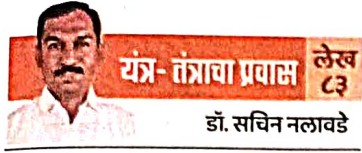




काटेकोर शेतीसाठी विविध संवेदकांचा वापर



यंत्र-तंत्राचा प्रवास लेखक

डॉ. सचिन नलावडे

बदलत्या वातावरणाच्या स्थितीमध्ये आधुनिक शेतीमध्ये काटेकोर किंवा अचूक शेती (प्रिसिजन ऑग्रिकल्चर) ही संकल्पना वेगाने विकसित होत आहे. गेल्या काही भागांमध्ये आपण कृत्रिम बुद्धिमत्तेच्या शेतीतील वापरासंदर्भात माहिती घेतली. काटेकोर शेतीमध्ये कृत्रिम बुद्धिमत्तेसोबतच विविध प्रकारचे डिजिटल तंत्रज्ञान, माहिती-तंत्रज्ञान, स्वयंचालित यंत्रणांचा वापर करणे अपेक्षित असते. त्याद्वारे शेतीतील प्रत्येक टप्प्या अधिक कार्यक्षम, पर्यावरणपूरक आणि फायदेशीर करण्याचा उद्देश ठेवला जातो. या सर्व प्रक्रियांसाठी वेगवेगळ्या प्रकारचे संवेदक (सेन्सर्स) महत्त्वाची भूमिका बजावतात.

मातीतील आर्द्रता संवेदक

उद्देश : मातीच्या जलधारण क्षमतेचा अंदाज घेणे. मातीमध्ये असणारे पाणी मोजणे.

वापर : या संवेदकांच्या मदतीने मातीत उपलब्ध असलेल्या पाण्याचे मोजमाप केले जाते. पिकाला पाण्याची कमतरता भासत असेल तर गरजेनुसार पाण्याचे प्रमाण आणि सिंचनाची योग्य वेळ ठरवता येते. त्यामुळे पिकांना आवश्यकता असतानाच पाणी देणे शक्य होते.

उदाहरणे : मातीतील आर्द्रता सेन्सर्स वेगवेगळ्या तंत्रज्ञानाने जमिनीतील ओलाव्याचे मापन करतात. आकारमानात्मक पाण्याचे प्रमाण मोजणारे आकारमान संवेदक (व्हॉल्यूमेट्रिक सेन्सर्स) हे पाण्याच्या आकारमानाचे मातीच्या आकारमानाशी गुणोत्तर मोजतात. त्यातून मातीतील पाण्याची क्षमता (ताण) मोजला जातो. पाण्याचे विभवांतर संवेदक (पोटेंशियल सेन्सर्स) मातीतून पाणी काढण्यासाठी लागणारे बल मोजतात. सामान्य प्रकारांमध्ये विद्युतधारिता (कॅपॅसिटन्स), विद्युत अवरोध (रेझिस्टिव्ह), पाण्याचा ताण मापक (टेंसिओमीटर) आणि वेळोवेळी परावर्तित होणाऱ्या तरंगांचा संवेदक (टाइम डोमेन रिफ्लेक्टोमेट्री -TDR सेन्सर) यांचा समावेश होतो. या सर्व प्रकारच्या संवेदकांची तयारील्लवार माहिती घेऊ

आकारमान आर्द्रता संवेदक

● **धारिता संवेदक** : हे सेन्सर्स मातीचा डायलेक्ट्रिक स्थिरांक मोजतात. हा स्थिरांक पाण्याच्या प्रमाणानुसार बदलतो. तुलनेने आर्थिकदृष्ट्या परवडणारे हे संवेदक सिंचन वेळापत्रकासाठी वापरले जातात.

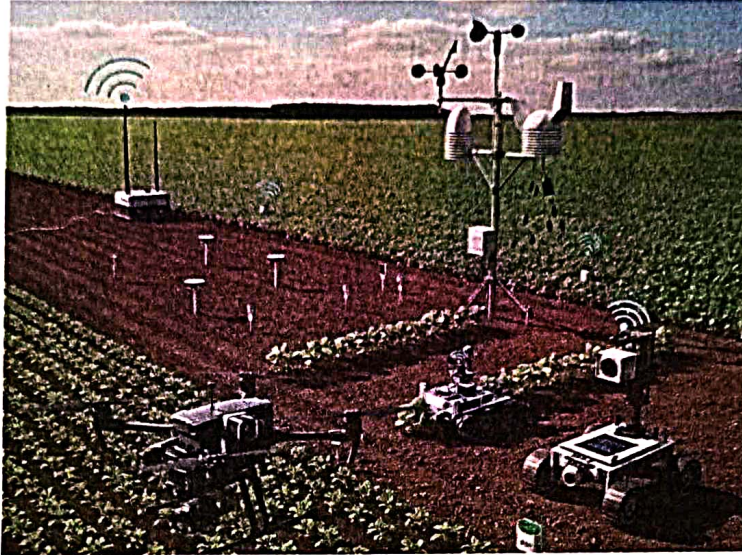
● **अवरोधक संवेदक** : हे सेन्सर्स दोन इलेक्ट्रोडमधील विद्युत प्रतिकार मोजतात. पाण्याचे प्रमाण वाढल्याने प्रतिकार कमी होतो. हे संवेदकही सामान्यतः स्वस्त असले तरी अन्य प्रकारांपेक्षा कमी अचूक असू शकतात.

● **टाइम डोमेन रिफ्लेक्टोमेट्री (TDR) सेन्सर्स** : टीडीआर सेन्सर मातीतून इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक पल्सचा प्रवास वेळ मोजतात. त्यावरून जमिनीतील पाण्याच्या प्रमाणाचा अचूक अंदाज मिळतो. या संवेदकांची अचूकता अधिक असून ते अधिक महान असतात.

● **न्यूट्रॉन प्रोब्स** : हे सेन्सर्स मातीतील पाण्याचे प्रमाण मोजण्यासाठी न्यूट्रॉनचा वापर करतात. ते अत्यंत अचूक असले तरी त्यात किरणोत्सर्गी पदार्थांचा वापर केला जातो. परिणामी वापरताना सुरक्षिततेच्या सर्व खबरदारी घेण्यासाठी विशेष प्रशिक्षण आवश्यक असते.

पाण्याचे विभवांतर संवेदक

● **टेंसिओमीटर** : हे सेन्सर्स माती पाण्यावर किती ताण



विविध सेन्सर्सच्या वापरातून शेती अधिक काटेकोरतेकडे जाण्यास मदत होईल.

किंवा सक्शन टाकते हे मोजतात. त्यामुळे वनस्पतींना मातीतून पाणी उचलून घेणे किती सोपे किंवा कठीण याचा अंदाज मिळतो. हे संवेदक वनस्पतींना असलेली पाण्याची उपलब्धता मोजत असल्याने पिकाला सिंचन केव्हा करायचे, हे ठरविण्यासाठी प्रभावी आहेत.

● **ग्रॅन्युलर मॅट्रिक्स सेन्सर्स** : हे सेन्सर्स जमिनीतील ओलाव्याशी समतोल असलेल्या सच्छिद्र पदार्थांचा (जिप्समसारख्या) विद्युत प्रतिकार मोजतात. ते पाCr क्षमतेचे अप्रत्यक्ष मापन करतात. तुलनेने स्वस्त आहेत. उदा. जिप्सम ब्लॉक्स, वॉटरमार्क सेन्सर्स इ.

अन्य प्रकार

● **डायलेक्ट्रिक सेन्सर्स (टीडीआर आणि एफडीआरस)** : हे सेन्सर्स मातीचा डायलेक्ट्रिक स्थिरांक मोजतात. हा स्थिरांक पाण्याच्या प्रमाणामुळे प्रभावित होतो.

● **उष्णता विसर्जन संवेदक** : हे सेन्सर्स मातीतून उष्णता किती वेगाने पसरते, हे मोजतात. त्यावरून पाण्याच्या प्रमाणाचा अंदाज मिळतो.

● **योग्य सेन्सरची निवड** : आपल्या शेतामध्ये सेन्सर वापरताना विशिष्ट गरजा, मातीचा प्रकार, सेन्सरची आवश्यक अचूकता, किंमत अशा अनेक घटकांचा विचार करावा लागतो. टीडीआर आणि कॅपॅसिटन्स सेन्सर सारखे 'व्हॉल्यूमेट्रिक सेन्सर' त्यांच्या अचूकतेमुळे संशोधन आणि उच्च - मूल्य असलेल्या पीक उत्पादनात वापरले जातात. सिंचन वेळापत्रकासाठी सामान्यतः टेंसिओमीटर पसंत केले जातात.

मातीतील पोषणद्रव्य संवेदक

● **उद्देश** : मातीतील नत्र (नायट्रोजन), स्फुरद (फॉस्फरस), पालाश (पोटॅशियम) यासारख्या घटकांचे आणि अन्य सूक्ष्म अन्नद्रव्यांचे प्रमाण मोजणे.

● **वापर** : मातीतील पोषक घटकांची माहिती गोळा करण्यातून मिळालेल्या प्रमाणानुसार संभाव्य नियोजन करता येते. कमतरता असलेल्या अन्नद्रव्यांचा योग्य प्रमाणात वापर करता येतो. त्यामुळे उत्पादन व त्याचा दर्जा वाढतो. जमिनीचे पोषण मूल्य टिकून राहते.

हवामान संवेदक

● **उद्देश** : तापमान, आर्द्रता, वाऱ्याचा वेग व दिशा,

पर्जन्यमान यांचे मोजमाप.

● **वापर** : हवामानातील बदलांचा पिकांच्या वाढीवर परिणाम होतो. हवामानाच्या अनुकूलतेनुसार कीड व रोगांच्या प्रादुर्भावाची पूर्वकल्पना मिळू शकते. अशा हवामानाचा योग्य अंदाज घेऊन पेरणी, फवारणी, कापणी यांसारखे निर्णय योग्य वेळी घेता येतात.

पिकांच्या आरोग्याचे संवेदक

उद्देश : पिकांची वाढ, रंग, हरितद्रव्यांचे (क्लोरोफिल) प्रमाण यांचा अभ्यास. पिकावरील जैविक आणि अजैविक ताण अभ्यासणे.

वापर : पिकावर जैविक आणि अजैविक ताण पडल्यामुळे पाने, फुले आणि फळांच्या रंगरूपामध्ये बदल होऊ लागतात. सुरुवातीच्या काळात हे बदल मानवी डोळ्यांना दिसूनही येतात. मात्र असे सूक्ष्म बदलही काही संवेदक सहजतेने टिपतात. पिकावरील कीड किंवा रोगाच्या प्रादुर्भावाची माहिती सुरुवातीच्या काळातच मिळाल्यास त्यांचे नियंत्रण सोपे होते. तीव्रता वाढत जाते, तसे नियंत्रण अवघड होत जाते.

तंत्रज्ञान : फरकाचे सामान्यीकरण केलेला वनस्पती निर्देशांक NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) आणि इतर EVI, SAVI, and GNDVI सारखे पीक निर्देशांक आधारित संवेदक.

स्थान निश्चिती संवेदक

● **उद्देश** : शेतातील अचूक स्थानाची माहिती मिळवणे.

● **वापर** : अचूक पेरणी, फवारणी, कापणी यासाठी GPS संवेदकांचा वापर होतो.

ड्रोन व उपग्रह संवेदक

● **उद्देश** : मोठ्या क्षेत्राचा हवाई सर्वेक्षण करून पिकांच्या स्थितीचे निरीक्षण.

● **वापर** : रोगाचा प्रसार, आर्द्रता स्थिती, तणांचा प्रादुर्भाव यांचे निरीक्षण.

● **उदाहरणे** : लिडार LiDAR, थर्मल कॅमेरा व मल्टिस्पेक्ट्रल सेन्सर्स

लिडार

LiDAR हे लेसर प्रकाशाच्या किरणांचा वापर करून जमिनीचा, घरांचा, झाडांचा किंवा पिकांचा अचूक त्रिमितीय नकाशा (३ डी मॅप) तयार करणारे तंत्रज्ञान आहे.

शेतीत वापर

- शेताचा भू-आकार मोजणे - शेतातील उतार, खाच-खळगे, नाले किंवा पाण्याचा प्रवाह ओळखता येतो.
- मातीचा क्षरण नकाशा - पाण्यामुळे होणारे मातीचे नुकसान ओळखणे.
- वनस्पतींची उंची मोजणे - पिकांची वाढ मोजण्यासाठी LiDAR डेटा वापरता येतो.
- फायदे
- सिंचन व जलव्यवस्थापनासाठी योग्य नियोजन.
- पिकांचे उत्पादन अंदाज अग्रिम अचूक.

उष्णतादर्शक छायाचित्रे काढणारे यंत्र

थर्मल कॅमेरा पृष्ठभागाचा उष्णतेचा नकाशा (हिट मॅप) तयार करतो. यात वस्तूचे तापमान ओळखले जाते.

शेतीत वापर

- पिकांच्या पानांमध्ये तापमान वाढल्यास पाण्याची कमतरता ओळखता येते.
- काही रोगांमुळे पानांच्या तापमानातील बदल थर्मल प्रतिमांमध्ये टिपला जातो.
- मुक्त सोडलेल्या पाळीव प्राण्यावर लक्ष ठेवणे किंवा पिकावरील कीटकांचे क्रियाकलाप ओळखण्यासाठी.
- फायदे
- पिकांना योग्य वेळी सिंचन.
- रोग पसरण्याच्या आधीच प्रतिबंधात्मक कारवाई.

मल्टिस्पेक्ट्रल सेन्सर

हे सेन्सर वेगवेगळ्या तरंगलांबीचे प्रकाश मोजू शकतात. त्यात आपल्या डोळ्यांना दृश्यमान असलेले व नसलेले उदा. नीअर इन्फ्रारेड) प्रकाश मोजला जातो. त्यातील सूक्ष्म बदलही पिकांच्या आरोग्याविषयी अचूक माहिती देतात.

शेतीत वापर

- **NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)** मोजणे - पिकांचा हिरवा रंग, प्रकाश शोषणाचा अभ्यास करून आरोग्य मोजणे.
- पोषण स्थिती तपासणे - नायट्रोजन कमी झाल्याने बदललेला पानांचा रंग मल्टिस्पेक्ट्रल प्रतिमांत दिसतो.
- रोग/ तण शोध - रोगग्रस्त भाग व तण वेगळे करते.
- फायदे
- खतांचा अचूक वापर.
- उत्पादन आणि गुणवत्तेत सुधारणा.

एकत्रित वापराचे फायदे

- **LiDAR + मल्टिस्पेक्ट्रल** = भू-आकार + पिकांच्या आरोग्याचा संयुक्त नकाशा.
- **थर्मल + मल्टिस्पेक्ट्रल** = पाणी तुटवडा व पोषणातील कमतरता यांचे अचूक निदान.
- **तिन्ही सेन्सर ड्रोन किंवा ट्रॅक्टरवर बसवून** अल्प वेळात मोठ्या क्षेत्राचा अभ्यास करता येतो.

अचूक शेतीत संवेदकांचा लाभ

- पाणी, खत व कीटकनाशकांचा अचूक वापर.
- उत्पादनात वाढ व खर्चात बचत.
- हवामान व मातीच्या स्थितीवर आधारित निर्णय.
- पर्यावरणपूरक व टिकाऊ शेती.
- विविध प्रकारचे संवेदक अचूक शेतीमध्ये शेतकऱ्यांना वैज्ञानिक पद्धतीने निर्णय घेण्यास मदत करतात.
- संवेदकांचा योग्यपणे वापर केल्यास पिकांचे उत्पादन, गुणवत्ता व शेतकऱ्यांचा नफा नक्की वाढेल.

डॉ. सचिन नलावडे ९४२२३८२०४९, सहयोगी अधिष्ठाता, डॉ. अण्णासाहेब शिंदे कृषी अभियांत्रिकी आणि तंत्रज्ञान महाविद्यालय, महात्मा फुले कृषी विद्यापीठ, राहुरी