



यंत्र-तंत्राचा प्रवास लेख ९२

डॉ. सचिन नलावडे

पीक संरक्षण प्रक्रियेत प्रत्यक्ष मदत करणारे संवेदक

संवेदक किंवा आरजीबी कॅमेरे वापरून पिकांच्या आरोग्याचे स्कॅनिंग केले जाते. यामुळे रोगांमुळे किंवा किडीमुळे पानांचा रंग बदलणे किंवा परावर्तित होणाऱ्या प्रकाशाच्या तरंगलांबीमध्ये झालेले बदल ओळखले जातात.

- **स्थान निश्चिती** : हे संवेदक जीपीएस प्रणालीशी जोडलेले असतात. त्यामुळे समस्येचे नेमके स्थान (उदा. अमुक ठिकाणी ५ x ५ मीटरचा प्लॉट) निश्चित होते.
- **लक्षित फवारणी (Targeted Spraying)** : समस्याग्रस्त ठिकाणाची माहिती फवारणी यंत्राला पाठवली जाते. फवारणी यंत्रात बसवलेले संवेदक, त्या विशिष्ट भागात पोहोचल्यावरच नोझल (Nozzle) उघडतात आणि आवश्यक तेवढ्याच रसायनाची फवारणी करतात. यामुळे रासायनिक कीटनाशकांचा वापर ५० ते ८० टक्क्यांपर्यंत कमी होतो. त्यामुळे शेतकऱ्यांच्या खर्चात बचत होते आणि पर्यावरणाची हानी टळते.

संवेदक आधारित उपकरणांची देखभाल

संवेदक-आधारित उपकरणांची कार्यक्षमता टिकवून ठेवण्यासाठी नियमित देखभाल आवश्यक आहे.

- **संवेदकाची स्वच्छता** : ऑप्टिकल संवेदक, कॅमेरे आणि लेसर संवेदकावर सावणारी धूळ, माती किंवा रसायनाचे अवशेषांमुळे त्यांची अचूकता कमी होते. ते टाळण्यासाठी हे संवेदक नियमितपणे नरम कापडाने किंवा निर्मात्याच्या निर्देशानुसार खास सोल्युशनने स्वच्छ करावेत.
- **संवेदकाचे समन्वयिकरण (कॅलिब्रेशन)** : संवेदक वेळेनुसार अचूक मापन करण्याची क्षमता गमावू शकतात. त्यामुळे दर काही काळावधीनंतर (निर्मात्याच्या सूचनांनुसार) किंवा प्रत्येक फवारणी हंगामापूर्वी प्रवाह आणि दाब दर्शविणाऱ्या संवेदकांसह सर्व संवेदकांचे कॅलिब्रेशन तज्ज्ञांकडून करून घ्यावे. त्यामुळे फवारणीचे प्रमाण योग्य राहील.
- **वायरिंग आणि जोडण्यांची तपासणी** : शेतीत काम करताना कंपनामुळे किंवा ओलाव्यामुळे संवेदकाचे वायरिंग आणि कनेक्टर खराब होऊ शकतात. त्यामुळे सर्व वायर, केबल्स आणि जॉइंट्स व्यवस्थित जोडलेले असल्याची खात्री करावी. जोडण्यांच्या ठिकाणी कोणतेही शॉर्ट सर्किट नसल्याची नियमित तपासणीद्वारे खात्री करावी.
- **सॉफ्टवेअर अपडेट** : नियंत्रण युनिट आणि AI अल्गोरिदमचे अपडेट्स उपकरणांची कार्यक्षमता आणि

रोग/कीड ओळखण्याची अचूकता सुधारतात. त्यामुळे निर्मात्याकडून उपलब्ध असलेले सॉफ्टवेअर अपडेट्स वेळेवर इन्स्टॉल करावेत.

गरजेनुसार विशिष्ट ठिकाणीच फवारणी

सुधारित व स्मार्ट उपकरणांमुळे गरजेनुसार विशिष्ट ठिकाणीच फवारणी शक्य होते. त्यामुळे कमी रसायनात अधिक प्रभावी वनस्पती संरक्षण शक्य होते. त्यामुळे शेतकऱ्यांचा उत्पादन खर्च मर्यादित राहण्यासोबतच शेतीचे पर्यावरणीय संतुलन राखले जाते.

विशिष्ट ठिकाण-आधारित फवारणी म्हणजे संपूर्ण शेतावर सारखी फवारणी न करता, फक्त ज्या ठिकाणी गरज आहे (उदा. कीड, रोग किंवा तण), त्याच ठिकाणी अचूकपणे रसायन फवारणे. याला लक्षित फवारणी किंवा 'व्हेरिफेबल रेट ऑप्लिकेशन' देखील म्हणतात.

मुख्य प्रक्रिया

- **समस्या ओळख** : ड्रोन किंवा ट्रॅक्टर-माउंटेड संवेदक (उदा. ऑप्टिकल, मल्टीस्पेक्ट्रल) वापरून शेतातील समस्याग्रस्त क्षेत्राचा (उदा. रोग, कीड असलेला भाग) नकाशा तयार केला जातो.
- **स्थान निश्चिती** : हे नकाशे जीपीएस विदा वापरून तयार केले जातात. त्यामुळे समस्येचे अचूक स्थान फवारणी यंत्राला कळते.
- **स्वयंचालित फवारणी** : फवारणी यंत्र जेव्हा त्या निश्चित केलेल्या ठिकाणी पोहोचते, तेव्हा नियंत्रण प्रणाली आपोआप फवारणी नोझल सक्रिय करते. केवळ तेवढ्याच क्षेत्रावर आवश्यक तेवढ्या प्रमाणात रसायन फवारते.

व्यावसायिकरीत्या उपलब्ध प्रमुख तंत्रज्ञान/प्रणाली

ग्रॅनसीकर प्रणाली : हे उपकरण विशेषतः नायट्रोजन (नत्र) खताच्या व्यवस्थापनासाठी प्रसिद्ध आहे. पण त्याचा वापर विशिष्ट फवारणीसाठीही होऊ शकतो.

- **संवेदकाचा प्रकार** : यात सामान्यतः ऑप्टिकल संवेदक वापरले जातात. ते वनस्पतीवर प्रकाश टाकतात आणि तेथून परावर्तित होणाऱ्या प्रकाशा (मुख्यतः NIR - निअर इन्फ्रारेड) मोजतात. या परावर्तित प्रकाशातून झाडांच्या पानातील हरितद्रव्याची पातळी कळते. जर ते कमी असेल, तर वनस्पती निरोगी नाही आणि तिला उपचाराची (फवारणीची) गरज असल्याचा निष्कर्ष काढला जातो.

● **उदाहरण** : शेतकरी ग्रॅनसीकर हातात धरून किंवा ट्रॅक्टरवर लावून पिकाचे स्कॅनिंग करू शकतात. या स्कॅनिंगनुसार, फवारणी यंत्र आपोआप नायट्रोजन किंवा आवश्यक रसायनाची मात्रा कमी-जास्त करते. सो-अँड-स्प्रें तंत्रज्ञान ही प्रणाली जेन डिअर, ब्लू रिझर टेक्नॉलॉजी यांनी विकसित केलेली आहे. त्यात तण आणि पीक यातील फरक ओळखण्यासाठी अत्यंत प्रगत तंत्रज्ञान वापरले आहे.

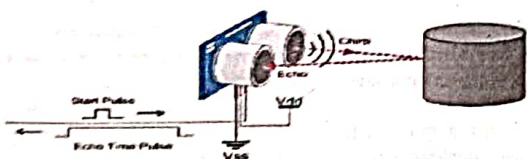
- **संवेदकाचा प्रकार** : यात अति-उच्च रिझोल्यूशन असलेले RGB कॅमेरे आणि प्रगत कृत्रिम बुद्धिमत्ता (आर्टिफिशियल इंटेलिजन्स) अल्गोरिदम वापरले जातात. यात कॅमेरे प्रति सेकंद हजारो फोटो घेतात. त्यांची तपासणी व विश्लेषण AI करते. त्यानंतर सेवेदकाच्या काही भागातच ती वनस्पती पीक आहे

पान १४ >

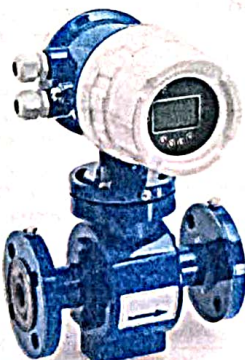
Laser Distance Sensor



Ultrasonic Sensor



लेसर आणि अल्ट्रासोनिक संवेदक



प्रवाह संवेदक (इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक फ्लोमीटर)



दाब संवेदक (प्रेसर ट्रान्सड्यूसर)

रासायनिक फवारणी यंत्रातील संवेदकांचे प्रकार आणि कार्य

रासायनिक फवारणी यंत्रे, विशेषतः ट्रॅक्टर-चलित बूम स्प्रेअर किंवा स्मार्ट ड्रोन स्प्रेअर मध्ये रसायनांचा अचूक वापर सुनिश्चित करण्यासाठी विविध प्रकारचे संवेदक वापरले जातात.

संवेदकाचा प्रकार	फवारणी यंत्रातील कार्य	उदाहरण
ऑप्टिकल संवेदक/कॅमेरा संवेदक : RGB कॅमेरा, मल्टीस्पेक्ट्रल संवेदक	हे संवेदक वनस्पती आणि तणांच्या रंगातील फरक आणि प्रकाशाचे परावर्तन मोजतात. पिकातून परावर्तित होणाऱ्या प्रकाशातून तण किंवा रोगाची ओळख करणे.	'ग्रॅन सीकर' सारखे संवेदक पानांमधील हरितद्रव्ये (क्लोरोफिल) मोजून वनस्पती किती निरोगी आहे, हे तपासतात. त्या जागा जीपीएसद्वारे निश्चित केल्या जातात. त्या ठिकाणी शिफारशीनुसार नत्र किंवा रासायनिक फवारणीच्या मात्रा होस निर्धारित करतात. बाधित भागांमध्येच फवारणी करणे शक्य होते. फक्त तण असलेल्या ठिकाणीच तणनाशक फवारणे.
अल्ट्रासोनिक/लेझर संवेदक- बूम हाईट संवेदक	हे संवेदक फवारणी यंत्राची जमिनीपासून किंवा पिकाच्या शिखरापासून उंची अचूकपणे मोजतात. त्यामुळे फवारणी यंत्राच्या बूमची उंची जमिनीपासून किंवा पिकापासून योग्य ठेवणे शक्य होते.	हे संवेदक फवारणी बूमला आपोआप वर-खाली करून योग्य उंचीवर ठेवतात, ज्यामुळे रसायनाचे बेब वाऱ्याने उडून वाया जात नाहीत आणि संपूर्ण पिकावर एकसारखी फवारणी होते.
प्रवाह आणि दाब संवेदक इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक फ्लोमीटर, प्रेशर ट्रान्सड्यूसर	फवारणीच्या वेळी नोझलमधून किती लिटर द्रावण बाहेर पडत आहे (प्रवाह) आणि किती दाबाने बाहेर पडत आहे याचे अचूक मापन करणे.	जर शेतकऱ्याने प्रति हेक्टर १०० लिटर फवारणी सेट केली असेल, तर हे संवेदक सातत्याने मोजतात की अचूक १०० लिटरचा डोस पूर्ण होत आहे. जास्त किंवा कमी डोस देणे यामुळे टाळले जाते.
जीपीएस संवेदक	फवारणी उपकरणाचे शेतातील नेमके स्थान आणि त्याने फवारणी केलेला क्षेत्राचा नकाशा तयार करणे.	हे संवेदक आणि स्वयंचालित शट-ऑफ प्रणालीमुळे, फवारणी होऊन गेलेल्या क्षेत्रावर पुन्हा फवारणी होत नाही (ओव्हरलॅप टाळते), ज्यामुळे रसायन आणि वेळेची बचत होते.

पीक संरक्षण प्रक्रियेत प्रत्यक्ष मदत करणारे संवेदक

» पान ११ वरून

- त्यानंतर सेकंदाच्या काही भागातच तो वनस्पती पीक आहे की तण, याची ओळख पटवली जाते. तण असल्यास त्या तणांचा प्रकार ओळखून त्याच्या नियंत्रणासाठी शिफारशात तणांच्या टाकीच्या नोजल उघडल्या जाऊन तेवढ्याच वनस्पतीवर फवारणी होते.

- उदाहरण : अमेरिकेत जॉन डीअरच्या स्प्रेअरमध्ये हे तंत्रज्ञान वापरले जाते. त्यामुळे मका आणि सोयाबीनसारख्या पिकांमध्ये ८० टक्क्यांपर्यंत रसायनाची बचत होते.

विड ईट/ विड स्टार प्रणाली ही पिकातील केवळ तण ओळखण्यासाठी आरेखित केलेली आहे.

- संवेदकाचा प्रकार : यात सामान्यतः फ्लोरोसेन्स संवेदकाचा वापर केला जातो. तण किंवा वनस्पती या सूर्यप्रकाशामध्ये फ्लोरोसेन्स गुणधर्म दर्शवितात. त्यानुसार ही संवेदके जमिनीवरील हिरवी वनस्पती ही तण की पीक याची ओळख पटवते. ती तण असल्यास तेथील नोजल सक्रिय होते. हे तंत्रज्ञान मुख्यतः पीक नसलेल्या वेळेत (उदा.

कापणीनंतर) किंवा पडोके जमिनीमध्ये तण नियंत्रित करण्यासाठी प्रभावी आहे.

- उदाहरण : जर शेेत रिकामे असेल आणि त्यावर फक्त तणांची काही बेटे (Patches) असतील, तर ही प्रणाली फक्त त्या बेटांवरच फवारणी करून उर्वरित रसायनाची बचत करते.

ड्रोन-आधारित फवारणी हे अलीकडे वेगाने प्रसार होणारे सर्वात वेगवान आणि सोपे तंत्रज्ञान आहे.

- संवेदकाचा प्रकार : ड्रोनवर मल्टिस्पेक्ट्रल कॅमेरे किंवा RGB कॅमेरे लावले जातात. ते शेताचे स्कॅनिंग करून रोगांचे नकाशे तयार करतात. हे नकाशे फवारणी करणाऱ्या ड्रोनच्या कंट्रोल युनिटमध्ये लोड केले जातात. त्यामुळे नेमक्या कोणत्या भागावर फवारणी करण्याची गरज आहे, तेवढ्याच रोगग्रस्त भागावर फवारणी करणारा ड्रोन रसायन फवारतो.

- उदाहरण : भारतातील शेतकरी आता डाळिंब किंवा द्राक्ष बागांमध्ये रोगाचा प्रादुर्भाव असलेल्या विशिष्ट झाडांवर किंवा भागांवरच ड्रोनद्वारे लक्षित फवारणी करू लागले आहेत.

संवेदक-आधारित वनस्पती संरक्षण उपकरणांचे कार्य

संवेदक-आधारित उपकरणे (उदा. स्मार्ट स्प्रेअर) लक्ष्य-आधारित फवारणीसाठी वापरली जातात.

वर्णन	उदाहरणासह स्पष्टीकरण
उपकरणात बसवलेले ऑप्टिकल संवेदक (उदा. कॅमेरे) पिकांच्या आरोग्याचे आणि तणांचे स्कॅनिंग करतात.	संवेदक पिकातून परावर्तित होणारा प्रकाश (उदा. NIR) मोजून निरोगी आणि रोगग्रस्त/तण असलेल्या भागातील फरक ओळखतो.
संवेदकने गोळा केलेला विदा संगणकीय दृष्टी (Computer Vision) किंवा AI अल्गोरिदम वापरून त्वरित तपासला जातो.	अल्गोरिदम निश्चित करतो की स्कॅन केलेला भाग तण आहे की रोगग्रस्त पीक आणि त्याला कोणत्या रसायनाची गरज आहे.
उपकरणातील GPS संवेदक आणि GIS मुळे समस्येचे नेमके स्थान (उदा. प्लॉटचे निर्देशांक) निश्चित होते.	फवारणी यंत्राला कळते की नोजल 'अ' या विशिष्ट बिंदूवर सक्रिय करायचा आहे.
फवारणीच्या बूमवर बसवलेले नोजल स्वयंचलितरीत्या केवळ समस्याग्रस्त भागात पोहोचल्यावरच उघडतात.	तण आढळलेल्या भागावर तणनाशक आणि रोग आढळलेल्या भागावर बुरशीनाशक अचूक प्रमाणात फवारले जाते.

- डॉ. सचिन नलावडे, ☎ ९४२२३८२०४९

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