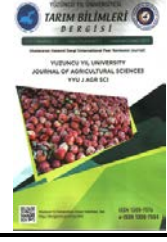




Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Tarım Bilimleri Dergisi
(YYU Journal of Agricultural Science)

<http://dergipark.gov.tr/yyutbd>



Araştırma Makalesi (Research Article)

Hakkari Bölgesindeki Bazı Sulama Havuzlarının Sulama Suyu Kalitesi Açısından Değerlendirilmesi**

Kayhan KAÇAR^{1*}, Şefik TÜFENKÇİ²

¹Hakkari İl Özel İdaresi, Tarımsal Hizmet Müdürlüğü, Hakkari, Türkiye

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0001-7584-2980> ²<https://orcid.org/0000-0002-3350-1085>

*Sorumlu yazar: kayhangacar@gmail.com

Makale Bilgileri

Geliş: 21.02.2020

Kabul: 14.01.2021

Online Yayınlanma 30.03.2021

DOI: 10.29133/yyutbd.692553

Anahtar kelimeler

Hakkari,
Sulama havuzları,
Sulama suyu kalitesi,
Sulama.

Öz: Modern sulamalarda sulama suyunun miktarı, sulama zamanı ve sulama yöntemi kadar sulama suyunun kalitesi de önemlidir. Yeterli ve iyi kalitede su bulunamayınca sulama açısından uygun olmayan sular kullanılmaktadır. Bu da toprakta tuzluluk problemini artırmaktadır. Bu nedenle, Hakkari ilinde sulama amacıyla kullanılan havuzlardaki su kalitelerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, 10 tane sulama havuzundan, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında su örnekleri alınmıştır. Alınan su örneklerinde EC, pH, anyon ve kasyonlar (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ , SO_4^{-2} , NO_3^{-2} , CO_3^{-2} , HCO_3^- ve Cl^-) belirlenmiştir. Ayrıca elde edilen veriler yardımıyla Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR), Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC) ve Sodyum Yüzdesi (% Na) değerleri de hesaplanmıştır. Çalışma sonunda, sulama havuzu sularının pH, EC, SAR, RSC ve % Na değerleri sınır değeri aşmamıştır. Fakat Akçalı Köyü Kanatlı mevkiindeki havuz suyunun Mg^{+2} ve K^+ , Kırıkdağ Köyü-Şişer mevkiindeki havuz suyunun ise K^+ değeri sınır değerlerinin üzerinde tespit edilmiştir.

Evaluation of Some Irrigation Pools in Hakkari Region in Terms of Irrigation Water Quality

Article Info

Received: 21.02.2020

Accepted: 14.01.2021

Online Published 30.03.2021

DOI: 10.29133/yyutbd.692553

Keywords

Hakkari,
Irrigation pools,
Irrigation water quality,
Irrigation.

Abstract: The quality of irrigation water is as important as the amount of irrigation water, irrigation time and irrigation method in modern irrigation. When there is not enough and quality water resource, water that is not suitable for irrigation is used. This increases the salinity problem in the soil. For this reason, it is aimed to evaluate the water quality in the pools used for irrigation in Hakkari province. For this purpose, water samples were taken from 10 irrigation pools in June, July, August and September. EC, pH, anions and cations (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ , SO_4^{-2} , NO_3^{-2} , CO_3^{-2} , HCO_3^- , and Cl^-) were determined in the water samples taken. Also, Sodium Adsorption Rate (SAR), Permanent Sodium Carbonate (RSC) and Sodium Percentage (% Na) values were calculated with the data obtained. At the end of the study, pH, EC, SAR, RSC and % Na values of irrigation pool waters did not exceed the limit value. But Mg^{+2} and K^+ of pool water in Akçalı Village Kanatlı area and K^+ value of pool water in Kırıkdağ Village-Şişer area were determined above the limit values.

**Bu çalışma yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

1. Giriş

Su, yeryüzünde bulunan en önemli kaynaklardan biridir. Su, ne kadar yenilenebilir olarak düşünülse de aslında sınırlı bir kaynaktır (Yerli ve ark., 2019). Yeryüzündeki suyun büyük çoğunluğu tarımsal üretim amacıyla kullanılmaktadır (Atıcı ve ark. 2016). Tarımsal üretimde verim ve kalite artışını sağlama yönünde, sulamanın önemi bilinen bir gerçektir (Uçar ve Yardımcı, 2003; Kızıloğlu ve ark., 2018). Modern sulamada sulama suyu miktarı, sulama zamanı ve sulama yöntemi kadar sulama suyunun kalitesi de önemlidir. Kurak ve yarı kurak iklime sahip bölgelerde düşük kaliteli sulama suyunun kullanımı endişe vericidir (Çakmakçı ve Şahin, 2019). Düşük kalitedeki sulama suyu bitkisel verimi azalttığı gibi toprak ekosistemini de olumsuz etkilemektedir (Misaghi ve ark., 2017; Bortolini ve ark., 2018). Sulama sularında bulunan bazı iyonlar bitkiye toksik etki yapabilmekte (Yerli ve ark., 2020), sularda bulunan katı maddeler basınçlı sulama sistemlerinde aşınma ve tıkanmalara neden olabilmektedir. Su kalitesine bağlı olarak değişim gösterebilen toprak reaksiyonu, toprak özelliklerinde farklı etkiler yaratabilmektedir (Zhao ve ark., 2013; Alaboz ve ark., 2017; Bouaroudj ve ark., 2019; Alaboz ve Çakmakçı, 2020). En belirgin olarak topraktaki besin elementlerinin yayılgılığını değiştirerek bitki fizyolojisine etki etmektedir.

Sulama sularının kalitesini etkileyen ve toprakların kullanılamaz hale gelmesine yol açan en önemli etkenlerden biri tuzluluktur (Kendirli ve ark., 2005; Ünlükara ve ark., 2006). Yeterli ve iyi kalitede su bulunamayınca, sulama açısından uygun olmayan tuzlu sular sulamada kullanılmakta ve bu olay toprakta tuzluluğu arttırarak, toprak biyolojisinin aktivitesini engellemekte, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini bozarak toprak verimliliğini azaltmakta, bitkiye ozmotik stres ve toksisite ile etkilemekte ve hem bitki de hem de toprakta verim ile kalitenin düşmesine sebep olmaktadır (İşcan ve ark., 2001, Arslan ve ark., 2007; Çakmakçı ve Sahin, 2020).

Hakkari bölgesinde yıllık yağış ortalaması yaklaşık 791 mm'dir (Anonim, 2020). Yağışların büyük çoğunluğu ilkbahar ve sonbahar aylarında görülmektedir. Yaz aylarında, özellikle bitki büyüme döneminde yağış miktarının büyük oranda azalması bölge tarımı için su kaynaklarının önemini arttırmaktadır. Bu sebeple Hakkari bölgesinde sürdürülebilir tarım için sulama zorunlu olmaktadır. Fakat bölgede bu gereksinimi karşılayabilecek yerüstü ve yeraltı su kaynakları potansiyeli, kalitesi ve tarımda kullanılan sulama yöntemleri ile ilgili araştırma ve çalışmaların olmaması, bu araştırmanın önemini daha da arttırmaktadır.

Bu çalışmada, Hakkari ilinde tarımın yoğun yapıldığı merkez köylerde, mevcut olan havuzların, sulama açısından su kalitelerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için 10 farklı (Akçalı köyüne bağlı Kanatlı; Kırıkdağ köyüne bağlı Aşağı Derecik, Şişer; Çimenli köyüne bağlı Merkez, Zorova, Karayolları; Üzümcü köyüne bağlı Cemeabbas, Dağaltı, Derav ve Tütünlü) noktadan sulama sezonunda (Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül) alınan su örneklerinde pH, elektriksel iletkenlik (EC), potasyum (K⁺), kalsiyum (Ca²⁺), magnezyum (Mg²⁺), karbonat (CO₃²⁻), bikarbonat (HCO₃⁻), klor (Cl⁻), sodyum (Na⁺), nitrat (NO₃²⁻) ve sülfat (SO₄²⁻) analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlardan yararlanılarak Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR), Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC) ve Sodyum Yüzdesi (% Na) değerleri saptanarak, bu su kaynaklarının sulamada kullanılabilirliği irdelenmiştir.

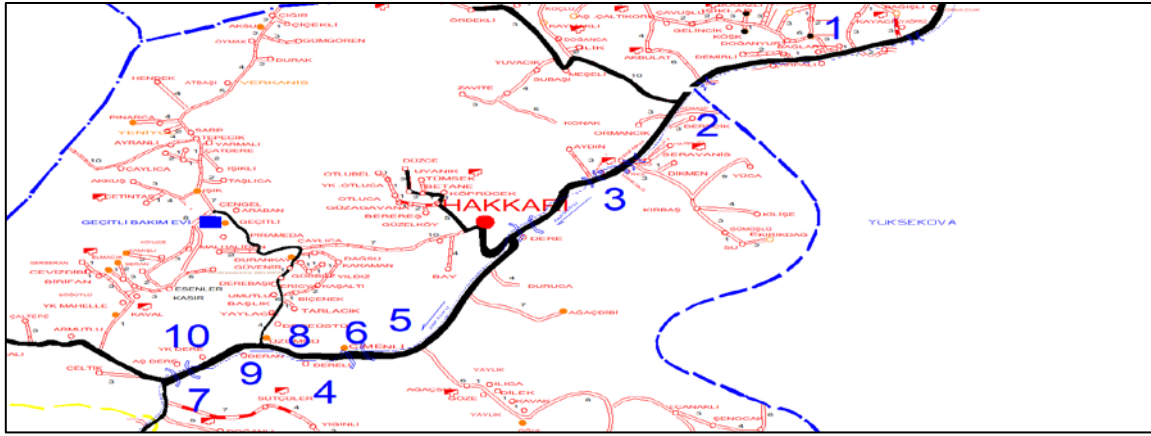
2. Materyal ve Yöntem

Türkiye topraklarının % 0.92'sini oluşturan Hakkari ilinin yüzölçümü 7228 km²'dir. Hakkari ili, 42° 10' ve 44° 50' doğu boylamları ile 36° 57' ve 37° 48' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Hakkari ilinin deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 1720 m'dir (Anonim, 2018).

Hakkari ilinde yaşayan insanların % 70'i geçimini tarımla sağlamakta ve tarımla uğraşan insanların 50'si aynı zamanda hayvancılıkla da uğraşmaktadır. Bölge topraklarının 53.520 ha tarım arazisi olup, bu alanın yaklaşık % 75'i sulanmaktadır. Sulamanın bir kısmı halk sulaması olup bir kısmında devlet sulamasıdır. Tarla ürünleri içerisinde ilk beş sırayı ekiliş alanlarına göre Yem bitkileri (Yonca-Korunga ve Fiğ), Buğday, Arpa, Tütün ve Çeltik yer almaktadır. Sebzeler içerisinde domates, hıyar ve karpuz öncelikli ürünlerdendir. Meyvelerden ise en çok ceviz, üzüm, elma, kayısı, nar ve incir yetiştirilmekle olup, bunları diğer meyveler takip etmektedir (Anonim, 2019).

Sulama havuzlarının seçiminde tarımının yoğun olarak yapıldığı köyler ele alınmıştır. Sulama havuzlarına ait koordinatlar Garmin markalı GPSMAP 64s el tipi GPS cihazıyla elde edilmiştir. Su

örneklerinin alındığı noktalar Şekil 1'de harita üzerinde gösterilmiştir. Su örneklerinin alındığı havuzların köy adları, mevkiileri, su kaynakları, koordinatları ve havuz ölçüleri Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Su örneklerinin alındığı köyler.

Çizelge 1. Su örneklerinin alındığı havuzlara ilişkin bilgiler

Sıra	Köy Adı	Mevki	Su Kaynağı	Havuz Ölçüleri (m) (Boy - En - Yükseklik)	Koordinatlar	Açılış Yılı
1	Akçalı	Kanathı	Yeraltı	20 m×10 m×1.30 m	37° 42' 14"N 44° 00' 20"E	2016
2	Kırıkdağ	Aşağı Derecik	Yeraltı	20 m×13 m×1.30 m	37° 38' 19"N 43° 52' 43"E	2016
3	Kırıkdağ	Şişer	Yeraltı	10 m×10 m×1.30 m	37° 36' 17"N 43° 52' 04"E	2017
4	Çimenli	Zorova	Yeraltı	20 m×20 m×1.30 m	37° 29' 05"N 43° 37' 13"E	2014
5	Çimenli	Karayolları	Yeraltı	12 m×10 m×1.30 m	37° 29' 09"N 43° 38' 05"E	2017
6	Çimenli	Merkez	Yeraltı	10 m×15 m×1.30 m	37° 29' 10"N 43° 37' 51"E	2017
7	Üzümcü	Tütünlü	Yeraltı	11.60 m×11.60 m×1.30 m	37° 28' 45"N 43° 33' 17"E	2017
8	Üzümcü	Cemeabbas	Yeraltı	15 m×10 m×1.30 m	37° 29' 29"N 43° 60' 17"E	2016
9	Üzümcü	Derav	Yeraltı	15 m×10 m×1.30 m	37° 29' 01"N 43° 33' 50"E	2015
10	Üzümcü	Dağaltı	Yeraltı	20 m×15 m×1.30 m	37° 29' 50"N 43° 34' 19"E	2016

Araştırma alanları belirlenirken, yerleşim yeri, tarımsal üretim, güvenlik, kaynağa katılım gibi etkenler göz önünde bulundurulmuştur. Havuzda su bekletme süresi 4 saat ve 8 saat arası değişiklik göstermektedir. Su örnekleri 2018 yılının yetiştiricilik dönemi olan Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında alınmıştır. Her örnekleme noktasında, su örnekleri 0.5 litrelik 10 adet plastik pet su şişelerine aktarılmış, sıcaktan olumsuz etkilenmemesi ve gözetilen amaca uygun olması için Hakkari'den Van'a özel termoslarda taşınmıştır. Sulama suyu örnekleri analiz edilene kadar +4° C sıcaklığa duyarlı buzdolabında saklanmıştır.

Elektriksel iletkenlik ve pH dijital göstergeli pH metre ve iletkenlik ölçer cihazıyla ölçülmüştür. CO₃²⁻ ve HCO₃⁻ sülfirik asitle yapılan titrasyon ile belirlenmiştir (Tüzüner, 1990). Na⁺, Ca²⁺, K⁺ ve Mg²⁺ parametreleri laboratuvarında pH 2'den küçük olacak şekilde nitrik asitle asitlendirilmiş EPA 6020 A metoduna göre yapılmıştır. Analizler için ICP - MS (Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometer) ve Agilent Technology 7700 cihazları kullanılmıştır. NO₃²⁻, SO₄²⁻ ve Cl⁻ parametreleri TS EN ISO 10304-1 metoduna göre, IC (İyon Kromatografi) adlı, Thermo scientific markalı ve dionex ICS - 5000 plus modellenli cihazda yapılmıştır. Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR),

Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC) ve Sodyum Yüzdesi (% Na) değerleri aşağıda belirtilen eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır (Kanber ve Ünlü, 2014).

$$\text{Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR)} = \frac{Na}{\sqrt{(Ca + Mg)/2}} \quad (1)$$

$$\text{Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC)} = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg) \quad (2)$$

$$\text{Sodyum Yüzdesi (\% Na)} = \frac{Na}{Na + Mg + Ca + K} \times 100 \quad (3)$$

3. Bulgular ve Tartışma

Hakkari merkez sulama havuzlarında sulama sezonu boyunca alınan su örneklerinin analiz sonuçları ve değerlendirmeleri aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir. pH, sulamada kullanılan suların asit, baz veya nötr özellikte olduğunu belirlemek için kullanılan parametredir (Kanber ve ark., 2003). Örnekleme noktalarından alınan su örneklerine ilişkin pH değerleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Sulama havuzları aylara bağlı pH değerleri

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	7.10	7.62	7.78	8.02	7.99	8.10	8.35	7.65	8.33	8.27	7.92
Temmuz	6.88	7.63	7.34	7.88	7.81	8.20	8.45	7.63	8.22	8.11	7.81
Ağustos	6.96	7.80	7.42	7.95	7.91	8.15	8.48	7.82	8.55	8.24	7.92
Eylül	7.30	8.25	7.80	7.92	7.98	8.13	8.44	8.18	8.25	8.24	8.04
Ortalama	7.06	7.82	7.58	7.94	7.92	8.14	8.43	7.82	8.33	8.21	7.92

Sulama sularında pH değerlerinin 6.5 - 8.5 arasında olması istenmektedir (Anonim, 2008). Doğan ve Şahin (2019), Manisa yöresinde pH değerini 7.04 ile 8.59 arasında, Yinanç (2013), Kahramanmaraş Sağ Sahil sulama alanında pH değerini 7.23 ile 8.41 arasında, Demir (2013), Silifke Ovası’nda pH değerini 7.15 ile 8.05 arasında bulduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada, suların pH değerleri 7.06 - 8.43 arasında değişmekte ve su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre birinci ve ikinci sınıf sulara girmektedir. Ancak pH’ı 8’in üstünde olan sulama sularının damla sulama yönteminde tıkanmaya yol açabileceği Anonim (2010)’de bildirilmiştir.

Elektriksel iletkenlik (EC), sulara iyonlarına ayrılmış tuzların toplam konsantrasyonunu açıklamaktadır. Örnekleme noktalarından alınan su örneklerine ilişkin EC değerleri Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Sulama havuzları aylara bağlı EC değerleri (µS/cm)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	495.4	155.8	162.1	208.5	175.5	190.9	120.1	142.3	88.9	152.8	189.2
Temmuz	487.7	162.3	149.9	206.4	182.5	211.3	108.7	166.5	100.3	138.5	191.4
Ağustos	563.7	160.1	155.7	217.2	186.2	187.3	100.0	150.2	99.9	147.0	196.7
Eylül	644.0	256.4	212.3	256.1	189.6	180.1	156.6	154.5	102.5	157.1	230.9
Ortalama	547.7	183.6	170.0	222.0	183.4	192.4	121.3	153.3	97.9	148.8	202.0

Tuzlu toprakların yıkanarak iyileştirmesinde ve bitkilerin tuza direnç seviyeleri, elektriksel iletkenlik değerlerinden yararlanılarak yapılmaktadır (Kanber ve Ünlü, 2014). Karadavut (2009) Aksaray bölgesinde EC değerini 160 µS/cm ile 3297 µS/cm arasında bulduğunu belirtmişlerdir. Elde edilen EC değerleri, USSL (1954)’ye göre birinci sınıf (C₁) su kalitesinde değerlendirilirken, Akçalı köyü kanatlı mevkiinde (1. örnekleme noktası) ölçülen elektriksel iletkenlik değeri ise ikinci sınıf (C₂) su kalitesine girmektedir. Anonim (2010) sulama suyu kalitesinin değerlendirme ölçütlerine göre de 1. sınıf kaliteli suların olup kullanımında herhangi bir sıkıntı bulunmamaktadır.

Klor, sulama sularında önemli bir ölçüttür. Sulara bulunan yüksek klor değeri bitkiye toksik etki yapabildiği gibi, diğer elementlerle etkileşime girerek toprak yapısında da olumsuzluklar ortaya çıkarabilir. Klorun sınır değerleri yağmurlama sulamada 3 me/L, yüzey sulamada ise 4 me/L olarak

belirlenmiştir (Ayers ve Westcot, 1989). Örnekleme noktalarından alınan su örneklerine ilişkin klor değerleri Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 4. Sulama havuzları aylara bağlı klor değerleri (me/L)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	0.12	0.02	0.06	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03
Temmuz	0.12	0.02	0.05	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.14	0.04
Ağustos	0.12	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.16	0.04
Eylül	0.14	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.17	0.05
Ortalama	0.13	0.02	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.12	0.04

Yıldıztekin (2007), Muğla Karabağlar yöresinde 0.4 me/L ile 3.2 me/L arasında, Cerit (2014) Sivas ili Hafik ilçesinde 0 ile 4.33 me/L arasında, Alpözen (2017), Konya Sarayönü’nde 1.00 me/L ile 3.80 me/L arasında bulduklarını belirtmişlerdir. Çalışmadan elde edilen klor değerleri sulama suyu kalitesi için uygun bulunmuştur. Suların klor değerleri yüzey ve damla sulama sistemlerinde kullanım için sınır değerlerin altında bulunmaktadır (Ayers ve Westcot, 1989; Anonim, 2010).

Sulama sularının sınıflandırmasında önemli ölçütlerden biri olan kalsiyum, fazlalığı halinde sulama suyuna sertlik niteliği sağlamaktadır (Kanber ve Ünlü, 2014). Örnekleme noktalarından alınan su örneklerine ilişkin kalsiyum değerleri Çizelge 5’de verilmiştir.

Çizelge 5. Sulama havuzları aylara bağlı kalsiyum değerleri (me/L)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	8.12	2.77	2.61	3.25	2.70	2.69	1.62	2.30	1.58	2.14	2.97
Temmuz	4.70	2.24	2.98	2.80	2.49	2.46	1.38	2.02	1.37	2.05	2.44
Ağustos	5.36	2.30	2.35	3.43	2.36	2.68	1.25	2.09	1.46	2.42	2.57
Eylül	5.33	2.37	2.44	3.04	2.49	2.52	1.45	2.17	1.52	2.20	2.55
Ortalama	5.87	2.42	2.59	3.13	2.51	2.58	1.42	2.14	1.48	2.20	2.63

Sarı (2007), kalsiyum değerini Konya kent merkezinde 1.46 me/L ile 11.23 me/L arasında, Arslan ve ark. (2007) Bafra Ovası Sağ Sahil’de 2.60 me/L ile 10.75 me/L arasında bulunduğunu belirtmiştir. Çalışmada, kalsiyum değerleri, izin verilebilir değerler arasında bulunmakta (Ayers ve Westcot, 1989) ve sulamada kullanılmasında sakınca bulunmamaktadır.

Magnezyum da kalsiyum gibi fazlalığı halinde suya sertlik özelliği sağlamaktadır. Bitkilerin gelişmesi için gerekli elementlerden olan magnezyumun, sulama sularında 0 - 5 me/L olması istenmektedir (Ayers ve Westcot, 1989). Örnekleme noktalarından alınan su örneklerine ilişkin magnezyum değerleri Çizelge 6’da verilmiştir.

Çizelge 6. Sulama havuzları aylara bağlı magnezyum değerleri (me/L)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	9.48	0.94	0.98	1.91	1.64	1.64	0.58	1.07	0.57	0.80	1.96
Temmuz	5.58	0.78	1.97	1.73	1.48	1.51	0.50	0.99	0.50	0.36	1.54
Ağustos	6.33	0.69	1.04	2.15	1.24	1.47	0.47	0.81	0.56	2.15	1.69
Eylül	6.34	0.80	1.25	1.84	1.52	1.53	0.54	0.98	0.56	0.87	1.62
Ortalama	6.93	0.80	1.31	1.90	1.47	1.53	0.52	0.96	0.54	1.04	1.70

Yinanç (2013), Kahramanmaraş Sağ Sahil yöresinde 1.08 me/L ile 5.16 me/L arasında, Yıldıztekin (2007), Muğla Karabağlar yöresinde yaptığı çalışmada magnezyum değerini 0.60 me/L ile 5.00 me/L arasında olarak belirtmişlerdir. Çalışmada 1. örnekleme noktası (Akçalı Köyü-Kanatlı mevkiindeki) sulama suyunun magnezyum değerleri yüksek bulunmuş olup, bu durumun bölgedeki yüksek gübre kullanımından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Potasyum, bitkilerin gelişmesi için gerekli elementlerdendir. Potasyumun sulama sularında 0 - 0.05 me/L olması istenmektedir (Ayers ve Westcot, 1989). Örnekleme noktalarından alınan su örneklerine ilişkin potasyum değerleri Çizelge 7’de verilmiştir.

Çizelge 7. Sulama havuzları aylara bağlı potasyum değerleri (me/L)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	0.469	0.0279	0.0155	0.0089	0.0095	0.0098	0.0091	0.0093	0.0095	0.0342	0.0602
Temmuz	0.420	0.0242	0.0414	0.0059	0.0082	0.0093	0.0078	0.0089	0.0077	0.0125	0.0545
Ağustos	0.436	0.0201	0.0818	0.0103	0.0084	0.0101	0.0076	0.0082	0.0094	0.0126	0.0604
Eylül	0.431	0.0217	0.0677	0.0083	0.0127	0.0126	0.0091	0.0094	0.0097	0.0414	0.0623
Ortalama	0.439	0.0234	0.0516	0.0083	0.0097	0.0104	0.0084	0.0089	0.0090	0.0251	0.0593

Cerit (2014), Sivas ili Hafik ilçesinde potasyum değerini 0.01 me/L ile 0.22 me/L arasında, Bulum (2015), Arslan ve ark. (2007) Bafra Ovası Sağ Sahil’de potasyum değerlerini 0.06 me/L ile 3.59 me/L arasında değişiklik gösterdiğini belirtmişlerdir. Tüm örnek havuzlarının aylık ortalama potasyum değerleri Ayers ve Westcot (1989)’a göre izin verilebilir değerler arasında bulunmuşken, 1. (Akçalı Köyü - Kanatlı) ve 3. (Kırıkdağ Köyü – Şişer) örnekleme noktalarında değerler ortalamalardan yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni, bu bölgelerde yüksek N-P-K gübrelerinin kullanımından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sodyum, sularda eşik değer üzerinde olduğu takdirde, bitkilerde zehirlenmeye yol açar. Sularda sodyum değerlerinin 0 - 40 me/L arasında olması gerekmektedir (Ayers ve Westcot, 1989). Örnekleme noktalarından alınan su örneklerine ilişkin sodyum değerleri Çizelge 8’de verilmiştir.

Çizelge 8. Sulama havuzları aylara bağlı sodyum değerleri (me/L)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	1.53	0.25	0.08	0.04	0.03	0.03	0.06	0.02	0.06	0.26	0.23
Temmuz	1.42	0.21	0.25	0.03	0.03	0.03	0.05	0.01	0.05	0.11	0.22
Ağustos	1.72	0.19	0.40	0.05	0.04	0.05	0.06	0.02	0.07	0.04	0.26
Eylül	1.70	0.18	0.45	0.04	0.04	0.05	0.06	0.02	0.06	0.21	0.28
Ortalama	1.59	0.21	0.29	0.04	0.04	0.04	0.06	0.02	0.06	0.15	0.25

Sarı (2007), Konya kent merkezinde sodyum değerini 0.5 me/L ile 5.26 me/L arasında, Anbarcı (2010), Edirne ili Keşan ilçesinde sodyum değerini 1.84 me/L ile 6.37 me/L arasında bulduklarını belirtmişlerdir. Çalışmada sodyum değerleri, Ayers ve Westcot (1989)’a göre izin verilebilir değerlerin altında bulunmuştur. Ayrıca Anonim (2010)’a göre Sodyum değerleri 1. sınıf sular sınıfına girmekte ve bu sonuçlar kapsamında kullanımında sıkıntı bulunmayan sular sınıfında bulunmaktadır.

Suda nitrat kirliliği çok sık karşılaşılan problemlerdendir. Nitratın sularda istenilen değerler üzerinde olması durumunda toprağın geçirgenliğini azalır (Egemen, 2011; Ayyıldız, 1990). Böylece infiltre olamayan su, toprak yüzeyinde göllenir ve bitkiler bu sudan yararlanamaz. Örnekleme noktalarından alınan su örneklerine ilişkin nitrat değerleri Çizelge 9’da verilmiştir.

Çizelge 9. Sulama havuzları aylara bağlı nitrat değerleri (me/L)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	0.11	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
Temmuz	0.13	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
Ağustos	0.13	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
Eylül	0.13	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02
Ortalama	0.13	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02

Çalışma sonuçlarına göre, 9 havuzunun nitrat değerleri, su kalite kontrolü yönetmeliğine göre birinci (yüksek kaliteli - çok iyi) kalite sınıfında değerlendirilirken, Akçalı köyü Kanatlı (1. örnekleme noktası) mevkiindeki sulama suyu ise ikinci kalite - az kirlenmiş sular sınıfında yer almıştır (Anonim, 2015). Bu durum, Akçalı köyü kanatlı mevki tarım arazilerinde yoğun azotlu gübre kullanımı ve hayvan artıkları ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Ayers ve Westcot (1989)’a göre sularda izin verilebilir üst sülfat sınır değeri 20 me/L’dir. Sulama sularında 20 me/L üzerindeki sülfat bitkilere toksik etki yapabilmektedir (Ayyıldız, 1990; Kanber ve Ünlü, 2014). Örnekleme noktalarından alınan su örneklerine ilişkin sülfat değerleri Çizelge 10’da verilmiştir.

Çizelge 10. Sulama havuzları aylara bağlı sülfat değerleri (me/L)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	8.15	0.33	0.24	0.66	0.55	0.55	0.12	0.20	0.12	0.45	1.14
Temmuz	6.59	0.33	0.32	0.71	0.74	0.74	0.14	0.26	0.14	0.40	1.04
Ağustos	6.82	0.34	0.55	0.78	0.86	0.86	0.15	0.31	0.15	0.37	1.12
Eylül	7.37	0.37	3.08	0.86	0.92	0.92	0.15	0.33	0.15	0.38	1.45
Ortalama	7.23	0.34	1.05	0.75	0.77	0.77	0.14	0.27	0.14	0.40	1.19

Yinanç (2013) Kahramanmaraş Sağ Sahil yöresinde 0 ile 2.89 me/L arasında, Cerit (2014) Sivas ili Hafik ilçesinde 0 ile 0.90 me/L arasında bulduklarını belirtmişlerdir. Scofield (1936)'a göre çalışmadan elde edilen sülfat değerleri, çok iyi sulama suyu sınıfında değerlendirilmektedir. Fakat Akçalı - Kanatlı mevkiindeki sulama suyu sülfat içeriği Anonim (2010)'a göre IV. Sınıf sular sınıfında bulunmaktadır.

Karbonat; kireç taşı, dolomit ve demir karbonat formunda bulunur. Eriyebilir karbonatlar, sulama suyu ile birlikte toprağa verilirse ve toprakta kalsiyum ve potasyum iyonu yoksa sodyumlulaşma riski ortaya çıkar (Kanber ve Ünlü, 2014). Böylece topraklar verimsizleşir ve bitki üretim potansiyeli azalır. Örnekleme noktalarından alınan su örneklerine ilişkin karbonat değerleri Çizelge 11'de verilmiştir.

Çizelge 11. Sulama havuzları aylara bağlı karbonat değerleri (me/L)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temmuz	0	0	0	0	0	0	0.00003	0	0.00003	0	0.000006
Ağustos	0	0.00003	0	0.00003	0.00003	0	0.00003	0	0.00003	0	0.000015
Eylül	0	0.00003	0	0	0.00003	0	0	0	0.00003	0	0.000009
Ortalama	0	0.000015	0	0.000007	0.000015	0	0.000015	0	0.000025	0	0.000007

Ayers ve Westcot (1989)'a göre sulama sularında karbonatta izin verilebilir sınır 0-1 me/L'dir. Şenel (2017), Antalya Boğaçayı'nda karbonat değerlerinin 0.4 me/L ile 2.02 me/L arasında değişiklik gösterdiğini belirtmiştir. Çalışmadan elde edilen karbonat değerleri, Ayers ve Westcot (1989)'a göre izin verilebilir sınırlar içerisinde yer almıştır.

Ayers ve Westcot (1989)'a göre sulama sularında bikarbonatta izin verilebilir sınır 0-10 me/L'dir. Aynı zamanda bikarbonatta yağmurlama sulama yöntemi için sınır değer 1.5 me/L olarak belirtilmiştir (Ayers ve Westcot, 1989; Kanber ve Ünlü, 2014). Örnekleme noktalarından alınan su örneklerine ilişkin bikarbonat değerleri Çizelge 12'de verilmiştir.

Çizelge 12. Sulama havuzları aylara bağlı bikarbonat değerleri (me/L)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ort.
Haz.	0.00068	0.00037	0.00040	0.00042	0.00037	0.00036	0.00018	0.00032	0.00018	0.00045	0.00037
Tem.	0.00077	0.00037	0.00042	0.00049	0.00036	0.00034	0.00018	0.00029	0.00018	0.00029	0.00036
Ağu.	0.00067	0.00031	0.00027	0.00037	0.00032	0.00032	0.00018	0.00029	0.00018	0.00031	0.00032
Eyl.	0.00072	0.00039	0.00031	0.00047	0.00037	0.00040	0.00014	0.00027	0.00024	0.00027	0.00032
Ort.	0.00071	0.00036	0.00035	0.00043	0.00035	0.00035	0.00017	0.00029	0.00019	0.00033	0.00035

Cerit (2014), Sivas ili Hafik ilçesinde bikarbonat değerlerini 3.92 me/L ile 9.20 me/L arasında belirtmiştir. Çalışmada bikarbonat değerleri, Ayers ve Westcot (1989)'a göre izin verilebilir sınır değerler içerisinde yer almıştır.

Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR), sulama suyundaki veya çamur süzüğündeki sodyum (Na⁺) elementinin, başka elementlerle değişim durumunu belirtmek için kullanılmaktadır (Kanber ve Ünlü, 2014). Örnekleme noktalarından alınan su örneklerine ilişkin Sodyum adsorbsiyon oranı değerleri Çizelge 13'de verilmiştir.

Çizelge 13. Sulama havuzları aylara bağlı SAR değerleri (me/L)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	0.51	0.18	0.06	0.02	0.02	0.02	0.05	0.01	0.05	0.21	0.11
Temmuz	0.62	0.17	0.16	0.02	0.02	0.02	0.05	0.01	0.05	0.10	0.12
Ağustos	0.71	0.16	0.30	0.03	0.03	0.03	0.07	0.01	0.07	0.02	0.14
Eylül	0.70	0.14	0.33	0.02	0.03	0.04	0.06	0.02	0.06	0.17	0.16
Ortalama	0.63	0.16	0.21	0.02	0.02	0.03	0.06	0.01	0.06	0.12	0.13

Yinanç (2013), Kahramanmaraş Sağ Sahil yöresinde yaptığı çalışmada sodyum adsorbsiyon oranı değerini 0.01 me/L ile 1.20 me/L arasında bulunduğunu belirtmiştir. USSL (1954)'ye göre sulama havuzlarından sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) değerleri birinci sınıf (S₁) sulama suyu sınıfında yer almıştır.

Sulama sularında sodyum yüzdesinin (% Na) 50-60'dan büyük olması istenmemektedir. Sulama suyunun topraklarda meydana getireceği sodyum tehlikesi, katyon konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir (Güngör ve ark., 2002; Kanber ve Ünlü, 2014). Örneklem noktalarından alınan su örneklerine ilişkin sodyum yüzdesinin değerleri Çizelge 14'te verilmiştir.

Çizelge 14. Sulama havuzları aylara bağlı sodyum yüzdesi (% Na) değerleri

Aylar	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama	
Haziran	7.82	6.33	2.19	0.76	0.86	0.89	2.72	0.64	2.74	8.03	3.30
Temmuz	11.73	6.59	4.91	0.70	0.82	0.84	2.73	0.62	2.79	4.60	3.63
Ağustos	12.44	6.14	10.37	0.95	1.23	1.25	3.62	0.78	3.38	0.97	4.11
Eylül	12.33	5.42	10.84	0.89	1.10	1.38	3.05	0.84	2.97	6.35	4.51
Ortalama	11.08	6.12	7.08	0.82	1.00	1.09	3.03	0.72	2.97	4.99	3.89

Yinanç (2013), Kahramanmaraş Sağ Sahil'de sodyum yüzdesi değerlerinin % 0.21 ile % 28.34 arasında değişiklik gösterdiğini belirtmiştir. Sulama havuzlarından elde edilen sodyum yüzdesi (% Na) değerleri, Scofield (1936) ve Christiansen ve ark. (1977)'a göre birinci sınıf yani çok iyi sulama suyu sınıfında bulunmuştur.

Kalıcı sodyum karbonat (RSC), toprakların fiziksel yapısına zarar vermekte ve siyah alkali diye adlandırılan sodyumlu toprakların meydana gelmesine sebep olmaktadır (Kanber ve Ünlü, 2014). Örneklem noktalarından alınan su örneklerine ilişkin kalıcı sodyum karbonat değerleri Çizelge 15'de verilmiştir.

Çizelge 15. Sulama havuzları aylara bağlı RSC değerleri (me/L)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	-17.59	-3.70	-3.58	-5.15	-4.33	-4.32	-2.19	-3.36	-2.14	-2.93	-4.92
Temmuz	-10.27	-3.01	-4.94	-4.52	-3.96	-3.96	-1.87	-3.00	-1.86	-2.40	-3.97
Ağustos	-11.68	-2.98	-3.38	-5.57	-3.59	-4.14	-1.71	-2.89	-2.01	-4.56	-4.25
Eylül	-11.66	-3.16	-3.68	-4.87	-4.00	-4.04	-1.98	-3.14	-2.07	-3.06	-4.16
Ortalama	-12.80	-3.21	-3.89	-5.02	-3.97	-4.11	-1.93	-3.09	-2.02	-3.23	-4.32

Alpözen (2017), Konya Sarayönü'nde kalıcı sodyum karbonat değerini 0, Karadavut (2009), Aksaray'da -6.00 me/L ile 10.30 me/L arasında değişiklik gösterdiğini belirtmiştir. Sulama havuzlarından elde edilen kalıcı sodyum karbonat değerleri, Eaton (1950)'a göre birinci sınıf sulama sınıfında bulunmuştur.

4. Sonuç

Çalışma sonunda, havuzlardan alınan sulama sularının pH değerleri 7.06-8.43 arasında değişmiştir. Toprağa uygulanacak bazı besin elementlerinin suların pH değerini artıracığı göz önünde bulundurulursa başta damla sulama sistemi olmak üzere basınçlı sulama sistemlerinde tıkanmaya yol açabileceği düşünülmektedir. Su örneklerinin, elektriksel iletkenlik değerleri 97.90-547.7 µS/cm arasında bulunmuştur. ABD Tuzluluk Laboratuvarı sınıflandırma sistemine (C₁S₁ ve C₂S₁), Anonim (2008) ve Anonim (2010) kriterlerine göre uygun bulunmuştur.

Yapılan çalışmada Akçalı Köyü Kanatlı mevkiindeki sulama havuz suyunun Anonim (2010)'a göre EC ve nitrat değerleri 2. sınıf, Potasyum değerleri IV. sınıf sular sınıfında belirlenmiştir. Akçalı Köyü Kanatlı havuz suyunun Magnezyum ve Potasyum, Kırıkdağ Köyü-Şişer mevkiindeki havuz suyunun ise potasyum değerleri sınır değerlerinin üzerinde belirlenmiştir. Sulama havuzu sularının ileriki zamanlarda toprakta tuzluluk, sodyumlulaşma veya çoraklaşmaya neden olmaması için gerekli analiz ve takiplerin yapılması, gerekli olmadıkça gübrelemenin yapılmaması konusunda çiftçilerin bilgilendirilmesi gerekmektedir.

Kaynakça

- Alpözen, C. M. (2017). *Konya-Sarayönü gözlü tarım işletmesi müdürlüğüne ait sulu ziraat alanlarındaki su kaynaklarının sulama suyu kalitesi yönünden değerlendirilmesi*. (YL), Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Konya, Türkiye.
- Anonim. (2008). Su kirliliği kontrol yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/02/20080213-13.htm> Erişim tarihi: 15.07.2018.
- Anonim. (2010). Atıksu arıtma tesisleri teknik usuller tebliği. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/03/20100320-7.htm> Erişim tarihi: 20.03.2018.
- Anonim. (2015). Kıtaçi yerüstü su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150415-18.htm> Erişim tarihi: 01.12.2018.
- Anonim. (2018). Hakkari il kültür ve turizm müdürlüğü verileri. <http://www.hakkarikulturturizm.gov.tr/TR,159078/hakkarinin-konumu.html> Erişim tarihi: 14.09.2018.
- Anonim. (2019). Hakkari il gıda tarım ve hayvancılık bilgilendirme verileri. Erişim tarihi: 25.11.2019.
- Anonim. (2020). Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <http://www.mgm.gov.tr> Erişim tarihi: 28.01.2020.
- Alaboz, P., Işıldar, A. A., Müjdeci, M., & Şenol, H. (2017). Effects of different vermicompost and soil moisture levels on pepper (*Capsicum annuum*) grown and some soil properties. *Yyü tar bil derg (yyu j agr sci)*, 27(1), 30-36.
- Alaboz, P., & Çakmakçı, T. (2020). Kumlu tın ve killi tın toprakta kokopit uygulamasının tarla kapasitesi ve devamlı solma noktası üzerine etkisi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(2), 285-290.
- Anbarcı, M. (2010). *Keşan ve çevresinde yetiştirilen sebzelerin sulanmasında kullanılan sulama sularının kalitelerinin belirlenmesi*. (YL), Tekirdağ Üniv., Fen Bil. Ens. Tekirdağ, Türkiye.
- 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.
- Atıcı, A.A., Gültekin, A., Şen, F., & Elp, M. (2016). Erciş (Van) İlçesi içme sularının su kalitesi özellikleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(4), 517-528.
- Ayers, R. S., Westcot, D. W. (1989). *Water Quality for Agriculture*. Irrigation and Drainage Paper, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 29, Rev. 1. Rome, 173 s.
- Ayyıldız, M. (1990). *Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayınları Adana, Türkiye.
- 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), 23.
- Bouaroudj, S., Menad, A., Bounamous, A., Ali-Khodja, H., Gherib, A., Weigel, D. E., & Chenchouni, H. (2019). Assessment of water quality at the largest dam in Algeria (Beni Haroun Dam) and effects of irrigation on soil characteristics of agricultural lands. *Chemosphere*, 219, 76-88.
- Bulum, Ö. B. (2015). *Bendimahi Çayı'nın (Van) su kalite kriterleri üzerine bir araştırma*. (YL), Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Van, Türkiye.
- Cerit, Y. (2014). *Sivas ili Hafik ilçesinde yetiştirilen sebzelerin sulanmasında kullanılan sulama sularının kalitelerinin belirlenmesi*. Namık Kemal Üniv., Fen Bil. Ens. Tekirdağ, Türkiye.
- Christiansen, J. E., Olsen E. C., & Willardson, L. S. (1977). Irrigation water quality evaluation. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 103(2), 155-69.
- Çakmakçı, T., & Sahin, U. (2019). Arıtılmış atık su kalitesinin sulama suyu açısından ilgili mevzuatlar çerçevesinde değerlendirilmesi: Van ili örneği. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24, 249-256.

- Çakmakçı, T., & Şahin, Ü. (2020). Arıtılmış atık suyun farklı sulama yöntemleriyle uygulanmasının silajlık mısırdaki makro-mikro element ve ağır metal birikimine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1), 12-23.
- Demir, D. R. (2013). *Silifke Ovası seracılık işletmelerinde, su kaynaklarının kalite yönünden incelenmesi*. (YL), Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Konya, Türkiye.
- Doğan, P., & Şahin, Ü. (2019). Manisa yöresi sulama suyu kaynaklarının toprak, bitki ve damla sulama sistemi yönünden değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 7(10), 1648-1656.
- Eaton, F. M. (1950). Significance of carbonates in irrigation waters. *Soil Science*, 69, 123-134.
- Egemen, Ö. (2011). *Su Kalitesi*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayınları İzmir, Türkiye.
- Güngör, Y., Erözel, Z., & Yıldırım, O. (2002). *Sulama*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Genel Yayınları Adana, Türkiye.
- İşcan, S., Tepeli, E., Uyan, A., Yaşar, M., & Çavdar, A. (2001). *Sulamanın Temel Esasları 1*. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Adana Ziraat Üretim İşletmesi ve Mekanizasyon Eğitim Merkezi Müdürlüğü Genel Yayınları Adana, Türkiye.
- Kanber, R., Çakır, R., & Tarı, A. F. (2003). *Sulama ve Drenaj Mühendisliği*. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Genel Yayınları Ankara, Türkiye.
- Kanber, R., & Ünlü, M. (2014). *Tarımda Su ve Toprak Tuzluluğu*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayınları Adana, Türkiye.
- Karadavut, S. (2009). *Aksaray bölgesi yerüstü ve yeraltı su kaynaklarının potansiyeli kalitesi ve etkin sulama açısından değerlendirilmesi*. (YL), Namık Kemal Üniv., Fen Bil. Enstitüsü Tekirdağ.
- Kendirli, B., Cakmak, B., & Ucar, Y. (2005). Salinity in the Southeastern Anatolia Project (GAP), Turkey: issues and options. *Irrigation and Drainage: The journal of the International Commission on Irrigation and Drainage*, 54(1), 115-122.
- Kızıloğlu, F. M., Şahin, Ü., Diler, S., Çakmakçı, T., & Öztaşkın, S. (2018). Aşağı Pasinler Ovası sulama şebekesinin performansının (2012-2016) değerlendirilmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(4), 466-472.
- Misaghi, F., Delgosha, F., Razzaghmanesh, M., & Myers, B. (2017). Introducing a water quality index for assessing water for irrigation purposes: A case study of the Ghezel Ozan River. *Science of the Total Environment*, 589, 107-116.
- Sarı, E. (2007). *Konya kent merkez yeşil alan sulamasında kullanılan yeraltı sularının su kalitesi yönünden değerlendirilmesi*. (YL), Selçuk Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü Konya, Türkiye.
- Scotfield, C. S. (1936). *The Salinity of Irrigation Water*. Smithson Inst. Ann. Rpt., 1935.s. 275-287.
- Şenel, M. S. (2017). *Antalya Boğaçayı'nda kirlilik düzeyi ve su kalitesinin belirlenmesi*. (YL), Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Antalya, Türkiye.
- Tüzüner, A. (1990). *Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı*. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Genel Yayın, Ankara, Türkiye.
- Uçar, Y., & Yardımcı, N. (2003). Isparta İli Sulama Şebekelerinin Sorunları ve Çözüm Önerileri. Süleyman Demirel Üniversitesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(3), 30-35.
- USSL, (1954). *Salt Problems in Irrigation Soils*. USDA Agr. Inf. Bull. 190.
- Ünlükara, A., Cemek, B., & Karadavut, S. (2006). Farklı çevre koşulları ile sulama suyu tuzluluğu ilişkilerinin domatesin büyüme, gelişme, verim ve kalitesi üzerindeki etkileri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(1), 15-23
- Yerli, C., Çakmakçı, T., Şahin, Ü., & Tüfenkçi, Ş., (2020). Ağır Metallerin Toprak, Bitki, Su ve İnsan Sağlığına Etkileri. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9, 103-114.
- Yerli, C., Şahin, Ü., Kızıloğlu, F.M, Tüfenkçi, Ş., & Örs, S. (2019). Van ilinde silajlık mısır, patates, şeker pancarı ve yoncanın su ayak izi. *Yüzüncü Yıl Üniv. Tarım Bilimleri Der.*, 29(2):195-203.
- Yıldıztekin, M. (2007). *Muğla Karabağlar yöresi kuyu sularının sulama suyu kalitesi yönünden araştırılması*. (YL), Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Muğla, Türkiye.
- Yinanç, K. (2013). *Kahramanmaraş Sağ Sahil sulama alanında yeraltı suyu kalitesi ve sulamada kullanılabilirliğinin araştırılması*. (YL), Kahramanmaraş Sütcü İmam Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü Kahramanmaraş, Türkiye.
- Zhao, D., Hao, Z., Wang, J., & Tao, J. (2013). Effects of pH in irrigation water on plant growth and flower quality in herbaceous peony (*Paeonia lactiflora* Pall.). *Scientia Horticulturae*, 154, 45-53.