भारतीय वैज्ञानिक एवं औद्योगिक अनुसंधान पत्रिका
वर्ष 23 अंक 2 दिसम्बर 2015 पृ. 108-113

पर्णांगों द्वारा धातु संदूषित उड़न राख का प्रबंधन : एक अवलोकन

अलका कुमारी एवं बृजलाल
उच्च तुंगता जीव विज्ञान एवं पादप संरक्षण विभाग
सी.एस.आई.आर.-हिमालय जैवसम्पदा प्रौद्योगिकी संस्थान, पालमपुर 176 061 (हिमाचल प्रदेश)

सारांश : हमारे देश में अधिकतम ताप विद्युत संयंत्र कोयले पर आधारित है, जिसमें कोयले को जलाकर विद्युत उत्पादन किया जाता है। इससे भारी मात्रा में उड़न राख उत्सर्जित होती है जो प्रदूषण का एक मुख्य स्रोत है। आज पूरे देश में करीब 85 ताप विद्युत केन्द्रों द्वारा 300 मिलियन टन उड़न राख प्रति वर्ष उत्सर्जित होती है। इतनी बड़ी मात्रा में उत्सर्जित होने वाली उड़न राख का भण्डारण कहाँ और कैसे किया जाए, यह एक बड़ी चुनौती है। साथ ही उड़न राख की भौतिक तथा रासायनिक प्रकृति से यह स्पष्ट होता है कि भारी व विरल धातु की अधिकता के कारण यह पर्यावरण के लिए विषाक्त साबित होती है। प्रस्तुत लेख में इसी समस्या के निदान की चर्चा पर्णांग (फर्न) जैसे सजावटी पौधों की कृषि तकनीक के रूप में की गयी है, जिनमें धातु अवशोषण की अद्‌भुत क्षमता है। अतः प्रस्तुत लेख में पर्णांगों के द्वारा इसके प्रबन्धन के साथ-साथ इसकी विषाक्तता की समस्या को भी समायोजित करने का प्रयास किया गया है जो एक सस्ती, सरल तथा पर्यावरण-मित्र तकनीक है।

Management of metal loaded fly ash by Pteridophytes : An overview

Alka Kumari & Brijlal
Department of High Altitude Biology and Plant Conservation
CSIR-Institute of Himalayan Bioresource Technology, Palampur 176 061 (Himachal Pradesh)

Abstract

In India majority of thermal power plants are coal based, in which electricity is generated by coal-combustion. It generates huge quantity of fly ash which becomes a major source of residue and pollution. Today, about 300 million tons fly ash is generated annually by 85 thermal power units in India. The storage and utilization of these huge quantities of fly ash becomes a major challenge. Besides, physico-chemical properties of fly ash have demonstrated to contain significant amount of toxic elements also, posing a threat to receiving environment. In the present article, management of such sites with the development of a vegetation cover of metal hyperaccumulator ferns may prove to be promising ecofriendly, cost effective and simple agro-technology to handle this menace.

प्रस्तावना

पर्णांग (फर्न) अर्थात् टेरिडोफाइट्स अति प्राचीन पुष्प विहीन पादप प्रजाति हैं, जिनका अस्तित्व पृथ्वी पर कार्बोनीफेरस काल से भी लगभग 350-400 मिलियन वर्ष पुराना है[1]। इनकी जटिल किन्तु आकर्षक पर्ण विन्यास अनायास ही इन्हें प्राचीन कला और साहित्य से जोड़ती है। विभिन्न प्रजातियों की परम्परागत औषधीय उपयोगिता का विवरण प्राचीन औषधीय साहित्यों जैसे चरक एवं सुश्रुत संहिताओं (C 100 AD) में भी मिलता है। पर्णांग मुख्यतः नम एवं छायादार स्थानों पर सघनता से उगते हैं और समूचे विश्व के विभिन्न भागों में करीब इनकी 12,000 प्रजातियाँ पायी जाती हैं। भारत में इस समूह के पौधे सामान्यतः पहाड़ों पर पाये जाते हैं, जिनकी संख्या लगभग 1000 है[2,3]। खासकर पहाड़ी क्षेत्रों में जहाँ सघन जंगल तथा पर्याप्त नमी वाली जलवायु पायी जाती है इनकी जैवविविधता देखने योग्य होती है। पूर्वोत्तर हिमालय से लेकर पश्चिमोत्तर हिमालय में कुमाऊँ की पहाड़ियों से लेकर गढ़वाल तक, जम्मू से लेकर कश्मीर की पहाड़ियों तक तथा हिमाचल प्रदेश में धर्मशाला की पहाड़ियों से लेकर चंबा होते हुए लाहौल-स्पीति की बर्फ़ीली पहाड़ियों तक इस वनस्पति समुदाय का साम्राज्य फैला हुआ है[4,5,6]। ठीक, उसी प्रकार पूर्वोत्तर हिमालय में असम, पश्चिम बंगाल तथा अरुणाचल प्रदेश से लेकर अंडमान निकोबार द्वीप तक इनका विस्तृत साम्राज्य हैं। मध्य भारत में पचमढ़ी

के जंगलों से लेकर दक्षिण भारत के जंगली इलाकों जैसे डक्कन के पठार तथा वेस्टर्न घाट में भी इनकी सघनता प्रचुर मात्रा में वैज्ञानिकों द्वारा दर्शायी गयी है[3,8,9]। इस समुदाय की कुछ प्रजातियाँ राजस्थान के मरूभूमि से लेकर मैदानी भागों में भी पायी जाती हैं[10]। यद्यपि मैदानी भागों में इसकी विविधता कम पायी जाती हैं किन्तु किसी खास भौगोलिक क्षेत्र के अनुरूप अपने आप को ढालने की क्षमता इस पादप समुदाय में उत्पति के करोड़ों वर्ष के बाद भी मौजूद है क्योकि वर्तमान समय के पर्णांग करोड़ों वर्षो के क्रमिक विकास के परिणामस्वरूप अस्तित्व में हैं।

शोध पत्रों के गहन अवलोकन से यह स्पष्ट होता है कि भारत में इस समुदाय पर मुख्यतः अनुसंधान वर्गिकी, बाह्य आकारिकी, अन्तः रचना, आनुवंशिकी तथा आर्थिक महत्व पर ही केंद्रित रहा है, परंतु पिछले दशकों से वैज्ञानिकों ने इसकी कुछ प्रजातियों को प्रदूषण का सूचक भी बताया है। यद्यपि धातु अवशोषक के संदर्भ में आज भी अधिकांश प्रपत्र पुष्पीय पादपों पर पाए गए हैं और अपुष्पीय पादपों पर बहुत कम शोध हुए हैं, फिर भी इसकी कुछ प्रजातियों के धातु अवशोषक होने की सूचना काफी समय से है, जैसे फर्न प्रजाति *एस्प्लेनियम एडल्टेरियम* निकेल धातु का सूचक है[11] जबकि *एस्प्लेनियम सेप्टेन्त्रिओनले* उत्तरी तथा मध्य वेल्स में लेड तथा कॉपर की खानों में पाया गया[12]। अन्य पर्णांग जैसे *पीलिया कॉलोमिलोन्स* तथा *किलेन्थस हिर्टा* कॉपर तथा निकेल धातु के सूचक हैं[13]। कुछ पर्णांग क्रोमियम संदूषित मृदा पर पर भी उगते हुए पाये जाते हैं[14]। वैसे पिछले कुछ वर्षों में भारी धातुओं और आर्सेनिक के अति-अवशोषक के रूप में चाइनीज ब्रेक फर्न *टेरिस विटाटा* का नाम अति प्रचलित हुआ है[14,15] और इस संदर्भ में कई अन्य शोध पत्र अमरीकी वैज्ञानिकों द्वारा प्रकाशित किए गए हैं।

स्थलीय पर्णांगों के अलावा जलीय पर्णांग भी धातु अवशोषक के रूप में काफी प्रचलित हैं जैसे *एजोला फिलीकुलोइड्स* विभिन्न भारी धातुओं जैसे क्रोमियम, निकेल तथा ज़िंक के साथ-साथ कैडमियम तथा कॉपर धातु का भी अवशोषक है[16,17]। उसी प्रकार *एजोला पिनाटा, मारसिलिया मीनुटा* तथा *साल्वीनिया मोलेस्टा* भी कैडमियम धातु के अवशोषक के रूप में सूचित हैं[18]। पर्णांग समुदाय के धातु अवशोषक गुणों के कारण ही इसका उपयोग उड़न राख जैसी विषाक्त मृदा के समायोजन में किया गया है[15,19,20]। खास बात यह है कि धातु अवशोषित पर्णांगों में बाह्य रूप से विषाक्तता के कुछ भी लक्षण दिखाई नहीं पड़ते जो इस बात को साबित करता है कि इन पादपों में प्राकृतिक रूप से धातु प्रबंधन की आंतरिक क्षमता मौजूद है।

यद्यपि ताप विद्युत संयंत्र के अधिकांश उड़न राख सड़क निर्माण, ख़ानों की भराई व भवन सामग्री (सीमेंट बनाने में) के रूप में उपयोग में लाये जा रहे हैं, फिर भी ताप विद्युत संयंत्र के पास इसके भंडारण की समस्या हल नहीं हो पायी है। ऐसे में फर्न जैसे सजावटी पौधों के वानस्पतिक आच्छादन (वेजिटेशन कवर) द्वारा प्रबंधन एक खास विकल्प है। यद्यपि उड़न राख जैसी विषाक्त और विषम समस्या से निबटने में इस विशेष पादप समुदाय की कृषि-तकनीक की चर्चा अभी सामान्य जनमानस तक प्रचलित नहीं है। अतः प्रस्तुत शोध प्रपत्र में उड़न राख का समायोजन एवं प्रबंधन तीन शोभाकारी फर्न *एमपिलोप्टेरिस प्रोलिफेरा, डिप्लेजियम एस्कूलेंटम* तथा *टेरिस विटाटा* की कृषि-तकनीक द्वारा सफलतापूर्वक किए जाने की संभावना को दर्शाया गया है। खास बात यह भी है कि ये फर्न प्रजातियाँ उड़न राख के ऊपर सघन रूप से एक वानस्पतिक चादर की तरह उगते हैं जो कि उड़न राख के धूल कणों से वातावरण को बचाता है, साथ ही उड़न राख की विषाक्तता को कम करने का भी एक महत्वपूर्ण माध्यम है जिससे भविष्य में धातु मुक्त उड़न राख का उपयोग कृषि से लेकर ख़ानों के अंदर भराई के लिए भी किया जा सके। इस प्रकार प्रस्तुत शोध पत्र में पर्णांगों के कृषि-तकनीक द्वारा उड़न राख जैसी व्यर्थ एवं विषाक्त अपशिष्ट को बहुपयोगी एवं मूल्यवान बनाने की प्रबल संभावना को दर्शाया गया है।

सामग्री एवं विधि

वर्तमान अध्ययन में कहलगाँव ताप विद्युत केंद्र, भागलपुर, बिहार की उड़न राख का उपयोग किया गया है। उड़न राख का नमूना पॉलिथीन बैग में जमा कर संस्थान की मृदा प्रयोगशाला में लाया गया। तत्पश्चात् कमरे के तापमान पर करीब एक सप्ताह तक सुखाया गया। सुखाने के बाद उड़न राख को महीन छलनी (2 मिमी.) से छाना गया ताकि इसमें कोई अवांछित कणिका न रहे। इस प्रकार तैयार उड़न राख के भौतिक तथा रासायनिक गुणों का अध्ययन किया गया। भौतिक गुणों में उड़न राख का पीएच., पीएच मीटर से तथा विद्युत सांद्रता, सांद्रतामापी यंत्र से मापी गयी[21]। कुल फॉस्फोरस तथा नाइट्रोजन की मात्रा का निर्धारण जेल-डाल विधि[22,23] से किया गया।

उड़न राख को कुल 9 प्लास्टिक गमलों (14 मिमी. परिधि) में भरा गया, जिनमें तीनों फर्न प्रजाति के लिए तीन-तीन गमलों का सेट तैयार किया गया । इसी प्रकार, तुलनात्मक अध्ययन (कंट्रोल) के लिए 9 प्लास्टिक गमलों को सामान्य मृदा से भरा गया, तथा प्रत्येक फर्न प्रजाति के लिए तीन-तीन गमलों का सेट पुनः तैयार किया गया। अब प्रत्येक फर्न प्रजाति के स्पोर (बीजाणु) को तीन उड़न राख वाले गमले में तथा तीन सामान्य मृदा वाले गमले में बोया गया। इस प्रकार तीनों प्रजातियों के लिए तीन उड़न राख का सेट तथा तीन सामान्य मृदा का सेट तैयार किया गया। अब साप्ताहिक रूप से तीनों प्रजातियों के अंकुरण दर से लेकर बीजाणुभिद (नया पादप) बनने तक का अध्ययन किया गया तथा उड़न राख वाले गमले की तुलना सामान्य मृदा वाले गमले से की गयी। स्पोर बुआई के लगभग पाँच महीने बाद जब तीनों

प्रजातियों के बीजाणुभिद तैयार हो गए तब इनकी ऊपरी भाग की कटाई करके इनकी ताजी पत्तियों में प्रकाश संष्लेणीय कणिकाओं का तथा सूखी पि त्तयों में अवशोषित धातुओं का अध्ययन आण्विक अवशोषण सूक्ष्मदर्शी (एटॉमिक एब्जोर्प्स स्पेक्ट्रोफोटोमीटर-सीमाडजू ए. ए.-6300) द्वारा किया गया[20]।

परिणाम एवं विवेचना

उड़न राख के भौतिकीय तथा रासायनिक अध्ययन से इसकी प्रकृति का पता चलता है तथा इसके समायोजन के लिए उपयुक्त वनस्पति के चुनाव में भी सहायता मिलती है। अतः वर्तमान अध्ययन से प्राप्त परिणामों जैसे उड़न राख की भौतिकीय तथा रासायनिक प्रकृति, इस पर उगने वाले पर्णांगों का अंकुरण दर, प्रकाश संश्लेषणीय कणिकाओं पर प्रभाव तथा धातु अवशोषण क्षमता को विभिन्न सारणियों में दर्शाया गया गया है।

उड़न राख के भौतिकीय गुणों के अध्ययन से यह स्पष्ट होता है कि उड़न राख का रंग सामान्य मृदा की तुलना में ज्यादा मटमैला तथा रवेदार होता है अर्थात् इसके अणुओं के बीच स्थान होता है। इसकी पीएच तथा विद्युत सांद्रता सामान्य मृदा से काफी अधिक होती है, किन्तु नाइट्रोजन और फॉस्फोरस की मात्रा काफी कम होती है (सारणी 1)। इनमें कार्बनिक तत्वों की मात्रा तथा जल संग्रहण क्षमता सामान्य मृदा से कुछ कम होती है । उड़न राख के रासायनिक गुणों के अध्ययन से यह भी स्पष्ट होता है कि उड़न राख में विरल तथा विषाक्त तत्वों जैसे आर्सेनिक, लेड, बोरॉन, कैडमियम, क्रोमियम, एल्युमिनियम तथा निकेल की मात्रा सामान्य मृदा से काफी अधिक होती है। अन्य तत्व जैसे सिलिकॉन तथा निकेल भी काफी अधिक मात्रा में पायी गयी है, परन्तु इन सभी हानिकारक तत्वों के साथ उड़न राख में सभी सूक्ष्म-पोषक तत्व जैसे आयरन, जिंक, कॉपर तथा मैगनीज भी अधिक मात्रा में विद्यमान हैं (सारणी 1)।

सारणी 1 — उड़न राख तथा संदर्भ स्थल के मृदा का भौतिकीय एवं रासायनिक अध्ययन

तथ्य (कारक)	उड़न राख	संदर्भ मृदा
pH	8.9±0.42	7.7±0.32
EC	7.61±0.38	1.6±0.08
CEC	1.31±0.49	1.62±0.31
Total Nitrogen (%)	0.02±0.001	0.09±0.002
Total Phosphorous (%)	0.14±0.006	0.78±0.032
Organic Carbon (%)	1.172±0.059	1.483±0.07
WHC (%)	35.56±0.38	54.96±0.96
Metals (g/g)		
Zn	82±3.1	22.6±1.10
Fe	4150±207	2850±142
Si	5600±280	ND
Ni	204±10.2	23.8±1.10
Mn	70±3.4	45.8±2.20
Cu	58.6±2.83	25.4±1.16
Cd	42.3±2.12	ND
Pb	40.1±2.0	ND
B	29.0±1.26	ND
Al	4615±230	ND
As	35±1.0	ND
Cr	39±1.1	ND

Mean SD (n=3, Student's t - test significant (p 0.05) as compared to control

वर्तमान अध्ययन में तीन सामान्य रूप से उगने वाले पर्णांगों जैसे *एमपिलोप्टेरिस प्रोलिफेरा, डिप्लेजियम एस्कूलेंटम* तथा *टेरिस विटाटा* का उपयोग उड़न राख पर किया गया है, जो कि कहलगाँव ताप विद्युत केंद्र, भागलपुर के सर्वेक्षण के दौरान इसके आस-पास के भागों में सफलतापूर्वक उगते हुए पाया गया क्योंकि पर्यावरण के लिहाज से हमेशा वैसे स्थानीय पौधे का चुनाव करना चाहिए अथवा जिनका सर्वव्यापी वितरण हो, बायोमास (जीवभार) अधिक हो तथा जिनका उस खास स्थान की जलवायु में उगाना आसान हो। अतः हमेशा स्थानीय पौधों का चुनाव उचित होता है क्योंकि दुर्लभ और प्रतिकूल जलवायु वाले पौधों को किसी खास वातावरण के अनुकूल समायोजित करने में अधिक समय तथा कठिनाईयों का सामना करना पड़ेगा[24]।

उड़न राख पर फर्न स्पोर के अंकुरण तथा विकास का अध्ययन भी किया गया है (सारणी 2)। तीनों फर्न प्रजातियों में *टेरिस विटाटा* की अंकुरण दर सबसे अधिक और कम समय में पायी गयी जबकि बाकी दोनों प्रजातियाँ *एमपिलोप्टेरिस प्रोलिफेरा* तथा *डिप्लेजियम एस्कूलेंटम* का अंकुरण तथा विकास दर लगभग बराबर पाया गया। उड़न राख की विषाक्तता के बावजूद भी फर्न के बीजाणु की अंकुरण दर लगभग सामान्य मृदा के समतुल्य ही पायी गयी तथा नर व मादा जनन अंगों का उद्भव भी सफलतापूर्वक देखा गया (सारणी 2)। उड़न राख में उगने वाले पर्णांगों में नर व मादा जननांगों का सफलतापूर्वक उद्भव इस बात का सूचक है कि इनमें सभी प्रकार की चय तथा अपचय क्रियाएँ (Metabolic functions) सामान्य रूप से चल रही हैं तथा इनमें स्वतः अनुकूलन की क्षमता मौजूद है। उड़न राख में उगने वाले पर्णांगों में बाह्य रूप से भी विषाक्तता के कुछ भी लक्षण दिखाई नहीं पड़े।

उड़न राख का प्रभाव पर्णांगों की प्रकाश संश्लेषणीय कणिकाओं पर भी किया गया (सारणी 3), किन्तु कोई उल्लेखनीय कमी दृष्टिगत नहीं हुई। यद्यपि कुल पर्णहरित कणिका संख्या में थोड़ी कमी जरूर प्रकट हुई। सामान्य फर्न *टेरिस विटाटा* के साथ *एमपिलोप्टेरिस प्रोलिफेरा* तथा *डिप्लेजियम एस्कूलेंटम* पर बहुत ही नगण्य प्रभाव दिखाई दिया। ऐसा माना जा सकता है कि यह कमी उड़न राख में पायी जाने वाली विषाक्त विरल धातुओं की वजह से हुई है क्योंकि इसी तरह के परिणाम

सारणी 2 — उड़न राख पर फर्न स्पोर का अंकुरण तथा विकास

प्रजातियों के नाम	अवस्था	अंकुरण दर	युग्मकोभिद निर्माण (% में)	नर व मादा लिंग का उद्भव	बीजाणुभिद निर्माण
टेरिस विटाटा	सामान्य	90-95	4 सप्ताह के बाद	5 सप्ताह में	7-8 सप्ताह में
	उड़न राख	80-85	5 सप्ताह के बाद	6 सप्ताह में	8-9 सप्ताह में
एमपिलोप्टेरिस	सामान्य	60-70	6-7 सप्ताह के बाद	7 सप्ताह में	10-11 सप्ताह में
प्रोलिफेरा	उड़न राख	60-65	7 सप्ताह के बाद	8 सप्ताह में	11-12 सप्ताह में
डिप्लेजियम	सामान्य	75-80	6-7 सप्ताह के बाद	8 सप्ताह में	10-11 सप्ताह में
एस्कूलेंटम	उड़न राख	70-75	7 सप्ताह के बाद	9 सप्ताह में	11-12 सप्ताह में

सारणी 3 — विभिन्न फर्नों की पर्णहरित कणिकाओं पर उड़न राख का प्रभाव

कारक	अवस्था	प्रजातियों के नाम		
		टेरिस विटाटा	*एम्पीलोपटेरिस प्रोलीफेरा*	*डीप्लेजियम इसकुलेनटम*
पर्णहरित अ	सामान्य	3.53±0.21	1.63±0.05	1.89±0.83
	उड़न राख	2.57±0.11	1.31±0.03	1.47±0.06
पर्णरहित ब	सामान्य	1.49±0.05	0.75±0.03	0.97±0.05
	उड़न राख	1.25±0.04	0.47±0.02	0.49±0.03
कुल पर्णहरित	सामान्य	5.02±0.25	2.38±0.14	2.86±0.17
	उड़न राख	3.82±0.15	1.78±0.07	1.96±0.07
कैरोटिनोइट्स	सामान्य	2.39±0.05	2.59±0.13	2.75±0.16
	उड़न राख	1.97±0.08	2.95±0.15	2.97±0.19

Mean SD (n=3, Student's t - test significant (p 0.05) as compared to control

विगत अध्ययनों से भी प्राप्त हुए हैं[25], (सिंह आदि, 2005; कुमारी एवं त्रिपाठी, 2009; कुमारी आदि, 2013)। उड़न राख में उगने वाले पर्णांगों का धातु विश्लेषण भी किया गया (सारणी 4), जिससे यह स्पष्ट होता है कि इनमें विषाक्त धातुओं की मात्रा सामान्य मृदा में उगने वाले पर्णांगों से काफी अधिक विद्यमान है, परन्तु उच्च विषाक्तता के बावजूद भी इन पर्णांगों में बाह्य रूप से किसी भी प्रकार का लक्षण जैसे पत्तियों का सूखना, पीलापन, अथवा मुरझाना दृष्टिगत नहीं हुआ। सभी पर्णांग बाह्य रूप से स्वस्थ दिखाई पड़े।

निष्कर्ष

पर्णांगों के पूर्ण धात्विक विश्लेषण, पर्णहरित कणिका का अध्ययन तथा उड़न राख पर विभिन्न फर्न प्रजातियों के बीजाणुओं के अंकुरण दर के अध्ययन से यह स्पष्ट होता है कि उड़न राख का समायोजन या प्रबंधन फर्न जैसे सजावटी पौधों की कृषि तकनीक द्वारा एक खास विकल्प के रूप में संभव है। पर्णहरित कणिका की मात्रा में आंशिक कमी यह दर्शाती है कि उड़न राख में मौजूद विषाक्त धातुओं के अवशोषण के परिणामस्वरूप यह कमी दृष्टिगत हुई है, क्योंकि सामान्य मृदा में उगने वाले पौधों की तुलना में उड़न राख में उगने वाले पौधों में विषाक्त धातुओं की मात्रा अपेक्षाकृत काफी अधिक पायी गयी। फिर भी इसमें बाह्य रूप से विषाक्तता के कोई भी लक्षण दिखाई नहीं पड़े। अतः उपरोक्त तीनों फर्न प्रजातियों में एक आदर्श पर्यावरण-मित्र के सारे गुण मौजूद हैं जैसे ये आसानी से नमी वाली स्थानों पर उगते हैं तथा कम समय में ही एक समूह (कॉलोनी) बना लेते हैं। साथ ही ये फर्न, मिट्टी में पाये जाने वाले विषाक्त तत्वों को सफलतापूर्वक अवशोषित कर लेते हैं। इन पादप समूह के साथ खास बात यह भी है कि ये खाद्य पदार्थ या फूड चेन के रूप में उपयुक्त नहीं होते, इनका जीवन-चक्र कम समय का होता है और धातु अवशोषण के पश्चात् इनको नष्ट करना भी आसान है। जबकि बड़े वृक्षों का जीवन-चक्र काफी लंबा होता है और इनको नष्ट करना भी आसान नहीं है, क्योंकि बड़े वृक्षों के लिए वन एवं पर्यावरण मंत्रालय, भारत सरकार की सख्त नीतियों का अनुपालन करना आवश्यक होता है। हमारे देश में वन एवं पर्यावरण मंत्रालय एक तरफ उड़न राख की विषाक्तता के कारण इसके पूर्ण रूप

सारणी 4 — विभिन्न फर्नों द्वारा धातुओं का अवशोषण

धातु	अवस्था	प्रजातियों के नाम		
		टेरिस विटाटा	*एम्पीलोपटेरिस प्रोलीफेरा*	*डीप्लेजियम एस्कुलेनटम*
Fe	सामान्य	987±0.21	763±0.05	689±0.83
	उड़न राख	1125±0.11	831±0.03	547±0.06
Zn	सामान्य	129±0.05	75±0.03	87±0.05
	उड़न राख	145±0.04	98±0.02	109±0.03
Mn	सामान्य	92±0.25	2.38±0.14	2.86±0.17
	उड़न राख	102±0.15	1.78±0.07	1.96±0.07
Cu	सामान्य	2.39±0.05	2.59±0.13	2.75±0.16
	उड़न राख	1.97±0.08	2.95±0.15	2.97±0.19
Cd	सामान्य	-	-	-
	उड़न राख	49±0.04	33±0.13	29±0.15
Cr	सामान्य	-	-	-
	उड़न राख	69±0.15	46±0.13	31±0.11
Ni	सामान्य	27±0. 55	19±0. 01	23±0.13
	उड़न ाख	78±0.10	63±0.08	73±0.19
Si	सामान्य	29±0. 05	21±0. 01	18±0.11
	उड़न राख	187±0. 08	89±0. 03	67±0.13
Pb	सामान्य	-	-	-
	उड़न राख	21±0. 03	9±0. 02	11±0. 01
B	सामान्य	7±0. 01	3±0. 01	5±0. 01
	उड़न राख	19±0. 03	12±0. 04	15±0. 03
Al	सामान्य	27±0. 05	18±0. 01	23±0.11
	उड़न राख	48±0.11	39±0. 02	44±0. 05
As	सामान्य	-	-	-
	उड़न राख	13±01	8±0.2	5±0. 01

Mean SD (n=3, Student's t - test significant (p 0.05) as compared to control

से समायोजन के प्रति सजग है तो वहीं दूसरी तरफ बड़े वृक्षों की कटाई पर भी सख्त दिशा-निर्देश जारी कर चुका है। अतः ऐसी स्थिति में पर्णांगों को धातु संदूषित मृदा पर उगा कर संभावित प्रदूषण को कम करना एक नवीन एवं ठोस कदम है जो स्वस्थ पर्यावरण की दिशा में मील का पत्थर साबित हो सकता है।

यद्यपि इस समुदाय की पर्यावरणीय गुणवत्ता पर अंतर्राष्ट्रीय पैमाने की तुलना में भारत में कम अनुसंधान हुए हैं, फिर भी वर्तमान अध्ययन से यह प्रबल संकेत मिलता है कि उड़न राख जैसी विषम समस्या से निबटने में पर्णांगों की महत्वपूर्ण भूमिका हो सकती है, यदि उड़न राख वाली मृदा में नमी या सिंचाई की पर्याप्त व्यवस्था हो। अतः पर्णांगों का धातु संदूषित उड़न राख समायोजन या प्रबंधन में उल्लेखनीय योगदान होने की प्रबल संभावना है।

आभार

लेखकगण, निदेशक, आई.एच.बी.टी., पालमपुर का इस कार्य के लिए आवश्यक सुविधाओं की परिपूर्ति हेतु आभार प्रकट करते हैं। इस शोध कार्य के लिए वित्तीय सहायता हेतु विज्ञान एवं तकनीकी विभाग, नई दिल्ली के महिला वैज्ञानिक योजना (SR/WOS-A/LS-117/2008) के प्रति भी आभार प्रकट करते हैं।

संदर्भ

1. Kendrick P & Crane P, The origin and early evolution of land plants, ***Nature,* 389** (1997) 33-39.
2. Chandra S, The Ferns of India (Enumeration, Synonyms and Distribution). International Book Distributors, DehraDun (2000) 459.
3- Dixit R D, A Census of pteridophytes of India, IBH Publication, New Delhi (1984).

4. Khullar S P, An illustrated fern flora of west Himalaya. International Book Distributors, Dehradun, **1** (1994) 506.
5. Khullar S P, An illustrated fern flora of west Himalaya. International Book Distributors, Dehradun, **2** (2000) 544.
6. Kumari A, Lal B, & Parkash O, Pteridophytic diversity of Barot, Mandi districts, Himachal Pradesh, India. ***Journal of Bombay Natural History Society***, Mumbai, **110**(2) (2013) 135-141.
7. Kholia B S, Pteridophytic wealth of Sikkim Himalaya (Book Chapter) in Biodiversity of Sikkim (Eds. M. L. Arrawatia, SandeepTambe and G. S. Rawat) Chapter **3** (2011) 35-68.
8. Manickam V S & Irudayaraj V, Pteridophyte Flora of the Western Ghats-South India, B. I. Publications, New Delhi (1992).
9. Dudani S, Chandran S M D, & Ramachandran, T V, Pteridophytes of western Ghats In: Biodiversity Documentation and Taxonomy, (Ed. A. Biju Kumar) Narendra Publishing House (2012) 343-351.
10. Sharma B D & Vyas M S, Ethnobotanical studies on fern and fern-allies of Rajasthan, Bull. Bot. Survey India, **27** (1-4) (1985), 90-91.
11. Vogt T, Geochemical and geobotanical ore prospecting. III. Some notes on the vegetation at the ore deposits of Roros. K. Norske Vidensk. Selsk. Skr. **15** (1942) 21-24.
12. Page C N, Ferns: Their habitats in British and Irish landscape. New Naturalist Series, London: Collins. (1988).
13. Wild H, Geobotanical anomalies in Rhodesia. I. The vegetation of copper bearing soils, Kirkia **7** (1968) 1-71.
14. a. Ma L Q, Komar K M, Tu C, Zhang W & Cai Y, A fern that hyper-accumulates arsenic, ***Nature,*** **409** (2001a) 579.
    b. Ma, L.Q., Komar, K.M., Tu, C., Zhang, W. and Cai, Y. A fern that hyper-accumulates arsenic-addendum, Nature 411 (2001b) 438.
15. Kumari A, Lal B, Pakade Y B & Chand P, Assessment of bioaccumulation of heavy metal by ***Pteris vittata*** L. growing in the vicinity of fly ash. International Journal of Phytoremediation, **13** (2011) 779-787.
16. Sela M, Garty J & Telor E, The accumulation and the effect of heavy metals on the water fern, ***Azolla filiculoides***. ***New Phytologist***, **112** (1989) 7-12.
17. Valderrama A, Jaime T, Patricio P & Danny E C, Water phytoremediation of cadmium and Copper using Azolla filiculoides Lam. in a hydroponic system, ***Water and Environment journal***, **27** (2013) 293-300.
18. Gupta M & Devi S, Uptake and toxicity of cadmium in aquatic ferns. ***Journal Environmental Biology,*** **16** (1995) 131-136.
19. Kumari A & Tripathi K P, Management of metal contaminated wastelands with fern species, ***Indian Forester***, **135** (1) (2009) 117-225.
20. Kumari A, Pandey VC & Rai UN. Feasibility of fern Thelypteris dentata for revegetation of coal fly ash landfills. ***Journal of Geochemical Exploration,*** **128** (2013) 147-152.
21. Piper C S, Soil and Plant Analysis, Inter Science, New York (1966).
22. Nelson P B & Sommers E, Total carbon, organic carbon and organic matter In: Page A L, Miller R H, KEENY D R (Eds.), Methods of Soil Analysis, part 2 Chemical and microbiological properties ASA, Madison, Wisconsin (1972) 539-577.
23. Olson S R & Sommers L E, Phosphorus In: Methods of Soil Analysis, (Eds.- Page A L, Miller R H, Keene D R) Part 2 Chemical and Microbiological Properties ASA, Madison, Wisconsin USA, (1982) 403-427.
24. Yoon J, Cao X, Zhou Q, Ma L Q, Accumulation of Pb, Cu and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. Science of Total Environment, **368** (2006) 456-464.
25. Singh N, Ma L Q, Srivastava M & Rathinasabapathi B, Metabolic adaptations to arsenic induced oxidative stress in P. vittata L. and ***Pteris ensiformis*** L. ***Plant Science***, **170** (2005) 274-282.