

Bilecik-Osmaneli yöresi sulama suları kalitelerinin belirlenmesi

Determination of irrigation water qualities of Bilecik-Osmaneli district

Filiz ÖKTÜREN ASRİ, E. Işıl DEMİRTAŞ, Nuri ARI, C. Fehmi ÖZKAN

Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya

Sorumlu yazar (Corresponding author): F. Öktüren Asri, e-posta (e-mail): filizokturen@hotmail.com

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi 10 Ağustos 2012
Düzeltilme tarihi 5 Mart 2013
Kabul tarihi 11 Mart 2013

Anahtar Kelimeler:

Sulama suyu
Su kalitesi
Tuzluluk
SAO
Osmaneli

ÖZ

Çalışma, Bilecik ili Osmaneli ilçesinde örtü altı yetiştiriciliğinde sulama amaçlı kullanılan kuyu sularının kalitelerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla bölgedeki 46 adet kuyu suyundan su örnekleri alınarak, pH, EC, Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , CO_3^{-2} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{-2} ve B analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre SAO, % Na ve BSK değerleri hesaplanarak, kalite sınıfları belirlenmiş ve değerlendirmeleri yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, incelenen örneklerin % 41.30'unun C₂, % 47.82'sinin C₃ tuzluluk sınıfına girdiği belirlenmiştir. Sulama suyu örneklerinin tamamı sodyum adsorpsiyon oranı (SAO) açısından 1. sınıf sularıdır. İncelenen örneklerin klor içerikleri, yetiştiriciliğinde kullanıldıkları bitkiler göz önüne alındığında toksik etki gösterecek düzeyde değildir. Su örneklerinin büyük bir çoğunluğunun örtü altı yetiştiriciliğinde verim kaybına yol açmadan kullanılabilceği belirlenmiştir.

ARTICLE INFO

Received 10 August 2012
Received in revised form 5 March 2013
Accepted 11 March 2013

Keywords:

Irrigation water
Water quality
Salinity
SAR
Osmaneli

ABSTRACT

This research was realized to determine the quality of well waters used for irrigation purposes in crop production under greenhouses of Osmaneli district of Bilecik province. For this purpose, water samples were taken from 46 wells in the region. Analyses of irrigation waters including pH, EC, Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ , CO_3^{-2} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{-2} , and B were done. From the analyses results SAR, Na % and RSC values were calculated and the quality classes were determined and evaluated. The results showed that 41.30 and 47.82 % of the investigated water samples had moderate and high salinity, respectively. In term of SAR value, all samples were considered as first class irrigation waters. Chloride contents of water samples, was not high to show toxic effect to the growing plants. It was determined that most of the irrigation waters can be used in production under greenhouses without yield loss.

1. Giriş

Dünya nüfusunun hızla artması ve artan nüfusun besin ihtiyaçlarının karşılanması zorunluluğu, üreticileri birim alandan daha fazla miktarda ve kaliteli ürün elde edilebilen örtüaltı yetiştiriciliğine yöneltmiştir. Türkiye'de örtüaltı yetiştiriciliği iklim özelliklerinin uygunluğu (ışıklenme süresi, sıcaklık vb.) nedeniyle Ege ve Akdeniz bölgelerinde gelişim göstermiş olup son yıllarda diğer bölgelerimizde de hızla yayılmaktadır.

Nitekim Bilecik ili Osmaneli ilçesinin tarımsal potansiyeli oldukça yüksek olup genel olarak ilçede üretim açık tarla ve bahçe ziraatı şeklinde gerçekleşmektedir. Osmaneli ilçesindeki tarım arazilerinin örtüaltı yetiştiricilik potansiyellerinin belirlenmesi amacıyla çalışmalar yapılmaktadır. Bitkisel üretimin verim ve kalitesini direkt etkileyen sulama suyunun bitki gelişimini ve toprak özelliklerini olumsuz etkileyecek kalitede olmaması gerekmektedir. Tüm sulama sularının bileşimlerinde az veya çok erimiş katı madde (tuz) bulunur. Bu tuzların gübreleme ve kalitesiz sulama sularının kullanılması ile

çoğalması toprak çözeltisinin osmotik basıncını yükseltir. Böylece köklerin topraktan su alımları azalır ve fizyolojik kuraklık etkisi görülür. Toprakta kök bölgesinin osmotik basıncı 5 atm'i geçerse kültür bitkileri fizyolojik kuraklık yaşayarak ölürlür (Sade 2000). Fizyolojik kuraklık nedeniyle tuzluluk ürün miktar ve kalitesinin azalmasına yol açar. Yurtseven ve Baran (2000) sulama suyu tuzluluğunun artmasıyla birlikte brokoli veriminin azaldığını bildirmişlerdir. Topraktaki tuz konsantrasyonunun artmasıyla bitki kök bölgesinde iyon dengesi ve hücre zarı geçirgenliği bozulur böylece bitki beslenme durumu etkilenir. Metabolik olaylarda kullanılan bazı elementlerin alınımının azalması sonucunda değişik fizyolojik bozukluklar ortaya çıkar (Villora ve ark. 1997).

Sodyum adsorpsiyon oranı (SAO), sodyumun toprak üzerindeki etkilerinin belirlenmesinde kullanıldığı için sulama sularının önemli kalite kriterlerinden biridir. Sulama suları ile toprağa ulaşan sodyum iyonları toprağın fiziksel ve kimyasal

özelliklerine, iklim koşullarına, uygulanan sulama yöntemine, aralığına ve su miktarına bağlı olarak değişmekle (Varol ve ark. 2005) birlikte toprak kolloidlerinin disperse olmasına yol açarak strüktürel yapının bozulmasına neden olur. Bozulan toprak gözenekliliği nedeniyle toprağın hava ve su geçirgenliği azalır (Ayyıldız 1990).

Kurulum ve işletme maliyeti yüksek olan örtüaltı yetiştiriciliğine geçilmeden önce sulamada kullanılacak suyun kalitesinin belirlenmesi, uygun bitki çeşidinin seçilmesi ve tarım tekniklerinin kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada Bilecik ili Osmaneli ilçesinde yetiştiricilik yapmakta olan üreticilere ait sulama suyu örneklerinin kalite özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Araştırma materyalini oluşturan sulama suyu örnekleri Bilecik ili Osmaneli ilçesinde sebze ve meyve yetiştiriciliği yapılan alanlardan sulamanın yapıldığı mevsimde Temmuz 2011 tarihinde alınmıştır. Su örneklerinin alındığı yerler ve yetiştiricilikte kullanıldığı bitkiler Çizelge 1’de verilmiştir. Su örnekleri Ayyıldız (1990)’ın belirttiği şekilde, pompalar 15-20 dakika çalıştırdıktan sonra temiz pet şişelere hava boşluğu kalmayacak şekilde alınmıştır. Işık almaması için kağıtla sarılarak vakit geçirmeden laboratuara getirilmiştir.

2.2. Yöntem

Alınan sulama suyu örneklerinde pH ve EC Ayyıldız (1976)’ın bildirdiği şekilde; Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} ve Na^{+} miktarları atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile (Fresenius ve ark. 1988), CO_3^{-2} ve HCO_3^{-} sülfirik asit titrasyonu, Cl^{-} gümüş nitrat titrasyonu ile (Ayyıldız 1976), SO_4^{-2} baryum klorür ile ve B Azomethin-H yöntemiyle (Fresenius ve ark. 1988) belirlenmiştir. Yüzde sodyum oranını (eşitlik 1), sodyum adsorpsiyon oranını (eşitlik 2) ve BSK değerlerinin (eşitlik 3) belirlenmesinde (Ayyıldız 1976) tarafından önerilen eşitlikler kullanılmıştır.

$$\%Na = \frac{Na^{+}}{Na^{+} + Ca^{+2} + Mg^{+2} + K^{+}} \times 100 \quad (\text{Eşitlik 1})$$

$$SAO = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} \quad (\text{Eşitlik 2})$$

Eşitlik 2’de Na, Ca ve Mg konsantrasyon değerleri $me L^{-1}$ olarak ifade edilmektedir

$$BSK = (CO_3^{-2} + HCO_3^{-}) - (Ca^{+2} + Mg^{+2}) \quad (\text{Eşitlik 3})$$

3. Bulgular ve Tartışma

Sulama suyunun pH değerinin çok düşük ya da çok yüksek olması bitki beslenme bozukluklarının ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Bu nedenle tarımsal amaçlı kullanılan suların pH’larının 6.50-8.50 arasında olması istenir (Kanber ve ark. 1992). Çalışmada incelenen sulama suyu örneklerinin pH’larının 6.60-8.10 arasında değiştiği ve istenilen sınır değerleri aşmadığı saptanmıştır (Çizelge 2). Analiz sonuçlarına göre su örneklerinin % 58.70’inin nötr ($6.6 < pH < 7.3$), % 37.0’sinin hafif alkali ($7.4 < pH < 7.8$) ve % 4.30’unun ise alkalin

($7.9 < pH < 8.4$) karakterde olduğu belirlenmiştir. Yeraltı sularının pH değerleri genellikle yerüstü sularınkinden daha düşük olup hafif asit ve nötr sınıflardadır. Nitekim Konya yöresinde bazı yeraltı ve yerüstü sulama sularının kalitelerini inceleyen Zengin ve ark. (2008a) yeraltı sulama sularının pH değerlerini daha düşük bulmuşlardır. Burada etkili faktör yeraltı sularında daha fazla çözülmüş CO_2 ’in bulunmasıdır.

Sulama suyu örneklerinin eriyebilir toplam tuz konsantrasyonlarının 243-2900 $\mu S cm^{-1}$ arasında değiştiği saptanmıştır. ABD Riverside Tuzluluk Laboratuvarı tarafından oluşturulan sınır değerlerine göre örneklerin % 4.35’i 1.sınıfta (düşük tuzlu), % 41.30’u 2. sınıfta (orta tuzlu), % 47.82’si 3. sınıfta (yüksek tuzlu) ve % 6.53’ü 4. sınıfta (çok yüksek tuzlu) yer almıştır. Genel olarak bakıldığında örneklerin % 89.12’sinin 2. (250-750 $\mu S cm^{-1}$) ve 3. sınıf (750-2250 $\mu S cm^{-1}$) tuz içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Suyun toplam iyon konsantrasyonu, toprak çözeltisi içerisinde osmotik basıncı artırarak bitkinin su alımını etkilemesinden dolayı önemli bir kalite kriteridir. Yüksek osmotik basınç etkisinde bitki su tüketimi azalır, böylece bitkiler kuraklık stresine maruz kalmış gibi turgorlarını kaybeder, yaprakları sararır, solar ve ölebilirler (Ayyıldız 1990). Bununla birlikte sulama suyundan kaynaklanacak toprak tuzluluğu, sadece kullanılan suyun tuz içeriğine bağlı olmayıp, aynı zamanda toprağın yapısını, iklim ve drenaj koşullarına da bağlıdır. Bitkilerin tuzluluğa karşı göstermiş oldukları tepkileri de farklılık göstermektedir. Bazı bitkilerin yüksek tuzluluğa karşı toleransları diğer bazı bitkilerden fazla olabildiği için ürün azalması sorunu yaşanmamaktadır. Bu nedenle C_3 sınıfındaki sulama sularının kullanıldığı alanlarda yeterli drenajın sağlanması ve yetiştirilecek bitkilerin tuza orta dereceden daha fazla dayanıklı türlerden seçilmesi önerilebilir. Tuzluluk açısından 4. sınıfta ($>2250 \mu S cm^{-1}$) yer alan 5 ve 6 nolu sulama suları hıyar bitkisinin, 20 nolu örnek ise domates bitkisinin yetiştiriciliğinde kullanılmaktadır (Çizelge 1). Hıyar ve domates bitkilerinin yetiştiriciliğinde verim kaybına yol açmaması için sulama suyunun elektriksel iletkenlik eşik değerinin en fazla 1700 $\mu S cm^{-1}$ olabileceği, bundan sonraki değerlerin verim kaybına yol açabileceği bildirilmiştir (Ayers ve Westcot 1989). Buna göre incelenen sulama suyu örneklerinin tuz içeriği hıyar ve domateste % 10-25 oranlarında verim kaybına yol açabilir. Söz konusu sular kabak bitkisinin yetiştiriciliğinde verim kaybına yol açmadan kullanılabilirliğinden (Ayers ve Westcot 1989) hıyar ve domates yerine kabak yetiştirilmesi önerilmektedir.

Sulama sularında bulunan en önemli katyonlar kalsiyum, magnezyum ve sodyum olup az miktarda potasyum da bulunmaktadır. Genellikle kara sularında bulunan en yüksek katyon Ca^{+2} iken, deniz sularında Mg^{+2} daha hâkim durumdadır (Zengin ve ark. 2008b). İncelenen sulama suyu örneklerinin kalsiyum konsantrasyonları 1.48-12.5 $me L^{-1}$ arasında değişmektedir (Çizelge 2). Bitki gelişimi açısından mutlak gerekli elementlerden biri olan kalsiyumun sulama sularındaki yeterli düzeyi 40-100 $mg L^{-1}$ (2-5 $me L^{-1}$) olarak bildirilmiştir (Will ve Faust 1999). Bildirilen sınır değerleriyle karşılaştırılan örneklerin % 32.60’ı düşük, % 47.83’ü yeterli ve % 19.57’si ise yüksek düzeyde kalsiyum içermektedir. Sulama sularının magnezyum konsantrasyonları 0.56-10.02 $me L^{-1}$ arasında değişmektedir (Çizelge 2). Will ve Faust (1999) tarafından bildirilen 30-50 $mg L^{-1}$ (2.5-4.2 $me L^{-1}$) yeterlilik sınır değerine göre değerlendirilen örneklerin % 58.70’inin yeterli ve yüksek düzeyde, % 41.30’unun ise düşük düzeyde magnezyum içerdiği belirlenmiştir. Sulama sularında bulunan diğer bir faydalı katyon ise potasyumdur. Bilindiği üzere potasyum, bitkiler için mutlak gerekli bir besin maddesidir. Çalışmada incelenen

Çizelge 1. Sulama suyu örneklerinin alındığı yerler ve yetiştirilen bitkiler.**Table 1.** Places taken of water samples and plants grown.

Örnek No	Örneğin Alındığı Yer	Yetiştirilen Ürün
1	Soğucakpınar	Domates
2	Borcak	Kavun
3	Ciciler	Karpuz
4	Hisarcık	Şeftali
5	Selçik	Hıyar
6	Düzmeşe	Hıyar
7	Medetli	Domates
8	Merkez-Saylar	Domates
9	Merkez-Taşköprü	Domates
10	Selimiye	Domates
11	Selimiye	Hıyar
12	Belenalan	Hıyar
13	Hisarcık	Domates
14	Yeşilçimen	Domates
15	Çerkeşli	Domates
16	Hisarcık	Hıyar
17	Gaziler	Domates
18	Kazancı	Domates
19	Ericcek	Zeytin
20	Akçapınar	Domates
21	Soğucakpınar	Domates
22	Çerkeşli	Şeftali
23	Selimiye	Karpuz
24	Soğucakpınar	Domates
25	Düzmeşe	Domates
26	Hisarcık	Domates
27	Oğulpaşa	Domates
28	Oğulpaşa	Domates
29	Selimiye	Üzüm
30	Oğulpaşa	Domates
31	Selçik	Karpuz
32	Düzmeşe	Patlıcan
33	Büyükyenice	Hıyar
34	Orhaniye	Karpuz
35	Oğulpaşa	Barbunya
36	Yeşilçimen	Hıyar
37	Ciciler	Şeftali
38	Oğulpaşa	Domates
39	Medetli	Biber
40	Çerkeşli	Domates
41	Hisarcık	Domates
42	Selçik	Hıyar
43	Medetli	Kavun
44	Sarıyazı	Domates
45	Düzmeşe	Hıyar
46	Selçik	Kavun

sulama suyu örneklerinin potasyum içerikleri 0.02-1.09 me L⁻¹ arasında değişmektedir. Sulama suları için 50 mg L⁻¹(2.2 me L⁻¹) sodyum düzeyi uygun olarak bildirilmektedir (Will ve Faust 1999). İncelenen sulama suyu örneklerinin sodyum konsantrasyonları 0.11-14.76 me L⁻¹ arasında değişmekte olup (Çizelge 2) 24 adet örneğin sodyum içeriği 2.2 me L⁻¹'den daha yüksektir. Sulama, bitkisel üretimde elde edilen ürün miktar ve kalitesini artırmasına rağmen bilinçsizce kullanılan fazla suyun buharlaşması tuzların toprakta birikmesine yol açmaktadır. Buharlaşma ve transpirasyon ile tuz konsantrasyonu arttıkça Ca ve Mg tuzlarının erirlikleri azalır, ortamda çökeltir ve sodyum toprak çözeltisinde erir halde kalır. Sodyum, kil minerallerindeki Ca ve Mg ile yer değiştirerek başat hale geçer. Böylece alkalilik başlar ve sodyum toprağın strüktürel yapısının ve geçirgenliğinin bozulmasına yol açar (Ince 1980).

Sulama sularının karbonat ve bikarbonat içerikleri, nötrale edilebilen bileşiklerin konsantrasyonunu ifade etmektedir.

İncelenen sulama sularında karbonat bulunmamaktadır, bikarbonat içerikleri ise 1.69-19.50 me L⁻¹ arasında değişmektedir. Örneklerin % 86.96'sının orta (1.5-8.5 me L⁻¹), % 13.04'ünün yüksek (>8.5 me L⁻¹) düzeyde bikarbonat içerdiği saptanmıştır. Sulama sularının bikarbonat iyonu (HCO₃⁻) konsantrasyonu fazla olduğunda, toprak içerisindeki Ca⁺² ile birleşerek CaCO₃ şeklinde çökeltir. Bu çökeltme toprağın değişim materyalindeki ve çözelti fazındaki sodyum oranını yükselterek toprak alkaliliğini (sodikliğini) artırmaktadır. Karbonat ve bikarbonat ile aynı konsantrasyonda Ca ve Mg içeren sulardaki bikarbonat iyonlarının alkalilik yönünden soruna neden olmayacağı genellikle kabul edilir. Ancak sulama suyunun CO₃⁻² ve HCO₃⁻ konsantrasyonu iki değerli kanyonlardan daha fazla ise, toprakta Na₂CO₃ birikimi meydana gelebilmektedir (Sağlam 1977). Bu açıdan bakıldığında 20, 25, 29, 31, 34 ve 45 nolu örneklerin HCO₃⁻ içeriklerinin toplam Ca+Mg konsantrasyonlarından daha fazla olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyonlar arasındaki fark 25, 29 ve 34 nolu örneklerde daha azdır. Ancak 20 (Na: 14.76 me L⁻¹), 31 (Na: 8.94 me L⁻¹) ve 45 (Na: 7.05 me L⁻¹) numaralı örneklerin Na konsantrasyonunda yüksek olduğu göz önüne alındığında, bu suların kullanılabilmesi için toprakta Na₂CO₃ birikimini önleyici tedbirlerin alınması gerektiği düşünülmektedir. Aksi takdirde toprak sodikleşerek strüktürü kültür bitkilerinin gelişmesini engelleyecek şekilde bozulacaktır (Zengin ve ark. 2008b).

Klor sulama suyu içerisinde bulunan en önemli anyondur. Osmaneli ilçesinde sulama amaçlı kullanılan suların klor içerikleri 0.27-5.21 me L⁻¹ arasında değişmektedir (Çizelge 2). Christiansen ve ark. (1977)'e göre değerlendirilen örneklerin % 89.13'ü 1. sınıf ve % 10.87'si ise 2. sınıfa girmektedir. Klor konsantrasyon değeri 5 me L⁻¹'den az olan suların duyarlı, 5-10 me L⁻¹ arasında olanların orta hassas ve 10 me L⁻¹'den fazla olanların ise dayanıklı bitkilerin sulanmasında sakınca bulunmamaktadır (Maas 1990). İncelenen sulama suyu örneklerinden yalnız 6 nolu örnek (5.21 me L⁻¹) 5 me L⁻¹'den fazla klor içerir. Söz konusu sulama suyu hıyar yetiştiriciliğinde kullanılmaktadır. Hıyar bitkisi klor elementine toleranslılık bakımından dayanıklı sınıfta yer aldığından, kullanılmasının bitkide arazlara yol açmayacağı düşünülmektedir.

Sulama sularında kaliteyi etkileyen önemli faktörlerden biri de sülfattır. İncelenen sulama sularının sülfat içerikleri 0.02-15.73 me L⁻¹ arasında değişmektedir (Çizelge 2). Christiansen ve ark. (1977)'e göre değerlendirilen örneklerin % 52.18'i 1. sınıfa, % 21.74'ü 2. sınıfa, % 15.21'i 3. sınıfa ve % 8.70'i 4. sınıfa ve % 2.17'si 6.sınıfa dâhil olmuştur (Çizelge 3). Kükürt bitkilerin yaşamı için mutlak gerekli makro besin elementlerinden biridir ve sulama sularında bulunmasıyla gübre etkisinde bulunmaktadır. Yüksek düzeyde sülfat içeren suların kullanılması toprakta CaSO₄ oluşmasına ve çökeltmesine yol açar. Bu durumda toprak çözeltisindeki Na konsantrasyonu dolayısıyla SAO artar ve bu zararlı etki ise toprak özelliklerinin ve iyon bileşiminin bozulmasına neden olur. Toprakta kükürt konsantrasyonu artarsa bazı toksisite belirtileri görülebilir (Modaihsh ve Alsdon 1994).

İncelenen sulama sularının bor içerikleri 0.08-1.10 mg L⁻¹ arasında değişmektedir (Çizelge 2). Christiansen ve ark. (1977)'e göre değerlendirilen örneklerin % 95.66'sı 1. sınıf,

% 2.17'si 2. sınıf ve yine % 2.17'si ise 3. sınıfta yer almıştır (Çizelge 3). Bor, bitkilerin büyüme ve gelişmeleri açısından mutlak gerekli mikro besin elementlerinden biri olmasına rağmen fazla bulunması halinde toksik etkisi nedeniyle

Çizelge 2. Su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları.**Table 2.** Results of the chemical analysis of water samples.

Örn.	pH	EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Katyonlar (me L ⁻¹)					Anyonlar (me L ⁻¹)				ΣA	B (mg L ⁻¹)	SAO	% Na	BSK	Kalite sınıfı
			Ca	Mg	K	Na	ΣK	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²						
1	7.00	696	3.50	2.23	0.08	1.29	7.10	-	3.50	0.51	3.09	7.1	0.21	0.77	18.16	-2.23	C ₂ S ₁
2	6.97	1500	4.35	6.40	0.12	6.80	17.67	-	7.00	1.70	8.97	17.67	0.25	2.94	38.48	-3.75	C ₃ S ₁
3	7.53	855	3.46	2.65	0.17	3.39	9.67	-	4.00	1.86	3.81	9.67	0.22	1.94	35.06	-2.11	C ₃ S ₁
4	7.20	318	1.86	0.83	0.03	0.20	2.92	-	2.08	0.40	0.44	2.92	0.12	0.17	6.85	-0.61	C ₂ S ₁
5	7.07	2420	5.77	10.02	0.33	9.01	25.13	-	11.0	2.32	11.81	25.13	0.40	3.21	35.85	-4.79	C ₄ S ₁
6	6.87	2600	12.5	8.08	0.26	6.60	27.44	-	6.50	5.21	15.73	27.44	0.25	2.06	24.05	-14.08	C ₄ S ₁
7	7.05	748	3.95	3.03	0.07	0.75	7.80	-	5.00	0.64	2.16	7.8	0.16	0.40	9.62	-1.98	C ₂ S ₁
8	6.96	1417	7.05	6.05	0.92	4.34	18.36	-	4.50	3.52	10.34	18.36	0.28	1.70	23.64	-8.60	C ₃ S ₁
9	7.18	1060	3.65	6.24	0.14	3.24	13.27	-	6.00	2.78	4.49	13.27	0.18	1.46	24.42	-3.89	C ₃ S ₁
10	7.40	1866	7.05	6.69	0.32	4.34	18.4	-	8.00	3.46	6.94	18.4	1.10	1.66	23.59	-5.74	C ₃ S ₁
11	7.30	1514	4.41	5.48	0.20	7.34	17.43	-	6.00	2.98	8.45	17.43	0.33	3.30	42.11	-3.89	C ₃ S ₁
12	7.50	744	4.44	3.02	0.03	0.56	8.05	-	5.50	0.58	1.97	8.05	0.16	0.29	6.96	-1.96	C ₂ S ₁
13	7.60	322	1.87	0.84	0.03	0.20	2.94	-	2.00	0.48	0.46	2.94	0.13	0.17	6.80	-0.71	C ₂ S ₁
14	7.43	350	1.94	1.05	0.04	0.30	3.33	-	2.55	0.73	0.05	3.33	0.13	0.25	9.01	-0.44	C ₂ S ₁
15	7.10	326	1.86	0.83	0.04	0.21	2.94	-	2.00	0.70	0.24	2.94	0.13	0.18	7.14	-0.69	C ₂ S ₁
16	7.40	323	1.89	0.84	0.03	0.20	2.96	-	2.33	0.57	0.06	2.96	0.13	0.17	6.76	-0.40	C ₂ S ₁
17	7.30	1300	4.79	6.77	0.26	4.40	16.22	-	6.50	1.24	8.48	16.22	0.24	1.83	27.13	-5.06	C ₃ S ₁
18	7.40	1700	1.80	7.82	0.12	7.42	17.16	-	9.00	2.33	5.83	17.16	0.25	3.38	43.24	-0.62	C ₃ S ₁
19	7.70	364	1.80	0.83	0.03	0.24	2.90	-	2.30	0.58	0.02	2.90	0.13	0.21	8.28	-0.33	C ₂ S ₁
20	7.40	2900	2.33	3.55	1.09	14.76	21.73	-	19.0	2.33	0.40	21.73	0.53	8.61	67.92	13.12	C ₄ S ₁
21	7.64	717	3.81	2.14	0.09	1.51	7.55	-	5.00	0.70	1.85	7.55	0.17	0.88	20.0	-0.95	C ₂ S ₁
22	7.30	343	1.87	5.29	0.03	0.24	7.43	-	3.00	0.47	3.96	7.43	0.13	0.13	3.23	-4.16	C ₂ S ₁
23	7.60	1770	4.25	5.29	0.20	7.33	17.07	-	6.50	3.10	7.47	17.07	0.35	3.36	42.94	-3.04	C ₃ S ₁
24	7.03	1331	5.78	5.62	0.11	3.88	15.39	-	5.00	1.20	9.19	15.39	0.21	1.63	25.21	-6.40	C ₃ S ₁

Çizelge 2 (Devamı). Su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları.

Table 2 (Continue). Results of the chemical analysis of water samples.

Örn.	pH	EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Katyonlar (me L ⁻¹)					Anyonlar (me L ⁻¹)					ΣA	B (mg L ⁻¹)	SAO	% Na	BSK	Kalite sınıfı
			Ca	Mg	K	Na	ΣK	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²							
25	7.30	898	3.00	3.71	0.08	2.45	9.24	-	7.50	1.02	0.72	9.24	0.19	1.34	26.52	0.79	C ₃ S ₁	
26	7.40	369	2.10	0.90	0.04	0.21	3.25	-	2.58	0.58	0.09	3.25	0.13	0.17	6.46	-0.42	C ₂ S ₁	
27	6.90	243	1.50	0.60	0.02	0.12	2.24	-	1.78	0.39	0.07	2.24	0.12	0.12	5.36	-0.32	C ₁ S ₁	
28	6.90	261	1.48	0.56	0.02	0.11	2.17	-	1.69	0.45	0.03	2.17	0.12	0.11	5.07	-0.35	C ₂ S ₁	
29	7.40	1483	2.09	4.06	0.16	9.17	15.48	-	8.00	2.72	4.76	15.48	0.33	5.23	59.24	1.85	C ₃ S ₁	
30	6.60	308	1.60	0.80	0.04	0.17	2.61	-	2.17	0.38	0.06	2.61	0.12	0.16	6.51	-0.23	C ₂ S ₁	
31	7.20	1894	5.90	9.12	0.28	8.94	24.24	-	19.5	3.30	1.44	24.24	0.23	3.26	36.88	4.48	C ₃ S ₁	
32	7.60	558	2.70	1.25	0.10	2.08	6.13	-	3.50	1.67	0.96	6.13	0.12	1.48	33.93	-0.45	C ₂ S ₁	
33	7.30	1298	5.54	5.99	0.17	4.23	15.93	-	6.00	2.93	7.00	15.93	0.11	1.76	26.55	-5.53	C ₃ S ₁	
34	7.10	695	2.90	1.27	0.11	2.17	6.45	-	4.50	1.63	0.32	6.45	0.11	1.50	33.64	0.33	C ₂ S ₁	
35	6.90	249	1.51	0.77	0.02	0.35	2.65	-	2.20	0.40	0.05	2.65	0.18	0.33	13.21	-0.08	C ₁ S ₁	
36	7.30	344	1.91	0.85	0.04	0.24	3.04	-	2.70	0.27	0.07	3.04	0.11	0.20	7.89	-0.06	C ₂ S ₁	
37	7.30	960	3.13	3.14	0.19	3.50	9.96	-	3.50	2.46	4.00	9.96	0.12	1.98	35.14	-2.77	C ₃ S ₁	
38	7.50	355	1.92	0.85	0.04	0.22	3.03	-	2.50	0.40	0.13	3.03	0.18	0.19	7.26	-0.27	C ₂ S ₁	
39	7.30	799	5.25	2.38	0.07	0.86	8.56	-	6.00	0.68	1.88	8.56	0.13	0.44	10.05	-1.63	C ₃ S ₁	
40	7.14	970	5.14	2.71	0.05	2.76	10.66	-	7.50	1.08	2.08	10.66	0.12	1.39	25.89	-0.35	C ₃ S ₁	
41	7.70	1173	4.56	5.35	0.05	3.18	13.14	-	8.50	1.07	3.57	13.14	0.13	1.43	24.2	-1.41	C ₃ S ₁	
42	7.20	1656	4.04	7.63	0.29	7.05	19.01	-	10.5	2.00	6.51	19.01	0.26	2.92	37.09	-1.17	C ₃ S ₁	
43	8.10	1028	3.51	3.27	0.22	4.50	11.50	-	5.00	2.21	4.29	11.5	0.19	2.44	39.13	-1.78	C ₃ S ₁	
44	7.61	345	1.92	0.90	0.04	0.25	3.11	-	2.48	0.55	0.08	3.11	0.08	0.21	8.04	-0.34	C ₂ S ₁	
45	7.90	1265	2.66	4.20	0.16	7.05	14.07	-	8.00	1.60	4.47	14.07	0.23	3.81	50.11	1.14	C ₃ S ₁	
46	7.30	1830	4.81	8.29	0.33	7.86	21.29	-	9.41	1.80	10.08	21.29	0.30	3.07	36.92	-3.69	C ₃ S ₁	
Maks.	8.1	2900	12.5	10.02	1.09	14.76	27.44	-	19.5	5.21	15.73	27.44	1.10	8.61	67.92	13.12		
Min.	6.6	243	1.48	0.56	0.02	0.11	2.17	-	1.69	0.27	0.02	2.17	0.08	0.11	3.23	-0.06		
Ort.	7.3	1010	3.59	3.7	0.160	3.39	10.84	-	5.65	1.52	3.67	10.84	0.21	1.61	23.73	-1.64		

Çizelge 3. Su örneklerinin kalite sınıflarına göre değerlendirilmesi.

Table 3. Evaluation of water samples according to the quality classes.

Parametreler	Sınıflar	Değerlendirme	Örnek Sayısı	%
EC	C1	250>	2	4.35
	C2	250-750	19	41.30
	C3	750-2250	22	47.82
	C4	2250<	3	6.53
Klor (me L ⁻¹)	1	0-3	41	89.13
	2	3-6	5	10.87
	3	6-10	-	-
	4	10-15	-	-
	5	15-20	-	-
	6	>20	-	-
Sülfat (me L ⁻¹)	1	0-3	24	52.18
	2	3-6	10	21.74
	3	6-9	7	15.21
	4	9-12	4	8.70
	5	12-15	-	-
	6	15<	1	2.17
Bor (mg L ⁻¹)	1	0-0.5	44	95.66
	2	0.5-1.0	1	2.17
	3	1.0-2.0	1	2.17
	4	2.0-3.0	-	-
	5	3.0-4.0	-	-
	6	4.0<	-	-
SAO	S1	0-10	46	100
	S2	10-18	-	-
	S3	18-26	-	-
	S4	26<	-	-
% Na	1	0-40	40	86.96
	2	40-60	5	10.87
	3	60-70	1	2.17
	4	70-80	-	-
	5	80-90	-	-
	6	90<	-	-
BSK	1	>1.25	43	93.48
	2	1.25-2.5	1	2.17
	3	>2.5	2	4.35

bitkilerin hassasiyet düzeylerine göre büyümelerini engelleyebilmektedir. Ürün açısından bakıldığında 2. ve 3. sınıf bor içeriğine sahip sulama sularının domates yetiştiriciliğinde kullanıldığı görülmektedir. Domates bor'a duyarlılık açısından yarı dayanıklı (1-2 mg L⁻¹) bitkiler arasında yer aldığından, suların bor içeriğinin üretimde soruna yol açabileceği düşünülmektedir.

SAO (Sodyum Adsorpsiyon Oranı) değerleri ABD Riverside Laboratuvarı'nın (Richards 1954) sınıflandırma sistemine göre değerlendirilmiştir. SAO değerleri 0.11-8.61 arasında değişen örneklerin tamamı az sodyumlu sınıfta yer

almıştır. Sulama suyu örneklerinin % Na değerleri 3.23-67.92 arasında değişmekte olup, Christiansen ve ark. (1977)'e göre değerlendirilen örneklerin % 86.96'sı 1. sınıfa, % 10.87'si 2. sınıfa (11, 18, 23, 29, 45 numaralı örnekler) ve % 2.17'si 3. sınıfa (20 nolu örnek) dahil olmuştur. Sodyumun asıl etkisi toprağın su geçirgenliği, infiltrasyon hızı ve gözeneklilik gibi fiziksel özellikleri üzerinedir. Yüksek Na ve tuz konsantrasyonuna sahip topraklarda çözeltide kalan toplam konsantrasyon sabit olduğu sürece topraktaki agregatlaşma ve su geçirgenliği değişmez, ancak toprağa düşük konsantrasyonda bir çözelti uygulandığı zaman agregatlar dispers olur ve geçirgenlik azalır (Christiansen ve ark. 1977; Zengin ve ark. 2008b). Nitekim % Na değeri açısından 2. sınıfta (örneklerin tamamı EC açısından 3. sınıf) ve 3. sınıfta (EC açısından 4. sınıf) yer alan örneklerin elektriksel iletkenlik değerleri yüksektir. Dolayısıyla bu durum sulama sularının kullanıldığı toprakların fiziksel özelliklerinde herhangi bir değişimin meydana gelmeyeceğini düşündürmektedir.

Bakiye sodyum karbonat (BSK) toprak özellikleri açısından oldukça önemlidir. Na₂CO₃ toprak içindeki organik maddeyi çözer, toprak kuru olduğu zaman yüzeyde siyah lekeler bırakır ve siyah alkali olarak bilinen toprakların oluşmasını yol açar. Bu topraklar kuru iken geniş çatlaklara sahip, nemli iken çok yapışkan olduklarından işlemeye uygun değildirler (Ayers ve Westcot 1989). BSK değeri açısından, incelenen örneklerin % 95.66'sı 1. sınıfta (> 1.25 me L⁻¹) yer almıştır.

4. Sonuç

Sera yatırım maliyetlerinin yüksek olması ve sulama suyu kalite kriterlerine müdahalenin mümkün olmaması gibi nedenlerden dolayı Osmaneli İlçesi sulama sularının kalite düzeyinin belirlendiği çalışmada, incelenen örneklerin %45.35'inin tuzluluk açısından sorun oluşturmadan, %47.82'sinin ise drenaj sorunun olmadığı arazilerde, tuzluluğa toleranslı bitkilerin yetiştiriciliğinde kullanılabileceği saptanmıştır. % Na ve SAO açısından bakıldığında ise genel olarak (11, 18, 20, 23, 29 hariç) sulama suyu örneklerinin kullanıldıkları topraklarda alkalilik tehlikesi meydana getirmeyeceği belirlenmiştir. Cl⁻ ve B konsantrasyonları açısından değerlendirildiğinde, yörede kullanılan sulama sularının özel iyon toksisitesine yol açacak düzeyde olmadığı, tarımsal amaçlı kullanılabileceği belirlenmiştir.

Sonuç olarak sulama suyu kalitesinin yanı sıra yetiştiricilik yapılıcak yörenin toprak ve iklim özellikleri ile çiftçinin sulama bilgisi ve yetiştirilen bitki türü de göz ardı edilmemelidir. Eğer su kalitesi düşük ise buna uygun, verim ve kalitede azalma sorunu yaşatmayacak bitki türleri seçilmeli ve gerekli toprak tedbirleri alınmalıdır.

Kaynaklar

- Ayers RS, Westcot DW (1989) Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper, 29 Rev.1., New York.
- Ayyıldız M (1976) Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 636, Ders Kitabı No: 199, Ankara.
- Ayyıldız A (1990) Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 344, Ankara.
- Christiansen JE, Olsen E, Willardson LS (1977) Irrigation Water Quality Evolution. Proceedings of the American Society of Civil Engineers: Journal of the Irrigation and Drainage Division 103 (IR2):155-169.
- Fresenius W, Quentin KE, Schneider, W (1988) Water Analysis a

- Practical Guide to Physico-Chemical and Microbiological Water Examination and Quality Assurance. Springer, New York.
- İnce F (1980) Erzurum yöresinde bulunan bazı suların kalitelerinin saptanması üzerine bir araştırma. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Dergisi 11: 127-134.
- Kanber R, Kırdı C, Tekinel O (1992) Sulama Suyu Niteliği Ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 6, Adana.
- Maas EV (1990) Crop Salt Tolerance. In: Tanji KK (Ed), Agricultural Salinity: Assessment and Management, American Society Civil Engineers, New York, pp. 262-304.
- Modaihsh AS, Alsadon AA (1994) Response of two tomato varieties to irrigation with sulphate waters. Journal of King Saud University Agricultural Science 6:163-170.
- Richards LA (1954) Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agricultural Handbook No:60, New York.
- Sade B (2000) Bitki Fizyolojisi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 29, Konya.
- Sağlam MT (1977) Sulama sularında mevcut olan karbonat ve bikarbonat iyonlarının toprak üzerindeki zararlı etkilerinin belirlenmesinde kullanılan bazı kıstaslar. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Dergisi 8:129-137.
- Varol F, Bellitürk K, Sağlam MT (2005) Tekirdağ İli Sulama Sularının Özellikleri. Tarım Bilimleri Dergisi 11: 391-396.
- Villora G, Pulgar G, Moreno DA, Romero L (1997) Salinity treatments and their effect on nutrient concentration in zucchini plants (*Cucurbitia pepo* L. var. *moschata*). Australian Journal Experimental Agricultural 37: 605-608.
- Will E, Faust EJ (1999) Irrigation Water Quality for Greenhouse Production. Agricultural Extension Service, The University of Tennessee, Tennessee.
- Yurtseven E, Baran HY (2000) Sulama suyu tuzluluğu ve su miktarlarının brokolide (*Brassiva oleracea* var. *botrytis*) verim ve mineral madde içeriğine etkisi. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 24:185-190.
- Zengin M, Gökmen F, Gezgin S (2008a) Konya ilinde sulama suyu kalitesi, çöllerleşme ve alınması gerekli önlemler. DSİ IV. Bölge Müdürlüğü Konya Kapalı Havzası Yeraltısuyu ve Kuraklık Konferansı Bildiri Kitabı, Konya, s. 77-86
- Zengin M, Karakaplan S, Ersoy İ (2008b) Determination of irrigation water quality of Lake Beyşehir and other water sources used in irrigation of Çumra Plain. Asian Journal of Chemistry 20: 694-704.