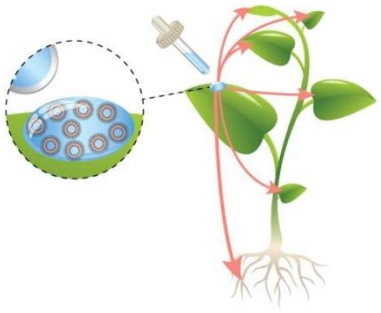
Krishi Kumbh
Online E-Magazine
Www.KrishiKumbh.Com

कृषि कुंभ

E-ISSN: 2582-9769

कृषि कुंभ
हिंदी मासिक पत्रिका

खण्ड 05 भाग 05, (अक्टूबर, 2025)
पृष्ठ संख्या 55–57



आधुनिक पौध जैव प्रौद्योगिकी में नैनोकण: लाभकारी प्रभाव एवं संभावित चुनौतियाँ

विवेक शर्मा और स्नेह शर्मा

कॉलेज ऑफ हॉर्टिकल्चर एंड फॉरेस्ट्री,
डॉ वाई एस परमार हॉर्टिकल्चर एंड फॉरेस्ट्री विश्वविद्यालय,
नेरी, हमीरपुर– हिमाचल प्रदेश– 177001, भारत।

Email Id: snehasharma.ss@yahoo.co.in

पौधों की इन–विट्रो संवर्धन एक महत्वपूर्ण जैव प्रौद्योगिकी तकनीक है जिसमें पौधों के ऊतक कोशिकाएँ या अंगों को एक निष्क्रमण–मुक्त और नियंत्रित वातावरण में उगाया जाता है। यह प्रक्रिया एक कृत्रिम पोषक माध्यम पर की जाती है, जो आवश्यक खनिज तत्वों और वृद्धि कारकों को प्रदान करता है जिससे पौधों की उत्तम वृद्धि और आकृतिजनन संभव होता है। इन–विट्रो संवर्धन के माध्यम से पौधों की जीवविज्ञान के मूलभूत पहलुओं–जैसे कोशिकीय विभेदन सर्वशक्तिमत्ता और आकृतिजनन–का अध्ययन किया जा सकता है। साथ ही यह तकनीक कृषि, चिकित्सा और पर्यावरणीय सततता में नवाचारों को भी सक्षम बनाती है। पौध ऊतक संवर्धन विशेष रूप से द्वितीयक उपापचयों के उत्पादन में एक महत्वपूर्ण तकनीक के रूप में उभरी है। ये उपापचय औषधीय, पोषणात्मक और औद्योगिक दृष्टि से अत्यधिक मूल्यवान होते हैं। इन–विट्रो प्रणालियाँ इन जैवसक्रिय यौगिकों के सतत, नियंत्रित और पर्यावरण–मित्रवत उत्पादन को संभव बनाती हैं, जिससे परंपरागत खेतों में होने वाली सीमाओं और मौसम पर निर्भरता से मुक्ति मिलती है।

पौध ऊतक संवर्धन के संदर्भ में नैनोप्रौद्योगिकी ने अनेक अनुप्रयोगों में महत्वपूर्ण संभावनाएँ प्रदर्शित की हैं। इनमें बीज अंकुरण की वृद्धि, फसल उत्पादन में सुधार, जैव सक्रिय यौगिकों के उत्पादन को प्रोत्साहित करना तथा पौधों को जैविक और अजैविक तनावों से सुरक्षा प्रदान करना शामिल है। इन क्षेत्रों में नैनोप्रौद्योगिकी के एकीकरण ने नई तकनीकों और अभिनव दृ ष्टिकोणों को जन्म दिया है, जिससे परिणामों में सुधार हुआ है और वैज्ञानिक अनुसंधान तथा व्यावहारिक अनुप्रयोगों दोनों में प्रगति हुई है। एंटीबायोटिक दवाएँ जैसे स्ट्रेप्टोमाइसिन और क्लोरैम्फेनिकॉल प्रोटीन संश्लेषण में बाधा डालती हैं, रिफैम्पिसिन न्यूक्लिक अम्ल संश्लेषण को बाधित करती है, और पेनिसिलिन कोशिका भित्ति जैवसंश्लेषण को अवरुद्ध करती है। किंतु, इन एंटीबायोटिक्स की उच्च सांद्रता पौध ऊतक संवर्धन पर प्रतिकूल प्रभाव डाल सकती है जिससे आनुवंशिक स्थिरता कम हो जाती है और पुनर्जनन क्षमता प्रभावित होती है। पारंपरिक कीटाणुनाशक जैसे व्यावसायिक ब्लीच और एथेनॉल पौध ऊतक संवर्धन में बीज निष्कीटीकरण हेतु व्यापक रूप से प्रयुक्त होते

हैं। तथापि, इन एजेंट्स की कुछ सीमाएँ होती हैं जिन्हें नैनोकणों के प्रयोग से दूर किया जा सकता है क्योंकि इनमें उन्नत रोगाणुरोधी क्षमता और कम फाइटोटॉक्सिसिटी होती है। नैनोप्रौद्योगिकी पौध रोग प्रबंधन के लिए एक आशाजनक विकल्प प्रस्तुत करती है जो पारंपरिक कीटाणुनाशकों की तुलना में अधिक दक्षता और विशिष्टता प्रदान करती है। नैनोकण पौध कोशिकाओं में प्रवेश करने और रोगजनक जीवों की कोशिका भित्ति को प्रभावी ढंग से बाधित करने की क्षमता रखते हैं। इसके परिणामस्वरूप उनका प्रसार रुक जाता है और संक्रमण का फैलाव कम हो जाता है। अपनी अत्यधिक उच्च सतह क्षेत्र–से–आयतन अनुपात के कारण नैनोकण रोगजनकों के साथ बेहतर अंतःक्रिया स्थापित करते हैं और पारंपरिक कीटाणुनाशकों की तुलना में श्रेष्ठ प्रभावकारिता प्रदर्शित करते हैं। यह बढ़ी हुई कार्यक्षमता पौध ऊतक संवर्धन और सूक्ष्मप्रसार तकनीकों की दक्षता और विश्वसनीयता को उल्लेखनीय रूप से सुधारती है। इसके अतिरिक्त नैनो सामग्री सामान्यतः कम फाइटोटॉक्सिसिटी प्रदर्शित करती हैं और अध्ययनों से पता चला है कि नैनो– काइटोसान जैसी यौगिक पौधों की वृद्धि और विकास पर न्यूनतम प्रभाव डालती हैं। यह कम विषाक्तता सूक्ष्मप्रसार के दौरान पौध ऊतकों की अखंडता और जीवन शक्ति बनाए रखने के लिए अत्यंत आवश्यक है। अपनी विशिष्ट भौतिक–रासायनिक विशेषताओं के कारण नैनो सामग्री अंतर्निहित एंटिफंगल और एंटीबैक्टीरियल गतिविधियों के साथ एक प्रभावी विकल्प भी प्रदान करती हैं।

पौध ऊतक संवर्धन में नैनोकणों के उपयोग के लाभ

1. **उन्नत रोगाणुरोधी क्षमता:** नैनोकण (जैसे सिल्वर, जिंक ऑक्साइड,नैनो–काइटोसान पारंपरिक कीटाणुनाशकों की तुलना में बेहतर एंटीफंगल और एंटीबैक्टीरियल गुण प्रदर्शित करते हैं जिससे संवर्धन की शुरुआत के दौरान सूक्ष्मजीव संक्रमण कम होता है।

2. **कम फाइटोटॉक्सिसिटी:** कीटाणुनाशकों के विपरीत नैनोकण अक्सर कम विषाक्तता प्रदर्शित करते हैं जिससे ऊतक की जीवन शक्ति और आनुवंशिक स्थिरता सूक्ष्मप्रसार के दौरान बेहतर बनी रहती है।

3. **बीज अंकुरण और वृद्धि में सुधार:** कुछ नैनोकण भौतिक और जैवरासायनिक प्रक्रियाओं को प्रभावित करके बीज अंकुरण जड़ प्रेरण और अंकुर वृद्धि को प्रोत्साहित करते हैं।

4. **द्वितीयक उपापचयों के उत्पादन में वृद्धि :** नैनोकण एलिसिटर के रूप में कार्य करते हैं जिससे क्षाराभ ,फ्लेवोनॉयड्स और टरपेनॉयड्स जैसे मूल्यवान द्वितीयक उपापचयों का उत्पादन बढ़ता है।

5. **अधिक दक्षता –उच्च सतह क्षेत्र के कारण :** नैनोस्तर आकार और उच्च सतह क्षेत्र–से–आयतन अनुपात के कारण नैनोकणों की रोगजनकों और पौध कोशिकाओं से बेहतर अंतःक्रिया होती है जिससे ऊतक संवर्धन प्रक्रियाओं की दक्षता में सुधार होता है।

6. **तनाव सहनशीलता और पौध संरक्षण :** नैनोकण पौधों को अजैविक तनाव (जैसे सूखा, लवणीयता और जैविक तनाव (रोगजनक

आक्रमण से निपटने में मदद करते हैं जिससे पौधों की जीवित रहने और पुनर्जनन दर में वृद्धि होती है।

7. आनुवंशिक अभियांत्रिकी और रूपांतरण में सहायता : कुछ नैनोकण जीन डिलीवरी को सुगम बनाते हैं और जैव–अणुओं के वाहक के रूप में कार्य करते हैं जिससे ट्रांसजेनिक पौधों के विकास में मदद मिलती है।

पौध ऊतक संवर्धन में नैनोकणों के उपयोग के नुकसान

1. उच्च सांद्रता पर संभावित फाइटोटॉक्सिसिटी : अत्यधिक नैनोकण संपर्क ऑक्सीडेटिव तनाव, डीएनए क्षति, अंगजनन में रुकावट और पुनर्जनन दक्षता में कमी का कारण बन सकता है।

2. आनुवंशिक अस्थिरता : लंबे समय तक या उच्च मात्रा में नैनोकण उपचार सोमाक्लोनल विविधता उत्पन्न कर सकते हैं और पुनर्जीवित पौधों की आनुवंशिक निष्ठा को प्रभावित कर सकते हैं।

3. दीर्घकालिक प्रभाव अस्पष्ट : पौध ऊतकों में नैनोकणों के दीर्घकालिक संचय, स्थायित्व और पौधे में अंततः किस रूप में परिवर्तित होते हैं या कहाँ पहुँचते हैं के बारे में सीमित जानकारी उपलब्ध है।

4. कोशिकीय प्रक्रियाओं में हस्तक्षेप : कुछ नैनोकण सामान्य भौतिक मार्गों, एंजाइम गतिविधि या पोषक तत्वों के अवशोषण में बाधा डाल सकते हैं।

5. मानकीकरण की चुनौतियाँ : नैनोकणों के प्रकार, आकार, सांद्रता और संपर्क समय को लेकर सर्वमान्य प्रोटोकॉल की कमी प्रयोगों की पुनरुत्पादकता को जटिल बनाती है।

6. संभावित पर्यावरणीय जोखिम : संवर्धन माध्यम से निकलने वाले अवशिष्ट नैनोकण मिट्टी और जल प्रदूषण के माध्यम से पर्यावरण के लिए खतरा पैदा कर सकते हैं।

7. कुछ नैनोकणों की उच्च लागत : बड़े पैमाने पर व्यावसायिक सूक्ष्मप्रसार में प्रयोग सीमित हो सकता है क्योंकि कुछ नैनोकणों का संश्लेषण और शुद्धिकरण महंगा होता है।

निष्कर्ष

नैनोप्रौद्योगिकी पौधों की इन–विट्रो संवर्धन में एक शक्तिशाली तकनीक के रूप में उभरी है, जो अद्वितीय भौतिक और रासायनिक गुण प्रदान करती है और पौधों की वृद्धि, विकास और तनाव सहनशीलता को बढ़ा सकती है। पोषक तत्वों की उपलब्धता को नियंत्रित करने, कोशिकीय चयापचय को सक्रिय करने और हार्मोनल संकेतों को प्रभावित करने की उनकी क्षमता ने पुनर्जनन, अंगोत्पत्ति और सोमैटिक भ्रूणनिर्माण में सुधार दिखाया है। इसके अलावा नैनोपार्टिकल्स जैव–सक्रिय अणुओं के वाहक के रूप में कार्य कर सकते हैं जो पौधों के ऊतकों में लक्षित वितरण और नियंत्रित रिलीज सुनिश्चित करते हैं। हालांकि प्रकार, सांद्रता और समय अवधि का सावधानीपूर्वक अनुकूलन आवश्यक है ताकि पौधों के लिए विषाक्तता से बचा जा सके। समग्र रूप से पौधों की इन–विट्रो संवर्धन में नैनोपार्टिकल्स को एकीकृत करना प्रजनन क्षमता आनुवंशिक रूपांतरण और फसल सुधार रणनीतियों में सुधार के लिए आशाजनक अवसर प्रस्तुत करता है जिससे यह आधुनिक पौध प्रौद्योगिकी में एक महत्वपूर्ण क्षेत्र बन गया है।