भारतीय वैज्ञानिक एवं औद्योगिक अनुसंधान पत्रिका
वर्ष 25 अंक (1&2) जून एवं दिसम्बर 2017 पृ. 7-18

कुंडीय राख और उसके जल से बंजर जमीन में कपास की खेती

आर सी त्रिपाठी, आर ई मास्टो, वी ए सेल्वी, एस के झा, एस के ठाकुर एवं एन के श्रीवास्तव
औद्योगिक जैवप्रौद्योगिकी एवं अपशिष्ट उपयोग विभाग
सीएसआईआर-केंद्रीय खनन एवं ईंधन अनुसंधान संस्थान, धनबाद (झारखंड)

सारांश : भारत में उपलब्ध विशाल बंजर भूमि के पुनरुत्थान के लिए, तेजी से बढ़ती आबादी को मद्देनजर रखते हुए उपयुक्त प्रौद्योगिकी के द्वारा कृषि और वानिकी प्रयोजनों के लिए उपयुक्त बनाना एक चुनौती है। देश के लगभग 145 मौजूदा ताप विद्युत संयंत्र देश की कुल ऊर्जा आवश्यकता की 70% का योगदान देते हैं तथा विशाल मात्रा में (184 मिलियन टन) उड़न राख पैदा करते हैं, जो सन् 2030 तक प्रतिवर्ष 440 मिलियन टन से अधिक होने का अनुमान है। उड़न राख की इस विशाल मात्रा से न केवल पर्यावरण की समस्या है वरन इसके निपटान के लिए विशाल क्षेत्र की आवश्यकता होती है जिससे हमारे देश की उपजाऊ जमीन में कमी आ रही है। पिछले दो दशकों से केंद्रीय खनन एवं ईंधन अनुसंधान संस्थान, धनबाद द्वारा विभिन्न जलवायु और मिट्टी पर उड़न राख के उपयोग से किए गये प्रयोगों से स्पष्ट है कि उड़न राख बेहतर पोषक तत्वों की मात्रा और भौतिक रासायनिक गुणों की वजह से यह मिट्टी से बेहतर है इसीलिए बंजर जमीन में विद्युत संयंत्रों के तालाब की राख का प्रयोग कर कपास की खेती की गयी और परिणामस्वरूप उपज में वृद्धि, फसल की गुणवत्ता में सुधार और उड़न राख का लंबी अवधि तक फसलों में इसका यही सुधारात्मक और उत्साहजनक प्रभाव देखने को मिला।

Reclamation of wasteland for cultivation of cotton crop through application of pond ash and its leachate

R C Tripathi, R E Masto, V A Selvi, S K Jha, S K Thakur & N K Srivastava
Industrial Biotechnology and Waste Utilisation Division
CSIR- Central Institute of Mining and Fuel Research, Dhanbad (Jharkhand)

Abstract

Reclamation of a vast area of wasteland available in India is a challenge for making it suitable for agriculture and forestry purposes through application of appropriate technology for its fast growing population. Huge amount of fly ash is being generated from combustion of coal in 145 existing thermal power plants, which contributes to 70% of the total energy requirement of the country. Present production of fly ash is 184 million tons per annum, which is projected to exceed 440 million tons per annum by 2030. This gargantuan quantity of fly ash not only poses environmental problems but occupies large areas of land for its disposal, which needs urgent and appropriate measures for its safe disposal and gainful utilization on sustainable basis. The study carried out by Central Institute of Mining and Fuel Research, Dhanbad on the bulk utilization of fly ash in agriculture and forestry sectors under different agro-climatic conditions and soil types for last two decades, indicates that pond ash is superior to soil in respect of plant nutrients and other physico- chemical properties. Keeping this in view, field scale study has been carried out in pond ash amended wasteland of farmer at Bhusawal (Maharashtra) followed by its irrigation with percolating water of ash pond for cultivation of cotton crops. The enhanced yield and quality of crop, improved soil condition and its residual effect on successive crops for longer period shows its potential for reclamation of waste/degraded land.

प्रस्तावना

भारत में कोयला सबसे प्रचुर मात्रा में पाया जाने वाला जीवाश्म ईंधन संसाधन है और जो भारत में कोयला ऊर्जा का महत्वपूर्ण स्रोत है तथा कोयला उत्पादन का 70 प्रतिशत से अधिक की खपत में ऊर्जा उत्पादन के लिए किया जाता है[29]। विश्व में वर्तमान में लगभग 5540 मिलियन टन कोयला और लिग्नाइट लगभग 945 मिलियन टन उत्पादित किया जा रहा है[18]। मुख्य कोयला उत्पादक देशों से शीर्ष पांच कोयला उत्पादकों में से चीन, अमरीका, भारत, ऑस्ट्रेलिया और दक्षिण अफ्रीका हैं। उत्पादित कोयला की ज्यादातर खपत उसी देश में ही हो रही है जिसमें यह उत्पादन किया गया है। हार्ड कोयला

उत्पादन का केवल 16% ही अंतर्राष्ट्रीय कोयला बाजार तक पहुँच पाता है। शीर्ष दस कोयला उत्पादकों के बीच, भारत में कोयला खनन के आंकड़ों के अनुसार दुनिया में तीसरे स्थान पर है[18] (सारणी 1)। दुनिया की ऊर्जा आवश्यकता को पूरा करने के लिए, कोयला कई दशकों तक प्रमुख भूमिका निभाता रहेगा जब तक ऊर्जा के वैकल्पिक स्रोत पूर्णरूप से विकसित नहीं हो जाते है। एक अनुमान के अनुसार, भारत में लगभग 200 साल तक कोयला की महत्वपूर्ण भूमिका निभाने की संभावना है (शाही, 2003 और बी पी, 2006)। ताप विद्युत संयंत्रों में कोयले से ऊर्जा उत्पादन की प्रक्रिया में उत्पादित उड़न राख पर्यावरण के लिए चिंता का विषय है और इसके पर्यावरण अनुकूल तरीके से लाभप्रद उपयोग किये जाने की जरूरत है। इसके अलावा भारत की बढ़ती हुई जनसंख्या (125 करोड़) के भोजन की आवश्यकता को पूरा करने के लिए लगभग 2.2 अरब टन अनाज की आवश्यकता (एफ ए ओ 2009) के साथ-साथ कपड़ों की जरूरत है। इसके लिए, कपास की ज्यादा से ज्यादा उत्पादन की जरूरत है और इसके लिए अधिक से अधिक भूमि चाहिए। हमारे देश में 33 मिलियन हेक्टेयर बंजर भूमि उपलब्ध है जिसे सुधार कर कृषि हेतु बनाना एक अच्छा विकल्प हो सकता है। केंद्रीय खनन एवं ईंधन अनुसंधान संस्थान, डिगवाडीह परिसर, धनबाद ने बंजर भूमि के सुधार के लिए उड़न राख का उपयोग कर कपास की फसल उगाने के लिए प्रौद्योगिकी विकसित की है, जिससे महत्वपूर्ण सामाजिक, आर्थिक और पारिस्थितिक प्रभावकारी परिवर्तन आने की संभावना है। इस विषय को विस्तार से जानने के लिए, वैश्विक राख उत्पादन और इसके उपयोग, कपास उत्पादन, मिट्टी के प्रकार और कपास के उत्पादन आदि को जान लेना उचित होगा, जो कि निम्नवत है :

विश्व में राख का उत्पादन : विश्व में लगभग 367 मिलियन टन वार्षिक उड़न राख उत्पादन होता है और कुछ देशों को छोड़कर, जिसका अभी तक बहुत कम अनुपात में ही उपयोग हो पा रहा है (सारणी 2)। भारत में 145 ताप विद्युत संयंत्रों से प्रति वर्ष कुल 184 मिलियन टन उड़न राख उत्पन्न किया जा रहा है और 2030 तक इसकी मात्रा 440 मिलियन टन से अधिक होने की संभावना है। वर्तमान में उत्पादित और पिछले कई वर्षों से विद्युत संयंत्रों के तालाबों में पहले से ही एकत्रित राख संयुक्त रूप से पर्यावरण के लिए न केवल अत्यंत हानिकारक है अपितु यह हमारी उपजाऊ और उत्पादक भूमि को भी नष्ट कर रही है। समय की प्रगति के साथ कोयले की गुणवत्ता में तेजी से कमी के कारण ताप विद्युत संयंत्रों में अधिक राख तथा कम कैलोरी वाले कोयले के उपयोग से अधिक राख का (कोयले में राख की मात्रा की अपेक्षा 4-10 गुना अधिक) उत्पादन हो रहा है (फर्नांडीज़, तुरील एवं सहयोगी, 1994)। इसलिए समय रहते उड़न राख का फायदेमंद तरीके से उपयोग करना और भी आवश्यक हो गया है।

विभिन्न क्षेत्रों में राख का उपयोग : कोयला की राख का मुख्य रूप से निर्माण सामग्री और कृषि तथा वानिकी के क्षेत्र में उपयोग किया जा रहा है। सीमेंट और ईंट/ब्लॉक में राख के इस्तेमाल से प्राकृतिक कच्चे माल का उपयोग कम हो जाता है। राख मिश्रित सीमेंट के उपयोग से कार्बन डाइऑक्साइड गैस का उत्सर्जन भी कम हो जाता है। उड़न राख का सीमेंट में प्रयोग मुख्य रूप से एल्यूमिना की मात्रा अधिक होने की वजह से किया जाता है लेकिन इसमें उपस्थित सिलिका, लोहा और कैल्शियम भी कच्चे माल के मिश्रण में अपना योगदान देते हैं।

सारणी 1 — विश्व में कोयले के उत्पादक देश (2007) (मिलियन टन में)

देश	उत्पादन	देश	उत्पादन
चीन	2549	रूस	241
यू एस ए	981	इंडोनेशिया	231
भारत	452	पोलैंड	90
आस्ट्रेलिया	323	कज़ाख़िस्तान	83
दक्षिण अफ्रीका	244	कोलंबिया	72

स्रोत : अंतर्राष्ट्रीय ऊर्जा एजेंसी 2008

सारणी 2 — विभिन्न देशों में राख का उत्पादन एवं उपयोग

देश	वार्षिक उत्पादन (मिलियन टन में)	राख का उपयोग (%)	देश	वार्षिक उत्पादन (मिलियन टन में)	राख का उपयोग (%)
भारत	112	38	आस्ट्रेलिया	10	85
चीन	100	45	कनाडा	6	75
यू एस ए	75	65	फ्रांस	3	85
जर्मनी	40	85	डेनमार्क	2	100
यू के	15	50	इटली	2	100
नीदरलैंड	2	100	कुल	367	

स्रोत : http://www.tifac.org.in

यह महीन और कम क्षारीय होने की वजह से कंक्रीट की गुणवत्ता को बढ़ाने के साथ-साथ उसे सुंदर भी बनाता है। एफए के लिए अधिक से अधिक मात्रा में मिश्रित सीमेंट इस्तेमाल किया जा सकता है। सीमेंट में उड़न राख की मात्रा 80% (भार अनुसार) मिलने से क्लिंकर तेजी से सख्त होता है (आइईए 2005)। जब यह महीन हो और इसमें कार्बन की मात्रा कम हो तो इसकी गुणवत्ता आमतौर पर बेहतर होती है। यह स्वतंत्र चूना और इसके गोल कणों के कारण तथा अपनी पोजोलेनिक प्रतिक्रियाओं के साथ-साथ पानी की कम मांग के कारण कंक्रीट में लाभकारी है। इससे कंक्रीट में दरार पड़ने और ब्लीडिंग की समस्या नहीं होती है तथा लंबी अवधि तक शक्ति प्रदान करने और सहनशीलता में सुधार लाने में मदद करता है। यह क्षारीय सिलिकेट की प्रतिक्रिया भी कम कर देता है। उड़न राख सड़क तटबंध और निचले इलाकों को भरने के लिए इस्तेमाल किया जा रहा है। उड़न राख के अधजला कार्बन (unburnt carbon) के गुण कार्बन ब्लैक के गुणों से समानता होने के कारण इसका उपयोग रबर उद्योग और प्रकाशन उद्योग में मुद्रण स्याही के स्थान पर किया जा सकता है (बल्त्स एवं सहयोगी, 2001)।

उड़न राख का कृषि एवं वानिकी में उपयोग : उड़न राख का कृषि और वानिकी में मिट्टी शोधक के रूप में या बंजर/क्षारीय भूमि के पुनरुद्धार में महत्वपूर्ण योगदान है। उड़न राख का विभिन्न तरह की मिट्टी की संरचना और भौतिक गुणों जैसे थोक घनत्व, जल धारण क्षमता, हाइड्रोलिक चालकता और छिद्रता आदि में सुधार लाने में अत्यंत प्रभावकारी है (चैंग एवं सहयोगी, 1977; कैप, 1978; पेज एवं सहयोगी, 1979; सेल एवं सहयोगी, 1989; सिम्स एवं सहयोगी, 1995; स्टौट एवं सहयोगी, 1999; लू एवं झौ, 2004)।

पिछले तीन दशकों के अध्ययन में पाया गया कि उड़न राख अपने अनुकूल भौतिक-रासायनिक गुणों और सूक्ष्म पोषक तत्वों (कॉपर, जिंक, मैंगनीज, लौह आदि) की वजह से कृषि और वानिकी क्षेत्र के लिए अत्यंत लाभप्रद है (पेज एवं सहयोगी, 1979; अड्राइयनों एवं सहयोगी, 1980; अलमोगजी एवं सहयोगी, 1988; यूनुसा एवं सहयोगी, 2006)। उड़न राख में उपस्थित बोरॉन इसके कणों की ऊपरी सतह में बोरॉन के लवण और ऑक्साइड के रूप में पाया जाता है जोकि आसानी से विलयशील है (एयरी एवं सहयोगी, 1990)। उड़ान राख की अत्यधिक खुराक से मक्का के ऊतक में बोरॉन की मात्रा में विषाक्त स्तर तक वृद्धि हो सकती है (कुकीएर एवं सुमनेर, 1996)। इसका उपयोग उत्पादकता बढ़ाने और प्रभावी और सुरक्षित उर्वरक के रूप में इस्तेमाल किया जा सकता है (गुप्ता एवं सहयोगी, 2004), और बंजर भूमि सहित समस्याग्रस्त मिट्टी के गुणों में परिवर्तन के लिए इसे लाइमिंग एजेंट और पोषक तत्वों के स्रोत की तरह किया जा सकता है (शुक्ला एवं मिश्रा, 1986; भूंबला एवं सहयोगी, 1991)।

भारत के अधिकांश ताप विद्युत संयंत्रों में, उड़न राख को घोल के रूप में पाइपों के द्वारा 10-15 किमी. दूर बने तालाबों में संग्रहीत किया जाता है इसके लीचेट को विभिन्न आउटलेट से कच्चे नालों के माध्यम से पास के जल निकायों में प्रवाहित किया जाता है (सीएफआरआइ. 2000)। तालाब के पास रहने वाले किसान राख के लीचेट, जिसमें राख के महीन कणों के साथ-साथ आवश्यक संयंत्र पोषक तत्व होते हैं, से अपने खेतों की सिंचाई करते हैं (सीएफआरआइ -2000)। राख के लीचेट से सिंचाई करने से गेहूं की उपज में वृद्धि पाई गई है (करपते एवं चौधरी, 1997)। उड़न राख के लीचेट के अभिलक्षण से स्पष्ट होता है कि इसकी सीमित मात्रा से सिंचाई करने से फसल को पर्याप्त मात्रा में सूक्ष्म पोषक तत्वों की खुराक मिलने के कारण फसल की उपज अच्छी होती है (सिंह एवं विभा, 1999; खान एवं सहयोगी, 2000; लाल एवं शर्मा, 2003; मुरुगप्पन एवं सहयोगी, 2004)। एक अध्ययन में पाया गया है कि ताप विद्युत संयंत्रों के तालाब के पानी (अपशिष्ट) से चंद्रपुर और भुसावल (महाराष्ट्र) और फरक्का (पश्चिम बंगाल) फसलों और वहां की देशी प्रजातियों में भारी धातु एवं रेडियोधर्मी तत्वों का स्थान्तरण नहीं हुआ बल्कि मिट्टी कि उपजाऊ क्षमता बढ़ने की वजह से अच्छी उपज पाई गयी है (सिंह एवं सहयोगी, 1998)।

कपास उत्पादन : कपास की खेती लगभग सभी देशों में होती है और यह एक महत्वपूर्ण व्यापारिक फसल है। भारत में दुनिया भर से अधिक क्षेत्र (91.58 लाख हेक्टेयर) में कपास की खेती की जाती है और प्रतिवर्ष लगभग 14.2 लाख गांठ कपास का उत्पादन होता है। विश्व में कपास उत्पादन में चीन के बाद भारत का दूसरा स्थान है और दुनिया के कुल कपास क्षेत्र के लगभग 25% और उत्पादन में 230 लाख गांठ का 16% उत्पादित करता है (सारणी 3)। भारत में कुल कपास उत्पादन का एक तिहाई हिस्सा ही सिंचाई के द्वारा होता है और जबकि अधिकांश क्षेत्र वर्षा पर निर्भर होता है (सुंदरम एवं सहयोगी, 1999)। सन् 2003-04 के बाद से अधिक उपज देने वाली प्रजातियां (बी टी काटन) अधिक से अधिक क्षेत्र में कपास लगाने की वजह से इसकी उपज में वृद्धि हुई है। सन 2002-03 तक कपास की उपज मात्र 300 किग्रा. प्रति हेक्टेयर थी जबकि उसके बाद सन् 2008-09 में इसकी उपज 591 किग्रा. प्रति हेक्टेयर हो गयी है (सारणी 4)। कपास कृषि, प्रसंस्करण और कपास के वस्त्रों में उपयोग के माध्यम से भारत में 6-7 करोड़ से अधिक लोगों के लिए आजीविका प्रदान करता है। भारतीय कपड़ा उद्योग द्वारा उपयोग में कपास की कुल हिस्सेदारी वर्ष 2004-05 के दौरान इस्तेमाल 55.5% की तुलना में वर्ष 2005-06 में 58% की वृद्धि हुई है। भारत के लिए कपास एक बहुत ही महत्वपूर्ण नकदी फसल है और भारतीय कृषि के सकल घरेलू उत्पाद (जीडीपी) में 30% के आसपास योगदान देता है। ट्रांसजेनिक बीटी कपास

सारणी 3 — विश्व में कपास का उत्पादन (मिलियन गांठ, 480 पाउंड)

देश	2004-05	% हिस्सा	2005/06	% हिस्सा	2006/07	% हिस्सा	2007/08	% हिस्सा	2008/09	% हिस्सा	2009/10	% हिस्सा
चीन	30.0	25.0	28.1	24.3	35.5	29.1	37.0	30.7	35.8	33.2	33.0	31.0
भारत	19.0	15.7	19.1	16.4	21.8	17.9	24.6	20.4	23.0	21.3	25.0	23.5
यू एस ए	23.3	19.2	23.0	20.5	21.6	17.7	19.2	15.9	12.8	11.9	13.3	12.5
पाकिस्तान	11.1	9.1	10.2	8.7	9.9	8.1	8.9	7.4	9.0	5.3	9.2	8.6
ब्राज़ील	5.9	4.9	4.7	4.0	7.0	5.7	7.4	6.1	5.8	5.4	5.5	5.2
उज़्बेकिस्तान	5.2	4.3	5.6	4.8	5.4	4.4	5.4	4.5	4.9	4.5	4.5	4.2
टर्की	4.2	3.5	3.6	3.1	3.8	3.1	3.1	2.6	2.1	1.9	1.9	1.8
आस्ट्रेलिया	3.0	2.5	2.8	2.4	1.4	1.1	0.6	0.5	1.5	1.4	1.9	1.8
यूरोपियन यूनियन	2.3	1.9	2.5	2.1	1.6	1.3	1.7	1.4	1.4	1.1	1.1	1.0
ग्रीस	1.8	1.5	2.0	1.7	1.4	1.1	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9
सीरिया	1.4	1.2	1.6	1.4	1.0	0.8	1.2	1.0	1.0	0.9	1.0	0.9
अर्जेंटीना	0.7	0.6	0.6	0.5	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7
मेक्सिको	0.6	0.5	0.6	0.5	0.7	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.4	0.4

स्रोत : यू एस कॉटन मार्केट मंथली इकोनॉमिक लेटर मई 2009

सारणी 4 — भारत में कपास का उत्पादन और उपज

क्षेत्र (लाख हेक्टेयर में); उत्पादन (लाख गाँठ में); उपज (किग्रा प्रति हेक्टेयर में)

वर्ष	क्षेत्र	उत्पादन	उपज
97-98	89.04	158.00	302
98-99	92.87	165.00	302
99-00	87.91	156.00	302
00-01	85.76	140.00	278
01-02	87.30	158.00	308
02-03	76.67	136.00	302
03-04	76.30	179.00	399
04-05	87.86	243.00	470
05-06	86.77	241.00	472
06-07	91.44	280.00	521
07-08	95.55	315.00	560
08-09	92.60	322.00	591

स्रोत : http://texmin.nic.in/ermiudel World % 20 Cotton % 20 Production.pdf

कम लागत में अधिक पैदावार के साथ-साथ पर्यावरण संरक्षण में भी योगदान दे रहा है (परलाक एवं सहयोगी, 2001; एज एवं सहयोगी, 2001)।

कपास की खेती में कीड़ों की वजह से फसल कमजोर और उपज भी कम होती है इसीलिए कुल कीटनाशक दवाओं का 24% के लगभग सिर्फ कपास की खेती में किया जाता है (बेनेट एवं सहयोगी, 2004)।

भारत में लगभग 12 अरब रुपयों का खर्च सिर्फ कपास में बॉलवर्म (bollworm) की रोकथाम में किया जाता है, इससे कपास की कीमत में वृद्धि के साथ-साथ पर्यावरण प्रदूषण का खतरा भी बढ़ जाता है। भारत जैसे विकासशील देशों के लिए आनुवंशिक रूप से संशोधित (जीएम) कपास की फसल कृषि संबंधित समस्याओं को हल करने में सक्षम हो सकती है तथा कीटाणु का प्रभाव कम करने के साथ-साथ उपयोग में लायी जाने वाली कीटाणुनाशक दवाओं के व्यय में कमी आएगी और इनके दुष्प्रभाव का ख़तरा भी नहीं होगा (हुआंग एवं सहयोगी, 2002; प्रे एवं सहयोगी, 2002; ओयम और जिलबर, 2003)। पर्यावरण प्रदूषण और यूरोपीय बाजार में साफ कार्बनिक फाइबर के लिए बढ़ती मांग के बारे में बढ़ती जागरूकता कार्बनिक कपास में वृद्धि हुई (आइसीएसी 1993)।

भारत में आमतौर पर कपास की चार प्रजाति, दो द्विगुणित (गोसीपियम आर्बोरियम और गोसीपियम हर्बासियस और अन्य दो चारगुणित (गोसीपियम हरसुतम और गोसीपियम बर्बाडेंस), उगाई जा रही हैं। द्विगुणित प्रजाति को कम पोषक तत्वों की आवश्यकता के साथ-साथ प्रतिरोधक क्षमता अधिक होती है हालांकि इसकी उपज बहुत कम होती है और इसके रेशे कमजोर और छोटे होते हैं। भारत में कुल उत्पादन का 25% इन प्रजातियों के द्वारा होता है जबकि 75% उत्पादन चार गुणित प्रजातियों से होता है। देशी बीज की नगण्य लागत के कारण, यह हमारे किसानों के बीच अत्यंत लोकप्रिय है। हालांकि संकर बीज महंगे होने के साथ-साथ इसमें कीटाणुनाशक दवाओं में अधिक व्यय होने के कारण कुछ सम्पन्न किसान तक ही सीमित हैं। इनकी पैदावार देशी किस्म की अपेक्षा दोगुनी लगभग 1600 किग्रा. प्रति हेक्टयर होती है जबकि देशी की उपज महज 800 किग्रा. प्रति हेक्टयर है (वंजुरा एवं सहयोगी, 2002)। कपास उत्पादन में मुख्य बाधाओं में, बीज और कीटनाशकों की खराब गुणवत्ता, कम उत्पादकता (प्रति हेक्टेयर उपज), खेती की उच्च लागत और लगातार इनके बीज की गुणवत्ता में गिरावट है।

भारत में इन वर्षों में कपास उत्पादन में महत्वपूर्ण वृद्धि हुई है। सन् 1970 तक भारत में 8 से 9 लाख गांठ प्रति वर्ष कपास का

आयात होता था। सन् 1970 के दशक के मध्य में भारत द्वारा पंचवर्षीय योजनाओं के माध्यम से कपास उत्पादन कार्यक्रमों के लिए विशेष योजनाओं और इसके उत्पादन के लिए आवश्यक प्रोत्साहन देने से कपास की संकर प्रजातियों की खेती में आशाजनक परिणाम प्राप्त हुए और तब से हमारा देश कपास उत्पादन में आत्मनिर्भर हो गया और कपड़ा उत्पादन की भरपाई करने में पूर्णरूप से सक्षम है

भारत में बंजर भूमि : दुनिया भर में एक विशाल क्षेत्र लगभग 2×10^9 हेक्टेयर जमीन किसी न किसी कारण से बंजर है (ओल्डमन और वेननगेलन, 1993) और बढ़ती आबादी की जरूरतों को पूरा करने के लिए इनके उद्धार की विशेष रूप से आवश्यकता है (लिन और हो, 2003)। इसी प्रकार भारत में भी कुल उपलब्ध भूमि क्षेत्र (328 हेक्टेयर) का 130 हेक्टेयर क्षेत्र बंजर है जिसमें से 33 हेक्टेयर जमीन का उद्धार कर के कृषि योग्य बनाई जा सकती है (http://www.bangalore bio.com)।

केन्द्रीय खनन एवं ईंधन अनुसंधान संस्थान (सीआईएमएफआर), डिगवाडीह परिसर, धनबाद में लगभग 25 वर्षों से उड़न राख का प्रयोग कृषि के क्षेत्र में विभिन्न प्रकार की मिट्टी और जलवायु पर किया जा रहा है और परिणामों से स्पष्ट है कि राख अकेले और खाद के साथ, अम्लीय मिट्टी के लिए एक लाइमिंग एजेंट के रूप में, भौतिक-रसायनिक और जैविक गुणों के सुधारक के रूप में, पोषक तत्वों के स्रोत के रूप में तथा कीटनाशक के रूप में उपयोग कर फसलों (अनाज, दलहन, तिलहन और सब्जियों) की पैदावार बढ़ा सकते हैं (सीएफआरआइ 2000, 2001-02, 2002-03)। प्रस्तुत अध्ययन में, बंजर और क्षारीय भूमि में कपास की खेती, किसानों में राख के कृषि में उपयोग को लोकप्रिय बनाने और उनमें जागरूकता उत्पन्न करने के लिए किया गया है।

सामग्री एवं विधि

प्रयोगात्मक विवरण : प्रयोगात्मक परीक्षण सारणी 5 में विस्तृत विवरण के अनुसार, भुसावल शहर के पिपल गाँव में ताप विद्युत संयंत्र के वेलहला राख के तालाब के नजदीक बंजर जमीन में किया गया है। श्री विलास मोती राम राणे की एक एकड़ बंजर जमीन में कपास की खेती की गयी तथा लगातार तीन वर्षों तक सिंचाई के लिए उसी तालाब (वेलहला) के पानी (अपशिष्ट) को उपयोग में लाया गया। बंजर जमीन में राख की मात्रा क्रमशः 0 (मानक), 200, 300 और 500 टन प्रति हेक्टेयर की दर से मिलाई गयी और समुचित रूप से मिश्रित करने के बाद ही उसमें कपास की खेती की गयी। निर्धारित समय पर (फसल की कटाई के बाद) मिट्टी के नमूनों का निर्धारित मानक का पालन करते हुए विभिन्न पैरामीटर के लिए विश्लेषण किया गया।

नमूनों का संग्रह और विश्लेषण : भुसावल ताप विद्युत संयंत्र के राख के तालाब से राख का नमूना एकत्रित किया गया था। मिट्टी के नमूने चुने गए प्रयोगात्मक क्षेत्र से 0-15 सेमी. की गहराई तक मिट्टी काट कर कपास की खेती के पहले और बाद में एकत्रित किए गये थे। कपास की फसल का उत्पादन भी प्रत्येक भूखंडों से अलग-अलग एकत्रित किये गये थे।

मिट्टी के नमूने के भौतिक गुणों का परीक्षण मानक तरीकों द्वारा निर्धारित ढंग के अनुसार किया गया है (पाइपर, 1950)। रासायनिक गुण जैसे, पीएच, विद्युत चालकता (ईसी), जैविक कार्बन (ओ सी), और प्रमुख एवं माध्यमिक पोषक तत्वों का विश्लेषण मानक तरीकों पर आधारित ढंग से किया गया है (जैक्सन, 1967)। उपलब्ध पोषक तत्वों (नाइट्रोजन, फॉस्फोरस, पोटेशियम, सल्फर, कैल्शियम और मैग्नीशियम) का विश्लेषण भी मानक ढंग से किया गया है (टंडन 1995)। मिट्टी और राख में उपलब्ध ट्रेस और भारी धातुओं की मात्रा के निर्धारण के लिए पेंटा डाई इथिलीन ट्राई अमीन एसिटिक एसिड (DTPA) का उपयोग कर किया गया है (टंडन 1995)। इनका DTPA। निष्कर्षित अंश पौधों के लिए उपलब्ध होता है (एड्रियानो एवं सहयोगी, 2001)।

परिणाम एवं विवेचना

सारणी 6 में किसान (श्री विलास मोती राम राणे) के बंजर खेत (प्रयोगात्मक क्षेत्र) की मिट्टी तथा भुसावल ताप विद्युत संयंत्र के वेलहेला राख के तालाब से एकत्रित राख के नमूनों के विश्लेषण के परिणामों को दर्शित किया गया है। सारणी 7 में कपास के पौधों की

सारणी 5 — मानचित्र एवं परिचालन डाटा

किसान का नाम	श्री विलास मोती राम राणे
प्रयोगात्मक क्षेत्र	पिंपलगाँव खुर्द; सर्वे नंबर 62/1
कुल क्षेत्र	80 मी. × 44 मी.
प्रत्येक खंड का क्षेत्रफल	20 मी × 10 मी.
खंडों की संख्या	16
रेप्लीकेशन की संख्या	4
डिज़ाइन	रेंडेमाइजड ब्लॉक
ट्रीटमेंट की संख्या	4; [T0 - Control (FYM + NPK); T1- 200 t PA/ha (FYM+NPK); T_2 -300 t PA/ha (FYM +NPK) , T_3- 500 t PA/ha (FYM +NPK)]
फसल	कपास
प्रजाति	नांड्योल-44 (NANDEOL-44)
रिक्तता	30 सेमी. × 30 सेमी.
बीज दर	4 किग्रा. प्रति हेक्टेयर
खाद दर, (N P K)	100: 50:50 किग्रा. प्रति हेक्टेयर
कार्बनिक खाद दर (FYM)	10 टन प्रति हेक्टेयर

ऊंचाई और प्रति पौधे में औसत गाँठों की संख्या तथा सारणी 8 में लगातार तीन सालों में कपास की फसल की उपज का विवरण दिया गया है। सारणी 9 में उपजित कपास की गुणवत्ता से संबंधित परिणाम दर्शाए गए हैं। सारणी 10 में तीन वर्षों तक प्रत्येक फसल के पश्चात एकत्रित की गयी मिट्टी के नमूनों के विश्लेषण के परिणाम प्रस्तुत किए गए हैं। सारणी 11 अलग-अलग समय में भुसावल ताप विद्युत संयंत्र के वेलहेला राख के तालाब का अपशिष्ट तथा उसके निकट में स्थित कुओं से एकत्रित पानी के परिणाम वर्णित किए गए हैं।

सारणी 6 — बंजर मिट्टी (श्री विलास मोती राम राणे) और तालाब की राख का विश्लेषण

पैरामीटर	मिट्टी	तालाब की राख
पी एच	8.02±0.35	8.64±0.38
विद्युत चालकता (dS/m)	0.246±0.01	0.52±0.02
जल धारण क्षमता (%)	5.73±1.76	50.11±2.47
सरंध्रता (%)	43.63±1.82	59.46±1.91
घनत्व (ग्रा. प्रति सी सी)	1.48±0.06	1.03±0.04
द्रवचालित प्रवाहिता (सेमी प्रति घंटा)	9.30±0.39	6.8±0.30
उपलब्ध जल (%)	4.7±0.18	8.1±0.28
यांत्रिक विश्लेषण		
बालू (%)	92.86±2.99	54.50±1.75
सिल्ट (%)	6.35±0.24	39.20±1.48
क्ले (%)	0.79±0.03	6.30±0.24
प्रमुख उपलब्ध पोषक तत्व		
कार्बनिक कार्बन (%)	0.19±0.18	0.49±0.02
कुल नाइट्रोजन (%)	0.020±0.00	0.0053±
उपलब्ध नाइट्रोजन (किग्रा./हेक्टेयर)	18.5±0.81	1.98±0.85
उपलब्ध फॉस्फोरस (किग्रा./हेक्टेयर)	14.9±0.18	17.2±0.90
उपलब्ध पोटैशियम (किग्रा./हेक्टेयर)	234.6±4.18	298.0±7.58
उपलब्ध माइक्रो पोषक तत्व एवं भारी धातुएं (पीपीएम)		
तांबा	1.14±0.05	0.92±0.04
जिंक	0.65±0.03	0.77±0.03
मैगनीज़	6.9±0.29	0.68±0.03
आयरन	9.3±0.46	5.9±0.29
लेड	2.1±0.09	2.74±0.11
निकिल	0.38±0.0	20.43±0.02
कोबाल्ट	0.02±0.001	0.03±0.001
डीहाइड्रोजीनेज एक्टिविटी (मिग्रा./किग्रा./घंटा)	1.948±0.07	BDL

* Cr, Cd, As, Hg- below detection limit (BDL)

सारणी 6 में वर्णित परिणामों से स्पष्ट है कि मिट्टी और तालाब की राख दोनों ही क्षारीय है और उनके पीएच क्रमशः 8.02 और 8.64 हैं, इससे स्पष्ट है कि राख मिश्रित मिट्टी के पीएच में परिवर्तन की बहुत कम गुंजाइश है। मिट्टी की विद्युत चालकता (0.246 dS/m) राख (0.520 dS/m) की अपेक्षा कम है तथा राख मिलने पर इसकी मात्रा में बहुत ज्यादा वृद्धि (0.312 dS/m) नहीं हुई है। मिट्टी के कणों के आकार का विश्लेषण करने पर पता चलता है कि इसका टेक्सचर बहुत खराब है और इसमें बालू की मात्रा (92.86%) राख की अपेक्षा बहुत ज्यादा है और सिल्ट (6.35%) और क्ले (0.79%) की मात्रा राख में उपस्थित, क्रमशः (39.20%) एवं (6.30%) से कम है। बंजर मिट्टी में राख की अपेक्षा बालू अधिक होने की वजह से इसकी द्रवचालित प्रवाहिता (9.3 सेमी. प्रति घंटा), राख (6.8 सेमी. प्रति घंटा) की अपेक्षा ज्यादा और उपलब्ध जल (4.7%) राख (7.8%) से कम है। राख में मिट्टी की अपेक्षा पोषक तत्व (नाइट्रोजन, फॉस्फोरस, पोटैशियम आदि) थोड़ा ज्यादा हैं। राख की जल धारण क्षमता (50.1%) और सरन्धता (59.4%) बंजर मिट्टी (क्रमशः 35.7% और 43.6%) की अपेक्षा कहीं अधिक है और इसका घनत्व (1.03 ग्रा. प्रति सी सी) भी राख से कम है। इससे स्पष्ट है कि तालाब की राख का उपयोग बंजर मिट्टी की संरचना और अन्य भौतिक-रासायनिक गुणों में सुधार लाने में किया जा सकता है। उपलब्ध भारी धातुओं की मात्रा (DTPA निष्कर्षित) राख और मिट्टी दोनों में लगभग समान है। हालांकि राख में किसी भी तरह की जीवाणु गतिविधि नहीं पायी गयी है।

भौतिक, रासायनिक और जैविक गुणों के परिणाम और अन्य प्रकाशित परिणामों (ग्रातिमा एवं सहयोगी, 2005, टुतर एवं सहयोगी, 2005) में काफी समानता है, जिनमें न केवल राख में उपस्थित पोषक तत्व, बल्कि भारी धातुओं का भी विवरण है। कुछ वैज्ञानिकों (एड्रियानो

सारणी 7 — पौधों की लम्बाई एवं औसत गाँठों की संख्या/पौधा

उपचार	पौधों की लम्बाई (सेमी.)			औसत गाँठों की संख्या/पौधा		
	प्रथम वर्ष	द्वितीय वर्ष	तृतीय वर्ष	प्रथम वर्ष	द्वितीय वर्ष	तृतीय वर्ष
T_0 (मानक)	126.0±5.5	115.4±5.0	103.5±4.5	42.3±1.84	38.1±1.66	33.3±1.45
T_1 200 टन/हेक्टेयर	144.2±6.0	139.7±5.8	112.4±4.7	60.5±2.52	56.3±2.34	45.4±1.89
T_2 300 टन/हेक्टेयर	144.6±6.3	140.1±6.1	118.7±5.4	68.5±2.99	59.7±2.60	49.7±2.17
T_3 500 टन/हेक्टेयर	156.7±5.0	151.3±4.9	134.3±4.3	89.7±2.88	79.3±2.55	61.5±1.98

सारणी 8 — कपास की उपज

उपचार	गाँठों की उपज (कुंतल/हैक्टेयर)			% मानक से वृद्धि		
	प्रथम वर्ष	द्वितीय वर्ष	तृतीय वर्ष	प्रथम वर्ष	द्वितीय वर्ष	तृतीय वर्ष
T_0 (मानक)	5.11±0.22	4.20±0.18	4.95±0.22	-	-	-
T_1 200 टन/हेक्टेयर	9.65±0.40	6.70±0.28	7.54±0.31	88.8	59.5	52.3
T_2 300 टन/हेक्टेयर	10.22±0.45	7.72±0.34	8.92±0.39	100.0	83.8	80.2
T_3 500 टन/हेक्टेयर	13.63±0.44	9.31±0.30	11.13±0.36	166.7	121.3	124.8

सारणी 9 — कपास की गाँठ का विश्लेषण (अंकुर बीज प्रयोगशाला, कम्लेस्वर, नागपुर)

उपचार	T_0 (मानक)			T_1 200 टन/हेक्टेयर			T_2 300 टन/हेक्टेयर			T_3 500 टन/हेक्टेयर		
	प्रथम वर्ष	द्वितीय वर्ष	तृतीय वर्ष	प्रथम वर्ष	द्वितीय वर्ष	तृतीय वर्ष	प्रथम वर्ष	द्वितीय वर्ष	तृतीय वर्ष	प्रथम वर्ष	द्वितीय वर्ष	तृतीय वर्ष
गाँठ का वजन (ग्रा.)	3.75	3.45	3.29	3.75	3.51	3.35	3.85	3.65	3.42	4.00	3.86	3.65
शाखा (मोनोपोड)	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4
सिमपोड	13-14	13-14	13-14	13-14	13-14	13-14	14-15	14-15	14-15	16-18	15-17	15-17
रेशे की लम्बाई (मिमी.)	22.0	21.2	20.9	22.7	21.9	21.5	23.1	22.6	21.8	24.0	23.1	22.7
सम अनुपात (%)	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
रेशे की शक्ति (ग्रा/फुट)	11.0	10.9	10.7	11.5	11.3	11.1	12.7	12.2	11.9	13.7	13.3	12.9

एवं सहयोगी, 1980, अल-मोगजी 1988) ने सुझाव दिया है कि मिट्टी में राख का उपयोग करने से पहले इनके महत्वपूर्ण परीक्षण कर लेने चाहिए। भारतीय राख में भारी धातुओं (जस्ता, निकिल, कोबाल्ट, कैडमियम आदि) की मौजूदगी के बारे में कई वैज्ञानिकों ने संभावना व्यक्त की है (खानरा एवं सहयोगी, 1998, राम एवं सहयोगी, 1999, प्रहराज एवं सहयोगी, 2002, मुखर्जी और जेवेंहोवेन 2006, राम एवं सहयोगी, 2000, 2007)।

प्रथम वर्ष में, विभिन्न दर से राख मिश्रित भूमि खंडों में कपास के पौधे की ऊंचाई (144.2-156.7 सेमी.) और प्रति पौधा कपास की गाँठों की संख्या (60.5-89.7) में बंजर भूमि (क्रमशः 126.0 सेमी. एवं 42.3) की अपेक्षा काफी वृद्धि देखी गयी है (सारणी 7)। राख का प्रभाव दूसरे और तीसरे वर्ष भी पौधों की ऊंचाई और प्रति पौधा कपास की गाँठ की संख्या में बढ़ोत्तरी के रूप में पाया गया है। विभिन्न दर से राख मिश्रित भूमि खंडों में कपास की उपज (9.65-13.63 कुंतल प्रति हेक्टेयर), बंजर भूमि की उपज (5.11 कुंतल प्रति हेक्टेयर) से काफी अधिक पायी गयी है (सारणी 8)। विभिन्न दरों से (200, 300 एवं 500 टन प्रति हेक्टेयर) राख मिश्रित भूमि में कपास की उपज, बंजर भूमि में कपास की उपज से क्रमशः 89, 100, 167% अधिक पायी गयी है। राख का प्रभाव दूसरे और तीसरे वर्ष भी कपास की बढ़ी उपज के रूप में पाया गया है। दूसरे और तीसरे वर्ष, कपास की उपज में वृद्धि सबसे अधिक क्रमशः 121.3% एवं 124.8% 500 टन प्रति हेक्टेयर राख मिश्रित भूमि खंड से अधिक मिली है।

सारणी 9 में दर्शित कपास की गाँठ की गुणवत्ता के संबंधित विश्लेषण से स्पष्ट है कि कपास की गाँठ का वजन, फ्रूटिंग शाखा (sympod), रेशों की लम्बाई और रेशों में शक्ति में सुधार हुआ है जोकि बंजर भूमि की अपेक्षा अधिकतम राख मिश्रित भूमि खंडों में क्रमशः 3.75 से 4.0 ग्रा., 14 से 18, 22 मिमी. से 24 मिमी. तथा 11 ग्रा. प्रति फुट से 13.7 ग्रा. प्रति फुट पायी गयी है तथा इनकी समरूपता अनुपात में भी वृद्धि (51%) पायी गयी है। लाल और अय्यर (2003) के कथानुसार अच्छे गुणवत्ता वाले कपास के रेशे की लम्बाई 28-32 मिमी. और समरूपता अनुपात 40-54% होना चाहिए। तुलनात्मक रूप से, ये परिणाम काफी संतोषजनक हैं तथा दूसरे और तीसरे वर्षों की कपास की उपज और उसकी गुणवत्ता में भी अच्छे परिणाम देखने को मिले हैं।

कपास की उपज एवं गुणवत्ता में आये परिवर्तन (सुधार) संभवतः बंजर मिट्टी में राख के मिलने की वजह से हैं जो कि मिट्टी की संरचना में परिवर्तन के साथ-साथ इसकी सरंध्रता में हुई वृद्धि की वजह से है जिससे पौधों के लिए उपलब्ध पानी और पोषक तत्वों की मात्रा में वृद्धि होती है तथा पानी के बहाव में कमी आती है। इस प्रकार मिट्टी गुणों

सारणी 10 — बंजर भूमि से कपास की प्रत्येक फसल के बाद एकत्रित मिट्टी का विश्लेषण

पैरामीटर	1997				1998				1999			
	T_o	T_1	T_2	T_3	T_o	T_1	T_2	T_3	T_o	T_1	T_2	T_3
पीएच	8.03±0.35	8.12±0.35	8.2±0.36	8.35±0.36	8.01±0.35	8.11±0.35	8.17±0.36	8.32±0.36	7.95±0.35	8.08±0.35	8.12±0.36	8.21±0.36
विद्युत चालकता (dS/m)	0.247±0.01	0.273±0.01	0.298±0.01	0.312±0.01	0.244±0.01	0.269±0.01	0.294±0.01	0.308±0.01	0.241±0.01	0.263±0.01	0.281±0.01	0.297±0.01
जल धारण क्षमता (%)	35.95±1.77	37.82±1.87	38.79±1.91	40.13±1.98	36.10±1.78	38.04±1.88	38.08±1.88	41.00±2.02	36.70±1.81	38.72±1.91	39.04±1.92	41.50±2.05
सरंध्रता (%)	43.89±1.41	45.15±1.45	46.86±1.51	48.2±1.55	44.07±1.42	45.22±1.45	46.95±1.51	48.27±1.55	44.35±1.43	45.53±1.46	47.13±1.52	48.56±1.56
घनत्व (g/cc)	1.47±0.06	1.42±0.06	1.39±0.06	1.32±0.06	1.46±0.05	1.40±0.06	1.38±0.06	1.30±0.06	1.45±0.06	1.39±0.05	1.37±0.05	1.30±0.06
द्रवचालित प्रवाहिता(cm/hr)	9.1±0.38	8.7±0.36	8.4±0.35	7.6±0.32	9.0±0.37	8.6±0.36	8.4±0.35	7.4±0.31	8.9±0.37	8.4±0.35	8.3±0.35	7.1±0.30
उपलब्ध जल (%)	4.8±0.18	5.0±0.19	5.2±0.20	5.7±0.22	4.9±0.19	5.2±0.20	5.3±0.20	5.9±0.22	5.0±0.19	5.4±0.20	5.6±0.21	6.1±0.23
यांत्रिक विश्लेषण												
बालू (%)	89.3±2.87	85.82±2.76	82.05±2.64	78.24±2.52	87.12±2.80	83.26±2.68	80.39±2.58	76.98±2.47	85.90±2.76	80.72±2.59	79.00±2.54	75.16±2.42
सिल्ट (%)	8.30±0.31	11.4±0.43	13.15±0.50	16.16±0.61	10.21±0.39	13.58±0.51	15.41±0.58	17.79±0.67	12.00±0.45	15.10±0.57	16.21±0.61	19.33±0.72
क्ले (%)	2.40±0.09	2.78±0.11	4.8±0.18	5.6±0.21	2.67±0.10	3.16±0.12	4.20±0.16	5.23±0.20	2.10±0.08	4.18±0.16	4.79±0.18	5.51±0.21
प्रमुख उपलब्ध पोषक तत्व												
कार्बन (%)	0.26±0.01	0.28±0.01	0.3±0.01	0.34±0.02	0.29±0.01	0.31±0.02	0.35±0.02	0.37±0.02	0.30±0.01	0.32±0.02	0.37±0.02	0.39±0.02
उपलब्ध N (Kg/ha)	72.0±3.56	96.0±4.74	118.0±5.82	142.0±7.00	68.3±3.36	90.7±4.45	110.5±5.45	116.7±5.72	70.8±3.50	92.5±4.56	116.5±5.75	138.7±6.84
उपलब्ध P (Kg/ha)	15.1±0.78	15.3±0.80	15.6±0.81	15.8±0.82	14.9±0.77	15.0±78	15.4±0.80	15.6±0.81	15.0±0.78	15.1±0.78	15.4±0.80	15.7±0.82
उपलब्ध K (Kg/ha)	236.1±7.59	237.9±7.65	238.0±7.65	240.8±7.74	230.8±7.42	232.1±7.46	234.5±7.54	239.3±7.70	231.2±7.45	234.7±7.54	236.8±7.61	241.8±7.77
DTPA निष्कर्षित धातु (ppm)												
तांबा	1.21±0.05	1.3±0.05	1.34±0.06	1.42±0.06	1.19±0.05	1.26±0.05	1.36±0.06	1.40±0.06	1.20±0.05	1.28±0.05	1.39±0.06	42±0.05
जिंक	0.44±0.02	0.51±0.02	0.55±0.02	0.59±0.03	0.41±0.02	0.46±0.02	0.52±0.02	0.61±0.03	0.42±0.02	0.49±0.02	0.54±0.02	0.60±0.03
मैगनीज़	7.3±0.30	8.6±0.36	8.4±0.35	8.9±0.37	7.12±0.30	8.51±0.35	8.36±0.35	8.74±0.36	7.18±0.30	8.59±0.36	8.38±0.35	8.85±0.37
लौह	10.7±0.53	12.5±0.62	13.2±0.65	14.0±0.69	10.81±0.53	12.13±0.60	12.93±0.64	13.86±0.68	11.03±0.54	12.42±0.61	13.05±0.64	13.98±0.69
लेड	2.0±0.08	2.27±0.09	2.32±0.10	2.35±0.10	2.06±0.09	2.31±0.10	2.36±0.10	2.39±0.10	1.95±0.08	2.18±0.09	2.27±0.09	2.45±0.10
निकिल	0.31±0.01	0.34±0.01	0.39±0.02	0.42±0.02	0.33±0.01	0.38±0.02	0.41±0.02	0.44±0.02	0.35±0.02	0.40±0.02	0.45±0.02	0.49±0.02
कोबाल्ट	0.03±0.001	0.04±0.002	0.04±0.002	0.05±0.002	0.03±0.001	0.03±0.001	0.04±0.002	0.05±0.002	0.03±0.001	0.03±0.001	0.05±0.002	0.05±0.002
डीहाइड्रोजीनेज एक्टिविटी (mg/kg/hr)	1.95±0.07	2.0±0.08	2.06±0.08	2.13±0.08	1.98±0.07	2.09±0.08	2.11±0.08	2.16±0.08	1.99±0.08	2.11±0.08	2.15±0.08	2.20±0.08

सारणी 11 — विभिन्न समय में एकत्रित राख के तालाब और उसके पास स्थित कुओं के पानी का विश्लेषण

पैरामीटर	13.10.1997		04.04.1998		07.10.1998		08.04.1999		12.10.1998		26.6.1999	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
पीएच	8.34	8.41	8.30	8.36	8.36	8.28	8.30	8.35	8.35	8.30	8.29	8.32
टी एस एस (mg/L)	363.0	73.0	357.0	91.0	348.0	93.0	360.0	75.0	350.0	95.0	346.0	90.0
टी डी एस (mg/L)	542.0	463.0	539.0	419.0	521.0	426.0	535.0	458.0	519.0	419.0	530.0	440.0
कैल्शियम (mg/L)	34.3	31.1	36.12	33.40	35.8	34.1	32.5	32.5	36.2	33.9	34.2	30.3
मैग्नीशियम (mg/L)	29.9	20.5	31.82	21.63	32.13	22.42	29.2	28.6	31.69	21.92	33.1	24.9
नाइट्रेट-(N) (mg/L)	3.61	2.42	3.63	2.34	3.41	2.46	3.69	2.39	3.40	2.45	3.57	2.28
सल्फेट- (S) (mg/L)	92.3	83.0	91.70	81.70	92.40	82.31	90.1	85.2	91.72	81.80	85.36	86.60
फ्लोरीन (mg/L)	0.83	1.25	0.84	1.19	0.72	1.25	0.81	1.21	0.74	1.23	0.74	1.27
आयोडीन (mg/L)	0.022	0.027	0.024	0.020	0.018	0.024	0.020	0.029	0.019	0.023	0.022	0.033
लौह (mg/L)	0.09	0.017	0.14	0.24	0.20	0.028	0.08	0.02	0.22	0.26	0.10	0.03
लेड (mg/L)	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.04	0.05	0.02	0.03	0.03	0.04
कैडमियम (mg/L)	0.04	0.02	0.04	0.03	0.05	0.02	0.04	0.02	0.05	0.03	0.05	0.03

में ये सभी कारक (ameliorations) काफी हद तक फसल की उपज बढ़ाने के लिए और फसल का उत्पादन की गुणवत्ता में सुधार लाने में योगदान करते हैं (फुलेकर और डेव, 1986, घोद्राती एवं सहयोगी, 1995)। इन तथ्यों की पुष्टि दूसरे निष्कर्षो से भी होती है (वोंग 1993, कार्लसन एवं सहयोगी, 1993, कुकियर एवं सहयोगी, 1994, घोद्राती एवं सहयोगी, 1995, बिलस्की एवं सहयोगी, 1995)। इसके अलावा यह देखा गया है कि राख मिश्रित भूखंडों की तीनों प्रकार की कपास की फसल के समग्र विकास के साथ-साथ कीटों का कम प्रभाव, हरी पत्तियों का गहन रंग और कपास की गाँठों का आकार बड़ा पाया गया है (नारायणस्वामी और नांबिरंजन, 2000)। तदनुसार, यह स्पष्ट है कि बंजर भूमि में जैविक खाद के साथ राख का उपयोग फसल की उपज में वृद्धि में अधिक प्रभावकारी है।

प्रत्येक कपास की फसल के बाद, राख मिश्रित (@ 200, 300 और 500 टन प्रति हेक्टेयर) विभिन्न भूमि खंडों से एकत्रित मिट्टी के नमूनों की पूर्व निर्धारित मापदंडों के विश्लेषण किए गए। परिणाम सारणी 10 में उल्लेखित हैं। राख मिलाने के बाद मिट्टी के भौतिक गुणों जैसे घनत्व, जल धारण क्षमता, सरन्ध्रता में क्रमशः 1.47 से 1.32 ग्राम प्रति सीसी, 35.95% से 4013% तथा 43.89 से 48.20% तक सुधार हुआ है तथा जहाँ बालू की मात्रा में 89.30% से 78.24% तक कमी हुई है, वहीं सिल्ट, क्ले और कार्बन की मात्रा में क्रमशः 8.30 से 16.16%, 2.40 से 5.60% और 0.26 से 0.34% तक वृद्धि हुई है। राख के उपयोग से बंजर मिट्टी में आवश्यक पोषक तत्वों की मात्रा में भी वृद्धि देखने को मिली है। संभवतः इन्हीं आवश्यक परिवर्तनों की वजह से राख मिश्रित (200, 300, 500 टन प्रति हेक्टेयर) भूमि खंडों में बंजर भूमि की अपेक्षा कपास की उपज में प्रतिशत वृद्धि क्रमशः प्रथम वर्ष में 88, 100, 167%; द्वितीय वर्ष में 59.5, 83.0, 121% और तृतीय वर्ष में 52.0, 80.0, 125% पायी गयी है।

इन तथ्यों की पुष्टि दूसरे वैज्ञानिकों के निष्कर्षों से भी होती है (वोंग एवं सहयोगी, 1989; वेजलाइनेन एवं सहयोगी, 1994; डोस्की एवं सहयोगी, 1993; सिम्स एवं सहयोगी, 1995)। इन सबके बावजूद, राख मिश्रित भूमि में, राख में उपस्थित भारी धातुओं की वजह से, इनकी मात्रा में वृद्धि अवश्य हुई है लेकिन ये स्वीकार्य सीमा के अंदर है। संभवतः इसका कारण शायद राख का क्षारीय होना और राख में उपस्थित धातुओं का ऑक्साइड के रूप में मौजूद होना है (सिम्स एवं सहयोगी, 1995)।

सारणी 11 में अलग-अलग समय में भुसावल ताप विद्युत संयंत्र के वेलहेला राख के तालाब के अपशिष्ट तथा उसके निकट में स्थित कुओं से एकत्रित पानी के परिणाम वर्णित किए गए हैं। परिणामों से स्पष्ट है कि सभी मापदंडों के मान सारणी 12 में उद्धृत संबंधित स्वीकार्य सीमा के भीतर हैं (आइ एसःः2490, 1974)। सिर्फ तालाब के पानी/अपशिष्ट में कुल निलंबित ठोस (टीएसएस) को छोड़कर, जो कि अपशिष्ट में उपस्थित राख कणों के समुचित समाधान के लिए आवश्यक समय न मिल पाने की वजह से हो सकता है। स्थानीय किसान अपने खेत/फसल की सिंचाई के जान बूझकर राख तालाब की मेड़ काट देते है, इसके परिणामस्वरूप किसी भी प्रतिकूल प्रभाव के बिना, फसल की उपज में वृद्धि और गुणवत्ता में वृद्धि के उत्कृष्ट परिणाम पाये गए हैं। उनकी फसल की गुणवत्ता, उत्पादकता बढ़ी हुई पाई गयी तथा न ही कोई हानिकारक प्रभाव देखने को मिला है। इसके अलावा, तालाब का पानी सिंचाई के लिए इस्तेमाल किया जा रहा है

सारणी 12 — पेय जल और औद्योगिक अपशिष्ट में विभिन्न भौतिक-रसायनिक पैरामीटर की सीमा

पैरामीटर	पेयजल मानक (आइ एसः 10500)	औद्योगिक अपशिष्ट मानक (आइ एसः2490)
पीएच	6.5 - 8.5	5.5 - 9.0
विद्युत चालकता (dS/m)	-	-
टी एस एस (PPM)	-	100
टी डी एस	500	2100
रंग (हेजन इकाई)	10.0	-
गंध	स्वीकार्य	-
टर्बिडिटी (एन टी यू)	10.0	-
क्लोराइड ((PPM)	250.0	1000
फ्लोराइड “	0.6 - 1.2	2.0
नाइट्रेट “	45	45
फॉस्फोरस “	-	-
पोटैशियम “	-	-
सल्फेट “	150	1000
र्लिक शयम “	75	75.0
मैग्नीशियम “	30	30.0
ताँबा “	0.05	3.0
जिंक “	5.00	5.0
मैगनीज़ “	0.1	0.5
लौह “	0.30	1.0
क्रोमियम “	0.05	0.1
कोबाल्ट “	-	-
निकिल “	-	3.0
आर्सेनिक “	0.05	0.2
पारा “	0.001	0.01
लेड “	0.10	0.1
कैडमियम “	0.01	2.0

किसी भी प्रतिकूल प्रभाव के बिना उनके विकास और ऊंचाई और कम मृत्यु दर के संबंध में उत्कृष्ट परिणाम पाये गए हैं।

राख के बांध/तालाब के लगभग 1 किमी. के आसपास उपस्थित कुओं के पानी के सभी पैरामीटर पेयजल के लिए निर्धारित स्वीकार्य सीमा के अंदर पाये गए हैं (आइ एसः 10500; 1983; तालिका-12)। इसकी वजह, मिट्टी के द्वारा राख में उपस्थित ट्रेस और भारी धातु सोखने के कारण हो सकता है। हालांकि दोनों विलयशील और सस्पेंडेड कणों की मात्रा थोड़ी अधिक अवश्य पायी गयी है जोकि तालाब के पानी/अपशिष्ट के समावेश के कारण हो सकता है। अतः वेलहला राख के तालाब के आसपास का भूजल तालाब के अपशिष्ट से बहुत अधिक प्रभावित नहीं हुआ है।

निष्कर्ष

उड़न राख का कृषि में प्रयोग एवं सिंचाई हेतु ताप विद्युत संयंत्र के तालाब का अपशिष्ट का प्रयोग, बंजर जमीन की गुणवत्ता में सुधार लाकर कृषि हेतु बिना किसी प्रतिकूल प्रभाव के किया जा सकता है। यदि राख की मात्रा @500 टन प्रति हेक्टेयर की दर से करें तो देश की बंजर जमीन को कृषि योग्य बनाया जा सकता है, जिससे हमारे देश की बंजर जमीन का पुनरुद्धार के साथ-साथ उड़न राख का भी सदुपयोग होगा। देश की अदृश्य भूमि (33 मिलियन हेक्टेयर) में यदि @500 टन प्रति हेक्टेयर की दर उड़न राख का प्रयोग करें तो लगभग 16.5 अरब टन राख की आवश्यकता होगी जो मौजूदा ताप विद्युत संयंत्रों और उनके राख तालाबों से भी उपलब्ध नहीं है। अतः इनसे उत्पन्न राख (118 मिलियन टन प्रतिवर्ष) का उपयोग लम्बे अर्से तक कर सकते हैं। इससे किसानों की आर्थिक एवं सामाजिक स्थिति में सुधार के अलावा राख के रख-रखाव और परिवहन से संबंधित पर्यावरण समस्याओं का भी निदान होगा।

आभार

लेखक गण वित्तीय सहायता प्रदान करने के लिए भुसावल ताप विद्युत संयंत्र और महाराष्ट्र राज्य विद्युत बोर्ड, मुंबई (महाराष्ट्र) के अधिकारियों के आभारी हैं। इस प्रपत्र को प्रकाशित करने की स्वीकृति प्रदान करने के लिए हम सभी सीआईएमएफआर, धनबाद के निदेशक को भी अपना आभार व्यक्त करते है।

संदर्भ

1. Adriano D C, Trace elements in terrestrial environments: biogeochemistry, bioavailability and risks of metals (2nd ed.), *Springer*, New York (NY), (2001) 867.
2. Adriano D C, Elseewi A L, Chang A A & Straughan I A, Utilization and disposal of fly ash and other coal residues in terrestrial ecosystem: A review. *Journal of Environmental quality* 9: (1980) 333-344.
3. Baltrus J P, Wells A W, Fauth D J, Diehl J R & White CW, Characterization of carbon concentrates from coal-combustion fly ash. *Energy Fuels,* 15 (2001) 455-462.
4. Bennett RM, Ismael Y, Kambhampati U & Morse S, Economic impact of genetically modified cotton in India. *AgBioForum*, 7(3) (2004) 96-100.
5. Bhumbla DK, Singh RN & Keeker RF, Water quality from surface mined land reclaimed with fly ash. In: Proceedings of the Nineth Ash Use Symposium American Coal Ash Association, 57 (1991) 1-22, Academic Press, Orlando, FL.
6. Bilske JJ, Alva AK & Sajwan K S, In Soil Amendments and Environmental Quality. J.E. Rechiel (ed). CRC press Boca Raton I.L. (1995) 327-363.
7. BP, 2006. "BP Statistical Review of World Energy 2006." BP Corporation, (June 2006). See: http://www.bp.com/statisticalreview.
8. Capp J P, Power plant fly ash utilization for land reclamation in the eastern United States. In Schaller FW, Sutton P (Eds.) Reclamation of Drastically Disturbed Lands. ASA: Madison, WI (1978) 339-353.
9. Carlson C L & Adriano D C, Environmental impact of coal combustion Residues, *J. Envirn. Qual,* 22 (1993) 227-247.

10. CFRI-Central Fuel Research Institute. 2000. Bulk scale utilisation of fly ash from Chandrapur and Bhusawal TPPs in agriculture and for reclamation of degraded land, C.F.R.I. Dhanbad (India) Report No. TR/C.F.R.I./1.01/ (2000-01).
11. CFRI-Central Fuel Research Institute. 2001-02. Bulk Utilisation of Fly ash from Ramagundam Super Thermal Power Project in agriculture and for reclamation of Waste/Degraded Land, CFRI Report No. TR/CFRI/1.15/(2001-2002).
12. CFRI-Central Fuel Research Institute. 2002-03. Demonstration trails in farmers fields for the popularisation of bulk use of fly ash from Anapara, Obra, Harduaganj TPPs of UPRVUNL, Lucknow in agriculture and reclamation of degarded/ waste land, 2002, No. CFRI/1.08/(2002-03).
13. Chang AC, Lund L J, Page A L, Warneke J E, 1977. Physical properties of fly ash-amended soils. *Journal of Environmental Quality*, 6: 267-270.
14. Dosskey MG & Adriano DC, Trace element toxicity in VA mycorrhizal cucumber grown on weathered fly ash. *J. Soil Biol. Biochem*, 25 (1993) 1547-1552.
15. Eary L E, Ray D, Mattigod SV & Ainsworth C C, Geochemical factors controlling the mobilization of inorganic constituents from fossil fuel combustion residue: II. Review of minor elements. *Journal of Environmental Quality*, 19 (1990) 202-214.
16. Edge J M, Benedict J H, Carroll J P & Reding H K, Bollgard cotton: An assessment of global economic, environmental, and social benefits. *Journal of Cotton Science*, 5(2) (2001) 121-136.
17. EIA, Clean coal center, profile on cement and concrete- benefits and coal fly ash utilization, ccc/94. (2005).
18. EIA, Energy policy of IE concretes, International Energy Agency, Paris, France, 2008. Available at http://www/eia.org/textbase/ country/index.asp.and://worldcoal.org/coal/coal-mining/index php (2008).
19. Mogazi E l, Lisk D, D J & Weinstein L H, A review of physical, chemical, and biological properties of fly ash and effects on agricultural ecosystems. *Science of the Total Environment*, 74 (1988) 1- 37.
20. FAO 2009. Crop prospects and food situation, Global cereal supply and demand brief. Available at http://www.fao.org/docrep/ 012/ai484e/ai484e04.htm.
21. Fernandez-Turiel J L, Carvalho de , W Cabanas M, Querol X & Lopez-Soler A, Mobility of heavy metals from coal fly ash. *Environmental Geology*, 23 (1994) 264-270.
22. Fulekar M H & Dave J N, Disposal of fly ash - An Environmen tal Problem, *Int. Journal of Env. Studies*, 26 (1986) 191.
23. Ghodrati M, Sims J T & Vasilas B L, Evaluation of Fly Ash as a Soil Amendment for the Atlantic Coastal Plain: I, Soil Hydraulic Properties and Elemental Leaching, *Water, Air, and Soil Pollution*, 81 (1995) 349-361.
24. Gratima E, Mwrinyihija M & Killham K, Assessment of pulverized fly ash (PFA) as an ameliorant of lead contaminated soils.*American Journal of Environmental Science,* 1(3) (2005) 230-238.
25. Gupta D K, Rai U N, Rudra D & Tripathi I M, Impacts of fly-ash on soil and plant responses, *Journal of Plant Research*, 115 (2004) 401-409.
26. Huang J, Rozelle S, Pray C E & Wang Q, Plant Biotechnology in China, *Science*, 295 (2002) 674-677.
27. ICAC, Organic cotton production. ICAC Recorder, 11 (1993) 1-6.
28. IEA 2002, Coal in the energy supply of India, International Energy Agency, Paris, France, 2002. (Available at http://www/ eia.org/textbase/nppdf/free/200/coal india 2002.pdf)
29. IEA 2004: India environmental issu, US information administration, Washington, DC, February 2004. Available at http://www/gis development. net/ proceeding/ world forum/ poster/ mwf-poster-29.pdf.
30. IEA 2007: International Energy Agency Energy Statistics - Coal. International Energy Agency, Paris, France, 2007. Available at http://www.iea.org/Textbase/country/ index.asp.
31. IEA 2008: Energy Policies of IEA Countries, International En ergy Agency, Paris, France, 2008. Available at http://www.iea.org/ Textbase/country/index.asp and http://www. worldcoal.org/coal/ coal-mining/index.php.
32. Jackson M L, Soil Chemical Analysis, Prentice Hall of India Pvt. Ltd.,Delhi.
33. Kalra Naveen, Harit R C & Sharma S K, Effect of flyash incorporation on soil properties of texturally variant soils. *Bioresource Technology*, 75(1) (2000) 91-93.
34. Karpate R R, Choudhary A D, Effect of thermal power station's waste on wheat. *J. Environ. Biol.*, 18 (1997) 1-10.
35. Keppele J, Carbon burn-out-and update on commercial applications. International Ash Utilization Symposium Series [Online]. Available at http://www.flyash.info/agenda. html. Univ. of Kentucky Center for Applied Energy Res., Lexington (2001).
36. Khan S U, Bhardwaj R K, Jabin S, Khan J A, Influence of some chemical fertilizers on the mobility of trace metals through soil amended with fly ash. *Pollution Research*, 19 (2000) 241-244.
37. Khanra S, Mallick D, Dutta S N & Chaudhuri S K, Studies on the phase mineralogy and leaching characteristics of coal fly ash. *Water, Air, and Soil Pollution*, 107(1-4) (1998) 251-275.
38. Kruger R A & Surridge A K J, Predicting the efficacy of fly ash as a soil ameliorant.In: World of Coal conference, Lexington, KY, USA, 4-7 May, (2009)
39. Kukier U & Sumner M E, Boron availability to plants from coal combustion by-products. *Water Air Soil Pollution*, 87 (1996) 93-110.
40. Kukier U, Summer M E & Miller E P J, Boron release from fly ash and its uptake by corn, *J. Envron Qual*, 23 (1994) 596-603.
41. Lal M B & Iyer K R K, Cotton fibre testing - New indices, new challenges, Business Line (Internet Edition, Financial Daily), THE HINDU group of publications, Friday, Jan 10, 2003. Avail able at http://www.thehindubusinessline.com/ 2003/01/10/sto ries/ 2003011002110900.htm (2003).
42. Lal R, Sharma N D, Application of Mossbauer spectroscopy to study the effect of fly-ash in agriculture soil. *Indian Journal of Pure and Applied Physics*, 41 (2003) 145-148.
43. Lin C S & Ho P S, China's resources and land-use change: insights from the 1996 land survey. *Land Use Policy*, 20 (2003) 87-107.
44. Lu S & Zhu L, Effect of fly ash on physical properties of Ultisols from subtropical China. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 35 (2004) 703-717.
45. Mukherjee A B & Zevenhoven R, Mercury in coal ash and its fate in the Indian subcontinent: A synoptic review. *Science of the Total Environment*, 368 (2006) 384- 392.

46. Murugappan A, Manoharan A & Nandhini R, Quality characteristics of fly ash laden water for irrigation- A case study of Perfumal Tank (TamilNadu). *Pollution Research*, 23(4) (2004) 693-700.
47. Narayanaswamy & Nambirajan S G, Discovering fly ash as pesticide, Proc. 2nd International Conference on Fly Ash Disposal and Utilization (Session-IX), New Delhi, 31 (2000).
48. Oaim M & Zilber D, Science, 299 (2003) 900-903.
49. Oldeman L R & Vanengelen V W P, A world soils and terrain digital database (SOTER) - an improved assessment of land resources, *Geoderma*, 60 (1993) 309-325.
50. Page A L, Elseewi A A & Straughan I R, Physical and chemical properties of fly ash from coal-fired power plants with reference to environmental impacts. *Residue Rev*., 71 (1979) 83-120.
51. Perlak F J, Oppenhuizen M, Gustafson K, Voth R, Sivasupramaniam D, Heering B, Carey R A,Ihrig & Roberts J. K. Development and commercial use of Bollgard cotton in the USA early promises versus today's reality. *Plant J.,* 27 (2001) 489-501.
52. Piper C S, Soil and plant Analysis. The University of Adelaide, Adelaide, Australia (1950).
53. Praharaj T, Powell M A, Hart B R & Tripathy S, Leachability of elements from sub-bituminous coal fly ash from India, *Environment International*, 27 (2002) 609-615.
54. Pray C E, Huang J K, Hu R F & Rozelle S, Five years of Bt cotton in China - the benefits continue., *Plant J*., 31(4) (2002) 423-430.
55. Ram LC, Srivastava N K & Singh G, Prediction of leaching behaviour of TPP Ash under Simulated conditions by Column Studies. In Varma CVJ, Kumar V, & Krishnamurty R. (eds): Proceedings of The Second International conference on Fly Ash Disposal and Utilisation, New Delhi, India, 2-4 Feb. 2000, Vol. I, Session IV, (2000) 16-28.
56. Ram LC, Srivastava N K, Das M C & Singh G, Leaching behavior of fly ash under simulated conditions vis-a` -vis quality of the leachate. In: Ram LC et al (eds) Proceedings of the national seminar on bulk utilization of fly ash in agriculture and for value-added products. Dhanbad (India), Tech. Session-I, (1999) 6, (ISBN 81-7525-184-0).
57. Ram LC, Srivastava N K, Jha S K, Sinha A K, Masto R E & Selvi V A, Management of lignite fly ash through its bulk use via biological amendments for improving the fertility and crop pro ductivity of soil,*Environmental Management*, 40 (2007) 438-452.
58. Sell N, McIntosh T, Severance C & Peterson A, 1989. The agronomic landspreading of coal bottom ash: Using a regulated solid waste as a resource. *Resources Conservation and Recycling*, 2 (2007) 119-129.
59. Shahi RV, Power sector development: the dominant role of coal, Conference on Coal and Electricity in India, September 22-23, 2003, IEA, New Delhi, India. Available at http://www.iea.org/ textbase/ work/2003/india/SESS00.PDF (2003).
60. Shukla K N & Mishra L C, Effect of fly ash extract on growth and development of corn and soyabean seedling.Water, *Air, Soil Pollut*, 27 (1986) 155-67.
61. Sims J T, Vasilas B L, Ghodrati M, Evaluation of fly ash as a soil amendment for the Atlantic Coastal Plain: II. Soil chemical properties and crop growth. *Water, Air, & Soil Pollution*, 81 (1995) 363 372.
62. Singh G, Tripathi P S M, Tripathi R C, Jha S K, Gupta S K, Roy R R P, Jha R K, Ram L C, Strivastava N K, Yenprediwar M & Kumar V, Solid waste management in TPPs: environmental impacts of abandoned ash ponds and their biological reclamation, Proceedings of the Fourteenth International Conference on Solid Waste Technology and Management, Phila delphia (ISSN 1091-8043: © 1998). J Solid Waste Technology and Management, USA: PA; November, (1998) 1-4.
63. Singh G & Vibha K, Environmental assessment of fly ash in its disposal environmental at FCI Ltd., *Sindri. Pollution Research*, 18 (1999) 339-343.
64. Stout W L, Sharpley A N, Gbyrek W J & Pionke H B, Reducing phosphorus export from croplands with FBC fly ash and FGD system. *Fuel*, 78 (1999) 175-178.
65. Sundaram V, Basu A K, Iyer Krishna, Narayanan K R , S S & Rajendran T P, Handbook of cotton in India. Mumbai, India: *Indian Society for Cotton Improvement* (1999).
66. Tandon Ed. L S, Methods of Analysis of Soils, Plants Waters and Fertilisers. Fertiliser Development and Consultation Organisation, New Delhi (1995) .
67. Truter W F, Rethman N F, Potgieter C E & Kruger R A, The international scenarios on the use of fly ash in agriculture: a synopsis, FlyAsh India, FAUP (TIFAC), DST, New Delhi, Technical Session XII: 1.1-1.10 (2005).
68. Veijalainen H K, Silfverberg & Hytones J J, Pulp biosludge and coal ash as nutrient sources for silver birch seedlings, *Envrin. Qual*. 44 (1994) 63-73.
69. Wanjura Wong J WC, The production of artificial soil mixture form coal fly ash and sewage sludge, *Envtl. Technol*., 16 (1993) 741- 751.
70. Wong J W C, The production of artificial soil mixture from coal fly ash and sewage sludge. *Environmental Technology*, 16 (1993) 741.
71. Wong M H & Wong J W C, Germination and seedling growth of vegetable crops in fly ash-amended soils. *J. Agri. Ecosys tem.*Environ. 26(1) (1989) 23-35.
72. Yeledhalli N A, Prakash S S, Ravi M V & Narayana Rao K, Long-Term Effect of Fly Ash on Crop Yield and Soil Properties, Karnataka *J. Agric. Sci*., 21(4) (2008) 507-512.
73. Yunusa I A M, Eamus D, Silva De, Murray D L, Burchett B R, M D, Skilbeck G C & Heidrich C, Fly-ash: An exploitable resource for management of Australian agricultural soils. *Fuel*, 85: (2006) 2337-2344.