



बायोफ्लॉक तकनीक: पोषण सुरक्षा और टिकाऊ जलीय कृषि की नई हरित क्रांति

पर्यावरण संरक्षण, खाद्य सुरक्षा और सतत विकास लक्ष्यों के वैश्विक संदर्भ में बायोफ्लॉक तकनीक एक अनुपम उदाहरण पेश करती है। यह प्रणाली जीरो लिक्विड डिस्चार्ज के सिद्धांत पर कार्य करती है, जिससे प्राकृतिक जल स्रोतों में प्रदूषित जल का बहाव पूरी तरह रुकता है। भारत सरकार की महत्वाकांक्षी 'प्रधानमंत्री मत्स्य संपदा योजना' के अंतर्गत बायोफ्लॉक यूनिट्स की स्थापना, टैंक निर्माण, वातन प्रणालियों और विद्युत बैकअप के लिए लाभार्थियों को भारी अनुदान प्रदान किया जा रहा है। इसमें सामान्य वर्ग को 40 प्रतिशत और महिला, अनुसूचित जाति व जनजाति के लाभार्थियों को 60 प्रतिशत तक की सब्सिडी उपलब्ध कराई जा रही है।

भारत के समावेशी और सतत विकास की वास्तविक नींव केवल आर्थिक आंकड़ों की वृद्धि में नहीं, बल्कि देश के स्वस्थ, सुपोषित और सक्षम नागरिकों में निहित है। पोषण जीवन के हर पड़ाव, बाल्यकाल से लेकर मातृ-अवस्था तक मानसिक एवं शारीरिक क्षमता का मुख्य आधार होता है। आज जब देश कुपोषण और सूक्ष्म पोषक तत्वों की कमी जैसी चुनौतियों से निपटने के लिए बहु-क्षेत्रीय दृष्टिकोण अपना रहा है, तब संतुलित, विविध और प्रोटीन-युक्त आहार की निर्बाध उपलब्धता एक राष्ट्रीय प्राथमिकता बन चुकी है। इस दिशा में विश्व के दूसरे सबसे बड़े मत्स्य उत्पादक देश के रूप में भारत का मत्स्य क्षेत्र खाद्य और पोषण सुरक्षा प्रदान करने की अपार क्षमता रखता है। देश की राष्ट्रीय अर्थव्यवस्था, ग्रामीण आजीविका, खाद्य सुरक्षा तथा वैदेशिक मुद्रा अर्जन में मत्स्य क्षेत्र की भूमिका निरंतर नए कीर्तिमान स्थापित कर रही है। पिछले कुछ दशकों में यह क्षेत्र एक पारंपरिक प्राथमिक गतिविधि से रूपांतरित होकर एक अत्याधुनिक वाणिज्यिक उद्योग का रूप धारण कर चुका है। हालांकि, जलवायु परिवर्तन, घटते मीठे जल संसाधन, सिकुड़ती कृषि भूमि और पारंपरिक जलीय कृषि से उत्पन्न पर्यावरणीय अपशिष्ट ने इस क्षेत्र के समक्ष गंभीर संकट खड़ा कर दिया है। इन बहुआयामी चुनौतियों के मध्य बायोफ्लॉक तकनीक एक वैज्ञानिक और क्रांतिकारी समाधान के रूप में उभरकर सामने आई है। यह शून्य-अपशिष्ट, उच्च-सघनता और पर्यावरण-अनुकूल

तकनीक न केवल जल संसाधनों का संरक्षण करती है, बल्कि प्रोटीन से भरपूर गुणवत्तापूर्ण मत्स्य उत्पादन को सुलभ और किफायती भी बनाती है। स्थानीय स्तर पर पोषण सुरक्षा को सुदृढ़ करने और नीली अर्थव्यवस्था को सतत रूप देने में बायोफ्लॉक तकनीक आधुनिक जलीय कृषि की एक नई हरित क्रांति का बीजारोपण कर रही है।

अपशिष्ट से पोषण का विज्ञान

बायोफ्लॉक प्रणाली का मूल आधार अपशिष्ट से पोषण का वैज्ञानिक चक्र है। यह एक ऐसी जैविक प्रक्रिया है जहां जलकृषि प्रणाली में मछलियों द्वारा उत्सर्जित हानिकारक तत्वों को जैव-रासायनिक चक्रों के माध्यम से उच्च-गुणवत्ता वाले जैविक प्रोटीन में बदल दिया जाता है। सामान्य मत्स्य पालन में मछलियों को दिए जाने वाले वाणिज्यिक फ़ीड का केवल 20 से 30 प्रतिशत भाग ही उनके शारीरिक द्रव्यमान में परिवर्तित हो पाता है। शेष 70 प्रतिशत भाग अपचित भोजन, मल और गिल्लस के माध्यम से नाइट्रोजनयुक्त अपशिष्ट के रूप में पानी में उत्सर्जित होता है। यह अपशिष्ट जल में मुख्यतः विषैले अमोनिया और नाइट्राइट के रूप में जमा होने लगता है। अवायवीय परिस्थितियों में अमोनिया मछलियों के गिल्लस को भारी नुकसान पहुंचाता है, जिससे उनकी मृत्यु तक हो सकती है। वहीं नाइट्राइट मछलियों के रक्त में हीमोग्लोबिन के साथ मिलकर उसे मेथेमोग्लोबिन में बदल देता है, जिससे मछलियों की रक्त में ऑक्सीजन परिवहन की क्षमता समाप्त हो जाती है और उनमें

लेखक उत्तर प्रदेश सचिवालय में विशेष सचिव के पद पर कार्यरत हैं। ईमेल- deepakkohli64@yahoo.in

ब्राउन ब्लड रोग उत्पन्न हो जाता है। ऐसी बीमारियों से ग्रस्त या अस्वास्थ्यकर वातावरण में पली मछलियां मानव उपभोग के लिए भी आदर्श नहीं मानी जातीं। बायोफ्लॉक प्रणाली इस जटिल वैज्ञानिक समस्या का अत्यंत सरल और टिकाऊ समाधान प्रस्तुत करती है। इसमें जल में बाहरी कार्बन स्रोत मिलाकर कार्बन और नाइट्रोजन के अनुपात को बारह-अनुपात-एक से पंद्रह-अनुपात-एक के मध्य नियंत्रित किया जाता है। इसके लिए जल में गुड़, चावल की भूसी या टैपिओका पाउडर जैसे घुलनशील कार्बन स्रोत मिलाए जाते हैं। कार्बन की मात्रा बढ़ते ही जल में मौजूद हेटेरोट्रोफिक यानी विषमपोषी जीवाणु अत्यधिक सक्रिय हो जाते हैं और वे जल में घुले विषैले अमोनिया को अवशोषित करके उसे अपने कोशिकीय प्रोटीन में बदल देते हैं। इस प्रक्रिया में जीवाणु, कवक, प्रोटोजोआ, शैवाल और अकार्बनिक कण आपस में जुड़कर सूक्ष्म जैविक गुच्छे बनाते हैं, जिन्हें बायोफ्लॉक कहा जाता है।

बायोफ्लॉक: प्राकृतिक आहार और जल शुद्धिकरण का दोहरा लाभ

यह बायोफ्लॉक सूक्ष्मजीवों, प्राकृतिक प्रोबायोटिक्स, आवश्यक खनिजों और जैविक प्रोटीन का समृद्ध स्रोत होता है। इसमें शुष्क भार के आधार पर लगभग 30 से 45 प्रतिशत तक कच्चा प्रोटीन होता है, जो मछलियों के लिए एक बेहतरीन प्राकृतिक पूरक आहार साबित होता है। मछलियां इन सूक्ष्म गुच्छों को दिन-रात प्राकृतिक भोजन के रूप में ग्रहण करती रहती हैं। इसके परिणामस्वरूप, एक ही प्रणाली के भीतर जल का जैविक शुद्धिकरण भी होता रहता है और मछलियों को निरंतर पौष्टिक आहार भी प्राप्त होता रहता है। बायोफ्लॉक में मौजूद प्रोबायोटिक्स और इम्यूनो-स्टिमुलेंट घटक हानिकारक जीवाणुओं जैसे विब्रियो की वृद्धि को दबाते हैं, जिससे

मछलियों में बीमारियों का खतरा नगण्य हो जाता है और एंटीबायोटिक दवाओं के प्रयोग की आवश्यकता नहीं पड़ती। इस प्रकार रसायन-मुक्त और एंटीबायोटिक-मुक्त वातावरण में उत्पादित मछलियां मानव स्वास्थ्य के लिए पूर्णतः सुरक्षित, ओमेगा-3 फैटी एसिड से भरपूर और सुपाच्य प्रोटीन का उत्कृष्ट साधन बनती हैं, जो देश से कुपोषण मिटाने और बच्चों व महिलाओं में एनेमिया तथा प्रोटीन की कमी को दूर करने में क्रांतिकारी भूमिका निभा सकती हैं।

ऑक्सीजन और जल प्रबंधन: सफलता की पहली शर्त

बायोफ्लॉक प्रणाली को सफलतापूर्वक संचालित करने के लिए निरंतर वातन यानी एयरेशन सबसे महत्वपूर्ण तकनीकी आवश्यकता है। उच्च सघनता वाले टैंकों में अरबों जीवाणुओं और मछलियों को श्वसन के लिए प्रचुर मात्रा में ऑक्सीजन की आवश्यकता होती है। इसलिए जल में घुलित ऑक्सीजन का स्तर न्यूनतम पांच मिलीग्राम प्रति लीटर से ऊपर बनाए रखना अनिवार्य होता है। इसके लिए रूट्स ब्लोअर, रिंग ब्लोअर या सिलिकॉन ट्यूब डिफ्यूज़र का उपयोग किया जाता है, जो पानी के भीतर सूक्ष्म बुलबुले उत्पन्न करते हैं। यह वातन केवल ऑक्सीजन प्रदान करने का कार्य नहीं करता, बल्कि जल स्तंभ को निरंतर घुमाता और हिलाता भी रहता है, जिससे जैविक फ्लॉक पेंदे में नीचे बैठ कर सड़ने नहीं पाता और पूरे टैंक में समान रूप से तैरता रहता है। टैंकों की गोल बनावट और केंद्र में मौजूद निकास पाइप जल के चक्राकार घुमाव को सुगम बनाते हैं, जिससे अतिरिक्त स्लज को बाहर निकालना आसान हो जाता है।

कम पानी, कम भूमि और अधिक उत्पादन

पारंपरिक मत्स्य पालन की तुलना में बायोफ्लॉक तकनीक की जल और भूमि उपयोग दक्षता अत्यधिक श्रेष्ठ है। जहां पारंपरिक तालाबों में प्रति किलो मछली उत्पादन के लिए 30 हजार से 50 हजार लीटर पानी की आवश्यकता होती है, वहीं बायोफ्लॉक प्रणाली में जीरो-लिव्विड डिस्चार्ज और नगण्य जल विनिमय के कारण नब्बे प्रतिशत तक पानी की बचत संभव होती है। इसमें केवल वाष्पीकरण या सफाई के कारण कम हुए जल को ही दोबारा भरा जाता है। इसी प्रकार भूमि की बचत के दृष्टिकोण से भी यह तकनीक अत्यंत प्रासंगिक है। जहां पारंपरिक मत्स्य पालन के लिए एकड़ में फैले विशाल तालाबों की आवश्यकता होती है, वहीं बायोफ्लॉक में मात्र 40 से 50 वर्ग मीटर के तारपालिन या कंक्रीट टैंक में सघन मत्स्य पालन किया जा सकता है। जहां सामान्य तालाबों में प्रति घन मीटर एक से तीन मछलियां ही पाली जा सकती हैं, वहीं बायोफ्लॉक टैंकों में वैज्ञानिक प्रबंधन के साथ 50 से 150 तक मछलियां प्रति घन मीटर की दर से रखी जा सकती हैं।



कौन-सी प्रजातियां बायोफ्लॉक के लिए उपयुक्त हैं?

बायोफ्लॉक तकनीक में सर्वश्रेष्ठ परिणाम देने वाली प्रजातियों में जीआईएफटी तिलापिया, पंगासियस, सिंगी, मागुर, पब्दा और सफेद झींगा प्रमुख हैं। विशेष रूप से जीआईएफटी तिलापिया इस प्रणाली के लिए सबसे आदर्श मानी जाती है क्योंकि यह पूरी तरह से सर्वाहारी प्रकृति की होती है और जल में तैरते फ्लॉक को बहुत चाव से खाती है। इसके अलावा पंगासियस और कैटफिश प्रजातियां अपनी उच्च सहनशीलता और वायु-श्वसन क्षमता के कारण सीमित स्थान में तेज़ वृद्धि दर्शाती हैं और कम लागत में जन-साधारण को सस्ता व उच्च गुणवत्ता वाला प्रोटीन उपलब्ध कराती हैं। तटीय और खारे पानी वाले क्षेत्रों में सफेद झींगे का बायोफ्लॉक तकनीक से उत्पादन अत्यंत व्यावसायिक, लाभदायक और निर्यात-उन्मुख सिद्ध हुआ है।

जल-रसायनशास्त्र का सटीक प्रबंधन

जल-रसायनशास्त्र का सटीक और नियमित प्रबंधन बायोफ्लॉक तकनीक की सफलता की सबसे बड़ी कुंजी है। इस प्रणाली को चलाने वाले किसान को नियमित रूप से जल के पीएच, घुलित ऑक्सीजन, तापमान, क्षारीयता, अमोनिया, नाइट्राइट और फ्लॉक की मात्रा का परीक्षण करना पड़ता है। जल का पीएच 7.2 से 7.8 के मध्य और कुल क्षारीयता 100 से 150 मिलीग्राम प्रति लीटर के बीच बनी रहनी चाहिए। फ्लॉक की मात्रा को इमहॉफ कोन उपकरण के माध्यम से प्रतिदिन मापा जाता है। सामान्यतः मछलियों की प्रजाति के अनुसार 15 से 30 मिलीलीटर प्रति लीटर का फ्लॉक आयतन आदर्श माना जाता है। यदि फ्लॉक का स्तर इस सीमा से अधिक हो जाता है, तो टैंक के निचले हिस्से से अतिरिक्त स्लज को बाहर निकालना आवश्यक होता है, अन्यथा यह जल में ऑक्सीजन की भारी कमी पैदा कर सकता है।

छोटे किसानों, महिलाओं और युवाओं के लिए अवसर

बायोफ्लॉक तकनीक का सामाजिक-आर्थिक और पोषण संबंधी प्रभाव अत्यंत व्यापक और दूरगामी है। पारंपरिक जलीय कृषि में विशाल पूंजी और भूमि की आवश्यकता के कारण छोटे किसान, महिलाएं और बेरोज़गार युवा इससे दूर रहते थे, परंतु बायोफ्लॉक ने इस परिदृश्य को बदल दिया है। आज युवा उद्यमी, छोटे किसान और महिला स्वयं सहायता समूह अपने घरों के पीछे, छतों पर या छोटे भूखंडों में चार से छह टैंक स्थापित करके सफल व्यावसायिक इकाइयां चला रहे हैं। इससे न केवल स्थानीय स्तर पर ताज़ा और पौष्टिक मत्स्य आहार उपलब्ध हो रहा है, बल्कि ग्रामीण अर्थव्यवस्था को भी संबल मिल रहा है। आर्थिक दृष्टि से मत्स्य पालन में कुल परिचालन लागत का 70 प्रतिशत तक केवल वाणिज्यिक फ़ीड पर खर्च होता है। बायोफ्लॉक प्रणाली में मछलियां निरंतर जैविक फ्लॉक खाती रहती हैं, जिससे कृत्रिम फ़ीड की खपत में 20 से 30 प्रतिशत की सीधी कमी आती है और किसानों की शुद्ध आय में वृद्धि होती है।

यद्यपि बायोफ्लॉक तकनीक के अनगिनत लाभ हैं, परंतु इसे बिना तकनीकी ज्ञान के चलाने का प्रयास जोखिम भरा हो सकता है। यह

एक अति-संवेदनशील और वैज्ञानिक प्रणाली है जिसमें विद्युत आपूर्ति में रुकावट सबसे बड़ा जोखिम बनकर उभरती है। बायोफ्लॉक टैंकों में अत्यधिक घनत्व होने के कारण यदि एयर ब्लोअर 30 से 40 मिनट के लिए भी बंद हो जाए, तो घुलित ऑक्सीजन का स्तर शून्य पर पहुंच सकता है और मछलियों का दम घुटने से भारी नुकसान हो सकता है। इसलिए प्रत्येक बायोफ्लॉक फार्म पर स्वचालित जनरेटर बैकअप, इन्वर्टर और डुअल-ब्लोअर सेटअप होना अनिवार्य है। इसके अलावा, अत्यधिक धूप, भारी बारिश या कार्बन-नाइट्रोजन असंतुलन से फ्लॉक के अचानक नष्ट होने यानी फ्लॉक क्रैश का खतरा रहता है, जिससे अमोनिया अचानक बढ़ सकता है। अतः किसानों को भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद्, केंद्रीय मीठे पानी की मत्स्य पालन अनुसंधान संस्थान या अन्य प्रामाणिक वैज्ञानिक संस्थानों से विधिवत व्यावहारिक प्रशिक्षण प्राप्त करने के पश्चात ही इस क्षेत्र में कदम रखना चाहिए।

स्मार्ट और टिकाऊ भविष्य

पर्यावरण संरक्षण, खाद्य सुरक्षा और सतत विकास लक्ष्यों के वैश्विक संदर्भ में बायोफ्लॉक तकनीक एक अनुपम उदाहरण पेश करती है। यह प्रणाली जीरो लिक्विड डिस्चार्ज के सिद्धांत पर कार्य करती है, जिससे प्राकृतिक जल स्रोतों में प्रदूषित जल का बहाव पूरी तरह रुकता है। यह संयुक्त राष्ट्र के सतत विकास लक्ष्यों जैसे स्वच्छ जल संरक्षण (एसडीजी-6), शून्य भूख (एसडीजी-2), अच्छा स्वास्थ्य और कल्याण (एसडीजी-3), जिम्मेदार उपभोग और उत्पादन (एसडीजी-12) तथा जल के नीचे जीवन के संरक्षण (एसडीजी-14) में सीधा योगदान देती है। भारत सरकार की महत्वाकांक्षी 'प्रधानमंत्री मत्स्य संपदा योजना' के अंतर्गत बायोफ्लॉक यूनिट्स की स्थापना, टैंक निर्माण, वातन प्रणालियों और विद्युत बैकअप के लिए लाभार्थियों को भारी अनुदान प्रदान किया जा रहा है। इसमें सामान्य वर्ग को 40 प्रतिशत और महिला, अनुसूचित जाति व जनजाति के लाभार्थियों को 60 प्रतिशत तक की सब्सिडी उपलब्ध कराई जा रही है।

भविष्य में बायोफ्लॉक तकनीक आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस, इंटरनेट ऑफ थिंग्स, सौर ऊर्जा और स्मार्ट सेंसर जैसी अत्याधुनिक तकनीकों के समावेश से और भी अधिक उन्नत होने जा रही है। पानी में लगे ऑटोमेटेड सेंसर निरंतर पीएच, ऑक्सीजन और अमोनिया का सटीक डेटा एकत्र करेंगे और किसी भी असंतुलन की स्थिति में किसान के मोबाइल पर तुरंत अलर्ट भेज देंगे। सौर ऊर्जा से संचालित वातन प्रणालियों के आ जाने से बिजली पर आने वाला खर्च नगण्य हो जाएगा, जिससे यह तकनीक और भी अधिक टिकाऊ बन जाएगी। बायोफ्लॉक तकनीक केवल मछली पालने का माध्यम नहीं है, बल्कि यह कम संसाधनों में भारत की पोषण सुरक्षा को सुदृढ़ करने, जन-स्वास्थ्य की रक्षा करने, ग्रामीण युवाओं को स्वावलंबी बनाने और पर्यावरण को संरक्षित रखते हुए जलीय कृषि के एक नए, टिकाऊ युग का शुभारंभ करने की सबसे सशक्त वैज्ञानिक क्रांति है। □