

कृषि कुंभ
हिंदी मासिक पत्रिका

खण्ड 06 भाग 02, (जुलाई, 2026)
पृष्ठ संख्या 05-08

जलवायु सहिष्णु भविष्य के निर्माण में जैव प्रौद्योगिकी, अवसर,
चुनौतियाँ और संभावनाएँ



स्नेह शर्मा, विवेक शर्मा एवं रीना कुमारी
कॉलेज ऑफ हॉर्टिकल्चर एंड फॉरेस्ट्री, डॉ वाई एस परमार
हॉर्टिकल्चर एंड फॉरेस्ट्री विश्वविद्यालय, नेरी,
हमीरपुर— हिमाचल प्रदेश, भारत।

Email Id: – snehasharma_ss@yahoo.co.in

जलवायु परिवर्तन से तात्पर्य स्थानीय, क्षेत्रीय तथा वैश्विक जलवायु को परिभाषित करने वाले औसत मौसमीय प्रतिरूपों में होने वाले दीर्घकालिक परिवर्तनों से है। ये परिवर्तन कई दशकों या उससे अधिक समय में घटित होते हैं तथा प्राकृतिक पारितंत्रों, मानव समाजों और पर्यावरणीय प्रक्रियाओं पर व्यापक प्रभाव डालते हैं। बीसवीं शताब्दी के मध्य से देखे गए जलवायु परिवर्तनों का प्रमुख कारण मानव गतिविधियाँ मानी जाती हैं, विशेष रूप से जीवाश्म ईंधनों एवं फॉसिल फ्यूल्स का दहन। इन गतिविधियों के परिणामस्वरूप वायुमंडल में ग्रीनहाउस गैसों की सांद्रता में उल्लेखनीय वृद्धि हुई है जिससे ग्रीनहाउस प्रभाव तीव्र हुआ है और पृथ्वी के औसत सतही तापमान में वृद्धि हुई है। यद्यपि प्राकृतिक कारक भी जलवायु परिवर्तनशीलता को प्रभावित करते हैं किंतु उनके प्रभाव मानवजनित गतिविधियों के प्रभावों की तुलना में काफी कम हो गए हैं।

विश्व मौसम विज्ञान संगठन द्वारा प्रकाशित आँकड़ों के अनुसार वर्ष 2025 वैश्विक स्तर पर अब तक के तीन सबसे गर्म वर्षों में शामिल रहा। इस अवधि में पृथ्वी का औसत सतही तापमान पूर्व-औद्योगिक संदर्भ अवधि (1850-1900) की तुलना में लगभग 1.44°C अधिक पाया गया। हाल के वर्षों में वायुमंडल में प्रमुख ग्रीनहाउस गैसों कार्बन डाइऑक्साइड, मीथेन और नाइट्रस ऑक्साइड की सांद्रता अभूतपूर्व स्तर तक पहुँच गई है। विशेष रूप से

कार्बन डाइऑक्साइड की सांद्रता पूर्व औद्योगिक स्तरों की तुलना में लगभग 52 प्रतिशत अधिक दर्ज की गई जो वैश्विक तापन और जलवायु परिवर्तन की तीव्रता को दर्शाती है। जलवायु परिवर्तन में प्राकृतिक योगदानकर्ताओं में आंतरिक जलवायु परिवर्तनशीलता शामिल है जैसे महासागर वायुमंडल की आवर्ती घटनाएँ— एल नीनो, ला नीना तथा पैसिफिक डेकाडल ऑसिलेशन। इसके अतिरिक्त बाह्य प्रेरक कारकों जैसे ज्वालामुखीय विस्फोट सौर विकिरण में उतार चढ़ाव तथा पृथ्वी की कक्षा और अक्षीय झुकाव में परिवर्तन भी जलवायु को प्रभावित करते हैं।

जलवायु परिवर्तन से प्रभावी ढंग से निपटने के लिए एक समन्वित दृष्टिकोण की आवश्यकता है जिसमें ग्रीनहाउस गैसों के उत्सर्जन को कम करने के प्रयासों के साथ समुदायों और पारिस्थितिकी तंत्रों की बदलती पर्यावरणीय परिस्थितियों के प्रति अनुकूलन क्षमता को बढ़ाने वाले उपाय भी शामिल हों। इसके लिए नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों के उपयोग को बढ़ावा देना, ऊर्जा संरक्षण एवं दक्षता में सुधार करना, टिकाऊ कृषि प्रणालियों को अपनाना तथा वनों और आर्द्रभूमियों जैसे प्राकृतिक कार्बन अवशोषक पारिस्थितिकी तंत्रों का संरक्षण करना महत्वपूर्ण रणनीतियाँ हैं। इसके अतिरिक्त कार्बन कैप्चर प्रौद्योगिकियों तथा जैव प्रौद्योगिकी में होने वाली प्रगतियों जैसे तकनीकी नवाचार उत्सर्जन को कम करने और सतत

उत्पादन प्रणालियों को बढ़ावा देकर जलवायु परिवर्तन शमन में महत्वपूर्ण योगदान दे सकते हैं। साथ ही परिपत्र अर्थव्यवस्था के सिद्धांतों को अपनाना, अपशिष्ट उत्पादन को कम करना, संसाधनों के जिम्मेदार उपयोग को प्रोत्साहित करना, पर्यावरणीय नीतियों को सुदृढ़ बनाना, वैश्विक सहयोग को बढ़ावा देना तथा जन-जागरूकता में वृद्धि करना एक टिकाऊ और जलवायु सहिष्णु भविष्य के निर्माण के लिए अत्यंत आवश्यक कदम है।

जलवायु परिवर्तन से निपटने में जैव प्रौद्योगिकी एक प्रभावशाली साधन के रूप में उभर रही है जो ग्रीनहाउस गैसों के उत्सर्जन को कम करने और वैश्विक तापमान के प्रभावों को घटाने के लिए नए समाधान प्रदान करती है। वैज्ञानिक ऐसे अभियांत्रिकीकृत सूक्ष्मजीव विकसित कर रहे हैं जो वायुमंडल से कार्बन डाइऑक्साइड को अवशोषित करने में सक्षम हैं। साथ ही उन्नत जैव प्रौद्योगिकीय तकनीकों की सहायता से स्वच्छ ईंधनों का विकास, कृषि दक्षता में वृद्धि तथा अधिक टिकाऊ औद्योगिक प्रक्रियाओं को बढ़ावा दिया जा रहा है। नवाचार और पर्यावरण विज्ञान के समन्वय के माध्यम से जैव प्रौद्योगिकी एक ऐसे भविष्य के निर्माण में योगदान दे रही है जो अधिक सतत पर्यावरण-अनुकूल तथा जलवायु संबंधी चुनौतियों के प्रति अधिक लचीला हो।

जलवायु सहनशीलता के लिए जैव प्रौद्योगिकीय दृष्टिकोण

क्रिस्पर जीन संपादन प्रौद्योगिकी :

क्रिस्पर जीन संपादन प्रौद्योगिकी परिशुद्ध फसल सुधार के लिए एक लाभकारी तकनीक के रूप में उभरी है जो पौधों के जीनोम में बाहरी डीएनए को सम्मिलित किए बिना लक्षित एवं सटीक आनुवंशिक परिवर्तन करने में सक्षम बनाती है। यह उन्नत तकनीक वैज्ञानिकों को अजैविक एवं जैविक तनाव सहनशीलता, पोषण गुणवत्ता, उपज क्षमता तथा समग्र कृषि-प्रदर्शन जैसे महत्वपूर्ण गुणों से संबंधित जीनों में संशोधन करने की सुविधा

प्रदान करती है। इसकी उच्च विशिष्टता, दक्षता और बहुउपयोगिता CRISPR-Cas9 को उन्नत फसल किस्मों के विकास के लिए एक महत्वपूर्ण उपकरण बनाती है, जो भविष्य की कृषि एवं पर्यावरणीय चुनौतियों का प्रभावी ढंग से सामना करने में सक्षम हैं।

मार्कर सहायित प्रजनन कार्यक्रम :

आणविक मार्कर प्रौद्योगिकियों ने पारंपरिक प्रजनन कार्यक्रमों को महत्वपूर्ण रूप से सुदृढ़ किया है क्योंकि इनके माध्यम से पौधों की परिपक्वता से पहले ही वांछनीय लक्षणों की पहचान संभव हो जाती है। जलवायु सहिष्णुता से संबंधित गुणों से जुड़े डीएनए मार्कर प्रजनकों को अंकुर अवस्था में ही श्रेष्ठ जीनोटाइपों का चयन करने में सक्षम बनाते हैं जिससे प्रजनन चक्र की अवधि कम होती है तथा चयन की दक्षता में वृद्धि होती है। यह दृष्टिकोण आणविक उपकरणों की सटीकता को पारंपरिक प्रजनन विधियों की सुरक्षा एवं व्यापक स्वीकृति के साथ संयोजित करता है।

ट्रांसजेनिक फसलों का विकास :

ट्रांसजेनिक प्रौद्योगिकियाँ, असंबंधित पादप प्रजातियों, सूक्ष्मजीवों तथा कृत्रिम रूप से निर्मित आनुवंशिक संरचनाओं सहित विभिन्न स्रोतों से वांछनीय गुणों को फसलों में सम्मिलित करने में सक्षम बनाती हैं। इन तकनीकों के माध्यम से कीट प्रतिरोधी शाकनाशी सहिष्णु तथा उच्च पोषण गुणवत्ता वाली फसलों का विकास संभव हुआ है। इसके प्रमुख उदाहरणों में कीट प्रतिरोधी बी टी फसलें संरक्षण कृषि पद्धतियों को प्रोत्साहित करने वाली शाकनाशी सहिष्णु किस्में तथा सूक्ष्म पोषक तत्वों की कमी को दूर करने के लिए विकसित जैव संपोषित (बायोफोर्टिफाइड) फसलें शामिल हैं। ये उन्नत फसल किस्में एक ही जीनोटाइप में सूखा सहिष्णुता, कीट प्रतिरोध तथा उन्नत पोषण गुणवत्ता जैसे अनेक लाभकारी गुणों को समाहित करती हैं। परिणामस्वरूप ये जलवायु परिवर्तन से उत्पन्न विविध कृषि चुनौतियों का

सामना करने के लिए एक समग्र एवं प्रभावी समाधान प्रदान करती हैं।

जलवायु सहनशीलता हेतु कृषि जैव प्रौद्योगिकी : जलवायु परिवर्तन वर्तमान समय में वैश्विक कृषि के लिए सबसे महत्वपूर्ण चुनौतियों में से एक के रूप में उभरा है। इसके दुष्प्रभाव विशेष रूप से विकासशील देशों में अधिक स्पष्ट हैं जहाँ कृषि उत्पादन क्षमता तथा खाद्य सुरक्षा पर्यावरणीय परिवर्तनों और जलवायु अस्थिरताओं के प्रति अत्यधिक संवेदनशील बनी हुई हैं। बढ़ते तापमान अनियमित वर्षा, लंबे समय तक पड़ने वाले सूखे तथा मृदा लवणता में वृद्धि कृषि फसलों की उत्पादकता और कृषि की स्थिरता पर प्रतिकूल प्रभाव डाल रहे हैं। कृषि जैव प्रौद्योगिकी, बदलती जलवायु एवं पर्यावरणीय परिस्थितियों के प्रति फसलों की अनुकूलन क्षमता बढ़ाने तथा उनकी उत्पादकता और सहनशीलता में सुधार लाने हेतु नवीन एवं सतत समाधान प्रदान करती है।

सूखा, ऊष्मा, ताप एवं लवणता सहनशील फसलों का विकास :

उन्नत आनुवंशिक उपकरणों जिनमें ट्रांसजेनिक प्रौद्योगिकी तथा जीनोम संपादन जैसे ब्रैड-बैक शामिल हैं, का सफलतापूर्वक उपयोग सूखा, उच्च तापमान तथा लवणता जैसे अजैविक तनावों के प्रति अधिक सहनशील फसलों के विकास हेतु किया गया है। उदाहरणस्वरूप तनाव प्रतिक्रियाशील जीनों के समावेशन अथवा सक्रियण के माध्यम से धान, गेहूँ तथा मक्का की सूखा-सहनशील किस्में विकसित की गई हैं। ये आनुवंशिक रूप से उन्नत फसलें कम जल उपलब्धता की परिस्थितियों में भी अपनी उत्पादकता बनाए रखती हैं जिससे जलवायुजनित तनाव की स्थिति में स्थिर उपज सुनिश्चित होती है।

गहरी जड़ प्रणाली वाली आनुवंशिक रूप से संशोधित फसलों के माध्यम से कार्बन पृथक्करण : मक्का तथा ज्वार जैसी फसलों में अधिक गहरी एवं विकसित जड़ प्रणाली वाली किस्मों के विकास के लिए आनुवंशिक

अभियांत्रिकी का व्यापक रूप से उपयोग किया जा रहा है। ऐसी गहरी जड़युक्त फसलें वायुमंडलीय कार्बन डाइऑक्साइड को अवशोषित कर उसे लंबे समय तक मृदा में संग्रहीत करती हैं, जिससे कार्बन पृथक्करण को बढ़ावा मिलता है तथा ग्रीनहाउस गैसों के संचय को कम करने में सहायता मिलती है। इसके अतिरिक्त जड़ जैवभार में वृद्धि मृदा की संरचना में सुधार करती है, जल धारण क्षमता को बढ़ाती है तथा पोषक तत्वों के अधिक कुशल अवशोषण को प्रोत्साहित करती है। परिणामस्वरूप, बदलती जलवायु परिस्थितियों में भी कृषि उत्पादन की स्थिरता और सततता सुनिश्चित करने में सहायता मिलती है।

रासायनिक आदानों में कमी हेतु जैव उर्वरकों एवं जैव कीटनाशकों का उपयोग

कृषि जैव प्रौद्योगिकी जैव उर्वरकों एवं जैव कीटनाशकों के विकास में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है। ये पर्यावरण-अनुकूल कृषि आदान लाभकारी सूक्ष्मजीवों, जैसे राइजोबियम, एजोस्फिरिलम तथा ट्राइकोडर्मा, से प्राप्त किए जाते हैं। ये जैविक विकल्प रासायनिक उर्वरकों एवं कीटनाशकों पर निर्भरता को कम करने में सहायता करते हैं, जिससे कृषि क्षेत्र से होने वाले ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन में कमी आती है। इसके अतिरिक्त, ये मृदा उर्वरता को बढ़ाते हैं, मृदा की सूक्ष्मजीवीय सक्रियता में सुधार करते हैं तथा कृषि पारिस्थितिकी तंत्र की दीर्घकालिक स्थिरता एवं सततता को सुदृढ़ बनाते हैं।

जलवायु परिवर्तन शमन में जैव प्रौद्योगिकी के अनुप्रयोग की चुनौतियाँ

यद्यपि जैव प्रौद्योगिकी में जलवायु परिवर्तन के प्रभावों को कम करने की अपार संभावनाएँ हैं, फिर भी इसके व्यापक स्तर पर कार्यान्वयन में अनेक चुनौतियाँ मौजूद हैं। तकनीकी चुनौतियों में विभिन्न पर्यावरणीय परिस्थितियों में सूक्ष्मजीवी प्रणालियों की सीमित कार्यक्षमता, एंजाइमों की कम स्थिरता तथा प्रयोगशाला स्तर पर प्राप्त सफलताओं को बड़े पैमाने पर व्यावहारिक अनुप्रयोगों में परिवर्तित करने की कठिनाइयाँ

शामिल हैं। इसके अतिरिक्त, आर्थिक बाधाएँ जैसे अनुसंधान एवं विकास पर होने वाला अत्यधिक व्यय, पर्याप्त वित्तीय सहायता का अभाव तथा सीमित तकनीकी अवसंरचना, विशेषकर विकासशील देशों में—जैव प्रौद्योगिकीय नवाचारों को अपनाने और उनके व्यावसायीकरण में महत्वपूर्ण अवरोध उत्पन्न करती हैं। इसलिए, जलवायु परिवर्तन से प्रभावी रूप से निपटने में जैव प्रौद्योगिकी की पूर्ण क्षमता का लाभ उठाने के लिए इन चुनौतियों का समाधान करना अत्यंत आवश्यक है। तकनीकी और आर्थिक बाधाओं के अतिरिक्त कई नीतिगत एवं सामाजिक कारक भी जलवायु परिवर्तन शमन के लिए जैव प्रौद्योगिकी के प्रभावी उपयोग को सीमित करते हैं। अपर्याप्त नियामक ढाँचे, जन जागरूकता का निम्न स्तर तथा आनुवंशिक रूप से संशोधित जीवों की सुरक्षा नैतिकता और सांस्कृतिक स्वीकार्यता से संबंधित चिंताएँ जैव प्रौद्योगिकी आधारित समाधानों को अपनाने में बाधा उत्पन्न कर सकती हैं।

इसके अलावा, आणविक जीवविज्ञान, पर्यावरण विज्ञान, अभियांत्रिकी तथा सार्वजनिक नीति जैसे विभिन्न क्षेत्रों के विशेषज्ञों के बीच पर्याप्त सहयोग का अभाव अक्सर व्यावहारिक और बड़े पैमाने पर लागू किए जा सकने वाले जलवायु समाधानों के विकास और कार्यान्वयन में देरी का कारण बनता है। इसलिए, जलवायु परिवर्तन से निपटने में जैव प्रौद्योगिकी के लाभों को अधिकतम करने के लिए अंतःविषय साझेदारियों को सुदृढ़ करना तथा जनसहभागिता और जागरूकता को बढ़ावा देना अत्यंत आवश्यक है।

जलवायु कार्रवाई में जैव प्रौद्योगिकी की भविष्य की संभावनाएँ

जलवायु परिवर्तन से निपटने में जैव प्रौद्योगिकी का भविष्य अत्यंत आशाजनक है, जिसका प्रमुख कारण सिंथेटिक, जीवविज्ञान, सिस्टम्स बायोलॉजी और परिशुद्ध कृषि जैसे उभरते वैज्ञानिक क्षेत्रों में हो रही प्रगति है। इन नवोन्मेषी क्षेत्रों में जलवायु सहिष्णु फसल किस्मों के विकास, प्रभावी कार्बन अवशोषण एवं संचयन

के लिए विशेषीकृत सूक्ष्मजीवों के अभियांत्रिकीकरण तथा पारंपरिक उत्पादों के विकल्प के रूप में टिकाऊ और जैव अवक्रमणीय सामग्रियों के निर्माण की अपार संभावनाएँ हैं। इसके अतिरिक्त, जैव प्रौद्योगिकी का कृत्रिम बुद्धिमत्ता, इंटरनेट ऑफ थिंग्स तथा बिग डेटा विश्लेषण जैसी उन्नत डिजिटल प्रौद्योगिकियों के साथ एकीकरण अनुसंधान की दक्षता बढ़ाने, संसाधनों के उपयोग को अनुकूलित करने तथा जलवायु-स्मार्ट समाधानों के विकास को गति प्रदान करने में सहायक हो सकता है। सामूहिक रूप से ये प्रगतियाँ वैश्विक सतत विकास को बढ़ावा देने और जलवायु परिवर्तन के प्रभावों को कम करने के प्रयासों में महत्वपूर्ण भूमिका निभाने की क्षमता रखती हैं।

निष्कर्ष

जैव प्रौद्योगिकी जलवायु परिवर्तन से निपटने के वैश्विक प्रयासों में एक शक्तिशाली और बहुआयामी साधन के रूप में उभरकर सामने आई है। आनुवंशिक अभियांत्रिकी, सिंथेटिक जीवविज्ञान, जैवऊर्जा उत्पादन, जलवायु-सहिष्णु कृषि, कार्बन संचयन तथा पर्यावरणीय सुधार जैसे क्षेत्रों में हुए नवाचारों के माध्यम से जैव प्रौद्योगिकी ग्रीनहाउस गैसों के उत्सर्जन को कम करने और पारिस्थितिकी तंत्रों की अनुकूलन क्षमता को बढ़ाने के लिए टिकाऊ समाधान प्रदान करती है। यद्यपि तकनीकी व्यवहार्यता, आर्थिक व्यावहारिकता, नियामक ढाँचों तथा जनस्वीकृति से संबंधित कुछ चुनौतियाँ अभी भी विद्यमान हैं, फिर भी निरंतर अनुसंधान, अंतःविषय सहयोग और तकनीकी प्रगति के माध्यम से इन बाधाओं को दूर किए जाने की संभावना है। इसके अतिरिक्त, कृत्रिम बुद्धिमत्ता तथा बिग डेटा विश्लेषण जैसी उभरती डिजिटल प्रौद्योगिकियों के साथ जैव प्रौद्योगिकी का एकीकरण जलवायु संबंधी चुनौतियों के समाधान में इसकी क्षमता को और अधिक विस्तारित करता है। अतः वैश्विक जलवायु लक्ष्यों की प्राप्ति तथा अधिक टिकाऊ और जलवायु-सहिष्णु भविष्य के निर्माण में जैव प्रौद्योगिकी की भूमिका अत्यंत महत्वपूर्ण होगी।