

पंजाब में यांत्रिक धान रोपाई मशीनों की स्थिति, बाधाएँ और संभावनाएँ



दविंदर सिंह^{1*}, डॉ. बलदेव डोगरा², डॉ. महेश कुमार नारंग³

¹ पीएचडी शोधार्थी, कृषि मशीनरी एवं शक्ति अभियांत्रिकी विभाग (FMPE), पंजाब कृषि विश्वविद्यालय, लुधियाना

² पूर्व डीन, कृषि अभियांत्रिकी एवं प्रौद्योगिकी महाविद्यालय (COAET), चौधरी चरण सिंह कृषि विश्वविद्यालय (CCSAU), हिसार एवं वर्तमान में प्रोफेसर (FMPE), पंजाब कृषि विश्वविद्यालय, लुधियाना

³ पूर्व विभागाध्यक्ष, कृषि मशीनरी एवं शक्ति अभियांत्रिकी विभाग (FMPE) एवं वर्तमान में प्रधान विस्तार वैज्ञानिक (FMPE), पंजाब कृषि विश्वविद्यालय, लुधियाना

*अनुरूपी लेखक: ई-मेल: davindersaini1997@gmail.com

परिचय

चावल (Oryza sativa L.) को 'वैश्विक अनाज' के रूप में जाना जाता है और यह विश्व की आधे से अधिक जनसंख्या के लिए प्राथमिक मुख्य खाद्य पदार्थ के रूप में कार्य करता है। विशेष रूप से एशियाई देशों में, चावल दैनिक कैलोरी सेवन का 50-80% हिस्सा है। चावल का आर्थिक और कृषि महत्व अत्यंत महत्वपूर्ण है, जिसके लिए बढ़ती खाद्य मांग को पूरा करने के लिए 2030-31 तक प्रति वर्ष लगभग 14 करोड़ टन चावल के उत्पादन की आवश्यकता है। अधिकांश धान की खेती परंपरागत रूप से हाथ से रोपाई द्वारा की जाती

है। हस्त रोपाई महँगी और श्रम-गहन प्रक्रिया है। देश के कुछ धान उत्पादक क्षेत्रों में पर्याप्त श्रमिकों की कमी एक गंभीर समस्या है। हस्त रोपाई में प्रति हेक्टेयर 250-300 मानव-घंटे की आवश्यकता होती है, जो फसल की कुल श्रम आवश्यकता का लगभग 25% है। शहरी पलायन और अधिक वेतन वाले गैर-कृषि रोजगार के कारण कृषि में श्रमिकों की कमी हो गई है। फलस्वरूप, टिकाऊ, श्रम-कुशल और लागत-प्रभावी यांत्रिक धान रोपाई की अत्यंत आवश्यकता है।

धान क्षेत्र में यांत्रिक कृषि तकनीकों के

एकीकरण से अनेक लाभ और चुनौतियाँ सामने आई हैं। ट्रैक्टरों, रोपाई मशीनों (Transplanters) और कटाई मशीनों के उपयोग ने धान की खेती की दक्षता में उल्लेखनीय वृद्धि की है, जिससे उत्पादन में बढ़ोतरी हुई है और श्रम की आवश्यकता कम हुई है। यांत्रिक कार्य किसानों को रोपाई, निराई और कटाई उचित समय पर करने में सक्षम बनाते हैं, जो अधिकतम धान उत्पादन प्राप्त करने के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण है। इसके अतिरिक्त, यांत्रिकीकरण से लागत-प्रभावी और सटीक कार्य संभव होते हैं, जिसके परिणामस्वरूप बीज की बेहतर स्थापना और

उचित अंतराल प्राप्त होता है, जो फसल की गुणवत्ता में सुधार करता है।

यांत्रिक धान रोपाई को सबसे आशाजनक विधि माना जाता है, क्योंकि यह श्रम की बचत करती है, समय पर रोपाई सुनिश्चित करती है और इष्टतम पौध घनत्व प्राप्त करती है, जिससे उत्पादन में वृद्धि होती है। प्रकाशित जानकारी (2012) के अनुसार, धान की यांत्रिक रोपाई तीन प्रकार की रोपाई मशीनों का उपयोग करके की गई। इन रोपाई मशीनों की विशेषताएँ संक्षेप में तालिका-1 में प्रस्तुत की गई हैं। तीन प्रकार की धान रोपाई मशीनें, अर्थात् — स्वचालित पैदल चलित (SWBT), स्वचालित चार-पहिया सवारी (SFWT), और स्वचालित एकल-पहिया रोपाई मशीन (SSWT) — चित्र-1 में प्रस्तुत की गई हैं और इनकी तुलना हस्त रोपाई से की गई। पंजाब में वर्ष 2013 के दौरान किए गए एक प्रायोगिक अध्ययन में, SWBT रोपाई ने हस्त रोपाई की तुलना में 9.3% अधिक उत्पादन दिया, इसके बाद SFWT रोपाई का स्थान रहा। SWBT के साथ अनाज उत्पादन में वृद्धि के लिए बेहतर स्थापना और प्रति वर्ग मीटर अधिक बालियाँ उत्तरदायी रहीं। SWBT से रोपाई करने पर अधिक शुद्ध आय और श्रम बचत भी प्राप्त हुई। किसानों की परंपरागत विधि की तुलना में, SWBT ने शुद्ध आय में 14.7% और मानव-घंटे/हेक्टेयर में 87% की बचत की। यांत्रिक रोपाई मशीन ने उत्कृष्ट प्रदर्शन किया, जिसमें हस्त रोपाई के 33 मानव-दिवस/हेक्टेयर की तुलना में केवल 3 मानव-दिवस प्रति हेक्टेयर की आवश्यकता हुई। पारंपरिक धान रोपाई का लाभ-लागत अनुपात 2.5:1 था, जबकि प्रायोगिक परिस्थितियों में यांत्रिक रोपाई इसे 3.8:1 तक बढ़ा सकती है। स्पष्ट लाभों के बावजूद, पंजाब में धान रोपाई मशीनों को अपनाने की दर उल्लेखनीय रूप से कम रही। भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद के 2023 के सर्वेक्षण के अनुसार, इस क्षेत्र में 20% से कम धान किसानों ने रोपाई मशीनों का उपयोग किया, और वे पारंपरिक हस्त रोपाई विधियों को प्राथमिकता देते रहे। पंजाब में यांत्रिक रोपाई मशीनों की संख्या और उनके द्वारा कवर किए गए क्षेत्र को तालिका-2 में प्रस्तुत किया गया है।

तालिका-1. सर्वेक्षण की गई विभिन्न प्रकार की धान रोपाई मशीनों की विशिष्ट विशेषताएँ

क्र. सं.	विशेषता	अवलोकन		
1	मशीन	स्वचालित एकल-पहिया सवारी प्रकार (SSWT)	स्वचालित पैदल चलित (SWBT)	स्वचालित 4-पहिया प्रकार (SFWT)
2	प्रयुक्त नर्सरी का प्रकार	मैट प्रकार	मैट प्रकार	मैट प्रकार
3	शक्ति स्रोत	डीजल इंजन, 2.94 से 3.68 कि.वा.	पेट्रोल इंजन, 3.20 कि.वा.	पेट्रोल इंजन, 12.5 कि.वा.
4	स्टीयरिंग का प्रकार	यांत्रिक	हैंडल प्रकार	हाइड्रोलिक
5	गियर की संख्या	आगे - 3 (खेत के लिए 2 और सड़क के लिए 1), पीछे - उपलब्ध नहीं	आगे - 1, पीछे - 1	5 आगे और 5 पीछे की गति
6	पंक्तियों की संख्या	6 और 8	4 और 6	6
7	पंक्ति से पंक्ति की दूरी, सेमी	23.8 और 30	30	30
8	पौधे से पौधे की दूरी, सेमी	12-14, 14-17	12, 14, 18, 21	12, 14, 16, 18, 21
9	प्रति वर्ग मीटर रोपित हिल्स की संख्या	दो सेटिंग	चार सेटिंग	पाँच सेटिंग
10	रोपाई गहराई	समायोज्य	समायोज्य	समायोज्य
11	रोपाई उँगली का प्रकार	सुई प्रकार	नाँच सहित प्लेट बार	नाँच सहित प्लेट बार
12	ट्रे की सामग्री	जस्तेदार लोहे की चादर	प्लास्टिक	प्लास्टिक
13	ट्रैक्शन पहिये का प्रकार और सामग्री	लोहे के लग्स सहित लोहे का पहिया	रबर लग्स सहित लोहे का पहिया	दो अगले नॉन-पंचर रबर पहिये और दो पिछले रबर लग्स सहित लोहे के पहिये
14	परिवहन पहिये का प्रकार	वायवीय	वायवीय	वायवीय
15	फ्लोट का प्रकार और सामग्री	एकल खंड, फाइबर	विभाजित छड़े, प्लास्टिक	विभाजित छड़े, प्लास्टिक

धान रोपाई मशीन को कम अपनाने के कारण श्रम बचत और समयबद्धता में सिद्ध लाभों के बावजूद, भारत में धान रोपाई मशीनों को अपनाना पंजाब में अभी भी सीमित है। बाधाएँ संरचनात्मक, आर्थिक, तकनीकी और संस्थागत प्रकृति की हैं।

संरचनात्मक बाधाएँ

कृषि जनगणना 2015-16 के अनुसार, भारत में लगभग 86.1% परिचालन जोतें छोटे और

सीमांत किसानों (2 हेक्टेयर से कम) की हैं। इन जोतों की खंडित और बिखरी हुई प्रकृति, विशेष रूप से पंजाब के कुछ हिस्सों में, धान रोपाई मशीनों की परिचालन दक्षता को कम करती है। ये मशीनें बड़े, समतल और सन्निहित खेतों में सर्वोत्तम प्रदर्शन करती हैं। अनियमित खेत आकार, खराब भूमि समतलीकरण और संकरी मेड़ें मशीन की प्रभावी आवाजाही को प्रतिबंधित करती हैं और खेत की कार्य क्षमता को कम करती हैं।

उच्च प्रारंभिक निवेश और संबंधित लागतें धान रोपाई मशीनों की पूँजी लागत छोटे और सीमांत किसानों के लिए एक महत्वपूर्ण बाधा है। यद्यपि दीर्घकाल में श्रम में बचत संभव हो सकती है, परंतु प्रारंभिक निवेश अक्सर व्यक्तिगत किसानों की वित्तीय क्षमता से परे होता है।

मशीन की लागत के अतिरिक्त, यांत्रिक रोपाई में प्लास्टिक ट्रे का उपयोग करके मैट-प्रकार की नर्सरी तैयार करना आवश्यक होता है। प्रति हेक्टेयर अनेक ट्रे की आवश्यकता होती है, जिससे प्रारंभिक व्यय बढ़ जाता है। नर्सरी तैयार करने, संभालने और परिवहन की लागत समग्र परिचालन व्यय में और वृद्धि करती है। ये कारक इस तकनीक की आर्थिक आकर्षकता को कम करते हैं, विशेष रूप से उन क्षेत्रों में जहाँ अभी भी हस्त श्रम उपलब्ध है।

नर्सरी प्रबंधन की चुनौतियाँ

यांत्रिक रोपाई के लिए एकसमान मोटाई और घनत्व वाली मैट-प्रकार की पौध की आवश्यकता होती है। अनेक किसान मैट नर्सरी तैयार करने की तकनीकी आवश्यकताओं से पूरी तरह परिचित नहीं हैं। अनुचित नर्सरी प्रबंधन पौध की गुणवत्ता और मशीन के प्रदर्शन पर प्रतिकूल प्रभाव डालता है, जिससे हिल्स का छूटना, असमान अंतराल, या क्षति में वृद्धि जैसी समस्याएँ उत्पन्न होती हैं।

अध्ययनों से पता चला है कि यांत्रिक रोपाई प्रणालियों में मैट नर्सरी तैयार करना कुल ऊर्जा आवश्यकता का एक पर्याप्त हिस्सा है, जो हस्त रोपाई में उपयोग की जाने वाली पारंपरिक नर्सरी के ऊर्जा हिस्से से काफी अधिक है। ट्रे भरने, बुवाई, सिंचाई और मैट संभालने में शामिल अतिरिक्त कार्य श्रम और ऊर्जा इनपुट को और



चित्र-1. संचालन में स्वचालित एकल-पहिया प्रकार धान रोपाई मशीन का दृश्य (बायीं ओर), संचालन में स्वचालित पैदल चलित प्रकार धान रोपाई मशीन (मध्य में), संचालन में स्वचालित 4-पहिया प्रकार धान रोपाई मशीन (दायीं ओर)

तालिका-2: पंजाब में विभिन्न प्रकार की धान रोपाई मशीनों की संख्या और कवर किया गया क्षेत्र (हेक्टेयर में)

वर्ष	स्वचालित पैदल चलित प्रकार (SWBT)		स्वचालित चार-पहिया प्रकार (SFWT)		स्वचालित एकल-पहिया प्रकार (SSWT)	
	संख्या	कवर क्षेत्र (हे.)	संख्या	कवर क्षेत्र (हे.)	संख्या	कवर क्षेत्र (हे.)
2012	140	1470	28	532	0	0
2013	148	1628	28	532	0	0
2014	169	2028	31	775	0	0
2015	169	2366	32	1120	0	0
2016	193	2895	32	1120	0	0
2017	212	4240	35	1400	0	0
2018	235	4700	39	1560	0	0
2019	310	6200	59	2360	8	64
2020	765	16544	152	8180	43	301
2021	800	17600	175	9450	42	310
2022	950	21850	200	11000	43	325
2023	1000	22785	255	2363	42	320
2024	1050	23245	305	13773	42	332

बढ़ाते हैं।

ट्रे में एकसमान बीज वितरण और सुसंगत पौध स्थापना सुनिश्चित करने के लिए उन्नत नर्सरी बीज बोने वाली मशीनों की भी आवश्यकता है।

तकनीकी और डिजाइन सीमाएँ

मौजूदा रोपाई मशीन मॉडल मुख्य रूप से मानक मैट-प्रकार की पौध के लिए डिजाइन किए गए हैं। कुछ क्षेत्रों में परिचालन लचीलापन बढ़ाने के लिए बड़े या मोटे मैट को संभालने में सक्षम मशीनों की आवश्यकता है। विविध खेत परिस्थितियों में उपयुक्तता बढ़ाने के लिए डिजाइन संशोधन और क्षेत्र-विशिष्ट अनुकूलन की आवश्यकता है।

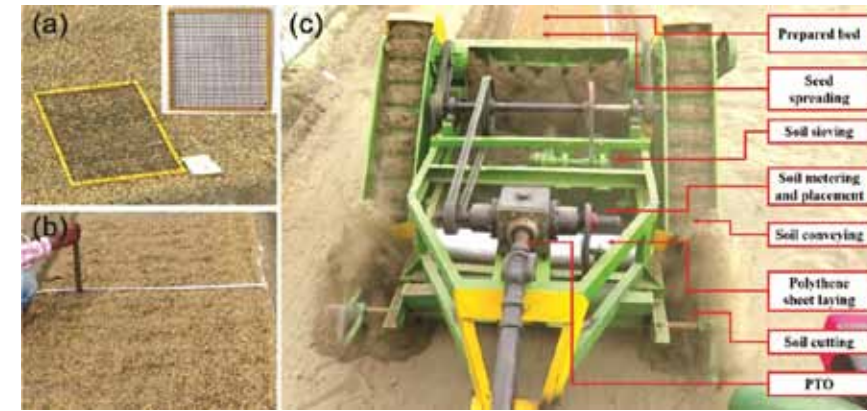
सीमित सेवा और सहायता अवसंरचना मशीन की विश्वसनीयता, स्पेयर पार्ट्स की

उपलब्धता और प्रशिक्षित मैकेनिकों तक पहुँच से संबंधित चिंताएँ किसानों के विश्वास को प्रभावित करती हैं। रोपाई की सीमित अवधि के दौरान मशीन खराब होने से फसल में देरी हो सकती है। कई क्षेत्रों में सेवा पारिस्थितिकी तंत्र अभी भी विकसित हो रहा है, जो निवेश को हतोत्साहित करता है।

मशीन संचालन, अंशांकन और नर्सरी प्रबंधन पर प्रशिक्षण और विस्तार सहायता समान रूप से उपलब्ध नहीं है। अपर्याप्त क्षमता निर्माण उन स्थानों पर भी प्रभावी उपयोग को कम करता है जहाँ मशीनें खरीदी जा चुकी हैं।

अपनाने को प्रोत्साहित करने के संभावित समाधान

किसानों की चिंताओं के जवाब में, पंजाब कृषि विश्वविद्यालय (PAU), लुधियाना ने एक समर्पित मैट-प्रकार नर्सरी बीज बोने वाली मशीन विकसित करके मैट-प्रकार नर्सरी बुवाई से जुड़ी प्रमुख चुनौतियों का समाधान किया। ट्रैक्टर-चालित मैट-प्रकार नर्सरी सीडर (चित्र-2) एक बहुकार्यात्मक मशीन है जो एक ही चक्कर में सभी नर्सरी कार्य करने में सक्षम है, जिससे यह प्रक्रिया तेज़, सरल और अधिक श्रम- एवं लागत-कुशल बनती है।



चित्र-2: ट्रैक्टर-चालित मैट-प्रकार नर्सरी सीडर

दो व्यक्ति इस मशीन का उपयोग करके एक दिन में दो हेक्टेयर के लिए पर्याप्त मैट-प्रकार नर्सरी तैयार कर सकते हैं। एक एकड़ धान के खेत के लिए नर्सरी उगाने हेतु लगभग 10-12 किलोग्राम बीज की आवश्यकता होती है। एक दिन में, यह मशीन लगभग 125-150 एकड़ धान क्षेत्र में रोपाई के लिए पर्याप्त मैट-प्रकार नर्सरी की बुवाई कर सकती है। मैट-प्रकार नर्सरी बुवाई की पारंपरिक हस्त विधि की तुलना में 70-75% लागत बचत और 80-85% श्रम बचत की सूचना मिली है।

मैट-प्रकार धान नर्सरी पौध की कटाई PAU द्वारा विकसित हस्त-चालित धान नर्सरी कटर का उपयोग करके की जा सकती है, जिसकी क्षमता 325-425 मैट प्रति घंटा है। इस कटर की प्रारंभिक लागत लगभग 3,000 है, जबकि परिचालन लागत 71-89 प्रति हेक्टेयर (200-250 मैट) के बीच है। यह हस्त कटाई विधियों की तुलना में श्रम आवश्यकता में 58.65-58.95% और कटाई लागत में 55.55-55.85% की कमी करता है, जिससे परिचालन दक्षता में सुधार होता है।

कृषि मशीनरी की खरीद और रखरखाव की लागत अभी भी छोटे और सीमांत किसानों के लिए एक प्रमुख बाधा है। किफायती वित्तपोषण विकल्पों तक पहुँच आवश्यक है। जबकि कृषि यांत्रिकीकरण ने धान की खेती में परिचालन दक्षता में सुधार किया है, अपनाने की चुनौतियों को व्यवस्थित तरीके से संबोधित करने की आवश्यकता है। कस्टम हायरिंग केंद्रों की

स्थापना, जहाँ किसान आवश्यकतानुसार धान रोपाई मशीनें किराये पर ले सकते हैं, उच्च प्रारंभिक निवेश के बिना पहुँच में सुधार कर सकती है।

निष्कर्ष

यांत्रिक धान रोपाई मशीनों का तुलनात्मक मूल्यांकन — स्वचालित पैदल चलित (SWBT), स्वचालित चार-पहिया (SFWT) और स्वचालित एकल-पहिया (SSWT) — ने हस्त रोपाई की तुलना में उत्पादकता और आर्थिक प्रदर्शन में स्पष्ट लाभ दर्शाए। यांत्रिक रोपाई ने अनाज उत्पादन में 9.3% और शुद्ध आय में 14.7% की वृद्धि दिखाई। श्रम आवश्यकता में लगभग 87% की कमी आई, जो हस्त रोपाई के अंतर्गत 33 मानव-दिवस/हेक्टेयर से घटकर यांत्रिक संचालन के साथ लगभग 3 मानव-दिवस/हेक्टेयर रह गई। फलस्वरूप, खेत परिस्थितियों में लाभ-लागत अनुपात 2.5:1 से सुधरकर 3.8:1 हो गया।

इन फायदों के बावजूद, पंजाब में अपनाने की दर 20% से कम रही, जो मुख्य रूप से संरचनात्मक बाधाओं, विशेष रूप से भूमि विखंडन के कारण है, जहाँ 86.1% किसान 2 हेक्टेयर से कम भूमि पर कार्य करते हैं। SWBT इकाइयों की संख्या 2012 में 140 से बढ़कर 2024 में 1,050 हो गई और कवर किया गया क्षेत्र 1,470 हेक्टेयर से बढ़कर 23,245 हेक्टेयर हो गया। इसी प्रकार, इसी अवधि के दौरान SFWT इकाइयाँ 28 से बढ़कर 305 हो गईं और 2024 तक 13,773 हेक्टेयर क्षेत्र

को कवर किया। इन प्रवृत्तियों ने उन स्थानों पर बढ़ती स्वीकार्यता को दर्शाया जहाँ तकनीकी और संस्थागत सहायता उपलब्ध थी।

प्रारंभ में, मैट-प्रकार नर्सरी तैयार करना यांत्रिक रोपाई में कुल ऊर्जा आवश्यकता का लगभग 40% था और यांत्रिक धान रोपाई को अपनाने में एक प्रमुख बाधा के रूप में कार्य करता था। इस सीमा को ट्रैक्टर-चालित नर्सरी सीडर की शुरुआत से दूर किया गया। सीडर ने नर्सरी कार्यों को सरल बनाकर और लागत तथा श्रम आवश्यकताओं दोनों को कम करके अपनाने में सहायता की। इसने 70-75% लागत बचत और 80-85% श्रम बचत प्रदान की, जिसमें प्रतिदिन 125-150 एकड़ के लिए पर्याप्त नर्सरी तैयार करने की क्षमता है। इसके अतिरिक्त, हस्त-चालित नर्सरी कटर (लगभग 3,000) जैसे कम लागत वाले उपकरणों ने कटाई लागत को लगभग 55% कम किया, जिससे समग्र प्रणाली दक्षता में सुधार हुआ।

हालांकि यांत्रिक धान रोपाई ने प्रायोगिक परिस्थितियों में स्पष्ट कृषि-विज्ञान संबंधी और आर्थिक लाभ दर्शाए हैं, तथापि इसे निरंतर अपनाना जाना इस बात पर निर्भर करेगा कि वास्तविक खेत परिस्थितियों में तुलनीय लाभ किस हद तक प्राप्त होते हैं। यांत्रिक धान रोपाई के बड़े पैमाने पर प्रसार के लिए खेत-स्तरीय प्रदर्शन, लागत संबंधी निहितार्थ और व्यावहारिक बाधाओं का सावधानीपूर्वक मूल्यांकन करना आवश्यक है।

