

Arıtma Tesisi Atık Suyu ile Sulamanın Ak Üçgül (*Trifolium repens* L.) + Çayır Salkım Otu (*Poa pratensis* L.) Bitkilerinden Oluşan Karışımın Gelişimi, Bazı Metal ve Metaloid İçeriği Üzerine Kısa Vadeli Etkileri*

Hülya EK, Şeyda ZORER ÇELEBİ**, Zübeyir AĞIRAĞAÇ

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, TÜRKİYE

Geliş Tarihi/Received: 24.09.2021

Kabul Tarihi/Accepted: 10.12.2021

ORCID ID (Yazar sırasına göre / by author order)

orcid.org/0000-0001-9907-7822 orcid.org/0000-0003-1278-1994 orcid.org/0000-0003-1414-1472

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author: seydzorer@yyu.edu.tr

Öz: Bu çalışmada, ak üçgül (*Trifolium repens* L.) ve çayır salkım otu (*Poa pratensis* L.) bitkilerinden oluşan karışımın, Türkiye-Van Edremit İleri Biyolojik Atık Su Arıtma Tesisi çıkış suyunun farklı konsantrasyonları ile sulanması konusu ele alınmıştır. Bu kapsamda, araştırma; atık suyun, bitkilerin ayrı ayrı ve karışım gelişimine etkisinin araştırılması amacıyla yürütülmüştür. Ayrıca, atık suyun toprak ve bitkide bazı metal ve metaloid içeriği üzerine kısa vadeli etkilerinin belirlenmesi de amaçlanmıştır. Çalışmada, denemeler 2018 yılında iklim odasında saksılarda tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Araştırmada uygulamalar; % 100 saf su kontrol (100S), % 25 atık su + % 75 saf su (25A75S), % 50 atık su + % 50 saf su (50A50S) ve % 75 atık su + % 25 saf su (75A25S) şeklinde yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, bitki boyu her biçimde atık su uygulama miktarına bağlı olarak artış göstermiş olup; en yüksek bitki boyu ortalaması ak üçgülde 10.70 cm ile 75A25S, çayır salkım otunda 11.42 cm ve 11.21 cm ile sırasıyla kontrol ve 75A25S uygulamasından elde edilmiştir. Ak üçgülün yaş ve kuru ağırlığı atık su uygulamalarına bağlı olarak artmış, çayır salkım otunda ise atık su uygulamalarının etkisi görülmemiştir. Bitkilerin ve hasat sonrası toprağın metal ve metaloid içeriği uygulamalara bağlı olarak genelde artmıştır. Çayır salkım otunda molibden (Mo), ak üçgülde ise bakır dışında incelenen metal ve metaloid içerikleri 75A25S uygulamasında en yüksek değerlere ulaşmıştır. Hasat sonrası toprakta Mo, kurşun ve kadmiyum içeriğinde bir değişiklik olmamış, ancak diğer metal ve metaloid içerikleri artmıştır. Hasat sonrası alınan toprak örneklerinde atık su uygulamaları ile pH değerinde bir düşüş olduğu belirlenmiştir. Atık su uygulama konsantrasyonları arttıkça toprağın elektriksel iletkenlik değerinde de artış belirlenmiştir. Bu sonuçlar ışığında, kullanılan atık suyun bitki büyüme ve gelişmesi üzerine olumlu etkileri belirlenmiş ancak toprak üzerine etkileri için uzun süreli çalışmalara ihtiyaç olduğu kanısına varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Atık su, ak üçgül, bitki gelişimi, çayır salkım otu, ağır metal

Short-Term Effects of Irrigation with Wastewater from Treatment Plant on the Development and Some Metal and Metalloid Contents of White Clover (*Trifolium repens* L.) + Kentucky Bluegrass (*Poa pratensis* L.) Mixture

Abstract: In this study, the issue of irrigation of a mixture of white clover (*Trifolium repens* L.) and kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) plants with different concentrations of the effluent of Van Edremit Advanced Biological Wastewater Treatment Plant in Turkey is discussed. In this context, the research was carried out to investigate the effect of wastewater on the growth of plants sole and in mixtures. In addition, it was aimed to determine the short-term effects of wastewater on some metal and metalloid content in soil and plants. The experiment was carried out in three replications according to the randomized plots trial design in pots in the climate room in 2018. Applications in the study were 100% pure water control (100S), 25% wastewater + 75% pure water (25A75S), 50% wastewater + 50% pure water (50A50S) and 75% wastewater + 25% pure water (75A25S). The plant height of the plants increased depending on the amount of wastewater application in all forms. The

*: Bu çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından kabul edilen birinci yazara ait "Arıtma Tesisi Atık Suyunun Ak Üçgül (*Trifolium repens*) + Çayır Salkım Otu (*Poa pratensis*) Karışımının Performansı Üzerine Etkisi" isimli Yüksek Lisans Tez çalışmasından üretilmiştir.

highest average plant height of 10.70 cm was obtained from 75A25S in white clover, and 11.42 cm and 11.21 cm in kentucky bluegrass from control and 75A25S applications, respectively. The fresh and dry weight of white clover increased depending on wastewater applications, but the effect of wastewater applications was not observed in kentucky bluegrass. The metal and metalloid content of plants and post-harvest soil generally increased depending on the applications. The metal and metalloid contents, except molybdenum (Mo) in the kentucky bluegrass and copper in the white clover, reached the highest values in the 75A25S application. There was no change in Mo, lead, and cadmium contents in the soil after harvest, but other metal and metalloid contents increased. It was determined that there was a decrease in pH value with wastewater applications in soil samples taken after harvest. It was determined that the electrical conductivity value of the soil increased as the wastewater application concentrations increased. In the light of these results, the positive effects of the wastewater used on plant growth and development were determined, but it was concluded that long-term studies are needed for its effects on the soil.

Keywords: Wastewater, white clover, plant growth, kentucky bluegrass, heavy metal

1. Giriş

Artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla bitkisel üretimle uğraşanlar, minimum tarım alanından maksimum ürün alma yollarını aramaya yönelmişlerdir. Bu yollardan biri de karışık ekim sistemidir. Aynı arazi üzerinde iki veya daha fazla ürünün birlikte yetiştirilmesi, modern üretim sistemlerinde sürdürülebilir bir yaklaşım olarak düşünülmektedir (Zhu ve ark., 2015; Owusu ve Sadick, 2016). Tahıl ve baklagillerin birlikte üretimi, verimliliği ve tarımsal sürdürülebilirliği arttırmada kullanılan bir yöntemdir. Bu üretim yöntemi; farklı kök derinliğine sahip iki bitkinin toprak kaynaklarını daha iyi kullanması, toprak koruma, ürün-verim potansiyelinin daha stabil olması (Dhima ve ark., 2007; Lithourgidis ve ark., 2007), yabancı ot kontrolü ve zararlılara karşı daha dayanıklı üretim yapılabilmesi (Vasilakoglou ve ark., 2008; Javanmard ve ark., 2009) açısından önem taşımaktadır. Çayır salkım otu (*Poa pratensis* L.) ilkbaharın çok erken dönemlerinde gelişen lezzetli bir mera bitkisi olup, meraların hakim türlerinden biridir (Bender ve ark., 2006). Kışa dayanıklılığı oldukça yüksektir (Açıkgöz, 2001). Ak üçgül (*Trifolium repens* L.), dünya genelinde geniş bir yayılım alanı gösteren, genellikle otlatma amacıyla kullanılan, besleyici değeri oldukça yüksek olan çok önemli bir baklagil yem bitkisidir. Yatık gelişmesi ve stolon yapıya sahip olması nedeniyle otlatma ve çiğnenmeye karşı oldukça dayanıklı olan ak üçgül, yem bitkisi üretiminde vazgeçilemez bir yere sahiptir (Açıkgöz, 2001; Acar ve Ayan, 2012).

Dünyada bugün toplam su arzının önemli kısmı tarımsal sektörde kullanılmaktadır. Kaliteli tatlı su, yaşanan iklim değişikliklerinin de etkisiyle (Milano ve ark., 2012) giderek artan kıt kaynak haline gelmektedir. Bu nedenle atık suyun sulama amaçlı yeniden kullanılması, kurak ve yarı kurak bölgelerde sürdürülebilir bir alternatif ve avantajlı bir seçenektir (Sharma ve ark., 2007; Travis ve ark., 2010). Bu kullanımın bir avantajı da bitkinin atık su içeriğindeki besinleri alması ve kirlilik yükünü azaltmasıdır (Khurana ve Singh, 2012). Ancak

kullanılan atık suyun alındığı kaynağa ve arıtılma durumuna bağlı olarak kirletici içerme ihtimali bulunabilir ve bu durum toprak, bitki ve yeraltı su kaynakları üzerinde olumsuzluklar yaratabilir (Drechsel ve ark., 2010). Atık suların tarımda değerlendirilmesi, çevre kirliliğinin önlenmesi ve doğal kaynakların korunması açısından etkin bir geri dönüştürme prosesidir. Bu metot diğer değerlendirme metotlarıyla kıyaslandığında, en ucuz atık dönüştürme yöntemidir (Jantzen ve Van Der Woerd, 2007). Arıtılmış atık sular parkların, peyzaj alanlarının sulanmasında, sanayi sektöründe, süs havuzları gibi dekoratif su yapılarında, yangın söndürme gibi işlemlerde yoğun olarak kullanılmakta; böylece hem artan su ihtiyacı karşılanmakta hem de temiz su kaynaklarında tasarruf sağlanmaktadır (Kitiş ve ark., 2009).

Bu çalışmada, Van Edremit İleri Biyolojik Arıtma Tesisi çıkış suyunun farklı konsantrasyonlarının sulama amaçlı kullanılması değerlendirilmiştir. Çalışma, atık suyun karışım olarak ekilen ak üçgül (*T. repens* L.) ve çayır salkım otu (*P. pratensis* L.) bitkilerinin ayrı ayrı ve karışımın gelişimi ve toprağın bazı özellikleri ile toprak ve bitkide bazı metal ve metalloid içeriği üzerine kısa vadeli etkilerini araştırmayı amaçlamaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü laboratuvar koşullarında iklim odasında yürütülmüştür. Çalışmada bitki materyali olarak, ak üçgül (*Trifolium repens*) ve çayır salkım otu (*Poa pratensis*); sulama suyu olarak, Van Edremit İleri Biyolojik Arıtma Tesisi'nin geri devir hattından alınan ve Tablo 1'de özellikleri verilen atık su kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan deneme toprağı; Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'ne ait Araştırma ve Deneme Alanı'ndan 0-30 cm derinlikten alınmış olup, kurutma ve eleme işlemleri yapıldıktan sonra saksılara yerleştirilmiştir.

Tablo 1. Araştırmada kullanılan atık suyun bazı özellikleri

Table 1. Some characteristics of the wastewater used in the research

Özellikler	Değer	Sınır değerler*
pH	7.81	6.5-9
Elektriksel iletkenlik (EC), $\mu\text{mhos cm}^{-1}$	654	250-3000
Demir (Fe), ppm	-	5-20
Bakır (Cu), ppm	4.21	0.2-5
Çinko (Zn), ppm	8.84	2-10
Mangan (Mn), ppm	9.02	0.2-10
Alüminyum (Al), ppm	0.06	5-20
Molibden (Mo), ppm	-	0.01-0.05
Nikel (Ni), ppm	3.93	0.2-20
Kobalt (Co), ppm	0.283	0.05-5
Arsenik (As), ppm	0.891	0.1-2
Kurşun (Pb), ppm	0.159	5-10
Kadmiyum (Cd), ppm	0.025	0.01-0.05
Krom (Cr), ppm	1.070	0.1-1

*: Anonim (2010)

Saksı denemesi, yüksekliği 22.5 cm, taban çapı 7.5 cm ve üst çapı 10 cm olan saksılarda tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Ekimden önce temel gübreleme olarak analiz sonuçlarına göre hacim hesabıyla; azot (amonyum sülfat, % 21 azot), fosfor (triple süper fosfat, % 43-44 P_2O_5) ve potasyum (potasyum sülfat, % 52 K_2O) gübreleri uygulanmıştır (Kacar ve İnal, 2008). Her bir saksıya 7 adet ak üçgül ve 14 adet çayır salkım otu tohumunun karışık olarak ekimi yapılmış ve saksılar % 65 nem, 22/18 °C gündüz/gece sıcaklığı ve 16/8 saatlik gündüz/gece fotoperiyoda ayarlı iklim odasına yerleştirilmiştir. Araştırmada kentsel atık suların, ak üçgül ve çayır salkım otu bitkilerinin gelişimine etkisini belirlemek için; % 100 saf su (kontrol) (100S), % 25 atık su + % 75 saf su (25A75S), % 50 atık su + % 50 saf su (50A50S) ve % 75 atık su + % 25 saf su (75A25S) şeklinde uygulama, araştırma konusu olarak ele alınmış ve uygulaması yapılmıştır. Denemede kullanılan atık su, her sulama zamanında tesisten temin edilmiş ve numuneler Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği (Anonim, 1991)'nde belirtildiği şekilde saklanmıştır.

Ekimden sonra ilk sulama yapılmış ve 7 gün arayla sulamalar tekrar edilmiştir. Ekimden 5 gün sonra ilk filizler görülmeye başlanmış ve 4 gün arayla bir ay boyunca çimlenme takibi yapılmıştır. Çıkış işlemi tamamlandıktan sonra tüm saksılarda mera karışımlarında 1/3 baklagil oranına sadık kalınarak, beş adet ak üçgül, on adet çayır salkım otu kalacak şekilde seyreltilmiş ve bir hafta sonra biçimlere başlanmıştır. Mera otlatma periyotları taklit edilerek yirmi günde bir biçim tekrarlanmış; toplam 8 kez biçim yapılarak, deneme ekim işlemi

itibariyle 6 ay devam ettirilmiştir. Her biçim öncesinde bitki boyları ölçülmüş, bitkiler sayılmış ve bitkilerin ortamdaki çekilmesi gözlemlenmiştir. Biçilen yaş otlar tartılmış ve etüvde 70 °C'de 48 saat sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutularak kuru ot miktarları belirlenmiştir. Her biçimden elde edilen materyaller paketlenerek analiz için bekletilmiştir.

Deneme sonunda her saksıdan toprak örnekleri alınmış ve deneme öncesi ve sonrası toprak örneklerinde kum, kil ve silt fraksiyonları hidrometrik yöntemle belirlenmiş ve tekstür üçgeni yardımıyla tekstür sınıfı saptanmıştır (Bouyoucos, 1951). Toprak reaksiyonu Mclean (1982), EC (Electrical conductivity) Richards (1954) ve organik madde miktarı Nelson ve Sommers (1982) tarafından bildirilen esaslara göre, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarında tespit edilmiştir. Toprak ve bitki numunelerini ayrıştırılmasında mikrodalga kullanılmış (Advanced Microwave Digestion System, Ethos Easy) ve her bitkiden alınan sekiz biçim karıştırılmış; bu şekilde her bitkiden elde edilen bitki numunelerinde ve hasat öncesi ve sonrası toprak numunelerinde Fe, Cu, Zn, Mn, Ni, Co, As, Pb, Cd ve Cr konsantrasyonları ICP-OES; bitki ve toprak numunelerinde Al ve Mo konsantrasyonları ICP-MS ile belirlenmiştir.

Araştırmadan elde edilen verilerin analizinde SAS paket programı kullanılmıştır. Bitki boyu, yaş ot verimi ve kuru ot verimine ait değerler her biçimde ayrı ayrı analize tabi tutulmuştur. Bitki materyalindeki ve hasat sonrası topraktaki element konsantrasyonlarına ait değerlerde ayrı ayrı istatistiki analiz yapılmıştır. İstatistiki analiz olarak ANOVA ve ortalamalar arasındaki farklar Duncan testi kullanılarak belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Bitki gelişimi

Çalışmada ak üçgülün tüm sulama uygulamalarında beşinci gözlem döneminde neredeyse tüm çıkışını tamamladığı gözlemlenmiştir. Çayır salkım otu ilk üç gözlemlerde çıkış yapmamış, ancak sekizinci gözlem döneminde bütün sulama uygulamalarında çıkışın aynı olduğu belirlenmiştir. Bitkilerin ortamdaki çekilme durumlarını belirlemek amacıyla, yirmi günde bir yapılan her biçim işleminden önce bitkiler sayılıp kaydedilmiştir. Ak üçgülde üçüncü sayım döneminde 75A25S, dördüncü gözlem döneminde 50A50S uygulamasından, altıncı gözlem döneminde de kontrolden ortamdaki çekilme olduğu gözlemlenmiştir. Çayır salkım otunda ise üçüncü gözlem döneminde kontrol ve 75A25S, dördüncü gözlem döneminde 25A75S ve 50A50S uygulamalarından ortamdaki çekilme belirlenmiştir.

Biçim sayısı (BS), atık su uygulamalarının (AS) ve biçim sayısı x atık su interaksyonunun (BS x AS) ak üçgül ve çayır salkım otunun bitki boyu üzerine etkisi istatistiki olarak % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur. Karışımda ise BS ve AS uygulamalarının bitki boyuna etkisi % 1 düzeyinde önemli çıkmış, BS x AS ise önemsiz olmuştur. Ak üçgül ve çayır salkım otunda en yüksek bitki boyu ortalaması altıncı biçim sayısından (sırasıyla, 10.59 ve 12.49 cm), en düşük bitki boyları ise iki bitkide de birinci biçim sayısından (sırasıyla, 7.61 ve 8.87 cm) kaydedilmiştir. Karışım olarak değerlendirildiğinde ise 2, 3, 5, 6 ve 8. biçim sayılarında en yüksek ve benzer bitki boyları belirlenmiştir. Atık su uygulamalarında; ak üçgül en yüksek bitki boyu ortalamasına 10.70 cm ile 75A25S, çayır salkım otu kontrol (11.42 cm) ve 75A25S (11.21 cm) uygulamalarında ulaşmıştır. Karışım olarak değerlendirildiğinde en yüksek bitki boyu 75A25S (10.95 cm) ve 50A50S (10.38 cm) uygulamalarından elde edilmiştir (Tablo 2).

BS, AS uygulamalarının ve BS x AS'nin ak üçgül ve karışımın yaş ağırlığına etkisi % 1

seviyesinde önemli, çayır salkım otunda önemsiz bulunmuştur. Ak üçgülde atık su uygulamalarının ortalaması olarak en yüksek yaş ağırlık 1.64 g saksı⁻¹ değeri ile 8. biçim sayısında belirlenmiştir. Atık su ortalamalarına bakıldığında ise en yüksek ak üçgül yaş ağırlığı değeri biçim sayısı ortalaması olarak 75A25S uygulamasından (1.42 g saksı⁻¹) alınmıştır. Çayır salkım otunda yaş ağırlıklar 0.14 ile 0.34 g saksı⁻¹ arasında değişmiştir. Karışım incelendiğinde; en yüksek yaş ağırlık atık su uygulamalarının ortalaması olarak 1.85 g saksı⁻¹ ile 8. biçimden elde edilirken, bu değer ile 7. biçimlerden elde edilen yaş ot ağırlığı değeri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Atık su ortalamalarına göre karışımlardaki en yüksek yaş ağırlık 75A25S uygulamasından (1.68 g saksı⁻¹) elde edilmiştir (Tablo 3).

Kuru ağırlık yönünden atık su uygulamalarının, BS ve BS x AS'nin etkisi ak üçgül için istatistiki anlamda % 1 düzeyinde önemli iken, çayır salkım otu ve karışımlarda incelenen konular önemsiz çıkmıştır. Ak üçgülde en yüksek kuru ağırlık atık su

Tablo 2. Atık su ile sulamanın bitki boyuna etkisi (cm)*

Table 2. The effect of irrigation with wastewater on plant height (cm)*

Biçim sayısı	Atık su uygulamaları				Ortalama
	100S	25A75S	50A50S	75A25S	
Ak üçgül					
1	6.80±0.17	7.46±0.20	7.76±0.18	8.43±0.09	7.61 e
2	8.96±0.12	10.70±0.15	9.66±0.03	10.70±0.06	10.00 c
3	8.70±0.15	9.70±0.06	10.13±0.15	11.43±0.12	9.99 bc
4	9.62±0.60	8.73±0.24	9.93±0.09	11.10±0.06	9.83 c
5	8.93±0.17	8.73±0.09	9.20±0.17	10.63±0.15	9.37 d
6	10.10±0.06	9.93±0.09	10.20±0.25	12.13±0.18	10.59 a
7	9.96±0.12	10.20±0.06	10.70±0.06	10.10±0.12	10.24 b
8	9.06±0.09	9.93±0.20	11.23±0.27	11.90±0.09	10.26 b
Ortalama	9.04 d	9.42 c	9.85 b	10.70 a	
Çayır salkım otu					
1	9.66±0.23	8.73±0.09	8.00±0.27	9.10±0.25	8.87 g
2	12.63±0.09	11.53±0.07	11.50±0.12	11.70±0.25	11.84 bc
3	10.83±0.23	11.70±0.32	12.16±0.23	11.30±0.06	11.50 de
4	11.90±0.24	11.96±0.27	11.30±0.36	11.03±0.19	11.57 cd
5	11.73±0.19	12.10±0.17	12.20±0.21	12.36±0.24	12.10 b
6	12.83±0.18	12.96±0.12	11.80±0.15	12.36±0.15	12.49 a
7	9.93±0.20	9.23±0.17	9.80±0.21	10.53±0.19	9.87 f
8	11.66±0.26	11.36±0.09	10.63±0.09	11.50±0.24	11.25 e
Ortalama	11.42 a	11.20 b	10.92 c	11.21 ab	
Karışım					
1	8.23±0.12	8.10±0.06	7.88±0.06	8.76±0.16	8.24 d
2	10.80±0.06	11.11±0.04	10.58±0.06	11.20±0.10	10.92 ab
3	9.76±0.19	10.70±0.13	11.15±0.10	11.36±0.08	10.74 abc
4	8.31±2.25	10.35±0.26	10.61±0.18	11.06±0.07	9.95 c
5	10.33±0.02	10.41±0.13	10.70±0.19	11.50±0.05	10.73 abc
6	11.46±0.12	11.45±0.10	11.00±0.06	12.25±0.03	11.54 a
7	9.95±0.05	9.71±0.12	10.25±0.13	10.31±0.12	10.05 bc
8	10.36±0.16	10.65±0.13	10.93±0.19	11.70±0.08	10.75 abc
Ortalama	9.84 b	10.31 b	10.38 ab	10.95 a	

*: Aynı satır ve sütunda aynı harfleri taşıyan değerler arasındaki farklılık önemsizdir, tablodaki veriler ortalama ± standart hata şeklinde verilmiştir.

Tablo 3. Atık su ile sulamanın bitki yaş ağırlığına etkisi (g saksı⁻¹)*
 Table 3. The effect of irrigation with wastewater on fresh weight (g pot⁻¹)*

Biçim sayısı	Atık su uygulamaları				Ortalama
	100S	25A75S	50A50S	75A25S	
Ak üçgül					
1	0.51±0.04	1.37±0.01	1.15±0.03	1.20±0.05	1.06 e
2	1.36±0.06	1.40±0.03	1.41±0.02	1.44±0.04	1.40 c
3	1.35±0.04	1.46±0.03	1.42±0.04	1.62±0.03	1.46 bc
4	0.92±0.23	1.37±0.05	1.31±0.01	1.45±0.04	1.24 d
5	1.13±0.08	1.22±0.03	1.19±0.03	1.15±0.04	1.17 d
6	1.20±0.05	1.06±0.04	1.14±0.03	1.36±0.03	1.19 d
7	1.69±0.10	1.36±0.03	1.33±0.04	1.64±0.02	1.50 b
8	2.06±0.04	1.45±0.03	1.40±0.01	1.68±0.02	1.64 a
Ortalama	1.26 c	1.34 b	1.30 bc	1.42 a	
Çayır salkım otu					
1	0.24±0.02	0.25±0.01	0.19±0.01	0.20±0.003	0.22
2	0.33±0.01	0.26±0.01	0.21±0.02	0.26±0.01	0.26
3	0.28±0.01	0.24±0.02	0.28±0.003	0.27±0.01	0.27
4	0.67±0.38	0.25±0.01	0.27±0.01	0.26±0.02	0.27
5	0.24±0.02	0.22±0.01	0.27±0.01	0.26±0.01	0.25
6	0.24±0.02	0.21±0.01	0.28±0.004	0.22±0.01	0.24
7	0.16±0.01	0.19±0.01	0.31±0.01	0.34±0.01	0.25
8	0.14±0.01	0.19±0.01	0.25±0.01	0.23±0.01	0.20
Ortalama	0.30	0.22	0.26	0.26	
Karışım					
1	0.76±0.06	1.62±0.02	1.35±0.03	1.40±0.05	1.28 d
2	1.69±0.05	1.67±0.04	1.62±0.03	1.71±0.04	1.67 b
3	1.63±0.05	1.70±0.04	1.70±0.05	1.89±0.02	1.73 b
4	1.18±0.27	1.62±0.06	1.59±0.01	1.71±0.06	1.50 c
5	1.37±0.01	1.44±0.02	1.47±0.01	1.42±0.04	1.43 c
6	1.44±0.05	1.27±0.04	1.43±0.03	1.58±0.03	1.43 c
7	1.86±0.09	1.55±0.03	1.64±0.03	1.98±0.02	1.76 ab
8	2.21±0.03	1.64±0.03	1.66±0.01	1.92±0.02	1.85 a
Ortalama	1.50 b	1.57 b	1.56 b	1.68 a	

*: Aynı satır ve sütunda aynı harfleri taşıyan değerler arasındaki farklılık önemsizdir, tablodaki veriler ortalama ± standart hata şeklinde verilmiştir.

uygulamalarının ortalaması olarak 0.35 g saksı⁻¹ ile 8 biçim sayısında belirlenmiştir. Atık su uygulamaları açısından en yüksek ak üçgül kuru ağırlığı 0.31 g saksı⁻¹ ile 75A25S uygulamasından alınmış ve bunu 0.30 g saksı⁻¹ ile 25A75S uygulaması takip etmiştir. Kuru ağırlık yönünden en düşük değerler; atık su uygulamalarında kontrolden, biçim sayısı bakımından ise 1. biçimlerden elde edilmiştir. Çayır salkım otu kuru ağırlıkları 0.21 g saksı⁻¹ ile 0.04 g saksı⁻¹; karışım ise kuru ağırlıklar 0.44 g saksı⁻¹ ile 0.16 g saksı⁻¹ arasında değişmiştir (Tablo 4).

Kolay ve sürekli erişilebilir olan kentsel atık sular, tarımsal su ihtiyaç açığını kapatmak için gelecek vadede bir kaynaktır (Kashif ve ark., 2009). Atık su kullanımı temiz su kaynaklarının korunması yanında besinlerin geri dönüşümünde ve girdinin azaltılmasında yardımcı olabilir (Thapliyal ve ark., 2009; Ahmed ve ark., 2016; Kausar ve ark., 2017). Nath ve ark. (2009) ve Palese ve ark. (2009), atık suların sadece alternatif bir su kaynağı olmadığını, bitki besin elementleri ve organik maddelerce zengin olduklarından toprağın fiziki yapısını, besin içeriğini ve bunlara bağlı olarak ürün

büyüme ve gelişmesini arttırdığını belirtmişlerdir. Atık suların, özellikle ağır metaller yönünden sınır değerlere bağlı kalarak makul oranda yeniden kullanılması otsu türlerin büyümesini ve verimliliğini arttırdığı saptanmıştır (Bedbabis ve ark., 2010). Bu kullanım, gübre ihtiyacını da azaltacağından dolayı üreticiler için ekonomik fayda sağlar (Pranychianakis ve ark., 2006).

3.2. Bitkilerin bazı metal ve metaloid içeriği

Araştırmada kullanılan atık su uygulamaları ve saf su ile yetiştirilen bitkilerin element içerikleri Tablo 5 ve 6'da özetlenmiştir. Ak üçgülde Cu, çayır salkım otunda Mo hariç, bitkilerde incelenen tüm element konsantrasyonları üzerine AS uygulamalarının etkisi % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 5 ve 6).

Elde edilen sonuçlara göre, bitkilerin içerdiği metal ve metaloid içerikleri genel olarak atık su uygulama oranının artışına paralel olarak arttığı görülmüştür; ak üçgül ve çayır salkım otu için en düşük konsantrasyonlar genel olarak kontrol amaçlı saf su uygulamasından elde edilmiş ve bunu

Tablo 4. Atık su ile sulamanın bitki kuru ağırlığına etkisi (g saksr⁻¹)*
 Table 4. The effect of irrigation with wastewater on dry weight (g pot⁻¹)*

Biçim sayısı	Atık su uygulamaları				Ortalama
	100S	25A75S	50A50S	75A25S	
Ak üçgül					
1	0.11±0.002	0.29±0.02	0.22±0.004	0.22±0.004	0.21 e
2	0.31±0.02	0.37±0.003	0.32±0.003	0.35±0.02	0.33 b
3	0.27±0.01	0.36±0.01	0.30±0.03	0.37±0.01	0.33 b
4	0.17±0.04	0.31±0.01	0.30±0.02	0.34±0.01	0.27 c
5	0.22±0.01	0.23±0.003	0.25±0.02	0.23±0.01	0.23 de
6	0.25±0.02	0.22±0.004	0.24±0.02	0.29±0.03	0.25 cd
7	0.33±0.01	0.28±0.01	0.29±0.004	0.35±0.02	0.31 b
8	0.40±0.02	0.32±0.02	0.33±0.03	0.38±0.02	0.35 a
Ortalama	0.25 c	0.30 ab	0.28 b	0.31 a	
Çayır salkım otu					
1	0.05±0.001	0.04±0.002	0.05±0.003	0.04±9 E+4	0.04
2	0.09±0.004	0.05±0.002	0.05±0.004	0.06±0.001	0.06
3	0.06±0.003	0.06±0.002	0.06±6 E+4	0.05±6 E+4	0.05
4	0.15±0.09	0.05±0.003	0.05±6 E+4	0.05±0.001	0.08
5	0.21±0.17	0.05±0.002	0.06±0.001	0.06±0.001	0.09
6	0.05±0.001	0.04±0.002	0.06±0.001	0.05±0.001	0.05
7	0.05±9 E+4	0.05±0.003	0.06±0.001	0.06±0.001	0.05
8	0.04±0.001	0.05±0.001	0.05±7 E+4	0.05±0.001	0.05
Ortalama	0.09	0.05	0.05	0.05	
Karışım					
1	0.16±0.003	0.33±0.02	0.27±0.01	0.27±0.004	0.26
2	0.40±0.02	0.41±0.001	0.37±0.01	0.41±0.02	0.40
3	0.34±0.01	0.42±0.02	0.36±0.03	0.43±0.004	0.38
4	0.20±0.01	0.36±0.01	0.36±0.02	0.40±0.01	0.34
5	0.44±0.18	0.28±0.003	0.31±0.02	0.29±0.01	0.33
6	0.30±0.02	0.26±0.01	0.30±0.02	0.34±0.03	0.31
7	0.38±0.01	0.33±0.005	0.35±0.004	0.41±0.02	0.37
8	0.44±0.02	0.37±0.02	0.38±0.03	0.43±0.01	0.40
Ortalama	0.33	0.35	0.34	0.37	

*: Aynı satır ve sütunda aynı harfleri taşıyan değerler arasındaki farklılık önemsizdir, tablodaki veriler ortalama ± standart hata şeklinde verilmiştir.

Tablo 5. Atık su ile sulamanın ak üçgül bitkisinin metal ve metaloid içeriğine etkisi (ppm)*
 Table 5. The effect of irrigation with wastewater on the metal and metalloid content of white clover plant (ppm)*

Elementler	Atık su uygulamaları			
	100S	25A75S	50A50S	75A25S
Fe	0.39±0.004 c	0.39±0.003 c	0.43±0.02 b	0.50±0.004 a
Cu	70.59±0.53	71.22±0.14	81.04±0.46	86.14±0.24
Zn	37.89±0.89 d	45.62±0.39 c	48.62±0.76 b	56.53±0.32 a
Mn	224.17±1.38 d	261.03±3.32 c	334.77±11.03 b	400.43±10.81 a
Ni	15.32±0.28 d	18.70±0.15 c	21.87±0.10 b	28.39±0.21 a
Al	0.13±0.002 d	0.21±0.01 c	0.35±0.02 b	0.55±0.003 a
Mo	0.04±0.002 b	0.03±0.001 c	0.04±0.001 a	0.04±3E+4 a
Co	1.21±0.01 d	1.42±0.01 c	1.64±0.02 b	1.87±0.06 a
As	2.39±0.02 d	2.77±0.02 c	3.04±0.08 b	3.36±0.13 a
Pb	0.008±3 E+4 d	0.36±0.01 c	0.48±0.01 b	0.53±0.003 a
Cd	0.09±0.003 c	0.09±0.003 c	0.11±0.01 b	0.15±0.002 a
Cr	3.97±0.20 d	4.97±0.07 c	5.40±0.09 b	6.58±0.09 a

*: Her bir kriter için aynı satırda bulunan aynı harfleri taşıyan değerler arasındaki farklılıklar önemsizdir, tablodaki veriler ortalama ± standart hata şeklinde verilmiştir.

25A75S ve 50A50S uygulamaları takip etmiştir. En yüksek konsantrasyonlar ise 75A25S uygulamasında saptanmıştır (Tablo 5 ve 6). Ancak genel olarak bu içerikler bitkilerin fitotoksitesisi için öngörülen sınırlar içerisinde yer almıştır (Pescod, 1992). Murtaza ve ark. (2010), işlenmemiş

atık su ile sulamanın Fe, Zn, Mn, Ni, Co, Pb, Cd ve Cr açısından yüksek oranda birikime ve üründe toksik etkilere neden olabileceğini belirtmişlerdir. Kullanılan atık suyun kalite değerlerinin bu nedenle önem arz ettiği tartışılmazdır. Çalışmada kullanılan atık su analiz sonuçlarında atık suda Fe ve Mo tespit

Tablo 6. Atık su ile sulamanın çayır salkım otu bitkisinin metal ve metaloid içeriğine etkisi (ppm)*
 Table 6. The effect of irrigation with wastewater on the metal and metalloid content of kentucky bluegrass (ppm)*

Elementler	Atık su uygulamaları			
	100S	25A75S	50A50S	75A25S
Fe	0.33±0.01 d	0.36±0.01 c	0.41±0.01 b	0.55±0.01 a
Cu	68.84±0.24 c	67.06±0.19 d	70.29±0.10 b	75.43±0.07 a
Zn	33.83±0.51 d	38.72±0.39 c	45.98±0.51 b	56.69±0.24 a
Mn	215.43±0.91 d	237.86±1.56 c	256.43±5.55 b	356.86±6.35 a
Ni	19.89±0.12 d	21.77±0.12 c	24.83±0.01 b	31.25±0.45 a
Al	0.22±0.01 d	0.25±0.01 c	0.39±0.004 b	0.41±0.01 a
Mo	-	-	-	-
Co	1.27±0.01 b	1.29±0.003 b	1.36±0.02 b	1.63±0.07 a
As	2.12±0.03 c	2.18±0.07 c	2.84±0.02 b	3.30±0.07 a
Pb	0.007±3E+4 d	0.40±0.01 c	0.49±0.004 b	0.56±0.01 a
Cd	0.09±0.002 b	0.16±0.004 a	0.16±0.001 a	0.16±0.004 a
Cr	3.36±0.06 d	4.54±0.10 c	5.66±0.12 b	6.18±0.10 a

*: Her bir kriter için aynı satırda bulunan aynı harfleri taşıyan değerler arasındaki farklılıklar önemsizdir, tablodaki veriler ortalama ± standart hata şeklinde verilmiştir.

edilememiş olmasına rağmen, ak üçgülde Fe ve Mo, çayır salkım otunda Fe artan konsantrasyonlarda atık su kullanımına paralel olarak artış göstermiştir. Bu durum atık su içerisinde bulunan bu metallerin okuma değerlerinin altında kalması, ancak 7 günde bir sulamanın tekrarlanması sonucu bitkide değerlendirilebilir seviyede birikim olduğu ile açıklanabilir.

3.3. Hasat sonrası toprağın bazı özellikleri ile metal ve metaloid içeriği

Denemede kullanılan toprağın hasat öncesi ve sonrası analiz sonuçlarına göre; atık su uygulamalarının toprağın Pb ve Cd üzerine etkisi önemsiz, toprak organik maddesi üzerine etkisi % 5

seviyesinde önemli, diğer incelenen özellikler üzerine % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Toprak numunelerinde Mo, ölçülemedi. Çalışmada atık su uygulama miktarının artışına bağlı olarak toprak pH'sı 75A25S ve 50A50S uygulamalarında en düşük değeri göstermiştir (Tablo 7). Alghobar ve Suresha (2016), atık su ile sulamayla toprak pH'sındaki düşüşün organik madde parçalanması ve organik asit üretiminden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Çalışmada kullandığımız atık su ile toprak pH'sında kısa vadeli uygulama sonucunda bir miktar düşüş gözlenmiştir. Atık su uygulama miktarlarına bağlı olarak toprak EC miktarı artmış; en yüksek EC değeri, en yüksek atık su uygulaması olan 75A25S uygulamasından alınmıştır. Hasat

Tablo 7. Atık su ile sulamanın hasat öncesi ve sonrası toprağın bazı özelliklerine etkisi*
 Table 7. The effect of irrigation with wastewater on some characteristics of the soil before and after harvest*

Özellikler	Hasat öncesi	Hasat sonrası			
		100S	25A75S	50A50S	75A25S
Tekstür sınıfı	Tınlı				
Kum (%)	20				
Kil (%)	46				
Silt (%)	34				
pH	8.26	8.43±0.01 a	8.36±0.01 b	8.10±0.01 c	8.07±0.007 c
EC(μmhos cm ⁻¹)	346.2	228.7±7.28 d	361.7±2.39 c	440.9±4.97 b	505.0±2.52 a
Organik madde, %	1.57	1.61±0.003 b	1.62±0.01 b	1.62±0.003 b	1.64±1 E+5 a
Fe (ppm)	102.2	88.76±0.27 d	96.73±0.19 c	102.16±0.64 b	103.80±0.20 a
Cu (ppm)	0.113	0.106±0.001 d	0.113±0.001 c	0.116±0.001 b	0.121±0.001 a
Zn (ppm)	0.213	0.18±0.003 c	0.21±0.002 ab	0.22±0.002 a	0.21±0.003 b
Mn (ppm)	2.471	2.24±0.01 b	2.37±0.02 a	2.36±0.01 a	2.39±0.004 a
Al (ppm)	308.7	45.71±0.10 d	61.69±0.32 c	78.32±0.72 b	89.88±0.46 a
Mo (ppm)	-	-	-	-	-
Ni (ppm)	0.448	0.38±0.01 b	0.42±0.01 a	0.41±0.003 a	0.42±0.003 a
Co (ppm)	0.071	0.06±0.01E+4 c	0.06±3E+4 b	0.06±4E+4 a	0.06±2E+4 ab
As (ppm)	0.116	0.10±0.001 c	0.11±0.001 a	0.11±3E+4 a	0.11±3E+4 a
Pb (ppm)	0.026	0.02±0.001	0.02±3E+4	0.02±0.001	0.02±0.001
Cd (ppm)	0.0006	0.0004±3E+5	0.0004±3E+5	0.0004±3E+5	0.0005±3E+5
Cr (ppm)	0.377	0.31±3E+5 d	0.35±0.001 c	0.36±0.001 b	0.36±0.001 a

*: Her bir kriter için aynı satırda bulunan aynı harfleri taşıyan değerler arasındaki farklılık önemsizdir, tablodaki veriler ortalama ± standart hata şeklinde verilmiştir.

öncesi toprak EC değeri ile kıyaslandığında, atık su kullanımının EC değerini artırdığı belirlenmiştir (Tablo 7). Bu sonuç birçok araştırmacının sonucu ile paraleldir (Tunç ve Şahin, 2015; Gupta ve ark., 2015). Chandra ve ark. (2009), atık su kullanımına bağlı olarak EC artışının potasyum tuzlarının oranındaki artıştan kaynaklı olabileceğini rapor etmişlerdir.

Organik madde miktarı en yüksek atık su kullanım uygulaması ile artmış, diğer uygulamalar ve kontrol parselleri de benzer değere sahip olmuştur (Tablo 7). Kırımhan ve ark. (1982), uzun süre atık suya maruz kalan topraklarda organik maddenin arttığını belirlemişlerdir. Araştırmada; toprakta Fe, Cu, Zn, Mn, Al, Ni, Co, As ve Cr konsantrasyonu artan atık su kullanımı ile artmış, Pb ve Cd konsantrasyonunda bir değişiklik olmamıştır (Tablo 7). Atık suyun içindeki çözülmüş tuzlar, ağır metal ve benzeri toksik maddeler atık suyun alındığı bölgenin şartlarına göre ve kullanıldığı alanlardaki toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik durumuna göre birikim oluşturabilir ve alanda yetiştirilen bitkiler tarafından bünyelerine alınabilir ya da suda kalabilir. Bu sebeplerden dolayı arıtılmış atık suların tarımsal alanda sulama suyu olarak kullanılarak bertarafı düşünüldüğünde suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik değerleri açısından kullanılabilirliğinin sınır değerlere uygunluğunun tespit edilmesi gereklidir (Kitiş ve ark., 2004). Bernal ve ark. (2002) uzun ve kısa süreli çalışma sonuçlarına göre atık su ile sulama sonucu toprak verimliliğinin artış olduğunu belirtmiştir. Bütün bunların ışığında arıtılmış suların tarımsal alanlarda kullanımında suyun ve toprağın analizleri büyük önem taşımaktadır.

4. Sonuçlar

Atık su uygulamalarının çalışmada kullanılan bitkilerin büyüme ve gelişmesinde etkili olduğu belirlenmiştir. Her iki bitkinin incelenen besin elementi ve ağır metal konsantrasyonları artan atık su uygulamalarından etkilenmiştir. Sonuçlar kısa süreli yetiştiricilik için değerlendirildiğinden, uzun süreli uygulamalarda bitkilerin özellikle ağır metal içeriklerinin sınır değerlerin üzerine çıkabileceği dikkat edilmesi gereken bir konudur. Hasat sonrası alınan toprak örneklerinde pH değeri artan atık su uygulamalarına ters orantılı olarak düşmüş olup bu durum alkalın toprakların iyileştirilmesi açısından dikkate değer olarak düşünülmektedir. Bununla beraber hasat sonrası toprakta uygulamalara bağlı olarak EC değerindeki artışın ise uzun vadeli uygulamalarda problem olabileceği kanısına varılmıştır. Dünyada temiz su kaynaklarının giderek kısıtlı hale gelmesi, atık suların özellikle tarımsal alanlarda kullanılması düşüncesine

yönelmiştir. Bu bağlamda farklı topraklara sahip ve farklı atık su kaynaklarının bölgesel anlamda değerlendirilmesi üzerine yapılan ve yapılacak olan çalışmalar yaşamın devamlılığı açısından önemlidir. Bu çalışma ile bölge için bu konuya dikkat çekilmeye çalışılmıştır. Sonuçların daha sağlıklı değerlendirilebilmesi için arazi koşullarında uzun süreli uygulamalara ihtiyaç olduğu kanısındayız.

Teşekkür

Bu çalışma; Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bilimsel Araştırmalar ve Proje Başkanlığı tarafından "FYL-2018-7405" no'lu proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Açıkgöz, E., 2001. Yem Bitkileri. Uludağ Üniversitesi Vakfı (Yenilenmiş 3. Baskı) Yayın No: 182, Bursa.
- Acar, Z., Ayan, İ., 2012. Yem Bitkileri Kültürü. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 2, Samsun.
- Ahmed, F., Arshad, M., Ditta, A., Hussain, A., Naveed, M., Hasnain, M., Nazir, Q., 2016. Combining textile effluent wastewater with organic fertilizer for improved growth and productivity of wheat and soil health. *Journal of Environmental and Agricultural Sciences*, 8: 14-20.
- Alghobar, M., Suresha, S., 2016. Growth and yield of tomato, Napier grass and sugarcane crops as influenced by wastewater irrigation in Mysore, Karnataka, India. *World Research Journal of Agricultural Sciences*, 3(1): 069-079.
- Anonim, 1991. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği. T.C Resmi Gazete, Sayı No: 27372, Tarih: 10.10.2009.
- Anonim, 2010. Atıksu Arıtma Tesisi Teknik Usuller Tebliği. T.C. Resmi Gazete, Sayı No: 27527, Tarih: 20.03.2010.
- Bedbabis, S., Ferrara, G., Ben Rouina, B., Boukhris, M., 2010. Effects of irrigation with treated wastewater on olive tree growth, yield and leaf mineral elements at short term. *Scientia Horticulturae*, 126(3): 345-350.
- Bender, J., Muntifering, R.B., Lin, J.C., Weigel, H.J., 2006. Growth and nutritive quality of *Poa pratensis* as influenced by ozone and competition. *Environmental Pollution*, 142(1): 109-115.
- Bernal, M.P., Garcia-Gomez, A., Roig, A., 2002. Growth of ornamental plants in two composts prepared from agroindustrial wastes. *Bioresource Technology*, 83(2): 81-87.
- Bouyoucos, G.J., 1951. A recalibration of the hydrometer for marking mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43(9): 434-437.
- Chandra, R., Bharagava, R.N., Yadav, S., Mohan, D., 2009. Accumulation and of toxic metals in wheat (*Triticum aestivum* L.) and Indian mustard (*Brassica campestris* L.) irrigated with distillery and tannery

- effluents. *Journal of Hazardous Materials*, 162(2-3): 1514-1521.
- Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dordas, C.A., 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crops Research*, 100(2-3): 249-256.
- Drechsel, P., Scott, C.A., Raschid-Sally, L., Redwood, M., Bahri, A., 2010. Wastewater Irrigation and Health: Assessing and Mitigating Risks in Low-Income Countries. IWMI, Earth Scan, London.
- Gupta, S.P., Yadav, R.K., Magan, S., Koushik, P., 2015. Effect of irrigation schedules of domestic waste water on growth and yield of fodder sorghum. *Indian Journal of Small Ruminants*, 21(2): 257-263.
- Jantzen, J., Van Der Woerd, H., 2007. Sound Sludge. Project Report About Disposal and Recycling Routes for Sewage Sludge.
- Javanmard, A., Nasab, A.D.M., Javanshir, A., Moghaddam, M., Janmohammadi, H., 2009. Forage yield and quality in intercropping of maize with different legumes as double-cropped. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7(1): 163-166.
- Kacar, B., İnal, A., 2008. Bitki Analizleri (I. Basım). Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti. Yayınları, Yayın No: 1241, Fen Bilimleri: 63, Ankara.
- Kashif, S.R., Akram, M., Yaseen, M., Ali, S., 2009. Studies on heavy metals status and uptake by vegetables in adjoining areas of Hudiana drain in Lahore. *Soil Environment*, 28(1): 7-12.
- Kausar, S., Faizan, S., Haneef, I., 2017. Nitrogen level affects growth and reactive oxygen scavenging of fenugreek irrigated with wastewater. *Tropical Plant Research*, 4(2): 210-224.
- Khurana, M.P., Singh, P., 2012. Waste water use in crop production. *Resources and Environment*, 2(4): 116-131.
- Kırımhan, S., Sağlam, M.T., Karakaplan, S., 1982. Erzurum'da kentsel atık sular ile sulanan tarım topraklarında kimyasal kirlenme: 1. Azot, fosfor ve potasyum durumu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13: 3-4.
- Kitiş, M., Beyhan, M., Yiğit, N.Ö., Civelekoğlu, G., 2004. Kentsel ve endüstriyel atıksuların arıtılıp geri kazanımı uygulama alanları ve problemler. 9. *Ulusal Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu*, 2 Haziran, İstanbul, s. 527-533.
- Kitiş, M., Yiğit, N.Ö., Köseoğlu, H., Bekaroğlu, Ş.Ş., 2009. Su ve Atıksu Arıtımında İleri Arıtma Teknolojileri-Arıtılmış Atıksuların Geri Kullanımı. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Lithourgidis, A.S., Dhima, K.V., Vasilakoglou, I.B., Dordas, C.A., Yiakoulaki, M.D., 2007. Sustainable production of barley and wheat by intercropping common vetch. *Agronomy for Sustainable Development*, 27: 95-99.
- Mclean, E.O., 1982. Soil pH and lime requirement. methods of soil analysis, part 2. chemical and microbiological properties. *American Society of Agronomy*, 9(2): 199-223.
- Milano, M., Ruelland, D., Fernandez, S., Dezetter, A., Fabre, J., Servat, E., 2012. Facing climatic and anthropogenic changes in the Mediterranean basin: what will be the medium-term impact on water stress. *Comptes Rendus Geoscience*, 344(9): 432-440.
- Murtaza, G., Ghafoor, A., Qadir, M., Owens, G., Aziz M.A., Zia, M.H., 2010. Disposal and use of sewage on agricultural lands in Pakistan: A review. *Pedosphere*, 20(1): 23-34.
- Nath, K., Singh, D., Shyam, S., Sharma, Y.K., 2009. Phytotoxic effects of chromium and tannery effluent on growth and metabolism of *Phaseolus mungo* Roxb. *Journal Environmental Biology*, 30(2): 227-234.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon, organic matter. In: AL Madison (Ed.), *Methods of Soil Analysis Part 2, Chemical and Microbiological Properties*, Second Edition, Wisconsin, USA, American Society of Agronomy Inc., pp. 539-579.
- Owusu, A., Sadick, A., 2016. Assessment of soil nutrients under maize intercropping system involving soybean. *International Research Journal of Agricultural and Food Science*, 1: 33-43.
- Palese, A.M., Pasquale, V., Celano, G., Figliuolo, G., Masi, S., Xiloyannis, C., 2009. Irrigation of olive groves in Southern Italy with treated municipal waste water: Effects on microbiological quality of soil and fruits. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 129: 43-51.
- Paranychianakis, N.V., Nikolantonakis, M., Spanakis, Y., Angelakis, A.N., 2006. The effect of recycled water on the nutrient status of Soultanina grapevines grafted on different rootstocks. *Agricultural Water Management*, 81(1): 185-198.
- Pescod, M.B., 1992. Wastewater Treatment and Use in Agriculture. FAO, 47, Rome.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Oxford and IBH Publishing Co., Calcutta No: 60, USA.
- Sharma, R.K., Agrawal, M., Marshall, F., 2007. Heavy metal contamination of soil and vegetables in suburban areas of Varanasi, India. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 66(2): 258-266.
- Thapliyal, A., Vasudevan, P., Dastidar, M.G., 2009. Domestic wastewater for fertigation: A solution for water recycling and irrigation. In *Proceedings of Micropol and Ecohazard, 6th IWA/GRA Specialized Conference on Assessment and Control of Micropollutants / Hazardous Substances in Water*, 8-10 June, San Francisco, California, USA, p. 317.
- Travis, M.J., Wiel-Shafran, A., Weisbrod, N., Adar, E., Gross, A., 2010. Grey water reuse for irrigation: effect on soil properties. *Science of the Total Environment*, 408(12): 2501-2508.
- Tunc, T., Sahin, U., 2015. The changes in the physical and hydraulic properties of a loamy soil under irrigation with simpler-reclaimed wastewaters. *Agricultural Water Management*, 158: 213-224.

- Vasilakoglou, I., Dhima, K., Lithourgidis, A., Eleftherohorinos, I., 2008. Competitive ability of winter cereal-common vetch intercrops against sterile oat. *Experimental Agriculture*, 44(4): 509-520.
- Zhu, J., Van Der Werf, W., Anten, N.P.R., Vos, J., Evers, J.B., 2015. The contribution of phenotypic plasticity to complementary light capture in plant mixtures. *New Phytologist*, 207(4): 1213-1222.