उन्नत तकनीकी: आत्मनिर्भर किसान

डॉ. राजेन्द्र प्रसाद केन्द्रीय कृषि विश्वविद्यालय, पूसा, बिहार

कृषि विज्ञान केन्द्र, पिपराकोठी, पूर्वी चम्पारण

प्रसार शिक्षा निदेशालय, पूसा, बिहार

अध्याय-10

फसल कटाई प्रौद्योगिकी और मशीनरी का आर्थिक प्रबंधन

विकाश कुमार1, राम पाल[1], एस.के. पटेल[2], विपिन[1] एवं नागनागौड़ा पाटिल[1]
[1]कृषि विज्ञान केन्द्र, बेगुसराय, [2]कृषि अभियांत्रिकी एवं प्रौद्योगिकी महाविद्यालय, पूसा
डॉ० राजेंद्र प्रसाद केंद्रीय कृषि विश्वविद्यालय, पूसा, समस्तीपुर, बिहार

फसल उत्पादन के अंतिम और महत्वपूर्ण चरण के रूप में कटाई में उत्पाद की गुणवत्ता बनाए रखने और नुकसान कम करने हेतु सटीक अभियांत्रिकी सिद्धांतों की आवश्यकता होती है। मशीनीकरण के बावजूद, श्रम आवश्यकता और समयबद्धता के बीच संतुलन एक प्रमुख चुनौती है, क्योंकि कटाई में देरी से अनाज झड़ने और गुणवत्ता ह्रास का जोखिम बढ़ जाता है। इस अध्याय का उद्देश्य रेसिप्रोकेटिंग मोवर से लेकर आधुनिक कंबाइन हार्वेस्टर तक विभिन्न कटाई मशीनों के यांत्रिक सिद्धांतों का विश्लेषण तथा उनके आर्थिक प्रबंधन की एक सुदृढ़ रूपरेखा प्रस्तुत करना है। शोध पद्धति में कर्तन क्रियाओं का तकनीकी विश्लेषण तथा मशीनों की कार्यक्षमता और क्षमता का गणितीय मूल्यांकन शामिल है। निष्कर्ष दर्शाते हैं कि यद्यपि कंबाइन एवं विशिष्ट फसल हार्वेस्टर श्रम आवश्यकता घटाते हैं, उनकी आर्थिक व्यवहार्यता स्थिर, परिवर्तनीय और समयबद्धता लागतों के न्यूनतम योग पर निर्भर करती है। विश्लेषण से स्पष्ट है कि उच्च क्षमता वाली मशीनें प्रायः अधिक किफायती होती हैं क्योंकि वे कटाई में देरी से होने वाले आर्थिक नुकसान को कम करती हैं। अतः टिकाऊ कृषि मशीनीकरण के लिए किसानों को केवल खरीद मूल्य नहीं, बल्कि मशीन के पूरे जीवनकाल की लागत और परिचालन दक्षता का मूल्यांकन करना चाहिए।

परिचय

कृषि अभियांत्रिकी में कटाई फसल उत्पादन का अंतिम और सर्वाधिक निर्णायक चरण है, जिसमें किसान की मेहनत, निवेश और प्रबंधन क्षमता का प्रभाव सीधे उपज व गुणवत्ता पर पड़ता है। तकनीकी रूप से कटाई केवल फसल हटाने की क्रिया नहीं, बल्कि पौधे के उपयोगी भाग को काटने, अलग करने या खोदने की एक वैज्ञानिक प्रक्रिया है, जिसमें गति, बल, ऊर्जा और यांत्रिक डिजाइन के सिद्धांतों का समुचित प्रयोग आवश्यक होता है। बदलती कृषि परिस्थितियों, श्रम की कमी और बढ़ते उत्पादन दबाव के कारण आधुनिक कटाई प्रौद्योगिकियों का महत्व बढ़ गया है, हालांकि समयबद्धता की कमी, कटाई नुकसान तथा मशीनों की उच्च लागत अब भी प्रमुख चुनौतियाँ हैं। ऐसे में कटाई मशीनों की कार्यक्षमता, दक्षता, रखरखाव और आर्थिक जीवन का वैज्ञानिक मूल्यांकन विशेषकर छोटे व मध्यम किसानों के लिए आवश्यक है। यह अध्याय कटाई मशीनरी के यांत्रिक, प्रदर्शन और आर्थिक पहलुओं के अंतर्संबंध को स्पष्ट

कर टिकाऊ, लाभकारी और दक्ष कटाई प्रणालियों के विकास की दिशा प्रस्तुत करता है, जिससे लागत घटाकर लाभ बढ़ाना और सटीक खेती को प्रोत्साहन देना संभव हो सके।

कटाई की यांत्रिकी में मुख्य रूप से चार प्रकार की क्रियाएं शामिल होती हैं, जो विभिन्न उपकरणों में देखने को मिलती हैं:

I. **स्लाइसिंग:** एक तेज धार वाले औजार से फसल को काटना।
II. **टीयरिंग:** खुरदरे दांतेदार किनारे से फसल को फाड़ना या अलग करना।
III. **सिजरिंग:** दो विपरीत कर्तन तत्वों (जैसे चाकू और लेजर प्लेट) द्वारा कर्तन क्रिया।
IV. **उच्च वेग प्रभाव:** तेज या भोथर धार वाले औजार से उच्च गति पर प्रहार करके काटना।

मशीनीकरण के माध्यम से कटाई का मुख्य उद्देश्य श्रम की आवश्यकता को कम करना, समय की बचत करना और ''समयबद्धता'' को सुनिश्चित करना है, क्योंकि फसल की परिपक्वता के बाद कटाई में देरी से अनाज का झड़ना और गुणवत्ता में कमी आती है।

2. कटाई यंत्रों के सिद्धांत और यांत्रिकी

कटाई उपकरणों को उनके कार्य सिद्धांत के आधार पर वर्गीकृत किया जाता है। सबसे सामान्य वर्गीकरण में रेसिप्रोकेटिंग मोवर और रोटरी मोवर शामिल हैं।

2.1 रेसिप्रोकेटिंग मोवर और कटर बार तकनीक

चारा और अनाज की फसलों को काटने के लिए 'रेसिप्रोकेटिंग मोवर' का व्यापक उपयोग होता है। इसका मुख्य भाग कटर बार है, जो कई घटकों का एक संयोजन है।

(क) यांत्रिकी: इसमें एक चाकू होता है जो त्रिभुजाकार स्टील के खंडों से बना होता है। यह चाकू स्थिर रक्षको के बीच आगे–पीछे गति करता है। गार्ड्स के साथ 'लेजर प्लेट्स' जुड़ी होती हैं जो कर्तन के लिए एक स्थिर सतह प्रदान करती हैं।

(ख) पंजीकरण: मोवर की दक्षता के लिए ''पंजीकरण'' एक महत्वपूर्ण तकनीकी शब्द है। एक मोवर चाकू ''उचित पंजीकरण'' में तब माना जाता है जब चाकू का प्रत्येक खंड अपने स्ट्रोक के अंत में गार्ड के ठीक केंद्र में रुकता है। यदि चाकू केंद्र में नहीं रुकता, तो इसे 'अनुचित पंजीकरण' कहा जाता है, जिससे फसल की कटाई असमान होती है, मशीन पर लोड का संतुलन बिगड़ता है और फसल के जाम होने की संभावना बढ़ जाती है।

(ग) संरेखण: संचालन के समय खड़ी फसल के प्रतिरोध से कटर बार के पीछे झुकने की प्रवृत्ति होती है। इस प्रभाव की क्षतिपूर्ति हेतु कटर बार के बाहरी सिरे को मशीन की अग्रगामी दिशा में हल्का आगे सेट किया जाता है। तकनीकी रूप से प्रति मीटर कटर बार लंबाई पर लगभग 20

मिली मिटर लीड प्रदान की जाती है, जिससे कार्यावस्था में चाकू और पिटमैन सीधी रेखा में सुचारु रूप से संचालित होते हैं।

2.2 रोटरी और इम्पैक्ट कटिंग

रोटरी मोवर और फ्लेल मोवर 'इम्पैक्ट' या प्रभाव के सिद्धांत पर काम करते हैं। यहाँ फसल को किसी स्थिर सतह के खिलाफ काटने के बजाय, तेज गति से घूमने वाले ब्लेड के प्रभाव से काटा जाता है।

सिद्धांतः इम्पैक्ट कटिंग के लिए यह आवश्यक है कि चाकू का वेग फसल के तने के कटने के प्रतिरोध से अधिक हो। सैद्धांतिक विश्लेषण से पता चलता है कि एकल तने को काटने के लिए कम वेग पर्याप्त हो सकता है, लेकिन व्यावहारिक रूप से, रोटरी मोवर और फ्लेल हार्वेस्टर के लिए 50–75 मीटर प्रति सेंकेट की टिप गति मानी जाती है।

शक्ति आवश्यकताः रोटरी मोवर की शक्ति आवश्यकता रेसिप्रोकेटिंग मोवर की तुलना में अधिक होती है क्योंकि इसमें फसल को न केवल काटा जाता है बल्कि त्वरित भी किया जाता है। विशिष्ट कटिंग ऊर्जा तीखे ब्लेड के लिए 1.5 kJ/m^2 से लेकर घिसे हुए ब्लेड के लिए 2.1 kJ/m^2 तक हो सकती है।

3. कंबाइन हार्वेस्टर प्रौद्योगिकी

कंबाइन हार्वेस्टर (चित्र–1) आधुनिक कृषि की सबसे जटिल मशीनों में से एक है, जो एकल पास में पांच प्रमुख कार्य करती हैः फसल को काटना, फसल को थ्रेशिंग यूनिट तक पहुँचाना, थ्रेशिंग, अनाज और भूसे को अलग करना और सफाई।

शक्ति आवश्यकताः 75–100 एचपी इंजन

3.1 गैदरिंग और कटिंग

कंबाइन का सबसे अगला हिस्सा 'हैडर' होता है। यहाँ 'रील' का कार्य महत्वपूर्ण है। रील फसल को कटर बार की ओर धकेलती है और कटने के बाद उसे प्लेटफॉर्म पर गिराती है। रील की परिधीय गति और कंबाइन की आगे बढ़ने की गति का अनुपात, जिसे 'रील इंडेक्स' कहते हैं, 1.25 से 1.5 के बीच होना चाहिए। जहाँ रील की गति है और कंबाइन की गति है।

3.2 थ्रेशिंग तंत्र

थ्रेशिंग का अर्थ है अनाज को बाली से अलग करना। यह कंबाइन का दिल है। इसमें एक तेज गति से घूमने वाला सिलेंडर और एक स्थिर अवतल होता है। फसल को इनके बीच के गैप से गुजारा जाता है, जहाँ रगड़ और प्रभाव से दाने अलग होते हैं।

सिलेंडर के प्रकार:

i. **रास्प–बार:** यह सबसे सामान्य है। इसमें नालीदार बार्स होती हैं जो फसल को रगड़ती हैं। इसकी परिधीय गति फसल के अनुसार 15 से 30 m/s के बीच होती है।

ii. **स्पाइक–टूथ:** इसमें खूंटे लगे होते हैं जो फसल को फाड़ते हैं। यह धान जैसी फसलों के लिए उपयोगी है जहाँ भूसा सख्त होता है।

iii. **एक्सियल फ्लो:** रोटरी कंबाइन में फसल रोटर के अक्ष के समानांतर चलती है, जिससे थ्रेशिंग और सेपरेशन एक ही यूनिट में होता है। यह अनाज को कम नुकसान पहुँचाता है।

थ्रेशिंग दक्षता: यह सिलेंडर की गति, अवतल निकासी, और फसल की नमी पर निर्भर करती है। सिलेंडर की गति बढ़ाने से थ्रेशिंग दक्षता बढ़ती है लेकिन अनाज के टूटने का खतरा भी बढ़ जाता है।

3.3 पृथक्करण और सफाई

थ्रेशिंग के बाद, लगभग 80% अनाज अवतल से अलग हो जाता है। शेष अनाज और भूसा 'स्ट्रॉ वॉकर' पर जाता है।

स्ट्रॉ वॉकर: यह दोलन गति करता है जिससे भूसा पीछे की ओर जाता है और बचा हुआ अनाज नीचे गिर जाता है। पृथक्करण दक्षता वॉकर की लंबाई पर निर्भर करती है और यह एक घातीय कार्य है।

सफाई शू: यहाँ 'छलनी' और ब्लोअर का उपयोग होता है। वायु प्रवाह हल्के भूसे को उड़ा देता है, जबकि भारी अनाज छलनी से नीचे गिर जाता है। अनाज (5–10 m/s) और भूसे (1.5–2.5 m/s) के टर्मिनल वेग में अंतर का उपयोग करके वायुयवीय पृथक्करण किया जाता है।

4. विशिष्ट फसलों के लिए कटाई मशीनरी

अनाज के अलावा, अन्य फसलों की कटाई के लिए विशेष मशीनों की आवश्यकता होती है जो फसल की भौतिक विशेषताओं के अनुरूप हों।

4.1 कंद फसलें

भूमिगत फसलों को खोदकर निकालना और मिट्टी से अलग करना चुनौतीपूर्ण होता है।

ट्रैक्टर चालित आलू खुदाई यंत्र

यह यंत्र (चित्र–3) ट्रैक्टर की तीन–बिंदु संलग्न प्रणाली से जुड़कर निर्धारित गहराई पर

कार्य करता है। खुदाई ब्लेड मिट्टी को काटकर आलू कंदों को ढीला करता है, जबकि छड़/जाली आधारित पृथक्करण तंत्र ट्रैक्टर की गति एवं कंपन से मिट्टी को कंदों से अलग कर आलू को सतह पर पंक्तिबद्ध रूप में निकाल देता है।

शक्ति आवश्यकता: 30–50 एचपी ट्रैक्टर आलू खुदाई यंत्र खेत से आलू को मिट्टी से सुरक्षित रूप से निकालकर पंक्तियों में व्यवस्थित करता है, जिससे कटाई तेज, कम श्रम वाली और लागत–सक्षम हो जाती है। इसके उपयोग से आलू को कम क्षति होती है और यह छोटे व बड़े दोनों स्तर के किसानों के लिए उपयोगी है। सुरक्षित संचालन के लिए मशीन को प्रयोग से पहले जांचना, कार्य के दौरान चलने वाले भागों से दूरी बनाए रखना तथा उपयोग के बाद उसकी सफाई करना आवश्यक है।

4.2 फल और गन्ना

गन्ना हार्वेस्टर: गन्ने की कटाई में पत्तियों को हटाना एक मुख्य कार्य है। ए.एन.जी.आर.ए.यू. (ANGRAU) द्वारा विकसित लीफ स्ट्रिपर की क्षमता 1300 kg/hr पाई गई है।

फल हार्वेस्टर: फलों की यांत्रिक कटाई के लिए 'शेक–एंड–कैच' प्रणाली का उपयोग होता है। इसमें एक जड़त्वीय शेकर पेड़ को हिलाता है और फल एक कैचिंग फ्रेम पर गिरते हैं। खट्टे फलों के लिए, निरंतर कैनोपी शेक प्रणाली का उपयोग किया जाता है, जिसमें टाइन्स कैनोपी में घुसकर फलों को अलग करती हैं।

5. कृषि मशीनरी का आर्थिक प्रबंधन

किसी भी नई तकनीक या मशीन का अपनाया जाना उसकी आर्थिक व्यवहार्यता पर निर्भर करता है। कृषि मशीनरी प्रबंधन का उद्देश्य मशीन की लागत को न्यूनतम करना और लाभ को अधिकतम करना है। कुल लागत को दो श्रेणियों में विभाजित किया गया है: स्थिर लागत और परिवर्तनीय लागत ।

5.1 स्थिर लागत

यह लागत मशीन के स्वामित्व से जुड़ी होती है और मशीन का उपयोग न होने पर भी लगती है। इसे समय के साथ वितरित किया जाता है।

1. **मूल्यह्रास:** यह मशीन के पुराने होने और घिसने के कारण उसके मूल्य में कमी है। सीधी रेखा विधि द्वारा वार्षिक मूल्यह्रास (D) की गणना निम्न प्रकार की जाती है:

$$D = \frac{C - S}{L} \times H$$

जहाँ:

C = मशीन की प्रारंभिक लागत

S = बचाव मूल्य, जिसे अक्सर प्रारंभिक लागत का 10: माना जाता है।

L = मशीन का जीवन काल (वर्षों में)

H = वार्षिक उपयोग के घंटे।

2. ब्याज (Interest): मशीन में निवेश की गई पूंजी पर ब्याज एक वैध लागत है। इसकी गणना औसत खरीद मूल्य (A) पर की जाती है:

$$A = \frac{C + S}{2}$$

वार्षिक ब्याज $(I) = \frac{A \times i}{100}$ (जहाँ i ब्याज दर है)।

3. कर, बीमा और आवास: यदि वास्तविक डेटा उपलब्ध नहीं है, तो इसे मशीन के औसत खरीद मूल्य का लगभग 2% प्रति वर्ष माना जा सकता है।

कुल वार्षिक स्वामित्व लागत (C_{oa}) का सूत्र है:

जहाँ : $C_{oa} = C_{os} \times P_u$

C_{os} = विशिष्ट स्वामित्व लागत गुणांक है।

P_u = मशीन का वार्षिक उपयोग

5.2 परिचालन लागत

यह लागत सीधे मशीन के उपयोग की मात्रा से संबंधित होती है।

1. मरम्मत और रखरखाव: मशीन के जीवनकाल में मरम्मत और रखरखाव लागत खरीद मूल्य के बराबर या उससे अधिक हो सकती है। इसे अक्सर प्रारंभिक लागत के प्रतिशत (जैसे 10% प्रति वर्ष) के रूप में अनुमानित किया जाता है। संचित मरम्मत और रखरखाव लागत (C_{rm}) का अनुमान लगाने का सूत्र है:

$$C_{rm} = P_u \times RF_1 \times \left(\frac{t}{1000}\right)^{RF_2}$$

जहाँ:

RF_1 और RF_2 मरम्मत कारक हैं और t संचित उपयोग घंटे हैं।

2. ईंधन और स्नेहक: ईंधन की खपत इंजन के आकार और लोड पर निर्भर करती है। डीजल इंजन की विशिष्ट ईंधन खपत का अनुमान लगाया जा सकता है। स्नेहक की लागत आमतौर पर ईंधन लागत का 10–15% होती है।

3. श्रम लागत: ऑपरेटर की मजदूरी को भी प्रति घंटा या प्रति हेक्टेयर लागत में जोड़ा जाता है।

5.3 क्षेत्र क्षमता और दक्षता

मशीन की आर्थिक व्यवहार्यता उसकी कार्य क्षमता पर निर्भर करती है।

सैद्धांतिक क्षेत्र क्षमता: यह मशीन की वह क्षमता है जब वह अपनी पूरी चौड़ाई और रेटेड गति पर बिना किसी रुकावट के कार्य करती है।

$$TFC = \frac{S \times W}{10}$$

जहाँरू (S) गति (km/h) में और मशीन की चौड़ाई (m) में है।

प्रभावी क्षेत्र क्षमता: यह कुल समय (जिसमें मुड़ने और भरने का समय शामिल है) पर आधारित वास्तविक कवरेज है।

$$EFC = \frac{S \times W \times E}{10}$$

जहाँ:

EFC = प्रभावी क्षेत्र क्षमता

S = कार्य गति

W = प्रभावी कार्य चौड़ाई

E = क्षेत्र दक्षता

क्षेत्र दक्षता (E): यह प्रभावी क्षेत्र क्षमता और सैद्धांतिक क्षेत्र क्षमता का अनुपात है। जुताई के उपकरणों के लिए यह आमतौर पर 75–90% और बुवाई/रोपण के लिए 50–80% के बीच होती है।

5.4 समयबद्धता लागत

फसल उत्पादन में समय का बहुत महत्व है। यदि कोई कार्य (जैसे बुवाई या कटाई) इष्टतम समय पर नहीं किया जाता है, तो फसल की उपज और गुणवत्ता में कमी आती है। इस आर्थिक नुकसान को 'समयबद्धता लागत' कहा जाता है। इसे निम्नलिखित समीकरण द्वारा आंका जा सकता है

$$C_t = \frac{K \times A \times Y \times V}{\lambda_o \times T \times C_a \times p_{wd}}$$

जहाँ:

K = समयबद्धता गुणांक

A = फसल क्षेत्र

Y = उपज

V = फसल का मूल्य

λ_o = समयबद्धता कारक

T = प्रति दिन कार्य घंटे

C_a = मशीन की प्रभावी क्षमता

P_{wd} = अच्छे कार्य दिवस की संभावना

समयबद्धता लागत यह दर्शाती है कि छोटी क्षमता वाली मशीनें सस्ती हो सकती हैं, लेकिन वे कार्य पूरा करने में अधिक समय लेती हैं, जिससे फसल का नुकसान हो सकता है। इसलिए, बड़ी और अधिक क्षमता वाली मशीनें अक्सर अधिक आर्थिक रूप से व्यवहार्य होती हैं क्योंकि वे समयबद्धता लागत को कम करती हैं।

5.5 मशीनरी चयन और प्रतिस्थापन

मशीन का चयन करते समय, किसान को स्वामित्व लागत, परिचालन लागत और समयबद्धता लागत के योग को न्यूनतम करने का प्रयास करना चाहिए। इष्टतम मशीन आकार (C_{aopt}) वह होता है जहाँ ये लागतें न्यूनतम होती हैं। मशीन को तब बदला जाना चाहिए जब वह पुरानी हो जाए या जब मरम्मत की लागत इतनी बढ़ जाए कि नई मशीन खरीदना सस्ता पड़े।

6. निष्कर्ष

फसल कटाई प्रौद्योगिकी का विकास साधारण हसिए से लेकर स्वचालित कंबाइन हार्वेस्टर और रोबोटिक फ्रूट पिकर तक पहुँच गया है। इन तकनीकों का सही चयन और प्रबंधन कृषि की लाभप्रदता के लिए महत्वपूर्ण है। आर्थिक प्रबंधन में केवल मशीन की खरीद मूल्य ही नहीं, बल्कि उसके पूरे जीवनकाल की लागत, जिसमें मरम्मत, ईंधन, और सबसे महत्वपूर्ण 'समयबद्धता' शामिल है, का विश्लेषण आवश्यक है। भविष्य में सटीक खेती और उपज मानचित्रण जैसी तकनीकें इनपुट को अनुकूलित करके और परिचालन लागत को कम करके आर्थिक प्रबंधन में और भी बड़ी भूमिका निभाएंगी। सही मशीनरी और उचित आर्थिक विश्लेषण के माध्यम से किसान अपनी लागत को कम कर सकते हैं और उत्पादन को अधिकतम कर सकते हैं, जिससे कृषि क्षेत्र में स्थिरता और समृद्धि सुनिश्चित होगी।

परमार पब्लिशर्स एंड डिस्ट्रीब्यूटर्स

854, के.जी. आश्रम, भुइन्पोद, गोविंदपुर रोड, धनबाद-828109, झारखंड
Email:parmarpublishers@gmail.com | Ph no-9700860832,9308398856

981-81-967211-2-0

मूल्य : 155/-