खण्ड-11, अंक-1, वर्ष-2023, मु0प्र0 32-39
D.O.I.: https://doi.org/10.22445/avsp.v11i1.5
SJIF (2023) : 8.124

शोध पत्र

Symbiotic Harmony: The Fascinating World of Lichens

Vineeta Tewari[1] and Usha Rani Singh[2]
[1]Department of Botany, Mahila Vidyalaya Degree College, Lucknow-226 018, U.P., India
[2]Department of Chemistry, Mahila Vidyalaya Degree College, Lucknow-226 018, U.P., India
tewarivineeta1@gmail.com

Received: 24-08-2023, Accepted: 17-09-2023

Abstract- Lichen is a unique group of plants found in nature. It is not a single organism, but a dual organism with a unique structure. Lichens represent a unique symbiotic partnership between a non-photosynthetic fungus and a photosynthetic partner, either an alga or a cyanobacterium. This extraordinary alliance between alga and fungus gives lichens the ability to thrive in some of Earth's most inhospitable environments, such as arid deserts, barren rocks and cold tundra, demonstrating their remarkable adaptability and resilience. Despite their simple appearance, lichens play an important role in ecosystems and are useful to humans in many ways. Historically, lichens and their products have been used as a source of food, animal fodder, perfumes, dyes and medicines in various countries of the world. They also play an important role in soil formation and nutrient cycling in nature. Lichens are highly sensitive to atmospheric pollution and are unable to grow in polluted areas and because of this, they serve as an excellent bioindicators of air pollution. Lichens are often overlooked because of their small size, but in fact they are remarkable and amazing organisms, attracting the attention of biologists, ecologists, and enthusiasts alike. This article highlights the uniqueness of lichens, their complex biology, the ecological importance, and the enormous potential of these tiny but miraculous creatures.

Key words- Lichen, Symbiosis, Bioindicator, Biomonitor

सहजीवी सद्भावः लाइकेन की आकर्षक दुनिया

विनीता तिवारी[1]एवं उषारानी सिंह[2]
[1]वनस्पति विज्ञान विभाग, महिला विद्यालय डिग्री कॉलेज, लखनऊ–226 018, उ०प्र०, भारत
[2]रसायन विज्ञान विभाग, डी0एन0 डिग्री कॉलेज, मेरठ–250 002, उ०प्र०, भारत
tewarivineeta1@gmail.com

सार- लाइकेन प्रकृति में पाए जाने वाले पौधों का एक अनोखा समूह है। यह कोई एक जीव नहीं है, अपितु अनोखी संरचना वाला द्वैत जीव है। लाइकेन एक गैर–प्रकाश संश्लेषक कवक और एक प्रकाश संश्लेषक भागीदार, या तो शैवाल या साइनोबैक्टीरियम के बीच एक अद्वितीय सहजीवी साझेदारी का प्रतिनिधित्व करते हैं। यह शैवाल और कवक का असाधारण गठबंधन, लाइकेन को पृथ्वी के कुछ सबसे दुर्गम वातावरणों, जैसे शुष्क रेगिस्तान, बंजर चट्टानों और ठंडे टुंड्रा में पनपने की क्षमता देता है, जो उनकी उल्लेखनीय अनुकूलन क्षमता और लचीलेपन को प्रदर्शित करता है। अपनी साधारण उपस्थिति के बावजूद, लाइकेन पारिस्थितिक तंत्र में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं और कई मायनों में मनुष्यों के लिए उपयोगी होते हैं। ऐतिहासिक रूप से, लाइकेन और उनके उत्पादों का उपयोग दुनिया के विभिन्न देशों में भोजन, पशु चारे, इत्र, रंग और दवाओं के स्रोत के रूप में किया जाता रहा है। वे मिट्टी के निर्माण और प्रकृति में पोषक तत्वों के चक्रण में भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। लाइकेन वायुमंडलीय प्रदूषण के प्रति अत्यधिक संवेदनशील होते हैं, और प्रदूषित क्षेत्रों में विकसित होने में असमर्थ होते हैं और इस वजह से, वे वायु प्रदूषण के उत्कृष्ट जैव संकेतक के रूप में काम करते हैं। लाइकेन को अधिकतर उनके छोटे आकार के कारण नजरअंदाज कर दिया जाता है, लेकिन वास्तव में वे उल्लेखनीय और अद्भुत जीव हैं, जो जीवविज्ञानियों, पारिस्थितिकीविदों और उत्साही लोगों का ध्यान समान रूप से आकर्षित करते हैं। यह लेख लाइकेन की विशिष्टता, उनके जटिल जीव विज्ञान, पारिस्थितिक महत्व और इन छोटे लेकिन चमत्कारी जीवों की विशाल क्षमता पर प्रकाश डालता है।

बीज शब्द– लाइकेन, सहजीवी संबंध, बायोइंडिकेटर, बायोमॉनिटर

1. **परिचय–** लाइकेन अद्वितीय पौधे हैं, क्योंकि वे एकल जीव नहीं हैं, अपितु दो बिलकुल भिन्न समूह के जीवों से मिलकर बने हैं। एक गैर–प्रकाश संश्लेषक कवक (Fungi or Mycobiont) और दूसरा प्रकाश–संश्लेषक हरा शैवाल (Algae or Photobiont) या सायनोबैक्टीरियम (Cyanobacterium or Photobiont), जो एकल जीव लाइकेन के रूप में एक अंतरंग सहजीवी की तरह रहते हैं। लाइकेन के गुण उनके भागीदार जीवों से भिन्न होते हैं। शैवाल या साइनोबैक्टीरियम और कवक के बीच सहजीवी संबंध के परिणामस्वरूप एक विशिष्ट रूप के शरीर की संरचना होती है, जिसे थैलस कहते हैं। लाइकेन को बनाने वाले दोनों सहभागी जीव परस्पर एक दूसरे से लाभान्वित होते हैं। मुख्यतः एस्कोमाइसेट्स की प्रजातियां लाइकेन निर्माण में सबसे आम कवक होती हैं। शैवाल साझेदार या तो हरे शैवाल या नीले–हरे शैवाल समूह के होते हैं। कवक या माइकोबियोन्ट, सब्सट्रेटम पर थैलस को स्थिर करता है, शैवाल या फोटोबियोन्ट को आश्रय प्रदान करता है और पर्यावरण द्वारा नमी और पोषक तत्वों का अवशोषण कर फोटोबियोन्ट को प्रदान करता है। बदले में क्लोरोफिल–युक्त फोटोबियोन्ट, एक प्रकाश–संश्लेषक सहभागी होने के कारण भोजन का निर्माण करता है और इसे माइकोबियोन्ट को भी प्रदान करता है।

लाइकेन में, अन्य पौधों की भांति, जड़, तने और पत्तियों का अभाव होता है। लाइकेन विभिन्न प्रकार के होते हैं और उन्हें संरचना एवं विकास के आधार पर मुख्य रूप से तीन प्रकारों में विभाजित किया जा सकता है। पपड़ी जैसे आकार के थैलस वाले क्रस्टोज लाइकेन, पत्तेनुमा आकार के फोलियोज लाइकेन और शाखित और दाढ़ीनुमा थैलस वाले फ्रूटिकोज लाइकेन कहलाते हैं। लाइकेन में दोनों जीवों के बीच साझेदारी या सहजीविता अत्यधिक संगठित और सफल होती है, और इस संयोजन के परिणामस्वरूप दुनियाभर में 20,000 से अधिक लाइकेन की प्रजातियाँ उत्पन्न हुई हैं, जिनमें से 2,000 से अधिक प्रजातियाँ भारत मे पायी जाती हैं।[1] लाइकेन बहुत सहनशील पौधे होते हैं, और अत्यधिक प्रतिकूल पर्यावरणीय परिस्थितियों में भी रहने के लिए अनुकूलित होते हैं, जहाँ अन्य जीव जीवित भी नहीं रह सकते है। वे चट्टानों, आर्कटिक टुंड्रा बर्फ, शुष्क रेगिस्तान, पुराने स्मारकों की दीवारों, छतों, कब्रगाहों की धातु की बाड़, पुराने चमड़े, प्लास्टिक, कांच, जैसी सतह पर भी उग सकते हैं। लाइकेन आमतौर पर पेड़ों की छाल (Corticolous Lichen), पहाड़ों या समुद्र के किनारे की चट्टानों (Saxicolous Lichen), पत्तियों (Foliicolous Lichen) पर उगते हैं। लाइकेन की कुछ प्रजातियाँ अन्य लाइकेन पर अधिपादपो (Epiphyte) के रूप में भी विकसित हो सकती हैं। वे अत्यधिक प्रदूषित क्षेत्र, ऊँचे समुद्र और जीवित जानवरों के ऊतकों पर नहीं उगते हैं। वैज्ञानिकों के अनुमान के अनुसार, पृथ्वी की 6–8 प्रतिशत भूमि लाइकेन से ढकी हुई है। वे आकार में छोटे होते हैं, इसलिए अधिकतर इन पौधों पर किसी का ध्यान नहीं जाता है, लेकिन पहाड़ों पर और चट्टानी समुद्री तट पर वे बहुतायत में उगते हैं और विभिन्न रंगों और आकारों का होने के कारण लोगों का ध्यान आकर्षित करते हैं। वे हरे, पीले, नारंगी, लाल, सफेद, भूरे और काले रंग के विभिन्न रंगों के होते हैं।[2] अधिकांश लाइकेन कुछ सेंटीमीटर से छोटे होते हैं, परंतु बड़े लाइकेन 2–3 फीट तक लंबे थैलस भी बना सकते हैं। वे बहुत धीमी गति से बढ़ने वाले जीव हैं और कुछ लाइकेन तो कई शताब्दियों तक भी जीवित रह सकते हैं।

2. **प्रकृति और पारिस्थितिक तंत्र में लाइकेन की भूमिका :–**

2.1 **वायुमंडलीय प्रदूषण के बायोइंडिकेटर और बायोमॉनिटर–** लाइकेन वायुमंडलीय प्रदूषण के सबसे मूल्यवान बायोइंडिकेटर और बायोमॉनिटर जीवों में से एक है। लाइकेन बहुत सहनशील जीव होते हैं और अत्यधिक गर्मी, ठंड और सूखे सहित अत्यधिक प्रतिकूल वातावरण में जीवित रह सकते हैं, लेकिन वे वायु प्रदूषण के प्रति बहुत संवेदनशील होते हैं। लाइकेन के दो गुण उन्हें उत्कृष्ट वायु गुणवत्ता संकेतक बनाते हैं। पहला, वे विशेष रूप से कुछ प्रदूषकों के प्रति अति संवेदनशील होते हैं, और दूसरा वे प्रदूषकों के उत्कृष्ट संचयकर्ता भी हैं, और प्रदूषकों को उसी अनुपात में अवशोषित करके संचित कर लेते हैं, जिस अनुपात में वे पर्यावरण में उपस्थित होते हैं। दोनों विशेषताएँ उन्हें वायुमंडलीय प्रदूषण का उत्कृष्ट संकेतक बनाती हैं। लाइकेन प्रदूषित वातावरण में नहीं उगते, इसलिए आम तौर पर अत्यधिक प्रदूषित बड़े शहरों और महानगरों में नहीं पाए जाते हैं। हालाँकि सभी लाइकेन वायु प्रदूषकों के प्रति समान रूप से संवेदनशील नहीं होते हैं, अपितु विभिन्न लाइकेन प्रजातियाँ विभिन्न वायु प्रदूषकों के प्रति अलग–अलग संवेदनशीलता प्रदर्शित करती हैं। लाइकेन समुदाय की सरंचना या संख्या को निर्धारित समय अंतरालों में मापकर, वायुमंडलीय प्रदूषण स्तर का आकलन किया जा सकता है, क्योंकि वायु प्रदूषण के स्तर में वृद्धि के साथ उनकी संख्या घट जाती है और लाइकेन समुदाय की सरंचना मे भी परिवर्तन आ जाता है।

लाइकेन में जल और पोषक तत्वों के अवशोषण के लिए जड़ या अन्य विशिष्ट अंगों की अनुपस्थिति और थैलस में क्यूटिकल की परत की कमी, उन्हें वायुमंडल से सीधे धातुओं और अन्य तत्वों को अवशोषित करने में सक्षम बनाती है। पोषक तत्वों के लिए वातावरण पर निर्भर होने के कारण, लाइकेन प्रदूषकों सहित हवा से सब कुछ अवशोषित कर लेते हैं। ये विशेषताएं उन्हें आदर्श प्रदूषण बायोमॉनिटरिंग जीव भी बनाती हैं।[3] वैज्ञानिक लाइकेन से जहरीले प्रदूषक तत्व निकाल कर, उसका विश्लेषण कर, किसी भी क्षेत्र में वायु प्रदूषण का स्तर निर्धारित कर सकते हैं। इसलिए लाइकेन वायुमंडल में लगातार प्रदूषकों की उपस्थिति और उनके जैविक प्रभावों पर विवरण प्रदान कर सकते हैं।[4] लाइकेन के शैवाल भागीदार, विशेष रूप से सल्फर डाइऑक्साइड, अमोनिया, फ्लोरीन, नाइट्रिक एसिड और सल्फ्यूरिक एसिड जैसे वायु प्रदूषकों के प्रति अत्यंत संवेदनशील होते हैं। लाइकेन नाइट्रोजन की अत्यधिक मात्रा के प्रति भी संवेदनशील होते हैं। भारी धातुएं, शैवाल भागीदार में क्लोरोफिल के संश्लेषण को बाधित करती है और यह अध्ययन में पाया गया है कि लाइकेन प्रजातियां, जो अपेक्षाकृत अधिक मात्रा में भारी धातुओं को जमा करती हैं, उनमें क्लोरोफिल कम मात्रा में पाया जाता है।[5] लाइकेन संरचना, समुदाय की संख्या, संकेतक

प्रजातियों के वितरण, रूपात्मक विशेषताओं में परिवर्तन, या थैलस में घाव या लाइकेन की मृत्यु जैसे संकेतों का अध्ययन करके पर्यावरणीय गुणवत्ता को मापा जा सकता है। लाइकेन वायु प्रदूषण के सबसे अधिक अध्ययन किए जाने वाले जैव संकेतक हैं।[6] पिछले तीन दशकों के दौरान दुनिया भर में लाइकेन पर वायु प्रदूषण के प्रभाव से संबंधित कई अध्ययन किए गए हैं।[7] भारत में भी कई अध्ययन किए गए हैं, जिनमें लाइकेन का उपयोग वायु प्रदूषण के संकेतक और मॉनिटर के रूप में किया गया है।[8,9,10,11]

2.2 **लाइकेन का मिट्टी के निर्माण में योगदान (पीडोजेनिक महत्व)**– लाइकेन बंजर चट्टानों पर उगने वाले प्राथमिक जीव होते हैं। ये चट्टानी खनिजों को तोड़कर मिट्टी के निर्माण में योगदान करते हैं। सैक्सिकोलस crustose लाइकेन चट्टानों और खनिजों के जैविक विघटन में महत्वपूर्ण कारक हैं और मिट्टी के निर्माण में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। चट्टानों और उनके घटक खनिजों के जैविक अपक्षय में जैव–भू–रासायनिक और जैव–भौतिकीय दोनों प्रकार की अपक्षय प्रक्रियाएं सम्मिलित होती हैं। लाइकेन के कवकतंतु भागीदार के चट्टानों (सब्सट्रेटम) के अंदर प्रवेश करते हैं और उनके संकुचन और विस्तार से उत्पन्न तनाव, चट्टानों के जैव–भौतिकीय विघटन का कारण बनता हैं। चट्टानों और खनिजों की जैव–भू–रासायनिक विघटन करने की क्षमता लाइकेन की वृद्धि के दौरान माइकोबियोन्ट भागीदार द्वारा उत्पादित रासायनिक पदार्थों, मुख्य रूप से कार्बनिक अम्लों और लाइकेन एसिड के उत्सर्जन के कारण होती है। ये लाइकेन एसिड चट्टानों में मौजूद धातु आयनों से जुड़ते हैं और चीलेटिंग कॉम्प्लेक्स बनाते हैं। चीलेटिंग प्रक्रिया खनिज विखंडन में एक महत्वपूर्ण कारण हो सकती है, जो चट्टानों के जैव–रासायनिक अपक्षय का कारण बनती है।[12] चट्टानों के जैव–भौतिकीय एवं जैव–रासायनिक अपक्षय से मिट्टी का निर्माण होता है और इस प्रक्रिया को पेडोजेनेसिस कहा जाता है। लाइकेन में बड़ी मात्रा में पानी और कई रसायनिक तत्व जमा होते हैं, जिनमें मुख्य रूप से नाइट्रोजन, सल्फर और फॉस्फोरस होते हैं, जिनका उपयोग अन्य पौधों द्वारा भी किया जा सकता है। जब लाइकेन मर जाते हैं तो वे मिट्टी में कार्बनिक और अन्य रासायनिक पदार्थों की वृद्धि करते हैं, जिससे मिट्टी की समग्र गुणवत्ता और उर्वरता में सुधार होता है, इस प्रकार अन्य पौधों की प्रजातियों जैसे हरिता (mosses) और लिवरवर्ट्स (liverworts) के लिए वहां पनपने की अनुकूल स्थिति बनती है।

2.3 **जैव विविधता में योगदानकर्ता**– मनुष्य सहित पृथ्वी पर सभी प्राणियों के सफल अस्तित्व के लिए जैव विविधता आवश्यक है। लाइकेन उच्च–अक्षांश पारिस्थितिकी तंत्र का एक प्रमुख घटक हैं और पृथ्वी की जैविक विविधता को बढ़ाने में महत्वपूर्ण योगदान देते हैं। अनुमान है कि पृथ्वी की 6 से 8 प्रतिशत भूमि लाइकेन से ढकी हुई है। विश्व में लाइकेन की लगभग 20,000 प्रजातियाँ पाई जाती हैं। भारत में लाइकेन की लगभग 2319 प्रजातियाँ रिपोर्ट की गई हैं, जो 305 जेनेरा और 74 लाइकेन परिवारों से संबंधित हैं।[1]

2.4 **जलवायु संकेतक**– लाइकेन में जड़ों और संवहनी ऊतकों का अभाव होता है और वे अपने आस–पास के पर्यावरण से (सब्सट्रेटम से या वायुमंडल से) पानी और पोषक तत्वों को निष्क्रिय विधि से अवशोषित करते हैं। लाइकेन की यह अनोखी प्रकृति उन्हें तापमान, पानी की उपलब्धता, वायु प्रदूषण, हवा के वेग आदि जैसे पर्यावरणीय कारकों के प्रति अत्यधिक संवेदनशील बनाती है। अतः वातावरण से पोषक तत्वों को ग्रहण करने के लिए लाइकेन की निर्भरता उन्हें पर्यावरणीय परिवर्तन का अच्छा जैव संकेतक बनाती है। जलवायु परिस्थितियों में परिवर्तन के कारण लाइकेन समुदाय की संरचना और संख्या मे महत्वपूर्ण परिवर्तन देखा जाता है। अधिकांश लाइकेन जलवायु में बड़े उतार–चढ़ाव को सहन नहीं कर सकते हैं। तापमान या नमी की मात्रा में परिवर्तन लाइकेन समुदाय की संख्या और संरचना में भारी वृद्धि या कमी कर सकता है। इसलिए लाइकेन समुदाय की संरचना और इनकी संख्या की निगरानी करके जलवायु का अध्ययन किया जा सकता है।

2.5 **पोषक तत्व और जल चक्रण में योगदान**– लाइकेन पर्यावरण में चलने वाले खनिज और जल–चक्रों में भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं, विशेष रूप से नाइट्रोजन के चक्र में। लाइकेन के साइनोबैक्टीरियल भागीदार, वायुमंडलीय नाइट्रोजन गैस को स्थिर करते हैं और इसे उपयोगी नाइट्रोजन–यौगिक मे परिवर्तित कर लाइकेन और अन्य पौधों के उपयोग के लायक बनाते हैं। पेड़ों पर प्रचुर मात्रा में उगने वाले लाइकेन नमी को रोकते हैं और आर्द्रता और तापमान को भी नियंत्रित करते हैं। वे बारिश, ओस, कोहरे, वायु–जनित सूक्ष्म कणों और वायुमंडल से पोषक तत्वों को भी अवशोषित करते हैं जो अन्यथा नष्ट हो सकते हैं।

3. **लाइकेन का मानव के द्वारा उपयोगः–**

3.1 **भोजन और मसालों के रूप में लाइकेन का उपयोग**– इस बात के कई प्रमाण मिलते हैं कि, कई शताब्दियों से, दुनिया के व्यापक हिस्सों में विभिन्न संस्कृतियों के लोगों ने लाइकेन या लाइकेन से प्राप्त उत्पादों का उपयोग खाद्य पदार्थो के रूप मे किया है। भारत, जापान, चीन और कई यूरोपीय देशों के लोगों के द्वारा लाइकेन का उपयोग भोजन और मसालों के रूप में किया जाता रहा है। लाइकेन पौधों की एक लंबी सूची है, जिनका उपयोग मनुष्य भोजन के रूप में करता रहा है। जापान में, लाइकेन के पौधे, *Umblicaria* को आमतौर पर 'रॉक ट्रिप' के नाम से जाना जाता है, जिसे 'इवाटेक' नाम से सलाद के रूप में खाया जाता है, यह वसा और कार्बोहाइड्रेट का समृद्ध स्रोत है। वैज्ञानिकों के अनुमान के अनुसार लगभग 15 प्रकार के खाने योग्य लाइकेन चीन में पाए गए हैं, जिनका उपयोग व्यंजन बनाने में किया

जाता रहा है।[12] चीन में, लाइकेन *Thamnolia vermicularis*, *Lethariella cladonioides*, *Thamnolia subuliformis* का उपयोग स्वास्थ्यवर्धक चाय बनाने के लिए किया जाता है।[13] उत्तरी अमेरिका में अकाल के समय, लाइकेन *Bryoria fremoontii* का उपयोग भोजन के रूप में किया जाता था, इसलिए इसे 'अकाल भोजन' के नाम से भी जाना जाता था। नॉर्वे, स्वीडन, आइसलैंड जैसे कई यूरोपीय देशों में, लाइकेन *Cetraria islandica*, जिसे आमतौर पर 'आइसलैंड मॉस' के नाम से जाना जाता है, इसका उपयोग पुडिंग, दलिया और सूप बनाने में किया जाता है और सलाद के रूप में भी खाया जाता है। फ्रांस में चॉकलेट और पेस्ट्री बनाने के लिए लाइकेन का उपयोग कन्फेक्शनरी में किया जाता है। *Lecanora esculenta* का उपयोग इजराइल में भोजन के रूप में किया जाता है। अफ्रीका में ''यारी'' नामक भोजन बनाया जाता है, जो चार लाइकेन का मिश्रण होता है, जिसमें मुख्य रूप से *Rimelia reticulata* लाइकेन का प्रयोग होता है।[14]

भारत के सिक्किम राज्य में बहुतायत मे उगने वाले लाइकेन *Everniastrum cirrhatum*, सब्जी के रूप में खाया जाता है। अरुणाचल प्रदेश (भारत) की 'आदि' नामक जनजाति, राज्य में आमतौर पर उगने वाले foliose लाइकेन, *Leptogium denticulatum* को भोजन के रूप में उपयोग करती है। दक्षिणी भारत में आम तौर पर उगने वाले लाइकेन *Parmelia* को 'रथपु' या 'रॉक फूल' के नाम से जाना जाता है, जिसका उपयोग करी तैयार करने में किया जाता है। भारतीय बाजारों में, लाइकेन 'छरीला' के नाम से बेचे जाते हैं, जिनका उपयोग मसाले के रूप में किया जाता है, ये *Parmelia* और *Everniastrum* की कुछ प्रजातियों का मिश्रण होते हैं। ये लाइकेन दालों, मांस, बिरयानी और सब्जियों को एक विशेष सुगंध और स्वाद प्रदान करते हैं और भारत के विभिन्न हिस्सों में उपयोग मे लाये जाते हैं।[15] पोषक तत्वों की दृष्टि से लाइकेन के पौधे कार्बोहाइड्रेट का समृद्ध स्रोत हैं, लेकिन इनमें वसा की मात्रा कम होती है। इसके अलावा लाइकेन में प्रचुर मात्रा में प्रोटीन, खनिज तत्व, और कच्चे रेशे भी पाए जाते हैं।

3.2 **पारंपरिक चिकित्सा में प्रयुक्त लाइकेन–** लाइकेन का उपयोग प्राचीन काल से ही दुनिया की कई संस्कृतियों के लोगों द्वारा पारंपरिक चिकित्सा के रूप में किया जाता रहा है और दुनिया के विभिन्न फार्माकोपिया में दवा के रूप में उनके उपयोग का उल्लेख किया गया है।[16] लाइकेन के कई संस्कृत पर्यायवाची शब्द, उदाहरण के लिए 'शैल्य' और 'शिलापुष्प' का वर्णन सुश्रुत संहिता (1000 ईसा पूर्व), चरक संहिता (300–200 ईसा पूर्व) और कई निघंटु (1100–1800 ईस्वी) में भी किया गया है। लाइकेन के कई औषधीय उपयोगों का श्रेय ''हस्ताक्षर के सिद्धांत'' (Doctrine of Signatures), को दिया जा सकता है, जिसे, 15वीं शताब्दी में लिखा गया था,''एक पौधा उन बीमारियों का इलाज कर सकता है जो उसके जैसी दिखती हैं''। सिद्धांत के अनुसार, पौधों के कुछ भौतिक गुण उनके चिकित्सीय मूल्य को इंगित करने के लिए संकेत के रूप में कार्य करते हैं। इसने पारंपरिक भारतीय चिकित्सा या आयुर्वेद, पारंपरिक चीनी चिकित्सा और पश्चिमी हर्बल चिकित्सा जैसी दवाओं की पारंपरिक प्रणालियों में फाइटो–थेरेप्यूटिक्स का आधार बनाया।[17] इस सिद्धांत के अनुसार, *Peltigera canina*, जिसे लोकप्रिय रूप से 'dog lichen' के नाम से जाना जाता है, जो दांतों की पंक्ति से मिलता जुलता है, का उपयोग रेबीज के इलाज के लिए किया जाता था। *Lobaria pulmonaria*, जिसे आमतौर पर फेफड़े जैसा दिखने के कारण 'lungwort' लाइकेन के नाम से भी जाना जाता है, का उपयोग तपेदिक और निमोनिया के इलाज के लिए किया जाता था। लाइकेन, *Parmelia sulcata* का उपयोग कपाल संबंधी रोगों के उपचार के रूप में किया जाता था। इसी प्रकार, *Xanthoriaparietina*, पीले रंग का लाइकेन होने के कारण पीलिया को ठीक करने के लिए उपयोग किया जाता था।[17] लाइकेन *Peltigera apthosa* का थैलस सेफलोडिया (cephalodia) की उपस्थिति के कारण बिंदीदार (dotted) होता है, जिसका उपयोग 'थ्रश' नामक रोग को ठीक करने के लिए किया जाता था। कुछ लाइकेन पौधों को पीलिया, खांसी, रेबीज और झड़े हुए बालों को उगाने के लिए प्रभावी दवा होने का दावा किया जाता था।[18] *Parmelia*, *Lobaria*, *Pertusaria*, *Cladonia*, *Evernia*, *Usnea*, *Peltigera*, *Rocella*, *Xanthoria* और *Physcia*, जैसे कई लाइकेन पौधों को प्राचीन हर्बल चिकित्सा ग्रंथों में शामिल किया गया था।[19] प्राचीन समय मे, त्वचा की विभिन्न प्रकार की बीमारियों जैसे मुँहासे, चकत्ते इत्यादि के लिए प्राकृतिक औषधि के रूप में लाइकेन की विभिन्न प्रजातियों का उपयोग करते थे। वर्तमान मे, लाइकेन के, इस त्वचा उपचार गुण के कारण, इसे विभिन्न त्वचा देखभाल से संबन्धित उत्पादों में भी उपयोग किया जाता है।

4. लाइकेन का औद्योगिक क्षेत्रों में महत्व :–

4.1 **बायोएक्टिव यौगिक पदार्थ के बहुमूल्य स्रोत के रूप में**– लाइकेन मे सहजीवता के परिणामस्वरूप अनेकों प्रकार के द्वितीयक मेटाबोलाइट्स (बायोएक्टिव यौगिक पदार्थ) बनते हैं, जिनमें अद्वितीय गुण होते हैं।[20–23] इनमें से अधिकांश बायोएक्टिव यौगिक पदार्थ विभिन्न रोगकारक सूक्ष्मजीवों के खिलाफ प्रतिरोधक क्षमता दिखाते हैं और विभिन्न चिकित्सा उपचारों में आशाजनक परिणाम दिखाते हैं, अतः ये नई औषधियों के निर्माण के लिए उपयोगी साबित हो सकते हैं। हनेक और योशिमुरा[24] ने लाइकेन द्वारा उत्पादित लगभग 800 मेटाबोलाइट्स की पहचान की थी। मुलर ने विभिन्न समूहों से संबंधित औषधीय रूप से प्रासंगिक मेटाबोलाइट्स की एक सूची तैयार की, जिनमें aliphatic acids, pulvinic acid derivatives, depsides, depsidones, dibenzofurans, anthraquinones, naphthaquinones और epidithiopiperazinediones शामिल हैं।[25] इसी तरह, बाउस्टी और ग्रुब ने लाइकेन के द्वितीयक मेटाबोलाइट्स की विविधता, उनके विकासवादी पैटर्न, उनके उत्पादन में सम्मिलित जीन, बायोएक्टिव अणुओं और उनके संभावित उपयोग

पर चर्चा की है।[26] कई लाइकेन द्वितीयक मेटाबोलाइट्स एंटीबायोटिक, एंटीवायरल, एंटी–इंफ्लेमेटरी, एंटीपीयरेटिक, एनाल्जेसिक, एंटीप्रोलिफेरेटिव, एंटीडायबिटिक और साइटो–टॉक्सिक प्रभाव सहित विभिन्न प्रकार की जैविक क्रियाएं प्रदर्शित करते हैं। एंटी–ट्यूमर और एंटी–एचआईवी गुणों के लिए भी लाइकेन मेटाबोलाइट्स की जांच की जा रही है। एक अनुमान के अनुसार, 50% लाइकेन पौधों में एंटीबायोटिक गुण होते हैं।[27] *Usnea* और *Cladonia* की प्रजाति से प्राप्त, usnic acid, लाइकेन द्वारा निर्मित, सबसे अधिक अध्ययन किया जाने वाला एंटीबायोटिक मेटाबोलाइट है। लाइकेन पौधों से प्राप्त usnic acid, evernic acid और vulpinicacid ग्राम पॉजिटिव बैक्टीरिया *Staphylococcus aureus* और *Bacillus subtilis* की वृद्धि को रोकते हैं।[28] *Letharia columbiana* से प्राप्त vulpinicacid, *Lobaria pulmonaria* से प्राप्त stictic acid, constictic acid और norstictic acid और *Usnea filipendula* से प्राप्त salazinic acid और usnic acid में विभिन्न रोगाणुओं के खिलाफ महत्वपूर्ण एंटीबायोटिक गतिविधि होने की जानकारी मिली है।[29] लाइकेन, *Cetraria islandica* में एंटीऑक्सीडेंट गतिविधि वाले गुण पाये गए हैं।[30] Methyl orsenillate, orsenillic acid, lecanoric acid और atranorin युक्त लाइकेन *Parmotrema stuppeum* से प्राप्त अर्क में भी एंटीऑक्सीडेंट गतिविधि देखी गई है।[31] लाइकेन *Umbilicaria esculenta* में एचआईवी–विरोधी बायोएक्टिव यौगिक पाए गए है।

लाइकेन में अद्वितीय बायोएक्टिव यौगिक पदार्थों के कारण, लाइकेन की औषधीय क्षमता ने कई शोधकर्ताओं को आकर्षित किया है। हालॉकि इनकी औषधीय क्षमता एवं चिकित्सीय उपयोग के व्यापक विश्लेषण की अभी भी कमी हैं और औषधीय रूप से उनका दोहन नहीं किया गया है, परन्तु प्रत्येक दिन नए बायोएक्टिव यौगिकों की लाइकेन में खोज की जा रहीं है, और उनकी चिकित्सीय क्षमता पर अनुसंधान किए जा रहे हैं।

4.2 **इत्र और सौंदर्य प्रसाधन के रूप में लाइकेन का उपयोग–** प्राचीन काल से ही लाइकेन से प्राप्त सुगंधित जैव रासायनिक यौगिकों का उपयोग विभिन्न इत्र और सौंदर्य प्रसाधन उत्पादों में सुगंध के रूप में बड़े पैमाने पर किया जाता रहा है। एक अनुमान के अनुसार विश्वभर में 90 से अधिक डिओडोरेंट और परफ्यूम या कोलोन उत्पादों की गिनती की गई है, जिनमें से लाइकेन–व्युत्पन्न अवयवों को इस्तेमाल किया गया हैं।[32] *Pseudoevernia furfuracea*, जिसे आमतौर पर 'ट्री मॉस' के रूप में जाना जाता है, और *Evernia prunastri*, जिसे आम तौर पर 'ओकमॉस' के नाम से जाना जाता है, से प्राप्त सुगंधित अर्क का उपयोग इत्र, साबुन, सौंदर्य प्रसाधन, डिओडोरेंट्स और आफ्टर शेव लोशन के निर्माण में किया गया है।[32] *Ramalina* और *Lobaria* की प्रजातियों से भी सुगंधित सामग्री प्राप्त की जाती है, जिसका उपयोग विभिन्न उत्पादों में सुगंध के रूप में किया जाता है। उत्तर प्रदेश (भारत) के कन्नौज जिले में लाइकेन की विभिन्न प्रजातियों के अर्क से 'हिनात्तर' नामक इत्र तैयार किया जाता है। विशिष्ट तीव्र सुगंध वाले कुछ लाइकेन पौधों को तम्बाकू के साथ धूम्रपान के लिए उपयोग किया जाता रहा है। लाइकेन थैलस से प्राप्त सुगंधित पदार्थों का उपयोग भारत में सुगंधित पूजा की सामाग्री, धूपबत्ती, अगरबत्ती, और हवन सामग्री बनाने में किया जाता है। प्रत्येक वर्ष, सुगंधित यौगिकों के निष्कर्षण के लिए दक्षिणी फ्रांस, मोरक्को, चेकोस्लोवाकिया, यूगोस्लाविया और अन्य कई देशों में लाइकेन के पौधों की बड़ी मात्रा में कटाई की जाती है। लाइकेन से प्राप्त सुगंधित जैव रासायनिक यौगिक पदार्थ अपनी उच्च एट्रानोरिन की मात्रा के कारण अन्य गंधों के लिए एक फिक्सेटिव के रूप में कार्य करते हैं। इसके अतिरिक्त यह विभिन्न उत्पादों में अपनी विशिष्ट मिट्टी के जैसी, काष्ठ के जैसी और हल्की धुएँ के जैसी प्राकृतिक गंध भी प्रदान करते हैं।

4.3 **कपड़ों की रंगाई के उद्योग (कपड़ा प्रसंस्करण) में–** कृत्रिम रसायनिक रंगों की खोज से पहले, लाइकेन से प्राप्त रंगों का अत्यधिक आर्थिक महत्व था। प्राचीन काल से ही लाइकेन से निकाले गए रंगों का उपयोग कपड़ों को रंगने के लिए किया जाता रहा है। रंगाई करने वाला पदार्थ, *Ochrolechia* और *Evernia* लाइकेन से निकाला गया, एक 'orchil' डाई होता है जो कपड़ों को लाल, बैंगनी या भूरे रंग में रंग देता है। ऑर्चिल डाई का उपयोग ऊन, रेशम, लकड़ी, पंख, संगमरमर और यहां तक कि चमड़े को रंगने के लिए भी किया जाता था। रासायनिक रंगों के खोज के बावजूद आयरलैंड, स्कॉटलैंड और स्कैंडिनेविया में ऊनी कपड़े, अभी भी देशी लाइकेन से प्राप्त प्राकृतिक से रंगे जाते हैं। हिमालय के गढ़वाल जिले में चट्टानों पर आमतौर पर उगने वाला एक क्रस्टोस लाइकेन, *Buellia subsoriroides*, जिसे स्थानीय रूप से 'मेदी' भी कहा जाता है, चरवाहे इसका उपयोग अपनी उंगलियों और हथेलियों को रंगने के लिए करते हैं। रसायन विज्ञान की प्रयोगशालाओं में उपयोग की जाने वाली एक परिचित एसिड–बेस पी–एच संकेतक (लिटमस पेपर) डाई, *Roccella montagnei* और *Rocella tinctoria* जैसे डेपसाइड युक्त लाइकेन से प्राप्त होती है।[33, 34] जीव विज्ञान प्रयोगशालाओं में क्रोमोसोम्स को रंगने के लिए उपयोग की जाने वाली डाई 'ऑर्सीनॉल' भी लाइकेन से प्राप्त 'ऑर्किल' रंजक से तैयार की जाती है। वैज्ञानिकों द्वारा हिमालय से एकत्रित लाइकेन की 11 प्रजातियों की जांच की गई और निष्कर्ष निकाला गयाकि Parmeleoid लाइकेन प्राकृतिक रंगों का एक संभावित स्रोत हैं, और विभिन्न विलायकों में शानदार रंग प्रदान करते हैं।[35]

5. **पशुओं के लिए लाइकेन का उपयोगः–**

5.1 **जानवरों के लिए चारे के रूप में–** लाइकेन अकशेरुकी जीवों के लिए भोजन के महत्वपूर्ण स्रोत के रूप में काम करते हैं।

Cladonia rangiferina (रेनडियर मॉस), जो एक फ्रुटिकोज लाइकेन है, ध्रुवीय देशों में रेनडियर का मुख्य भोजन है। *Cetrariaislandica* लाइकेन का उपयोग घोड़ों के चारे के रूप में किया जाता है। लीबिया के रेगिस्तान में भेड़ें, लाइकेन *Lecanora esculenta* पर चरती हैं। कस्तूरी मृग, *Parmelia, Usnea* और *Ramalina* की प्रजातियों को चरते है। घुन, कैटरपिलर, दीमक, घोंघे, स्लग आदि आंशिक रूप से या पूरी तरह से लाइकेन खाते हैं। दक्षिण भारत में *Rocella montagnei,* का उपयोग पशुओं के लिए सामान्य चारे के रूप में किया जाता है। *Stereocaulon, Cetraria, Parmelia, Evernia, Lecanora* और *Dermatocarpon* की कई प्रजातियाँ भी दुनिया के विभिन्न क्षेत्रों में जानवरों के लिए चारे के रूप में उपयोग की जाती हैं।

5.2 **जानवरों के लिए आवास और पक्षियों के लिए घोंसला बनाने की सामग्री के रूप में**– लाइकेन बड़ी संख्या में अकशेरुकी जानवरों जैसे टिड्डे, तितलियों, स्प्रिंगटेल्स, पतंगे, घुन, मकड़ियों, घोंघे, दीमक, स्लग, छाल जूँ और बीटल इत्यादि को एक सुरक्षात्मक आवास प्रदान करते हैं, जहाँ अकशेरुकी जानवर खुद को छलावरण करके (लाइकेन की तरह रूप धरकर) छिपा सकते हैं, और शिकारियों से बच सकते हैं और साथ मे लाइकेन से भोजन भी प्राप्त कर सकते हैं। भेड़, पहाड़ी बकरियां, मृग, चूहे, गिलहरी, कारिबू, चमगादड़ इत्यादि अपने आवासों में इन्सुलेशन सामग्री के रूप में भी लाइकेन के पौधों का उपयोग करते हैं। पारिस्थितिक रूप से लाइकेन पक्षियों के लिए चारे और घोंसला बनाने की सामग्री के रूप में उपयोगी होते हैं।

6. **निष्कर्ष**– लाइकेन हर महाद्वीप पर पाए जाने वाले सबसे अद्भुत और विचित्र जीवों में से एक हैं और ये पर्यावरण और मनुष्यों के लिए कई तरह से लाभदायक हैं। लंबे समय से, लाइकेन को विभिन्न प्रयोजनों के लिए पादप संसाधनों के रूप में जाना जाता है और अभी भी वे दवाओं, भोजन, रंगों, चारे और इत्र के महत्वपूर्ण स्रोत हैं। लाइकेन वायुमंडलीय प्रदूषण के सबसे महत्वपूर्ण बायोमॉनिटर और बायोइंडिकेटर में से एक हैं, और लाइकेन की ये अनूठी विशेषताएं इसे पर्यावरण का प्रहरी बनाती हैं। शोधकर्ताओं के अनुसार लाइकेन में बायोएक्टिव यौगिकों का विशाल छिपा हुआ खजाना है, जिसमें अनगिनत औषधीय क्षमताएं हैं और इसका व्यावसायीकरण भी किया जा रहा है। लाइकेन में कई बायोएक्टिव यौगिकों की खोज के बावजूद, लंबे समय तक वैज्ञानिकों द्वारा ये उपेक्षित रहे, इसका मुख्य कारण है कि लाइकेन बहुत धीरे–धीरे वृद्धि करते हैं, इसलिए प्रचुर मात्रा में बायोमास का उत्पादन करना एक चुनौतीपूर्ण कार्य है। इसके अलावा प्रयोगशाला में इनके कृत्रिम संवर्धन मे भी कठिनाइयाँ आती हैं। चिकित्सा और उद्योग के लिए महत्वपूर्ण रसायनिक यौगिकों का उत्पादन करने वाले लाइकेन की सीमित उपलब्धता को दूर करने के लिए अनुवांशिक अभियांत्रिकी और जैव प्रोद्योगिकी जैसी तकनीकों का उपयोग किया जाना चाहिए। लाइकेन के बारे में बहुत सारी जानकारी ज्ञात है, परंतु यह अनुमान लगाया जा सकता है कि पौधों के इस छोटे समूह में अभी भी असंख्य क्षमताएं और गुणों का विशाल भंडार छुपा हुआ है, जिसकी पहचान करने के लिए और अधिक शोध की आवश्यकता है।

References

1. Awasthi, D.D. (2000) Lichenology in a supplement to a hand book of lichens (Shiva offset press Dehradun, Iindia), pp. 1-124.
2. Brodo, I. M.; Sharnoff, S.D. and Sharnoff, S. (2001) Lichens of North America. New Haven, USA: Yale University Press.
3. Seaward, M.R.D. and Richardson, D.H.S. (1989) Atmospheric sources of metal pollution and effect on vegetation. In: Shaw AJ (ed.) Heavy metal tolerance in plants: evolutionary aspects. CRC Press, Boca Raton, pp 75–92.
4. Garty, J. (2001)Biomonitoring atmospheric heavy metals with lichens: theory and application,Crit. Rev. Plant Sci.,vol. 20, no. 4, pp. 309–371.
5. Loppi, S.; Putorti, E.; Pirintsos, S. and Dominicis, V.D. (2000) Accumulation of heavy metals in epiphytic lichens near municipal waste incinerator (central Italy),Environ Moni Ass., vol. 61, pp. 361–371.
6. Ferry, B.W.; Baddeley, M.S. and Hawksworth, D.L. (1973) Air pollution and lichens, The Anthlone Press, vol. 13, pp. 364-372.
7. Garty J.; Tomer S.; Levin, T. and Lehr, H. (2002) Lichens as biomonitors around coal field power station in Israel. Environ. Res., vol. 91, pp. 186–198.
8. Shukla, V. and Upreti, D.K. (2007) Heavy metal accumulation in Phaeophyscia hispidula en route to Badrinath, Uttaranchal, India,Environ. Monit. Ass., vol. 131,pp.365–369.
9. Shukla, V. and Upreti, D.K. (2008) Effect of metallic pollutants on the physiology of lichen *Pyxine*

subcinerea in Garhwal HimalayasEnviron Monit Ass., vol. 141, pp. 237–243.
10. Shukla, V. and Upreti, D.K. (2009) Polycyclic aromatic hydrocarbon accumulation in lichen *P. hispidula* of Dehradun city, Garhwal HimalayasEnviron Monit Ass., vol. 149, pp. 1–7.
11. Bajpai, R.; Upreti, D.K. and Mishra, S.K. (2004) Pollution monitoring with the help of lichen transplant technique at some residential sites of Lucknow,J. Environ. Bio.,vol. 25, no. 2, pp. 191–195.
12. Bajpai, R. and Upreti, D.K. (2011) Lichens a potential organism for sustainable agriculture. *Environew.,* vol. 17, no. 4, pp. 4–6.
13. Choi, R. Y.; Ham, J. R.; Hur, J.S., et al. (2017) Anti- obesity property of Lichen *Thamnoliavermicularis*extractin3T3-L1cellsanddiet-inducedobesemice, Preventive Nutrition and Food Science,vol. 22, no. 4, pp. 285–292.
14. Glew, R.S.; Vanderjagt,D.J.; Chuang, L.T., et al.(2005) Nutrient content of four edible wild plants from West Africa, Plant Foods for Human Nutrition, vol. 60, no. 4,pp. 187–193. https://doi.org/10.1007/s11130-005-8616-0.
15. Brij Lal and Upreti, D. K. (1985) Ethnobotanical utilization of lichens by the tribes of Madhya Pradesh, J. Econ. Taxon. Bot,vol. 7, no. 1, pp. 203-204.
16. Richardson, D.H.S. (1988) Medicinal and other economic aspects of lichens. In: Galun M, ed. Handbook of Lichenology, Boca Raton, Florida, USA: CRC Press, pp. 93–108.
17. Bown, D. (2001) Encyclopedia of Herbs and their Uses, Dorling Kindersley, London.
18. Pereira, J. (1853) The Elements of Material Medica and Therapeutics. Vol.2, 3rd American edition.
19. Llano, G. A. (1944) Lichens and their biological and economic significance,Bot. Rev.vol. 10, no. 1, pp. 1-65.
20. Varita, K.O. (1973) Antibiotics in lichens. In: The Lichens. Academic Press New York. pp. 547–561.
21. Huneck, S.(1999) The significance of lichens and their metabolites, Naturwissenschaften. Dec, vol. 86, no. 12, pp. 559-570. doi: 10.1007/s001140050676. PMID: 106.
22. Lawrey, J. D. (1989) Lichen secondary compounds, evidence for a correspondence between antiherbivore and antimicrobial function,Bryologist, vol. 92, pp. 326–328.
23. Laxinamujila, Bao, H. Y. & Bau, T. (2013) Advance in studies on chemical constituentsand pharmacological activity of lichens in Usnea genus,ZhongguoZhong Yao Za Zhi, *vol.* –38, no. 4, pp. 539545.
24. Huneck, S. and Yoshimura, Y. (1996) Identification of lichen substances. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
25. Muller, K. (2001) Pharmaceutically relevant metabolites from lichens,Appl. Microbiol. Biotechnol., vol. 56, pp. 9-16.
26. Boustie, J. and Grube, M. (2005) Lichens - a promising source of bioactive secondary metabolites, Plant Genetic Resources., vol. 3, no. 2, pp. 273-287.
27. Sharnoff, S. D. (1997) Lichens and people. www.lichen.com
28. Lawrey, J. D. (1986) Biological role of lichen substances,Bryologist, vol. 89, pp. 111-122.
29. Crockett, M.; Kageyama, S.; Homen, D.; Lewis, C. et al. (2003) Antimicrobial properties of four Pacific Northwest lichens, Oregon State University Press, Coruallis 386.
30. Gülçin, I.; Oktay, M.; Kiifreviolu, O. I. and AsIan, A. (2002) Determination of antioxidant activity of lichen *Cetraria islandica*,Journal of Ethnopharmacology, vol. 79, no. 3, pp. 325-329.
31. Jayapraksha, G., K. and Rao, I. J. (2000) Phenolic constituents from the lichen *Parmotrema stuppeum* (Nyl.) Hale and their antioxidant activity, Zeitschrift fur Naturforschung, vol. vol. 55, no. 11-12,pp. 1018-1022.
32. Schalock, P. C. (2009)Lichen extracts. Dermatitis, Jan-Feb, vol. 20, no. 1, pp. 53-4, PMID: 19321121.
33. Rather L.J.; Islam S.; Azam M.; Shabbir M., et al. (2016) Antimicrobial and fluorescence finishing of woolen yarn with Terminaliaarjunanatural dye as an ecofriendly substitute to synthetic Antibacterial agents. RSC Adv.; 6:39080-39094. doi: 10.1039/C6RA02717B.

34. Shukla, P.; Upreti, D.K.; Nayaka, S. and Tiwari, P. (2014) Natural dyes from Himalayan lichens, Indian Journal of Traditional Knowledge,vol. 13, no. 1, pp.195-201.
35. Kumar, K. and Upreti, D.K. (2001) Parmelia spp. (Lichens) in ancient medicinal plant lore of India, Economic Botany. vol. 55, no. 3, pp. 458-459.