



तणनियंत्रणातील स्वयंचलनाचे तंत्रज्ञान



यंत्र-तंत्राचा प्रवास लेख १०
डॉ. सचिन नलावडे

पिकातील तणे काढणे, हे मोठे कष्टाचे व चिकाटीचे काम आहे. त्यासाठी मजुरांची उपलब्धता ही समस्या असल्याने एकात्मिक तणनियंत्रणासाठी आधुनिक यंत्रांचा विकास केला जात आहे. ही आधुनिक व संपूर्णपणे स्वयंचलित यंत्रे तण कशी काढतात, त्यांच्या पद्धती व तंत्रज्ञानाची माहिती या लेखातून घेऊ.



कार्बन रोबोटिक्स या कंपनीचे संपूर्ण स्वयंचलित लेसर विडर.

तण म्हणजे शेतीत किंवा कोणत्याही ठिकाणी आवश्यकता नसतानाही वाढलेली अनावश्यक वनस्पती होय. लागवडीखालील मुख्य पिकांमध्ये आपोआप उगवणाऱ्या आणि प्रत्यक्ष लागवड न केलेल्या इत कोणत्याही वनस्पतीला तण समजले जाते. उदा. हराली, लव्हाळा, गाजर गवत, चंदन बटवा, दुधी, माड इ. तणे ही पिकांसोबत पाणी, अन्नद्रव्ये (खते) आणि सूर्यप्रकाश यांसाठी स्पर्धा करतात, ज्यामुळे पिकांची वाढ खुंदते आणि उत्पादनात मोठी (काही वेळा ३० ते ५० टक्क्यांपर्यंतही) घट येते. त्यांच्या नियंत्रणासाठी मशागतीपासून खुपणी, कोळपणी, तणनाशकांची फवारणी अशा अनेक उपायांचा वापर शेतकरी करत असतात. अलीकडे तणनियंत्रणासाठी स्वयंचलित यंत्रणा विकसित करण्यावर जगभरातील शास्त्रज्ञ व खासगी कंपन्या काम करत आहेत. स्वयंचलित यंत्रणेद्वारे मुख्य पिकाचे अजिबात नुकसान न करता केवळ तणांचा नायनाट करता आला पाहिजे. त्यासाठी पहिल्या टप्प्यामध्ये पिकापासून तणे वेगळी ओळखणे व त्यातील फरक करणे, हे महत्त्वाचे काम उरते.

यंत्रणा पीक आणि तणांमध्ये फरक कसा ओळखते ?
आधुनिक स्वयंचलित आणि रोबोटिक तण काढणी यंत्रे मुख्यतः संवेदके (सेन्सर्स) आणि कृत्रिम बुद्धिमत्ता वापरून पीक व तणांमध्ये फरक करतात.
दृश्य प्रणाली (व्हिजन सिस्टीम)
● यंत्रावर बसवलेले उच्च-स्पष्टता (हाय-रिझोल्यूशन) कॅमेरे जमिनीचे आणि झाडांचे फोटो घेतात. या फोटोंचे विश्लेषण करण्यासाठी कृत्रिम बुद्धिमत्ता आणि डीप लर्निंग मॉडेल वापरले जाते. विश्लेषणामध्ये पानांचा, फुलांचा आकार व भूमितीवर भर दिलेला असतो. एआय मॉडेल पिकाचा विशिष्ट आकार (उदा. गोलाकार / फंद पाने) आणि तणांचा आकार (उदा. अरुंद पाने) ओळखून फरक करते.
रासायनिक परावर्तन
● पीक आणि तणांच्या पानांमध्ये असणाऱ्या हरितद्रव्ये किंवा अन्य रंगद्रव्यांमुळे ते प्रकाश कसा परावर्तित करतात, यात फरक पडत असतो. हे परावर्तन मल्टिस्पेक्ट्रल सेन्सर्सस मोजतात. उदा. एनडीवी (आय मूल्य (नॉर्मलाइज्ड डिफ्रॅन्सिअल रिव्हेजिटिव्ह इंडेक्स) मुख्य पिकाचे NDVI मूल्य तणांपेक्षा वेगळे असू शकते. त्यामुळे यंत्राला तणे ओळखण्यास मदत होते.
पृष्ठात्मिक नकाशे (जीपीएस मॅपिंग) आणि अचूक स्थान निश्चिती
● पीक पेरणी करतानाच आरटीके-जीपीएस तंत्रज्ञानाचा

वापर करून त्यांची अचूक जागा आणि ओळी यांचा नकाशा तयार केला जातो. तण काढणी यंत्रणा याच जीपीएस नकाशाचा वापर करून फक्त पिकांच्या ओळीमध्ये किंवा नकाशात नसलेल्या ठिकाणी उगवलेल्या वनस्पतींना तण मानते आणि त्यांना लक्ष्य करते.

यंत्रातील विविध कार्यप्रणाली

स्वयंचलित यंत्रे तण नष्ट करण्यासाठी विविध पद्धती वापरतात. यामध्ये फक्त रासायनिक फवारणीऐवजी पर्यावरणास अनुकूल असलेल्या अनेक तंत्रांचा समावेश आहे.

- यांत्रिक पद्धत**
- अॅक्च्युएटर्सच्या मदतीने चालविलेली पाती (ब्लेड्स), खोरी किंवा छोटे फिरणारे दाते (रोटरी) वापरून तण जमिनीतून उपटून काढले जातात किंवा कापले जातात. रासायनिक अवशेष नाही, जमिनीची मशागत होते.
- स्थान-विशेष रासायनिक फवारणी**
- सेन्सरने ओळखलेल्या फक्त तणांवरच अत्यंत कमी प्रमाणात आणि अचूकपणे तणनाशकाची फवारणी करणे.
 - तणनाशकाचा वापर ७० ते ९० टक्क्यांपर्यंत कमी होतो, पर्यावरणास कमी धोका.
- औष्णिक पद्धत**
- तणांना उच्च उष्णता दिली जाते, ज्यामुळे त्यांचे पेशी नष्ट होतात आणि ते मरतात. यासाठी लेझर किंवा उष्ण/उकळत्या पाण्याची फवारणी वापरली जाते.
 - फायदे : रासायनिक मुक्त पद्धत, तण लहान असताना जास्त प्रभावी. उदा. कार्बन रोबोटिक्ससारख्या मशिनस लेझर वापरतात.

- विद्युत पद्धत (Electrical Eradication)**
- तणांना स्पर्श करून किंवा आग्नी ज्वळून उच्च-व्होल्टेजचा विद्युत झटका दिला जातो. यामुळे तणांचे अंतर्गत भाग नष्ट होतात.
 - फायदे : प्रभावीपणे तणांना मुळापासून नष्ट करते, जमिनीची हालचाल (मातीची उलथापालथ) कमी होते. या आधुनिक यंत्रणांमुळे अचूकता वाढते, तणनाशकांचा वापर कमी होतो आणि शेतीत मजुरीचा खर्चही कमी होतो.

तण काढणी यंत्रांमधील उपयुक्त सेन्सर्स आणि अॅक्च्युएटर्स

- तण काढणी यंत्रांमध्ये (विशेषतः रोबोटिक किंवा स्वयंचलित प्रणालींमध्ये) पीक आणि तण ओळखण्यासाठी तसेच नियंत्रित कृती करण्यासाठी सेन्सर्स आणि अॅक्च्युएटर्सचा उपयोग केला जातो.
- संवेदके (सेन्सर्स)**
- सेन्सर्स यंत्राला आजूबाजूच्या परिस्थितीची माहिती देतात.
- कॅमेरा/व्हिजन सिस्टीम**
- पीक आणि तणांमध्ये फरक ओळखणे, त्यांची जागा निश्चित करणे.

- यंत्रावर लावलेला RGB कॅमेरा (रंगीत कॅमेरा) जमिनीचे फोटो घेतो. कृत्रिम बुद्धिमत्ता (AI) वापरून, तो मुख्य पीक (जसे की कापूस) आणि तण (जसे की गाजर गवत) ओळखतो, जेणेकरून फक्त तणांवरच प्रक्रिया करता येते.

- जीएनएस/आरटीके-जीपीएस**
- यंत्राचे शेतात अचूक स्थान आणि दिशा निश्चित करणे.
 - शेतात ट्रॅक्टर किंवा रोबोटिक विडर चालवताना, जीपीएस सेन्सर त्याला सेंटिमीटर-पातळीवर अचूक मार्गदर्शन करतो. यामुळे यंत्राला माहिती असते की पीक कोणत्या ओळीत आहे.

- अल्ट्रासोनिक/लिडार सेन्सर्स**
- वस्तूंचे (पीक, तण) अंतर मोजणे आणि नकाशा तयार करणे.
 - उदा. अल्ट्रासोनिक सेन्सरचा वापर करून यंत्र पिकापासून त्याचे अंतर मोजू शकते, जेणेकरून ते पिकाला इजा न पोहोचविता तणांवर काम करेल.

- मल्टिस्पेक्ट्रल/हायपरस्पेक्ट्रल सेन्सर्स**
- पिके आणि तणांचे आरोग्य आणि प्रकार त्यांच्या प्रकाश परावर्तनावरून ओळखणे.
 - उदा. काही तणांचा रंग किंवा पानांमधील क्लोरोफिल घटक वेगळा असतो. हा सेन्सर तणांचे 'स्पेक्ट्रल सिनेचर' ओळखून, अत्यंत कठीण तणदेखील ओळखू शकतो.

- अॅक्च्युएटर्स (प्रवर्तक)**
- अॅक्च्युएटर्स हे सेन्सर्सकडून मिळालेल्या माहितीनुसार भौतिक क्रिया करतात. अर्थात, हे यंत्राचे 'हाथ' आणि 'पाय' असतात.

- हायड्रोलिक किंवा न्यूमॅटिक सिलिंडर**
- यांत्रिक साधनांना बाजूला हलवणे किंवा वर-खाली करणे.
 - उदा. कॅमेरेने तण ओळखले, की हायड्रोलिक सिलिंडरचा वापर करून, तण काढण्यासाठी लावलेले खोरे किंवा पाती (ब्लेड) त्वरित बाजूला सरकवले जातात, जेणेकरून ते अचूकपणे फक्त तण काढू शकतील.

- इलेक्ट्रिक मोटर्स/सर्वो मोटर्स**
- ब्लेड्स, नोजल्स किंवा रोबोटिक आर्म्सची अचूक आणि नियंत्रित हालचाल करणे.
 - उदा. एखाद्या रोबोटिक विडरमध्ये, तणांवर लेझरचा मारा करण्यासाठी किंवा अचूक ठिकाणी रसायन फवारण्यासाठी, इलेक्ट्रिक मोटर छोटे फवारणी नोजल किंवा रोबोटिक हात अचूकपणे फिरवते.

- सॉलिनॉइड वाल्व्ह**
- रसायन किंवा पाणी यांचा प्रवाह त्वरित सुरू करणे बंद करणे.
 - कॅमेरेने एक तण ओळखले, तर सॉलिनॉइड वाल्व्ह त्वरित फवारणी नोजल उघडतो आणि तण निघून गेल्यावर लगेच बंद करतो. यामुळे फक्त तणावर तणनाशक फवारले जाते.
- वेडिंग टूल रॉ-ट्रफेक्टर्स**
- प्रत्यक्ष तण काढण्याचे यांत्रिक काम करणे.

उदा. रोबोटिक विडर मध्ये, रोटरी टाईन्स, छोटे ब्लेड किंवा लेझर हे प्रत्यक्ष अॅक्च्युएटर्सचे काम करतात, जे गेन्सच्या माहितीनुसार फक्त तणांवर क्रिया करून त्यांना नष्ट करतात.

लेझर विडर यंत्राची कार्यप्रणाली

- हे यंत्र तण काढण्यासाठी रसायने किंवा यांत्रिक खोरे न वापरता लेझरचा अचूकपणे वापर करते.
- व्यावसायिक लेझर विडरची कार्यप्रणाली हे यंत्र साधारणपणे ट्रॅक्टरला जोडलेले मोठे युनिट किंवा पूर्णपणे स्वयंचलित रोबोटिक वाहन असू शकते. त्याचे काम तीन मुख्य टप्प्यांमध्ये चालते.

- मार्गदर्शन आणि स्कॅनिंग (डोळ्यांचे काम)**
- अचूक मार्गदर्शन (आरटीके-जीपीएस) : हे यंत्र रिअल टाइम कार्यान्वयित जीपीएस तंत्रज्ञानाचा वापर करते, ज्यामुळे ते शेतात सेंटिमीटरच्या पातळीवर अचूकपणे चालते. यामुळे यंत्राला पिकांच्या ओळी आणि त्याची स्थिती नेमकी कुठे आहे, याची माहिती मिळते.
 - उच्च-रिझोल्यूशन कॅमेरा : यंत्रावर अनेक उच्च-रिझोल्यूशन कॅमेरे (ज्याला 'व्हिजन सिस्टिम' म्हणतात) बसवलेले असतात. हे कॅमेरे कार्यरत असताना जमिनीचे फोटो आणि चलचित्रण करतात (व्हिडिओ मतत काढत असतात).

- प्रकाश व्यवस्था:** दिवसा किंवा रात्री, चांगल्या प्रकारे प्रतिमा मिळविण्यासाठी, यंत्रावर तीव्र एलईडी दिवे (लाइट्स) बसविलेले असतात.

- तण ओळखणे आणि निर्णय घेणे (मॅटचे काम)**
- कृत्रिम बुद्धिमत्ता विश्लेषण :** कॅमेऱ्यांनी घेतलेले फोटो लगेचच यंत्राच्या आत असलेल्या शक्तिशाली कॉम्प्युटरमध्ये पाठवले जातात. या कॉम्प्युटरमध्ये कृत्रिम बुद्धिमत्तेचे आणि डीप लर्निंगचे मॉडेल लोड केलेले असते.
- पीक विरुद्ध तण फरक मॉडेल काही सेकंदांच्या आत प्रत्येक झाडाचे विश्लेषण करते. ते झाडाचा आकार, भूमिती, पानांचा रंग आणि अचूक स्थानानुसार (कारण पिकाची जागा आधीच माहीत असते) ते पीक आहे की तण हे ओळखते.

- निर्णय :** जर कॅमेऱ्याने ओळखलेले झाड पीक असेल, तर यंत्र काहीच करत नाही.
- जर ते तण असेल, तर एआय मॉडेल लेझरला लक्ष्य करण्यासाठी तणाच्या वाढत्या बिंदूचे (मेरिस्टेम) अचूक स्थान निश्चित करते.

- तण नष्ट करणे (प्रत्यक्ष कृती)**
- लेझर अॅक्च्युएटर्स : यंत्रावर अनेक शक्तिशाली लेझर अॅक्च्युएटर्स (जो लेझर शस्त्रे आहेत) बसवलेले असतात.
 - अचूक मारा : एआयने निश्चित केलेल्या तणाच्या वाढत्या बिंदूवर हा लेझरचा किरण अत्यंत कमी कालावधीसाठी (मिली सेकंद) आणि मायक्रो-मिलिमीटर अचूकतेने मारा करतो.

- परिणाम : लेझरमुळे तणांच्या पेशी जळून जातात. त्यामुळे तण त्वरित नष्ट होते किंवा त्याची वाढ थांबते. ते मरून जाते.
- सुरक्षितता : लेझरचा मारा इतका अचूक असतो की तो शेजारच्या मुख्य पिकाला किंवा जमिनीला कोणत्याही प्रकारची इजा पोहोचवत नाही.

- अशा प्रकारे, लेझर विडर हे एक 'स्पॉट विडिंग'चे उत्कृष्ट उदाहरण असून, ते खूप वेगाने आणि अचूकपणे कोणत्याही रसायनाशिवाय तणांचे नियंत्रण करते.
- डॉ. सचिन नलावडे ९४२२३८२०४९ (सहयोगी अधिष्ठाता, डॉ. अण्णासाहेब शिंदे कृषी अभियांत्रिकी आणि तंत्रज्ञान महाविद्यालय, महात्मा फुले कृषी विद्यापीठ, राहती)