

अध्ययन उद्देश्य

- यह अध्याय सटीक कृषि का मौलिक परिचय प्रस्तुत करते हुए कृषि विज्ञान में इसके महत्व को रेखांकित करता है।
- यह अध्याय सटीक कृषि के विभिन्न साधन एवं तकनीकों का वर्णन करता है जिसके कारण विषय का व्यापक विकास व अनुप्रयोग संभव हो सका है।
- यह सुदूर संवेदन, भौगोलिक सूचना तंत्र तथा भू-स्थानिक तंत्र से सम्बंधित प्रमुख जानकारी प्रदान करता है।
- अंत में अध्याय, भारतीय परिदृश्य में सटीक कृषि की उपयोगिता को प्रतिपादित करता है।

सटीक कृषि

विगत कुछ दशकों में, सूचना प्रौद्योगिकी एवं अन्य संगत तकनीकों के अधिकाधिक अनुप्रयोगों से मनुष्य ने अनगिनत प्रकार की सुविधाएँ हासिल की है। इन तकनीकों के व्यापक अनुप्रयोग से कृषि को भी अधिक सुविधाजनक एवं लाभप्रद बनाने की दिशा में कई स्तरों पर प्रयास किये जा रहे हैं। तकनीकों में प्रमुख रूप से भू-मानचित्रण, उच्च परिशुद्धतायुक्त स्थानिक तंत्र, स्वचालित स्टीयरिंग सिस्टम, अति उच्च क्षमता वाले संवेदक, सेंसर और उच्च तकनीक इंजीनियरिंग के साथ संयुक्त आईटी अनुप्रयोगों की एक श्रृंखला, एकीकृत इलेक्ट्रॉनिक संचार शामिल है। दिनोंदिन बढ़ती कृषि लागत के विपरीत अपेक्षानुरूप उत्पादन अथवा उत्पादन की उचित कीमत न मिलना इस क्षेत्र की प्रमुख समस्या है। प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में हुए अभूतपूर्व विकास एवं तकनीकों के अनुप्रयोग की सार्थकता को देखते हुए कृषिगत समस्याओं के निदान हेतु भी उक्त तकनीकों के उपयोग की आवश्यकता महसूस की जाने लगी है। हालाँकि संसाधनों के न्यायोचित उपयोग हेतु भौगोलिक सूचना प्रणाली के तंत्रों जैसे सुदूर संवेदन, भौगोलिक सूचना प्रणाली इत्यादि का विस्तारित अनुप्रयोग कृषि के अन्य क्षेत्रों में विगत कई दशकों से हो रहा है, परन्तु मूल सस्यकार्यिक प्रबंधन अब तक इससे अछूता रहा है। कृषि की प्राचीन, मध्यकालीन एवं आधुनिक तकनीकों पर प्रकाश डालें तो हम पाते हैं कि कृषि संसाधनों का उपयोग स्थानिक एवं सामयिक विविधता को ध्यान में रख कर नहीं किये जाने से संसाधनों का आवश्यकता से अधिक उपयोग होता रहा है एवं इसके परिणामस्वरूप कई अवांछित परिणाम जैसे मृदा स्वास्थ्य का क्षरण, पर्यावरण प्रदूषण सामने आये हैं। वर्तमान सदी में

संसाधन प्रबंधन एवं पर्यावरण संरक्षण को दृष्टिगत रखते हुए इन तकनीकों के माध्यम से कृषि प्रबंधन अत्यधिक आवश्यक हो गया है।

1.1 परिचय

सटीक कृषि का लक्ष्य संसाधनों का सामयिक एवं स्थानिक विविधता के अनुरूप इष्टतम उपयोग करते हुए कृषि को लाभकारी बनाने के साथ साथ पर्यावरण संरक्षण को प्राप्त करना है। इस लक्ष्य को प्राप्त करने हेतु अनेक नई तकनीकों जैसे ड्रोन, स्वचालित मशीनें, लेजर लेवलर और भू-मंडलीय स्थानिक प्रणाली, भौगोलिक सूचना प्रणाली, सुदूर संवेदन का प्रयोग कृषि प्रबंधन में विगत दशकों से किया जाने लगा है। सटीक कृषि में मुख्यतया आदान प्रबंधन जैसे जल प्रबंधन, मृदा प्रबंधन, बीज प्रबंधन, खाद प्रबंधन, कीट-व्याधि प्रबंधन इत्यादि सम्मिलित है।

मौसम, मृदा, वनस्पति, जल की उपलब्धता, मृदा ढाल इत्यादि स्थानिक रूप से बदलते रहते हैं तथा यह सभी कारक फसल उत्पादन, तथा उत्पादकता को प्रभावित करते हैं। कृषकों को स्थानिक और सामयिक विविधता के कारण फसल उत्पादकता के प्रभावित होने के बारे में ज्ञान तो था परन्तु उनके पास इन विविधताओं को सटीकता से आंकलन का साधन नहीं था जिससे वे आवश्यकतानुसार संसाधनों को उपयोग एवं प्रबंधन नहीं कर पाते थे। इस प्रकार सटीक खेती स्थानिक एवं सामयिक विविधताओं के अनुकूल संसाधनों का आवश्यकतानुसार उपयोग करके अधिकतम उत्पादन प्राप्त करने की कृषि पद्धति है।

विगत 10 वर्षों में सटीक खेती विज्ञान और अध्ययन के दायरे से बाहर आकर व्यवहार में प्रयुक्त होने लगी है। एक अनुमान के मुताबिक वैश्विक स्तर पर क्रय किये जाने वाले ज्यादातर कृषि यंत्रों का उपयोग सटीक कृषि हेतु किया जा रहा है। वर्तमान में सूचना तंत्र तथा स्वचालित कृषि यंत्रों की उपलब्धता के कारण सटीक खेती किसानों के लिए अधिक सहज, लागत प्रभावी और आसान होती जा रही है।

स्थानिक मृदा उर्वरकता से सम्बंधित विविधता के आंकड़ों को एकत्रित एवं विश्लेषित कर फसल उत्पादन हेतु प्राथमिक जुताई, द्वितीय जुताई, बोनी सह बीज एवं उर्वरक अनुप्रयोग, समयानुकूल व आवश्यकतानुसार सिंचाई व्यवस्था के साथ सामयिक मौसम विविधता के अनुसार उपयुक्त कीट-व्याधि नाशकों को प्रयोग व कटाई तक प्रत्येक चरणों में सटीक खेती प्रबंधन का उपयोग किया जाता है।

1.2 अवधारणा

स्थान विशिष्ट अंतर और अंतर-क्षेत्रीय विविधता को मापने और इसका विश्लेषण करने एवं इसके आधार पर की जाने वाली फसल/कृषि प्रबंधन ही सटीक कृषि की मूल अवधारणा है। सटीक कृषि अनुसंधान का लक्ष्य संसाधनों को संरक्षित करते हुए लागत संसाधन पर अधिकतम लाभ के लक्ष्य के साथ पूरे कृषि प्रबंधन के लिए एक निर्णय समर्थन प्रणाली (डीएसएस) को परिभाषित करना है। इस प्रकार क्षेत्रीय विविधताओं (मिट्टी, जलवायु और पानी) का प्रबंधन करते हुए उत्पादन लागत

और नकारात्मक पर्यावरणीय प्रभाव को कम करने के साथ-साथ उच्च उत्पादकता के साथ फसल उत्पादन प्राप्त करना ही सटीक कृषि की अवधारणा है।

1.3 साधन एवं तकनीक

विविधता को मापने, इसका विश्लेषण करने एवं आदानों के प्रबंधन हेतु सटीक खेती में कई विशिष्ट साधन एवं परिष्कृत उपकरणों की आवश्यकता होती है।

1.3.1 साधन

सटीक खेती में निम्नलिखित प्रमुख साधनों का उपयोग किया जाता है

(क) भौगोलिक स्थानिक तंत्र (GPS): भौगोलिक स्थानिक तंत्र को स्थानिक दिशा सूचक तंत्र के रूप में भी जाना जाता है, इसका उपयोग मुख्यतया भू-सर्वेक्षण, परिवहन तंत्र, सैन्य सुरक्षा, कृषि प्रणाली इत्यादि में किया जाता है। यह तंत्र स्थानिक आंकड़ों का शीघ्र और सटीक संग्रहण व विश्लेषण कर सूचना प्रदान करता है। यह प्रणाली सुगमता से जन साधारण के उपयोग के लिए भी उपलब्ध है। GPS किसी स्थान विशेष की सूचना सटीकता से ग्रहण करने हेतु भू-उर्ध्व में स्थापित अनेक उपग्रहों के एक नेटवर्क की सहायता से काम करता है, इसकी सहायता से उपयोगकर्ताओं को 100 से 0.01 मीटर के बीच सटीकता के साथ स्थिति संबंधी जानकारी (अक्षांश, देशांतर और ऊंचाई) रिकॉर्ड करने में मदद मिलती है। सामान्यतः पृथ्वी के सतह पर स्थित किसी वस्तु की स्थानिक स्थिति की सटीकता की सूचना संग्रहण करने के लिए कम से कम तीन से चार उपग्रहों को एक ही समय में भू-उर्ध्व में उपलब्ध होना चाहिए। ये उपग्रह विभिन्न संकेतों को प्रसारित करते हैं जिसकी मदद से जी.पी.एस. संग्राहक (रिसीवर) किसी वस्तु की स्थिति का निश्चित आंकलन करता है, इस प्रकार जी.पी.एस. प्रकाश या ध्वनि मार्गदर्शक पैनल (DGPS), एंटीना और रिसीवर के साथ एक स्वचालित नियंत्रण प्रणाली है।

जी.पी.एस. तकनीक विभिन्न प्रक्षेत्रों के लिए आदानों के विविध दर को प्रदर्शित करता है जो विशिष्ट रूप उस प्रक्षेत्र में कृषि कार्यान्वयन के लिए आवश्यक है जैसे इस तकनीक की सहायता से प्रक्षेत्र विशेष के मिट्टी के गुणों के अनुकूल उर्वरक और कीटनाशक निर्धारित किए जा सकते हैं। इस तंत्र का विकास का मुख्य उद्देश्य निम्नांकित है-

- (i) उपयोगकर्ता को स्थानीय निर्देशांक प्रदान करने के लिए
- (ii) वैश्विक स्तर पर किसी भी मौसम में स्थान विशेष की निरंतर त्रिआयामी भौगोलिक वास्तविक स्थिति ज्ञात करने के लिए,
- (iii) विभिन्न नागरिक एवं कृषिगत अनुप्रयोगों एवं सुविधा के लिए।

(ख) स्व-चालित प्रणाली: स्व-प्रेरित प्रणाली के अंतर्गत स्व-चालित ट्रैक्टर, भू-समतलीकरण यन्त्र, स्वचालित स्प्रेयर, सीडर तथा खेती सम्बन्धी अन्य स्वचालित कार्य सम्पादित करने वाले उपकरण जैसे सीधी पंक्तियों बनाने वाले यन्त्र इत्यादि। इन स्वचालित यंत्रों के उपयोग से किसानों को कृषि कार्य में लगने वाले समय की बचत के साथ साथ संसाधनों की न्यायोचित उपयोग सुनिश्चित करने में सहायता मिलती है। कृषि में उपयोग होने वाली स्व-चालित मशीनों को

टेलीमैटिक्स का उपयोग करके दूर से नियंत्रित किया जाता है। फसल कटाई हेतु एक ऐसा स्व-चालित कम्बाईनर डिजाइन किया गया है जिसे ट्रैक्टर में जोड़ कर सुरक्षित दूरी से निर्देश दे कर फसल कटाई का संयोजन किया जाता है।

(ग) समीपवर्ती संवेदक: ट्रैक्टर अथवा किसी अन्य कृषि उपकरण में लगे निकटवर्ती संवेदक का उपयोग मिट्टी और फसल की गुणवत्ता मापने के लिए किया जा सकता है।

(घ) संवेदक: सटीक कृषि में वायरलेस/ सूक्ष्म संवेदक (सेंसर) का प्रयोग संसाधनों के न्योयोचित उपयोग सुनिश्चित करने हेतु किया जा रहा है। कई आवश्यक अवयवों एवं सूचकांकों जैसे मृदा जल उपलब्धता, मृदा संघनन, मृदा उर्वरता, पत्ती तापमान, पत्ती क्षेत्र सूचकांक, पौधे जल की स्थिति, स्थानीय जलवायु आंकड़े, कीट-रोग-खरपतवार संक्रमण से सम्बंधित आंकड़े, अल्प समय में एकत्र करने के में इसकी महती आवश्यकता है। सेंसर द्वारा सूचना एकत्र कर वास्तविक समय में स्थानांतरित कर देने से कृषि की कई समस्याओं का समयानुकूल प्रबंधन संभव हो सका है। उदाहरण के तौर पर कई यंत्रों में स्थापित संवेदक (जैसे ग्रीन सीकर) फसल की स्वास्थ्य की जानकारी वास्तविक समय पर उपलब्ध कराकर आवश्यकतानुसार प्रबंधन हेतु अनुशंसा करता है। इसी प्रकार एक अन्य संवेदक “वीडसीकर” खेत में खरपतवारों की स्थिति वास्तविक समय में उपलब्ध कराकर निदानात्मक खरपतवारनाशी की अनुशंसा करता है।

(ङ) ड्रोन / मानवरहित एरिएल वाहन: सटीक कृषि हेतु वृहद् स्तर पर सूचनाओं को अत्यंत अल्प समय में एकत्रित करने हेतु ड्रोन या मानवरहित एरिएल वाहन का उपयोग विगत कई दशकों से प्रारंभ हो चुका है। इस साधन की सुलभ उपलब्धता, कम लागत से इसका प्रचलन दिनोंदिन कृषि एवं अन्य क्षेत्रों में बढ़ता जा रहा है। ड्रोन फसलों की वास्तविक स्थिति, वृद्धि का पता लगाने के साथ ही कटाई के बाद की निगरानी जैसे अनेक प्रकार के कृषि कार्यों का विश्लेषण और योजना के कामों में मदद कर सकता है। खाद्यान्नों की बढ़ती मांग को पूरा करने एवं खेत के महत्वपूर्ण संचालन में; अधिक सटीक सूचनाओं की संग्रहण ड्रोन के माध्यम से बखूबी किया जा सकता है। भविष्य में होने वाले अनुबंध खेती (कॉन्ट्रैक्ट फार्मिंग) को इस साधन से महत्वपूर्ण लाभ मिल सकता है।

(च) रोबोटिक्स: सुदूर ग्रामीण क्षेत्रों में दिनों दिन घटते श्रम बल के कारण अनेक कृषि कार्य देख रेख के आभाव में बाधित हो रहे हैं इसकी क्षति पूर्ति हेतु कई क्षेत्रों में रोबोटिक्स का प्रयोग कृषि कार्यों में किया जा रहा है। रोबोटिक्स को कृषि के अनेक कार्य को सुगमता पूर्वक करने में सक्षम पाया गया है जैसे हरित गृह में फसलों की देखभाल एवं कटाई समेत अन्य प्रबंधन कार्य रोबोटिक्स के द्वारा किया जा रहा है।

(छ) संगणक व इन्टरनेट का उपयोग: कृषि सम्बन्धी संगृहीत सूचनाओं का आदान प्रदान तथा इनका संग्रहण करने में संगणक व इन्टरनेट की महत्वपूर्ण भूमिका है। मौसम, मृदा, प्रक्षेत्र इत्यादि के आकड़ों का कृषि कार्यों के दैनिक प्रबंधन में उपयोग हेतु इन्टरनेट तथा सूक्ष्म संवेदक की सहायता से वास्तविक समय में संभव हो पाया है। हाल ही में, कई कृषि स्टार्ट-अप और आदान आपूर्तिकर्ताओं ने बिना तार के आंकड़ों का स्थानान्तरण (वायरलेस आंकड़ें ट्रांसमिशन) हेतु LPWANs (लो पावर वाइड एरिया नेटवर्क) का उपयोग करना शुरू किया है। इन नेटवर्कों को सस्ती लागत पर कम

उर्जा उपयोगिता के साथ लंबी दूरी पर अल्प मात्रा में संचरित आंकड़ों को ले जाने के लिए डिजाइन किया गया है। इस तरह के नेटवर्क का उपयोग प्रेषण कार्यक्रमों, विक्रय साधन और अन्य व्यवसाय प्रबंधन में भी किया जाता है।

1.3.2 तकनीक

सटीक खेती में निम्नलिखित प्रमुख तकनीकों का उपयोग किया जाता है।

- (i) भौगोलिक सूचना तंत्र (GIS)
- (ii) सुदूर संवेदन प्रणाली (Remote Sensing System)
- (iii) परिवर्तनीय दर तकनीक (Variable rate technology)

1.3.2.1 भौगोलिक सूचना तंत्र (GIS)

भौगोलिक सूचना प्रणाली (GIS) मूलतः आंकड़े संगृहीत करने, स्थानिक विश्लेषण और उसके प्रबंधन करने की तकनीक है। यह तकनीक कई प्रकार के आंकड़ों को संगृहीत और व्यवस्थित कर उसका स्थानिक विश्लेषण करती है और इस प्रकार इन आंकड़ों से निकली सूचनाओं को नक्शे और त्रिविमीय (3-डी) दृश्यों के माध्यम से अभिव्यक्त करती है। इस तकनीक के पृष्ठभूमि में कंप्यूटर सॉफ्टवेयर और प्रक्रियाओं की एक प्रणाली काम करती है, जिसे कुछ इस प्रकार डिजाइन किया जाता है ताकि इसके माध्यम से स्थानिक रूप से संदर्भित आंकड़ों का एकत्रीकरण, उनका आवश्यकतानुसार सम्पादन और विश्लेषण कर जटिल समस्याओं को हल करने हेतु योजना अथवा प्रबंधन की रूपरेखा तैयार की जा सके।

1.3.2.2 भौगोलिक सूचना तंत्र के अवयव

भौगोलिक सूचना तंत्र के मुख्य अवयव संगणक, संग्राहक (स्टोरेज) स्थानिक आंकड़ों के विश्लेषण हेतु डिजाईन किये गए सॉफ्टवेयर तथा विभिन्न प्रकार के मॉडल है। संगणक के मुख्य अवयव हार्डवेयर, सॉफ्टवेयर तथा इसमें लगे विभिन्न प्रकार के संग्राहक तथा बाह्य संग्राहक व रीडर होते हैं। एकत्रित आंकड़ों के मानचित्रों या सूचनाओं को संगृहीत करने से पहले डिजीटाइजर के माध्यम से अंकीय (डिजिटल) रूप में परिवर्तित कर संगृहीत किया जाता है ताकि इनका सुगम विश्लेषण तथा आवर्धन किया जा सके। भौगोलिक सूचना तंत्र के अंतर्गत विभिन्न प्रकार के सॉफ्टवेयर का उपयोग आंकड़ों के विश्लेषण तथा प्रबंधन हेतु किया जाता है। जीआईएस सॉफ्टवेयर अनुप्रयोगों की एक विस्तृत श्रृंखला को शामिल करता है जिसमें डिजिटल मानचित्रों और स्थानिक मानचित्रीकरण के आंकड़ों के संयोजन का उपयोग होता है। जीआईएस सॉफ्टवेयर को विभिन्न श्रेणियों में क्रमबद्ध किया जा सकता है।

1.3.2.3 भौगोलिक सूचना तंत्र के सॉफ्टवेयर

जीआईएस सॉफ्टवेयर अनुप्रयोगों की एक विस्तृत श्रृंखला को शामिल करता है जिसमें अंकीय