



Evaluation of Underground Water Quality in Terms of Irrigation Water in Tekirdağ Province

Ülviye Çebi^{1,a,*}

¹Atatürk Soil and Water Agricultural Meteorology Research Institute, 39100 Kırklareli, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO

Research Article

Received : 01/04/2020

Accepted : 05/05/2020

Keywords:

Tekirdağ

Underground water

Irrigation

Water quality

Salinity

ABSTRACT

This study includes some deep underground well waters opened to supply the irrigation water in Tekirdağ province. The sampling was done from 22 wells in the irrigation season period. The parameters such as pH, EC, TDS, Na, Ca, Mg, K, Cl, HCO₃, B, NO₃-N, Sodium Absorption Ratio and Residual Sodium Carbonate parameters, which were significant in terms of irrigation water classification, were examined in the samplings. According to the results, it was determined that thirteen well waters were in medium salty and eight well waters were in high salty water classes. Besides, Na and HCO₃ harms were determined in five and three well waters, respectively. In seven well waters, it was concluded that RCE values were over 2,5 me L⁻¹ and these water were not suitable in the usage of irrigation. As a result of the evaluations in terms of the specific ions, it was determined that CL, B and NO₃-N concentrations which were found in three, two and one wells respectively, could create damages in some crops. As a result of the evaluations in terms of salinity and SAR parameters, it was concluded that the usage of T5, T6, T8, T10, T13 and T14 well waters was undesirable and the usage of T9, T11, T12, T16, T17 and T21 well waters can be suggested by the provision of some special conditions (appropriate drainage conditions, appropriate plant selection, coarse textured soils).

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8(6): 1391-1398, 2020

Tekirdağ İli Yeraltı Suları Kalitesinin Sulama Suyu Açısından Değerlendirilmesi

M A K A L E B İ L G İ S İ

Araştırma Makalesi

Geliş : 01/04/2020

Kabul : 05/05/2020

Anahtar Kelimeler:

Tekirdağ

Yeraltı suyu

Sulama

Su kalitesi

Tuzluluk

Ö Z

Çalışma, Tekirdağ İlinde sulama suyu temini amacıyla açılmış bazı derin yeraltı kuyu sularını kapsamaktadır. İl genelinde sulama mevsimi dönemini kapsayacak şekilde 22 adet kuyudan örnekleme yapılmıştır. Yapılan örneklemelemlerde sulama suyu sınıflaması açısından önemli olan, pH, EC, TDS, Na, Ca, Mg, K, Cl, HCO₃, B, NO₃-N, Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR) ve Artık Sodyum Karbonat (RSC) parametreleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; on üç kuyu suyunun orta tuzlu, sekiz kuyu suyunun da yüksek tuzlu sular sınıfında olduğu, beş adet kuyu suyunda Na zararı, üç kuyu suyunda HCO₃⁻ zararı olduğu belirlenmiştir. Yedi adet kuyu suyunda RSC değerleri 2,5 me L⁻¹'yi aşmış ve bu suların sulamada kullanılmasının uygun olmadığı ortaya çıkmıştır. Özel iyonlar açısından yapılan değerlendirme sonucunda; üç kuyuda Cl, iki kuyuda B ve bir kuyu suyunda belirlenen NO₃-N konsantrasyonlarının bazı bitkilerde zarar oluşturabileceği tespit edilmiştir. Tuzluluk ve SAR parametrelerine göre yapılan değerlendirme sonucunda; T5, T6, T8, T10, T13 ve T14 kuyu sularının sulama amaçlı kullanılması sakıncalı, T9, T11, T12, T16, T17 ve T21 no'lu kuyu sularının özel koşulların (uygun drenaj koşulları, uygun bitki seçimi, kaba bünyeli topraklarda) sağlanması ile kullanılabilirliği önerilmektedir.

^a ulviyeci@yahoo.com

^{id} <http://orcid.org/0000-0002-1587-6318> |



Giriş

Su, yüzyıllar boyunca tüm medeniyetler için çok önemli bir doğal kaynak olmuş, bütün büyük uygarlıklar su kenarında kurulmuştur. Teknolojinin ilerlemesi ile sudan faydalanma şekil ve oranlarının artması, su kaynaklarının içme-kullanma, sulama suyu, enerji üretimi gibi pek çok amaç için geliştirilebilmesi, ülkelerin ekonomik kalkınmasında suyun vazgeçilmez bir yer edinmesinde büyük rol oynamıştır (Akkaya ve ark., 2006).

Ülkemizde toplam tarım alanının yaklaşık 1/3'ü ekonomik olarak sulanabilecek potansiyele sahiptir. Resmi kayıtlar bunun şu anda ancak yarısının sulamaya açıldığını ve sulama oranları da dikkate alındığında sulamaya açılan alanların yaklaşık %65'inin fiilen sulandığını göstermektedir. Buna karşın, Türkiye'de suyun %74'ü (40 milyar m³) sulama; %13'ü (7 milyar m³) içme-kullanma, %13'ü (7 milyar m³) ise sanayi sektöründe kullanılmaktadır. Ülkemizde sektörlere göre en fazla payı tarım sektörü almaktadır (Anonim, 2019).

Doğal suların kalitesi, söz konusu su kaynağının bulunduğu havzanın jeolojisine bağlı olarak değişmektedir. Yağış suyu olarak yeryüzüne düşen sular hem doğal hem de yapay yollarla kirlenmektedir. Örneğin kireçtaşı nitelikli ortamlar, kalsiyum ve magnezyum bakımından zengin, sert sulara neden olmaktadır. Böyle alanlardaki yağış suları yüzey sularına ve yeraltı sularına ulaşabilmektedir. Yapay kirlenme ise tamamen insan aktiviteleri sonucu oluşmaktadır. Endüstriyel atıklar, tarımda gübre ve ilaçların kullanımı, evsel atık suların, yeraltı ve yüzeysel sularına karışması ile su kalitesini olumsuz etkilemektedir (Kaykıoğlu ve Ekmekyapar, 2005).

Trakya Bölgesi için kullanılabilir su varlığı 4 km³ olup, bunun 2,9 km³'ü yerüstü, 0,7 km³'ü dış kaynaklı (Meriç nehri) ve 0,4 km³'ü ise yer altı suyudur. Yapılan araştırmalara göre Trakya Bölgesinde sulanabilir alanların tümünün sulanması durumunda su ihtiyacının 8,5 km³ olacağı belirtilmektedir. Bu sonuçlara göre bölgede ileride su krizinin yaşanması olasıdır. Bu sebeple bölgenin mevcut su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımı için mevcut durumunun belirlenmesi önem arz etmektedir.

Tekirdağ ili, Türkiye'nin 25 hidrolojik havzasından biri olan Meriç-Ergene havzasında yer almaktadır. Türkiye çevre sorunları ve öncelikleri değerlendirme raporunda yer alan verilere göre ilin birincil sorunu su kirliliğidir (Anonim, 2018).

Trakya Bölgesi su kaynakları açısından fakir bir bölgedir. Trakya Bölgesinin üç ilinden biri olan Tekirdağ ilinin özel bir önemi bulunmaktadır. Zira, ilin içme suyu yeraltı sularından karşılanmaktadır. Çerkezköy ve Çorlu'daki sanayinin su tüketiminin yüksek olması ve yeraltı sularını kullanması, yeraltı su seviyesinin hızla düşmesine neden olmaktadır.

Bir yandan sulu tarım alanlarının artırılması gerekliliği, diğer yandan çevre kirliliği sorunlarının giderek büyümesi, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının kalitesinin takibinin önemini arttırmaktadır. Zira tarımda sulama amaçlı uygun kalitede su kullanılmadığı zaman kısa vadede ürün miktarı ve ürün kalitesinde meydana gelen düşüşlerin yanı sıra uzun vadede topraklarda tuzlulaşma ve çoraklaşma sorunları başlamaktadır. Bu bağlamda yürütülen bu çalışmada, Tekirdağ ilinde mevcut

bazı yeraltı sulama suyu kaynaklarından örneklemeler yapılarak, yeraltı sularının sulama suyu açısından uygunluğunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Araştırmada materyal olarak seçilen Tekirdağ ili; hizmet alanı içinde 14.560 km² yüzölçümü ile Meriç-Ergene Havzası ve 4.105 km² yüzölçümü ile Kuzey Marmara Havzası bulunan Trakya Bölgesi'nde yer almaktadır. Bölge, 1,211 milyon ha tarıma elverişli arazi ile Türkiye'nin %4'ünü, 1,047 milyon ha sulanabilir arazi ile de Türkiye'nin yine %4'ünü teşkil etmektedir (DSİ, 2020). On dört milyar m³'lük Türkiye yeraltı su potansiyelinin %3,16'sı olan 0,460 milyar m³'ü Trakya Bölgesi yeraltı su potansiyelini teşkil etmektedir. Tekirdağ İli yerüstü su potansiyeli 713 hm³, yeraltı su potansiyeli 186 hm³'tür. Tekirdağ ilinde ekonomik olarak sulanabilen arazi 55 618 ha olup, sulanabilir arazi varlığı 318.921 ha'dır.

Örnekleme Noktaları

Tekirdağ ilinde sınırlı sayıda YAS (yer altı sulama sahası) olduğundan dolayı, mevcut yeraltı sulama sahaslarının yanı sıra yine DSİ tarafından açılan tekli kuyulardan örneklemeler yapılmıştır. Örnekleme yapılan kuyulara ait bazı bilgiler Çizelge 1'de yer almaktadır.

Yöntem

Çalışmada, Tekirdağ ilinde 22 adet yeraltı sulama kuyusundan sulama mevsimi boyunca (Haziran-Temmuz-Ağustos-Eylül) aylık bazda örneklemeler yapılmıştır. Örneklemeler "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliğine" uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Analizler

Yeraltı sulama suyu kuyularından alınan örneklerde sulama suyu kalitesini belirlemede önemli olan parametrelerin analizleri yapılmıştır. pH, EC (elektriksel iletkenlik) ve TDS (toplam çözünmüş madde) analizleri Aquaread AP-800 multiparametre cihazı kullanılarak yerinde okumalar şeklinde, her okuma öncesi cihaz kalibrasyonu standart çözeltiler kullanılarak yapılmıştır (pH için: buffer sol. pH=4, pH=7 ile pH=10; EC için RC-600 rapit cal. sol. aquareed; TDS için formazin turbidty std. Form. 100005; ORP için RC-600 rapit cal. sol. aquareed). pH ve EC parametrelerinin ölçümü laboratuvar şartlarında tekrarlanmıştır.

Anyonlar; klorür (Cl⁻) ve nitrat azotu (NO₃-N) Ion Chromatographic metoda göre, Katyonlar; Na, Ca, Mg, K ve B analizi standart metot-3500'e göre ICP (Inductively Coupled Plasma) ile karbonat (CO₃) ve bikarbonat (HCO₃) Tüzüner (1990)'in belirtmiş olduğu esaslara göre yapılmıştır.

SAR ve RSC (kalıcı sodyum karbonat) aşağıda yer alan formüller ile hesaplanmıştır.

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

$$SAR = Na / (\sqrt{(Ca + Mg)/2})$$

Çizelge 1. Örnekleme noktaları ve koordinatları

Table 1. Sampling points and coordinates

Kuyu	İlçe	Kuyu adı	Koordinatlar
T1	Saray	Sofular	N 41° 24.463 E 27° 39.638
T2		Paşaköy1	N 41° 24.196 E 27° 36.565
T3		Paşaköy2	N 41° 23.663 E 27° 36.174
T4		Paşaköy3	N 41° 23.017 E 27° 35.888
T5	Malkara	Kozyörtük	N 41° 1.195 E 26° 57.599
T6		Gönence1	N 40° 55.886 E 26° 54.506
T7		Gönence2	N 40° 55.878 E 26° 54.502
T8	Çorlu	Önerler1	N 41° 11.316 E 27° 57.619
T9		Önerler2	N 41° 10.937 E 27° 57.105
T10	Şarköy	Şenköy1	N 40° 37.601 E 27° 1.519
T11		Şenköy2	N 40° 37.118 E 27° 0.945
T12		Kızılcaçerazi1	N 40° 35.331 E 26° 58.227
T13		Kızılcaçerazi2	N 40° 33.624 E 26° 58.182
T14		Sofuköy	N 40° 39.449 E 27° 1.257
T15	Hayrabolu	Lahana	N 41° 17.674 E 27° 8.138
T16		Doğcalı1	N 41° 17.637 E 27° 11.545
T17		Doğcalı2	N 41° 17.935 E 27° 11.589
T18		Karakarlı1	N 41° 18.996 E 27° 12.451
T19		Karakarlı2	N 41° 19.523 E 27° 11.466
T20		Şalgamlı1	N 41° 2.973 E 27° 0.163
T21		Şalgamlı2	N 41° 3.118 E 27° 1.192
T22		Şalgamlı3	N 41° 3.751 E 26° 59.883

Değerlendirme

Analizlerin her biri üç tekrarlamalı olarak yapılmış, SCP SCIENCE standart yeraltı su örnekleri ile standardizasyonu sağlanmıştır. Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliğinde “Sulama suyunun kimyasal kalitesinin değerlendirilmesi” için geliştirilmiş tabloda (Anonim, 2010a) yer alan kalite parametreleri esas alınarak suların, sulama sınıfları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, ayrıca FAO-29 (1994)’da yer alan kalite parametreleri de dikkate alınarak sınıflama yapılmıştır. Suların, sulama suyu sınıfının belirlenmesinde U.S. Salinity Lab. Staff, 1969 diyagramı kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Sulama sularının sınıflandırılmasında dikkate alınan ölçütler, birbirinden farklıdır. Kimi yöntemlerde, yalnızca tuzluluk ve alkalilik zararları dikkate alınırken, kiminde Cl, B, RSC gibi ölçütler kullanılmıştır, ya da geçirgenlik göstergesi gibi kestirimlere bakılmıştır (Kanber ve Ünlü, 2014).

Türkiye’de şuanda sulama suyu sınıflamasında, yürürlükte olan “Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliğinde” yer alan “Sulama suyunun kimyasal kalitesinin değerlendirilmesi için geliştirilmiş tablo” (Anonim, 2010a) kullanılmaktadır (AATTUT). Tabloda EC, TDS, SAR, Na, Cl ve B parametreleri esas alınarak, sulama suları, kullanımında zarar derecesi “yok-1.sınıf”, “az-orta-2. sınıf” ve “tehlikeli-3. sınıf” olmak üzere üç sınıf ‘ta derecelendirilmiştir. Aşağıda yer alan değerlendirmelerde söz konusu tebliğ ‘den ve FAO-29’da yer alan “Sulama suyu sınıflama rehberi (Ayers ve Westcot, 1989)” tablosundan da yararlanılmıştır.

Örnekleme sulama mevsimi boyunca (haziran, temmuz, ağustos, eylül) ayda bir olmak üzere yapılmıştır. Araştırmada elde edilen sonuçlar Şekil 1-9’da yer alan

grafikler ile ortalama olarak verilmiştir. Aylık dönemlerde elde edilen sonuçlar arasında çok fazla fark bulunmamıştır.

pH

Suyun asidik ya da alkali olduğunu gösteren parametredir. pH değeri karbonat dengesini, ağır metal içeriğini ve azot bileşenlerinin nispi oranını etkiler ve bu da toprak kalitesini ve bitki büyümesini etkiler. Asitli sular, kalsiyum, magnezyum ve alüminyum bitkiler tarafından yeterince absorbe edilemez. Bazik sular ise, bitkilerin bazı metal ve besin maddeleri alımı için daha iyi bir ortam sağlar (Şimşek ve Gündüz, 2007).

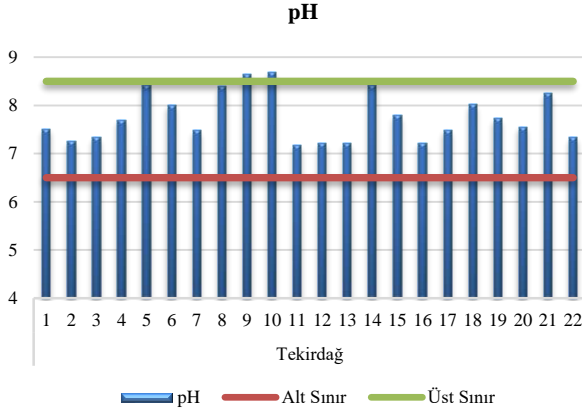
pH değeri tek başına suyun asiditesini ve alkalinitesini belirlerken normal sınırlar dışında diğer parametreler için belirteç olarak önemlidir (Anonim, 2020). Sulama sularında pH değerinin 6,5 ile 8,4 aralığında olması istenmektedir (Ayers ve Westcot, 1989). Çalışmada kuyu sularında belirlenmiş pH değerleri Şekil 1’de verilmiş olup, sadece dokuz (8,65) ve on (8,69) numaralı kuyu sularında belirlenen değerler 8,4 değerini bir miktar aşmıştır.

Elektriksel İletkenlik (EC)

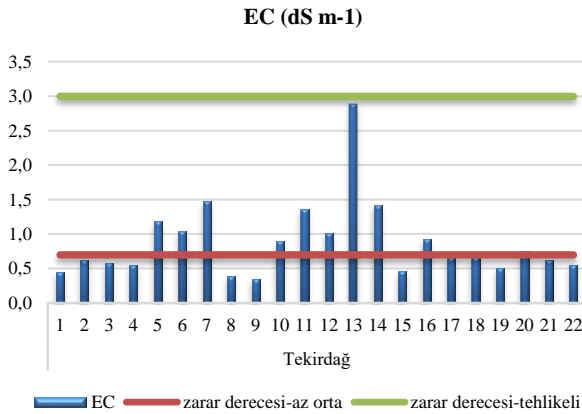
Elektriksel iletkenlik değeri sulardaki tuzların konsantrasyonunu ifade eden çok önemli bir göstergedir. AATTUT göre T1, T2, T3, T3, T8, T9, T15, T17, T18, T19, T20, T21 ve T22 nolu kuyu suları 1. sınıfta (kullanımda zarar derecesi “yok”) yer alırken, T5, T6, T7, T10, T11, T12, T13, T14 ve T16 nolu kuyu suları tuzluluk açısından kullanımda zarar derecesi “az-orta” sınıfında yer almıştır. En yüksek değer 2,89 dS m⁻¹ ile T13 nolu kuyuda belirlenmiştir (Şekil 2).

Birleşik Amerika Tuzluluk Laboratuvarı (1969) diyagramı kullanılarak yapılan sınıflamaya göre ise; T1, T2, T3, T4, T8, T9, T15, T17, T18, T19, T20, T21, T22 nolu kuyu suları “orta tuzlu sular” sınıfında, T5, T6, T7,

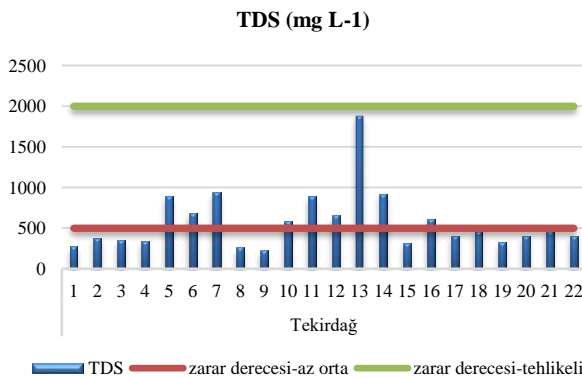
T11, T12, T13, T14 ve T16 nolu kuyu suları “yüksek tuzlu sular” sınıfında yer almaktadır. Bu sınıflamaya göre orta tuzlu sular, sulama yönünden sorun olmayan hafif bünyeli topraklarda ve tuza orta veya yüksek oranda dayanıklı bitkiler için rahatlıkla kullanılabilir. Yüksek tuzlu sular ise sulama yönünden sorun olmayan alanlarda yetişebilen ve tuza orta veya yüksek oranda dayanıklı bitkiler için hafif ve orta bünyeli topraklarda yıkama gereksinimi hesaplanarak kullanılabilir niteliktedir.



Şekil 1. Kuyu sularının pH değerleri
Figure 1. pH values of the well waters



Şekil 2. Kuyu sularının EC (dS m-1) değerleri
Figure 2. EC (dS m-1) waters of the well waters



Şekil 3. Kuyu sularında belirlenen TDS (Toplam Çözünmüş Madde) miktarları
Figure 3. Total dissolved matter amounts in the well waters

Sulamanın asıl amacı bitki büyüme dönemlerinde, su eksikliğinden dolayı meydana gelen verim eksikliğinin önlenmesi için toprağa yeterli miktarda ve zamanında su vermektir. Ancak su uygulamaları ile toprakta tuz birikimi olabilir. Böylece suyun yararlığı azalır ve su eksikliği başlangıcı hızlandırılır (Kanber ve ark., 1992). Bununla birlikte, tarımı yapılan kültür bitkilerinin tümü, tuzluluğa karşı aynı tepkiyi göstermezler. Bazı bitkiler tuzluluğa karşı daha hassas iken, bazı bitkiler daha dayanıklıdır.

Yüksek tuzlu sular sınıfında yer alan T5, T6, T12 ve T16 numaralı kuyu sularının tarla bitkilerinden fasulye ve mısır yetiştiriciliğinde, sebze bitkilerinden soğan, biber, havuç ve marul yetiştiriciliğinde bazı önlemlerin alınması sonucunda kullanılması gerekmektedir. Tuzluluk oranı daha yüksek olan T7 (1,48 dS m⁻¹), T11 (1,36 dS m⁻¹), T13 (2,89 dS m⁻¹) ve T14 (1,42 dS m⁻¹) nolu kuyu sularının fasulye, mısır, ıspanak, lahana, soğan, biber, havuç, marul gibi tarla bitkileri ve sebzeler ile elma, badem, kayısı, şeftali gibi meyve ağaçlarında kullanılması, verim azalışlarına ve topraklarda tuzlanmaya neden olabilecek seviyededir.

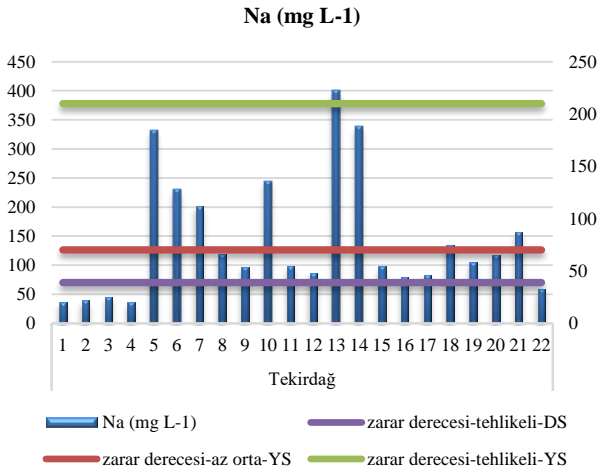
Toplam Çözünmüş Madde (TDS)

Sulardaki tuzluluğun bir diğer gösterim şeklidir. TDS değerleri T1, T2, T3, T4, T8, T9, T15, T17, T18, T19, T20, T21 ve T22 nolu kuyularda 500 mg L⁻¹'nin altındadır. TDS değeri 500 mg L⁻¹'nin altında olduğu durumlarda tuzluluk açısından herhangi bir sorun teşkil etmemektedir. T5, T6, T7, T10, T11, T12, T14 ve T16 nolu kuyu sularında belirlenen TDS miktarları 500-1000 mg L⁻¹ arasındadır ve kullanımında zarar derecesi “az-orta”dır (Şekil 3). Şarköy Kızılcaerazi’de (T13) bulunan kuyu suyunun EC değeri 2,9 dS m⁻¹, TDS değeri 1879 mg L⁻¹ olarak belirlenmiş olup, suyun sulama amaçlı kullanılması durumunda birçok bitki olumsuz etkilenecektir.

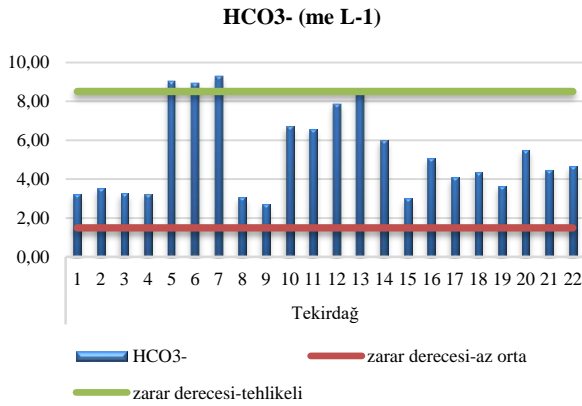
Sulama suyu ile toprağa iletilen tuzlar, bitki gelişmesi üzerine doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki türde etki yaparlar. Doğrudan etki Na, Cl, HCO₃ ve Bor gibi bazı iyonların bitki bünyesinde yüksek konsantrasyonlarda birikerek bitki gelişmesini azaltmak yada durdurmak şeklinde ortaya çıkmaktadır. Dolaylı etkide tuzlar, toprakta birikerek toprak çözeltisinin ozmotik basıncının artmasına neden olurlar. Bu ise bitki köklerinin su alımını zorlaştırarak fizyolojik kuraklık etkisine neden olur (Arslan ve ark., 2007).

Sodyum

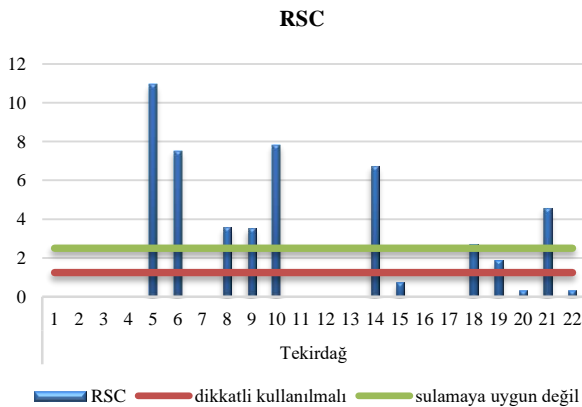
Kuyu sularında belirlenen Na konsantrasyonları, suların yüzey sulama ile uygulanması ve damla sulama şeklinde uygulanması durumlarına (Şekil 4) göre sınıflama yapılmıştır. Sodyum katyonu, sulama suyu kalitesi üzerinde doğrudan etkili en önemli katyondur. Sulama sularında sodyum konsantrasyonunun düşük olması istenir. Zira yüksek konsantrasyonda Na sadece bitkileri değil, toprağın da birçok özelliğini olumsuz etkiler. İncelemeye alınan 22 adet yeraltı sulama suyunun sadece beşinin (T1, T2, T3, T4 ve T22) yüzey sulama yöntemiyle sulama yapılması durumunda kullanımında zarar derecesi “yok” sınıfındadır (<70 mg L⁻¹). On iki kuyu suyu, kullanımında kısıt derecesi “az-orta” (70-210 mg L⁻¹ aralığında), beş kuyu suyu (T5, T6, T10, T13 ve T14) ise kullanımında zarar derecesi “tehlikeli” (>210 mg L⁻¹) sınıfta yer almıştır. Kuyu suları, damla sulama yöntemiyle toprağa uygulandığı durumda ise; sadece T1, T2, T3, T4 ve T22 nolu kuyu suları ile sulama yapılabilir nitelikte olduğu (<70 mg L⁻¹) ortaya çıkmıştır.



Şekil 4. Kuyu sularında belirlenen Na miktarları
Figure 4. Na amounts in the well waters



Şekil 5. Kuyu sularında HCO3- miktarları
Figure 5. HCO3- amounts in the well waters



Şekil 6. Kuyu sularında belirlenen RSC miktarları (me L-1)
Figure 6. RSC amounts in the well waters (me L-1)

HCO₃⁻

Örnekleme yapılan kuyu sularında belirlenen HCO₃⁻ değerlerine baktığımızda (Şekil 5), T5, T6 ve T7 nolu kuyu sularında değerlerin 3. sınıfta yani kullanımında kısıtlama derecesinin “tehlikeli” sınıfta yer aldığı görülmektedir (Şekil 6). HCO₃⁻ açısından, 22 kuyunun hiç birinin 1. Sınıfta yer almadığını, T5, T6 ve T7 nolu kuyuların haricindeki suların sulamada zarar derecesinin “az-orta” sınıfta olduğu görülmektedir. Bitkilerin bikarbonat

iyonuna karşı dayanıklılığı birbirinden farklıdır. Bununla birlikte bikarbonat iyonunun varlığında bitkilerin Ca ve K alımı yavaşlamakta, HCO₃⁻, Ca ve Mg’u bağladığından Na zararını arttırmaktadır.

Kalıcı sodyum karbonat (RSC)

Sulama sularının kalitesinin belirlenmesinde önemli bir parametre olup birçok sınıflamada dikkate alınan bir ölçüttür. RSC, sulama sularındaki karbonat ve bikarbonatın su kalitesi üzerindeki etkisini belirlemek için kullanılmaktadır.

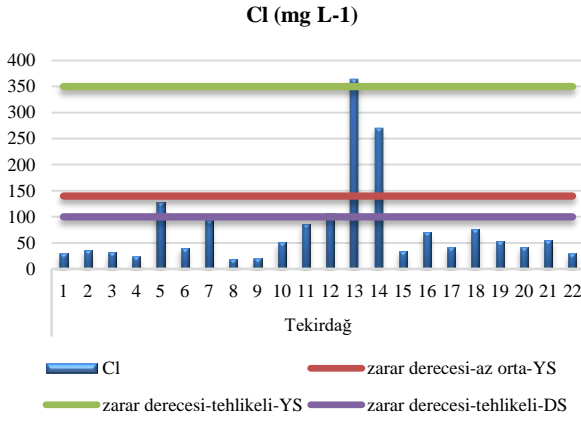
İncelemeye alınan kuyuların önemli bir kısmında artık sodyum karbonat sorunu olduğu belirlenmiştir. Tekirdağ ili Malkara ilçesinde bulunan T5 ve T6 numaralı kuyularda 10,9 ve 7,5 olarak belirlenen RSC değerleri oldukça yüksektir. Benzer şekilde Çorlu Önerler1, Önerler2, Şarköy1, Şarköy Sofular ve Hayrabolu Şalgamlıdaki kuyu sularında RSC değerleri 2,5 me L⁻¹ değeri aştığından söz konusu kuyu sularının sulamada kullanılması uygun değildir (Eaton 1950; Kanber ve Ünlü, 2014). Sulama sularında RSC değerlerinin 2,5 me L⁻¹ aştığı durumlarda, suların uzun süre sulamada kullanılması toprakta Na birikimine yol açar. Bu durum zamanla topraklarda tuzlulaşma ve sodikleşme sorunlarını ortaya çıkarmaktadır. Hayrabolu Karakarlıda bulunan T18 ve T19 nolu kuyu sularında belirlenen RSC değerleri 1,25 ile 2,5 me L⁻¹ aralığındadır (Şekil 6). Bu kuyu sularının uygun işletme koşullarında iyileştiricilerle birlikte kullanılması gerekmektedir.

Klor

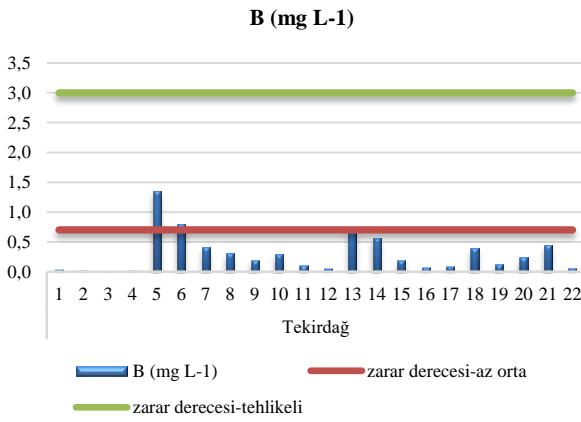
Klorun bitkiler üzerindeki toksisitesi, sodyum toksisitesi ile benzerlik göstermektedir. Na ve Cl gibi spesifik iyonların etkisi bitkinin kendisine olur ve bu etkilenme su eksikliğinden yada suyun alınabilir olmasından kaynaklanmaz.

Sulama sularında en sık rastlanan toksisitenin kaynağı klorudur. Klor toprakta adsorbe edilmez ve bu nedenle toprak suyunda kolaylıkla alınabilir nitelikte bulunur. Kökler tarafından absorbe edilen Cl⁻, bitki iletim organları ile özsuyu içerisinde iletilir ve yapraklara kadar taşınır, buharlaşma sonucu burada biriktirilir. Yapraklarda biriken Cl⁻ miktarı bitki dayanım sınırını aştığında, yapraklarda yanma ve kuruma gibi belirtiler kendini göstermeye başlar. Zararlanma belirtileri öncelikle yaprak uçlarında görülür ve buradan yaprak sapına doğru artarak ilerler.

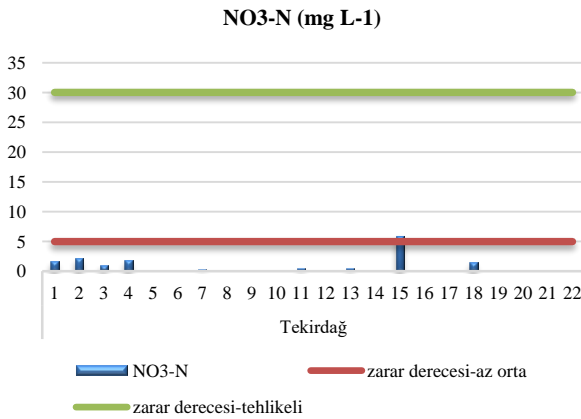
Tekirdağ ilinde örnekleme yapılan yirmi kuyuda Cl⁻ açısından (AATTUT göre) herhangi bir sorun görülmezken, T5 (127 mg L⁻¹) ve T14 (270 mg L⁻¹) numaralı kuyu suları gerek yüzey sulama, gerek damla sulama yönteminin uygulanmasında “az-orta” zarar derecesinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 7). On üç numaralı (Şarköy, Kızılcaterazi) kuyunun denize yakın olması ile klor seviyesi oldukça yüksek olarak belirlenmiş (364 mg L⁻¹) ve söz konusu kuyu suyunun sulama amaçlı kullanılması “tehlikeli” olduğu ortaya çıkmıştır. T13 ve T14 numaralı kuyular Tekirdağ, Şarköy’de bulunmakta olup, Şarköy’ün rakımı 6 m’dir. Kuyuları çevreleyen tarım arazilerinde en çok bağ yetiştiriciliği yapılmaktadır. Beş numaralı kuyu suyu bazı çilek türleri için zarar yapıcı konsantrasyonda Cl⁻ içermekte iken T13 ve T14 numaralı kuyu suları bazı taş çekirdekli meyve ağaçlarında (badem, kayısı, erik), üzüm, biber, domates, patates, arpa, mısır ve salatalık gibi bazı bitkiler için izin verilen maksimum Cl konsantrasyonları aşmaktadır.



Şekil 7. Kuyu sularında belirlenen Cl miktarları
Figure 7. Cl amounts in the well waters



Şekil 8. Kuyu sularında belirlenen B miktarları
Figure 8. B amounts in the well waters



Şekil 9. Kuyu sularında belirlenen NO3-N miktarları
Figure 9. NO3-N amounts in the well waters

Bor

Kuyu sularından yapılan örneklemelelerde, AATTUT sınıflamasına göre T5 ve T6 numaralı kuyu sularındaki B konsantrasyonları $0,7 \text{ mg L}^{-1}$ 'yi aşmış ve bu sular kullanımda zarar deresi "az-orta" sınıfında yer almıştır. Maas (1984) tarafından yapılan sınıflamaya göre; T13 ve T14 nolu kuyu sularında bulunan B konsantrasyonları $0,5-0,75 \text{ mg L}^{-1}$ aralığında olup, B'a hassas olan kayısı, şeftali, kiraz, erik, üzüm ve soğan yetiştiriciliğinde daha dikkatli

kullanılmalıdır. T5 ve T6 nolu kuyu suları ise buğday, arpa, ayçiçeği, fasulye ve sarımsak bitkilerinde kullanılması toksisite yaratabilecek seviyededir.

Sodyumdan farklı olarak bor bitki gelişimi için temel bir elementtir. Bor pratik olarak tüm sularda bulunan, bitki gelişimi için gerekli, fakat optimum değer üzerindeki konsantrasyonlarda toksit etki yapan bir elementtir. Bazı bitkiler için suda $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ bor gerekli olsa da, $1-2 \text{ mg L}^{-1}$ toksik olabilmektedir (Anonim, 2020).

NO₃-N

Kuyu sularında tespit edilen nitrat azotu miktarları 5 mg L^{-1} 'nin altında iken sadece 15 nolu kuyu suyunda 6 mg L^{-1} olarak bulunmuştur (Şekil 9). Hassas bitkiler 5 mg L^{-1} 'nin üzerindeki azot miktarlarından etkilenebilirler. Diğer pek çok bitki için 30 mg L^{-1} ye kadar olan konsantrasyonları etkisiz olabilmektedir. Sulama sularında NO₃ bulunması su kaynağının kirlendiğinin belirtisi olabilir. NO₃'ün fazla konsantrasyonları toprak permeabilitesi üzerine olumsuz etki yapmakla birlikte, 5 ppm değerinden fazla olması durumunda uygun gübreleme programı da seçilmelidir (Kızıloğlu ve ark., 2007). Bitkinin gelişme dönemi de N etkilenmesini değiştirmektedir. Genel olarak erken gelişme dönemlerinde aşırı azot olumlu etki yaparken çiçeklenme ve meyve oluşumu dönemlerindeki aşırı N ise olumsuz olarak verimi etkilemektedir. Yüksek N içeren sular ilk gelişme dönemlerinde gübreleme amaçlı kullanılabilir. Tekirdağ ilinde yapılan yeraltı kuyu suyu örneklerinde NO₃-N sorunu belirlenmemiştir.

SAR

Bir sulama suyunun kalitesini belirleyen sodyum veya alkalilik tehlikesi, sodyumun mutlak konsantrasyonu yanında, sodyumun diğer katyonların toplam konsantrasyonuna göre oransal miktarına da bağlıdır (SAR). Sulama suyunun SAR değerinin artması, toprak saturasyon ekstraktının SAR değerinin de artması anlamına gelmektedir. Bunun sonucu olarak toprağın değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) artmakta ve toprak sodikleşme eğilimi göstermektedir (Sağlam ve Adiloğlu, 1995). Yüksek SAR değeri bulunan kuyu suları; T5 (44,1), T6 (12,3), T8 (27,5), T9 (13,8), T10 (24,9), T13 (6,6), T14 (26,8), T18 (6,8) ve T21 (12,0) nolu kuyulardır.

SAR değeri ile EC değerleri birlikte değerlendirildiğinde U.S. Salinity Lab. Staff, 1969 diyagramına göre suların sulama suyu sınıflarına Çizelge 2'de yer verilmiştir. Çizelgede yer alan verilere göre sulama amaçlı kullanılması sakıncalı olan kuyu suları T5, T6, T8, T10, T13 ve T14'tür. T9, T11, T12, T16, T17 ve T21 nolu kuyu sularının özel koşulların (uygun drenaj koşulları, uygun bitki seçimi, kaba bünyeli topraklarda sağlanması ile kullanılması önerilebilir.

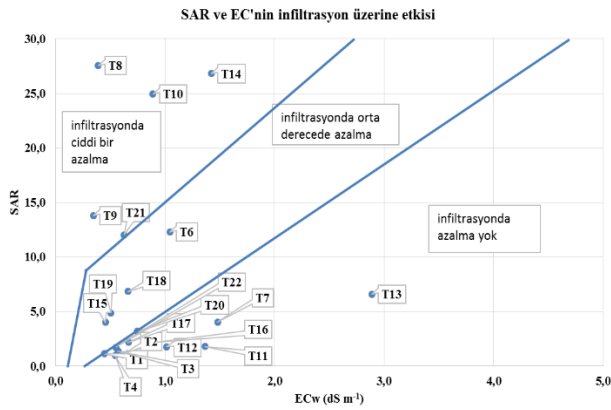
Su Kalitesi İnfiltrasyon İlişkisi

Şekil 10'da yer alan sınıflamaya göre T8, T9, T10, T14 ve T21 kuyu sularının kullanılması durumunda, zaman içerisinde toprak yapısında meydana gelecek strüktürel yapıdan dolayı infiltrasyonda ciddi bir azalma olacağı söz konusudur. Sulama suyu kalitesi, toprağın infiltrasyonu ile yakından ilişkilidir. Yüksek tuzluluktaki sular infiltrasyon oranını artırır, buna karşın düşük tuzluluktaki sular yada Na⁺ içeriği Ca⁺² ve Mg⁺² içeriğinden fazla olan sular infiltrasyon oranını azaltırlar.

Çizelge 2. Yeraltı kuyu sularının sulama suyu sınıfları
Table 2. Irrigation water classes of underground well waters

K	SSS	K	SSS	K	SSS
T1	T2A1	T9	T2A2	T16	T3A1
T2	T2A1	T10	T2A4	T17	T3A1
T3	T2A1	T11	T3A1	T18	T3A1
T4	T2A1	T12	T3A1	T19	T2A1
T5	T3A4	T13	T4A2	T20	T2A1
T6	T3A3	T14	T3A4	T21	T2A2
T7	T3A1	T15	T2A1	T22	T2A1
T8	T2A4				

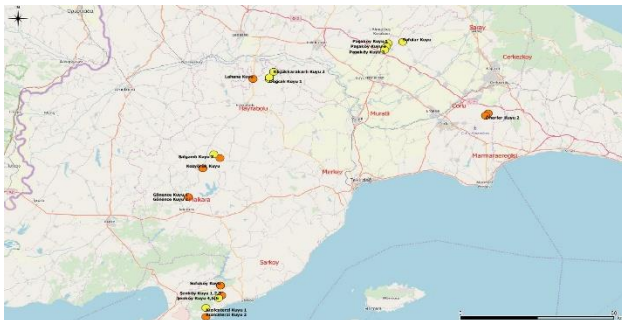
K: Kuyu, SSS: Sulama Suyu Sınıfı, *Tuzluluk sınıfları: T1-düşük (0-0,25 dS m⁻¹), T2-kısmen düşük (0,25-0,75 dS m⁻¹), T3-orta (0,75-2,25 dS m⁻¹), T4-yüksek (2,25 dS m⁻¹), Alkalilik Sınıfları: A1-düşük (SAR:0-10), A2-orta (SAR: 10-18), A3-yüksek (SAR: 18-26), A4-çok yüksek (SAR: 26-40)



Şekil 10. SAR ve EC'nin infiltrasyon üzerine etkisi
Figure 10. Effects of SAR and EC on infiltration



Şekil 11. Tekirdağ ili kuyuları AATTUT sınıflandırmalarını gösterir harita
Figure 11. Tekirdağ province wells AATTUT classification map



Şekil 12. Tekirdağ ili kuyuları FAO-29 sınıflandırmalarını gösterir harita
Figure 12. Tekirdağ province wells FAO-29 classification map

Sulama suyu kalitesi ile ilgili olarak suyun infiltrasyon oranı üzerine etkili olan iki önemli faktör vardır: Suyun içerdiği toplam tuz miktarı ve suyun Ca⁺² ve Mg⁺² içeriği ile orantılı olarak Na⁺ iyonu içeriğidir (Anonim, 2020). Bahsi geçen kuyu sularını çevreleyen arazilerin hafif bünyeye sahip olmamaları T8 (SiL), T9 (SiL), T10 (SCL), T14 (SCL), T21 (SiL) zarar derecesini gerek bitki, gerek toprak açısından daha da arttıracaktır. T6, T15, T18 ve T19 kuyu suları ile sulama yapılması durumunda infiltrasyonda orta derecede azalma söz konusudur. Tekirdağ ili Malkara ilçesi, Közyörük mevkiinde bulunan T5 numaralı kuyu suyunun SAR değeri 44,1'dir. Tuzluluk ve SAR değerlerinin suyun infiltrasyon oranı üzerine etkileri (Ayers ve Westcot, 1989) grafiğinde yer alan SAR=30 değeri aşması nedeniyle grafikte yer almamıştır. T5 kuyu suyunun sulama amaçlı kullanılmamalıdır.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda; Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliğine göre ve FAO-29 (1994)'da yer alan kalite parametreleri dikkate alınarak yapılan sınıflamalar Şekil 11 ve Şekil 12'de yer alan harita gösterimleri şeklinde verilmiştir. AATTUT'ne göre sekiz kuyu suyunun sulamada kullanılması "tehlikeli", dokuz adet kuyu suyunun sulama amaçlı kullanımında zarara dereci "az-orta" ve beş kuyu suyunun kullanımında zarar "yok" (Şekil 11). FAO-29'da yapılan sınıflamada 9 kuyu suyu kullanımında zarar derecesi "tehlikeli", 13 kuyu suyu kullanımında zarar derecesi "az-orta" olarak belirlenmiştir (Şekil 12).

Sonuç

Araştırmadan elde edilen sonuçlar, sanayi alanları ve yerleşim alanlarındaki atıklar ile tarımda yoğun kimyasal gübre ve ilaç kullanımının su kaynakları üzerinde yarattığı kirliliği kanıtlamaktadır. Çalışmada; 22 kuyudan, 13'ü orta tuzlu, sekiz kuyu suyunun da yüksek tuzlu sular sınıfında olduğu; beş adet kuyu suyunda Na zararı; üç kuyu suyunda HCO₃⁻ zararı olduğu belirlenmiştir. Yedi adet kuyu suyunda RSC değerleri 2,5 me L⁻¹'yi aşmış ve bu suların sulamada kullanılmasının uygun olmadığı ortaya çıkmıştır. Özel iyonlar açısından yapılan değerlendirme sonucunda ise; üç kuyuda Cl, iki kuyuda B ve bir kuyu suyunda belirlenen NO₃-N konsantrasyonlarının bazı bitkilerde zararlanma yaratabileceği tespit edilmiştir.

Tuzluluk, alkalilik ve özel iyon açısından sorunlu olarak belirlenen kuyu suları gerekli önlemler alınarak kullanılmalı veya sulama amaçlı kullanılmamalıdır.

Kaynaklar

- Akkaya C, Efeoğlu A, Yeşil N. 2006. Avrupa Birliği su çerçeve direktifi ve Türkiye'de uygulanabilirliği. TMMOB Su Politikaları Kongresi, 1, pp: 195-204.
- Anonim 2010a. Atıksu arıtma tesisleri teknik usuller tebliği, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/03/20100320-7.htm>, p. 81, [Erişim Tarihi: 04.04.2020]
- Anonim 2010b. TR21 Trakya bölge planı Tekirdağ, Edirne, Kırklareli 2010. https://www.trakyaka.org.tr/upload/Node/33265/xfiles/tr21_trakya_2010-2013.pdf, [Erişim tarihi: 05.05.2020]
- Anonim 2018. Türkiye çevre sorunları ve öncelikleri değerlendirme raporu. Ankara. https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/cevre_sorun_2018-20180702151156.pdf, [Erişim tarihi:05.05.2020]

- Anonim 2019. <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/NHYP-Duyuru/ULUSAL%20SU%20PLANI.pdf>, [Erişim tarihi, 05.05.2020]
- Anonim 2020. Ankara Üniversitesi Açık Ders Malzemeleri, <https://acikders.ankara.edu.tr/course/view.php?id=212#section-5>, Erişim tarihi: [05.05.2020]
- Arslan H, Güler M, Cemek B, Demir Y. 2007. Bafra Ovası yeraltı suyu kalitesinin sulama açısından değerlendirilmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 4(2): 219-226.
- Ayers RS, Westcot DW. 1985. Water quality for agriculture, FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29, Rev. 1, U. N. Food and Agriculture Organization, Rome.
- DSİ, 2020. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. Erişim: <http://bolge11.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklar%C4%B1>, [Erişim tarihi, 05.05.2020]
- Eaton FM. 1950. Significance of carbonates in irrigation waters. Soil Science 69: 123-133.
- Kanber R, Kırdı C, Tekinel O. 1992. Sulama suyu niteliği ve sulamada tuzluluk sorunları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:21, Ders Kitapları Yayın No:6, Adana.
- Kanber R, Ünlü M. 2014. Tarımda su ve toprak tuzluluğu. Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 281, Kitap Yayın No: A-87, Adana.
- Kaykıoğlu G, Ekmekyapar F. 2005. Ergene Havzasında Endüstriyel İşlem Suyu Olarak Kullanılan Yeraltı Sularının Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 6(1): 85-91.
- Kızıloğlu FM, Kuşlu Y, Tunç T, Yanık R. 2007. Erzurum ilindeki bazı su kaynaklarının kalitelerinin bitki, toprak ve sulama sistemi açısından değerlendirilmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 38(2): 173-179.
- Maas EV. 1984. Salt tolerance of plants. P 57-75. In: Christie B.R. (Ed.) Handbook of plant science in agriculture. V 2. CRC Press, Boca Raton.
- Sağlam MT, Adiloğlu A. 1995. Su kalitesi. Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Yayın No:230, Ders Kitabı No:27, Tekirdağ.
- Şimşek C, Gunduz O. 2007. IWQ index: a GIS-integrated technique to assess irrigation water quality. Environmental Monitoring and Assessment, 128(1-3): 277-300, doi: 10.1007/s10661-006-9312-8
- Tüzüner A. 1990. Toprak ve su analiz laboratuvarları el kitabı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.