



## MISIRDA MİNERAL BESLENME VE BAZI TOPRAK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE KENTSEL ATIK SULARIN ETKİSİ\*

A.L. TUNA\*\* & B. BÜRÜN \*\*

### Özet

*Atık suların kireç ile stabilizasyonu sonucu geri kazanılması ve bu suların tarımsal alanlarda sulama suyu ve gübre olarak kullanılması mümkün olmaktadır. Bu çalışmada, Muğla ilinde ağır metal kapsamayan evsel atık sular kireçle stabilize edildikten sonra mısır bitkisi yetiştirilmesinde kullanılmış, toprak ve bitkinin mineral beslenmesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; toprağın pH ve diğer bazı özelliklerinde (% toplam tuz, % organik madde, % kireç) olumsuz bir değişiklik olmamış,  $P_2O_5$  ve  $K_2O$  kapsamaları artmıştır. Mısır bitkisine artan dozlarda uygulanan evsel atık sular, bitkinin yapraklarında makro ve mikro besin maddesi içeriğini yükseltmiştir. N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn ve Zn elementlerindeki artış % 1 düzeyinde önemli, Na ve Fe elementlerindeki artış ise % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Evsel atık suların kontrollü bir şekilde tarımsal alanlarda kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.*

**Anahtar Kelimeler :** Kentsel Atık Su, Mısır, Mineral Beslenme, Toprak

### 1. Giriş

Kentleşmeye paralel olarak hızla artan kentsel atık suların yeniden kullanılma yolları uzun bir süreden beri araştırma konusu olmuştur. Ancak, önce içerdiği kirletici unsurların uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu nedenle kentsel atık suların, yeniden değerlendirilerek tarımsal amaçlarla kullanılabilmesi bazı ülkelerde yasalarca düzenlenmiştir. Atık suların kullanılmasının, bitki koruma, hidroloji, gübreleme ve çevre sağlığı konuları ile birlikte dikkate alınması gerekli bir koşuldur.

Fosseptik atıklar; bir septik havuzdan, lağım çukurundan veya seyrah tuvaletlerden periyodik olarak çıkartılan sıvı ve katı maddelerdir. % 96-99 oranında su, kabul edilebilir sınırlarda ağır metaller ile azot, fosfor, potasyum ve kalsiyum gibi besin elementleri içermektedir. İçerdiği organik madde nedeniyle önemli bir toprak düzenleyicisidir. Ayrıca içerdiği makro ve mikro besin elementleri nedeniyle de ürün verimliliğini arttırıcı etkilere sahiptir. Fosseptik atıklarla sulanan tarım arazilerinde, bu atıkların içerdiği besinler, gübreleme programlarında önemli ölçüde dikkate alınmaktadır [1].

Söz konusu atık suların kimyasal bir madde ile arıtılması etkili bir stabilizasyon yöntemidir. Bu amaçla en fazla, elde edilmesi ve uygulanabilmesi kolay olan kireç kullanılmaktadır. Önemli bir stabilizasyon maddesi olarak kullanılagelen kireç, bütün dünyada 1990'ların başından beri kentsel atık su arıtma tesislerinde kullanım alanı bulmuştur. Standart kireç stabilizasyonunda pH 12 oluncaya kadar atık suya  $\text{Ca(OH)}_2$  veya  $\text{CaO}$  ilave edilmektedir. Burada amaç, 1000 litre fosseptik atık başına 2.5-3 kg kireç ilave ederek pH'yı 30-60 dakika süre ile 12'de tutmaktır [2]. Böylece, patojenler ve diğer mikroorganizmalar yok edilmekte, biyolojik aktivasyon azalmakta, organik maddelerin bozunması yavaşlamakta ve koku sorunu giderilmiş olmaktadır [3].

Genellikle % 5-7 kuru madde ve %90-95 oranında su içeren atık sular uygulandıkları arazilerde, toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine olumlu etki yapmaktadır. Uygulandıkları topraklarda porların miktarını arttırarak havalanma ve su tutma kapasitesini düzenlemekte ve böylece bitki kök sistemi de olumlu etkilenmektedir. Bu sayede hem kirlenmiş olan su hem de su içerisindeki besin maddeleri geri dönüşüm yoluyla toprağın ve bitkilerin istifadesine sunulmaktadır. Fosseptik atıklar en çok tarımsal arazilere, ormanlara ve rekreasyon alanlarına verilerek yoluyla bertaraf edilmektedir [4].

Suyun kısıtlı olduğu ve su kaynaklarının pahalı olduğu alanlarda atıksu kullanımına gidilebilir. Atıksuyun tarımda kullanımının, yüzey su kaynaklarındaki kirlenmeyi azaltmasının yanı sıra toprağa uygulanan gübre miktarlarını da azaltması gibi olumlu yanlarının da bulunduğu unutulmamalıdır. Fakat atık suyun içerdiği patojen mikroorganizmaların, tarımsal kullanımı sınırlandıran en önemli faktör olduğu da gözden uzak tutulmamalıdır [5].

Atık sular, eğer orta arıtma ve yeterli klorlama gibi işlemlerden geçirilirse tahıl ve sebze üretimi amacı ile sulamada güvenle kullanılabilir. Islah edilmiş ve arıtılmış atık sularda patojen mikroorganizmalar zarar yapıcı düzeyde bulunmamaktadır. Orta derecede arıtılmış evsel atık suların özellikle sulamada tercih edilmesinin başlıca sebepleri; çevre kirlenmesi zararlarının azaltılması, tarımsal ekonomik karın arttırılması ve yer altı suyunun beslenmesi açısından getirdiği faydalar olarak sıralanabilir [6].

Geri kazanılmış, toksik ağır metal içermeyen atık suların toprak verimliliğini arttırdıkları yönünde araştırmalar mevcuttur. Bir araştırmada toksik ağır metal içermeyen atık suların toprak verimliliğini düzenleyerek, mısır ve yonca bitkilerinde verimi arttırdığı rapor edilmiştir. Yine aynı araştırmada, atık sulardaki

patojen organizmalar ve ağır metallerin giderilmesi amacı ile  $FeCl_2$  ve  $Ca(OH)_2$  önerilmiştir [7].

İngiltere’de fosseptiklerin depolanmalarında son 10 yılda denize deşarj yöntemi kullanılmış olmasına rağmen, çizelge 1’den de görüldüğü gibi bugün ve gelecekte bu atıkların tarımsal amaçla kullanılması gündemdedir [8].

Çizelge 1. İngiltere’de Kentsel Atıkların Bertaraf Edilme Yöntemleri (%)

METOT	1980	1995	2005 (tahmini)
Denize Deşarj	28	30	0
Araziye Gömme	27	10	6
Yakma	4	10	28
Tarımsal Uygulamalar	41	50	66

Kentsel atık suların sulama amaçlı kullanımlarında karşılaşılabilecek en önemli problemler; atık suların içerebileceği ağır metaller, patojen mikroorganizmalar ve deterjan artıklarıdır. Fakat etkin bir arıtma ile tüm bu olumsuz faktörlerin üstesinden gelmek mümkündür. Özellikle sadece konutlardan kaynaklanan atık sularda ağır metallere rastlanmamakta, ancak burada sınırlayıcı faktör olarak patojen mikroorganizmalar ile deterjanlar karşımıza çıkmaktadır. Etkin bir arıtma ve stabilizasyon ile patojen mikroorganizmaların inaktif hale getirilebileceği kanıtlanmıştır [6]. Günümüzde kullanılan deterjan aktif maddeleri ise toprakta hızla biyolojik bozunmaya uğrayıp ayrıştığından ve etkinliklerini kaybettiklerinden çevre kirlenmesindeki olumsuz etkileri oldukça azdır [9].

Bu çalışmanın amacı, günümüzde artan kentleşmeye bağlı olarak deşarjı da artan, besin maddesi açısından zengin ve ağır metal içermeyen kentsel atık suların bitkisel üretimde yeniden değerlendirilmesine yöneliktir. Böylelikle, hem çevre sağlığı korunmuş olacak, hem de kıt bir kaynak olan su geri kazanılarak ekonomik açıdan kazanç sağlanmış olacaktır. Bu denemede kullanılan stabilize edilmiş evsel atık suların öncelikle toprakta olumlu veya olumsuz bir etki yapıp yapmadığı üzerinde durulmuştur. Toprağın bir kıt kaynak olduğu düşünülecek olunursa; bu, öncelikle araştırılması gereken bir konudur. Ağır metal içermeyen ve belirgin bir besin potansiyeline sahip evsel atık sular kullanılarak, ekonomik olarak hem sudan hem de gübreden tasarruf sağlanması amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Muğla il merkezinde bulunan konutların fosseptik çukurlarında biriken sıvı atıklar, vidanjörlerce çekilip stabilizasyon ünitesinde  $Ca(OH)_2$  ile ilah edilmiştir.

Evsel atıklar stabilizasyon tesisinde 1000 litre fosseptik atığa 4 kg kireç yani  $Ca(OH)_2$  ilavesi ile pH 12’de 30 dakika süreyle tutulduktan sonra çöktürme

havuzuna boşaltılmıştır. Katı maddeler havuz dibine çökdükten sonra, üstteki sıvı atık vidanjörlerce alınıp uygulama sahasına getirilmiştir. Çalışmada kullanılan evsel sıvı atığın, toksik ağır metalleri içermediği, Fe, Mn, Zn ve Cu elementlerini iz düzeyde içerdiği, N, P, K ve Ca yönünden zengin olduğu tespit edilmiştir. EC değeri  $1700 \mu\text{S cm}^{-1}$ , pH ise 11.2 bulunmuştur. Stabilizasyon ünitesinden ayda bir kez periyodik olarak alınan örneklerin analiz sonuçları ortalaması çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Stabilize Edilmiş Evsel Atık Suyu Ait Analiz Sonuçları

$\text{Na}^+$	4,98	<b>SAR</b>	3,28	<b>Toplam Na *</b>	91,0
$\text{K}^+$	0,74	<b>Sulama Suyu Sınıfı</b>	C3S1	<b>Toplam Fe *</b>	0,22
$\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$	4,60	$\text{NH}_4^+ \text{N}^*$	35,7	<b>Toplam Cu *</b>	0,72
<b>Toplam Katyon</b> ( $\text{me l}^{-1}$ )	10,32	$\text{NO}_3^{--} \text{N}^*$	2,45	<b>Toplam Zn *</b>	0,8
$\text{Cl}^-$	2,80	$\text{NO}_2^- \text{N}^*$	19,95	<b>Toplam Mn *</b>	0,9
$\text{SO}_4^{--}$	0,62	<b>Toplam P *</b>	1,22	<b>Toplam B *</b>	0,42
$\text{CO}_3^{--}$	2,80	<b>Toplam K *</b>	27,0	<b>KOI (<math>\text{mg l}^{-1}</math>)</b>	93
$\text{HCO}_3^-$	4,20	<b>Toplam Ca *</b>	300	<b>BOI (<math>\text{mg l}^{-1}</math>)</b>	13
<b>Toplam Anyon</b> ( $\text{me l}^{-1}$ )	10,42	<b>Toplam Mg*</b>	10,2	<b>AKM (<math>\text{mg l}^{-1}</math>)</b>	12

(\* $\text{mg kg}^{-1}$  olarak )

Araştırma, tarla denemesi olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak düzenlenmiş ve mısır çeşidi olarak yöreye uygun (*Zea mays* L. cv. Dalaman) çeşidi kullanılmıştır. Parsel büyüklükleri  $14 \text{ m}^2$  olup, sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 20 cm olarak ekim yapılmıştır. Deneme öncesi tarlaya çiftçi şartlarında normal gübreleme uygulanmış ( $25 \text{ kg da}^{-1}$  15:15:15) ve stabilize edilmiş evsel atıklar 10, 20, 30 ve 40 ton  $\text{da}^{-1}$  dozlarında hesaplanarak vejetasyon süresi boyunca 4 kez verilmiştir. İlk atık su uygulaması ekim ile birlikte yapılmış, kontrol grubuna normal sulama suyu verilmiştir.

Stabilize edilmiş kentsel atık suyun toprak pH'sı ve diğer bazı önemli toprak özellikleri üzerine etkisinin takibi amacı ile denemede her uygulama öncesi olmak üzere toprak örnekleri alınmış ve analiz edilmiştir. Ayrıca mısır bitkisinin yapraklarında mineral beslenme düzeyinin saptanması amacı ile koçan olgunlaşma devresinde ilk koçanın hemen altındaki yaprakların alınması şeklinde parselden örnekleme yapılmış ve yapraklarda elementel besin maddeleri saptanmıştır [10]. Elde edilen veriler TARİST paket programında istatistikî olarak değerlendirilmiştir [11].

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Toprak Özellikleri

Tarla toprağının önemli fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla deneme öncesi toprak örneği alınmış ve analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre; tarla toprağının tuzluluk problemi bulunmadığı, pH'sının çok hafif asit olduğu, organik madde kapsamının düşük olduğu, kireç içeriğinin orta düzeyde bulunduğu, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> düzeyinin normal sınırlarda, K<sub>2</sub>O düzeyinin ise orta düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Deneme süresince, her atık su uygulamasından önce olmak üzere toplam dört kez (dönem olarak belirtilmiştir) toprak örneği alınmış ve analiz sonuçları çizelge 3'de verilmiştir. Toprak pH'sı, atık su uygulanan parsellerde, her bir uygulama dönemi öncesi alınan kontrol örneklerine göre daha yüksek bulunmuştur. Kontrol parsellerinin ortalama pH'sı 6.33 iken, en yüksek dozda atık uygulanan parsellerin ortalaması 7.66 olarak bulunmuştur. Atık su uygulanan parseller içerisinde en yüksek pH 7.96'dır. Atık suyun toprak pH'sını orta derecede yükselttiği anlaşılmıştır. Uygulamalar tamamlandıktan sonra iklim ve toprak özelliklerine bağlı olarak zaman içerisinde toprak pH'sında düşüşler görülebileceğinden bu sınırlarda bir pH artışı toprak ve bitki açısından önemli bir sorun teşkil etmemektedir. Zira mısır bitkisi aşırı asit ve aşırı alkali olmayan toprak şartlarında (pH:5.5-8.0) rahatlıkla yetiştirilebilmektedir [12]. Denemede uygulanan atığın pH'sının oldukça yüksek olmasına rağmen toprak pH'sında çok önemli artışlar görülmemesinin sebebi, toprağın tamponlama kapasitesine ve vejetasyon dönemindeki yağışların etkisine bağlanabilir. Bilindiği gibi toprakların önemli komponentlerinden olan kil mineralleri, toprağın koloidal yapısını oluşturmada ve tamponlama kapasitesine önemli derecede etki etmektedir [13].

Deneme toprağının % kireç ve % organik madde içeriklerinde artan atık dozlarına bağlı olarak önemli bir değişim görülmemiş, % toplam tuz kapsamı ise artan atık dozu uygulaması ile kontrole göre hafif derecede artmıştır. Toprağın P ve K içeriklerinin ise önemli derecede arttığı tespit edilmiştir. Dönemler itibariyle bakıldığında, özellikle 3. ve 4. dönemlerde, 30 ve 40 ton da<sup>-1</sup> atık dozlarında toprağın P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve K<sub>2</sub>O kapsamlarında önemli artışlar meydana gelmiştir. Atık su uygulamalarıyla toprağın besin içeriği arasındaki ilişkiler yönünden incelendiğinde birinci dönem ile diğer dönemler arasında fark göze çarpmaktadır. Toprağın P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kapsamında ilk döneme göre dördüncü dönemde 30 ve 40 ton da<sup>-1</sup> dozlarındaki artışlar sırasıyla yaklaşık % 60 ve % 30 oranlarında gerçekleşmiştir. Benzer durum K<sub>2</sub>O için de bulunmuş olup, artışlar sırasıyla % 25 ve % 30 oranlarındadır (çizelge 3). Bu durum evsel atık suların toprağın ve bitkinin su ihtiyacını karşılaması yanında aynı zamanda gübre vazifesi de görebileceğini ortaya koymaktadır. Tarım topraklarında evsel atık suların sulama ve gübreleme amaçlı olarak kullanımı gün geçtikçe hızlı bir artış kaydetmektedir. Evsel atık suların bitki besin elementlerinde zengin olması onlara bir kullanım avantajı sağlamaktadır. Tarım toprakları üzerine atık suların etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada deneme bitkisi olarak arpa kullanılmış elde edilen sonuçlara göre, toprakların yarayışlı fosfor ve değişebilir

potasyum içerikleri artmış, arpa tohumlarının çimlenmeleri olumlu etkilenmiştir [14].

**Çizelge 3.** Kentsel Atık Su İle Sulanan Toprakların Önemli Verimlilik Parametreleri

Dönem	Uyg. Dozları ton da <sup>-1</sup>	Toplam Tuz %	pH	Organik Madde %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg da <sup>-1</sup>	K <sub>2</sub> O kg da <sup>-1</sup>	Kireç %
1. Dönem	Kontrol	0.030	6.27	1.48	11.33	56.91	5.71
	10	0.035	6.94	1.48	13.16	52.30	2.85
	20	0.040	7.06	1.31	9.96	67.75	4.28
	30	0.038	7.49	1.48	9.96	79.95	4.64
	40	0.038	7.36	1.48	11.22	100.27	5.71
2. Dönem	Kontrol	0.028	6.34	0.97	5.03	48.78	8.57
	10	0.045	7.34	1.25	11.79	81.30	5.71
	20	0.050	7.77	1.02	10.30	105.69	4.28
	30	0.035	7.96	1.08	7.21	97.56	4.28
	40	0.042	7.80	0.51	11.90	105.69	4.28
3. Dönem	Kontrol	0.030	6.30	0.91	8.81	56.91	2.85
	10	0.056	7.58	0.97	14.42	86.72	5.71
	20	0.066	7.52	1.08	22.44	105.69	4.28
	30	0.072	7.60	0.85	14.42	119.78	2.85
	40	0.066	7.60	1.02	16.79	273.71	3.42
4. Dönem	Kontrol	0.032	6.39	1.38	6.98	70.46	4.28
	10	0.046	7.76	1.25	14.88	86.72	4.28
	20	0.053	7.08	0.97	9.16	86.72	3.42
	30	0.060	7.09	1.40	16.71	102.98	2.85
	40	0.052	7.74	1.14	14.42	132.79	2.85

### 3.2. Mısır Bitkisinin Mineral Kapsamı

Önemli oranlarda ağır metalleri içermeyen atık sular, uygulandıkları toprakların verimliliklerini başta azot olmak üzere içerdikleri fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum ile mikro besin elementleri sayesinde arttırmaktadırlar. Stabilizasyon maddesi olarak kireç kullanıldığında, atık suların içerisinde bulunan P başta olmak üzere bazı yararlı mikro elementlerin fiksasyona uğrama ihtimali vardır. Ancak atık sular toprağa uygulandıktan sonra toprağın nem durumuna bağlı olarak bu elementler tekrar yararlı hale geçmekte ve bitki tarafından kullanılabilir [15]. Bu çalışmada da artan dozlarda atık su uygulamalarına bağlı olarak mısır bitkisinin yapraklarında tespit edilen besin elementi içerikleri böyle bir sonucu ortaya koymaktadır. Artan atık su dozları mısır bitkisinin beslenmesini olumlu etkilemiş ve yapraklarda bulunan makro ve mikro besin

elementlerinin düzeylerinde istatistiki olarak önemli artışlar meydana gelmiştir (çizelge 4).

Çizelge 4. Atık Uygulama Seviyelerine Göre Mısır Yapraklarının Makro Element (% Kuru Maddede) ve Mikro Element (mg kg<sup>-1</sup> Kuru Maddede) İçerikleri

Uyg. ton da <sup>-1</sup>	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Mn	Zn
<b>Kontrol</b>	1.17	0.09	1.34	0.35	0.07	0.06	90	8.4	17.1	20.2
<b>10</b>	0.88	0.12	1.21	0.33	0.06	0.08	108	8.8	36.9	14.4
<b>20</b>	1.78	0.10	1.79	0.49	0.11	0.08	98	12.1	38.3	22.2
<b>30</b>	1.82	0.18	1.84	0.77	0.18	0.11	124	11.0	38.1	39.1
<b>40</b>	1.79	0.16	1.91	0.70	0.16	0.10	113	14.2	34.3	34.8
<i>F</i>	**	**	**	**	**	*	*	**	**	**

F: \* α 5% , \*\* α 1% seviyelerinde.

Mısırdaki önemli kalite özelliklerinden olan nişasta, protein ve yağ oranları ile mineral beslenme arasında önemli ilişkiler vardır. Özellikle vejetasyon dönemi içerisinde azotlu ve generatif evreye geçişte potasyumlu beslenme kaliteyi ve verimi yakından etkilemektedir [16]. Atık sular özellikle NO<sub>3</sub> bakımından genellikle zengindir. Fakat NO<sub>3</sub> başta olmak üzere atık suların içerdiği besin maddeleri, evlerden çıkan atıkların cins ve miktarları ile dönemlere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Sebze üretimi üzerine kentsel atık suların etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada kontrol olarak kullanılan nehir suyuna göre atık su kullanılmasıyla sebzelerin azotla beslenmesi ve verimleri olumlu etkilenmiştir [17].

Kentsel atık suların tarımsal amaçlı kontrollü kullanımları bitki verimi üzerine olumlu etki yapmaktadır. Yapılan çalışmalar; atık sularla sulamanın daha ilk yıllarında birim alana düşen bitkisel ürün verimini arttırdığını göstermektedir. Yani verim, gübreleme ile artmış gibi sonuçlar alınmıştır. Atık suların bitkiye gerekli besinleri sağlayacak derecede zengin olduğu kanaatine varılmıştır. 12 yıllık araştırma sonuçlarına göre, ABD’de mısır ve hayvan yemlerinde % 85-350 arasında bir verim artışı gözlenmiştir. Orman ağaçlarının da atık sularla sulanması ile çam ve benzer ağaçlarda boy ve çap artışlarında kontrole nazaran % 140 oranında bir artış saptanmıştır [6].

Sera şartlarında yetiştirilen arpa ve bakla bitkilerinin mineral içerikleri üzerine atık suların etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada ise atık su uygulamalarıyla bitkilerin P, N, Mn ve Ni kapsamı belirgin derecede artmıştır. Bu artış, Mn ve Ni için sırasıyla % 18 ve % 9 olarak bulunmuştur [18]. Çim ve süs bitkisi *Verbena*’da 5 seviyede kentsel atık su uygulamasının araştırıldığı bir çalışmada, atık uygulamaları ile vejetatif gelişmenin teşvik edildiği, bitki besin maddesi içeriği

yönünden %N, %P, %K ve %Na içeriklerinde atık uygulama seviyelerine göre önemli artış olduğu rapor edilmiştir [19].

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada atık uygulamaları ile toprağın bazı verimlilik komponentleri ve test bitkisi olarak kullanılan mısır bitkisinin beslenme durumu arasındaki ilişkiler değerlendirilmiş ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Atık suların kontrollü bir şekilde tarımsal amaçlı kullanımları, toprağın ve bitkinin mineral madde içeriklerinde olumlu değişimlere neden olmakta ve bitkilerin mineral beslenmeleri olumlu etkilenmektedir. Böylece bitki beslenmesi açısından olumlu sonuçlar elde edilebilmektedir.

#### KAYNAKÇA

- [1] Anonim, *Environmental Bulletin*, The Ohio State University , (1994), No: 854.
- [2] EPA, US. Environmental Protection Agency; *Handbook, Land Application of Sewage Sludge*, (1994), EPA/831-B-93-002b.
- [3] C. Salomon., P. Casey, C. Mackne and A. Lake., *Septage Management by the National Small Flows Clearinghouse*, A.Technical Overview – (1998), Fact Sheet.
- [4] EPA, US Environmental Protection Agency; *Process Design Manual for Land Application of Municipal Sludge*, (1983).
- [5] H. Köksal, B. Ödemiş, R. Kanber, *Atıksuların Tarımda Kullanım Olanakları*, I. Atıksu Semp., 22-24.06.1998, Kayseri, (1998), s:149-155.
- [6] M. Y. Kılınç, , *Atıksuların Sulamada Kullanılması*, , I. Atıksu Semp., 22-24.06.1998, Kayseri, (1998), s:156-159.
- [7] C. Jimenez, D. Orhon, and A. Tilche, , *Wastewater Reuse to Increase Soil Productivity*. Water Sci. and Tech., 32:12, (1995), pp:173-180.
- [8] E. Linster, *Bulletin of Hazardous Materials*, Dept.of Environment UK. (1991), pp:321.
- [9] C. B. Liman, *Atık Sulardan Kaynaklanan Çevre Sorunları*, I. Atıksu Semp., 22-24.06.1998, Kayseri, (1998), s:1-4.



- [10] B. Kacar, *Toprak ve Bitkinin Kimyasal ve Fiziksel Analizleri*, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yay. 453, (1972), A.Ü. Basımevi, Ankara.
- [11] N. Açıkgöz, M. Akkaş, A. Moghaddam, K. Özcan, , *PC'ler İçin Veri Tabanı Esaslı Türkçe İstatistik Paketi: TARİST*, Tarımda Bilgisayar Uyg.Semp., 5-7 Ekim 1994, E.Ü. Ziraat Fak. İzmir, (1994), 63-66.
- [12] M. Düzgün, , *Mısır Tarımında Önemli Hatırlatmalar*, Tarım Bakanlığı ResmiWebSitesi,Makalalar, www.tarim.gov.tr/arayuz/1/icerik.asp?fl=sanal\_kutuphane/makaleler/index.htm. (2002).
- [13] H. Marschner, *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd. Ed., Acad.Press, N.Y. (1995).
- [14] A. Saviozzi, R. Riffaldi and A. Lupetti, , *Effects of Applications of Wastewater on Agricultural Soil*. *Agrochimica*, 35:1-2-3, (1991), pp:135-148.
- [15] J. Akrivos, D. Mamais, K. Kastara and A. Andredakis, , *Agricultural Utilization of LimeTreated Sewage Sludge*, *Water Sci and Tech*. 42:9, (2000), pp:203-210.
- [16] B. Kacar, A.V. Katkat, *Bitki Besleme*, Uludağ Üniv. Güçlendirme Vakfı (1998), Yay.No: 127.
- [17] M. İbrahim, N. Ahmad, A. Khan, *Effect of Sewage Effluent on the Yield, NO<sub>3</sub>, Pb and Cd in Spinach*. *Soil Fertility and Fertilizer Manage*. 9th Int. Symp. of CIEC., 25-30 Sept, Kusadasi, Turkey. (1995).
- [18] M. A. Eid, and M. Shereif, *Effect of Wastewater Irrigation on Growth and Mineral Contents of Certain Crops*. *Egypt. J. of Soil Sci*. 36:1-4, (1996), pp:109-118.
- [19] A. L. Tuna, , B. Bürün, O. Şahin, B. Yağmur, , *Kentsel Atık Suların Yeniden Değerlendirilmesi I. Süs Bitkileri ve Çimde Atık Suların Kullanımı*. IV. Ulusal Çevre Kongresi, 5-8 Ekim 2001 Bodrum, pp: 513-518, (2001).

---

\* Bu çalışma Muğla Kireç Sanayi / Öztüre Holding tarafından desteklenmiştir.

\*\* Muğla Üniv., Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Muğla , [tuna@mu.edu.tr](mailto:tuna@mu.edu.tr)  
[bbetul@mu.edu.tr](mailto:bbetul@mu.edu.tr)

