



एग्री आर्टिकल्स

(कृषि लेखों के लिए ई-पत्रिका)

वर्ष: 05, अंक: 01 (जनवरी-फरवरी, 2025)

www.agriarticles.com पर ऑनलाइन उपलब्ध

© एग्री आर्टिकल्स, आई. एस. एस. एन.: 2582-9882

नैनो-कृषि तकनीक: कृषि में अग्रणी विकास और चुनौतियां

(*अवंतिका अयंगर¹, ललित ठाकुर², कंशीका वैभव¹, अंशुमान सिंह¹, आशुतोष शर्मा¹ एवं साक्षी गुप्ता¹)

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

²डॉ. यशवंत सिंह परमार उद्यानिकी एवं वानिकी विश्वविद्यालय, सोलन, हिमाचल प्रदेश, भारत

*संवादी लेखक का ईमेल पता: iyengaravantika7@gmail.com

नैनो-प्रौद्योगिकी ने चिकित्सा, फार्मास्यूटिकल्स, ऊर्जा और सामग्री विज्ञान जैसे क्षेत्रों में अपने प्रभावी अनुप्रयोगों के कारण महत्वपूर्ण ध्यान आकर्षित किया है। नैनो-कण, जो अपने छोटे आकार (1दृ100 नैनोमीटर) और बड़े सतही क्षेत्र के कारण विभिन्न कार्यों के लिए सक्षम होते हैं, कृषि में भी महत्वपूर्ण भूमिका निभा रहे हैं। सतत कृषि के संदर्भ में, नैनो-केमिकल्स का विकास पौधों की वृद्धि, उर्वरकों और कीटनाशकों को सुधारने के लिए एक प्रभावी तरीका बनकर उभरा है। नैनो-सामग्री का उपयोग कीटों, जैसे कीड़े, फफूंद और खरपतवार के नियंत्रण के वैकल्पिक उपायों के रूप में किया जा रहा है। इसके अतिरिक्त, चांदी के नैनो-कण (सिल्वर नैनो-पार्टिकल्स) सहित कई नैनो-सामग्री खाद्य पैकेजिंग में रोगाणुरोधी एजेंट के रूप में उपयोग हो रही हैं। हालांकि, कुछ नैनोकण जैसे- चाँदी, लोहा, जस्ता, सिलिकॉन, एल्युमीनियम, जिंक, जिंक ऑक्साइड, टिटैनियम ऑक्साइड, सेरियम ऑक्साइड, एल्युमीनियम ऑक्साइड और कार्बन नैनो-ट्यूब्स के पौधों पर नकारात्मक प्रभाव डालने की रिपोर्टें भी सामने आई हैं। खाद्य उद्योग में, नैनो-कण उच्च गुणवत्ता और पोषण मूल्य वाले खाद्य पदार्थों के उत्पादन में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

1. परिचय

पिछले दशक में कृषि में नैनो-प्रौद्योगिकी ने उल्लेखनीय प्रगति की है, और इस क्षेत्र में सार्वजनिक वित्त पोषण ने इसका प्रमुख समर्थन किया है। कृषि में नैनो-प्रौद्योगिकी के प्रयोग से खेत उत्पादन की खुली प्रणाली में कई नई संभावनाएं उत्पन्न हुई हैं। इसकी मुख्य विशेषता यह है कि यह ऊर्जा और पदार्थ के मुक्त आदान-प्रदान की अनुमति देती है, जिससे कृषि में अधिक उन्नति संभव हो पाती है। औद्योगिक नैनो उत्पादों की तुलना में कृषि नैनो सामग्री की मांग अधिक देखी गई है, हालांकि इन इनपुट्स पर नियंत्रण कम सख्त है, जिससे एक व्यापक अनुप्रयोग के अवसर मिलते हैं। नैनो-प्रौद्योगिकी का सबसे बड़ा योगदान फसल उत्पादकता को बढ़ाने और कीटनाशकों के उपयोग को कम करने के लिए अभिनव एग्रोकेमिकल एजेंटों के विकास में हुआ है। इसके अलावा, उन्नत वितरण तंत्रों के माध्यम से यह सुनिश्चित किया जाता है कि इन रसायनों का प्रभावी रूप से प्रयोग किया जाए, जिससे वातावरण और पारिस्थितिकी तंत्र पर न्यूनतम प्रभाव पड़े। सटीक खेती तकनीकों के द्वारा यह कृषि उत्पादकता के साथ-साथ मृदा और जल गुणवत्ता को संरक्षित करने, नाइट्रोजन हानि को कम करने और मिट्टी के सूक्ष्मजीवों की रक्षा करने में भी मदद कर सकती हैं।

इसके अनुप्रयोगों में एक महत्वपूर्ण क्षेत्र कीट-प्रतिरोधी पौधों के विकास के लिए नैनो-कणों का मध्यस्थ जीन स्थानांतरण है, जो पारंपरिक जैविक विधियों से अधिक प्रभावी साबित हो सकते हैं। इसके साथ ही, खाद्य प्रसंस्करण और भंडारण में सुधार करने के लिए भी नैनो-प्रौद्योगिकी का उपयोग किया जा रहा है, जो खाद्य सुरक्षा और शैल्य जीवन को बढ़ाता है। नैनो-प्रौद्योगिकी बायोमास से ईंधन उत्पादन में भी एक नई दिशा को खोलने का वादा करती है, जिससे ऊर्जा के स्रोतों का विविधीकरण संभव हो सकेगा। हालांकि, विशेषज्ञ कृषि, खाद्य, मत्स्य पालन और जलीय कृषि में नैनो-प्रौद्योगिकी के लाभों के साथ-साथ मृदा, जल, पर्यावरणीय स्वास्थ्य और श्रमिक सुरक्षा पर संभावित चिंताओं को भी तौलने का सुझाव देते हैं। वर्तमान शोध और परीक्षण नैनो सामग्री के उपयोग को लेकर कई नई दिशा

में काम कर रहे हैं, जो इसकी अद्वितीय विशेषताओं के कारण कृषि क्षेत्र में क्रांतिकारी बदलाव ला सकते हैं। कृषि अपशिष्ट को नैनो सामग्री उत्पादन के लिए एक नवीकरणीय स्रोत के रूप में भी माना जा रहा है। कीटनाशक प्रतिरोध कृषि और सार्वजनिक स्वास्थ्य के लिए चुनौती पेश करने वाले त्वरित विकासवादी परिवर्तन का एक उदाहरण है। नैनो-कैप्सूल और नैनो-कण जैसे नैनो-प्रौद्योगिकी अनुप्रयोग रोगों के पता लगाने और उपचार के लिए, पौधों की सुरक्षा उत्पादों के उपयोग को कम करने और पैदावार बढ़ाने का लक्ष्य रखते हैं।

नैनो-प्रौद्योगिकी-व्युत्पन्न उपकरणों का उपयोग पौधों के प्रजनन और आनुवंशिक रूपांतरण के लिए भी खोजा जा रहा है। इसकी संभावनाओं के बावजूद, जोखिम आकलन जैसे मुद्दे महत्वपूर्ण बने हुए हैं, क्योंकि कुछ नैनो-कण, जो बायो-पॉलिमर से व्युत्पन्न होते हैं, न्यूनतम स्वास्थ्य और पर्यावरणीय जोखिम पैदा करते हैं। नैनो-प्रौद्योगिकी खेती तकनीकों, पोषक तत्वों के अवशोषण, रोग का पता लगाने और कीट नियंत्रण में सुधार करके कृषि और खाद्य उद्योग में क्रांति लाने का वादा करती है।

2. कृषि में नैनो-प्रौद्योगिकी का उपयोग

कृषि में नैनो-प्रौद्योगिकी का उपयोग कई लाभ प्रदान करता है, जैसे रोगों का कुशलता से पता लगाना और प्रबंधन, नैनो-सेंसर द्वारा सटीक खेती, नैनो-उर्वरकों और कीटनाशकों के माध्यम से उत्पादकता बढ़ाना, और नवाचार पूर्ण पैकेजिंग सामग्री के माध्यम से खाद्य गुणवत्ता और सुरक्षा में सुधार। नैनो-प्रौद्योगिकी पारंपरिक खेती के तरीकों को मौलिक रूप से बदलते हुए कृषि में कई रूपांतरणकारी तरीके प्रदान कर सकती है।

2.1. एग्री-केमिकल्स की नैनो-फॉर्म्यूलेशन का विकास: इसके प्रमुख अनुप्रयोगों में एग्री-केमिकल्स की नैनो-फॉर्म्यूलेशन का विकास शामिल है। ये नैनो-फॉर्म्यूलेशन कीटनाशकों और उर्वरकों के सटीक अनुप्रयोग को सक्षम बनाते हैं, जिससे फसलों को उनकी इष्टतम वृद्धि के लिए आवश्यक सटीक मात्रा प्राप्त होती है। यह न केवल फसल की उपज बढ़ाता है बल्कि रासायनिक अवशेष को मिट्टी और जल प्रणालियों में जाने से रोककर पर्यावरणीय प्रभाव को भी कम करता है। इसके अतिरिक्त, नैनो-सेंसरों को कृषि क्षेत्रों में लगाया जा सकता है, जो पौधों के स्वास्थ्य की वास्तविक समय में निगरानी, रोगों का प्रारंभिक पता लगाने, और मिट्टी की स्थिति का ट्रैकिंग करने में सक्षम होते हैं। ये सेंसर किसानों को महत्वपूर्ण डेटा प्रदान करते हैं, जिससे समय पर हस्तक्षेप और संसाधनों का बेहतर प्रबंधन संभव हो पाता है।

2.2. आनुवंशिक संशोधन: नैनो-प्रौद्योगिकी उन्नत नैनोडिवाइसों के माध्यम से फसलों के आनुवंशिक संशोधन को भी सक्षम बनाती है। ये डिवाइस डीएनए या आरएनए अनुक्रमों को सीधे पौधों की कोशिकाओं में पहुंचा सकते हैं, जिससे कीट-प्रतिरोधी या सूखा-सहिष्णु फसल किस्मों का विकास संभव होता है। यह तकनीक विशेष रूप से चरम मौसम परिस्थितियों या कीट संक्रमण से ग्रस्त क्षेत्रों में फसल की स्थिरता और स्थायित्व को बढ़ाने का वादा करती है। कृषि में नैनो-कणों के उपयोग से नई सामग्रियों का निर्माण हुआ है जो पोषक तत्वों के उपयोग को सुधारते हैं और अत्यधिक तापमान, लवणता, और सूखे जैसे अजैविक तनावों को कम करते हैं। इन नैनोकणों को इस प्रकार इंजीनियर किया जा सकता है कि वे पोषक तत्वों को धीरे-धीरे और निरंतर छोड़ें, जिससे पौधों को समय के साथ एक सुसंगत आपूर्ति मिलती रहे। यह नियंत्रित रिलीज तंत्र पौधों की वृद्धि को बढ़ाता है और उर्वरकों के बार-बार आवेदन की आवश्यकता को कम करता है।

2.3. बीज अंकुरण और पौध प्रारंभिक वृद्धि में सहयोग: फसल स्थापना में नैनो-प्रौद्योगिकी पौधों के अंकुरण और प्रारंभिक वृद्धि चरणों में सहायता करती है। नैनो-समृद्ध बीज कोटिंग्स बीजों को कीटों और रोगों से बचा सकती हैं, साथ ही आवश्यक पोषक तत्व प्रदान कर सकती हैं जो जोरदार वृद्धि को बढ़ावा देते हैं। खरपतवार प्रबंधन के लिए, नैनो-कणों का उपयोग कम खुराक पर अधिक प्रभावी शाकनाशी विकसित करने के लिए किया जा सकता है, जिससे पर्यावरण पर कुल रासायनिक भार कम हो जाता है। जैविक एवं अजैविक तनाव में सुधाररू तनाव में कमी एक अन्य महत्वपूर्ण क्षेत्र है जहां नैनो-प्रौद्योगिकी महत्वपूर्ण अंतर ला सकती है। पौधे अक्सर सूखा, लवणता, और भारी धातु प्रदूषण जैसे विभिन्न तनावों का सामना करते हैं। नैनो-कण पौधों के प्राकृतिक रक्षा तंत्र को बढ़ाकर और उनके समग्र स्वास्थ्य और स्थायित्व को सुधारकर इन तनावों को कम करने में मदद कर सकते हैं।

2.4. सिंचाई नियंत्रण: सिंचाई नियंत्रण भी नैनो-प्रौद्योगिकी के उपयोग से बेहतर होता है। नैनो-सेंसर मिट्टी की नमी के स्तर को सटीक रूप से माप सकते हैं, यह सुनिश्चित करते हुए कि पानी का कुशल

उपयोग हो। यह विशेष रूप से शुष्क क्षेत्रों में महत्वपूर्ण है जहां पानी एक दुर्लभ संसाधन है। यह सटीक डेटा प्रदान करके कि कब और कितना पानी देना है, ये संसार पानी के संरक्षण और सतत कृषि प्रथाओं को बढ़ावा देते हैं।

2.5. खाद्य गुणवत्ता में सुधार: नैनो-प्रौद्योगिकी खाद्य पैकेजिंग में क्रांति लाने की क्षमता रखती है, जिससे खाद्य गुणवत्ता और सुरक्षा में सुधार होता है। नैनोकणों से युक्त नवीन पैकेजिंग सामग्री खाद्य उत्पादों के शेल्फ जीवन को बढ़ा सकती है, माइक्रोबियल संदूषण और खराबी को रोक सकती है। ये सामग्री खाद्य की ताजगी का संकेत भी दे सकती हैं, उपभोक्ताओं को अधिक विश्वसनीय जानकारी प्रदान करती हैं। नैनो-प्रौद्योगिकी आधुनिक कृषि में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है, जिसमें फसल उत्पादकता और स्थायित्व से लेकर संसाधन प्रबंधन और पर्यावरण संरक्षण तक कई लाभ शामिल हैं। रोगों का पता लगाने, पोषक तत्व वितरण, आनुवंशिक संशोधन, और तनाव प्रबंधन में इसके अनुप्रयोग पारंपरिक कृषि पद्धतियों को बदल रहे हैं, सतत और कुशल कृषि भविष्य का मार्ग प्रशस्त कर रहे हैं पौधों की वृद्धि में नैनो-प्रौद्योगिकी के विकास को दर्शाने वाले पहलुओं को चित्र में प्रस्तुत किया गया है।

3. नैनो-प्रौद्योगिकी का कीटनाशक और उर्वरकों में उपयोग

दीर्घकालिक प्रयोग मिट्टी के गुणधर्मों पर विभिन्न कृषि प्रथाओं के प्रभावों को स्थिरता के लिए प्रदर्शित करने के लिए आवश्यक हैं। अमेरिका में, संघीय एजेंसियां नैनो-रसायनों को पौधों की वृद्धि और कीट नियंत्रण के लिए एक संभावित साधन के रूप में पहचानती हैं। उर्वरकों के रूप में उपयोग किए जाने वाले नैनो-मटेरियल्स फसलों में सुधार कर सकते हैं, पारिस्थितिक विषाक्तता को कम कर सकते हैं और खाद्य श्रृंखला में जैव संचय कर सकते हैं। कृषि में हाल के विकासों में नैनोकणों (एनपी) का अधिक प्रभावी रसायनों के उपयोग के लिए उपयोग शामिल हैं अध्ययनों में चुंबकीय, एल्युमिना, जिंक और जिंक ऑक्साइड जैसे एनपी के पौधों की वृद्धि और फाइटो-टॉक्सिसिटी पर विभिन्न प्रभाव बताए गए हैं। उदाहरण के लिए, सिल्वर नैनोकण गेहूं की वृद्धि और उपज बढ़ाते हैं, जबकि जिंक नैनोकण महत्वपूर्ण चयापचय गतिविधियों में सहायक होते हैं, जिससे फसल की उपज और गुणवत्ता प्रभावित होती है। कृषि और सार्वजनिक स्वास्थ्य के लिए कीटों में कीटनाशक प्रतिरोध का विकास एक चुनौती बना हुआ है। मैग्नीशियम ऑक्साइड नैनोकणों का उपयोग सोखने वाले, अग्निरोधी, सिरैमिक, अपशिष्ट उपचार और फोटोइलेक्ट्रॉनिक सामग्री में किया जाता है, और गैर-विषैले पौधों के अर्क का उपयोग करके इनके हरे संश्लेषण के तरीके विकसित किए जा रहे हैं।



4. नैनो-प्रौद्योगिकी का पौधों के कीट नियंत्रण में योगदान

शोधकर्ताओं ने मैग्नीशियम ऑक्साइड नैनोकणों का सफलतापूर्वक संश्लेषण किया है और ग्रीन पीच एफिड पर इसके प्रभावों का ग्रीनहाउस परिस्थितियों में मूल्यांकन किया है। इसके अलावा, पुनिका ग्राण्टम के छिलकों, ओला एउरोपी के पत्तों और चमेमेलूम नोबिले के फूलों से प्राप्त जलीय अर्क का उपयोग करके कॉपर ऑक्साइड, जिंक ऑक्साइड, और मैग्नीशियम हाइड्रॉक्साइड जैसे नैनो-मटेरियल्स का संश्लेषण किया गया है। इन बायो-नैनोकणों ने लच्छा मृत्यु दर बढ़ाने में प्रभावशीलता प्रदर्शित की है। ग्रीनहाउस प्रयोगों के बाद, ग्रीन स्वीट पेपर के फलों और पत्तों में धातु ऑक्साइड नैनोकणों के संचय का विश्लेषण किया गया, जिसमें पौधों के फलों में कोई धातु संचय नहीं पाया गया। डहब् नैनोकणों के 100 से 800 पी.पी.एम. की सांद्रता में ग्रीन पेपर पत्तियों पर छिड़काव से पौधों की वृद्धि में उल्लेखनीय लाभ हुआ, जिसके परिणामस्वरूप उपचारित नियंत्रणों की तुलना में पत्तियों का हरापन और फलों की गुणवत्ता में वृद्धि हुई।

5. नैनो-संवेदनशील कीटनाशकों की संभावनाएं

कॉपर ऑक्साइड नैनो-कण को वर्षा और रासायनिक कमी जैसी विभिन्न विधियों से संश्लेषित किया जाता है। इसी तरह, जिंक ऑक्साइड नैनो-कण का संश्लेषण रासायनिक मार्गों, वर्षा विधियों, ध्रुवीय कार्बनिक विलायकों में हाइड्रोलिसिस और माइक्रोवेव संश्लेषण के माध्यम से किया जाता है। पौधों के अर्क, का उपयोग हरे संश्लेषण में किया गया है। मैग्नीशियम ऑक्साइड हाइड्रॉक्साइड नैनो-कण और मैग्नीशियम ऑक्साइड नैनो-कण के संश्लेषण के लिए जलतापीय मार्ग, जल-तेल माइक्रो-इमल्शन, और माइक्रोवेव प्रतिक्रियाएं शामिल हैं। पर्यावरण के अनुकूल तरीकों से नीम, नींबू पत्ती के अर्क, ब्रासिका ओलेरासिया और अनार के छिलकों का उपयोग करके डहब् का संश्लेषण किया जाता है।

6. नैनो-प्रौद्योगिकी का खाद्य पैकेजिंग में उपयोग

खाद्य उद्योग में पोषण गुणवत्ता सुधारने के लिए उन्नत नैनो-मटेरियल्स का उपयोग तेजी से बढ़ रहा है। इन नैनो-मटेरियल्स का मुख्य उद्देश्य खाद्य पदार्थों की सुरक्षा और गुणवत्ता को बढ़ाना है। उच्च अवरोधक पैकेजिंग में इन नैनो-मटेरियल्स का उपयोग खाद्य को विभिन्न पर्यावरणीय कारकों, जैसे कि ऑक्सीजन, नमी, और यूवी विकिरण से बचाने के लिए किया जा रहा है। इससे खाद्य पदार्थों की शेल्फ लाइफ बढ़ती है और उनकी ताजगी और पोषण संरक्षित रहती है। चांदी के नैनो-कण (सिल्वर नैनो-पार्टिकल्स) जैसे नैनो-मटेरियल्स में रोगाणुरोधी गुण होते हैं, जो पैकेजिंग में उपयोग किए जाने पर खाद्य पदार्थों को बैक्टीरिया और फफूंद जैसे रोगजनकों से बचाने में मदद करते हैं। इसके अलावा, नैनो-उपकरणों का उपयोग पोषक तत्वों के संरक्षण के लिए भी किया जाता है, जैसे कि विटामिन और खनिजों को अधिक प्रभावी ढंग से बनाए रखने के लिए। यह न केवल खाद्य उत्पादों की गुणवत्ता को बेहतर बनाता है, बल्कि उपभोक्ताओं के लिए अधिक सुरक्षित और स्वस्थ भोजन सुनिश्चित करता है। नैनो-मटेरियल्स की ये विशेषताएँ खाद्य उद्योग में उनके संभावित उपयोग को और भी बढ़ाती हैं, जिससे खाद्य सुरक्षा और गुणवत्ता में सुधार संभव हो पाता है।



इसके अलावा, नैनो-उपकरणों का उपयोग पोषक तत्वों के संरक्षण के लिए भी किया जाता है, जैसे कि विटामिन और खनिजों को अधिक प्रभावी ढंग से बनाए रखने के लिए। यह न केवल खाद्य उत्पादों की गुणवत्ता को बेहतर बनाता है, बल्कि उपभोक्ताओं के लिए अधिक सुरक्षित और स्वस्थ भोजन सुनिश्चित करता है। नैनो-मटेरियल्स की ये विशेषताएँ खाद्य उद्योग में उनके संभावित उपयोग को और भी बढ़ाती हैं, जिससे खाद्य सुरक्षा और गुणवत्ता में सुधार संभव हो पाता है।

निष्कर्ष

कृषि में नैनो-प्रौद्योगिकी का उपयोग अत्यधिक संभावनाओं के साथ विकसित हो रहा है और इसने पिछले दशक में कई महत्वपूर्ण प्रगति की हैं। नैनो-प्रौद्योगिकी का उद्देश्य फसल उत्पादकता को बढ़ाना, कीटनाशकों का उपयोग कम करना, और कृषि प्रणालियों को अधिक सटीक और पर्यावरणीय रूप से सुरक्षित बनाना है। नैनो-कणों का उपयोग पौधों की आनुवंशिक संशोधन, पौधों के स्वास्थ्य की निगरानी, और उर्वरक तथा कीटनाशकों के स्मार्ट वितरण में किया जा रहा है, जिससे उत्पादन में वृद्धि और पर्यावरण पर प्रभाव कम होता है। इसके अलावा, नैनो-सेंसर्स और नैनो-फॉर्मूलेशन का उपयोग कृषि संसाधनों के अधिक कुशल प्रबंधन में मदद करता है। नैनो-प्रौद्योगिकी का कृषि में योगदान पौधों के विकास, तनाव प्रबंधन और पानी के संरक्षण को बेहतर बनाने में है। हालांकि, इसके उपयोग के साथ कुछ स्वास्थ्य और पर्यावरणीय जोखिम जुड़े हो सकते हैं, जिन्हें सावधानीपूर्वक आकलन की आवश्यकता है। कुल मिलाकर, नैनो-प्रौद्योगिकी का कृषि में उपयोग पारंपरिक विधियों को बदलते हुए सतत और कुशल कृषि प्रणालियों की दिशा में एक महत्वपूर्ण कदम है।