

## Karaman Ovası Yer Altı Sularının Kalite Özelliklerinin Elma Yetiştiriciliği Açısından Değerlendirilmesi

Kadir UÇGUN<sup>1\*</sup>, Hamza GENCER<sup>2</sup>, Mesut ALTINDAL<sup>3</sup>, Bahar TÜRKELİ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 70100 Karaman.

<sup>2</sup>İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 70100 Karaman

<sup>3</sup>Meyvecilik Araştırma Enstitüsü, 32500 Eğirdir-Isparta

\*[kadirucgun@gmail.com](mailto:kadirucgun@gmail.com) (Sorumlu yazar)

### Özet

İlman iklim meyveleri, düşük sulama suyu kalite özelliklerine birçok bitki türünden daha hassastır. Meyve ağaçları buldukları toprakları uzun yıllar işgal ettiklerinden tesis yapılmadan önce mutlaka toprak özellikleri ile beraber sulama suyu kalite özellikleri belirlenmelidir. Yapılan bu çalışmada Karaman Ovasında bulunan yer altı sularının kalite özellikleri belirlenerek elma yetiştiriciliği açısından değerlendirilmiştir. Bu amaçla farklı lokasyonlarda bulunan derin kuyulardan alınan 30 adet su örneğinde tuzluluk (EC), pH, kalsiyum (Ca<sup>2+</sup>), sodyum (Na<sup>+</sup>), magnezyum (Mg<sup>2+</sup>), potasyum (K<sup>+</sup>), karbonat (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), klor (Cl<sup>-</sup>) ve bor (B) analizleri yapılarak alkalilik, sodyum adsorpsiyon oranı (SAR), artık sodyum karbonat (RSC), ve toplam sertlik (TH) değerleri hesaplanmıştır. Alınan su örneklerinin tamamı alkali özellikte, tuzluluk yönünden C2 (%67) ve C3 (%33) sınıfında, toplam sertlik yönünden sert (%57) ve çok sert (%43) sular sınıfında yer almıştır. Bor içeriği bakımından 1 su örneği hariç problemsiz, sadece 3 kuyunun dışındaki sular Cl<sup>-</sup> açısından güvenle kullanılabilir bulunmuştur. Sodyum Adsorpsiyon Oranı ve RSC yönünden herhangi bir kalite sorunu bulunmamaktadır. Toplam Sertlik yönünden tüm kuyulardaki su kullanılırken dikkat edilmelidir. Kuyu sularının kalite özellikleri bölgeden bölgeye değil kuyudan kuyuya değişiklik göstermiştir. Bu yüzden her üretici kullandığı su kaynağının kalite özelliklerini bilmeli ve kullandığı suya göre tedbirleri almalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Meyve ağacı, sulama suyu, tuzluluk problemi, sodyum tehlikesi, iyon toksisitesi

### Assessing the Quality of Groundwater in Karaman Plain Regarding Apple Cultivation

#### Abstract

Temperate climate fruits are more sensitive to low irrigation water quality characteristics than many crop species. Since fruit trees occupy the soil for many years, irrigation water quality characteristics should be determined along with soil characteristics before orchard establishment. In this study, groundwater quality characteristics of Karaman Plain were determined and evaluated regarding apple cultivation. For this purpose, salinity (EC), pH, calcium (Ca<sup>2+</sup>), sodium (Na<sup>+</sup>), magnesium (Mg<sup>2+</sup>), potassium (K<sup>+</sup>), carbonate (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), chlorine (Cl<sup>-</sup>) and boron (B) were analyzed in 30 water samples collected from deep wells at different locations. Alkalinity, sodium adsorption rate (SAR), residual sodium carbonate (RSC) and total hardness (TH) were calculated from the values obtained. All water samples were alkaline, C2 (67%) and C3 (33%) for salinity, hard (57%) and very hard (43%) for total hardness. All waters except 1 sampled well were found safe for B, and except 3 sampled wells were found safe for Cl<sup>-</sup>. There are no quality problems in terms of SAR and, RSC. Attention should be paid in all wells in terms of TH. The quality characteristics of irrigation water vary from well to well not from region to region. Therefore, each producer should know the quality characteristics of the water source they use and take precautions according to the water they use.

**Keywords:** Fruit tree, irrigation water, salinity problem, sodium hazard, ion toxicity

### Giriş

Türkiye, 4.500.000 ton elma üretimi ile 93.000.000 ton olan Dünya üretiminin %4.82'sini karşılamakta ve bu üretim miktarı ile Dünyada ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye'de en çok elma yetiştirilen iller sırasıyla Isparta (%25.16), Niğde (%12.30) ve Karaman'dır (%11.91) (Bayav vd., 2023). Karaman ilinin tarım arazilerinin çok az bir kısmında elma üretimi yapıldığından diğer illere göre elma üretiminde ilerleme potansiyeli vardır. Karaman'ın toplam yüzölçümü 885.100 ha olup %38'inde (329.286 ha) bitkisel üretim gerçekleştirilmektedir. Bitkisel üretim yapılan bu alanların %80'inde tarla bitkileri, %10'unda ise meyvecilik yapılmaktadır. Tarım alanlarının %71'i (232.794 ha) sulama imkanlarının olmasına rağmen yaklaşık bu alanların yarısı (142.412 ha) sulanmaktadır. Ovanın sulama suyunun sağlanmasında yüzey suyu olarak Ayrancı (31 milyon m<sup>3</sup>), Gödet (158 milyon m<sup>3</sup>), İbrala (134

milyon m<sup>3</sup>) ve Deliçay barajları (26 milyon m<sup>3</sup>)'ndan yararlanılmaktadır. Karaman ilinde kullanılabilir yer altı suyu yıllık olarak 244 milyon m<sup>3</sup>'tür. Resmi kayıtlara göre yer altı suyundan kooperatiflerce sulanan alan 34.120 ha, şahıslarla sulanan alan ise 7.858 ha'dır (Anonim 2023). Fakat son zamanlarda çok fazla açılan kaçak derin kuyulardan sulamanın yapıldığı bilinmektedir. Özellikle bölgede mısır yetiştiriciliğinin fazla yapılması ve mısır bitkisi için bir sezonda çok fazla su kullanılması yer altı su seviyelerinde çok fazla düşüşe neden olmuştur. Hem son yıllarda düşen yağış miktarının yetersizliği bu olumsuz durumu daha ileri seviyelere taşımıştır. Sulama elma yetiştiriciliğinde önemli bir kültürel uygulamadır. Sulama uygulamaları elma ağaçlarının verim (Ucar vd., 2016), meyve kalitesi (Mpelasoka vd., 2000) ve beslenme durumunu (Uçgun vd., 2018) etkilemektedir. Bazı sulama suyu parametreleri istenilen aralıkta olmazsa sulamanın faydasından

çok zararlı etkileri oluşmaktadır. Sulama sularının kalitesi, yer altı suyunun nasıl çıkarıldığına ve kullanıldığına, yağış yoğunluğuna ve akiferin yeniden doldurulmasına bağlı olarak bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir. Tarımsal üretimde kullanılan sulama sistemleri ve kimyasal gübreler de yer altı sularının kalitesini etkilemektedir. Hou vd. (2023) sulanan ve yağmurla beslenen elma üretim alanlarında aşırı kullanılan kimyasal gübrelerin nitrat kirlenmesine yol açarak yer altı sularının kalitesini azalttığını ve aşırı gübreleme ve sulama ile birleştiğinde bu etkinin daha da arttığını tespit etmişlerdir. Yağışın az olduğu bölgelerde tarımsal üretimde yer altı sularının yoğun kullanılması ve buna bağlı olarak yer altı sularının tuzluluğunun artması yetiştirilecek ürün çeşitliliğini sınırlamaktadır. Bu nedenle tarımsal üretimin ilk adımı olarak sulama suyu kalitesinin belirlenmesi önem kazanmaktadır.

Sudaki çözünebilir tuzların konsantrasyonu ve bileşimi suların kalitesini belirlemektedir. Tarımsal amaçlı kullanılan suların kalitesini değerlendirmek için tuzluluk (EC), sodyum tehlikesi (sodyum adsorpsiyon oranı-SAR), bakiye sodyum karbonatlar (RSC) ve iyon toksisitesi dahil olmak üzere dört temel kriter tanımlanmıştır (Ayers ve Westcot, 1985). Bu parametreler yüksek olduğunda tarımsal üretimde istenmeyen etkiler ortaya çıkar. Bu etkileri 4 grupta toplamak mümkündür. Bunlardan birincisi tuzluluktur. Topraktaki veya sudaki tuzlar toprak ve bitkide farklı etkiler oluşturur (Zaman vd., 2018). Genel olarak, meyveler, sebzeler ve süs bitkileri, yem veya tarla bitkilerine göre tuza daha duyarlıdır (Kotuby-Amacher vd., 2000). Olumsuz sulama sularının diğer bir etkisi suyun infiltrasyon hızını etkilemesidir. Toprak veya suyun nispeten yüksek  $Na^+$  ile beraber düşük  $Ca^{+2}$  içeriği, sulama suyun infiltrasyon girme hızını azaltarak ürünün sulama sıklığını artırır (Suarez vd., 2006). Sulama sularında

bulunan bazı spesifik iyonların toksisite oluşturması diğer bir problemdir. Topraktan veya sudan gelen  $Na^+$ ,  $Cl^-$  ve B gibi iyonlar bu iyonlara hassas olan türlerde toksik etki olacak ve verimi düşürecek kadar yüksek konsantrasyonlarda birikebilir (Bortolini vd., 2018). Spesifik iyonların tek başına veya kombinasyon halinde, bitkilerin beslenme durumu üzerindeki etkisi de spesifik iyon etkisi olarak kabul edilebilir (Ferguson ve Grattan, 2005). Tuzluluk,  $Na^+$  ve  $Cl^-$ 'un  $K^+$ ,  $Ca^{+2}$  ve nitrat ( $NO_3^-$ ) gibi besinlerle rekabeti nedeniyle besin eksikliklerine veya dengesizliklerine neden olur (Hu ve Schmidhalter, 2005). Ayrıca bazı besin elementlerinin yüksek düzeyde olması verim ve/veya kaliteyi düşürür, meyve veya yapraklarda istenmeyen birikintiler oluşması ile pazarlanabilir ürün miktarı azalır ve ekipmanların aşırı korozyona uğraması ile bakım ve onarım masrafları artar (Bortolini vd., 2018).

Yer altı sularının kalitesi iklim özelliklerine, yetiştirilen bitki türüne göre kullanılan su miktarına, sulamanın nasıl yapıldığına ve kullanılan gübrelerinin türü ve miktarına göre bölgeden bölgeye değişiklik gösterdiğinden tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yapıldığı Karaman ilinde de yer altı sularının kalitesinin belirlenmesi bilime dayalı bir üretim için önem arz etmektedir. Yapılan bu çalışmada Karaman ovasında tarımsal üretimde kullanılan 30 farklı derin kuyudan alınan yer altı sularının kalite özellikleri belirlenerek elma yetiştiriciliğinde ortaya çıkabilecek olumsuz etkiler değerlendirilmiştir.

#### Materyal ve Yöntem

Çalışma, Karaman Ovasında elma yetiştiriciliğinin yoğun olarak yapıldığı alanlarda bulunan derin kuyulardan alınan ve bölgeyi temsil eden 30 su numunesi üzerinde yürütülmüştür (Şekil 1, Şekil 2).



**Şekil 1.** Karaman İlinin Türkiye haritasındaki yeri  
**Figure 1.** Location of Karaman Province on the map of Turkey



**Şekil 2.** Karaman Ovasından su örneği alınan kuyuların coğrafi koordinatlarının harita üzerindeki görünümü  
**Figure 2.** View of the geographical coordinates of the wells collected water sampled from Karaman Plain on the map

Örnek alınacak kuyular Karaman Ovasında aktif olarak kullanılan kuyulardan rastgele seçilmiştir. Örnek alımı için araziye çıkıldığında o anda çalışır durumdaki kuyular tercih edilmiştir. Su örnekleri yaz döneminde pompalar bir müddet çalıştıktan sonra alınmıştır. Alınan su örneklerinin EC, pH, Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, potasyum (K<sup>+</sup>), CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup> ve bor (B) değerleri belirlenerek SAR, RSC ve toplam sertlik (TH) değerleri hesaplanmıştır. Elektriksel iletkenlik ve pH değerleri EC ve pH metre ile ölçülmüştür. Ca, Na, Mg, K ve B için numuneler üzerine bir miktar HCl ilave edilerek ICP-OES cihazında okumaları yapılmıştır. Karbonat ve HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> değerleri sülfürik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ile titre edilerek, Cl<sup>-</sup> gümüş nitrat (AgNO<sub>3</sub>) ile titre edilerek belirlenmiş ve CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> ve HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>'in (me l<sup>-1</sup>) toplamı alkalilik değeri olarak kabul edilmiştir (Richards, 1954). Sodyum adsorpsiyon oranı (Eşitlik 1), RSC (Eşitlik 2) ve TH (Eşitlik 3) değerleri Rawat vd. (2018)'e göre hesaplanmıştır. Tüm eşitliklerde iyonlarının birimi me l<sup>-1</sup> olarak kullanılmıştır.

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{+2} + Mg^{+2}}{2}}} \quad (1)$$

$$RSC = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) + (Ca^{+2} + Mg^{+2}) \quad (2)$$

$$TH = 2.5 \times Ca^{+2} + 4.12 \times Mg^{+2} \quad (3)$$

### Bulgular ve Tartışma

**pH ve alkalilik:** Sulama suyunun asitliği veya bazikliği pH olarak ifade edilir (<7.0 asidik; >7.0 bazik). Karaman Ovasındaki yer altı sularının pH değerleri 7.00 (14 nolu örnek) ile 7.95 (4 ve 23 nolu örnekler) arasında değişmiştir (Çizelge 1). Bozdağ (2015)'e göre oavadan alınan tüm sular bazik

karakterli sular özelliğini taşımaktadır. Bu su özelliği, toprak ve sudaki diğer özellikler veya reaksiyonlar ve bitkilerin performansları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Normalde 6.0 ile 8.0 arasındaki bir su pH'ı sulama için en çok arzu edilen pH olarak kabul edilir. Bu aralığın dışındaki bir pH, tarımsal ürünün performansını iyileştirmek için özel önlemler alınması gerekebileceğini gösterir (Bortolini vd., 2018). Fertigasyon olarak adlandırılan sulama ile birlikte gübrelemenin beraber yapıldığı sistemlerde arzu edilen pH seviyesi 6.5 civarındadır. Etkili bir gübreleme yapmak için 6.5 üzerindeki her bir pH değerinin düşürülmesi gerekmektedir. pH'nın düşürülmesi için sülfürik asit, nitrik asit ve fosforik asit damla sulama sisteminin olduğu bahçelerde yoğun olarak kullanılmaktadır. Fakat tek başına pH değerleri gerekli asit miktarının hesaplanmasında yeterli değildir. Suyun pH değişimine karşı gösterdiği direnç olarak adlandırılan alkalilik değeri suyun içerdiği CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> ve HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>'in toplam miktarının bir sonucudur ve HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> cinsinden ifade edilebilir (Locke, 2009).

Karaman Ovasından alınan su örneklerinin alkalilik değerleri 2.67-7.38 me l<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. pH'sı 7.00 olan 14 nolu örneğin alkalilik değeri 7.31 me l<sup>-1</sup> olarak tespit edilirken, pH'sı 7.95 olan 4 nolu örneğin 2.67 me l<sup>-1</sup> ve 23 nolu örneğin 4.49 me l<sup>-1</sup> olduğu görülmektedir (Çizelge 1). Bu suların pH'sı 6.5'e düşürülmek istendiğinde 14 nolu örnek için harcanan asit miktarı 4 nolu örnek için harcanan asitten 2 kat fazla, 23 nolu örnek için harcanan asitten 3 kat fazla anlamına gelmektedir. Yüksek karbonatlar Ca ve Mg iyonlarının çözünmeyen mineraller oluşturmasına neden olarak çözeltilde baskın iyon olarak Na'yı bırakır ve Na'nın toprak



özellikleri üzerindeki olumsuz etkisini artırır. Kireç damlatıcılardan suyun akış hızının düşmesine neden olacak seviyelerde biriktiğinde aşırı bikarbonat miktarları damla sulama sistemleri için de olumsuz etkilere neden olabilir. Bu durumlarda sisteme sülfürik veya diğer asidik maddeler verilerek düzeltme gerekebilir (Bauder vd., 2014). pH'sı 6.0'dan düşük veya 8.5'ten yüksek sular, yaprak uygulamalarında kullanıldığında bazı pestisitlerin, yaprak gübrelere ve bitki gelişim düzenleyicilerin etkinliğini azaltabilir (Brunton, 2011).

**Tuzluluk:** Karaman ovasından alınan yer altı sularının EC değerleri 433-1431  $\mu\text{S cm}^{-1}$  arasında değişmiştir (Çizelge 1). Richards (1954)'e göre EC değeri 0-250  $\mu\text{S cm}^{-1}$  arasında olan sular C1 (düşük), 250-750  $\mu\text{S cm}^{-1}$  arasında olanlar C2 (orta), 750-2250  $\mu\text{S cm}^{-1}$  arasında olanlar C3 (yüksek) ve >2250  $\mu\text{S cm}^{-1}$  olanlar C4 (çok yüksek) olarak sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre Karaman Ovasında derin kuyulardan alınan yer altı su örneklerinin %67'si C2 ve %33'ü ise C3 grubunda yer almıştır. Özellikle 3, 14, ve 26 nolu örneklerde diğerlerine göre daha yüksek seviyelerde tuzluluk tehlikesi bulunmaktadır. Örneklere ait EC değerindeki değişim bölgelere göre olmayıp kuyulara göre değişiklik göstermiştir. Örneğin Akçaşehir kasabasında bulunan 2 (521  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) ve 3 (1115  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) nolu kuyulara ait sonuçlarda bu durum açıkça görülmektedir (Çizelge 1). Uzun zaman sulamaya bağlı olarak toprakta oluşacak tuzluluğun önlenmesi için tarımsal sulama için C1 ve C2 grubundaki sular önerilmektedir. Ovardan alınan suların yaklaşık %67'si EC yönünden tarımsal sulamada güvenle kullanılabilir. Diğer %33'lük kısımda dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır. Bu tür sular kısıtlı drenaja ve dolayısıyla zayıf süzülme kabiliyetine sahip topraklarda kullanılamaz. Yeterli drenaj olsa bile, tuzluluk kontrolü için özel yönetim gerekebilir ve her zaman iyi tuz toleransına sahip bitkiler seçilmelidir (Zaman vd., 2018). Tuzlanma, değişen çiftlik yönetimi uygulamaları ile yönetilebilir. Örneğin sulu tarımda, su kullanımını optimize etmek için damla sulama gibi daha iyi sulama uygulamaları kullanılabilir (Munns, 2002). Toprakta tuz seviyesinin yükselmesinin en önemli nedenlerinden biri tuz seviyesi yüksek sular ile sulamanın yapılmasıdır (Munns ve Tester, 2008). Elma ağaçları toprakta biriken tuz seviyesine birçok bitki türüne göre hassastır. Saturasyon çamurundan ekstrakte edilen toprak çözeltisinde ölçülen EC değerine göre 1700  $\mu\text{S cm}^{-1}$  değerlerine kadar verimde herhangi bir azalma olmadan yetiştirilebildiğini fakat bu değer 2300  $\mu\text{S cm}^{-1}$  olduğunda %10, 4300  $\mu\text{S cm}^{-1}$  olduğunda %25, 4800  $\mu\text{S cm}^{-1}$  olduğunda %50 azalma olduğu bildirilmiştir (Kotuby-Amacher vd., 2000). Bununla birlikte Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nde (Eğirdir-Isparta) 2004-

2018 yılları arasında yapılan toprak analizlerinde direk saturasyon çamurunda 1000  $\mu\text{S cm}^{-1}$  üzerinde ölçülen değerlere ait elma bahçelerinde yaprak kenarında yanmalar şeklinde görülen tuzluluk belirtilerine rastlanmıştır. Tuzlu suların kullanılması zorunlu olan elma bahçelerinde yeterli drenajın olmasına ve damla sulama sistemlerinin kullanılmasına dikkat edilmelidir. İklim özellikleri benzer olan bölgelerde yapılan çalışmalar incelendiğinde Konya- Sarayönü Gözlu Tarım İşletmesinin sulama sularının tuzluluk değeri 1071-1989  $\mu\text{S cm}^{-1}$  arasında değişirken (Alpözen, 2017), Çumra İlçesinde 235-1305  $\mu\text{S cm}^{-1}$  arasında değişmiştir (Hasırcı, 2021). Konya- Ereğli İvriz sağ sahil sulama birliğine ait yeraltı su kaynaklarının EC değerlerinin ise 820-4103  $\mu\text{S cm}^{-1}$  arasında değiştiği tespit edilmiştir (Okumuş, 2011). Çumra ilçesinin sulama sularının EC değerleri Karaman ile benzerlik göstermiş, fakat Sarayönü ve Ereğli'den alınan sular yüksek EC değerlerine sahip olmuştur. Bu durum elma yetiştiriciliği için Karaman ilinin bu iki bölgeden daha uygun olduğu şeklinde yorumlanabilir.

**Cl:** Cl, sulama sularında yaygın olarak bulunan bir iyon türüdür. Cl çok düşük miktarlarda bitkiler için gerekli olsa da yüksek konsantrasyonlarda hassas ürünlerde toksisiteye neden olabilir. Cl toprak tarafından adsorbe edilmez, ancak toprak suyu ile kolayca hareket eder. Kökler tarafından alınır ve Na'a benzer şekilde yapraklarda birikmek üzere yukarı doğru taşınır. Yaprak yanığı veya yaprak dokularının kuruması tipik olarak ilk önce kenarlardan ziyade yaşlı yaprakların en uç yaprak ucunda meydana gelir ve şiddeti arttıkça uçtan kenarlar boyunca geriye doğru ilerler (Bozdağ 2015). Sulama suyunun içerdiği Cl seviyesi 70  $\text{mg l}^{-1}$  den az ise tüm bitkiler için güvenle kullanılabilir, 70-140  $\text{mg l}^{-1}$  arası hassas bitkilerde zarar oluşturur, 141-350  $\text{mg l}^{-1}$  arası orta düzeyde hassas bitkilerde zarar oluşturur, 350  $\text{mg l}^{-1}$  den yüksek ise şiddetli problemlere neden olur (Bauder vd., 2014). Karaman ovasından derin kuyulardan alınan su örneklerinin Cl içerikleri 5.3  $\text{mg l}^{-1}$  (16 nolu örnek) ile 91.4  $\text{mg l}^{-1}$  (26 nolu örnek) arasında değişmiştir. Sadece 3 örnekte (8, 3, 26 nolu örnekler) tespit edilen Cl seviyeleri elma ağaçlarında zarar oluşturabilecek düzeyde bulunmuştur (Çizelge 1). Cl'nin yüksek olduğu sulama sularında alınabilecek özel bir tedbir bulunmamaktadır. Böyle durumlarda yapılabilecek tek şey bir yere elma bahçesi tesis etmeden önce su kalitesinin belirlenmesidir. Bu durum B için de geçerlidir.

**B:** B eksikliği ve toksisitesi arasında son derece dar bir aralık vardır. Eksiklik sorunu gübreleme ile çözülebilirken, B toksisitesi çeşitli prosedürler kullanılarak iyileştirilebilir; ancak bu yaklaşımlar maliyetli ve zaman alıcıdır ve genellikle geçici etkiler gösterirler. Bitki türleri ve türler içindeki genotipler, bor gereksinimleri açısından önemli

ölçüde farklılık gösterir; bu nedenle, bir ürün için eksik olan topraktaki mevcut B miktarı, bir diğeri üzerinde toksik etkiler gösterebilir (Brdar-Jokanović, 2020). Elma ağaçları bor toksisitesine karşı hassas grupta yer almakta olup hassas türlerde sulama suyunda izin verilen B sınır değeri 1 mg l<sup>-1</sup>

'dir (Zhang, 2017). Çalışma alanından toplanan su örneklerinin B seviyeleri örneklerin %60'ında tespit edilebilir düzeyin altında olmuştur. Sadece 1 örnekte (18 nolu örnek) kaydedilen B seviyesi (4.83 mg l<sup>-1</sup>) elma ağaçları için toksik olacak seviyede bulunmuştur (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Karaman Ovasından alınan yer altı sularına ait bilgiler ve kalite özellikleri

**Table 1.** Information and quality characteristics of groundwater sampled from Karaman Plain

Örnek No	Mevkii	Ada/parsel	pH	Alkalilik (me/l)	EC (µS/cm)	Cl (mg/l)	B (mg/l)	SAR	RSC	TH (mg/l)
1	Mesudiye	223 / 6	7.74	3.34	642	39.1	0.16	0.49	-0.53	286
2	Akçaşehir	409 / 15	7.7	2.67	512	42.6	0.01	0.27	-1.37	234
3	Akçaşehir	357 / 2	7.57	3.16	1115	88.8	0.11	1.91	-2.18	362
4	Ambar	0 / 422	7.95	3.22	433	24.0	0.01	0.27	-1.21	193
5	Ambar	0 / 979	7.92	3.08	515	47.9	0.01	0.76	-0.82	198
6	Karaağaç	119 / 4	7.75	3.25	486	29.3	0.01	0.27	-1.14	217
7	Akçaşehir	688 / 1	7.89	2.82	461	22.2	0.01	0.38	-0.77	191
8	Selerek	200 / 10	7.74	4.38	678	74.6	0.01	0.70	-2.08	265
9	Hüyükburun	166 / 26	7.81	5.41	435	25.7	0.01	0.48	-0.72	177
10	Akçaşehir	684 / 1	7.77	4.48	756	56.8	0.01	0.31	-2.88	362
11	Osmaniye	131 / 7	7.19	4.28	964	17.8	0.01	0.31	-4.48	493
12	Akçaşehir	287 / 11	7.54	7.31	865	53.3	0.01	0.30	-4.04	425
13	Akçaşehir	703 / 2	7.45	5.08	803	40.8	0.01	0.38	-3.32	379
14	Eminler	137 / 48	7	7.24	1134	17.8	0.01	0.61	-2.92	509
15	Emsalhayat	711 / 2	7.34	3.96	708	60.4	0.01	0.37	-1.63	335
16	Kılbasan	328 / 1	7.71	7.38	703	5.3	0.01	0.57	0.93	314
17	Kılbasan	0 / 7372	7.77	5.97	497	33.4	0.01	0.53	-0.22	208
18	Kılbasan	321 / 3	7.23	3.92	807	43.7	4.83	1.01	0.16	348
19	Kılbasan	0 / 7157	7.74	4.39	546	61.4	0.51	0.89	-0.40	196
20	Hamidiye	361 / 27	7.65	5.10	531	46.5	0.49	0.47	-0.61	206
21	Kılbasan	0 / 9081	7.58	6.60	564	30.2	0.22	0.45	-0.15	227
22	Kızılkuyu	135 / 42	7.74	5.22	625	44.0	0.25	0.80	-0.30	232
23	Emsalhayat	740 / 37	7.95	4.49	550	18.8	0.16	0.60	0.25	211
24	Yollarbaşı	247 / 24	7.46	6.03	669	9.9	0.34	0.28	0.19	298
25	Yollarbaşı	365 / 9	7.78	4.39	520	18.8	0.07	0.33	-0.04	221
26	Akarköy	157 / 8	7.68	4.36	1431	91.4	0.18	0.79	-1.11	357
27	Demiryurt	181 / 1	7.51	6.18	835	25.9	0.13	0.55	-0.42	350
28	Eminler	146 / 28	7.38	3.53	893	50.8	0.01	0.59	-0.21	378
29	Mesudiye	240 / 16	7.34	3.53	718	24.1	0.01	0.28	-0.55	325
30	Pirireis	4628 / 17	7.64	7.15	562	43.7	0.01	0.30	-0.77	234

SAR: Alınan su örneklerinde SAR değerleri 0.27 ile 1.91 arasında değişmiştir (Çizelge 1). SAR, Na<sup>+</sup> iyonlarının su örneğinde bulunan Ca<sup>+2</sup> ve Mg<sup>+2</sup> iyonlarına göreceli bir oranıdır. SAR değeri 10'dan küçük olursa ideal veya mükemmel, 10-18 arası iyi, 18-26 arası şüpheli ve 26'nın üstü uygun olmayan sular olmak üzere dört sınıfa ayrılabilir (Richards, 1954). Bu sınıflandırmaya göre Karaman ovasında bulunan kuyulardan alınan tüm sular mükemmel sınıfta yer almıştır. SAR aynı zamanda suyun topraktaki süzülme süresini de etkiler. Bu nedenle,

sulama suyunun SAR değerinin düşük olması arzu edilir. Tarımsal sulama suyunun Na içeriği sulama suyu kalitesinin değerlendirilmesinde önemli bir faktördür. Aşırı Na, toprağın fiziksel sorunlarına ve toprak geçirgenliğinin azalmasına neden olabilecek alkali bir toprağın gelişmesine yol açar (Alobaidy vd., 2010). Bu etkilerin oluşmasında toprak tekstürünün etkisi Suarez vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada ortaya konmuştur. Yapılan çalışmada tınlı topraklarda SAR değeri 2 olduğunda

problemler oluşurken killi topraklarda SAR değeri 4 olduğunda benzer problemler oluşmuştur.

RSC: Alınan su örneklerinde RSC değerleri - 4.48 ile + 0.93 arasında değişmiştir. 4 su numunesinin dışında diğerlerinde eksi değerler elde edilmiştir (Çizelge 1). Şayet bir sulama suyunun RSC değeri 5'in üzerinde ise bitki büyümesi üzerindeki zararlı etkileri nedeniyle sulama için tavsiye edilmemektedir. Genel olarak, RSC'nin 2.5'ten yüksek olduğu herhangi bir su kaynağı tarımsal amaçlar için uygun görülmez ve 1.25'in altındaki sular sulama amacıyla güvenli olarak tavsiye edilir (Rawat vd., 2018). Söz konusu değerlendirme kriterlerine göre RSC yönünden Karaman ovasının yer altı sularında herhangi bir problem olmadığını göstermektedir. RSC, Toplam  $CO_3^{2-}$  seviyeleri toplam  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  miktarını aştığında, su kalitesi düşebilir. Fazla  $CO_3^{2-}$  (artık) konsantrasyonu çok yüksek olduğunda,  $CO_3^{2-}$  iyonları  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  ile birleşerek suda çökelen katı bir madde (kireç) oluşturur. Sonuç olarak SAR değerinde bir artış gerçekleşir (Zhang, 2017).

TH: Suyun sertliği, çözünmüş  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  miktarını ifade eder. Bu katyonların her ikisi de temel bitki elementi olarak kabul edilir. Demir, mangan, alüminyum ve çinko gibi diğer katyonlar da sertliğe katkıda bulunabilir. Sertlik kireç ( $CaCO_3$ ) cinsinden ifade edilir (Brunton, 2011). Toplam sertlik eşdeğeri  $1\text{ mg l}^{-1}\text{ Ca}$   $2.5\text{ mg l}^{-1}$  iken,  $1\text{ mg l}^{-1}\text{ Mg}$   $4.12\text{ mg l}^{-1}$ 'ye eşittir. Nemli bölgelerdeki sulara sertlik ve alkalilik genellikle benzer konsantrasyondadır, ancak kurak bölgelerdeki sulara sertlik sıklıkla daha yüksek seviyelerde bulunur (Boyd, 2015). TH değerleri  $75\text{ mg l}^{-1}$ 'nin altında olduğunda yumuşak sular,  $75\text{-}150\text{ mg l}^{-1}$  arasında olduğunda orta derecede sert sular,  $150\text{-}300\text{ mg l}^{-1}$  arası olduğunda sert sular ve  $300\text{ mg l}^{-1}$ 'nin üzerinde olduğunda çok sert olarak sınıflandırılır (Adagba vd., 2022). Biyolojik bir faktör olarak değerlendirildiğinde suyun alkalilik özelliği sertlik özelliğinden daha önemli olmasına rağmen su temini ve kullanımında sertlik daha önemli hale gelmektedir. Kayda değer miktarda alkalilik içeren sulardaki yüksek  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  konsantrasyonları, su ısıtıldığında veya pH'sı arttığında kireç oluşumuna yol açar (Boyd, 2015). Çalışma alanının TH değerleri  $177\text{-}509\text{ mg l}^{-1}$  arasında değişmiş ve tüm kuyuların suları sert (%57) ve çok sert (%43) sular sınıfında yer almıştır (Çizelge 1). Schiavon ve Moore (2021) sertliğe neden olan  $Ca$  ve  $Mg$ 'un aynı zamanda bitki besin elementleri olduğunu ve sulama sularında toplam sertlik değerinin  $50\text{-}150\text{ mg l}^{-1}$  olduğunda ideal olduğunu belirtmiştir. Çok sert sular ( $300\text{ mg l}^{-1}$ 'nin üzerinde) hem yaprak üzerinde yanıklıklara hem de sulama sistemlerinde tıkanıklıklara neden olabilir. Xiao vd. (2023) sulama suları yüksek seviyede  $Ca$  içerdiğinde fosfat ( $PO_4^{3-}$ ) ile reaksiyona girerek çözünemez bileşikler oluşturduğunu ve damlatıcılarda tıkanıklıklara neden olduğu

bildirmiştir. Ayrıca yaptığı çalışmada bu etkinin oluşumunda fosforlu gübreler arasında farklılıklar olduğunu bildirmişlerdir.

### Sonuç

Karaman Ovasında yer alan ve su numunesi alınan 30 derin kuyunun 14'ünde bazı problemler belirlenmiştir. 3 nolu örnekte EC, Cl, TH; 8 nolu örnekte Cl; 10, 11, 12, 13, 14, 27 ve 28 nolu örneklerde EC ve TH; 15, 16 ve 29 nolu örneklerde TH; 18 nolu örnekte EC, B, TH; 26 nolu örnekte EC, Cl, TH elma ağaçlarının yetiştirilmesinde bitki gelişimini sınırlayıcı parametreler olarak tespit edilmiştir. Alınan su örneklerinde genel problemler EC ve TH olmakla birlikte 3 kuyuda Cl ve 1 kuyuda B tehlikesine rastlanmıştır. Suların %33'ü C3 sınıfında yer almıştır. Özellikle drenaj problemin olduğu alanlarda bu sınıfta yer alan suların kullanımında dikkatli olunmalıdır. Suların tamamı alkali sınıfta yer almıştır. pH değerleri problem olacak kadar yüksek olmasa da hem daha etkili bir gübreleme yapmak hem de sulama sisteminin daha uzun süreli bir şekilde kullanılmasını sağlamak için suların fertgasyonda arzu edilen pH seviyesine (6.5) düşürülmesi için her sulamada gerekli miktarda asit uygulanmalıdır. Suların yaklaşık %40'ının TH değerleri  $300\text{ mg l}^{-1}$  üzerinde olmuştur. Bu sular yapraktan ilaçlama ve gübreleme yaparken mümkünse kullanılmamalıdır. Su kalite özellikleri bölgelere göre değil kuyulara göre değişmiştir. Bu yüzden bölgede elma üretiminde kullanılan her bir kuyunun kalite özelliklerinin belirlenmesi başarılı bir üretim için gereklidir. Elma tesis edilecek yeni alanlarda öncelikle su kalitesi belirlenmeli ve su kalitesinin elmacılık için uygun olduğu durumlarda gerekli planlamalar yapılmalıdır.

### Kaynaklar

Adagba T, Kankara AI, Idris MA, 2022. Evaluation of Groundwater Suitability for Irrigation Purpose using GIS and Irrigation Water quality Indices. FUDMA Journal of Sciences 6 (2): 63-80. <https://doi.org/10.33003/fjs-2022-0602-925>

Alobaidy AHMJ, Al-Sameraiy MA, Kadhem AJ, Majeed AA, 2010. Evaluation of Treated Municipal Wastewater Quality for Irrigation. Journal of Environmental Protection 1 (3): 216-225. <https://10.4236/jep.2010.13026>.

Alpözen CM, 2017. Konya- Sarayönü Gözlu Tarım İşletmesi Müdürlüğüne Ait Sulu Ziraat Alanlarındaki Su Kaynaklarının Sulama Suyu Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 59s, Konya.

Anonim, 2023. Tarımsal Yapı ve Çalışmalar. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Karaman İl Tarım ve

- Orman Müdürlüğü. Erişim Tarihi: 10.02.2024. <https://karaman.tarimorman.gov.tr>
- Ayers RS, Westcot DW, 1985. Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage paper No: 29 Rev 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 117 p, Rome.
- Bauder TA, Waskorn PL, Davis JG, 2014. Irrigation Water Quality Criteria (Fact Sheet No. 0.506 Crop Series). Erişim Tarihi: 11.02.2024. <https://extension.colostate.edu/>
- Bayav A, Karlı B, Gündüz O, 2023. Apple Production and Foreign Trade in the World and Türkiye. International Conference on Global Practice of Multidisciplinary Scientific Studies-IV. 28-30 April, Turkish Republic of Northern Cyprus, 598-611 pp.
- Bortolini L, Maucieri C, Borin M, 2018. A Tool for the Evaluation of Irrigation Water Quality in the Arid and Semi-arid Regions. *Agronomy* 8 (2): 1-15. <https://doi.org/10.3390/agronomy8020023>
- Boyd CE, 2015. Total Hardness. In: Water Quality. Springer Cham, 179-187. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-17446-4\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-17446-4_9)
- Bozdağ A, 2015. Combining AHP with GIS for Assessment of Irrigation Water Quality in Çumra Irrigation District (Konya), Central Anatolia, Turkey. *Environmental Earth Sciences* 73(12):8217-8236. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3972-4>
- Brdar-Jokanović M, 2020. Boron toxicity and deficiency in agricultural plants. *International Journal of Molecular Sciences* 21 (4): 1424. <https://doi.org/10.3390/ijms21041424>
- Brunton V, 2011. Irrigation Water Quality. NSW Department of Primary Industries. Erişim Tarihi: 01.02.20224. <https://doi.org/10.1017/9781009049610.007>
- Ferguson L, Grattan SR, 2005. How Salinity Damages Citrus: Osmotic Effects and Specific Ion Toxicities. *Horttechnology*. 15 (1): 95-99. <https://doi.org/10.21273/horttech.15.1.0095>
- Hasırcı OS, 2021. Konya İli Çumra İlçesindeki Yeraltı Su Kaynaklarında Sulama Suyu Kalitelerinin Değerlendirilmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 57s, Konya.
- Hou L, Liu Z, Zhai B, Zhu Y, Xu X, 2023. Contrasting Water Quality in Response to Long-term Nitrogen Fertilization in Rainfed and Irrigated Apple-producing Regions on China's Loess Plateau. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 354: 108561.
- Hu Y, Schmidhalter U, 2005. Drought and Salinity: A Comparison of their Effects on Mineral Nutrition of Plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 168 (4): 541-549. <https://doi.org/10.1002/jpln.200420516>
- Kotuby-Amacher J, Koenig R, Kitchen B, 2000. Salinity and Plant Tolerance. Utah State University Electronic Publishing. Erişim Tarihi: 30.01.2024. [https://digitalcommons.usu.edu/extension\\_histall/43](https://digitalcommons.usu.edu/extension_histall/43)
- Locke DB, 2009. Alkalinity: An Important Parameter in Assessing Water Chemistry. Maine Geol Facts Localities. Erişim Tarihi: 16.02.2024. <https://digitalmaine.com/cgi>
- Mpelasoka BS, Behboudian MH, Dixon J, Neal SM, Caspari HW, 2000. Improvement of Fruit Quality and Storage Potential of 'Braeburn' Apple through Deficit Irrigation. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 75(5): 615-621.
- Munns R. 2002. Comparative Physiology of Salt and Water Stress. *Plant, Cell and Environment* 25 (2): 239-250. <https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x>
- Munns R, Tester M, 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59: 651-681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.0326.07.092911>
- Ogunfowokan AO, Obisanya JF, Ogunkoya OO, 2013. Salinity and Sodium Hazards of Three Streams of Different Agricultural Land Use Systems in Ile-Ife, Nigeria. *Applied Water Science* 3 (1): 19-28. <https://doi.org/10.1007/s13201-012-0053-2>
- Okumuş Ş, 2011. Konya- Ereğli İvriz Sağ Sahil Sulama Birliğine Ait Yeraltı Su Kaynaklarının Sulama Suyu Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 62s, Konya.
- Rawat KS, Singh SK, Gautam SK, 2018. Assessment of Groundwater Quality for Irrigation Use: A Peninsular Case Study. *Applied Water Science* 8 (8): 1-24. <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0866-8>
- Richards LA, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Soil and Water Conservation Research Branch, Agricultural Research Service, US Department of Agriculture, Washington, DC, USA, 160 pp.

Safdar H, Amin A, Shafiq Y, Ali A, Yasin R, Shoukar A, Hussan MU., Sarwar MI, 2019. A Review: Impact of Salinity on Plant Growth. *Nature and Science* 17 (1): 34–40.

<https://doi.org/10.7537/marsnsj170119.06>

Schiavon M, Moore KK, 2021. How to Properly Read your Irrigation Water Analysis for Turf and Landscape: ENH1352/EP616. University of Florida, Extension, Erişim Tarihi: 16.02.2024, <https://edis.ifas.ufl.edu>

Suarez DL, Wood JD, Lesch SM, 2006. Effect of SAR on Water Infiltration under A Sequential Rain-irrigation Management System. *Agric Water Manag.* 86 (1-2): 150–164. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.07.010>

Xiao Y, Ma C, Li M, Zhangzhong L, Song P, Li Y, 2023. Interaction and Adaptation of Phosphorus Fertilizer and Calcium Ion in Drip Irrigation Systems: The Perspective of Emitter Clogging. *Agricultural Water Management.* 282 (March): 108269. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108269>

Ucar Y, Kadayıfçı A, Aşkın MA, Kankaya A, Şenyiğit U, Yıldırım F, 2016. Effects of Irrigation Frequency on Yield and Quality Parameters in Apple cv 'Gala, Galaxy'. *Erwerbs-Obstbau*, 58(3): 169-175.

Uçgun K, Küçükyumuk C, Bayav A, 2018. Effects of Transition from Flood Irrigation to Drip Irrigation on Leaf Nutrient Concentrations of Apple cv. Starkrimson Delicious. *Journal of Plant Nutrition*, 41 (16): 2085-2090.

Zaman M, Shahid SA, Heng L, 2018. Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques. Springer Open, Vienna, Austria, 162 pp. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-96190-3>

Zhang H, 2017. Classification of Irrigation Water Quality. Oklahoma State University-Division of Agricultural Sciences and Natural Resources-Cooperative Extension Service. Erişim Tarihi: 14.02.2024. <http://dc.library.okstate.edu>.

