जल उपयोग दक्षता बढ़ाने के लिए आईओटी आधारित स्मार्ट सिंचाई प्रणाली

के वी आर राव

प्रभागाध्यक्ष, सिंचाई और जल निकासी इंजीनियरिंग प्रभाग
आईसीएआर – केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल – 462038, भारत
+91-755-521153; E-mail: kvramanarao1970@gmail.com

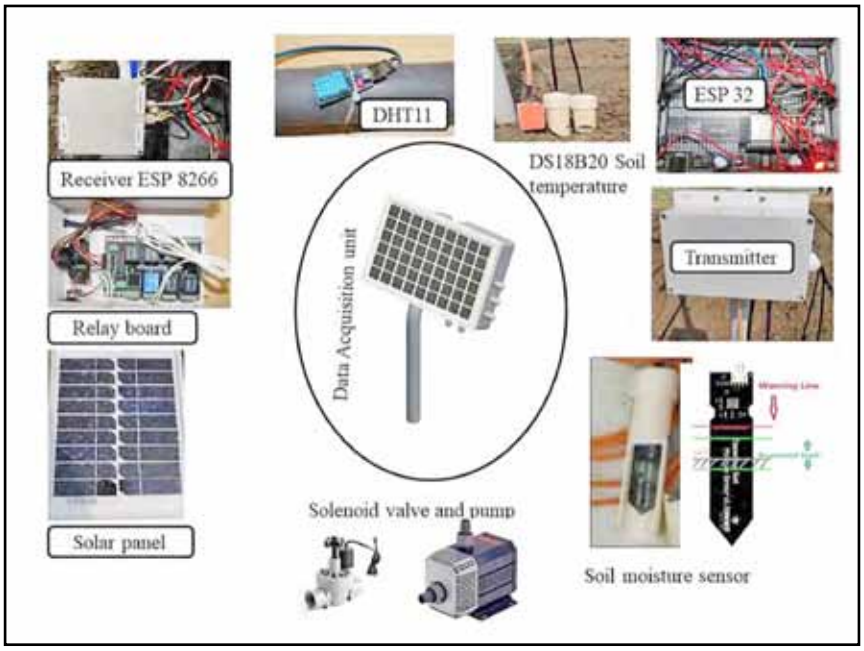
कृषि में सिंचाई के लिए उपलब्ध ताजे पानी का 60 प्रतिशत से अधिक उपयोग होता है। उपलब्ध कृषि योग्य भूमि और जल संसाधनों पर बढ़ते दबाव के साथ, पिछले दशक में पौधों के तनाव को कम करने और बचाव ने गति पकड़ी है। कम अनुप्रयोग दक्षता और अधिक नुकसान (वाष्पीकरण, रिसाव और रिसाव) वाली पारंपरिक सिंचाई विधियाँ सीमित जल उपलब्धता के साथ समस्या को और बढ़ा रही हैं। इसे कम करने के लिए, किसानों को अपने उपज लक्ष्यों को पूरा करने और भविष्य की पीढ़ियों के लिए पर्याप्त जल आपूर्ति सुनिश्चित करने के लिए आवश्यक न्यूनतम मात्रा में पानी का उपयोग करना चाहिए। स्मार्ट सिंचाई प्रबंधन के माध्यम से विभिन्न सिंचाई शेड्यूलिंग तकनीकों, जैसे वाष्पोत्सर्जन और जल संतुलन, मिट्टी की नमी की स्थिति और पौधों की जल स्थिति तकनीकों का उपयोग किया गया है। ईटी-आधारित सिंचाई तकनीकें स्थानीय जलवायु डेटा के आकलन पर बहुत अधिक निर्भर करती हैं। ईटी-आधारित सिंचाई तकनीकें फसल गुणांकों पर निर्भर करती हैं जो प्रत्येक स्थान के लिए अलग-अलग होते हैं और गलत हो सकते हैं। कंप्यूटेड ईटी-आधारित शेड्यूलिंग सिस्टम के साथ, संचयी गलतियाँ हो सकती हैं, यही वजह है कि त्रुटि को सुधारने के लिए आमतौर पर फील्ड-आधारित माप की आवश्यकता होती है। मृदा नमी सेंसर आधारित सिंचाई में माप, स्थापना और अंशांकन त्रुटियों की विधि के आधार पर सेंसर की स्थानिक

परिवर्तनशीलता, सटीकता और परिशुद्धता की सीमाएँ हैं। सिंचाई शेड्यूलिंग उपायों का एक संयोजन फसल सिंचाई शेड्यूलिंग को बढ़ावा देता है और पानी की बर्बादी को कम करता है। कुछ अध्ययनों में, वाष्पीकरण (ईटी), मृदा नमी सेंसर, या पौधे-आधारित स्मार्ट सिंचाई तकनीकों का उपयोग मौसम, मिट्टी की नमी की स्थिति और पौधे की पानी की स्थिति पर विचार करके सिंचाई की घटनाओं को शेड्यूल करने के लिए किया गया है। हाल के वर्षों में, कृषि ने चैथे विकास (कृषि 4.0) का अनुभव किया है क्योंकि सूचना और संचार प्रौद्योगिकी (आईसीटी) को पारंपरिक कृषि तकनीकों के साथ मिला दिया गया है।

परिशुद्ध सिंचाई में, एक प्रभावी विधि का उपयोग करके फसल के जड़ क्षेत्र में सही समय, मात्रा और स्थान पर पानी लगाया जाता है। एक सटीक सिंचाई प्रणाली प्रति सिंचाई कम ऊर्जा लागत पर फसल उत्पादकता और जल उपयोग दक्षता (डब्ल्यूयूई) को बढ़ाती है। मृदा नमी सेंसर के साथ वायर्ड और वायरलेस स्मार्ट ड्रिप सिंचाई प्रणाली सही समय पर सही जगह पर पानी की एक सटीक मात्रा लागू कर सकती है। यह सटीकता में सुधार करने के लिए स्मार्ट रणनीतियों का उपयोग करके किया जा सकता है। स्मार्ट सिंचाई निगरानी ड्रिप सिस्टम यह निर्धारित करने के लिए बहुत प्रभावी तकनीक है कि पौधे द्वारा खोए गए पानी की मात्रा के आधार पर कितना पानी लगाया जाना चाहिए। एक सटीक रूप से नियोजित सिंचाई प्रणाली जल उपयोग दक्षता (डब्ल्यूयूई) को अधिकतम कर सकती है। वायरलेस सेंसर नेटवर्क (डब्ल्यूएसएन) वास्तविक समय डेटाबेस निगरानी में सुधार कर सकते हैं। सक्रिय जड़ प्रणाली के शीर्ष के पास सेंसर लगाना सटीक सिंचाई और सिंचाई शेड्यूलिंग को अनुकूलित करने के लिए महत्वपूर्ण है।

आईओटी-आधारित स्मार्ट सिंचाई तकनीक पौधों के जड़ क्षेत्र में मिट्टी की नमी को मापती है, जो पौधों की जड़ों द्वारा वाष्पीकरण दर पर तब तक विघटित होती है जब तक कि एक मुरझाने वाले बिंदु तक नहीं पहुँच जाती। मृदा नमी सेंसर वास्तविक

समय में सिंचाई और सिंचाई बंद होने का समय निर्धारित कर सकते हैं। उपलब्ध मृदा नमी के आधार पर सिंचाई की मात्रा और समय का अनुमान लगाया जा सकता है। यह एक सरल विधि है और इसे व्यावसायिक रूप से उपलब्ध प्रणालियों के साथ स्वचालित किया जा सकता है। इससे पहले, कृषि निगरानी प्रणालियों में वायर्ड डेटा अधिग्रहण प्रणाली तैनात की गई थी, जिसमें निगरानी के लिए सेंसर इकाइयों को तार से जोड़ा जाता था। सीमित वायरिंग कनेक्शन रेंज के कारण, ऐसी प्रणालियों में निगरानी बिंदुओं के लिए सीमित तैनाती आकार था। इसके अलावा, इन प्रणालियों को मजबूत करने के लिए व्यापक केबलिंग की आवश्यकता होती है, जिससे उच्च स्थापना और रखरखाव लागत होती है। इसके अलावा, मौसम और बाहरी परिस्थितियों के कारण उन्हें शारीरिक क्षति का उच्च जोखिम था।



चित्र 1. आईओटी आधारित सिंचाई प्रणाली के घटक

आई/आईओटी आधारित सिंचाई वास्तविक समय में मिट्टी की नमी, मौसम और पौधों की जरूरतों की निगरानी करके सटीक जल प्रबंधन सुनिश्चित करती है। यह मिट्टी की नमी और पर्यावरण की स्थितियों का सटीक आकलन करके संसाधन दक्षता को बढ़ाता है, जिससे अपव्यय कम होता है। स्वचालित सिस्टम फसल की वृद्धि के चरणों के आधार पर पानी देने के शेड्यूल को समायोजित करते हैं, जिससे उपज और उत्पादन की गुणवत्ता में सुधार होता है। स्मार्टफोन/कंप्यूटर के माध्यम से दूरस्थ निगरानी समय पर समायोजन को सक्षम बनाती है, जिससे मैनुअल काम कम होता है। एआई एल्गोरिदम से डेटा-संचालित अंतर्दृष्टि फसल के स्वास्थ्य, मिट्टी और पानी के उपयोग पर निर्णय लेती है। जलवायु अनुकूलन सुविधाएँ मौसम की बदलती परिस्थितियों के अनुसार सिंचाई को समायोजित करती हैं, जिससे पर्याप्त पानी की आपूर्ति सुनिश्चित होती है। कुल मिलाकर, ये सिस्टम पानी के उपयोग को अनुकूलित करते हैं, श्रम को कम करते हैं और फसल उत्पादकता को बढ़ाते हैं, जिससे महत्वपूर्ण दीर्घकालिक लागत बचत होती है। बुद्धिमान सिंचाई प्रणाली में एक मिट्टी की

चित्र 2. आईओटी आधारित सिंचाई प्रणाली

नमी सेंसर और तापमान सेंसर होता है जो अछूती मिट्टी में एक विशिष्ट फसल के प्रभावी जड़ क्षेत्र में स्थापित होता है। इसमें संचार तकनीकों द्वारा समर्थित डब्ल्यूएसएन का उपयोग करके खेत के खेतों में एक माइक्रो स्प्रिंकलर सिंचाई प्रणाली, सिंचाई पंप और इलेक्ट्रिक सोलनॉइड वाल्व भी शामिल है। मिट्टी की नमी सेंसर से एकत्र मिट्टी की नमी का डेटा और भंडारण के लिए प्वज् क्लाउड प्लेटफॉर्म से जुड़ा हुआ है। मिट्टी की नमी की विशेषता वक्र तैयार किया गया था, थ्रेसहोल्ड मान क्षेत्र की क्षमता और विल्टिंग पॉइंट के आधार पर डिजाइन किए गए थे। मिट्टी की नमी की सीमा और वर्षा की भविष्यवाणी के आधार पर, प्रणाली सिंचाई के लिए पंप और वाल्व को सक्रिय करेगी।

मिट्टी की नमी को मापने के लिए एक विकसित हार्डवेयर सेट अप में वाई-फाई मॉड्यूल के साथ इंटरफेस किए गए मिट्टी की नमी सेंसर शामिल थे। थिंगस्पीक क्लाउड पर, मौसम और मिट्टी और मिट्टी की नमी के डेटा को प्राप्त करने के लिए प्वज् डेटा ट्रांसफर प्रोटोकॉल लागू किया गया था। रास्पबेरी पाई का उपयोग आईओटी आधारित बुद्धिमान सिंचाई प्रणाली के लिए एक माइक्रो कंट्रोलर के रूप में किया गया था। माइक्रो कंट्रोलर मौसम की वेबसाइट (https://weather.com) से वास्तविक समय के मौसम के डेटा को इकट्ठा करता है और इसे क्लाउड सर्वर पर भेजता है। थिंगस्पीक प्लेटफॉर्म से मौसम के आंकड़ों और मिट्टी की नमी के आंकड़ों के आधार पर माइक्रो कंट्रोलर पंप संचालन के लिए रिले को सक्रिय करता है। मटर में, अधिकतम स्वीकार्य कमी स्तर सिंचाई सीमा के 50 प्रतिशत के अंतर्गत उल्लेखनीय रूप से उच्च पैदावार देखी गई, जिसमें 10 प्रतिशत सिंचाई जल की बचत हुई। ईटी आधारित सिंचाई की तुलना में आईओटी के साथ 8-20 प्रतिशत जल बचत के साथ गेहूं अनाज की उपज के लिए भी इसी तरह के परिणाम दर्ज किए गए।