ICN : H-239/2025

पर्यावरण हितैषी हरित नैनो प्रोद्यौगिकी

भा.कृ.अनु.प.–भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान
नई दिल्ली - 110 012

ICN : H-239/2025

पर्यावरण हितैषी हरित नैनो प्रौद्योगिकी

भाकृअनुप
ICAR

भा.कृ.अनु.प.-भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान
नई दिल्ली – 110012

अक्टूबर 2025 में प्रकाशित

निदेशक : सीएच. श्रीनिवास राव

संयुक्त निदेशक (अनुसंधान) : विश्वनाथन चिन्नुसामी

संकल्पना : हिन्दी प्रकाशन समिति

लेखक : मोनिका कुंडू
अनंता वशिष्ठ
प्रमीला कृष्णन
सुभाष नटराज पिल्लई

संपादन एवं सहयोग : अंजलि आनंद
अतुल कुमार
बी.एस. रावत

उद्धरण : पर्यावरण हितेषी हरित नैनो प्रौद्योगिकी, भा.कृ.अनु.प.-भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली

मुद्रित प्रतियां : 200
मूल्य : 50/-रुपये
ICN : H-239/2025
© 2025–भा.कृ.अनु.प.-भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली, सर्वाधिकार सुरक्षित
वेबसाइट: www.iari.res.in

प्रकाशक : निदेशक, भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली की ओर से प्रकाशन यूनिट द्वारा प्रकाशित एवं मैसर्स एम.एस. प्रिंटर्स, सी-108/1, नारायणा इंडस्ट्रियल एरिया, फेस-1, नई दिल्ली-110 028, फोनः 011-45404606, मोबाइलः 7838075335
ईमेलः msprinter1991@gmail.com

आमुख

वर्तमान युग में हम ऐसे दौर से गुजर रहे हैं, जहाँ पर्यावरणीय असंतुलन, प्रदूषण, जैव विविधता का क्षय एवं जलवायु परिवर्तन जैसी जटिल समस्याएँ मानव अस्तित्व पर गंभीर खतरा उत्पन्न कर रही हैं। ये समस्याएँ अब केवल वैज्ञानिक विमर्श तक सीमित नहीं रहीं, बल्कि जीवन के प्रत्येक क्षेत्र को प्रभावित करने वाली यथार्थता बन चुकी हैं। वर्तमान परिदृश्य में स्थायी विकास की दिशा में ठोस एवं पर्यावरण हितैषी कदम उठाना समय की माँग है। ऐसे में "पर्यावरण हितैषी हरित नैनो प्रौद्योगिकी" एक क्रांतिकारी समाधान के रूप में उभर कर सामने आई है। हरित नैनो प्रौद्योगिकी पारंपरिक वैज्ञानिक दृष्टिकोण और आधुनिक नैनोविज्ञान के समन्वय पर आधारित है, जो पर्यावरण पर न्यूनतम प्रभाव डालते हुए अधिकतम लाभ प्रदान करने में सक्षम है। कृषि, जल शुद्धिकरण, ऊर्जा उत्पादन, अपशिष्ट प्रबंधन, प्रदूषण नियंत्रण एवं स्वास्थ्य के क्षेत्र में इसकी भूमिका अत्यंत महत्वपूर्ण होती जा रही है।

यह तकनीकी बुलेटिन पर्यावरण हितैषी हरित नैनो प्रौद्योगिकी के सिद्धांत, अनुप्रयोग एवं संभावनाओं को समग्र रूप में प्रस्तुत करती है। इसमें पौधों में पाये जाने वाले प्राकृतिक यौगिकों द्वारा पर्यावरण अनुकूल नैनो कणों के निर्माण संबंधित जानकारी विस्तृत रूप से साझा की गयी हैं। साथ ही, विभिन्न क्षेत्रों में हरित नैनो प्रौद्योगिकी के व्यावहारिक उदाहरण, नवाचार एवं नीतिगत पहलुओं को भी शामिल किया गया है।

लेखकों द्वारा प्रस्तुत यह बुलेटिन शोधार्थियों, पर्यावरण वैज्ञानिकों, तकनीकी विशेषज्ञों, नीति निर्माताओं, शिक्षकों एवं विद्यार्थियों के लिए एक उपयोगी संदर्भ स्रोत के रूप में कार्य करेगा। इसमें उल्लेखित तकनीकें एवं रणनीतियाँ पर्यावरणीय चुनौतियों से निपटने हेतु नई दिशा प्रदान करती हैं और सतत एवं स्वच्छ भविष्य की नींव रखने में सहायक होंगी।

मैं लेखकों के इस महत्त्वपूर्ण प्रयास की सराहना करता हूँ और विश्वास व्यक्त करता हूँ कि यह बुलेटिन हरित एवं सतत विकास की दिशा में एक मील का पत्थर सिद्ध होगी। साथ ही, मैं इस बुलेटिन के प्रकाशन हेतु संयुक्त निदेशक (अनुसंधान) डॉ. चिन्नुसामी विश्वनाथन एवं इस कार्य से जुड़े सभी वैज्ञानिकों एवं सहयोगियों को हृदय से बधाई एवं साधुवाद प्रेषित करता हूँ, जिनके सतत प्रयासों से यह उत्कृष्ट आकार ले सका।

स्थान : नई दिल्ली
दिनांक : 30 अक्टूबर 2025

(सीएच. श्रीनिवास राव)
निदेशक

प्राक्कथन

पर्यावरण प्रदूषण, जलवायु परिवर्तन और प्राकृतिक संसाधनों का निरंतर क्षरण आज वैश्विक स्तर पर गंभीर चिंता का विषय बन चुका है। इन समस्याओं का प्रभाव केवल कृषि उत्पादन और खाद्य सुरक्षा तक सीमित नहीं है, बल्कि यह किसानों की आजीविका, ग्रामीण अर्थव्यवस्था और संपूर्ण पारिस्थितिकी तंत्र को भी व्यापक रूप से प्रभावित कर रहा है। इन चुनौतियों से प्रभावी ढंग से निपटने के लिए पर्यावरण के अनुकूल एवं सक्षम तकनीकों की आवश्यकता है। इन्हीं आवश्यकताओं के बीच, हरित नैनो प्रौद्योगिकी एक संभावनाशील और व्यावहारिक समाधान के रूप में उभर रही है, जो पारंपरिक रासायनिक प्रक्रियाओं के विकल्प स्वरूप सुरक्षित, टिकाऊ और बहु-उपयोगी विकल्प प्रदान करती है।

बदलते पर्यावरण परिदृश्य में केवल पारंपरिक उपायों से इन चुनौतियों का समाधान संभव नहीं है, अतः हमें विज्ञान आधारित नवीन तकनीकों की ओर बढ़ना होगा जो पर्यावरण के प्रति भी उत्तरदायी हों। इन्हीं आवश्यकताओं के परिप्रेक्ष्य में पर्यावरण हितैषी हरित नैनो प्रौद्योगिकी एक सशक्त विकल्प के रूप में उभरकर सामने आई है। हरित नैनो प्रौद्योगिकी में पौधों से प्राप्त फिनोल युक्त अर्क जैसे प्राकृतिक स्रोतों का उपयोग कर नैनो कणों का निर्माण किया जाता है, जिससे पर्यावरण पर न्यूनतम दुष्प्रभाव पड़ता है। इन प्राकृतिक घटकों के प्रयोग से न केवल विषैले अपशिष्ट उत्पन्न होने से रोका जा सकता है, बल्कि यह जैविक कृषि और सतत विकास के लिए भी अत्यंत उपयुक्त सिद्ध हो रहा है। भारत जैसे कृषि प्रधान देश में, हरित नैनो तकनीकों का प्रयोग मिट्टी की गुणवत्ता सुधारने, जल संरक्षण बढ़ाने, फसल रोगों का समय रहते पहचानने, और उत्पादन क्षमता बढ़ाने जैसे कार्यों में किया जा सकता है। उदाहरण के रूप में, नैनो उर्वरक और नैनो कीटनाशकों का प्रयोग पौधों को आवश्यक पोषक तत्वों की सटीक आपूर्ति करता है जिससे उर्वरकों की बर्बादी और जल प्रदूषण में कमी आती है।

यह बुलेटिन पर्यावरण हितैषी हरित नैनो प्रौद्योगिकी की अवधारणा, निर्माण विधियों, व्यवहारिक अनुप्रयोगों और भविष्य की संभावनाओं पर केंद्रित है। इसमें स्मार्ट सेंसर आधारित जल, मृदा, खाद्य गुणवत्ता और सुरक्षा का मूल्यांकन आदि विभिन्न पहलुओं को विस्तारपूर्वक प्रस्तुत किया गया है। यह प्रकाशन कृषि वैज्ञानिकों, पर्यावरण विशेषज्ञों, शोधार्थियों, छात्रों, नीति-निर्माताओं और प्रगतिशील किसानों के लिए एक उपयोगी स्रोत सिद्ध होगा। हमारा प्रयास है कि यह बुलेटिन ज्ञान, व्यवहारिकता और नवाचार का समन्वय प्रस्तुत करते हुए पर्यावरण की रक्षा और सतत कृषि विकास के बीच संतुलन स्थापित कर सके।

स्थान : नई दिल्ली
दिनांक : 30 अक्टूबर 2025

(विश्वनाथन चिन्नुसामी)
संयुक्त निदेशक (अनुसंधान)

परिचय

हरित नैनो प्रौद्योगिकी एक नया और उभरता हुआ क्षेत्र है जो नैनोमटीरियल्स और नैनोस्केल प्रक्रियाओं का उपयोग करके पर्यावरण की रक्षा करने के लिए समर्पित है। यह प्रौद्योगिकी प्राकृतिक संसाधनों के संरक्षण, प्रदूषण नियंत्रण, ऊर्जा दक्षता बढ़ाने और सतत विकास को प्रोत्साहित करने का एक अभिनव तरीका प्रस्तुत करती है। नैनोप्रौद्योगिकी, जो पदार्थों के नैनोमीटर आकार (1-100 नैनोमीटर) पर कार्य करती है, अपने अद्वितीय गुणों के कारण कई उद्योगों में क्रांति ला रही है।

हरित नैनो प्रौद्योगिकी का मुख्य उद्देश्य पर्यावरणीय नुकसान को कम करना है, जैसे कि प्रदूषण, जलवायु परिवर्तन, और प्राकृतिक संसाधनों की अत्यधिक खपत। इसके द्वारा विकसित नैनोमटीरियल्स और प्रक्रियाओं का उपयोग पर्यावरण की सुरक्षा के साथ-साथ ऊर्जा दक्षता, जल शुद्धिकरण और अपशिष्ट प्रबंधन में भी किया जाता है। इसके माध्यम से ऊर्जा उत्पादन, जल निकासी, कृषि और औद्योगिक प्रक्रियाओं में सुधार लाया जा सकता है।

इस प्रौद्योगिकी का एक महत्वपूर्ण पहलू यह है कि यह पारंपरिक नैनोप्रौद्योगिकी के पर्यावरणीय खतरों को कम करने का प्रयास करती है, जिससे यह एक सतत और पर्यावरणीय दृष्टिकोण से सुरक्षित विकल्प बनती है। हरित नैनो प्रौद्योगिकी न केवल पर्यावरण के संरक्षण के लिए महत्वपूर्ण है, बल्कि यह आने वाले समय में मानवता के लिए एक महत्वपूर्ण समाधान साबित हो सकती है।

पर्यावरण हितैषी हरित नैनो प्रौद्योगिकी एक नवाचारपूर्ण और सतत समाधान है, जो नैनोमटीरियल्स और नैनोस्केल प्रक्रियाओं का उपयोग करके कृषि क्षेत्र में पर्यावरणीय प्रभावों को कम करने का कार्य करती है। यह प्रौद्योगिकी कृषि उत्पादन को बढ़ाने, रासायनिक उर्वरकों और कीटनाशकों के उपयोग को कम करने, तथा प्राकृतिक संसाधनों के संरक्षण में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है।

हरित नैनो प्रौद्योगिकी के द्वारा कृषि में कीटनाशकों, उर्वरकों और अन्य रासायनिक पदार्थों के उपयोग को नियंत्रित किया जा सकता है, जिससे मृदा और जल स्रोतों में प्रदूषण कम होता है। नैनोमटीरियल्स के उपयोग से कृषि में जल और पोषक तत्वों का बेहतर प्रबंधन किया जा सकता है, जिससे फसल उत्पादन में वृद्धि होती है और पर्यावरणीय प्रभाव भी कम होते हैं।

इसके अलावा, हरित नैनो प्रौद्योगिकी का उपयोग पौधों के विकास को उत्तेजित करने, बीमारियों और कीटों से सुरक्षा प्रदान करने और उर्वरकों की खपत को नियंत्रित करने में भी किया जा सकता है। यह प्रौद्योगिकी कृषि कार्यों में स्थिरता और दक्षता लाती है, जिससे सतत कृषि प्रणालियाँ विकसित की जा सकती हैं।

हरित नैनो प्रौद्योगिकी का कृषि में उपयोग न केवल उत्पादन बढ़ाने में सहायक है, बल्कि यह पर्यावरण को सुरक्षित रखने में भी मदद करता है। इसके द्वारा किसानों को कम लागत में उच्च गुणवत्ता वाली फसलें प्राप्त करने में सहायता मिलती है, जिससे आर्थिक और पर्यावरणीय दृष्टिकोण से कृषि क्षेत्र में क्रांति लाई जा सकती है।

आवश्यकता

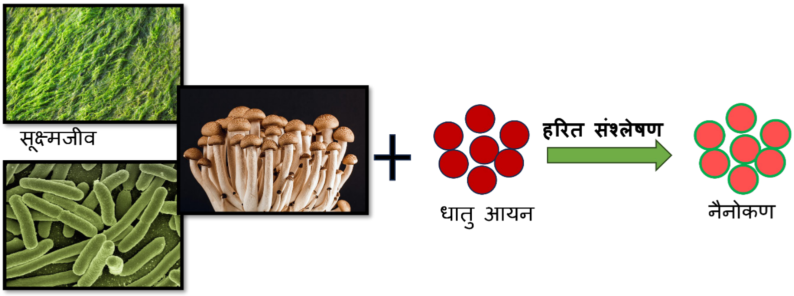
1. **पर्यावरणीय संकट और प्रदूषण**: वर्तमान में पारंपरिक कृषि, उद्योग और अन्य क्षेत्रों में पर्यावरणीय संकट और प्रदूषण बढ़ता जा रहा है। कीटनाशकों, रासायनिक उर्वरकों और अन्य हानिकारक पदार्थों का अत्यधिक उपयोग मृदा, जल और वायु प्रदूषण का कारण बनता है। हरित नैनो प्रौद्योगिकी, इन समस्याओं का समाधान प्रस्तुत करती है क्योंकि यह पर्यावरण पर कम से कम प्रभाव डालते हुए, कृषि और औद्योगिक प्रक्रियाओं में सुधार करती है।
2. **संसाधनों की कमी**: जल, ऊर्जा और अन्य प्राकृतिक संसाधनों की कमी लगातार हो रही है। पारंपरिक विधियाँ इन संसाधनों का अत्यधिक उपयोग करती हैं। हरित नैनो प्रौद्योगिकी जल, ऊर्जा और पोषक तत्वों का अधिकतम उपयोग सुनिश्चित करती है, जिससे इनकी बचत होती है और संसाधनों का स्थायी उपयोग संभव होता है।
3. **सतत विकास की आवश्यकता**: दुनिया भर में सतत विकास को बढ़ावा देने की आवश्यकता महसूस हो रही है। हरित नैनो प्रौद्योगिकी सतत कृषि, ऊर्जा उत्पादन और अन्य क्षेत्रों में उपयोग करके इस दिशा में महत्वपूर्ण योगदान दे सकती है। यह तकनीक पर्यावरण के अनुकूल, कुशल और टिकाऊ समाधान प्रदान करती है।

लाभ

1. **कम रासायनिक उपयोग**: पारंपरिक कृषि और औद्योगिकीकरण में रासायनिक कीटनाशकों और उर्वरकों का अत्यधिक उपयोग किया जाता है, जो पर्यावरण और स्वास्थ्य के लिए हानिकारक होते हैं। हरित नैनो प्रौद्योगिकी के द्वारा नैनोमटीरियल्स और नैनोस्केल तकनीकों का उपयोग कम रासायनिक पदार्थों से कृषि उत्पादों की सुरक्षा और उर्वरक उपलब्ध कराने में किया जाता है, जिससे प्रदूषण कम होता है।
2. **ऊर्जा और संसाधन दक्षता**: हरित नैनो प्रौद्योगिकी द्वारा संसाधनों का अधिकतम उपयोग सुनिश्चित किया जाता है। उदाहरण के लिए, नैनोस्केल जल शोधन प्रणाली से जल का बेहतर उपयोग किया जा सकता है, वहीं नैनोमटीरियल्स से ऊर्जा दक्षता में वृद्धि होती है, जैसे सौर पैनलों की क्षमता में वृद्धि।
3. **बेहतर फसल उत्पादन**: हरित नैनो प्रौद्योगिकी का उपयोग पौधों के विकास को उत्तेजित करने के लिए किया जा सकता है, जिससे फसल उत्पादन में वृद्धि होती है। यह तकनीक मृदा की गुणवत्ता सुधारने, पौधों को जलवायु परिवर्तन से सुरक्षा देने और पोषक तत्वों की कमी को दूर करने में मदद करती है।
4. **कम पर्यावरणीय प्रभाव**: पारंपरिक विधियाँ अक्सर अधिक ऊर्जा की खपत और प्रदूषण का कारण बनती हैं। हरित नैनो प्रौद्योगिकी पर्यावरणीय प्रभावों को कम करती है क्योंकि यह नैनोस्केल पर काम करती है, जिससे अधिक प्रभावी और टिकाऊ परिणाम प्राप्त होते हैं।
5. **नवीनता और क्रांतिकारी समाधान**: पारंपरिक विधियाँ अधिकतर पुराने तरीकों पर आधारित होती हैं, जबकि हरित नैनो प्रौद्योगिकी एक क्रांतिकारी समाधान प्रदान करती है जो न केवल पर्यावरण हितैषी है, बल्कि कृषि, जलवायु परिवर्तन, और ऊर्जा संकट जैसी समस्याओं का समाधान भी प्रदान करती है।

हरित नैनो प्रौद्योगिकी में नैनोमटीरियल्स को पर्यावरण के अनुकूल और जैविक प्रक्रियाओं के माध्यम से तैयार किया जाता है, जिससे पर्यावरण पर न्यूनतम प्रभाव पड़ता है और सतत विकास को बढ़ावा मिलता है। पारंपरिक नैनोमटीरियल्स के निर्माण में रासायनिक रीड्यूसर्स और उच्च तापमान की आवश्यकता होती है, जो पर्यावरण के लिए हानिकारक हो सकते हैं। इसके विपरीत, हरित नैनो प्रौद्योगिकी में जैविक प्रक्रियाएँ, प्राकृतिक रसायन और कम ऊर्जा की खपत वाले तरीके अपनाए जाते हैं। इन विधियों से नैनोमटीरियल्स तैयार करने से न केवल उत्पादन की लागत कम होती है, बल्कि पर्यावरणीय प्रभाव भी काफी हद तक कम हो जाते हैं।

1. जैविक संश्लेषण



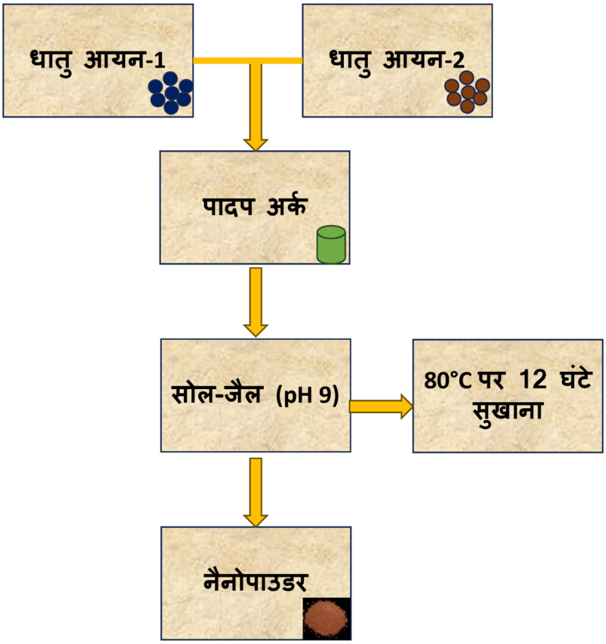
चित्र 1: सूक्ष्मजीवों द्वारा नैनोंकणों का निर्माण

जैविक संश्लेषण, यानी जीवों की मदद से नैनोमटीरियल्स का निर्माण, हरित नैनो प्रौद्योगिकी का सबसे महत्वपूर्ण तरीका है। इसमें जीवाणु, कवक, जीवाणु, और पौधों के अर्क का उपयोग किया जाता है। यह प्रक्रिया न केवल पर्यावरणीय रूप से सुरक्षित होती है, बल्कि यह नैनोमटीरियल्स के निर्माण को प्राकृतिक रूप से नियंत्रित भी करती है। उदाहरण के तौर पर, कुछ जीवाणु जैसे *स्यूडोमोनास* और *बेसिलस* नैनोमटीरियल्स जैसे सिल्वर और गोल्ड नैनोपार्टिकल्स का निर्माण करते हैं। इसके अलावा, पौधों के अर्क से भी नैनोमटीरियल्स तैयार किए जा सकते हैं, जो पूरी तरह से जैविक होते हैं और पर्यावरण के लिए अनुकूल होते हैं।

2. हरित अपचयन

हरित अपचयन प्रक्रिया में प्राकृतिक रिड्यूसर्स का उपयोग किया जाता है, जैसे कि पौधों के अर्क और जैविक रसायन, ताकि धातु आयनों को नैनोमटीरियल्स में बदला जा सके। इसमें रासायनिक रीड्यूसर्स का इस्तेमाल पारंपरिक तरीके से कम किया जाता है, जिससे यह प्रक्रिया न केवल पर्यावरण के लिए सुरक्षित होती है, बल्कि यह अधिक किफायती भी होती है। हरित अपचयन का उपयोग खासकर धातु आधारित नैनोमटीरियल्स, जैसे सिल्वर, गोल्ड और कॉपर नैनोमटीरियल्स के निर्माण में किया जाता है।

3. हरित सोल-जैल प्रक्रिया



चित्र 2: सोल-जैल द्वारा नैनोंकणों का निर्माण

सोल-जैल प्रक्रिया एक हरित विधि है जिसमें जैविक रसायनों का उपयोग किया जाता है। इस प्रक्रिया में, सूक्ष्म स्तर पर धातु के ऑक्साइड को एक जैविक सॉल्वेंट में घोलकर नैनोमटीरियल्स तैयार किए जाते हैं। इस विधि में ऊर्जा और रसायनों का उपयोग कम होता है, जो इसे पर्यावरण के लिए सुरक्षित बनाता है। यह प्रक्रिया नैनोकोटिंग्स और नैनोफाइबर बनाने के लिए उपयुक्त है।

4. माइक्रोबियल विधि

माइक्रोबियल विधि में सूक्ष्मजीवों का उपयोग करके नैनोमटीरियल्स तैयार किए जाते हैं। यह विधि विशेष रूप से धातु आयनों के नैनोमटीरियल्स में बदलने के लिए उपयुक्त है। विभिन्न जीवाणु, जैसे *एशेरीकिया कोलाई* और *स्ट्रेप्टोमाइसिस*, धातु

के आयनों को नैनोमटीरियल्स में परिवर्तित कर सकते हैं। इस विधि से तैयार नैनोमटीरियल्स अधिक सुरक्षित और पर्यावरण के लिए अनुकूल होते हैं।

5. नैनोप्रेसिपिटेशन

नैनोप्रेसिपिटेशन एक अन्य हरित विधि है, जिसमें एक घोल (solution) को एक अघुलनशील तरल (non-solvent) में डालकर नैनोमटीरियल्स तैयार किए जाते हैं। इस प्रक्रिया में रासायनिक उत्प्रेरकों का उपयोग नहीं होता और यह ऊर्जा की खपत को कम करती है, जिससे यह पर्यावरण के लिए अनुकूल होती है। नैनोप्रेसिपिटेशन का उपयोग विशेष रूप से नैनोकोटिंग्स और नैनोफाइबर बनाने में किया जाता है।

6. हरित इलेक्ट्रोस्पिनिंग

हरित इलेक्ट्रोस्पिनिंग तकनीक में जैविक पॉलिमर और जैविक रसायनों का उपयोग करके नैनोफाइबर तैयार किए जाते हैं। इसमें उच्च वोल्टेज का उपयोग करके नैनोफाइबर को उत्पन्न किया जाता है, जो पर्यावरणीय दृष्टिकोण से सुरक्षित होता है। यह तकनीक ऊर्जा की खपत को कम करती है और प्रदूषण के स्तर को घटाती है।

निष्कर्ष

हरित नैनो प्रौद्योगिकी में नैनोमटीरियल्स की तैयारी पारंपरिक रासायनिक विधियों की तुलना में अधिक पर्यावरणीय रूप से अनुकूल है। जैविक संश्लेषण, हरित रिडक्शन, और अन्य जैविक प्रक्रियाएँ न केवल नैनोमटीरियल्स के निर्माण में मदद करती हैं, बल्कि यह प्रदूषण को कम करने, ऊर्जा की बचत और प्राकृतिक संसाधनों के संरक्षण में भी योगदान देती हैं। इन तकनीकों का उपयोग कृषि, जल प्रबंधन, ऊर्जा दक्षता और अन्य क्षेत्रों में किया जा सकता है, जिससे सतत विकास को बढ़ावा मिलता है और पर्यावरणीय संकट से निपटने में मदद मिलती है।

हरित संश्लेषण: कृषि उपयोगिताओं हेतु नैनोकणों के उत्पादन के लिए कुशल तकनीक

नैनोटेक्नोलॉजी आज के परिदृश्य का एक ज्वलित और शोध योग्य विषय है। एक ऐसी सूक्ष्म वस्तु को विकसित करना चुनौतीपूर्ण कार्य है जो अपने छोटे आकार के कारण लोगों के दैनिक कार्यों को आसान बनाती है | यह तकनीकी सेंसर, ईंधन सेल, ऊर्जा भंडारण और संरक्षण जैसे कृत्रिम बुद्धिमत्ता उपकरण बनाती है। विभिन्न कार्सिनोजेनिक रोगों के इलाज और दवा वितरण में इसका व्यापक कार्यान्वयन है। नैनोटेक्नोलॉजी आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस स्तर को बढ़ाने के लिए विभिन्न तरीकों का उपयोग करती है। आज की दुनिया में लोगों को एक स्मार्ट तकनीकी की जरूरत है, जिसे माइक्रो रिमोट से नियंत्रित किया जा सकता है। इस उद्देश्य को नैनोटेक्नोलॉजी द्वारा हल किया जा रहा है। वर्तमान पीढ़ी की इच्छाओं को पूरा करने और भविष्य की दुनिया की जरूरतों को पूरा करने के लिए नैनोटेक्नोलॉजी शोधों की आवश्यकता है।

इसके बहुमुखी कार्यान्वयन और तेजी से बढ़ती मांग ने उच्च गुणवत्ता वाले नैनोमैटिरियल्स के संश्लेषण के लिए अभिनव उपायों का मार्ग प्रशस्त किया है। रासायनिक और पारंपरिक तरीकों से संश्लेषित नैनो सामग्री कार्सिनोजेनिक रसायनों, उच्च ऊर्जा लागत और उच्च दबाव का उपयोग करती है। वाष्पशील वाष्प, हानिकारक गैसों की उत्सर्जन हरित हाउस प्रभाव आदि का कारण बनती है। ये रसायन पर्यावरण के लिए खतरा हैं इनसे खाद्य श्रृंखला में गड़बड़ी हो रही है | ये रसायन श्वसन पथ, त्वचीय, नाक गुहा के द्वारा न केवल मनुष्यों को नुकसान पहुंचाती है, बल्कि जानवरों को भी तंत्रिका व्यवहार संबंधी और प्रजनन जोखिम के कारण बनते है।

हरित संश्लेषण

यह जहरीले कचरे को कम करने, ऊर्जा की खपत को कम करने, पानी, एसीटोन, इथेनॉल, मेथनॉल आदि जैसे पारिस्थितिक सॉल्वैंट्स का उपयोग, जीवाणु, कवक, खमीर जैसे जैविक एजेट्स के रूप में संसाधनों का उपयोग करने का एक पर्यावरण-अनुकूल और टिकाऊ तरीका है।

हरित रसायन के लाभ

- पर्यावरण प्रदूषण को कम करता है क्योंकि पर्यावरण के अनुकूल तरीकों का उपयोग शामिल है।
- अनावश्यक कचरे की रोकथाम, क्योंकि कम उपोत्पाद का उत्पादन होता है।
- परमाणु आर्थिक जिसका अर्थ है उत्पाद का अधिकतम प्रतिशत और कम मध्यवर्ती गठन देने के लिए अभिकारकों के परमाणुओं का अधिकतम उपयोग।
- कम विषैले विलायक का उपयोग जिससे जल प्रदूषण को रोका जा सके।
- पानी, एसीटोन और इथेनॉल जैसे कम विषैले और सुरक्षित अलग करने वाले यौगिकों का उपयोग।
- कम दबाव और तापमान का उपयोग करने वाली ऊर्जा का न्यूनतमकरण।

- कम खतरनाक उत्पाद संश्लेषण।
- वायु प्रदूषण को रोकने के लिए नवीकरणीय पोषक अभिकर्मक का उपयोग।
- ब्लॉकिंग और डीप्रोटेक्टिंग अभिकर्मक जैसे डेरिवेटिव का कम उपयोग, क्योंकि वे अपशिष्ट उत्पन्न करेंगे।
- अधिक चयनात्मक उत्प्रेरक का उपयोग।
- रासायनिक उत्पाद को इस तरह से डिज़ाइन किया जाना चाहिए ताकि यह सड़ सकने वाला हो जिससे
- खतरा एवं जोखिम कम से कम हो।
- तैयार किए गए उत्पाद के घातक स्तर के बारे में जानकारी प्राप्त करने के लिए विश्लेषणात्मक तरीकों को विकसित करने की आवश्यकता है।
- चुना गया रासायनिक पदार्थ ऐसा होना चाहिए जिसमें आग लगने, भाप लेने और विस्फोट होने की संभावना कम हो।

चित्र 3: हरित संश्लेषण के उपयोग एवं लाभ

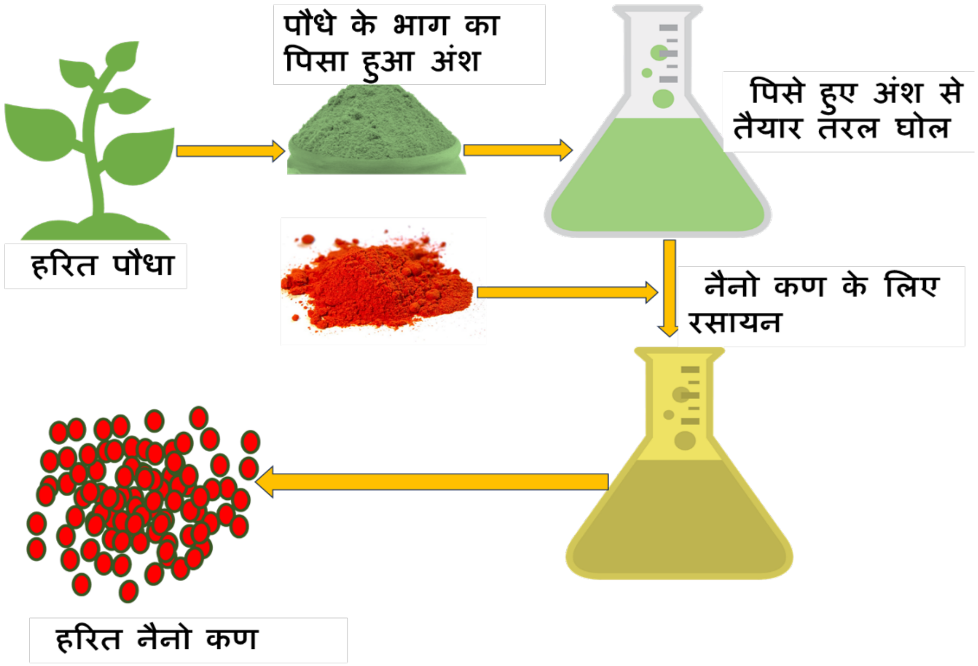
तालिका 1: हरित ननोटेक्नोलोजी में उपयोग होने वाले पौधे के विभिन्न भाग

पौधों का भाग	ग्रीन नैनोटेक्नोलॉजी में उपयोग	उदाहरण
पत्तियाँ	नैनोकणों के जैव-संश्लेषण के लिए।	सिल्वर और गोल्ड नैनोपार्टिकल्स का निर्माण।
जड़ें	पर्यावरणीय नैनोफिल्टर्स के लिए नैनोमैटेरियल्स का विकास।	मिट्टी से प्रदूषणकारी धातुओं को हटाने के लिए।
फूल	बायोएक्टिव नैनोकणों का निर्माण, जिनका उपयोग औषधीय या एंटीमाइक्रोबियल एजेंट के रूप में किया जा सकता है।	एंटीमाइक्रोबियल नैनोमैटेरियल्स के लिए जैविक संसाधन।
फल	प्राकृतिक रंगों और फ्लेवर वाले नैनोकणों के विकास में।	फूड पैकेजिंग के लिए नैनोकोटिंग्स।
बीज	नैनोकणों के निर्माण के लिए एंजाइम और बायोमोलिक्यूल्स का स्रोत।	फसल वृद्धि के लिए नैनोफर्टिलाइज़र।
छाल	एंटीऑक्सीडेंट और एंटीबैक्टीरियल गुणों वाले नैनोकणों के उत्पादन के लिए।	औषधीय नैनोकणों का निर्माण।
तना	टिकाऊ नैनोमैटेरियल्स के लिए फाइबर और सेलुलोज का उपयोग।	बायोडिग्रेडेबल नैनोकंपोजिट सामग्री।

हरित रसायन की संश्लेषण विधि

बॉल मिलिंग

यह एक बॉल मिलिंग प्रक्रिया है जहां बॉल मिल में रखा गया पाउडर मिश्रण गेंदों से उच्च-ऊर्जा टकराव के अधीन होता है। बॉल मिल एक प्रकार की चक्की है जिसका उपयोग सामग्री को पीसने या मिश्रण करने के लिए किया जाता है। यह एक यांत्रिक प्रक्रिया है। आकार में कमी प्रभाव द्वारा की जाती है क्योंकि गोले खोल के शीर्ष के पास से गिरते हैं। ग्राइंडिंग ऐसी गेंदें हैं, जो स्टील (क्रोम स्टील), स्टेनलेस स्टील, सिरेमिक या रबर से बनी हो सकती हैं। बेलनाकार खोल की आंतरिक सतह आमतौर पर घर्षण प्रतिरोधी सामग्री जैसे मैंगनीज स्टील या रबर अस्तर के साथ पंक्तिबद्ध होती है। रबर लाइन वाली मिलों में घिसाव कम होता है।



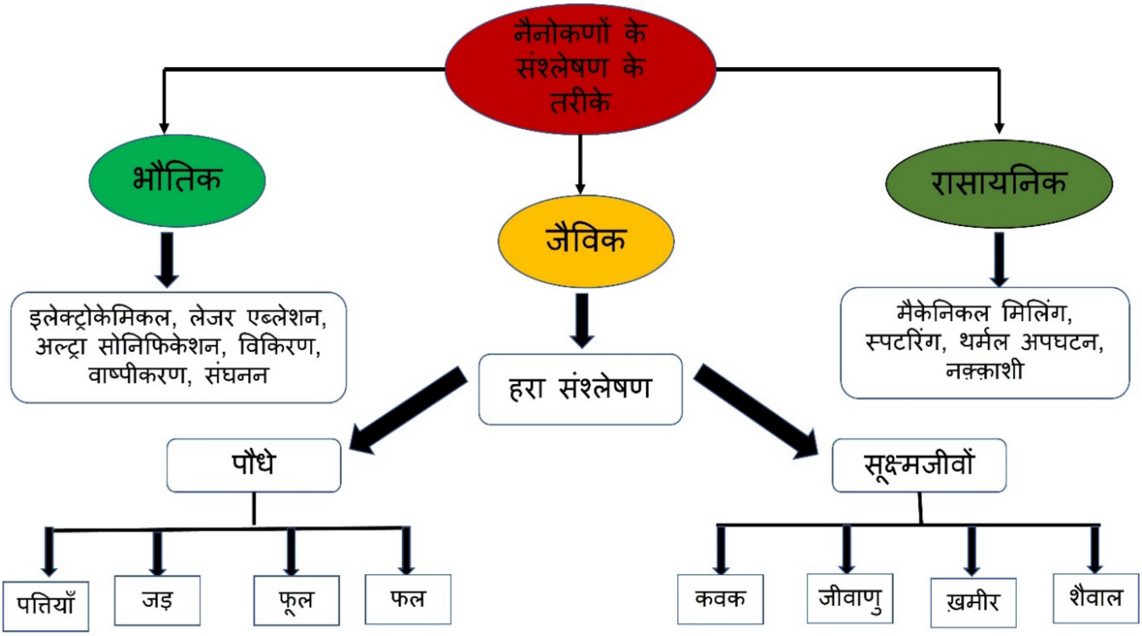
चित्र 4. हरित संश्लेषण प्रक्रिया के विभिन्न चरण

सूक्ष्म तरंग विकिरण

पारंपरिक हीटिंग की तुलना में यह स्वच्छ, तेज, समय बचाने वाली प्रतिक्रिया है। प्रतिक्रिया के लिए आवश्यक ऊष्मा ऊर्जा का उपयोग किया जाता है। अभिकारकों को ऐसे चुना जाना चाहिए जो विद्युत चुम्बकीय तरंग पर प्रतिक्रिया करता हो। यह एक तेज़ प्रतिक्रिया है क्योंकि अभिकारक और विकिरण सीधे संपर्क में हैं।

फोटोकैटलिसिस

यह फोटोरिएक्शन का एक संशोधन है। प्रतिक्रिया गर्मी और उत्प्रेरक की उपस्थिति में होती है। इलेक्ट्रॉन ऊर्जा प्राप्त करता है और जमीन से उत्तेजित अवस्था में उत्तेजित होता है। उत्प्रेरक प्रतिक्रिया को गति देता है। यह उपभोग किए बिना प्रतिक्रिया में भाग लेता है।



चित्र 5. नैनोकणों के संश्लेषण के विभिन्न तरीके

जैविक तरीके

नैनोकणों के उत्पादन के लिए यह एक बहुत ही कुशल तरीका है। इसे प्रकृति में मौजूद जैविक एजेंटो की जरूरत है। जीव विज्ञान आधारित हरित रसायन विधियों में जीवाणु, विषाणु, खमीर, पौधों के अर्क, कवक और शैवाल का उपयोग शामिल है, जिनमें से हम पौधों के अर्क को सबसे लगातार और लोकप्रिय हरित मार्ग मानते हैं। वे केवल कैपिंग, डीप्रोटेक्टिंग अभिकर्मक के रूप में कार्य करते हैं, इसलिए इसमें जहरीले रसायनों की कोई आवश्यकता नहीं है।

निष्कर्ष

स्वच्छ, कम विषैले रसायन के लिए दुनिया की उच्च आवश्यकता है। हरित रसायन में पारंपरिक की तुलना में कई बेहतर तरीके हैं जिन्हें बुनियादी स्तर पर क्रियान्वित किया जा सकता है। हरित हाउस प्रभाव, अम्ल वर्षा, ग्लेशियरों के पिघलने, ओजोन परत की कमी, आग विस्फोट जैसी विभिन्न विनाशकारी आपदाओं को रोकने के लिए पर्यावरण को हरित रसायन की आवश्यकता है। नैनोकणों और उनके सम्मिश्रण को हरित रसायन द्वारा संश्लेषित किया जाता है। धातु, गैर धातु और धातु ऑक्साइड की नैनो सामग्री को संश्लेषित किया जा सकता है। नए शोध हरित रसायन की ओर अधिक से अधिक आकर्षित हो रहे हैं। क्योकि इसमें रासायनिक प्रतिक्रिया के लिए तरीकों को इस तरह से तैयार किया जाता है कि यह पर्यावरण को प्रदूषित होने से रोकता है।

कृषि भौतिकी संभाग का योगदान

आम (*मैग्नीफेरा इंडिका* एल.) के पेड़ों की पत्तियों का उपयोग करके आयरन ऑक्साइड (मैग्नेटाइट) नैनोकणों का हरित संश्लेषण

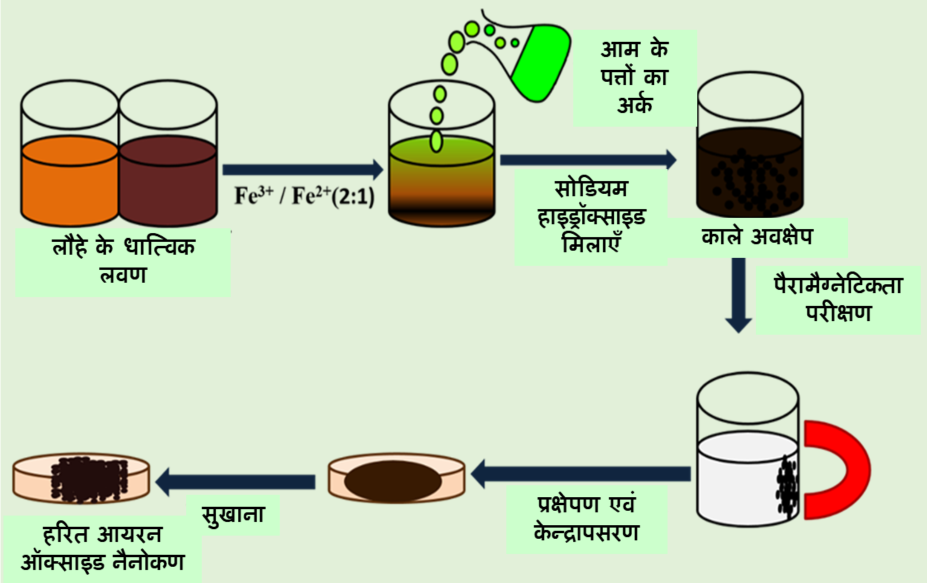
परिचय

मैग्नेटिक नैनोकण मुख्य रूप से लोहे, कोबाल्ट, निकल और उनके यौगिकों से बनते हैं। लेकिन जब इन नैनोकणों का उपयोग नैनोसेंसिंग अनुप्रयोगों में किया जाता है, तो उनकी सुरक्षा और खाद्य पदार्थों में विषाक्तता चिंता का प्रमुख विषय बन जाती है। इसलिए, खाद्य पदार्थों में आमतौर पर उपयोग किए जाने वाले मैग्नेटिक नैनोकण आयरन ऑक्साइड (Fe_3O_4) के नैनोकण होते हैं, जो गैर-विषाक्त और जैव-अनुकूल होते हैं। आयरन ऑक्साइड नैनोकणों के सतह संशोधन से विभिन्न जैव-सक्रिय अणुओं को विभिन्न उपयोगों के लिए जोड़ा जा सकता है। आर्द्र रासायनिक विधि के माध्यम से इन नैनोकणों का निर्माण तुलनात्मक रूप से सरल और ऊर्जा-कुशल होता है, जो नैनोकणों के आकार, संरचना और संरचना पर उचित नियंत्रण प्रदान करता है। हालांकि, पारंपरिक विधियों का नुकसान यह है कि ये पर्यावरण अनुकूल नहीं हैं और हमारे प्राकृतिक संसाधनों को प्रदूषित करती हैं, जो अंततः मानव और पशु स्वास्थ्य के लिए खतरनाक साबित होती हैं। पौधों के अर्क, खाद्य अपशिष्ट, और कृषि अवशेषों में मौजूद फाइटोकेमिकल्स का उपयोग करके नैनोकणों का निर्माण एक नवीन और पर्यावरण-अनुकूल विधि है। इस प्रक्रिया के कई लाभ हैं, जैसे कि कम पर्यावरणीय प्रदूषण, कम उप-उत्पाद उत्पादन, उच्च उत्पाद दक्षता, कम विषाक्त सॉल्वेंट का उपयोग, ऊर्जा की खपत में कमी, और कम खतरनाक उत्पाद निर्माण।

कार्यप्रणाली

आयरन ऑक्साइड (मैग्नेटाइट) नैनोकणों का हरित संश्लेषण के लिए, आम के पत्ते, भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान परिसर, नई दिल्ली, भारत से एकत्र किए गए। स्वस्थ पत्तों का चयन किया गया और धूल और अन्य कणों को हटाने के लिए इन्हें आसुत जल से धोया गया। इसके बाद पत्तों को 10 दिनों तक धूप में सुखाया गया। हर दिन के अंत में, आंशिक रूप से सूखे पत्तों को ठंडा कर वातावरण के साथ संपर्क से बचाने के लिए तुरंत वैक्यूम सील बैग में संग्रहीत किया गया। पूरी तरह से सूखे पत्तों को छोटे-छोटे टुकड़ों में काटकर अच्छी तरह से पीसा गया। अर्क समाधान की तैयारी के लिए, 1 ग्राम सूखे पत्ते के पाउडर को 100 मि.ली. आसुत जल में रातभर भिगोया गया और फिर इसे 70° सेन्टीग्रेड पर एक घंटे तक गर्म किया गया। इसके बाद, अर्क को वाटमैन (Whatman) नंबर 1 फिल्टर पेपर का उपयोग करके छाना गया और उपयोग के लिए 4° सेन्टीग्रेड, पर संग्रहीत किया गया। हरित मैग्नेटाइट नैनोकणों के संश्लेषण के लिए, 50 मि.ली. आम पत्ती के अर्क को Fe^{3+} ($FeCl_3.6H_2O$) और Fe^{2+} ($FeSO_4.7H_2O$) (2:1, w/w) के साथ में आसुत जल के साथ मिलाया गया। ताजा तैयार अमोनिया (25%) को धीरे-धीरे और लगातार हिलाते हुए घोल में मिलाया गया, जब तक कि पी.एच. 11 तक न पहुँच जाये। प्रतिक्रिया पूरी होने और समाधान के समरूपीकरण के लिए मिश्रण को लगातार हिलाया गया। बने हुए अवक्षेप के चुंबकीय स्वभाव का परीक्षण एक स्थायी चुंबक का उपयोग करके किया गया। इसके बाद, अवक्षेपों को सेंट्रीफ्यूज (4500 r.p.m., 30 मिनट) करके अलग किया गया और बार-

बार आसुत जल से धोया गया। एकत्र किए गए मैग्नेटाइट नैनोकणों को माइक्रोवेव ओवन में 70° सेन्टीग्रेड तापमान पर सुखाया गया। अध्ययन में तैयार किए गए नैनोकणों को विभिन्न तकनीकों का उपयोग करके विश्लेषण किया गया।



चित्र 6. हरित नैनोकणों के संश्लेषण की प्रक्रिया

स्पेक्ट्रोस्कोपिक लक्षणों का वर्णन यूवी वीस (मोट्रास साइंटिफिक इंस्ट्रूमेंट्स प्राइवेट लिमिटेड, भारत) और फोरियर ट्रांसफॉर्म इंफ्रारेड स्पेक्ट्रोमीटर (एफटीआईआर, ब्रुकर कॉर्पोरेशन, यूएसए) का उपयोग करके किया गया। लेटिस संरचना और चरण निर्धारण के लिए एक्स-रे डिफ्रेक्शन (एक्सआरडी) तकनीक का उपयोग किया गया। एक्सआरडी विश्लेषण से प्राप्त डेटा से हरित आयरन ऑक्साइड नैनोकणों के विशिष्ट सिग्नेचर पीक को मानक स्पेक्ट्रम (जेसीपीडीएस 65-3107) के साथ मेल खाते हुए पाया गया। सतह संरचना और टोपोलॉजी का अध्ययन स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोप (एसईएम) और ट्रांसमिशन इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोप (टीईएम) का उपयोग करके किया गया। वैलेंस और कंडक्शन बैंड के बीच ऊर्जा के अंतर से एब्जॉर्प्शन एज स्पेक्ट्रल पोजीशन का निर्धारण किया गया। टौस (Tauc) प्लॉट का उपयोग करके एनर्जी बैंड गैप का मूल्यांकन किया गया। एब्जॉर्प्शन स्पेक्ट्रा में, 298 nm के आसपास का बैंड आइरन ऑक्साइड नैनोकणों के गठन की पुष्टि करता है (चित्र 1(a))। एनर्जी बैंड गैप 2.96 ई.वी पाया गया (इनसेट चित्र 1(a))। ऑप्टिकल गुण जैसे अपवर्तनांक (रिफ्रेक्टिव इंडेक्स) का उपयोग करके इस प्रकार गणना की गई:

यहाँ,

μ = आयरन ऑक्साइड नैनोकणों का अपवर्तनांक,

E_g = ऑप्टिकल एनर्जी बैंड गैप,

K = स्थिरांक (1.08 eV)

गणना के अनुसार, अपवर्तनांक 2.45 ई.वी पाया गया। सामान्यतः, अपवर्तनांक और ऑप्टिकल बैंड गैप के बीच विपरीत संबंध होता है, अतः ऑप्टिकल बैंड गैप के बढ़ने से अपवर्तनांक घटा। उच्च अपवर्तनांक और व्यापक बैंड गैप ऊर्जा, आयरन ऑक्साइड नैनोकणों को सेंसिंग अनुप्रयोगों के लिए उपयुक्त बनाते हैं।

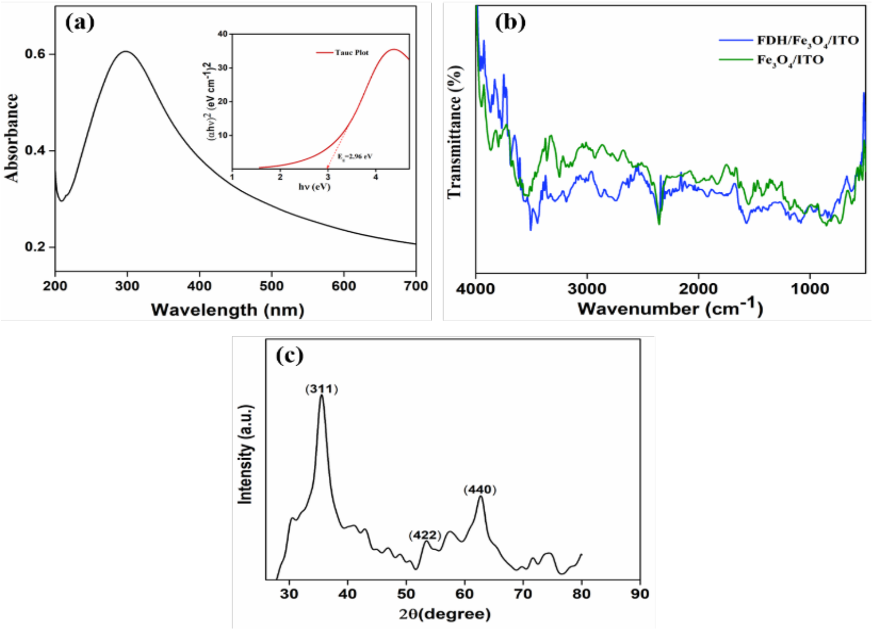
एफटी-आईआर (एफटी-आईआर) स्पेक्ट्रा की मदद से संश्लेषित हरित नैनोकणों के विशिष्ट रसायनिक संरचना का पता चला। नैनोकणों की सतह पर फॉर्मल्डिहाइड डिहाइड्रोजेनेज (एफडीएच, FDH) एंजाइम की इम्मोबिलाइज़ेशन के कारण संशोधनों और नयी संरचना का निर्माण भी स्पष्ट होता है।

- दोनों स्पेक्ट्रा में, 3620 cm^{-1} पर हाइड्रॉक्सिल समूह (O-H) के खिंचाव (स्ट्रेचिंग) को दर्शाता है, जो पानी के अणुओं की उपस्थिति के कारण है।
- नमूना तैयारी के दौरान पर्यावरण में कार्बन डाईऑक्साइड की अधिकता के कारण, 2375 cm^{-1} पर कार्बन डाईऑक्साइड एब्जॉर्प्र्शन पीक देखा गया।
- 638 cm^{-1} पर एक तीव्र पीक ने Fe-O बंधन कंपन और हरित Fe_3O_4 नैनोकणों की क्रिस्टल संरचना को उजागर किया।

एंजाइम इम्मोबिलाइज़ेशन के दौरान, एंजाइम के एमाइड बंधों के विशिष्ट पीक को इम्मोबिलाइज़ सामग्री के स्पेक्ट्रम में पहचाना गया।

- 1695 cm^{-1} पर एक अन्य पीक और 3570 cm^{-1} पर डबलट ने एमाइड बैंड के झुकने और खिंचाव कंपन को इंगित किया गया है। यह हरित आइरन ऑक्साइड नैनोकण फिल्म (चित्र 1(b)) पर एंजाइम की इम्मोबिलाइज़ेशन की पुष्टि करते है। 570 cm^{-1} पर पीक Fe–O बंधन कंपन को इंगित करता है। 2874 और 1468 cm^{-1} पर प्राप्त पीक O–H और H–O–H बंधों के कंपन को प्रदर्शित करती हैं ।

एक्स-रे डिफ्रेक्शन (XRD) पैटर्न का उपयोग आइरन ऑक्साइड नैनोकणों की क्रिस्टल संरचना, और क्रिस्टलीय ग्रेन आकार का अध्ययन करने के लिए किया गया। हरित आइरन ऑक्साइड नैनोकणों का XRD स्पेक्ट्रम (चित्र 7(c)) प्राप्त किया गया।

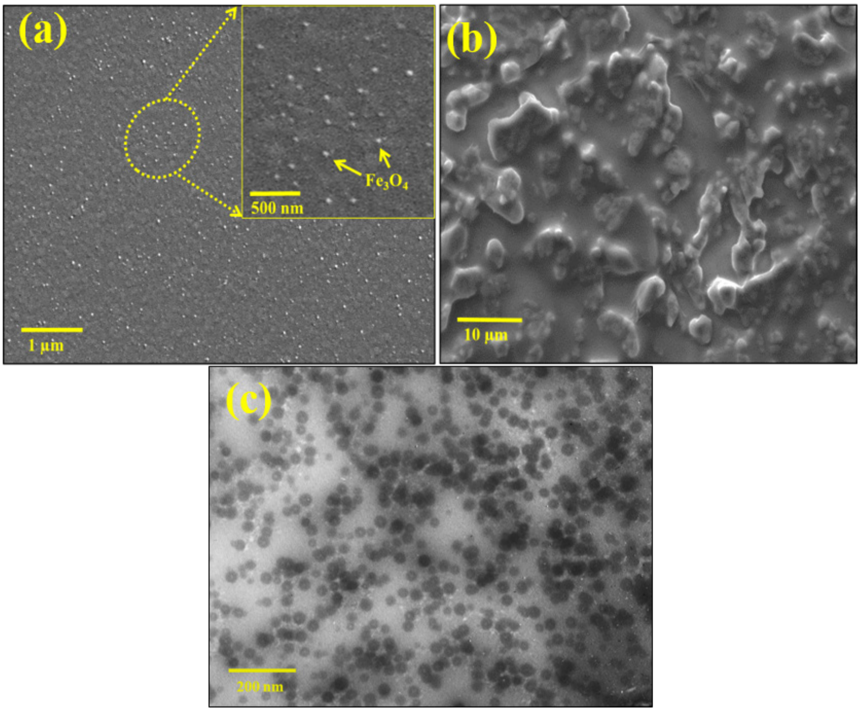


चित्र 7. (a) हरित मैग्नेटाइट नैनोकणों की यूवी-विस प्रतिक्रिया (इनसेट: टॉक प्लॉट) (b) हरित नैनोकणों के लिए प्राप्त एफटीआईआर पीक (c) हरित मैग्नेटाइट नैनोकणों के लिए प्राप्त एक्सआरडी स्पेक्ट्रम

- स्पेक्ट्रम में प्रमुख पीक, विभिन्न प्लेन्स से मेल खाते हुए, क्रिस्टलाइट की फेस-सेंटर्ड क्यूबिक स्पिनल संरचना (JCPDS 65-3107) की पुष्टि करते हैं।
- स्पेक्ट्रा में बहुत चौड़े पीक नैनोकणों के छोटे आकार और सूक्ष्म प्रकृति को इंगित करते हैं।
- डेबाई-शेरर समीकरण का उपयोग करके हरित आइरन ऑक्साइड नैनोकणों का क्रिस्टलाइट आकार 34 नैनोमीटर पाया गया।

एसईएम माइक्रोग्राफ (चित्र 2(a) और 2(c)) में, आइरन ऑक्साइड नैनोकण पूरे सतह पर फैले हुए दिखे, हालांकि कुछ स्थानों पर उनका समूहकरण देखा गया।

- यह इंटर-पार्टिकल डिपोल-डिपोल चुंबकीय अंतःक्रिया के कारण हो सकता है।
- इसके अलावा, चुंबकीय आयरन ऑक्साइड नैनोकणों की सतह हाइड्रोफोबिक प्रकृति प्रदर्शित करती है।



चित्र 8. (a) हरित मैग्नेटाइट नैनोकणों की स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपिक छवि (b) एंजाइम इम्मोबिलाइज़्ड हरित मैग्नेटाइट नैनोकण फिल्म (c) हरित मैग्नेटाइट नैनोकणों की उच्च-रिज़ॉल्यूशन SEM छवि

एंजाइम इम्मोबिलाइज़ेशन के बाद, नियमित घने वितरित नैनोकणों ने गोलाकार सतह संरचना में परिवर्तन किया (चित्र 8(b))। यह हरित आइरन ऑक्साइड नैनोकणों की सतह पर एंजाइम के सोखने के कारण हुआ।

निष्कर्ष

आम के पेड़ (मैग्नीफेरा इंडिका एल.) की पत्तियों का उपयोग करके आइरन ऑक्साइड नैनोकणों का हरित फैब्रिकेशन पर्यावरण के अनुकूल, किफायती और स्थायी दृष्टिकोण को दर्शाता है। ये हरित नैनोकण वांछनीय संरचनात्मक और कार्यात्मक गुण प्रदर्शित करते हैं, जो उन्हें पर्यावरण पुनर्स्थापन, जैव चिकित्सा और उत्प्रेरण जैसे

विभिन्न क्षेत्रों में अनुप्रयोगों के लिए उपयुक्त बनाते हैं। खाद्य उद्योग में, इनका उपयोग एंटीमाइक्रोबियल गुणों वाले पैकेजिंग सामग्री में किया जाता है, जो शेल्फ जीवन बढ़ाने और खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित करने में मदद करता है। कृषि में, नैनो-फर्टिलाइज़र और कीटनाशकों के रूप में उपयोग किया जाता है, जो पोषक तत्वों के अवशोषण को बढ़ाते हैं और कीटों से प्रभावी ढंग से लड़ते हैं, रसायनों के उपयोग को कम करते हैं और फसल उत्पादन में सुधार करते हैं। सेंसिंग अनुप्रयोगों के लिए, ये नैनोपार्टिकल्स बायोसेंसर्स में विषाक्त पदार्थों, रोगजनकों और संदूषकों का पता लगाने के लिए उच्च संवेदनशीलता और विशिष्टता के साथ कुशल घटकों के रूप में कार्य करते हैं। पानी और पर्यावरणीय उपचार में, भारी धातुओं को अवशोषित करने, कार्बनिक प्रदूषकों को विघटित करने और अपशिष्ट जल के उपचार के लिए उपयोग किया जाता है। वर्तमान शोध निष्कर्ष नैनोटेक्नोलॉजी को आगे बढ़ाने के साथ-साथ पर्यावरणीय प्रभाव को कम करने और कृषि अनुप्रयोगों के लिए उन्नत सामग्री के विकास का हिस्सा हैं।

मक्का की रेशमी बालियों का उपयोग करके रिड्यूस्ड ग्राफिन ऑक्साइड (rGO) नैनोपदार्थ का हरित संश्लेषण

मक्का (कॉर्न) विश्व में सबसे अधिक उत्पादित अनाजों में से एक है, जिसकी वार्षिक उत्पादन लगभग 1.09 बिलियन मीट्रिक टन है। इस विशाल उत्पादन के साथ, मक्का की खेती से उत्पन्न उप-उत्पादों की मात्रा भी अत्यधिक होती है, जिसमें मक्का के रेशे (कॉर्न सिल्क) प्रमुख हैं। मक्का के प्रत्येक भुट्टे से प्राप्त होने वाले रेशों की मात्रा अपेक्षाकृत कम होती है, लेकिन वैश्विक स्तर पर मक्का के बड़े पैमाने पर उत्पादन के कारण, कुल मिलाकर कॉर्न सिल्क की उपलब्धता महत्वपूर्ण होती है। हालांकि, कॉर्न सिल्क के सटीक वैश्विक उत्पादन या उपलब्ध जैवभार (बायोमास) के बारे में सीमित डेटा उपलब्ध है। फिर भी, यह ज्ञात है कि मक्का की खेती से उत्पन्न कृषि अवशेषों में तना, पत्तियाँ, भूसी (हस्क), और कॉब शामिल हैं, जो नवीकरणीय और कम लागत वाले संसाधनों के रूप में महत्वपूर्ण हैं। इन अवशेषों का उपयोग बायोफ्यूल, पशु चारा, और अन्य औद्योगिक उत्पादों के उत्पादन में किया जाता है। कॉर्न सिल्क, जो अक्सर कृषि अपशिष्ट के रूप में देखा जाता है, लेकिन इसमें कई जैवसक्रिय यौगिक होते हैं, जैसे फ्लेवोनोइड्स, फिनोलिक एसिड, और विटामिन, जो इसे औषधीय और पोषण संबंधी अनुप्रयोगों के लिए मूल्यवान बनाते हैं। इसके बावजूद, कॉर्न सिल्क का अधिकांश भाग वर्तमान में कम उपयोग किया जाता है या व्यर्थ चला जाता है। इसलिए, मक्का के रेशों के संभावित उपयोग को ध्यान में रखते हुए, उनके संग्रह, प्रसंस्करण, और विभिन्न उद्योगों में अनुप्रयोग के लिए और अधिक शोध और विकास की आवश्यकता है। यह न केवल कृषि अपशिष्ट को कम करने में मदद करेगा, बल्कि आर्थिक और पर्यावरणीय लाभ भी प्रदान करेगा।

हरित नैनोपार्टिकल संश्लेषण में कॉर्न सिल्क का महत्व

हरित नैनोपार्टिकल संश्लेषण एक पर्यावरण अनुकूल और किफायती विधि है, जिसमें पौधों, जीवाणु, या अन्य जैविक स्रोतों का उपयोग करके धातु नैनोकणों का निर्माण किया जाता है। इस प्रक्रिया में मक्का की रेशमी बालियाँ (कॉर्न सिल्क) एक उत्कृष्ट जैव-स्रोत के रूप में कार्य करती हैं क्योंकि इनमें विभिन्न जैव-सक्रिय यौगिक, जैसे फ्लेवोनोइड्स, फिनोलिक यौगिक, टैनिन, स्टेरोल्स और विटामिन C एवं K प्रचुर मात्रा में पाए जाते हैं। ये यौगिक प्राकृतिक रिड्यूसिंग एजेंट (Reducing Agent) के रूप में कार्य करते हैं, जो धातु आयनों को नैनोकणों में परिवर्तित करने में सहायक होते हैं, साथ ही यह नैनोकणों की स्थिरता (Stability) बनाए रखने में भी मदद करते हैं। पारंपरिक रासायनिक विधियों में जहरीले सॉल्वेंट्स और महंगे रसायनों का उपयोग किया जाता है, जो पर्यावरण और स्वास्थ्य के लिए हानिकारक हो सकते हैं, जबकि मक्का के रेशे एक प्राकृतिक, गैर-विषाक्त और जैव-अनुकूल (Biocompatible) विकल्प प्रदान करते हैं। इसके अलावा, यह विधि टिकाऊ (Sustainable) और ऊर्जा-कुशल (Energy Efficient) भी है क्योंकि इसमें उच्च तापमान और दबाव की आवश्यकता नहीं होती। हरित नैनोपार्टिकल संश्लेषण में कॉर्न सिल्क का उपयोग कई क्षेत्रों में फायदेमंद साबित हो सकता है, जैसे कि चिकित्सा, बायोसेंसर, जल शुद्धिकरण और कृषि। चिकित्सा क्षेत्र में, इन नैनोकणों का उपयोग दवा वितरण (Drug Delivery), कैंसर उपचार और संक्रमणरोधी (Antimicrobial) एजेंट के रूप में किया जा सकता है। पर्यावरणीय दृष्टि से, यह जल में मौजूद हानिकारक प्रदूषकों को हटाने में सहायक होता है।

चित्र 9. मक्का के रेशे का अर्क प्राप्त करने की विधि

इसके अलावा, नैनोकणों की जीवाणुरोधी (Antibacterial) और एंटीऑक्सिडेंट (Antioxidant) विशेषताएँ इसे खाद्य संरक्षण और जैव-संवेदकों (Biosensors) के लिए उपयुक्त बनाती हैं। इस प्रकार, मक्का की रेशमी बालियाँ हरित नैनोपार्टिकल संश्लेषण की एक अभिनव और प्रभावी विधि को बढ़ावा देती हैं, जो पर्यावरण-सुरक्षित, लागत-प्रभावी और जैव-अनुकूल नैनोमटेरियल्स के उत्पादन के लिए एक क्रांतिकारी कदम है। मक्का के रेशों में कई प्रकार के बायोएक्टिव (Bioactive) यौगिक होते हैं, जो नैनोपार्टिकल्स के निर्माण में सहायक होते हैं:

तालिका 1. मक्का के रेशे में पाये जाने वाले जैव सक्रिय यौगिक

घटक (संघटक)	भूमिका
फ्लेवोनोइड्स	नैनोकणों को स्थिर करने वाले एजेंट
फिनोलिक यौगिक	एंटीऑक्सिडेंट और रिड्यूसिंग एजेंट
टैनिन	धातु आयनों को कम करने और नैनोपार्टिकल्स के निर्माण में सहायक
स्टेरोल्स	सतह कोटिंग और स्थिरता बनाए रखने में मदद
विटामिन C और K	प्राकृतिक रिड्यूसिंग एजेंट

ग्राफीन ऑक्साइड (GO) और रिड्यूस्ड ग्राफीन ऑक्साइड (rGO) के गुण और महत्व:

ग्राफीन ऑक्साइड और रिड्यूस्ड ग्राफीन ऑक्साइड नैनोपदार्थ हैं, जो विशेष रूप से अपनी 2D (दो-आयामी) संरचना और भौतिक एवं रासायनिक गुणों के कारण विज्ञान, कृषि, खाद्य सुरक्षा, जल शुद्धिकरण, मिट्टी और पौधों के क्षेत्र में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। ग्राफीन ऑक्साइड और रिड्यूस्ड ग्राफीन ऑक्साइड नैनो-सामग्री के रूप में अत्यधिक महत्वपूर्ण हैं और इनका उपयोग कई वैज्ञानिक एवं औद्योगिक अनुप्रयोगों में किया जाता है। ग्राफीन ऑक्साइड ऑक्सीजन युक्त ग्राफीन का एक व्युत्पन्न है, जिसमें हाइड्रॉक्सिल (-OH), एपॉक्साइड (-O-), कार्बोनिल (-C=O), और कार्बोक्सिल (-COOH) जैसे कार्यात्मक समूह होते हैं। यह जल में घुलनशील (हाइड्रोफिलिक) होता है और जैव-संबंधी, पर्यावरणीय तथा इलेक्ट्रॉनिक अनुप्रयोगों में उपयोग किया जाता है। हालाँकि, इसकी विद्युत चालकता कम होती है क्योंकि ऑक्सीजन समूह इसकी इलेक्ट्रॉनिक संरचना को बाधित करते हैं। रिड्यूस्ड ग्राफीन

ऑक्साइड, ग्राफीन ऑक्साइड का ही संशोधित रूप है जिसमें अधिकांश ऑक्सीजन युक्त समूह हटा दिए जाते हैं। इसका उत्पादन थर्मल, रासायनिक या इलेक्ट्रोकेमिकल कमीकरण से किया जाता है। इस प्रक्रिया से sp^2 संकरण वाले कार्बन की संख्या बढ़ जाती है, जिससे इसकी विद्युत चालकता अधिक हो जाती है और यह ग्राफीन के करीब आ जाता है। हालाँकि, rGO में कुछ अशुद्धियाँ रह सकती हैं, जो इसकी क्रिस्टलीय संरचना को प्रभावित कर सकती हैं।

तालिका 2. ग्राफिन एवं ग्राफिन यौगिक के गुणों की अन्य कार्बन यौगिकों के साथ तुलना

विशेषता	ग्राफीन ऑक्साइड (GO)	रिड्यूस्ड ग्राफीन ऑक्साइड	अन्य कार्बन यौगिक
रासायनिक संरचना	ऑक्सीजन युक्त कार्यात्मक समूह (हाइड्रॉक्सिल, एपॉक्साइड, कार्बोक्सिल) उपस्थित होते हैं।	ऑक्सीजन युक्त समूह कम हो जाते हैं, जिससे ग्राफीन जैसी संरचना बनती है।	पूरी तरह से कार्बन आधारित संरचना होती है, जिसमें बहुत कम कार्यात्मक समूह होते हैं।
संकरण (Hybridization)	sp^2 और sp^3 दोनों प्रकार के कार्बन उपस्थित होते हैं।	ज्यादातर sp^2 संकरित कार्बन होते हैं।	ग्राफीन और CNT में केवल sp^2 कार्बन होते हैं, जबकि सक्रिय कार्बन में sp^2 और sp^3 दोनों होते हैं।
जल में घुलनशीलता	उच्च (हाइड्रोफिलिक – जल-अनुकूल)	कम (हाइड्रोफोबिक – जल-अघुलनशील)	नगण्य
विद्युत चालकता	कम (अर्धचालक जैसा व्यवहार करता है)	उच्च (ग्राफीन के करीब)	ग्राफीन - उच्च, CNT - उच्च, सक्रिय कार्बन- मध्यम
यांत्रिक मजबूती	कम, क्योंकि ऑक्सीजन समूहों के कारण विकृति आती है।	उच्च, क्योंकि अधिकांश ऑक्सीजन समूह हट जाते हैं और ग्राफीन जैसी संरचना बनती है।	ग्राफीन और CNT में उच्च, सक्रिय कार्बन में मध्यम
रासायनिक प्रतिक्रियाशीलता	उच्च (कार्बोक्सिल और हाइड्रॉक्सिल समूह के कारण)	कम (कम कार्यात्मक समूहों के कारण)	ग्राफीन - कम, CNT - मध्यम, सक्रिय कार्बन - उच्च
संशोधन की संभावना	अधिक, क्योंकि इसमें कई कार्यात्मक समूह होते हैं।	सीमित, क्योंकि ऑक्सीजन समूह कम हो जाते हैं।	ग्राफीन - कम, CNT - कठिन संशोधन, सक्रिय कार्बन- उच्च
थर्मल स्थिरता	कम, क्योंकि ऑक्सीजन समूह गर्म करने पर हट जाते हैं।	उच्च, क्योंकि इसमें अधिक sp^2 कार्बन होते हैं।	ग्राफीन - उच्च, CNT - उच्च, सक्रिय कार्बन- मध्यम
उपयोग क्षेत्र	जैव-संवेदन, जल शोधक, औषधीय अनुप्रयोग, पर्यावरणीय उपयोग	बैटरी, सुपरकैपेसिटर, इलेक्ट्रॉनिक्स, नैनो-इलेक्ट्रोड	बैटरियों, नैनो-इलेक्ट्रॉनिक्स, दवा वितरण, फ़िल्टरिंग

ग्राफीन ऑक्साइड के गुण

- **संरचनात्मक विशेषताएँ:** ग्राफीन ऑक्साइड में एक समतल, दो-आयामी (2D) संरचना होती है जिसमें ऑक्सीजन आधारित कार्यात्मक समूह होते हैं, जैसे कि हाइड्रॉक्सिल (-OH), एपोक्सी (-O-), और कार्बोक्सिल (-COOH) समूह। ये समूह GO को रासायनिक प्रतिक्रियाशील और जल में घुलनशील बनाने में मदद करते हैं। इन विशेषताओं के कारण GO को विभिन्न जैविक, रासायनिक और पर्यावरणीय अनुप्रयोगों में इस्तेमाल किया जाता है।
- **उत्कृष्ट विद्युत चालकता:** GO एक अच्छा विद्युत चालकता होता है, लेकिन rGO के मुकाबले थोड़ा कम होता है। इसकी संरचना के कारण GO की इलेक्ट्रॉनिक संरचना में एक विशिष्ट अंतर होता है जो इसे विद्युत उपकरणों में उपयोगी बनाता है।
- **ज्यादा सतह क्षेत्र:** GO का सतह क्षेत्र बहुत बड़ा होता है, जिससे यह बहुत अधिक पदार्थों को अवशोषित करने की क्षमता रखता है। यह गुण उसे विभिन्न सेंसर, जैविक अवशोषण और पानी शुद्धिकरण में उपयोगी बनाता है।
- **जैविक गतिविधि:** GO में बायोएक्टिव घटक होते हैं, जैसे कि ऑक्सीजन आधारित कार्यात्मक समूह, जो इसे जैविक और बायोमेडिकल अनुप्रयोगों में उपयोगी बनाते हैं। यह कोशिका-आधारित प्रयोगों में उपयोगी हो सकता है, जैसे ड्रग डिलीवरी या बायोमोलिक्यूल्स का संवेदनशील तरीके से उपयोग।

रिड्यूस्ड ग्राफीन ऑक्साइड के गुण

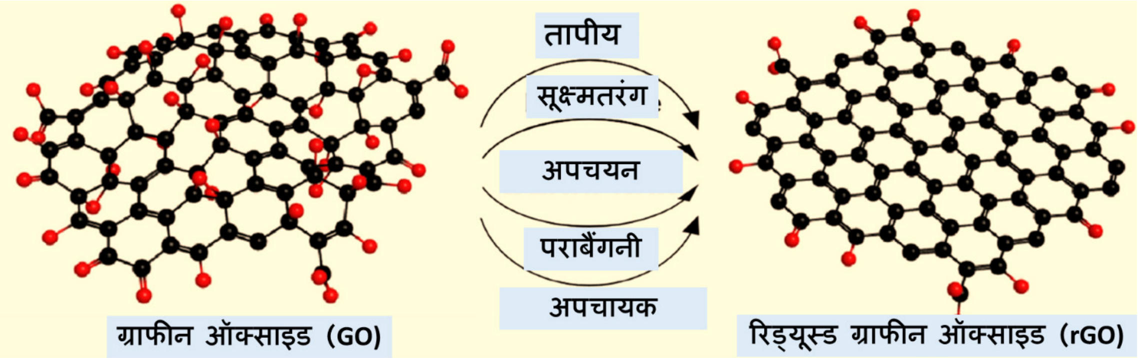
- **उच्च विद्युत चालकता:** GO के मुकाबले rGO में उच्च विद्युत चालकता होती है। इसमें ऑक्सीजन समूहों का घनत्व कम होता है, जिससे इसकी संरचना अधिक संगठित और मजबूत होती है। इससे rGO का उपयोग उच्च विद्युत क्षमता वाले उपकरणों में किया जा सकता है, जैसे बैटरियां और सुपरकैपेसिटर्स।
- **स्थिरता:** rGO अधिक स्थिर होता है और इसके गुण इसे विभिन्न भौतिक और रासायनिक परिस्थितियों में उपयोगी बनाते हैं। इसका उच्च यांत्रिक तनाव और लचीलापन इसे अन्य सामग्रियों की तुलना में अधिक टिकाऊ बनाते हैं।
- **अच्छी यांत्रिक गुण:** rGO का उपयोग सामग्री विज्ञान में किया जाता है क्योंकि यह हल्का, मजबूत और लचीला होता है। यह विभिन्न इलेक्ट्रॉनिक, संरचनात्मक, और सामग्री आधारित अनुप्रयोगों के लिए आदर्श है।
- **जैविक साक्षमता:** rGO को जैविक अणुओं के साथ संयोजित किया जा सकता है, जिससे यह बायोमेडिकल और बायोटेक्नोलॉजी में उपयोगी बनता है। इसके साथ जैविक घटकों को जोड़ने से यह कोशिका आधारित उपचार और रासायनिक संवेदन में सहायक हो सकता है।

ग्राफीन ऑक्साइड और रिड्यूस्ड ग्राफीन ऑक्साइड के महत्व क्षेत्र

ग्राफीन ऑक्साइड और रिड्यूस्ड ग्राफीन ऑक्साइड के गुण उन्हें विज्ञान, कृषि, खाद्य सुरक्षा, जल, मिट्टी और पौधों के क्षेत्र में अत्यधिक महत्वपूर्ण बनाते हैं। इन नैनोमैटेरियल्स का उपयोग विभिन्न तकनीकी और पर्यावरणीय समस्याओं को हल करने में मदद कर सकता है, और भविष्य में इनका व्यापक उपयोग होने की संभावना है।

- GO और rGO का उपयोग उर्वरकों के रूप में किया जा सकता है जो पौधों के पोषक तत्वों की अवशोषण क्षमता को बढ़ाते हैं। ये दोनों नैनोमैटेरियल्स मिट्टी की संरचना को सुधारने, जल की उपलब्धता बढ़ाने और फसल की वृद्धि में सहायक होते हैं।

- GO और rGO का उपयोग पौधों को विभिन्न प्रकार के तनाव (जैसे जल, जलवायु और प्रदूषण तनाव) से बचाने में किया जा सकता है।
- GO और rGO का उपयोग खाद्य उत्पादों की गुणवत्ता, सुरक्षा और शेल्फ लाइफ बढ़ाने में किया जा सकता है।
- rGO आधारित नैनोसेन्सर खाद्य पदार्थों में विषाक्त पदार्थों और प्रदूषकों का पता लगाने में सहायक होते हैं, जिससे खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित होती है।
- GO और rGO जल शुद्धिकरण में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। ये प्रदूषकों और हानिकारक तत्वों को जल से अवशोषित कर सकते हैं और जल की गुणवत्ता को सुधार सकते हैं।
- rGO का उपयोग मिट्टी में पोषक तत्वों की उपलब्धता बढ़ाने, जल धारण क्षमता को सुधारने और मिट्टी की संरचना को बेहतर बनाने के लिए किया जा सकता है। यह जैविक अवशेषों के पुनर्चक्रण में भी सहायक होता है।
- GO और rGO का उपयोग पौधों की वृद्धि को बढ़ाने, कीटों के नियंत्रण और पौधों में बीमारियों का निदान करने में किया जा सकता है।
- इनका उपयोग बायोमेडिकल उपकरणों, ड्रग डिलीवरी और रोग निदान प्रणालियों में भी किया जाता है।



चित्र 10. ग्राफीन ऑक्साइड से रिड्यूस्ड ग्राफीन ऑक्साइड प्राप्त करने की विधि

ग्राफीन ऑक्साइड (GO) की हरित संश्लेषण विधियाँ

ग्राफीन ऑक्साइड आमतौर पर हमरस विधि (Hummer's Method) से संश्लेषित किया जाता है, जिसमें ग्रेफाइट को ऑक्सीडाइज कर ग्राफीन ऑक्साइड में परिवर्तित किया जाता है। पारंपरिक विधियों में अत्यधिक संक्षारक एजेंट (जैसे H_2SO_4, HNO_3, $KMnO_4$) का उपयोग किया जाता है, लेकिन हरित संश्लेषण में यह रसायन कम या बदल दिए जाते हैं।

तालिका 3. ग्राफीन ऑक्साइड की विभिन्न हरित संश्लेषण विधियों की तुलना

हरित संश्लेषण विधि	तरीका	लाभ
बायोलॉजिकल ऑक्सीडेशन	माइक्रोबियल एंजाइम्स या बायोकैटालिस्ट का उपयोग करके ग्रेफाइट को ऑक्सीडाइज़ किया जाता है।	गैर विषाक्त प्रक्रिया, कम अपशिष्ट उत्पादन
इको-फ्रेंडली ऑक्सीडेंट	$KMnO_4$ की जगह H_2O_2 या O_3 (ओज़ोन) का उपयोग किया जाता है।	पर्यावरणीय प्रभाव कम, सुरक्षित प्रक्रियाएँ
बायोमास-आधारित ऑक्सीडेशन	कॉर्न सिल्क, हरित टी एक्सट्रैक्ट, नीम, एलोवेरा, या अन्य प्राकृतिक अणुओं का उपयोग किया जाता है।	कम लागत, उच्च स्थिरता

रिड्यूस्ड ग्राफीन ऑक्साइड की हरित संश्लेषण विधियाँ

rGO का निर्माण GO के ऑक्सीजन युक्त समूहों को हटाकर किया जाता है। पारंपरिक तरीके हाइड्राज़ीन हाइड्रेट (N_2H_4), सोडियम बोरोहाइड्राइड ($NaBH_4$) जैसे हानिकारक रसायनों का उपयोग करते हैं, जबकि हरित संश्लेषण में जैविक या पर्यावरण-अनुकूल विधियाँ अपनाई जाती हैं।

तालिका 4. रिड्यूस्ड ग्राफीन ऑक्साइड की विभिन्न हरित संश्लेषण विधियों की तुलना

हरित संश्लेषण विधि	तरीका	लाभ
पौधों से प्राप्त रिड्यूसिंग एजेंट	हरित टी, नीम, अदरक, हल्दी, एलोवेरा, कॉर्न सिल्क जैसी औषधीय वनस्पतियों से निकाले गए पॉलीफेनॉल्स और एंटीऑक्सीडेंट का उपयोग किया जाता है।	गैर विषाक्त, पर्यावरण-अनुकूल, बायो-कॉम्पैटिबल
माइक्रोबियल अपचयन	जीवाणु या कवक का उपयोग किया जाता है।	जैव निम्नीकरणीय, जैविक संश्लेषण
विटामिन-आधारित रिडक्शन	विटामिन C (एस्कॉर्बिक एसिड) या विटामिन B12 का उपयोग किया जाता है।	कम लागत, सुरक्षित
फोटोथर्मल अपचयन	UV या सोलर लाइट के माध्यम से GO को रिड्यूस किया जाता है।	ऊर्जा-कुशल, कम अपशिष्ट

विभिन्न पारंपरिक और हरित विधियों की तुलना

विशेषता	पारंपरिक विधि	हरित संश्लेषण विधि
रसायन	मजबूत ऑक्सीडाइज़र और रिड्यूसर	जैव-आधारित रसायन, माइक्रोबियल
पर्यावरण प्रभाव	उच्च प्रदूषण, विषाक्त अपशिष्ट	इको-फ्रेंडली, न्यूनतम अपशिष्ट
लागत	अधिक लागत	कम लागत
जैव-संगतता	कम	अधिक

हरित संश्लेषण इको-फ्रेंडली, लागत-कुशल और सुरक्षित है। पौधों के अर्क, माइक्रोबियल तकनीक, और सौर-ऊर्जा आधारित विधियाँ पर्यावरणीय प्रभाव को कम करते हुए ग्राफीन ऑक्साइड और रिड्यूस्ड ग्राफीन ऑक्साइड के उत्पादन को टिकाऊ बनाती हैं। इन तकनीकों का उपयोग नैनोमेडिसिन, पर्यावरणीय नैनोटेक्नोलॉजी, और हरित ऊर्जा अनुप्रयोगों में तेजी से बढ़ रहा है।

भविष्य की संभावनाएँ

नैनोसेलुलोज

नैनोसेलुलोज एक जैव निम्नीकरणीय, हल्का, और मजबूत नैनो-सामग्री है, जिसे प्राकृतिक सेलुलोज से प्राप्त किया जाता है। हाल के वर्षों में, वैज्ञानिकों ने नैनोसेलुलोज के विभिन्न प्रकारों जैसे क्रिस्टलीय नैनोसेलुलोज, नैनोफाइब्रिलेटेड सेलुलोज, और जीवाणु नैनोसेलुलोज पर कई महत्वपूर्ण आविष्कार किए हैं। खाद्य पैकेजिंग में, इसे बायोडिग्रेडेबल नैनो-फिल्म के रूप में विकसित किया गया है, जो प्लास्टिक का एक पर्यावरण-अनुकूल विकल्प प्रदान करता है। चिकित्सा क्षेत्र में, नैनोसेलुलोज-आधारित ड्रग डिलीवरी सिस्टम और घाव भरने वाले ड्रेसिंग तैयार किए गए हैं, जो जलन और संक्रमण को तेजी से ठीक करने में मदद करते हैं। जल शुद्धिकरण में, नैनोसेलुलोज फिल्टर भारी धातुओं और विषाक्त पदार्थों को हटाने में सहायक सिद्ध हो रहे हैं। इसके अलावा, इलेक्ट्रॉनिक्स में नैनोसेलुलोज-आधारित फ्लेक्सिबल डिस्प्ले और बैटरियों का विकास किया गया है, जो ऊर्जा कुशल और टिकाऊ हैं। इन आविष्कारों के कारण नैनोसेलुलोज न केवल हरित तकनीक का अभिन्न हिस्सा बन चुका है, बल्कि यह औद्योगिक उत्पादन में भी क्रांति ला रहा है। नैनोसेल्यूलोज के मूल गुण सामान्य सेल्यूलोज के समान हैं, जिनमें विभिन्न भौतिक, रासायनिक और जैविक उपचारों के तहत विभिन्न सूक्ष्म-आकारिकी के बावजूद कमजोर पानी में घुलनशीलता और रासायनिक संशोधन शामिल है।

कच्चा पदार्थ (जैसे लकड़ी, कृषि अपशिष्ट)

↓

सफाई और सुखाने की प्रक्रिया

↓

पीसना / मशीनी प्रसंस्करण

↓

रासायनिक उपचार (जैसे अल्करी या अम्ल उपचार – क्षार / अम्लीय हाइड्रोलिसिस)

↓

धुलाई और अपशिष्ट निष्कासन

↓

यांत्रिक प्रक्रिया (जैसे उच्च दबाव एकरूपता या समांगीकरण)

↓

नैनोसेल्यूलोज़ प्राप्त (Nanocellulose) (सेल्यूलोज नैनोफाइबर या सेल्यूलोज नैनोक्रिस्टल)

चित्र 11. नैनोसेल्यूलोज को प्राप्त करने की विधि

हालाँकि, वे उत्कृष्ट यांत्रिक गुण, उत्कृष्ट थर्मल स्थिरता, बड़े विशिष्ट सतह क्षेत्र, अद्वितीय रियोलॉजिकल और ऑप्टिकल गुण दिखाते हैं। सामान्य नैनोसेल्यूलोज को उनकी तैयारी के तरीकों, सूक्ष्म-आकृति विज्ञान और विशेषताओं के आधार पर दो प्रमुख प्रकारों, सेल्यूलोज नैनोक्रिस्टल (सीएनसी) और सेल्यूलोज नैनोफाइब्रिल्स (सीएनएफ) में वर्गीकृत किया जा सकता है। नैनोसेल्यूलोज की विशिष्ट संरचनाएं, गुण और पैदावार सेल्यूलोज के स्रोत और अलगाव

स्थितियों से निकटता से संबंधित हैं। यह बढ़ी हुई क्रिस्टलीयता, उच्च सतह क्षेत्र, रियोलॉजिकल गुण, संरेखण और अभिविन्यास, बायोडिग्रेडेबिलिटी, बायोकम्पैटिबिलिटी, कम विषाक्तता आदि को दर्शाता है। नैनोसेल्यूलोज ने अपने उल्लेखनीय भौतिक गुणों, असाधारण सतह रसायन विज्ञान और शानदार जैविक गुणों के कारण विभिन्न जैव रासायनिक अनुप्रयोगों के लिए बहुत ध्यान आकर्षित किया है। खाद्य स्टेबलाइजर्स, आहार फाइबर, गाढ़ेपन, स्वाद वाहक, निलंबन स्टेबलाइजर्स और भोजन के कैलोरी मूल्य को कम करने के लिए उपयोग किया जा सकता है। यह फिलिंग, क्रश, बिस्कुट क्रीम, आइसक्रीम, चिप्स, वेफर्स, सूप, पुडिंग आदि के उत्पादन के लिए भी उपयोगी हो सकता है।

चित्र 12. भोजन में नैनोसेल्यूलोज के विभिन्न अनुप्रयोग

नैनोसेल्युलोज़ के कई फायदे हैं जैसे बायोडिग्रेडेबिलिटी, पर्यावरण की दृष्टि से सुरक्षित, नवीकरणीयता, सस्ता, कम वजन, उच्च शक्ति और कठोरता। नैनोसेल्युलोज आधारित पारदर्शी फिल्मों का उपयोग कोटिंग प्रौद्योगिकियों, और खाद्य पैकिंग के लिए किया जा सकता है। इसमें उत्कृष्ट अवरोधक गुण होते हैं। मोटी फिल्में ऑक्सीजन अवरोधक के रूप में कार्य कर सकती हैं, जो भोजन और परिरक्षक में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं। अनगिनत फायदों के मामले में नैनोसेल्युलोज की बाजार में व्यापक संभावनाएं हैं, लेकिन संभावित जोखिम और खतरे, यदि कोई हों, का भी बड़े पैमाने पर अध्ययन किया जाना चाहिए।

कृषि में नैनोमैटेरियल्स का एकीकरण और ड्रोन टेक्नोलॉजी

कृषि क्षेत्र में नैनोमैटेरियल्स और ड्रोन तकनीक का एकीकरण आधुनिक कृषि क्रांति को नई ऊंचाइयों पर ले जा रहा है। ड्रोन के जटिल घटकों में नैनोमैटेरियल्स का उपयोग उनकी संरचनात्मक मजबूती, ऊर्जा दक्षता और प्रदर्शन को बेहतर बनाने में मदद करता है। हल्के, मजबूत और बहुआयामी नैनो-सामग्रियों के उपयोग से ड्रोन के फ्रेम, पंख, सेंसर और प्रणोदन प्रणाली अधिक टिकाऊ और कुशल बनती हैं। इससे ड्रोन की उड़ान समय, बैटरी जीवन और संचालन क्षमता में वृद्धि होती है, जिससे कृषि क्षेत्र में इनका उपयोग अधिक प्रभावी बनता है। नैनो-सक्षम ड्रोन का उपयोग सटीक खेती के लिए किया जा रहा है, जहां वे उच्च-रिज़ॉल्यूशन कैमरों और नैनोसेंसर की सहायता से फसलों

की स्थिति, मिट्टी की नमी और पोषक तत्वों की आवश्यकताओं का विश्लेषण कर सकते हैं। नैनो-सेंसर युक्त ड्रोन खेतों में जल, उर्वरकों और कीटनाशकों के समान रूप से वितरण को नियंत्रित करने में मदद करते हैं, जिससे न केवल पानी और कृषि संसाधनों की बचत होती है, बल्कि फसलों की पैदावार भी बढ़ती है। इसके अलावा, नैनो-कोटिंग्स और उन्नत नैनो-कंपोजिट सामग्री से बने ड्रोन अधिक जलरोधक और कठोर मौसम में भी प्रभावी ढंग से काम करने में सक्षम होते हैं। नैनो-सामग्री आधारित बैटरियों और ऊर्जा संचयन प्रणालियों के उपयोग से ड्रोन की उड़ान अवधि बढ़ाई जा सकती है, जिससे बड़े कृषि क्षेत्रों की निगरानी और प्रबंधन में आसानी होती है। भविष्य में, नैनो-सक्षम ड्रोन का उपयोग स्वायत्त कृषि संचालन, स्वचालित फसल निगरानी और स्मार्ट सिंचाई के लिए और अधिक विकसित किया जाएगा। यह एकीकरण पारंपरिक कृषि को अधिक टिकाऊ, संसाधन-कुशल और पर्यावरण-अनुकूल बनाने में सहायक होगा, जिससे हरित कृषि को बढ़ावा मिलेगा और वैश्विक खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित की जा सकेगी।

मौसम की मार से सुरक्षा : नैनो तकनीक

जलवायु परिवर्तन के बढ़ते प्रभाव के कारण कृषि उत्पादन को अत्यधिक नुकसान हो रहा है। सूखा, बाढ़, बेमौसम बारिश, तापमान में उतार-चढ़ाव और मिट्टी की गुणवत्ता में गिरावट जैसी समस्याएँ किसानों के लिए बड़ी चुनौती बन चुकी हैं। ऐसे में नैनो तकनीक एक अभिनव समाधान के रूप में उभर रही है, जो फसलों को इन प्रतिकूल परिस्थितियों से बचाने और जलवायु सहनशीलता को बढ़ाने में मदद कर सकती है। सूखा एक गंभीर समस्या है, जिससे फसलों को भारी क्षति होती है। नैनो-संरचित जल-अवशोषक सामग्री, जैसे नैनो-क्ले और नैनो-पॉलिमर हाइड्रोजेल, मिट्टी में नमी बनाए रखने में सहायक होते हैं। ये सामग्री मिट्टी की जल धारण क्षमता को बढ़ाती हैं, जिससे पौधों को लंबे समय तक नमी मिलती रहती है और सूखे के दौरान भी वे जीवित रह सकते हैं। इसके अलावा, नैनो-कण आधारित उर्वरक और बायोस्टिमुलेंट्स पौधों की जल उपयोग क्षमता को बढ़ाने में मदद करते हैं, जिससे उन्हें कम पानी में भी बेहतर वृद्धि मिलती है। अत्यधिक बारिश और बाढ़ से मिट्टी में पोषक तत्वों की कमी हो जाती है, जिससे फसलें कमजोर पड़ जाती हैं। नैनो-फर्टिलाइज़र और नैनो-संवर्धित बायोचार मिट्टी में पोषक तत्वों को लंबे समय तक बनाए रखने में मदद करते हैं और फसलों को जलभराव के प्रभाव से बचाते हैं। इसके अलावा, नैनोकोटिंग तकनीक से बीजों और पौधों पर एक सुरक्षात्मक परत बनाई जा सकती है, जो जलभराव की स्थिति में भी पौधों को सड़ने से बचाती है। बेमौसम बारिश और अत्यधिक गर्मी या ठंड का फसलों पर नकारात्मक प्रभाव पड़ता है। नैनोपार्टिकल आधारित पत्तियों पर छिड़काव किए जाने वाले सुरक्षात्मक कोटिंग्स पौधों को अत्यधिक गर्मी और ठंड से बचाने में सहायक होते हैं। उदाहरण के लिए, सिलिका नैनोपार्टिकल्स और टाइटेनियम डाइऑक्साइड (TiO_2) नैनोपार्टिकल्स पौधों की प्रकाश संश्लेषण क्षमता को बनाए रखते हैं और अधिक गर्मी से होने वाले पानी के वाष्पीकरण को कम करते हैं। जलवायु परिवर्तन के कारण मिट्टी की उर्वरता में कमी, लवणीयता में वृद्धि और प्रदूषण जैसी समस्याएँ बढ़ रही हैं। नैनो-आधारित जैविक उर्वरक, नैनो-बायोचार और माइक्रोबियल नैनो-बायोहाइब्रिड्स मिट्टी की संरचना और उर्वरता को बनाए रखने में मदद करते हैं। इसके अलावा, नैनो-सेंसर मिट्टी में पोषक तत्वों की स्थिति को मापकर किसानों को आवश्यक सुधार करने में सहायता करते हैं। नैनो-सेंसर और इंटरनेट ऑफ थिंग्स (IoT) आधारित कृषि निगरानी प्रणाली किसानों को जलवायु में बदलाव का वास्तविक समय डेटा प्रदान कर सकती है। यह जानकारी किसानों को सूखे, बाढ़, या अत्यधिक गर्मी से पहले ही सतर्क कर सकती है, जिससे वे अपनी सिंचाई, उर्वरक और कीटनाशक छिड़काव की रणनीति को समय पर बदल सकते हैं।

नैनोसेंसर्स प्रणाली: स्मार्ट और सटीक कृषि का भविष्य

नैनोसेंसर्स आधुनिक कृषि में सटीक खेती को बढ़ावा देने के लिए एक महत्वपूर्ण तकनीक के रूप में उभर रहे हैं। यह प्रणाली किसानों को फसल की वास्तविक समय निगरानी और नियंत्रण की सुविधा प्रदान करती है, जिससे पौधों की आवश्यकताओं को समय पर और सही मात्रा में पूरा किया जा सकता है। नैनोसेंसर्स की अत्यधिक संवेदनशीलता और विशिष्टता पारंपरिक सेंसर प्रणालियों की तुलना में कहीं अधिक प्रभावी होती है, जिससे खेती को अधिक सतत और दक्ष बनाया जा सकता है। नैनोसेंसर्स अत्यधिक छोटे पैमाने (1-100 नैनोमीटर) पर काम करने वाले संवेदनशील उपकरण होते हैं, जो रासायनिक, भौतिक और जैविक संकेतों का पता लगाकर किसानों को सटीक जानकारी प्रदान करते हैं। इनका कार्य सिद्धांत चार मुख्य घटकों पर आधारित होता है। पहला, बायोरिसेप्टर, जो विशिष्ट लक्ष्य अणुओं (जैसे नाइट्रेट, फास्फेट, रोगजनक जीवाणु) की पहचान करता है। दूसरा, ट्रांसड्यूसर, जो जैविक या रासायनिक प्रतिक्रिया को विद्युत संकेतों में बदलता है। तीसरा, सिग्नल प्रोसेसर, जो इन संकेतों को डिजिटल डेटा में परिवर्तित कर कृषि प्रबंधन प्रणालियों तक पहुंचाता है। अंत में, डेटा विश्लेषण प्रणाली, जो सेंसर से प्राप्त डेटा का विश्लेषण कर किसानों को मिट्टी, फसल, पानी और पर्यावरण की स्थिति के बारे में सटीक जानकारी प्रदान करती है। नैनोसेंसर्स की कई प्रमुख तकनीकें कृषि में उपयोग की जाती हैं। ऑप्टिकल नैनोसेंसर्स प्रकाश आधारित तकनीक (स्पेक्ट्रोस्कोपी, फ्लोरेसेंस) का उपयोग करके मिट्टी के पोषक तत्वों और पौधों में रोगजनकों की पहचान करते हैं। इलेक्ट्रोकेमिकल नैनोसेंसर्स विद्त-रासायनिक प्रतिक्रियाओं के माध्यम से मिट्टी और पानी में pH, नाइट्रोजन, फास्फोरस और पोटैशियम की सटीक निगरानी करते हैं। बायोसेंसर्स जैविक तत्वों (DNA, एंजाइम, प्रोटीन) पर आधारित होते हैं और पौधों में रोगों का प्रारंभिक चरण में पता लगाने तथा खाद्य सुरक्षा की निगरानी में सहायक होते हैं। वहीं, मैग्नेटिक नैनोसेंसर्स चुंबकीय नैनोकणों पर आधारित होते हैं और मिट्टी में भारी धातुओं एवं विषाक्त पदार्थों का पता लगाकर फसल की गुणवत्ता सुनिश्चित करने में मदद करते हैं। ये सभी तकनीकें मिलकर स्मार्ट और सटीक कृषि को बढ़ावा देती हैं, जिससे किसानों को फसलों की बेहतर निगरानी, संसाधनों का कुशल उपयोग और अधिक उत्पादन प्राप्त करने में सहायता मिलती है।

प्रो. एम एस स्वामीनाथन पुस्तकालय
Prof. M S SWAMINATHAN LIBRARY