"जल संसाधन के क्षेत्र में भावी चुनौतियाँ"
विषय पर राष्ट्रीय संगोष्ठी
16-17 दिसम्बर, 2003, रुड़की (उत्तरांचल)

जलीय पौधों द्वारा डिस्टिलरी निकासित अवजल का फाइटोरीमीडिएशन

विकास सिंहल
भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान रुड़की

अनिल कुमार
डा. भीमराव अम्बेडकर विश्वविद्यालय, आगरा

सारांश

डिस्टिलरी (शराब कारखाना) निकासित अवजल अत्यन्त जटिल, गहरे भूरे रंग का तथा नियंत्रित न हो सकने वाले व्यर्थ पदार्थों में से एक है। यह पर्यावरण के लिए अपने कार्बनिक व अकार्बनिक पदार्थों की उपस्थिति के कारण, बहुत ज्यादा विषैला है। परम्परागत तरीकों में, डिस्टिलरी निकासित अवजल भी प्राथमिक, द्वितीयक व तृतीयक स्तर के शोधन द्वारा शोधित किया जाता है; जिससे कि प्रदूषकों को स्रोत पर ही रोका जा सके, उनके उत्पत्ति स्रोत को बाध्य किया जा सके, जल व अन्य कच्चे पदार्थों तथा रासायनों का संरक्षण हो। आजकल औद्योगिक प्रदूषण के बुरे प्रभावों को दूर करने के लिए पर्यावरण सफाईकारकों के रूप में पौधों का प्रचलन बढ़ रहा है, जिसको फाइटोरीमीडिएशन (पादप-शोधन) कहा जाता है। अवजल शोधन के लिए, यह एक सस्ता, सुलभ, गुणदायक एवं पर्यावरण मित्र तरीका है, जो कि ठोसीय, द्रवीय तथा गैसीय माध्यम में पाये जाने वाले कार्बनिक तथा अकार्बनिक दोनों ही प्रकार के प्रदूषकों के लिए प्रयोग में लाया जा सकता है।

वर्तमान अध्ययन में दो जलीय पादपो (समुंद्रसोख एवं चैनल घास) की डिस्टिलरी निकासित अवजल शोधन क्षमता का तुलनात्मक अध्ययन किया गया है। शोधित अवजल का गेहूँ तथा धान के बीजों की अंकुरण क्षमता पर प्रभाव अवकलित करने के लिए भी प्रयोग किये गये है। जलीय पादपो के बहुतायत में होने वाले उत्पादन से उत्पन्न जीवपदार्थ की समस्या के निराकरण के लिए, इससे जैव-गैस का उत्पादन अवकलित किया गया है, जो कि डिस्टिलरी को आर्थिक रूप से व्यवहार्य भी होगा।

1. प्रस्तावना :

औद्योगिक विकास के साथ, शर्करा बाईप्राडक्ट उद्योग ने बहुत ज्यादा उन्नति की है। किण्वन उद्योग, आसवनी (डिस्टिलरी), सुराकर्मशाला (ब्रीवरी) व यव्यशाला (माल्टरी) सभी पर्यावरण के लिए संसार भर में खतरा पैदा कर रहे हैं। अकेले भारत में ही औसतन 180 डिस्टिलरी, ब्रीवरी तथा माल्टरी है, जिनमें से 35 उत्तर प्रदेश में स्थित है एवं इनके अवजल के बहुत ज्यादा अम्लीय होने

व ज्यादा जैवरासायनिक आक्सीजन मांग (BOD) तथा रासायनिक आक्सीजन मांग (COD) होने से ये बहुत ज्यादा प्रदूषण का कारण है। सीरा डिस्टिलरी अवजल, जो कि सामान्यतया शोधित करने के लिए दूसरे अवजलों से कठिन है, में बहुत ज्यादा जैव अवक्रमनिय घुलित ठोस पदार्थ (जिनमें से 50 प्रतिशत अपचायक शर्करा हो सकती है), उच्च भस्म अंश, उच्च ताप और निम्न पी.एच. (pH) होती है। अवजल धारा सामान्यतया पौटेशियम, कैल्शियम, क्लोराइड व सल्फेट आयन की उच्च सांद्रता तथा लगभग 35000 मिग्रा./लीटर जैवरासायनिक आक्सीजन मांग (BOD) रखती है। (देशंनदा व अन्य, 1993)।

इस प्रकार के प्रदूषित अवजल को शोधित करने के लिए औद्योगिक इकाईयां वर्तमान में, प्राथमिक, द्वितीयक व तृतीयक शोधन विधियां प्रयोग में ला रही है; जिससे कि प्रदूषकों को स्रोत पर ही रोका जा सके, उनके उत्पत्ति स्रोत को बाध्य किया जा सके, जल व अन्य कच्चे पदार्थों तथा रासायनों का संरक्षण हो। इस प्रकार के शोधन को प्राप्त करने के लिए भौतिक व रासायनिक विधियां प्रयोग में लायी जा रही हैं; जो यद्यपि दूसरी प्रकार की पर्यावरणीय समस्याओं को उत्पन्न कर रही है। आजकल कई प्रकार के औद्योगिक अवजल के लिए जैविक विधियां भी प्रयोग में लायी जा रही हैं, यद्यपि इनका प्रयोग प्रयोगशाला तक व लघुस्तर तक ज्यादा है। कुछ जैव शोधन विधियां औद्योगिक स्तर तक भी प्रयोग में लायी गयी हैं, परन्तु इनकी लागत ज्यादा है व ये विधियां आर्थिक रूप से व्यवहार्य नहीं है। आजकल औद्योगिक प्रदूषण (विशेषतया डिस्टिलरी के संदर्भ में) के बुरे प्रभावों को दूर करने के लिए पर्यावरण सफाईकारकों के रूप में पौधों का प्रचलन बढ़ रहा हैं। अवजल शोधन का यह एक सस्ता, सुलभ, गुणदायक व पर्यावरणीय मित्र उपाय है, जो कि ठोसीय, द्रवीय तथा गैसीय माध्यम में पाये जाने वाले कार्बनिक तथा अकार्बनिक दोनों ही प्रकार के प्रदूषकों के लिए प्रयोग में लाया जा सकता है (त्रिवेदी व नकाटे, 1999, 2000; मेहरा व अन्य, 2000)।

वर्तमान शोध में एक पूर्णतया डिस्टिलरी मित्रवत् प्रयोग सम्पादित किया गया है, जिसमें दो जलीय पौधों, जो कि समुंद्रसोख (Water hyacinth : scientific name *Eichhornia crassipes*) एवं चैनल घास (Channel grass : scientific name *Vallisneria spiralis*) है, को डिस्टिलरी निकासित अवजल शोधन के लिए प्रयोग में लाया गया है। शोधित अवजल का प्रयोग गेहूं तथा धान के बीजो की अंकुरण क्षमता निर्धारित करने में भी किया गया है। विभिन्न परिस्थितियों में होने वाले जलीय पादप उत्पादन से जैव गैस की उत्पत्ति को भी परिमापित किया गया है।

2. सामग्री एवं विधियां :

2.1 निकासित अवजल प्रतियचन :

डिस्टिलरी निकासित अवजल को केसर एन्टरप्राइसेस, बहेरी (उत्तर प्रदेश), जो कि पन्तनगर से 28 किलोमीटर दक्षिण पश्चिम की ओर स्थित है, से एकत्रित किया गया। अवजल को तीन

बेतरतीब स्थनों से संयोजित रूप में लिया, तथा नमूने लेने के बाद उन्हें प्रयोगशाला में लाकर रेफ्रीजरेटर में 4^0 सेल्शियस पर रख दिया गया जब तक कि उनका विश्लेषणात्मक अध्ययन न हो।

2.2 जलीय पादपो का प्रतिचयन :

समुंद्रसोख एक चमकीले हल्के-हरे रंग का, सर्कुलर पत्तियों वाला व 2-5 इंच चौड़ी एवं तने से संयोजित पत्तियों वाला पौधा है। यह पौन्टीडिरेसी कुल का तथा लिलीएल्स वर्ग का पौधा है (हचिन्सन, 1959)। चैनल घास में पत्तियां राइजोम से गुच्छों में निकलती है व रिबन के आकार की, 30 से.मी. तक लम्बी तथा जलसतह तक पहुंच सकने वाली है। यह पादप नाजाडेसी कुल का है (गुप्ता, 1973) समुंद्रसोख को केसर एन्टरप्राइसेस, बहेरी के निकटवर्ती स्थित प्राकृतिक तालाब से एकत्रित किया गया जबकि चैनल घास को जी.बी. पन्त यूनिवर्सिटी ऑफ एग्रीकल्चर एण्ड टेक्नोलॉजी, पन्तनगर के फीशरी तालाब से एकत्रित किया गया। इन दोनों जलीय पौधों को अच्छी तरह से साफ किया गया, जिससे कि कोई सतही संक्रमण ना हो तथा प्रयोगशाला में व्यवस्थित किया गया।

2.3 प्राकृत-रासायनिक विश्लेषण :

डिस्टिलरी निकासित अवजल के उपस्थित विभिन्न भौतिक व रासायनिक अवयवों का प्राकृत-रासायनिक विश्लेषण अमेरिकन पब्लिक हेल्थ एसोसिएशन द्वारा प्रकाशित (ए.पी.एच.ए., 1995) स्टैन्डर्ड मैथडस् द्वारा किया गया।

3. परिणाम एवं विवेचन :

जलीय पौधों द्वारा शोधित डिस्टिलरी निकासित अवजल के प्राकृत-रासायनिक लक्षणों में प्रतिशत कमी (45 दिन के शोधन द्वारा) के परिणाम तालिका 1 में संग्रहित है। तालिका 2 में 45 दिन शोधित डिस्टिलरी अवजल के उपयोग से गेहूं व धान के बीजों की अंकुरण प्रतिशतता, मूलांकुर व प्राकुंर लम्बाई में होने वाली प्रतिशत वृद्धि को दिखाया गया है। तालिका 3 में समुंद्रसोख व चैनल घास से होने वाले जैव-गैस उत्पादन को प्रदर्शित किया गया है।

3.1 निकासित अवजल शोधन :

पी.एच. पैरामीटर जलीय पौधों द्वारा वृद्धि प्रदर्शित करता है। समुंद्रसोख शोधित 20 प्रतिशत डिस्टिलरी अवजल 26.20 प्रतिशत तक प्रतिशत वृद्धि प्रदर्शित करता है। फाइटोरीमीडिएशन से डिस्टिलरी अवजल की अम्लीयता घटती है; तथा यह उदासीनता की ओर अग्रसर होता है। चैनल घास की तुलना में समुंद्रसोख के द्वारा फाइटोरीमीडिएशन परिमाणात्मक ज्यादा है। अधिकतम फाइटोरीमीडिएशन रंजक इकाई में (80.50 एवं 75.19 प्रतिशत, समुंद्रसोख व चैनल घास के लिए क्रमानुसार) तथा न्यूनतम सोडियम में (45.84 एवं 38.77 प्रतिशत, समुंद्रसोख व चैनल घास के लिए क्रमानुसार), 20 प्रतिशत सांद्रता पर होता है।

तालिका 1 : जलीय पौधों द्वारा शोधित डिस्टिलरी निकासित अवजल के प्राकृत-रासायनिक लक्षणों में प्रतिशत कमी (45 दिन का शोधन)

क्र. सं.	जलीय पौधे / अवजल पैरामीटर	समुंद्रसोख शोधित अवजल				चैनल घास शोधित अवजल			
		अ	ब	स	द	अ	ब	स	द
1.	पी.एच.*	-2.40	-2.44	-26.20	-24.08	-3.62	-4.05	-23.79	-23.42
2.	वैद्युत चालकता	15.04	12.14	71.68	64.78	15.33	12.29	71.36	64.68
3.	जैवरासायनिक ऑक्सीजन मांग	16.19	10.62	62.23	56.31	17.39	10.91	56.52	48.68
4.	रासायनिक ऑक्सीजन मांग	13.94	7.41	79.30	76.18	13.25	7.19	72.05	67.54
5.	कुल निलम्बित ठोसीय पदार्थ	12.36	11.20	71.64	67.62	11.05	9.60	64.79	56.57
6.	कुल घुलित ठोसीय पदार्थ	15.47	9.65	69.34	60.60	15.65	9.89	65.51	59.97
7.	कुल ठोसीय पदार्थ	14.10	10.33	70.35	63.67	13.41	9.76	65.20	58.50
8.	रंजक इकाई	14.47	8.73	80.50	77.18	14.46	8.46	75.19	69.61
9.	सोडियम	2.92	0.82	45.84	42.06	1.89	0.97	38.77	33.50
10.	पोटैशिसम	1.26	0.80	48.03	45.55	1.42	0.80	41.11	34.76

अ : 20 प्रतिशत डिस्टिलरी अवजल नान-फाइटोरीमीडिएटिड,

ब : 40 प्रतिशत डिस्टिलरी अवजल नान-फाइटोरीमीडिएटिड,

स : 20 प्रतिशत डिस्टिलरी अवजल फाइटोरीमीडिएटिड,

द : 40 प्रतिशत डिस्टिलरी अवजल फाइटोरीमीडिएटिड,

* ऋणात्मक चिह्न (-) प्रतिशत वृद्धि को प्रदर्शित करता है।

तालिका 2 : 45 दिन शोधित डिस्टिलरी निकासित अवजल का गेंहू व धान के बीजों की अंकुरण क्षमता पर प्रभाव (प्रतिशत वृद्धि)

जलीय पौधे / ट्रीटमेन्ट्स	समुंद्रसोख शोधित अवजल			चैनल घास शोधित अवजल		
	अंकुरण प्रतिशत	मूलांकुर लम्बाई	प्रांकुर लम्बाई	अंकुरण प्रतिशतता	मूलांकुर लम्बाई	प्रांकुर लम्बाई
अ	11.77	12.20	18.60	11.77	12.20	18.60
ब	5.89	7.32	9.30	5.89	7.32	9.30
स	35.30	56.10	60.47	29.42	48.78	54.55
द	29.42	46.34	53.49	23.54	41.46	52.27
अ	13.33	25.81	24.14	13.33	25.81	24.14
ब	6.67	16.13	13.79	6.67	16.13	13.79
स	46.67	90.32	106.90	40.0	66.67	90.0
द	40.0	77.42	103.45	33.33	63.64	86.67

नोट: अ, ब, स, व द तालिका 1 के समान हैं।

तालिका 3 : समुंद्रसोख व चैनल घास से जैव-गैस का उत्पादन (इन्क्यूबेशन समय 21 दिन)

ट्रीटमेंट्स	जैव-गैस उत्पादन (सेमी^{3}/किग्रा. शुष्क भार ± SE)*	
	समुंद्रसोख	चैनल घास
शुद्ध जल	15400 ± 70.7	22850 ± 141.4
20 प्रतिशत डिस्टिलरी निकासित अवजल	21700 ± 70.7	28050 ± 176.8
40 प्रतिशत निकासित अवजल	18650 ± 176.8	24250 ± 106.1

*SE : मानक त्रुटि

3.2 शोधित अवजल व बीज अंकुरण :

तालिका 2 में प्रदर्शित आंकड़े निरूपित करते हैं कि डिस्टिलरी निकासित अवजल गेहूं की तुलना में धान के बीजों की अंकुरण क्षमता पर ज्यादा धनात्मक प्रभाव डालता है। नान-फाइटोरीमीडिएटिड अवजल की तुलना में भी फाइटोरीमीडिएटिड अवजल द्वारा अंकुरण साफ स्पष्ट है। समुंद्रसोख शोधित अवजल, चैनल घास शोधित अवजल की तुलना में ज्यादा अंकुरण क्षमता रखता है।

3.3 जैव-गैस उत्पादन :

तालिका 3 के आंकड़ों से स्पष्ट है कि जैव-गैस का उत्पादन चैनल घास से ज्यादा है। चैनल-घास के वे पौधे जो कि 20 प्रतिशत डिस्टिलरी निकासित अवजल में उगाये जाते हैं, 40 प्रतिशत डिस्टिलरी निकासित अवजल में उगने वाले पौधों से बेहतर जैव-गैस (परिमाणात्मक) का उत्पादन करते हैं। इनसे उत्पन्न जैव-गैस शुद्ध जल में उगाये जाने वाले पौधों से उत्पन्न जैव-गैस से भी काफी ज्यादा है।

इस अध्ययन में प्रेक्षित कुल फाइटोरीमीडिएशन, फाइटोडीग्रेडेशन, फाइटोएक्सट्रेक्शन व फाइटोवोलेइटाइलाइजेशन के परिणाम स्वरूप जैवरासायनिक आक्सीजन मांग, रासायनिक आक्सीजन मांग, कुल निलम्बित ठोसीय पदार्थ, कुल घुलित ठोसीय पदार्थ व कुल ठोसीय पदार्थ को कम करता है; तथा फाइटोएक्सट्रेक्शन, राइजोफिल्ट्रेशन व फाइटोस्टेबीलाइजेशन के परिणामस्वरूप सोडियम व पोटैशियम पदार्थ को कम करता है। पी.एच., वैद्युत चालकता व रंजक इकाई में परिवर्तन इन सभी ऊपर वर्णित पैरामीटर्स में परिवर्तन के परिणाम स्वरूप होता है (साल्ट व अन्य, 1998)। नान-फाइटोरीमीडिएटिड अवजल में होने वाले शोधन को सूक्ष्मजीवाणुओं की वजह से माना जा सकता है। शोधित अवजल का गेहूं व धान के बीजों के अंकुरण के लिए उपयोग प्रदर्शित करता है कि डिस्टिलरी निकासित अवजल शोधन के बाद सिंचाई में प्रयोग में लाया जा सकता है। जैव-गैस उत्पादन से स्पष्ट है कि डिस्टिलरी, अवजल शोधन के साथ-साथ इस विधि को अपनाकर ऊर्जा उत्पादन में भी प्रयोग में ला सकती है।

4. उल्लेख :

इस शोध कार्य में जी.बी. पन्त यूनिवर्सिटी ऑफ एग्रीकल्चर एण्ड टेक्नोलॉजी, पन्तनगर द्वारा प्रदत्त शोध सुविधायें एवं यू.जी.सी. इण्डिया द्वारा प्रथम शोधकर्त्ता को जूनियर रिसर्च फैलोशिप एवार्ड उल्लेखित है।

5. संदर्भ

1. देशनंदा, सी.बी.; कौल, एस.एन. एवं नंदी, टी. 1993 पौल्यूशन कन्ट्रोल मेथड्स एपलीकेबल टू डिस्टिलरीस इन: नागराज, जे. (एड.). इन्डसट्रियल सेफ्टी एण्ड पौल्यूशन कन्ट्रोल हैंडबुक सिकन्दराबाद, भारत नेशनल सेफ्टी काउन्सिल व एसोशिएट्स (डाटा) पब्लिशर्स प्रा.लि. का संयुक्त प्रकाशन, 291-306

2. त्रिवेदी, आर.के. एवं नकाटे, एस.एस. 1999. एक्वेटिक वीड्स बेस्ड वेस्टवाटर ट्रीटमेन्ट प्लांट्स इन इंडिया. जरनल आफ इन्डसट्रियल पौल्यूशन कन्ट्रोल 15 (2) : 275-279

3. त्रिवेदी, आर.के. एवं नकाटे, एस.एस. 2000, ट्रीटमेन्ट आफ डाइल्यूटिड डिस्टिलरी वेस्ट बाइ यूसिंग कान्सट्रक्टिड वेटलैन्ड. इन्डसट्रियल जरनल आफ एन्वायरमेन्टल प्रोटैक्शन 20 (10):749-753

4. मेहरा, ए.; फैरागो, एम.ई. एवं बनर्जी, डी.के. 2000, ए स्टडी आफ आइकोरनिया क्रासिपीस ग्रोइंग इन द ओवरबैंक एंड फ्लडप्लेन सोयलस् आफ द रीवर यमुना इन देहली इंडिया, एन्वायरमेन्टल मानिटरिंग एंड असेसमेन्ट 60:25-45

5. हचिन्सन, जे. 1959. द फेमिलीस् आफ फ्लावरिंग प्लांट्स. वाल्यूम द्वितीय, मोनोकॉटिलीडन्स्. लंदन. ऑक्सफार्ड यूनिवर्सिटी प्रैस

6. गुप्ता, ओ.पी. 1973. एक्वेटिक वीड कन्ट्रोल फार एफीसिएन्ट वाटर यूस, टेक्नीकल बुलेटिन-2 उदयपुर, इंडिया, राजस्थान कॉलिज ऑफ एग्रीकल्चर, यूनिवर्सिटी आफ उदयपुर, 97

7. ए.पी.एच.ए. 1995. स्टैण्डर्ड मैथड्स फार एक्सामीनेशन आफ वाटर एण्ड वेस्टवाटर, 19 वा एडिशन, वाशिंगटन, डी.सी., यू.एस.ए., अमेरिकन पब्लिक हेल्थ एसोसियेशन, अमेरिकन वाटर वर्क्स एसोसिएशन, वाटर पौल्यूशन कन्ट्रोल फैडरेशन

8. साल्ट, डी.ई.; स्मिथ, आर.डी. एवं रस्किन, आई. 1998 फाइटोरीमीडिएशन, एनवल रीवयू आफ प्लान्ट् फिजियोलॉजी एण्ड प्लान्ट् मोलीक्यूलर बायोलॉजी. 49: 643-668