

खड़ी फसल में उर्वरक छिड़काव की नई पहल: गेहूँ के लिए स्वचालित मशीन

पंकज मेलकानी¹ एवं प्रजा नैथानी²

¹ कृषि यंत्र एवं शक्ति अभियांत्रिकी विभाग, कृषि अभियांत्रिकी एवं कटाई उपरांत प्रौद्योगिकी महाविद्यालय, केंद्रीय कृषि विश्वविद्यालय, इम्फाल, रानीपूल, सिक्किम – 737135, भारत

² शस्य विज्ञान विभाग, गोविंद बल्लभ पंत कृषि एवं प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, पंतनगर – 263145, उत्तराखंड, भारत

खड़ी फसल में उर्वरक छिड़काव की चुनौती

गेहूँ की फसल जब खेत में पूरी तरह खड़ी हो जाती है, तब किसान के सामने एक ऐसी समस्या आती है जिस पर अक्सर पर्याप्त ध्यान नहीं जाता। फसल को पोषक तत्व देने के लिए यदि खेत में चलकर छिड़काव किया जाए, तो दवा या खाद तो पौधों तक पहुंच जाती है, लेकिन उसी दौरान बहुत से पौधे पैरों के नीचे दब जाते हैं। विशेषकर संकरी कतारों में बोई गई गेहूँ की खड़ी फसल में यह नुकसान अंतिम उपज को प्रभावित कर सकता है।

इसी समस्या को ध्यान में रखते हुए विकसित की गई है एक स्वचालित चलित तरल उर्वरक छिड़काव मशीन, जिसे शोध में गेहूँ की खड़ी फसल के लिए तैयार किया गया। इसका उद्देश्य केवल तेजी से छिड़काव करना नहीं था, बल्कि ऐसा तरीका विकसित करना था जिसमें पोषक तत्व पौधों तक समान रूप से पहुंचें और मशीन खेत में चलते समय कम से कम फसल को रौंदे।



चित्र 1. गेहूँ की खड़ी फसल में तरल उर्वरक के छिड़काव के लिए विकसित स्वचालित मशीन का प्रोटोटाइप।

क्यों पड़ी नई मशीन की जरूरत?

पत्तियों पर पोषक तत्वों का छिड़काव गेहूँ की फसल की महत्वपूर्ण अवस्थाओं में किया जा सकता है। लेकिन उस समय पौधे काफी ऊंचे हो चुके होते हैं। हाथ से चलने वाले सामान्य छिड़काव यंत्र में किसान को बार-बार फसल के बीच से गुजरना पड़ता है। इससे श्रम अधिक लगता है और पौधों को यांत्रिक नुकसान भी होता है। दूसरी ओर, बड़े ट्रैक्टर आधारित उपकरण हर छोटे या बिखरे खेत में आसानी से नहीं चल सकते।

इसलिए आवश्यकता थी ऐसी मशीन की जो आकार में अपेक्षाकृत छोटी हो, स्वयं चल सके, संकरी कतारों में काम कर सके और छिड़काव के दौरान फसल के ऊपर से निकल जाए। शोध में विकसित मशीन इसी आवश्यकता को ध्यान में रखकर तैयार की गई।

मशीन कैसी है और कैसे काम करती है?

विकसित मशीन को गेहूं की संकरी कतारों वाली खड़ी फसल के लिए विशेष रूप से तैयार किया गया है। इसकी लंबाई लगभग 2.20 मीटर, ऊंचाई 1.30 मीटर और मोड़कर रखने योग्य चौड़ाई लगभग 1 मीटर है। इसका भूमि से नीचे का अंतर लगभग 85 सेंटीमीटर रखा गया है, ताकि मशीन पौधों के ऊपर से गुजर सके और फसल पर दबाव कम पड़े।

मशीन में 5 अश्वशक्ति का इंजन लगाया गया है। इसमें आगे बढ़ने और दिशा बदलने के लिए यांत्रिक व्यवस्था दी गई है। पीछे की ओर लगभग 7 मीटर लंबा छिड़काव डंडा लगाया गया है। इसे दो भागों में रखा गया है, जिससे खेत में काम करने के बाद मशीन को संभालना और रखना आसान हो सके।

मशीन में 225 लीटर क्षमता का टैंक है। टैंक से तरल उर्वरक को पंप के माध्यम से छिड़काव नलिकाओं तक पहुंचाया जाता है। इन नलिकाओं से निकलने वाली महीन बूंदें पौधों की पत्तियों पर फैलती हैं। नलिकाओं की दूरी और छिड़काव डंडे की ऊंचाई को इस प्रकार चुना गया कि पूरे क्षेत्र में तरल का वितरण यथासंभव समान रहे।

सिर्फ छिड़काव करना पर्याप्त नहीं

किसी भी छिड़काव यंत्र की गुणवत्ता इस बात से तय नहीं होती कि उससे कितना तरल बाहर निकला। यह भी देखना जरूरी है कि तरल की बूंदें कितनी समान हैं और पौधों पर उनका वितरण कैसा है। बहुत बड़ी बूंदें पर्याप्त क्षेत्र को नहीं ढक सकतीं, जबकि बहुत छोटी बूंदें हवा के साथ बह सकती हैं।

इसीलिए शोध में अलग-अलग दाब और नलिकाओं के बीच अलग-अलग दूरी पर परीक्षण किए गए। परीक्षणों के बाद 147 किलोपास्कल दाब, 50 सेंटीमीटर नलिका दूरी और 50 सेंटीमीटर छिड़काव डंडे की ऊंचाई को सबसे उपयुक्त पाया गया। इस स्थिति में छिड़काव का वितरण भारतीय मानकों के अनुसार स्वीकार्य समानता में रहा।

बूंदों की जांच कैसे हुई?

शोधकर्ताओं ने पानी से प्रभावित होने वाले विशेष कागज का उपयोग किया। इसे पौधों की पत्तियों के बीच रखा गया और मशीन से छिड़काव किया गया। छिड़काव के बाद कागज पर बनी बूंदों के निशानों को देखकर यह मापा गया कि कितनी बूंदें पहुंचीं और उनका आकार कैसा था। इस तरह केवल आंख से देखने के बजाय छिड़काव की गुणवत्ता को आंकड़ों के आधार पर जांचा गया।

चार किलोमीटर प्रति घंटा की गति पर लगभग 48 बूंद प्रति वर्ग सेंटीमीटर का घनत्व मिला। गति बढ़ने पर बूंदों का घनत्व कम हुआ। इससे यह संकेत मिला कि बहुत अधिक गति से चलाने पर तरल की बूंदों के पौधों तक पहुंचने का अवसर घट सकता है।

खेत में असली परीक्षा

किसी मशीन की उपयोगिता प्रयोगशाला में नहीं, बल्कि खेत में तय होती है। इसलिए विकसित मशीन का परीक्षण गेहूं की खड़ी फसल में किया गया। परीक्षण के समय फसल लगभग 75 दिन की थी और पौधों की औसत ऊंचाई लगभग 68 सेंटीमीटर थी। यह वह अवस्था थी जब खेत में पैदल चलने से फसल को आसानी से नुकसान पहुंच सकता था।



a)



b)

चित्र 2. गेहूं की खड़ी फसल में विकसित मशीन का खेत परीक्षण।

मशीन को अलग-अलग गति पर चलाकर उसके छिड़काव और खेत में काम करने की क्षमता को मापा गया। परीक्षणों से पता चला कि चार किलोमीटर प्रति घंटा की गति पर छिड़काव की बूंदों का घनत्व अधिक रहा, जबकि गति बढ़ाने पर बूंदों की संख्या घटती गई। इसलिए आगे के मूल्यांकन में चार किलोमीटर प्रति घंटा की गति को उपयुक्त माना गया।

सबसे महत्वपूर्ण सवाल—कितनी फसल बची?

इस अध्ययन की खासियत यह थी कि मशीन का मूल्यांकन केवल छिड़काव की गुणवत्ता से नहीं किया गया। यह भी देखा गया कि छिड़काव के दौरान कितने पौधे पैरों या मशीन के पहियों से दबे। इसके लिए विकसित मशीन की तुलना किसान द्वारा सामान्य रूप से उपयोग किए जाने वाले पीठ पर लादकर चलाए जाने वाले छिड़काव यंत्र से की गई।

पारंपरिक तरीके में फसल की लगभग 5.8 प्रतिशत रौंदाई दर्ज हुई। इसके विपरीत, विकसित मशीन में यह नुकसान केवल 1.2 प्रतिशत रहा। अर्थात् फसल की रौंदाई में लगभग 79 प्रतिशत की कमी आई। यह अंतर केवल देखने में ही नहीं, बल्कि सांख्यिकीय परीक्षण में भी महत्वपूर्ण पाया गया।

इस परिणाम का सीधा महत्व है। यदि खाद देने के लिए खेत में प्रवेश करते समय कम पौधे नष्ट होंगे, तो कटाई के समय अधिक पौधे और अधिक बालियां बच सकती हैं। यानी मशीन का लाभ केवल श्रम और समय तक सीमित नहीं रहता, बल्कि उपज की सुरक्षा से भी जुड़ जाता है।

मशीन की चाल और छिड़काव का संतुलन

अध्ययन में चार, पांच और छह किलोमीटर प्रति घंटा की गति की तुलना की गई। बूंदों के औसत आकार में इन गतियों के बीच बहुत कम अंतर रहा, लेकिन बूंदों की संख्या में स्पष्ट अंतर दिखाई दिया। चार किलोमीटर प्रति घंटा पर बूंदों का जमाव अधिक था। इसलिए शोधकर्ताओं ने इस गति को अंतिम परीक्षणों के लिए उपयुक्त माना।

क्या उपज में भी फर्क पड़ा?

किसान के लिए किसी नई मशीन का सबसे महत्वपूर्ण प्रश्न यही होता है—क्या इससे खेत से मिलने वाला वास्तविक लाभ बढ़ेगा? इस अध्ययन में इसका उत्तर भी मिला। पारंपरिक हाथ से चलने वाले छिड़काव तरीके में शुद्ध दाना उपज 48.5 क्विंटल प्रति हेक्टेयर रही। विकसित मशीन के उपयोग से यह बढ़कर 51.2 क्विंटल प्रति हेक्टेयर हो गई। अर्थात् प्रति हेक्टेयर 2.7 क्विंटल अधिक दाना प्राप्त हुआ, जो लगभग 5.5 प्रतिशत की वृद्धि है। शोध में उपज का यह अंतर भी सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण पाया गया। इसका अर्थ है कि कम फसल रौंदाई के कारण बची हुई फसल से वास्तविक उपज लाभ मिल सकता है।

काम की गति में भी बड़ा अंतर

पारंपरिक पीठ पर लादकर चलाए जाने वाले छिड़काव यंत्र की प्रभावी क्षेत्र क्षमता केवल लगभग 0.06 हेक्टेयर प्रति घंटा दर्ज हुई। विकसित मशीन की प्रभावी क्षेत्र क्षमता 1.71 हेक्टेयर प्रति घंटा रही। इस प्रकार परीक्षण परिस्थितियों में मशीन की कार्यक्षमता लगभग 28 गुना अधिक थी।

हालांकि इसका अर्थ यह नहीं है कि हर खेत में किसान को बिल्कुल यही क्षमता मिलेगी। खेत का आकार, खेत में मोड़ की संख्या, पानी या उर्वरक भरने में लगने वाला समय, भूमि की स्थिति, मौसम और चालक का अनुभव वास्तविक क्षमता को प्रभावित कर सकते हैं। फिर भी यह अंतर बताता है कि खड़ी फसल में बार-बार पैदल चलकर छिड़काव करने की तुलना में स्वचालित चलित मशीन कितनी अधिक कार्यक्षमता दे सकती है।

आर्थिक दृष्टि से कैसी है यह मशीन?

शोध में तैयार प्रोटोटाइप की अनुमानित पूंजी लागत 1.50 लाख रुपये बताई गई। मशीन की संचालन लागत लगभग 372 रुपये प्रति घंटा आंकी गई। अध्ययन की लागत संबंधी मान्यताओं के आधार पर निवेश की भरपाई का समय लगभग 2.86 वर्ष निकला। लगभग 119.5 घंटे प्रति वर्ष के उपयोग पर इसका बराबरी बिंदु प्राप्त होने का अनुमान लगाया गया।

यह आंकड़ा विशेष रूप से उन किसानों या सेवा प्रदाताओं के लिए महत्वपूर्ण हो सकता है जो बड़े क्षेत्र में गेहूं की खेती करते हैं या दूसरे किसानों को मशीन से छिड़काव की सेवा देना चाहते हैं। अधिक क्षेत्र में मशीन का उपयोग होने पर उसकी लागत को अधिक काम के बीच बांटा जा सकता है।

एक जरूरी सावधानी

इस मशीन को अभी हर प्रकार के खेत के लिए तैयार व्यावसायिक समाधान मानना उचित नहीं होगा। अध्ययन एक विकसित प्रोटोटाइप और परीक्षण परिस्थितियों पर आधारित है। अलग-अलग मिट्टी, खेतों का आकार, गेहूं की किस्म, ढलान, मौसम और स्थानीय परिस्थितियों में परिणाम अलग हो सकते हैं। बड़े स्तर पर अपनाने से पहले विभिन्न कृषि क्षेत्रों में इसका परीक्षण जरूरी है।

इस शोध से किसान क्या सीख सकता है?

इस पूरी तकनीक का सबसे बड़ा संदेश यह है कि कृषि मशीन का मूल्यांकन केवल उसकी गति से नहीं होना चाहिए। यह भी देखना जरूरी है कि वह खेत में कितनी फसल बचाती है। गेहूं की खड़ी फसल में खाद का छिड़काव करते समय यदि मशीन फसल को कम रौंदती है, तो किसान को एक साथ कई लाभ मिल सकते हैं—कम फसल क्षति, अधिक कार्यक्षमता और बेहतर उपज।

- खड़ी गेहूं की फसल में छिड़काव के समय होने वाली रौंदाई सीधे उपज को प्रभावित कर सकती है।
- विकसित मशीन ने परीक्षण में रौंदाई को 5.8 प्रतिशत से घटाकर 1.2 प्रतिशत किया।

- शुद्ध दाना उपज में 2.7 क्विंटल प्रति हेक्टेयर की वृद्धि दर्ज हुई।
- उपयुक्त परीक्षण स्थिति में मशीन ने 1.71 हेक्टेयर प्रति घंटा की प्रभावी क्षेत्र क्षमता दी।
- परीक्षण में 147 किलोपास्कल दाब, 50 सेंटीमीटर नलिका दूरी, 50 सेंटीमीटर छिड़काव डंडे की ऊंचाई और 4 किलोमीटर प्रति घंटा गति को उपयुक्त पाया गया।
- प्रोटोटाइप की अनुमानित लागत 1.50 लाख रुपये और निवेश वापसी अवधि 2.86 वर्ष रही।

भविष्य की राह

आने वाले समय में ऐसी मशीनों में और भी सुधार किए जा सकते हैं। उदाहरण के लिए, मशीन की दिशा और गति को अधिक स्वचालित बनाया जा सकता है। नलिकाओं के संचालन को फसल की स्थिति के अनुसार नियंत्रित किया जा सकता है। छोटे किसानों के लिए मशीन का आकार और लागत घटाई जा सकती है। यदि एक ही आधार मशीन में तरल उर्वरक, सूक्ष्म पोषक तत्व और आवश्यक फसल सुरक्षा सामग्री के सुरक्षित छिड़काव की सुविधा विकसित की जाए, तो इसका उपयोग और बढ़ सकता है।

सबसे महत्वपूर्ण बात यह है कि ऐसी मशीनें किसान की वास्तविक समस्या को केंद्र में रखकर बनाई जाएं। गेहूं की खड़ी फसल में किसान को केवल छिड़काव नहीं करना होता; उसे फसल बचाते हुए समय पर काम पूरा करना होता है। इसी दृष्टि से यह मशीन कृषि यंत्रीकरण की एक उपयोगी दिशा दिखाती है।

निष्कर्ष: खेती में अब 'तेज' से ज्यादा जरूरी है 'फसल-सुरक्षित' मशीन

कृषि यंत्रीकरण का उद्देश्य केवल काम को तेज करना नहीं है। असली सफलता तब है जब मशीन कम समय और कम श्रम में काम पूरा करे, साथ ही खेत में खड़ी फसल को भी बचाए। गेहूं के लिए विकसित यह स्वचालित चलित तरल उर्वरक छिड़काव मशीन इसी सोच का अच्छा उदाहरण है।

परीक्षणों में लगभग 79 प्रतिशत कम रौंदाई, 5.5 प्रतिशत अधिक शुद्ध दाना उपज और 1.71 हेक्टेयर प्रति घंटा की प्रभावी क्षेत्र क्षमता ने यह दिखाया कि सही ढंग से तैयार की गई मशीन खड़ी फसल में खाद पहुंचाने की समस्या को काफी हद तक आसान कर सकती है। आगे के क्षेत्रीय परीक्षण और लागत में सुधार के साथ ऐसी तकनीक छोटे और मध्यम किसानों के लिए भी अधिक उपयोगी बन सकती है।

आधार:

Malkani एवं सहकर्मी (2026), गेहूं में यूरिया-अमोनियम नाइट्रेट घोल के लिए स्वचालित चलित छिड़काव यंत्र पर शोध, Cogent Food & Agriculture, 12(1), 2706924.