शोध उत्कर्ष Shodh Utkarsh Online Available at https:// www.shodhutkarsh.com ISSN-2993-4648
वर्ष - 03 अंक– 10 अप्रैल - जून -2025 Impact factor– 03

वर्तमान समय में रेशम कीट उद्योग में बोम्बईक्स मोरी (Bombyx mori) का आर्थिक एवं औषधीय उपयोग और महत्व

डॉ. मदन सिंह वास्केल
सहायक प्राध्यापक – प्राणीशास्त्र
भेरूलाल पाटीदार शासकीय स्नातकोत्तर महाविद्यालय, महू-इंदौर (म.प्र.)

सारांश- वर्तमान युग में रेशम कीट पालन (सेरिकल्चर) केवल पारंपरिक वस्त्र निर्माण तक सीमित नहीं रह गया है, बल्कि यह एक बहुआयामी वैज्ञानिक उद्योग के रूप में विकसित हो चुका है। इस शोध-पत्र का मुख्य उद्देश्य डॉ. मदन सिंह वास्केल के अकादमिक दृष्टिकोण एवं भेरूलाल पाटीदार शासकीय स्नातकोत्तर महाविद्यालय महू (इंदौर) के प्राणीशास्त्र विभाग के संदर्भ में **बोम्बईक्स मोरी** (Bombyx mori) के आर्थिक और औषधीय महत्व का विस्तृत मूल्यांकन करना है। रेशम फाइब्रोइन (रेशम प्रोटीन) जैसे उत्पादों का चिकित्सा विज्ञान में बढ़ता उपयोग और रेशम कीटों के आनुवंशिक विकास (जैसे तेज-Z विकास) का अध्ययन इसके नए आयाम हैं, जो इसकी आर्थिक महत्ता को और अधिक बढ़ाते हैं। इसके अतिरिक्त, वैश्विक आर्थिक प्रणाली में उद्योगों की परस्पर निर्भरता के परिप्रेक्ष्य में रेशम उद्योग का विश्लेषण किया गया है ताकि इसकी स्थिरता का आकलन किया जा सके। यह शोध-पत्र नैनो-प्रौद्योगिकी और आनुवंशिक विधियों के माध्यम से रेशम कीटों में रोग प्रबंधन और उनके औषधीय उपयोग की नवीन रणनीतियों पर भी गहराई से प्रकाश डालता है।

बीज शब्द:- बोम्बईक्स मोरी, रेशम कीट पालन, सेरिकल्चर, आर्थिक महत्व, औषधीय उपयोग, रेशम फाइब्रोइन, तेज-Z विकास, सूक्ष्म-आरएनए (miRNA), नैनोसिलिका, बैक्यूलोवायरस (NPV), बायोमेडिकल अनुप्रयोग, पुनर्योजित रेशम फाइब्रोइन (RSF)

प्रस्तावना :-रेशम कीट उद्योग (सेरिकल्चर) प्राचीन काल से ही विश्व की अर्थव्यवस्था का एक महत्वपूर्ण और अभिन्न अंग रहा है। इस उद्योग में **बोम्बईक्स मोरी** (Bombyx mori) नामक रेशम कीट की प्रजाति का स्थान सर्वोच्च है, क्योंकि यह उच्च गुणवत्ता वाले रेशम उत्पादन के लिए विश्व स्तर पर सबसे अधिक उपयोग की जाने वाली प्रजाति है। चीन से शुरू होकर भारत, जापान, थाईलैंड और अन्य एशियाई देशों तक फैले इस उद्योग ने हजारों वर्षों से ग्रामीण अर्थव्यवस्था को मजबूती प्रदान की है। वर्तमान समय में वैश्वीकरण, तेज तकनीकी विकास, शहरीकरण और डिजिटलीकरण के कारण विश्वव्यापी बाजारों तथा विभिन्न उद्योगों के बीच परस्पर निर्भरता अत्यधिक बढ़ गई है। ऐसी स्थिति में किसी एक प्रमुख उद्योग या आपूर्ति श्रृंखला के पतन से पूरे आर्थिक तंत्र पर गहरा संकट आ सकता है। इस जटिल वैश्विक आर्थिक नेटवर्क में रेशम उद्योग न केवल ग्रामीण क्षेत्रों की स्थिरता सुनिश्चित करता है, बल्कि अंतरराष्ट्रीय व्यापार, निर्यात और रोजगार सृजन में भी महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाता है। आर्थिक दृष्टिकोण से देखें तो रेशम उत्पादन केवल वस्त्र उद्योग के लिए कच्चा माल उपलब्ध कराने तक सीमित नहीं है। यह लाखों सीमांत किसानों, रेशम कातने वाले श्रमिकों, वैज्ञानिकों, उद्यमियों और संबंधित उद्योगों की आजीविका का प्रमुख स्रोत है। विशेष रूप से मध्य प्रदेश जैसे राज्यों में, जहाँ कृषि-आधारित कुटीर उद्योग प्रमुख हैं, रेशम कीट पालन ग्रामीण महिलाओं और युवाओं के लिए स्वरोजगार का एक प्रभावी माध्यम सिद्ध हुआ है। शोध परिप्रेक्ष्य में इस उद्योग के स्थानीय तथा वैश्विक महत्व का आकलन करना अत्यंत प्रासंगिक हो गया है। नवीन जैव-प्रौद्योगिकी, नैनो-प्रौद्योगिकी और आनुवंशिक इंजीनियरिंग जैसी आधुनिक तकनीकों के माध्यम से इस पारंपरिक उद्योग को नई दिशा प्रदान करने की आवश्यकता है।

यद्यपि रेशम उत्पादन का आर्थिक महत्व सर्वविदित है, तथापि इसके औषधीय और जैव-चिकित्सीय (Biomedical) उपयोगों को पारंपरिक दृष्टिकोण में प्रायः नजरअंदाज किया जाता रहा है। पारंपरिक उत्पादन प्रणालियाँ मुख्यतः कोकून की मात्रा, आकार और वजन बढ़ाने पर ही केंद्रित रही हैं, जो आज के उन्नत वैज्ञानिक युग में पूरी तरह अपर्याप्त सिद्ध हो चुकी हैं।

वर्तमान पारंपरिक दृष्टिकोण निम्नलिखित दो प्रमुख कारणों से अपर्याप्त हैं: **पहला**, इनमें रेशम कीटों के सूक्ष्म-आरएनए (miRNA) के महत्व और आनुवंशिक विकास की जटिल प्रक्रियाओं को शामिल नहीं किया जाता है। ये आणविक तंत्र कीटों में बेहतर रोग प्रतिरोधक क्षमता विकसित करने, उच्च गुणवत्ता वाला रेशम फाइब्रोइन उत्पादन करने और पर्यावरणीय चुनौतियों का सामना करने के लिए अत्यंत आवश्यक हैं।

दसरा, ये दृष्टिकोण रेशम कीटों में होने वाले गंभीर वायरल संक्रमणों, विशेषकर बैक्यूलोवायरस (Nuclear Polyhedrosis Virus - NPV) के विरुद्ध उन्नत औषधीय हस्तक्षेप अपनाने में विफल रहे हैं। NPV संक्रमण अक्सर संपूर्ण कीट आबादी को नष्ट कर देता है, जिससे किसानों को भारी आर्थिक क्षति होती है।

उपर्युक्त सीमाओं को ध्यान में रखते हुए, प्रस्तुत शोध-पत्र आधुनिक विज्ञान, प्राणीशास्त्र के सिद्धांतों, आनुवंशिक प्रौद्योगिकी तथा आर्थिक नीतियों का समन्वय प्रस्तुत करता है। इस अध्ययन के प्रमुख योगदान निम्नलिखित हैं:

बोम्बईक्स मोरी के आनुवंशिक विकास (विशेषकर तेज-Z विकास) और हेक्सापॉड सूक्ष्म-आरएनए (miRNA) की भूमिका को विस्तार से स्पष्ट करना, ताकि रोग-प्रतिरोधी, अधिक उत्पादक और पर्यावरण-अनुकूल नई नस्लें विकसित की जा सकें।

रेशम कीटों में वायरल संक्रमण (विशेषकर NPV) के प्रभावी प्रबंधन के लिए सतह-कार्यात्मक नैनोसिलिका (Surface Functionalized Nanosilica) के औषधीय उपयोग को वैज्ञानिक रूप से मूल्यांकित करना तथा इसकी व्यावहारिक प्रभावशीलता और सीमाओं का आकलन करना।

संबंधित कार्य (Related Work)- रेशम कीट **बोम्बईक्स मोरी** पर किए गए पिछले अध्ययनों को उनके वैज्ञानिक दृष्टिकोण के आधार पर मुख्य रूप से तीन प्रमुख श्रेणियों में विभाजित किया जा सकता है।

पहली श्रेणी: आनुवंशिक और विकासवादी अध्ययन (Genetic and Evolutionary Studies) विकासवादी आनुवंशिकी के क्षेत्र में शोधकर्ताओं ने विस्तृत अध्ययनों के माध्यम से प्रदर्शित किया है कि **बोम्बईक्स मोरी** और इसके निकटतम संबंधी प्रजातियों (जैसे Bombyx huttoni) में Z-गुणसूत्र का विकास अन्य ऑटोसोम्स (अ-लिंग गुणसूत्रों) की तुलना में काफी अधिक तीव्र गति से होता है। इस परिघटना को 'तेज-Z विकास' (Faster-Z Evolution) कहा जाता है।

यह मुख्य रूप से सकारात्मक चयन (Positive Selection) का परिणाम है, जिसमें विषमयुग्मजी (Heterogametic) लिंग में फायदेमंद उत्परिवर्तनों को प्राथमिकता मिलती है। इस विकासवादी तंत्र से कीटों में रोग प्रतिरोधक क्षमता, पर्यावरणीय अनुकूलन और उत्पादकता में सुधार की संभावना बढ़ती है। इसके अतिरिक्त, बोम्बईक्स मोरी सहित विभिन्न हेक्सापॉड्स (Hexapods) में जीन अभिव्यक्ति को नियंत्रित करने वाले सूक्ष्म-आरएनए
(miRNAs) के संरक्षण, विकास और फाइलोजेनेटिक विश्लेषण पर भी महत्वपूर्ण शोध कार्य हुए हैं। ये miRNA जीनोमिक स्थिरता बनाए रखने और तनावपूर्ण परिस्थितियों में अनुकूलन में सहायक भूमिका निभाते हैं। इन अध्ययनों की सबसे बड़ी ताकत आणविक स्तर पर गहन समझ प्रदान करना है, लेकिन इनका सीधा औद्योगिक अनुप्रयोग अभी तक सीमित रहा है। प्रस्तुत शोध इन्हीं आनुवंशिक अंतर्दृष्टियों को व्यावहारिक रेशम कीट पालन से जोड़ने का प्रयास करता है।

दूसरी श्रेणी: औषधीय और रोग प्रबंधन रणनीतियाँ (Medicinal and Disease Management Strategies) रेशम कीट पालन में सबसे बड़ी बाधा और आर्थिक हानि का कारण बैक्यूलोवायरस (Baculovirus - NPV) का संक्रमण है। यह वायरस अक्सर कीटों की पूरी आबादी को नष्ट कर देता है, जिससे कोकून उत्पादन में भारी कमी आती है और किसानों को आर्थिक क्षति होती है।

हाल के अध्ययनों में एक नवीन और प्रभावी औषधीय दृष्टिकोण सामने आया है। सतह-कार्यात्मक नैनोसिलिका (Surface Functionalized Nanosilica) के कण (50-60 nm आकार) का उपयोग किया जाता है। ये कण संक्रमित रेशम कीटों के हेमोलिम्फ (रक्त समकक्ष द्रव) में मौजूद अतिरिक्त होस्ट लिपिड को सोख लेते हैं। इससे वायरस को अपने विकास के लिए आवश्यक पोषक तत्वों की कमी हो जाती है और कीटों की उत्तरजीविता दर में उल्लेखनीय वृद्धि होती है। विशेष रूप से AL60102 और AL60106 जैसे नैनोसिलिका प्रकार प्रोफिलैक्टिक (निवारक) तथा उपचारात्मक एजेंट के रूप में काम करते हैं। यह तकनीक पारंपरिक रासायनिक उपचारों की तुलना में अधिक लक्षित और पर्यावरण-अनुकूल मानी जा रही है।

तीसरी श्रेणी: रेशम फाइब्रोइन के भौतिक और रियोलॉजिकल गुण (Physical and Rheological Properties of Silk Fibroin) रेशम से प्राप्त फाइब्रोइन प्रोटीन केवल पारंपरिक वस्त्र निर्माण तक सीमित नहीं है, बल्कि यह चिकित्सा क्षेत्र में अत्यंत मूल्यवान बायोमटेरियल सिद्ध हो रहा है। पुनर्योजित रेशम फाइब्रोइन (Regenerated Silk Fibroin - RSF) का उपयोग ऊतक इंजीनियरिंग, घाव भरने, दवा वितरण प्रणाली और प्रत्यारोपण सामग्री के रूप में किया जा रहा है। वीडियो माइक्रोस्कोपी और ऑप्टिकल ट्वीजर जैसी उन्नत तकनीकों के माध्यम से RSF समाधान के रियोलॉजिकल (प्रवाह संबंधी) गुणों का विस्तृत विश्लेषण किया गया है। इन अध्ययनों में फाइब्रोइन के जटिल शीयर मॉड्यूलस, स्थानीय विषमताओं और पॉलिमर नेटवर्क संरचना को समझा गया है। इससे उच्च गुणवत्ता वाले बायोमेडिकल उत्पाद बनाने में मदद मिलती है।

विधि/दृष्टिकोण (Method/Approach)-इस शोध में बोम्बईक्स मोरी के आर्थिक और औषधीय उपयोग को अधिकतम करने के लिए एक एकीकृत, तीन चरणों वाली संरचित कार्यप्रणाली (Structured Framework) प्रस्तावित की गई है। यह प्रणाली प्रयोगशाला अनुसंधान को सीधे क्षेत्रीय अनुप्रयोगों से जोड़ती है:

मॉड्यूल 1: उन्नत आनुवंशिक चयन (Advanced Genetic Selection) तेज-Z विकास के सिद्धांतों और miRNA प्रोफाइलिंग का उपयोग करके पर्यावरणीय तनाव, रोग प्रतिरोधक क्षमता और उच्च फाइब्रोइन उत्पादकता वाली उन्नत नस्लों का चयन किया जाएगा।

मॉड्यूल 2: रोग नियंत्रण और औषधीय प्रबंधन (Disease Control) बैक्यूलोवायरस (NPV) संक्रमण से बचाव के लिए पांचवें इंस्टार चरण के कीटों में 50-60 nm आकार के सतह-कार्यात्मक नैनोसिलिका (विशेषकर AL60102) का नियंत्रित इंजेक्शन दिया जाएगा। इससे कीटों की उत्तरजीविता दर को 80-85% तक बढ़ाने का लक्ष्य है।

मॉड्यूल 3: मूल्यवर्धित बायोमटेरियल उत्पादन (Value-Added Biomaterial Production) पारंपरिक रेशम धागों के साथ-साथ चिकित्सा उपयोग के लिए उच्च गुणवत्ता वाला पुनर्योजित रेशम फाइब्रोइन (RSF) तैयार किया जाएगा।

मूल्यांकन योजना: प्रस्तावित कार्यप्रणाली की प्रभावशीलता मापने के लिए मध्य प्रदेश के इंदौर जिले (विशेषकर महू क्षेत्र) के स्थानीय रेशम फार्मों से प्राप्त काल्पनिक डेटासेट का उपयोग किया जाएगा। प्रयोगात्मक समूह को नैनोसिलिका उपचार और आनुवंशिक चयनित नस्लों के साथ पाला जाएगा, जबकि नियंत्रण समूह को पारंपरिक विधि से रखा जाएगा।

मुख्य मूल्यांकन मेट्रिक्स निम्नलिखित होंगे:

प्रति 100 कीटों पर कोकून की संख्या, गुणवत्ता और वजन।

वायरल संक्रमण के कारण मृत्यु दर (Mortality Rate)।

उत्पादित फाइब्रोइन का जटिल शीयर मॉड्यूलस (Complex Shear Modulus) और अन्य रियोलॉजिकल पैरामीटर।

यह त्रि-स्तरीय दृष्टिकोण न केवल आर्थिक लाभ बढ़ाएगा बल्कि रेशम उद्योग को अधिक स्थिर और बहुआयामी बनाएगा।

चर्चा (Discussion)-इस अध्ययन के व्यावहारिक निहितार्थ मध्य प्रदेश के ग्रामीण विकास के लिए गेम-चेंजर साबित हो सकते हैं। सीमाएँ: नैनोसिलिका की उच्च लागत, तकनीकी बुनियादी ढाँचे की कमी, और उन्नत उपकरणों की उपलब्धता।

नैतिक एवं पर्यावरणीय जोखिम: नैनो-कणों से जैव-सुरक्षा का खतरा और जीनोम हेरफेर से जैव-विविधता पर प्रभाव।

भविष्य कार्य (Future Work)-प्रस्तुत अध्ययन रेशम कीट उद्योग को नई दिशा प्रदान करने वाला है, लेकिन अभी भी कई क्षेत्रों में विस्तृत शोध की आवश्यकता है। भविष्य के कार्य निम्नलिखित दिशाओं में किए जा सकते हैं:

सस्ते और पर्यावरण-अनुकूल नैनोसिलिका विकल्पों की खोज: वर्तमान नैनोसिलिका (जैसे AL60102) प्रभावी तो है, लेकिन इसकी उच्च लागत छोटे किसानों के लिए चुनौती है। इसलिए, जैविक रूप से प्राप्त या कृषि अपशिष्ट से बने नैनो-कणों, सिलिका-आधारित हाइब्रिड सामग्रियों तथा कम लागत वाले प्राकृतिक विकल्पों का विकास किया जाना चाहिए। इन विकल्पों का परीक्षण ग्रामीण स्तर पर किया जाए ताकि वे आसानी से उपलब्ध और किफायती हों।

जलवायु अनुकूलन अध्ययन: तेज-Z विकास और miRNA आधारित आनुवंशिक चयन का उपयोग करके बोम्बईक्स मोरी की उन नस्लों का विकास करना जो बढ़ते तापमान, सूखा, आर्द्रता परिवर्तन और अन्य जलवायु परिवर्तन संबंधी चुनौतियों के अनुकूल हों। दीर्घकालिक क्षेत्रीय परीक्षणों के माध्यम से इन नस्लों की उत्पादकता, रोग प्रतिरोधक क्षमता और रेशम की गुणवत्ता का मूल्यांकन आवश्यक है।

बायोमेडिकल अनुप्रयोगों का विस्तार: पुनर्योजित रेशम फाइब्रोइन (RSF) को ऊतक इंजीनियरिंग, कृत्रिम अंग निर्माण, दवा वितरण

प्रणाली और घाव भरने वाली ड्रेसिंग के रूप में और अधिक परिष्कृत करना। इसके लिए क्लिनिकल परीक्षण और मानकीकरण की प्रक्रिया तेज की जाए।

सामाजिक-आर्थिक प्रभाव अध्ययन: मध्य प्रदेश के मह्-इंदौर क्षेत्र में प्रस्तावित तकनीकों को अपनाने से किसानों की आय, महिलाओं के सशक्तिकरण और स्थानीय अर्थव्यवस्था पर पड़ने वाले प्रभाव का विस्तृत सर्वेक्षण किया जाए।

नीति अनुशंसाएँ: सरकारी स्तर पर सब्सिडी, प्रशिक्षण कार्यक्रम और नैनो-प्रौद्योगिकी आधारित रेशम केंद्र स्थापित करने के लिए नीतिगत सिफारिशें तैयार करना।

इन भविष्य कार्यों के माध्यम से रेशम कीट उद्योग को अधिक टिकाऊ, लाभकारी और आधुनिक बनाया जा सकता है।

निष्कर्ष (Conclusion)-निष्कर्ष रूप में कहा जा सकता है कि **बोम्बईक्स मोरी** (Bombyx mori) केवल एक पारंपरिक रेशम उत्पादक कीट नहीं है, बल्कि यह आधुनिक आर्थिक विकास, वैज्ञानिक नवाचार और बायोमेडिकल क्रांति का एक महत्वपूर्ण घटक बन चुका है। इस शोध-पत्र में डॉ. मदन सिंह वास्केल के अकादमिक दृष्टिकोण के आधार पर स्पष्ट किया गया है कि आनुवंशिक विकास (विशेषकर तेज-Z विकास), हेक्सापॉड सूक्ष्म-आरएनए (miRNA) की भूमिका, नैनो-प्रौद्योगिकी आधारित रोग प्रबंधन (नैनोसिलिका द्वारा NPV नियंत्रण) तथा रेशम फाइब्रोइन के रियोलॉजिकल गुणों का उचित उपयोग रेशम कीट पालन को नई ऊँचाइयों पर ले जा सकता है। यदि इन उन्नत तकनीकों — आनुवंशिक चयन, नैनो-आधारित औषधीय हस्तक्षेप और मूल्यवर्धित बायोमेटेरियल उत्पादन — को जमीनी स्तर पर किसानों, शोधकर्ताओं, उद्यमियों और नीति निर्माताओं के समन्वय से अपनाया जाए, तो मध्य प्रदेश (विशेषकर मह्-इंदौर क्षेत्र) का रेशम उद्योग न केवल भारत में बल्कि समूचे विश्व में आर्थिक उत्कृष्टता और वैज्ञानिक नवाचार का एक आदर्श मॉडल बन सकता है। यह एकीकरण पारंपरिक ज्ञान और आधुनिक विज्ञान के मेल से स्थायी विकास, ग्रामीण सशक्तिकरण तथा स्वास्थ्य क्षेत्र में योगदान देगा। अंततः, रेशम कीट उद्योग का भविष्य आशाजनक है, बशर्ते हम इसमें निरंतर नवाचार और अनुसंधान को प्राथमिकता दें।

****

संदर्भ :-

1.ली, डब्ल्यू., केनेट, डी.वाई., यामासाकी, के., स्टैनली, एच.ई., हवलिन, एस. (2014). देशों और उद्योगों के आर्थिक महत्व की रैंकिंग। arXiv:1408.0443 [q-fin.GN] (कोई पारंपरिक पृष्ठांकन नहीं, प्रीप्रिंट)।

2.मिश्रा, ए.के., चंद्रशेखरन, एच. (2012). हेक्सापॉड miRNA का फाइलोजेनेटिक विधियों द्वारा विश्लेषणात्मक अध्ययन। arXiv:1205.5024 (CSIT proceedings में प्रकाशित रूप उपलब्ध)।

3.रहमान, ए., एट अल. (2007). नैनोसिलिका होस्ट लिपिड को सोखकर बैक्यूलोवायरस से लड़ता है। arXiv:0707.2658 (कोई पारंपरिक पृष्ठांकन नहीं, पत्राचार/प्रीप्रिंट)।

4.सैक्टन, टी.बी., एट अल. (2014). सिल्कमॉथ्स में सकारात्मक चयन तेज-Z विकास को बढ़ावा देता है। *Evolution*, 68(8), 2331–2342. DOI: 10.1111/evo.12449 (arXiv:1304.7670)।

5.राघु, ए., सोमशेखर, आर., अनंतमूर्ति, एस. (2007). वीडियो माइक्रोस्कोपी द्वारा पुनर्योजित रेशम फाइब्रोइन घोल का माइक्रोरियोलॉजिकल अध्ययन। arXiv:cond-mat/0702016 (बाद में *Bulletin of Materials Science* में संबंधित रूप में प्रकाशित)।