शोध पत्र/Research Paper

वायु प्रदूषण के संकेतक के रूप में मकड़ी की भूमिका : एक समीक्षा

Role of Spider as Indicator of Air Pollution : A Review

अनामिका[1], विनोद कुमारी[2] एवं राकेश कुमार लाटा[3]

Anamika[1], Vinod Kumari[2] and Rakesh Kumar Lata[3]

[1]Department of Zoology, University of Rajasthan, Jaipur, Rajasthan

[2, 3]Department of Zoology, L.B.S. Government PG College, Kotputli, Rajasthan

[1]ana.anamika3@gmail.com, [2]vins.khangarot@yahoo.com, [3]rakeshlata96@gmail.com

https://doi.org/10.5281/zenodo.15564203

सारांश

विभिन्न पारिस्थितिक तंत्रों में मकड़ियाँ आम हैं, इसलिए वे पर्यावरणीय स्वास्थ्य के लिए महत्वपूर्ण जैव संकेतक है। ये मकड़ियाँ सूक्ष्म जलवायु परिवर्तनों के प्रति बहुत संवेदनशील हैं। आवास गतिशीलता उनसे जटिल रूप से जुड़ी हुई है। क्योंकि वे पारिस्थितिक तंत्र में विभिन्न पोषी स्तरों पर विद्यमान हैं। उनकी संख्या, विविधता और व्यवहार पारिस्थितिक तंत्र के समग्र स्वास्थ्य को दर्शाते हैं, जो उन्हें पारिस्थितिक संतुलन का आवश्यक संकेतक बनाते हैं। जैव संकेतक के रूप में मकड़ियों की उपयोगिता बढ़ जाती है क्योंकि वे प्रदूषकों और अन्य पर्यावरणीय अवरोधक कारकों के प्रति अद्भुत शारीरिक प्रतिक्रियाओं का प्रदर्शन करते हैं। ऊतकों और रेशम में दूषित पदार्थों को जमा करने की उनकी क्षमता से पर्यावरणीय गुणवत्ता और उनकी उपस्थिति का सीधा संबंध है। यह विशिष्ट विशेषता पर्यावरण निगरानी में उनकी कठिन भूमिका और प्रदूषक स्तरों और पारिस्थितिक तंत्र पर उनके प्रभावों को बताती है। लाईकोसिडी, टेट्राग्नाथिडी, थेरीडियीडी, एरेनीडी, फोल्सिडी, एगेलेनिडी, अमौरोबियिडी और लिनिफियिडी जैसे कई मकड़ी परिवार भारी धातुओं का पता लगाने और बहुचक्रीय सुरभित हाइड्रोकार्बन को ट्रैक करने में महत्वपूर्ण हैं। शोध कर्ताओं को मकड़ियों और उनके जाले की जानकारी से पारिस्थितिकी तंत्र की गतिशीलता और प्रदूषकों के प्रभावों की व्यापक समझ मिलती है। यह एकीकृत दृष्टिकोण न केवल पर्यावरणीय स्वास्थ्य की वर्तमान स्थिति को समझाता है, बल्कि भविष्य में क्या होगा और लक्षित संरक्षण उपायों को लागू करने में भी सहायता करता है। शोधकर्ता विभिन्न आवासों के पारिस्थितिक स्वास्थ्य में मकड़ियों और उनके रेशम की सामूहिक शक्ति का उपयोग करके महत्वपूर्ण जानकारी प्राप्त कर सकते हैं। जैव विविधता को बचाने और पर्यावरणीय क्षरण को कम करने के लिए अधिक कारगर उपायों का निर्माण इन विचारों से होता है। इस प्रकार, मकड़ियाँ पर्यावरणीय स्वास्थ्य के प्रमुख प्रहरी के रूप में खड़ी है, जो पारिस्थितिक तंत्र और प्रदूषकों के बीच जटिल अन्योन्य क्रियाओं की एक झलक प्रदान करती है।

Abstract

Spiders, ubiquitous across diverse ecosystems, serve as invaluable bioindicators of environmental health owing to their sensitivity to microclimatic conditions. As predators occupying various trophic levels within ecosystems, they are intricately linked to habitat dynamics. Their abundance, diversity, and behaviors reflect the overall health of ecosystems,making them essential indicators of ecological balance. Moreover, spiders exhibit a remarkable range of physiological responses to environmental stressors, including pollutants, further enhancing their utility as bioindicators. Their ability to accumulate contaminants in their tissues and silk establishes a direct link between environmental quality and their presence in a given area. This unique trait adds complexity to their role in environmental monitoring, providing insights into pollutant

levels and their impacts on ecosystems. Several spider families, such as Lycosidae, Tetragnathidae, The ridiidae, Araneidae, Pholcidae, Agelenidae, Amaurobiidae, and Linyphiidae, have been pivotal in detecting heavy metals and tracking polycyclic aromatic hydrocarbons. By considering both spiders and their webs, researchers gain a holistic understanding of ecosystem dynamics and pollutant impacts. This integrated approach not only elucidates the current state of environmental health but also aids in predicting future trends and implementing targeted conservation measures.

In harnessing the collective power of spiders and their silk, researchers can glean invaluable insights into the ecological health of various habitats. These insights pave the way for the development of more effective strategies for mitigating environmental degradation and conserving biodiversity. Thus, spiders stand as key sentinels of environmental health, offering a window into the intricate interactions between ecosystems and pollutants.

मुख्य शब्द: जैविक संकेतक, जैव निगरानी, पारिस्थितिकी तंत्र, भारी धातु, मकड़ी, वेब, प्रदूषण।

Key Words: Biological Indicator, Biomonitoring, Ecosystem, Heavy Metal, Spider, Web, Pollution.

परिचय

पर्यावरण प्रदूषण एक व्यापक वैश्विक समस्या है जो मानव स्वास्थ्य और पारिस्थितिकी तंत्र पर गंभीर प्रभाव डाल सकता है। पर्यावरण में ऐसे पदार्थों या ऊर्जा के प्रवेश को प्रदूषण कहा जाता है जो पारिस्थितिकी तंत्र को नुकसान पहुंचा सकते हैं, मानव स्वास्थ्य को खराब कर सकते हैं, वन्य जीवों को नुकसान पहुंचा सकते हैं और पर्यावरण के इच्छित कार्यों में हस्तक्षेप कर सकते हैं।[6] विभिन्न मानदंडों के आधार पर प्रदूषकों को वर्गीकृत किया जा सकता है, जैसे उनकी रासायनिक संरचना, भौतिक गुण, घुलनशीलता, जैव निम्नीकरणीयता, प्रतिक्रियाशीलता और स्रोत (घरेलू, औद्योगिक या औद्योगिक दहन)। सबसे अधिक इस्तेमाल किए जाने वाले वर्गीकरण प्रदूषकों की रासायनिक, जैविक और भौतिक विशेषताओं पर आधारित हैं। पर्यावरण प्रदूषण को प्रभावी ढंग से संबोधित करने के लिए प्रदूषकों के विभिन्न कार्यों को समझना आवश्यक है।

इनडोर वायु प्रदूषण मानव स्वास्थ्य के लिए एक गंभीर मुद्दा है, जिसमें वायु प्रदूषकों के कारण मृत्युदर में उल्लेखनीय वृद्धि होती है। इनडोर प्रदूषण रासायनिक, जैविक और भौतिक कारकों से प्रभावित होता है, और यह घरों, कार्यालयों और शॉपिंग माल्स सहित विभिन्न इनडोर वातावरणों में भिन्न होता है। आम इनडोर प्रदूषकों में तंबाकू का धुआं, नाइट्रोजन डाइऑक्साइड, कार्बनमोनो ऑक्साइड, रेडॉन, जैविक एजेंट, पार्टिकुलेट मैटर, लकड़ी का धुआं और वाष्पशील कार्बनिक यौगिक शामिल हैं।[7] साथ ही, भारी धातुएँ, खासकर वाहनों से निकलने वाली धातुएँ, पर्यावरण को चिंतित करती हैं। वाहनों से निकलने वाली दहन गैसों में बेंजीन, पॉली साइक्लिक एरोमैटिक हाइड्रोकार्बन (PAH)। धूल और कार्सिनोजेन्स जैसे भारी धातु, शामिल हैं, जो दीर्घकालिक स्वास्थ्य जोखिम डालते हैं।[10] बाहरी प्रदूषण का एक प्रमुख घटक पॉलीसाइक्लिक एरोमैटिक हाइड्रोकार्बन (पीएएच) है, जो अपने कार्सिनोजेनिक गुणों और उत्परिवर्तन गतिविधि के लिए जाना जाता है। पीएएच शरीर में जमा हो सकते हैं और कई स्वास्थ्य समस्याओं को जन्म दे सकते हैं।[15] नाइट्रो-पीएएच (एनपीएएच), उदाहरण के लिए, उनकी काफी बढ़ी हुई उत्परिवर्तन और कार्सिनोजेनिकता के कारण और भी अधिक खतरनाक हैं।[2]

पारिस्थितिकी तंत्र के स्वास्थ्य को पौधे, जानवर, कीड़े, सूक्ष्मजीव, और विशेष रूप से मकड़ियाँ जैसे जैव-संकेतक निर्धारित करते हैं। इस मामले में अक्सर मकड़ियों को अनदेखा किया जाता है, लेकिन मकड़ी के जाले में अद्वितीय गुण हैं जो उन्हें पर्यावरण निगरानी के लिए महत्वपूर्ण उपकरण बनाते हैं। मकड़ी के जाले पर्यावरण से प्रदूषकों को इकट्ठा करते हैं, इसलिए वे वायु गुणवत्ता का संकेत भी दे सकते हैं। कम नमूना लागत, उपलब्धता और मौसम की स्थिति से सुरक्षा, गैर-आक्रामकता और दीर्घकालिक प्रदूषण स्तर का आकलन करने की क्षमता उनके लाभ हैं।[13]

मकड़ी के जाले प्रदूषकों को जमा करते हैं, जिससे वे वायु गुणवत्ता के अच्छे संकेतक हैं। मकड़ी के जाले भारी धातु प्रदूषण की निगरानी के लिए एक लागत प्रभावी उपकरण हैं क्योंकि वे आम उपलब्धता और संग्रह में आसानी से उपलब्ध हैं और दीर्घकालिक अध्ययन की अनुमति देते हैं।[12] मकड़ी के जाले प्राकृतिक और औद्योगिक दोनों वातावरणों में मौजूद होने से वे पर्यावरण की गुणवत्ता का एक अच्छा संकेतक हैं। नमूने लेने के

लिए कोई खास तैयारी की आवश्यकता नहीं है, वे आसानी से उपलब्ध हैं और मौसम के लिए प्रतिरोधी हैं। मकड़ियों को प्रयोगशाला में प्रजनन कराया जाना आसान है, जिससे निगरानी उद्देश्यों के लिए जालों की निरंतर आपूर्ति सुनिश्चित होती है।[16]

इसलिए मकड़ी के जाले भारी धातुओं की सांद्रता, संदूषण की डिग्री, प्रदूषण स्रोतों की पहचान और मकड़ी समुदायों पर भारी धातुओं के प्रभावों को समझने के लिए महत्वपूर्ण डेटा प्रदान करते हैं।[44] मकड़ी के जाले पर्यावरण मेंट्रेस धातुओं की निगरानी करने का एक सस्ता तरीका प्रदान करते हैं, जिससे कई विकासशील देशों में लागत प्रभावी निगरानी तंत्र महत्वपूर्ण हैं।

निष्कर्ष में, पर्यावरण प्रदूषण एक प्रमुख वैश्विक चिंता है जो पारिस्थितिकी तंत्र, मानव स्वास्थ्य और जीवन की समग्र गुणवत्ता को प्रभावित करता है। मकड़ियों और उनके जाले जैसे जैव-संकेतक पर्यावरण प्रदूषण की निगरानी और आकलन के लिए मूल्यवान उपकरण प्रदान करते हैं।

भारी धातुएं

भारी धातु, गैर-अपघटनीय रासायनिक तत्व हैं और खाद्य श्रृंखला में मिल सकते हैं, जो पारिस्थितिकी तंत्र, वन्य जीवन और मानव स्वास्थ्य को खतरा पैदा कर सकते हैं। भारी धातुओं को वायुमंडल में छोड़ने में वाहनों के आवागमन का एक महत्वपूर्ण योगदान है।

वाहनों के आवागमन से भारी धातुउत्सर्जन के सूचक के रूप में मकड़ी के जाले: वाहन यातायात भारी धातु प्रदूषण का सबसे बड़ा स्रोत है। इस खंड में कई अध्ययनों की चर्चा की गई है जिसमें मकड़ी के जाले का उपयोग करके सड़कों और वाहनों से निकलने वाले भारी धातु उत्सर्जन का आकलन किया गया है। होज एवं अन्य (2002) ने ऑस्ट्रेलिया में चूना पत्थर की मेहराबों से मकड़ी के जाले एकत्र किए, उच्च यातायात वाले क्षेत्रों से प्राप्त मकड़ी के जाले में जस्ता और सीसा की मात्रा काफी अधिक थी। जियाओ एवं अन्य (2006) ने चीन के वुहान शहर में मोटर वाहन यातायात में भारी धातु के स्तर और मकड़ी के जाले के बीच संबंधों का अध्ययन किया। अध्ययन के अनुसार, अधिक यातायात वाले क्षेत्रों में मकड़ी के जाले में भारी धातु की सांद्रता अधिक थी। यह यातायात की मात्रा और धातु संचय के बीच संबंध को दर्शाता है। याल्वा (2012) ने नाइजीरिया के कानो नगरपालिका में मकड़ी के जाले का उपयोग करके कोबाल्ट और सीसा प्रदूषण को मापा। परिणामों से पता चला कि धातु की सांद्रता विभिन्न क्षेत्रों में अलग-अलग होती है, जो वाहनों के आवागमन को भी प्रदूषण के कई स्रोतो में शामिल करता है।

शहरी वातावरण से मकड़ी के जालों में भारी धातुओं का संचय: मकड़ी के जालों में भारी धातुओं के संचय को कई अध्ययनों में शहरी वातावरण में देखा गया है। रिबॉक (2012) ने पोलैंड के व्रोकला शहर में भारी धातुओं के संपर्क में आने वाली मकड़ियों की कई प्रजातियों से मकड़ी के जाले जुटाए। परीक्षण ने मकड़ी के जाले में भारी धातु की सांद्रता और सड़कों से निकटता के बीच सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण संबंध पाया, जो मोटर वाहन उत्सर्जन की शहरी वायु प्रदूषण में भूमिका पर जोर देता है। उसी वर्ष, रिबॉक एवं अन्य ने पोलैंड के व्रोकला में मकड़ी के जाले में प्लैटिनम, जस्ता और सीसा के संचय की प्रारंभिक जांच की। अध्ययन ने पुष्टि की कि मकड़ी के जाले ने पारंपरिक विश्लेषणात्मक तरीकों के साथ संरेखित करते हुए इन भारी धातुओं को प्रभावी ढंग से पकड़ लिया।

आयेडुन एवं अन्य (2013) ने नाइजीरिया के ओटा के आवासीय और औद्योगिक क्षेत्रों में भारी धातु प्रदूषण का विश्लेषण मकड़ी के जाले से किया। अध्ययन ने सीसा और कैडमियम की सांद्रता में आवासीय और औद्योगिक क्षेत्रों में भिन्नता को दिखाया, जो विभिन्न प्रदूषण स्रोतों के प्रभाव को दिखाता है। रियाज एवं अन्य (2014) ने लाहौर, पाकिस्तान के ग्रामीण क्षेत्रों में सीसा के स्तर की तुलना लोहे और स्टील के रीरोलिंग औद्योगिक क्षेत्रों से मकड़ी के जाले में की। सीसा की अधिक सांद्रता के कारण औद्योगिक गतिविधियाँ और टायरों का जलना हुआ।

मकड़ी के जालों में भारी धातुओं का तत्व विश्लेषण: पकड़ी गई विशिष्ट धातुओं और उनकी सांद्रता पर प्रकाश डालने के लिए, कई अध्ययनों ने मकड़ी के जालों में भारी धातुओं का विस्तृत तात्विक विश्लेषण किया है। रिबॉक (2015) ने एक अध्ययन में मकड़ी के जाले का उपयोग कर के पोलैंड के व्रोकला की हवा में ट्रेस और प्रमुख तत्वों की उपस्थिति को मापा। शोध में 16 घटकों पर ध्यान दिया गया और औद्योगिक गतिविधियों और सड़क यातायात उत्सर्जन को प्रदूषण के दो बड़े स्रोतों के रूप में निर्धारित किया गया।

स्टॉजानोस्का एवं अन्य (2020) ने मकड़ी के जाले और लाइकेन में आर्सेनिक, सीसा, निकल, जस्ता और तांबा की सांद्रता का विश्लेषण किया। अध्ययन में मकड़ी के जाले प्रदूषक उत्सर्जन के प्रति अधिक संवेदनशील पाए गए और लाइकेन की तुलना में भारी धातुओं को अधिक प्रभावी ढंग से जमा करने की क्षमता पाई गई। वेन लाटेन एवं अन्य (2020) ने मकड़ी के जाले और मॉस बैग को जर्मनी के जेना में निगरानी उपकरण के रूप में तुलना की। विभिन्न तत्वों के द्रव्यमान अंशों और तत्व अनुपातों का विश्लेषण करने से पता चला कि मकड़ी के जाले ट्रेस धातुओं सहित काफी अधिक तत्वों को बहुत जल्दी पकड़ लेते हैं। स्टॉजानोस्का एवं अन्य (2021) ने एक तुलनात्मक अध्ययन किया, जिसमें दिखाया गया कि जिंक को छोड़कर मकड़ी के जाले में अधिकांश तत्वों की उच्च सांद्रता थी। अध्ययन ने परिणामों को अन्य जैव-निगरानी अध्ययनों के डेटा के साथ संरेखित किया, जिससे पर्यावरण निगरानी में मकड़ी के जाले की उपयोगिता की पुष्टि हुई।

प्रदूषण स्रोतों की पहचान के लिए मकड़ी के जाले का उपयोग : मकड़ी के जालों को कई अध्ययनों में प्रदूषण के स्रोतों और विभिन्न संदूषण पैटर्न के बीच अंतर करने के लिए उपयोग किया गया है। भाटी एवं अन्य (2018) ने दिल्ली, राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र में भारी धातुओं की मौजूदगी का आकलन करने के लिए मकड़ी के जाले की जांच की। अध्ययन में जिंक और लेड को वाहनों से होने वाले उत्सर्जन के संकेतक के रूप में देखा गया, जिसमें वाहनों से होने वाले प्रदूषण और औद्योगिक गतिविधियों के कारण भारी धातुओं के बढ़े हुए स्तर पर पड़ने वाले प्रभाव पर चर्चा की गई। ताहिर एवं अन्य (2018) ने लाहौर, पाकिस्तान में मकड़ी के जाले में भारी धातुओं के स्तर का विश्लेषण किया। उनके परिणामों ने सीसा को सबसे प्रमुख प्रदूषक के रूप में दिखाया, जिसमें कुछ खास इलाकों में गंभीर प्रदूषण दिखाए मुख्य रूप से औद्योगिक और वाहनों से निकलने वाले उत्सर्जन के कारण।

पॉलीसाइक्लिक सुरभित हाइड्रोकार्बन

पायरोलिसिस और अपूर्ण दहन में पैदा होने वाले पॉलीसाइक्लिक एरोमैटिक हाइड्रोकार्बन (पीएएच) एक घातक प्रदूषक हैं। अपने कैंसरकारी और उत्परिवर्तन गुणों के कारण वे स्वास्थ्य और पर्यावरण को चिंतित करते हैं। मकड़ी के जाले की क्षमता, पीएएच प्रदूषण के संकेतक के रूप में, विभिन्न शोधों के माध्यम से चर्चा की जा सकती है। कुछ अध्ययनों ने मकड़ी के जालों को पॉलीसाइक्लिक एरोमैटिक हाइड्रोकार्बन (पीएएच) प्रदूषण का संकेतक बताया। रिबॉक एवं अन्य (2014) ने पोलैंड में एक महत्वपूर्ण अध्ययन किया, जिसमें पीएएच के स्तर और उच्च-यातायात क्षेत्रों की निकटता के बीच एक मजबूत संबंध पाया गया। एजेलेनिडी परिवार के मकड़ी के जाले एक प्रभावी पीएएच संकेतक थे। बाद के अध्ययन में इनडोर पीएएच सांद्रता का व्यापक अध्ययन किया गया. इसमें विभिन्न स्तरों और स्रोतों, जैसे खाना पकाने, धूम्र पान एहीटिंग और स्थानीय यातायात शामिल थे, जिसमें मुख्य रूप से तीन-रिंग पीएएच का प्रभुत्व था। पोलैंड में अध्ययन किया, जिसमें मकड़ी के जाले का उपयोग प्रदूषण से होने वाले स्वास्थ्य प्रभावों का आकलन करने में किया गया; विशेष रूप से, लेग्निका कॉपरस्मेल्टर से कण पदार्थों का विश्लेषण किया गया। इसी प्रकार बसरा प्रांत में मकड़ी के जाले में पीएएच सांद्रता की जांच की, जिसमें पाया गया कि उच्च तापमान ने पीएएच जमाव को कम कर दिया, जो मुख्य रूप से वाहनों से निकलने वाले उत्सर्जन से उत्पन्न होता है। ये अध्ययन सामूहिक रूप से पीएएच का पता लगाने और विभिन्न वातावरणों में प्रदूषण स्रोतों का आकलन करने में मकड़ी के जाले की प्रासंगिकता को रेखांकित करते हैं।

डाइऑक्सिन

डाइऑक्सिन यौगिक, जो अपने उत्परिवर्तन और कैंसरकारी गुणों के लिए जाने जाते हैं, मुख्य रूप से औद्योगिक प्रक्रियाओं और औद्योगिक सामग्रियों के दहन के परिणामस्वरूप बनते हैं, जो अक्सर अनुचित नगरपालिका ठोस अपशिष्ट भस्मीकरण और कचरा जलाने के कारण होते हैं। डाइऑक्सिन खाद्य श्रृंखला के भीतर जमा होते हैं, विशेष रूप से जानवरों के वसायुक्त ऊतकों में, जो पर्यावरण और सार्वजनिक स्वास्थ्य दोनों के लिए दीर्घकालिक खतरे पैदा करते हैं। पर्यावरण संकेतक के रूप में मकड़ी के जालों की रिबॉक एवं अन्य (2018) द्वारा पोलैंड के लोअर सिलेसिया में प्रारंभिक जांच में, मकड़ी के जाले आसपास की हवा से पॉली क्लोरीनेटेडडिबें जो-पैरा-डाइऑक्सिन को प्रभावी ढंग से सोख लेते पाए गए। सांद्रता प्रदूषण स्रोतों की निकटता पर निर्भर थी, जिससे मकड़ी के जाले जोखिम के मूल्यवान संकेतक बन गए।

तालिका 1. सूचक के रूप में प्रयुक्त मकड़ी प्रजातियों और मकड़ी के जाले की सूची

क्र.सं.	संदर्भ	मकड़ी की प्रजाति	संकेतक
1	Hose et al (2002)	बदुम्ना सोशलिस, स्टिफिडियनफेसेटम	भारी धातुएं
2	Jung et al (2005)	पार्डोसा एस्ट्रिगेरा	भारी धातुएं
3	Xiao&li et al-,(2006)	अचौरेना टेपिडारियोरम, एरानियसवेंट्रिकोसस	भारी धातुएं
4	Yalwa and Kabo (2006)	अचौरेना टेपिडारियोरम	भारी धातुएं
5	Jung et al-,(2008)	पार्डोसा एस्ट्रिगेरा, पार्डोसा लॉरा, ओडोथोरैक्स इन्सुलानस	भारी धातुएं
6	Rybak (2012)	फोल्कस फलंगोइड्स, माल्थोनिका सिल्वेस्ट्रिस , टेगेनारिया एट्रिका, माल्थोनिका फेरुजिनिया	भारी धातुएं
7	Rybak et al 2012	माल्थोनिका फेरुजिनिया, माल्थोनिका सिल्वेस्टिस	भारी धातुएं
8	Yalwa (2012)	अचौरेना टेपिडारियोरम	भारी धातुएं
9	Otter et al (2013)	टेट्राग्नाथिड मकड़ियां	भारी धातुएं
10	Rybak (2014)	माल्थोनिका सिल्वेस्ट्रिस, माल्थोनिका फेरुजिनिया, अमाउरोबियस फेरेक्स, थेरिडियन मिस्टैकेम, थेरिडियन मेलानुरम	भारी धातुएं
11	Rybak and Olejniczak (2014)	माल्थोनिका सिल्वेस्ट्रिस, माल्थोनिका फेरुजिनिया, टेगेनारिया एग्रेस्टिस, टेगेनारिया एट्रिका	पॉलीसाइक्लिक एरोमैटिक कंपाउंड
12	Rybak (2015)	माल्थोनिका फेरुजिनिया	भारी धातुएं
13	Rybak et al (2015)	माल्थोनिका सिल्वेस्ट्रिस	भारी धातुएं
14	Tahir et al (2018)	फोल्सिडे मकड़ियां	भारी धातुएं
15	Conti et al (2018)	अरिडना मकड़ियां	भारी धातुएं
16	Górka et al (2018)	एराटिजेना एट्रिका, फोल्कस फलंगियोइड्स	खनिजसंरचना
17	Rachwal et al (2018)	एराटिजेना एट्रिका, फोल्कस फलंगियोइड्स	चुंबकीय संवेदनशीलता
18	Rybak and Rutkowski (2018)	टेगेनारिया सिल्वेस्ट्रिस, टेगेनारिया फेरुजिनिया	डायोक्सिन्स
19	Rutkowski et al (2018)	एरानियस डायडेमेटस, एगेलेना लैब्रिंथिका	उत्परिवर्तनीय गतिविधि
20	Bhati et al (2018)	सायरटोफोरा सिट्रीकोला	भारी धातुएं
21	Rybak et al (2019)	फोल्कस फलंगियोइड्स, एराटिजेना एट्रिका	पॉलीसाइक्लिक एरोमैटिक कंपाउंड
22	Rutkowski et al (2019)	फोल्कस फलंगियोइड्स, एराटिजेना एट्रिका	उत्परिवर्तनीय गतिविधि
23	Rutkowski et al (2020)	एराटिजेना एट्रिका, एगेलेना लैब्रिंथिका, टेगेनारिया फेरुजिनिया	चुंबकीय संवेदनशीलता
24	Stojanowska et al (2020)	एगेलेना लैब्रिंथिका, एराटिजेना एट्रिका	भारी धातुएं
25	Van Laaten et al (2020)	ऑर्ब-विविंग मकड़ियां (एरानियडे)	भारी धातुएं
26	Bartz et al (2021)	एराटिजेना एट्रिका, लीनिफिया ट्रायंगुलारिस	खनिज संरचना
27	Stojanowska et al (2021)	टेगेनारिया एग्रेस्टिस, एराटिजेना एट्रिका	भारी धातुएं
28	Trzyna et al (2022)	एराटिजेना, एट्रिका, लीनिफिया ट्रायंगुलारिस	भारी धातुएं
29	Taher et al (2023)	फोल्सिडे मकड़ी	वायुजन्य सूक्ष्म तत्व

उत्परिवर्तनीय गतिविधि

रुटोक्वास्की एवं अन्य (2018) ने मकड़ी के जालों का उपयोग करते हुए वायु प्रदूषण के उत्परिवर्तनीय प्रभावों की जांच की, जो पर्यावरणीय खतरे का आकलन करने के लिए एक विशिष्ट उपकरण था। मकड़ी के जाले घर के अंदर और बाहर वायु प्रदूषण का प्रभावी ढंग से एम्स उत्परिवर्तनीयता परीक्षण का उपयोग करके मूल्यांकन कर सकते हैं। व्रोकला, पोलैंड में, MPFTM प्रक्रिया को, ए. लेबिरिंथिका मकड़ी के जाले को लंबी अवधि तक उजागर करने पर उच्च उत्परिवर्तनीय प्रभाव दिखाई दिया। इससे धूल प्रदूषण के उत्परिवर्तनीय प्रभाव का आकलन करने के लिए पर्यावरण के नमूनों का तेजी से परीक्षण संभव हो सका। पोलैंड के लोअर सिलेसिया मे इनडोर स्थानों से मकड़ी के जाले में म्यूटेजेनिक पॉलीसाइक्लिक एरोमैटिक हाइड्रोकार्बन (पीएएच) और नाइट्रो-पीएएच (एनपीएएच) के उच्च स्तरों के अलावा, उनकी खोज ने विशिष्ट पर्यावरणीय जोखिमों और उत्परिवर्तनीय गतिविधि के बीच के संबंध पर प्रकाश डाला। मकड़ी के जाले का उपयोग करने वाला यह नवीन विचार वायुप्रदूषण में बदलाव को मापने के लिए एक प्रभावी उपाय हैं।[24]

खनिज संरचना

धूल में मुख्य रूप से पृथ्वी की पपड़ी से जुड़े खनिज अंश शामिल होते हैं, जिनमें Al_2O_3, SiO_2, CaO, FeO जैसे ऑक्साइड और $MgCO_3$, $CaCO_3$ कार्बोनेट शामिल हैं। खनन, धातु कर्म, कोयला और अन्य उद्योग जैसे मानवजनित स्रोत खनिज संरचना में योगदान करते हैं।

गोरका एवं अन्य (2018) ने ऊर्जा फैलाने वाले एक्स-रे विश्लेषक (SEM-EDX) तकनीकों के साथ स्कैनिंगइलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोप के माध्यम से मकड़ी के जाले में अकार्बनिक कणों की पहचान करने की खोज की। मकड़ी का रेशम मानवजनित प्रभाव का आकलन करने, प्रदूषण स्रोतों, कणों की मात्रा, आकार और खनिज संरचना का पता लगाने के लिए उपयोगी है। पहचाने गए अकार्बनिक कणों में से अधिकांश संरचनाओं के अपक्षय और मिट्टी की अपस्फीति से उत्पन्न होते हैं। प्राकृतिक वातावरण में मकड़ी का रेशम एक निष्क्रिय नमूना है, जो खनिज गुणों, रासायनिक संरचनाओं और हवा में मौजूद धूलकणों के समस्थानिक हस्ताक्षर का विश्लेषण करने में मदद करता है। बार्टज एवं अन्य (2021) ने कण विशेषताओं को समझने के लिए SEM-EDX का उपयोग करके मकड़ी के जाले पर कणिका पदार्थ की भू-रासायनिक और खनिज सामग्री का आकलन किया और संभावित रूप से विषाक्त तत्वों की कुल सामग्री का निर्धारण करने के लिए उपयोग किया। रासायनिक और खनिज संरचना के बीच एक मजबूत सह संबंध स्थापित किया गया, जो खनिज चरणों की सटीक पहचान को मान्य करता है। SEM-EDX परिणाम ICP-MS विश्लेषण से मात्रात्मक डेटा के साथ संरेखित हैं।

चुंबकीय सुग्राह्यता

मकड़ी के रेशम का उपयोग पर्यावरणीय प्रदूषण को मापने के लिए किया जाता है क्योंकि यह धातु के कणों के प्रदूषकों के संपर्क में आने पर प्रति चुंबकीय हो जाता है। राचवट एवं अन्य (2018) ने इस प्रक्रिया को शहरी और ग्रामीण पोलैंड में धूल के नमूनों की निगरानी के लिए प्रयोग किया, जिससे प्रदूषित क्षेत्रों में चुंबकीय संवेदनशीलता में काफी वृद्धि हुई। इसने मानव निर्मित फेरो मैग्नेटिक कणों के साथ कण पदार्थ में पर्याप्त संदूषण की पुष्टि की।

रुटोक्वास्की एवं अन्य (2020) द्वारा पोलैंड में किए गए एक अध्ययन में भी मकड़ी के जाले और धूल में चुंबकीय प्रदूषकों की जांच की, जो विभिन्न शहरी स्थानों में, विशेष रूप से भारी यातायात वाले क्षेत्रों में, उच्च स्तरों पर पाए गए. इससे पता चला कि वाहनों से निकलने वाला उत्सर्जन बाहरी वायु प्रदूषण का मूल स्रोत है। अध्ययन के अनुसार, यह दृष्टिकोण पारंपरिक निगरानी स्टेशनों को पूरक कर सकता है और प्रदूषण निगरानी नेटवर्क को बढ़ा सकता है। मकड़ी का रेशम भी इनडोर चुंबकीय निगरानी के लिए प्रभावी साबित हुआ, जिससे यह प्रदूषण मापन प्रयासों में एक महत्वपूर्ण उपकरण बन गया। तालिका 1 में संकेतक के रूप में उपयोग किए जाने वाले मकड़ियों के जाले की सूची है।

निष्कर्ष

कुल मिलाकर, समीक्षा किए गए अध्ययन ने मकड़ी के जाले की महत्वपूर्ण भूमिका को भारी धातु प्रदूषण, वायु गुणवत्ता और पॉलीसाइक्लिक एरोमैटिक हाइड्रोकार्बन (पीएएच) की उपस्थिति के लिए जैव संकेतक के रूप में उजागर किया। ये नतीजे मकड़ी के जाले को पर्यावरणीय प्रदूषकों के प्रति बहुत संवेदनशील बनाते

हैं और प्रदूषण स्रोतों में भूमिका निभाने वाले कई अलग-अलग कारकों का जटिल जाल दिखाते हैं। मकड़ी के जाले बाहरी और आंतरिक प्रदूषण पैटर्न और स्रोतों को पहचानने में सक्षम हैं।

मकड़ी के जाले के महत्व को कम करके पीएएच प्रदूषण का आकलन करना असंभव है। प्रदूषण स्रोतों का पता लगाने की उनकी विशिष्ट क्षमता उन्हें पर्यावरण निगरानी के लिए एक अनिवार्य संसाधन बनाती है। पीएएच के संभावित स्वास्थ्य और पारिस्थितिकी तंत्र प्रभावों के कारण, मकड़ी के जाले इन प्रभावों को समझने और कम करने में महत्वपूर्ण अंतर्दृष्टि प्रदान करते हैं।

इसके अलावा, विषैले यौगिकों और उत्परिवर्तनीय गतिविधि के लिए पर्यावरण जोखिम का आकलन करने के लिए मकड़ी के जाले का उपयोग प्रदूषण स्रोतों और मानव और पर्यावरणीय स्वास्थ्य के लिए उनके परिणामों के बीच जटिल संबंधों की हमारी समझ को बढ़ाता है। मकड़ी के जाले पर्यावरण प्रदूषकों से जुड़े जोखिमों पर एक विशिष्ट दृष्टिकोण प्रदान करते हैं।

विशेष रूप से, ये अध्ययन मकड़ी के रेशम को पर्यावरण प्रदूषकों की खनिज संरचना और चुंबकीय संवेदनशीलता का आकलन करने में भी उपयोगी बताते हैं. इसके अलावा, ये अध्ययन प्रदूषण स्रोतों में महत्वपूर्ण जानकारी भी देते हैं। मकड़ी के जाले ने खुद को एक बहुमुखी, सुलभ और कुशल उपकरण के रूप में साबित किया है जो हमारे पर्यावरण और कल्याण पर प्रदूषण के प्रभाव की निगरानी करने और उसे कम करने के निरंतर प्रयास में है।

आभार ज्ञापन

लेखक सीनियर रिसर्च फेलोशिप (एसआरएफ) के रूप में वित्तीय सहायता प्रदान करने के लिए वैज्ञानिक एवं औद्योगिक अनुसंधान परिषद (सीएसआईआर), नई दिल्ली के आभारी हैं। इस अध्ययन को आवश्यक सुविधाएं, प्रदान करने के लिए राजस्थान विश्वविद्यालय, जयपुर, राजस्थान के प्राणी विज्ञान विभाग के अध्यक्ष द्वारा भी समर्थन दिया गया था।

शोध पत्र में प्रयुक्त अंग्रेजी शब्दों की समानार्थक हिन्दी शब्दावली

Alphabetically sorted terminology in English	वर्णानुक्रमित हिन्दी शब्दावली
Anthropogenic activities	मानव जनित गतिविधियाँ
Anthropogenic sources	मानव जनित स्रोत
Arches	मेहराबों
Biodegradability	जैव निम्नीकरणीयता
Biological Indicator	जैविक संकेतक
Biomonitoring	जैव निगरानी
Carcinogenic	कैंसरकारी
Contamination	संदूषण
Correlation	सहसंबंध
Diamagnetic	प्रतिचुंबकीय
Ecological Balance	पारिस्थितिक संतुलन
Elemental ratios	तत्व अनुपातों
Emissions	उत्सर्जन
Fatty	वसायुक्त
Geochemical	भू-रासायनिक
Heavy metal emission	भारी धातु उत्सर्जन
Incineration	भस्मीकरण
Industrial combustion	औद्योगिक दहन
Isotopic	समस्थानिक
Mass Fraction	द्रव्यमान अंशों
Metallurgical	धातुकर्म
Microclimatic	सूक्ष्म जलवायु
Mineralogical content	खनिज सामग्री
Non-Degradable	गैर-अपघटनीय
Non-Invasiveness	गैर-आक्रामकता
Particulate matter	कणिका पदार्थ
Plankton	प्लवक
Reactivity	प्रतिक्रियाशीलता
Relevance	प्रासंगिकता
Sampling Costs	नमूना लागत
Soil Deflation	मिट्टी की अपस्फीति
Toxic compound	विषैले यौगिक
Toxic element	विषाक्त तत्व
Trophic Level	पोषी स्तर
Weathering of Structures	संरचनाओं के अपक्षय

संदर्भ

1. Ayedun, H. Adewole, A. Osinfade, B.G. Ogunlusi, R.O. Umar, B.F. and Rabiu, S.A. "The use of spider webs for environmental determination of suspended trace metals in industrial and residential areas"¸ Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology, (2013), 5(2),21-25.
2. Bandowe, B.A.M., Meusel, H., "Nitrated polycyclic aromatic hydrocarbons (nitro-PAHs) in the environment– a review, Science of the total environment, (2017), 581, 237-257.
3. Bartz,W.,Gorka,M.,Rybak,J., Rutkowski, R., and Stojanowska, A., "The assessment of effectiveness of SEM-EDX and ICP-MS methods in the process of determining the mineralogical and geochemical composition of particulate matter deposited on spider webs,¸ Chemosphere, (2021), 278, 130454.
4. Bhati, U.Das, S.K. Pramod Kumar, P.K. Gupta, N.C. Neetu Rani, N.R. and Khem Singh, K.S. "Heavy Metals Assessment in Urban Air of National Capital Region of Delhi Using Spider Webs as Bioindicator, Journal of Environmental Science and Technology, (2018), 11(1), 49-55.
5. Boev, I., Sijakova-Ivanova, T., and Mirakovski, D., "Scanning electron microprobe characterization of air filters from the Kavadarci town and Tikves valley, Geological Macedonica, (2013), 27, 13–24.
6. Butterworth, F., Gunatilaka, A., and Gonsebatt, M. "Biomonitors and biomarkers of environmental change, Kluwer Academic/Plenum Publishing, New York, Vol. II, Presentation and Abstracts, Revista International de Contaminación Ambiental, (2001), 17(1), 53-63.
7. Chithra, V.S., and Shiva Nagendra,S.M., "A review of scientific evidence on indoor air of school building: Pollutants, sources, health effects and management, Asian Journal of Atmospheric Environment, (2018), 12(2), 87-108.
8. Conti, E., Costa, G., Liberatori, G., Vannuccini, M.L., Protano, G., Nannoni, F., and Corsi, I., "Ariadna spiders as bioindicator of heavy elements contamination in the Central Namib Desert, Ecological indicators, (2018), 95, 663-672.
9. Gorka, M., Bartz, W., and Rybak, J., "The mineralogical interpretation of particulate matter deposited on Agelenidae and Pholcidae spider webs in the city of Wrocław (SW Poland): A preliminary case study, Journal of Aerosol Science, (2018), 123, 63-75.
10. Harrison, R.M. and Yin, J., "Particulate Matter in the Atmosphere: Which Particle Properties Are Important for Its Effects on Health, Science of the Total Environment, (2000), 249, 85–101.
11. Holt, E.A., and Miller, S.W., "Bioindicators: using organisms to measure, Nature, (2011), 3, 8-13.
12. Hose, G.C., James, J.M., and Gray, M.R., "Spider webs as environmental indicators, Environmental Pollution, (2002), 120 (3), 725-733.
13. Jung, C.S., Lee, S.B., Jung, M.P., Lee, J.H., Lee, S., and Lee, S.H., "Accumulated heavy metal content in wolf spider, Pardosaastrigera (Araneae: Lycosidae), as a bioindicator of exposure, Journal of Asia & Pacific Entomology, (2005), 8 (2), 185-192.
14. Jung, M.P., Kim, S.T., Kim, H., and Lee, J.H., "Species diversity and community structure of ground-dwelling spiders in unpolluted and moderately heavy metal-polluted habitats, Water, Air and Soil Pollution, (2008), 195(1), 15-22.
15. Keyte, I.J., Harrison, R.M., Lammel, G., "Chemical reactivity and long-range transport potential of polycyclic aromatic hydrocarbons–a review, Chemical Society Reviews, (2013), 42(24), 9333-9391.
16. Kowalczyk, G.S., Gordon, G.E., and Rheingrover, S.W., "Identification of atmospheric particulate sources in Washington, DC using chemical element balances, Environmental Science and Technology, (1982), 16(2), 79-90.
17. Morawska, L., Ayoko, G.A., Bae, G.N., Buonanno, G., Chao, C.Y.H., Clifford, S., Fu, S.C., Hanninen, O., He, C., Isaxon, C. and Mazaheri, M., Airborne particles in indoor environment of homes, schools, offices and aged care facilities: The main routes of exposure, Environment international, (2017), 108, 75-83.
18. Otter, R.R., Hayden, M., Mathews, T., Fortner, A., and Bailey, F.C. "The use of tetragnathid spiders as bioindicators of metal exposure at a coal ash spill site, Environmental Toxicology and Chemistry, (2013), 32(9), 2065-2068.
19. Rachwał, M., Rybak, J., and Rogula-Kozłowska, W., "Magnetic susceptibility of spider webs as a proxy of airborne metal pollution, Environmental pollution, (2018), 234, 543-551.
20. Riaz, M.A., Ijaz, B., and Waqas, U., "Comparison and Estimation Lead (Pb) in Suspended Particulate Matter in Spider Webs Flatiron and Steel Re-rolling Industrial Areas and Ruler Area of Wagha Town, Lahore, Journal of Research in Environmental Science and Toxicology, (2014), 3, 74-76.
21. Rutkowski, R., Bihałowicz, J. S., Rachwał, M., Rogula-Kozłowska, W., and Rybak, J. "Magnetic Susceptibility of Spider Webs and Dust: Preliminary Study in Wrocław, Poland, Minerals, (2020), 10 (11), 1-11.
22. Rutkowski, R., Jadczyk, P., and Rybak, J., "Preliminary Microplate Ames MPF™ test use in assessment of mutagenic properties of spider webs, in E3S Web of Conferences, (2018) a, 44, 1-8.
23. Rutkowski, R., Rybak, J., Mach, T.,and Rogula–

Kozłowska,W., "Spider webs in monitoring of air pollution, in SHS Web of Conferences, (2018)b, 57, EDP Sciences.

24. Rutkowski, R., Rybak, J., Rogula-Kozłowska, W., Bełcik, M., Piekarska, K., and Jureczko, I., "Mutagenicity of indoor air pollutants adsorbed on spider webs, Ecotoxicology and Environmental Safety, (2019), 171, 549-557.
25. Rybak, J., "Use of Spider Webs for Assessing Airborne Concentrations of Some Heavy Metals within the City of Wroclaw, Ochronasrodowiska, (2012), 34 (4), 47-50.
26. Rybak, J., "Possible use of spider webs for the indication of organic road pollutants, Journal of Ecological Engineering, (2014), 15(3), 39–45.
27. Rybak, J. "Accumulation of major and trace elements in spider webs, Water, Air, and Soil Pollution, (2015), 226 (4), 1-12.
28. Rybak, J., and Olejniczak, T., "Accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) on the spider webs in the vicinity of road traffic emissions, Environmental Science and Pollution Research, (2014), 21(3), 2313-2324.
29. Rybak, J., and Rutkowski, R., "Determination of PCDDs in spider webs: preliminary studies, in E3S Web of Conferences, (2018), 28, 1-6.
30. Rybak, J., Rogula-Kozłowska, W., Jureczko, I., and Rutkowski, R., "Monitoring of indoor polycyclic aromatic hydrocarbons using spider webs, Chemosphere, (2019), 218, 758-766.
31. Rybak, J., Rutkowski, R., Piekarska, K., Bełcik, M.,W., 2nd Symposium "Air Quality and Health", book of abstracts, (2017), 79-79.
32. Rybak, J., Sowka, I., and Zwozdziak, A., "Preliminary assessment of use of spider webs for the indication of air contaminants, Environment Protection Engineering, (2012), 38(3), 175-181.
33. Rybak, J., Spówka, I., Zwozdziak, A., Fortuna, M., and Trzepla-Nabaglo, K., "Evaluation of the usefulness of spider webs as an air quality monitoring tool for heavy metals, Ecological Chemistry and Engineering, (2015), 22 (3), 389.
34. Salthammer,T.,Schieweck, A., Gu, J., Ameri, S., and Uhde, E., "Future trends in ambient air pollution and climate in Germany–Implications for the indoor environment, Building and Environment, (2018), 143, 661-670.
35. Stojanowska, A., Mach, T., Olszowski, T., Bihałowicz, J.S., Górka, M., Rybak, J., Rajfur, M. and Swislowski, P., "Air pollution research based on spider web and parallel continuous particulate monitoring—A comparison study coupled with identification of sources, Minerals, (2021), 11(8), 812.
36. Stojanowska, A., Rybak, J., Bozym, M., Olszowski, T., and Bihałowicz, J.S., "Spider Webs and Lichens as Bioindicators of Heavy Metals: A comparison study in the vicinity of a copper smelter (Poland), Sustainability, (2020), 12 (19).
37. Taher, H. Z., Azeez, N.M., and Najim, S.A., "Poly Aromatic Hydrocarbons Accumulated on Pholcidea Spider Webs in Basra Province, in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, (2023), 1158 (3): 032006. IOP Publishing.
38. Tahir, H.M., Aamir, H., and Nadeem, J., "Use of spider webs as indicators of air quality assessment of Lahore City, Water and Environment Journal, (2018), 32(2), 292-300.
39. Trzyna, A. Rybak, J., Bartz, W., and Gorka, M., "Health risk assessment in the vicinity of a copper smelter: particulate matter collected on a spider web, Mineralogical, (2022), 53(1), 36-50.
40. Van Laaten, N., Merten, D., Von Tumpling, W., Schäfer, T., and Pirrung, M., "Comparison of spider web and moss bag biomonitoring to detect sources of airborne trace elements, Water, Air, and Soil Pollution, (2020), 231, 1-17.
41. Xiao-Li, S., Yu, P., Hose, G.C., Jian, C., and Feng-Xiang, L., "Spider webs as indicators of heavy metal pollution in air, Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, (2006), 76(2), 271-277.
42. Yalwa, I.R., "Spider webs as indicators of cobalt and lead pollution in Kano Municipality, Chem search Journal, (2012), 3(2), 46-52.
43. Yalwa, I.R., and Kabo, K.S. (2006). "Spider webs as natural samplers, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, (2006), 10 (22), 10433-10440.
44. Zmudzki, S., and Laskowski, R., "Biodiversity and structure of spider communities along a metal pollution gradient, Ecotoxicology, (2012), 21, 1523-1532.

❒

शोध पत्र/Research Paper

भावी कौशल विकास शिक्षा नीति की अवधारणा हेतु 500 से 1000 ईस्वी में प्रचलित भारतीय ज्ञान प्रणाली का अध्ययन : साहित्यिक समीक्षा

Study of Prevailing Indian Knowledge System During 500-1000 A.D. to Conceptualize Prospective Skill Education Policy : Literature Review

अरुणा[1] एवं आर. एस. राठौड़[2]
Aruna[1] and R.S. Rathore[2]
[1]Ph.D. Research Scholar, Shri Vishwakarma Skill University, Palwal, Haryana
[2]Dean-Academics, Shri Vishwakarma Skill University, Palwal, Haryana
[1]arunakapil123@yahoo.com, [2]randhir.rathore@svsu.ac.in
https://doi.org/10.5281/zenodo.15564223

सारांश

कुशल एवं दक्ष कार्यकर्ता किसी भी सभ्यता के विकास का निर्माण-पथ हैं। साथ ही, कार्यप्रवीण एवं निपुण कार्यबल निर्माण आज के युग की विकट चुनौती है। प्राचीन भारतीय कारीगरी की विशेषज्ञता को उजागर करने वाली कलाकृतियों ने हमेशा से विश्व को चकित किया है। यह शोध पत्र "भावी कौशल विकास शिक्षा नीति की अवधारणा हेतु 500 से 1000 ईस्वी में प्रचलित भारतीय ज्ञान प्रणाली के अध्ययन" की साहित्य समीक्षा पर आधारित है। प्राचीन भारतीय शिक्षा पद्धति बहुमुखी एवं विस्तृत थी जो विषयों की विविधता से समृद्ध, दक्ष कौशल प्रणाली, उन्नत तकनीकों एवं यथोचित कार्य-विधियों से सम्पन्न थी। इस काल में औपचारिक एवं अनौपचारिक शिक्षा का संगम था। एकल गुरूकुल से लेकर सुप्रसिद्ध विश्वविद्यालयों का प्रचलन था। विषयों को वृहद् रूप से, उनके ज्ञान केंद्रित तथा दक्षता केंद्रित होने के आधार पर, "विद्या" तथा "कला" में विभेदित किया गया था। विषयों का परिसर खगोल शास्त्र से गणित तक, दर्शनशास्त्र से औषधि विज्ञान तक तथा साहित्य से व्याकरण एवं नीति तक विस्तृत था। विकसित स्मरण क्षमता, आलोचनात्मक चिंतन शैली तथा तर्कशील चिंतन शैली आदि कौशलों का विशेष सम्मान था।

पूर्णात्मक शैली द्वारा सर्वांगीण विकसित व्यक्तित्व एक ऐसे व्यक्ति को साकार रूप देता था जो न केवल ज्ञानवान था, अपितु नैतिक और आध्यात्मिक रूप से विकसित भी था ताकि वह जीवन के किसी भी क्षेत्र में सफलतापूर्वक अग्रसर हो सके।

Abstract

Skilled and expert worker is the roadmap to development of any civilisation. At the same time proficient and skilful workforce generation is the biggest challenge in the present era. The artifacts revealing the expertise of ancient Indian workmanship has always dazzled the world. This research paper is based on the review of literature of Study of Prevailing Indian Knowledge System during 500 to 1000 A.D. to Conceptualise Prospective Skill Education Policy. Ancient knowledge system was multifaceted and diverse which was enriched with a variety of subjects, expert skill system, advanced techniques and apt methodologies. There was a blend of formal and informal education during this period. Educational institutions ranged from singly owned gurukuls¸ to world famous Universities. Subjects were broadly divided into Vidya¸ and Kala¸ based on their knowledge centric and skill centric nature. Subjects had a wide range from Astronomy to Mathematics and Philosophy to Medicine and Literature to Grammar and Ethics. Skills such as well & developed memorisation capabilities, critical thinking and debate were highly valued.

A personality developed through holistic approach, nurtured well & rounded individuals who were not only knowledgeable but also morally and spiritually advanced to stride successfully in any field of life.

मुख्य शब्द: कौशल शिक्षा, प्राचीन भारतीय शिक्षा पद्वति, शिक्षा नीति।

Key Words: Skill Education, Ancient Indian Education System, Skill Education Policy.

परिचय

व्यवसाय एक वयस्क व्यक्ति के लिए, अपने एवं अपने परिवार को आर्थिक रूप से आत्मनिर्भर बनाने के लिए अनिवार्य है। वहीं अपने कार्य में प्रवीणता एवं दक्षता; व्यक्ति को मानसिक संतोष, सामाजिक ख्याति तथा आर्थिक विकास की नई ऊँचाइयों पर पहुँचाने में सक्षम है। प्रत्येक व्यक्ति की व्यवसायिक सफलता का स्तर सम्मिलित रूप से संपूर्ण राष्ट्र की आर्थिक एवं सामाजिक दशा एवं दिशा को निर्धारित करता है ऐसे में किसी क्षेत्र में अपनी भावी पीढ़ी के सफल एवं सतत विकास के लिए बालकों एवं किशोरों को किस प्रकार के नैतिक मूल्य, व्यवसायिक शिक्षा एवं प्रशिक्षण दिया जा रहा है यह न केवल एक व्यक्ति, उसके परिवार अपितु उसके राष्ट्र, समस्त मानव जाति एवं समस्त पृथ्वी के अस्तित्व को बनाए रखने में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। प्राचीन भारत की यह विशेषता रही है कि यहाँ का संपूर्ण शिक्षा ढाँचा कार्य प्रमुख होने के साथ-साथ ''वसुधैव कुटुम्बकम" अर्थात् पूरी पृथ्वी एक परिवार है की आधारभूत नीति को समेटे हुए थे। इस कारण से भारतीयों का प्रत्येक कार्य:- शिक्षा, व्यवसाय तथा जीवन के दैनिक क्रिया-कलाप; चिरस्थायी जीवन निर्वहन तथा अस्तित्व की ओर उन्मुख था।

शिक्षा निर्गम, शिक्षण एवं आर्थिक विकास के दृष्टिकोण से देखा जाए तो 500 से 1000 ईस्वी का मध्य-प्राचीन युग भारत में अमृत काल था। यही वह समय था जब भारत में विश्व विख्यात विश्वविद्यालय अपने चरम पर थे नालंदा और तक्षशिला जैसे विश्वविद्यालय अंतरराष्ट्रीय शिष्यों के लिए आकर्षण का केंद्र थे। भारतीय गुरू पूरे संसार में अपने नाम से पहचाने जाते थे। भारतीय गुरुओं द्वारा निष्पादित नियम तथा उनके श्रेष्ठ शिष्यों द्वारा अपने-अपने विषयों में प्रस्तुत किए गए अग्रणी लेख, पुस्तकें तथा प्रतिपादित सूत्र, शिक्षा के क्षेत्र में आज भी अनुसरणीय है। उक्त काल में भारतीय अर्थव्यवस्था विश्व पटल पर सबसे अग्रणी थी। अत: उस काल खंड के व्यावसायिक शिक्षण एवं प्रशिक्षण प्रणाली का अध्ययन अति महत्वपूर्ण हो जाता है।

जे.सी. अग्रवाल ने अपनी पुस्तक "द प्रोग्रेस आफ एजुकेशन इन फ्री इंडिया" में भारत में पौराणिक काल (वर्ष 500-1200 ईस्वी) में शिक्षा को वर्णित करते हुए लिखा है कि इस काल में उच्च शिक्षा के लिए संगठित संस्थानों का उदय उल्लेखनीय है बौद्ध मठ, विश्वविद्यालयों के रूप में विकसित हुए और कुछ ने अंतर्राष्ट्रीय ख्याति प्राप्त की जैसे नालंदा और विक्रमशिला। भारत में हिंदू देवालयों में कॉलेज आरंभ किए गए। इन संगठित (कॉर्पोरेट) संस्थानों में एक नया शैक्षणिक वातावरण था, जिसमें कई शिक्षक और सैकड़ों छात्र एक साथ रहते थे और विभिन्न विषयों का अध्ययन करते थे, जिसका पाठ्यक्रम प्रशासकीय निकायों द्वारा निर्धारित किया जाता था। इससे उच्च शिक्षा के कार्य को सहारा मिला और कई महान विद्वान और लेखक उत्पन्न हुए। तथापि, विशेषज्ञता बहुत आगे बढ़ गई। भूतकाल के प्रति श्रद्धा इतनी गहरी हो गई कि नई शिक्षा को प्रमाणिक साहित्य या परंपरागत सिद्धांतों के आधार पर स्वीकार या अस्वीकार किया जाता था। जिज्ञासा की प्रवृत्ति, रचनात्मक सोच एवं खुला, स्वतंत्र मस्तिष्क अब सामान्य थे।

डॉ. अरुण कुमार सिंह के लेख: "इंडस्ट्रियल, टेक्निकल एंड वोकेशनल एजुकेशन इन एंशिएंट इंडिया: विथ स्पेशल रेफरेंस टू आर्टीसनस एंड क्राफ्टमैन", 2018 के अनुसार प्राचीन भारत में ललित कला तथा शिल्पकला उद्योगों से जुड़ी कलाओं की एक लंबी सूची है जैसे कुंभकारी, बढ़ई, रंगरेजी, वस्त्र तथा परिधान, दोनों ऊनी तथा सूती, रत्न, धातु उदाहरणत: स्वर्ण, चाँदी, लोहा तथा टिन। मिलिंदपंहा में साठ व्यापारों का वर्णन है, जो विभिन्न प्रकार की शिल्पों से संबंधित हैं। अधिकांश व्यापारों और शिल्पों की मूल रूप से ग्रामीण पृष्ठभूमि थी और शहरी क्षेत्र में भी विकास हुआ। बौद्ध ग्रंथ में ऊँचे भवन, सोने के आभूषण, तेल, चीनी, संगीत उपकरण,

मूल्यवान धातुओं और पत्थरों के बर्तन, विभिन्न प्रकार के वस्त्रों से बने तथा विभिन्न रंगों में रंगे विभिन्न प्रकार के परिधान, फूलों से माला बनाने का शिल्प, सुगंध और अन्य वस्तुओं के विवरण दिए गए हैं, जो संभवत: इसका सूचक हैं कि सोनारी, बुनाई, रंगाई, कपड़ा सिलाई, माला बनाने की कला, इत्र आदि गुप्त काल में अपने विकसित स्तर पर फलीभूत हो रही थीं। कुषाण काल शिल्प और कला के, शिक्षा में प्रसरण को दिखाता है। वात्स्यायन की रचना 'कामसूत्र' भी गुप्त काल की है जो शहरी निवासियों और गांववालों द्वारा प्रोत्साहित अनेक कलाओं और शिल्पों की तस्वीर देता है।

शिल्पकारों और कलाकारों के लिए प्रशिक्षण, अपरेंटिसशिप का मुख्य तरीका था। यह तरीका प्राचीन भारत भर में प्रसिद्ध था। प्रवेश वैदिक काल में अपरेंटिसशिप बहुत प्रसिद्ध था और प्रवेश के लिए एक नियत तरीका था तथा एक उद्योग या शिल्प में प्रवेश के लिए नियत नियमावली द्वारा नियंत्रित था। प्रवेश के लिए विभिन्न सिद्धांतों का निर्वाह किया जाता था। यदि कोई युवक अपनी शिल्प की कला में प्रारंभ करना चाहता है, तो पहले उसे अपने संबंधियों की स्वीकृति प्राप्त करनी चाहिए और फिर अपने गुरु/प्रशिक्षक के साथ रहने के लिए पहले से ही उसके प्रशिक्षण या अपरेंटिसशिप की अवधि निर्धारण करके आगे बढ़ना होगा। वैदिक और बौद्ध काल में अधिकतर देखा जाता था कि गुरू को अपने छात्र को अपने घर पर ही प्रशिक्षण देना होता था जहां उसे उसका भोजन और आवास प्रदान किया जाता था। गुरू अपने छात्र से अपने पुत्र की भाँति व्यवहार करता था।

प्राचीन भारत में शिल्पकारों के प्रशिक्षण को महत्व दिया गया था। शिल्पकार के लिए आवश्यक सुविधाएँ उचित प्रकार से उपलब्ध थीं। अपरेंटिस अपना रहने का भोजन अपने गुरु से प्राप्त करता था और प्रशिक्षण पूर्ण होने के बाद गुरु के साथ रहने का निर्णय लेने में स्वयं को स्वतंत्र अनुभव करता था। विशेषज्ञता में कारक: शिल्प और कला शिक्षा के विकास के प्रोत्साहन के कारकों में पहला शिल्पकारों को कच्चे माल की जानकारी और उपयोग और उपकरण की खोज है। अन्यत्र क्षेत्रों की भाँति भारतीय शिल्पकारों ने भी प्रयत्न एवं भूल विधि के माध्यम से प्रगति की और अधिकाधिक प्रकृति को तकनीकी उपकरणों के नियंत्रण में लाने का प्रयास किया। दूसरा गिल्ड संगठन है जो उनकी स्थायित्व की योजना के साथ, शिल्प कौशल को स्थायी बनाने के लिए प्रोत्साहित किया गया था। तीसरा बाजार का विस्तार तथा अंत में, राज्य का संरक्षण और सुरक्षा है।

श्रुति आनंद के लेख: "प्राचीन भारत में शैक्षिक मूल्यांकन की प्रक्रिया एवं उसका आधुनिक परिप्रेक्ष्य" 2019, के अनुसार वैदिक काल में व्यावसायिक शिक्षा के लिए छात्र मूल्यांकन धार्मिक रीति-रिवाजों के पर आधारित था। बुद्ध सूत्रों एवं उपनिषद में प्राप्त उल्लेख के अनुसार गुरु छात्रों के मध्य विषय रखता था तथा अवलोकन एवं तुलना के आधार पर मूल्यांकन करता था। मन्द अथवा निष्क्रिय छात्रों को ध्यान से सुनने तथा समझने का निर्देश देते हुए नए तथ्यों के माध्यम से, जो वे पहले से जानते थे, उनसे तुलना करके उन्हें पुन: समझाने का प्रयास करते थे। इस प्रकार वे अच्छे तथा कमजोर छात्रों के बीच में तुलना करके अपनी शिक्षण विधियों का भी मूल्यांकन करते थे तथा उसे पुन: परिवर्तित कर मन्द छात्रों के लिए नवीन तकनीकों का प्रयोग कर उन्हे शिक्षण प्रदान करते थे। मूल्यांकन का एक और उदाहरण जो सतत था इस रूप में प्राप्त होता है कि प्राचीन काल में छात्रों की परीक्षा प्रतिदिन ली जाती थी और दूसरा पाठ तब तक आरंभ नहीं किया जाता था जब तक पहला पाठ पूर्णतया याद नहीं हो जाता था। प्राचीन काल में परीक्षा का कोई निश्चित अंतराल नहीं होता था और न ही सामूहिक कक्षोन्नति होती थी। प्राचीन काल में वार्षिक परीक्षा जैसा कोई प्रावधान नहीं था। बुद्धिमान छात्र समय से अपना पाठ समाप्त कर लेते थे। इस काल में वार्षिक या समयावधि की परिक्षाएँ न हो कर केवल अध्यापक की संतुष्टि पर मौखिक परीक्षाएँ होती थी। प्राचीन काल में शलाका परीक्षाएँ होती थीं जिसमें यादृच्छिक रूप से किसी भी प्रश्न को पूछ लिया जाता था। जिसमें समाज के विद्वान सम्मिलित होते थे और वे प्रश्न पूछते थे। इसे ही समावर्तन संस्कार के नाम से जाना जाता है। इस परीक्षा के अन्तर्गत यदि छात्र अपने उत्तर से विद्वत् जन को संतुष्ट कर देता था उसे 'उत्तीर्ण की डिग्री प्रदान की जाती थी।

प्राचीन काल में समेकित शिक्षा व्यवस्था थी जिसमें सामान्य विद्यालय में भी मन्द या सुस्त छात्रों को अध्ययन का अवसर दिया जाता था। ए.एस. अल्टेकर के अनुसार सामान्य विद्यालयों में सुस्त या मन्द छात्रों को अनेक

प्रयास एवं परीक्षणों के माध्यम से मूल्यांकन उपरांत, सुधार न होने की स्थिति में अपनी पढ़ाई को रोकने की सलाह दी जाती थी। मूल्यांकन का एक अन्य उदाहरण नालन्दा विश्वविद्यालय का है, जहाँ प्रवेश हेतु प्रवेशार्थियों की संख्या बहुत अधिक होने के कारण प्रवेश परीक्षा ली जाती थी। इस परीक्षा में मूल्यांकन के पश्चात दस में से तीन ही छात्र अर्ह पाए जाते थे। नालन्दा तथा विक्रमशिला में प्रवेश परीक्षा के मूल्यांकन हेतु विशेष प्रोफेसर दल नियुक्त किया जाता था जो छात्रों की ग्राह्य क्षमता, कार्य क्षमता, उसकी यथार्थता और ईमानदारी का मूल्यांकन करते थे। इन कसौटियों पर उत्तीर्ण छात्रों को ही संस्था में प्रवेश दिया जाता था।

महेश एम. गोंग इत्यादि, के लेख "इंडियन एजुकेशन: एंशिएट, मेडिवल एंड मॉडर्न", 2020 के अनुसार प्राचीन भारत में दो शिक्षण पद्धतियाँ विकसित थीं- वैदिक तथा बौद्ध। वैदिक पद्धति में शिक्षण का माध्यम संस्कृत तथा बौद्ध पद्धति में पाली भाषा थी। प्राचीन शिक्षा, छात्रों को मुख्यत: नम्रता, सत्यनिष्ठा, अनुशासन, आत्मनिर्भरता और सभी रचनाओं को सम्मान देने पर केंद्रित थी। शिक्षा अधिकांश आश्रमों, गुरुकुलों, मंदिरों, घरों में दी जाती थी। शिक्षा अधिकांश जंगलों में खुले आसमान के नीचे दी जाती थी, जिससे छात्रों में ताजगी तथा जीवंतता रहती थी। शिक्षा विशेषत: सांस्कृतिक, चारित्रिक और व्यक्तित्व विकास तथा उदार आदर्शों के विकास और संवर्धन पर केंद्रित थी। पाठ्यक्रम में चार वेद, चार दर्शन और छ: वेदांग (अर्थात् ऋग्वेद, यजुर्वेद, सामवेद और अथर्ववेद; मीमांसा, न्याय, धर्मशास्त्र और पुराण; शिक्षा, कल्प, व्याकरण, निरुक्त, छन्द और ज्योतिष) चौदह विद्या तथा उपनिषद् और तर्क शास्त्र शामिल थे। बीजगणित, ज्यामिति एवं व्याकरण को विशेष महत्व दिया जाता था। पाठ्यक्रम उस युग की मांगों के अनुसार सृजित किया गया था। पाठ्यक्रम परिवर्तनशील था न कि स्थैतिक; यह विभिन्न चरणों से मिलकर बनाया गया था।

भावना सेन और अमित कुमार दवे, के लेख 'रोल आफ वोकेशनल एडुकेशन फ्राम एंशिएट इंडियन एजुकेशन सिस्टम टू प्रेजेन्ट एजुकेशन सिस्टम', 2022 के अनुसार प्राचीन काल में शिक्षा की आधारभूत विधि पाठ वाचन या मौखिक विधि थी। इसी कारण इस विधि से शिक्षण तथा सीखने की प्रक्रिया में त्रुटि या गलती से बचने के लिए विभिन्न तरीके विकसित किए। अतएव प्राचीन काल में शिक्षा या ज्ञान को एक पीढ़ी से दूसरी पीढ़ी तक मौखिक विधि से स्थानांन्तरित किया जाता था। प्रारंभिक दिनों में शिक्षण के अन्य तरीके वाद-विवाद तथा चर्चा थे। इस विधि में ज्ञानी व्यक्ति कुछ स्थानों पर इकट्ठे होते थे और परस्पर विभिन्न धार्मिक, तात्त्विक और अन्य समस्याओं पर नाटकीय रूप से चर्चा तथा वाद-विवाद करते थे।

मिश्रा, एन. तथा ऐथल, पी. एस., (2023), 'एंशिएट इंडियन एजुकेशन: इट्स रिलावैन्स एण्ड इम्पॉर्टेन्स इन दी मॉडर्न एजुकेशन सिस्टम' के अनुसार रामायण और महाभारत जैसे विशेष ग्रंथों में बिखरे हुए तथ्य हमें उस काल की सैन्य शिक्षा के अंदर झलकियाँ प्रदान करते हैं। आधुनिक विश्वविद्यालय संरचना में शब्द कुलपति (चांसलर) और उपकुलपति (वाइस-चांसलर) की व्युत्पत्ति भी इन ग्रंथों में उल्लिखित हैं। कुलपति को 10,000 छात्रों के शिक्षागुरु के रूप में प्रयोग किया गया था। सैन्य विज्ञान को सामान्यत: धनुर्वेद कहा जाता था। इस काल में सैन्य शिक्षा विशेष रूप से महत्वपूर्ण थी। कई संस्थाएँ जैसे की तक्षशिला, उज्जैन, नालंदा, बनारस और मदुरै स्थापित हुई। छठी सदी के प्रसिद्ध चिकित्सा विशेषज्ञ जीवक, सातवीं सदी के महान व्याकरणविद पाणिनि, और चौथी सदी के अर्थशास्त्र के प्राध्यापक कौटिल्य तक्षशिला के छात्र थे। संक्षिप्त में, इन ग्रंथों में उल्लिखित शिक्षा मुख्यत: व्यावसायिक प्रशिक्षण था, जो मूल रूप से व्यावहारिक और अनुप्रयोगशील था।

निष्कर्ष

मध्यप्राचीन भारत में पाठ्यक्रम का मूल उद्देश्य विद्यार्थियों को मानसिक और शारीरिक रूप से विकसित करना था। शिक्षा प्रयोगात्मक थी और व्यवहारिक भी थी। 500 ई.पू. से 1000 ई.पू. तक प्राचीन भारत में व्यवसायिक शिक्षा बहुत विकसित और महत्वपूर्ण थी। व्यापारिक नौकरियों और उद्यमिता के क्षेत्र में कौशल विकसित हुए और विभिन्न व्यावसायिक क्षेत्रों में शिक्षा की अनुमति दी गई। विद्यालयों और अन्य शिक्षण संस्थानों ने उद्यमिता की बढ़ती मांग को पूरा करने के लिए व्यावसायिक शिक्षा को बढ़ावा दिया। उस समय के उच्च शिक्षा संस्थान, जैसे तक्षशिला, नालंदा, विक्रमशीला, वल्लभी, पुष्पगिरी, आदि, अपनी अच्छी शिक्षण प्रणाली और अपने विषय में प्रवीण शिक्षकों के कारण पूरी दुनिया

में प्रसिद्ध थे। उस समय इन विश्वविद्यालयों में भारत के अलावा जापान, चीन, तिब्बत, कोरिया, इंडोनेशिया और तुर्की से भी विद्यार्थी आते थे। जहां विद्यार्थियों को आयुर्वेद, नीतिशास्त्र, चिकित्साशास्त्र, खगोलशास्त्र, बीजगणित, ज्यामिति, व्याकरण आदि विषयों में प्रशिक्षित किया गया था। छात्रों ने अपने शिक्षकों द्वारा सिखाई गई अवधारणाओं को गहराई से समझने और इसे सीखने के लिए नए तरीके खोजने की क्षमता प्राप्त की।

संदर्भ

1. Dr. Arun Kumar Singh, Industrial, Technical and Vocational Education in Ancient India: With Special Reference to Artisans and Craftsmen, (2018) https://www.ijmra.us@project:20doc/2018/IJRSS_FEBRUARY2018/IJRSS Feb 18 Beena By Kam.pdf.
2. Kiran Srivastava, 'Role of Philosophy of Education in India'- Tattva-Journal of Philosophy, (2017), Vol. 9, No.2, 11-21 ISSN 0975-332X https://doi.org/10.12726/tjp.18.211.
3. M. Ghonge, Mangesh, et al. 'Indian Education: Ancient, Medieval and Modern'. Education at the Intersection of Globalization and Technology, Intech Open, 7 Apr. (2021). Crossref, doi:10.5772/intechopen.93420. https://www.intechopen.com/chapters/73290.
4. Bhavana Sen, Amit Kumar Dave, 'Role of Vocational Education from Ancient Indian Education System to Present Education System and Its Implications'. International Research Journal of Commerce Arts and Science.
5. http://www.casirj.com CASIRJ Volume 13 Issue 1 [Year & 2022] ISSN 2319 – 9202.
6. Mishra, N., & Aithal, P. S., Ancient Indian Education: It's Relevance and Importance in the Modern Education System. International Journal of Case Studies in Business, IT, and Education (IJCSBE), (2023), 7(2), 238-249. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo-796493.

❐