

ORGANİZE SANAYİ ATIKSULARININ ZEHİRLİLİĞİ

Mehmet Emin AYDIN, Gülnihal KARA

Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada Konya Birinci Organize Sanayi Bölgesinden alınan atıksu örneklerine 72 saat süren toksisite testleri uygulanmıştır. Atıksu örneklerinin zehirlilik seviyeleri balık biyodenyi yapılarak test organizmalarının 72 saatlik zaman periyodunda % 50' si için öldürücü olan atıksu konsantrasyonu (LC₅₀) ve zehirlilik seyrelme faktörü (ZSF) ile belirlenmiştir. Ayrıca *L. Sativum* (*Lepidium Sativum*) kullanılarak atıksu örneklerinin fitotoksik seviyeleri de belirlenmiştir. Akuatik testlerde test organizması olarak tatlı su balığı *L. Reticulates* (*Lepistes Reticulates*) kullanılmıştır. Sonuç olarak Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, endüstriyel atıksu deşarj standartlarına göre zehirlilik seyreltme faktörü uygun aralıkta tespit edilmiştir. Fitotoksisite testlerine göre test organizmalarının 72 saatlik zaman periyodunda %50'sinin etkilendiği konsantrasyon seviyesi (EC₅₀) belirlenememiş fakat çimlenme yüzde değerlerine göre her iki nokta da fitotoksik olarak belirlenmiştir. Ayrıca test organizması olarak *Lepistes Reticulates* (*L. Reticulates*) ve *Lepidium Sativum* (*L. Sativum*)'un kullanıldığı toksisite testleri uygulanabilirlik ve hassaslık yönünden değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Zehirlilik testleri, atıksu, fitotoksisite, balık zehirlilik testi.

Toxicity of Organized Industrial Zone Wastewater

ABSTRACT: In this work, wastewater samples were taken from the sewerage system of Konya I st. Organized Industrial Zone and 72 hours toxicity tests were carried out. Toxicity levels of wastewater samples were determined employing fish biyoanalysis in terms of LC₅₀ which is the concentration that kills 50 % of the test organisms in 72 hours and toxicity dilution factor (TDF). In addition phytotoxicity levels of waste waters were determined by employing terrestrial plant *Lepidium Sativum* (*L. Sativum*). As aquatic tests organism fresh water fish *Lepistes Reticulates* (*L. Reticulates*) was employed. As a result of this work toxicity dilution factors of waste waters were found within the acceptable range for discharging into sewerage system according to industrial wastewater discharge rules of Turkish Water Pollution Control Regulations. Result of phytotoxicity test was not determined as EC₅₀ (concentration that effected 50 % of the test organisms in 72 hours), but for all of the sampling points determined as phytotoxic according to germination percent values. Values of *Lepistes Reticulates* and *Lepidium Sativum* as test organisms were also evaluated in terms of ease of application and reliability of the results.

Key Words: Toxicity tests, wastewater, phytotoxicity, fish toxicity test.

GİRİŞ

Fiziksel ya da kimyasal yöntemler tek başına su organizmaları üzerine kirleticilerin etkilerini değerlendiremediği için su kirliliği değerlendirmelerinde, toksisite testleri gereklidir. Örneğin kompleks bileşiklerin toksik etkileri ve kimyasal maddelerin sinerjik etkileri

fiziksel ve kimyasal yöntemlerle belirlenememektedir (APHA, 1989; EPA, 1991).

Toksisite testleri, çevreye toksik deşarjların verilmesinin kontrol edilmesinde ve denetlenmesinde EPA tarafından önerilmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, ekosistem kirleticilerini denetlemek ve kontrol etmek için kimyasal analizler ve biyolojik

analizler zehirlilik testleri ile birlikte kullanılmalı tezini ortaya çıkarmıştır. (Gerhardt, 1998; Aruldoss ve Viraraghavan, 1998). Huber (1979), petrol rafineri atıksularının zehirliliğini belirlemek için yaptığı çalışmada biyoanaliz sonuçları ile NH₃, yağ-gres, BOİ (Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı) gibi klasik parametreler arasında bir korelasyon belirleyememiştir. II. Dünya Savaşı öncesi bazı araştırmacılar özellikle balıklarda metallerin toksik etkilerini incelemişlerdir. Savaş sonrası da özellikle İngiltere, Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada'da birçok toksisite laboratuvarları kurulmuştur.

Bazı Avrupa ülkeleri artan kimyasal madde atıklarından sonra toksisite çalışmalarına hızlı bir şekilde yönelmişlerdir. 1970'li yılların sonu ve 1980'li yılların başında toksisite çalışmaları artmış ve American Public Health Association (APHA), The American Society for Testing and Materials (ASTM), The U.S. Army Corps of Engineers of Materials the UK Ministry of Agriculture Fisheries And Food (MAFF), The Paris Commission (PAROCM), The Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) ve The Water Research Centre (WRC) gibi ulusal ve uluslararası kuruluşlar birçok standart metod geliştirmişlerdir (Bat ve Öztürk, 1998).

Toksisite testleri; su hayatı için çevre koşullarının uygunluğunu, atık toksisitesi üzerinde çevresel faktörlerin etkisini, test türü üzerine atığın toksisitesini, atıksu arıtım metodlarının etkisini, su kirliliği kontrolü çalışmalarında gerekli arıtım derecesini ve izin verilebilir atıksu deşarj oranlarını belirlemek için

kullanılmaktadır. Ülkemizde atıksu deşarjlarını kontrol etmede kullanılan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre ise sadece endüstri kuruluşları için müsaade edilebilir atık madde deşarj miktarını ve su kalite standartlarına uygunluğu belirlemek için toksisite testleri kullanılmaktadır (SKKY, 1991). Toksikite testleri; algler, planktonlar, kirpikli protozoalar, mercanlar, yumuşakçalar, halkalılar, Daphnia (su piresi), makro-kabuklular, su böcekleri, balıklar ve çeşitli sucül ve bahçe bitkileri gibi biyosensörlerle yapılmaktadır (APHA, 1989).

Çeşitli şartlar için biyoindikatör olarak kullanılan test organizmaları Tablo 1'de verilmiştir. Farklı su organizmalarının aynı toksik maddelere hassaslıkları farklıdır ve hatta organizmalar aynı toksik maddeye yaşam döngüsü boyunca eşit derecede dayanıklı değildir. Eğer organizmalar daha önce zehirleyicilere maruz kaldıysa toleransı değişebilmektedir. Vaal ve diğ. (2000) su organizmalarıyla yaptıkları toksisite çalışmalarında organizmaların farklı bileşiklere farklı tepki verdiğini ve organizmaların bazılarının belirli bileşiklere daha duyarlı olduğunu göstermişlerdir.

Ekotoksikolojik çalışmalarda kullanılan test organizmalarının çeşit sayısı hakkında kesin bir rakam olmamakla birlikte 10⁸'e yakın olduğu tahmin edilmektedir (Ehrlich ve Wilson, 1991). Atıksularda zehirlilik testleri, laboratuvarlarda ya da doğal ortamlarda biyoindikatör organizmalar üzerindeki etkinin ölçülmesi şeklinde standardize edilmiştir (EPA 1991).

Tablo 1. Standart toksisite testleri ve test organizmaları (Ford 1992).

Table 1. Standard toxicity tests and test organisms (Ford 1992).

Toksisite test tipi	Tatlı su organizmaları	Deniz organizmaları
Kronik	Alg (<i>Selenestrum Capricornutum</i>) <i>Ceriodaphnia Dubia</i> İribaş golyan (<i>Pimephales Promelas</i>)	Sheepshead minnow (<i>Cyprionodon Variegatus</i>) Atlantik gümüş balığı (<i>Menidia Berylina</i>) Mysids (<i>Mysidopsis Bahia</i>) <i>Champia Parvula</i>
Akut	<i>Lepomis Macrochirus</i> <i>Ceriodaphnia Dubia</i> Su piresi (<i>Daphnia Pulex</i>) İribaş golyan (<i>Pimephales Promelas</i>) Gökkuşuğu alabalığı (<i>Salmo Gairdneri</i>)	Gümüş balığı (<i>Menidia Menidia</i>) Grass shrimp (<i>Plaeomonetes Pugio</i>) Atlantik gümüş balığı (<i>Menidia Berylina</i>) Mysids (<i>Mysidopsis Bahia</i>) Sheepshead minnow (<i>Cyprionodon Variegatus</i>)

Bu konu ile ilgili ilk uygulama ülkemizde Şengül ve Müezzinoğlu (1987) tarafından yapılmıştır. Şengül ve Müezzinoğlu (1987) boya ve kağıt sanayi atıksularına balık testi uygulamışlar, fakat uyguladıkları seyrelme oranları için balık ölümü gözleyemedikleri için ZSF tespit edememişlerdir.

MATERYAL VE METOT

Atıksu Örnekleri ve Karakteristikleri

Atıksu örnekleri Konya 1.Organize Sanayi Bölgesi kanalizasyon sisteminin giriş ve çıkış bacasından 2'şer kez alınmıştır. Atıksu örneklerinin fiziksel ve kimyasal karakteristiği pH, bulanıklık, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ), toplam organik karbon (TOC), toplam inorganik karbon (TIC), toplam karbon (TC), nitrat azotu (NO₃-N), toplam azot (T-N) ve ortofosfat (PO₄-P) ve aynı zamanda kurşun (Pb), krom (Cr) gibi ağır metal analizleri yapılarak belirlenmiştir. pH ölçümleri pH metre ile bulanıklık analizleri standart metotlara (Standart Metot 2130) göre diğer analizler ise Dr. LANGE CADAS 200 model UV spektrofotometre ve hazır kitler kullanılarak yapılmıştır.

Balık Zehirlilik Testi

Balık zehirlilik testlerinde biyosensör olarak akvaryum balığı olan *L. Reticulates* kullanılmaktadır. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde test organizması olarak *L. Reticulates*'un kullanılması önerilmektedir. Bu çalışma da aynı yaş ve ağırlıkta 55 balık ve 240 mm x 220mm x 320 boyutlarında 2 test ve bir kontrol tankı kullanılmıştır.

Deneye başlamadan tanklar 200 mg/l NaOCI ile dezenfekte edilmiş, 2 N Na₂S₂O₃ ile kalıntı klor giderilmiş ve saf su ile durulanmıştır. Seyreltme suyu 176 ml CaCl₂ çözeltisi ile 20 ml NaHOC₃ çözeltisi karıştırılıp saf su ile 40 litreye tamamlanarak hazırlanmıştır. Derişik HCI ve 1 N NaOH kullanılarak seyreltme suyunun pH'ı 7'ye ayarlanmıştır. Seyreltme suyu pH sabitlenene kadar havalandırılmıştır. Tankların sıcaklığı 25 °C'ye bir ısı değiştirici yardımı ile ayarlanmış ve sabitlenmiştir. Test tanklarında

çözünmüş oksijen seviyesini 5 mg/l'de sabit tutmak için difüzör tipli havalandırıcı kullanılmıştır. Test süresince test tanklarında pH ve sıcaklık ölçümleri günlük yapılmıştır. pH sonuçları 6.9-7.1 aralığında değiştiği için pH ayarı yapılmamıştır.

Test tankları Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde verilen (Tablo 2) seyreltme faktörlerine göre seyreltme suyu ile doldurulmuştur. Her seyreltme oranı için her bir test tankına 5 balık yerleştirilmiş ve seyreltme faktörleri göz önüne alınarak test tanklarına atıksu ilave edilmiştir. Test süresince balıklar beslenmemiştir. Balık testi bir kontrol ve 5 seyreltmeden oluşmaktadır. Test süresi 72 saattir. Test başlatıldıktan sonra her iki saatte bir 15 dakika balıkların rengindeki değişimler, hareket kabiliyetleri ve ölümlerin olup olmadığı gözlenmiştir. 72 saat sonundaki LC₅₀ EPA'da önerilen hesaplama metodu olan probit metot kullanılarak belirlenmiştir (EPA, 1991). ZSF ise Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre belirlenmiştir. Sadece ZSF'nin belirlenmesi incelenen suyun zehirliliğini tam olarak belirleyememektedir. Zehirlilik seyrelme faktörünün en önemli eksikliği zehirlilik belirtirken organizmaların tepkisinin ölçülmemiş olmasıdır. Açık bir ifade ile 30 defa seyreltiği zaman balık ölümüne sebep olmayan bir atıksuyun gerçek etkisinin ne olduğunu ya da sadece 10 defa seyreltildiği zaman nasıl etki göstereceğini tahmin etmek mümkün değildir. Bu nedenle testlerde ZSF yerine LC₅₀ kullanılmaktadır.

L. Sativum ile Fitotoksisite Testi

5 ml seyreltilmiş atık su örneği, 9 cm çapında cam petri tabağının içine yerleştirilmiş bir kağıt filtre üzerine pipetle konulmuş ve filtre kağıdının altında hiç hava kabarcığı kalmayacak şekilde 20 *L. Sativum* tohumu eşit aralıklı olarak dağıtılmıştır. Seyreltme suyu Tablo 3'de verilen kimyasallar kullanılarak hazırlanmıştır. Petri tabakları 72 saat karanlıkta 20 °C'de inkübe edildikten sonra *L. Sativum*'un kök uzunlukları ölçülmüştür. 72 saat sonra her bir petri tabağındaki 20 fideden en iyi gelişim gösteren 15 fidenin kök uzunluğu ölçülmüştür. Ayrıca her bir petrideki çimlenme yüzdeleri de hesaplanmıştır.

Fitotoksisite deneylerinde *L. Sativum*'un her bir seyrelme oranında bulunan kök uzama değerleri ve sadece seyreltme suyu kullanılarak yapılan kontrol deneyleri ile bulunan kök uzama değerleri kıyaslanmıştır. Ancak bu farkın istatistiki olarak anlamlı seviyede olup olmadığını kontrol için her bir petrideki kök

uzunluklarının ortalama, standart sapma değerleri hesaplanmış kontrol ve seyreltme oranlarındaki kök uzama değerleri ise varyans analizleriyle incelenmiştir. Zehirlilik, kök uzunluğundaki büyümenin engellenmesi olarak ölçülmüştür.

Tablo 2. 10 L test çözeltisi için seyreltme faktörleri (numune+seyreltme suyu).

Table 2. Dilution factors (sample+dilution water) of 10 liter test solution.

Numune/Seyreltme suyu oranları	Zehirlilik seyreltme faktörü (ZSF)	Numune hacmi (L)	Seyreltme suyu hacmi (L)
1-1	2	5.00	5.00
1-2	3	3.33	6.67
1-3	4	2.5	7.50
1-4	5	2.00	8.00
1-5	6	1.66	8.34
Kontrol	-	-	10.00

Tablo 3. Stok seyreltme suyunun hazırlanmasında kullanılan kimyasallar (Devare ve Bahadır, 1994).

Table 3. Chemicals used for preparation of stock dilution water (Devare and Bahadır, 1994).

Kimyasal	Yardımcı çözeltinin 1 L'si için g olarak (g/L) kullanılan miktar	Kimyasal	Yardımcı Çözeltinin 1 L'si için g olarak (g/L) Kullanılan miktar
A) Nutrient yardımcı çözeltisi (1000ml çözeltiden 250 ml kullanılır)		C) İz element yardımcı çözeltisi (1000ml çözeltiden 0,5 ml kullanılır)	
1. Ca(NO ₃).4H ₂ O	0.63 g	1. EDTA-Na-II tuzu	40.4 g
2. NH ₄ NO ₃	0.32 g	2. ZnSO ₄ .7 H ₂ O	26.4 g
3. MgSO ₄ .7H ₂ O	0.8 g	3. Cu SO ₄ .5 H ₂ O	1.56 g
4. H ₃ BO ₃	0.04 g	4. CoSO ₄ .7 H ₂ O	0.76 g
5. Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0.004 g	5. MnSO ₄ .H ₂	6.16 g
B) Demir tuzlu yardımcı çözelti (1000ml nihai stok çözeltiden 2 ml kullanılır)		6. 1N KOH	8 mL
1. EDTA-Na II tuzu	10.46	D) Fosfat tamponlu yardımcı çözelti 1000ml çözeltiden 5 ml kullanılır)	
2. Fe Cl ₃ .6H ₂ O	6.46	1. KH ₂ PO ₄	59.24 g
3. 1 N KOH*	*	2. Na ₂ HPO ₄ .2H ₂ O	41.20 g

* Kimyasallar çözününceye kadar eklenmiştir.

Tablo 4. Atıksu örneklerinin analiz sonuçları.

Table 4. Analyses results of wastewater samples.

Parametre	Giriş	Çıkış	Parametre	Giriş	Çıkış
pH	7.66	6.96	TC (mg/L)	51.70	31.00
Bulanıklık (NTU)	85	134.30	NO ₃ -N (mg/L)	1.11	0.82
KOİ (mg/L)	177	168	T-N	68.10	100
BOİ (mg/L)	109	121.60	PO ₄ -P (mg/L)	9.19	11.10
TIC (mg/L)	9.44	7.91	Cr (mg/L)	0.18	0.32
TOC (mg/L)	42.30	23.10	Pb (mg/L)	0.13	0.21

Tablo 5. Test sonuçlarından belirlenen LC₅₀ yüzdeleri ve ZSF değerleri.*Table 5. LC₅₀ and TDF (toxicity dilution factors) from test results.*

Parametre	Test organizması sayısı	Test başlatıldıktan sonra süre						
		2 saat	4 saat	6 saat	8 saat	24 saat	48 saat	72 saat
I. OSB girişi için sonuçlar								
LC ₅₀	5	-	-	-	-	-	% 41	% 41
ZSF	5	-	-	-	-	-	-	3
LC ₅₀	5	-	-	-	-	% 38	% 38	% 37
ZSF	5	-	-	-	-	-	-	6

SONUÇLAR

Birinci Organize Giriş ve Çıkış Bölgesi (OSB) bacalarından alınan atıksu numunelerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 4'de verilmiştir. Konya Sanayi Odası istatistiklerine göre, Birinci OSB'nin büyük bir kısmını tarımsal makine ve parçaları üreten fabrikalar ve metal eşya, profil, kazan fabrikaları oluşturmaktadır. Tomer (1999) ham evsel atıksuyun genel kompozisyonunu verdiği ve sınıflandırdığı çalışmasına göre incelenen atıksuların evsel nitelikte olduğu ve orta kirli evsel atıksu sınıfına girdiği belirlenmiştir. Balık testinde biyolojik gözlemler yapılmış LC₅₀ ve ZSF değerleri hesaplanmış Tablo 5'de verilmiştir. Biyolojik gözlemlerde artan atıksu konsantrasyonu ile ölüm oranlarının arttığı, test organizmalarının ölümlerinden önce renklerinde koyuluk ve hareketsizlik olduğu gözlenmiştir. Her iki örnek noktası için ZSF değerleri Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre deşarj edilebilir aralıkta belirlenmiştir. *L. Sativum* kullanılarak yapılan fitotoksosite testleri her iki örnek noktası için iki set olarak yapılmıştır. *L. Sativum*'un kök uzunluk değerleri Tablo 6'da verilmiştir.

L. Sativum ile yapılan testler için seyrelme oranı ile kök büyüme hızı arasında bir ilişki olduğu Tablo 6'da görülmektedir. İki setin sonuçlarına incelendiğinde sonuçların benzer olduğu görülmektedir.

Kontrollerle seyreltilmemiş atıksuda çimlendirilen tohumların kök büyümelerindeki

azalma kıyaslanmasına rağmen, EC₅₀ tespit edilemediği için EC₅₀ değerleri kıyaslanamamıştır. Devare ve Bahadır 1994'de 4 farklı endüstriyel atık eluatının zehirliliğini belirlemek için *L. Sativum*, *L. Minor* (*Lemna Minor*) gibi test bitkilerini kullanmışlardır. Çalışmalarında kök büyüme hızında azalma tespit etmişler, fakat EC₅₀ değerini belirleyememişlerdir. Aydın ve diğ., (2002) Konya'da 2 Hastane atıksuyunun zehirliliğini belirlemek için *L. Sativum* test bitkisini kullanarak fitotoksosite testi uygulamışlar yine kök büyüme hızında azalma tespit etmişler, fakat EC₅₀ değerini belirleyememişlerdir. Organize girişinden alınan seyreltilmemiş atıksu örneğinin çimlenme yüzdesi % 68.75 iken çıkış suyunun çimlenme yüzdesi %50 olarak tespit edilmiştir. I. OSB'ndeki metal sanayi fabrikalarının % 18.75'lik çimlenme yüzdesindeki azalmaya neden olduğu düşünülmektedir.

WERL (Woods End Research laboratuvarı) tarafından standardize edilen çimlenme yüzdelerinin dikkate alındığı fitotoksosite prosedürüne göre her iki örnek de toksik atıksu sınıfına girmektedir. I. OSB giriş ve I. OSB çıkış suları kök uzunluklarındaki büyüme hızına göre kıyaslandığında giriş suyundaki kök uzunluklarının ortalamasının çıkış suyuna göre oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir.

Tablo 6. *L. Sativum*'un kök uzunluk değerleri.

Table 6. Root growth length results of *L. Sativum*'.

Seyreltme Faktörü	Örnek Sayısı	Ortalama Kök Uzunluğu (mm)	Standart Sapma	Min. Kök Uzun. (mm)	Max. Kök Uzun. (mm)
1 .set (I. OSB girişi)					
1/1	18	4.00	8.20	0	20
1/2	18	15.00	9.06	0	28
1/3	18	15.00	9.65	3	40
1/3	18	23.50	14.15	1	45
1/5	18	29.00	21.38	0	65
1/6	18	46.50	17.60	15	72
1/8	18	64.50	34.65	0	85
1/9	18	88.00	42.60	0	120
Seyrelmemiş*	18	11.00	10.86	0	30
Şahit*	18	83.50	24.93	33	145
2 .set (I. OSB girişi)					
1/1	18	5.06	3.47	0	10
1/2	18	9.53	4.60	4	18
1/3	18	10.33	5.01	3	18
1/4	18	12.87	4.29	6	20
1/5	18	12.87	9.43	0	35
1/6	18	12.20	8.00	0	27
1/8	18	22.67	4.17	0	15
1/9	18	24.73	6.35	20	40
Seyrelmemiş*	18	4.40	4.73	0	15
Şahit*	18	27.67	15.97	0	50
1.set (I. OSB çıkışı)					
1/1	15	5.60	1.29	4	9
1/2	15	8.93	6.64	0	20
1/3	15	9.60	4.82	0	16
1/4	15	11.13	7.18	2	25
1/5	15	12.87	9.43	0	35
1/6	15	14.60	3.41	0	20
1/7	15	6.53	9.38	10	40
1/8	15	16.40	8.24	1	30
1/9	15	22.67	4.17	15	30
Seyrelmemiş*	15	4.40	4.73	0	15
Şahit*	15	41.2	22.62	0	70
2 .set (I. OSB çıkışı)					
1/1	15	12.44	4.87	6	21
1/2	15	17.33	11.26	3	40
1/3	15	17.44	8.20	0	36
¼	15	18.00	11.99	6	60
1/5	15	18.44	9.69	5	35
1/6	15	20.11	13.95	0	45
1/8	15	45.39	31.81	0	84
1/9	15	72.00	42.6	0	120
Seyrelmemiş*	15	11.50	10.86	0	30
Şahit*	15	77.61	24.93	33	145

*Atıksuyun hiç seyreltilmeden testte kullanıldığını, şahit ise sadece seyreltme suyu ile deney prosedürünün uygulandığını göstermektedir.

Tablo 7. Fitotoksisite testlerine ait varyans analiz sonuçları.

Table 7. Variance analyses results of phytotoxicity tests.

Seyreltme faktörü	Ortalama	F	P**
1 .set (I. OSB girişi)			
1/1	4.00	127.03	0.00
1/2	15.00	98.15	0.00
1/3	15.00	88.48	0.00
1/4	23.50	69.35	0.00
1/5	29.00	43.58	0.00
1/6	46.50	23.00	0.00
1/8	64.50	10.65	0.00
1/9	88.00	0.24	0.63
Seyrelmemiş*	11.00	106.36	0.00
Şahit*	83.50	-	-
2 .set (I. OSB girişi)			
1/1	5.06	39.45	0.00
1/2	9.53	118.45	0.00
1/3	10.33	87.38	0.00
1/4	12.87	94.57	0.00
1/5	12.87	83.56	0.00
1/6	12.20	88.06	0.00
1/8	22.67	72.91	0.00
1/9	24.73	11.44	0.00
Seyrelmemiş*	4.40	1.25	0.00
Şahit*	27.67	-	-
1.set (I. OSB çıkışı)			
1/1	5.60	37.04	0.00
1/2	8.93	28.11	0.00
1/3	9.60	28.00	0.00
1/4	11.13	24.08	0.00
1/5	12.87	20.05	0.00
1/6	14.60	20.28	0.00
1/7	6.53	15.92	0.00
1/8	16.40	9.74	0.00
1/9	22.67	38.4	0.00
Seyrelmemiş*	4.4	38.4	0.004
Şahit*	41.2	-	-
2 .set (I. OSB çıkışı)			
1/1	12.44	28.70	0.00
1/2	17.33	17.90	0.00
1/3	17.44	16.10	0.00
1/4	18.00	12.00	0.00
1/5	18.44	9.56	0.00
1/6	20.11	11.25	0.004
1/8	45.39	1.38	0.002
1/9	72.00	0.44	0.25
Seyrelmemiş*	11.50	29.3	0.51
Şahit*	77.61	-	-

*Atıksuyun hiç seyreltilmeden testte kullanıldığını, şahit ise sadece seyreltme suyu ile deney prosedürünün uygulandığını göstermektedir.

**P<0.050 değerleri istatistiki olarak %95 seviyesinde, P<0.010 değerleri % 99 seviyesinde anlamlı farkı ifade etmektedir.

İstatistikî olarak fitotoksisite analizleri yorumlandığında (F Testi) seyreltilmemiş atık suda çimlendirilen tohumların kök uzunluklarının ortalamasının % 95 güven aralığında kontrolden çok farklı olduğu ve seyrelme oranı arttıkça farkın azaldığı Tablo 7'de görülmektedir.

Fitotoksisite testleri balık zehirlilik testlerine göre daha kolay yapılabilmektedir. Bu nedenle daha yaygın kullanılmaktadır.

TARTIŞMA

Balık zehirlilik ve fototoksisite test sonuçları kıyaslandığı zaman fitotoksisite sonuçlarına göre her iki örnek noktası da fitotoksik olarak belirlenmişken balık zehirlilik testine göre deşarj edilebilir aralıkta tespit edilmiştir. Zehirlilik testlerinde farklı türlerin aynı etkilere farklı tepki vermeleri beklenen bir durumdur. Balıkların zehirliliğe tepkileri bitkilerinkinden farklı olabilir. Kampke ve diğ., (1994) 3 endüstriyel inorganik atık eluatının zehirliliğini belirlemek için alg (*Selenastrum capricornutum*), su piresi (*Daphnia pulex*) ve

Vibrio fischeri kullandıkları çalışma da kullandıkları türlerin aynı eluata birbirlerinden çok farklı tepki verdiğini tespit etmişlerdir. Aydın ve Kara (2004) Konya atıksuyunun genel özelliğini temsil eden şehrin kanalizasyon sisteminin tamamının toplandığı (evsel+endüstriyel atıksular) Terfi Merkezinden ve çeşitli endüstri bölgelerinden alınan örneklerde balık ve fitotoksisite testi uygulaması ve bu çalışmaya benzer sonuçlar elde

etmişlerdir. Fitotoksisite sonuçlarına göre endüstriyel atıksuların zehirliliği daha fazlayken, balık testine göre Terfi Merkezi atıksularının zehirliliği daha fazla tespit edilmiştir. Fakat yine de bu çalışma, atıksuların zehirliliği hakkında tutarlı ve güvenilir bilgi elde etme de balık biyodeneği ve fitotoksisite testlerinin kullanılabilceğini göstermiştir. *L. Sativum*'un kullanıldığı testte I. OSB giriş atıksuyunda elde edilen çimlenme yüzdelerinin çıkışa göre fazla olmasının nedeni bitki gelişimini arttıran organik karbon içeriğinin yüksek oluşuyla açıklanabilir. Giriş atıksuyunda krom ve kurşun konsantrasyonu çıkış atıksuyunun yaklaşık yarısı kadardır. İncelenen ağır metallerin ve I. OSB'deki metal sanayi fabrikalarının atıksularının da bitki gelişimini engellediği düşünülebilir. Tablo 4. incelendiğinde KOİ değerinin I.OSB girişinde çıkıştan yüksek olduğu görülmektedir. Balık testinde I. OSB giriş suyunun daha toksik çıkması ise giriş suyunun tamamen evsel nitelikte olmadığı ve örnek alınan bacaya endüstrilerin atıksuyunun karıştığı ve bu endüstrilerin atıksuyunun balıklar için toksik olduğu düşüncesini desteklemektedir. Çıkış suyunun az toksik olması ise balıklar için toksisiteye neden olan kirleticilerin çıkışa kadar seyreltiği ve çeşitli kimyasal veya biyokimyasal reaksiyonlara uğrayarak parçalandığı görüşünü ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışmada balık testinin fitotoksisite testine göre tekrarlanabilirliğinin az, maliyetinin fazla olduğu belirlenmiş ve atıksuların çevreye olan etkilerini değerlendirme de bitkilerin kullanıldığı fitotoksisite testlerinin her ne kadar sınırlı olarak kullanılsa da zehirli etkinin erken fark edilmesinde kullanılabilceğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

- APHA, 1989. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 800. Bioassay methods for aquatic organisms. 14 Th. ed., Amer. Wat. Works Ass., Wat. Pollut., Fed., Washington DC.
- Aruldoss, J.A., Viraraghavan, T., 1998. Toxicity testing of refinery wastewater using Microtox, B. Environ. Contam. Tox., **60**, 456-463.
- Bat., L., Öztürk, M., 1998. Akuatik toksikoloji, S.D.Ü Eğırdır Su Ürünleri Fak. Dergisi, **21**, 148-165.
- Aydın, M.E., Kara, G., 2004. An investigation on the toxicity of sewage, Fresen. Environ., Bull., **13**, 1444-1448.

- Aydın, M.E., Kara, G., Sarı, S., 2002. Hastane atıksularında fitotoksisite, GAP IV. Mühendislik Kongresi", 1410 - 1417, Şanlıurfa.
- Devare, M., and Bahadır, M., 1994. Biological monitoring of landfill leachates using plants and luminescent bacteria, *Chemosphere*, **28**, 261-271.
- Ehrlich, P.R., and E.O., Wilson, 1991. Biodiversity studies, *Science and Policy*, **253**, 758-762.
- EPA, 1991. U.S Environmental Protection Agency, U.S. Army Corps of Engineers, Short Term Methods for Estimating The Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Fresh Organisms, Washington.
- Ford, D.L., 1992. Toxicity reduction evaluation and control, Tech. Publ., England, **3**, 25-28.
- Gerhardt, A., 1998. Whole toxicity testing with *Oncorhynchus Mykiss* (Walbaum 1792): Survival and behavioral responses to a dilution series of a mining effluent in South Africa, *Arch. Environ. Con. Tox.*, **35**, 309-316.
- Huber, L., Baumung, H., Metzner, G., and Popp, W., 1979. Ecological Effects of Refinery Effluents in Fresh Water with Particular Reference to Substances on list 1 of The EEC Guidelines For Water Protection. In: The Environmental Impact of Refinery Effluents, CONCAWE Report no 5/79.
- Kampke, K., Freitag, D., Kettrup, A., Bahadır, M., 1994. Ecotoxicological assessment of inorganic waste disposal in salt mines part I: Tests with aquatic organisms, *Fresen. Environ., Bull.*, **3**, 119-126.
- Şengül, F., Müezzinoğlu, A., 1987. Atıksularda Balık Biyodenyinin Uygulanması ve ZSF Hesabı ile İlgili Bir Örnek Çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova, İzmir.
- SKKY (Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği), 7 Ocak 1991 tarihli 20748 sayılı resmi gazetede yayınlanmış.
- Tomer, M., 1999. Quality of Water and Wastewater, Lewis Publishers, United States, 260.
- Vaal, M.A., Leeuwen, C., J.V., Hoekstra, J.A., 2000. Variation in sensitivity of aquatic species to toxicants practical consequences for effect assessment of chemical substances, *Environ. Manage.*, **25**, 415-423.
- WERL, 2000. Phytotoxicity and Seedling Growth Response, *Journal of the Woods End Research Laboratory*, **1**, 4.