



प्रक्रियेतील नवे तंत्र

भाग ५८



डॉ. विक्रम कड डॉ. गणेश शेळके डॉ. सुदामा काकडे

रस्ते वाहतुकीतील शीत साखळी प्रणालीची सातत्यता

फळे आणि भाजीपाला वाहतुकीमध्ये शीत साखळी प्रणालीची सातत्यता हा महत्त्वाचा आणि निर्णायक घटक आहे. वैज्ञानिक पद्धतीने अखंडित शीत साखळी व्यवस्थापन हे उच्च गुणवत्तेच्या शेतीमालाची गुरुकिल्ली आहे.

शीत साखळी म्हणजे उत्पादन शेतापासून ग्राहकापर्यंत सतत नियंत्रित तापमानात ठेवणे. यात पूर्वशीतकरण, शीतगृह किंवा थंड साठवणूक, शीत वाहतूक, वितरण केंद्र आणि किरकोळ विक्रेता असे अनेक टप्पे असतात. या सर्व टप्प्यांमध्ये तापमानात बदल होता कामा नयेत. याचा अर्थ, काढणी झाल्यापासून ते अंतिम ग्राहकापर्यंत पोहोचल्यापर्यंत, मालासाठी आवश्यक असलेले तापमान, आर्द्रता आणि वायूंचे प्रमाण अखंडपणे कायम राखणे म्हणजेच शीत साखळी प्रणालीची सातत्यता होय. जर एकदाही तापमान वाढले तर गुणवत्ता ताबडतोब घसरते. जर शीत साखळीतील कोणताही टप्पा खंडित झाला, तर त्याचे गंधीर परिणाम होऊन मालाची गुणवत्ता आणि सुरक्षा धोक्यात येते.

शीत साखळी सातत्यतेची गरज आणि तत्त्व

मूलभूत तत्त्व

शीत साखळीचे मूलभूत तत्त्व 'शेत ते ग्राहक' पर्यंत तापमान आणि वातावरण नियंत्रण अखंड ठेवणे हे आहे.

गरज

नाशवंत माल गरम झाल्यास, शेती उत्पादनाचा स्वसोच्छ्रय दर त्वरित वाढतो आणि त्यात इथिलीनची निर्मिती सुरू होते. त्यामुळे त्याच्या पक्वतेची प्रक्रिया अधिक वेगाने होते व तो लवकर खराब होतो. एकदा काही काळानंतर तापमान वाढले तरी त्यामुळे झालेले नुकसान परत तापमान नियंत्रित करूनही भरून काढता येत नाही. उदा. तापमानातील वाढीमुळे शेतीमाल गरम झाल्याने त्यात सुरू झालेल्या विविध क्रिया आणि पक्वतेचा त्याने गाठलेला पुढील टप्पा तो परत थंड केल्याने मागे नेता येत नाही. दुसरी महत्त्वाची बाब, तापमान वाढल्यास बुरशी आणि जिवाणूंची वाढ वेगाने होते. त्यामुळे अन्नसुरक्षेलाच धोका निर्माण होतो.

शीत साखळी प्रणालीचे निर्णायक टप्पे

काढणी आणि पूर्वशीतकरण

माल काढणीनंतर लगेचच (शक्यतो १-२ तासांत) शेतातील उष्णता (फील्ड हॉट) कमी करण्यासाठी पूर्वशीतकरण युनिटमध्ये पाठवला पाहिजे. त्यासाठी शेत-पातळीवरच पूर्वशीतकरणाची सोय असली पाहिजे.

शीत साठवणूक

माल थोड्या काळावधीसाठी साठवण्यासाठी कोल्ड स्टोअरेजचा (शीतगृह किंवा थंड साठवणूक) वापर केला जातो. येथे प्रत्येक मालासाठी आवश्यक असलेले योग्य तापमान आणि आर्द्रता (उदा. ९० टक्के-९५ टक्के RH) राखली जाते. प्रत्येक मालाची त्यांच्या इथिलीन उत्सर्जन आणि संवेदनशीलतेनुसार वेगळी साठवणूक केली पाहिजे. उदा. इथिलीन उत्पादक (उदा. सफरचंद) आणि इथिलीन



शेतापासून प्रत्यक्ष ग्राहकापर्यंत उत्पादन पोहोचविण्यामध्ये रस्ते वाहतूक आणि शीत साखळी प्रणाली महत्त्वाची गरज आहे. (एआय चित्र)

सातत्य खंडित होण्याची कारणे

कारण	परिणाम
प्रवेशद्वार उघडे ठेवणे	लोडिंग/अनलोडिंग करताना दार जास्त वेळ उघडे राहिल्यास उष्ण हवा आत येते.
अयोग्य पॅकेजिंग	हवा खेळती राहणार नाही अशा प्रकारे पॅकेजिंग केल्यास पॅकेजच्या आत तापमान वाढते.
यांत्रिक बिघाड	रेफ्रिजरेटर युनिटमध्ये इंधन संपणे किंवा तांत्रिक बिघाड होणे.
अति-लोडिंग	वाहनात क्षमतेपेक्षा जास्त माल भरल्यास थंड हवा व्यवस्थित फिरू शकत नाही.
मानवी त्रुटी	कर्मचाऱ्यांनी योग्य तापमान सेट न करणे किंवा तपासणी न करणे.

सातत्य राखण्याचे तंत्रज्ञान आणि दस्तऐवजीकरण

- **पॅलेट कव्हर** : कोल्ड स्टोअरेजमधून लोडिंगसाठी माल बाहेर काढल्यावर, त्याला तात्पुरते धर्मल ब्लॅकट किंवा कव्हरने झाकणे.
- **तापमान डेटा नोंदी** : प्रत्येक टप्प्यावर तापमानाचे दस्तऐवजीकरण करणे.
- **अखंड वीजपुरवठा** : कोल्ड स्टोअरमध्ये वीज खंडित झाल्यास, जनरेटर किंवा बॅकअप पॉवरची व्यवस्था ठेवणे.

संवेदनशील (उदा. फुलकोबी) माल वेगवेगळ्या खोल्यांमध्ये साठवावा.

लोडिंग आणि ट्रान्झिपर्येंट

हा शीत साखळी खंडित होण्याचा सर्वांत मोठा धोका असलेला टप्पा आहे.

- **डोअर सीलिंग** : कोल्ड स्टोअरेज आणि रेफ्रिजरेटड वाहनाचे प्रवेशद्वार जोडण्यासाठी सीलिंग सिस्टिमचा वापर केलेला असावा. त्यामुळे बाह्य उष्ण हवा आत येणार नाही.
- **जलद लोडिंग** : माल थंड वातावरणातून काढून वाहनात भरण्याचा काळावधी कमीत कमी (उदा. १५ मिनिटांपेक्षा कमी) असावा.
- **वाहनाचे तापमान** : वाहनात माल भरण्यापूर्वी, वाहनाचे आतील तापमान मालासाठी आवश्यक असलेल्या तापमानापर्यंत आणलेले असावे.
- **वाहतूक**
 - **वाहनाचे इन्सुलेशन** : रेफ्रिजरेटड वाहनाचे इन्सुलेशन मजबूत आणि बिघाड नसलेले असावे.
 - **इंधन आणि वीजपुरवठा** : लांब पल्ल्याच्या वाहतुकीदरम्यान रेफ्रिजरेशन युनिटला इंधन किंवा वीज पुरवठा अखंड मिळत राहणे आवश्यक आहे.

- **डेटा मॉनिटरिंग** : प्रवासादरम्यान IoT सेन्सर्स आणि डेटा लॉग्स वापरून तापमानाची सतत नोंद घेणे. जर तापमान वाढले, तर त्वरित चालकाला सूचित करणारी अलार्म प्रणाली असणे आवश्यक आहे.

प्रमुख वाहतूक साधनांचे प्रकार

- **रस्तेमार्गे वाहतूक** : एका अंदाजानुसार, भारतातील सुमारे ९७ टक्के फळे आणि भाजीपाल्याची वाहतूक ही रस्तेमार्गे केली जाते. ही पद्धत लवचिक, जलद, किफायतशीर आणि ग्रामीण भागांपर्यंत पोहोचण्यास सक्षम असल्याने कृषी पुरवठा साखळीची (agri-supply chain) सर्वांत महत्त्वाची कडी मानली जाते. रस्तेमार्गे वाहतुकीत ट्रक, टेम्पो, पिकअप व्हॅन, मिनी-ट्रक, तीनचाकी वाहने, मोटारसायकल-लोडर, रिफर व्हॅन (reefer van) आणि कंटेनर ट्रक वापरले जातात. फळे व भाज्या शेतातून शहरातील घाऊक बाजारपेठ, APMC मंडई, सुपरमार्केट, प्रोसेसिंग उद्योग किंवा निर्यात केंद्र येथे पोहोचविण्यासाठी रस्तेमार्गे वाहतूक अत्यंत उपयुक्त ठरते. रेल्वे किंवा हवाई मार्ग नसलेल्या दुर्गम भागांतील शेतकऱ्यांसाठी रस्ते वाहतूक हा एकमेव पर्याय आहे.

वैशिष्ट्ये

- लवचिकता आणि वेळेचे स्वातंत्र्य : मागणीनुसार वाहतुकीचे वेळापत्रक (Schedule) त्वरित बदलता येते. (उदा. बाजारपेठेत मागणी वाढल्यास लगेच मालाची डिलिव्हरी करता येते.) ट्रक किंवा जहाजाची वेळ निश्चित असते, परंतु रस्ते वाहतूक गरजेनुसार कधीही करणे शक्य आहे.
- घरपोच सेवा देण्याची क्षमता : फळे व भाजीपाला पिकविणारे बहुतांश शेतकरी अल्पप्रमाणाक अमून, त्यांच्या शेतापर्यंत जाण्यासाठी मोठ्या ट्रकएवढाही रस्ता असेलच असे नाही. अशा वळी मिनी-ट्रक, पिकअप किंवा तीनचाकी वाहने शेत शेतापर्यंत नेता येतात. विशेषतः पालेभाज्या, मऊ फळे, टोमॅटो, स्ट्रबेरी आणि द्राक्षे यांसारख्या संवेदनशील उत्पादनांसाठी अत्यंत महत्त्वाचे आहे. रस्ते वाहतूक शेतमाल शेत शेतातून बाजारत किंवा प्रक्रिया युनिटमध्ये पोहोचवते. यासाठी अतिरिक्त हस्तांतर करण्याची गरज पडत नाही. रेल्वे किंवा हवाई वाहतुकीत टर्मिनल पर्यंत आणि तेथून अंतिम ठिकाणापर्यंत मालाचे हस्तांतरण करावे लागते.
- लहान खेपेसाठी उपयुक्त : लहान शेतकरी किंवा लहान व्यावसायिक त्यांच्या गरजेनुसार मिनी-ट्रक किंवा पिकअप व्हॅनचा वापर करू शकतात. रेल्वे वाहतुकीसाठी मोठ्या प्रमाणात माल एकत्रित करावा लागतो.
- छोटीय अंतरासाठी कमी खर्च : छोटीय अंतरासाठी ट्रक किंवा विमानाच्या तुलनेत रस्ते वाहतूक अत्यंत स्वस्त पडतो. प्रवासाचे अंतर साधारण १० ते ५०० किलोमीटर असेल तर रस्ते वाहतूक कमी खर्चिक ठरू शकते. मोठ्या अंतरासाठी रेल्वे हा स्वस्त पर्याय ठरू शकतो. पण रेल्वेचे स्थापनापर्यंत माल नेण्यासाठीही रस्ते वाहतूक आवश्यक ठरते.

यशस्वी रस्ते वाहतुकीसाठी आवश्यक घटक

रस्तेमार्गे फळे आणि भाजीपाला वाहतूक यशस्वी होण्यासाठी खालील वैज्ञानिक तंत्रांचा वापर करणे अनिवार्य आहे

- **रेफ्रिजरेटड वाहने**
 - आंतर-शहर किंवा लांब पल्ल्याच्या वाहतुकीसाठी इन्सुलेटड आणि रेफ्रिजरेशन युनिट्स असलेले ट्रक वापरता येतील. त्यासाठी डिझेल व सोलरने इंधनावर चालणारी वाहने उपलब्ध आहेत. या वाहनांमध्ये तापमान, आर्द्रता आणि ठिकाण (GPS) रिअल-टाइममध्ये मॉनिटर करण्यासाठी सेन्सर्सचा वापर करणे.
 - **वैज्ञानिक पॅकेजिंग**
 - **कंप व धक्के नियंत्रण** : माल क्रेट्समध्ये घडू पक करणे, फोम नेट्स आणि ट्रे वापरून कंप व धक्के शोषून घेणे.
 - **स्टॅकिंग** : वाहनात क्रेट्सची मांडणी अशा प्रकारे करावी की ते एकमेकांवर दाब टाकणार नाहीत आणि हवा खेळती राहिली.
 - **लॉजिस्टिक्स व्यवस्थापन**
 - **कुशल मनुष्यबळ** : कुशल चालक आणि हाताळणी आणि स्वच्छता यांचे प्रशिक्षण दिलेले लोड/अनलोड करणारे कर्मचारी आवश्यक असतात.
 - **जवळचा मार्ग** : वेळेची बचत करण्यासाठी आणि रस्त्यावरील अडथळे टाळण्यासाठी उत्तम व योग्य मार्गाची निवड करणे.

रस्ते वाहतुकीतील शीत साखळी प्रणालीची सातत्यता

» पान ११ वरून

ही काळजी घेणे आवश्यक

- फक्त या वाहतुकीमध्ये तापमान नियंत्रणासाठी रेफ्रिजरेटेड ट्रक किंवा रेफर व्हॅनचा वापर करणे आवश्यक आहे. या वाहनांमध्ये ० ते १५ अंश सेल्सिअस पर्यंत तापमान नियंत्रित ठेवता येते. कोल्ड चैन नेटवर्कमध्ये प्री-कूलिंग, कोल्ड स्टोअरेज आणि रेफर वाहतूक यांचा एकत्रित वापर केल्यास उत्पादनाला थर्मल शॉक राहत नाही. उदा. द्राक्षे, किवी, स्ट्रॉबेरी, अव्हाकॅडो, सफरचंद, दुधी भोपळा, पालेभाज्या यासाठी रिफर वाहन अत्यावश्यक आहे.
- रस्तेमार्गे वाहतुकीत बसणारे धक्के व हादरे यांचा परिणाम कमी करण्यासाठी नियंत्रित वेगासोबत वाहनात योग्य सस्पेंशन, ब्रेकचे योग्य रचना आणि धक्के शोषणारी यंत्रणा आवश्यक आहे. उत्पादनाचे पॅकिंग उत्तम दर्जाचे असायला हवे. उदा. एचडीपीई ब्रेकर्स, कार्टन बॉक्स, फ्रॉम लाइनर्स, टिश्यू पेपर

रस्तेमार्गे वाहतुकीतील प्रमुख आव्हाने आणि तोटे

आव्हान	परिणाम
शीत साखळीचा अभाव	बहुतांश वाहतूक साध्या ट्रक किंवा उघड्या वाहनांमधून होते. तापमान आणि आर्द्रता नियंत्रणाअभावी मालाची नासाडी होते.
खराब रस्त्यांची स्थिती	खराब रस्ते, खड्डे आणि गतिरोधकांमुळे वाहतुकीदरम्यान कंप आणि धक्के वाढतात. यामुळे उत्पादनांना इजा होते आणि त्यांचे आयुष्य कमी होते.
वाहतूक कोंडी आणि विलंब	महानगरे आणि चेकपोस्टवर होणाऱ्या वाहतूक कोंडीमुळे वाहतुकीचा वेळ वाढतो, ज्यामुळे नाशीवंत माल खराब होतो.
इंधनाचा खर्च	वाढत्या इंधन किमतीमुळे वाहतुकीचा खर्च वाढतो. त्याचा परिणाम मालाच्या किमतीवर होतो.
हवामानातील असुरक्षितता	अति पाऊस, धुके किंवा उष्ण हवामानामुळे वाहतुकीत अडथळे येऊन मालाचे नुकसान होते.

लाइनिंग, विशेष गादी साहित्य, विभाजन भिंत/पटल इ. या सर्वांचा वापर धक्के कमी करण्यात मदत करतो. वायुविजनासाठी छिद्रे असलेले CFB बॉक्स गरजेचे असतात. त्यामुळे उत्पादनामध्ये निर्माण होणारी उष्ण

हवा आणि कार्बन डायऑक्साइड बाहेर पडतो.

- डॉ. विक्रम कड ०७५८८०२४६९७
(कृषी प्रक्रिया अभियांत्रिकी विभाग,
महात्मा फुले कृषी विद्यापीठ, राहुरी)