



The Evaluation of Irrigation Water Resources of Manisa Region in terms of Soil, Plant and Drip Irrigation System

Pınar Doğan^{1,a,*}, Üstün Şahin^{2,b}

¹Viticulture Research Institute, Republic of Turkey Ministry of Agriculture and Forestry, 45125 Yunusemre/Manisa, Turkey

²Department of Agricultural Structures and Irrigation, Faculty of Agriculture, Atatürk University, 25030 Yakutiye/Erzurum, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 14/06/2019 Accepted : 23/08/2019</p> <p>Keywords: Irrigation water quality Plant Soil Drip irrigation system Chemical quality</p>	<p>Chemical quality analysis results of 5 surface and 30 groundwater resources commonly used in agricultural irrigation in Manisa province were evaluated and the possible effects on soil, plant and drip irrigation system were determined. In this context, the cation (Ca, Mg, Na, K), anion (CO₃, HCO₃, Cl, SO₄), Fe, B contents, pH and electrical conductivity values of the water resources as well as the Percentage Sodium, Sodium Adsorption Ratio and the Adjusted Sodium Adsorption Ratio determined by the calculation Permanent Sodium Carbonate, Langelier Saturation Index, Potential Salinity, Permeability Index and Hardness parameters were used. The results indicated that the potential of problem of surface water resources is higher than that of ground water. Salihli-Köseali, Necati bey farms and Alaşehir-Kasaplı underground water resources are used more serious problems than other underground water resources. According to the type of problem that may occur, recommendations were made on measures including washing, salt-resistant plant growing, addition of organic matter and natural Ca sources and the application of dilute acid.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi 7(10): 1648-1656, 2019

Manisa Yöresi Sulama Suyu Kaynaklarının Toprak, Bitki ve Damla Sulama Sistemi Yönünden Değerlendirilmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 14/06/2019 Kabul : 23/08/2019</p> <p>Anahtar Kelimeler: Sulama suyu kalitesi Bitki Toprak Damla sulama sistemi Kimyasal kalite</p>	<p>Manisa ilinde tarımsal sulamada yaygın olarak kullanılan 5 yer üstü ve 30 yer altı suyu kaynağının kimyasal kalite analiz sonuçları değerlendirilerek toprağa, bitkiye ve damla sulama sistemine olası etkileri belirlenmiştir. Bu kapsamda su kaynaklarının katyon (Ca, Mg, Na, K), anyon (CO₃, HCO₃, Cl, SO₄), Fe, B içerikleri ile pH ve elektriksel iletkenlik değerleri yanında hesaplamayla belirlenen Yüzde Sodyum, Sodyum Adsorpsiyon Oranı, Düzeltilmiş Sodyum Adsorpsiyon Oranı, Kalıcı Sodyum Karbonat, Langelier Saturasyon İndeksi, Potansiyel Tuzluluk, Permeabilite İndeksi ve Sertlik parametrelerine ait değerler kullanılmıştır. Sonuçlar, yer üstü su kaynaklarının sorun yaratma potansiyelinin yer altı sularına göre daha fazla olduğunu göstermiştir. Salihli-Köseali ve Necati bey çiftlik ile Alaşehir-Kasaplı yer altı su kaynaklarının kullanıldığı yerlerde de diğer yer altı su kaynaklarına göre daha ciddi sorunlar yaşanacağı belirlenmiştir. Oluşabilecek sorunun türüne göre yıkama, tuza dayanıklı bitki yetiştirme, organik madde ve doğal Ca kaynakları ilavesi ile seyreltik asit uygulamasını içeren bir dizi önlemler konusunda önerilerde bulunulmuştur.</p>

^a pinar.gorucuoglu@tarimorman.gov.tr

^{id} <https://orcid.org/0000-0001-6460-7264>

^b ussahin@atauni.edu.tr

^{id} <https://orcid.org/0000-0002-1924-1715>



Giriş

Nüfusu sürekli artan ve hızlı kalkınma süreci yaşayan ülkemizde, artan gıda talebi tarımsal üretimin artırılmasını zorunlu kılmaktadır. Tarım alanlarının artırılmasının kısıtlı olduğu düşünüldüğünde, üretimin artırılmasının tek yolu birim alandan elde edilen verimin artırılmasıdır. Genel olarak Türkiye’de sıcak ve kurak iklim tipi hakimdir (Kapluhan, 2013). Manisa yöresinde de belirgin bir kuraklık eğiliminin olduğu ve bu eğilimin 1980’lerle birlikte kuvvetlendiği görülmektedir (Türkeş, 2011). Dolayısıyla kuraklığın etkisinin azaltılarak birim alan başına verimin artırılması yollarının başında sulama gelmektedir. Ancak sulama suyu kaynağının kalitesinin; toprağa, bitki gelişimine ve daha az su kullanımı ile daha yüksek verim elde edilmesine olanak sağlayan ve ülkemizde giderek yaygınlaşan damla sulama sistemlerinde tıkanma üzerine etkilerinin bilinmesi yüksek verimli bir tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Bu nedenle, sulamada kullanılan suların, öncelikle kimyasal kalite özelliklerinin değerlendirilerek çıkan sonuçlara göre alınacak önlem veya önlemlerin belirlenmesi gerekmektedir.

Suyun kimyasal özelliklerini yansıtan önemli ölçütlerden biri olan pH’nın “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”ndeki” “Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” çizelgesine göre 6,50-8,50 arasında olması, bitki beslenmesi açısından uygunluk sağlamaktadır (Manisa İl Çevre Durum Raporu, 2008). Sulama sistemleri açısından ise kullanılan suların pH’sının 6,0-6,5 dolaylarında olması arzu edilmektedir (Tüzel ve Anaç, 1991). Ca ve HCO₃ bakımından zengin sularda CaCO₃ en yaygın çöktürdür (Nakayama ve ark., 2007). pH değerinin 7’den büyük olması durumunda giderek artacak olan bu çöktürler damla sulama sistemlerinde özellikle damlatıcılarda ciddi tıkanmalara yol açabilmektedir (Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği, 2010). Langelier Saturasyon İndeksi (LSI), CaCO₃ çöktürsü oluşup oluşmayacağını gösteren önemli bir göstergedir. Ölçülen pH ile teorik pH (pH_c) farkının alınması ile hesaplanan LSI değerinin pozitif olması, CaCO₃ çöktürsü olabileceği şeklinde yorumlanmaktadır (Kanber ve Ünlü, 2010). Burada pH_c, sulama suyunun topraktaki kireci çözüp çözemeyeceğinin bir göstergesi olmakta ve Ca+Mg ile CO₃+HCO₃ içeriklerine bağlı olarak hesaplanabilmektedir. pH_c>8,4 ise sulama suyunun topraktaki kireci eriterek yıkanmasına, pH_c<8,4 ise toprak suyu içerisindeki kirecin çökelmesine neden olduğu kabul edilmektedir. Fazla Ca’nın damla sulama sistemi açısından olumsuz etkisi söz konusu iken, toprak açısından da yararları söz konusudur. Ca’nın bitki besin elementi olması yanında, agregatlaşmayı teşvik ederek toprağın strüktürel gelişimine de önemli katkılar sağlamaktadır (Munsuz ve ark., 2001). Bu nedenle, suların sertlik değerinin bilinmesi gerekmektedir. Ca ve Mg içerikleri sulama sularının sertliğini oluşturmakta ve sulamada da sert sular tercih edilmektedir (Varol ve ark., 2005). Sertliği ifade etmek için de yaygın olarak Fransız Sertlik derecesi kullanılmaktadır (Aydın ve Sezen, 1995).

Toprak saturasyon ekstraktında tuzluluk 4 dS/m’yi geçtiğinde tuzlu topraklar oluşmakta ve bitkiye toksik etki de artmaktadır (Munsuz ve ark., 2001). Ancak su içerisinde bulunan iyonların toprak tuzluluğuna katkısı eşit olmamaktadır. Sadece Cl ile SO₄ içeriklerinden ileri gelen

tuzluluk, potansiyel tuzluluk (PT) terimiyle ifade edilmektedir. Ayrıca, uzun süre kullanılan sulama sularının toprak geçirgenliğinde yaratacağı değişim ise permeabilite indeksi (PI) ile belirlenebilmektedir (Kanber ve Ünlü, 2010).

Genellikle sulama sularındaki % Na değerinin toprağa ve bitkiye zararlı olmaması için 50–60 değerinden yüksek olması istenmemektedir (Güngör ve ark., 2002). Çünkü fazla miktarda sodyum adsorbe etmiş topraklarda geçirgenlik azalmaktadır. Sodyum zararının göstergesi olarak SAR’ın kullanımı daha yaygındır (Tabaei ve Guitjens, 1991). Ancak bazı araştırmacılar SAR’ın kullanılmasını eleştirerek yerine düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranının (SAR_{adj}) kullanılmasını önermişlerdir (Kanber ve Ünlü, 2010).

Sodyum dışında toksik etkisi olan diğer iyonlar Cl ve B’dur. Klor iyonunun 4 me L⁻¹’den fazla miktarları toksik etki göstermekte ve 10 me L⁻¹’den sonra ise sorunun şiddeti artmaktadır (Ayers ve Westcot, 1994). Bitkilerin gelişmesi için temel element olan B’nin, çoğu bitkide 1-2 mg L⁻¹’yi aşan içerikleri zehir etkisi yapmakta ve hemen hemen tüm bitkilerde bu etki görülmektedir (Kanber ve Ünlü, 2010). Sularının Fe içeriği, bitkilerin demir eksikliklerinin giderilmesinde önemliyken, 1,5 mg L⁻¹’yi aşması damla sulama sistemlerinde şiddetli tıkanma problemleri yaratabilmektedir (Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği, 2010).

Bu çalışmada, Manisa yöresinde sulamada yaygın olarak kullanılan yer altı ve yer üstü su kaynaklarının, kimyasal kalite özellikleri dikkate alınarak, toprak, bitki ve damla sulama sistemi açısından bir değerlendirmesi yapılmış ve kullanımına yönelik kısıtları ortaya konularak çözüm yolları araştırılmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışma Manisa ili kapsamında 2010-2011 yıllarında yürütülmüştür. İl topraklarının büyük bölümü Gediz havzasında, küçük bir bölümü de Bakırçay havzasında bulunmaktadır. Yıllık ortalama sıcaklığı 16,8°C ve yıllık toplam yağış miktarı ise 727,9 mm’dir (MGM, 2019).

İl toprakları kumlu bünyeye sahip, alkali yapıda ve tuz problemi olmayan topraklardır. Manisa ilinde toplam 5 139 209 da tarım arazisi bulunmakta ve %47’lik (2.413.001 da) bir alanı sulanmaktadır. Toprak ve iklim koşullarının uygunluğu nedeniyle tarım ürünleri çeşit ve miktar bakımından oldukça fazladır. Kuru ve yaş üzüm, zeytin, tütün, pamuk, kiraz ve hububat ilde yetiştirilen en önemli ürünlerdir. Çekirdeksiz kuru üzüm ile özdeşleşmiş olan Manisa ili, Türkiye’de yetiştirilen kuru üzümün yıllara göre değişimle birlikte yaklaşık %80’ini karşılamaktadır. Türkiye genelinde bağ alanlarının yaklaşık %16,2’si Manisa iline aittir (Ceylan ve Dağdelen, 2018).

Gediz nehri ve Alaşehir çayı Manisa ilinin önemli iki yer üstü su kaynağını oluşturmaktadır. Gediz nehrinin Manisa kısmında yapılan ölçümler, debinin en düşük dönemde 14,6 m³/s olduğunu göstermiştir. Alaşehir çayı ortalama debisi de 15,7 m³/s’dir. Manisa ilinin toplam su potansiyelinin %62,2’sini Gediz nehri, %26,5’ini yer altı suları oluşturmaktadır (Manisa Tarım Master Planı, 2016).

Manisa ili tarım alanlarının sulanmasında yaygın olarak kullanılan su kaynaklarının seçiminde ilin; biyofiziksel özellikleri (bitki örtüsü, topoğrafik yapısı) ve sosyo-ekonomik koşulları göz önüne alınarak düzenlenmiş 4 agro-ekolojik alt bölgesi dikkate alınmıştır. Seçimi yapılan su kaynaklarına (Çizelge 1 ve 2) ilişkin kimyasal analiz sonuçları, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ve DSİ II. Bölge Müdürlüğü 2005 ve sonrasında ait su analiz raporlarından elde edilmiştir. Fe ve B içerikleri ise Manisa İl Çevre Durum Raporu'ndan alınmıştır.

Çizelge 1 Yer altı su kaynakları örnekleme yerleri
Table 1 Sampling places of groundwater resources

Bölge	İlçeler	Örnekleme yeri
I. Alt Bölge	Merkez	Karaali
		Yeniköy
		Göksu
	Saruhanlı	Saruhanlı
	Turgutlu	Karaköy
	Salihli	Taytan
		Köseali
		Kapancı
		Pazarköy
		Karayahşi
Ahmetli	Adala	
	Necati Bey çiftlik (şahıs) Toygar	
II. Alt Bölge	Kırkağaç	Kırkağaç
	Akhisar	Akhisar
III. Alt Bölge	Gördes	Akpınar
IV. Alt Bölge	Alaşehir	Sarıköz
		Sobran
		İlgın
		Göbekli
		Piyadeler
		Kavaklıdere
		Kasaplı
		İşıklı (şahıs)
		Belenyaka
		Cafer Fakılı (şahıs)
	Sarıgöl	Ahmetağa
		Çavuşlar
		Yukarı Koçaklar

Çizelge 2 Yer üstü su kaynakları örnekleme yerleri
Table 2 Sampling places of surface water resources

Bölge	İlçeler	Örnekleme yeri
I. Alt Bölge	Manisa	Gediz Nehri-Hacıhaliller Mansap
		Gediz Nehri-Manisa Köprüsü
II. Alt Bölge	Akhisar	Gediz Nehri-Demirköprü Baraj Çıkışı
		Alaşehir Çayı-Akhisar Köprüsü
III. Alt Bölge	Gördes	Gediz Nehri-Akhisar Köprüsü

Kimyasal kalite değerlendirme ölçütlerinden pH ve elektriksel iletkenlik (EC) için analiz raporlarındaki doğrudan ölçüm sonuçları kullanılmıştır. Teorik pH (pHc) (Nakayama, 1982), yüzde sodyum (%Na), sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) (ABD Tuzluluk Laboratuvarı, 1954), düzeltilmiş adsorbsiyon oranı (SAR_{adj}) (Ayers ve Branson, 1975), langelier saturasyon indeksi (LSI)

(Kanber ve Ünlü, 2010), kalıcı sodyum karbonat (RSC) (Eaton, 1950), potansiyel tuzluluk (PT) (Doneen, 1966) ve permeabilite indeksi (PI) (Doneen, 1966) değerleri, Kanber ve Ünlü (2010)'da verilen eşitliklerle hesaplanmıştır. Belirtilen eşitlikler aşağıda verilmiştir.

$$pHc=p(K_2'-K_C')+pCa+pHCO_3 \quad (1)$$

$$\%Na=\frac{Na}{Na+K+Ca+Mg} \times 100 \quad (2)$$

$$SAR=\frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \quad (3)$$

$$AdjSAR=\frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} [1+(8,4-pHc)] \quad (4)$$

$$RSC=(CO_3+HCO_3)-(Ca+Mg) \quad (5)$$

$$PT=Cl+\frac{1}{2}SO_4 \quad (6)$$

$$PI=Na+(HCO_3)^{1/2}/Ca+Mg+Na+K \quad (7)$$

Sertlik derecesi, me L⁻¹ olarak Ca ve Mg içerikleri toplamının 5 ile çarpılmasıyla hesaplanmıştır (Aydın ve Sezen, 1995).

Bulgular ve Tartışma

Çalışma alanında, değerlendirmeye tabi tutulan su kaynaklarının katyon, anyon, B ve Fe içerikleri Çizelge 3'te; pH, pHc, EC ve LSI değerleri Çizelge 4'te; RSC, PT, PI, Sertlik, %Na, SAR ve SAR_{adj} değerleri ise Çizelge 5'te verilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre; Ca içeriği 0,40-6,78 me L⁻¹, Mg içeriği 0,99-10,84 me L⁻¹, Na içeriği 0,44-8,30 me L⁻¹ ve K içeriği 0,03-0,46 me L⁻¹ değerleri arasında değişmektedir. Suların Ca ve Mg içeriği 3 me L⁻¹ in üzerine çıktığında, pH da özellikle 8'den büyük olduğunda damla sulama sistemlerinde şiddetli tıkanma problemlerinin oluşabileceği belirtilmiştir (Kuşlu ve ark., 2005). Buna göre; Necati bey çiftlik (şahıs), Ahmetli, Gediz Nehri-Hacıhaliller mansap, Gediz Nehri-Manisa köprüsü, Alaşehir çayı-Akhisar köprüsü ve Gediz Nehri-Akhisar köprüsü su kaynaklarının kullanıldığı alanlarda Ca ve Mg içeriklerinden kaynaklanan ciddi tıkanma sorunları görülebilecektir. Pazarköy ve Adala su kaynaklarıyla yapılan sulamalarda ise tıkanma problemleri kısmen yaşanabilir.

CaCO₃ birikiminin bir göstergesi olan LSI değerleri incelendiğinde, Köseali ve İlgın dışındaki tüm su kaynaklarının LSI değerlerinin pozitif olduğu ve bunun da söz konusu bu kaynakların sulamada kullanılması durumunda damla sulama sistemlerinde CaCO₃ birikmelerine ve dolayısıyla tıkanmalarına (Şahin ve ark., 1998) sebep olabileceğini göstermektedir. Özellikle Necati bey çiftlik (şahıs), Gediz Nehri-Hacıhaliller mansap ve Gediz Nehri-Manisa köprüsü ile Gediz Nehri-Akhisar köprüsü sularının ciddi tıkanma sorunlarına yol açma riskleri oldukça yüksektir (Çizelge 4). Bununla birlikte, LSI değeri sıfıra yakın olan su kaynaklarının, sulama sisteminde aşındırma ve birikmeye neden olma riski düşüktür (Metcalf ve Eddy 2003).

Çizelge 3 Sulama sularının katyon, anyon, B ve Fe içerikleri

Table 3 Cation, anion, B and Fe contents of irrigation waters

Alt Bölge - Örnekleme Yeri	Katyonlar (me L ⁻¹)				Anyonlar (me L ⁻¹)				B	Fe	
	Ca	Mg	Na	K	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	(ppm)		
I	Karaali	2,49	2,98	0,50	0,03	0,00	5,08	0,55	0,40	1,40	0,03
	Yeniköy	0,40	10,84	1,41	0,24	0,00	11,06	0,56	0,33	0,10	0,00
	Göksu	2,74	3,34	0,71	0,06	0,00	5,98	0,24	0,26	0,90	0,03
	Saruhanlı		5,50	1,00	0,15	0,00	4,50	0,50	1,65	0,01	0,00
	Karaköy	3,43	2,81	2,67	0,05	0,00	7,35	0,55	0,77	0,00	0,02
	Taytan	1,72	2,74	4,52	0,11	0,00	5,42	1,34	2,18	0,00	0,04
	Köseali	2,23	1,70	8,30	0,03	0,00	10,87	0,58	0,94	0,00	0,03
	Kapancı	3,99	1,12	1,06	0,11	0,00	4,83	0,37	1,21	0,50	0,02
	Pazarköy	1,53	2,47	3,04	0,11	0,00	4,61	0,43	2,07	0,00	0,00
	Karayahşi	5,13	1,55	1,52	0,12	0,00	5,87	0,34	2,07	1,50	0,17
	Adala		3,74	0,44	0,20	0,00	2,92	0,35	1,11	0,05	0,05
	Necati Bey (Şahıs)	3,06	10,0	1,15	0,03	0,28	11,56	0,76	1,76	0,80	0,03
	Toygar	3,94	4,52	6,28	0,11	0,00	7,21	4,17	2,59	0,00	0,27
Ahmetli		3,66	0,66	0,20	0,00	2,90	0,55	1,05	0,05	0,08	
II	Kırkağaç	3,70	1,77	1,52	0,07	0,00	6,10	0,30	0,66	0,00	0,00
	Akhisar		4,02	1,16	0,05	0,00	3,52	0,55	1,22	0,00	0,00
III	Akpınar	1,80	2,28	0,75	0,10	0,00	3,67	0,36	1,04	0,00	0,01
IV	Sarıköz	1,63	2,29	1,01	0,09	0,00	3,37	0,46	1,12	0,00	0,00
	Sobran	3,68	2,30	0,70	0,16	0,00	3,39	0,31	2,84	0,00	0,02
	İlgın	2,77	1,76	3,36	0,11	0,00	3,27	0,83	4,02	0,00	0,52
	Göbekli	1,95	0,99	3,33	0,03	0,00	5,17	0,38	0,75	0,00	0,02
	Piyadeler	3,15	3,67	3,28	0,03	0,00	8,06	0,55	1,52	0,30	0,06
	Kavaklıdere	5,24	4,68	3,14	0,23	0,00	8,89	0,72	3,81	1,50	0,04
	Kasaplı	6,78	4,47	8,00	0,03	0,00	13,18	3,35	2,67	0,60	0,12
	Işıklı (şahıs)	3,85	3,61	5,17	0,27	0,00	7,72	1,10	3,81	0,00	0,08
	Belenyaka	3,80	2,97	2,17	0,18	0,00	4,63	0,77	2,55	0,00	0,30
	Cafer Fakılı (şahıs)	2,45	4,88	2,48	0,28	0,00	3,92	1,39	4,73	0,00	0,13
	Ahmetağa	3,62	2,48	1,67	0,13	0,00	3,01	1,05	2,68	0,00	0,14
	Çavuşlar	5,16	3,29	1,90	0,20	0,00	4,91	1,22	3,30	0,00	0,02
	Yukarı Koçaklar	3,37	1,75	0,79	0,12	0,00	3,83	0,44	1,62	0,00	0,00
I	GNHM	3,70	5,13	3,33	0,03	0,00	8,43	2,07	1,89	0,00	0,00
	GNMK	1,65	3,60	4,64	0,33	1,62	3,46	1,92	2,62	0,00	0,00
	GNDBÇ	2,39	2,71	1,41	0,03	0,00	4,15	0,88	1,56	0,00	0,00
II	AÇAK	2,37	0,99	1,10	0,20	0,00	3,32	0,40	1,23	0,00	0,00
	GNAK	1,59	3,23	5,65	0,46	0,00	6,51	1,59	1,45	0,00	0,00

GNHM: Gediz Nehri-Hacıhaliller Mansap, GNMK: Gediz Nehri-Manisa Köprüsü, GNDBÇ: Gediz Nehri-Demirköprü Baraj Çıkışı, AÇAK: Alaşehir Çayı-Akhisar Köprüsü, GNAK: Gediz Nehri-Akhisar Köprüsü

Yer altı su kaynaklarında Fe miktarı düşük içeriklerde belirlenmiş olup 0,52 ppm'i aşmamış, yer üstü sularında ise Fe'ye rastlanmamıştır (Çizelge 3). Fe içeriği 0,30 ppm'den düşük sular I. sınıf su olarak kabul edilmektedir (Manisa Tarım Master Planı, 2006). Bu durumda sadece İlgın su kaynağı Fe içeriği yönünden II. sınıf (>0,30 ppm) su kategorisinde yer almıştır. Fe içeriği ayrıca biyolojik aktiviteye bağlı olarak damla sulama sistemlerinde tıkanmalara da yol açabilmektedir (Kuşlu ve ark., 2005). Fe içeriği > 0,1 ppm'i aştığında damlatıcılarda tıkanma kaçınılmaz olmaktadır (Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği, 2010). Buna göre Karayahşi, Toygar, İlgın, Kasaplı, Belenyaka, Cafer Fakılı (şahıs) ile Ahmetağa su kaynaklarında Fe miktarı > 0,1 ppm olduğundan damlatıcılarda hafif-orta düzeyde tıkanma riski söz konusudur (Çizelge 3).

Sudaki birçok iyon, yüksek dozlarda bitkide, özellikle yapraklarda, birikerek toksik etki yapmaktadır. Sodyum, klorür ve bor bunların başında gelmektedir (Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği, 2010). Na'nın toksik etkisini değerlendirmede, sulama yöntemine göre

doğrudan Na içeriğine veya SAR değerine bakılmaktadır. Yüzey sulama yöntemleriyle sulamanın yapılacağı koşullarda Taytan, Köseali, Toygar, Kasaplı ve Gediz nehri-Akhisar köprüsü suları SAR değerleri 3-9 arasında olduğundan toksik etki riski taşırken, SAR_{adj} değeri dikkate alındığında bu kaynaklara ilave olarak Karaköy, Pazarköy, İlgın, Göbekli, piyadeler, Kavaklıdere, Işıklı (şahıs), Gediz Nehri-Hacıhaliller mansap, Gediz Nehri-Manisa köprüsü ve Gediz Nehri Akhisar köprüsü suları da yüzey sulamada toksik etki oluşturabilecektir. Özellikle Köseali ve Kasaplı su kaynaklarının kullanıldığı koşullarda SAR_{adj} değeri > 9 olduğundan bu sorunun çok daha ciddi boyutlarda yaşanması muhtemeldir (Ayers ve Westcot, 1994). Yağmurlama sulama yapılacak alanlarda da Na'nın toksik etkisinin, Na içeriğinin 3 me L⁻¹'yi geçtiği Taytan, Köseali, Pazarköy, Toygar, İlgın, Göbekli, Piyadeler, Kavaklıdere, Kasaplı, Işıklı (şahıs), Gediz Nehri-Hacıhaliller mansap, Gediz Nehri-Manisa köprüsü ve Gediz Nehri-Akhisar köprüsü su kaynaklarıyla sulanan alanlarda görülme ihtimali yüksektir (Çizelge 3).

Su kaynaklarından sadece Toygar ve Kasaplı'da Cl içerikleri 3 me L⁻¹'den fazladır ve bu su kaynaklarının hafif şiddette sorun oluşturabileceği söylenebilir (Ayers ve Westcot, 1994). Diğer bir toksik iyon da B'dur olup incelenen sularda B içeriği en fazla 1,50 ppm olarak belirlenmiştir. ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA, 2004) sulama sularının < 0,75 ppm B içeriklerinin uzun süreli kullanımlarda bile sorun yaratmayacağını ifade etmiştir. Ancak, Ayers ve Westcot (1994) tarafından, B içeriğinin 0,70 ppm'den fazla olması durumunda sorun yaşanacağı belirtilmiştir. Buna göre, Karaali, Göksu, Karayahşi, Necati bey çiftlik (şahıs), Kavaklıdere su kaynaklarının kullanıldığı alanlarda bitkilerde toksik etki görülebilecektir. Türkiye Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde B içeriği > 1 ppm olan sular sorunlu su olarak tanımlanmıştır. Buna göre ise, sadece Karaali, Karayahşi ve Kavaklıdere su kaynakları riskli grupta yer almaktadır.

Yer altı sulama sularında CO₃ içeriği, Necati bey çiftlik (şahıs) ve yer üstü sulama sularında ise Gediz Nehri-Manisa köprüsünde sırasıyla 0,28 ve 1,62 me L⁻¹ olarak belirlenmiş, diğer su kaynaklarında CO₃'a rastlanmamıştır. HCO₃ değerleri 2,90-13,18 me L⁻¹ arasında değişmiş, maksimum değer Kasaplı'da gözlenmiştir (Çizelge 3). Toprak çözeltisinde aşırı Ca ve HCO₃

iyonlarının bulunması topraktaki mevcut demirin absorpsiyonunu engelleyebilmektedir (Horuz ve ark., 2016). Ancak bitkiye zararlı etkisi, daha çok, Ca'nın çökmesine neden olarak ortamda Na'nın göreceli olarak artmasına sebebiyet vermesiyle olmaktadır (Kanber ve Ünlü, 2010). Ayers ve Westcot (1994) tarafından sulardaki HCO₃ içeriğinin 1,50-8,50 me L⁻¹ arasında olduğunda sorunun başlayacağı, 8,50 me L⁻¹'den fazla olduğunda ise şiddetli sorun yaşanacağı belirtilmiştir. Bu durumda Yeniköy, Köseali, Necati bey çiftlik (şahıs), Kavaklıdere ve Kasaplı mevkiilerindeki su kaynaklarıyla sulanan alanlarda şiddetli, diğer kaynaklarla sulanan alanlarda hafif-orta düzeyde sorunlar yaşanması söz konusudur (Çizelge 3). Suların SO₄ içerikleri 0,26-4,73 me L⁻¹ arasında değişmektedir (Çizelge 3). Scofield 1936 yaklaşımına göre SO₄ içeriği < 4 me L⁻¹ olan sulama suları, kalite açısından çok iyi sınıfta yer aldığı ve sulamada kullanılmasının bir sorun oluşturmayacağı belirtilmiştir (Kanber ve Ünlü, 2010). Bu durumda, sadece Cafer Fakılı (şahıs) su kaynağının sulamada kullanılması, sınırlı düzeyde risk taşımaya karşın bunun dışındaki diğer tüm su kaynaklarının kullanımında herhangi bir sorun söz konusu değildir.

Bitki besleme açısından önemli bir parametre olan pH değerleri, çalışma alanında, incelenen su kaynaklarının yarısına yakınında istenen sınırlar (6,5-8,4) içinde kalmasına rağmen diğer yarısıyla yapılacak sulamalarda, uzun süreçte bitki besleme açısından çeşitli sorunların meydana gelmesi söz konusu olabilir. Özellikle > 8 pH değerine sahip Necati bey çiftlik (şahıs), Ahmetli, Gediz Nehri-Hacıhaliller mansap, Gediz Nehri-Manisa köprüsü, Alaşehir çayı-Akhisar köprüsü ve Gediz Nehri-Akhisar köprüsü su kaynaklarının kullanıldığı alanlarda beslenme sorunlarının görülme olasılığı oldukça yüksektir (Çizelge 4).

pH değerlerinin, damla sulama sistemlerinde tıkanmanın derecesini kestirimde tek başına bir parametre

olarak da kullanılması söz konusudur (Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği, 2010). Damla sulama sistemleri açısından, 7-8 arasında pH değerine sahip Karaali, Yeniköy, Göksu, Saruhanlı, Karaköy, Taytan, Kapancı, Pazarköy, Karayahşi, Adala, Toygar, Gediz Nehri-Demirköprü baraj çıkışı, Kırkağaç, Akhisar, Akpınar, Sarıkız, Sobran, Göbekli, Piyadeler, Kavaklıdere, Işıklı (şahıs), Belenyaka, Cafer Fakılı (şahıs), Ahmetağa, Çavuşlar ve Y. Koçaklar su kaynaklarının kullanıldığı alanlarda orta derecede tıkanma, 8'den büyük pH değerine sahip Necati bey çiftlik (şahıs), Ahmetli, Gediz Nehri-Hacıhaliller mansap, Gediz Nehri-Manisa köprüsü, Alaşehir çayı-Akhisar köprüsü ve Gediz Nehri-Akhisar köprüsü su kaynaklarının kullanıldığı alanlarda ise şiddetli tıkanma sorunu riski söz konusudur (Çizelge 4).

Sulama suyunun EC değerinin 0,7 dS/m'den az olması bitkinin toprak suyundan yararlanması açısından bir sorun oluşturmazken, 0,7-3,0 dS/m arasında olduğunda su alımında sorunun başladığı, 3 dS/m'den büyük olduğunda ise sorunun şiddetlendiği ifade edilmektedir (Ayers ve Westcot, 1994). Bu değerlendirmeye göre; Karaali, Göksu, Saruhanlı, Kapancı, Pazarköy, Adala, Ahmetli, Gediz Nehri-Demirköprü baraj çıkışı, Akhisar ve Alaşehir çayı-Akhisar köprüsü, Akpınar, Sarıkız, Sobran, Göbekli ve Yukarı Koçaklar su kaynakları hariç diğer tüm kaynaklar için belirlenen EC değerleri 0,7-3,0 dS/m arasında kaldığından bu su kaynaklarının kullanıldığı alanlarda bitkilerin topraktan su alımında sorun yaşayabileceği anlaşılmaktadır (Çizelge 4). Analizi yapılan tüm su kaynakları tuzluluk açısından C₂ ve C₃ sınıfına girmektedir (Kanber ve Ünlü, 2010). Bu sınıftaki sular sulama yönünden sorun oluşturmeyen hafif bünyeli topraklarda ve tuzluluğa orta veya yüksek oranda dayanıklı bitkiler için kullanılabilir. Bölgede yetiştirilen bitkilerden fasulye için Yeniköy, Karaköy, Taytan, Köseali, Karayahşi, Necati bey çiftlik (şahıs), Toygar, Gediz Nehri-Hacıhaliller mansap, Gediz Nehri-Manisa köprüsü, Kırkağaç, Gediz Nehri-Akhisar köprüsü, Ilgın, Piyadeler, Kavaklıdere, Kasaplı, Işıklı (şahıs), Belenyaka, Cafer Fakılı (şahıs), Ahmetağa, Çavuşlar; soğan için Yeniköy, Karaköy, Taytan, Köseali, Necati bey çiftlik (şahıs), Toygar, Gediz Nehri-Hacıhaliller mansap, Gediz Nehri-Manisa köprüsü, Gediz Nehri-Akhisar köprüsü, Piyadeler, Kavaklıdere, Kasaplı, Işıklı (şahıs), Belenyaka, Cafer Fakılı (şahıs), Çavuşlar; marul için Yeniköy, Köseali, Necati bey, Toygar, Gediz Nehri-Hacıhaliller mansap, Gediz Nehri-Akhisar köprüsü, Piyadeler, Kavaklıdere, Kasaplı, Işıklı, Cafer Fakılı (şahıs), Çavuşlar; biber, üzüm, kayısı, erik için Yeniköy, Köseali, Necati bey çiftlik (şahıs), Toygar, Gediz Nehri-Hacıhaliller mansap, Gediz Nehri-Akhisar köprüsü, Piyadeler, Kavaklıdere, Kasaplı, Işıklı (şahıs), Cafer Fakılı (şahıs); şeftali ve bakla için Yeniköy, Köseali, Necati bey çiftlik (şahıs), Toygar, Gediz Nehri-Hacıhaliller mansap, Kavaklıdere, Kasaplı, Işıklı (şahıs); lahan ve kereviz için Yeniköy, Köseali, Toygar, Gediz Nehri-Hacıhaliller mansap, Kavaklıdere, Kasaplı, Işıklı (şahıs); ıspanak için Yeniköy, Necati bey çiftlik (şahıs), Toygar, Kasaplı, Işıklı (şahıs); domates ve hıyar için Kasaplı su kaynaklarının kullanıldığı alanlarda verimde kısmen azalışların olması beklenebilir.

Su kaynaklarının tuzluluk değerlerinin damla sulama sistemlerinde özellikle damlatıcılarda tıkanma sorunu yaratabileceği de bilinmektedir (ASAE, 2001). Buna göre; Yeniköy, Karaköy, Taytan, Köseali, Karayahşi, Necati bey çiftlik (şahıs), Toygar, Gediz Nehri-Hacıhaliller mansap, Gediz Nehri-Manisa köprüsü, Gediz Nehri-Akhisar köprüsü, Ilgın, Piyadeler, Kavaklıdere, Kasaplı, Işıklı (şahıs), Belenyaka, Cafer Fakılı (şahıs), Ahmetağa ve Çavuşlar sularının damla sulama sistemiyle uygulanması durumunda orta düzeyde tıkanmalar söz konusu olabilir (Çizelge 4).

Na'nın toprak yapısını bozucu etkisini değerlendirebilmek için, suların Na içeriğinin öteki katyonlara oranının bilinmesi gerekmektedir. En temel ölçüt olan %Na dikkate alındığında Taytan, Pazarköy, Toygar, Gediz Nehri-Manisa köprüsü, Gediz Nehri-Akhisar köprüsü, Ilgın, Göbekli, Kasaplı, Işıklı (şahıs) sularının hafif-orta seviyede, Köseali su kaynağının ise ciddi sorun yaratma potansiyeli bulunmaktadır (Çizelge 5). Sodyumun etkisini değerlendirmede daha yaygın kullanılan SAR ve SAR_{adj} değerleri dikkate alındığında ise

sadece Köseali ve Kasaplı su kaynaklarının SAR_{adj} değerinin 10'dan büyük olmasından dolayı hafif-orta derecede sorun yaratma potansiyelleri söz konusu olabilir.

Pozitif RSC değerleri sulara artık karbonat olduğunu gösterir. Artık karbonatın fazlalığı ise toprakların fiziksel özelliklerini bozarak siyah alkali toprakların oluşmasına neden olmaktadır (Kanber ve Ünlü, 2010). Bu nedenle RSC değeri 1,25–2,50 me L⁻¹ arası suların kontrollü kullanılması, > 2,50 me L⁻¹ olan suların ise normalde kullanılmaması gerektiği ifade edilmiştir (Eaton, 1950). Hesaplanan RSC değerlerine göre; Köseali su kaynağının sulamada kullanılması uygun değilken, Gediz Nehri-Akhisar köprüsü, Göbekli ve Kasaplı su kaynaklarının hafif-orta düzeyde sorunlar oluşturması söz konusudur (Çizelge 5).

Su kaynakları, sertlik parametresi açısından incelendiğinde, Köseali, Pazarköy, Adala, Ahmetli, Akhisar, Alaşehir Çayı-Akhisar köprüsü, Akpınar, Sarıkız ve Göbekli kaynaklarının, sertlik yönünden hafif su sınıfına girdiği ve bu su kaynaklarının sulamada kullanılması durumunda toprakların geçirgenliklerinde azalmalar görülebileceği söylenebilir (Çizelge 5).

Çizelge 4 Sulama sularının pH, EC (dS/m), pHc ve LSI değerleri
Table 4 pH, EC (dS/m), pHc and LSI values of irrigation waters

Alt Bölge - Örnek Yeri	pH	EC (dS/m)	pHc	LSI	
I	Karaali	7,30	0,60	7,07	0,23
	Yeniköy	7,22	1,50	6,51	0,71
	Göksu	7,65	0,61	6,70	0,95
	Saruhanlı	7,50	0,66	7,15	0,35
	Karaköy	7,26	0,81	6,91	0,35
	Taytan	7,75	0,86	7,18	0,57
	Köseali	6,90	1,23	6,94	-0,04
	Kapancı	7,54	0,57	7,13	0,41
	Pazarköy	7,85	0,65	7,11	0,74
	Karayahşi	7,50	0,76	6,98	0,52
	Adala	7,98	0,43	7,45	0,53
	Necati Bey çiftlik (şahıs)	8,09	1,41	6,43	1,66
	Toygar	7,04	1,52	6,84	0,20
	Ahmetli	8,24	0,44	7,47	0,77
II	Kırkağaç	7,51	0,74	7,03	0,48
	Akhisar	7,40	0,55	0,00	0,04
III	Akpınar	7,38	0,46	7,34	0,04
IV	Sarıkız	7,45	0,47	7,38	0,07
	Sobran	7,35	0,62	7,25	0,10
	Ilgın	6,81	0,74	7,29	-0,48
	Göbekli	7,70	0,63	7,36	0,34
	Piyadeler	7,21	1,02	6,83	0,38
	Kavaklıdere	7,12	1,21	6,67	0,45
	Kasaplı	6,78	1,94	6,47	0,31
	Işıklı (şahıs)	7,54	1,31	6,84	0,70
	Belenyaka	7,58	0,82	7,08	0,50
	Cafer Fakılı (şahıs)	7,18	1,05	7,12	0,06
	Ahmetağa	7,65	0,73	7,28	0,37
	Çavuşlar	7,50	0,97	6,96	0,54
	Yukarı Koçaklar	7,47	0,56	7,24	0,23
	I	Gediz Nehri-Hacıhaliller Mansap	8,27	1,23	6,72
Gediz Nehri-Manisa Köprüsü		8,59	0,96	7,14	1,45
Gediz Nehri-Demirköprü Baraj Çıkışı		7,65	0,66	7,20	0,45
II	Alaşehir Çayı-Akhisar Köprüsü	8,03	0,49	7,45	0,58
	Gediz Nehri-Akhisar Köprüsü	8,27	1,07	7,07	1,20

Çizelge 5 Sulama sularının %Na, SAR, AdjSAR, RSC, Sertlik, PT ve PI değerleri
Table 5 %Na, SAR, AdjSAR, RSC, Hardness, PT and PI values of irrigation waters

Alt Bölge - Örnekleme Yeri	%Na	SAR	AdjSAR	RSC (me L ⁻¹)	Sertlik	PT (me L ⁻¹)	PI (%)
Karaali	8,30	0,30	0,70	0,00	27,30	0,75	46,70
Yeniköy	10,90	0,59	1,72	0,00	56,20	0,73	36,70
Göksu	10,30	0,41	1,10	0,00	30,40	0,37	46,40
Saruhanlı	15,00	0,60	1,36	0,00	27,50	1,32	46,30
Karaköy	29,80	1,51	3,76	1,11	31,20	0,93	60,00
Taytan	49,70	3,03	6,72	0,96	22,30	2,43	74,70
I Köseali	67,70	5,92	14,56	6,94	19,60	1,05	94,30
Kapancı	16,80	0,66	1,51	0,00	25,50	0,97	52,40
Pazarköy	42,50	2,15	4,92	0,61	20,00	1,46	72,20
Karayahşi	18,20	0,83	2,01	0,00	33,40	1,37	47,00
Adala	10,00	0,32	0,63	0,00	18,70	0,90	47,70
Necati Bey (şahıs)	8,00	0,45	1,33	0,00	65,30	1,64	32,40
Toygar	42,30	3,05	7,82	0,00	42,30	5,46	60,40
Ahmetli	14,60	0,49	0,94	0,00	18,30	1,07	53,30
II Kırkağaç	21,50	0,92	2,18	0,63	27,40	0,63	56,30
Akhisar	22,20	0,85	1,73	0,00	20,10	1,16	57,70
III Akpınar	15,20	0,53	1,09	0,00	20,40	0,88	55,10
Sarıköz	20,10	0,72	1,45	0,00	19,60	1,02	56,70
Sobran	10,20	0,40	0,86	0,00	29,90	1,73	37,20
İlgın	42,00	2,23	4,70	0,00	22,60	2,84	64,00
Göbekli	52,80	2,75	5,61	2,23	14,70	0,75	88,00
Piyadeler	32,40	1,78	4,57	1,24	34,10	1,31	60,40
Kavaklıdere	23,60	1,41	3,84	0,00	49,60	2,62	46,00
IV Kasaplı	41,50	3,37	12,52	1,93	56,20	4,68	60,10
Işıklı (şahıs)	40,10	2,68	6,86	0,26	37,30	3,00	61,20
Belenyaka	23,80	1,18	2,73	0,00	33,80	2,04	47,30
Cafer Fakılı (şahıs)	24,60	1,30	2,96	0,00	36,60	3,75	44,60
Ahmetağa	21,10	0,96	2,03	0,00	30,50	2,39	43,00
Çavuşlar	18,00	0,92	2,24	0,00	42,20	2,87	38,70
Yukarı Koçaklar	13,10	0,49	1,05	0,00	25,60	1,25	45,00
Gediz Nehri-Hacıhaliller Mansap	27,30	1,58	4,22	0,00	44,10	3,01	51,10
I Gediz Nehri-Manisa Köprüsü	45,40	2,86	6,45	0,00	26,20	3,23	63,60
Gediz Nehri-Demirköprü Baraj Çıkışı	21,50	0,88	1,93	0,00	25,50	1,66	52,50
II Alaşehir Çayı-Akhisar Köprüsü	23,60	0,85	1,65	0,00	16,80	1,01	62,70
Gediz Nehri-Akhisar Köprüsü	51,70	3,64	8,45	1,69	24,10	2,31	75,20

Eriyebilirlikleri oldukça fazla olan CI ve SO₄ içeriklerinden kaynaklanan PT parametresine göre; Toygar su kaynağı killi topraklar için 3. sınıf, tınlı topraklar için 2. sınıf, Gediz Nehri-Hacıhaliller mansap ve Gediz Nehri-Manisa köprüsü su kaynakları killi topraklar için 2. sınıf, Kasaplı, Işıklı ve Cafer Fakılı (şahıs) su kaynakları killi topraklar için 2. sınıf sular grubuna girmektedir (Çizelge 5). Diğer su kaynakları tüm bünyedeki topraklar için 1. sınıf sulardır ve bu suların kullanılması durumunda sorun oluşmayacak iken, 2. sınıf suların kullanıldığı topraklarda hafif-orta düzeylerde, 3. sınıfta ise artan düzeyde potansiyel tuzluluk sorunları yaşanabilecektir.

Sulama suyunda toplam tuz, Na ve HCO₃ içerikleri kullanılarak hesaplanan PI parametresine göre de; 2. ve 3. sınıf sular toprak geçirgenliğini olumsuz etkileyebilmektedir. Bu durumda Köseali su kaynağı geçirgenliği düşük ve orta topraklar için 3. sınıfa, Göbekli su kaynağı ise geçirgenliği düşük topraklar için 3. sınıfa girdiğinden bu suların sorun oluşturma potansiyeli yüksektir (Kanber ve Ünlü, 2010).

Sonuç ve Öneriler

Çalışma alanını oluşturan Manisa yöresinde, incelenen yer üstü su kaynaklarının toprak, bitki ve damla sulama sistemleri açısından yer altı su kaynaklarına göre daha sorunlu olduğu ve kullanımında önlem alınması gerektiği ortaya çıkmıştır. Yer altı su kaynaklarından da toprak açısından Köseali, bitki açısından Necati bey çiftlik (şahıs) ile Kasaplı ve damla sulama sistemleri açısından ise Necati bey çiftlik (şahıs) su kaynaklarının daha fazla problemler oluşturacağı ortaya çıkmıştır.

Tuzluluk açısından daha sorunlu olan özellikle Yeniköy, Köseali, Necatibey Çiftlik (şahıs), Toygar, Kavaklıdere, Kasaplı, Işıklı (şahıs) ve Gediz Nehri-Hacıhaliller mansap kaynaklarıyla sulama yapılan yerlerde tuza dayanıklı bitki veya türler seçilmesinin yanı sıra tarla içi geliştirme uygulamaları kapsamında drenaj önlemlerinin alınması ve düzenli aralıklarla yıkamaların gerçekleştirilmesi uygun olacaktır (Kızıloğlu ve ark., 2007). Tuzlu suların kullanımında damla sulama yöntemine geçilmesi avantajlar yaratabilir. Ancak damlatıcılarda tıkanma riskine karşı ek önlemlere de müracaat edilmesi düşünülmelidir.

pH açısından öncelikle Necati bey çiftlik (şahıs), Ahmetli, Gediz Nehri-Hacıhaliller mansap, Gediz Nehri-Manisa köprüsü, Alaşehir çayı-Akhisar köprüsü ve Gediz Nehri-Akhisar köprüsü su kaynaklarının kullanıldığı alanlarda damla sulama sistemlerinde kimyasal tıkanmayı destekleyen yüksek pH'ı düşürerek olası CaCO_3 tıkanmasını gidermek amacıyla kuvvetli asitlerin seyreltilmiş dozlarda sisteme enjekte edilmesi gerekmektedir. Ancak suyun pH'sının düşürülmesinin, düşük pH'lı toprak koşullarında besin alımı dengesizliği yoluyla bitkisel üretime zararlı etkisi olabilir (ASAE, 2001). Bundan dolayı CaCO_3 'ün giderilmesinde organik asit yada kireç çözücü bakteri uygulamaları daha sağlıklı seçenekler olarak dikkate alınabilir (Eroğlu ve ark., 2009).

Köseali ve Kasaplı su kaynaklarının SAR_{adj} değerinin 10'dan büyük olması nedeniyle ciddi düzeyde permeabilite sorununun yaşanabileceği belirlenmiştir. Bu sularla sulama yapılırken ihtiyaçtan fazla su kullanılarak yıkama olanağı sağlanmalı ve ayrıca toprağa organik madde ilavesi düşünülmelidir (Kaya ve Öztürk, 2006). Yüksek organik madde kapsamından dolayı çöp kompostu uygulamasının da olumlu etkisinin olduğu ortaya konulmuştur (Hanay ve ark., 2004). Sodiklik riski söz konusu olduğunda bitki yetiştiriciliği açısından topraklara kireçtaşı uygulaması, Ca içeren başka diğer doğal kaynakların suya karıştırılarak uygulanması veya toprağa doğrudan karıştırılması da düşünülebilir (Munsuz ve ark., 2001; Kanber ve Ünlü, 2010). Yine Ca'nın çökmesine neden olarak ortamda Na'nın oransal olarak artmasına yol açan HCO_3 ve Cl 'ün bitkilere toksik etkisini azaltmak veya gidermek amacıyla da toprakta birikimler takip edilerek yıkama yoluyla toprakta bu birikimlerin önlenmesi iyi bir yol olacaktır. Suların B içeriğinin sorun oluşturacağı alanlarda, B kirlenmesinin dikkatle izlenmesi faydalı olacaktır. Köseali, Pazarköy, Adala, Ahmetli, Akhisar, Alaşehir Çayı-Akhisar köprüsü, Akpınar, Sarıkız ve Göbekli su kaynaklarının sertlik yönünden hafif su sınıfında olmaları nedeniyle bu suların killi topraklarda kullanılmasında toprakların geçirgenliğinin izlenmesi, gerekirse yapıyı düzeltici organik madde ilavesi yapılmalıdır.

RSC yönünden Gediz Nehri-Akhisar köprüsü, Göbekli ve Kasaplı su kaynaklarının ise uygun işletme koşullarında iyileştiricilerle kullanılması önerilir. Bu amaçla Ca içerikli suda çözünebilir doğal kaynaklar düşünülebilir.

Teşekkür

Araştırmanın yürütülmesinde sağladığı katkılar nedeniyle Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ve DSİ II. Bölge Müdürlüğüne teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- ASAE. 2001. American Society of Agricultural Engineers. Design and installation of microirrigation systems. ASAE Standarts EP405. 1 JAN01. 2950 Niles Rd., St. Joseph, MI 49085 – 9659, USA.
- Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği. 2010. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/03/20100320-7.htm>. Erişim tarihi: 11/05/2019.
- Aydın A, Sezen Y, 1995. Toprak kimyası laboratuvar kitabı. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayınları No: 174, Erzurum, 140-144.

- Ayers RS, Branson RL. 1975. Water Quality – Guidelines for Interpretation of Water Quality for Agriculture. Univ. Of Calif. Cooperative Extension, Multilith.
- Ayers RS, Westcot DW. 1989. Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage Paper, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 173.
- Ayers RS, Westcot DW. 1994. Water quality for agriculture. FAO irrigation and drainage Rev.1. Rome, Italy, 29.
- Ceylan H, Dağdelen N. 2018. Manisa koşullarında farklı sulama programlarının sofralık üzümde verim, verim bileşenleri ve su kullanım randımanına etkileri, DERİM, 35(1):51-60.
- Doneen LD. 1966. Water Quality Requirements for Agriculture. Proc. National Sym. Quality Standarts for Natural Waters, Univ., Michigan, 213-218.
- Eaton FM. 1950. Significant of carbonates in irrigation waters, Soil Sci. 69: 123 – 133.
- Eroğlu S, Şahin F, Şahin Ü, Anapalı Ö. 2009. Bacterical application for treatment of clogged emitters in drip irrigation systems as an environmentally friendly method. New Biotechnology, 25 (1): 271 – 272.
- Güngör Y, Erözal AZ ve Yıldırım O. 2002. Sulama (2. Baskı), Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları No: 1525, Ankara.
- Hanay A, Büyüksönmez F, Kızıloğlu FM, Canbolat MY. 2004. Reclamation of saline-sodic soils with gypsum and MSW compost. Compost Science & Utilization, 12: 175-179.
- Hoffman GJ, Ayers RS, Doering EJ and McNeal BL. 1983. Salinity in irrigated agriculture. Design and Operation of Farm Irrigation Systems (Ed, ME, Jensen). ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan, 145-185.
- Horuz A, Korkmaz A, Akınoğlu G, Boz E. 2016. Bitkilerde demir klorozunun nedenleri ve giderilme yöntemleri. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 4 (1): 32 – 42.
- Howell TA, Stevenson DS, Aljibury FK, Gitlin HM, Wu IP, Warrick AW and Raats PAC. 1983. Design and operation of trickle (drip) systems. Design and Operation of Farm Irrigation Systems (Ed, ME, Jensen). ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan, 663-718.
- Kanber R, Ünlü M. 2010. Tarımda su ve toprak tuzluluğu. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Yayınları No: 281, Adana, 307.
- Kapluhan E. 2013. Türkiye'de kuraklık ve kuraklığın tarıma etkisi. Marmara Coğrafya Dergisi sayı: 27: 487-510. İstanbul. Issn:1303-2429.
- Kaya N, Öztürk M. 2006. Elazığ il sınırları içerisindeki sulama sularının incelenmesi. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları Kızıloğlu FM, Kuşlu Y, Tunç T ve Yanık R. 2007. Erzurum ilindeki bazı su kaynaklarının kalitelerinin bitki, toprak ve sulama açısından değerlendirilmesi. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg. 38 (2): 173-179.
- Kuşlu Y, Şahin Ü, Anapalı Ö ve Kızıloğlu FM. 2005. Damla sulama sistemlerinde tıkanma ve giderilmesi ile farklı damlatıcı tiplerinin özellikleri. GAP IV. Tarım Kongresi Bildiri Kitabı, II. Cilt, 1094–1101.
- Manisa İl Çevre Durum Raporu. 2017. Manisa Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü.
- Manisa Tarım Master Planı. 2006. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Manisa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü.
- MGM. 2019. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr>, Erişim tarihi: 10/ 04/ 2019.
- Metcalfe and Eddy. 2003. Wastewater engineering treatment and reuse, Fourth Edition, McGrawHill, New York.
- Munsuz N, Çaycı G, Sözüdoğru Ok S. 2001. Toprak ıslahı ve düzenleyiciler (tuzlu ve alkali toprakların ıslahı). Ankara Üniv. Yayın No: 1518, Ankara.
- Nakayama FS. 1982. Water analysis and treatment techniques to control emitter plugging. Proc. Irrigation Assocation Conf. Portland, Oregon.
- Nakayama FS, Boman BJ, Pitts DJ, In: Lamm FR, Ayars JE, Nakayama FS (eds.). 2007. Micro irrigation for crop production, design, operation, and management, Elsevier, Amsterdam, 389–430.

- Şahin Ü, Anapalı Ö, Hanay A. 1998. Erzurum ili Tortum ve Uzundere ilçeleri seralarında sulamada kullanılan suların toprak, bitki ve damla sulama yönünden değerlendirilmesi. Doğu Anadolu Tarım Kongresi Bildiri Kitabı, Erzurum, 1492-1503.
- Tabaei HA, Guitjens JC. 1991. Water quality of shallow ground water reused for irrigation. Irrigation and Drainage (Ed., W.F. Ritter), ASAE, 345. East 47th Street, New York, 260-266.
- Türkeş M. 2011. Akhisar ve Manisa yörelerinin yağış ve kuraklık indisi dizilerindeki değişimlerin hidroklimatolojik ve zaman dizisi çözümlemesi ve sonuçların çölleşme açısından coğrafî bireşimi. Cođrafî Bilimler Dergisi. 9 (1): 79-99.
- Tüzel İH, Anaç S. 1991. Damla sulama sistemlerinde damlatıcı tıkanması ve koruma uygulamaları. Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 28(1): 239-254.
- Varol F, Bellitürk K, Sağlam MT. 2005. Tekirdađ ili sulama sularının özellikleri. Trakya Üniv. Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi, 11 (4): 391-396.