

जलकृषि में प्रौद्योगिकी के अनुप्रयोग



प्रताप मुखोपाध्याय

सेवानिवृत्त प्रधान वैज्ञानिक, भाकृअनुप-सीआईएफए, भुवनेश्वर

भारत में जलकृषि (एक्वाकल्चर), जो 1960 के दशक की शुरुआत में एक राज्य-स्तरीय गृहस्थी गतिविधि के रूप में विकसित हुई, अब देश भर में अंतर्देशीय और तटीय दोनों राज्यों में एक उल्लेखनीय प्रमुख उद्यम बन चुकी है, जो खाद्य भंडार, रोजगार सृजन और विभिन्न क्षेत्रों की अर्थव्यवस्था में योगदान दे रही है। एकीकृत खेती, अंतर्देशीय खारा जलकृषि, सजावटी मछली पालन और झींगा पालन सहित जलकृषि प्रथाएँ परिचालन के पैमाने, आकार और निवेश दोनों दृष्टि से अत्यंत अनुकूल और लचीली हैं।

मछली प्रजनन और जनन: पहले, मछली प्रजनन और जनन के पहलुओं पर सटीक ज्ञान के अभाव में, जलकृषि में प्राथमिक निवेश, मछली बीज, को मानसून महीनों के दौरान नदी के स्रोतों से एकत्र किया जाता था और फिर कठिन परिश्रम से एकत्रित उन बीजों को खेती के लिए संवर्धन तालाबों में डाला जाता था। इसके बाद क्रमिक युगांतकारी प्रौद्योगिकी विकास हुआ। बंदी अवस्था में कार्प प्रजनन में पिट्यूटरी हार्मोन

का उपयोग 1957 में स्थापित किया गया। 10 जुलाई 1957 को, बैरकपुर स्थित भाकृअनुप-सीआईएफएआरआई के कटक अनुसंधान केंद्र में, सिर्हिनस रेबा (Cirrhinus reba) को जलीय कार्प पिट्यूटरी अर्क के प्रशासन द्वारा प्रजनन के लिए प्रेरित किया गया, जिसमें मादा मछली को 6 घंटे के अंतराल पर दो विभाजित खुराकों में पिट्यूटरी अर्क दिया गया, जबकि नर प्रजाति को मादा की दूसरी खुराक के समय एकल खुराक दी गई। इस सीमित जल में प्रेरित प्रजनन (विभिन्न कार्प प्रजातियाँ सीमित/स्थिर जल में परिपक्व होती हैं किंतु वहाँ स्वतः प्रजनन करने में विफल रहती हैं, यही कारण था कि आवश्यक मात्रा में बीज प्रकृति से एकत्र करके तालाबों/टैंकों में संवर्धन हेतु डाला जाता था) को जलकृषि में उपयोग की गई पहली व्यावहारिक प्रौद्योगिकी माना जा सकता है। तब से इसकी दक्षता बढ़ाने के लिए इसमें कई संशोधन किए गए। पिट्यूटरी हार्मोन के विकल्प के रूप में एलएचआरएच-ए (LHRH-a), एचसीजी (HCG), जीएनआरएच (GnRH) प्लस डोमपेरिडोन आदि जैसे कई उपयोग-के-

लिए-तैयार कृत्रिम प्रेरक एजेंटों के विकास ने प्रेरित प्रजनन की प्रौद्योगिकी को आसान और किसान-अनुकूल बना दिया। एक ही मौसम में कई बार कार्प प्रजनन की प्रौद्योगिकी ने प्रत्येक प्रजनन के बीच 45-50 दिनों के अंतराल पर 3-4 बार प्रजनन के माध्यम से एक मादा से 2-3 गुना अधिक स्पॉन प्राप्ति प्रदर्शित करने में सक्षमता दिखाई है। हैचरी डिजाइन परिचालन का प्रौद्योगिकीय विकास, प्रारंभिक मिट्टी के तालाबों/गड्डों से दोहरी दीवार वाले हापा तक, और तत्पश्चात काँच के जार और गोलाकार इको-हैचरी तक, ने अंडे सेने के दौरान प्राप्त अंडों की बड़ी मात्रा को उत्पादित और संभालने की गुंजाइश प्रदान की। अब देश में सार्वजनिक और निजी दोनों क्षेत्रों में कई हजार हैचरी संचालित हैं। एफआरपी (FRP) हैचरी, एक पोटेंबल छोटे आकार की हैचरी, पहाड़ी क्षेत्रों में भी मछली प्रजनन कार्यक्रम संचालित करने की सुविधा प्रदान करती है।

एक अन्य महत्वपूर्ण प्रौद्योगिकी स्वस्थ नर प्रजातियों के शुक्राणुओं का क्रायोप्रिजर्वेशन

(-196 डिग्री सेल्सियस) रही है, जिसने ऑफ-सीजन के दौरान तथा उस स्थिति में भी जब नर और मादा प्रजातियों की परिपक्वता समकालिक नहीं हो पाती, परिपक्व एवं व्यवहार्य अंडों के निषेचन को संभव बनाया। इस क्रायोप्रिजर्वेशन ने आनुवंशिक रूप से श्रेष्ठ नर मछलियों के शुक्राणुओं को परिपक्व अंडों के निषेचन के लिए संरक्षित करने में सुविधा प्रदान की है, जिससे स्वस्थ स्पॉन का उत्पादन संभव हुआ है। गुणवत्तापूर्ण मछली बीज जलकृषि उत्पादन में उल्लेखनीय सुधार सुनिश्चित कर सकता है, एक जीवंत वाणिज्यिक उद्यम का मार्ग प्रशस्त करते हुए।

अगली प्रमुख सफलता एक उच्च उपज उत्पादन प्रौद्योगिकी के विकास में हुई जिसे सामान्यतः 'समग्र मछली संवर्धन' (कम्पोजिट फिश कल्चर) कहा जाता है। यह एक बहु-संवर्धन (पॉलीकल्चर) है जिसमें तीन देशी प्रमुख कार्प, कतला, रोहू और मृगल, के साथ-साथ तीन विदेशी कार्प, सिल्वर कार्प, ग्रास कार्प और कॉमन कार्प, का संयोजन शामिल है। इस प्रौद्योगिकी ने तालाब की तीन अलग-अलग पारिस्थितिक आलों (इकोलॉजिकल निचेज़) में उपलब्ध प्राकृतिक खाद्य जीवों का उपयोग किया, जिन्हें उर्वरीकरण/खाद के माध्यम से और बाहर से तैयार मिश्रित आहार द्वारा पूरक किया जा सकता था। पिछले एक दशक में लगभग 2 टन/हेक्टेयर/वर्ष के उत्पादन स्तर वाली पारंपरिक व्यापक संवर्धन प्रणाली से 5-6 टन/हेक्टेयर/वर्ष के अर्ध-गहन उत्पादन स्तर तथा फिर गहन प्रणालियों (10-15 टन/हेक्टेयर/वर्ष के उत्पादन स्तर) की ओर संक्रमण हुआ है। यह 5000 से 10000 नग/हेक्टेयर तक संचयन घनत्व बढ़ाकर हासिल किया गया। जैसे-जैसे संचयन घनत्व तालाबों की प्राकृतिक वहन क्षमता से अधिक हो जाता है, प्राकृतिक भोजन पर निर्भरता से पोषण की दृष्टि से पूर्ण बाह्य आहार की आपूर्ति की ओर बदलाव आवश्यक हो गया। संवर्धित प्रजातियों की पोषक एवं ऊर्जा आवश्यकता अध्ययन के माध्यम से विभिन्न वृहत् और सूक्ष्म पोषक तत्वों की आपूर्ति के अनुकूलन में प्रगति तथा उचित प्रोटीन:ऊर्जा अनुपात से संबंधित आँकड़ों ने गहन कार्प संवर्धन



में 17 टन/हेक्टेयर/वर्ष का उत्पादन संभव किया। इसी प्रकार, कुछ महत्वपूर्ण कैटफिश, पर्च, मुरेल, फेदरबैक, लोचेज़, झींगे को भी नियंत्रित संवर्धन प्रणालियों के अंतर्गत लाया गया है, और इसी प्रकार ट्राउट जैसी शीत जल प्रजातियों को भी। मछली पोषण पर अनुसंधानों ने यह प्रदर्शित किया है कि संबंधित जीन की अभिव्यक्ति को विभिन्न आहार घटकों से संशोधित किया जा सकता है। न्यूट्रिजीनोमिक्स के दृष्टिकोण से, पोषक तत्व आहार संकेत हैं जिन्हें कोशिकीय संसार प्रणाली द्वारा पहचाना जाता है और जो परिणामस्वरूप जीन एवं प्रोटीन की अभिव्यक्ति को प्रभावित करते हैं।

पोषण और आहार:

चूँकि कार्प सहित मछलियों में अपनी ऊर्जा माँगों को पूरा करने के लिए आहार प्रोटीन के महत्वपूर्ण अनुपात का उपयोग करने की सामान्य प्रवृत्ति होती है, हाल के अनुसंधान इस अवधारणा को बढ़ावा देते हैं कि आहार में गैर-प्रोटीन ऊर्जा की आपूर्ति बढ़ाकर विकास पर प्रतिकूल प्रभाव डाले बिना उल्लेखनीय प्रोटीन अर्थव्यवस्था प्राप्त की जा सकती है, जिससे विकास के लिए बेहतर प्रोटीन उपयोग होता है और परिणामस्वरूप परिवेशीय वातावरण में अमोनिया जैसे अपचयी अंत-उत्पादों का उत्सर्जन कम होता है। गैर-प्रोटीन ऊर्जा स्रोतों की कमी से ऊर्जा उत्पन्न करने के लिए प्रोटीन का अपचय होता है, जबकि अत्यधिक ऊर्जा भूख को दबा सकती है, विकास को कम कर सकती है और लिपिड संचय को बढ़ा सकती है। मछलियों में प्रोटीन उपयोग को अनुकूलित करने के लिए, प्रोटीन-ऊर्जा अन्योन्यक्रिया की

अवधारणा पर पर्याप्त ध्यान दिया गया है और अब यह ज्ञात है कि लिपिड और कार्बोहाइड्रेट घटकों के समावेश के माध्यम से आहार में पाच्य ऊर्जा स्तर बढ़ाकर उल्लेखनीय आहार प्रोटीन बचत प्राप्त की जा सकती है। व्यापक से अर्ध-गहन और आहार-आधारित गहन संवर्धन प्रणालियों की ओर तीव्र संक्रमण की प्रकृति को देखते हुए, पोषक तत्वों के चयापचय उपयोग पर ज्ञान को स्थिरता से संबंधित प्रश्नों के लिए मौलिक माना जाता है।

भारतीय प्रमुख कार्प की आँत बहुत लंबी होती है जो स्वाभाविक रूप से कार्बोहाइड्रेट से भरपूर विभिन्न पादप-व्युत्पन्न चारे के उपयोग को सुगम बनाती है और उनमें आंत्र एमाइलेज गतिविधि भी बहुत उच्च होती है। आहार स्टार्च के उच्च स्तरों के साथ कुछ कठिनाइयाँ उत्पन्न होती प्रतीत होती हैं, जैसा कि उच्च प्लाज्मा ग्लूकोज सांद्रता और दीर्घकालिक भोजनोत्तर अतिरक्तशर्करा (पोस्ट-प्रीडियल हाइपरग्लाइसीमिया) से स्पष्ट होता है। इन परिघटनाओं को प्रारंभ में ग्लूकोज फॉस्फोराइलेशन क्षमता में बाधा के कारण माना जाता था, जो हेक्सोकाइनेज नामक एंजाइमों के एक समूह द्वारा उत्प्रेरित होती है। हाल तक ग्लूकोकाइनेज को मछलियों में अनुपस्थित माना जाता था, किंतु अब उपलब्ध आँकड़ों ने कार्प के हेपेटोपैक्रियास में इस एंजाइम के अस्तित्व तथा आहार कार्बोहाइड्रेट आपूर्ति द्वारा इसके नियमन की पुष्टि की है। आहार अमीनो अम्लों या शरीर के प्रोटीन अपघटन से ग्लूकोनियोजेनेसिस भी मछलियों में उच्च मानी जाती है। निरंतर

ग्लूकोनियोजेनेसिस एक अन्य संभावित तंत्र है जिसके द्वारा मछलियों में उच्च भोजनोत्तर अतिरिक्तशर्करा बनी रहती है। आहार कार्बोहाइड्रेट स्तर में परिवर्तन के साथ यकृत ग्लूकोज-6-फॉस्फेटेज गतिविधि और इसकी जीन अभिव्यक्ति प्रभावित होती है या नहीं — यह भारतीय प्रमुख कार्प में अभी तक स्थापित किया जाना बाकी है।

कार्प सामान्यतः यकृत ग्लाइकोलिसिस और लिपोजेनेसिस में वृद्धि के साथ-साथ ग्लूकोनियोजेनेसिस और अमीनो अम्ल अपघटन में समवर्ती कमी करके उच्च कार्बोहाइड्रेट आहार के अनुकूल हो सकती हैं। एक प्रमुख चिंता का विषय मछलियों में कार्बोहाइड्रेट चयापचय के पोषण संबंधी नियमन की समझ प्राप्त करना है, क्योंकि इसके उपयोग में सुधार का जलकृषि में व्यावहारिक निहितार्थ होगा।

पादप-व्युत्पन्न चारे से पोषक तत्व उपयोग में सुधार

कोशिका भित्ति सामग्री में पाए जाने वाले सेल्युलोज, ज़ाइलान और मैनान जैसे उच्च स्तरीय गैर-स्टार्च पॉलीसैकेराइड (एनएसपी) कई पादप-व्युत्पन्न चारा संसाधनों के पोषण मूल्य को कम कर देते हैं। कार्प आहार में अनुपूरक चारे के जीवाणु सेल्युलेज पूर्व-उपचार की संभावना का सफलतापूर्वक परीक्षण किया गया है। मछली प्रजातियों में फाइटेज के अनुप्रयोग और लाभ अब भली-भाँति प्रलेखित हैं। कई प्रकार के कारक हैं जो चारा घटकों से पोषक तत्व और ऊर्जा उपयोग को प्रभावित कर सकते हैं। पोषण-विरोधी कारक (एनएफ) पाचन, स्वादिष्टता या यहाँ तक कि कोशिकीय कार्य में हस्तक्षेप करके इस संदर्भ में समस्या उत्पन्न करने की क्षमता रखते हैं। इन कारकों की क्रिया-विधि के आधार पर इन्हें समाप्त करने के लिए सरल उपाय लागू किए जा सकते हैं। अधिकांश पोषण-विरोधी कारकों को निष्क्रिय करने की सामान्य विषहरण विधियाँ हैं; ऊष्मा द्वारा निष्क्रियकरण और/या गर्म पानी में भिगोना। बहरहाल, ये भौतिक प्रक्रियाएँ विभिन्न प्रकार के पोषण-विरोधी तत्वों के हानिकारक प्रभावों को दूर करने में पूरी तरह निर्णायक नहीं हैं।



जल-घुलनशील पोषक तत्व रिस सकते हैं, या ऊष्मा कुछ पोषक तत्वों को नष्ट कर सकती है जिससे चारे की गुणवत्ता घट जाती है। उचित प्रसंस्करण इन घटकों के पोषण मूल्य को बढ़ा सकता है। फाइटेज अम्ल अधिकांश पादप चारे में फॉस्फोरस (पी) का प्रमुख भंडारण यौगिक है। फाइटेज बड़ी संख्या में खनिजों (के, एमजी, सीए, जेडएन, एफई और सीयू) के साथ यौगिक बनाता है और प्रोटीन तथा लाइसिन और आर्जिनिन जैसे क्षारीय अमीनो अम्लों के साथ भी जटिल यौगिक (कॉम्प्लेक्स) बनाता है, जिससे मछलियों में खनिजों की जैव-उपलब्धता कम होती है और प्रोटीन की पाच्यता घट जाती है।

सीआईएफएब्रूड (CIFABROOD) (ट्रेडमार्क) जैसी प्रौद्योगिकियाँ, एक ब्रूडस्टॉक आहार जो बेहतर अंडा गुणवत्ता प्रदान करने में सहायता करता है और इस प्रकार उच्च जीवित रहने की दर, विकास और स्वस्थ मछली उत्पादन में योगदान करता है।

संवर्धनीय कार्प का आनुवंशिक सुधार:

विकास और चारा उपयोग दक्षता के लिए चयनात्मक प्रजनन के माध्यम से रोहू के आनुवंशिक सुधार ने चयन की छठी पीढ़ी में प्रति पीढ़ी प्रभावशाली 17% आनुवंशिक लाभ प्रदर्शित किया। सुधरी हुई रोहू (जयंती) अब देश में सर्वाधिक पसंदीदा प्रजातियों में से एक है। सुधरी हुई रोहू को ओडिशा, पश्चिम

बंगाल और आंध्र प्रदेश सहित देश के कई राज्यों में अपनाया गया है। विभिन्न कृषि-जलवायु क्षेत्रों में प्रसार से पूर्व सफलतापूर्वक क्षेत्र परीक्षण किए गए, उदाहरणार्थ, पश्चिम बंगाल में रहरा, पंजाब में जालंधर और आंध्र प्रदेश में विजयवाड़ा। इसी प्रकार, सुधरी हुई कतला और सुधरी हुई स्कैम्पी (मैक्रोब्रैकियम रोजेनबर्गी) विकसित की गई हैं और पूरे देश में प्रसारित की गई हैं।

मछली स्वास्थ्य प्रबंधन:

कई रोग निदान किट विकसित की गई हैं — जैसे अल्सर और सेप्टीसीमिया के खेत-स्तरीय निदान के लिए डॉट-एलिसा (Dot-ELISA) किट, जिसमें विभिन्न जीवाणु घुलनशील प्रतिजन (एंटीजन) और खरगोश में विकसित सकारात्मक एवं नकारात्मक सीरम शामिल हैं। एरोमोनस, एडवर्डसिएला, विब्रियो, स्यूडोमोनस और फ्लेवोबैक्टीरियम प्रजातियों के खेत-स्तरीय निदान के लिए स्पॉट एग्लूटिनेशन किट विशेष रूप से उल्लेखनीय है। उत्पाद में मूल्य संवर्धन और गुणों में सुधार अब प्राप्त करने योग्य हो गए हैं। भाकृअनुप-सीआईएफए के पास मछली उत्पादन को बढ़ावा देने के लिए विभिन्न प्रकार की प्रौद्योगिकी प्रसाद उपलब्ध है। सुधरी हुई रोहू (जयंती), रोहू की एक आनुवंशिक रूप से उन्नत प्रजाति, जो एक वर्ष में 18% अतिरिक्त वृद्धि प्रदान करती है। इसी प्रकार, सुधरी हुई कतला जिसे 'अमृत कतला' नाम दिया गया है और स्कैम्पी (मैक्रोब्रैकियम रोजेनबर्गी),

ये सब संवर्धित स्टॉक के आनुवंशिक सुधार के माध्यम से ऊर्ध्वाधर विस्तार की प्रमुख रणनीतियों को इंगित करते हैं। चयनात्मक प्रजनन कार्यक्रम को विशेष रूप से उस समय से अत्यधिक लाभ हुआ है जब से विशाल समानांतर अनुक्रमण (मैसिव पैरेलल सीक्वेंसिंग) प्रौद्योगिकी का उदय हुआ है, साथ ही कम्प्यूटेशनल प्रौद्योगिकी और कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) में उल्लेखनीय प्रगति हुई है।

कई अन्य किसान-अनुकूल सरल प्रौद्योगिकियाँ भी विकसित हुई हैं, जैसे पेरिफाइटन-आधारित मछली पालन प्रणाली, जो पेरिफाइटन के साथ विकास, जीवित रहने की दर और कुल उपज के संदर्भ में काफी आशाजनक सिद्ध हुई है। जलीय प्रणाली में पेरिफाइटन विकसित होने वाले डूबे हुए सबस्ट्रेट ने विशेष रूप से जल गुणवत्ता में सुधार किया। सबस्ट्रेट के रूप में बाँस की छड़ें, पीवीसी पाइप, सिरेमिक टाइलें आदि का उपयोग किया गया। यह देखा गया है कि पेरिफाइटन-आधारित प्रणाली ने न केवल जलकृषि उत्पादन में वृद्धि की, बल्कि प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया को बढ़ाने के माध्यम से संक्रमण के विरुद्ध प्रतिरोधक क्षमता भी विकसित की। इसके अतिरिक्त, संसाधन-अल्प किसानों के लिए बहु-संचयन और बहु-कटाई मॉडल विकसित किया गया, जिसमें बहु-संचयन और बहु-कटाई मॉडल के परिणामस्वरूप छोटे तालाबों की उत्पादकता में कई गुना वृद्धि हुई। ऐसे संचयन और कटाई मॉडल के माध्यम से केवल 3-4 महीने तालाबों का प्रबंधन करके किसान कमाई शुरू कर देते हैं, जिसे मध्यम और छोटी कार्प पालन के लिए आवश्यक निवेश की खरीद में पुनर्निवेश किया जाता है। इस प्रौद्योगिकी ने यह इंगित किया कि अत्यल्प संसाधनों के साथ भी किसान मछली पालन जारी रख सकता है और नियमित अंतरालों पर लगातार कमाई कर सकता है।

हाल ही में दो जल-उपयोग कुशल प्रौद्योगिकियाँ विकसित की गई हैं, पुनर्संचारी जलकृषि प्रणाली (आरएएस), बायो फ्लॉक प्रौद्योगिकी (बीएफटी) और एक्वापोनिक्स, जो व्यापक स्वीकृति प्राप्त कर रही हैं। आरएएस मूलतः उत्पादन में जल के पुनः उपयोग द्वारा



मछली पालन की एक प्रौद्योगिकी है। उत्पादन यांत्रिक और जैविक फिल्टरों के उपयोग पर आधारित है। यहाँ जल विनिमय लगभग नगण्य है। बायोफिल्टर निरंतर अमोनिया के संचय को कम करते रहते हैं। इसका मुख्य लाभ स्वच्छ मीठे पानी की आवश्यकता को कम करने की क्षमता है, साथ ही मछलियों के लिए उचित जल गुणवत्ता का परिवेश बनाए रखते हुए। बीएफटी मुख्यतः चयापचय अपशिष्ट, विशेष रूप से नाइट्रोजनयुक्त अपशिष्ट, को सूक्ष्मजैविक जैव-द्रव्यमान में पुनर्चक्रित करने के सिद्धांत पर आधारित है, जिसे संवर्धित मछली द्वारा यथास्थान (इन-सिटू) उपयोग किया जा सकता है। विषमपोषी (हेटरोट्रोफिक) सूक्ष्मजीव वनस्पति को आहार में कार्बोहाइड्रेट स्रोतों के संशोधन अथवा जल में बाह्य कार्बन स्रोत के अतिरिक्त के माध्यम से जल में सी/एन (C/N) अनुपात को उत्तेजित करके वृद्धि के लिए प्रेरित किया जाता है, ताकि जीवाणु नए जैव-द्रव्यमान उत्पादन के लिए अपशिष्ट अमोनिया को आत्मसात कर सकें। बीएफटी जलकृषि में जल उपयोग की मात्रा को उल्लेखनीय रूप से कम करती है।

अपशिष्ट जल-पोषित जलकृषि, एकीकृत खेती प्रणाली, पिंजरा और पेन संवर्धन जैसी गैर-पारंपरिक संवर्धन प्रणालियों ने देश के कई राज्यों में पर्यावरण-अनुकूल और वैकल्पिक खेती विकल्पों के रूप में अपनी क्षमता प्रदर्शित की है।

जल और भूमि की कमी से वर्तमान परिदृश्य में पिछवाड़े के तालाब और छोटे जल निकाय प्रभावित होने की संभावना है, और इसलिए टैंकों, आर्द्रभूमियों और जलाशयों में पेन और पिंजरों के बड़े पैमाने पर उपयोग की आवश्यकता होगी। मौसमी जलाशय और वाटरशेड, जिनका अब तक जलकृषि के लिए उपयोग नहीं किया गया है और जो भविष्य में समाप्त हो सकते हैं, यह अनिवार्य है कि इनका समुचित उपयोग किया जाए।

विविध प्रकार और स्तरों के निवेशों की उपलब्धता और प्रावधान के आधार पर अनेक संवर्धन प्रौद्योगिकियों के प्रदर्शन ने जलकृषि प्रथा को अधिक स्वीकार्य और लाभकारी बनाया है। यद्यपि स्थानीयकृत हैं, तथापि

