

Aritılmış Evsel Kaynaklı Atıksularla Sulanan Marul ve Toprakta Patojenik Bulaşıklığın Belirlenmesi

Perihan TARI AKAP^{1,*}  Mehmet GÜNDÜZ¹  Şerafettin AŞIK²  Şener ÖZÇELİK¹ 

¹Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi, Menemen-İzmir
²Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): perihantari@gmail.com

Geliş tarihi (Received): 09.07.2019

Kabul tarihi (Accepted): 16.07.2019

DOI: 10.21657/topraksu.654796

Öz

Çalışma Türkiye'nin batısında yer alan Menemen Ovası'nda Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi arazisinde 2014 yılında yürütülmüştür. Marul bitkisi evsel kaynaklı arıtılmış atıksu ile sulanmış; sulama suyu ise üç farklı sulama yöntemi kullanılarak uygulanmıştır. Bu sulama sistemleri; toprak üstü damla sulama, toprak altı damla sulama ve karık sulama sistemleridir. Sulama suyunda anyon-kasyon, kirlilik ve fekal koliform analizleri yapılmıştır. Toprakta mikrobiyolojik aktivitenin en yoğun olduğu 0-20 cm derinlikten alınan örneklerde de patojen mikroorganizma analizleri yapılmıştır. Suyun pH değerleri; 7.9-7.79, EC değerleri; 2.7-3.9 dS m⁻¹ ve fekal koliform değerleri 1.456x10³-2.568 x10³ cfu 100 ml⁻¹ arasında bulunmuştur. Aritilmiş atıksu ile sulama yapmadan önce alınan toprak örneklerinde *Salmonella spp.* patojenine rastlanılmış olması oldukça ilginçtir. Bunun nedeni, bölgenin Kuş Cennetine oldukça yakın olması nedeniyle toprağın kanatlıların dışkılarıyla kirlenmiş olmasıdır. Hasat edilen marullarda yapılan patojen mikroorganizma sonuçları incelendiğinde en az bulaşıklığın 2x10¹ cfu 100g⁻¹ değeri ile toprakaltı damla sulama konusunda, en yüksek bulaşıklığın ise 4.4 x10² cfu 100g⁻¹ değeri ile karık sulama konusunda olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler : Atıksu, *E.coli*, marul, patojen, yeniden kullanım

Patogenic Contamination on Lettuce and Soil Irrigated by Treated Domestic Waste Water

Abstract

The Research was conducted at International Agricultural Research and Training Centre in Menemen, located western Turkey, in the late summer period in 2014. In this research, lettuce was irrigated by 3 different irrigation methods, drip irrigation, subsurface drip irrigation and furrow irrigation, with treated domestic waste water. Anion-cation, pollution analyses and fecal coliform tests were run. Also soil samples, from plots from the depth of 0-20 cm, were taken and analyzed in order to monitor the status of the pathogens in soil. Water's pH values were 7.59-7.79, EC values were 2.7-3.9 dS m⁻¹, fecal coliform values variety 1.456x10³-2.568 x10³ cfu 100 ml⁻¹. According to the analyses of soil samples before irrigation by treated waste water salmonella was also uncounted beforehand. It is thought that, this case can be a result of the feces of winged living around the trial area. According to the pathogenic analyses run on harvested lettuce *E. coli* values were found respectively 2x10¹ cfu 100g⁻¹ for sub-surface drip irrigation, 3 x10¹ cfu 100g⁻¹ *E. coli* for drip irrigation and 4.4 x10² cfu 100g⁻¹ for furrow irrigation. As a conclusion, it was found that pathogenic contamination in subsurface drip irrigation is less than the other methods.

Keywords: *E. coli*, lettuce, pathogen, reuse, wastewater

GİRİŞ

Su kaynaklarının giderek azaldığı ve kısıtlı kullanım gerektirdiği günümüzde, sulama suyu olarak içme suyu niteliğindeki suların kullanılması yerine atıksu gibi marjinal su kaynaklarını kullanma gereksinimi ortaya çıkmaktadır. Evsel ve sanayi atıksuları, hayvan atıksuları, sulamadan dönen drenaj suları yeniden kullanılabilir atıksu kaynaklarıdır. Gelişmekte olan ülkelerde şehirlerden çıkan atıksuların %80'inin sürekli ve mevsimlik sulama için kullanılmakta olduğu tahmin edilmektedir. Arıtılmış atıksuyun Hindistan %25'ini ve Güney Afrika %24'ünü sulama için kullanmaktadır. Atıksuların plansız olarak dolaylı yollardan kullanımı ise daha yaygındır (Blumenthal vd., 2000). Kurak ve yarı kurak bölgede bulunan Tunus'ta 6 500 ha tarım alanı geri kazanılmış atıksu ile sulanmakta olup gelecekte ise 20 000 hektarlık alanın sulanacağı düşünülmektedir (Bahri ve Brissaud, 1996). İsrail yeni su kaynağı olarak değerlendirdiği, atıksuların %65'inden fazlasını geri kazanarak kullanmaktadır. Bu oranın önümüzdeki on yıl içinde %90'ın üzerine çıkartılması planlanmaktadır (Friedler, 2001).

Özellikle kurak bölgelerdeki gelişmekte olan ülkeler, yeni su kaynakları elde etmek ve mevcutları kirlilikten korumak için düşük maliyetli güvenilir teknolojilere gereksinim duymaktadırlar. Suya olan talep arttıkça, atıksuyun arıtılarak yeniden kullanılması talebin bir kısmını karşılamakta önemli bir kaynak haline gelmiştir (Asano, 1994; Kukul vd, 2009).

Atıksuların en çok kullanıldığı yerler; tarımsal ve tarım dışı sulama (park, bahçe, yeşil alanlar, golf sahası vb.) ve yeraltı suyu beslemesidir. Arıtılmış atıksular, sanayide soğutma veya proses suyu olarak yeniden kullanılabilir. Türkiye'de atıksularının yeniden kullanımı tekstil, kağıt ve metal sanayi gibi çok su tüketen sektörlerde uygulanmaya başlamıştır. Özellikle İstanbul ve civarındaki sanayi kuruluşlarında yeterli suyun olmaması, su ve atıksu ücretlerindeki hızlı artışlar, atıksuların yeniden kullanımı konusunu gündeme getirmiştir (Korkmaz vd., 2012).

Atıksular toprak, bitki, yüzey ve yeraltı su kalitesini olumsuz yönde etkileyebilen, insan ve hayvan sağlığını tehdit edebilen nitelikte olduğundan kullanılmasında dikkatli olunmalı ve koruyucu önlemler uygulanmalıdır. Bu çalışmada, arıtılmış evsel kaynaklı atıksuların çiğ olarak tüketilen marul bitkisinin sulamasında kullanımı durumunda patojenik bulaşmaların olup olmadığını belirlemek amacıyla üç farklı sulama yöntemi kullanılmıştır.

Karık, damla ve yüzeyaltı damla sulama yöntemleri kullanılmış ve bu sularla sulanan marul bitkisindeki kontaminasyonu değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma Menemen Uluslararası Tarımsal Araştırma Merkezi arazisinde 2014 yılında yürütülmüştür. Deneme tesadüf blokları deneme deseninde üç tekrarlı olarak kurulmuştur.

Menemen Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde arıtılan evsel kaynaklı arıtılmış atıksular sulama suyu olarak kullanılmıştır. Deneme konuları ise sulama yöntemleridir. Bunlar; karık sulama, damla sulama ve yüzeyaltı damla sulamadır. Çalışmanın bitki materyali ise Kassam çeşidi yazlık maruldur. Yazlık bir marul çeşidi olduğu için eylül ayı başında dikilip, ekim sonunda hasat edilmiştir. Bu bitki yaprakları çiğ olarak tüketildiğinden dolayı bulaşıklık olması durumunda kritik bir bitki olarak düşünüldüğünden, özellikle seçilmiştir. Bitki yetiştirme döneminde kritik tarihler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Marul bitkisi vejetasyon dönemindeki kritik tarihler
Table 1. Critical dates of lettuce vegetation period

02.09.2014	Dikim
09.09.2014	İlk sulama
12.09.2014	Vejetatif gelişim
03.10.2014	Göbek oluşumu başlangıcı
21.10.2014	Son sulama
05.11.2014	Hasat

Sulamalar, damla ve yüzeyaltı damla sulama konusunda elverişli toprak neminin %30'u, karık sulamada ise %50'si azaldığında tarla kapasitesine getirilecek şekilde yapılmıştır. Damla sulama konusuna; 241 mm, yüzeyaltı damla sulama konusuna 233 mm ve karık sulama konusuna 301 mm sulama suyu uygulanmıştır.

Arıtılmış atıksu her sulama öncesinde atıksu arıtma tesisinden PVC depolarla getirilmiş ve hemen sulamaya başlanmıştır. Sterilize edilmiş özel cam şişelere eldiven yardımıyla her ay alınan, arıtılmış atıksu örneklerinde standart sulama suyu, kirlilik parametreleri ve bazı mikrobiyolojik analizler UTAEM ve Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Mikrobiyoloji Bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır. EC, pH ve fekal koliform analizleri ise haftalık olarak yapılmıştır.

Mikrobiyolojik analizler için alınan toprak örnekleri mikrobiyolojik aktivitenin en yoğun olduğu toprağın 0-20 cm'lik katmanından dikim öncesi ve hasat sonrası olmak üzere iki kez alınarak topraktaki patojen mikroorganizma popülasyonu incelenmiştir. Örnekler alınırken sterilizasyona önem gösterilmiş, eldiven kullanılmış ve alınan toprak örnekleri +4°C 'yi sağlayacak koşullarda laboratuvara götürülüp analizi yapılmıştır.

Marulda yapılan patojenik kontaminasyon analizleri için her konu ve tekrarda toplamda 9 parselden gerekli sterilizasyon koşulları sağlanarak, üçer adet marul örneği yine +4°C koşulu sağlanarak laboratuvara götürülmüş ve analizi gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Aritılmış atıksuyun haftalık pH, EC ve fekal koliform bulguları Çizelge 2'de sunulmuştur. Sulama suyu olarak kullanılan Menemen Atıksu Arıtma Tesisi çıkış suyu, fekal koliform değerleri $1.456 \times 10^3 - 2.254 \times 10^3$ cfu 100 ml⁻¹ aralığında değişiklik göstermiştir. Bu değerler Atıksu Arıtma Teknik Usuller Tebliği'nde (Anonim, 2010) belirtilen sınır değerlerin üstünde bulunmuştur.

Çizelge 2. Aritilmiş atıksuyun haftalık pH, EC ve fekal koliform bulguları

Table 2. pH, EC and fecal coliform weekly values of treated wastewater

Tarih	pH	EC (ds m ⁻¹)	Fekal koliform (cfu 100 ml ⁻¹)
05.09.14	7.67	3.160	1.785 x10 ³
11.09.14	7.14	2.107	1.456 x10 ³
14.09.14	7.48	3.030	1.985 x10 ³
19.09.14	7.24	3.028	2.254 x10 ³
29.09.14	8.57	3.400	1.962 x10 ³
11.10.14	7.65	3.680	1.547 x10 ³

Çizelge 4. Aritilmiş atıksuda potansiyel toksik element analiz bulguları (ppb)

Table 4. Potential toxic element values of treated wastewater (ppb)

Tarih	Fe	Cu	Zn	Mn	Pb	Cd	Cr	Co	Ni
05.09.2014	0.21	0.37	22.20	3.30	2.28	4.97	10.48	1.62	34.82
28.09.2014	0.41	0.42	19.84	6.94	3.02	2.68	9.31	2.32	13.34
02.10.2014	0.58	0.04	77.15	2.55	1.54	0.40	12.57	3.81	16.23
23.10.2014	0.32	0.68	22.98	6.73	20.78	2.21	13.53	2.17	92.21
referans değerler	5000	200	2000	200	5000	10	100	50	200

EC değerleri ise 2.107-3.680 dS m⁻¹ aralığında bulunmuştur. Bu değerler de Anonim (2010)'a göre kullanımında az-orta derecede zarar oluşturabilir kategorisindedir.

Araştırmada kullanılan arıtılmış atıksuların 2014 yılı su kirliliği analiz değerleri Çizelge 3'te görülmektedir. Çizelge 3'e göre; Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ₅) analiz sonuçları 40mg l⁻¹ and 50mg l⁻¹ arasında değişiklik göstermiştir. Anonim (2010)'a göre BOİ₅ değerinin < 20 mg l⁻¹ olması gerekmektedir. BOİ₅ ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) su kirliliğinin varlığı ile ilgili fikir vermektedir. Bu değerler ne kadar yüksekse su içerisinde oksijen tüketen mikroorganizma varlığı da o kadar yüksektir. Azot (N) değerlerine bakıldığında yine beklenildiği üzere yüksek değerler elde edilmiş ve bu durum da bitki besin elementi açısından suyun zengin olduğunu göstermektedir.

Aritilmiş atıksuda potansiyel toksik element analiz bulguları Çizelge 4'de verilmektedir. Çizelge 4'e göre; arıtılmış atıksuyun evsel kaynaklı olmasından dolayı, beklenildiği üzere potansiyel toksik element analiz sonuçları, referans değerlerin altında bulunmuş ve bu açıdan sulamada kullanılmasında sakınca olmadığı görülmüştür.

Çizelge 3. Araştırmada kullanılan suların 2014 yılı su kirliliği analiz değerleri (mg l⁻¹)

Table 3. Water pollution analyses values of water use in research in 2014

Tarih	KOİ	BOİ ₅	AKM	TN	NO ₃ -N	TP
05.09.2014	85	50	3.6	70	21.1	<0.5
28.09.2014	48	40	21.2	120	6.5	0.8
23.10.2014	<15	45	12.4	120	13.7	1.25

KOİ: kimyasal oksijen ihtiyacı, BOİ₅: biyolojik oksijen ihtiyacı, AKM: askıda katı madde, TN: toplam azot, NO₃-N: amonyum azotu, TP: toplam fosfor.

Dikim öncesi ve hasat sonrası 0-20 cm'lik toprak derinliğinden alınan örneklerde mikrobiyal

Çizelge 5. Toprakta mikrobiyal patojen bulguları
Table 5. Microbiological pathogen values of soil

Örnekleme zamanı	Konular	Toplam canlı bakteri (cfu 100g ⁻¹)	Koliform bakteri (cfu 100g ⁻¹)	E. Coli (cfu 100g ⁻¹)	<i>Salmonella</i> spp.	Helmint yumurtası ve protozoalar
dikim öncesi	damla sulama	3,2x10 ⁶	4,5x10 ³	1 x10 ¹	+	-
	yüzeyaltı damla sulama	4,8 x10 ⁶	2,8 x10 ³	1 x10 ¹	+	-
	karık sulama	2,4 x10 ⁶	1,1 x10 ³	1 x10 ¹	+	-
hasat sonrası	damla sulama	2,8x10 ⁷	6,3 x10 ³	3,3 x10 ³	+	-
	yüzeyaltı damla sulama	2,4 x10 ⁷	4,4 x10 ³	1,4 x10 ³	+	-
	karık sulama	3,1 x10 ⁷	6,4 x10 ³	8 x10 ³	+	-

patojen bulguları Çizelge 5'de görüldüğü gibi; toplam canlı bakteri sayısı 10⁶ aralığından arıtılmış atıksuyla sulama yapıldıktan sonra 10⁷ aralıklarına yükselmiştir. Bu canlı bakterilerden insanlarda hastalık yapabilecek olan dışkı kaynaklı fekal koliform grubu önemli yere sahiptir. Arıtılmış atıksu ile sulama yapıldıktan sonra bu bakterilerin yaşaması için uygun ortamlar oluştuğunda bunların sayısındaki artış dikkat çekicidir. Yapılan *Salmonella* var/yok testleri her iki dönemde de pozitif çıkmıştır. *Salmonella* özellikle kanatlı dışkı kökenli bir bakteri türüdür. Menemen Ovası İzmir Kuş Cenneti'ne oldukça yakın bir ova olup özellikle balıkcıl kuşların da uğrak noktası konumundadır. *Salmonella* bulaşıklığının bu kuşların dışkılarından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Dikim öncesi ve hasat sonrası alınan toprak örneklerinde, helmint yumurtası kistleri ve protozoalara (*Giardia lamblia*) rastlanılmamıştır.

Marulda mikrobiyal bulaşıklık bulguları hasatta tesadüfi seçilen marul örneklerinde yapılan mikrobiyal bulaşıklık bulguları Çizelge 6'da görülmektedir. E. coli bulaşıklığının 4.4x10² cfu 100 g⁻¹ ile en fazla karık sulama konusunda gerçekleştiği görülmektedir. En az bulaşıklık ise 2x10¹ cfu 100⁻¹ gile yüzeyaltı damla sulama konusunda gerçekleşmiştir. Sulama suyunda *Salmonella* bulunmamasına rağmen marullarda *Salmonella*'ya rastlanılmıştır.

Bunun nedeninin toprakta hâlihazırda bulunan *Salmonella*'dan olduğu düşünülmektedir. Marulda helmint yumurtası kistleri ve protozoalara (*Giardia lamblia*) rastlanılmamıştır.

SONUÇLAR

Son yıllarda artan dünya nüfusu, küresel ısınmaya bağlı su kıtlığı ve hızlı endüstrileşmeyle birlikte tatlı su gereksinimi sürekli artmaktadır. Tatlı su kaynaklarının korunması ve bunun yanında kullanılmış suların arıtılarak yeniden kullanımı günümüzün en önemli konularından birini oluşturmaktadır. Ülkemizde nüfusu 100 000'i aşan belediyelerin hemen hepsinde atıksu arıtma tesisleri kurulmuş, havza koruma eylem planları çerçevesinde bu tesisler işletmeye açılmıştır. Özellikle evsel kaynaklı atıksuların yeniden kullanılması konusunda dışkı kökenli bağırsak sistemi hastalarına neden olan bakteri ve virüslerin alıcı ortamlara kontrollü şekilde verilmesi gerekmektedir. Sulamada kullanılacaksa; özellikle çiğ tüketilen sebzelerde yüzeyaltı damla sulama uygulamaları kullanılmalı yine de bulaşıklık olabileceği asla unutulmamalı, bu nedenle de çiftlik çalışanları gerekli önlemleri aldıktan sonra çalışmalarına devam etmeli, suyla temas eden kişiler konuyla ilgili olarak bilgilendirilmeli ve gerekli sağlık kontrollerinden geçmelidirler.

Çizelge 6. Marulda mikrobiyal bulaşıklık bulguları
Table 6. Microbiological contamination of lettuce

Konular	E.coli (cfu 100g ⁻¹)	Salmonella	Helmint yumurtası ve protozoalar
Damla Sulama	3x10 ¹	+	-
Yüzeyaltı Damla Sulama	2x10 ¹	+	-
Karık Sulama	4,4x10 ²	+	-

KAYNAKLAR

Anonim (2010). Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği. Resmi Gazete, Sayı: 27527.

Asano T (1994). Irrigation with treated sewage effluent. Adv. Series in Agricultural Sciences, Vol. 22, (Eds.) KK Tanji and B Yaron. Springer-Verlag, Berlin, 199-228.

Blumenthal UJ, Peasey A, Ruiz-Palacios G, Duncan Mara D (2000). Guidelines for wastewater reuse in agriculture and aquaculture: Recommended revision based on new research evidence. Water and Environmental Health at London and Loughborough (WELL) Study, Task No: 68, Part 1, Loughborough University, UK. <http://www.lboro.ac.uk/well/>, Erişim Tarihi: 12.06.2012

Bahri, A., Brissaud, F., 1996. Wastewater reuse in Tunisia: Assessing a national policy. Water Science and Technology, 33 (10-11): 87-94.

Friedler E (2001). Water reuse - An integral part of water resources management: Israel as a case study. Water Policy 3(1): 29-39.

Korkmaz N, Gunduz M, Tari P (2012). Agricultural irrigation with treated municipal waste water, Aegean Agricultural Research Institute Journal, 151(27-36).

Kukul Kurttaş YS, Anaç S, Yeşilırmak E (2009). Arıtılmış Atık Suların Tarımda Kullanılmasına İlişkin Türkiye Standartlarının Geliştirilmesi, Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Kesin Raporu, Bornova-İZMİR, .s.10.