

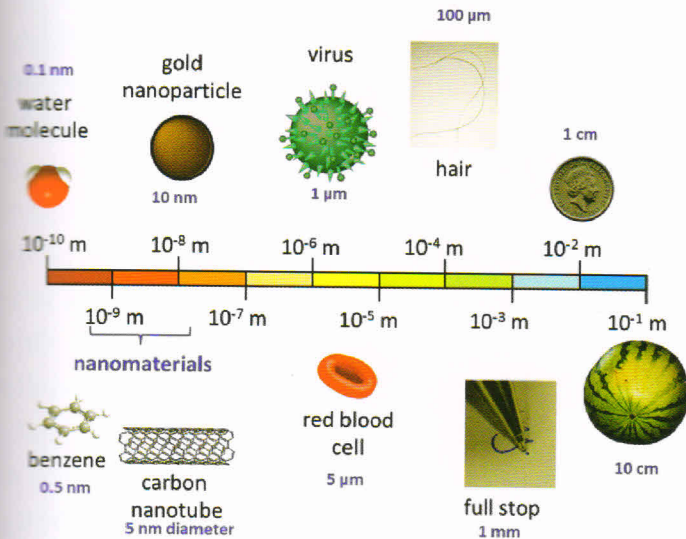
कृषि तथा पर्यावरण में नैनो प्रौद्योगिकी का प्रयोग

रुबिना खानम, डॉ. देवारति भादुड़ी, डॉ.अमरेश कुमार नायक

परिचय

विश्व की जनसंख्या में वृद्धि के कारण खाद्य की मांग ने वैज्ञानिकों एवं इंजीनियरों को कृषि उत्पादन को और बढ़ावा देने के लिए तथा नए तरीकों एवं प्रौद्योगिकियों की अभिकल्पना करने के लिए प्रेरित किया है। विश्व की जनसंख्या में विस्फोटक वृद्धि के कारण भरण-पोषण के लिए अधिक कृषि उत्पादकता की आवश्यकता है। उपज को बढ़ावा देने के लिए यह जरूरी हो गया है कि अति आधुनिक

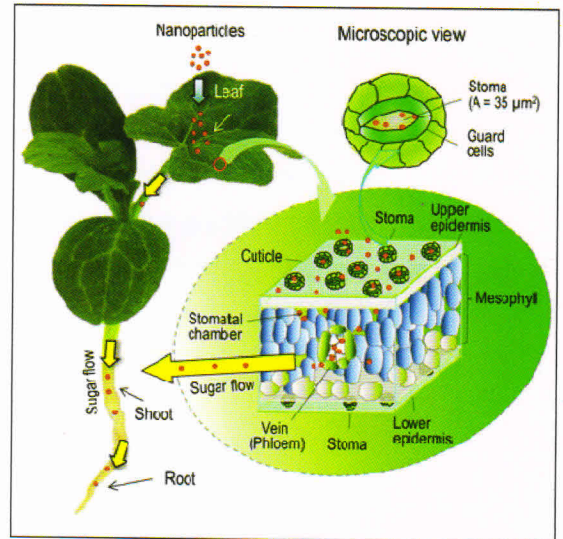
प्रौद्योगिकियों का उपयोग किया जाए जिससे कृषि उत्पादों की उपज में वृद्धि संभव हो। नैनो प्रौद्योगिकी एक उभरता हुआ क्षेत्र है जिसमें कृषि तथा इससे संबंधित क्षेत्रों को पुनर्निर्मित करने के लिए काफी क्षमताएँ हैं। नैनो प्रौद्योगिकी पदार्थ का लगभग 1 से 100 एनएम आकार का नियंत्रण करता है जिसके अद्वितीय भौतिक गुण नए प्रयोगों के लिए अवसर उत्पन्न करते हैं। (ईपीए, 2007)। अध्ययनों से पता चला है कि आकार के आधार पर नैनोकण को परिभाषित



नैनोकण के आकार रेंज

किया जा सकता है जिसकी मूल विशेषताएँ संबंधित आकार से अलग होती हैं।

आविष्कार का इतिहास: ऐतिहासिक रूप से नैनोकणों का प्रयोग किस समयावधि में आरंभ हुआ, यह ज्ञात नहीं है। लेकिन उपलब्ध प्रमाण बताते हैं कि प्राचीन काल में निर्मित मिट्टी के बर्तनों में विभिन्न रंगीन शीशे के आवरण बनाने के लिए स्वर्ण के नैनोकण प्रयोग किए गए। भौतिक शास्त्री रिचार्ड फैनमैन ने नैनो विज्ञान की स्थापना की थी जिन्होंने नैनोकणों की व्यापकता एवं इसके अवसरों के बारे में महसूस किया था। सन 1991 में कार्बन नैनो-ट्यूब के आविष्कार से नैनो विज्ञान अनुसंधान को गति मिली। अनुसंधान की प्रगति के साथ यह तथ्य स्थापित हुआ कि



पादप में नैनोकण की प्रविष्टि

हमारे पर्यावरण में प्राकृतिक रूप से पहले ही विभिन्न नैनोकण मौजूद हैं। धीरे-धीरे नैनो विज्ञान का क्षेत्र इन छोटे कणों के नवीन लाभों को उपयोग में लाने के लिए अनुसंधान की एक सीमांत क्षेत्र के रूप में उभर रहा है।

नैनोकणों की अनोखी विशेषताएँ: अपने छोटे आकार के कारण नैनो संरचना की भौतिक, रासायनिक तथा विद्युत विशेषताएँ आकार की प्रक्रिया के रूप में परिवर्तनशील होती हैं तथा अपने से बड़े कणों से बहुत भिन्न होती हैं। नैनोकणों के छोटे आकार के कारण, कणों के भीतर की तुलना में सतह पर अधिक परमाणु होते हैं जिससे नैनोकणों में उच्च प्रतिक्रिया होती है। पौध पारिस्थितिकी प्रणाली के महत्वपूर्ण घटक है तथा नैनोकणों के स्थानांतरण के लिए एक सशक्त

माध्यम के रूप में एवं नैनोकणों के लाभकारी प्रभावों का उपयोग करने के लिए अवसर उत्पन्न कर सकते हैं।

कृषि में प्रयोग: कृषि के क्षेत्र में नैनोसामग्रियों के प्रयोग का लक्ष्य पारंपरिक उत्पादों एवं उपायों की तुलना में कम लागत द्वारा तथा कम अपशिष्ट उत्पन्न करके खेती पद्धतियों की कार्यक्षमता तथा स्थिरता में सुधार लाना है। उर्वरकों के अत्यधिक प्रयोग से पूरे विश्वभर की मृदा स्वास्थ्य में गिरावट आई है जिससे मीठाजल निकास एवं तटीय पारितंत्रों में शैवालजनित समस्याएँ उत्पन्न हो गई हैं। अतः नैनोकणों एवं नैनो प्रौद्योगिकी की मदद से नए प्रयोगों द्वारा मृदा उर्वरीकरण में पोषकतत्वों के नुकसान को कम करने तथा फसल उपज को बढ़ाने का अनुसंधान कार्य अनिवार्य हो गया है। नैनोउर्वरकों या नैनोयुक्त पोषकतत्वों में वह विशेषताएँ हैं जिससे मांग के अनुसार रासायनिक उर्वरकों से पोषकतत्व विमोचित होते हैं जो पौधों में वृद्धि करते हैं एवं लक्षित कार्यकलाप में वृद्धि होती है। कृषि में नैनो प्रौद्योगिकी के प्रयोग में पौधो एवं उपज की वृद्धि के लिए उर्वरक, मृदा गुणवत्ता की निगरानी हेतु सेंसर, नाशकजीव एवं रोग प्रबंधन के लिए कीटनाशक शामिल हैं। नैनोकण 'मैजिक बुलेट' के रूप में काम कर सकते हैं जिसमें शाकनाशी, रसायन या जीन होते हैं और जो पौधे के विशेष भागों को लक्ष्य कर सकते हैं ताकि उन भागों से अंतर्निहित पदार्थ विमोचित हों। नैनोकैप्सूल कवकों एवं उत्तकों के माध्यम से शाकनाशियों के असरदार प्रवेश को सक्षम बनाती हैं जिससे सक्रिय पदार्थों का धीरे-धीरे एवं लगातार विमोचन होता रहता है। परिवर्तित नैनोकण पौधे की कोशिकाओं तथा पत्तों में प्रवेश करने में सक्षम होते हैं तथा डीएनए एवं रसायन का भी पौधे के कोशिकाओं तक पहुंचा सकते हैं। अनुसंधान का यह क्षेत्र पौधे के विशिष्ट कोशिकाओं में प्रवेश एवं विशिष्ट जीन में फेरबदल करने के लिए जैवप्रौद्योगिकी हेतु एक पटल प्रदान करता है। पौधों में रोगजनकों की पहचान के लिए एक नैदानिक उपकरण के रूप में नैनोकणों का उपयोग किया जा सकता है। एक पोर्टेबल नैनो उपकरण की मदद से कीट, रोग, रोगजनकों, रसायन एवं दूषित पदार्थों का शीघ्र पहचान हो सकती है तथा उपचार भी शीघ्र होता है। किंतु कृषि में यह अनुसंधान आरंभिक अवस्था में है। कृषि में अपशिष्ट को रोकने के लिए भी नैनो प्रौद्योगिकी का प्रयोग किया जा रहा है। अमेरिका की एक निजी कंपनी एरगोनाइड नैनोसेराम नामक एल्युमिनियम ऑक्साइड नैनोफाइबरस का प्रयोग करके जल शुद्धिकरण यंत्र बना रही है। इन फाइबरस से तैयार शुद्धिकरण यंत्र द्वारा जल से विषाणु, बैक्टिरिया और प्रोटोजोआ निकल जाते हैं। भारत एवं दक्षिण अफ्रीका जैसे

विकासशील देशों में भी इसी समान परियोजनाएँ चल रही हैं। नैनोप्रौद्योगिकी के प्रयोग से खाद्य उत्पादन द्वारा किसानों तथा खाद्य उद्योग को सर्वाधिक लाभ मिल सकता है जिसमें खाद्य प्रसंस्करण, संरक्षण तथा पैकेजिंग द्वारा नए उत्पादों का विकास हो सकेगा। सारांश के रूप में यह कहा जा सकता है कि कृषि के क्षेत्र में रोगजनकों एवं मृदा गुणवत्ता की पहचान करने हेतु नैनोसेंसर/नैनोबायोसेंसर, पौधे स्वास्थ्य की निगरानी करने, जल एवं उर्वरकों की कार्यक्षम मात्रा का धीरे-धीरे विमोचन होने, कृषिरसायन की प्राप्ति हेतु नैनोकैप्सूल, खाद्य के पैकेजिंग में प्रयोग होने वाले प्लास्टिक फिल्म परतों के लिए नैनो कंपोसाइट तथा दूषित भूमिगत जल को रोकने के लिए नैनोकणों का रोगाणुरोधी प्रयोग शामिल हैं। निष्कर्ष के रूप में यह कहा जा सकता है कि कृषि में नैनोकणों का प्रयोग तुलनात्मक दृष्टि से नया है तथा इस पर और अधिक खोज की आवश्यकता है।

पर्यावरणीय उपचार में अंत प्रयोग: नैनोप्रौद्योगिकी प्रभावी निगरानी प्रणाली तथा प्रदूषणरोधी उपचारी विधियों उपलब्ध कराकर पर्यावरण सुधार में महत्वपूर्ण योगदान दे सकती है। नैनोकणों के छोटे आकार के होने एवं अपनी उच्च प्रतिक्रिया के कारण अतिसंवेदनशील तरीके से पर्यावरण प्रदूषण का पता लगाया जा सकता है। इन गुणों के आधार पर अत्यधिक सटीक एवं संवेदनशील प्रदूषण निगरानी उपकरण (नैनो सेंसर) विकसित किए गए हैं। ईएनपी प्रदूषक के साथ पारस्परिक प्रतिक्रिया भी कर सकता है तथा कम विषैले पदार्थ में विघटित कर सकता है। जल शुद्धिकरण के लिए भी नैनोप्रौद्योगिकी का प्रयोग किया जाता है। इसके अतिरिक्त, हवा और पानी को शुद्ध करने के लिए नैनो-फिल्टर, नैनो-अवशोषक एवं नैनो झिल्लियों के निर्माण में नैनोकणों का उपयोग किया जाता है। इस प्रकार दूषित स्थलों के प्रदूषण को नियंत्रित करने के लिए नैनोप्रौद्योगिकी बहुत उपयोगी सिद्ध हो सकती है।

नैनोकणों को पसंद क्यों किया जाता है: नैनोकणों के अत्यंत छोटे आकार तथा उच्च सतह क्षेत्र के कारण साधारणतः अन्य यौगिकों के साथ उच्च प्रतिक्रिया प्रदर्शित करते हैं। जल समेत विभिन्न अजैविक एवं जैविक विलायकों के साथ इनकी उच्च विलेयता है। अपने छोटे आकार के कारण प्रयोग होने वाले सतह से पौधों की कोशिकाओं में प्रविष्ट करने में ज्यादा सक्षम हैं। उच्च सतह क्षेत्र के कारण ऐसे नैनोकण पादप प्रणाली के विभिन्न चयापचय प्रक्रियाओं को सुविधाजनक बनाने के लिए अधिक कारगर सिद्ध होते हैं। आजकल नैनोकणों को उर्वरक के रूप में प्रयोग किया जाता है जो पर्यावरण-हितैषी है तथा जो पर्यावरण प्रदूषण को कम करते हैं।



नैनोकण में समाहित उर्वरक आम तौर पर फसल में पोषकत्व की उपलब्धता एवं अधिग्रहण को बढ़ाता है और इस प्रकार कुशल पोषकत्व प्रबंधन के लिए उपयोगी है।

नैनोप्रौद्योगिकी के खतरे: नैनोप्रौद्योगिकी एक नवीनतम प्रौद्योगिकी है जो वैज्ञानिक अनुसंधान के माध्यम से कई सामाजिक लाभ पहुंचाने के लिए विकसित की गई है, लेकिन इससे जुड़ी कुछ समस्याएँ हैं। यह पर्यावरण से जुड़े जोखिमों से पूर्णतया मुक्त नहीं है। अंतिम परिणति, परिवहन, जैवउपलब्धता एवं नैनोकणों की विषाक्तता प्रमुख चिंताएँ हैं, यद्यपि इनके बारे में पूरी तरह से पता लगाया जाना अभी बाकी है। यह बताया जा रहा है कि नैनोकणों से मानव स्वास्थ्य पर बुरा असर पड़ सकता है। नैनोकणों के सांस द्वारा अंदर जाने से आक्सीडेटिव तनाव, जलन एवं फाइब्रोसिस होता है। कई परिवर्धित जैव अपघटनीय नहीं होते हैं और इनसे पर्यावरण पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ सकता है। प्रयोगशाला के अध्ययन से पता चला है कि कई नैनोकणों

को (जिनमें चांदी, जस्ता एवं तांबा होता है) जब मृदा में डाला जाता है तब उनमें माइक्रोबॉयल विरोधी गुण उत्पन्न होते हैं। अतः नैनोकणों के उचित उपयोग पर बल दिया जाना चाहिए।

नैनोप्रौद्योगिकी का भविष्य: नैनोप्रौद्योगिकी विज्ञान तथा तकनीकी के क्षेत्र में आने वाले वर्षों में कृषि तथा पर्यावरण के लिए अनेक क्षमताओं के साथ सहित एक नई दिशा का प्रतिनिधित्व करने वाला है। एकीकृत उपागम जैसे कृषि नैनोप्रौद्योगिकी द्वारा खाद्य सुरक्षा, स्थिरता एवं जलवायु परिवर्तन की वैश्विक चुनौतियों से सामना करने की बहुत क्षमता है। किंतु कृषि में नैनोप्रौद्योगिकी के रेखांकित किए गए संभावित लाभों के बावजूद, अभी तक उनका प्रयोग किसानों तक नहीं पहुँचा है। अतः नैनोकणों की सुरक्षा एवं विषाक्तता पर आधारभूत सूचनातंत्र की स्थापना इसे अपनाने से पहले नितांत आवश्यक है।

(क्रमशः वैज्ञानिक, वैज्ञानिक एवं प्रभागाध्यक्ष,
एनआरआरआई, कटक, ओडिशा)