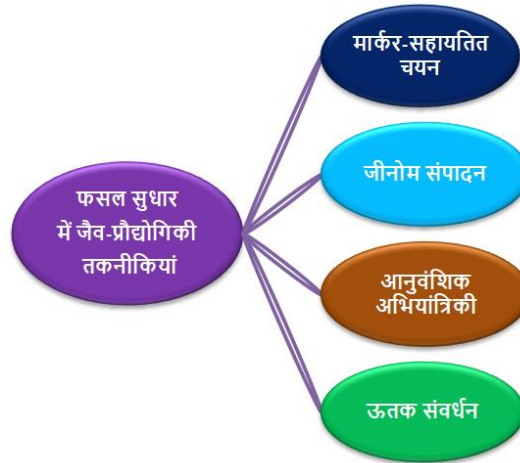
विश्व की बढ़ती आबादी को भोजन उपलब्ध कराने की चुनौती के बीच अनाज फसलें जैसे- गेहूं, धान, मक्का, बाजरा और ज्वार हमारी खाद्य सुरक्षा की रीढ़ हैं। ये फसलें न केवल दैनिक आहार का आधार हैं, बल्कि ग्रामीण अर्थव्यवस्था और कृषि-आधारित उद्योगों को भी सहारा देती हैं। हाल के दशकों में जलवायु परिवर्तन, जैसे- अनियमित वर्षा, तापमान वृद्धि, सूखा और बाढ़ ने इन फसलों की उत्पादकता और गुणवत्ता को प्रभावित किया है। साथ ही नए कीटों और रोगों के प्रकोप तथा कृषि योग्य भूमि और जल संसाधनों की कमी ने इस समस्या को और भी बढ़ा दिया है। इन चुनौतियों का सामना करने के लिए परंपरागत प्रजनन विधियाँ, जो चयन और संकरण पर आधारित हैं, पर्याप्त नहीं हैं। ये विधियाँ बहुत अधिक समय लेती हैं और इनकी सफलता काफी हद तक प्राकृतिक आनुवंशिक विविधता और संयोग पर निर्भर करती है। नई किस्में विकसित करने में वर्षों लग जाते हैं और बदलते पर्यावरणीय दबावों के अनुरूप तेजी से अनुकूलन करना मुश्किल हो जाता है।

इन चुनौतियों का समाधान आधुनिक जैव-प्रौद्योगिकी तकनीकों में निहित है। आनुवंशिक रूप से संशोधित फसलें, जीनोम-संपादन, मार्कर-सहायित चयन, और ऊतक संवर्धन जैसी विधियाँ कम समय में उच्च उपज

वाली, रोग एवं कीट प्रतिरोधी, और प्रतिकूल परिस्थितियों जैसे— सूखा और लवणता के प्रति सहनशील किस्मों का विकास संभव बनाती हैं। बायोफोर्टिफिकेशन के माध्यम से फसलों में आयरन, जिंक और विटामिन जैसे महत्वपूर्ण पोषक तत्वों की मात्रा बढ़ाकर कुपोषण की समस्या से भी लड़ा जा सकता है। जैव-प्रौद्योगिकी का सबसे बड़ा लाभ यह है कि ये तकनीकें लक्षित और सटीक सुधार करने में सक्षम हैं, जिससे अनावश्यक आनुवंशिक परिवर्तनों से बचा जा सकता है। वैश्विक खाद्य मांग में निरंतर वृद्धि और जलवायु परिवर्तन की तीव्रता को देखते हुए, सतत कृषि उत्पादन और खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए इन तकनीकों का उपयोग अब अनिवार्य हो गया है। अनाज फसलों के आनुवंशिक सुधार में जैव-प्रौद्योगिकी केवल एक सहायक उपकरण नहीं है, बल्कि यह भविष्य की कृषि रणनीति का एक केंद्रीय स्तंभ बन रही है, जो उत्पादकता, गुणवत्ता और स्थिरता तीनों को एक साथ मजबूत करने की क्षमता रखती है।

1. जैव-प्रौद्योगिकी तकनीकियों की प्रमुख विधियां

जैव-प्रौद्योगिकी की प्रमुख विधियों में आनुवंशिक रूप से संशोधित फसलें, जीनोम-संपादन, मार्कर-सहायित चयन, ऊतक संवर्धन और बायोफोर्टिफिकेशन शामिल हैं। ये तकनीकें कम समय में उच्च उपज, रोग-कीट प्रतिरोध, प्रतिकूल परिस्थितियों के प्रति सहनशीलता और पोषक तत्वों से समृद्ध किस्मों के विकास में सहायक हैं। इनका उपयोग कृषि उत्पादन की स्थिरता, खाद्य सुरक्षा और पोषण सुधार सुनिश्चित करने के लिए किया जाता है, जिससे बदलते जलवायु परिदृश्य और संसाधन सीमाओं की चुनौतियों का प्रभावी समाधान संभव हो पाता है।



चित्र: फसल सुधार में जैव-प्रौद्योगिकी की विभिन्न तकनीकियां

- **मार्कर-सहायित चयन:** यह एक ऐसी तकनीक है जो डी.एन.ए. मार्कर का उपयोग करके पौधों में वांछित लक्षणों, जैसे रोग प्रतिरोध या उच्च पैदावार, की पहचान करती है। इससे वैज्ञानिक बिना पौधे को पूरी तरह उगाए ही यह जान सकते हैं कि उसमें कौन से अच्छे गुण हैं। यह विधि प्रजनन प्रक्रिया को बहुत तेज कर देती है। गेहूं में रतुआ रोग प्रतिरोधी किस्में विकसित करने के लिए इस तकनीक का व्यापक रूप से उपयोग होता है, जिससे किसानों का नुकसान कम होता है।
- **जीनोम-संपादन:** जीनोम-संपादन एक क्रांतिकारी तकनीक है जो वैज्ञानिकों को पौधों के डी.एन.ए. में अत्यंत सटीक और लक्षित परिवर्तन करने की अनुमति देती है। इसमें क्रिस्पर-कास-9 जैसी तकनीकें शामिल हैं। इसकी मदद से हम किसी पौधे में किसी उपयोगी जीन को जोड़ सकते हैं या किसी अवांछित जीन को हटा सकते हैं। धान में झुलसा रोग के प्रति प्रतिरोधक क्षमता बढ़ाने के लिए जीन-संपादन का उपयोग किया जा रहा है।
- **आनुवंशिक रूप से संशोधित फसलें:** इस विधि में किसी अन्य जीव के जीन को फसल में स्थानांतरित किया जाता है ताकि उसमें नया गुण पैदा हो सके। इसका सबसे प्रसिद्ध उदाहरण बीटी-मक्का है, जिसमें एक जीवाणु का जीन डाला गया है ताकि वह कीटों के प्रति प्रतिरोधी बन सके। इसी तरह, गोल्डन राइस में विटामिन-ए का उत्पादन बढ़ाने के लिए जीन डाला गया है, जिससे कुपोषण से लड़ने में मदद मिलती है।

- **ऊतक-संवर्धन एवं सूक्ष्मप्रसारण:** यह एक ऐसी तकनीक है जिसमें पौधे के छोटे से ऊतक को लेकर प्रयोगशाला में एक नए और पूर्ण पौधे के रूप में विकसित किया जाता है। इससे रोग-मुक्त और समान गुणों वाले पौधों का बड़े पैमाने पर और बहुत तेजी से उत्पादन किया जा सकता है। यह विधि विशेष रूप से उन पौधों के लिए उपयोगी है जिनका बीज से प्रजनन करना मुश्किल होता है।

2. उपयोगिता

अनाज फसलों के आनुवंशिक सुधार में जैव-प्रौद्योगिकी एक शक्तिशाली उपकरण के रूप में उभरी है। यह तकनीक पारंपरिक तरीकों की तुलना में कई गुना अधिक प्रभावी है और फसलों की उत्पादकता तथा गुणवत्ता में अभूतपूर्व सुधार ला सकती है, जिसका संक्षिप्त विवरण इस प्रकार से है।

- **उच्च उत्पादकता:** जैव-प्रौद्योगिकी का सबसे बड़ा लाभ यह है कि यह प्रतिकूल परिस्थितियों में भी फसलों को बेहतर उपज देने में सक्षम बनाती है। जीनोम-संपादन और जी.एम. फसलों के माध्यम से ऐसी किस्में विकसित की जा सकती हैं जो सूखे, बाढ़ या अत्यधिक गर्मी जैसे मौसम की मार झेल सकें। इससे किसानों की आय सुनिश्चित होती है और देश की खाद्य सुरक्षा मजबूत होती है। सूखे के प्रति सहनशील धान की किस्में उन क्षेत्रों में भी खेती को संभव बनाती हैं जहाँ पानी की कमी होती है।
- **रोग एवं कीट प्रतिरोध:** जैव-प्रौद्योगिकी फसलों को रोगों और कीटों के प्रति स्वाभाविक रूप से प्रतिरोधी बनाती है। इससे रासायनिक कीटनाशकों पर निर्भरता कम हो जाती है। कम कीटनाशकों का उपयोग न केवल पर्यावरण के लिए बेहतर है, बल्कि किसानों के स्वास्थ्य और खेती की लागत को भी कम करता है। बीटी-मक्का इसका एक उत्कृष्ट उदाहरण है, जो कीटों के हमले से खुद को बचाती है, जिससे उपज में वृद्धि होती है।
- **गुणवत्ता सुधार:** जैव-प्रौद्योगिकी केवल मात्रा पर ही ध्यान नहीं देती, बल्कि अनाज की गुणवत्ता को भी सुधारती है। बायोफोर्टिफिकेशन तकनीक से फसलों में प्रोटीन, विटामिन और खनिजों जैसे आवश्यक पोषक तत्वों की मात्रा बढ़ाई जा सकती है। गोल्डन राइस, जिसमें विटामिन-ए की मात्रा अधिक होती है, उन क्षेत्रों में कुपोषण से लड़ने में मदद कर रहा है जहाँ विटामिन-ए की कमी एक बड़ी समस्या है। यह विधि अनाज को अधिक पौष्टिक बनाकर समाज के स्वास्थ्य में योगदान करती है।
- **संसाधन संरक्षण:** जैव-प्रौद्योगिकी के उपयोग से विकसित की गई फसलें अक्सर जल और उर्वरकों जैसे प्राकृतिक संसाधनों का अधिक कुशलता से उपयोग करती हैं। ये किस्में कम पानी में भी पनप सकती हैं और उन्हें कम उर्वरक की आवश्यकता होती है, जिससे न केवल संसाधन बचते हैं, बल्कि खेती का पर्यावरणीय प्रभाव भी कम होता है। इससे कृषि प्रणाली अधिक टिकाऊ बनती है। इस प्रकार, जैव-प्रौद्योगिकी हमें कम संसाधनों में अधिक उत्पादन करने का तरीका प्रदान करती है, जो भविष्य की कृषि के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण है।

3. अनाज फसलों में प्रमुख उपलब्धियां

अनाज फसलों में आनुवंशिक सुधार के लिए जैव-प्रौद्योगिकी का उपयोग तेजी से बढ़ रहा है। पारंपरिक तरीकों की तुलना में यह अधिक सटीक और प्रभावी है। इन उपलब्धियों से स्पष्ट है कि जैव-प्रौद्योगिकी अनाज फसलों में गुणात्मक और मात्रात्मक सुधार लाने में अत्यंत प्रभावी है, जिससे खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित की जा सकती है। नीचे कुछ प्रमुख अनाज फसलों में जैव-प्रौद्योगिकी की महत्वपूर्ण उपलब्धियों का विवरण दिया गया है।

- **धान:** धान, जो विश्व की आधी से अधिक आबादी का मुख्य आहार है, में जैव-प्रौद्योगिकी ने महत्वपूर्ण सफलताएं हासिल की हैं। वैज्ञानिकों ने ऐसी किस्में विकसित की हैं जो विषाणु जनित झुलसा रोग के प्रति प्रतिरोधी हैं। यह रोग धान की फसल को भारी नुकसान पहुंचाता है। इसके अलावा, बाढ़-सहनशील धान की किस्में भी विकसित की गई हैं। ये किस्में उन क्षेत्रों के लिए वरदान साबित हुई हैं जहाँ अक्सर बाढ़ आती है।
- **गेहूं:** गेहूं, जो कई देशों की खाद्य सुरक्षा का आधार है, में रस्ट-प्रतिरोधी किस्में विकसित की गई हैं। रस्ट रोग गेहूं की फसल को सबसे ज्यादा नुकसान पहुंचाने वाले रोगों में से एक है। जैव-प्रौद्योगिकी की मदद से ऐसे जीनों की पहचान और उनका उपयोग किया गया है जो इस रोग के प्रति प्रतिरोधक क्षमता प्रदान करते हैं। इसके साथ ही, उच्च प्रोटीन युक्त गेहूं की किस्में भी विकसित की जा रही हैं, जिससे इसकी पोषण गुणवत्ता में सुधार हो रहा है।

- **मक्का:** मक्का एक अत्यंत बहुमुखी फसल है जिसका उपयोग न केवल भोजन के लिए बल्कि पशु-आहार और औद्योगिक उत्पादों में भी होता है। जैव-प्रौद्योगिकी ने सूखा-सहनशील मक्का की किस्में विकसित करने में मदद की है, जिससे यह उन शुष्क क्षेत्रों में भी सफलतापूर्वक उगाई जा सकती है जहाँ पानी की कमी होती है। इसके अलावा, उच्च लाइसिन युक्त मक्का की किस्में भी बनाई गई हैं। लाइसिन एक आवश्यक अमीनो एसिड है, और लाइसिन युक्त मक्का का उपयोग पशु आहार की गुणवत्ता सुधारने में किया जाता है, जिससे पशुओं का स्वास्थ्य बेहतर होता है।
- **बाजरा एवं ज्वार:** बाजरा और ज्वार जैसी फसलें, जो अक्सर शुष्क और अर्ध-शुष्क क्षेत्रों में उगाई जाती हैं, अपनी पोषक गुणवत्ता के लिए जानी जाती हैं। जैव-प्रौद्योगिकी का उपयोग करके इनमें आयरन और जिंक जैसे महत्वपूर्ण खनिजों की मात्रा बढ़ाई गई है। इन फसलों में बायोफोर्टिफिकेशन के माध्यम से सुधार किया गया है, जिससे ये कुपोषण से लड़ने में और भी प्रभावी हो गई हैं। ये किस्में न केवल किसानों के लिए अधिक मूल्यवान हैं, बल्कि उपभोक्ताओं के स्वास्थ्य के लिए भी लाभकारी हैं।

तालिका: अनाज फसलों के आनुवंशिक सुधार में प्रमुख जैव-प्रौद्योगिकी तकनीकियां, अनुप्रयोग एवं उदाहरण

जैव-प्रौद्योगिकी तकनीक	मुख्य अनुप्रयोग	उदाहरण
मार्कर-सहायित चयन	रोग-प्रतिरोधी, उच्च उपज व गुणवत्तायुक्त किस्मों का त्वरित चयन	गेहूं में रतुआ रोग-प्रतिरोधी किस्में (एच.डी.-2967)
जीनोम-संपादन	सटीक जीन संशोधन, प्रतिकूल परिस्थितियों में सहनशीलता	धान में ब्लास्ट रोग-प्रतिरोधी जीन का समावेश
आनुवंशिक रूप से संशोधित फसलें	कीट-प्रतिरोध, पोषण वृद्धि, रासायनिक उपयोग में कमी	बीटी-मक्का, गोल्डन राइस
ऊतक-संवर्धन	रोग-मुक्त, एक समान गुणों वाले पौधों का बड़े पैमाने पर उत्पादन	केले एवं गन्ने की पौध तैयार करना
डबल हैप्लॉइड तकनीक	प्रजनन चक्र कम करके शीघ्र नई किस्म विकसित करना	मक्का में उच्च उपज किस्में
आर.एन.ए इंटरफेरेंस	अवांछित जीन अभिव्यक्ति को दबाना	मक्का में कीट प्रतिरोध
बायोइंफॉर्मेटिक्स	जीनोमिक डाटा विश्लेषण, लक्षित जीन पहचान	गेहूं के जीनोम का अनुक्रमण

4. चुनौतियां

जैव-प्रौद्योगिकी, जहाँ एक ओर अनाज फसलों में सुधार के लिए अपार संभावनाएँ प्रस्तुत करती है, वहीं इसके उपयोग में कई महत्वपूर्ण चुनौतियाँ भी हैं जिन पर ध्यान देना आवश्यक है। सबसे बड़ी चुनौतियों में से एक जैव-सुरक्षा और पर्यावरणीय प्रभाव से जुड़ी चिंताएँ हैं। आनुवंशिक रूप से संशोधित फसलों के कारण पर्यावरण में अनपेक्षित बदलाव, जैसे जैव-विविधता में कमी या खरपतवारों में सुपरवीड बनने की संभावना, को लेकर विशेषज्ञ और किसान दोनों चिंतित हैं। दूसरी चुनौती किसानों और उपभोक्ताओं के बीच जागरूकता की कमी है। किसानों को इन तकनीकों के लाभों और जोखिमों की सही जानकारी नहीं होती है, जिससे वे इन्हें अपनाने में हिचकिचाते हैं। इसी तरह, उपभोक्ता भी इन फसलों के बारे में भ्रमित रहते हैं, जिससे बाजार में उनकी स्वीकार्यता कम हो जाती है। कानूनी एवं बौद्धिक संपदा अधिकार (आई.पी.आर.) से जुड़ी बाधाएँ भी एक बड़ी समस्या हैं। कई उन्नत जैव-प्रौद्योगिकी तकनीकों और बीजों पर बड़ी कंपनियों का पेटेंट होता है, जिससे छोटे किसानों और शोधकर्ताओं के लिए इनका उपयोग करना मुश्किल हो जाता है। इससे तकनीक का प्रसार धीमा हो जाता है और इसका लाभ केवल कुछ बड़े समूहों तक सीमित रह जाता है। इन चुनौतियों का समाधान करने के लिए वैज्ञानिक, सरकार और समाज को मिलकर काम करना होगा।

5. निष्कर्ष

जैव-प्रौद्योगिकी ने अनाज फसलों में गुणात्मक और मात्रात्मक सुधार के लिए एक नया अध्याय खोला है। यह तकनीक हमें ऐसी फसलें विकसित करने में सक्षम बनाती है जो न केवल अधिक पैदावार देती हैं, बल्कि पोषक तत्वों से भी भरपूर होती हैं। जीनोम-संपादन जैसी विधियाँ हमें कम समय में ऐसी किस्में तैयार करने की अनुमति देती हैं जो सूखा, रोग और कीटों के प्रति अधिक प्रतिरोधी हों। यह किसानों के नुकसान को कम करने और उनकी आय बढ़ाने में मदद करता है। इन तकनीकों की पूरी क्षमता का लाभ उठाने के लिए वैज्ञानिक अनुसंधान, सरकारी नीतियों और किसानों के सहयोग का त्रिकोण अत्यंत महत्वपूर्ण है। वैज्ञानिक नए तरीकों पर काम करते हैं, सरकारें नीतियों के माध्यम से उन्हें लागू करने के लिए एक अनुकूल वातावरण बनाती हैं, और किसान इन तकनीकों को अपनाकर उत्पादन बढ़ाते हैं। इस तरह का समन्वय न केवल खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित कर टिकाऊ बनाता है। यह हमें भविष्य की चुनौतियों, जैसे- जलवायु परिवर्तन और बढ़ती आबादी का सामना करने के लिए तैयार करता है।

6. भविष्य की संभावनाएं एवं दिशा-निर्देश

जैव-प्रौद्योगिकी अनाज फसलों के आनुवंशिक सुधार में एक क्रांतिकारी भूमिका निभा रही है, जिससे भविष्य में कृषि के क्षेत्र में व्यापक बदलाव की संभावना है। जीनोम-संपादन जैसी उन्नत तकनीकें जलवायु परिवर्तन के दुष्प्रभावों को झेलने वाली और सूखा, बाढ़ या अत्यधिक तापमान के प्रति अधिक सहनशील किस्मों को तेजी से विकसित करने का मार्ग प्रशस्त करती हैं। यह न केवल खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित करेगा, बल्कि किसानों की आय में भी वृद्धि करेगा। भविष्य की दिशा-निर्देशों में जैव-प्रौद्योगिकी का डिजिटल कृषि और कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) के साथ तालमेल बिठाना महत्वपूर्ण है। यह फसलों की निगरानी, रोग प्रबंधन और उपज को अधिकतम करने में मदद करेगा। इसके अलावा, स्थानीय किस्मों का संरक्षण और उनमें आधुनिक तकनीकों का समावेश करना आवश्यक है ताकि उनकी विशिष्ट विशेषताओं को बनाए रखा जा सके। इन तकनीकों का लाभ किसानों तक पहुँचाने के लिए उन्हें प्रशिक्षण कार्यक्रम प्रदान करना एक महत्वपूर्ण कदम होगा। इससे किसान इन तकनीकों का अधिकतम लाभ उठा सकेंगे और कृषि को एक उन्नत और टिकाऊ व्यवसाय बना सकेंगे। जैव-प्रौद्योगिकी का भविष्य है न केवल कृषि को बदल रहा है, बल्कि हमारे जीने के तरीके को भी बदल रहा है।