THE SCIENCE WORLD
A Monthly e Magazine
ISSN:2583-2212
Popular Article
December, 2025 Vol.5(12), 11067-11071

बायोफ्लॉक तकनीक: जलीय कृषि में टिकाऊ विकास का नया रास्ता

सरमन एन. वाघ, , रिद्धिसा आर. बारड, अजय आर. राम*, दानाभाई वी. भोला एवं संजय आर. वाला

मत्स्य विज्ञान महाविद्यालय, कामधेनु युनिवर्सिटी, वेरावल
Corresponding author: *ramajayr02@gmail.com
DOI:10.5281/ScienceWorld.18032155

परिचय (Introduction)

जलीय कृषि विश्व-भर में तीव्र गति से विकसित हो रही है और वर्तमान में कुल वैश्विक मछली उत्पादन में लगभग 50% का योगदान दे रही है। मानव उपभोग हेतु मछली की बढ़ती मांग को पूरा करने के लिए आने वाले वर्षों में इसके और अधिक तेज़ी से विस्तार की संभावना है। आधुनिक मछली पालन में फ़ॉर्म्युलेटेड फ़ीड के बढ़ते उपयोग ने फ़ीड सामग्री की उपलब्धता पर, विशेषकर फिशमील जैसे पारंपरिक घटकों पर, अत्यधिक दबाव उत्पन्न कर दिया है। ऐसी स्थिति में जलीय पोषण वैज्ञानिकों के लिए टिकाऊ और वैकल्पिक फ़ीड स्रोतों की खोज एक प्रमुख चुनौती बन गई है। इस संदर्भ में बायोफ्लॉक मील को भविष्य के लिए एक संभावित टिकाऊ फ़ीड घटक के रूप में देखा जा रहा है। उल्लेखनीय है कि बायोफ्लॉक प्रौद्योगिकी की अवधारणा का विकास 1970 के दशक के उत्तरार्ध में हुआ था।

इस लेख का उद्देश्य जलीय कृषि में बायोफ्लॉक प्रौद्योगिकी (BFT) के मूल सिद्धांतों की समीक्षा करना तथा संयुक्त फ़ीड (कंपाउंडेड फ़ीड) में एक घटक के रूप में "बायोफ्लॉक मील" की उपयोगिता पर विशेष रूप से प्रकाश डालना है। इस लेख के माध्यम से बायोफ्लॉक प्रौद्योगिकी से जुड़ी आम भ्रांतियों को स्पष्ट किया जाएगा, जिससे शोधकर्ताओं, शिक्षाविदों तथा किसानों को इस तकनीक को बेहतर ढंग से समझने और अपनाने में सहायता मिलेगी।

बायोफ्लॉक तकनीक (Biofloc technology)

बायोफ्लॉक एक प्रभावी जल-गुणवत्ता प्रबंधन तकनीक है, जिसमें चीनी, ग्लिसरॉल अथवा जटिल कार्बोहाइड्रेट (complex carbohydrates) जैसे कार्बन स्रोतों का उपयोग किया जाता है। ये कार्बोहाइड्रेट स्रोत हेटेरोट्रॉफिक बैक्टीरिया की वृद्धि को प्रोत्साहित करते हैं, जो जल में उपस्थित नाइट्रोजन यौगिकों को माइक्रोबियल प्रोटीन में परिवर्तित कर लेते हैं। इस प्रक्रिया के परिणामस्वरूप अमोनियम की मात्रा नाइट्रीफिकेशन की तुलना में अधिक तेज़ी से कम हो जाती है, जिससे जल की गुणवत्ता में सुधार होता है।

बायोफ्लॉक वास्तव में बड़े जैविक समूह (फ्लॉक्स) होते हैं, जिनमें कवक, पौधीय कण, प्रोटोज़ोआ (ज़ूप्लैंकटन), अपचित आहार तथा अपशिष्ट जैसे सूक्ष्मजीवी कण शामिल होते हैं। ये फ्लॉक्स बैक्टीरिया द्वारा स्रावित श्लेष्मीय (म्यूकस) पदार्थ, तंतुयुक्त सूक्ष्मजीवों के जाल या विद्युत-स्थैतिक आकर्षण के माध्यम से आपस में जुड़े रहते हैं। बायोफ्लॉक संवर्धित जलीय जीवों के लिए एक प्राकृतिक एवं पौष्टिक सूक्ष्म आहार का कार्य करता है।

Official Website
www.thescienceworld.net
thescienceworldmagazine@gmail.com
Published 15/12/2025

आकृति 1- इम्हॉफ कोन (Imhoff cone) का उपयोग करके बायोफ्लोक का मात्रात्मक निर्धारण

बायोफ्लॉक का मात्रात्मक आकलन (Quantification of biofloc)

बायोफ्लॉक प्रणाली तब अधिक प्रभावी होती है, जब जल का तापमान 28–30°C के बीच बना रहता है। नाइट्रीफाइंग बैक्टीरिया की सक्रियता के लिए तापमान 8–30°C के अनुकूल माना जाता है। जल का pH 6 से कम या 8.5 से अधिक होने पर बायोफ्लॉक के घटकों की उत्पादकता पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है। बैक्टीरिया की कुशल वृद्धि के लिए जल में निलंबित ठोस पदार्थों (Suspended Matter) की मात्रा 250–450 mg/L के दायरे में होनी चाहिए। बायोफ्लॉक प्रौद्योगिकी में क्षारीयता (Alkalinity) में कमी तथा घुले हुए CO_2 की मात्रा बढ़ने के कारण pH स्तर घटने की प्रवृत्ति होती है। ऐसी स्थिति में सोडियम बाइकार्बोनेट के उपयोग से जल की क्षारीयता को 100–150 mg/L ($CaCO_3$ के रूप में) बनाए रखा जा सकता है। बायोफ्लॉक प्रणाली में अमोनिया-नाइट्रोजन की उपयुक्त मात्रा < 1.5 mg/L से कम होनी चाहिए, जबकि नाइट्राइट-नाइट्रोजन की समर्थनीय सीमा < 2 mg/L से कम मानी जाती है। बायोफ्लॉक की मात्रा के आकलन की सबसे प्रभावी विधियों में से एक जल में कुल निलंबित ठोस पदार्थ (Total Suspended Solids) का मापन है, जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है।

विभिन्न कार्बन स्रोत (Different carbon sources)

सामान्यतः बायोफ्लॉक प्रणाली में C:N अनुपात 12:1 से 20:1 के बीच बनाए रखने की सिफारिश की जाती है। अधिकांश परिस्थितियों में 15:1 का अनुपात आदर्श माना जाता है। उचित C:N अनुपात बनाए रखने के लिए कार्बन स्रोतों को जल में मिलाया जाता है। बायोफ्लॉक प्रौद्योगिकी में उपयोग किए जाने वाले कार्बन स्रोत प्रायः उप-उत्पाद (by-products) होते हैं, जो स्थानीय स्तर पर आसानी से उपलब्ध रहते हैं तथा मानव एवं पशु आहार उद्योगों से प्राप्त होते हैं। कम लागत वाले कार्बोहाइड्रेट स्रोत, जैसे मोलासेस (गुड़), ग्लिसरॉल तथा विभिन्न वनस्पति आहार सामग्री (जैसे गेहूँ, मक्का, चावल, टैपिओका आदि), का उपयोग फ्राई/पोस्ट-लार्वा भंडारण से पहले तथा वृद्धि चरण (grow-out period) के दौरान किया जाता है। सके अतिरिक्त, विभिन्न वनस्पति आहार सामग्रियों के मिश्रण से बने ग्रीन पेलेट (green-pellet) भी तैयार कर तालाबों में डाले जा सकते हैं। इससे कार्बन की निरंतर आपूर्ति बनी रहती है और बायोफ्लॉक के विकास में सहायता मिलती है।

बायोफ्लॉक प्रौद्योगिकी में प्रयुक्त कुछ प्रमुख जैविक कार्बन स्रोतों में एसीटेट (Acetate), कसावा (Cassava) मील, सेल्यूलोज़ (Cellulose), मक्का आटा (Corn flour), डेक्सट्रोज़ (Dextrose), ग्लिसरॉल (Glycerol),

Official Website
www.thescienceworld.net
thescienceworldmagazine@gmail.com
Published 15/12/2025

ग्लूकोज़ (Glucose), मोलासेस (Molasses), ज्वार मील (Sorghum meal), गेहूँ का आटा (Wheat flour), गेहूँ का चोकर (Wheat bran), स्टार्च आदि शामिल हैं। ये सभी कार्बन स्रोत सूक्ष्मजीवों की वृद्धि को बढ़ावा देकर जल की गुणवत्ता बनाए रखने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

झींगा एवं मछली पोषण में बायोफ्लॉक का महत्व

बायोफ्लॉक प्रौद्योगिकी में बैक्टीरिया एवं सूक्ष्म शैवाल (microalgae) के जैविक समूह (बायोफ्लॉक) की सक्रिय भूमिका से जल की उच्च गुणवत्ता बनाए रखी जाती है। इसी प्रणाली के मे बायोफ्लॉक का समकालीन आहार (in situ feeding) के रूप में उपयोग किया जाता है, जिसे कम लागत वाली और प्रभावी पोषण रणनीति माना जाता है। वर्तमान में यह तकनीक विश्वभर में झींगा (*Litopenaeus vannamei*) पालन में व्यापक रूप से अपनाई जा रही है।

बायोफ्लॉक पोषण की दृष्टि से अत्यंत समृद्ध होता है तथा इसमें पर्याप्त मात्रा में प्रोटीन, खनिज तत्व और सूक्ष्म पोषक तत्व पाए जाते हैं। विशेष रूप से यह उल्लेखनीय है कि बायोफ्लॉक अथवा उससे जुड़े सूक्ष्मजीव झींगा और मछलियों में पाचन एंजाइमों की सक्रियता बढ़ाने में सहायक हो सकते हैं, जिससे पोषक तत्वों का बेहतर उपयोग संभव होता है।

बायोफ्लॉक केवल एक आहार स्रोत ही नहीं, बल्कि जल गुणवत्ता प्रबंधन का भी प्रभावी साधन है, वह भी बिना किसी अतिरिक्त लागत के। यद्यपि व्हाइट लेग झींगा ताजे बायोफ्लॉक को बड़ी मात्रा में ग्रहण करता है, फिर भी उपलब्ध संपूर्ण बायोफ्लॉक बायोमास का उपभोग नहीं हो पाता और जल अदला-बदली (water exchange) के दौरान इसका एक भाग बाहर निकल जाता है। इसके अलावा, कुछ अन्य झींगा एवं मछली प्रजातियाँ शारीरिक या शारीरिक संरचनात्मक सीमाओं के कारण बायोफ्लॉक को पर्याप्त मात्रा में नहीं खा पाती हैं। ऐसे में बायोफ्लॉक का बड़ा हिस्सा निष्कासित जल के साथ बाहर चला जाता है। इस परिस्थिति में, फ़िल्ट्रेशन एवं पृथक्करण तकनीकों के माध्यम से इन पोषक-तत्वों से भरपूर बायोफ्लॉक कणों को एकत्र कर, उनका प्रसंस्करण किया जा सकता है। इससे बायोफ्लॉक को भविष्य में जलीय आहार सामग्री (feed ingredient) के रूप में उपयोग करने की व्यापक संभावनाएँ उपलब्ध होती हैं।

सतत जलीय कृषि के लिए बायोफ्लॉक निर्माण और बायोफ्लॉक मील उत्पादन

झींगा पालन में फ़ीड सबसे प्रमुख इनपुट होता है, किंतु इसका उपयोग झींगा द्वारा पूरी तरह वृद्धि के लिए नहीं हो पाता। वास्तव में, किसी भी जीव द्वारा उपभोग किए गए आहार का पूर्ण उपयोग संभव नहीं है, और झींगा भी इसका अपवाद नहीं है। यदि वैश्विक औसत फ़ीड रूपांतरण अनुपात (FCR) 1.4 माना जाए, तो 1 किलोग्राम ताज़ा झींगा (जिसमें लगभग 80% जल होता है) उत्पादन के लिए लगभग 1.4 किलोग्राम सूखा फ़ीड (लगभग 10% नमी के साथ) आवश्यक होता है। शुष्क पदार्थ के आधार पर देखें, तो 1 किलोग्राम सूखी झींगा बायोमास के उत्पादन हेतु लगभग 6.3 किलोग्राम कार्बनिक पदार्थ की आवश्यकता होती है। इसमें से झींगा बायोमास (1 किग्रा) को घटाने के बाद लगभग 5.3 किलोग्राम कार्बनिक पदार्थ अपशिष्ट के रूप में तालाब की तली में जमा हो जाता है या जल अदला-बदली के दौरान समीपवर्ती जल स्रोतों में चला जाता है।

वर्तमान प्रचलित पालन प्रणालियों में, यहाँ तक कि शून्य जल विनिमय (Zero Water Exchange) प्रणालियों में भी, झींगा बायोमास में निहित पोषक तत्वों को छोड़कर शेष अधिकांश पोषक तत्वों की पुनर्प्राप्ति नहीं की जाती। परिणामस्वरूप ये पोषक तत्व कीचड़ (स्लज) या निष्कासित जल के साथ व्यर्थ चले जाते हैं। इसी पृष्ठभूमि में, बायोफ्लॉक की अवधारणा सामने आती है, जिसमें सूक्ष्म शैवाल और बैक्टीरिया की सहायता से कार्बनिक एवं अकार्बनिक पोषक तत्वों का पुनर्चक्रण किया जाता है तथा स्वयं बायोफ्लॉक को झींगों के लिए प्राकृतिक आहार के रूप में उपलब्ध कराया जाता है। यह एक नवीन, पर्यावरण-अनुकूल और लागत-प्रभावी दृष्टिकोण है, जिसमें प्रति इकाई क्षेत्र में झींगों की स्टॉकिंग घनत्व बढ़ाकर उत्पादन को और अधिक तीव्र किया जा सकता है।

झींगा एक जलीय जीव है और श्वसन के लिए अपने gill lamellae से जल प्रवाहित करता है, इसलिए जल में अत्यधिक निलंबित कणों की उपस्थिति से gill lamellae में अवरोध उत्पन्न हो सकता है। अतः यह माना जाता है कि प्रणाली से नियमित रूप से फ्लॉकयुक्त बायोमास को हटाना झींगों के लिए अनुकूल वातावरण प्रदान करता है। इससे नई शैवाल

Official Website
www.thescienceworld.net
thescienceworldmagazine@gmail.com
Published 15/12/2025

एवं बैक्टीरिया कोशिकाओं की वृद्धि के लिए स्थान भी बनता है, जिससे प्रणाली की कुल उत्पादकता बढ़ती है। प्रणाली से हटाए गए निलंबित कणों को सांद्रित (concentrate), निर्जलित (dewater) एवं सुखाकर (drying) पोषक-तत्वों से भरपूर बायोफ्लॉक मील में परिवर्तित किया जा सकता है। यह न केवल एक उच्च गुणवत्ता वाला पोषक आहार है, बल्कि जलीय कृषि प्रणाली से ही प्राप्त एक टिकाऊ फ़ीड घटक भी है।

बायोफ्लॉक एवं बायोफ्लॉक मील

बायोफ्लॉक सूक्ष्मजीवों का एक समूह होता है, जिसमें बैक्टीरिया, सूक्ष्म शैवाल (microalgae), सायनोबैक्टीरिया, कवक (fungi), प्रोटोज़ोआ, सूक्ष्म ज़ूप्लैंकटन (micro-zooplanktons) आदि के साथ कार्बनिक कण शामिल होते हैं। यह समूह तीव्र वायुरेशन या जल aerated or agitated वाली जलीय कृषि प्रणालियों में जल स्तंभ के भीतर निलंबित रहता है। अनुसंधानों से ज्ञात हुआ है कि तनावपूर्ण परिस्थितियों में बैक्टीरिया एवं कुछ सूक्ष्म शैवाल एक्सोपॉलीसैकराइड्स (EPS) जैसे यूरोनिक या पाइरुविक अम्ल (uronic or pyruvic acid) का स्राव करते हैं। ये पॉलिमर चिपकने वाले पदार्थ की तरह कार्य करते हैं और बिखरी हुई कोशिकाओं व कार्बनिक कणों को जोड़कर बायोफ्लॉक नामक गुच्छेदार संरचना का निर्माण करते हैं।

बायोफ्लॉक का संवर्धन एवं संग्रहण

बायोफ्लॉक उत्पादन के लिए स्व-परिसंचारी (self-circulating) बाह्य माइक्रोकॉसम टैंक का उपयोग किया जाता है। विभिन्न C:N अनुपातों तथा मछली और झींगा की उपस्थिति में बायोफ्लॉक का निर्माण करना और जल से बायोफ्लॉक के संग्रहण हेतु रेडियल फ्लो सेटलर्स को फ़िल्टर जाल (filter meshes) के साथ संयोजन में प्रयोग किया जाता है। C:N अनुपात को नियंत्रित करने के लिए फ़ॉर्म्युलेटेड फ़ीड और गुड़ (jaggery) का उपयोग किया जाता है।

बायोफ्लॉक मील का पोषण मूल्य

बायोफ्लॉक फ़ीड से घुले पोषक तत्वों के पुनर्चक्रण द्वारा विभिन्न सूक्ष्मजीव समूहों एवं कार्बनिक पदार्थों से बनता है, इसलिए यह स्वाभाविक रूप से पोषक-तत्वों से भरपूर होता है। विभिन्न संवर्धन परिस्थितियों से एकत्रित बायोफ्लॉक में प्रोटीन की मात्रा 25–50% तथा लिपिड 0.5–15% तक पाई गई है। बायोफ्लॉक प्रोटीन, वसा, विटामिन एवं सूक्ष्म पोषक तत्वों का अच्छा स्रोत है। इसके अतिरिक्त, यह जलीय जीवों को exogenous enzymes प्रदान कर सकता है तथा कुछ प्रोबायोटिक प्रभाव भी दर्शा सकता है। हालांकि, आवश्यक amino acids मेथियोनीन और लाइसिन की पर्याप्त आपूर्ति को लेकर विभिन्न मत पाए जाते हैं।

निष्कर्ष (Conclusion)

बायोफ्लॉक प्रौद्योगिकी जल गुणवत्ता को प्रभावी ढंग से नियंत्रित करती है और एक पर्यावरण-अनुकूल जलीय कृषि पद्धति है। हाल के वर्षों में रोग प्रकोपों के कारण झींगा पालन में भारी नुकसान हुआ है, जिसे इस प्रकार की तकनीक अपनाकर काफी हद तक कम किया जा सकता है। यह एक शून्य जल विनिमय (Zero Water Exchange) प्रणाली है। जलीय कृषि की एक प्रमुख समस्या अपूर्ण रूप से उपयोग हुआ फ़ीड है, जो जल गुणवत्ता को बिगाड़ता है और स्लज निर्माण में योगदान देता है। बायोफ्लॉक प्रणाली में हेटेरोट्रॉफिक बैक्टीरिया स्थल पर ही उपलब्ध पोषक तत्वों और अपशिष्ट का उपयोग कर बढ़ते हैं, जिससे उत्पन्न माइक्रोबियल प्रोटीन को झींगा और मछलियाँ सीधे उपयोग कर सकती हैं। परिणामस्वरूप यह तकनीक आर्थिक लाभ के साथ-साथ पर्यावरणीय स्थिरता भी सुनिश्चित करती है।

संदर्भ (Reference)

Asaduzzaman, M., Wahab, M. A., Verdegem, M. C. J., Huque, S., Salam, M. A., & Azim, M. E. (2008). C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. Aquaculture, *280*(1-4), 117-123. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.04.019

Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P., & Verstraete, W. (2012). Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, *356*, 351-356. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.046

Das, S. K., & Mandal, A. (2018). Biofloc Technology (BFT): An Effective Tool for Remediation of Environmental Issues and Cost Effective Novel Technology in Aquaculture. *International Journal of Oceanography and Aquaculture*, *2*(2):000135.

Xu, W. J., Pan, L. Q., Sun, X. H., & Huang, J. (2013). Effects of bioflocs on water quality, and survival, growth and digestive enzyme activities of *Litopenaeus vannamei* (Boone) in zero-water exchange culture tanks. *Aquaculture Research*, *44*(7), 1093-1102.