International Journal of Hindi Research
www.hindijournal.com
ISSN: 2455-2232
Received: 22-12-2025, Accepted: 21-01-2026, Published: 05-02-2026
Volume 12, Issue 1, 2026, Page No. 75-82

रीसर्कुलेटरी एक्वाकल्चर सिस्टम (RAS) में अलग–अलग स्टॉकिंग डेंसिटी व्यवस्था के तहत रिकॉर्ड किए गए हेटेरोपनिस्टेस फॉसिलिस की वृद्धि और फ़ीड उपयोग दक्षता का मूल्यांकन

मो. अकलाकुर[1*], मो. इमरान शाह[1], उद्दीप्त रॉय[1], आशुतोष डी देव[2]
[1] भा. कृ. अनू. प. केन्द्रीय मात्स्यिकी शिक्षा संस्थान, मोतीपुर क्षेत्रीय अनुसंधान एवं प्रशिक्षण केंद्र बिहार, बिहार, भारत
[2] भा. कृ. अनू .प. केन्द्रीय मात्स्यिकी शिक्षा संस्थान, वर्सोवा, अँधेरी पश्चिम, मुंबई, महाराष्ट्र, भारत

सारांश
यह 75 दिवसीय प्रयोग रीसर्कुलेटरी जलकृषि प्रणाली (RAS) में शसिंघी मछलीश के विकास और कार्यिकीय–चयापचय प्रदर्शन के मूल्यांकन हेतु किया गया था। इस प्रणाली को लागत प्रभावी बनाने के उद्देश्य से संशोधित किया गया था, जिसमें गुरुत्वाकर्षण आधारित जल प्रवाह द्वारा बिजली की खपत को कम किया गया और फिल्टर पर भार घटाने के लिए एक अवसादन टैंक स्थापित किया गया। यह प्रयोग ICAR–CIFE, मोतिपुर में संपन्न हुआ, जहाँ 30,000 लीटर क्षमता वाले 9 ढके हुए पॉली टैंकों का उपयोग किया गया। प्रयोग के दौरान, जल प्रवाह की दर 46.29 लीटर/सेकंड रखी गई और प्रत्येक 15 दिनों के अंतराल पर 10% जल का विनिमय किया गया। लगभग 4.37±0.27 ग्राम औसत भार वाली मछलियों को तीन अलग–अलग संचयन घनत्वों में रखा गया। प्रयोग के परिणामों ने T1 और T2 समूहों में उच्चतम विकास दर प्राप्त हुई। खाद्य रूपांतरण अनुपात (FCR), खाद्य दक्षता अनुपात (FER), प्रोटीन दक्षता अनुपात (PER) और उत्तरजीविता दर (SR) में भी समान सुधार प्रवृत्ति देखी गई। आर्थिक और जल उपयोग दक्षता विश्लेषण से स्पष्ट हुआ कि T2 समूह में मत्स्य पालन तकनीकी रूप से टिकाऊ और आर्थिक रूप से व्यवहार्य है। अतः, यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि इस नवोन्मेषी RAS प्रणाली में सिंघी मछली का व्यावसायिक पालन 200–250/m^3 प्रति घन मीटर के संचयन घनत्व पर सफलतापूर्वक किया जा सकता है।

मूल शब्दः नवोन्मेषी RAS, सिंघी मछली, संचयन घनत्व, अर्थशास्त्र, लागत प्रभावी उत्पादन।

बढ़ती वैश्विक जनसंख्या को गुणवत्तापूर्ण पोषण प्रदान करना एक बड़ी चुनौती है, विशेषकर सीमित भूमि संसाधनों के संदर्भ में। वर्तमान परिदृश्य में, खाद्य और पोषण सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए जलकृषि एक आशाजनक समाधान के रूप में उभरी है [1–2], यह क्षेत्र खाद्य उत्पादन के क्षेत्र में सबसे तेजी से बढ़ने वाला क्षेत्र है। भूमि की उपलब्धता में कमी के कारण किसान अब सघन जलकृषि प्रणालियों की ओर रुख कर रहे हैं। ये प्रणालियाँ न केवल उत्पादकता बढ़ाती हैं बल्कि प्रबंधन को भी सुगम बनाती हैं[3], जिससे किसान RAS और बायोफ्लोक जैसी टिकाऊ और उच्च उपज वाली तकनीकों को अपनाने के लिए प्रेरित हो रहे हैं। रीसर्कुलेटरी जलकृषि प्रणाली (RAS) एक बंद लूप[4–5] प्रणाली है जो सघन संचयन, जैव–सुरक्षा और जल निस्पंदन के माध्यम से जल के न्यूनतम उपयोग को सुनिश्चित करती है।[6–7], यह प्रणाली पूरी तरह से जल शोधन पर निर्भर है; शोधन प्रक्रिया में त्रुटि होने पर अमोनिया और नाइट्राइट जैसे हानिकारक अपशिष्ट जमा हो सकते हैं। आधुनिक RAS प्रणालियों को जैविक, रासायनिक और भौतिक घटकों के एकीकरण पर ध्यान केंद्रित करना चाहिए, जो अनुकूलनीय जल प्रबंधन और प्रणाली डिजाइन[6] के अनुकूलन में सहायक होते हैं। RAS तकनीक बरमुंडी, कोबिया, तिलापिया और पंगासियस जैसी व्यावसायिक रूप से महत्वपूर्ण प्रजातियों के लिए अत्यधिक प्रभावी सिद्ध हुई है। हालिया अध्ययनों ने RAS [8–9] में कैटफिश प्रजातियों, जैसे श्पाबदाश और शसिंघीश, के पालन की आर्थिक व्यवहार्यता पर भी प्रकाश डाला है। सिंघी मछली अपनी उच्च पोषण क्षमता और स्वाद के कारण भारत में एक उच्च मूल्य वाली प्रजाति मानी जाती है। तीव्र विकास दर और उच्च तनाव सहनशीलता इसे सघन जलकृषि के लिए उपयुक्त बनाती है।

सघन मत्स्य पालन में संचयन घनत्व एक महत्वपूर्ण कारक है जो मछलियों की वृद्धि और कल्याण को प्रभावित करता है। अत्यधिक घनत्व से शारीरिक तनाव, रोग प्रतिरोधक क्षमता में कमी और विकास में रुकावट आ सकती है। इसलिए, संचयन घनत्व का निर्धारण प्रजाति की विशिष्ट आवश्यकताओं के आधार पर किया जाना अनिवार्य है। मछली पालन की विधि और प्रजातियों की सहनशीलता के आधार पर संचयन घनत्व का निर्धारण किया जाता है, जो सामान्यतः 10 से 100 किलोग्राम प्रति घन मीटर[16–18] के बीच होता है। अतः, व्यावसायिक उत्पादन और मछली कल्याण के संकेतकों को ध्यान में रखते हुए आदर्श संचयन घनत्व का अन्वेषण किया जाना आवश्यक है ताकि प्रणाली से बेहतर लाभ प्राप्त हो सके। इस उद्देश्य की पूर्ति हेतु, वर्तमान प्रयोग रीसर्कुलेटरी जलकृषि प्रणाली (RAS) में सिंगी मछली के विकास प्रदर्शन, आहार उपयोग और आर्थिक व्यवहार्यता का पारंपरिक संचयन घनत्व की तुलना में मूल्यांकन करने के लिए संचालित किया गया था।

सामग्री और विधि

1. प्रयोगात्मक स्थल, रूपरेखा एवं स्थापना

सिंघी मछली के संवर्धन हेतु उपयुक्त श्स्टॉकिंग घनत्वश के मूल्यांकन के लिए ICAR–CIFE, मोतीपुर, बिहार में एक 75–दिवसीय प्रयोग किया गया। यह परीक्षण एक नवाचारी सघन जलीय कृषि प्रणाली, जिसे रीसर्कुलेटरी एक्वाकल्चर सिस्टम (RAS) कहा जाता है, में संपन्न हुआ। प्रयोग के लिए 30,000 लीटर क्षमता वाले नौ बंद गोलाकार RAS टैंकों का उपयोग किया गया, जिनमें जल का स्तर 28,000 लीटर पर बनाए रखा गया। इसमें पूर्णतः यादृच्छिक डिजाइन (CRD) का पालन किया गया, जिसके अंतर्गत तीन उपचार शामिल थे: T200 (200m–3), T250 (250^{-3}) और T300 (300^{-3}) प्रत्येक उपचार को तीन प्रतियों में दोहराया गया। निस्पंदन इकाई में यांत्रिक निस्पंदन के रूप में 'ड्रम फिल्टर' और जैविक निस्पंदन के लिए पांच कक्ष स्थापित किए गए, जिनमें विभिन्न बायो–मीडिया जैसे कंकड़, रेत, बायो–बॉल और बायो–रिंग का उपयोग किया गया। टैंकों में निरंतर वातन की व्यवस्था की गई। बेहतर कार्यक्षमता सुनिश्चित करने के लिए मछलियों के संचयन से 60 दिन पूर्व ही

बायो–मीडिया स्थापित कर दिया गया था। जल प्रवाह की दर इस प्रकार समायोजित की गई कि कुल जल दिन में चार बार निस्पंदन इकाई के माध्यम से पुनर्चक्रित हो सके।

1.1 RAS मॉडल की विशिष्टता

यह RAS प्रणाली अर्ध–सघन और सघन प्रणालियों के लिए ऊर्जा–कुशल और लागत प्रभावी दृष्टिकोण अपनाने के सिद्धांत पर आधारित है। जल में मौजूद अतिरिक्त निलंबित ठोस पदार्थों और उत्सर्जित अपशिष्ट को निस्पंदन से ठीक पहले एक 'सिंक टैंक' के माध्यम से हटा दिया जाता है। इससे ड्रम फिल्टर पर भार कम हो जाता है, जिससे बिजली की खपत कम होती है और परिचालन लागत में कमी आती है। तलछट को पहले ही हटा देने से यांत्रिक और जैविक निस्पंदन इकाइयों पर भार काफी कम हो जाता है, जिससे बार–बार सफाई और प्रबंधन की आवश्यकता नहीं पड़ती। छने हुए पानी को वापस टैंकों में भरने के लिए गुरुत्वाकर्षण प्रवाह का उपयोग किया गया है।

2. प्रायोगिक जीव और आहार

सिंघी के किशोरों को स्थानीय विक्रेता से प्राप्त कर ICAR–CIFE, मोतीपुर तक पहुँचाया गया। इन्हें 30,000 लीटर क्षमता वाले वातित RAS टैंकों में दो सप्ताह तक अनुकूलित किया गया। इस दौरान उन्हें 40% कच्चा प्रोटीन (CP) युक्त वाणिज्यिक आहार (0.8 mm व्यास) शरीर के वजन के 2% की दर से दिन में चार बार दिया गया। दो सप्ताह के बाद, 4–5 ग्राम वजन वाली मछलियों को तीन उपचार समूहों में वितरित किया गया। संचयन के बाद, मछलियों को 32% CP और 5% लिपिड युक्त आहार (1 mm) शरीर के वजन के 4% की दर से दिन में दो बार खिलाया गया।

3. जल की भौतिक–रासायनिक गुणवत्ता के मानक

सभी प्रयोगात्मक टैंकों के जल की गुणवत्ता का अवलोकन साप्ताहिक रूप से मानक उपकरणों और पारंपरिक विश्लेषण विधियों द्वारा किया गया। जल के तापमान के मापन के लिए 'मर्करी थर्मामीटर' का उपयोग किया गया। अन्य महत्वपूर्ण मानक जैसे: pH, घुली हुई ऑक्सीजन (mg/l), एल्कलिनिटी (mg/l), टोटल अमोनिया नाइट्रोजन (mg/l), नाइट्राइट (mg/l), और नाइट्रेट (mg/l) का आकलन APHA (2005) के मानक प्रोटोकॉल के अनुसार प्रतिदिन किया गया।

4. प्रतिचयन

75 दिनों की प्रयोग अवधि समाप्त होने के पश्चात, प्रत्येक टैंक से यादृच्छिक रूप से 15 मछलियों का चयन किया गया। मछलियों की वृद्धि और उनके संपूर्ण शारीरिक संगठन के मूल्यांकन हेतु, उन्हें 50µl/l की सांद्रता वाले 'क्लोव ऑयल इमर्शन' विधि द्वारा एनेस्थेटाइज अचेत किया गया।

5. वृद्धि प्रदर्शन, आहार उपयोग मानक एवं उत्तरजीविता

मछलियों की वृद्धि की नियमित अंतराल पर निगरानी की गई और विभिन्न वृद्धि मापदंडों के आधार पर उनका मूल्यांकन किया गया। इनमें अंतिम शारीरिक वजन , वजन वृद्धि (WG), प्रतिशत वजन वृद्धि (PWG), विशिष्ट वृद्धि दर (SGR) और औसत दैनिक वृद्धि (ADG) शामिल हैं। इसके अतिरिक्त, सभी उपचार समूहों के लिए आहार उपयोग मापदंड जैसे आहार रूपांतरण अनुपात (FCR), आहार दक्षता अनुपात (FER), और प्रोटीन दक्षता अनुपात (PER) की गणना की गई। मछलियों की उत्तरजीविता दर भी निर्धारित की गई।

$$\text{वज़न वृद्धि (ग्राम)} = \text{अंतिम मछली का शारीरिक वज़न (ग्राम)} - \text{शुरुआती मछली का शारीरिक वज़न (ग्राम)}$$

$$\text{वजन वृद्धि\%} = \frac{\text{अंतिम मछली का शारीरिक वज़न (ग्राम)} - \text{शुरुआती मछली का शारीरिक वज़न (ग्राम)}}{\text{शुरुआती मछली का शारीरिक वज़न (ग्राम)}} \times 100$$

$$\text{विशिष्ट वृद्धि दर (\%)} = \frac{\text{अंतिम मछली के शरीर के वज़न का } Ln \text{ (ग्राम)} - \text{प्रारंभिक मछली के शरीर के वज़न का } Ln \text{ (ग्राम)}}{\text{प्रायोगिक अवधि (दिन)}} \times 100$$

$$\text{औसत दैनिक वृद्धि(\%)} = \frac{\text{अंतिम मछली का शारीरिक वज़न (ग्राम)} - \text{शुरुआती मछली का शारीरिक वज़न (ग्राम)}}{\text{प्रायोगिक अवधि (दिन)}} \times 100$$

$$\text{आहार रूपांतरण अनुपात} = \frac{\text{चारा सेवन (ग्राम में सूखा वज़न)}}{\text{वज़न वृद्धि (ग्राम)}}$$

$$\text{आहार दक्षता अनुपात} = \frac{\text{वज़न वृद्धि (ग्राम)}}{\text{चारा सेवन (ग्राम)}}$$

$$\text{प्रोटीन दक्षता अनुपात} = \frac{\text{वज़न वृद्धि (ग्राम)}}{\text{प्रोटीन का सेवन (ग्राम)}}$$

$$\text{उत्तरजीविता (\%)} = \frac{\text{हारवेस्ट की गई जीवित मछलियों की कुल संख्या}}{\text{स्टॉक की गई मछलियों की कुल संख्या}} \times 100$$

6. मछलियों का प्रोक्सिमेट कंपोजिशन विश्लेषण

प्रायोगिक मछलियों के संपूर्ण शरीर का प्रोक्सिमेट विश्लेषण मानक प्रक्रियाओं (AOAC, 1995) के अनुसार शुष्क पदार्थ के आधार पर किया गया। नमी नमूनों को हॉट–एयर ओवन में 105°C पर सुखाकर नमी की मात्रा का विश्लेषण किया गया। क्रूड प्रोटीन की मात्रा का निर्धारण माइक्रो–जेल्डाल विधि द्वारा 'ऑटोमैटिक प्रोटीन एनालाइजर' का उपयोग करके किया गया। कुल लिपिड सोक्सहलेट निष्कर्षण विधि द्वारा ऑटोमैटिक सोक्सहलेट उपकरण की मदद से लिपिड सामग्री का निर्धारण किया गया। कुल राख की मात्रा निर्धारित करने के लिए मफल फर्नेस में नमूनों को 550°C पर 6 घंटे तक रखा गया। नमी, क्रूड प्रोटीन, कुल लिपिड और कुल राख की गणना के लिए मानक सूत्रों का उपयोग किया गया।

$$\text{नमी \%} = \frac{\text{सुखाने से पहले सैंपल का वज़न (ग्राम)} - \text{सुखाने के बाद सैंपल का वज़न (ग्राम)}}{\text{सुखाने से पहले सैंपल का वज़न (ग्राम)}} \times 100$$

$$\text{क्रूड प्रोटीन (\%)} = \text{कुल नाइट्रोजन सामग्री (\%)} \times 6.25$$

$$\text{ईथर एक्सट्रैक्ट (\%)} = \frac{\text{सूखे प्रिसीपेट फ्लास्क का वज़न और निकाला गया लिपिड (ग्राम)} - \text{सूखे प्रिसीपेट फ्लास्क का वज़न (ग्राम)}}{\text{सूखे सैंपल का वज़न (ग्राम)}} \times 100$$

$$\text{कुल ऐश (\%)} = \frac{\text{ऐश का वज़न (ग्राम)}}{\text{सुखे हुआ सैम्पल का वज़न (ग्राम}} \times 100$$

7. आर्थिक विश्लेषण

आर्थिक इंडेक्स की गणना प्रयोग के आखिर में पारंपरिक तरीकों का इस्तेमाल करके की गई, जैसा कि अरिफा एट अल.,9; एंगल,19; दुआरह और मॉल,20; साहा एट अल.,21; अहमद एट अल.,22; शमसुद्दीन एट अल.,23; स्वैन एट अल.,24, और अनुजा एट अल.,25 ने बताया है:

1. **बीज की लागत:** टैंक में स्टॉक किए गए बीज की मात्रा (संख्या) x प्रति बीज लागत
2. **चारे की लागत:** इस्तेमाल किए गए चारे की मात्रा (किलो) x प्रति किलो चारे की लागत
3. **मैनपावर की लागत:** (कर्मचारियों की संख्या x कल्चर की अवधि x प्रति दिन वेतन)/टैंकों की संख्या
4. **बिजली की लागत:** {बिजली की लागत (kW–घंटा) x कल्चर के दौरान इस्तेमाल किया गया कुल kW}/टैंकों की संख्या

5. **इंफ्रास्ट्रक्चर और मशीनों के लिए वार्षिक आर्थिक मूल्यह्रास:** (टैंक, इंफ्रास्ट्रक्चर, उपकरणों की लागत)/अनुमानित आर्थिक जीवन
6. **भूमि किराया:** {फ़ार्म का क्षेत्रफल (डेसिमल में) x प्रति माह भूमि का किराया (1.65 डेसिमल पर) x कल्चर की अवधि}/टैंकों की संख्या
7. **कुल निवेश या उत्पादन लागत:** परिचालन लागत (।) + पूंजीगत व्यय (B)
8. **शुद्ध आय/लाभ:** सकल आय – कुल निवेश
9. **निवेश पर रिटर्न %:** (शुद्ध लाभ/कुल उत्पादन लागत) x 100
10. **वार्षिक शुद्ध लाभ:** शुद्ध आय x एक वर्ष में कल्चर चक्रों की संख्या

8. जल उत्पादकता

जल उत्पादकता सूचकांकों की गणना पारंपरिक और स्थापित विधियों (Swain *et al*., Boyd *et al*. आदि) के अनुसार निम्नवत की गई:

1. **कुल जल उपयोग (TWU):** प्रारंभिक जल आयतन (m3) + वाष्पीकरण और तल सफाई की पूर्ति हेतु नियमित जल प्रवाह (m3)
2. **उपभोज्य जल उपयोग (CWU):** कुल जल उपयोग (TWU) – हारवेस्ट के समय अंतिम जल आयतन (m3)
3. **कुल जल उपयोग सूचकांक (TWUI):** कुल जल उपयोग (TWU) / जीवित मछलियों की कुल संख्या
4. **भौतिक जल उत्पादकता (PWP):** मछलियों की कुल उपज (kg) / जल का कुल आयतन (m3)
5. **सकल कुल जल उत्पादकता (GTWP)**: उत्पाद का कुल आर्थिक मूल्य (USD में) / उपयोग किए गए जल की कुल मात्रा (m^3 में)
6. **शुद्ध कुल जल उत्पादकता (NTWP):** (उत्पाद का कुल आर्थिक मूल्य USD में – उत्पादन लागत USD में) / उपयोग किए गए जल की कुल मात्रा (m^3 में)

9. सांख्यिकीय विश्लेषण

डेटा का विश्लेषण (SPSS), संस्करण 26.0 (Windows) का उपयोग करके किया गया। इसके लिए ANOVA प्रसरण विश्लेषण पद्धति अपनाई गई और परिणामों को औसत ± मानक त्रुटि (Mean ± Standard Error) के रूप में व्यक्त किया गया। समूहों के बीच तुलना के लिए 5% संभाव्यता स्तर ($p < 0.05$) पर टुकी मल्टीपल रेंज टेस्ट का उपयोग किया गया।

परिणाम

1. वृद्धि मूल्यांकन

75 दिनों के प्रयोग के दौरान शसिंघीश मछली के वजन वृद्धि का मूल्यांकन किया गया, जिसका विवरण तालिका 1. में दिया गया है। T200 समूह में उल्लेखनीय रूप से उच्च ($P \leq 0.05$) वृद्धि दर्ज की गई, जिसमें अंतिम शरीर भार 20.79≤0.32 ग्राम, वजन वृद्धि प्रतिशत 379.35±26-72% और औसत दैनिक वृद्धि (ADG) 0.27±0.01 ग्राम रही। यह देखा गया कि संचयन घनत्व बढ़ने के साथ वृद्धि दर में महत्वपूर्ण कमी आई। सभी प्रयोगात्मक समूहों में उत्तरजीविता सांख्यिकीय रूप से समान ($P \geq 0.05$) पाई गई।

2. खाद्य उपयोग और उत्तरजीविता

प्रयोग के परिणामों के अनुसार, T200 समूह में खाद्य उपयोग के मानक काफी बेहतर ($P \leq 0.05$) पाए गए। जैसा कि तालिका 1 में उल्लेखित है, इस समूह में खाद्य रूपांतरण अनुपात (FCR) (0. 80±0.06, प्रोटीन दक्षता अनुपात (PER) 3.94± 0.25, और खाद्य दक्षता अनुपात (FER) 1.26 ±0.09 दर्ज किया गया।

तालिका 1: रीसर्कुलेटरी एक्वाकल्चर सिस्टम (RAS) में 75 दिनों की कल्चर के बाद हेटेरोपनिस्टेस फॉसिलिस की अलग–अलग स्टॉकिंग डेंसिटी की ग्रोथ, फीड यूटिलाइज़ेशन और जीवित रहने की दर।

पैरामीटर/उपचार	T200	T250	T300	P Value
प्रारंभिक शरीर का वजन (ग्राम)	4.37±0.27	4.40±0.15	4.33±0.09	0.969
अंतिम शरीर का वजन (ग्राम)	20.79 ± 0.32^{c}	18.97 ± 0.38^{b}	16.38 ± 0.43^{a}	0.001
वजन बढ़ना (ग्राम)	16.42 ± 0.34^{c}	14.57 ± 0.35^{b}	12.04 ± 0.43^{a}	0.001
भार बढ़ना (%)	379.35 ± 26.72^{b}	331.85 ± 14.17^{ab}	278.17 ± 11.69^{a}	0.025
विशिष्ट विकास दर (ग्राम)	2.61 ± 0.10^{b}	2.44 ± 0.05^{ab}	2.22 ± 0.05^{a}	0.021
औसत दैनिक वृद्धि (ग्राम)	0.27 ± 0.01^{c}	0.24 ± 0.01^{b}	0.20 ± 0.01^{a}	0.001
फ़ीड रूपांतरण अनुपात	0.80 ± 0.06^{a}	0.91 ± 0.04^{ab}	1.08 ± 0.04^{b}	0.017
प्रोटीन दक्षता अनुपात	3.94 ± 0.25^{b}	3.41 ± 0.15^{ab}	2.87 ± 0.12^{a}	0.016
फ़ीड दक्षता अनुपात	1.26 ± 0.09^{b}	1.11 ± 0.05^{ab}	0.93 ± 0.04^{a}	0.025
जीवित दर (%)	87.13±0.64	84.10±1.71	82.58±2.14	0.212

डेटा को मीन± S.E] n=6 (ou–os ANOVA) के रूप में दिखाया गया है; एक ही कॉलम में अलग–अलग सुपरस्क्रिप्ट वाले मीन वैल्यू में काफ़ी अंतर है ($p<0.05$)। T200: 200/m3, T250: 250/m3, T300: 300/m3A

जल गुणवत्ता और जल परिसंचरण मानक

- जल के भौतिक–रासायनिक मानकों, जैसे pH, तापमान, कुल अमोनिया नाइट्रोजन (mg L^{-1}), नाइट्राइट–N (mg L^{-1}), और नाइट्रेट–N (mgL^{-1}) का आकलन साप्ताहिक रूप से सुबह 9 बजे किया गया। प्रयोग की अवधि के दौरान तापमान 280C–330C, pH 7.6–8.4, तथा अमोनिया, नाइट्राइट और नाइट्रेट का स्तर क्रमशः 0.00 से 0.001 mgL–1 और 0.01 उहस–1 के बीच रहा (तालिका 2)। सभी प्रयोगात्मक टैंकों में पानी की गुणवत्ता पूरे समय अनुकूलतम सीमा के भीतर बनी रही।

तालिका 2: RAS में 75 दिनों तक एक्सपेरिमेंटल मछलियों को पालने के लिए इस्तेमाल किए गए पानी के फिजिको–केमिकल पैरामीटर

पैरामीटर	T200	T250	T300
pH	7.6-8	7.6-8.4	7.6-8
अमोनिया (mg L^{-1})	0.05	0.05	0.05
नाइट्राट (mg L^{-1})	0.01	0.01	0.01
नाइट्रेट (mg L^{-1})	0.01	0.01	0.01
तापमान (0C)	29-33	28-32	28-32
प्रवाह दर (lit $second^{-1}$)	46.29	46.29	46.29
परिसंचरण दर (lit $second^{-1}$)	46.29	46.29	46.29

डपचार (Vh200: 200/,e3, Vh250: 250/,e3, Vh300: 300/,e3A

3. संपूर्ण शरीर का निकटस्थ संगठन

RAS में विभिन्न संचयन घनत्वों पर पाले गए प्रायोगिक जीवों के संपूर्ण शरीर के निकटस्थ संगठन (नमी, कच्चा प्रोटीन, ईथर अर्क और राख सामग्री) में कोई महत्वपूर्ण अंतर नहीं देखा गया, जैसा कि तालिका 3 में दर्शाया गया है।

तालिका 3: RAS में 75 दिनों के कल्चर पीरियड के बाद H. विपसपे की पूरी बॉडी की बनावट (% DM आधार पर)

उपचार	नमी	कच्चा प्रोटीन	ईथर एक्सट्रैक्ट	राख
T200	73.95±0.51	63.70±0.21	13.90±0.27	9.76±0.28
T250	73.83±0.22	64.17±0.55	13.87±0.19	9.77±0.38
T300	74.11±0.29	64.13±0.35	14.17±0.20	9.90±0.31
P value	0.865	0.669	0.605	0.944

डेटा को मीन±S.E, n=6 (ou–os ANOVA) के रूप में दिखाया गया है; एक ही कॉलम में अलग–अलग सुपरस्क्रिप्ट वाले मीन वैल्यू में काफ़ी अंतर है ($p<0.05$)A T200: 200 / m3, T250: 250 / m3, T300: 300 / m3A

4. आर्थिक विश्लेषण

आर्थिक सूचकांकों का विश्लेषण तालिका 4 में प्रस्तुत किया गया है। परिणामों से संकेत मिलता है कि T300 समूह में परिचालन लागतों के बीच खाद्य लागत काफी अधिक ($P \leq 0.05$) थी, जिससे कुल निवेश में वृद्धि हुई। अन्य आर्थिक मानक जैसे राजस्व , लाभ–लागत अनुपात (B–C Ratio), निवेश पर प्रतिफल (ROI) और वार्षिक शुद्ध लाभ T250 समूह में अधिक पाए गए, हालांकि यह अन्य समूहों के सांख्यिकीय रूप से समान ($P \geq 0.05$) ही थे।

तालिका 4: कमर्शियल सेटअप में पाले गए H. विपसपे के RAS का इकोनॉमिक्स मूल्यांकन

क्र.सं.	अवयव	T200	T250	T300	*P value*
A	परिचालन लागत				
i.	आहार	7074.00±442.01[a]	8910.00±309.32[b]	10530.00±214.31[c]	*0.001*
ii.	बिज	9000.00±0.00	11250.00±0.00	13500.00±0.00	
iii.	जनशक्ति	2223.00±0.00	2223.00±0.00	2223.00±0.00	
iv.	बिजली	750.00±0.00	750.00±0.00	750.00±0.00	
B	पूंजीगत व्यय				
i.	बुनियादी ढांचा, मशीनरी और उपकरण	31000.00±0.00	31000.00±0.00	31000.00±0.00	
ii.	भूमि	1000.00±0.00	1000.00±0.00	1000.00±0.00	
A+B	कुल निवेश	51047.00±442.01[a]	55133.00±309.32[b]	59003.00±214.31[c]	0.001
	आय	65228.47±1479.29	71752.71±1533.29	73131.53±3816.29	
	राजस्व	14181.47±1400.47	16619.71±1733.14	14128.53±3775.05	
	B–C अनुपात	1.28±0.03	1.30±0.03	1.24±0.06	
	निवेश पर प्रतिफल	27.78±2.77	30.17±3.27	23.94±6.40	
	वार्षिक शुद्ध लाभ	70907.33±7002.35	83098.56±8665.72	70642.64±18875.25	

5. जल उत्पादकता

तालिका 5 में जल उत्पादकता सूचकांकों की गणना कर उन्हें प्रस्तुत किया गया है। परिणामों से ज्ञात होता है कि सभी उपचारों में TWU, CWU, TWP, GTWP, NTWP और PWP के मान सांख्यिकीय रूप से समान ($P \geq 0.05$) थे। इसके विपरीत, TWUI में सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण अंतर ($P \leq 0.05$) देखा गया, जिसमें सबसे कम मान 'T300' उपचार में दर्ज किया गया।"

विवेचना

वर्तमान परिदृश्य में, बढ़ती राष्ट्रीय और वैश्विक मांग के कारण मत्स्य पालन क्षेत्र सघनता की ओर अधिक केंद्रित है। सहनशील और जलवायु–अनुकूल प्रजातियों के साथ मत्स्य पालन का सघनताकरण किसानों को उच्च लाभ प्रदान कर सकता है। RAS महत्वपूर्ण सघन मत्स्य पालन प्रणालियों में से एक है, जिसे भारत के किसानों द्वारा इसकी उच्च प्रति व्यक्ति उत्पादकता और व्यावसायिक रूप से महत्वपूर्ण मछलियों की विस्तृत श्रृंखला के लिए अपनाया जा रहा है। सिंघी, जो एक व्यावसायिक रूप से महत्वपूर्ण, जलवायु–अनुकूल और सहनशील प्रजाति है, आर.ए.एस. आधारित प्रणाली के लिए अत्यधिक उपयुक्त है। हालाँकि, बेहतर लाभ के लिए सिंघी के भंडारण घनत्व का अनुकूलन किया जाना चाहिए, क्योंकि यह मछलियों की वृद्धि और उत्तरजीविता को अनुकूलित करने वाले महत्वपूर्ण कारकों में से एक है।

आर.ए.एस. आधारित प्रणालियों में भंडारण घनत्व के प्रभाव को समझने के लिए, सिंघी मछलियों को तीन अलग–अलग घनत्वों, अर्थात् 200 मछली m^{-3} 250 मछली m^{-3} और 300 मछली m^{-3} में संग्रहित किया गया था। वृद्धि प्रदर्शन के परिणामों ने भंडारण घनत्व में वृद्धि के साथ गिरावट का रुझान दर्शाया, जिसमें सर्वाधिक भार वृद्धि T200 समूह में और न्यूनतम T300 में दर्ज की गई। इसी प्रकार, एफ.सी.आर. (FCR) और ए.डी.जी. (ADG) के मान T200 समूह में उच्चतम पाए गए। यह परिणाम अत्यधिक भीड़ के कारण होने वाले तनाव और प्रयोगात्मक जीवों के संबंधित शारीरिक परिवर्तनों से जुड़ा हो सकता है। भंडारण घनत्व से संबंधित इसी तरह की वृद्धि मंदता , तांबाकी , आयु और टाइगर पफर में भी देखी गई है। हालांकि, भंडारण घनत्व में वृद्धि ने मछलियों की उत्तरजीविता को प्रभावित नहीं किया, जो इस प्रणाली में चयनित प्रजाति की उपयुक्तता के साथ–साथ बेहतर जल गुणवत्ता प्रबंधन को भी दर्शाता है। सघन मत्स्य पालन प्रणालियों में, मछलियों की पोषण संबंधी मांग को बनाए रखने में मत्स्य आहार एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। संतुलित पोषण मछलियों के समग्र विकास में सहायक होता है, जिससे एक निश्चित समय सीमा के भीतर वांछित परिणाम प्राप्त होते हैं। इस प्रयोग में, मछलियों को 40% कच्चे प्रोटीन और 10% लिपिड युक्त व्यावसायिक आहार दिया गया था, जो ग्रो–आउट कल्चर के लिए आदर्श है। आहार रूपांतरण अनुपात (FCR), प्रोटीन दक्षता अनुपात और आहार दक्षता अनुपात की बेहतर प्रतिक्रिया कम घनत्व (T200) पर स्पष्ट थी, जो घनत्व बढ़ने के साथ घटती गई। भंडारण घनत्व में वृद्धि से मछलियों के बीच भोजन के लिए प्रतिस्पर्धा बढ़ सकती है, जिससे पाचन प्रक्रिया बाधित होती है और अंततः वृद्धि में कमी आती है।

आर.ए.एस. में संवर्धित सिंघी कैटफिश के संपूर्ण शारीरिक संरचना में प्रोटीन, लिपिड और राख की मात्रा में कोई महत्वपूर्ण अंतर नहीं देखा गया, जो यह दर्शाता है कि उच्च घनत्व पर भी मछलियां अच्छी तरह से पोषित थीं। उच्च भंडारण घनत्व

मछलियों के पोषक तत्वों की संरचना को प्रभावित कर सकता है, जिससे अत्यधिक भीड़ के तनाव के कारण शरीर की लिपिड सामग्री और विकास में कमी आ सकती है। मछलियों में प्रोटीन का स्तर कभी–कभी भंडारण घनत्व पर निर्भर करता है, जो प्रजाति और उसके आहार के आधार पर बढ़ सकता है या स्थिर रह सकता है। इसके विपरीत, कम घनत्व मांसपेशियों में उच्च लिपिड संचय और बेहतर विकास प्रदर्शन से संबंधित होता है। उच्च भंडारण घनत्व तनाव बढ़ाकर पोषक तत्वों की संरचना पर प्रतिकूल प्रभाव डाल सकता है, जो लिपिड चयापचय को बाधित कर सकता है और वसा की मात्रा में कमी ला सकता है। सभी उपचारों में सांख्यिकीय रूप से समान प्रॉक्सिमेट कंटेंट बेहतर संवर्धन वातावरण, कुशल जल परिसंचरण और संपूर्ण प्रणाली में समान जल गुणवत्ता का परिणाम हो सकता है।

सघन जलीय कृषि प्रणालियों में जल की गुणवत्ता एक अत्यंत महत्वपूर्ण कारक है, क्योंकि इसमें होने वाले अचानक उतार–चढ़ाव मछलियों की मृत्यु दर में वृद्धि और किसानों को भारी आर्थिक हानि पहुँचा सकते हैं। प्रयोग के दौरान, जल का तापमान 28°C ls 33°C, pH 7.6 से 8.4, कुल अमोनिया, नाइट्राइट और नाइट्रेट की सांद्रता क्रमशः 0.00 से 0.01 mg/L और 0.01 mg/L दर्ज की गई। चक्रवर्ती और मिर्जा (49) के अनुसार, यह मान सघन प्रणालियों में सिंघी कैटफिश के पालन के लिए पूरी तरह अनुकूल हैं।

RAS आधारित संस्कृति प्रणाली की आर्थिक क्षमता को समझने में आर्थिक सूचकांक सहायक होते हैं। परिचालन लागत में मुख्य योगदान आहार और बीज का होता है। कुल निवेश में आहार और बीज की हिस्सेदारी क्रमशः 13.3–18.4% और 17.7–23% रहती है। मुगवान्या एवं अन्य (17) के शोध के अनुरूप, इस प्रयोग में भी स्टॉकिंग घनत्व बढ़ने के साथ आहार और बीज की लागत में वृद्धि देखी गई।

यद्यपि विभिन्न उपचारों के बीच के मान सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण नहीं थे, फिर भी सर्वाधिक राजस्व Rs 16619.71 ± 1733.14 T300 समूह से प्राप्त हुआ। इसी समूह (T300) ने सर्वाधिक वार्षिक शुद्ध लाभ Rs 83098.56 ± 8665.70 भी अर्जित किया, जो प्रणाली की आर्थिक दक्षता और उत्पादकता को सिद्ध करता है। सिंह और गुलाटी[32] ने कम लागत वाली RAS आधारित सिंघी नर्सरी यूनिट से Rs. 14040.00 का नेट रेवेन्यू बताया। T300 में दर्ज 1.30 का उच्चतम लाभ–लागत अनुपात (B–C ratio) ससमल एवं अन्य (40) द्वारा बताए गए परिणामों के समान है।

जलीय कृषि प्रणाली की जल उपयोग दक्षता को समझने के लिए जल उत्पादकता सूचकांकों का विश्लेषण किया गया। TWU अध्ययन के लिए आवश्यक कुल जल का सूचक है। CWU पानी के आदान–प्रदान के दौरान होने वाली कमी को पूरा करने के लिए पुनरू भरे गए जल की मात्रा को दर्शाता है। अध्ययन के अनुसार, RAS में सिंघी लार्वा के एक पालन चक्र के लिए लगभग 42,990 लीटर पानी की आवश्यकता होती है। T250 समूह में उच्चतम उत्तरजीविता दर्ज की गई, जिससे उच्चतम ॅन्प् प्राप्त हुआ। आंकड़ों के अनुसार, RAS में एक सिंघी फ्राई (fry) के पालन के लिए लगभग 8.2 लीटर पानी की आवश्यकता होती है। 250mKg m^{-3} के स्टॉकिंग घनत्व पर, 1000 लीटर पानी से अधिकतम 2.78 किलोग्राम मछली का उत्पादन किया जा सकता है।

निष्कर्ष

आधुनिक और संधारणीय जलीय कृषि में मछलियों की वृद्धि, उत्तरजीविता और समग्र स्वास्थ्य को बनाए रखना एक प्रमुख चुनौती है। सघन प्रणालियों के लिए प्रजाति–विशिष्ट स्टॉकिंग घनत्व का अनुकूलन अनिवार्य है। यह शोध सिंघी के इष्टतम स्टॉकिंग घनत्व का आकलन करने पर केंद्रित था। शोध के निष्कर्षों से स्पष्ट होता है कि 250/m^3 का स्टॉकिंग घनत्व RAS आधारित प्रणाली में H- विपसपे के विकास प्रदर्शन, उत्तरजीविता और आर्थिक व्यवहार्यता में उल्लेखनीय सुधार करता है।

लेखक योगदान विवरण

मो. अखलाकुर (Md Aklakur): पांडुलिपि प्रारूपण (Drafting), पर्यवेक्षण (Supervision), परिकल्पना (Conceptualization), परीक्षण निष्पादन (Execution of trial), और कार्यप्रणाली (Methodology)। मो. इमरान शाह, (Md Imran Shah) जांच (Investigation), औपचारिक विश्लेषण (Formal analysis), कार्यप्रणाली (Methodology), और सॉफ्टवेयर विश्लेषण (Software analysis)। उदीप्ता रॉय (Udipta Roy): पांडुलिपि प्रारूपण (Drafting), कार्यप्रणाली (Methodology), और आर्थिक विश्लेषण (Economics analysis)। आशुतोष डी. देव (Ashutosh D Deo): समीक्षा एवं संपादन (Reviewing – editing)।

आभार

लेखक गण भा.कृ.अनु.प.–सीफे (ICAR–CIFE), मुंबई के निदेशक एवं कुलपति के प्रति आभार व्यक्त करते हैं, जिन्होंने इस शोध कार्य को समय पर पूरा करने हेतु आर.आर.टी.सी. (RRTC), मोतीपुर, भा.कृ.अनु.प.–सीफे में निरंतर सुविधाएँ और सहयोग प्रदान किया।

एक ऐसी स्थिति जिसमें सरकारी अधिकारी का निर्णय उसकी व्यक्तिगत रूचि से प्रभावित हो

लेखक यह घोषित करते हैं कि लेखकों के बीच या वर्तमान कार्य से संबंधित किसी भी पक्ष के साथ कोई वैचारिक या वित्तीय हितों का टकराव नहीं है।

वित्त पोषण के स्रोत

यह शोध कार्य "क्षेत्र में सिंघी मछली पालन के लिए रिसर्कुलेटरी जलीय कृषि प्रणाली (RAS) की प्रौद्योगिकी का प्रदर्शन एवं उद्यमिता विकास" नामक परियोजना के अंतर्गत संचालित किया गया था, जो राष्ट्रीय मात्स्यिकी विकास बोर्ड (NFDB) द्वारा वित्तपोषित है।

नैतिक वक्तव्य

पशुओं के प्रति क्रूरता निवारण अधिनियम, 1960 के अनुसार सभी प्रक्रियाएँ संचालित की गईं, जो सी.पी.सी.एस.ई.ए. (CPCSEA) द्वारा अनुमोदित हैं। यह शोध संस्थान (भा.कृ.अनु.प.–सीफे) के पंजीकरण संख्या 524/GO/Re/S/02/CPCSEA के तहत संपन्न हुआ। शोध के दौरान प्रमाणपत्र में अनुशंसित सभी नियमों और विनियमों का पालन किया गया है। अध्ययन की रिपोर्टिंग में ।त्प्टम् दिशानिर्देशों का पूर्णतः पालन किया गया है।

डेटा की उपलब्धता

वर्तमान अध्ययन के दौरान उत्पन्न या विश्लेषण किए गए डेटासेट सार्वजनिक रूप से उपलब्ध नहीं हैं, क्योंकि यह शोध भा.कृ.अनु.प.–सीफे, आर.आर.टी.सी. मोतीपुर के माध्यम से एक सरकारी निकाय, कमर्शियल बायोफ्लॉक फिश फार्म के तहत संचालित किया गया है। यह सरकारी निकाय सार्वजनिक मंचों पर कच्चा डेटा साझा नहीं करता है, हालांकि, उचित और वैध अनुरोध पर संबंधित लेखक से इसे प्राप्त किया जा सकता है।

कृत्रिम बुद्धिमत्ता

लेखक द्वारा यह घोषित करते हैं कि इस पाण्डुलिपि के लेखन या संपादन के दौरान किसी भी जनरेटिव एआई (AI) तकनीक

जैसे लार्ज लैंग्वेज मॉडल (ChatGPT, आदि) या टेक्स्ट जनरेटर का उपयोग नहीं किया गया है।

संदर्भ

1. बंटिंग, एस. डब्ल्यू., सस्टेनेबल एक्वाकल्चर के सिद्धांत: सामाजिक, आर्थिक और पर्यावरणीय लचीलेपन को बढ़ावा देना। 2024, रूटलेज। https://doi.org/10.4324/9781003342823.
2. गेफार्ट, जे. ए., गोल्डन, सी. डी., एशे, एफ., बेल्टन, बी., ब्रूगेरे, सी., फ्रोएलिच, एच. ई., और एलिसन, ई. एच., वैश्विक एक्वाकल्चर के लिए परिदृश्य और मानव पोषण में इसकी भूमिका। रिव्यूज इन फिशरीज साइंस एंड एक्वाकल्चर, 2020, 29(1), 122–138. https://doi.org/10.1080/23308249.2020.1782342.
3. हेनरिकसन, पी. जे. जी., ट्रोएल, एम., बैंक्स, एल. के., बेल्टन, बी., बेवरिज, एम. सी. एम., क्लिंगर, डी. एच., और ट्रान, एन., भविष्य की खाद्य सुरक्षा के लिए वैश्विक एक्वाकल्चर की उत्पादकता और पर्यावरणीय प्रदर्शन में सुधार के लिए हस्तक्षेप। वन अर्थ, 2021, 4(9), 1220–1232. https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.08.009.
4. दास, एस. के., मंडल, ए., और खैरनार, एस. ओ., बदलते पर्यावरण में एक्वाकल्चर संसाधन और प्रथाएं। सस्टेनेबल एग्रीकल्चर सिस्टम्स एंड टेक्नोलॉजीज, 2022, 169–199. https://doi.org/10.1002/9781119808565.ch8.
5. आइच, एन., नामा, एस., बिस्वाल, ए. और पॉल, टी., रीसर्कुलेटिंग एक्वाकल्चर सिस्टम पर एक समीक्षा: स्थायी एक्वाकल्चर के लिए चुनौतियाँ और अवसर। इनोवेटिव फार्मिंग, 2020, 5(1), पृ.17–24.
6. उदयकुमार R, कादिरोव I, रजबोवा, D, फल्लाह M H., टर्सुनोव M, और मसालीवा O, रीसर्कुलेटिंग एक्वाकल्चर सिस्टम (RAS) में पानी की गुणवत्ता प्रबंधन के लिए एक सिस्टम डायनामिक्स मॉडल। नेचुरल एंड इंजीनियरिंग साइंसेज, 2025, 10(2), 434–446. https://doi.org/10.28978/nesciences.1763840.
7. गुप्ता S, मैक्रिडिस P, हेनरी I, वेले–जॉर्ज M., रिबिकिक D, भटनागर A, ... और नेटज़र, R, रीसर्कुलेटिंग एक्वाकल्चर सिस्टम में हाल के विकास: एक समीक्षा। एक्वाकल्चर रिसर्च, 2024, (1), 6096671. https://doi.org/10.1155/are/6096671.
8. सुगांडी, ।. ज्ञ., एक्वाकल्चर, 2024. यावमन बुक पब्लिशिंग हाउस। https://www-google-co-in/books/edition/AQUACULTURE/ayZEEQAAQBAJ?hl=en–gbpv=0–kptab=overview.
9. अरीफा, बेगम, MK, लालोन, RM, आलम, AS, और रहमान, डै.., बांग्लादेश में रीसर्कुलेटिंग एक्वाकल्चर सिस्टम (RAS) में पाबदा और स्टिंगिंग कैटफ़िश पालन की आर्थिक व्यवहार्यता। एक्वाकल्चर इंटरनेशनल, 2022, 30(1), c445–465. https://doi.org/10.1007/s10499–021–00807–1.
10. बैरवा, एम. के., स्वैन, एस. के., पिल्लई, बी. आर., प्रकाश, बी., ऐल, एस. के., और फ़ेरोज़खान, एस., पंजाब, भारत में एक्वाकल्चर की वर्तमान स्थिति और भविष्य की संभावनाएं: नीली क्रांति की दिशा में एक कदम। जे. इनलैंड फिश. सोक. इंडिया, 2023, 55(1), 43–54. http://dx.doi.org/10-47780/jifsi.55.1.2023.141456.
11. दास, पी. सी., मंडल, एस., और मंडल, बी., बायोफ्लॉक सिस्टम में एशियाई कांटेदार कैटफ़िश हेटेरोपनिस्टेस फॉसिलिस (ब्लोच, 1794) की गहन खेती: मीठे पानी के संरक्षण की दिशा में एक प्रयास। इंटरनेशनल जर्नल ऑफ़ फिशरीज़ एंड एक्वाटिक स्टडीज़, 2021, 9(3), 194–199. https://doi.org/10.22271/fish.2021.v9.i3c.2480.
12. श्रीविद्या, सी. पी., वी, ए., टीएम, एम. के., एमए, ए., अलियास, ए. टी., सरसन, एम., और पुथुमाना, जे., एक्वाकल्चर में लाइव फ़ीड उत्पादन के लिए एक रीसर्कुलेटिंग एक्वाकल्चर सिस्टम (RAS) का डिज़ाइन और ऑप्टिमाइज़ेशन: डैफ़निया मैग्ना का उपयोग करके एक केस स्टडी। एक्वाकल्चर इंटरनेशनल, 2025, 33(3), 217. https://doi.org/10.1007/s10499–025–0189351-
13. मिहाली–कर्नाई, एल., फ़ेहेर, एम., बारसोनी, पी., स्ज़ुक्स, आई., मिहाली, टी., फ़रोना, डी., और स्ज़ोलोसी, एल., गहन एक्वाकल्चर में स्थिरता—एक हंगेरियन केस स्टडी के आधार पर रीसर्कुलेटिंग एक्वाकल्चर सिस्टम में कॉमन कार्प (साइप्रिनस कार्पियो) उत्पादन की लाभप्रदता। एनिमल्स, 2025, 15(7), 1055. https://doi.org/10-3390/ani15071055.
14. ली, एल., शेन, वाई., यांग, डब्ल्यू., जू, एक्स., और ली, जे., अलग–अलग स्टॉक घनत्व का मछली के विकास प्रदर्शन पर प्रभाव: एक मेटा–विश्लेषण। एक्वाकल्चर, 2021, 544, 737152. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737152.
15. मैथियास, बी. जी., आहरेंस, आर. एन., एलन, एम. एस., ट्यूटन, टी., साइडर्स, जेड. ए., और विल्सन, के. एल., मछली के विकास की प्रक्रिया पर घनत्व और पर्यावरणीय परिवर्तनशीलता के प्रभावों को समझना। फिशरीज रिसर्च, 2018, 198, 209–219. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.08.018.
16. भुजेल, आर. सी., तिलापिया पालन प्रणालियाँ। तिलापिया: एक्वाकल्चर, बायोलॉजी और स्वास्थ्य प्रबंधन में, 2025, 127–175. GB: CABI. https://doi.org/10.1079/9781800629455.0004.
17. मुगवान्या, एम., दाऊद, एम.ए., किमेरा, एफ. और सेविलाम, एच., रीसर्कुलेटिंग एक्वाकल्चर सिस्टम पर एक समीक्षा: मछली और क्रस्टेशियन व्यवहार, विकास प्रदर्शन और प्रतिरक्षा पर स्टॉक घनत्व का प्रभाव। एनल्स ऑफ एनिमल साइंस, 2022, 22, पृ.873. https://doi.org/10.2478/aoas–2022–0014.
18. झांग, वाई., लुओ, वाई., हुआंग, के., लियू, क्यू., फू, सी., पैंग, एक्स., और फू, एस., मीठे पानी की मछली प्रजातियों में आवास के साथ तैरने के प्रदर्शन और तनाव सहनशीलता पर पाचन की बाधाएं बदलती रहती हैं। इंटीग्रेटिव जूलॉजी, 2025, 20(1), 88–107. https://doi.org/10.1111/1749–4877.12807.
19. एंगल, सी. आर., एक एक्वाकल्चर व्यवसाय की लाभप्रदता का निर्धारण: आय विवरण और उद्यम बजट का उपयोग करना। स्टोनविले, एमएस: दक्षिणी क्षेत्रीय एक्वाकल्चर केंद्र, 2012. https://agrilife.org/fisheries/files/2013/09/SRAC–Publication–No.–4402–Determining–the–Profitability–of–an–Aquaculture–Business–Using–Income–Statements–and–Enterprise–Budgets.pdf.
20. दुआराह, जे.पी. और मॉल, एम., स्थायी आजीविका के लिए विविध मछली पालन: असम, भारत के कछार जिले में छोटे और सीमांत मछली किसानों पर एक केस–आधारित अध्ययन। एक्वाकल्चर, 2020, 529, 735569. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735569.

21. साहा, पी., हुसैन, एम.ई., प्रधान, एम.एम.एच., रहमान, एम.टी., नीलसन, एम. और खान, एम.ए., एक्वाकल्चर खेती की लाभ और हानि की गतिशीलता। एक्वाकल्चर, 2022, 561, पृ. 738619. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738619.
22. अहमद, एम. टी., सिद्दीकी, एम.ए.बी., अख्तर, एस., नाहिदुज्जमां, एम., रहमान, एम.एच. और हक, एम.ए., 2023. घर के तालाब में कांटेदार कैटफ़िश हेटेरोपेन्यूस्टेस फॉसिलिस की खेती की उपयुक्तता: उपयुक्त स्टॉकिंग आकार का चयन। आर्काइव्स ऑफ़ एग्रीकल्चर एंड एनवायरनमेंटल साइंस, 2023, 8(3), पृ.319324. https://doi.org/10.26832/24566632.2023.080307.
23. शम्सुद्दीन, एम., हुसैन, एम.बी., रहमान, एम., कावला, एम.एस., शुफोल, एम.बी.ए., राशिद, एम.एम., असदुज्जमान, एम. और रकीब, एम.आर.जे., बांग्लादेश में हेटेरोपनिस्टेस फॉसिलिस (ब्लोच) की खेती के लिए बायोफ्लॉक टेक्नोलॉजी का एप्लीकेशन: स्टॉकिंग डेंसिटी, फ्लॉक वॉल्यूम, ग्रोथ परफॉर्मेंस, और प्रॉफिटेबिलिटी। एक्वाकल्चर इंटरनेशनल, 2022, 30(2), pp.1047–1070. https://doi.org/10.1007/s10499–022–00849–z.
24. स्वैन, एच. एस., बानू, एच., वेलमणि, वी. और दास, पी.सी., माइक्रोब–ड्रिवन फार्मिंग सिस्टम लेबियो रोहिता (हैमिल्टन, 1822) की सस्टेनेबल हाई–डेंसिटी नर्सरी रियरिंग में प्रोडक्शन, पानी की खपत की एफिशिएंसी और इकोनॉमिक रिटर्न को बढ़ाता है। एक्वाकल्चर इंटरनेशनल, 2025, 33(5), p.317. https://doi.org/10.1007/s10499–025–02004–w.
25. अनुजा, ए. आर., विपिनकुमार, वी.पी. और रेशमा गिल्स, जे. बी., खेती के ऑपरेशन्स की प्रॉफिटेबिलिटी का आकलन करने के लिए प्रमुख आर्थिक संकेतक एक प्रैक्टिकल अप्रोच। पर साइंस कैंप मैनुअल: केरल एग्रीकल्चरल यूनिवर्सिटी के ठैब (एग्री) स्टूडेंट्स के लिए फील्ड–टू–लैब नॉलेज पाथवे, 2025, 159. https://eprints.cmfri.org.in/18804/.
26. बॉयड, सी.ई., टकर, सी., मैकनेविन, ए., बॉस्टिक, के. और क्ले, जे., 2007. मछली और क्रस्टेशियन एक्वाकल्चर में संसाधन उपयोग दक्षता और पर्यावरणीय प्रदर्शन के संकेतक। रिव्यूज इन फिशरीज साइंस, 2007, 15(4), चच. 327–360. https://doi.org/10.1080/10641260701624177.
27. दासगुप्ता, एस., पांडे, बी.के., सारंगी, एन. और मुखोपाध्याय, पी.के., 2008. सीवेज–फेड बनाम फर्टिलाइजर आधारित कार्प कल्चर में जल उत्पादकता और मछली उपज का मूल्यांकन। बायोसोर्स टेक्नोलॉजी, 2008, 99(9), pp.3499–3506. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.07.054.
28. फेरोसेखान, एस., वेलमुरुगन, पी., राधाकृष्णन, के., कांबले, एस.पी., बैरवा, एम.के., साहू, एस.के. और दास, पी.सी., एशियाई कैटफ़िश, क्लेरियस मैगुर के हैचलिंग, फ्राई और फिंगरलिंग के उत्पादन के लिए जल बजट। एक्वाकल्चर, 2024, 583, 740620. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.740620.
29. रौतारे, एस. के., सिन्हाबाबू, डी.पी., दास, पी.सी. और कालेधोंकर, एम. जे., एकीकृत फसल–मछली खेती प्रणाली बाढ़ संभावित निचले इलाकों में भूमि और जल उत्पादकता में सुधार करती है। एग्रीकल्चर बायोसाइंस, 2025, 6(1), च. 0015. https://doi.org/10.1079/ab.2025.0015.
30. बोस्टॉक, जे., मैकएंड्रयू, बी., रिचर्ड्स, आर., जॉन्सी, के., टेल्फर, टी., लोरेंजेन, के., लिटिल, डी., रॉस, एल., हैंडसाइड, एन., गैटवर्ड, आई. और कॉर्नर, आर., एक्वाकल्चर: वैश्विक स्थिति और रुझान। फिलोसोफिकल ट्रांजैक्शन ऑफ द रॉयल सोसाइटी बीरू बायोलॉजिकल साइंसेज, 2010, 365(1554), पृ.2897–2912। https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0170.
31. एटवुड, एस.जे., पार्क, एस., लूस, जे., फिलिप्स, एम., मिल्स, डी. और मैकडॉगल, सी., क्या सतत गहनता जलीय कृषि प्रणाली पर निर्भर समुदायों के लिए बेहतर खाद्य सुरक्षा का मार्ग प्रदान करती है? छोटे किसानों की कृषि में सतत गहनता में, 2017, 71–87। रूटलेज। https://doi.org/10.4324/9781315618791.
32. सिंह, पी. और गुलाटी, आर., हरियाणा की उन्नत और कम लागत वाली रीसर्कुलेटरी एक्वाकल्चर सिस्टम (RAS) के तहत सिंघी (Heteropneustes fossilis) की उत्पादन लागत और उत्पादकता विश्लेषण। एग्रो इकोनॉमिस्ट – एक अंतर्राष्ट्रीय जर्नल, 2023, 10(03), 251–258। https://doi.org/10.30954/2394-8159.03.2023.8.
33. ऑरा, सी.एम., अवांडू, एच., म्ज़िरी, वी., अवुओर, एफ., न्यामवेया, सी.एस. और मूसा, एस., झील पिंजरा एक्वाकल्चर में मछली की पैदावार बढ़ाने के लिए स्टॉकिंग घनत्व का अनुकूलन। साइंटिफिक अफ्रीकन, 2025, 28, पृ.e02721। https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2025.e02721.
34. रुआन, एन.एम., कार्बेलो, ई.सी. और कोमेन, जे., बढ़ी हुई स्टॉक घनत्व कॉमन कार्प साइप्रिनस कार्पियो (एल.) की तीव्र शारीरिक तनाव प्रतिक्रिया को प्रभावित करती है। एक्वाकल्चर रिसर्च, 2002, 33(10), 777–784। https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2002.00717.x.
35. ट्रेंज़ाडो, सी.ई., मोरालेस, ए.ई. और डे ला हिगुएरा, एम., रेनबो ट्राउट, ओनकोरहिन्चस माइकिस में भीड़भाड़ के शारीरिक प्रभाव, जिन्हें कम और उच्च तनाव प्रतिक्रिया के लिए चुना गया है। एक्वाकल्चर, 2006, 258(1–4), पीपी. 583–593। https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.045.
36. दा कोस्टा, ओ. टी. एफ., डायस, एल. सी., माल्मन, सी. एस. वाई., डी लीमा फरेरा, सी. ए., डो कार्मो, आई. बी., विस्चेन्स्की, ए. जी., और डॉस–सैंटोस, एम. सी., ब्राजील में पाले गए किशोर ताम्बाकी (कोलोसोमा मैक्रोपोमम) के हेमेटोलॉजी, प्लाज्मा प्रोटीन प्रोफाइल और इम्यूनोग्लोबुलिन उत्पादन पर स्टॉक घनत्व के प्रभाव। एक्वाकल्चर, 2019, 499, 260–268। https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.09.040.
37. इगुची के, ओगावा के, नागे एम, इटो एफ., पालन घनत्व का आयु (प्लेकोग्लोसस अल्टिवेलिस) की तनाव प्रतिक्रिया और रोग संवेदनशीलता पर प्रभाव। एक्वाकल्चर, 2003, 220, 515–523। https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00626-9.
38. किकुची, के., इवाटा, एन., कावाबाटा, टी., और यानागावा, टी., टाइगर पफर, टैकिफुगु रूब्रिप्स की ग्रोथ पर फीडिंग फ्रीक्वेंसी, पानी के तापमान और स्टॉकिंग डेंसिटी का प्रभाव। जर्नल ऑफ़ द वर्ल्ड एक्वाकल्चर सोसाइटी, 2006, 37(1), 12–20. https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2006.00002.x.
39. रहमान, एम.ए., माजिद, एम.ए., रहमान, एम.आर., खान, एम. एन., हुसैन, एम.ए. और हुसैन, एम.जी., नर्सरी तालाबों में गंभीर रूप से लुप्तप्राय महासीर, टोर पुटिटोरा (हैमिल्टन) के जीवित रहने और विकास पर स्टॉकिंग घनत्व का प्रभाव। एक्वाकल्चर, 2005, 249(1–4), पृ.275–284. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.04.040.
40. ससमल, एस., दास, डी. और रॉय, जी., ताजे पानी के बायोफ्लॉक एक्वाकल्चर सिस्टम में सिंघी (हेटेरोपनिस्टेस

फॉसिलिस) के उत्पादन पर अध्ययन। पर्यावरण और पारिस्थितिकी, 2024, 42(4।), पृ.1790–1792. https://doi.org/10.60151/envec/IIIE5055.
41. ल्यू, जी., ये, जेड., ल्यू, डी., झाओ, जे., शिवरामसामी, ई., डेंग, वाई. और झू, एस., बायोफ्लॉक सिस्टम में ओरेओक्रोमिस निलोटिकस फिंगरलिंग्स की ग्रोथ, डाइजेस्टिव एंजाइम एक्टिविटी, इम्यून रिस्पॉन्स, एंटीऑक्सीडेंट पर स्टॉक घनत्व का प्रभाव। फिश एंड शेलफिश इम्यूनोलॉजी, 2018, 81, 416–422. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.07.047.
42. ली, जेड., गाओ, क्यू., डोंग, एस., डोंग, के., जू, वाई., मेई, वाई. और होउ, जेड., 2024. समुद्री खेती में उच्च स्टॉक घनत्व से होने वाले क्रोनिक तनाव के प्रभाव: रेनबो ट्राउट (ओन्कोरहिंकस माइकिस) के विकास प्रदर्शन और लिपिड मेटाबॉलिज्म का मूल्यांकन। बायोलॉजी, 2024, 13(4), 263. https://doi.org/10.3390/biology13040263.
43. कोस्टास, बी., अरागोन, सी., डायस, जे., अफोंसो, ए. और कॉन्सेइकाओ, एल.ई., 2013. उच्च गुणवत्ता वाले प्रोटीन आहार और उच्च स्टॉक घनत्व के सेनेगल के तनाव प्रतिक्रिया और कुछ जन्मजात प्रतिरक्षा मापदंडों पर इंटरैक्टिव प्रभाव सोल सोलेआ सेनेगलेंसिस। फिश फिजियोलॉजी एंड बायोकेमिस्ट्री, 2013, 39(5), पृ. 1141–1151. https://doi.org/10.1007/s10695-013-9770-1
44. टोलुसी, सी.ई., हिल्स्डॉर्फ, ए. डब्ल्यू. एस., कैनेपेले, डी. और मोरेरा, आर.जी., लुप्तप्राय टेलीओस्ट प्रजाति पियाबन्हा, ब्रायकॉन इनसिग्निस (स्टिंडाचनर, 1877) के शारीरिक मापदंडों और विकास पर स्टॉकिंग घनत्व के प्रभाव। एक्वाकल्चर, 2018, 310(1–2), pp.221–228. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.10.007.
45. fजिया, आर., वांग, एल., होउ, वाई., फेंग, डब्ल्यू., ली, बी. और झू, जे., एकीकृत चावल–मछली खेती प्रणालियों में माइक्रोप्टेरस सैल्मोइड्स के विकास प्रदर्शन, शारीरिक मापदंडों, रेडॉक्स स्थिति और लिपिड चयापचय पर स्टॉकिंग घनत्व के प्रभाव। एंटीऑक्सिडेंट, 2022, 11(7), च.1215. https://doi.org/10.3390/antiox11071215.
46. डियाओ, डब्ल्यू., जिया, आर., होउ, वाई., डोंग, वाई., ली, बी. और झू, जे., एकीकृत चावल–मछली खेती प्रणाली में पेल्टियोबैग्रस फुलविड्रेको के विकास प्रदर्शन, शारीरिक मापदंडों, एंटीऑक्सीडेंट स्थिति और लिपिड चयापचय पर स्टॉकिंग घनत्व के प्रभाव। एनिमल्स, 2013, 13(11), च.1721. https://doi.org/10.3390/ani13111721.
47. दत्ता, एस., 2012. गहन जलीय कृषि में जल गुणवत्ता का प्रबंधन। रेस्पिरेशन, 6(602), चच.1–18.
48. बॉयड, सी.ई., तालाबों में जल गुणवत्ता और जलीय कृषि प्रदर्शन के बीच सामान्य संबंध। मछली रोग, 2017, 147–166)। एकेडमिक प्रेस। https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804564-0.00006-5.
49. चक्रवर्ती, बी.के. और मिर्ज़ा, एम.जे.ए., अर्ध–गहन जलीय कृषि के तहत संकटग्रस्त सिंघी, हेटेरोपनिस्टेस फॉसिलिस (ब्लोच) का विकास और उपज प्रदर्शन। जे. फिश. सोक. ताइवान, 2008, 35(2), पृ.117–125. https://www.researchgate.net/profile/BinayChakraborty/publication/270116277_Growth_and_Yield_Performance_of_Chingi_Heteropneustes_fossilis_and_Koi_Anabas_testudineus_in_Bangladesh_under_SemiIntensive_Culture_Systems/links/5ee8cc4ca6fdcc73be7fde42/Growth-and-Yield-Performance-of_Chingi_Heteropneustes_fossilis_and_Koi_Anabas_testudineus_in_Bangladesh_under_Semi-Intensive_Culture_Systems.pdf.
50. वैलेंटी, डब्ल्यू.सी., किमपारा, जे.एम., प्रेटो, बी.डी.एल. और मोरेस–वैलेंटी, पी., जलीय कृषि प्रणालियों का आकलन करने के लिए स्थिरता के संकेतक। पारिस्थितिक संकेतक, 2018, 88, पृ.402–413. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.068.
51. वर्डेगेम, एम., बुशमैन, ए.एच., लैट, यू.डब्ल्यू., डाल्सगार्ड, ए.जे. और लोवाटेली, ए., वैश्विक जलीय कृषि उत्पादन में जलीय कृषि प्रणालियों का योगदान। जर्नल ऑफ़ द वर्ल्ड एक्वाकल्चर सोसाइटी, 2023, 54(2), पृ.206–250. https://doi.org/10.1111/jwas.12963.
52. होहंती, आर.के., अंबास्ट, एस.के., पाणिग्रही, पी. और मंडल, के.जी., जल गुणवत्ता उपयुक्तता और जल उपयोग सूचकांक: लिटोपेनियस वन्नामेई की तटीय जलीय कृषि में उपयोगी प्रबंधन उपकरण। एक्वाकल्चर, 2018, 485, pp.210–219. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.11.048.
53. दास, पी.सी., नायक, ए., सरकार, एस., चौधरी, पी., कुमारी, आर. और मोहंती, एस., बायोफ्लॉक सिस्टम में हाई–डेंसिटी फिंगरलिंग पालन के दौरान पेंगबा (ओस्टियोब्रामा बेलंगेरी) का विकास प्रदर्शन और इम्यून रिस्पॉन्स। एक्वाकल्चर रिसर्च, 2022, 53(17), 6378–6388. https://doi.org/10.1111/are.16111.
54. काओ, एक्स.सी., वू, पी.टी., वांग, वाई.बी. और झाओ, एक्स. एन., वाटर फुटप्रिंट और कुल पानी के उपयोग के दृष्टिकोण से चीन में गेहूं उत्पादन में नीले और हरे पानी के उपयोग का मूल्यांकन। हाइड्रोलॉजी एंड अर्थ सिस्टम साइंसेज, 2014, 18(8), pp.3165–3178. https://doi.org/10.5194/hess-18-3165-2014.