



एग्री मैगज़ीन

(कृषि लेखों के लिए अंतरराष्ट्रीय ई-पत्रिका)

वर्ष: 03, अंक: 07 (जुलाई, 2026)

www.agrimagazine.in पर ऑनलाइन उपलब्ध

© एग्री मैगज़ीन, आई. एस. एस. एन.: 3048-8656

उद्यानिकी फसलों के विकास एवं उन्नतिकरण में जैव-प्रौद्योगिकी की भूमिका

गोविन्द विश्वकर्मा¹, राहुल चंद्रकांत कालदाते², गिरिजा चौधरी², श्रवण कुमार शुक्ल², आशुतोष कुमार²
एवं अंशुमान सिंह³

¹सरदार वल्लभभाई पटेल कृषि एवं प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, मोदीपुरम, मेरठ, उ.प्र., भारत

²रानी लक्ष्मी बाई केंद्रीय कृषि विश्वविद्यालय, झांसी, उ.प्र., भारत

³भारतीय कृषि सांख्यिकी अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली, भारत

*संवादी लेखक का ईमेल पता: rkaldate@gmail.com

भारत में उद्यानिकी फसलें जैसे-फल, सब्जियाँ एवं पुष्प कृषि का अत्यंत महत्वपूर्ण क्षेत्र है। ये फसलें न केवल पोषण सुरक्षा को सुदृढ़ बनाती हैं, बल्कि किसानों की आय में वृद्धि, ग्रामीण क्षेत्रों में रोजगार सृजन, कृषि विविधीकरण तथा विदेशी मुद्रा अर्जित करने में भी महत्वपूर्ण योगदान देती हैं। आम, केला, अमरुद, अंगूर, सेब, टमाटर, आलू, प्याज, मिर्च, फूलगोभी, गुलाब, गेंदा, ग्लैडियोलस तथा ऑर्किड जैसी उद्यानिकी फसलें घरेलू एवं अंतरराष्ट्रीय बाजारों में अत्यधिक मांग रखती हैं। भारत विश्व के प्रमुख फल एवं सब्जी उत्पादक देशों में शामिल है। उत्पादकता, गुणवत्ता तथा कटाई के बाद होने वाले नुकसान जैसी समस्याएँ इस क्षेत्र के समक्ष चुनौती बनी हुई हैं। वर्तमान समय में बढ़ती जनसंख्या, जलवायु परिवर्तन, अनियमित वर्षा, बढ़ते तापमान, नए रोगों एवं कीटों का प्रकोप तथा भूमि एवं जल संसाधनों की सीमित उपलब्धता ने उद्यानिकी उत्पादन को प्रभावित किया है। पारंपरिक प्रजनन विधियाँ इन चुनौतियों का समाधान करने में अपेक्षाकृत अधिक समय लेती हैं। ऐसे परिदृश्य में जैव-प्रौद्योगिकी एक प्रभावी एवं आधुनिक वैज्ञानिक तकनीक के रूप में सामने आई है, जिसने उद्यानिकी फसलों के विकास एवं उन्नतिकरण को नई दिशा प्रदान की है।

जैव-प्रौद्योगिकी वह बहुविषयक विज्ञान है जिसमें जीवित कोशिकाओं, ऊतकों, सूक्ष्मजीवों, एंजाइमों तथा जैविक प्रक्रियाओं का उपयोग करके उपयोगी उत्पादों एवं उन्नत पौध किस्मों का विकास किया जाता है। उद्यानिकी में इसका उपयोग मुख्यतः ऊतक संवर्धन, सूक्ष्म प्रवर्धन, आनुवंशिक अभियांत्रिकी, जीनोम संपादन, आणविक चिह्नक-सहायित चयन, डी.एन.ए. फिंगरप्रिंटिंग तथा रोगों के त्वरित निदान के लिए किया जाता है। इन तकनीकों की सहायता से रोगमुक्त एवं गुणवत्तापूर्ण पौध सामग्री का बड़े पैमाने पर उत्पादन, अधिक उपज देने वाली एवं रोग-कीट प्रतिरोधी किस्मों का विकास, बेहतर पोषण गुणवत्ता, अधिक भंडारण क्षमता तथा जलवायु सहनशील फसलों का विकास संभव हुआ है। परिणामस्वरूप किसानों की उत्पादन लागत में कमी, उत्पादकता में वृद्धि तथा उद्यानिकी क्षेत्र की स्थायी एवं लाभकारी प्रगति सुनिश्चित हो रही है।

उद्यानिकी फसलों के विकास में जैव-प्रौद्योगिकी की प्रमुख तकनीकें

जैव-प्रौद्योगिकी की विभिन्न तकनीकें जैसे-ऊतक संवर्धन, आनुवंशिक अभियंत्रण, जीनोम संपादन एवं आणविक चिह्नक आधारित प्रजनन की सहायता से फल, सब्जी एवं पुष्प वाली फसलों का विकास किया जा चुका है एवं उनके उन्नतिकरण के लिए वैज्ञानिक निरंतर प्रयासरत हैं। जैव-प्रौद्योगिकी तकनीकियों द्वारा उद्यानिकी फसलों के उपज में बढ़ोत्तरी, नई किस्मों का विकास, एवं पुरानी किस्मों का जैविक एवं अजैविक कारकों के प्रति उन्नतिकरण भी किया जा चुका है। उद्यानिकी फसलों के विकास में प्रयोग में लाई गयी जैव-प्रौद्योगिकी की कुछ महत्वपूर्ण तकनीकियाँ एवं उदाहरण इस प्रकार से हैं:-

ऊतक संवर्धन की उपयोगिता: ऊतक संवर्धन जैव-प्रौद्योगिकी की एक अत्याधुनिक एवं वैज्ञानिक तकनीक है, जिसके माध्यम से पौधे के किसी भी जीवित भाग जैसे-मेरिस्टेम, पत्ती, तना, जड़, कली इत्यादि से पूर्ण पौधे का विकास नियंत्रित प्रयोगशाला में किया जाता है। यह तकनीक इस सिद्धांत पर आधारित है कि पौधे की प्रत्येक जीवित कोशिका में संपूर्ण पौधे के रूप में विकसित होने की क्षमता होती है। उपयुक्त पोषक माध्यम, पौध वृद्धि नियामकों, तापमान, प्रकाश एवं आर्द्रता की नियंत्रित परिस्थितियों में कोशिकाएँ विभाजित होकर नए पौधों का निर्माण करती हैं।

उद्यानिकी फसलों में ऊतक संवर्धन का महत्व अत्यधिक है क्योंकि इसके माध्यम से कम समय में लाखों की संख्या में आनुवंशिक रूप से समान, स्वस्थ एवं रोगमुक्त पौध सामग्री तैयार की जा सकती है। पारंपरिक प्रवर्धन विधियों जैसे-कलम, गूटी अथवा कंद द्वारा पौध तैयार करने में अधिक समय लगता है तथा रोगों के फैलने की संभावना भी रहती है, जबकि ऊतक संवर्धन द्वारा तैयार पौधे रोगजनकों, विशेषकर वायरस, बैक्टीरिया एवं फफूंद से मुक्त होते हैं। इससे पौधों की वृद्धि समान होती है, उत्पादन क्षमता बढ़ती है तथा फसल की गुणवत्ता में उल्लेखनीय सुधार होता है। फल फसलों में केला ऊतक संवर्धन का सर्वाधिक सफल उदाहरण है। भारत में ऊतक संवर्धित केले के पौधों का व्यावसायिक स्तर पर बड़े पैमाने पर उत्पादन किया जाता है। इन पौधों की वृद्धि एकसमान होती है, फल जल्दी प्राप्त होते हैं तथा उपज पारंपरिक पौधों की तुलना में अधिक होती है। इसी प्रकार आलू में वायरस-मुक्त बीज कंद तैयार

करने के लिए मेरिस्टेम संवर्धन तकनीक का उपयोग किया जाता है, जिससे स्वस्थ पौध सामग्री उपलब्ध होती है और उत्पादन में उल्लेखनीय वृद्धि होती है।

सारणी-1: उद्यानिकी फसलों में ऊतक संवर्धन के प्रमुख अनुप्रयोग

फसल	ऊतक संवर्धन का उद्देश्य	प्रमुख लाभ
केला	रोगमुक्त पौध उत्पादन एवं तीव्र प्रवर्धन	समान वृद्धि, शीघ्र फलन एवं अधिक उपज
स्ट्रॉबेरी	गुणवत्तापूर्ण पौध उत्पादन	रोगमुक्त एवं समान पौधे
आलू	मेरिस्टेम संवर्धन द्वारा वायरस-मुक्त बीज कंद	स्वस्थ बीज सामग्री एवं उत्पादन वृद्धि
ऑर्किड	तीव्र व्यावसायिक प्रवर्धन	उच्च गुणवत्ता एवं निर्यात योग्य पौधे
गुलाब	रोगमुक्त पौध उत्पादन	समान पुष्प गुणवत्ता एवं अधिक उत्पादन
जरबेरा	सूक्ष्म प्रवर्धन	एकरूप पौध एवं उच्च व्यावसायिक मूल्य
कार्नेशन	बड़े पैमाने पर पौध उत्पादन	गुणवत्तापूर्ण कट-प्लावर उत्पादन
ग्लैडियोलस	रोगमुक्त रोपण सामग्री	बेहतर पुष्प गुणवत्ता एवं अधिक उपज

पुष्प फसलों में ऑर्किड, गुलाब, जरबेरा, कार्नेशन तथा ग्लैडियोलस जैसी फसलों के बड़े पैमाने पर प्रवर्धन के लिए ऊतक संवर्धन अत्यंत उपयोगी सिद्ध हुआ है। इस तकनीक से समान आकार, रंग एवं गुणवत्ता वाले पुष्प प्राप्त होते हैं, जो निर्यात बाजार की आवश्यकताओं को भी पूरा करते हैं। इसके अतिरिक्त दुर्लभ एवं संकटग्रस्त सजावटी पौधों के संरक्षण में भी ऊतक संवर्धन महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है।

वर्तमान समय में ऊतक संवर्धन केवल पौध उत्पादन तक सीमित नहीं है, बल्कि यह रोगमुक्त बीज सामग्री के विकास, उच्च गुणवत्ता वाले रोपण सामग्री के व्यावसायिक उत्पादन, आनुवंशिक संसाधनों के संरक्षण तथा नई किस्मों के विकास के लिए भी व्यापक रूप से उपयोग किया जा रहा है। इस प्रकार, ऊतक संवर्धन उद्यानिकी क्षेत्र में उत्पादकता, गुणवत्ता, एकरूपता तथा किसानों की आय बढ़ाने की दिशा में जैव-प्रौद्योगिकी की सबसे सफल एवं प्रभावशाली तकनीकों में से एक है।

आनुवंशिक अभियांत्रिकी की उपयोगिता: आनुवंशिक अभियांत्रिकी जैव-प्रौद्योगिकी की एक उन्नत एवं सटीक तकनीक है, जिसके माध्यम से किसी पौधे के जीन में नियंत्रित रूप से परिवर्तन करके उसमें वांछित गुणों का समावेश किया जाता है। पारंपरिक पादप प्रजनन में नई किस्मों के विकास में कई वर्षों का समय लगता है, जबकि आनुवंशिक अभियांत्रिकी द्वारा किसी विशिष्ट जीन को सीधे पौधे के जीनोम में स्थानांतरित करके अपेक्षाकृत कम समय में वांछित विशेषताओं वाली नई किस्में विकसित की जा सकती हैं। इस तकनीक का उद्देश्य पौधों की रोग एवं कीट प्रतिरोधक क्षमता बढ़ाना, सूखा एवं लवणीयता सहनशीलता विकसित करना, पोषण गुणवत्ता में सुधार करना, उपज बढ़ाना तथा फलों एवं सब्जियों की भंडारण क्षमता को बढ़ाना है।

सारणी-2: आनुवंशिक अभियांत्रिकी द्वारा विकसित प्रमुख गुण एवं उद्यानिकी में उनका महत्व

फसल	लक्षित गुण	लाभ	आनुवंशिक सुधार का उद्देश्य
पपीता, आलू, मिर्च	रोग प्रतिरोध	उत्पादन हानि में कमी, स्थिर उपज	विषाणु, जीवाणु एवं फफूंद जनित रोगों से सुरक्षा
बैंगन	कीट प्रतिरोध	कीटनाशकों का कम उपयोग एवं उत्पादन लागत में कमी	प्रमुख कीटों से पौधों की सुरक्षा
टमाटर, सेब	शेल्फ लाइफ में वृद्धि	कटाई-पश्चात हानि में कमी एवं बेहतर विपणन	फल पकने की गति को नियंत्रित करना
टमाटर, फल एवं सब्जियाँ	पोषण गुणवत्ता में सुधार	पौष्टिक एवं स्वास्थ्यवर्धक उत्पाद	विटामिन, खनिज एवं एंटीऑक्सीडेंट की मात्रा बढ़ाना
केला, मिर्च, अंगूर	जलवायु सहनशीलता	प्रतिकूल परिस्थितियों में भी उत्पादन बनाए रखना	सूखा, लवणीयता एवं ताप सहनशीलता विकसित करना
फल, सब्जी एवं पुष्प फसलें	उपज में वृद्धि	किसानों की आय एवं उत्पादकता में वृद्धि	उच्च उत्पादक किस्मों का विकास
टमाटर, अंगूर, सेब	गुणवत्ता सुधार	बेहतर बाजार मूल्य एवं निर्यात क्षमता	आकार, रंग, स्वाद एवं प्रसंस्करण गुणों में सुधार

उद्यानिकी फसलों में आनुवंशिक अभियांत्रिकी का महत्व निरंतर बढ़ रहा है, क्योंकि फल, सब्जियाँ और पुष्प फसलें अनेक प्रकार के रोगों, कीटों तथा पर्यावरणीय तनावों से प्रभावित होती हैं। जीन स्थानांतरण तकनीकों, जैसे-एग्रोबेक्टेरियम आधारित जीन स्थानांतरण तथा जीन गन विधि के माध्यम से उपयोगी जीनों को पौधों में प्रविष्ट कराया जाता है, जिससे उनकी उत्पादन क्षमता एवं गुणवत्ता में उल्लेखनीय सुधार होता है।

सारणी-3: उद्यानिकी फसलों में आनुवंशिक अभियांत्रिकी के प्रमुख अनुप्रयोग एवं लाभ

फसल	लक्षित गुण	उपलब्धि	जैव प्रौद्योगिकी
टमाटर	शीघ्र पकना एवं कम शेल्फ लाइफ	अधिक शेल्फ लाइफ, कम कटाई-पश्चात हानि, बेहतर परिवहन एवं विपणन	पकने से संबंधित जीनों का संशोधन
बैंगन	फल एवं तना छेदक कीट	कीट प्रतिरोध, कीटनाशकों के उपयोग में कमी, अधिक उपज	बेसिलस थुरिजेंसिस (क्राई1एसी) जीन स्थानांतरण
आलू	विषाणुजनित रोग	स्वस्थ पौधे एवं उत्पादन में वृद्धि	रोग-प्रतिरोधी जीनों का उपयोग
पपीता	पपीता रिंगस्पॉट वायरस	रिंगस्पॉट वायरस प्रतिरोध, स्थिर उत्पादन एवं रासायनिक नियंत्रण में कमी	वायरस-प्रतिरोधी जीन का समावेश
केला	फ्यूजेरियम विल्ट	संभावित रोग प्रतिरोध एवं स्थिर उत्पादन	रोग प्रतिरोधी जीनों पर अनुसंधान
सेब, अंगूर	गुणवत्ता, भंडारण	अधिक शेल्फ लाइफ, बेहतर गुणवत्ता, निर्यात क्षमता	गुणवत्ता-संबंधी जीनों का संशोधन

टमाटर आनुवंशिक अभियांत्रिकी का एक प्रमुख उदाहरण है। टमाटर के पकने की प्रक्रिया को नियंत्रित करने वाले जीनों में परिवर्तन करके ऐसी किस्में विकसित की गई हैं जिनके फल लंबे समय तक ताजे बने रहते हैं। इससे कटाई के बाद होने वाली हानि कम होती है, परिवहन एवं भंडारण की अवधि बढ़ती है तथा किसानों को बेहतर बाजार मूल्य प्राप्त होता है। इसके अतिरिक्त, लाइकोपीन एवं विटामिन-सी की मात्रा बढ़ाने के लिए भी अनुसंधान किए जा रहे हैं।

पपीता में रिंगस्पॉट वायरस विश्वभर में एक गंभीर रोग है, जो उत्पादन में भारी कमी लाता है। इस समस्या के समाधान हेतु आनुवंशिक अभियांत्रिकी द्वारा रिंगस्पॉट वायरस प्रतिरोधी पपीते की किस्में विकसित की गई हैं। इन किस्मों में वायरस के प्रति प्राकृतिक प्रतिरोध विकसित किया गया है, जिससे रोग का प्रभाव कम होता है, उत्पादन स्थिर रहता है तथा रासायनिक नियंत्रण की आवश्यकता घटती है। यह जैव-प्रौद्योगिकी की सबसे सफल उपलब्धियों में से एक मानी जाती है।

बैंगन में फल एवं तना छेदक कीट सबसे अधिक हानि पहुँचाने वाला कीट है। इस समस्या के समाधान के लिए बीटी बैंगन विकसित किया गया, जिसमें *बेसिलस थुरिंगेंसिस* नामक जीवाणु का क्राई जीन स्थानांतरित किया गया है। यह जीन एक विशिष्ट प्रोटीन उत्पन्न करता है, जो लक्षित कीट के लिए विषैला होता है, जबकि मनुष्यों एवं अधिकांश लाभकारी जीवों पर इसका प्रतिकूल प्रभाव नहीं पाया गया है। बीटी बैंगन के उपयोग से कीटनाशकों के छिड़काव में उल्लेखनीय कमी, उत्पादन लागत में गिरावट तथा उपज एवं गुणवत्ता में वृद्धि देखी गई है। यद्यपि भारत में टज बैंगन के व्यावसायिक उपयोग पर नीतिगत एवं जैव-सुरक्षा संबंधी विचार-विमर्श जारी है, फिर भी यह आनुवंशिक अभियांत्रिकी का महत्वपूर्ण उदाहरण माना जाता है।

आनुवंशिक अभियांत्रिकी का उपयोग केवल इन फसलों तक सीमित नहीं है। आलू में विषाणु प्रतिरोध, मिर्च में रोग प्रतिरोध, केला में फ्यूजेरियम विल्ट प्रतिरोध तथा सेब एवं अंगूर में भंडारण क्षमता एवं गुणवत्ता सुधार हेतु भी अनुसंधान किए जा रहे हैं। इसके अतिरिक्त, पोषण संवर्धन के माध्यम से विटामिन, खनिज एवं एंटीऑक्सीडेंट की मात्रा बढ़ाने के प्रयास भी जारी हैं, जिससे उपभोक्ताओं को अधिक पौष्टिक उत्पाद उपलब्ध कराए जा सकें। आनुवंशिक अभियांत्रिकी उद्यानिकी फसलों के विकास एवं उन्नतिकरण की एक अत्यंत प्रभावी एवं आधुनिक तकनीक है। यह उत्पादन बढ़ाने, गुणवत्ता सुधारने, रोग एवं कीट प्रबंधन, जलवायु परिवर्तन के प्रभावों से निपटने तथा कृषि को अधिक टिकाऊ एवं लाभकारी बनाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा रही है। भविष्य में जीन संपादन एवं आणविक जैव-प्रौद्योगिकी के विकास के साथ इस तकनीक का महत्व और अधिक बढ़ने की संभावना है।

आणविक चिह्नक तकनीक की उपयोगिता: आणविक चिह्नक तकनीक जैव-प्रौद्योगिकी की एक उन्नत एवं अत्यंत विश्वसनीय विधि है, जिसके माध्यम से पौधों के डी.एन.ए. में उपस्थित विशिष्ट जीनों अथवा जीनों से जुड़े आनुवंशिक चिह्नों की पहचान की जाती है। आणविक चिह्नक पौधों के बाह्य लक्षणों पर निर्भर न होकर सीधे उनके आनुवंशिक स्तर पर कार्य करते हैं। परिणामस्वरूप, पौध सुधार (पादप प्रजनन) कार्यक्रमों में वांछित गुणों जैसे रोग प्रतिरोधक क्षमता, उच्च उपज, उत्तम फल गुणवत्ता, शीघ्र परिपक्वता, सूखा सहनशीलता तथा बेहतर पोषण गुणवत्ता वाले पौधों का चयन कम समय में, अधिक सटीकता एवं विश्वसनीयता के साथ किया जा सकता है। इस तकनीक को मार्कर-सहायित चयन भी कहा जाता है। पारंपरिक पौध प्रजनन में किसी पौधे के गुणों का मूल्यांकन उसके पूर्ण विकसित होने के बाद किया जाता है, जिससे नई किस्मों के विकास में कई वर्षों का समय लग जाता है। इसके विपरीत, आणविक चिह्नों की सहायता से पौधों के बीज या प्रारंभिक पौध अवस्था में ही उपयोगी जीनों की पहचान की जा सकती है। इससे समय, श्रम एवं लागत की बचत होती है तथा पौध सुधार कार्यक्रम अधिक प्रभावी बन जाते हैं। वर्तमान में विभिन्न प्रकार के आणविक चिह्नों का व्यापक रूप से उपयोग किया जा रहा है।

सारणी-4: उद्यानिकी फसलों में आणविक चिह्नक तकनीक के प्रमुख अनुप्रयोग

फसल	लक्षित गुण/समस्या	आणविक चिह्नक उपयोग	प्रमुख लाभ
आम	उच्च मिठास, सुगंध, रंग, नियमित फलन एवं रोग प्रतिरोध	श्रेष्ठ एवं जनक पौधों का चयन, आनुवंशिक अध्ययन	कम समय में उच्च गुणवत्ता एवं रोग प्रतिरोधी किस्मों का विकास
अंगूर	डाउनी मिल्ड्यू, पाउडरी मिल्ड्यू, फल गुणवत्ता एवं बीजरहितता	रोग प्रतिरोधी जीनों की पहचान एवं चयन	उच्च गुणवत्ता, अधिक उपज एवं बेहतर भंडारण क्षमता
केला	फ्यूजेरियम विल्ट एवं अन्य रोग	रोग प्रतिरोधी जर्मप्लाज्म का चयन	रोग सहनशील किस्मों का विकास
सेब	गुणवत्ता, रंग एवं भंडारण क्षमता	गुणवत्ता-संबंधी जीनों का चयन	बेहतर विपणन एवं निर्यात क्षमता
टमाटर	बैक्टीरियल विल्ट, फ्यूजेरियम विल्ट, लीफ कर्ल वायरस, नेमाटोड	रोग प्रतिरोधी जीनों का चयन	रोग प्रतिरोध, उच्च उपज एवं बेहतर फल गुणवत्ता
मिर्च	वायरस एवं फफूंदजनित रोग	प्रतिरोधी जीनों की पहचान	स्थिर उत्पादन एवं गुणवत्तापूर्ण फल

फल फसलों में आम के पौध सुधार में आणविक चिह्नक तकनीक का विशेष महत्व है। आम एक दीर्घकालिक वृक्षीय फसल है, जिसमें पारंपरिक संकरण द्वारा नई किस्मों का विकास अत्यधिक समय लेने वाला होता है। आणविक चिह्नों की सहायता से उच्च मिठास, बेहतर सुगंध, आकर्षक रंग, अधिक गूदेदार फल, नियमित फलन तथा रोग प्रतिरोधी गुणों वाले पौधों की प्रारंभिक अवस्था में ही पहचान की जा सकती है। इसके अतिरिक्त, विभिन्न आम की किस्मों की आनुवंशिक विविधता का अध्ययन करने तथा श्रेष्ठ जनक पौधों के चयन में भी यह तकनीक महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है। अंगूर में भी आणविक चिह्नक तकनीक का उपयोग रोग प्रतिरोधी, उच्च गुणवत्ता वाली तथा अधिक उत्पादन देने वाली किस्मों के विकास में किया जा रहा है। अंगूर की फसल प्रायः डाउनी मिल्ड्यू पाउडरी मिल्ड्यू तथा अन्य फफूंदजनित रोगों से प्रभावित होती है। आणविक चिह्नों की सहायता से इन रोगों के प्रति प्रतिरोधी जीनों की पहचान कर उन्हें नई किस्मों में सम्मिलित किया जाता है। इसके अतिरिक्त, फल के आकार, रंग, मिठास, बीजरहित प्रकृति तथा भंडारण क्षमता जैसे गुणों के सुधार में भी यह तकनीक उपयोगी सिद्ध हुई है।

सब्जी फसलों में टमाटर के सुधार कार्यक्रमों में आणविक चिह्नों का व्यापक उपयोग किया जाता है। टमाटर में बैक्टीरियल विल्ट, फ्यूजेरियम विल्ट, लीफ कर्ल वायरस तथा नेमाटोड जैसे अनेक रोग उत्पादन को प्रभावित करते हैं। आणविक चिह्नों की सहायता से इन रोगों के प्रति प्रतिरोधी जीनों की शीघ्र पहचान कर उच्च उपज देने वाली किस्मों का विकास किया जाता है। साथ ही फल की कठोरता, भंडारण क्षमता, लाइकोपीन एवं विटामिन-सी की मात्रा तथा बेहतर स्वाद जैसे गुणों के चयन में भी यह तकनीक अत्यंत प्रभावी है।

वर्तमान में आणविक चिह्न तकनीक का उपयोग केवल नई किस्मों के विकास तक सीमित नहीं है, बल्कि जर्मप्लाज्म संरक्षण, आनुवंशिक विविधता के अध्ययन, संकर बीजों की शुद्धता की जाँच, किस्मों की पहचान (डी.एन.ए. फिंगरप्रिंटिंग) तथा जीन मानचित्रण (जीन मैपिंग) में भी व्यापक रूप से किया जा रहा है। यह तकनीक जलवायु परिवर्तन के प्रति सहनशील तथा उच्च गुणवत्ता वाली उद्यानिकी फसलों के विकास में भी महत्वपूर्ण योगदान दे रही है। आणविक चिह्न तकनीक आधुनिक उद्यानिकी में पौध सुधार की एक सशक्त एवं वैज्ञानिक विधि है। इसकी सहायता से वांछित गुणों वाले पौधों का शीघ्र, सटीक एवं विश्वसनीय चयन संभव हुआ है, जिससे नई उन्नत किस्मों के विकास की गति तेज हुई है। भविष्य में जीनोमिक्स, जीन संपादन तथा जैव-सूचना विज्ञान के साथ इसके समन्वय से उद्यानिकी फसलों के विकास एवं उन्नतिकरण में और भी व्यापक प्रगति होने की संभावना है।

जीनोम संपादन की उपयोगिता: जीनोम संपादन (जीनोम एडिटिंग) जैव-प्रौद्योगिकी की एक आधुनिक, सटीक एवं प्रभावी तकनीक है, जिसके माध्यम से पौधों के डी.एन.ए. में उपस्थित विशिष्ट जीनों को लक्षित रूप से परिवर्तित, निष्क्रिय अथवा संशोधित किया जाता है। पारंपरिक पादप प्रजनन एवं आनुवंशिक अभियांत्रिकी की तुलना में जीनोम संपादन अधिक सटीक, तीव्र एवं कम समय लेने वाली तकनीक है। वर्तमान में क्रिस्पर/कास-9, टैलेन तथा जेड.एफ.एन. जैसी तकनीकों का उपयोग उद्यानिकी फसलों के सुधार हेतु व्यापक रूप से किया जा रहा है। इनमें क्रिस्पर/कास-9 अपनी सरलता, कम लागत, उच्च दक्षता तथा सटीकता के कारण सबसे अधिक लोकप्रिय है। उद्यानिकी फसलों के विकास एवं उन्नतिकरण में जीनोम संपादन की उपयोगिता अत्यंत व्यापक है। इसके माध्यम से रोग एवं कीट प्रतिरोधी, उच्च उत्पादक, जलवायु परिवर्तन के प्रति सहनशील तथा बेहतर पोषण गुणवत्ता वाली नई किस्मों का विकास किया जा रहा है। यह तकनीक पौधों में पहले से मौजूद जीनों में आवश्यक परिवर्तन करके वांछित गुण विकसित करती है, जिससे अवांछित आनुवंशिक परिवर्तन की संभावना कम हो जाती है। फलस्वरूप पौध सुधार कार्यक्रम अधिक तेज, सटीक और प्रभावी बनते हैं।

फल फसलों में जीनोम संपादन का उपयोग केला, आम, अंगूर, साइट्रस तथा सेब जैसी फसलों में रोग प्रतिरोध, बेहतर स्वाद, अधिक शेल्फ लाइफ तथा गुणवत्तापूर्ण फल विकसित करने के लिए किया जा रहा है। सब्जी फसलों में टमाटर, बैंगन, आलू, मिर्च तथा खीरा में उच्च उपज, रोग प्रतिरोध, पोषण गुणवत्ता तथा सूखा एवं लवणीयता सहनशीलता बढ़ाने के उद्देश्य से जीन संपादन का सफल उपयोग किया जा रहा है। इसी प्रकार पुष्प फसलों में गुलाब, ऑर्किड, जरबेरा तथा कार्नेशन में पुष्पों के रंग, आकार, सुगंध, पुष्पन अवधि तथा फूलों की दीर्घायु में सुधार हेतु यह तकनीक उपयोगी सिद्ध हो रही है। जीनोम संपादन का एक प्रमुख लाभ यह है कि इससे नई किस्मों के विकास में लगने वाला समय कई वर्षों से घटकर कुछ वर्षों तक सीमित हो सकता है। इसके माध्यम से रासायनिक कीटनाशकों एवं उर्वरकों पर निर्भरता कम की जा सकती है, जिससे पर्यावरण संरक्षण एवं टिकाऊ कृषि को बढ़ावा मिलता है। साथ ही, जलवायु परिवर्तन, नए रोगों एवं कीटों की बढ़ती समस्या के समाधान में भी यह तकनीक महत्वपूर्ण भूमिका निभा रही है। हालाँकि, जीनोम संपादन के व्यापक उपयोग के लिए जैव-सुरक्षा, नियामक नीतियों, नैतिक पहलुओं तथा किसानों की जागरूकता जैसे विषयों पर विशेष ध्यान देना आवश्यक है। इन चुनौतियों के बावजूद, जीनोम संपादन भविष्य की उद्यानिकी का एक महत्वपूर्ण आधार बनकर उभर रहा है। यह तकनीक उच्च गुणवत्ता, अधिक उत्पादकता, पोषण सुरक्षा तथा जलवायु-अनुकूल उद्यानिकी फसलों के विकास में महत्वपूर्ण योगदान देकर किसानों की आय बढ़ाने और उद्यानिकी क्षेत्र को अधिक प्रतिस्पर्धी एवं टिकाऊ बनाने की दिशा में प्रभावी भूमिका निभा सकती है।

सारणी-5: उद्यानिकी फसलों में जीनोम संपादन के प्रमुख अनुप्रयोग

फसल	लक्षित गुण	प्रमुख लाभ
अंगूर	फफूंदजनित रोग एवं फल गुणवत्ता	रोग प्रतिरोध, उच्च गुणवत्ता एवं बेहतर निर्यात क्षमता
केला	फ्यूजेरियम विल्ट, उच्च उपज	रोग प्रतिरोध, स्थिर उत्पादन एवं बेहतर गुणवत्ता
आम	फल गुणवत्ता, स्वाद एवं शेल्फ लाइफ	बेहतर स्वाद, गुणवत्तापूर्ण फल एवं अधिक भंडारण क्षमता
साइट्रस	साइट्रस कैंकर एवं अन्य रोग	रोग प्रतिरोध एवं उत्पादन में स्थिरता
टमाटर	फल गुणवत्ता, शेल्फ लाइफ एवं पोषण	अधिक लाइकोपीन, बेहतर स्वाद एवं लंबी शेल्फ लाइफ
बैंगन	कीट एवं रोग प्रतिरोध	कम कीटनाशक उपयोग एवं अधिक उपज
आलू	रोग प्रतिरोध एवं गुणवत्ता	बेहतर गुणवत्ता एवं कम उत्पादन हानि
गुलाब, ऑर्किड, जरबेरा, कार्नेशन	रंग, सुगंध, पुष्पन अवधि एवं दीर्घायु	उच्च गुणवत्ता वाले कट-फ्लावर एवं अधिक बाजार मूल्य

जैव-प्रौद्योगिकी के प्रमुख लाभ

जैव-प्रौद्योगिकी ने उद्यानिकी फसलों के विकास एवं उन्नतिकरण में परिवर्तन लाकर कृषि उत्पादन, गुणवत्ता तथा स्थिरता को नई दिशा प्रदान की है। इसका सबसे महत्वपूर्ण लाभ उच्च उत्पादकता है। जैव-प्रौद्योगिकी के माध्यम से विकसित उन्नत किस्में अधिक उपज देने में सक्षम होती हैं, जिससे फल, सब्जी एवं पुष्प फसलों के उत्पादन में उल्लेखनीय वृद्धि होती है और किसानों की आय बढ़ती है। रोग एवं कीट प्रतिरोध जैव-प्रौद्योगिकी की एक अन्य महत्वपूर्ण उपलब्धि है। आनुवंशिक सुधार एवं जीनोम संपादन जैसी तकनीकों द्वारा विकसित किस्में विभिन्न रोगों एवं कीटों के प्रति अधिक प्रतिरोधी होती हैं, जिससे कीटनाशकों के उपयोग में कमी आती है, उत्पादन लागत घटती है तथा पर्यावरण संरक्षण को भी बढ़ावा मिलता है। जैव-प्रौद्योगिकी गुणवत्ता सुधार में भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है। इसके माध्यम से फलों एवं सब्जियों के स्वाद, रंग, आकार, पोषण मूल्य, शेल्फ लाइफ तथा प्रसंस्करण गुणवत्ता में सुधार किया जा सकता है। इससे उपभोक्ताओं को उच्च गुणवत्ता वाले उत्पाद प्राप्त होते हैं तथा निर्यात की संभावनाएँ भी बढ़ती हैं। उक्त संवर्धन एवं

सूक्ष्म प्रवर्धन तकनीकों द्वारा कम समय में बड़ी संख्या में रोगमुक्त एवं समान गुणों वाले पौधों का उत्पादन संभव है। इससे स्वस्थ पौध सामग्री की उपलब्धता बढ़ती है तथा फसल उत्पादन अधिक विश्वसनीय बनता है। जैव-प्रौद्योगिकी पारंपरिक विधियों की तुलना में कम समय में अधिक पौध उत्पादन करने में सक्षम है, जिससे व्यावसायिक उद्यानिकी को गति मिलती है। यह तकनीक जलवायु परिवर्तन से उत्पन्न चुनौतियों का सामना करने में भी सहायक है, क्योंकि इसके माध्यम से सूखा, लवणता तथा उच्च तापमान सहन करने वाली किस्मों का विकास किया जा रहा है। इस प्रकार, जैव-प्रौद्योगिकी उद्यानिकी क्षेत्र में उत्पादकता, गुणवत्ता, पर्यावरणीय स्थिरता तथा किसानों की आर्थिक समृद्धि सुनिश्चित करने का एक प्रभावी वैज्ञानिक साधन सिद्ध हो रही है।

जैव-प्रौद्योगिकी की चुनौतियाँ

जैव-प्रौद्योगिकी ने उद्यानिकी फसलों के विकास एवं उन्नतिकरण में उल्लेखनीय योगदान दिया है, फिर भी इसके व्यापक उपयोग के समक्ष अनेक चुनौतियाँ विद्यमान हैं। सबसे प्रमुख चुनौती इसकी उच्च लागत है। उतक संवर्धन, जीनोम संपादन, आणविक चिह्नक विश्लेषण तथा अन्य आधुनिक जैव-प्रौद्योगिकी तकनीकों के लिए महंगे उपकरण, गुणवत्तापूर्ण रसायन एवं अत्याधुनिक प्रयोगशालाओं की आवश्यकता होती है, जिससे इनका उपयोग सीमित हो जाता है। इसके अतिरिक्त, इन तकनीकों के प्रभावी संचालन हेतु प्रशिक्षित वैज्ञानिकों एवं तकनीकी विशेषज्ञों की आवश्यकता होती है। विकासशील देशों में पर्याप्त विशेषज्ञों एवं अनुसंधान अवसंरचना की कमी इनके विस्तार में बाधा बनती है। आनुवंशिक रूप से संशोधित (जी.एम.) फसलों के संबंध में जैव विविधता, खाद्य सुरक्षा, मानव स्वास्थ्य तथा पर्यावरण पर संभावित प्रभावों को लेकर सामाजिक एवं वैज्ञानिक स्तर पर विभिन्न चिंताएँ भी बनी हुई हैं। जैव-प्रौद्योगिकी आधारित उत्पादों के विकास एवं उपयोग के लिए जैव-सुरक्षा नियमों तथा नियामक प्रक्रियाओं का कठोर पालन आवश्यक होता है, जिससे अनुसंधान एवं व्यावसायिक स्वीकृति में अधिक समय लग सकता है। साथ ही, इन उन्नत तकनीकों का लाभ छोटे एवं सीमांत किसानों तक पहुँचाना भी एक बड़ी चुनौती है, क्योंकि आर्थिक संसाधनों, तकनीकी जानकारी तथा गुणवत्तापूर्ण पौध सामग्री की सीमित उपलब्धता उनके उपयोग को प्रभावित करती है। इसलिए जैव-प्रौद्योगिकी के सफल एवं समावेशी विस्तार के लिए लागत में कमी, अनुसंधान अवसंरचना का विकास, किसान प्रशिक्षण तथा प्रभावी नीतिगत समर्थन आवश्यक है।

भविष्य की संभावनाएँ

भविष्य में जैव-प्रौद्योगिकी उद्यानिकी फसलों के विकास एवं उन्नतिकरण का प्रमुख आधार बनेगी। बढ़ती जनसंख्या, जलवायु परिवर्तन, प्राकृतिक संसाधनों की कमी तथा गुणवत्तापूर्ण खाद्य पदार्थों की बढ़ती मांग को देखते हुए आधुनिक जैव-प्रौद्योगिकी तकनीकों का महत्व निरंतर बढ़ रहा है। विशेष रूप से जीन संपादन, जैव सूचना विज्ञान, आणविक प्रजनन तथा उन्नत उतक संवर्धन जैसी तकनीकों के माध्यम से नई, उच्च उत्पादक एवं जलवायु अनुकूल उद्यानिकी किस्मों का विकास अधिक तेज, सटीक और कम समय में संभव होगा। जीन संपादन तकनीक द्वारा पौधों के विशिष्ट जीनों में लक्षित परिवर्तन करके रोग एवं कीट प्रतिरोधी, सूखा, लवणता तथा उच्च तापमान सहनशील किस्मों का विकास किया जा सकेगा। वहीं, जैव सूचना विज्ञान और जीनोमिक्स के उपयोग से उपयोगी जीनों की शीघ्र पहचान एवं विश्लेषण संभव होगा, जिससे पौध सुधार कार्यक्रम अधिक प्रभावी बनेंगे। आणविक प्रजनन तकनीकें उन्नत गुणों वाले पौधों के चयन की प्रक्रिया को सरल और विश्वसनीय बनाएंगी, जबकि उन्नत उतक संवर्धन तकनीकों से बड़े पैमाने पर रोगमुक्त एवं गुणवत्तापूर्ण पौध सामग्री का उत्पादन सुनिश्चित किया जा सकेगा। इन तकनीकों के समन्वित उपयोग से उद्यानिकी फसलों की उत्पादकता, गुणवत्ता, पोषण मूल्य तथा भंडारण क्षमता में वृद्धि होगी। साथ ही रासायनिक उर्वरकों एवं कीटनाशकों पर निर्भरता कम होने से उत्पादन लागत घटेगी और पर्यावरण संरक्षण को भी बढ़ावा मिलेगा। भविष्य में कृत्रिम बुद्धिमत्ता, जीनोमिक्स तथा सटीक कृषि के साथ जैव-प्रौद्योगिकी का समन्वय उद्यानिकी क्षेत्र में नवाचार को नई दिशा देगा। परिणामस्वरूप किसानों की आय में वृद्धि, पोषण सुरक्षा, निर्यात संवर्धन तथा सतत एवं जलवायु-स्मार्ट कृषि प्रणाली के विकास में जैव प्रौद्योगिकी की भूमिका और अधिक महत्वपूर्ण हो जाएगी।

निष्कर्ष

उद्यानिकी फसलों के विकास एवं उन्नतिकरण में जैव-प्रौद्योगिकी की भूमिका वर्तमान समय में अत्यंत महत्वपूर्ण एवं परिवर्तनकारी सिद्ध हुई है। इसने फल, सब्जी एवं पुष्प फसलों की उत्पादकता, गुणवत्ता, पोषण मूल्य, रोग एवं कीट प्रतिरोधक क्षमता तथा जलवायु अनुकूलता में उल्लेखनीय सुधार किया है। उतक संवर्धन, सूक्ष्म प्रवर्धन, आनुवंशिक अभियांत्रिकी, आणविक चिह्नक तकनीक तथा जीनोम संपादन जैसी आधुनिक तकनीकों ने पौध सुधार कार्यक्रमों को अधिक सटीक, तीव्र एवं प्रभावी बनाया है। इनके माध्यम से रोगमुक्त पौध सामग्री का बड़े पैमाने पर उत्पादन, उच्च उपज देने वाली एवं गुणवत्तापूर्ण किस्मों का विकास तथा प्राकृतिक संसाधनों का अधिक कुशल उपयोग संभव हुआ है। बढ़ती जनसंख्या, जलवायु परिवर्तन, भूमि एवं जल संसाधनों की कमी तथा पोषण सुरक्षा जैसी वैश्विक चुनौतियों के समाधान में भी जैव प्रौद्योगिकी एक प्रभावी वैज्ञानिक साधन के रूप में उभर रही है। यद्यपि इसकी उच्च लागत, उन्नत अवसंरचना की आवश्यकता, जैव-सुरक्षा संबंधी मुद्दे तथा छोटे किसानों तक इसकी पहुँच जैसी चुनौतियाँ अभी भी विद्यमान हैं, फिर भी उपयुक्त नीतिगत समर्थन, अनुसंधान निवेश, तकनीकी नवाचार तथा किसान प्रशिक्षण के माध्यम से इनका समाधान किया जा सकता है। अतः यह कहा जा सकता है कि यदि जैव-प्रौद्योगिकी का सुरक्षित, वैज्ञानिक एवं जिम्मेदार उपयोग किया जाए, तो यह भारत के उद्यानिकी क्षेत्र को अधिक उत्पादक, टिकाऊ, प्रतिस्पर्धी एवं निर्यातमुख्य बनाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाएगी। इससे न केवल किसानों की आय में वृद्धि होगी, बल्कि पोषण सुरक्षा, ग्रामीण विकास तथा देश की कृषि अर्थव्यवस्था को भी दीर्घकालिक मजबूती प्राप्त होगी।