

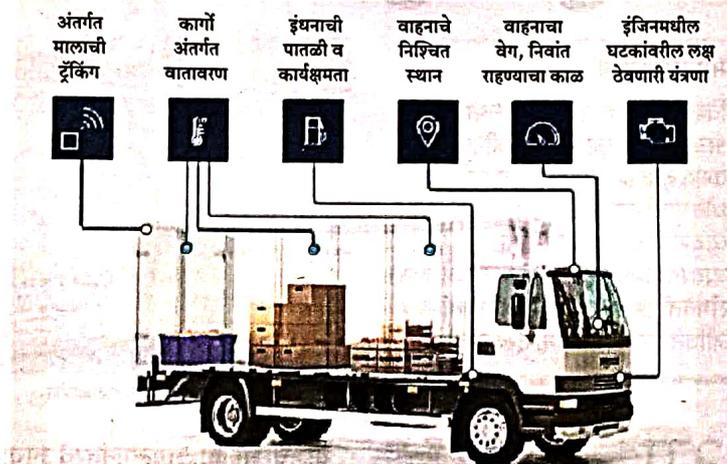


वाहतुकीतील शीतसाखळी व्यवस्थापन

प्रक्रियेतील नवे तंत्र भाग ६९

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

भारतासारख्या उष्ण प्रदेशामध्ये वाया जाणाऱ्या किंवा गुणवत्ता खालावल्यामुळे टाकून घ्याव्या लागणाऱ्या शेतीमालाचे प्रमाण प्रचंड आहे. या प्रक्रियेत शेतकऱ्यांचेच मोठे नुकसान होते. ते टाळण्यासाठी शीतसाखळी आणि शीतकरण वाहने या आधुनिक शेतीमाल वितरण प्रणालीचा पाया आहेत.



वाहतुकीमध्ये उत्पादनाचे तापमान व आर्द्रता नियंत्रित ठेवण्यासाठी विविध प्रकारच्या तंत्रज्ञानाची मदत घेतली जाते.

आधारित तंत्र - जिथे अत्यंत स्वच्छ वातावरणाची आवश्यकता असते.
 • फेज-चेंज / इथेलेक्ट्रिक फ्लेक्स व जेल-पॅक्स - अल्पकालीन तापमान नियंत्रणासाठी आणि प्रत्येक छोट्या मोठ्या वाहतुकीसाठी (पॉइंट-टू-पॉइंट ट्रान्स्पॉर्ट) वापरले जातात.

तापमान श्रेणी
 फळे आणि भाजीपाला यांच्या प्रकारानुसार योग्य तापमान श्रेणी राखली जाणे आवश्यक असते. उदा. बटाट्यासाठी तापमान ४ ते १०°C स्वीकाराई असते. पालेभाज्या ० ते ४°C; द्राक्ष, सफरचंद ० ते १°C; केळी १३ ते १५°C; टोमॅटो १० ते १२°C इ. वातानुकूलित वाहनाचे तापमान नियंत्रणाचे सेटिंग अत्यंत काळजीपूर्वक हाताळणे गरजेचे असते. फक्त तापमान नव्हे, तर सापेक्ष आर्द्रतादेखील महत्त्वाची असते. सापेक्ष आर्द्रता ही पालेभाज्यांसाठी ९० टक्क्यांपर्यंत आदर्श असू शकते, तर काही फळांसाठी कमी आर्द्रतेची आवश्यकता असते. उत्पादनाच्या प्रकार व गरजेनुसार अनेक आधुनिक वातानुकूलित वाहनांमध्ये तापमानासह आर्द्रता नियंत्रण, हवा प्रवाह (airflow) नियमन, आणि इथिलीन स्कॅव्हेजर्स/नियंत्रण इ. सुविधा आवश्यक असतात.

शीतकरणाचे तांत्रिक पैलू
 शीतकरणाच्या नियंत्रण प्रणालीमध्ये साधारणतः थर्मोस्टॅट-आधारित (तापमान नियंत्रक) असे. पण अलीकडे आधुनिक वाहनांमध्ये डिजिटल कंट्रोलर, PID नियंत्रक, आणि रिमोट मॉनिटरिंग असते. दूरमापन (Telemetry) किंवा IoT-आधारित तापमानसेंसर्स, जीपीएस ट्रॅकिंग, रिमोट अलर्ट (SMS/ई-मेल), आणि डेटा-लॉगर यांचा समावेश असतो. डेटालॉगर मुळे संपूर्ण प्रवासात तापमानाच्या संपूर्ण नोंदी घेतल्या जातात. दरम्यानच्या काळात कमी किंवा जास्त झालेल्या तापमानाच्या नोंदी महत्त्वाच्या असतात. अशा कमी-उच्च तापमानाच्या विशिष्ट बिंदूवर पोहोचताच मालक किंवा व्यवस्थापकांना त्वरित संदेश पाठवले जातात. या पारदर्शक अशा दस्तऐवजीकरणांमुळे ग्राहक, निर्यातदार व शेतकऱ्यांमध्ये विश्वास निर्माण होण्यास मदत होते. वनस्पती आरोग्य आणि स्वच्छताविषयक (फाइटो-सॅनिटरी) नियमांच्या पालनामध्ये मदत होते.

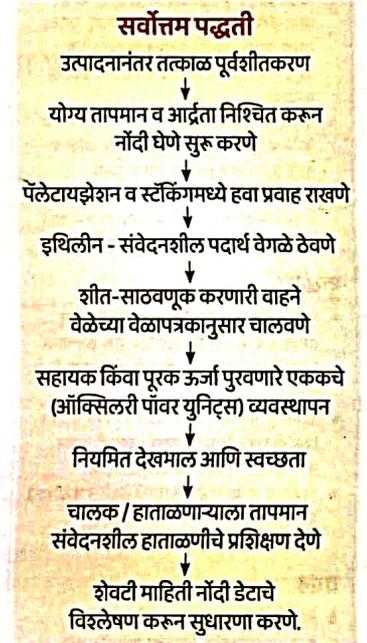
वाहनात माल भरताना...
 वाहनामध्ये माल भरणे किंवा काढणे (लोडिंग-

अनलोडिंग, पॅलेटायझेशन) कसे करायचे, याचेही एक शाख आहे. पॅलेटायझर माल नीटपणे ठेवणे, त्यामध्ये किती अंतर ठेवायचे (air gaps) हेही महत्त्वाचे असते. त्यामुळे दोन उत्पादनामध्ये मोकळी व थंड हवा व्यवस्थितपणे खेळती राहते. (फ्री-एयर सर्क्युलेशन) त्यामुळे हवेचा प्रवाह व्यवस्थितपणे होऊ शकतो.

वाहनात अतिरिक्त माल भरल्यास (ओव्हरलोडिंग) मध्यभागी उष्ण बिंदू तयार होतात. अशा ठिकाणी उत्पादन खराब होण्यास सुरुवात होते. तेथील क्रेटर/पॅकेजेसचे दिशा, स्थिती किंवा संरेखन (orientation), विभागणी (partitioning), संरक्षण किंवा आघाराची सोय (cushioning) आणि एकावर एक रचल्यानंतरची उंची (stack height) या गोष्टी नियमानुसार असाव्यात. लोडिंगपूर्वी मालाचे पूर्व शीतकरण (प्री-कूलिंग) अत्यंत महत्त्वाचे आहे. तसेच उत्पादन थंड करून कंटेनरमध्ये टाकल्यास उष्णय धक्का (थर्मल शॉक) टाळता येतो. आयुष्यमान वाढते.

उपकरणे नियमित चालू ठेवण्यासाठी विद्युत पुरवठ्याच्या बाबींवर विशेष लक्ष घावे लागते. शीतकरणाची उपकरणे उदा. कॉम्प्रेसर चालू ठेवण्यासाठी गाड्याच्या इंजिनवर अवलंबून राहणे सर्वदा शक्य नसते. त्यामुळे त्याला अतिरिक्त शक्ती (वीज) पुरवठा एकक, डिझेल जनित्र संघ, किंवा विद्युत जोडणी किंवा वीज पुरवठा जोडणे (जबाबदार पोर्ट किंवा DC-power hookups) उपलब्ध असतात. बंद वाहनातही तापमान टिकवण्यासाठी एपीयू किंवा इलेक्ट्रिक पॉवर आवश्यक असते. विमान किंवा समुद्री कंटेनरप्रमाणेच रस्ते/रेल वाहनांमध्येही जास्त इंधन वापरणे आणि उत्सर्जन नियंत्रणाचा विचार करावा लागतो.

स्वच्छता आणि 'हॅसॅप'
 स्वच्छता विषयक आणि हॅसॅप (HACCP - अन्न सुरक्षा व्यवस्थापन प्रणाली) यांच्या नियमावलींचे पालन करण्यासाठी शीतसाखळी कार्यान्वित असणे गरजेचे आहे. त्यामध्ये शीतगृहे आणि वाहतूक वाहनांचे नियमित निर्जंतुकीकरण, बुरशी, जिवाणू आणि अन्य हानिकारक सूक्ष्मजीवांचा नियमितपणे तपास करून त्यांचे वेळीच नियंत्रण, शीतकरण प्रणालीतून पडणारे पाणी बाहेर काढण्यासाठी आवश्यक निचरा (ड्रेनेज) व्यवस्था, यंत्रणेतील फिल्टर नियमितपणे स्वच्छ करणे आवश्यक असते. शीतकरण यंत्रणा व कक्षांमध्ये आर्द्रता साचून राहिल्यास बुरशी वाढण्याचा धोका असतो. प्रणालीमध्ये तयार होणारा बर्फ काढून



टाकण्याची यंत्रणा (डो-फ्रॉस्टिंग) कार्यान्वित असली पाहिजे. अशा विविध धोक्यावर नियंत्रण ठेवण्यासाठी देखभाल आणि दुरुस्तीची नियमित शृंखला (Defrost Cycle) असली पाहिजे. निचऱ्याचे पाइप स्वच्छ ठेवणे, अंतर्गत पातळीवर विविध ठिकाणी बुरशीविरोधी लेप लावणे यावर भर देणे आवश्यक असते.

- फायदे :**
- शीतसाखळी व शीतकरण केलेली वाहने नुकसान मोठ्या प्रमाणात कमी करतात.
 - उत्पादनाचे आयुष्यमान वाढवितात.
 - उत्पादनाचा निर्यातयोग्य दर्जा राखतात.
 - बाजारपेठेतील मागणीतील चढ-उताराचा दबाव सहज समायोजित करण्यास मदत करतात.
 - अंतिमतः त्याचा फायदा शेतकऱ्यांना अधिक चांगला दर मिळण्यात होऊ शकतो.

अडचणी
 उच्च प्रारंभिक गुंतवणूक, देखभाल व चालविण्याचा वाढता खर्च, ऊर्जेचा अधिक वापर, पायाभूत सुविधांमधील तफावत (शीतगृहांची व शीतवाहनांची कमी, अपुरी उपलब्धता, प्रशिक्षित मनुष्यबळाची कमतरता, किरकोळ विक्री/ छोट्या दुकानांमध्ये किंवा सर्वच रिटेल स्टोअर्समध्ये वस्तू थंड ठेवण्यासाठी काचेची कपाटे उपलब्ध नसतात. भारतासारख्या उष्ण प्रदेशामध्ये वाया जाणारा किंवा गुणवत्ता खालावल्यामुळे टाकून घ्यावा लागणाऱ्या शेतीमालाचे प्रमाण प्रचंड आहे. या प्रक्रियेत शेतकऱ्यांचेच मोठे नुकसान होते. ते टाळण्यासाठी शीतसाखळी आणि शीतकरण वाहने या आधुनिक शेतमाल वितरण प्रणालीचे मूळ आहेत. त्यांच्याशिवाय उच्च-मूल्याची आणि नाशिवंत शीतीमाल सुरक्षितपणे बाजारात पोहोचवणे अशक्य आहे. शीतकरणासाठी आवश्यक ती गुंतवणूक, प्रशिक्षण व्यवस्था व नियोजन केल्यास सुस्थापित शीतसाखळीमुळे शेतीमालाचे मोठे नुकसान कमी होऊ शकते.

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

उच्च गुणवत्तापूर्ण उत्पादने दीर्घ काळ साठविण्यासाठी किंवा उत्तम दर्जांमध्ये ठेवण्यासाठी तापमान नियंत्रित स्थितीत ठेवणे आवश्यक असते. आपण शेतावर किंवा विक्रीच्या ठिकाणी शीतकरणाची व्यवस्था केलेली असली तरी या दरम्यानच्या वाहतुकीमध्ये ही साखळी तुटू शकते. वाहतुकीमध्ये शीतसाखळी उत्तम रीतीने कार्यरत ठेवण्यासाठी सातत्याने प्रयत्न करण्याची आवश्यकता असते. शीतसाखळी म्हणजे शेतात पिकाची काढणी झाल्यापासून ग्राहक किंवा प्रक्रिया केंद्रापर्यंत उत्पादन नियंत्रित तापमानामध्ये ठेवण्याची साखळी असते. ती एक संपूर्ण प्रणाली असून, त्यात पूर्व शीतकरण (प्री-कूलिंग) (उत्पादन काढताच वस्तू तत्काळ थंड करणे), अल्प किंवा दीर्घ मुदतीसाठी वातानुकूलित साठवणूक सुविधा (कोल्ड स्टोअरेज), वातानुकूलित वाहतुकीची सुविधा (रीफर ट्रक, रेफ्रिजरेटेड कंटेनर, एअर कागों फ्रिज युनिट्स), वितरण केंद्रातील तापमान नियंत्रित हाताळणी व किरकोळ विक्रीची थंड शेल्स/डिस्पेंसर्सचा समावेश होतो.

- शीतसाखळीचे मुख्य उद्दिष्टे**
- फळे व भाज्यांच्या श्वसन दराला कमी करणे.
 - इथिलीनच्या प्रभावाला नियंत्रित करणे.
 - पाण्याचा अपव्यय टाळणे.
 - सूक्ष्मजीव/बुरशीची वाढ रोखणे.
 - उत्पादनाचे आयुष्यमान वाढवणे.
 - नुकसान कमी करून संपादक आर्थिक तोटा कमी करणे.

वातानुकूलित वाहने
 ही शीतसाखळीची महत्त्वाची कडी आहेत. ती उत्पादनाच्या दळणवळणाच्या काळात तापमान कायम ठेवतात. या वातानुकूलित वाहनांमध्ये अनेक प्रकार आढळतात. उदा. इन्सुलेटेड ट्रक, छोट्या रेफर व्हॅन (छोट्या प्रवासासाठी), मोठ्या आकाराच्या रेफर व्हॅन, रेफर कंटेनर्स (२० - ४० फुटी शीतकरण कंटेनर) आणि मॉड्युलर रेफर इक्विपमेंट (हे अन्य सामान्य कंटेनरवर लावता येते.) इ.
वातावरण थंड ठेवण्यासाठी प्रामुख्याने पुढील तीन तंत्रज्ञानांचा वापर केला जातो.
 • मेकॅनिकल व्हेपर-कम्प्रेसन सिस्टम - सर्वसाधारण आणि सर्वाधिक वापरली जाणारी प्रणाली.
 • ऋणबैजिक/लिव्हिड-नायट्रोजन किंवा लिव्हिड-CO