पर्यावरण विज्ञान पाठमाला-2

वाहित मल एवं आपंक : उपयोग एवं प्रबंधन

Sewage and Sludge : Utilization & Management

लेखक

डॉ॰ शिवगोपाल मिश्र

एवं

डॉ॰ सुनील दत्त तिवारी

Digital India
Power To Empower

सत्यमेव जयते

स्वच्छ भारत
एक कदम स्वच्छता की ओर

वैज्ञानिक तथा तकनीकी शब्दावली आयोग

मानव संसाधन विकास मंत्रालय

(शिक्षा विभाग)

भारत सरकार

वाहित मल एवं आपंक : उपयोग एवं प्रबंधन

(Sewage and Sludge : Utilization & Management)

वाहित मल एवं आपंक : उपयोग एवं प्रबंधन

(Sewage and Sludge : Utilization & Management)

डॉ॰ शिव गोपाल मिश्र
(पूर्व निदेशक)
शीलाधर मृदाविज्ञान संस्थान
इलाहाबाद

एवं

डॉ॰ सुनील दत्त तिवारी
(शोध सहायक)
राजकीय उद्यान
इलाहाबाद

वैज्ञानिक तथा तकनीकी शब्दावली आयोग
मानव संसाधन विकास मंत्रालय
(शिक्षा विभाग)
भारत सरकार
1999

© भारत सरकार, 1999

© Government of India, 1999

प्रथम ई-संस्करण, 2019

प्रकाशक :

वैज्ञानिक तथा तकनीकी शब्दावली आयोग
पश्चिमी खंड-7, रामकृष्णपुरम्,
नई दिल्ली - 110066

बिक्री हेतु सपंर्क :

1. सहायक शिक्षा अधिकारी (बिक्री)
वैज्ञानिक तथा तकनीकी शब्दावली आयोग
पश्चिमी खंड - 7, रामकृष्णपुरम्
नई दिल्ली - 110066

2. प्रकाशन नियंत्रक
प्रकाशन विभाग, भारत सरकार
सिविल लाइन्स
दिल्ली - 110054

अध्यक्ष की कलम से

वैज्ञानिक तथा तकनीकी शब्दावली आयोग, उच्चतर शिक्षा विभाग, मानव संसाधन विकास मंत्रालय, भारत सरकार, 1961 में अपनी स्थापना समय से ही, उसे सौंपे गए कार्य-भार अनुसार भारतीय भाषाओं में शिक्षा माध्यम परिवर्तन हेतु विभिन्न विषयों में भारतीय भाषाओं की मानक शब्दावली तथा विश्वविद्यालय स्तरीय विभिन्न विषयक पुस्तकों का निर्माण एवं प्रकाशन करता आ रहा है । इस दीर्घ अवधि में आयोग ने विभिन्न आवश्यक विषयों से संबंधित अंग्रेजी-हिंदी तथा अन्य भारतीय भाषा शब्दावलियों का निर्माण एवं प्रकाशन किया है । इक्कीसवीं सदी के सूचना प्रौद्योगिकी के इस दौर में शिक्षा एवं ज्ञानार्जन के साधन को सद्यः उपलब्धता में क्रांतिकारी परिवर्तन आया है । ई-गवर्नेंस, ई-व्यवसाय एवं डिजिटल इंडिया जैसे क्रिया-कलाप दैनंदिन जीवन के अंग हो गए हैं। ऐसे में आयोग ने भी इन अधुनातन साधनों का उपयोग करने का निश्चय किया । इस क्रम में आयोग द्वारा निर्मित सभी शब्दावलियों, परिभाषा-कोशों का ई-संस्करण आपको सहज रूप से उपलब्ध कराने के **उद्देश्य** से ई-बुक निर्माण योजना पर कार्य प्रारंभ किया गया है । इसी **उद्देश्य** की पूर्ति हेतु **'वाहित मल एवं आपंक : उपयोग एवं प्रबंधन'** का ई-बुक का संस्करण प्रकाशित किया जा रहा है ।

मुझे इस पुस्तक का ई-संस्करण आप सबको सुलभ कराते हुए अत्यंत हर्ष हो रहा है । इसी भांति आयोग द्वारा अन्य विषयों के भी हिंदी तथा अन्य भारतीय भाषाओं की शब्दावली, परिभाषा-कोशों का ई-संस्करण प्रकाशित करने के कार्य भी प्रगति पर है । आयोग को सौंपे गए महत्वपूर्ण दायित्व में से एक दायित्व, निर्मित शब्दवलियाँ प्रयोक्ताओं तक पहुँचाने का रहा है । इलेक्ट्रोनिक माध्यम से आयोग अपने प्रकाशनों के प्रचार-प्रसार में अधिक प्रभावशाली होगा । मुझे आशा है आयोग द्वारा किए जा रहे इस प्रयास से निर्मित शब्दावलियाँ जन-जन तक पहुंचेगी साथ ही सभी जिज्ञासु इस ई-संस्करण का अधिक से अधिक लाभ उठा सकेंगे।

प्रो. अवनीश कुमार

अध्यक्ष

वाहित मल एवं आपंक : उपयोग एवं प्रबंधन ई-शब्द संग्रह निर्माण से संबद्ध आयोग के अधिकारी

प्रधान संपादक

प्रो. अवनीश कुमार

अध्यक्ष

संपादक

डॉ. अशोक एन. सेलवटकर

(सहायक निदेशक)

श्री शिव कुमार चौधरी

(सहायक निदेशक)

श्री जय सिंह रावत

(सहायक वैज्ञानिक अधिकारी)

श्रीमती चक्प्रम बिनोदिनी देवी

(सहायक वैज्ञानिक अधिकारी)

सुश्री मर्सी ललरोहलू हमार

(सहायक वैज्ञानिक अधिकारी)

प्रस्तावना

भारत सरकार ने विश्वविद्यालय स्तर पर शिक्षा-माध्यम के रूप में हिंदी तथा अन्य भारतीय भाषाओं के विकास के लिए तत्कालीन शिक्षा मंत्रालय (अब मानव संसाधन विकास मंत्रालय) के अधीन सन् 1961 में वैज्ञानिक तथा तकनीकी शब्दावली आयोग की स्थापना की । इस लक्ष्य की प्राप्ति के लिए आयोग ने अनेक पारिभाषा कोशों, चयनिकाओं, पाठमालाओं तथा विश्वविद्यालय स्तरीय हिंदी-पुस्तकों का निर्माण किया है । अनेक पाठ्यपुस्तकें, शब्द-संग्रह, परिभाषा-कोश, चयनिकाएं, पत्रिकाएं, पाठमालाएं आदि प्रकाशित हो चुकी हैं ।

पाठमालाओं के निर्माण में इस बात का पूरा ध्यान रखा गया है कि उनकी विषय-सामग्री उपयोगी तथा अद्यतन हो और भाषा सरल, बोधगम्य एव आकर्षक हो ताकि अध्यापक भी हिंदी माध्यम से अपने-अपने विषय को पढ़ाने में सक्षम हो सकें ।

प्रस्तुत पाठमाला 'वाहित मल एवं आपंक : उपयोग एवं प्रबंधन' शीलाधर मृदाविज्ञान शोध संस्थान, इलाहाबाद के पूर्व निदेशक डॉ॰ शिव गोपाल मिश्र तथा राजकीय उद्यान, इलाहाबाद के शोध-सहायक डॉ॰ सुनील दत्त तिवारी द्वारा लिखी गई है ।

इसकी विषय-सामग्री पाँच अध्यायों में विभाजित है । लेखकों ने अनेकानेक शोध पत्र-पत्रिकाओं से सामग्री का संकलन किया है और विषय का प्रस्तुतिकरण वैज्ञानिक ढंग से किया है । पांडुलिपि का पुनरीक्षण इलाहाबाद विश्वविद्यालय के रसायन विज्ञान विभाग के व्याख्याता डॉ॰ दिनेश मणि ने किया है । वस्तुत: लेखकों और पुनरीक्षक के अथक प्रयास से ही यह कार्य संपन्न हुआ है जिसके लिए वे बधाई के पात्र हैं ।

पाठमाला की भाषा सरल, बोधगम्य और प्रवाहपूर्ण है । इसमें हिंदी की मानक शब्दावली का प्रयोग किया गया है और पुस्तक के अंत में संदर्भ एवं शब्द सूचियाँ भी दी गई हैं ।

मुझे विश्वास है कि यह पाठमाला स्नातक तथा स्नातकोत्तर स्तर के विद्यार्थियों के लिए बहुत उपयोगी सिद्ध होगी ।

जनवरी, 1999

(डा. राय अवधेश कुमार श्रीवास्तव)
अध्यक्ष

दो शब्द

वाहित मल एवं आपंक का प्रयोग और प्रबंधन

विश्व के बड़े-बड़े शहरों में जिस गति से जनसंख्या बढ़ी है और वाहित मल तथा आपंक की मात्रा में जिस अनुपात में वृद्धि हुई है उससे प्रदूषण की आशंका बढ़ती जा रही है । फलस्वरूप वाहित तथा आपंक को ठिकाने लगाने के लिए भरसक प्रयत्न किए जा रहे हैं । वाहित मल का उपचार करके प्रायः उसका फिर से उपयोग किया जा रहा है । पर यह जल पीने के लिए उपयुक्त नहीं होता । आपंक को विलग करके ठोस अवस्था में प्राप्त करके प्रायः खाद के रूप में इसका इस्तेमाल किया जाता है । आज भी विकासशील तथा निर्धन देशों में सस्ती खाद के रूप में किसान आपंक का प्रयोग भूमि को उर्वर बनाने के लिए कर रहे हैं । किंतु अनेक विकसित देशों में आपंक के प्रयोग पर प्रतिबंध लग चुका है जिसका मुख्य कारण औद्योगिक बहिःस्रावों में भारी धातुओं और अनेक कार्बनिक यौगिकों की अधिक सांद्रता उपस्थित होने के कारण इस प्रकार प्राप्त अवमल का विषाक्त होना है ।

ऐसी स्थिति में आवश्यक हो जाता है कि विविध प्रकार के आपंकों का रासायनिक संघटन, आपंक के उपचार आदि के ही साथ आपंक के साथ किए गए प्रक्षेत्रीय प्रयोगों से प्राप्त परिणामों की समीक्षा की जाए और भारत में हो रहे अनुसंधान कार्य का विहंगावलोकन किया जाए ।

पर्यावरण प्रदूषण की विभीषिका के संदर्भ में आपंक विषयक अध्ययन का अति महत्व है । आपंक उत्पन्न तो होता है शहरों में किंतु इसका उपयोग दूरस्थ ग्रामीण अंचलों में खेतों को उपजाऊ बनाने के सस्ते उपलब्ध साधन के रूप में किया जाता है । ऐसी परिस्थिति में हमारे किसान कौन-सी सावधानी बरतें कि आपंक का सही उपयोग हो सके । आपक तभी मूल्यवान निधि बन सकता है जब इसका ठीक से प्रबंध और उपयोग किया जाए ।

अभी तक आपंक पर कोई भी समीक्षात्मक विनिबंध (मोनोग्राफ) अंग्रेजी या हिंदी में नहीं है । किंतु विश्वविद्यालयों में छात्रों को पारितंत्र एवं पर्यावरण प्रदूषण के परिप्रेक्ष्य में जल, वायु तथा मृदा प्रदूषण का जो ज्ञान प्रदान किया जाता है उसमें आपंक की भूमिका अति अग्रणी होते हुए भी उसके विषय में अद्यतन जानकारी देने वाली कोई पुस्तक उपलब्ध नहीं है । इसी कमी को पूरा करने के उद्देश्य से यह समीक्षात्मक पुस्तिका लिखी गई है ।

इसके प्रणयन में अनेकानेक शोध पत्र-पत्रिकाओं तथा प्रामाणिक ग्रंथों से सामग्री संकलित की गई है जिनका उल्लेख संदर्भ सूची के अंतर्गत किया गया है। हमारा प्रयास यही रहा है कि अधुनातन सामग्री का समावेश विशेषतया भारतीय संदर्भ में किया जाए।

आशा है विश्वविद्यालयों के स्नातक, स्नातकोत्तर छात्र तथा शोधार्थी इस पुस्तक से लाभान्वित होंगे।

09.11.1997

– डॉ॰ शिव गोपाल मिश्र

डॉ॰ सुनील दत्त तिवारी

आयोग के अध्यक्ष एवं सदस्य

अध्यक्ष

डा. राय अवधेश कुमार श्रीवास्तव

सदस्य

1. डा॰ अनूप चोपड़ा
प्रोफेसर, ई.एन.टी. विभाग
लोकनायक जयप्रकाश
नारायण अस्पताल,
नई दिल्ली

2. प्रो॰ कीर्ति सिंह
सदस्य
कृषि वैज्ञानिक चयन बोर्ड,
पूसा,
नई दिल्ली

3. प्रो॰ बी॰डी॰ नौटियाल
सिविल इंजीनियरी विभाग,
बनारस हिंदू विश्वविद्यालय,
वाराणसी

4. श्री डी॰बी॰ डिमरी
पूर्व महानिदेशक, भारतीय
भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण,
कलकत्ता

5. प्रो॰ प्रेम सिंह
भाषा विज्ञान विभाग,
दिल्ली विश्वविद्यालय,
दिल्ली

6. प्रो॰ लक्ष्मण सिंह कोठारी
पूर्व अध्यक्ष,
भौतिकी विभाग,
दिल्ली विश्वविद्यालय,
दिल्ली

पुनरीक्षण एवं संपादन

प्रधान संपादक

डा. राय अवधेश कुमार श्रीवास्तव

संपादक

श्री दुर्गा प्रसाद मिश्र

सहायक संपादक

श्री दीपक कुमार

पुनरीक्षक

डॉ॰ दिनेश मणि

भाषा परामर्श

श्री देवेंद्र दत्त नौटियाल

प्रकाशन एकक :

श्री धीरेंद्र राय
सहायक निदेशक

श्री आलोक वाही
कलाकार

○ ○ ○ ○ ○

अनुक्रम

पृष्ठ संख्या

पहला अध्याय	परिचय	1
दूसरा अध्याय	वाहित मल तथा आपंक का संघटन	6
तीसरा अध्याय	आपंक का उपचार	24
चौथा अध्याय	आपंक के उपयोग से संबंधित कुछ प्रयोग	30
	परिशिष्ट :	
	क. संदर्भ-सूची	51
	ख. हिंदी-अंग्रेजी शब्द-सूची	54
	ग. अंग्रेजी-हिंदी शब्द-सूची	60

ο ο ο ο ο

पहला अध्याय

परिचय

सामान्यतया आपंक (sludge) वाहितमल (sewage) का ठोस अंश है । वाहित मल मानव समुदाय द्वारा उत्पन्न बेकार जल है । यह जल पूर्णतः घरेलू, औद्योगिक या कृषिजन्य हो सकता है । घरेलू वाहित मल में मानव शरीर से निकले अपशिष्ट, यथा-विष्ठा तथा मूत्र (पेशाब), कपड़े धोने या स्नानादि से उत्पन्न अपशिष्ट पदार्थ, रसोईघर का बचा बासी भोजन तथा बर्तन धोने से निकली राख आदि सम्मिलित रहते हैं । ताजा वाहित मल एक प्रकार का मैला या गंदला द्रव है जिसमें अनेक प्रकार के घुले हुए, निलंबित या तैरते हुए पदार्थ मिले रहते हैं - जैसे मानव -विष्ठा के साथ तमाम तरह का कूड़ा-करकट, प्लास्टिक की थैलियां, गोशालाओं से बहाया गया गोबर तथा मूत्र, दुग्धशालाओं से निकले दुग्ध-अपशिष्ट तथा उद्योगों के नाना प्रकार के बहिःस्राव (effluents) । इस तरह वाहित मल में आंशिक रूप से विघटित विष्ठा, कागज, तरकारी के छिलके या कोलाइडी रूप में अनेक रासायनिक प्रदूषक मिले रहते हैं ।

सामान्यतया ताजे वाहित मल में बदबू या दुर्गंध नहीं रहती, किंतु खुले नालों में होकर बहने से, विशेषतया गर्मी के दिनों में, घुलित ऑक्सीजन की कमी हो जाने से यह वाहित मल पूतिभूत (सेप्टिक) या बासी बन जाता है और इसमें से अरुचिकर गंध निकलती है । यह गंध विशेषतया हाइड्रोजन सल्फाइड गैस के कारण होती है । इसीलिए गंदे नालों के आसपास दुर्गंध के कारण टहलना, आना-जाना, रहना मुश्किल हो जाता है । नालों के किनारे-किनारे बसी झुग्गी-झोपड़ियों के लोगों की दयनीय अवस्था का अनुमान इसी से लगाया जा सकता है ।

सामान्यतया वाहित मल में 99.9 प्रतिशत जल और (केवल 0.1 प्रतिशत) ठोस अंश रहता है । किंतु आम मान्यता के अनुसार वाहित मल में 0.5 प्रतिशत तक ठोस रह सकते हैं । यदि ठोस अंश 5-20 प्रतिशत तक हो तब उसे कर्दम (slurry) कहते हैं और 20 प्रतिशत से अधिक ठोस होने पर उसे आपंक कहते हैं ।

बड़े-बड़े नगरों में वाहित मल को या तो सागरों या नदियों अथवा जलाशयों में बहा दिया जाता है या फिर बंद पाइपों द्वारा नगर से बाहर ले जाकर बड़े-बड़े जलाशयों में एकत्र करके, ठोस अंश को विलग करके शेष जल को सिंचाई के लिए प्रयुक्त किया जाता है । छोटे-छोटे नगरों में वाहित मल को तरकारी उगाने वाले किसान अपने खेतों में ले जाकर (मुफ्त मिलने के कारण) सिंचाई करके अच्छी फसल उगाते हैं । कहीं-कहीं जलाभाव के कारण उद्यानों, पाको में ताजा वाहित मल प्रयुक्त किया जाता है किंतु उसकी दुर्गंध और मक्खी-मच्छर के उत्पात से अस्वास्थ्यकर स्थिति उत्पन्न हो जाती है । ताजा वाहित मल के साथ जो भी ठोस अंश होता है, वह भी प्रयुक्त होता है । किंतु जहां वाहित मल को ले जाकर जलाशयों में स्कंदित होने दिया जाता है वहां से प्राय: आपंक ठोस रूप में, गोबर की खाद ही की तरह भूरे मटमैले काले रूप की खाद के रूप में उपलब्ध होगा । आपंक में उर्वरता प्रदान करने वाले तत्व, यथा - नाइट्रोजन, फास्फोरस तथा पोटाश के अतिरिक्त जैव पदार्थ (organic matter) की भी मात्रा होने के कारण यह आपंक खाद सस्ती होने से आसपास के क्षेत्रों में किसानों के लिए वरदान सिद्ध हुई है ।

वाहित मल तथा आपंक की प्रकृति का निर्धारण करने के कुछ प्राचल (parameters) हैं । वाहित मल अथवा आपंक के उपचार हेतु ऑक्सीजन आपूर्ति की जाती है जिससे इनमें उपस्थित अपशिष्ट पदार्थों को अगणित सूक्ष्म जीव अपने भोज्य पदार्थ के रूप में उपयोग कर सकें । इस तरह ऑक्सीजन-उपयोग की मात्रा का निर्धारण करके अपशिष्ट की मात्रा का अनुमान लगाया जा सकता है । उदाहरणार्थ - यदि एक लीटर किसी विशेष अपशिष्ट के ऑक्सीकरण के लिए आधा ग्राम ऑक्सीजन का उपभोग होता है तो हम कहेंगे कि इस अपशिष्ट की ऑक्सीजन मांग 500 मिलीग्राम/लीटर है । तात्पर्य यह है कि उसमें उपस्थित जैव पदार्थ की मात्रा इतनी है कि इसके ऑक्सीकरण हेतु 500 मिलीग्राम ऑक्सीजन आवश्यक होगी । किसी भी अपशिष्ट पदार्थ की आक्सीजन मांग की मात्रा तीन तरीकों से व्यक्त की जाती है । 1. सैद्धांतिक ऑक्सीजन मांग (Theoretical Oxygen Demand(TOD), 2. रासायनिक ऑक्सीजन मांग (Chemical Oxygen Demand(COD) तथा 3. जैव-रासायनिक ऑक्सीजन मांग (Biochemical Oxygen Demand(BOD) ।

1. सैद्धांतिक ऑक्सीजन मांग (TOD) :

यह ऑक्सीजन की वह सैद्धांतिक मात्रा है जो अपशिष्ट पदार्थ के कार्बनिक अंश को विघटित या अपघटित करके कार्बन डाइऑक्साइड और जल में बदल सके । उदाहरणार्थ, ग्लूकोस के एक अणु का ऑक्सीकरण निम्न प्रकार होगा -

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

180 192

इस प्रकार यदि एक लीटर घोल में ग्लूकोस की मात्रा 300 मिलीग्राम हो तो इसके लिए आवश्यक ऑक्सीजन की मांग 192/180 x 300 = 320 मिलीग्राम/लीटर होगी । परंतु वाहित मल या आपंक के संघटक इतने जटिल होते हैं कि सामान्यत: इनके सैद्धांतिक ऑक्सीजन मांग की मात्रा की गणना नहीं की जा सकती ।

2. रासायनिक ऑक्सीजन मांग (COD) :

इसकी गणना अपशिष्ट पदार्थ को अम्लीय डाइक्रोमेट विलयन द्वारा उबालकर तथा ऑक्सीकृत करके की जाती है । इस प्रक्रिया से अपशिष्ट पदार्थ में उपस्थिति संपूर्ण जैव पदार्थ ऑक्सीकृत हो जाता है । इसमें होने वाली अभिक्रिया 95 प्रतिशत से भी अधिक पूर्ण होती है । इस प्रक्रिया का सबसे बड़ा लाभ यह है कि इससे रासायनिक ऑक्सीजन मांग की मात्रा अतिशीघ्र (लगभग तीन घंटे में) प्राप्त की जा सकती है । लेकिन इस प्रक्रिया में कुछ कमियां भी हैं : (1) इससे सूक्ष्मजीवों द्वारा ऑक्सीकृत होने योग्य जैव पदार्थ की मात्रा का पता नहीं चलता, तथा (2) उस दर का भी पता नहीं चलता जिस दर से जैव ऑक्सीकरण हो सकता है ।

3. जैव रासायनिक ऑक्सीजन मांग (BOD) :

यह सूक्ष्मजीवों द्वारा जैव पदार्थ के विघटन के लिए आवश्यक ऑक्सीजन की मात्रा है । इससे सूक्ष्मजीव द्वारा विघटित होने वाले जैव पदार्थ की मात्रा का पता चलता है ।

जिस वाहित मल की जैव रासायनिक आक्सीजन मांग (BOD) 750 से अधिक होती है उसकी सांद्रता सर्वाधिक (अति तीव्र) और जिसकी 200 से कम हो उसको दुर्बल कहा जाता है । यह जैव रासायनिक परीक्षण बहुत ही आधारभूत है ।

एक अनुमान के अनुसार भारत के 200 शहरों से उत्पन्न होने वाले वाहित मल या बेकार जल की मात्रा 260 करोड़ घन मीटर प्रति वर्ष है । भारत के प्रमुख 9 नगरों के संपूर्ण वाहित मल की जितनी मात्रा उपचारित होती है और जितनी अनुपचारित रह जाती है उसका ब्यौरा इस प्रकार है :

सारणी : 1

शहर	उत्पादन मलजल (दस लाख लीटर में)		
	उपचारित	अनुपचारित	योग
दिल्ली	1260	540	1800
कलकत्ता	675	125	800
मुंबई	1460	340	1800
बंगलूर	250	25	275
चेन्नई (मद्रास)	238	12	250
लखनऊ	250	150	400
पटना	83.2	51.8	141
अहमदाबाद	248	160	400
सूरत	70	60	130
	4531.2	**1463.8**	

वाहित मल या बहि:स्राव की यह मात्रा अनेकानेक उद्योगों की स्थापना तथा अतिशय बढ़ती जनसंख्या का ही दुष्परिणाम है । ऐसे बहि:स्रावों की इतनी विशाल मात्रा सामान्यतः शहरों के आसपास की बेकार पड़ी या कृष्य भूमि, गड्ढों, त्यक्त क्षेत्रों या नदियों, नालों, तालाबों, झीलों या समुद्रों में बहा दी जाती है । कई स्थानों पर स्वेच्छा से वाहित मल पर आधारित कृषि भी की जाने लगी है । उदाहरणार्थ, तमिलनाडु में वाहित मल आधारित अनेक कार्य हैं जहां अनुपचारित या कच्चे वाहित मल का उपयोग पिछले पाँच दशकों से किया जा रहा है । विदेशों में कृषीय भूमि के उर्वरण हेतु आपंक का प्रयोग होता रहा है । 1970 में इंगलैंड तथा बेल्स में कुल आपंक का 40 प्रतिशत कृष्य तथा चरागाही भूमियों के उर्वरक हेतु किया जा रहा था और लगभग इतनी ही मात्रा गड्ढा भरने आदि के काम आती थी ।

फिर भी विदेशों में आपंक के उपयोग पर प्रतिबंध लगाया जा रहा है जिसका कारण उसमें विद्यमान कैडमियम (Cd) तत्व की अधिक मात्रा होने की संभावना है । किसी भी परिस्थिति में कृष्य भूमि में प्रतिवर्ष 100 ग्राम/हेक्टर से अधिक कैडमियम की मात्रा आपंक के माध्यम से कृष्य भूमि में प्रविष्ट नहीं होनी चाहिए । इसका अर्थ है कि आपंक का उपयोग अंधाधुंध नहीं किया जा सकता। हमारे देश में अभी इस दिशा में कोई मापदंड या सीमा निर्धारित नहीं हो पाई । स्पष्ट है कि आपंक जहां एक ओर जल प्रदूषण से राहत पाने का साधन है वहीं उसकी अधिक मात्रा मृदा–प्रदूषण का कारण बन सकती है । अतएव आपंक एक संभावित उर्वरण स्रोत होते हुए भी प्रदूषण का कारण बन सकता है । यह उसके संघटन यानी उसकी प्रकृति पर निर्भर करेगा । एतदर्थ आपंक के संघटन की विस्तृत जानक़ारी आवश्यक है ।

□□□

दूसरा अध्याय

वाहित मल तथा आपंक का संघटन

चूँकि आपंक, वाहित मल का ही उपोत्पाद है अतएव वाहित मल के संघटन से ही हम प्रारंभ करेंगे । कच्चे वाहित मल में जो पोषक तत्व होते हैं, उनमें उपचार के फलस्वरूप परिवर्तन होना अवश्यंभावी है । नीचे सारणी 1 में कच्चे तथा उपचारित वाहित मल का सामान्य रासायनिक संघटन प्रदर्शित है :

सारणी–1

पोषक तत्व	कच्चा वाहित मल	उपचारित वाहित मल
कुल नाइट्रोजन (N)	66.2	57.2
कुल फास्फोरस (P_2O_5)	22.6	37.2
पोटाश (K_2O)	42.1	17.6
कैल्शियम	182.0	–
मैग्नीशियम	568.0	–
सोडियम	132.0	–
आयरन	1273.0	856.0
मैंगनीज	344.0	205.0
जिंक	685.0	89.0

स्पष्ट है कि वाहित मल में N, P, K के अलावा Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn जैसे पोषक तत्व भी उपस्थित रहते हैं । यदि औद्योगिक क्षेत्र के वाहित मल का विश्लेषण किया जाए तो उसमें Ni, Pb, Cu, Cd, Cr की विषाक्त मात्राएँ विद्यमान होंगी । इस तरह वाहित मल का संघटन उसके स्रोत पर निर्भर करता

है । यदि स्रोत आवासीय या घरेलू है तो उसमें कार्बनिक पदार्थों की मात्रा काफी होगी (जिसका ऊपर उल्लेख नहीं है) और यदि स्रोत औद्योगिक बहि:स्राव है तो उसमें भारी धातुओं की मात्रा अधिक होगी, और ये धातुएं विषैली होती हैं ।

इनके अतिरिक्त वाहित मल नाना प्रकार के रोगकारक जीवाणुओं, विषाणुओं, प्रोटोजोआ का घर भी होता है ।

आपंक

आपंक का संघटन भी स्रोत पर निर्भर करेगा । चूँकि आपंक स्कंदनजनित उपोत्पाद है अत: इसमें कार्बनिक अंश रहता है और अकार्बनिक अंश भी । प्राय: कार्बनिक अंश में ही अकार्बनिक अंश अधिशोषित या संकुलित रहता है ।

कार्बनिक अंश

आपंक में जो जैव पदार्थ, जिन-जिन उद्योगों से प्राप्त हो सकते हैं उनकी सूची सारणी-2 में दी गई है ।

विभिन्न उद्योगों से निकलने वाले अपशिष्टों के मुख्य गुणधर्मों का अंकन सारणी-3 में किया जा रहा है ।

यदि इन दोनों सारणियों के आंकड़ों को मिलाकर देखा जाए तो नाना प्रकार के कार्बनिक यौगिकों की सूची के साथ ही उनकी अम्लीय क्षारीय अभिक्रिया (पी-एच), उनकी जैव रासायनिक आक्सीजन मांग (BOD), मान, ताप, दुर्गंध, उनकी घुलित या कॉलोयडीय अवस्था, रंग तथा साथ ही उनमें धातुओं की उपस्थिति की मोटी जानकारी हो जाएगी ।

भारतीय सूखे आपंकों में 30-44 प्रतिशत जैव पदार्थ पाया जाता है (आगे की सारणी देखें) । यह जैव पदार्थ ही मृदा में अनेक प्रकार की क्रियाएं करके मिट्टियों के जैव पदार्थ स्तर में वृद्धि कर सकता है और अधिकांश नाइट्रोजन को अपने में संयुक्त रखता है ।

सारणी–2

पदार्थ	स्रोत
ऐलीफैटिक और एरोमैटिक हाइड्रोकार्बन (बेंजीन और पेट्रोलियम हाइड्रोकार्बन भी शामिल)	पेट्रोरसायन उद्योग, भारी/सूक्ष्म रासायनिक अपशिष्ट, औद्योगिक घोलक अपशिष्ट, प्लास्टिक रेजिन, संश्लेषित फाइबर, रबर और पेंट उत्पाद, कोक भट्ठी, कोयला गैसीकरण बहि:स्राव, शहरी बहि:स्राव, तेल और स्नेहक का निपटान ।
बहुकेंद्रीय एरोमैटिक हाइड्रोकार्बन (PAH)	शहरी बहि:स्राव पेट्रोरसायन उद्योग अपशिष्ट, अनेक उच्च तापमान वाली पायरोलाइटिक क्रियाएँ, बिटुमेन उत्पादन, वैद्युत एलुमिनियम ध्रुवीकरण, कोलतार से रंगी वितरण नलिकाएँ ।
थैलेट एस्टर	प्लास्टिक, रेजिन, संश्लेषित तंतु, रबर और पेंट उत्पाद, भारी/सूक्ष्म रसायन उद्योगों के अपशिष्ट उद्योग अपशिष्ट, संश्लेषित पॉलीमर विसरण नलिकाएँ ।
पॉलीक्लोरीनेटेड बाई फिनाइल (PCB)	कैपीसीटर और ट्रांसफॉर्मर उद्योग, हाइड्रोलिक द्रवों और स्नेहकों का निपटान,कार्बनिक अपशिष्ट का निपटान, पेपर, ऊष्मा स्थानांतरण द्रव, पी.सी.बी. उत्पाद ।
आर्गेनोक्लोरीन जीवनाशी	कृषिजन्य बहि:स्राव, घरेलू उपयोग, पीड़कनाशी उत्पादन, कारपेट मॉथ प्रूफिंग, लकड़ी उपचार ।
हैलोजिनीकृत ऐलीफैटिक और ऐरोमैटिक हाइड्रोकार्बन	जल और बेकार जल का रोगाणुनाशन, सूक्ष्म/भारी रसायन उद्योग अपशिष्ट, औद्योगिक घोलक अपशिष्ट और शुष्क धुलाई अपशिष्ट, प्लास्टिक, रेजिन, सिंथेटिक फाइबर, पेंट उत्पाद, ऊष्मा, स्थानांतरण वाले संयंत्र, एरोसॉल उत्पादक, धूम्रक आदि ।

सारणी–3

विभिन्न उद्योगों से निकलने वाले अपशिष्ट और उनके गुण

उद्योग	गुण
अपमार्जक	अधिक बी.ओ.डी., क्षारीय, अम्लीय ठोस पदार्थ ।
नाभिकीय ऊर्जा	रेडियाऐक्टिव पदार्थ, उच्चताप, अम्लीय ।
सूती कपड़ा	क्षारीय,रंग, अधिक बी.ओ.डी., तापमान व ठोस पदार्थ ।
चमड़ा	ठोस पदार्थ, अधिक बी.ओ.डी. क्षारीयपन, लवण, सल्फाइड, क्रोमियम. दुर्गंध ।
शर्करा	घुलनशील व अघुलित ठोस पदार्थ, कार्बनिक पदार्थ, दुर्गंध ।
कागज	रंगीन, कॉलोयड, घुलित पदार्थ, क्षारीय तथा अम्लीय कार्बनिक पदार्थ, दुर्गंध ।
इस्पात	अम्लीय, फीनोल, कोक, चूना, महीन ठोस, अयस्क ।
जलशोधन	लवण और ठोस ।
काँच	जाज रंग, क्षारीय, निलंबित ठोस पदार्थ ।
प्लास्टिक	घुलनशील कार्बनिक पदार्थै, फीनोल, फार्मेल्डिहाड, अम्ल व क्षार, दुर्गंध ।
तेल शोधन	घुलित लवण, अधिक बी.ओ.डी., दुर्गंध, फीनोल,गंधक के यौगिक ।
टिन कनस्तर	धातु, तैलीय, बदलता पी.एच., घुलित पदार्थ, निलंबित ठोस पदार्थ ।
प्लाईवुड तथा लकड़ी	अधिक बी.ओ.डी., अम्लीय ठोस पदार्थ आदि ।

आपंक के हानिकर कार्बनिक यौगिक

अमेरिका और कनाडा के कई क्षेत्रों में पर्यावरण से संबंधित कार्बनिक यौगिकों की पहचान की गई है । जल प्रदूषण नियंत्रण निदेशालय, कनाडा ने संदिग्ध प्राथमिकता वाले रसायनों की पहचान की है । उनके द्वारा बनाई गई सारणी में 150 यौगिक शामिल किए गए हैं । संयुक्त राज्य अमेरिका में पर्यावरण संरक्षण एजेंसी ने 129 प्राथमिक प्रदूषकों की पहचान की है जिनमें 114 कार्बनिक, 13 धातुएँ, सायनाइड, ऐसबेस्टस आदि हैं ।

जर्मनी के आपंक के विश्लेषण से स्पष्ट होता है कि उसमें पीसीबी (PCB) की मात्रा 2 पीपीएम है तथा कूड़े में यह मात्रा 0.4 से 9.7 पीपीएम है । शहरी कूड़े तथा आपंक से बने कंपोस्ट में 2-5 पी.पी.एम. तक पी.सी.बी. की मात्रा है ।

सारणी 4

विभिन्न प्रकार के बहिःस्रावों में उपस्थित पीसीबी की मात्रा (पी.पी.एम. ppm)*

नमूना	परिसर न्यूनतम	अधिकतम
शहरी कूड़ा	0.4	9.7
शहरी कूड़ा/वाहितमल आपंक	2.1	2.5
वाहितमल आपंक	1.8	2.0
ताजा कंपोस्ट	–	1.9
पका कंपोस्ट	2.9	5.0

*अंश प्रति दस लाख

शहरी बहि:स्राव में पी ए एच (PAH) की अधिक मात्रा पाई गई । इससे इस बात की संभावना बनती है कि मानव स्वास्थ्य और खाद्य गुणवत्ता भी प्रभावित होती है । इससे प्रेरित होकर मृदा और पौधों में पीएएच की धारिता से संबंधित अनेक अध्ययन किए गए । इससे संबंधित परिणाम निम्न सारणी में प्रदर्शित है –

सारणी–5

विभिन्न प्रकार के बहि:स्रावों में उपस्थित पीएएच यौगिकों की सांद्रता (पीपीबी ppb)*

पॉली ऐरोमेटिक हाइड्रोकार्बन	आपंक	ताजा कंपोस्ट	अपघटित कंपोस्ट
बेंजोफ्लोरेन्थेन	2962	3400	3270
बेंजोपाइरेन	1247	1750	1520
पेरीलीन	250	131	109
इन्डेनो (1,2,3 सीडी पाइरेन)	281	457	311
डाइबेंजो ऐंथ्रेसीन	684	785	847

*अंश प्रति बिलियन

ये विभिन्न यौगिक अंतत: मृदा में ही पहुंचते हैं । इनकी कुछ मात्रा तो जीवाणवीय अपघटन (bacterial decomposition) द्वारा अन्य सरल पदार्थों में बदल जाती है जबकि इनके मृदा में अपने मूल रूप में बने रहने के भी प्रमाण मिले हैं ।

अकार्बनिक अंश

आपंकों में कार्बन के अतिरिक्त नाइट्रोजन, फास्फोरस, पोटाश - जैसे उर्वरता-प्रदायक तत्वों के साथ ही भारी धातुएँ भी रहती हैं।

सारणी-6 में भारत के शहरों से प्राप्त आपंकों में (शुष्क आधार पर)N.P. तथा K का प्रतिशत प्रदर्शित है । इस सारणी से स्पष्ट है कि स्थान-स्थान के भेद से N.P. तथा K की मात्रा में भिन्नता रहती है । आपंक N तथा P के साथ ही K के भी उत्तम स्रोत सिद्ध हो सकते हैं । सभी शहरों की तुलना में इलाहाबाद के चारों स्थानों से प्राप्त आपंक में N तथा P की मात्राएँ अधिक हैं जबकि कार्बनिक पदार्थ की मात्रा सबसे कम है । इससे यही निष्कर्ष निकलता है कि N तथा P का बहुत-सा अंश अधिशोषित अवस्था में है, कार्बनिक संयोग में नहीं ।

उपचार के अनुसार भी आपंक का संघटन परिवर्तित होता है । सारणी-7 में आपंकों के प्रकार और उनमें निहित नाइट्रोजन तथा फास्फोरस की मात्राएं प्रदर्शित हैं । नम आपंक में शुष्क आपंक की अपेक्षा इनकी मात्राएं कम हैं ।

सारणी : 6

स्थान	कार्बनिक पदार्थ	नाइट्रोजन प्रतिशत	फास्फोरस प्रतिशत	पोटाश प्रतिशत
अहमदाबाद	33.15	1.18	1.27	1.10
दिल्ली(ओखला)	30.15	1.17	1.50	0.57
विजयवाड़ा	44.11	1.19	1.18	0.72
नागपुर	39.08	1.08	1.16	1.01
चेन्नई (मद्रास)	40.20	0.82	1.48	0.57
कोल्हापुर	39.40	1.12	0.95	1.90
जयपुर	39.09	2.34	2.14	0.57

स्थान	कार्बनिक पदार्थ	नाइट्रोजन प्रतिशत	फास्फोरस प्रतिशत	पोटाश प्रतिशत
इलाहाबाद (शीलाधर मृदा विज्ञान संस्थान नाला)	16.24	2.30	1.80	0.53
कुलभास्कर आश्रम नाला	4.98	2.86	2.63	0.87
नैनी (आपंक एकत्रण संयंत्र)	7.69	3.98	3.42	0.89
गऊघाट (पंपिंग स्टेशन)	5.67	2.95	2.58	0.93

सारणी – 7

आपंक का प्रकार	शुष्क पदार्थ %	नाइट्रोजन		फास्फोरस	
		कुल %	उपलब्ध	कुल %	उपलब्ध
उपचारित नम आपंक	4	0.21	1.7 किग्रा./मि.ट.	0.20	1.0 किग्रा./मि.ट.
अनुपचारित	4	0.17	0.5 किग्रा./मि.ट.	0.15	0.8 किग्रा./मि.ट.
जल-विहीन आपंक (चूना मिलाया हुआ)	40	0.90	1.8 किग्रा./मि.ट.	0.90	4.5 किग्रा./मि.ट.

आपंक का प्रकार	शुष्क पदार्थ %	नाइट्रोजन		फास्फोरस	
		कुल %	उपलब्ध	कुल %	उपलब्ध
जलविहीन आपंक (अन्य रसायनों से युक्त)	40	1.30	2.6 किग्रा./मि.ट.	0.90	4.5 किग्रा./मि.ट.
जलविहीन उपचारित आपंक	50	1.50	2.30 किग्रा./मि.ट.	1.10	5.5 किग्रा./मि.ट.

बायोगैस, कर्दम (स्लरी), शीरा तथा शहरी अपशिष्ट से तुलना

सारणी-8 में N, P, K, Zn, Cu तथा Mn की मात्राएं दी हुई हैं जिनके आधार पर यह कहा जा सकता है कि आपंक इन सभी तत्वों में समृद्ध है अतः इसका इस्तेमाल जैव खाद की तरह हो सकता है ।

जहां एक टन बायोगैस कर्दम (स्लरी) से 44 किलो, गोबर की खाद से 19 किलो, कंपोस्ट से 27 किलो, शहरी बहि:स्राव से 19.5 किलो NPK प्राप्त होते हैं, वहीं आपंक से 46.9 किलो NPK पोषक तत्व उपलब्ध हो पाते हैं ।

सारणी-8

विभिन्न कार्बनिक पदार्थों से प्राप्त पोषक तत्वों की मात्रा

तत्व	बायोगैस कर्दम	आपंक	शीरा	शहरी अपशिष्ट
कुल नाइट्रोजन	1.40-1.84	1.08-2.34	1.12-1.19	0.58-0.61
कुल फासफोरस%	1.10-1.72	0.84-2.14	2.12-2.43	0.59-0.71
कुल पोटाश %	0.84-1.34	0.53-1.73	1.98-2.03	0.67-0.73
कार्बनिक कार्बन%	35.0-38.0	19.50-31.80	23.50-26.70	12.79-16.04

जिंक (पीपीएम)	103.00-115.60	700.4-2145.70	237.50-285.40	-
कॉपर (पीपीएम)	50.60-67.50	193.7-535.20	112.40-131.70	-
मैगनीज (पीपीएम)	231.00-294.70	176.2-465.20	-	-

कैडमियम, लेड, निकेल, क्रोमियम, जिंक, कॉपर आदि मुख्य भारी धातुएँ हैं जिनकी मात्रा कंपोस्ट, गोबर की खाद और शहरी कूड़े में कम रहती है किंतु आपंक यदि औद्योगिक स्रोतों से प्राप्त हो, तो उसमें इनकी पर्याप्त मात्रा उपस्थित रहती है । सारणी-9 में भारत के विभिन्न शहरों से प्राप्त आपंकों में भारी धातुओं की मात्रा दी हुई है । अहमदाबाद (पिराना), दिल्ली और विजयवाड़ा से प्राप्त आपंकों में कॉपर (Cu) की मात्रा 435-435 मिलीग्राम/किलोग्राम (ppm) परास में है जबकि अन्य शहरों में कापर की मात्रा 65-275 मिलीग्राम/किलोग्राम तक पाई गई । कॉपर की ही तरह अहमदाबाद (पिराना) के आपंक में जिंक (Zn) की सर्वाधिक मात्रा 2146 मिलीग्राम/किलोग्राम पाई गई । किंतु दिल्ली, विजयवाड़ा तथा जयपुर के आपंकों में इसकी मात्रा मध्यम परास में पाई गई, जबकि रायपुर में न्यूनतम मात्रा थी । अहमदाबाद में ही वासाना के आपंक में कॉपर तथा जिंक की मात्राओं का कम होना इसका संकेत है कि यह औद्योगिक क्षेत्र नहीं है । रायपुर भी औद्योगिक क्षेत्र नहीं है ।

कैडमियम (Cd) एक विषैली भारी धातु है । अनेक औद्योगिक क्षेत्रों में, यथा - जयपुर, चेन्नई (मद्रास), दिल्ली (केशवपुर)और अहमदाबाद (पिराना) के आपंक में कैडमियम की मात्रा 3.5-8.3 मिलीग्राम/किलोग्राम तक पाई गई जबकि अन्य शहरों के आपंक में इसकी मात्रा नगण्य (0.6-1.5 मिलीग्राम/किलोग्राम) थी । निकेल (Ni) जैसी भारी धातु की मात्रा दिल्ली के आपंक में सर्वाधिक (191.5-815.2 मिलीग्राम/किलोग्राम) है । अन्य औद्योगिक शहरों के आपंक में निकेल की मात्रा 30-80 मिलीग्राम/किलोग्राम पाई गई जबकि अन्य शहरों के आपंक में इसकी मात्रा 25 मिलीग्राम/किलोग्राम तक ही पाई गई ।

क्रोमियम (Cr) भी विषैली भारी धातु है । इसकी सर्वाधिक मात्रा अहमदाबाद (वासाना) में 184.5 मिग्रा./किग्रा. पाई गई । जयपुर के आपंक में भी प्रचुर क्रोमियम मिला जबकि दिल्ली (ओखला) तथा अहमदाबाद (पिराना) में क्रोमियम की मात्रा कम मिली ।

सारणी – 9

आपंक में कुल और उपलब्ध भारी धातुओं की मात्रा (भारतीय शहरों में)

शहर का नाम	प्रकार	भारी धातुएँ मिलीग्राम/किग्रा (पी पी एम)						
		कॉपर	जिंक	मैंगनीज	कैडमियम	क्रोमियम	निकेल	लेड
अहमदाबाद								
पिराना	कुल	535.2	2145.7	215.0	3.5	60.4	32.3	76.8
	उपलब्ध	50.3	201.2	11.5	0.8	–	2.3	8.3
बासाना	कुल	221.4	687.5	217.5	1.5	184.5	11.4	41.5
	उपलब्ध	27.7	100.2	6.5	0.2	–	1.6	3.2
दिल्ली								
केशवपुर	कुल	440.6	1610.4	195.2	5.5	53.0	815.3	34.5
	उपलब्ध	49.5	216.2	150.0	1.4	–	52.2	6.3
ओखला	कुल	307.2	1260.0	190.7	1.5	82.0	191.5	41.7
	उपलब्ध	34.6	146.3	9.2	0.5	–	7.6	6.7

शहर का नाम	प्रकार	भारी धातुएँ मिलीग्राम/किग्रा (पी पी एम)						
		कॉपर	जिंक	मैंगनीज	कैडमियम	क्रोमियम	निकेल	लेड
विजयवाड़ा	कुल	435.6	1480.7	302.5	0.8	70.8	55.5	34.5
	उपलब्ध	41.7	200.3	26.5	0.2	–	7.4	7.4
नागपुर	कुल	275.5	832.5	242.5	1.5	49.2	14.8	24.3
	उपलब्ध	45.7	70.3	9.2	0.2	–	1.6	3.5
चेन्नई (मद्रास)	कुल	210.3	935.0	465.2	8.3	38.5	60.5	16.5
	उपलब्ध	17.2	77.2	34.5	1.3	–	2.2	1.9
कोल्हापुर	कुल	193.2	700.4	176.2	0.6	17.3	11.3	14.3
	उपलब्ध	17.2	162.0	1.3	0.1	–	0.6	1.8
जयपुर	कुल	265.3	1720.0	255.6	7.3	176.2	37.5	66.9
	उपलब्ध	29.1	79.0	26.0	1.4	–	0.3	6.4
रायपुर	कुल	65.0	520.0	400.0	–	–	34.0	32.0

इनमें कॉपर, जिंक और मैंगनीज सामान्यत: पौधों के लिए आवश्यक पोषक तत्व हैं, परंतु इनकी अधिक मात्रा पौधों के लिए विषैली हो सकती है ।

यह आश्चर्यजनक बात है कि लेड (Pb) की मात्रा 14.3 से 76 मिग्रा/किग्रा. तक प्राप्त हुई । मैंगनीज (Mn) की मात्रा 176-465 मिग्रा./किग्रा. तक पाई गई ।

यह ध्यान देने की बात है कि उपर्युक्त भारी धातुओं की कुल मात्रा का अल्पांश ही उपलब्ध अवस्था में पाया गया । कॉपर प्रायः 10 प्रतिशत तक, जिंक इससे अधिक, कैडमियम 25 प्रतिशत से भी अधिक, क्रोमियम, निकेल 10 प्रतिशत से काफी कम, लेड 15-20 प्रतिशत पाए गए । यह इस बात का सूचक है कि आपंक में उपस्थित भारी धातुएं कई फसलों के लिए उपलब्ध हो सकती हैं, या आपंक इन भारी धातुओं से दीर्घकाल तक संदूषित रहेगा ।

विदेशों में आपंक में भारी धातुएं

सारणी-10 में इंगलैंड तथा वेल्स के 42 स्थलों के आपंकों के विश्लेषण से प्राप्त विभिन्न भारी धातुओं की औसत मात्राएं तथा उनके परास के साथ ही मिट्टी में उनकी मात्राएँ दी गई हैं (ये ppm में हैं) :

इसी तरह बहरीन के एक आपंक उपचार संयंत्र से प्राप्त आपंक का संघटन इस प्रकार देखा गया :

Pb 242-609, Zn 704-836, Cu 329-512, Ni 23-41, Cd 0.8-3.9 तथा Fe 1887-4284 ग्राम/किग्रा शुष्क भार ।

सारणी - 10

	आपंक में		
भारी धातुएं	परास	मध्यमान	मिट्टी में
कैडमियम (Cd)	लेश-1500	-	0.1
कॉपर (Cu)	200-8000	800	20
निकेल (Ni)	20-5300	80	50
लेड (Pb)	120-3000	700	30

जिंक (Zn)	700–49000	3000	80
मैंगनीज (Mn)	150–2500	400	800
आयरन (Fe)	6000–62000	21000	40000

विषैले कार्बनिक पदार्थ घरेलू तथा औद्योगिक स्रोतों से आपंक में एकत्र हो सकते हैं । ये मनुष्यों तथा जानवरों के लिए पांच कारणों से खतरनाक हैं :

1. इनकी जल में घुलनशीलता नगण्य है जिससे ये मिट्टी में तेजी से गति नहीं कर सकते ।

2. ये जीवाणवीय विघटन के प्रति प्रतिरोधी होने से मिट्टी में दीर्घकाल तक बने रह सकते हैं ।

3. ये वसा-विलेय होते हैं तथा ऊतकों में संचित होते हैं ।

4. ये वनस्पतियों से खाद्य श्रृंखला में स्थानांतरित हो सकते हैं ।

5. ये स्तनधारियों के लिए विषैले होते हैं । इनमें से बहुत से कैंसरकारी या उत्परिवर्तक भी हो सकते हैं ।

विभिन्न प्रयोग यह दर्शाते हैं कि आपंक में अनेक अ-वाष्पशील (Non-volatile) जैव संचयशील (Bioaccumulative) कार्बनिक पदार्थ एकत्र होते रहते हैं । इस एकत्रण को तभी स्वीकार-योग्य उपचार कहा जा सकता है यदि वह अपचयन (reduction) या निपटान के अंतिम समय तक घुल नहीं जाता । दुर्भाग्य से जैव पदार्थ के आपंक में गतिशीलता और अपघटन के बारे में बहुत कम जानकारी है । कुछ क्रियाएं जैसे - पाचन, अनुकूलन, शुष्कन और ठोसीकरण आदि इन पदार्थों के स्थायित्व के लिए उत्तरदायी हो सकती हैं । पाचन (digestion) आपंक के स्थायित्व के लिए सबसे अच्छा तरीका माना गया है । इस क्रिया में काफी लंबा समय लगता है तथा जैव अपघटन (biodecomposition), वाष्पशील पदार्थों के कम होने और विषैले कार्बनिक पदार्थों के विच्छेदन (breakdown) के लिए अधिक समय मिल जाता है । सीमित आंकड़े यह दर्शाते हैं कि वाष्पशील यौगिक (टाल्वीन छोड़कर) या तो विच्छेदित हो जाते हैं, वायुमंडल में विलीन हो जाते हैं या पाचन के दौरान काफी कम हो जाते हैं जबकि पी एन ए (PNA's) और

थैलेट (Pthalet) यौगिक नष्ट नहीं होते । पाचन का विषैले पदार्थों की गतिशीलता पर पड़ने वाले प्रभाव से संबंधित कोई आंकड़ा उपलब्ध नहीं है ।

इसी प्रकार आपंक के अनुकूलन, शुष्कीकरण और ठोसीकरण (solidification) के विषैले कार्बनिक पदार्थों पर प्रभाव से संबंधित बहुत कम आंकड़े प्राप्त किए गए हैं । कनाडा में आपंक के आवयवीय पाचन, ऊष्मा-उपचार तथा पाचन के चुनिंदा विषैले कार्बनिक पदार्थो की गतिशीलता तथा विच्छेदन पर प्रभाव से संबंधित अनेक अध्ययन किए जा रहे हैं ।

भारी धातुओं का सूक्ष्मजीवों पर प्रभाव

जैविक और अजैविक क्रियाएँ मृदा-पर्यावरण में सूक्ष्मजीवों पर विषाक्तता को प्रभावित कर सकती हैं । मृदा में उपस्थित जैव पदार्थ, मृत्तिका खनिज, कीलेट बनाने वाले तत्व, सूक्ष्मजीवी उपापचय से उत्पन्न हाइड्रोजन सल्फाइड गैस, विभिन्न प्रकार के आयन, मृदा का पी एच आदि कारक धातुओं की जैविक प्रभावोत्पादकता के लिए उत्तरदायी हैं । यह भी हो सकता है कि सूक्ष्मजीव अपने लिए रक्षात्मक कवच बनाकर भारी धातुओं की विषाक्तता से अपनी रक्षा करें । अनेक इन्क्यूबेशन, खुले पात्रों और प्रक्षेत्र प्रयोगों से यह स्पष्ट हो चुका है कि मृदाओं में, विशेषकर अम्लीय मृदाओं में,भारी धातुएं खनिजीकरण प्रक्रिया, नाइट्रीकरण और सहजीवी नाइट्रोजन स्थिरीकरण पर विपरीत प्रभाव डालती हैं । ज्वालामुखी क्षेत्र की मृदा पर किए गए प्रयोग यह दर्शाते हैं कि कैडमियम अमोनीकरण, नाइट्रीकरण और असहजीवी नाइट्रोजन स्थिरीकरण पर विपरीत प्रभाव डालता है । इससे यह भी स्पष्ट है कि भारी धातुओं का प्रभाव मृदा की जैविक प्रक्रिया और गुणों पर निर्भर करता है । यह तो पहले से ही ज्ञात है कि मृदा में उपस्थित कोलाइड तथा ह्यूमसी पदार्थ और धनायन विनिमय क्षमता, भारी धातुओं की उपलब्धता पर प्रभाव डालते हैं । मांटमोरिलोनाइट तथा केओलिनाइट जैसे मृत्तिका खनिज अपनी धनायन विनिमय क्षमता तथा मृत्तिका की रक्षात्मक क्षमता के कारण कैडमियम के प्रभाव से सूक्ष्मजीवों को सुरक्षित रखते हैं । इसके अलावा, मृदा में उपस्थित कीलेट एजेंट के कारण भी इन तत्वों का प्रभाव परिलक्षित नहीं हो पाता । जीवाणुओं द्वारा सल्फेट यौगिकों के अपघटन से उत्पन्न हाइड्रोजन सल्फाइड गैस द्वारा अवक्षेपण, सल्फर वाले कार्बनिक यौगिकों के खनिजीकरण तथा पी. एच. आदि पर भी भारी धातुओं का प्रभाव निर्भर करता है ।

अनेक अध्ययन बताते हैं कि कैडमियम के कारण मृदा में सूक्ष्मजीवों की संख्या कम हुई तथा श्वसन दर भी घटी । वनों की मिट्टी में 10 पीपीएम कैडमियम के उपयोग से ऑक्सीजन उपभोग में 41 प्रतिशत की कमी तथा कार्बन डाइऑक्साइड के निस्तार (escaping) में 36 प्रतिशत की कमी आई । स्वीडेन में दो धातु संसाधन संयंत्र जिनमें से कापर, जिंक, कैडमियम, निकेल और लेड जैसे तत्व निकलते हैं, उनके पास की मिट्टी में किए गए अध्ययन से पता चलता है कि इन धातुओं से सूक्ष्मजीवों की संख्या में काफी कमी आ पाई । वनों की मिट्टियों में कॉपर और जिंक का प्रदूषण बढ़ने से अपघटन-दर (decomposition rate), फास्फोरस खनिजीकरण तथा फास्फेटेस एंजाइम की क्रियाशीलता में भी कमी आई । जंगली क्षेत्र की अम्लीय मृदाओं में कॉपर और जिंक की सांद्रता बढ़ने से नाइट्रोजन खनिजीकरण पर विपरीत प्रभाव पड़ा । कैडमियम तथा कुछ कम मात्रा में जिंक और कॉपर का प्रभाव निमेटोडों को प्रभावित करने वाले कवकों पर विपरीत मिला । पात्रों में किये गए प्रयोग यह दर्शाते हैं कि कैडमियम की 12.25 पी.पी.एम. मात्रा नाइट्रोजन स्थिरीकरण, नाइट्रीकरण तथा स्टार्च के जल अपघटन (hydrolysis) को पूर्णतः रोक देती है जबकि प्रोटियोलिसिस, अमोनीकरण तथा विनाइट्रीकरण की क्रिया पर उसका काफी हद तक विपरीत प्रभाव पड़ता है । बलुई मृदा में (5.8 पी एच पर) 288 पी.पी.एम. जिंक का कोई विशेष प्रभाव नहीं पड़ा जबकि 14.6 पी पी एम या इससे अधिक कैडमियम की मात्रा से जीवाणुओं, खमीरों, कार्बन डाइआक्साइड निस्तार और नाइट्रीकरण पर विपरीत प्रभाव पड़ता है । यह प्रभाव इस प्रकार है : कैडमियम > कोबाल्ट > कॉपर > जिंक । 15-195 पी.पी.एम. जिंक की मात्रा से लाल क्लोवर में सहजीवी नाइट्रोजन स्थिरीकरण तथा नाइट्रीकरण की मात्रा में काफी कमी आई । *राइजोबियम जैपोनिकम* से निवेशित सोयाबीन में 18-900 म्यू कैडमियम की सांद्रता पर जड़ों के ग्रंथिकीकरण (nodulation) में काफी कमी पाई गई तथा जड़ों की ग्रंथिकाओं का भार भी कम पाया गया । इस तरह से देखा जाए तो भारी धातुओं के प्रदूषण से मृदा के सूक्ष्मजीवों पर विपरीत प्रभाव पड़ता है ।

अवसादन (प्राथमिक उपचार) से 35-45 प्रतिशत तक रोगकारक समाप्त हो जाते हैं तथा द्वितीयक उपचार में 95 प्रतिशत तक रोगकारक नष्ट हो जाते हैं । उपचारित आपंक का उपायोग स्वास्थ्य संबंधी संकट को कम करता है । इसके बाद भी जीवाणुओं और विषाणुओं की रोगकारक क्षमता मृदा तथा फसलों के बीच उनके दीर्घस्थायित्व पर निर्भर करती है । मृदा में इन सूक्ष्मजीवों का जीवित रहना

मृदा पी.एच., धनायनों, घुलनशील ठोस पदार्थों, नमी, जैव पदार्थों, तापमान तथा मृदा में पहले से उपस्थित सूक्ष्मजीवों की प्रतिक्रिया पर निर्भर करता है ।

सूक्ष्मजीवों की जीवित रहने की क्षमता से संबंधित अनेक अध्ययन किए गए हैं । ऐसा पाया गया है कि प्राथमिक उपचार वाले आपंक (1:1 में तनूकृत) तथा अनुपचारित आपंक में कोलीफॉर्म, *ई. कोलाई, एफ. स्ट्रप्टोकोकाई* लंबे समय तक जीवित रहते हैं जबकि द्वितीयक उपचार वाले आपंक तथा मछली तालाब वाले जल में अपेक्षाकृत कम समय तक जीवित रहते हैं । प्राथमिक उपचार वाले आपंक के रोगाणु 120-150 दिन तक जीवित पाए गए । स्पष्ट है कि प्राथमिक उपचार वाला आपंक स्वास्थ्य की दृष्टि से असुरक्षित है ।

जहाँ-जहाँ अनुपचारित आपंक का प्रयोग किया गया वहां वहां पालक, मेथी, पत्तागोभी और फूलगोभी जैसी सब्जियां 'सैल्मोनेला' से दूषित पाई गईं । उपचारित आपंक में सैल्मोनेला की उपस्थिति नगण्य रही ।

फसलों या पौधों की सतह पर विषाणुओं की उपस्थिति लंबे समय तक नहीं रह सकती । इसके विपरीत मिट्टी में वे काफी लंबे समय तक जीवित रह सकते हैं । कहीं-कहीं उपचारित आपंक में भी कोलीफॉर्म, एफ. *कोलीफॉर्म* और एफ. *स्ट्रेप्टोकोकाई* जैसे जीवाणु पाए जाते हैं । चौलाई पर आपंक के उपयोग से देखा गया कि पोलियो के विषाणु-1 उपयोग के 14-36 दिन बाद भी पाए गए ।

उपभोक्ताओं और कार्यकर्ताओं पर, तथा उपभोग के द्वारा, हानिकारक प्रभाव से बचने के लिए इनका उपचार करना आवश्यक है । प्राथमिक रूप से उपचारित आपंक का उपयोग खाद्यान्नों, दालों, बीजों और रेशेदार फसलों पर किया जाता है । उपचारित वाहित मल के उपयोग पर आधारित फसल-चक्र को सारणी-11 में दर्शाया गया है ।

सारणी–11

उपचारित आपंक के उपयोग पर आधारित फसल–चक्र

प्राथमिक	नकदी फसलें-	कपास, जूट, गन्ना, तंबाकू
उपचारित	आवश्यक तैलीय फसलें –	सिट्रोनेला, मेंथा, लेमन ग्रास
	धान्य एवं फसलें	गेहूँ, चावल, मूंग, उड़द, ज्वार ।
	तैलीय–फसलें	तिल, अलसी, रेंडी (अरण्ड), सूर्यमुखी, सोयाबीन, मूंगफली ।
	फल वाली – फसलें	नारियल, केला, नींबू, अमरूद, अंगूर, पपीता, आम
	सब्जियाँ –	बैंगन, सेम, भिंडी तथा अन्य । इन्हें खाने से पहले पूर्णतः पकाना आवश्यक है ।
द्वितीयक उपचारित		उपरोक्त सभी फसलें । सभी सब्जियों को उपभोग से पहले अच्छी तरह से पकाना आवश्यक है ।
द्वितीयक उपचारित और निर्जर्मीकृत		लगभग सभी फसलें ।

□□□

तीसरा अध्याय

आपंक का उपचार

कच्चे आपंक को कई प्रक्रमों से गुजार कर उपचारित आपंक प्राप्त किया जाता है । सामान्यतया प्राथमिक तथा द्वितीयक उपचार से ऐसा आपंक प्राप्त हो सकता है जिसका प्रयोग बिना रोकटोक के किया जा सकता है किंतु द्वितीयक उपचार से जल अलग करने के बाद भी वायवीय या अवायवीय पाचन, निर्वात या दाब प्रक्रिया द्वारा छाना जाता है । जल अलग करने के लिए ऊष्मा उपचार का भी प्रयोग किया जा सकता है । इन्हें तृतीयक उपचार कह सकते हैं । इनसे आपंक के जैव पदार्थों पर भी प्रभाव पड़ सकता है किंतु सूक्ष्म कार्बनिक प्रदूषकों पर क्या प्रभाव पड़ता है, इसके विषय में कुछ भी ज्ञात नहीं है । इस तरह से अंत में ठोस आपंक प्राप्त होता है ।

कुछ लोग आपंक के दोषों को देखते हुए उसके भस्मीकरण (incineration) की सलाह देते हैं । ओंटारियों में संपूर्ण आपंक का 40 प्रतिशत इसी तरह भस्म कर दिया जाता है । किंतु इस भस्मन से आपंक में उपस्थित पी सी बी, माइरेक्स या केयोन यौगिकों जैसे विषैले पदार्थों से समस्या उत्पन्न हो सकती है ।

प्राथमिक उपचार

शहरी वाहित मल से ठोस और द्रव को अलग-अलग कर देने पर पाया गया कि इसके ठोस भाग अर्थात् आपंक में वाहित मल की अपेक्षा अधिक भारी धातुएं पाई जाती हैं । अवसादन (प्राथमिक उपचार) के तत्वीय विश्लेषण में यदि यह मान लिया जाए कि भारी धातुएं वाहित मल तथा आपंक में समान रूप से बँटी हैं तब अंतिम स्थिति में द्रव और ठोस अनुपात को 5000:1 मानकर देखें तो ठोस भाग में भारी धातुओं की मात्रा द्रव की अपेक्षा 5000 गुनी होगी । आपंक के प्रति भारी धातुओं का आकर्षण इसके ऋणात्मक कोलाइडी (colloidal) आवेश के कारण है तथा इससे इस तथ्य का भी पता चलता है कि आपंक उपचारित मृदा में उगाई जाने वाली फसलों द्वारा भारी धातुओं का उद्ग्रहण कम होता है - यद्यपि आपंक के माध्यम से भारी धातुएं काफी मात्रा में मृदा में एकत्र हो जाती हैं ।

उपचार हेतु कुछ रसायनों, यथा – फेरिक या एलुमीनियम लवणों का प्रयोग किया जाता है जिससे आपंक को साफ किया जा सके तथा उसमें उपस्थित फास्फेट की मात्रा को भी नियंत्रित किया जा सके । यदि इन प्रयुक्त लवणों की मात्रा अधिक हो जाती है तो ये उच्च पी.एच. पर हाइड्रॉक्साइड के रूप में अवक्षेपित हो जाते हैं । कच्चे आपंक में अनेक रोगाणु होते हैं किंतु प्राथमिक उपचार (अवसादन) से इनकी संख्या काफी कम की जा सकती है । द्वितीय उपचार से 95 प्रतिशत रोगाणु नष्ट हो जाते हैं ।

द्वितीयक उपचार

सूक्ष्मजीवी अपघटन द्वारा सक्रियित (activated) या उपचारित आपंक बनता है । इसे पुनः लंबे समय तक अवायवीय सूक्ष्मजीवी अपघटन (anaerobic microbial decomposition) करके पाचित आपंक तैयार किया जाता है । उपचारित या सक्रियित आपंक का विघटन वैसे भी तीव्रता से होता है तथा अगले कुछ महीनों में इसका एक-तिहाई जैव पदार्थ नष्ट हो जाता है जबकि पाचित आपंक का वर्षांत में 1/6वां भाग ही नष्ट होता है । इसे स्थिरीकृत रूप कहा जाता है क्योंकि इसका अधिकांश सक्रिय पदार्थ नष्ट हो चुका होता है । यहां तक कि सक्रिय नाइट्रोजनीय हिस्से की मात्रा भी उपचार पर ही निर्भर करती है । द्वितीयक रूप से उपचारित आपंक घुलनशील नाइट्रोजन का एक प्रकार का द्वितीयक स्रोत ही होता है तथा धीमे-धीमे नाइट्रोजन को मुक्त करता है । ऐसी स्थिति में अच्छी फसल उगानी हो तो इसी प्रकार के आपंक की 120 टन मात्रा प्रति हेक्टेयर की दर से उपयोग करनी होगी । यहां यह बात मान ली गयी है कि आपंक तथा भारी धातुओं की अन्योन्य क्रिया एक ही पी.एच. पर होती है परंतु किए गए अनेक उपचारों का कोई विशेष प्रभाव नहीं पड़ता । ऐसा उसी स्थिति में होता है जब आपंक की अधिकांश सक्रिय मात्रा (active amount) समाप्त हो चुकी होती है ।

आपंक उपचार के समय परिवर्तन

आपंक के अनेक जैव पदार्थ अध्रुवी (non-polar) होते हैं जिसके कारण वे जल में आसानी से नहीं घुलते । उनमें निस्यंदित पदार्थों पर अधिशोषित होने की प्रवृत्ति अधिक होती है । इससे एक बात स्पष्ट है कि यांत्रिक विधि से यदि अवसादन कर दिया जाए तो इस प्रकार के अधिकांश पदार्थों को प्राथमिक एवं

द्वितीयक आपंक से अलग किया जा सकता है । संश्लेषित कार्बनिक पदार्थों का आपंक में कम मात्रा में होना भी उनके अधिशोषित होने की प्रवृत्ति को दर्शाता है ।

अनेक संश्लेषित कार्बनिक यौगिक अध्रुवीय होने तथा पानी में घुलने के कारण न केवल निस्यंदित पदार्थों पर अधिशोषित होते हैं अपितु अनेक अध्रुवीय वसा तथा लिपिड में भी बदल जाते हैं । कच्चे आपंक के वे भाग जिनमें खनिज तेल, ग्रीज, मोम जैसे पदार्थ हैं वे कुछ हद तक अपघटित भी नहीं होते । इन्हें बड़ी आसानी से सांद्रित करके विलगित और स्थानांतरित किया जा सकता है हालांकि इस क्षेत्र में बहुत कम अनुसंधान हुए हैं ।

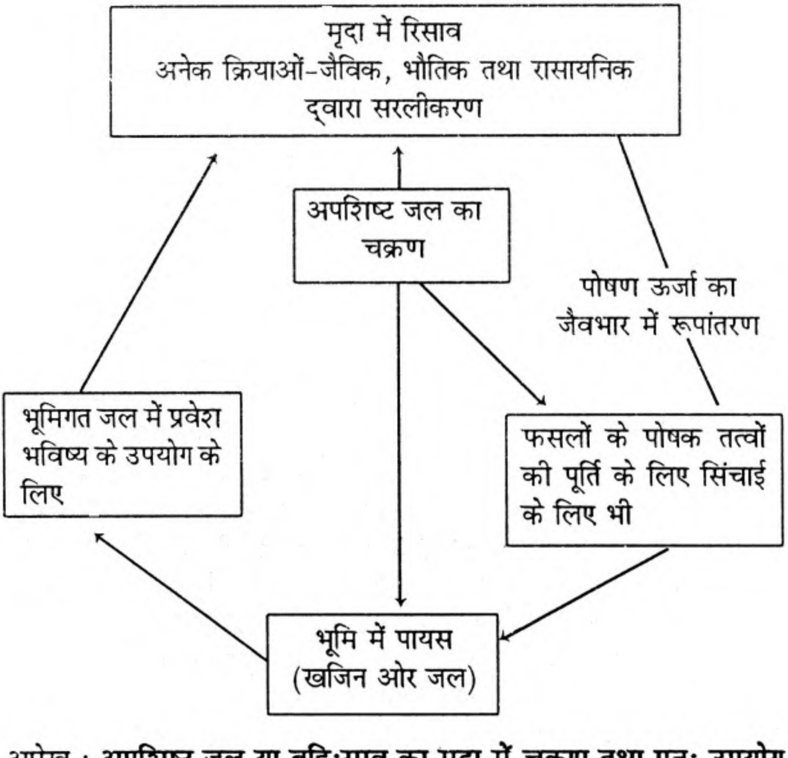
परंपरागत द्विस्तरीय उपचार से देखा गया कि 80-90 प्रतिशत तक उपस्थित तत्व बाहर निकल आते हैं जबकि प्रथम उपचार के आंकड़े दर्शाते हैं कि इससे 40-60 प्रतिशत तक तत्वों को बाहर निकाला जा सकता है । यह भी देखा गया कि द्वितीयक उपचार में उसी तत्व की मात्रा 0-100 प्रतिशत तक अलग हो सकती है । इस दौरान होने वाले जैव परिवर्तनों (Biochanges) से संबंद्ध अध्ययन अभी नहीं हुए हैं ।

यदि कोई विशेष कार्बनिक प्रदूषक तत्व कच्चे आपंक में उपस्थित है तथा प्राथमिक अवसादन से थोड़ा भी या नहीं विलगित हुआ है तो वायवीय सूक्ष्म जीवीय आपंक उपचार द्वारा इसकी अधिकांश मात्रा को जैविक रूप से अपघटित किया जा सकता है । पी.ए.एच. तथा पी.सी.बी. जैसे यौगिकों का जल में न घुलना इनके जैव अपघटन (Biodecomposition) को सीमित कर देता है ।

पी.ए.एच. जैविक रूप स सक्रिय पदार्थ हैं तथा जैव रासायनिक में आसानी से भाग ले सकते हैं । इनके जैव संश्लेषण (bio-synthesis) के भी प्रमाण मिल चुके हैं । द्वितीयक उपचार में भी इनके जैव अपघटन के कोई प्रमाण नहीं मिले हैं, हालांकि ऐसे जीवाणुओं की खोज की जा चुकी है जो वायवीय परिस्थितियों में पी ए एच को विघटित कर सकते हैं । ऐसे जीवाणु सक्रियित आपंक में उपस्थित रहते हैं । प्रयोगशाला में कम क्लोरीनीकृत पी.ए. एच. तत्वों का थोड़े स्तर पर जैव-अपघटन किया गया है परंतु इसमें संदेह है कि बड़े पैमाने पर क्षेत्रीय परिस्थितियों में यह संभव हो पाएगा । औद्योगिक बहि:स्रावों में उपस्थित आर्गेनोफास्फोरस पीड़कनाशी (pesticides) पैराथियॉन को तथा इसके प्रमुख उपापचयक

पी-नाइट्रोफिनोल को अवसादन का समय बढ़ा कर, विकसित जैविक अपघटन विधियां अपना कर, उच्च जैविक ठोस पदार्थों तथा क्षारीय नियंत्रण विधियों द्वारा पूर्णतः जैव-अपघटित किया जा चुका है । खरपतवारनाशी उद्योगों से निकलने वाले बेकार जल को घरेलू वाहित मल में मिलाकर तथा लैगून (lagoon) में आक्सीकृत करके उपचारित किया गया है ।

यह महत्वपूर्ण है कि अनेक कार्बनिक प्रदूषक या हानिकारक पदार्थ परंपरागत सतही बेकार जल उपचार द्वारा जैव-अपघटित हो जाते हैं । इनका विलगित होना मुख्यतः दो क्रियाओं—निस्यंदित ठोस कणों पर अधिशोषण तथा अवसादन द्वारा द्वितीयक आपंक के निर्माण से होता है । इस प्रकार यदि कच्चे वाहित मल में कार्बनिक प्रदूषक हैं, तो वे प्राथमिक और द्वितीयक आपंक में भी उपस्थित रहेंगे ।



आरेख : **अपशिष्ट जल या बहिःस्राव का मृदा में चक्रण तथा पुनः उपयोग**

इनसे होने वाले लाभ इस प्रकार हैं : पेय जल को देखते हुए वाहित मल का उपयोग सिंचाई जल की एक बहुत बड़ी आवश्यकता को पूरा करता है । दूसरे, इसमें पाए जाने वाले वे पोषक तत्व जो हमारी खाद्य फसलों के लिए आवश्यक हैं वे भी इसके कृषि में उपयोग के एक बहुत बड़े कारण हैं । वैसे भी वर्षा की मात्रा कम और वर्ष भर में एक निश्चित समय में होने से वर्ष के अधिकांश दिनों में प्राकृतिक रूप से जल उपलब्ध नहीं हो पाता । ऐसी अवस्था में यह और भी आवश्यक हो जाता है कि इस वाहित मल का पुनः उपयोग हो । आर्द्र और उपोष्ण देशों में खेतों में इस वाहित मल का उपयोग इसके निपटान की एक सर्वोत्तम तथा सुरक्षित विधि मानी गयी है । ऐसा करके जल-प्रदूषण की समस्या से भी कुछ सीमा तक बचा जा सकता है (देखें आरेख) । इस प्रकार घरेलू तथा औद्योगिक स्रोतों से निकलने वाले जल की मात्रा से अपने देश की सिंचित भूमि के क्षेत्रफल में 170.4×10^3 हेक्टेयर की वृद्धि की जा सकती है ।

वाहित मल की उर्वरता से संबंधित अनेक अध्ययन डा. एस. सुब्बैया ने तमिलनाडु कृषि विश्वविद्यालय में 1973 से ही किए हैं तथा इससे संबंधित अनेक रोचक परिणाम भी प्राप्त हुए हैं । अकेले मदुरै और कोयंबटूर में ही सीवेज फार्म विकसित करके सन् 1924 से और सन् 1950 से ही वाहित मल द्वारा सिंचाई की जा रही है । इस फार्म पर लंबे समय तक वाहित मल से की जाने वाली सिंचाई से उत्पन्न प्रभाव का अध्ययन किया गया है । वाहित मल के साथ अल्पकाल और दीर्घकाल से संबंधित प्रभाव का अध्ययन करने हेतु प्रयोगशाला में भी प्रयोग किए गए । अनेक प्रकार की सब्जियां--भिंडी, मूली, टमाटर, प्याज, चावल, ज्वार, घासें भी उगाई गई । इन प्रयोगों में प्रयुक्त वाहित मल और उनके द्वारा उत्पन्न पौधों के नमूनों का विश्लेषण भी किया गया । इससे प्राप्त कुछ परिणाम निम्न प्रकार से हैं : शहरी वाहित मल का लगातार सिंचाई जल के रूप में उपयोग का कोई विपरीत प्रभाव नहीं पड़ता है । हो सकता है कि मृदा में अनेक प्रकार के पोषक तत्व उपस्थित हों, परंतु पौधों में चुनाव का गुण होता है तथा कुछ ही तत्व मानव के लिए भोजन हेतु प्रयुक्त भागों में पहुंचते हैं । इसके अलावा एक ही किस्म की अनेक जातियों में आपसी विभिन्नता भी होती है । अलग-अलग किस्में अलग-अलग तत्वों की अलग-अलग मात्रा का उद्ग्रहण कर सकती हैं । इसके अलावा यह भी संभव है कि एक ही किस्म की कोई विशेष जाति अधिक उत्पादन दे और उसी किस्म की दूसरी जाति कम उत्पादन दे । यह भी पाया गया है कि वाहित मल में पाए जाने वाले अनेक तत्व सिंचाई करने पर मृदा के अंदरगतिशीलता से संबंधित अनेक प्रभाव दर्शाते हैं । कुछ तत्व मिट्टी में 15

सेमी. की गहराई तक और कुछ तत्व मृदा सतह पर ही बने रह सकते हैं । उपर्युक्त अध्ययनों से देखा गया कि ये तत्व 15 सेमी. से अधिक गहराई पर नहीं जा सकते हैं ।

शीलाधर मृदा विज्ञान संस्थान, इलाहाबाद के फार्म पर वाहित मल तथा आपंक से संबंधित प्रयोग अनेक कार्यकर्ताओं ने किए हैं । परिणाम शीघ्रता से पाने के लिए ऐसी फसलें चुनी गई जो कम समयांतराल में परिपक्व हो जाएँ या उपज देने लगें । वाहित मल से सिंचित मूली, शलजम, मेथी की फसलों के जैवभार में नियंत्रण प्लॉट की अपेक्षा 20-40 प्रतिशत तक की वृद्धि पाई गई ।

□□□

चौथा अध्याय

आपंक के उपयोग से संबंधित कुछ प्रयोग

आपंक का मृदा में उपयोग करने से न केवल फसलों तथा उनके उपभोक्ताओं पर प्रभाव पड़ता है बल्कि स्वयं मृदा भी इससे प्रभावित होती है । इससे संबंधित अनेक अध्ययन एवं प्रयोग किए गए हैं । नम कर्दम (स्लरी) का उपयोग करने पर मृदा कणों के स्थूलन (bulking) में प्रारंभिक रूप से 62-70 प्रतिशत तक की वृद्धि हुई जो बाद में 60 दिन बाद 78 प्रतिशत तक हो गई । तुलनात्मक अध्ययनों में शुष्क कर्दम तथा कंपोस्ट का उपयोग करने पर यह देखा गया कि प्रारंभ में तो कोई विशेष प्रभाव नहीं पड़ता, परंतु 60 दिनों बाद पाया गया कि कंपोस्ट के मुकाबले पाचकीकृत कर्दम का प्रभाव उत्तम था । राष्ट्रीय पर्यावरण अभियांत्रिकी अनुसंधान संस्थान(नीरी), नागपुर में किए गए प्रयोग यह दर्शाते हैं कि 90 टन/हेक्टेयर की दर से आपंक का उपयोग करने पर मृदा के जैव पदार्थ की मात्रा में 0.78 से 1.33 प्रतिशत तक तथा पारगम्यता में 5.88 से 7.80 सेमी. प्रतिदिन की वृद्धि हुई जबकि मृदा के स्थूल घनत्व (bulk density) में कमी आई (1.68 से घटकर) 1.48 ग्राम/घन सेमी । यह भी देखा गया कि आपंक की विभिन्न मात्राएं मृदा गुणों पर अलग-अलग प्रभाव डालती हैं ।

15 टन प्रति हेक्टेयर आपंक के उपयोग से कार्बनिक पदार्थ में 0.86 प्रतिशत वृद्धि तथा पारगम्यता दर में 6.12 सेमी./दिन की वृद्धि हुई तथा स्थूल घनत्व 1.62 ग्राम/घन सेमी. हो गया ।

30 टन/हेक्टेयर आपंक के उपयोग से कार्बनिक पदार्थ में 0.98 प्रतिशत तथा पारगम्यता दर में 6.84 सेमी./दिन की वृद्धि हुई तथा स्थूल घनत्व 1.58 ग्राम/घन सेमी. हो गया ।

60 टन/हेक्टेयर आपंक के उपयोग से कार्बनिक पदार्थ में 1.12 प्रतिशत तथा पारगम्यता दर में 7.44 से.मी./दिन की वृद्धि हुई तथा स्थूल घनत्च 1.51 ग्राम/घन सेमी. हो गया ।

स्पष्ट है कि जैसे-जैसे आपंक की मात्रा बढ़ाई जाती है वैसे-वैसे कार्बनिक पदार्थ की मात्रा तथा मृदा की पारगम्यता दर में क्रमशः वृद्धि हो रही है जबकि स्थूल घनत्व में क्रमशः कमी आती है ।

पाँच वर्षों के लगातार प्रक्षेत्र प्रयोगों के आधार पर यह पाया गया कि उर्वरकों की अनुशंसित मात्रा की तुलना में प्राथमिक तथा द्वितीयक उपचारित आपंक का प्रयोग करने से गेहूं, कपास, धान और आलू की उपज अधिक हुई । यह भी पाया गया कि लंबे समय तक आपंक के उपयोग से प्राथमिक रूप से उपचारित आपक की तुलना में कम उपज पाई गई । द्वितीयक रूप से उपचारित आपक का लंबे समय तक उपयोग करते रहने पर, अनुपचारित और प्राथमिक रूप से उपचारित आपंक की तुलना में अधिक उपज प्राप्त हुई । अनुपचारित आपंक या प्राथमिक रूप से उपचारित आपंक में कुछ ऐसे तत्व या पदार्थ होते हैं जो मृदा को बीमार बनाते हैं । अनेक प्रकार के प्रदूषकों की उपस्थिति (कार्बनिक तथा अकार्बनिक), भारी धातुएं, कार्बनिक नाइट्रोजन की अधिक मात्रा का होना, फास्फोरस की मात्रा का अधिक होना, कार्बन:नाइट्रोजन और कार्बन:फास्फोरस के अनुपात का असंतुलित हो जाना - ये सारे कारक मृदा को रुग्ण बनाते हैं । इस बीमारी पर नियंत्रण पाना है तो अपशिष्ट बहि:स्राव की जैव-रासायनिक ऑक्सीजन मांग (BOD) को 100-150 मिलीग्राम/लीटर के बिंदु पर रखना होगा । या फिर इसी माप वाले अपशिष्ट का मृदा में प्रयोग किया जाना चाहिए । यदि मृदा में वायु संचार तीव्र कर दिया जाए तो भी इस समस्या से निपटा जा सकता है । वायु संचार बढ़ाने के तरीकों में कर्षण (tillage) क्रियाएं तथा अंतर्वर्ती फसलें (intercrops) काफी सहायक होती हैं ।

आपंक का अवसादन टैंकों में उपचार तथा बाद में उसका प्रयोग कृषि तथा एक्वाकल्चर में करने की स्थिति में देखा गया है कि यदि गेहूं, मूंग और सूर्यमुखी की फसल पर मछली-पालन के तालाब के जल के साथ के नाइट्रोजन, फास्फोरस और पोटाश की अनुशंसित मात्राओं के 24-35 प्रतिशत अंश तक का उपयोग किया जाए तो इन अनुशंसित मात्राओं से प्राप्त उपज उपर्युक्त जल से प्राप्त उपज की अपेक्षा कम होती है ।

नागपुर में सन् 1983-84 में किए गए प्रयोग यह दर्शाते हैं कि आपंक में बिना पोषक तत्वों के समृद्धीकरण के 15-90 टन/हेक्टेयर के प्रयोग से हर प्रकार की फसल की उपज में कमी आई । पौधों का विश्लेषण करने पर यह पाया गया कि 40 टन/हेक्टेयर की दर से आपंक का प्रयोग करने से आयरन, मैंगनीज तथा जिंक की मात्रा में वृद्धि पाई गई तथा कैडमियम और निकेल की मात्रा नियंत्रण उपचार के बराबर ही पाई गई (सारणी-12) ।

सारणी–12

नागपुर की आपंक–उपचारित मृदा में पोषक तत्वों तथा सूक्ष्म तत्वों की मात्रा

तत्व	उपचार	दर टन/हे॰	चावल	गेहूँ	ज्वार
प्रोटीन	नियंत्रण	40	0.27	0.31	0.21
ग्राम/100 ग्रा.	आपंक		0.37	0.43	0.28
फास्फोरस	नियंत्रण	40	0.41	0.37	0.30
ग्रा./100 ग्रा.	आपंक		0.43	0.40	0.28
पोटाश	नियंत्रण	40	0.41	0.37	0.30
ग्रा./100 ग्रा.	आपंक		0.43	0.40	0.28
आयरन	नियंत्रण	40	21.42	17.10	21.40
/ग्रा.	आपंक		23.47	18.70	24.30
मैंगनीज	नियंत्रण	40	59.65	20.43	7.75
/ग्रा.	आपंक		63.20	24.30	6.40
जिंक	नियंत्रण	40	10.90	19.15	11.40
/ग्रा.	आपंक		13.40	23.40	14.65
कॉपर	नियंत्रण	40	2:15	3.10	1.75
/ग्रा.	आपंक		2.82	4.05	2.05
कैडमियम	नियंत्रण	40	0.01	0.02	0.01
/ग्रा.	आपंक		0.02	0.01	0.01
निकेल	नियंत्रण	40	0.21	0.31	0.17
/ग्रा.	आपंक		0.31	0.21	0.16

आपंक की प्रयुक्त मात्रा 10 टन प्रति हेक्टेयर की दर से लेकर 70 टन प्रति हेक्टेयर तक है । मूली, पालक, शलजम, मेथी,ज्वार, चौलाई जैसी-फसलें परीक्षण फसल के रूप में उगाई गई थीं । ऐसा देखा गया कि इन फसलों की उपज में नियंत्रण की तुलना में 20-60 प्रतिशत तक की वृद्धि हुई। ऐसे देखा जाए तो वाहित मल की तुलना में आपंक अधिक उपयोगी है । संभवतः ऐसा इसलिए कि वाहित मल की तुलना में आपंक में पोषक तत्वों की मात्रा भी अधिक होती है ।

इलाहाबाद में भी आपक से संबंधित कुछ प्रयोग केए गए । मिट्टी में आपक की चार विभिन्न मात्राएं (0, 10, 20, 30 टन/हे.) तथा मसूरी रॉक फास्फेट की चार विभिन्न मात्राएं (0, 120, 140, 160 किग्रा./हे.) डालने के बाद वाहित मल से सिंचाई करके मेथी की फसल पर पड़ने वाले प्रभाव का अध्ययन किया गया । यह पाया गया कि आपक तथा मसूरी रॉक फास्फेट की मात्रा में वृद्धि के साथ फसल की बढ़वार तथा उपज दोनों में ही अभिवृद्धि होती है । पौधों द्वारा उद्गृहीत भारी धातुओं में कोई उल्लेखनीय वृद्धि नहीं हुई ।

एक अन्य प्रयोग में 20, 30, 50 और 70 टन/हे. आपक का प्रभाव ज्वार, पालक, चौलाई और तिल पर देखा गया । ज्वार और तिल पर आपंक का हानिकारक प्रभाव सबसे कम पड़ा । तत्पश्चात् पालक का स्थान था । भारी धातुओं द्वारा संदूषण की दृष्टि से तिल सबसे सुरक्षित फसल पाई गई, क्योंकि इस फसल द्वारा भारी धातुओं का अवशोषण सबसे कम हुआ ।

आपक और वाहित मल में उपस्थित भारी धातुओं की अन्योन्य क्रियाओं से संबंधित अध्ययन भी किए गए हैं । वाहित मल एवं शुद्ध जल सिंचाई के साथ 1 तथा 2 पी पी एम कैडमियम तथा लेड (की उच्च मात्राओं) के प्रभाव का अध्ययन पालक की फसल पर किया गया । यह देखा गया कि वाहित मल से सिंचाई करने पर पालक की वृद्धि तथा उपज दोनों ही शुद्ध जल से सिंचाई करने की तुलना में कम मिली । लेड की अपेक्षा कैडमियम की उपस्थिति में पालक की वृद्धि तथा उपज में पर्याप्त कमी आई । मिट्टी के साथ 0, 10, 20 तथा 50 पी. पी. एम. कैडमियम तथा 0, 0.25, 0.50 तथा 1.5 प्रतिशत कैल्शियम मिला कर भी प्रेक्षण किए गए । यह देखा गया कि कैडमियम कैल्शियम में विपरीत अन्योन्य क्रिया हुई । इस प्रकार कैल्शियम डालकर कैडमियम की विषाक्तता कम की जा सकती है ।

विदेशी प्रयोग

आपंक का प्रयोग अनेक देशों में खेतों में डालने के लिए किया जा रहा है। आज आपंक से संबंधित अध्ययनों में मुख्यतः उनमें उपस्थित रोगाणुओं से फैलने वाले रोगों तथा भारी धातुओं के फसलों के माध्यम से मृदा तथा खाद्य शृंखला में प्रवेश संबंधी बातों पर अधिक ध्यान दिया जा रहा है। भूमि में प्रयुक्त किए गए आपंक में उपस्थित रोगाणुओं तथा धातुओं से संबंधित अनेक आंकड़े उपलब्ध हैं। परंतु विषैले कार्बनिक पदार्थों के बारे में अध्ययन अभी तक नहीं किया गया।

ओंटेरियो तथा अल्बैर्टा से प्राप्त दिशा-निर्देश विशेषतः रोगाणुओं और धातुओं के बारे में है। यद्यपि ओन्टेरियो के दिशा-निर्देशों में कार्बनिक विषैले पदार्थों जैसे - पी सी बी, पी बी बी और थैलेट (pthalates) का उल्लेख नहीं है परंतु हो सकता है, अगले दिशा-निर्देशों में इनको भी सम्मिलित किया जाए। संयुक्त राज्य पर्यावरण संरक्षण एजेंसी (USEPA) ने रोगाणुओं तथा धातुओं के अलावा पी सी बी, पीड़कनाशी और अन्य दीर्घस्थायित्व वाले कार्बनिक पदार्थों के बारे में भी दिशा-निर्देश तैयार किए हैं। मृदा में उपयोग किए जाने वाले आपंक में पीड़कनाशी, पी सी बी या अन्य क्लोरीनीकृत ऐरोमैटिक यौगिक और पी एन ए जैसे यौगिक शामिल हैं। मिट्टी में पीड़कनाशियों के व्यवहार तथा उनके स्थायित्व से संबंधित अनेक प्रयोग और अध्ययन कई वर्षों तक किए गए हैं। ये पीड़कनाशी मिट्टी में रासायनिक और जैविक रूप से अपघटित हो सकते हैं। इनके विघटित होने की दर इनकी रासायनिक संरचना और घुलनशीलता, मृदा गुण तथा तापमान पर निर्भर करती है। पौधे अनेक प्रकार के पीड़कनाशियों को अपनी जड़ों द्वारा अवशोषित करके ऊपरी भागों में ले जा सकते हैं। सामान्य कृषि की मृदाओं में पी सी बी से संबंधित अध्ययनों में पाया गया है कि यदि इन यौगिकों को दीर्घकाल तक मिट्टी में रहने दिया जाए तो भी बहुत थोड़ी मात्रा में इनमें अपघटन होता है जबकि अन्य अध्ययन दर्शाते हैं कि कम क्लोरीनीकृत यौगिकों का मृदा-जीवाणुओं द्वारा अधिक अपघटन होता है। गाजर द्वारा पी सी बी पीड़कनाशी बहुत कम अवशोषित होते हैं जबकि लिपोफिलिक यौगिकों की वह प्रचुर मात्रा अवशोषित कर सकती है।

पीड़कनाशियों और अन्य पी सी बी यौगिकों के अलावा अन्य क्लोरीनीकृत यौगिकों पर लोगों का ध्यान कम गया है। इस बात के भी प्रमाण मिले हैं कि मृदा और प्रदूषित जल से विलगित किए गए जीवाणु 3-चक्रीय पी एन ए यौगिकों को

अपघटित कर सकते हैं । उच्च पी एन ए जैसे 5-चक्रीय यौगिकों के बारे में अभी कोई सूचना प्राप्त नहीं है । अभी तक पी एन ए का पौधों या मृदा पर पड़ने वाले प्रभाव के विषय में किसी प्रकार का अध्ययन नहीं हुआ है ।

इस प्रकार की उपलब्ध सूचनाओं में विषैले कार्बनिक पदार्थों से संबंधित अध्ययन प्रयोगशालाओं तक ही सीमित हैं । WTC द्वारा कनाडा के वाहित मल तथा आपंक बहि:स्रावों का खेतों में उपयोग तथा उनमें उपस्थित विषैले कार्बनिक पदार्थों के स्थायित्व के बारे में अनेक अध्ययन आरंभ किए गए हैं । प्रारंभिक तौर पर हरित गृह में तीन प्रकार के आपंकों - तेल शोधक कारखाने से निकला (तेल शोधक के टैंक की तली से प्राप्त), पेट्रोरसायन उद्योगों से प्राप्त और कोक उद्योग से प्राप्त आपंक, का प्रयोग किया गया है ।

कोनेस्टोगा दोमट मिट्टी में आपंक मिलाकर उसे 20,100 और 200 टन/हे. की दर से इस्तेमाल किया गया । ये मिश्रण सिरेमिक के बर्तनों में तीन हफ्ते तक इनक्यूबेट करके रखे गए और उसके बाद स्विसचार्ड बोई गई । यद्यपि अंकुरण तो सभी उपचारित बर्तनों में हुआ परंतु उच्च दर वाले आपंक उपचारों में पौध की मृत्यु बहुत अधिक हुई और उनकी संख्या भी काफी कम थी । कम वृद्धि तथा पौधों की मृत्यु के कारण का निर्धारण नहीं हो पाया । हो सकता है कि इसका कारण आपंक में उपस्थित विषैले कार्बनिक पदार्थों तथा घुलनशील लवणों की उच्च सांद्रता तथा अमोनिया की उपस्थिति रही हो ।

पौधों के लिए भारी धातुओं की उपलब्धता उनकी रासायनिक सक्रियता, मृदा तथा स्वयं भारी धातुओं की प्रकृति पर निर्भर करती है । उच्च अम्लीय अवस्था (पी एच < 5.0), कम घनायन विनिमय क्षमता (Cation Exchange Capacity) और कार्बनिक पदार्थ की अधिक मात्रा होने पर भारी धातुओं की उपलब्धता बढ़ जाती है, जबकि चूने वाली मृदाओं में, जिनमें उच्च धनायन विनिमय क्षमता तथा कार्बनिक पदार्थ की मात्रा अधिक होती है, पौधों के लिए भारी धातुओं की उपलब्धता बहुत कम होती है । भारी धातुओं का पौधों द्वारा उद्ग्रहण भारी धातुओं की प्रकृति पर भी निर्भर करता है । इस तरह देखा जाए तो किसी धातु की उपलब्ध मात्रा उस मृदा में उपस्थित भारी धातु की कुल मात्रा से अधिक महत्व रखती है ।

लंदन में इससे संबंधित प्रयोग यह दर्शाते हैं कि भारी धातुओं के उद्ग्रहण में न केवल भारी धातुओं की मात्रा अपितु पौधों की प्रकृति तथा उनकी उपापचयी

क्रियाओं का हाथ होता है । इसके लिए बलुई मृत्तिका तथा दोमट मृदा में उच्च जिंक युक्त पाचित आपंक का उपयोग करके जौ, राईघास और चौलाई फसलें उगाई गईं तथा उनकी उपज और भारी धातुओं के संचयन से संबंधित अध्ययन किए गए । आपंक की मात्रा के एक बार के अधिक मात्रा में प्रयोग से 200 किग्रा कॉपर/हे तथा 1600 किग्रा./हे. जिंक मृदा में पहुंचा । अगले तीन सालों में अधिकाधिक आपक की मात्रा का उपयोग करने पर देखा गया कि राईघास और जौ की फसलें अत्यधिक नाइट्रोजन की मात्रा के कारण गिर पड़ीं तथा उनके अंकुरण में भी कुछ कमी आई । ये जो भी प्रभाव दिखाई पड़े वे सब आपक द्‌वारा मृदा में पहुंचने वाले अपघटित होने योग्य जैव पदार्थों की मात्रा और खनिजीकरण होने योग्य नाइट्रोजन की मात्रा के कारण हुए । जिंक या कॉपर विषालुता का कोई भी प्रभाव नहीं देखा गया । अंततः यह निष्कर्ष निकाला गया कि आपंक की उपर्युक्त मात्रा की चार गुंनी मात्रा लगभग 30 सालों तक लगातार उपयोग की जाए तब कहीं जाकर पौधों पर इन भारी धातुओं के विषैले प्रभाव दिखाई देंगे ।

सामान्यतः यह देखा गया है कि पौधे भारी धातुओं को खाने योग्य भागों में पहुंचने के पूर्व रक्षण-उपरोध (protective barrier) का कार्य करते हैं । यह विशेषतः निकेल, कॉपर और लेड के विषय में पूर्णतः सच है । पौधों के लिए कॉपर और निकेल की विषालुता की मात्रा क्रमशः 30 और 25 मिलीग्राम प्रति किलोग्राम है । इससे स्पष्ट है कि मानव उपभोग से पहले ही भारी धातुओं की इतनी सांद्रता में उगने वाले या तो मर जाते हैं या उगते ही नहीं ।

जिंक अति तीव्रता से अवशोषित होता है तथा जड़ों के माध्यम से पौधों के पर्णऊतकों में एकत्र हो जाता है । ऐसा देखा गया है कि पशुओं के चारे (मक्का) में यदि जिंक की मात्रा 450 मिलीग्राम/किलोग्राम हो जाए, जौ में 540 मिलीग्राम/किलोग्राम, ज्वार में 475-570 मिलीग्राम/किलोग्राम, गेहूं में 560 मिलीग्राम/किलोग्राम और ऐल्फा-ऐल्फा में 295 मिलीग्राम/किलोग्राम हो जाए तो इनकी उपज 20 प्रतिशत कम हो जाती है । फिर भी पौधों की जड़ों से जिंक का स्थानांतरण फल तथा द नों में कम होता है जिससे मनुष्य का जिंक के विषैले प्रभाव से बचाव होता है।

आपंक के जैव पदार्थ (अंश) का कार्य

जैव पदार्थ मृदा में भारी धातुओं की उपलब्धता को कई तरह से प्रभावित कर सकते हैं । ये कार्बनिक यौगिक बनाकर इनकी घुलनशीलता बढ़ा सकते हैं ।

लेकिन दूसरी ओर यह भी देखा गया है कि जैव पदार्थ भारी धातुओं को स्थिर बना देते हैं । इस तरह से दोनों प्रकार के परिणाम प्राप्त होने के कारण वास्तविकता ज्ञात करने हेतु मॉडलों का प्रयोग किया गया ।

इन प्रयोगों में मृदा में पी एच पर आधारित कैडमियम, जिंक, कॉपर और लेड की घुलनशीलता का अध्ययन किया गया । पी एच 7-8 होने पर मृदा में उपस्थित कार्बनिक पदार्थ के कारण भारी धातुओं की घुलनशीलता में वृद्धि हुई जबकि पी एच 4-6 पर स्थिरीकरण का प्रभाव दिखा । ताजे और हल्के रूप से विघटित कार्बनिक पदार्थ (भूसा) का उपयोग करने पर यह देखा गया कि पी एच 4-8 पर कॉपर, कैडमियम, जिंक और लेड की घुलनशीलता बढ़ी, अर्थात् $Cu >> Cd \geq Zn > Pb$ ।

ये परिणाम यह दर्शाते हैं कि अपघटन-योग्य जैव पदार्थ (आपंक, खाद) मृदा में मिलाने पर घुलनशील, कम अणुभार वाले यौगिकों का निर्माण होने से भारी धातुओं की घुलनशीलता बढ़ जाती है और तब स्थिरीकरण की स्थिति आती है । मृदा में मिलाए गए जैव पदार्थ में यदि और अपघटन होता है तो इससे भारी धातुएं स्थिर होने लगती हैं तथा उनकी यह क्षमता पी एच 6 पर सबसे अधिक होती है ।

बेल्जियम में भारतीय धातुओं के अवक्षेपण, अधिशोषण तथा संकुलीकरण (complexation) द्वारा उनकी घुलनशीलता कम करने के लिए इन विधियों का सापेक्ष अध्ययन किया गया । यह भी ज्ञात करने के प्रयास किए गए कि इन विधियों के माध्यम से प्रयोग के बाद पौधे भारी धातुओं का अवशोषण कैसे और कितनी मात्रा में करते हैं । इस अध्ययन में निम्न पांच उपचार प्रयोग में लाए गए -

1. अनुपचारित उर्वर मृदा
2. बलुई मृदा और पीट का मिश्रण (20/1 अनुपात)
3. बलुई मृदा और धनायन विनिमय रेजिन (150/1 अनुपात)
4. बलुई मृदा और चूने का मिश्रण (250/1 अनुपात)
5. बलुई मृदा और गुरु मृत्तिका का मिश्रण (5/1अनुपात)

यह पाया गया कि गुरु मृत्तिका खनिज या चूने (धनायन विनिमयक Cation Exchanger) का प्रयोग करने पर जस्ते, कॉपर, कैडमियम और लेड की जल में घुलनशीलता घटी । पीट का उपयोग करने से विनिमयशील कॉपर की मात्रा में कमी आई । ऐसा संभवतः मृदा के जैव पदार्थों (फल्विक और ह्यूमिक अम्लों) के कॉपर के साथ कार्बनिक खनिज संकुल बनाने के प्रति आकर्षण के कारण हुआ । पीट से उपचारित मृदा में 0.2N सोडियम हाइड्राक्साइड द्वारा निष्कर्षण-योग्य भारी धातुओं की अधिक मात्रा पाई गई । इससे यह भी संकेत मिलता है कि भारी धातुएं जटिल यौगिक (complex compounds) बनाने में शामिल रहीं । अवक्षेपण तथा अधिशोषण प्रक्रियाओं का भी भारी धातुओं के स्थिरीकरण में काफी योगदान है ।

इन उपचारों का पौधों पर पड़ने वाले प्रभाव का अध्ययन किया गया । यह पाया गया कि नियंत्रण की अपेक्षा सभी उपचारों में उपज की मात्रा में वृद्धि हुई जिसका परिसर पीट उपचार में 200 प्रतिशत से लेकर गुरु मृत्तिका मृदा उपचार में 600 प्रतिशत तक था । लगभग 250 प्रतिशत की वृद्धि धनायन विनिमय रेजिन तथा चूना उपचार में भी पाई गई । इस प्रकार स्पष्ट है कि पी एच मान में तथा बलुई मृदा की धनायन विनिमय क्षमता में वृद्धि करने पर लगभग समान प्रभाव पड़ा। अलग-अलग उपचारों में पौधों में भारी धातुओं के उद्ग्रहण में सार्थक कमी पाई गई । जिंक, कॉपर और कैडमियम के उद्ग्रहण में कमी पर उपचारों का निम्न क्रम में प्रभाव पड़ा -

मृत्तिका मृदा > चूना ≅ धनायन विनिमय रेजिन > पीट

इन सारे प्रयोगों से यही निष्कर्ष निकलता है कि पौधों के लिए भारी धातुओं की उपलब्धता को, यहां तक कि समृद्धीकृत मृदा में भी, कम किया जा सकता है। यह कार्य भारी धातुओं के लिए अधिशोषण स्थलों (adsorption sites) की संख्या बढ़ाकर आसानी से किया जा सकता है । जो भी हो भारी धातुओं की उपलब्धता कम करने के लिए चूने का प्रयोग हर प्रकार की परिस्थिति में और हर प्रकार की मृदा में किया जा सकता है ।

एक दूसरी और महत्वपूर्ण प्रक्रिया है - अधिशोषण । यदि मृदा की धनायन विनिमय क्षमता बढ़ा दी जाए तो अधिशोषण क्षेत्र में भी वृद्धि हो जाती है । इस तरह से अधिशोषण की क्षमता को भी बढ़ाया जा सकता है । इसे या तो मृत्तिका या थोड़ी मात्रा में कार्बनिक पदार्थ मिलाकर संपन्न किया जा सकता है ।

इंग्लैंड की कृषि विकास एवं सलाहकार समिति ने कुछ विपरीत परिणाम प्राप्त किए हैं । चुकंदर, चौलाई पर किए गए प्रयोग यह दर्शाते हैं कि जिंक, कॉपर, निकेल और क्रोमियम-जैसे तत्व भारी मात्रा में उपस्थित रहते हैं । एक और प्रयोग में 4000 पी पी एम जिंक, 2000 पी पी एम कॉपर, 1000 पी पी एम निकेल और 11,00 पी पी एम क्रोमियम वाले आपंक का प्रयोग किया गया । प्राप्त परिणाम यह बताते हैं कि इन स्तरों पर चुकंदर पर जिंक का ही विपरीत प्रभाव रहा, अन्य धातुओं का प्रभाव नगण्य था । सभी उच्च मात्राओं वाले आपंक के उपयोग से यह देखा गया कि चुकंदर पर जिंक, कॉपर और निकेल का हानिकारक प्रभाव पड़ता है परंतु सेलेरी पर 1000 किलोग्राम/हे. जिंक, 500 किलोग्राम/हे. कॉपर और 250 किलोग्राम/हे. निकेल का कोई प्रभाव नहीं पड़ा जबकि चौलाई 250 किलोग्राम/कॉपर/हे. और 125 किलोग्राम निकेल/हे. के प्रति सहनशील पाई गई । सामान्य अनुभव के आधार पर यह देखा गया कि क्रोमियम का कोई विपरीत प्रभाव नहीं पड़ा । उपर्युक्त प्रयोग में 4000 पी पी एम जिंक द्वारा चुकंदर की प्रारंभिक हानि दर्शाती है कि आपंक में जिंक की मात्रा 12.5 मिली समतुल्य/100 ग्राम (meq/100 g) थी ।

खेतों में आपंक के उपयोग से प्राप्त परिणामों में अनेक विभिन्नताएं हैं । कहीं-कहीं ऐसा देखा गया है कि आपंक में उपस्थित भारी धातुएं फसलों को तो हानि नहीं पहुंचाती, किंतु वे उनके खाने-योग्य भागों में संचित हो जाती हैं । कहीं-कहीं उनके द्वारा अंकुरण के बाधित होने या कम अंकुरण या पौधों की कम वृद्धि और विकास - जैसे लक्षण भी पाए गए हैं ।

आपंक के प्रयोग से कैडमियम में वृद्धि

घरेलू आपंक में कैडमियम थोड़ी मात्रा में पाइपों में जस्ते के क्षरण और गटर से आता है जहां पुराने जिंक से लेपित पाइपों में कैडमियम उपस्थित होता है । यद्यपि इस तरह के क्षरण से आपंक में घुलित होने वाले कैडमियम को तो रोका नहीं जा सकता परंतु पी वी सी पाइपों में शुद्ध जस्ते का उपयोग किया जाए तो कैडमियम की मात्रा में कमी लाई जा सकती है । कैडमियम की कुछ मात्रा फास्फोरस वाले रासायनिक उर्वरकों में भी पाई जाती है । डैनिश आपंक में शुष्क पदार्थ के आधार पर लगभग 7 पी पी एम कैडमियम पाया जाता है जो खाद की तुलना में 10 गुना ज्यादा है (यदि इसे फास्फोरस के आधार पर मापा जाए) । यदि आपंक-फास्फोरस में उपस्थित कैडमियम रासायनिक उर्वरकों में उपस्थित कैडमियम

की मात्रा के बराबर हो तो आपंक के शुष्क भार के आधार पर कैडमियम की मात्रा 3 पी पी एम होगी । और यदि आपंक का उपयोग फास्फोरस उर्वरक के रूप में किया जाए (एक टन शुष्क पदार्थ/वर्ष) तो आपंक के साथ मिट्टी में कैडमियम की मात्रा 4 ग्राम/हे./वर्ष की दर से पहुंचेगी जो रासायनिक उर्वरकों से मिलने वाले कैडमियम की अपेक्षा बहुत अधिक है । इससे स्पष्ट होता है कि मृदा में आपंक के उपयोग से कैडमियम की सांद्रता में प्रतिवर्ष 1.1 प्रतिशत की वृद्धि होती है जबकि सामान्य उर्वरीकरण से 0.6 प्रतिशत की वृद्धि होती है ।

मृदा में कैडमियम का संचयन : मानकीकरण की आवश्यकता

इस बात से सभी सहमत हैं कि आपंक के माध्यम से मृदा में एकत्र होने वाले कैडमियम का प्रबंधन हो । फिर भी मृदा में एकत्र होने वाले कैडमियम की मात्रा के बारे में आम सहमति नहीं है जैसा कि निम्न सारणी से स्पष्ट है –

सारणी – 13

विभिन्न देशों में मृदा में कैडमियम संचयन की अनुमत सीमा

(किग्रा./हे.)

स्वीडेन	0.075*	इंग्लैंड	5
फिनलैंड	0.6	स्विट्जरलैंड	7.5
नीदरलैंड्स	1.0	अल्बर्टा (कनाडा)	0.8–1.5
ओंटारियो (कनाडा)	1.6	यूनाइटेड स्टेट्स इनवायरनमेंट प्रोटेक्शन एजेंसी (USEPA)	5–20
विस्कांसिन (सं.रा.अ.)	24		

* पांच वर्षों तक लगातार संचित की जा सकती है ।

वर्तमान में विस्कांसिन, यू.एस.ए. में अधिकतम संचयन 24 किलोग्राम/हे. तथा फिनलैंड में 0.6 किलोग्राम/हे. है । अपवादस्वरूप अल्बर्टा (कनाडा) और यू. एस. ई. पी. ए. की अनुमत सीमाएं वहां की मृदाओं के गुण तथा स्थानीय परिस्थितियों के अनुसार हैं । यह भी है कि यदि कोई राष्ट्र कृषि उत्पादों के माध्यम से कैडमियम का उपभोग करता है तो यह समस्या केवल उस राष्ट्र से संबंधित है । फिर भी बड़े पैमाने पर अंतर्राष्ट्रीय व्यापार होने के कारण मृदा में अधिकतम कैडमियम संचयन की मात्रा का मानकीकरण आवश्यक हो जाता है और इस मानकीकरण के लिए अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर व्यापक सहमति की आवश्यकता है ।

स्टेवेंजे में गेहूं, आलू, चुकंदर, चौलाई, पतागोभी पर किए गए प्रक्षेत्र प्रयोगों के परिणामों से मानव खाद्य अंतर्ग्रहण तथा मृदा में कैडमियम संचयन के बीच घनिष्ठ सबंध का पता चला है । यह पाया गया है कि पत्तीदार फसलों---पालक, पातगोभी की तुलना में गेहूं और आलू-जैसी फसलों में कैडमियम की मात्रा का होना काफी महत्वपूर्ण है यद्यपि पत्तीदार फसलों में कैडमियम की मात्रा अधिक पाई गई । इस प्रयोग से मृदा में कैडमियम संचयन 6.0-12.0 पी पी एम विश्व स्वास्थ्य संघठन/पर्यावरण संरक्षण एजेंसी द्वारा निर्धारित अनुमत सीमा से मेल खाता है तथा भोजन के माध्यम से इस सांद्रता में अधिकतम 70μ ग्राम./दिन का औसतन सामान्य अंतर्ग्रहण मानव करता है । इसे हम गेहूं-जैसी फसल के लिए भी सुरक्षित मान सकते है ।

आपंक के कैडमियम की उपलब्धता

पौधों द्वारा कैडमियम उद्ग्रहण से संबंधित अनेक शोधकार्य डेनमार्क और अन्य देशों में किए गए हैं । किंतु प्राप्त परिणामों को अंतिम नहीं माना जा सकता क्योंकि मृदा-पौधे के बीच इस धातु के आचरण में भिन्नता है । किसी पौधे में कैडमियम की उपस्थिति निम्नलिखित बातों पर निर्भर करती है :

1. पादप-जाति और उसकी कटाई का समय
2. मृदा प्रकार, कणाकार और पी एच
3. मृदा में कैडमियम की सांद्रता
4. मृदा में उपलब्ध कैडमियम में संभव कमी
5. पौधों में वायुमंडल द्वारा कैडमियम का प्रवेश (पौधे के बाहरी भागों पर चिपकना)

पौधे की जातियों के अनुसार कैडमियम उद्ग्रहण में विभिन्नता की व्याख्या पूर्णतः तो नहीं की जा सकती, परंतु समान परिस्थितियों में उगाए गए पौधों में यह देखा गया कि चौलाई में कैडमियम की मात्रा 500x तथा जौ के दानों में सबसे कम है ।

राई की फसल पर मृदा में उपस्थित कैडमियम की मात्रा तथा पी एच का प्रभाव ज्ञात करने के लिए एक प्रयोग किया गया । ऐसा देखा गया कि स्थिर पी एच पर पौधों द्वारा कैडमियम का उद्ग्रहण मृदा में उपस्थित कैडमियम की मात्रा के आनुपातिक होता है । यह भी देखा गया है कि यदि पी एच में 0.5 की वृद्धि कर दी जाए तो उद्वाह में 20-40 प्रतिशत की कमी आती है । इससे स्पष्ट होता है कि पौधे द्वारा कैडमियम का उद्ग्रहण मृदा में कैडमियम की उपलब्धता पर निर्भर करता है ।

सारणी - 14

डेनिश फसलों में कैडमियम की सांद्रता (समान स्थितियों में उगाने पर)

फसल	शुष्क भार में कैडमियम की सांद्रता (पी पी एम)
जौ (दाना)	0.012
जौ (भूसा)	0.14
जई (oat) दाना	0.025
जई (भूसा)	0.18
आलू	0.32
पातगोभी	0.22
गाजर (जड़)	0.35
मटर (फली)	0.082

मटर (भूसा)	0.24
हरी सेम (फली)	0.40
हरी सेम (भूसा)	0.40
लेट्यूस	5.2
पालक	3.9

तीन वर्षों तक लगातार प्रयोग करने पर यह देखा गया है कि आपंक के उपयोग से इस समय के दौरान मृदा में कैडमियम का स्तर वैसे ही बना रहा । यह भी पाया गया कि एक समय के बाद मृदा में कैडमियम का स्तर बदलता है ।

एक प्रयोग में आपंक का उपयोग यह दर्शाता है कि उपयोग के बाद लगातार आठ वृद्धि तथा विकास अवधियों के प्रथम वर्ष में पौधों द्वारा आपंक से कैडमियम उद्ग्रहण की मात्रा लगातार एक जैसी बनी रहती है । ऐसी स्थिति में अन्य सारे मापदंडों को स्थिर माना गया । यह भी देखा गया कि चूने का उपयोग करने से कैडमियम उद्ग्रहण में कमी आती है यद्यपि मृदा में उपस्थित कैडमियम की उपलब्धता बनी रही ।

विलक्षण आचरण है कैडमियम का

अनेक प्रकार की *स्वास्थ्य समस्याएं* उत्पन्न करने के कारण पर्यावरण की दृष्टि से कैडमियम का काफी महत्व है । जापान में चावल के माध्यम से अत्यधिक कैडमियम सेवन करने से महिलाओं को एक रोग हुआ जिसे *इटाई–इटाई* कहते हैं । इसकी आविषालुता (toxicity) की सीमा 75 मिलीग्राम प्रति किलोग्राम तक मापी गई है । मानव में कैडमियम की अधिकांश मात्रा भोजन के द्वारा ही पहुँचती है । खाद्य एवं कृषि संगठन तथा विश्व स्वास्थ्य संगठन की संयुक्त समिति ने कैडमियम की साप्ताहिक अनुमत सीमा 400 से 500μ ग्राम रखी है ।

जैसा पहले स्पष्ट किया गया है कि पौधे मानव खाद्य में भारी धातुओं के प्रवेश के लिए रक्षण उपरोध (protective barrier) का कार्य करते हैं । परंतु कैडमियम के मामले में ऐसा नहीं है । यह देखा गया है कि मृदा में कैडमियम की मात्रा जितनी ही अधिक होगी पौधे उतना ही अधिक कैडमियम ग्रहण करेंगे । कैडमियम फलों में आंशिक रूप से एकत्र होता है ।

आपंक वाली भूमियों से मानव द्वारा कैडमियम अंतर्ग्रहण

आपंक के माध्यम से कैडमियम मृदा में पहुंच कर मानव-खाद्य को कई तरीकों से संदूषित करता है -

क. मृदा के माध्यम से फसलों में से सीधे संचयन ।

ख. जानवर भी आपंक अपने शरीर में ग्रहण कर सकते हैं । उसके बाद कैडमियम धातु उनके मांस, दूध और अंडे में भी एकत्र हो सकता है तथा उसे संदूषित करता है ।

ग. जानवर चारे के माध्यम से भी कैडमियम द्वारा संदूषित हो सकते हैं जिनके उत्पाद (दूध, मांस) को खाने वाले मानवों में भी कैडमियम पहुंच सकता है ।

घ. खाद्य फसलें भी कैडमियम उद्ग्रहीत कर सकती हैं और उनका उपभोग करने पर मानव भी कैडमियम से संदूषित हो सकता है ।

विभिन्न प्रयोग यह दर्शाते हैं कि यदि कोई व्यक्ति सामान्यतः 4 किलोग्राम खाद्य सामग्री का उपभोग रोजाना करे तो औसतन 400 ग्राम/सप्ताह कैडमियम उसके शरीर में प्रवेश कर सकता है। यूनाइटेड किंग्डम में किए गए प्रयोगों से यह परिणाम निकलता है कि संकटग्रस्त क्षेत्रों में व्यक्ति को भोजन के मामले में वैज्ञानिक विचार अपनाने चाहिए । इसके लिए विश्वसनीय सूचनाएं भी उपलब्ध होनी चाहिए ।

सारणी – 15

धनायन विनिमय क्षमता के आधार पर मृदा में भारी धातुओं के संचयन की अनुमत सीमा

धातु	मात्रक	धनायन विनिमय क्षमता (CEC)		
		5	5–15	15
जिंक (Zn)	किलोग्राम/हे॰	250	500	1000
कॉपर (Cu)	किलोग्राम/हे॰	125	250	500
निकेल (Ni)	किलोग्राम/हे॰	50	100	200
कैडमियम (Cd)	किलोग्राम/हे॰	5	10	20
लेड (Pb)	किलोग्राम/हे॰	500	1000	2000

लंदन के निकट अर्धग्रामीण क्षेत्र में कई वर्षों से वाहित मल तथा आपंक से सिंचित होने वाले क्षेत्र में लेट्यूस, गाजर और पालक फसलें बोई गईं । ऐसा देखा गया कि मृदा में कैडमियम की मात्रा 1.5–14.1 पी पी एम तक है । ऐसा माना जाता है कि फसलों द्वारा कैडमियम बड़ी तीव्रता से अवशोषित होता है । इसलिए यह भी माना गया कि इन फार्मों से प्राप्त उपज का उपभोग करने वाले परिवार कैडमियम द्वारा ग्रसित होंगे क्योंकि वे सामान्य से कहीं अधिक मात्रा में कैडमियम का अंतर्ग्रहण कर रहे हैं । इसका अध्ययन करने के लिए सब्जियों और खाद्य पदार्थों का विश्लेषण किया गया तथा असंदूषित क्षेत्र में उगाई गई सब्जियों से इनकी तुलना की गई । प्राप्त परिणाम यह दर्शाते हैं कि आपंक और वाहित मल प्राप्त करने वाले क्षेत्रों में उगाई गई सब्जियों में कैडमियम की मात्रा सामान्य से अधिक है । यह भी पाया गया कि मटर, सेम और टमाटर – जैसी फसलों में कैडमियम की मात्रा संचित नहीं हुई ।

सारणी–16

फसलें	आपंक द्वारा संदूषित क्षेत्र की सब्जियों में कैडमियम की मात्रा (पीपीएम)	सामान्य फसल
लेट्यूस	0.18	0.06
पतगोभी	0.04	0.01
पालक	0.63	0.08
गाजर	0.15	0.05
आलू	0.14	0.03

कैडमियम की स्वीकृत उपचार दर

ओन्टेरियो (कनाडा) में द्रव और शुष्क ठोस आपंक का उपयोग करके सब्जियां उगाई गईं । यद्यपि मृदा में कैडमियम का एकत्रण आपंक के प्रकार के अनुसार भिन्न-भिन्न रहा, परंतु 7.4 किलोग्राम/हेक्टेयर से अधिक नहीं हुआ । फसलों में भी कैडमियम की सांद्रता आपंक के रूपों--द्रव और ठोस के अनुसार ही रही । फसलों में भी कैडमियम की सांद्रता आपंक के रूपों--द्रव और ठोस के अनुसार ही रही । परंतु उन पर पौधे की जाति, पौधे के अंग तथा मृदा पी एच का भी काफी प्रभाव पड़ा । फसलों में कैडमियम की सांद्रता एक निश्चित क्रम में घटी : चौलाई > गेहूं > सोयाबीन । गेहूं और सोयाबीन के दानों में इसकी मात्रा पौधों के अन्य अंगों की तुलना में कम थी । फसलों में कैडमियम की सांद्रता पीएच पर भी निर्भर रहीं । उदाहरण के लिए, स्विसचार्ड में (पीएच 5.6) 1.42 ग्राम/ग्रा (नाइट्रोजन, फास्फोरस, पोटाश उपचार में) तथा $\leq$ 1.24 ग्रा. प्रति/ग्रा. आपंक उपचारित मृदा में थी ।

प्रमाणों द्वारा यह भी स्पष्ट होता है कि कृष्य भूमियों में 5 किलोग्राम कैडमियम/हेक्टेयर प्रयोग करने पर मृदा के माध्यम से खाद्य श्रृंखला में बहुत

कम प्रवेश कर पाता है । अतः मृदा में 5 किलोग्राम/हेक्टेयर की दर से कैडमियम संचित होने के लिए अनुशंसा भी की गई तथा इसे अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर स्वीकार करने की बात की गई ।

यह ज्ञात करने के लिए कि क्या सुरक्षित है और क्या हानिकारक है, खाद्य अपमिश्रणों (मिलावटों) पर खाद्य एवं कृषि संगठन/विश्व स्वास्थ्य संगठन की विशेषज्ञ समिति की रिपोर्ट देखनी होगी । इस कार्यकारी समूह ने लेड, कैडमियम और मर्करी जैसी भारी धातुओं की साप्ताहिक सह्य अंतग्रर्हण की मात्रा का निर्धारण किया । इन अनुशंसाओं के अनुसार 70 किलोग्राम शारीरिक भार वाला स्वस्थ व्यक्ति एक सप्ताह में 3.5 मिलीग्राम लेड, 0.525 मिलीग्राम कैडमियम और 0.35 मिलीग्राम मर्करी अंतर्गृहीत कर सकता है । यद्यपि ये मात्राएं अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर स्वीकृत हो चुकी हैं परंतु इनकी ऊपरी सीमा निर्धारित करने हेतु प्रयासों की आवश्यकता है । जर्मन संघीय गणराज्य में खाद्य उत्पादकों का यह प्रमुख उद्देश्य हो गया है कि वे जर्मन संघीय स्वास्थ्य विभाग द्वारा निर्धारित मानकों के अनुसार अपनी खाद्य सामग्री उत्पादित करें । इसके लिए यह आवश्यक होगा कि मृदा में भारी धातुओं के प्रवेश को रोका जाए । मानव में भारी धातुओं के प्रवेश को रोका जाए । मानव में भारी धातुओं के प्रवेश का मुख्य स्रोत भोजन है । स्वीडेन में किए गए एक अध्ययन के अनुसार प्रतिदिन के खाद्य पदार्थों द्वारा 13 ग्राम कैडमियम अंतर्ग्रहण में विभिन्न खाद्यों का निम्न प्रकार का योगदान रहा :

अनाज	36 प्रतिशत
मांस	9 प्रतिशत
मछली	3 प्रतिशत
डेयरी उत्पाद	12 प्रतिशत
सब्जियां	29 प्रतिशत
अन्य	8 प्रतिशत

स्वीडेन के ही एक और अध्ययन के अनुसार सब्जियों में लेड, कैडमियम और जिंक के स्तर के अनुसार जड़ वाली सब्जियों तथा आलू के माध्यम से प्रतिदिन 5u ग्राम कैडमियम का अंतर्ग्रहण होता है।

कुछ देशों में आपंक उपयोग पर रोक क्यों ?

कुछ देशों में आपंक में कैडमियम की अधिकता के कारण उसके कृषि में उपयोग पर रोक लगा दी गई है । विभिन्न देशों में आपंक द्वारा मृदा में कैडमियम संचयन हेतु दिशा निर्देश तैयार किए गए हैं । इसकी अनुमत मात्रा से अधिक होने पर रोक लगाने के आदेश भी दिए गए हैं ।

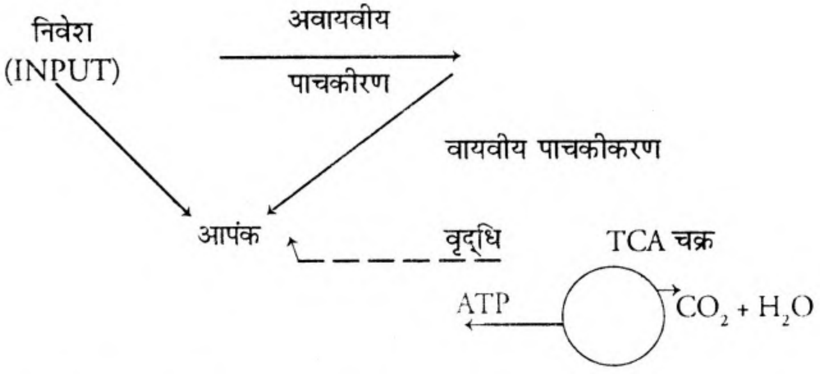
सारणी - 17

कृष्य भूमि में किलोग्राम/हे. कैडमियम संचयन की अनुशंसित मात्रा

देश	वार्षिक	योग
कनाडा	0.09	4
डेनमार्क	0.01	0.2
फिनलैंड	0.02	0.1
जर्मनी	0.033	8.4
नीदरलैंड्स	0.02	0.2
नार्वे	0.02	0.2
स्वीडेन	0.025	-
स्विट्जरलैंड	0.075	-
ब्रिटेन	0.17	5
सं. रा. अमेरिका	-	5-20

भारत में आपंकों की स्थिति अभी ऐसी नहीं है । भारत के आपंकों के संघटकों का विश्लेषण यह दर्शाता है कि उनमें उपस्थित भारी धातुओं की मात्रा से अभी कोई विशेष समस्या नहीं उत्पन्न होगी । परंतु इस पर अभी से ध्यान देने की आवश्यकता है क्योंकि लंबे समय तक इनका उपयोग करने से ऐसी समस्याएँ आ सकती हैं ।

क्रोमियम से संबंधित अध्ययन बहुत कम हुए हैं । इलाहाबाद में शीलाधर मृदा विज्ञान संस्थान में कुछ प्रयोग किए गए हैं । वाहित मल में क्रोमियम की मात्रा 0.29 से 1.69 पी पी एम तक पाई गई है । खाद्य एवं कृषि संगठन द्वारा 1985 में जारी रिपोर्ट में क्रोमियम की अनुमत्य मात्रा 0.10 पी पीएम है । इस दृष्टि से देखा जाए तो इलाहाबाद का वाहित मल सिंचाई हेतु पूर्णतः अनुपयुक्त है । एक अन्य अध्ययन के अनुसार 112 पी पी एम क्रोमियम वाले वाहित मल के सिंचाई जल के रूप में इस्तेमाल से मृदा में इसकी मात्रा 43-113 पी पी एम तक हो गई । कहीं-कहीं तो मृदा संस्तरों में क्रोमियम की उच्चतम मात्रा 214-399 पी पी एम तक थी ।



आपंक के सक्रियकरण (activation) ← की प्रक्रिया

आपंक के अंतिम निपटान हेतु भस्मन की प्रक्रिया भी अपनाई जा रही है। ओन्टेरियो में 40 प्रतिशत आपंक का भस्मन किया जाता है यद्यपि इस प्रक्रिया का उपयोग काफी लंबे समय से किया जा रहा है। बाद में प्रश्न यह उठा कि आपंक के भस्मन से उसमें उपस्थित पी सी बी यौगिक भी जल कर हवा में पहुँच जाते हैं। इसी प्रकार के अन्य यौगिक भी हैं। इस समस्या से निजात पाने हेतु डेटन अनुसंधान संस्थान ने ऊष्मीय अपघटन (thermal decomposition) विश्लेषण तंत्र तथा ऊष्मीय अपघटन इकाई का विकास किया है।

□□□

परिशिष्ट :

(क) संदर्भ सूची

1. सेन, असित के. और मंडल, नित्य जी (1990) वाटर, एयर एंड स्वॉयल पॉल्यूशन 49 : 1-6

2. रमन, वी. और काले, सी.के. (1985), करेंट पॉल्यूशन रिसर्चेज इन इंडिया, संपादक आर.के. त्रिवेदी और पी.के. गोयल, इनवायरनमेंटल पब्लिकेशन, कराड, 93-106

3. अख्तर, एम. सलीम (1990), वाटर, एयर एंड स्वॉयल पॉल्यूशन, 51, 147-152

4. भोसले, लीला जे. (1985), करेंट पॉल्यूशन रिसर्चेज इन इंडिया, संपादक आर. के. त्रिवेदी और पी.के. गोयल, इनवायरनमेंटल पब्लिकेशन, कराड, 245-248

5. हेगड़े, बी.ए. और पाटिल, टी.एम. (1983), पॉल्यूशन रिसर्च 2(1) : 31-39

6. नारायण, एन. शंकर और मध्यस्थ,एम.एन. (1985), करेंट पॉल्यूशन रिसर्चेज इन इंडिया, संपादक - आर.के. त्रिवेदी और पी.के. गोयल, इनवायरनमेंटल पब्लिकेशन, कराड,279--288

7. लीपर, जी. डब्ल्यू., 'मैनेजिंग द हैवी मेटल्स आन द लैंड'

8. जुवारकर, ए.एस., शींदे, ए., थवाले, पी.आर., सत्यनारायणन एस., देशब्रतर पी.बी. बाल ए.एस. और जुवारकर आशा (1992)फर्टी. आर्गेनिक मैन्योर रिसाइक्लेबल वेस्ट्स एंड बायोफर्टीलाइजर्स—संपादक - एच.एल. एस. टंडन,एफ डी सी और पब्लिकेशंस, 72

9. मणि दिनेश, (1995), डी. एस-सी. थिसिस, इलाहाबाद विश्वविद्यालय

10. तिवारी, सुनील दत्त (1992), डी. फिल, थिसिस, इलाहाबाद विश्वविद्यालय

11. पांडेय, सुनील कुमार (1996), डी. फिल. थिसिस, इलाहाबाद विश्वविद्यालय

12. पेज, ए.एल. और चैंग, ए.सी., (1985), इरीगेशन विथ रीक्लेम्ड म्यूनिसिपल वेस्ट वाटर-ए गाइडेंस मैनुअल, लेविस, चैल्सिया, 13 (1-13): 16

13. वरर्गलुंड वेन (1982)-इंवायर्नल. इमे.आव आर्गेनिक एंड इनआर्गे. कंटामिनेंट्स इन सीवेज स्लज,संपा. डेविस, आर.डी., हुकर जी. और टेरमिट पी.एल., डी. रीडेल पब्लिशिंग कंपनी, लंदन, 187

14. मिश्र, एस.जी. तथा तिवारी एस.डी. (1993), इंडि. जर्न. इंवायर्नल, प्रोट. 13 (16) : 415

15. श्रीवास्तव, सी.पी. (1990), डी.फिल थिसिस, इलाहाबाद विश्वविद्यालय

16. मिश्र, एस.जी. तथा कुमार, पवन(1994), जर्न. इंवायर्नल, प्रोटे. 13(12): 925

17. लीस्टर, जे.एन. (1982), इंवायर्नल इफे. आव आर्गेनिक एंड इनआर्गेनिक कंटामिनेंट्स इन सीवेज स्लज, संपादक-डेविस आर.डी. हुकर जी. और हरमिट पी.एल., डी रीडेल पब्लिशिंग कंपनी, लंदन, 3-15

18. लीन्डसे,डी.जी. (1982), इंवायर्नल इफे. आव आर्गेनिक एंड इन आर्गेनिक कंटामिनेंट्स इन सीवेज स्लज, संपा. डेविस आर.डी. हुकर जी. और हरमिट पी.एल., डी. रीडेल पब्लिशिंग कंपनी, लंदन, 19-25

19. विलियम्स, जे.एच. (1982), इंवायर्नल इफे. आव आर्गेनिक एंड इन-आर्गेनिक कंटामिनेंट्स इन सीवेज स्लज, संपा. डेविस आर. डी. हुकर जी. और हरमिट पी.एल., डी रीडेल पब्लिशिंग कंपनी, लंदन, 82-90

20. शेरलाक, जे.सी. (1982), इंवायर्नल इफे. आव आर्गेनिक एंड इनआर्गेनिक कंटामिनेंट्स इन सीवेज स्लज, संपा. डेविस आर.डी. हुकर जी. और हरमिट पी.एल., डी रीडेल पब्लिशिंग कंपनी, लंदन, 113-120

21. वेबर, एम.डी. तथा मंक, टी.एल. (1982), इंवायर्नल इफे. आव आर्गेनिक एंड इनआर्गेनिक कंटामिनेंटस इन सीवेज स्लज,संपा. डेविस आर. डी. हुकर जी. और हरमिट पी.ल., डी रीडेल पब्लिशिंग कंपनी, लंदन, 130-136

22. डेविस, आर. डी., स्टार्क जे.एच. तथा कार्ल्टोनस्मिथ, सी.एच. (1982), इंवायर्नल इफे. आव आर्गेनिक एंड इनआर्गेनिक कंटामिनेंट्स इन सीवेज स्लज, संपादक-डेविस आर. डी. हुकर जी. और हरमिट पी.एल., डी रीडेल पब्लिशिंग कंपनी, लंदन, 137-146

23. क्लोके, ए. (1982), इंवायर्नल इफे. आव आर्गेनिक एंड इनआर्गेनिक कंटामिनेंटस इन सीवेज स्लज, संपादक - डेविस आर. डी. हुकर जी. और हरमिट पी. एल., डी रीडेल पब्लिशिंग कंपनी, लंदन, 171-175

24. कोपोला, एस. (1982), इंवायर्नल इफे. आव आर्गेनिक एंड इनआर्गेनिक कंटामिनेंट्स इन सीवेज स्लज, संपादक-डेविस आर.डी. हुकर जी. और हरमिट पी.एल., डी रीडेल पब्लिशिंग कंपनी, लंदन, 233-243

□□□

(ख) हिंदी-अंग्रेजी शब्द-सूची

अंतर्ग्रहण	intake
अंत:वर्ती फसलें	interculture crops
अधिशोषित	adsorbed
अध्रुवीय	non-polar
अनुकूलन	conditioning
अनुमत	permissible
अनुमत सीमा	permissible limit
अनुशंसित मात्रा	recommended dose
अन्योन्यक्रिया	interaction
अपचयन	reduction
अपशिष्ट पदार्थ	waste material
अमोनीकरण	ammonification
अम्लीय	acidic
अवक्षेपण	precipitation
अवसादन	sedimentation
अवाष्पशील	non-volatile
असहजीवी नाइट्रोजन स्थिरीकरण	non-symbiotic nitrogen fixation
ऑक्सीजन माँग	oxygen demand
- जैवरासायनिक	- biochemical
- रासायनिक	- chemical
- सैद्धांतिक	- theoretical
आचरण	behaviour
आनुपातिक	proportional
आपंक	sludge

आविषालुता	toxicity
इन्क्यूबेशन	incubation
उद्ग्रहण	uptake
उपचारित वाहित मल	treated sewage
उपभोग	consumption
उपयोग	utilisation
उपलब्ध	available
उपलब्धता	availability
उपापचय	metabolism
उर्वरण	fertilising
उर्वरता	fertility
ऊतक	tissue
ऊष्मीय अपघटन	thermal decomposition
औद्योगिक स्रोत	industrial source
औद्योगिक बहि:स्राव	industrial effluent
कर्दम	slurry
कर्षण क्रियाएँ	tillage operation
कलिलीप आवेश	colloidal charge
कवक	fungi
कोलॉइड	colloid
कीलेटी एजेन्ट	chelating agent
कृष्य भूमि	arable land
कैंसरकारी	carcinogenic
क्लोरीनीकृत	chlorinated
खनिजीकरण	mineralisation
खमीर	yeast

खरपतवारनाशी	weedicide
खाद्य शृंखला	food chain
खाद्यान्न	cereals
खुले पात्र	in situ
गंध	smell, odour
गुणधर्म	properties
ग्रंथिकीकरण	nodulation
घुलनशीलता	solubility
जल अपघटन	hydrolysis
जीवभार	biomass
जीवाणु	bacteria
जैव पदार्थ	organic matter
जैविक क्रियाएं	biological reactions
जैविक प्रक्रिया	biological process
ठोसीकरण	solidification
तनूकृत	diluted
तलछटीकरण	sedimentation
ताजा वाहित मल	fresh sewage
तृतीयक उपचार	tertiary treatment
तेलशोधक कारखानें	refineries
दिशानिर्देश	guidelines
दीर्घस्थायित्व	persistence
दुमटी मृदा	loamy soil
दुर्गंध	foul smell
द्वितीयक उपचार	secondary treatment
धनायन विनिमयक	cation exchanger

धनायन विनिमय क्षमता	cation exchange capacity
नाइट्रीकरण	nitrification
निपटान	disposal
निर्वात	vacuum
निवेश	input
निवेशित	inoculated
निष्कर्षण	extraction
निस्तार	escaping
परिसर	range
पर्यावरण	environment
पाचन	digestion
पाचित	digested
पारगम्यता	permeability
पारितंत्र	ecosytem
पिंडन	solidification
पीड़कनाशी	pesticide
पुनःउपयोग	reuse
पूतिभूत	septic
पूयन	putrefaction
पोषक तत्व	nutrient
प्रदूषक	pollutant
प्रदूषण	pollution
प्रबंधन	management
प्रभाविता	effectiveness
प्राचल	parameter
प्रोटीन अपघटन (प्रोटियोलिसिस)	proteolysis

फसल-चक्र	crop-rotation
बलुई मिट्टी	sandy soil
बहि:स्राव	effluent
बायोगैस	biogas
बीमारी	sickness
भस्मन	incineration
भारी धातु	heavy metal
मध्यम परास	medium range
मानकीकरण	standardisation
मृदा	soil
मृदा प्रदूाण	soil pollution
मृदा संस्तर	soil layer
रक्षण उपरोध	protective barrier
रक्षात्मक कवच	protective shell
रक्षात्मक क्षमता	protective capacity
रोगाणु	pathogen
लाल क्लोवर	red clover
वायु मिश्रण	aeration
वाहित मल	sewage
वाहित मल उपचार	sewage treatment
विनाइट्रीकरण	denitrification
विनिमयशील	exchangeable
विपरीत प्रभाव	antagonistic effect
विलेयता	solubility
विषाणु	virus
शहरी अपशिष्ट	city waste

शीरा	molasses
शुष्कन	drying
शुष्क पदार्थ	dry matter
श्वसन दर	respiration rate
संकट	hazard
संकुलन	complexation
संघटन	composition
संचयन	accumulation
संदर्भ	reference
संदूषित	contaminated
संश्लेषित	synthesized
सक्रिय मात्रा	active amount
सक्रियित	activated
समयांतराल	time gap
सहजीवी नाइट्रोजन स्थिरीकरण	symbiotic nitrogen fixation
सहनशील	tolerant
सार्थक	significant
सीमा	limit
सूक्ष्मजीव	microorganism
स्थानांतरण	transfer, mobilisation
स्थिरीकृत	fixed form
स्थूल घनत्व	bulk density

(ख) अंग्रेजी-हिंदी शब्द-सूची

accumulation	संचयन
acidic	अम्लीय
activated	सक्रियित
active amount	सक्रिय मात्रा
adsorbed	अधिशोषित
aeration	वायुमिश्रण
allowed	अनुमत
ammonifcation	अमोनीकरण
antagonistic effect	विपरीत प्रभाव
arable land	कृष्य भूमि
bacteria	जीवाणु
behaviour	आचरण
bioaccumulative	जैव संचयनशील
biogas	बायोगैस
biological process	जैविक प्रक्रिया
biological reactions	जैविक क्रियाएं
biomass	जीवभार
bulk density	स्थूल घनत्व
byproduct	उपोत्पाद
carcinogenic	कैंसरकारी
cation exchange capacity	धनायन विनिमय क्षमता
cation exchanger	धनायन विनिमयक

cereals	खाद्यान्न
chelating agent	कीलेटी एजेन्ट
chlorinated	क्लोरीनीकृत
city waste	शहरी अपशिष्ट
colloid	कोलॉइड
colloidal charge	कोलॉइडी आवेश
complexation	संकुलन
composition	संघटन
conditioning	अनुकूलन
contaminated	संदूषित
crop-rotation	फसल-चक्र
decomposition	अपघटन
denitrification	विनाइट्रीकरण
digested	पाचित
digestion	पाचन
diluted	तनूकृत
disposal	निपटान
drying	शुष्कन
dry matter	शुष्क पदार्थ
effectiveness	प्रभाविता
effluent	बहिःस्राव
environment	पर्यावरण
erosion	क्षरण
escaping	निस्तार
exchangeable	विनिमयशील
extraction	निष्कर्षण

fertilising	उर्वरण
fertility	उर्वरता
fixed form	स्थिरीकृत
food chain	खाद्य शृंखला
foul smell	दुर्गंध
fresh sewage	ताजा वाहित मल
fungi	कवक
guideline	दिशानिर्देश
hazard	संकट
heavy metals	भारी धातुएं
hydrolysis	जल अपघटन
incineration	भस्मन
incubation	इन्क्यूबेशन
industrial effluent	औद्योगिक बहिःस्राव
industrial source	औद्योगिक स्रोत
inoculated	निवेशित
input	निवेश
intake	अंतर्ग्रहण
interaction	अन्योन्यक्रिया
intercrops	बीच की फसलें
limit	सीमा
loamy soil	दुमटी मृदा
management	प्रबंधन
medium range	मध्यम परास
metabolism	उपापचय
microorganism	सूक्ष्मजीव

mineralisation	खनिजीकरण
mobilisation	स्थानांतरण
molasses	शीरा
nitrification	नाइट्रीकरण
nodulation	ग्रंथिकीकरण
non-polar	अध्रुवीय
non-symbiotic nitrogen fixation	असहजीवी नाइट्रोजन स्थिरीकरण
non-volatile	अवाष्पशील
nutrient	पोषक तत्व
open vessels	खुले पात्र
organic fraction	कार्बनिक अंश
organic matter	जैव पदार्थ
oxygen demand	आक्सीजन माँग
- biochemical	– जैव–रासायनिक
- chemical	– रासायनिक
- theoretical	– सैद्धांतिक
parameter	प्राचल
pathogen	रोगाणु
permeability	पारगम्यता
permissible	अनुमत
persistence	दीर्घ स्थायित्व
pesticide	पीड़कनाशी
pollutant	प्रदूषक
pollution	प्रदूषण
precipitation	अवक्षेपण

processing plant	संसाधन संयंत्र
properties	गुणधर्म
protective barriers	रक्षण-उपरोध
protective capacity	रक्षात्मक क्षमता
protective shell	रक्षात्मक कवच
proteolysis	प्रोटियोलिसि/प्रोटीन अपघटन
putrefaction	पूयन/सड़न
range	परिसर, परास
recommended dose	अनुशंसित मात्रा
reduction	अपचयन
reference	संदर्भ
refineries (oil)	तेलशोधक कारखाने
respiration rate	श्वसन दर
re-use	पुनः उपयोग
sandy soil	बलुई मृदा
secondary treatment	द्वितीयक उपचार
sedimentation	अवसादन
sewage	वाहित मल
sewage treatment plant	वाहित मल उपचार संयंत्र
sickness	बीमारी
significant	सार्थक
sludge	आपंक
slurry	कर्दम
smell/odour	गंध
soil	मृदा
soil layer	मृदा संस्तर

soil pollution	मृदा प्रदूषण
solidification	पिंडन
solubility	विलेयता
standardisation	मानकीकरण
symbiotic nitrogen fixation	सहजीवी नाइट्रोजन स्थिरीकरण
synthesized	संश्लेषित
tertiary treatment	तृतीयक उपचार
thermal decomposition	ऊष्मीय अपघटन
tillage operations	कर्षण क्रियाएं
time gap	समयांतराल
tissue	ऊतक
tolerant	सहनशील
toxicity	आविषालुता
treated sewage	उपचारित वाहित मल
uptake	उद्ग्रहण
utilisation	उपयोग

□□□

PED—762
1000—1998—DSK II

Price : Rs. 40.00

प्रबन्धक, भारत सरकार फोटोलिथो मुद्रणालय, फरीदाबाद द्वारा मुद्रित,
एवं प्रकाशन नियंत्रक, दिल्ली द्वारा प्रकाशित.
PRINTED BY THE MANAGER, GOVERNMENT OF INDIA PHOTOLITHO PRESS, FARIDABAD
AND PUBLISHED BY THE CONTROLLER OF PUBLICATIONS, DELHI.