संरक्षित खेती तकनीकें आय बढ़ाने के लिए

सी. आर. मेहता[1] और योगेश ए. राजवाड़े[2]

[1]निदेशक, [2]वैज्ञानिक, भाकृअनुप - केंद्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल

परिचय

भारतीय कृषि का 70% से अधिक भाग वर्षा आधारित है और इस पर छोटे एवं सीमांत किसानों का वर्चस्व है, जो जलवायु की अनिश्चितताओं के प्रति अत्यधिक संवेदनशील हैं। जलवायु परिवर्तन कृषि पारिस्थितिकी तंत्र को प्रभावित करता है — ऊपरी मिट्टी का कटाव करके, जल-चक्र को बदलकर, वनस्पतियों एवं जीव-जंतुओं को बाधित करके, तथा फसल चक्र और उत्पादन को प्रभावित करके। इन बाधाओं को देखते हुए, पारंपरिक खुले खेत की कृषि राष्ट्रीय खाद्य-पोषण सुरक्षा और किसानों की आर्थिक समृद्धि — दोनों लक्ष्यों को पूरा करने में क्रमशः असमर्थ होती जा रही है। आवश्यक उत्पादन लक्ष्यों को प्राप्त करने के लिए, परिशुद्ध कृषि, पुनर्योजी कृषि, ऊर्ध्वाधर खेती (Vertical Farming), मृदारहित खेती (Soilless Cultivation), तथा गहन एवं विविधीकृत फसल प्रणालियाँ जैसी तकनीकें अनिवार्य हैं।

2023 तक, बागवानी के अंतर्गत 28 मिलियन हेक्टेयर में से केवल लगभग 50,000–60,000 हेक्टेयर भूमि ही संरक्षित खेती के अधीन है, जो बागवानी उत्पादन का लगभग 0.2% है। यह संरक्षित खेती के विस्तार की पर्याप्त संभावना को दर्शाता है, जिससे बेहतर आदान-उपयोग दक्षता के साथ टिकाऊ खाद्य एवं पोषण सुरक्षा को सुदृढ़ किया जा सकता है। प्रति इकाई लागत पर अधिकतम उपज और आर्थिक लाभ प्राप्त करने के लिए जलवायु-अनुकूल और प्रौद्योगिकी-आधारित कृषि पद्धतियों को अपनाना अनिवार्य है। इस संदर्भ में, संरक्षित खेती एक परिवर्तनकारी और अत्यंत व्यावहारिक रणनीतिक हस्तक्षेप के रूप में उभरी है।

संरक्षित खेती में विभिन्न प्रकार की सुरक्षात्मक संरचनाएँ शामिल हैं, जैसे — लो टनल, वॉक-इन टनल, शेड नेट, जलवायु-नियंत्रित ग्रीनहाउस, और आधुनिक ऊर्ध्वाधर खेती प्रणालियाँ, जो उगाने के वातावरण पर पूर्ण या आंशिक नियंत्रण प्रदान करती हैं। पौधों की छतरी और बाहरी जलवायु के बीच एक भौतिक अवरोध उत्पन्न करके, ये संरचनाएँ फसलों को प्रतिकूल मौसमी उतार-चढ़ावों से बचाती हैं — जिनमें तापमान की अतिशयता, तेज हवाएँ, तीव्र पराबैंगनी विकिरण और बेमौसम वर्षा शामिल हैं। इन प्रणालियों की बंद प्रकृति कीट संक्रमण और वेक्टर-जनित वायरल रोगों को भी कम करती है, जिससे कृषि-रसायनों पर निर्भरता

घटती है और सुरक्षित, उच्च-गुणवत्ता वाले खाद्य उत्पादन को समर्थन मिलता है। शेड नेट और पॉलीफिल्म जैसे सुरक्षात्मक आवरण संरचनाओं के अंदर प्रकाश की तीव्रता और विसरण को नियंत्रित करते हैं, जिससे प्रकाश-संश्लेषण गतिविधि में उल्लेखनीय वृद्धि होती है और पौधों की पत्तियों पर इष्टतम प्रकाश स्तर (30,000–50,000 लक्स) बनाए रखा जाता है।

इन संरचनाओं को परिशुद्ध कृषि तकनीकों के साथ एकीकृत किया जा सकता है, जिससे स्थल और पौधे-विशिष्ट आदान प्रबंधन संभव होता है। नियंत्रित वातावरण विशेष रूप से उन्नत सूक्ष्म-सिंचाई और स्वचालित फर्टिगेशन प्रणालियों के लिए उपयुक्त है। ड्रिप सिंचाई नेटवर्क के माध्यम से, जल और जल-घुलनशील उर्वरक — जिनमें गणना की गई NPK संयोजन शामिल हैं — सीधे सक्रिय जड़ क्षेत्र तक इष्टतम सांद्रता और आवृत्ति पर पहुँचाए जाते हैं। इससे पोषक तत्वों का रिसाव न्यूनतम होता है, भूजल दोहन कम होता है और पोषक तत्व-उपयोग दक्षता में सुधार होता है। अध्ययनों से संकेत मिलता है कि खुले खेत की खेती में 20–40% और संरक्षित खेती में 25–50% तक उर्वरक और जल की बचत होती है।

भारत में संरक्षित खेती अपनाने की आर्थिक संभावना अत्यंत व्यापक है। कृषि-विज्ञान की दृष्टि से, यह मौसमी सीमाओं की पारंपरिक बाधाओं को दूर करती है और उच्च-मूल्य वाली, अल्प-अवधि फसलों, विदेशी हरी सब्जियों और फूलों की खेती (पुष्पकृषि) का वर्षभर उत्पादन संभव बनाती है। फसल कटाई को बाजार में कम आपूर्ति और अधिक मूल्य वाले समय के अनुरूप करके, किसान उल्लेखनीय रूप से अधिक आय प्राप्त कर सकते हैं। नियंत्रित वातावरण मौसम और कीटों के कारण होने वाले शारीरिक दोषों और आकार की असमानता को भी कम करता है, जिसके परिणामस्वरूप उत्पाद की गुणवत्ता, एकरूपता और भंडारण अवधि में

बलपूर्वक वायु-संचालित पॉलीहाउस के अंदर रंगीन शिमला मिर्च की खेती

सुधार होता है। यह उन्नत गुणवत्ता किसानों को संगठित खुदरा श्रृंखलाओं, सुपरमार्केट और निर्यात बाजारों के मानकों को पूरा करने में सहायता करती है, जिससे सकल आय में वृद्धि होती है। यद्यपि कृषि-संबंधी और सकल प्रतिफल उल्लेखनीय रूप से अधिक हैं, संरक्षित खेती पूँजी-प्रधान है — इसमें संरचनाओं के लिए महत्त्वपूर्ण प्रारंभिक लागत और जलवायु नियंत्रण, उर्वरकों तथा प्रणाली रखरखाव के लिए आवर्ती परिचालन व्यय शामिल हैं। इसलिए विस्तार से पहले कठोर वित्तीय मूल्यांकन आवश्यक है। इसके अतिरिक्त, सफल संचालन के लिए विशेष कृषक कौशल अपेक्षित है, जिसके लिए गहन फसल समयबद्धन, सूक्ष्म-जलवायु प्रबंधन और उन्नत कटाई-उपरांत प्रबंधन में लक्षित प्रशिक्षण आवश्यक है। विभिन्न प्रकार की संरक्षित खेती तकनीकों के अर्थशास्त्र के कुछ उदाहरण नीचे दिए गए हैं।

बलपूर्वक वायु-संचालित पॉलीहाउस खेती

बलपूर्वक वायु-संचालित पॉलीहाउस एक जीआई (गैल्वेनाइज्ड आयरन) संरचना है जो पॉलीफिल्म से ढकी होती है और इसमें तापमान नियंत्रण के लिए एग्जॉस्ट पंखे और सेलुलोज पैड तथा आर्द्रता नियंत्रण के लिए फॉगर्स की व्यवस्था होती है। ये जलवायु-स्मार्ट संरचनाएँ हैं जिन्हें सूक्ष्म-जलवायु नियंत्रण के लिए सेंसर और स्वचालन प्रणाली के साथ एकीकृत किया जा सकता है, जिससे उच्च-मूल्य वाली फसलों की वर्षभर खेती संभव होती है।

500 वर्ग मीटर क्षेत्र में एक किसान के लिए बलपूर्वक वायु-संचालित पॉलीहाउस की खरीद और स्थापना लागत लगभग 9,00,000 (1,800 प्रति वर्ग मीटर) है। 10 वर्ष की संरचना आयु को देखते हुए, वार्षिक मूल्यह्रास लागत 90,000 होती है। टमाटर-रंगीन शिमला मिर्च फसल प्रणाली के लिए, श्रम, पौध, उर्वरक, बिजली और अन्य आदानों की आवर्ती वार्षिक लागत लगभग 2,10,000 अनुमानित है। 500 वर्ग मीटर में 10 टन टमाटर और 6 टन रंगीन शिमला मिर्च की उपज मानते हुए, और टमाटर के लिए 20 प्रति किलोग्राम तथा रंगीन शिमला मिर्च के लिए 60 प्रति किलोग्राम के बाजार मूल्य पर, कुल वार्षिक राजस्व 6,00,000 होता है। राज्य और केंद्र सरकार की योजनाओं के अंतर्गत, किसान पॉलीहाउस निर्माण और सूक्ष्म-सिंचाई प्रणालियों के लिए 50% तक की सब्सिडी प्राप्त कर सकते हैं। मूल्यह्रास और आवर्ती लागतों को घटाने के बाद, किसान एक छोटे 500 वर्ग मीटर के पॉलीहाउस में वर्षभर खेती से प्रतिवर्ष लगभग 3,00,000 अर्जित कर सकता है, जिसमें लाभ-लागत (B:C) अनुपात 1.5–2.0 के बीच रहता है।

केबल और पोस्ट शेड नेट खेती

केबल और पोस्ट शेड नेट में उच्च तन्य तार

केबल और पोस्ट शेड नेट के अंदर खीरे की खेती

ग्रिड द्वारा जुड़े जीआई (गैल्वेनाइज्ड आयरन) स्तंभ होते हैं, जो कीट-रोधी नेट/शेड नेट से ढके होते हैं और इसका उपयोग मुख्य रूप से अत्यधिक गर्मी की जलवायु में किया जाता है। यह पॉलीहाउस का एक सस्ता विकल्प है जो धूप और हवा से तथा आंशिक रूप से वर्षा से सुरक्षा प्रदान करता है। बलपूर्वक वायु-संचालित पॉलीहाउस की तुलना में इसे स्थापित करना और रखरखाव करना आसान है।

एक किसान 500 वर्ग मीटर क्षेत्र में केबल और पोस्ट शेड नेट संरचना का चयन करता है, जिसकी सामग्री और निर्माण लागत 2,50,000 (500 प्रति वर्ग मीटर) है। 5 वर्ष की आयु मानते हुए, वार्षिक मूल्यह्रास लागत 50,000 है। खीरे की दो बार खेती और गर्मी के मौसम में पत्तेदार सब्जियों की फसल पद्धति के साथ, वार्षिक परिचालन लागत लगभग 1,30,000 है। खीरे के लिए 9 किलोग्राम प्रति वर्ग मीटर और पत्तेदार सब्जियों के लिए 3 किलोग्राम प्रति वर्ग मीटर की उपज मानते हुए, तथा खीरे के लिए 20 प्रति किलोग्राम और पत्तेदार सब्जियों के लिए 40 प्रति किलोग्राम के बाजार मूल्य पर, कुल वार्षिक राजस्व लगभग 2,40,000 है। राज्य और केंद्र सरकार की योजनाओं के अंतर्गत, किसान शेड नेट संरचनाओं, सूक्ष्म-सिंचाई प्रणालियों और संबंधित घटकों के लिए 50% तक की सब्सिडी प्राप्त कर सकते हैं। मूल्यह्रास, परिचालन लागत और लागू सब्सिडी को घटाने के बाद, किसान शेड नेट संरचना के अंतर्गत वर्षभर खेती से प्रतिवर्ष लगभग 90,000 अर्जित कर सकता है।

हाइड्रोपोनिक्स खेती

हाइड्रोपोनिक्स एक मृदारहित खेती तकनीक है जिसमें पोषक तत्व घोल (न्यूट्रिएंट सॉल्यूशन) सीधे पौधों की जड़ों तक पहुँचाया जाता है, जिन्हें प्रायः कोको-पीट, बुरादा, मिट्टी की गोलियाँ (क्ले बॉल्स) आदि जैसे माध्यमों द्वारा सहारा दिया जाता है। यह तकनीक पारंपरिक खेती की तुलना में 90% तक जल की खपत कम कर सकती है और जड़ वातावरण (EC और pH) पर नियंत्रण, बहु-स्तरीय ऊर्ध्वाधर स्टैकिंग और त्वरित वृद्धि की सुविधा प्रदान करती है।

एक किसान 100 वर्ग मीटर के छोटे पॉलीहाउस या संरचना में मृदारहित खेती तकनीक अर्थात् हाइड्रोपोनिक्स अपनाता है। कुल 15 सेटअप, प्रत्येक 1 मीटर × 2.5 मीटर की तीन-परत विन्यास के साथ और 150 पौधों को समायोजित करने में सक्षम, पत्तेदार सब्जियों और स्ट्रॉबेरी जैसी फसलों के लिए संतोषजनक रूप से स्थापित और संचालित किए जा सकते हैं। स्ट्रॉबेरी

(अक्टूबर–फरवरी) और शेष वर्ष पत्तेदार सब्जियों की फसल पद्धति के लिए सेटअप में लगभग 1,00,000 की पूँजी निवेश और 50,000 की वार्षिक परिचालन लागत की आवश्यकता होती है। 5 वर्ष की सेटअप आयु के साथ, वार्षिक मूल्यह्रास लागत 20,000 है। एक सुव्यवस्थित और रखरखाव की गई प्रणाली प्रति पौधे 10–15 स्ट्रॉबेरी दे सकती है, जिसका औसत फल भार 10 ग्राम होता है। पत्तेदार सब्जियों की प्रति पौधे लगभग 100–150 ग्राम की कटाई हो सकती है। स्ट्रॉबेरी के लिए 50 प्रति 200 ग्राम और गर्मी के मौसम में पत्तेदार सब्जियों के लिए 50 प्रति किलोग्राम के बाजार मूल्य पर, यह प्रणाली स्ट्रॉबेरी से लगभग 55,000–60,000 और पत्तेदार सब्जी उत्पादन से 10,000–15,000 का कुल राजस्व उत्पन्न कर सकती है।

भारत सरकार की पहलें और आगे की राह

संरक्षित खेती तकनीकों को अपनाने को बढ़ावा देने के लिए, भारत सरकार ने एक सुदृढ़ नीति ढाँचा स्थापित किया है। राष्ट्रीय बागवानी बोर्ड (NHB) और बागवानी के एकीकृत विकास हेतु मिशन (MIDH) द्वारा संचालित वित्तीय हस्तक्षेप, संरक्षित खेती से जुड़ी उच्च प्रारंभिक अवसंरचना लागतों की भरपाई के लिए पर्याप्त पूँजी सब्सिडी प्रदान करते हैं। इसके अतिरिक्त, राष्ट्रीय कृषि विकास योजना (RKVY) के माध्यम से कार्यान्वित "प्रति बूँद अधिक फसल" (PDMC) योजना के अंतर्गत सूक्ष्म-सिंचाई प्रणालियों के लिए भी सब्सिडी प्राप्त की जा सकती है। इन लक्षित उपायों के बावजूद, जटिल लागत-लाभ गतिशीलता और कथित निवेश जोखिमों के कारण भारतीय किसानों में इसका व्यापक प्रसार अभी भी सीमित है।

2050 तक संरक्षित खेती के अंतर्गत क्षेत्रफल को अधिकतम करने के लिए, कृषि ढाँचे को उन्नत सेंसर और AI-सक्षम तकनीकों द्वारा संचालित स्मार्ट-कृषि-विज्ञान पारिस्थितिकी तंत्र की ओर स्थानांतरित करना होगा। भविष्य के इंजीनियरिंग प्रयासों में AI और IoT

हाइड्रोपोनिक्स खेती के अंतर्गत स्ट्रॉबेरी की खेती

एकीकृत फर्टिगेशन नियंत्रकों के विकास को प्राथमिकता दी जानी चाहिए, जो गतिशील सूक्ष्म-मात्रा निर्धारण (डायनेमिक माइक्रो-डोसिंग) को सक्षम करने और पोषक तत्व-उपयोग दक्षता को अधिकतम करने के लिए सेंसर-आधारित छतरी (कैनोपी) डेटा और वास्तविक समय मृदा नमी मानचित्रण का उपयोग करते हैं। इसके अतिरिक्त, भविष्य में MIDH लागत मानकों में संशोधन इन प्रौद्योगिकी-आधारित पारिस्थितिकी तंत्रों को सब्सिडी दे सकता है — परिशुद्ध खेती दिशानिर्देशों को अद्यतन करके स्वचालित फर्टिगेशन इकाइयों, क्लोज्ड-लूप IoT जलवायु नियंत्रकों और स्वचालित पॉलीहाउस संचालन को उच्च-तकनीक संरक्षित खेती प्रणालियों के मानक घटकों के रूप में वित्तीय सहायता प्रदान करके।