

Akdeniz İklim Kuşağında, Sulamadan Dönen Suların Sulamada Kullanılmasının Taban Suyu Kalitesi ve Derinliği Üzerine Etkilerinin Araştırılması: Aşağı Seyhan Ovası Yemişli Sulama Sahası Örneği

Harun KAMAN¹, Mahmut ÇETİN², Sertan SESVEREN³

¹Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 07058 Kampüs, Antalya, Türkiye. ²Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 01330 Balcalı, Adana, Türkiye. ³Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Avşar Yerleşkesi 46100 Kahramanmaraş, Türkiye.

¹<https://orcid.org/0000-0001-9308-3690>, ²<https://orcid.org/0000-0001-5751-0958>, ³<https://orcid.org/0000-0002-5163-7066>

✉: hkaman@akdeniz.edu.tr

ÖZET

Bu araştırma, Türkiye'nin güneyinde, Aşağı Seyhan Ovası'nda yer alan düşük kota sahip Yemişli sulama sahasında yürütülmüştür. Araştırma alanındaki çiftçiler, sulamadan dönen düşük kaliteli drenaj sularını yüzey sulama yöntemleriyle kullanmaktadırlar. Araştırmada, sulamadan dönen düşük kaliteli suların sulamada kullanılmasının neden olabileceği muhtemel taban suyu seviyesi ve taban suyu kalitesi sorunlarının örneklerle irdelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, 3 m derinlikteki 55 adet drenaj gözlem kuyusunda ölçülen taban suyu (TS) derinlikleri ve taban suyu tuzluluğu gözlemleri kullanılmıştır. Drenaj gözlem kuyuları, alan üzerine homojen dağılacak şekilde tesis edilmiştir. Kuyulardaki taban suyu derinlik (m) ölçümleri şubat, nisan, temmuz ve eylül aylarında yapılmıştır. Drenaj gözlem kuyularında, derinlik ölçümleri yapılan tarihlerde su örnekleri de alınmış ve laboratuvarında kimi su kalitesi analizleri yapılmıştır. Araştırmada, TS derinliğinin alansal ortalamaları kışın ve yazın hemen hemen aynı (1.14 m) bulunmuştur. Şiddetli drenaj sorunu olan alanlar (TS <1.0 m), şubat ve temmuz aylarında toplam alanın %27'sinden daha fazla dağılım göstermiştir. Yıl boyunca, toplam alanın neredeyse %60'ından daha büyük bir alanda taban suyu derinliği 1.0 ile 1.5 m arasında bulunmuştur. Araştırma alanında, taban suyu ortalama tuzluluğu (EC) 20 dS m⁻¹'den daha büyük değerler almıştır. TS ortalama tuzluluğunun neredeyse Akdeniz'deki tuzluluk değerinin yarısına eşit olduğu belirlenmiştir. Akdeniz'e yakın olan araştırma alanında, düşük topoğrafyanın ve pompajla olan yetersiz drenajın taban suyu kalitesi üzerine olan negatif etkisi ortaya konulmuştur. Drenaj mühendisliği bakımından kritik değer olan EC>5 dS m⁻¹ alanlar, toplam alanın %90'ı ve üzerinde bulunmuştur. TS ortalama SAR değerinin, kritik SAR değerinin (13 (meq L⁻¹)^{0.5}) üzerinde olduğu belirlenmiştir. TS kalite ve kantitesine dair bulgular, drenaj sularının tarımda kullanılmasının negatif etkilerini açıkça ortaya koymuştur. Ortaya çıkan sorunların hafifletilebilmesi için, pompajla drenajın yıl boyunca etkin olarak yapılması; kış yağışlarının seyreltme etkisi için fırsat yaratılması, drenajda düşük topoğrafyanın dikkate alınması ve açık drenajın kapalı drenlerle desteklenmesi; sulama suyunun daha randımanlı sulama yöntemleri ile uygulanması gerekmektedir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 15.02.2021

Kabul Tarihi : 05.05.2021

Anahtar Kelimeler

Sulama yönetimi

Drenaj

Drenaj gözlem kuyusu

Su tablası

Pompajla drenaj

Investigating the Potential Impacts of Using Irrigation Return Flows on Quality and Quantity of Groundwater in the Mediterranean Landscapes: A Study in Yemisli Irrigation Area of Lower Seyhan Plain, Turkey

ABSTRACT

This study was conducted in Yemisli irrigation area of the Lower Seyhan Plain, the south of Turkey, Adana. Overall, farmers in the study area use IRFs for irrigation with practicing surface irrigation methods characterized by low irrigation efficiency. Objective of this

Research Article

Article History

Received : 15.02.2021

Accepted : 05.05.2021

study was to examine the potential problems regarding groundwater (GW) quality and quantity that may be caused by using IRFs having poor quality in irrigation. In this context, GW depths and qualities were observed in 55 drainage observation wells with the depth of 3 m. Observation wells were installed in the study area with an almost homogeneous distribution. Groundwater depth (m) were recorded in winter (February), autumn (April), peak irrigation season (July) and at end of irrigation season (September). Concurrently, with GW depth observations, GW water samples were taken and certain water quality analyzes were performed in the laboratory. In the study, the areal averages of groundwater depth were surprisingly found almost equally (1.14 m) in winter and summer seasons. Areas of severe drainage problems (GD depth <1.0 m) covered more than 27% of the total area in February and July. On the other hand, more than 60% of the total area had a GW depth varying between 1.0 and 1.5 m, indicating severe drainage problem. Areal mean GW salinity, i.e. EC, was found to be greater than 20 dS m⁻¹. This indicates clearly that average GW salinity is almost equal to the half of salinity value of the Mediterranean Sea. This result indicate that the negative impacts of low topography and insufficient drainage with pumping on GW quality and quantity are incontrovertible in the research area. More than 90% of the area has EC values greater than 5 dS m⁻¹, in terms of drainage engineering principles, known as a threshold value. Furthermore, average groundwater SAR values were found to be above 13 (meq L⁻¹)^{0.5} which is considered as a critical value for sodicity hazard. Research findings have clearly revealed that the use of IRFs of inferior quality has had substantial negative impacts on GW quality and quantity. In order to mitigate the problems that have arisen in the study area, it is essential that drainage pumping units should be run accordingly for ensuring efficient drainage that winter rainfalls may wash out the salts accumulated in the root-zone by facilitating water storage function of root-zone. Low topographical situation of the study area should be considered in drainage and open drainage system should be reinforced with tile drains, that irrigation water should be applied with maximum efficiency.

Keywords

Irrigation management
Drainage
Drainage observation well
Water table
Drainage with pumping

Atıf İçin: Kaman H, Çetin M, Sesveren S 2022. Akdeniz İklim Kuşağında, Sulamadan Dönen Suların Sulamada Kullanılmasının Taban Suyu Kalitesi ve Derinliği Üzerine Etkilerinin Araştırılması: Aşağı Seyhan Ovası Yemışli Sulama Sahası Örneği. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 25 (1): 158-168. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.880516>.

To Cite: Kaman H, Çetin M, Sesveren S 2022. Investigating the Potential Impacts of Using Irrigation Return Flows in Irrigation on the Quality and Quantity of Groundwater in the Mediterranean Landscapes: A Study in Yemışli Irrigation Area of Lower Seyhan Plain, Turkey. KSU J. Agric Nat 25 (1): 158-168. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.880516>.

GİRİŞ

Akdeniz iklim kuşağında, yağışların zaman ve mekan boyutundaki dağılımı düzensizdir. Bu kuşakta yer alan ülkeler, kuraklıktan en çok etkilenen kategoridedir. Yaz aylarında bitkisel üretimi kısıtlayan en önemli faktör, yağış yetersizliğidir. Bu nedenle, Türkiye'nin de içinde bulunduğu Akdeniz iklim zonunda, yaz aylarındaki yağış yetersizliği tarımsal üretimin sulama ile yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Sulama, yüksek tarımsal üretimi güven altına alan son derece gerekli ve önemli bir uygulamadır. Tarımın diğer sektörlerinde olduğu gibi, üretim aşamasında sulama sektöründe de çeşitli sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu sorunların temel

nedeni, toprak-bitki-su ilişkileri arasındaki ortaya çıkan dengesizliktir. Üreticilerin ne zaman, ne kadar ve hangi yöntemle sulama suyu uygulamasının yapılacağı konusunda yeterli bilgi ve deneyime sahip olmamaları, yanlış sulama uygulamalarına yol açmaktadır. Damla ve yağmurlama sulama yöntemlerinin uygulanmasına dair iyi örnekler olmakla birlikte, yetiştiriciler tarafından randımanı düşük ilkel sulama yöntemlerinin kullanımı halihazır durumda oldukça yaygındır. Bu durum, sürdürülebilir sulu tarım için ciddi bir engel oluşturmaktadır. Çünkü sulama randımanı düşük olan sulama yöntemlerinin kullanılması tuzluluk ve alkalilik sorunlarına yol açarak toprakların elden çıkmasına neden

olabilmektedir. Türkiye’de, Akdeniz ikliminin hakim olduğu zon ile güneydoğu Anadolu ve iç Anadolu bölgelerindeki sulama şebeke alanlarında (Çetin ve Özcan, 1999; Cetin, 2020) bu tür sorunlara sıkça rastlanılmaktadır.

Hangi yöntemle olursa olsun, fazla sulama suyu uygulaması taban suyunun yükselmesine yol açmakta; bu durum, iklimin evaporatif gücüne ek olarak yetersiz drenaj koşullarında toprak tuzluluğunu artırmaktadır (Cetin ve Kirda, 2003). Toprakta bitki kök bölgesindeki tuz birikimi, sulama suyu kalitesi yanında kullanılan sulama yöntemleriyle de yakından ilgilidir (Tuzcu ve ark., 1988; Kaman ve ark., 2011a). Yanlış sulama uygulamaları, iyi kaliteli sularla yapılsa dahi, tarım topraklarının tuzlanmasına veya uzun vadede sodyumlaşmasına (alkalileşmesine) bile yol açabilmektedir (Kaman ve ark., 2011b). Amezketa (2006) tarafından da vurgulandığı üzere topoğrafik özellikler, doğal drenaj yapısı, iklim, jeolojik yapı, ana materyal ve denizden uzaklık gibi doğal faktörler de toprak tuzluluğuna neden olmaktadır. Drenaj sorununa ek olarak, taban suyu ve toprak tuzluluğu sulu tarımın sürekliliğini engelleyen ve bitkisel verimi sınırlayan çok önemli bir sorundur. Tuzluluk kontrol altına alınamadığı takdirde, ekilebilir tarım arazilerinin tarım dışında kalma riski daima vardır. Kaman ve ark (2011b) tarafından belirtildiği gibi, tuzluluk nedeniyle tarım alanlarındaki kayıplar her yıl tedrici olarak artmaktadır. Dünyada tarım yapılan alanların %37’si alkali, %23’ü tuzlu ve %40’ı da sorunsuz toprak karakteri göstermektedir. Sürdürülebilir sulu tarım ve sulama yönetimi için taban suyu derinlik ve taban suyu kalitesinin izlenmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. İzleme ve değerlendirme sonucunda elde edilecek bulgular, alınabilecek önlemlerin türüne ışık tutacaktır (Büyükçangaz ve Değirmenci, 2002). Çünkü, taban suyu seviyesi, taban suyu kalitesi ve toprak tuzluluğu tarım alanlarında üretimi etkileyen en önemli sınırlayıcı faktörler arasında yer alır. Kurak dönemlerde, taban suyu bitki kök bölgesine kadar yükselerek kritik değerlere ulaşıyor ise, taban suyunun sulamalarla beslendiği; dolayısıyla şebeke bazında sulama randımanının düşük olduğu ve sulama yönetiminde de bir sorun olduğu sonucuna varılabilir (DSİ, 1982; Cetin ve Diker, 2003). Taban suyu derinlik ve taban suyu kalitesi, düz ve düze yakın sulu tarım alanlarında 3–4 m derinliğe kadar tesis edilen drenaj gözlem kuyuları kullanılarak izlenip değerlendirilebilir.

Türkiye’nin en büyük sulama alanlarından biri olan Aşağı Seyhan Ovası (ASO); 1942 yılında Seyhan regülatörü, 1956 yılında Seyhan barajının inşaatı ile bölümler halinde kısmen sulamaya açılmış (Çetin ve Özcan, 1999); bir kısım alan halihazır durumda sulamaya açılmamıştır. Sulu tarımın bölgede uygulanmaya başlamasıyla birlikte sulanan ve

sulanmayan alanlarda sulama oranlarının ve randımanlarının düşük olması yanında drenaj, tuzluluk ve alkaliliğe ilişkin sorunlar da meydana gelmeye başlamıştır (Çetin ve Özcan, 1999). Bu problemler, ASO IV. Proje alanında, topoğrafik yetersizliğin tetikleyici etkisi nedeniyle daha yaygın durumdadır (Cetin ve Kirda, 2003; Cetin, 2020). Ele alınan bu araştırma, Türkiye’nin güneyinde Aşağı Seyhan Ovası’nda yer alan pompajla drenajı yapılan ve 7100 ha’ı kapsayan Yemişli sulama sahasında yürütülmüştür. Söz konusu sahada çiftçiler, genel olarak sulama randımanı düşük olan yüzey sulama yöntemleriyle sulamadan dönen düşük kaliteli drenaj sularını kullanmaktadırlar. Bu çalışmada, sulamadan dönen düşük kaliteli suların sulamada kullanılmasının neden olabileceği muhtemel taban suyu seviyesi ve taban suyu kalitesi sorunlarının zaman ve mekan boyutunda irdelenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOD

Araştırma alanı ve genel özellikleri

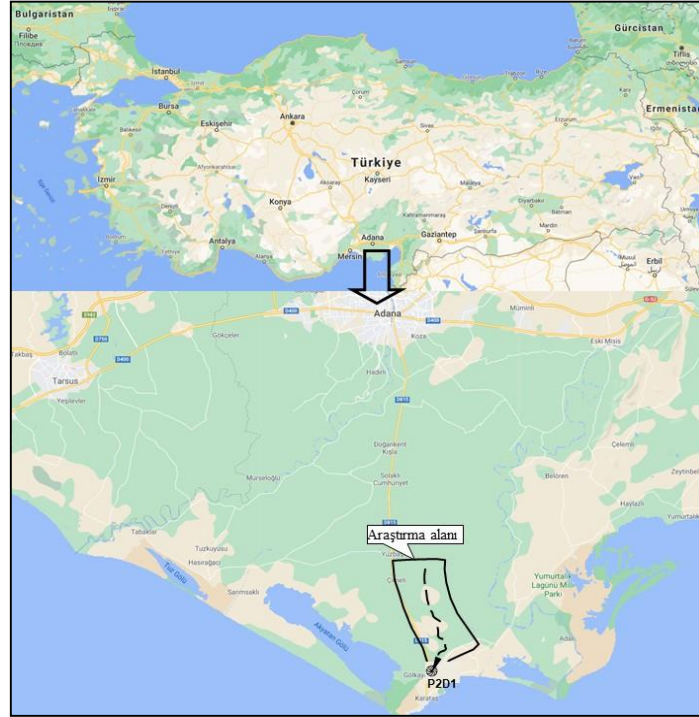
Araştırma, Türkiye’nin güneyinde ve doğu Akdeniz bölgesinde; Adana il sınırları içerisinde yer alan Yemişli sulama sahasında 2008 yılında yürütülmüştür (Şekil 1). Yemişli sulama sahası Aşağı Seyhan Ovası içerisinde olup, topoğrafik yetersizlikleri nedeniyle drenajı pompajla yapılan 7100 ha genişliğindeki verimli tarım arazilerinden oluşmaktadır. Araştırma alanı coğrafi olarak 36° 43' 32" ve 36° 38' 07" N enlemleri ile 35° 20' 08" ve 35° 27' 12" E boylamları arasında yer almaktadır.

Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü araştırma alanında yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Araştırma alanına en yakın (11 km) meteoroloji istasyonu Karataş ilçesinde bulunmaktadır (Şekil 1). Karataş meteoroloji istasyonunun uzun yıllar (1960-2020) sıcaklık ortalaması 18.8 °C’dir. Ağustos ayı 28.1 °C ile en sıcak ay iken, 9.9 °C ile ocak ayı en soğuk aydır. Yağışların tamamına yakını kış aylarında ve yağmur olarak düşmektedir. Yıllık ortalama yağış 649.5 mm’dir. Ancak yağışların yıl içerisinde dağılımı türdeş değildir. Oransal nem genellikle yaz aylarında sıcaklığın artması ve tarım arazilerinde sulama yapılması nedeniyle yüksek değerlere (%80-95) çıkmakta, kış aylarında ise düşüş göstermektedir.

Yemişli Sulama sahası, *Aşağı Seyhan Ovası IV. Merhale Projesi* kapsamında inşa edilmiş ve işletmeye açılmış olan P2D1 drenaj kanalı servis alanı içerisinde yer almaktadır. Araştırma alanı kapalı havza karakteri göstermekte olup, havzanın çıkışında Şekil 1’de gösterildiği gibi P2D1 drenaj pompa istasyonu bulunmaktadır. Dinç ve ark. (1988) tarafından bildirildiğine göre, araştırma alanında Helvacı toprak serisi yaygındır; topraklar, Seyhan nehrinin taşıdığı sedimentin delta tabanı çukurlarında depolanması sonucu oluşan alüvyal materyallerden oluşmuştur.

Mevcut durumda, sulama açısından toprak geçirgenliğinin düşük olması ortaya çıkan en önemli sınırlamadır. Diğer taraftan, araştırma alanındaki çiftçilerin büyük çoğunluğu ana drenaj kanalı boyunca

ve kanalın kollarından sahaya saptırılan sulamadan dönen düşük kaliteli suları sulama amaçlı kullanmaktadırlar.



Şekil 1. Çalışma alanının Türkiye'deki yeri ve Adana iline göre konumu.
Figure 1. Geographical location of the study areas in Turkey and Adana province.

Araştırma alanı sulama suyu genel özellikleri

Araştırma alanı, çıkış ağız koşulları nedeniyle yetersizlik göstermektedir. Bu nedenle araştırma sahası küvet şeklinde bir alandır. Bu özelliğinden dolayı, pompajla drenaj sağlanmaktadır. Saha, ASO sulama projesinin mansabında kaldığından, sulama şebekesi tesis edilmemiş olup şebeke harici alan olarak değerlendirilmektedir. Araştırma alanının membasında yer alan ve sulama suyuna kavuşmuş olan arazilerin drenaj suları araştırma alanı içinden geçmektedir. Araştırma alanında bulunan çiftçilerin sulama yapabileceği başka bir su kaynağı olmadığından, sulamadan dönen suları sulama suyu olarak kullanmaktadırlar. Bu nedenle, araştırma alanının tamamı, sulamadan dönen sularla sulanmaktadır.

Drenaj kanalları üzerindeki 7 farklı noktadan araştırma alanına drenaj suyu saptırılmaktadır. Saptırılan bu drenaj sularının elektriksel iletkenlik, TDS ve SAR değerleri farklılıklar göstermektedir. Bu suların ortalama elektriksel iletkenliği 1.20 dS m^{-1} olup minimum ve maksimum EC değerleri $0.83-3.10 \text{ dS m}^{-1}$ arasında değişmektedir. Suların SAR değerleri düşük olup ortalaması 2.4, minimum ve maksimum değerleri sırasıyla 1.11 ve 8.04 bulunmuştur. ABD tuzluluk laboratuvarı sulama suyu kalitesi sınıflandırma standartları esas alındığında, araştırma alanında kullanılan sulama sularının ortalama

değerler dikkate alındığında C3S1 sınıfında olduğu belirlenmiştir. Bu suların yüksek tuzlu sulama suları sınıfında olduğu tartışmasızdır. Zira, sulama sularının TDS değerleri ortalama 953 mg L^{-1} olup, $640-1815 \text{ mg L}^{-1}$ arasında değişim göstermektedir.

Araştırma alanı genel bitki deseni karakteri

Araştırma alanı Türkiye'de çok sayıda değişik türden bitkisel üretimin en yoğun olarak yapıldığı sulu tarım alanlarından biridir. Aşağı Seyhan Ovası'nda 1964 yılında pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) bitkisi en fazla ekim oranı ile birinci sırada yer almıştır (Çizelge 1). Çizelge 1'deki veriler, araştırma alanının önemli bir tarımsal üretim potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak; 1990'lardan sonra pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) ekim oranında azalma ile birlikte birinci ve ikinci ürün mısır (*Zea mays* L.) ekim oranında önemli artışlar kaydedilmiştir. Yörede, kış aylarında buğday ekimi en yaygın olan bitki olup, kış sezonunda yetiştirilen buğday (*Triticum* spp) kış ve bahar yağışlarının genel olarak yeterli olması nedeniyle sulanmamaktadır. Ancak, yaz sezonunda tarımı yapılan pamuk (*Gossypium hirsutum* L.), mısır (*Zea mays* L.), karpuz (*Citrullus vulgaris*) ve diğer bitkiler randımanı düşük yüzey sulama yöntemleriyle sulanmaktadır. Karık sulama, en yaygın yüzey sulama yöntemidir.

Table 1. Temporal changes in cropping pattern (%) in the Lower Seyhan Plain (1964-2000) covering the research area (Kaman et al., 2017).

Çizelge 1. Araştırma alanını içine alan Aşağı Seyhan Ovası'nda (1964-2000) ürün desenindeki zamansal değişimler (%) (Kaman ve ark., 2017).

Yetiştirilen bitkiler	Yıllar				
	1964	1974	1985	1995	2000
Buğday	–	0.6	2.9	1.0	0.04
Sebze	–	0.3	1.1	2.0	2.82
Kavun ve Karpuz	–	0.6	7.4	5.0	4.66
Pamuk	94	96.5	50.3	35.0	9.98
Birinci ürün Mısır	–	0.1	9.0	40.0	56.43
İkinci ürün Mısır	–	–	–	–	5.22
Narenciye	1.0	1.0	2.7	10.0	11.28
Meyveler	2.0	0.4	5.9	6.0	4.58
Soya Fasulyesi	–	–	17.6	–	1.44
Yerfıstığı	–	–	–	–	0.85
Soğan ve Sarımsak	–	–	–	–	0.59
Yonca	–	–	–	–	0.04
Pirinç	1.0	0.4	1.4	–	–
Diğerleri	2.0	–	1.7	1.0	2.07
TOPLAM	100	100	100	100	100

Taban suyu derinliği örnekleme

Araştırma alanı toprakları, yaklaşık 40 yıldan fazla süredir sulanmasına rağmen sulama ve drenaj alt yapısı tamamlanmamıştır. Sulama suyu, drenaj kanallarından sağlanmaktadır. Buna karşın, bu araştırmada elde edilen taban suyu verileri hariç, alanın taban suyu kalite ve kantitesine yönelik bir bilgi elde edilememiştir. Bu nedenle, araştırma alanının sulama, taban suyu derinliği ve tuzluluğu ile ilgili yeterli bilgi mevcut değildir. ASO IV. Merhale Projesi Planlama Drenaj Raporunda (DSİ, 1982), araştırma alanı ve çevresinde sulama randımanının düşük olduğu bildirilmiştir. Drenaj kanallarından sağlanan düşük kaliteli sulama suyu ile yapılan sulamalar sonucu ortaya çıkan drenaj sorununu ortaya koymak ve taban suyu kalitesinin zamansal değişimlerini belirlemek için derinlikleri 3-4 m arasında değişen 55 adet drenaj gözlem kuyusu tesis edilmiştir (Şekil 2). Drenaj gözlem kuyuları gözleme alınarak taban suyu (TS) derinliği ve TS tuzluluğu izlenmiştir.

Gözlem kuyuları yerlerinin seçiminde drenaj kanallarının konumları, sulama şekli ve yönü, arazideki bitki türleri ve dağılımları, toprak özellikleri ile ulaşılabilirlik gibi temel faktörler göz önüne alınmıştır. Çalışma alanındaki drenaj gözlem kuyularının koordinatları GPS ile Datum=ED50 baz alınarak UTM olarak yerinde belirlenmiştir. Konum belirlenmesinde, Magellan Explorist 600 Reference Manual (Thales, 2005)'da verilen bilgiler kullanılmıştır. TS gözlem kuyularındaki taban suyu derinliği (m) gözlem ve ölçümleri Cetin ve Diker (2003)'de belirtilen esaslara göre yapılmıştır. TS derinliği ve kalite gözlemleri; yağış ve sulamalar dikkate alınarak şubat, nisan, temmuz ve eylül

aylarında olmak üzere yılda dört farklı dönemi içerecek şekilde yapılmıştır.

Taban suyu kalitesi analizleri

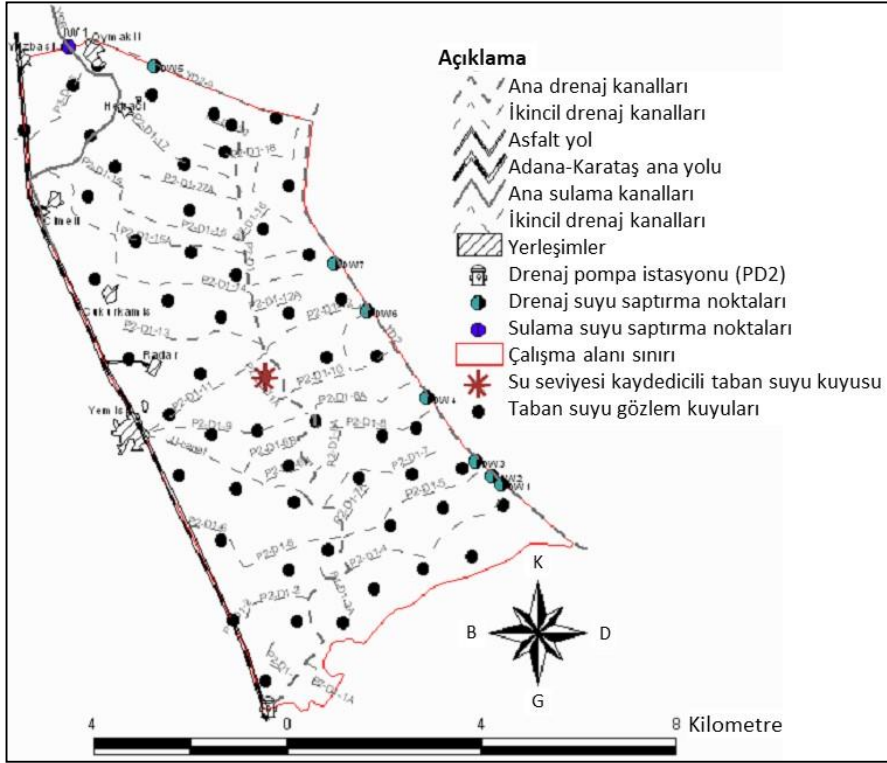
TS derinliği ölçümü esnasında gözlem kuyularından su örnekleri de alınarak laboratuvarında EC, katyon (Ca, Mg, Na, K) ve anyon (Cl, CO₃, HCO₃ ve SO₄) analizleri Richards (1954)'te verilen yöntemlere uygun olarak yapılmıştır. Alınan su örneklerinin sodyum adsorpsiyon {SAR, (meq L⁻¹)^{0.5}} ve suda çözülmüş toplam eriyebilir maddeler (TDS, g L⁻¹) Said ve ark. (2021)'e göre hesaplanmıştır.

Taban suyu nicelik ve niteliklerinin haritalanması

Ölçülen TS elektriksel iletkenliği (EC, dS m⁻¹), hesaplanan taban suyundaki toplam çözülmüş tuzlar (TDS, g L⁻¹) ile taban suyu SAR {(meq L⁻¹)^{0.5}} değerleri Cetin ve Diker (2003), Ritzema ve ark. (1996) ve Keckler (1995)'te belirtildiği şekilde coğrafi bilgi sistemi (ArcView 3.0a GIS) (ESRI, 1996) ortamında haritalanmıştır. Bu haritaların zonal istatistikleri kullanılarak, değişkenlerin kapladığı alanlar ve oranları (%) Cetin ve Diker (2003)'teki gibi hesaplanmış ve çizelgeler halinde sunulmuştur.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu araştırmada, Yemişli sulama sahasında sulamadan dönen düşük kaliteli suların sulamada kullanılmasının taban suyu kalitesi ve taban suyu derinliği üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu bağlamda, sadece taban suyu derinliği ve taban suyunun kimi kalite özelliklerinin (EC, TDS ve SAR) mekansal ve zamansal dağılımları değerlendirilmiştir.



Şekil 2. Yemişli Sulama Birliği sahasında taban suyu gözlem kuyuları ve su saptırma yerleri (Kaman ve ark., 2011a).

Figure 2. Groundwater observation wells and water diversion sites in the Yemişli ID (Kaman et al., 2011a).

Taban suyu derinliği analiz sonuçları

Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ortamında ters uzaklık enterpolasyon (IDWI) yöntemi uygulanarak üretilen TS derinlik haritalarının zonal istatistikleri yardımıyla taban suyu derinliğinin alansal ortalamaları elde edilmiştir. TS derinliği alansal ortalamaları, kış mevsiminde (şubat ayında) ve yazın (temmuz ayında) hemen hemen aynı (1.14 m) bulunmuştur (Çizelge 2). Çizelge 2'den açıkça görülebileceği gibi, sulama mevsimi sonunda (eylül-

ekim aylarında) alansal ortalama taban suyu derinliği 1.41 m elde edilmiştir. Bu değer, çalışma alanındaki taban suyu derinliğinin sulama mevsimi sonunda diğer aylara kıyasla daha derinlere düştüğüne işaret etmektedir. Bunun temel nedeni, sahada genellikle pamuk ekimi yapılması ve pamuk sulamalarının ağustos ayı itibari ile tamamlanmasıdır. Dolayısıyla, alana sulama suyu saptırılmadığından, TS derinliği kök bölgesinin altına doğru düşme eğilimine girmektedir.

Table 2. Areal coverages (%) of groundwater depths (m) in Yemişli ID.

Çizelge 2. Yemişli sulama sahasında farklı taban suyu derinlikleri (m) ve alansal dağılımları (%).

Zaman	Taban suyu derinliği (m) Alansal ortalamalar ve standart sapmaları	Kapladığı alan (%)			
		<1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0<
Şubat/08	1.14±0.26	27.5	66.6	5.5	0.4
Nisan/08	1.30±0.22	4.5	77.3	17.3	0.9
Temmuz/08	1.14±0.23	28.7	66.2	4.4	0.7
Eylül/08	1.41±0.25	3.2	59.4	36.4	1.0

Araştırma alanında, şiddetli drenaj sorunu olan alanlar (TS derinliği<1.0 m), şubat ve temmuz aylarında toplam alanın yaklaşık %27'sinin üzerinde gerçekleşmiştir. Buradan anlaşılacağı gibi, araştırma alanında kışın yağışlardan yaz mevsiminde ise sulama

uygulamalarından kaynaklı drenaj sorunu yaşanmaktadır. Öte yandan, araştırma alanının %4.5'inde sulama mevsiminin başlangıcında (nisan ayında) ve %3.2'inde sulama mevsimi sonunda (eylül ayında) şiddetli drenaj sorunu gözlenmiştir. TS

derinliğinin yıl boyunca 1.0-1.5 m arasında dalgalanma gösterdiği alanlar arazinin %59-%77'sini oluşturmuştur. Dolayısıyla, araştırma alanının, %60'ından daha fazla bir kesiminde drenaj sorunu saptanmıştır. Taban suyu derinliği bakımından, en risksiz dönemin sonbahar olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durum, yağışın ve sulama suyunun çalışma sahasında taban suyu derinliği üzerine ciddi anlamda olumsuz etki ettiğini göstermektedir. Arazinin düşük topoğrafyada olması nedeniyle doğal drenaj hızının yetersiz olduğu açıktır. Ancak, araştırmaya konu olan 7100 ha'lık sahada drenajın pompajla yapıldığı dikkate alındığında, pompaj programının arazideki TS derinliğini istenilen düzeylere getirecek şekilde yapılmadığı ya da açık drenaj sisteminin etkin çalışmadığı sonucuna varılmaktadır.

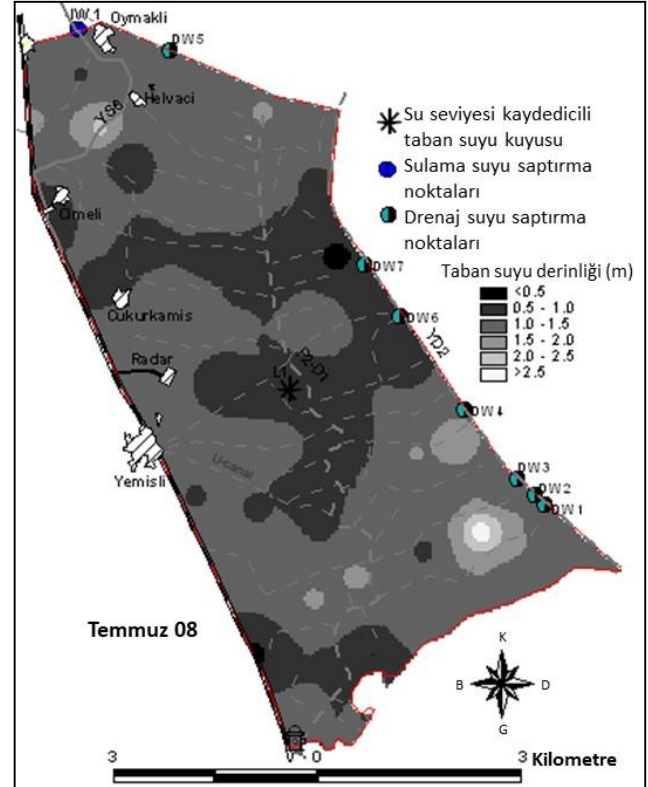
Demir ve Antepli (2004) tarafından da belirtildiği gibi araştırmanın yürütüldüğü Çukurova yöresinde sulama suyu kullanımı temmuz ayında en yüksek değerlere ulaşmaktadır. Araştırmada elde edilen bulgular, Çetin ve ark. (2007; 2008) ve Demir ve Antepli (2004)'de verilen bulgularla benzerlik göstermiştir. Araştırma alanında kullanılan sulama suyunun (sulamadan dönen su: drenaj suyu) elektriksel iletkenliği $EC=1.2-4.0 \text{ dS m}^{-1}$ arasında değişmektedir. Bu kalitedeki drenaj suları sulamada kullanıldığında, drenaj sorunu yanında TS kalitesindeki bozunmanın da izlenmesi ve alınacak önlemlerde su kalitesi unsurunun da dikkate alınması kaçınılmaz olacaktır. Çünkü, Kaman ve ark. (2011a) tarafından işaret edildiği gibi, bu tür suların kullanılmasının çevre üzerine bir takım negatif etkileri olmaktadır. Tarım alanlarında toprakların alkalileşmesi ve düşük geçirgenlik istenmeyen en belirgin yan etkiler arasındadır.

Sulamanın en yüksek olduğu temmuz ayında, taban suyu derinliklerinin alan üzerindeki değişimi Şekil 3'te verilmiştir. Bu haritada, taban suyu derinliğinin 0.0-1.0 m arasında olduğu şiddetli drenaj problemi olan alanlar, topoğrafik olarak en çukur konumlarda yer almaktadır. Bu harita, kapalı havza karakterindeki drenajı pompajla yapılan sahalarda mikro topoğrafyanın önemini açıkça göstermektedir. Çimlenme probleminin yaşanmaması için, uygulanacak ekim-dikim tekniğinde bu duruma dikkat edilmesi gerekmektedir. Arazideki doğal eğim 0.0001-0.0008 arasında değiştiğinden, doğal drenaj kısıtlanmıştır. Pompajla yapılacak olan drenaj, hidrolik eğimin artırılmasını sağlayan tek çare olmaktadır. Optimal ürün eldesi için, taban suyunun bitki kök bölgesi altında tutulması gerektiğinden, Şekil 3 irdelendiğinde, araştırma alanının pompajla drene edilmesi zorunlu olmaktadır.

Taban suyu kalitesi analiz sonuçları

Taban suyu gözlem kuyularından alınan su

örneklerinin elektriksel iletkenlik ($EC, \text{dS m}^{-1}$) ölçümleri CBS ortamında değerlendirilerek haritalanmıştır. Şubat, nisan, temmuz ve eylül ayları için taban suyu tuzluluğunun bir göstergesi olan elektriksel iletkenlik haritaları üretilmiştir. Bu haritalar, TS tuzluluğunun çok yüksek değerler aldığı ve arazi üzerindeki değişkenliğinin yüksek olduğuna işaret etmiştir.



Şekil 3. Araştırma alanında, sulamanın en yoğun olduğu temmuz ayında taban suyu derinliğinin (m) mekansal dağılımı.

Figure 3. Spatial distribution of GW depths in the research area, i.e. Yemisli ID, in July.

Alansal ortalama EC değerleri (dS m^{-1}) dikkate alındığında, TS elektriksel iletkenliğinin her zaman 20 dS m^{-1} 'in üzerinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Söz konusu değerler, kritik taban suyu tuzluluk değerinin (5 dS m^{-1}) en az dört katına eşit ya da bundan daha büyük olduğunu göstermektedir. Yıl boyunca taban suyu tuzluluk riski olmayan alanlar, toplam alanın %10'undan daha az bir orana sahiptir. Diğer bir ifadeyle, toplam alanın yaklaşık %90'ı ve üzerindeki alanlarda taban suyu tuzluluğu aşırı yüksek değerler almıştır. Bu durum, TS tuzluluğunun oldukça konsantre olduğuna işaret etmektedir. Bu nedenle, araştırma alanında TS derinliğinin daima bitki kök bölgesi altında tutulmasına yönelik bir strateji izlenmesi gerekmektedir. Bu işe, etkin bir pompaj programının devreye sokulmasıyla mümkün olabilecektir.

Table 3. Areal coverages (%) with groundwater EC (dS m⁻¹) values in Yemisli ID.

Çizelge 3. Yemişli sulama sahasında taban suyu elektriksel iletkenliği (EC, dS m⁻¹) değerleri ve kapladığı alanlar (%).

Zaman	Taban suyu tuzluluğu (EC, dS m ⁻¹) Alansal ortalamalar ve standart sapmaları	Kapladığı alan (%)					
		<2	2-3	3-5	5-10	10-30	30<
Şubat/08	21.81±15.36	0.0	0.3	1.8	14.3	62.8	20.7
Nisan/08	19.80±13.46	0.7	1.5	4.1	17.7	55.1	20.9
Temmuz/08	22.24±16.45	1.5	1.9	4.3	18.9	48.0	25.3
Eylül/08	21.88±15.98	1.8	2.2	5.7	16.0	51.1	23.2

Akdeniz bölgesindeki kış yağışlarının sulu tarım alanlarındaki tuzluluk kontrolünde etkin olduğu ifade edilmektedir (Çetin ve Özcan, 1999). Ancak, Çizelge 3'ten açıkça görüleceği gibi, bu beklenti araştırma alanında karşılanamamış; yağışların kış ve ilkbaharda taban suyu tuzluluğu üzerinde seyreltme etkisi olmamıştır. Bunun temel nedeni, kış yağışları öncesinde pompa istasyonunun devreye sokularak taban suyunun düşürülmemesi; dolayısıyla, yıkama için toprakta yeterli su depolamam rezervinin oluşturulamamasıdır. Ancak, yaz aylarında sulama amaçlı drenaj hendeklerinden su çekilmesi taban suyu akımında bir sirkülasyon meydana getirmektedir. Bunun sonucunda da çiftçiler tarafından sulamada düşük kaliteli (EC>1.2 dS m⁻¹) suların kullanılmasıyla taban suyu düzeyi yükselmekte, TS tuzluluğunda hafif bir seyreltme etkisi gözlenmektedir. Çünkü drenaj hendeklerinden sulama suyu alındığında ya da pompajla drenaj sağlandığında, memba arazilerin drenaj suları bu hendeklere akarak taban suyuna kıyasla daha kaliteli olan drenaj suları araştırma alanına akmaktadır.

Çizelge 3'de verilen TS tuzluluk değerleri ve alanları değerlendirildiğinde, TS kalitesinde ciddi bir bozuluma olduğu açıktır. Sulamada kullanılan su kaynağının ortalama tuzluluğu (EC) 1.2–4.0 dS m⁻¹ olduğu göz önüne alınırsa taban suyunun sulama suyu tuzluluğunun en az on (10) katı, bazı bölgelerde kırk (40) katı oranında konsantre hale geldiği söylenebilir. Çetin ve Özcan (1999) tarafından yapılan bir araştırmada, ASO'da sulama şebekesi olmayan alanlarda bu tür sorunların ortaya çıkabileceği ifade edilmiştir. DSİ (1982)'de, araştırma alanını da içine alan ASO IV. Merhale Proje alanlarında, Akdeniz'in tuzluluğunun iki katına eşit olan (≈120 dS m⁻¹) yüksek taban suyu tuzluluğu gözlemlendiği rapor edilmiştir.

Araştırma alanındaki taban suyu ortalama tuzluğu, 20 dS m⁻¹'den daha büyük değerler almıştır (Çizelge 3). Tuzluluğun 30 dS m⁻¹'den daha büyük olduğu alanlar araştırma alanının %25'inden daha fazla bir alanda yıl boyunca etkili olmuştur. Böylece, taban suyu ortalama tuzluluğunun neredeyse Akdeniz'in deniz suyu tuzluluk değerinin yarısına denk olduğu ortaya çıkmıştır. Bunun temel nedeni, arazinin çukur topoğrafyası ve doğal drenajın topoğrafik yetersizlik nedeniyle kısıtlanmış olmasıdır. Bu nedenle,

araştırma alanının drenajının pompajla yapılması kaçınılmaz olmaktadır. Bir başka açıdan değerlendirildiğinde; araştırma alanının %90'ından daha fazla bir alandaki TS tuzluluğu, drenaj mühendisliği bakımından kritik değer (DSİ, 1982; Çetin ve Özcan, 1999; Cetin ve Kirda, 2003; Cetin ve Diker, 2003) olarak kabul edilen EC=5 dS m⁻¹ değerinden daha büyük değerler almıştır (Çizelge 3).

TS kalitesine yönelik olarak yapılan değerlendirmelerde, EC değerlerinin yanında taban suyundaki çözünmüş toplam tuzların (TDS) da irdelenmektedir. Araştırma alanında, taban suyundaki TDS'nin alansal ortalama değerleri yıl boyunca 13 g L⁻¹'in üzerinde bulunmuştur (Çizelge 4). Taban suyunda toplam çözünmüş tuzların değeri oldukça yüksek ve kritik sınırların üzerinde olmasına rağmen, en düşük değerler sulama mevsiminin başlangıcında gözlenmiştir. Araştırma alanının %53'ünden daha fazla bir alanda TS TDS değeri >10 g L⁻¹ saptanmıştır. Bu değer, Akdeniz'in deniz suyu tuzluluğunun neredeyse üçte birine eşittir. Ayrıca, araştırma alanının %13.6'sında şubat ayı TDS değerleri Akdeniz'in deniz suyu tuzluluğu olan 30 g L⁻¹ değerinden daha büyük değerler almıştır. Bu değerler, araştırma alanındaki drenaj yetersizliği açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Bu sorunların giderilebilmesi için: a) Çiftçilere iyi kalitede sulama suyu sağlanması, b) Sulama suyunun, randımanı yüksek sulama yöntemleriyle uygulanması, c) Kapalı dren sistemiyle desteklenmiş etkin bir "açık derin drenaj sistemi"nin devreye sokulması, d) Pompajın kış yağışları ve sulamalara göre planlanıp uygulanması gerekmektedir.

Tarım alanlarında, taban suyu tuzluluğu yanında suyun sodyum içeriğinin, dolayısıyla SAR değerlerinin de irdelenmesi yararlı olmaktadır. Bu bağlamda bir değerlendirme yapıldığında, araştırma alanındaki TS örneklerinin SAR değerlerinin de oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Taban suyundaki SAR değerleri, temmuz ve eylül aylarında benzer bir dağılım göstermiştir (Çizelge 5). Ancak, şubat ve nisan aylarındaki SAR değerleri birbirinden oldukça farklı bulunmuştur. Taban suyu ortalama SAR değerleri araştırma süresince, Said ve ark. (2021) tarafından belirtilen kritik SAR değerinin {13 (meq L⁻¹)^{0.5}} üzerinde saptanmıştır (Çizelge 5).

Table 4. Areal coverage (%) with groundwater TDS (g L^{-1}) values in the study area.

Çizelge 4. Çalışma alanında taban suyunda toplam çözünmüş tuzluluk (TDS, g L^{-1}) değerleri ile kapladığı alanlar (%).

Zaman	Toplam çözünmüş tuzlar (TDS, g L^{-1}) Alansal ortalamalar ve standart sapmaları	Kapladığı alan (%)			
		<5	5-10	10-30	>30
Şubat/08	17.83±12.95	4.6	24.6	57.2	13.6
Nisan/08	13.20±9.10	15.0	31.8	47.4	5.8
Temmuz/08	14.33±11.12	19.8	23.7	47.4	9.1
Eylül/08	14.95±11.27	15.9	24.6	47.8	11.7

Table 5. Areal coverage (%) with different groundwater SAR values in the research area.

Çizelge 5. Araştırma alanında taban suyunda SAR değerleri ve alansal dağılımı (%).

Zaman	Taban suyunda SAR Alansal ortalamalar ve standart sapmaları	Kapladığı alan (%)				
		<3	3-6	6-13	13-20	20<
Şubat/08	25.45±10.02	0.1	0.4	8.7	23.6	67.3
Nisan/08	19.33±9.35	0.8	3.7	24.8	25.7	45.1
Temmuz/08	22.71±10.80	0.9	4.1	12.3	28.7	54.1
Eylül/08	21.15±9.45	0.9	4.0	14.4	25.9	54.8

Araştırmada, SAR değerinin 20 (meq L^{-1})^{0.5} ve daha büyük olduğu alanlar sahasının %45-%67'i arasında değişim göstermiştir. Anlaşılacağı üzere, araştırma alanının en %50'sinde TS SAR değeri >20 (meq L^{-1})^{0.5}dir. Bu değer, Akdeniz'in deniz suyu ortalama SAR değerinin neredeyse %40'ına eşittir. Bu değerlendirmeler, araştırma alanındaki TS tuzluluğu ve SAR değerlerinin normal bir tarım alanında beklenen değerlere (FAO, 2001; Cetin ve Kirda, 2003; Demir ve Antepli, 2004; Çetin ve ark., 2008) kıyasla oldukça yüksektir. Araştırma alanında, gelecekte daha şiddetli düzeylerde düşük toprak geçirgenliği beklenmelidir. Ayrıca, TS SAR değerlerinin topraklardaki alkaliliği arttıracakları unutulmamalıdır. Değinilen bu hususların, tarımsal bakımdan zayıf çimlenme oranları yanında, ürün verim ve kalitesinde de düşüşleri beraberinde getirmesi beklenmelidir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu araştırmadan elde edilen bulgular doğrultusunda ulaşılan sonuçlar ve öneriler şöyle özetlenebilir:

Taban suyu derinliğinin 1 m'den daha az olan alanlar şiddetli drenaj sorunu olan alanlar olarak bilinmektedir. Araştırmada, şiddetli drenaj sorunu olan alanlar şubat ve temmuz aylarında toplam alanın yaklaşık %27'si ve üzerindeki bir alanda gerçekleşmiştir. Öte yandan, sulama mevsiminin başlangıcında (nisan ayında) alanın %4.5'inde ve sulama mevsimi sonunda (eylül ayında) ise alanın %3.2'sinde şiddetli drenaj sorunu gözlenmiştir.

Araştırma alanının %60'ından daha büyük bir alanda, TS derinliği yıl boyunca 1.0 ile 1.5 m arasında değişim göstermiştir. Diğer bir ifadeyle, toplam alanın yaklaşık %60'ından daha fazlasında yıl boyunca drenaj sorunu tespit edilmiştir. Özellikle topoğrafik bakımdan çukur olan alanlarda, drenaj sorunu şiddetlenmiştir.

Araştırma alanında, TS tuzluluğu yüksek değişkenlik tavrı göstermiştir. Alansal ortalama EC değerleri (dS m^{-1}), tüm örnekleme dönemlerinde >20 dS m^{-1} bulunmuştur. Söz konusu değerler, kritik taban suyu tuzluluk değerinin (5 dS m^{-1}) en az dört katına karşılık gelmektedir. Taban suyu tuzluluk riskinin bulunduğu alanların, araştırma alanının %90'nından daha fazlasını oluşturduğu belirlenmiştir.

Araştırma alanında, taban suyunda toplam çözünmüş tuzların (TDS) alansal ortalama değerleri yıl boyunca 13 g L^{-1} 'in üzerinde bulunmuştur. Taban suyu TDS değerleri oldukça yüksek ve kritik sınırların üzerinde kaydedilmiştir. Araştırma alanının %53'ünden daha fazlasında taban suyu TDS değerlerinin 10 g L^{-1} 'den fazla olduğu saptanmıştır. Çalışma alanının %13'ünden daha büyük bir kısmında, şubat ayında Akdeniz'in deniz suyu tuzluluğuna eşit olan 30 g L^{-1} 'den daha büyük TDS elde edilmiştir.

Taban suyu sodyum zararı (SAR) etkisi göz önüne alındığında, araştırma alanındaki taban suyu SAR değerleri kritik değerin üzerinde bulunmuştur. Taban suyundaki SAR değerleri, temmuz ve eylül aylarında benzer bir dağılım göstermiş; şubat ve nisan

aylarındaki SAR değerleri birbirinden farklı tavrı göstermiştir.

Düşük kaliteli su kaynaklarının tarımda kullanılması, taban suyu elektriksel geçirgenliğinin aşırı yükselmesine; SAR değerlerinin kritik değerlerin oldukça üstüne çıkmasına neden olmuştur. Drenaj sularının, randımanı düşük olan sulama yöntemleriyle kullanılması TS kalite ve kantitesi üzerine olumsuz etki yapmıştır. Topoğrafik yetersizlikler ve uygun olmayan drenaj pompaj programı, araştırma alanındaki taban suyu kalitesi ve derinliğindeki bozunmayı hızlandırmış; kış yağışlarının beklenen yıkama etkisini engellemiştir.

Özetlenen sorunların giderilebilmesi için: a) Çiftçilere iyi kalitede sulama suyu sağlanması, b) Sulama suyunun, randımanı yüksek sulama yöntemleriyle uygulanması, c) Kapalı dren sistemiyle desteklenmiş etkin bir "açık derin drenaj sistemi"nin devreye sokulması ve sürekli işlevsel kılınması, d) Pompajın kış yağışları ve sulamalar ile ürünlerin yetiştirme dönemlerine uygun olarak planlanıp uygulanması gerekmektedir.

Araştırma alanında kullanılan sulama suyunun drenajdan sağlandığı dikkate alındığında, toprakta tuz birikimi riski yüksektir. Tarımsal üretimin sürdürülebilirliği göz önüne alındığında, yaz aylarında tuzluluğa nispeten daha dayanıklı olan mısır ve pamuk bitkilerinin; kış aylarında ise arpa vb. bitkilerinin yetiştirilmesi önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma, Avrupa Birliği 6. Çerçeve Programı kapsamında QUALIWATER: Diagnosis and Control of Salinity and Nitrate Pollution in Mediterranean Irrigated Agriculture isimli proje (Proje No: INCO-CT-2005- 015031) ve Çukurova Üniversitesi Katılımlı Araştırma Projesi (Proje No: ZF2006KAP1) ile finanse edilmiştir. Hakkın rahmetine kavuşan Sayın Prof. Dr. Cevat KIRDA Hocamıza, QUALIWATER projesindeki katkıları ve emekleri için sonsuz şükranlarımızı sunarız.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

KAYNAKLAR

Amezket E 2006. An Integrated Methodology for Assessing Soil Salinization, a Pre-condition for Land Desertification. Journal of Arid Environments 67: 594-606.

Büyükcangaz H, Değirmenci H 2002. Drenaj Sularının Sulamada Yeniden Kullanılması. Su Havzalarında Toprak ve Su Kaynaklarının Korunması, Geliştirilmesi ve Yönetimi Sempozyumu, 18-20 Eylül 2002, Antakya.

Cetin M 2020. Agricultural Water Use. In: N. B. Harmancioglu, D. Altinbilek (eds.), Water Resources of Turkey, Chapter 9, World Water Resources, Springer Nature Switzerland AG 2020, Vol. 2: 257-302.

Cetin M, Diker K 2003. Assessing Drainage Problem Areas by GIS: A Case Study in the Eastern Mediterranean Region of Turkey. Irrigation and Drainage 52: 343-353.

Cetin M, Kırdı C 2003. Spatial and Temporal Changes of Soil Salinity in a Cotton Field Irrigated with Low-quality Water. Journal of Hydrology 272: 238-249.

Çetin M, Kırdı C, Efe H, Topçu S 2007. Aşağı Seyhan Ovasında Taban Suyu Derinliği Sulama İlişkilerinin Coğrafi Bilgi Sistemi ile İrdelenmesi. V. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 5-7 Eylül 2007, Ankara.

Çetin M, Kırdı C, Efe H, Topçu S 2008. Düşük Kaliteli Suların Sulamada Kullanılmasının Neden Olabileceği Olası Tuzluluk Sorunlarının Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında İrdelenmesi. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi Bildiriler Kitabı, Sayfa: 471-481, İMO Kültür ve Kongre Merkezi, 20-22 Mart 2008, Ankara.

Çetin M, Özcan H 1999. Aşağı Seyhan Ovasında Sulanan ve Sulanmayan Alanlarda Meydana Gelen Sorunlar ve Çözüm Önerileri: Örnek Bir Çalışma. TÜBİTAK Turkish Journal of Agriculture and Forestry 23(1): 207-217.

Demir N, Antepli N 2004. Aşağı Seyhan Ovası Sulaması Taban Suyu ve Tuzluluk Problemleri Değerlendirme Çalışması. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu, 20-21 Mayıs 2004, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.

Dinç U, Sarı M, Şenol S, Kapur S, Sayın M, Derici MR, Çavuşgil V, Gök M, Aydın M, Ekinci H, Ağca N, Schlinchting E 1988. Çukurova Bölgesi Toprakları, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yardımcı Ders Kitabı, No: 26, 2. Baskı, Adana, Türkiye.

DSİ 1982. ASO IV. Merhale Projesi Planlama Drenaj Raporu, DSİ Genel Müdürlüğü Basımevi, Ankara.

ESRI 1996. Using Arcview GIS. Environmental System Research Institute, Inc.: Redlands, CA, USA.

FAO 2001. Drainage and Sustainability. IPTRID Issues Paper No. 3, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Kaman H, Çetin M, Kırdı C 2011a. Monitoring and Assessing of Changes in Soil and Groundwater Salinity of Yemisli Irrigation District of Turkey Using Low Quality Irrigation Water. Scientific Research and Essays, 6(6): 1388-1396.

- Kaman H, Kurunc A, Sonmez NK, Cetin M, Uz BY, Aslan GE 2011b. Preliminary Investigation of Seawater Intrusion into Inland through Acisu Creek in Antalya, Turkey. *Journal of Food Agriculture & Environment* 9(2): 612-617.
- Kaman H, Cetin M, Kirda C 2017. Monitoring and Assessment of Irrigation Management in a Large Irrigation Project Area. *Fresenius Environmental Bulletin* 26(6): 3986-3994.
- Keckler D 1995. *The Surfer Manual*. Golden, CO, USA.
- Richards LA 1954. *Diagnosis and Improving of Saline and Alkali Soils*. United States Department of Agriculture, Hand Book 60, Washington DC, USA.
- Ritzema HP, Kselik RAL, Chanduvi F 1996. *Drainage of Irrigated Lands*. FAO Irrigation Water Management Training Manual Rome, Italy., p. 9.
- Said AA, Yurtal R, Cetin M, Golpinar MS 2021. Evaluation of Some Groundwater Quality Parameters Using Geostatistics in the Urban Coastal Aquifer of Bosaso Plain, Somalia. *Journal of Agricultural Sciences* 27(1): 88-97.
- Thales 2005. *Magellan Explorist 600 Reference Manual*. Thales S. A., USA, pp. 123.
- Tuzcu Ö, Çevik B, Kaplankiran M, Kirda C 1988. Influence of Different Irrigation Methods on Nutrient Uptake of Lemon Trees. *Adv. Hort. Sci.* 2: 79-83.