क्या बद्रीनाथ धाम की वायु प्रदूषित है?

वर्तिका शुक्ला एवं दलीप कुमार उप्रेती

राष्ट्रीय वनस्पति अनुसंधान संस्थान

भारतवर्ष के प्रमुख हिन्दू तीर्थस्थलों में उत्तराखण्ड राज्य में बद्रीनाथ एक प्रमुख धाम है। प्रतिवर्ष लाखों लोग बद्रीनाथ धाम के दर्शनार्थ यहाँ आते हैं। वर्ष 2000 में उत्तराखण्ड राज्य के गठन के पश्चात् राज्य की घोषित पर्यटन नीति के अन्तर्गत चार धाम यात्रा को बढ़ावा व अधिक सुविधाजनक बनाने हेतु पहल की गई। जिसमें सड़कों का चौड़ा करना व विश्रामालयों का निर्माण प्रमुख है। ये दोनों ही कार्य वनों के विनाश को बढ़ावा देते हैं। यात्रा मार्ग के अधिक सुगम बनने से पेट्रोल व डीज़ल चलित वाहनों के आवागमन तथा उनकी संख्या में भारी बढ़ोतरी हुई है जो कि क्षेत्र में वायु प्रदूषण में वृद्धि का एक प्रमुख कारक है।

जहाँ एक ओर धार्मिक यात्रा (पर्यटन) उत्तराखण्ड राज्य की अर्थव्यवस्था का आधार है वहीं दूसरी ओर वाहनों के आवागमन एवं भवन निर्माण से राज्य की जैव सम्पदा का छरण व वायु प्रदूषण से अपूर्णनीय हानि होने की सम्भावना निरंतर बढ़ रही है। अतः वर्तमान में राज्य के लिए यह आवश्यक हो गया है कि यात्रा के कारण इस क्षेत्र में हो रहे वायु गुणवत्ता में परिवर्तनों का विस्तृत अध्ययन किया जाय।

शैक या लाइकेन, पादप जगत में एक विलक्षण पौधे के रूप में जाना जाता है, जिसमें शैवाल तथा कवक स्थायी सहजीवी होते हैं। शैवाल तथा कवक से मिलकर बनने वाली पादप संरचना को हिन्दी में शैक, अंग्रेजी में 'लाइकेन' कहा जाता है (शैवाल + कवक = शैक)। शैवाल में उपस्थित हरित लवक 'क्लोरोप्लास्ट' प्रकाश संश्लेषण की क्रिया द्वारा भोजन का निर्माण करतें हैं, जबकि कवक उसे आवास की सुविधा प्रदान करने के साथ खनिज लवण तथा जल उपलब्ध कराता है। मुख्यतः शैक सभी तरह की जलवायु तथा जीवनाधारों में उगने में सक्षम होते हैं लेकिन वायु में उपस्थित अत्यन्त अल्प अम्लीय गैसों तथा वातावरण में होने वाले स्थानीय सूक्ष्म परिवर्तनों को सहने में असमर्थ होने के कारण उस स्थान से विलुप्त होने लगते हैं। शैक की अति संवेदनशीलता के कारण यह वायु प्रदूषण सूचक व मापन के लिये एक अत्यंत उपयोगी पौधा है। अम्लीय गैसों के प्रति अत्यधिक संवेदनशीलता, सरल पादप संरचना, अत्यन्त मंद वृद्धि दर, अत्यन्त लम्बी उम्र, पतझड़ जैसी क्रिया का न होना, जड़ तंत्र की अनुपस्थिति शैक को एक महत्वपूर्ण जैव संचक तथा प्रदूषण संवेदक गुण प्रदान करते हैं।

प्रदूषित वातावरण में शैक विकसित आकारकीय विकृति को स्पष्ट दर्शाते हैं। स्वच्छ वातावरण के शैक स्वस्थ, बड़े, अधिक हरे तथा उनकी आकारकीय स्पष्ट होती है लेकिन प्रदूषित वातावरण में उनका आकार छोटा, अस्पष्ट कम हरा या कभी-कभी सफेद, जीवनाधारों से उखड़ता हुआ, विकृत दिखाई देता है। चित्र 1 से यह स्पष्ट होता है कि किसी स्थान में प्रदूषण के बढ़ने के साथ-साथ शैक थैलसाभ का आकार छोटा होने लगता है तथा अन्त में वह जाति विलुप्त हो जाती है।

वर्तमान अनुसंधानों से यह प्रमाणित हो चुका है कि शैक (लाइकेन) एक स्थापित प्रदूषण मापक जीव है। जिनके माध्यम से किसी क्षेत्र में वाहनों द्वारा या अणुजलवायु में होने वाले परिवर्तनों के प्रभाव का अध्ययन सरलतापूर्वक किया जा सकता है। इसी आधार पर बद्रीनाथ धाम के आस-पास के स्थानों से वहाँ के वातावरण की गुणवत्ता जाँचने के लिए वहाँ उपलब्ध शैकों की जैव विविधता तथा उनमें एकत्रित अकार्बनिक एवं कार्बनिक प्रदूषकों के जैवसंचन का मापन विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग, नई दिल्ली द्वारा प्रदत्त एक शोध परियोजना के अन्तर्गत किया गया।

शैक विविधता किसी भी क्षेत्र में होने वाले जलवायु अथवा वातावरण परिवर्तन का प्रथमदृष्टया आधार है। कुछ सूचक जातियों का होना या न होना क्षेत्र की वायु गुणवत्ता को दर्शाता है। इसी तथ्य को आधार बनाकर वर्ष 2005 में बद्रीनाथ धाम से विभिन्न जीवनाधारों जैसे पेड़ एवं पत्थर पर उगने वाले शैक नमूनों को एकत्रित किया गया जिनकी पहचान 56 शैक जातियों के रूप में हुई जिनमें मुख्यतः पर्तनुमा जातियां पाई गयी। पत्तीनुमा शैकों की श्रेणी में फिसियेसी कुल के सदस्य सबसे अधिकता में पाये गये। जैनथोरिया व लेकानोरा वंश के पर्तनुमा तथा पत्तीनुमा सदस्य भी पत्थरों तथा चट्टानों पर बहुतायत में पाये गये।

किसी भी स्थान में फिसियेसी कुल के सदस्यों की उपस्थित जलवायु में नाइट्रोजन यौगिकों (NO_x व NH_3) की उपस्थिति की ओर संकेत करती है। यह सर्वविदित है कि NO_x गैसें वाहनों के धुएं से उत्सर्जित होती है और अमोनिया गैस मल-मूत्र के जैवविघटन से अतः प्रदूषण सहनशील शैक जैसे कि फिसियेसी व लोकानोरेसी कुल के सदस्यों की प्रचुर विविधता क्षेत्र में हो रहे वायु प्रदूषण को सूचित करती है।

फिसियेसी, लेकानोरेसी, टिलोस्सिटेसी कुलों के कुछ सदस्यों के माध्यम से जैवसंचन का भी अध्ययन किया गया ताकि वायु प्रदूषण के मात्रात्मक आंकड़े प्राप्त हो सकें। वाहनों से उत्सर्जित होने वाले भारी तत्व जैसे कि Fe, Ni, Cu, Cr, Cd, Zn व Pb (तालिका-1) का *फियोफिसिया हिस्पिंडूला, लेकानोरा म्यूरेलिस, डायमिलिना ओरिना* में संचित मात्रा का अध्ययन किया गया। विभिन्न भारी तत्वों के विश्लेषण से प्राप्त आंकड़ों से यह स्पष्ट हुआ कि सभी भारी तत्व बद्रीनाथ क्षेत्र की वायु में उपस्थित हैं। लौह तत्व सबसे अधिक मात्रा में पाया गया। सीसा व निकिल की उपस्थिति वाहनों के अत्याधिक उत्सर्जित धुँए के कारण वातावरण में वायु प्रदूषण को दर्शाती करती है।

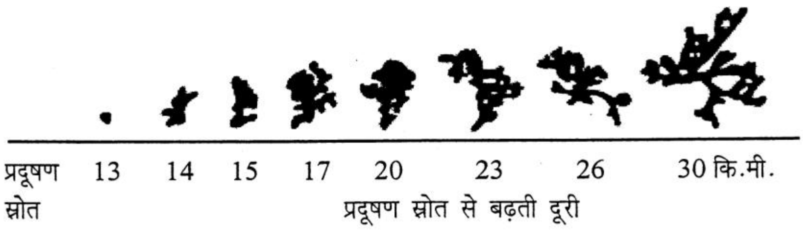
बद्रीनाथ धाम के आस-पास उगे शैक जातियों में एकत्रित Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) का अध्ययन किया गया। PAH अध्ययन पर्यावरण की दृष्टि से महत्वपूर्ण है क्योंकि कुछ PAH यौगिक कैंसरकारक यौगिकों की श्रेणी में आते हैं। क्षेत्र में PAH उत्पन्न होने के दो प्रमुख अप्राकृतिक स्रोत (वाहनों का धुआँ व लकड़ी और कोयले के जलने से उत्पन्न धुआँ) बद्रीनाथ क्षेत्र में सर्वव्याप्त है। अध्ययन में यह पाया गया कि क्षेत्र में 5 व 6 चक्रिय PAH ज़्यादा है जो कि प्रमाणित कैंसरकारक यौगिक है। PAH का सबसे ज़्यादा जैवसंचन 33.72 ppm फियोफिसिया हिस्पिडुला में पाया गया।

विश्लेषण के आधार पर यह पाया गया कि बद्रीनाथ क्षेत्र में ना केवल अकार्बनिक व कार्बनिक प्रदूषण व्याप्त है

तालिका-1 बद्रीनाथ क्षेत्र के विभिन्न शैकों में एकत्रित भारी तत्व (माइक्रोग्राम/ग्राम शुष्कभार)

भारी तत्व	डायमलिना औरिना		फियोफिसिया हिस्पीडूला		लेकनोरा म्यूरेलिस	
	बद्रीनाथ	माणा	बद्रीनाथ	माणा	बद्रीनाथ	माणा
Cu	*	*	5.3	*	*	5.3
Pb	7.9	158.5	52.2	38.8	171	58.8
Ni	13.3	6.9	11.1	18.1	3.6	15.2
Zn	48.6	22.1	70.5	43.5	20.3	113.4
Fe	8348	21780	4782.8	14335	5487	7720
Cd	0.67	2	1.9	0.5	8.1	2.0
Cr	*	*	5.5	*	*	6.6

* मापन विधि की न्यूनतम सीमा से कम



चित्र 1-प्रदूषण का शैक अकारकीय और संरचना पर प्रभाव

बल्कि कुछ तत्वों/यौगिकों की मात्रा प्रदूषण मानक से भी अधिक है। बद्रीनाथ क्षेत्र में वायु प्रदूषण का स्तर लगातार बढ़ रहा है जिसका प्रमुख कारण यात्रा सीज़न में वाहनों का भारी आवागमन तथा धाम के अत्यन्त ठण्डे स्थान में स्थित होने के कारण लकड़ी व कोयले का अत्याधिक प्रयोग है। इन्हीं कारणों से आज बद्रीनाथ धाम का पर्यावरण शुद्ध नहीं रह गया है।

शैक के माध्यम से वायु गुणवत्ता का अध्ययन एक विश्वसनीय व कम खर्चीली तकनीक है जिसके द्वारा दुर्गम हिमालय के विभिन्न क्षेत्रों का प्रदूषण स्तर ज्ञात किया जा सकता है। मुख्य प्रदूषित स्थानों को चिन्हित कर राज्य में पर्यावरण संरक्षण के लिए योजनाएं बनाकर राज्य के पोषणीय विकास के लिए प्रयास किया जा सकता है क्योंकि पर्यावरण संरक्षण में ही मानव का हित निहित है।

(1) **ऊष्णकटिबंधीय क्षेत्रों में पीक्सीन कोकोस (पत्तीनुमा शैक), एक स्थापित जैवसूचक है।**

(2) **शैक प्रजातियाँ जिनकी आकृति गोलाकार होती हैं उनका उपयोग 'लाइकेनोमेट्री' पद्धति के अनुसार पत्थरों की आयु तथा ग्लेसियर अपवृदन प्रक्रिया को ज्ञात करने के लिए किया जाता है।**

(3) **फिसियेसी समूह के शैकों की उपस्थिति सम्पूर्ण विश्व में शुष्क मौसम तथा ताप वृद्धि को सूचित करती है जो नगरीय वायु मण्डल की पहचान है।**

(4) **पैराइटिन, नाम का पदार्थ, जैनथोरिया समूह के शैकों में बहुतायत में उपस्थित होता है। इस यौगिक में पारा बैगनी किरणों को अवशोषित करने की क्षमता होती है।**

(5) ***फियोफिसिया हिस्पीडुला*** **(पत्तीनुमा शैक) में लौह तत्व संग्रहण की सर्वाधिक क्षमता होती है। इस शैक में 25000 ppm तक लौह तत्व पायी गई।**