एग्री आर्टिकल्स
(कृषि लेखों के लिए ई-पत्रिका)
वर्ष: 05, अंक: 06 (नवम्बर-दिसम्बर, 2025)
www.agriarticles.com पर ऑनलाइन उपलब्ध
© एग्री आर्टिकल्स, आई. एस. एस. एन.: 2582-9882

ग्रीनहाउस खेती में उपयोग होने वाले डिजिटल उपकरण

*डॉ. ओमकार गुप्ता
सहायक प्राध्यापक (संविदात्मक), कृषि अभियांत्रिकी व तंत्रज्ञान महाविद्यालय,
वसंतराव नाइक मराठवाड़ा कृषि विद्यापीठ, परभणी (महाराष्ट्र)
*संवादी लेखक का ईमेल पता: omkargupta9876@gmail.com

भारत में आधुनिक कृषि तेजी से डिजिटल तकनीकों को अपना रही है, और इनमें से सबसे महत्वपूर्ण क्षेत्र ग्रीनहाउस खेती है। ग्रीनहाउस एक नियंत्रित वातावरण प्रदान करता है, जहाँ तापमान, नमी, प्रकाश, सिंचाई और पोषक तत्वों को प्रबंधित करके उच्च उपज और गुणवत्तापूर्ण उत्पादन प्राप्त किया जा सकता है। इस नियंत्रित वातावरण को प्रभावी बनाने में विभिन्न छोटे डिजिटल उपकरण बहुत महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। ये उपकरण न केवल कम लागत वाले होते हैं, बल्कि छोटे और सीमांत किसानों के लिए भी उपयोगी साबित होते हैं। जलवायु परिवर्तन, अनियमित वर्षा तथा लगातार बदलते मौसम के दौर में यह तकनीक किसानों के लिए एक बड़ा सहारा बन रही है।

ग्रीनहाउस खेती क्या है तथा इसकी आवश्यकता क्यों है?

ग्रीनहाउस खेती एक वैज्ञानिक पद्धति है जिसमें पौधों को एक सुरक्षित संरचना के भीतर उगाया जाता है। ग्रीनहाउस के अंदर सूर्य का प्रकाश प्रवेश करता है लेकिन भीतर का तापमान आसानी से बाहर नहीं निकलता, जिससे एक प्राकृतिक 'ग्रीनहाउस प्रभाव' बन जाता है। यह संरचना पौधों को ठंड, पाला, तेज़ वर्षा, ओलावृष्टि, तेज़ धूप या कीटों से बचाती है और उन्हें बढ़ने के लिए आदर्श परिस्थितियाँ प्रदान करती है। ग्रीनहाउस खेती की आवश्यकता कई सामाजिक, आर्थिक और पर्यावरणीय चुनौतियों को ध्यान में रखकर बढ़ती जा रही है। सरल और स्पष्ट रूप में इसके मुख्य कारण इस प्रकार हैं:

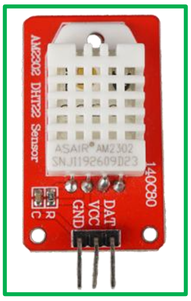
- **जलवायु परिवर्तन और अस्थिर मौसम:** भारत में तापमान, वर्षा और मौसम का पैटर्न लगातार बदल रहा है। बारिश की अनियमितता, अधिक गर्मी, पाला या तूफान जैसी समस्याएँ खुली खेतों में फसलों को नुकसान पहुँचाती हैं। ग्रीनहाउस नियंत्रित वातावरण प्रदान करता है, जिससे फसलें मौसम पर निर्भर नहीं रहतीं।
- **गुणवत्तापूर्ण और उच्च उत्पादन:** ग्रीनहाउस खेती में पौधों को बढ़ने के लिए एक नियंत्रित और अनुकूल वातावरण मिलता है। तापमान, नमी, प्रकाश, हवा और पोषक तत्वों को वैज्ञानिक तरीके से नियंत्रित किया जा सकता है, जिससे पौधों की वृद्धि समान रूप से होती है और बाहरी मौसम का कोई नकारात्मक प्रभाव नहीं पड़ता। कीट-रोग नियंत्रित रहने के कारण फसलें स्वस्थ रहती हैं और रासायनिक दवाइयों का उपयोग भी कम होता है। फलस्वरूप ग्रीनहाउस में पैदा होने वाली फसलें सामान्य खेती की तुलना में अधिक गुणवत्तापूर्ण एवं उच्च उत्पादन प्रदान करती हैं।
- **कम पानी में अधिक उत्पादन:** इसमें पानी देने की प्रक्रिया पूरी तरह नियंत्रित और वैज्ञानिक होती है। खुली खेती में पानी का काफी हिस्सा वाष्पीकरण, बहाव या रिसाव से नष्ट हो जाता है, जबकि ग्रीनहाउस में ड्रिप सिंचाई और फर्टिगेशन जैसी आधुनिक तकनीकों का उपयोग किया जाता है, जो सीधे पौधे की जड़ों तक पानी पहुँचाती हैं।

- **रोग व कीट नियंत्रण:** ग्रीनहाउस बाहरी वातावरण से काफी हद तक बंद और सुरक्षित संरचना होती है। इससे कीट-पतंगों, रोग फैलाने वाले कीटाणुओं और अनियंत्रित हवा या बारिश का सीधा संपर्क पौधों से कम हो जाता है। चूँकि ग्रीनहाउस में कीट और रोग कम प्रवेश करते हैं, इसलिए दवाइयों का उपयोग कम होता है, फसलें अधिक स्वस्थ रहती हैं और उत्पाद पूरी तरह सुरक्षित एवं उच्च गुणवत्ता वाला प्राप्त होता है।

ग्रीनहाउस में उपयोग होने वाले मुख्य डिजिटल टूल्स

ग्रीनहाउस में उपयोग होने वाले मुख्य डिजिटल टूल्स का विवरण सरल और स्पष्ट रूप से नीचे सूचीबद्ध किया गया हैं। ये सभी उपकरण ग्रीनहाउस के माइक्रो-एन्वायरनमेंट, सिंचाई, पोषण और निगरानी को नियंत्रित और स्वचालित करने में मदद करते हैं:

- **तापमान और आर्द्रता सेंसर:** ग्रीनहाउस के अंदर तापमान (Temperature) और आर्द्रता (Humidity) पौधों की वृद्धि पर सीधा प्रभाव डालते हैं। इन दोनों पैरामीटरों को नियंत्रित रखने के लिए तापमान और आर्द्रता सेंसर का उपयोग किया जाता है। ये सेंसर रियल-टाइम डेटा प्रदान करते हैं जिससे किसान ऑटोमेशन सिस्टम के द्वारा फैन, फॉगर्स, शेड नेट और कूलिंग पैड को आसानी से नियंत्रित कर सकते हैं। इन सेंसरों से प्राप्त डेटा मोबाइल ऐप, कंट्रोल पैनल या क्लाउड प्लेटफॉर्म पर भी देखा जा सकता है, जिससे किसान किसी भी समय अपने ग्रीनहाउस की स्थिति को समझकर उचित निर्णय ले सकते हैं। कुल मिलाकर, तापमान और आर्द्रता सेंसर ग्रीनहाउस खेती को अधिक स्मार्ट, स्वचालित और सटीक बनाने में अत्यंत सहायक साबित होते हैं।



- **मिट्टी नमी सेंसर:** मिट्टी नमी सेंसर ग्रीनहाउस और खुली दोनों प्रकार की खेती में एक अत्यंत महत्वपूर्ण डिजिटल उपकरण है, जिसका उपयोग मिट्टी में उपलब्ध जल की मात्रा को रियल-टाइम में मापने के लिए किया जाता है। यह सेंसर पौधों की जड़ों के आसपास मौजूद नमी के स्तर को इलेक्ट्रिकल सिग्नल में परिवर्तित करता है, जिससे पता चलता है कि मिट्टी सूखी है, नम है या अत्यधिक गीली है। ग्रीनहाउस में यह सेंसर ऑटोमेटेड सिंचाई सिस्टम से जुड़कर सिंचाई को सटीक और नियंत्रित बनाता है। उचित नमी स्तर बनाए रखने से पौधों की जड़ों को आवश्यक मात्रा में पानी मिलता है, जिससे उनकी वृद्धि बेहतर होती है और पानी की बर्बादी भी नहीं होती। कैपेसिटिव मिट्टी नमी सेंसर ग्रीनहाउस के लिए सबसे विश्वसनीय माने जाते हैं क्योंकि ये नमी को बिना जंग लगे अधिक सटीकता से मापते हैं। संक्षेप में, मिट्टी नमी सेंसर सिंचाई प्रबंधन को स्मार्ट, कुशल और संसाधन-संरक्षण आधारित बनाता है और ग्रीनहाउस खेती में उच्च उत्पादकता प्राप्त करने में महत्वपूर्ण योगदान देता है।

- **pH और EC सेंसर:** pH सेंसर मिट्टी या पोषक घोल की अम्लीयता और क्षारीयता को मापते हैं, जिससे यह पता चलता है कि पौधों की जड़ों को आवश्यक पोषक तत्व किस सीमा तक उपलब्ध हैं। सही pH स्तर पौधों के विकास, पोषक तत्वों के अवशोषण और समग्र स्वास्थ्य के लिए आवश्यक होता है। दूसरी ओर, EC (Electrical Conductivity) सेंसर पोषक घोल में घुले लवणों और पोषक तत्वों की सांद्रता को मापते हैं। ग्रीनहाउस सिस्टम में अक्सर ड्रिप इरिगेशन और हाइड्रोपोनिक तकनीक का उपयोग होता है, जहाँ EC स्तर का सटीक नियंत्रण अत्यावश्यक है। उच्च EC स्तर पौधों की जड़ों को नुकसान पहुँचा सकता है, जबकि कम EC स्तर फसल वृद्धि को प्रभावित करता है। pH और EC सेंसर की मदद से किसान वास्तविक समय में डेटा प्राप्त कर सकते हैं और स्वचालित न्यूट्रिएंट डोज़र या सिंचाई सिस्टम से इसे समायोजित कर सकते हैं। इससे फसल की गुणवत्ता बेहतर होती है, उत्पादन बढ़ता है और पानी व उर्वरक दोनों की बचत होती है।

- **प्रकाश तीव्रता सेंसर:** ग्रीनहाउस खेती में प्रकाश पौधों की वृद्धि, प्रकाश संश्लेषण और फसल उत्पादन का सबसे महत्वपूर्ण तत्व है। ये सेंसर यह बताते हैं कि पौधों को प्रकाश कितना और किस गुणवत्ता में मिल रहा है, जिससे किसान यह निर्णय ले सकता है कि अतिरिक्त कृत्रिम लाइटिंग की आवश्यकता है या नहीं। इन सेंसरों के उपयोग से पौधे अपने विकास चरणों—अंकुरण, वानस्पतिक वृद्धि और फलन—के अनुसार सही मात्रा में प्रकाश प्राप्त करते हैं, जिससे उनकी वृद्धि अधिक समान, तेज और उच्च गुणवत्ता की होती है। साथ ही ऊर्जा की बचत भी होती है क्योंकि केवल आवश्यकता के अनुसार ही लाइटिंग चालू रहती है। इस तरह, प्रकाश तीव्रता सेंसर ग्रीनहाउस को स्मार्ट, ऊर्जा-दक्ष और उत्पादन-केंद्रित बनाने में प्रमुख भूमिका निभाते हैं।

- **CO_2 सेंसर:** ग्रीनहाउस खेती में CO_2 (कार्बन डाइऑक्साइड) का स्तर पौधों की वृद्धि और प्रकाश संश्लेषण की दक्षता पर सीधा प्रभाव डालता है। CO_2 सेंसर ग्रीनहाउस के अंदर मौजूद कार्बन डाइऑक्साइड की मात्रा को लगातार मापते हैं और यह सुनिश्चित करते हैं कि पौधों को उनके विकास के लिए उपयुक्त गैस स्तर उपलब्ध हो। सामान्य वातावरण में CO_2 का स्तर लगभग 400 ppm होता है, जबकि ग्रीनहाउस में फसलों की बेहतर वृद्धि के लिए इसका स्तर 800–1200 ppm के बीच रखा जाता है।
  CO_2 सेंसर वास्तविक समय का डेटा प्रदान करते हैं, जिससे किसान समझ सकता है कि CO_2 स्तर आदर्श है या नहीं। यदि CO_2 की मात्रा कम हो जाती है, तो यह पौधों के प्रकाश संश्लेषण की गति को धीमा कर देता है, जिसके कारण विकास रुक सकता है और उपज कम हो सकती है। वहीं, अत्यधिक CO_2 भी पौधों और ग्रीनहाउस के अंदर काम करने वाले लोगों दोनों के लिए असुरक्षित हो सकता है। CO_2 सेंसर से प्राप्त डेटा स्वचालित CO_2 इंजेक्शन सिस्टम या वेंटिलेशन सिस्टम को नियंत्रित करने में मदद करता है।

- **मिनी वेदर स्टेशन:** मिनी वेदर स्टेशन एक उन्नत डिजिटल उपकरण है, जो ग्रीनहाउस के भीतर विभिन्न पर्यावरणीय कारकों की वास्तविक समय में निगरानी करता है। यह छोटा लेकिन अत्यंत शक्तिशाली सिस्टम तापमान, आर्द्रता, प्रकाश तीव्रता, वायुदाब, हवा की गति, CO_2 स्तर, और कभी-कभी मिट्टी के तापमान जैसी कई जानकारियाँ एक साथ प्रदान करता है। इन सभी डेटा से किसान यह समझ पाता है कि ग्रीनहाउस में किस प्रकार की जलवायु मौजूद है और पौधों की जरूरतों के अनुसार उसे कैसे यंत्रित किया जाए। मिनी वेदर स्टेशन से प्राप्त डेटा स्वचालित वेंटिलेशन सिस्टम, कोहरा सिस्टम, हीटर, कूलिंग पैड और शेडिंग स्क्रीन को नियंत्रित करने में मदद करता है। इस प्रकार, माइक्रो-क्लाइमेट स्टेशन किसी भी स्मार्ट ग्रीनहाउस का महत्वपूर्ण डिजिटल हिस्सा है, जो आधुनिक नियंत्रित खेती को अधिक वैज्ञानिक, कुशल और लाभदायक बनाता है।

- **ऑटोमेटेड ड्रिप/फर्टिगेशन कंट्रोलर:** ग्रीनहाउस खेती में ऑटोमेटेड ड्रिप/फर्टिगेशन कंट्रोलर एक अत्यंत उन्नत और उपयोगी डिजिटल सिस्टम है, जो पौधों को पानी और पोषण (उर्वरक) सही समय पर और सही मात्रा में उपलब्ध कराने का कार्य करता है। पारंपरिक सिंचाई में पानी या उर्वरक का अधिक या कम प्रयोग होने की संभावना रहती है, जिससे पौधों के विकास पर नकारात्मक प्रभाव पड़ सकता है। लेकिन ऑटोमेटेड फर्टिगेशन सिस्टम विभिन्न सेंसरों जैसे मिट्टी नमी सेंसर, pH सेंसर, EC सेंसर और मौसम संबंधी डेटा के आधार पर सटीक सिंचाई और पोषक प्रबंधन सुनिश्चित करते हैं। यह कंट्रोलर प्री-सेट शेड्यूल या वास्तविक समय के डेटा के अनुसार पौधों को पानी और घुलनशील उर्वरक एक साथ प्रदान करता है। यदि मिट्टी

में नमी कम है, तो सिस्टम स्वतः ड्रिप लाइनों के माध्यम से सिंचाई शुरू कर देता है और जब नमी पर्याप्त हो जाती है, तो इसे बंद कर देता है। इसी तरह, EC सेंसर पोषक तत्वों की सांद्रता मापते हैं और कंट्रोलर उसी अनुसार पोषक घोल की मात्रा को समायोजित करता है। इससे न केवल पौधों को उचित पोषण मिलता है, बल्कि उर्वरक की बर्बादी भी रुकती है।

- **IoT आधारित डेटा लॉगर और अलर्ट सिस्टम:** IoT आधारित डेटा लॉगर और अलर्ट सिस्टम आधुनिक ग्रीनहाउस को पूर्णतः स्मार्ट और स्वचालित बनाने वाले अत्यंत महत्वपूर्ण डिजिटल उपकरणों में से एक हैं। यह सिस्टम ग्रीनहाउस के अंदर स्थापित विभिन्न सेंसरों से रियल-टाइम डेटा एकत्र करता है और उसे क्लाउड प्लेटफॉर्म पर संग्रहीत करता है। इस डेटा को किसान मोबाइल ऐप, कंप्यूटर डैशबोर्ड या वेब पोर्टल के माध्यम से कभी भी और कहीं से भी देख सकता है। इस सिस्टम की सबसे महत्वपूर्ण विशेषता है "अलर्ट और नोटिफिकेशन" फ़ंक्शन। यदि किसी भी पैरामीटर में असामान्य परिवर्तन होता है तो यह सिस्टम तुरंत किसान के फोन पर SMS, WhatsApp, ईमेल या ऐप नोटिफिकेशन के माध्यम से अलर्ट भेजता है। इससे किसान समय रहते आवश्यक कदम उठा सकता है और फसलों को संभावित नुकसान से बचाया जा सकता है। यह तकनीक किसान को वास्तविक समय की जानकारी, बेहतर निर्णय क्षमता, संसाधनों की बचत और फसल संरक्षण में अत्यधिक सहायता प्रदान करती है।

निष्कर्ष

आधुनिक ग्रीनहाउस खेती में डिजिटल उपकरणों का उपयोग उत्पादन क्षमता बढ़ाने, संसाधनों का कुशल प्रबंधन करने और फसलों की गुणवत्ता सुधारने के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण है। तापमान और आर्द्रता सेंसर, मिट्टी नमी सेंसर, pH और EC सेंसर, प्रकाश तीव्रता (PAR) सेंसर, CO_2 सेंसर, ऑटोमेटेड ड्रिप/फर्टिगेशन कंट्रोलर, मिनी वेदर स्टेशन और IoT आधारित डेटा लॉगर जैसे उपकरण ग्रीनहाउस को एक स्मार्ट, वैज्ञानिक और पूर्णतः नियंत्रित वातावरण में बदल देते हैं। इन उपकरणों के माध्यम से किसान पौधों की आवश्यकताओं के अनुसार वास्तविक समय में निर्णय ले सकते हैं और सिंचाई, पोषक प्रबंधन तथा जलवायु नियंत्रण को स्वचालित कर सकते हैं। इन डिजिटल टूल्स के उपयोग से उत्पादन बढ़ता है, पौधे अधिक स्वस्थ रहते हैं और संसाधनों - जैसे पानी, उर्वरक और ऊर्जा की अधिक बचत होती है। साथ ही रोग प्रबंधन और फसल सुरक्षा भी अधिक प्रभावी हो जाती है। इस प्रकार, डिजिटल तकनीकों का एकीकृत उपयोग ग्रीनहाउस खेती को अधिक टिकाऊ, लाभदायक और भविष्य की कृषि के अनुरूप बनाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। आधुनिक समय में प्रतिस्पर्धी और उच्च गुणवत्ता वाली फसल उत्पादन के लिए ग्रीनहाउस में डिजिटल टूल्स का अपनाना न केवल आवश्यक बल्कि अत्यधिक लाभदायक भी है।