एग्री आर्टिकल्स
(कृषि लेखों के लिए ई-पत्रिका)
वर्ष: 05, अंक: 06 (नवम्बर-दिसम्बर, 2025)
www.agriarticles.com पर ऑनलाइन उपलब्ध
© एग्री आर्टिकल्स, आई. एस. एस. एन.: 2582-9882

स्वचालित सब्जी ट्रांसप्लांटर को डिजाइन करते समय विचारणीय पहलू

*विपिन सुळे[1], आशिष धिमते[2] एवं सचिन नलावडे[1]
[1]महात्मा फुले कृषि विद्यापीठ, राहुरी, महाराष्ट्र
[2]केंद्रीय बाराणी कृषि अनुसंधान संस्थान, हैदराबाद
*संवादी लेखक का ईमेल पता: sulevipin2308@gmail.com

भारत विश्व का दूसरा सबसे बड़ा सब्जी उत्पादक देश है, जहाँ लगभग 11 मिलियन हेक्टेयर क्षेत्र में सब्जियों की खेती की जाती है, कुल वार्षिक उत्पादन 214 मिलियन टन तथा औसत उत्पादकता 18.77 टन प्रति हेक्टेयर है। देश में आलू, टमाटर, प्याज, बैंगन, पत्तागोभी (कैबेज) तथा फूलगोभी जैसी सब्जियाँ व्यापक रूप से उगाई जाती हैं। सब्जी उत्पादन खाद्य एवं पोषण सुरक्षा सुनिश्चित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। सामान्यतः सब्जियों के पौधे नर्सरी में तैयार किये जाते है और बाद में खेत में रोपाई की जाती है। प्रत्यक्ष बुवाई की तुलना में रोपाई पद्धति के कई लाभ हैं, जैसे फसल का शीघ्र परिपक्व होना, भूमि एवं जल का सक्षम उपयोग, बेहतर खरपतवार प्रबंधन तथा समान पौधों की संख्या आदि।

प्लग–ट्रे (प्रो–ट्रे) पौधा उत्पादन तकनीक को अपनाने से पौधे की गुणवत्ता, अंकुरण प्रतिशतदर, तनाव सहनशीलता, बीजों का एकल वितरण (सीड सिंगुलेशन), उपज तथा समग्र लाभप्रदता में और अधिक सुधार हुआ है। इसके बावजूद भारत में सब्जी रोपाई कार्य मुख्यतः हाथों से किया जाता है, जिसका प्रमुख कारण खेत का छोटा आकार तथा यंत्र की सीमित उपलब्धता है। हाथ से रोपाई अत्यधिक श्रम–साध्य, समय–सापेक्ष तथा शारीरिक रूप से असुविधाजनक होती है। इसमें लंबे समय तक झुककर या उकड़ूँ बैठकर कार्य करना पड़ता है, जिससे अधिक ऊर्जा का व्यय और शारीरिक तनाव उत्पन्न होता है। अतः बढ़ती श्रमिक कमी एवं दैनिक मजदूरी दरों में वृद्धि जैसी समस्याओं के समाधान हेतु सब्जी रोपाई का यांत्रिकीकरण आवश्यक हो गया है।

सब्जी रोपाई यंत्र को सामान्यतः हस्तचलीत, अर्ध–स्वचालित तथा पूर्ण–स्वचालित श्रेणियों में वर्गीकृत किया जाता है। भारत में खेत का छोटा आकार और पूर्ण–स्वचालित मशीनों की अधिक लागत के कारण हस्तचलीत एवं अर्ध–स्वचालित ट्रांसप्लांटरों का उपयोग अधिक प्रचलित है। हस्तचलीत रोपाई यंत्र कम लागत वाले होते हैं और छोटे किसानों के लिए उपयुक्त हैं, परंतु इनकी क्षेत्र क्षमता सीमित (0.08–0.10 हेक्टेयर प्रती घंटा) होती है तथा ये पौधे की मैन्युअल फीडिंग पर निर्भर करते हैं, जिससे कार्यदक्षता कम हो जाती है। अर्ध–स्वचालित ट्रांसप्लांटर क्षेत्र क्षमता में सुधार करते हैं और श्रम आवश्यकता को उल्लेखनीय रूप से कम करते हैं। तथापि, इनका कार्य निष्पादन मुख्यतः मैन्युअल फीडिंग, ऑपरेटर की दक्षता तथा उपयुक्त परिचालन गति पर निर्भर करता है, जिसके परिणामस्वरूप पौधा छूटना (मिसिंग), दोहरी रोपाई (डबलिंग) तथा लंबे समय तक संचालन के दौरान ऑपरेटर की थकान जैसी समस्याएँ उत्पन्न होती हैं।

स्वचालित सब्जी ट्रांसप्लांटरों का विकास इन सीमाओं को दूर कर सकता है, क्योंकि इससे रोपाई की समानता में सुधार, श्रम पर निर्भरता में कमी तथा परिचालन दक्षता में वृद्धि संभव है। पूर्ण–स्वचालित ट्रांसप्लांटर, पौधे को ट्रे से स्वयं उठाकर (पिक–अप) एवं रोपण कर सकता हैं, जिससे उच्च गुणवत्ता की रोपाई, बेहतर दक्षता तथा कम श्रम आवश्यकता सुनिश्चित होती है। इसे मनुष्य पर निर्भर नाही रहाना पडता।

भारतीय परिस्थितियों के अनुरूप एक सरल, किफायती तथा सक्षम स्वचालित सब्जी ट्रांसप्लांटर के डिजाइन/ रचना हेतु एक सुव्यवस्थित एवं वैज्ञानिक दृष्टिकोण आवश्यक है। इस लेख में एक विश्वसनीय एवं प्रभावी स्वचालित सब्जी ट्रांसप्लांटर के डिजाइन के लिए विचारणीय प्रमुख बिंदुओं पर चर्चा की गई है।

स्वचालित सब्जी रोपाई मशीन की कार्यप्रणाली

स्वचालित सब्जी रोपाई मशीन में मशीन की परिचालन गति को पौधा उठाने, पौधा रखने तथा मिट्टी को दबाने की क्रियाओं के साथ समकालिक किया जाता है, जिससे समान एवं सटीक रोपाई सुनिश्चित होती है। इस मशीन को ट्रैक्टर के पीटीओ, इंजन अथवा विद्युत मोटर द्वारा संचालित किया जा सकता है। प्राप्त शक्ति को रोपाई तंत्र तक संचारीत किया जाता है, जबकि ग्राउंड व्हील या स्पीड सेंसर द्वारा मशीन की परिचालन गति की निगरानी की जाती है, ताकि पौधे से पौधे के बीच सही दूरी बनाए रखी जा सके। रोपाई यंत्र के कार्य संचालन के लिए पौधा उठाने वाले तंत्र तक निरंतर पौधे आपूर्ति हेतु एक इंडेक्सिंग तंत्र की आवश्यकता होती है। पौधे के ट्रे को निर्धारित स्थान पर रखा जाता है, जहाँ पिक–अप तंत्र यांत्रिक ग्रिपर या वैक्यूम सक्शन की सहायता से एक–एक पौध को सावधानीपूर्वक उठाता है और बिना क्षति के उसे रोपाई इकाई तक स्थानांतरित करता है। इसी समय, फरो ओपनर, मिट्टी में आवश्यक गहराई तक गड्ढा बनाता है, जिसमें उचित क्षण पर पौध को स्थापित किया जाता है।

पौध रखने के बाद, मिट्टी ढकने वाले तथा प्रेस व्हील पौध के चारों ओर मिट्टी को बंद कर उसे दबाते हैं, जिससे जड़ और मिट्टी के बीच अच्छा संपर्क बनता है और पौधे की बेहतर स्थापना होती है। यह पूरी प्रक्रिया मशीन की आगे चलने की गति के साथ निरंतर दोहराई जाती है, जिसके परिणामस्वरूप सब्जी पौधों की सटीक, समान एवं दक्ष रोपाई संभव होती है।

सब्जी पौधे के अभियान्त्रिकी गुण

बैंगन, टमाटर, मिर्च, फूलगोभी, पत्तागोभी (कैबेज) तथा प्याज जैसी विभिन्न सब्जी फसलों में तने की मजबूती, जड़–गुच्छ का आकार तथा पौधे से पौधे की दूरी की आवश्यकता आदि में भिन्नता पाई जाती है। ट्रांसप्लांटर की रचना या तो बहु–फसली उपयोग हेतु अनुकूलनीय होना चाहिए या फिर किसी विशिष्ट फसल के लिए अनुकूलित किया जाना चाहिए, जो इसके उपयोग पर निर्भर करता है। स्वचालित ट्रांसप्लांटर सामान्यतः प्रो–ट्रे में उगाई गई प्लग–प्रकार की पौधे के साथ बेहतर कार्य करते हैं। डिजाइन के दौरान ट्रे के आयाम, सेल की आकार तथा प्लग की दृढ़ता जैसे कारकों को सम्मिलित करना आवश्यक है, ताकि पौधे का सुचारु रूप से उठान एवं सही ढंग से रोपण किया जा सके। यह सब विवरण इंडेक्सिंग तंत्र के रचना के लिए आवश्यक होते हैं। इंडेक्सिंग तंत्र यह सुनिश्चित करता है की पौधों की निरंतर और समन्वित आपूर्ति स्वचालित रूप से पिकिंग तंत्र तक हो।

पौधा उठाने एवं स्थानांतरण (पिकिंग एवं कन्वेइंग) तंत्र के रचना हेतु पौधे की कुल ऊँचाई, तने की ऊँचाई, तने की मोटाई, कुल वजन, पौध निकालने हेतु आवश्यक खींचने का बल, जड़–गुच्छ पर लगने वाले दाब (कम्प्रेसिव स्ट्रेंथ), कैनोपी क्षेत्रफल तथा कैनोपी में फैली कुल पत्तियों की संख्या जैसे गुण महत्वपूर्ण होते हैं। इसी प्रकार, रोपण तंत्र के डिजाइन के लिए पौध के जड़–गुच्छ का कोण तथा पौध की कैनोपी जैसी विशेषताओं का मापन किया जाता है।

पौध इंडेक्सिंग (फीडिंग) एवं पिकिंग तंत्र

1) इंडेक्सिंग तंत्र

इंडेक्सिंग तंत्र के डिजाइन/रचना के दौरान निम्नलिखित बिंदुओं को सदैव ध्यान में रखना चाहिए

- पौधे की समकालिक आपूर्ति सुनिश्चित करे।
- प्रयुक्त ग्रिपरों की संख्या के अनुसार एक बार में एक या अनेक पौधों को सटीक रूप से एक्सट्रैक्टर तक पहुँचाने में सक्षम हो ।
- एक से जादा पौधों की आपूर्ति (मल्टीपल फीडिंग) की समस्या कम से कम हो ।
- यह तंत्र, ट्रे रचना से स्वतंत्र हो तथा बहु–पंक्ति (मल्टी–रो) समायोजन की सुविधा प्रदान करे।

2) पौधा पिकिंग तंत्र (पौधे को ट्रे से निकालनेवाला तंत्र)

- पौध को प्लग ट्रे से निकालते समय पिकिंग तंत्र की दिशा प्लग सतह के लगभग लंबवत होनी चाहिए तथा छोड़ने का कोण ऐसा होना चाहिए कि पौध रोपण तंत्र के फनल में लगभग सीधी अवस्था में प्राप्त हो सके।
- पिकिंग तंत्र में पर्याप्त लचीला होना चाहिए, जिससे पौध को दृढ़ता से पकड़ा जा सके और पकड़े गए भाग को कोई क्षति न पहुँचे।
- पिकिंग तंत्रद्वारा निकाला गए पौध को बिना क्षति उस स्थान तक पहुँचाया जाना चाहिए, जहाँ से उसे रोपण तंत्र द्वारा ग्रहण किया जा सके।
- पिकिंग तंत्र की संरचना सरल, संचालन में आसान तथा निर्माण की दृष्टि से व्यवहारिक होनी चाहिए।

रोपाई (ट्रांसप्लांटिंग) तंत्र

- रोपण आर्म (प्रत्यारोपण करणे वाली यांत्रिक भुजा) को मिट्टी की क्यारी में खड्डा बनाकर पौध को उसकी पूर्ण गहराई तक छोड़ना चाहिए।
- रोपण जॉ ने पौध को भूमि के सापेक्ष शून्य वेग पर छोड़ना चाहिए, अन्यथा लेटी हुई पौधों का प्रतिशत बढ़ सकता है।

मिट्टी ढकने एवं संपीड़न संलग्नक

- संपीड़न तंत्र पर्याप्त बल का उपयोग करके पौधे को पर्याप्त पार्श्व सहारा प्रदान करे, जिससे गिरने की समस्या न हो। समायोज्य टो–इन कोण वाले डबल प्रेस व्हील पौध की स्थिरता में सुधार करते हैं।
- संरचना सरल, चलित भागों की संख्या कम, रखरखाव में आसान तथा लागत में किफायती होनी चाहिए।

स्वचालित सब्जी ट्रांसप्लांटर के डिजाइन में अन्य विचारणीय पहलू

- विभिन्न फसलों पर आधारित पौधे से पौधे का और पंक्ति से पंक्ति अंतर सुनिश्चित करणे का प्रावधान होणा जरूरी हैं। गहराई नियंत्रण पहिए खेत की असमानताओं के बावजूद समान रोपण गहराई बनाए रखते हैं।
- न्यूनतम कंपन सुनिश्चित करना जरूरी है।
- ट्रे की स्थिति, पौध की उपलब्धता एवं गति का पता लगा ने वाले सेन्सर होना जरूरी हैं
- विभिन्न मिट्टी प्रकार एवं नमी स्थितियों में कुशल संचालन हेतु जाम रोधक (ब्सवहहपदह च्तमअमदजपवद) तंत्र तथा स्वयं टूल क्लिनिंग जैसी ैमसि–ब्समंदपदह) विशेषताएँ आवश्यक हैं। फ्लोटिंग या स्प्रिंग–लोडेड फ्रेम असमतल खेतों में समान रोपाई बनाए रखने हेतु आवश्यक हैं।
- श्रम–दक्षता शास्त्र एवं सुरक्षा का ध्यान रखना जरूरी है
- डिजाइन ऐसा हो जो लागत और कार्य प्रदर्शन के बीच संतुलन बनाये रखे, स्थानीय रूप से उपलब्ध सामग्री का मशीन बनाने मे उपयोग करे, आसान रखरखाव हो आदि बातो का ध्यान रखे।

निष्कर्ष

एक सक्षम स्वचालित सब्जी ट्रांसप्लांटर के डिजाइन हेतु फसल एवं पौध के गुणों की समग्र समझ, समन्वित इंडेक्सिंग एवं पिकिंग तंत्र, सटीक रोपण तथा प्रभावी मिट्टी ढकने–संपीड़न प्रणालियाँ, और विभिन्न खेत परिस्थितियों के अनुरूप अनुकूल स्वचालन आवश्यक है। पौध दूरी, गहराई नियंत्रण, श्रम–दक्षता शास्त्र तथा लागत–प्रभावशीलता पर उचित ध्यान देने से उच्च परिचालन दक्षता, श्रम पर निर्भरता में कमी तथा रोपाई गुणवत्ता में सुधार संभव होता है। इन डिजाइन सिद्धांतों के कार्यान्वयन से भारत में यंत्रीकृत सब्जी रोपाई को व्यापक रूप से अपनाने में सहायता मिलेगी, जिससे श्रमिक कमी की समस्या का समाधान होगा और छोटे व मध्यम स्तर के किसानों की उत्पादकता एवं लाभप्रदता में वृद्धि होगी।