

Bafra Ovası Yeraltı Suyu Kalitesinin Sulama Açısından Değerlendirilmesi

H. Arslan¹

M. Güler²

B. Cemek³

Y. Demir⁴

¹Devlet Su İşleri Bafra Ovası Sulaması Proje Müdürlüğü, Bafra/Samsun

²Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Samsun

³Gazi Osman Paşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Tokat

⁴Ondokuzmayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Samsun

Bu araştırmada, Bafra Ovası Sağ Sahil Sulama alanında sulama amaçlı kullanılan yeraltı sularının kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Haziran, Temmuz ve Ağustos 2005 tarihlerinde sulama amaçlı kullanılan 10 adet sondaj kuyusundan örnek alınmış ve örnekler üzerinde EC, pH, Na, Ca, K, Mg, CO₃, HCO₃, CL ve SO₄ analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarından faydalanılarak sulama sularının Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR) ve Artık Sodyum Karbonat Konsantrasyonu (RSC) değerleri belirlenmiştir. Araştırma sonucunda kuyulardan 1 tanesinin sulama suyu kalitesinin yüksek tuzlu düşük sodyumlu, 2 tanesinin yüksek tuzlu orta sodyumlu, 1 tanesinin çok yüksek tuzlu orta sodyumlu, 1 tanesinin yüksek tuzlu orta sodyumlu ve 5 tanesinin ise çok yüksek tuzlu çok yüksek sodyumlu olduğu belirlenmiştir. Klor bakımından ise 1 tane kuyunun sorun içermediği, 2 tanesinin orta duyarlı bitkilerin sulanmasında ve 7 tanesinin ise dayanıklı bitkilerin sulanmasında kullanılabileceği belirlenmiştir. Su örneklerinin pH değerleri 6.6 ile 8.3 arasında değişmekte olup, 5 ve 6 nolu kuyuların RSC değeri 2.5 den yüksek çıkmıştır. Bu sonuçlara göre 5 ve 6 nolu kuyulardaki suların sulamada kullanılmasının sakıncalı olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bafra Ovası, Yeraltı suyu, Sulama Suyu Kalitesi, Tuzluluk

Assessment of Groundwater Quality in Bafra Plain for Irrigation

In this study, groundwater quality of irrigated part of the Bafra Plain Right Bank Area was investigated. Water samples were collected from ten wells used for irrigation in June, July, and analysed for August 2005, and EC, pH, Na, Ca, K, Mg, CO₃, HCO₃, Cl and SO₄ contents. Based on the calculated Sodium Absorbtion Rate (SAR) and Residual Sodium Carbonate Concentrations (RSC), one of the wells water quality was classified high in salinity and low in sodicity, one of them was very high in salinity and medium in sodicity, one of them was high in salinity and medium in sodicity, and five of them were very high in salinity and very high sodicity. Acidity (pH) values of waters from the wells ranged between 6.6 and 7.9, and RSC of water samples collected from the wells 5 and 6 were greater than 2.5. Based on the results obtained from the study, water from these wells were not suitable for irrigation.

Keywords: Bafra Plain, Graundwater, irrigation water quality, salinity,

Giriş

Türkiye, tarım ve tarıma dayalı sanayide çalışan nüfus bakımından dünya ülkeleri arasında ön sıralarda yer almasına rağmen sulama, gübreleme ve tarımsal mücadele uygulamalarının bilinçsiz bir şekilde yapılması ve tarım alanlarındaki drenaj yetersizliği nedeniyle birim alandan elde edilen ürün miktarı arzulanan düzeyde değildir.

İnsanların yaşamlarını sürdürebilmeleri için bir takım gereksinimlerinin karşılanması zorunludur. Bu gereksinimlerin karşılanmasında yararlanılan doğal kaynakların en önemli ikisi toprak ve sudur. Toprak ve su canlılar için besin kaynağı oluşturmasının yanı

sıra onlara yaşama ve çoğalma için de uygun bir ortam teşkil eder.

Tuzluluk, dünya genelinde en önemli sorunların başında gelmektedir. Birçok alanda, tuzluluk nedeniyle tarımsal üretim azalmakta ve daha da önemlisi tarımsal faaliyetlere son verilmektedir. Sulama yapılan ülkelerde toplam sulama alanının yaklaşık üçte biri tuzluluktan büyük oranda etkilenmiş veya yakın gelecekte etkilenmesi beklenmektedir. Bu oranlar Pakistan'da %14, Çin'de %15, Hindistan'da %27, Mısır'da %30 ve Irak'ta ise %50'lere ulaşmaktadır (Özkaldı ve ark., 2004). Afrika, Asya, Pasifik, Avustralya, Latin Amerika, Yakın Doğu ve Kuzey Amerika ülkelerinin

toplam arazisi 12 781 milyon hektardır. Bu bölgelerde tuzdan etkilenen alan miktarı 397,1 milyon ha olup, toplam alanın % 3,1 ine, sodiklik probleminin görüldüğü alan miktarı ise 434,3 milyon ha olup, toplam alanın % 3,4 üne karşılık gelmektedir. Günümüzde dünya üzerinde 230 milyon ha sulanan tarım arazinin 45 milyon ha lık kısmı tuzlanmadan etkilenmiştir (Martinez et al., 2005).

Bir suyun tuzluluğunun yüksek olması, toprak çözeltisi ozmotik basıncının yükselmesine dolayısıyla köklerin topraktan su alımlarının azalmasına neden olacağından bitki verimi ve kalitesini olumsuz etkilemektedir. Tuzluluğun artmasıyla birlikte yapraklar sararır ve solar, bitki turgoru azalır ve görünüm zayıflar. Uzun süre bu etki altında kalan bitkilerde kalıcı ve verimi etkileyen sonuçlar ortaya çıkar. Toplam tuzluluğun düşük olduğu koşullarda, bireysel bazı toksik iyonlar yüksek konsantrasyonlarda bitki verim ve kalitesine etki ederler. Bu gibi iyonların yüksek konsantrasyonları yapraklarda ve vejetatif organlarda yanma ve zararlanmalara ya da meyvede kalite üzerine olumsuz etki yapabilmektedir (Ayyıldız, 1990; Yurtseven, 1997).

Sulama suyu tuzluluğunun artması ile birlikte uygulanabilecek tarım tekniklerinin çeşitliliği ve uygulanabilirliği de azalmaktadır. Sulamalar ile bitki kök bölgesine iletilen ve burada biriken tuzlar, belli bir süre sonunda alandan uzaklaştırılmalıdır. Bir başka deyişle tuzlu suların kullanıldığı yerlerde sorunsuz bir tarım isteniyor ise, sulama mevsimi boyunca biriken tuzların kış yağışları ile alandan uzaklaştırılabiliyor olması gerekir. Bu mümkün değilse yetiştirme mevsimi sonunda tuzlar kök bölgesinden iyi kalitede yıkama suyu kullanılarak uzaklaştırılmalıdır. Bu yapılamadığı sürece zaman içerisinde biriken tuzlar toprak verimliliğini azaltacaktır. Potansiyel durumda olan tuzlu taban suyunun yüzey suları ile karıştırılarak tekrar sulama suyu olarak kullanılması, su yönetiminde taban suyunun kontrolü amacıyla kullanılabilecek bir yöntemdir. Ancak bu şekilde sulama yapılması için bitki türü, sulamada kullanılacak suyun tuzluluk düzeyi, bitkilerin hassas oldukları dönemler ve iklimin etkisi, tabansuyunun tuzluluk düzeyi ile gerek sulama suyunda gerekse de tabansuyunda bulunan tuzların cinsi

belirlenmelidir. (Yurtseven, 1997; Kara ve Apan , 2000).

Sulama suyu ile toprağa iletilen tuzlar, bitki gelişmesi üzerine doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki türde etki yaparlar. Doğrudan etki Cl, Na, 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.

Çakır ve Gidişoğlu (1997), EC değeri 7.2 dSm⁻¹ ve SAR değeri 15-26 olan Ergene Nehri suyu ile ve EC değeri 0.8 dSm⁻¹ ve SAR değeri 0.87 olan şebeke suyunu kullanarak yapmış oldukları çalışmada birinci yıl sonunda şebeke suyu ile sulanan toprağın EC değerinin 0.5-0.6 dSm⁻¹ sınırları arasında kalmasına rağmen, nehir suyu ile sulanan alanda 6-8 kat artışla 3-4 dSm⁻¹'ye ulaştığı, ikinci yılın sonunda ise nehir suyu ile sulanan toprağın EC değerinin 8-10 dSm⁻¹ ye ulaştığını belirlemişlerdir.

Kıyı bölgelerinde açılan ve aşırı pompalama yapılan kuyularda zamanla deniz suyu girişimi olması nedeniyle su kalitesi bozulmakta ve kuyular terk edilmektedir. Kıyı bölgelerinde bulunan kuyulardaki suların klor miktarı 7 me/l (250 mg/l) den yüksek olduğu durumlarda, yeraltı suyuna deniz suyunun etkisinin olduğu söylenilebilir (Gualbert, 2001; Demirel, 2004).

Bu çalışma ile Bafra Ovası Sağ Sahilinde sulama şebekesinin tamamlanmadığı veya şebekenin tamamlandığı alanlarda ise toplulaştırmanın yapılmamış olması nedeniyle kanaletlere uzak kalan parsellerin sulanmasında kullanılan yeraltısularının kalitesi tespit edilmiş ve bu kalite parametreleri dikkate alınarak verim kaybı oluşmaması için hangi bitkilerin yetiştirilmesi gerektiği belirlenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışma alanının konumu ve iklim özellikleri

Çalışma alanı Orta Karadeniz Bölgesinde 41°10' - 41°45' Kuzey Enlemleri ve 35°30' - 36°15' Doğu Boylamları arasında Kızılırmak ile yan derelerin oluşturduğu delta ovasında yer almaktadır. Araştırmanın yapıldığı bölüm

Kızılırmak Nehrinin sağ sahilinde kalan toplam 10 000 ha tarım alanıdır (Şekil 1).

Çalışma alanında Karadeniz Bölgesinin ılıman iklim özellikleri görülmektedir. Çalışma alanına ait bazı iklim parametrelerinin uzun

yıllar ortalamaları Çizelge 1’ de verilmiştir. Uzun yıllar ortalama gözlem sonuçlarına göre en yağışlı ay Aralık, en kurak ay ise Temmuz ayıdır. Yıllık yağış toplamı 722.5 mm dir (Anonymous, 2004).

Çizelge 1. Çalışma alanına ait bazı iklim parametrelerinin uzun yıllar ortalama değerleri
Table 1. Long-term averages of some climatic parameters for the study area

İklim Parametresi (Climate Parameters)	AYLAR												Yıllık (Annual)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Yağış (mm) (Precipitation)	91.2	48.9	54.9	55.6	38.1	33.4	26.3	52.5	71.8	79.6	79.9	100.4	722.5
Sıcaklık (°C) (Temperature)	5.7	6.9	7.8	11.2	15.6	20.2	22.7	22.3	19.0	15.1	12.0	8.4	13.9
Oransal Nem (Rel.Hum.)(%)	70	71	77	77	78	72	70	73	77	77	70	69	73

Toprak özellikleri

Araştırma alanında toprak derinliği 1.5 m ve daha derindir. Toprak bünyeleri ağır olup, geçirgenlikleri düşüktür. Toprakların büyük bir kısmı taşınma topraklardır. Biriktikleri yerlerde drenaj, havalanma ve kök bölgesi durumlarına bağlı olarak genellikle granüle ve blok yapıları elde etmişlerdir. 2 m kotu altındaki toprakların bir bölümü mineral, bir bölümü organik, alt katmanları yapısızdır. Genel olarak 20 m derinliğe kadar bir aküfer mevcut olup bariyer tabakası bunun altında yer almıştır (Anonymous, 1987).

Su kaynakları

Bafra Ovasının başlıca su kaynağı Kızılırmak Nehridir. Kızılırmak Nehri Derbent mevkiinden ovaya girmekte ve ovayı iki parçaya ayırarak denize dökülmektedir. Kızılırmak ülkemizin en tuzlu su kaynaklarından birisi olup EC değeri ortalama olarak 2 dSm⁻¹ civarında olup,(C₃S₁) sınıfı bir sudur. (Ayyıldız, 1990).

Sulama tesisleri

Çalışma alanı; İnşaatına 1991 yılında başlanılan ve halen çalışmaların devam edildiği 14 279’ ha lık alanı kapsayan sulama – drenaj şebekesidir. Bu sahadaki şebekede fiziki gerçekleşme %60 oranındadır. Araştırma alanına su sağlayan S1 ana kanalı toplam 35 km uzunluğunda olup, bunun 25 km’lik kısmı tamamlanmıştır. S1 ana kanalının başlangıç

debisi ise 19.700 m³/s dir. S2 ana kanalının uzunluğu 24 km olup, kanalın 22 km’lik kısmı tamamlanarak hizmete açılmıştır. S2 kanalının debisi ise 6.900 m³/s dir. Proje kapsamında toplam 86 km yedek kanal ve 390 km tersiyer kanal yapılacaktır. (Anonymous, 2006).

Kanaletli sulamanın tamamlanamadığı % 40’lık bölüm ile, şebekenin tamamlanıp arazi toplulaştırmasının yapılmaması nedeniyle kanaletlere uzak olan parsellerin sulanmasında derinliği 10-45 m arasında bulunan sondaj kuyuları ile yeraltısuyu kullanılmaktadır.

Drenaj tesisleri

Bafra Ovasında ilk drenaj çalışmaları 1960’lı yıllarda başlatılmıştır. Söz konusu tarihlerde herhangi bir sulama şebekesi bulunmamaktadır. Yapılan çalışmalar; üst havzadan gelen ve doğal bir çıkış ağzı bulamayan suları tahliye etmek amacıyla kanallar açılmıştır. Bu tarihlerde açılan drenaj kanallarının Kızılırmak ile bağlantısı olması nedeniyle kurak dönemlerde sulama amacıyla kullanılmıştır. Araştırma alanında açılan bu kanallar Koşuköy, Hacılar, Çorak, Boytar ve Bakırpınar Ana Drenaj kanallarıdır. Bafra Ovasının drenaj yönünden en büyük sorunu doğal bir çıkış ağzının bulunmamasıdır. Asıl drenaj probleminin yaşandığı alan ise 2 m kotu altı alanlardır. Suların doğal yollar ile uzaklaştırılmadığı toplam alan 4410 ha’ dır (Arslan, 2005)



Şekil 1. Çalışma alanı ve örneklerin alındığı noktalar
Figure1. Location of the study area and sampling points

Yöntem

Su örneklerinin alınması ve analizi

Araştırmada kullanılan su örnekleri, Bafra Ovası Sağ Sahilinde yer alan sulama alanında, derinliği 10-45 m arasında değişiklik gösteren ve çiftçilerin kendi imkanları ile açmış oldukları 10 farklı sondaj kuyusundan alınmıştır. Örnekler sulama periyodu olan Haziran-Temmuz-Ağustos 2005 tarihleri arasında alınmıştır. Su örneklerinin alındığı noktalar Şekil 1’de gösterildiği gibidir.

Su örneklerinin alınmasında Ayyıldız (1990)’da verilen kriterler kullanılmıştır. Pompalar bir müddet çalıştırılmış, pompa içinde ve borularda bulunan suların dışarı tamamen atılmasından 15-20 dakika sonra su örnekleri alınmıştır. Örnekler ikişer litrelik lastik tıpalı şişelere alınmış ve kuyu numaraları ile etiketlenmiştir. Çalışma alanına ait suların özelliklerinin belirlenmesi amacıyla örnekler üzerinde EC, pH, Na, Ca, K, Mg, CO₃, HCO₃, Cl ve SO₄ analizleri yapılmıştır.

Sulama suyu analizlerinden elde edilen sonuçlar ile sulama sularında sodyumun zararının belirlenmesi için SAR değeri hesaplanmıştır (U.S.Salinity Lab. Staff, 1954). Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC) miktarının hesaplanması ise Eaton (1950) e göre yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Çalışma kapsamında Bafra Ovası Sağ Sahil sulama alanında yer alan 10 adet sondaj kuyusundan alınan su numunelerine ait kalite parametreleri Çizelge 2’ de verilmektedir.

Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC) değerine göre sulama sınıflandırılmasında 1.25 me/l değerinden küçük olan sular 1.sınıf, 1.25-2.50 me/l arasında olanlar 2.sınıf orta kullanılabilir, 2.50 me/l den fazla ise sulama açısından uygun bulunmaktadır (Eaton, 1950). Araştırma da kullanılan su örneklerinden 5 ve 6 nolu kuyularda RSC değerine rastlanmıştır. Çalışma alanında RSC yönünden 5 ve 6 nolu kuyular da sorun olup, diğer kuyulardaki suların sulamada kullanılmasında RSC açısından bir sakınca bulunmamaktadır.

Çizelge 2. Su örneklerinin bazı kalite özellikleri
Table 2. Some quality characteristics of water samples

Kuyu No (Well)	Aylar (Month)	RS C	pH	EC (dSm ⁻¹)	Kasyon içeriği (me/l)				Toplam (Total)	CO ₃	Anyon İçeriği (me/l)			Toplam (Total)	SAR	Suyun Sınıfı (Class)
					Na	K	Ca	Mg			HCO ₃	Cl	SO ₄			
1	Haziran (June)	0	7.9	2.128	11.5	0.42	4.35	7.30	23.57	0	10.50	8.6	4.47	23.57	4.76	C ₃ S ₂
	Temmuz (July)	0	7.4	2.112	11.0	0.39	5.25	9.30	25.94	0	11.80	8.2	5.94	25.94	4.08	C ₃ S ₂
	Ağustos (August)	0	7.4	2.300	10.6	0.42	5.25	8.05	24.32	0	11.75	8.4	4.17	24.32	4.11	C ₄ S ₂
2	Haziran (June)	0	7.4	8.938	65.2	1.10	8.30	18.95	93.55	0	16.95	73.0	3.60	93.55	17.67	C ₄ S ₄
	Temmuz (July)	0	7.1	9.024	62.6	1.15	10.75	23.65	98.15	0	17.80	71.0	9.35	98.15	15.09	C ₄ S ₄
	Ağustos (August)	0	7.1	8.676	60.0	1.33	8.70	22.00	92.03	0	16.00	72.0	4.03	92.03	15.31	C ₄ S ₄
3	Haziran (June)	0	7.6	4.575	27.8	1.46	5.50	13.70	48.46	0	15.00	31.2	2.26	48.46	8.97	C ₄ S ₄
	Temmuz (July)	0	7.5	4.512	27.0	1.28	5.80	15.55	49.63	0	16.50	30.4	2.73	49.63	8.26	C ₄ S ₄
	Ağustos (August)	0	7.4	4.700	27.0	1.49	7.00	15.05	50.54	0	16.30	32.4	1.84	50.54	8.13	C ₄ S ₄
4	Haziran (June)	0	7.4	2.447	9.9	0.62	8.75	6.75	26.02	0	9.75	10.8	5.47	26.02	8.56	C ₄ S ₂
	Temmuz (July)	0	7.3	2.352	10.6	0.57	7.55	9.70	28.42	0	10.65	10.8	6.97	28.42	3.61	C ₄ S ₂
	Ağustos (August)	0	7.0	2.358	9.9	0.18	8.00	7.80	25.89	0	10.30	10.2	5.39	25.89	3.53	C ₄ S ₂
5	Haziran (June)	3.25	7.5	2.554	15.0	0.61	3.50	9.50	28.61	0	16.25	11.6	0.76	28.61	5.88	C ₄ S ₃
	Temmuz (July)	3.90	7.6	2.600	16.1	0.56	3.50	8.85	29.01	0	16.25	11.0	1.76	29.01	6.48	C ₄ S ₃
	Ağustos (August)	2.30	7.4	2.700	14.3	0.64	4.60	9.20	28.74	0	16.10	10.6	2.04	28.74	5.45	C ₄ S ₃
6	Haziran (June)	5.45	7.7	2.660	18.7	0.36	2.65	5.90	27.61	0	14.00	11.8	1.81	27.61	9.07	C ₄ S ₄
	Temmuz (July)	5.35	7.8	2.592	19.1	0.31	2.60	6.75	28.76	0	14.70	13.0	1.06	28.76	8.83	C ₄ S ₄
	Ağustos (August)	5.85	7.4	2.615	18.7	0.34	2.70	6.05	27.79	0	14.60	12.2	0.99	27.79	8.94	C ₄ S ₄
7	Haziran (June)	0	7.0	5.214	26.1	3.59	9.00	22.50	61.19	0	16.50	32.0	12.69	61.19	6.57	C ₄ S ₄
	Temmuz (July)	0	7.2	4.704	22.6	3.13	6.55	24.10	56.38	0	15.65	28.4	12.33	56.38	5.77	C ₄ S ₄
	Ağustos (August)	0	7.0	4.338	22.2	3.33	5.35	20.65	51.50	0	14.70	26.0	10.80	51.50	6.15	C ₄ S ₄
8	Haziran (June)	0	7.4	2.128	10.6	0.11	3.20	12.55	29.46	0	9.90	7.9	8.66	26.46	3.77	C ₃ S ₂
	Temmuz (July)	0	7.1	2.112	9.6	0.11	3.30	11.45	24.43	0	10.10	7.8	6.53	24.43	3.52	C ₃ S ₂
	Ağustos (August)	0	7.3	2.027	9.2	0.12	3.50	11.20	24.04	0	10.00	7.4	6.64	24.04	3.4	C ₃ S ₂
9	Haziran (June)	0	7.2	1.170	2.9	0.06	6.20	3.40	12.56	0	8.30	3.4	0.86	12.56	1.32	C ₃ S ₁
	Temmuz (July)	0	7.3	1.100	2.7	0.07	6.15	4.60	13.56	0	8.55	3.3	1.71	13.56	1.18	C ₃ S ₁
	Ağustos (August)	0	8.3	1.603	8.5	0.12	4.80	4.10	17.54	0	8.45	7.9	1.19	17.54	4.03	C ₃ S ₁
10	Haziran (June)	0	6.6	3.724	20.4	0.15	6.65	17.10	44.30	0	20.35	16.0	7.95	44.30	5.93	C ₄ S ₄
	Temmuz (July)	0	7.3	3.818	19.6	0.12	7.05	17.55	44.32	0	22.70	17.2	4.42	44.32	6.26	C ₄ S ₄
	Ağustos (August)	0	6.7	3.672	9.5	0.12	7.25	20	36.94	0	14.20	18.0	4.74	36.94	2.59	C ₄ S ₂

Sulama sularında pH değerinin 6.5 ile 8.4 arasında olması istenmektedir. Sulama sularında pH değerinin sınır değerlerden farklı olması bitkilerde dengesiz beslenme veya toksik maddelerin birikimine neden olur (Anonymous, 1994). Çizelge 2 incelendiğinde araştırma sahasından alınan örneklerin pH değerlerinin 6.6 ile 8.3 arasında olduğu görülmektedir. Bu suların sulamada kullanılmasında pH açısından her hangi bir sorun bulunmamaktadır.

Sulama sularının niteliklerinin sınıflandırılması için geliştirilen sistemlerden dünyada ve ülkemizde en çok kullanılan "ABD Tuzluluk Laboratuvar Sistemi" sınıflandırmasıdır. Bu sınıflandırmada, tuz konsantrasyonunu ve sodyum adsorbsiyon oranını göz önüne alınarak 16 kategori geliştirilmiştir. Sınıflandırmaya göre elektriksel iletkenlik değeri $0-0.25 \text{ dSm}^{-1}$ olan sular tuzluluk açısından 1.sınıf, $0.25-0.75 \text{ dSm}^{-1}$ arası olan sular 2. sınıf; $0.75-2.25 \text{ dSm}^{-1}$ arası olan sular ise 3. sınıf ve 2.25 dSm^{-1} den fazla olan sular 4. sınıfına girmektedir.

Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR) kavramı değişebilir sodyumun toprağın fiziksel özellikleri üzerine olan etkisine dayanmaktadır. Suların sınıflandırılmasında SAR değeri için belirli bir sınır değeri bulunmamaktadır. Suyun elektriksel iletkenlik değeri yükseldikçe aynı SAR değerine sahip suyun sodyumluluk sınıfı da farklılık göstermektedir. (Ayyıldız, 1990). Çizelge 2' de görüleceği üzere araştırma alanına ait 9 nolu kuyuya ait su C_3S_1 (Yüksektuzlu-Düşük sodyumlu su) olup drenajı bulunmayan alanlarda kullanılması sakıncalıdır. Birinci ve 8. kuyulara ait sular C_3S_2 (Yüksektuzlu-Orta sodyumlu su) dir. Bu sularında drenajı bulunmayan alanlarda kullanılması sakıncalıdır. Dört nolu kuyunun sınıfı ise C_4S_2 (Çok yüksek tuzlu-orta sodyumlu su), 5 nolu kuyunun sınıfı C_4S_3 (Çok yüksek tuzlu-Yüksek sodyumlu su), 2, 3, 6, 7 ve 10 numaralı kuyuların sınıfı ise C_4S_4 (Çok yüksek tuzlu-Çok yüksek sodyumlu sular) dir. Bu sınıf suların toprakların fazla geçirgen olmadığı, uygun drenajın bulunmadığı ve fazlaca yıkamanın olmadığı alanlarda kullanılması sakıncalıdır. Sulama alanında yetiştirilen bazı bitkilerin sulama suyu tuzluluğundan etkilenmeyecekleri eşik değerleri ve tuzluluğa bağlı olarak oluşabilecek verim kayıpları Çizelge 3 de verilmiştir. Sulama sularında klor en problemlisi anyon olarak kabul edilmektedir. 5

me/l'nin altındaki klor konsantrasyonları duyarlı bitkilerin, 5 me/l ile 10 me/l arasındaki değere sahip sular ile orta hassas bitkilerin, 10 me/l'nin üzerindeki sular ile de dayanıklı bitkilerin sulanmasında sakınca bulunmamaktadır (Mass, 1990). Sulama alanında yetiştirilen bazı bitkilerin sulama suyunda bulunan klor içeriğine karşı olan toleransları Çizelge 4 de verilmiştir.

Çizelge 2 de kuyulara ait klor verileri ile çizelge 4 de verilen değerler karşılaştırıldığında; araştırma alanında 9 numaralı kuyu sahada yetiştirilen tüm bitkilerin sulanmasında, 1 ve 8 numaralı kuyular orta duyarlılıktaki bitkilerin sulanmasında, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 10 numaralı kuyular ise sadece dayanıklı bitkilerin sulanmasında kullanılmalıdır.

Sülfat sulama sularında klordan daha az toksiktir. Yüksek konsantrasyonlarda sülfat iyonları kalsiyumun çökmesine neden olur ve bitkilerde toksik olabilirler. Sulama sularında SO_4 değerinin 0-20 me/l arasında olması istenmektedir (Anonymous, 1994). Araştırma alanından alınan su numunelerinin tamamı sınır değerler arasında kalmaktadır. Buna göre sulama sularında SO_4 açısından herhangi bir sorun bulunmamaktadır.

Sonuç

Bu çalışmanın temel amacı Bafra Ovasında sulama suyu olarak kullanılan yeraltı sularının sulamada kullanılabilirliğinin belirlenmesidir. Çizelge 2 incelendiğinde çalışma alanındaki 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10 nolu kuyuların tuzluluk değerlerinin çok yüksek olduğu; 2 ve 3 numaralı kuyularda klor değerlerinin kullanılabilir seviyenin çok üzerinde olduğu görülmektedir. Çizelge 2' den 2 ve 3 numaralı kuyuların klor içeriğinin sırasıyla ortalama olarak 71 me/l (2500 mg/l), 31 me/l (1100 mg/l) olduğu görülmektedir. İki numaralı kuyunun denize olan mesafesi 750 m, 3 numaralı kuyunun denize olan mesafesi ise 1500 m dir. Bu kuyuların denize yakın ve klor içeriğinin çok fazla olması nedeniyle kuyulara denizin etkisinin olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle denize yakın olan alanlarda yeraltı suyu çekiminin yapılması gelecekte daha büyük sorunlara yol açabileceği için yeraltı suyunun kullanılması durdurulmalıdır. Çizelge 2'de 1 numaralı kuyunun EC değerinin 2.1 dSm^{-1} olduğu belirtilmektedir.

Çizelge 3. Bazı bitkilerin tuz toleransları (dSm^{-1}) (Anonymous, 1994; Kotuby et al. al., 1997; Bayraklı, 1998; Kanber ve ark., 1992).

Table 3. Salinity tolerances of crops (dSm^{-1}) (Anonymous, 1994; Kotuby et al., 1997; Bayraklı, 1998; Kanber ve ark., 1992).

Bitki Çeşidi	Verimdeki Azalma (%) (Yield losses)			
	Eşik Değer (Treshold value)	10	25	50
Sulama Suyu Tuzluluk Değeri $EC_w(dSm^{-1})$				
Şekerpancarı(B eet)	4.70	5.80	7.50	10.00
Çeltik (Rice)	2.00	2.60	3.40	4.80
Domates (Tomato)	1.70	2.30	3.40	5.00
Mısır (Corn)	1.10	1.70	2.50	3.90
Buğday (Wheat)	4.00	4.90	6.30	8.70
Biber (Pepper)	1.00	1.50	2.20	3.40
Lahana (Cabbage)	1.20	1.90	2.90	4.60
Ispanak (Spinach)	1.30	2.20	3.50	5.70
Fasulye (Bean)	0.70	1.00	1.50	2.40

Çizelge 4. Bazı bitkilerin klor toleransları (Mass, 1990)

Table 4. Clor tolerances of some crops (Mass, 1990)

Cl (me/l)	< 5 (Duyarlı Bitkiler)	5-10 (Orta duyarlı bitkiler)	10< (Dayanıklı bitkiler)
Bitki Çeşidi (Crop type)	Domates (Tomate)	Biber (Pepper)	Ayçiçeği (Sunflower)
	-	Patates (Patato)	Şekerpancarı (Beet)
	-	Mısır (Corn)	Arpa (Barley)

Kızılırmak nehrinin EC değeri ortalama olarak 2.0 dS/m olduğu ve 1 numaralı gözlem kuyusunun nehre olan mesafesinin 1000 m olduğu göz önüne alındığında 1 numaralı kuyunun büyük oranda ırmaktan beslendiği anlaşılmaktadır. Çizelge 3 de verilen bitkiler ve tuzluluktan etkilenme oranları ile Çizelge 2 de bu kuyuya ait olan EC değeri karşılaştırıldığında, bu su ile şekerpancarı, buğday ve çeltik bitkisinin sulanması durumunda verimde herhangi bir azalma görülmez. Ancak lahana, domates, ıspanak gibi bitkilerde ise yaklaşık % 10 verim kaybı oluşur. Çizelge 2 incelendiğinde 4, 5, 6, 8 numaralı

kuyulara ait suların tuzluluk değerlerinin 2.1 dSm^{-1} ile 2.7 dSm^{-1} arasında değiştiği görülmektedir. Çizelge 3 de verilen tuzluluk verim ilişkisi incelendiğinde; bu sahalarda şekerpancarı ve buğdayın sorunsuzca yetiştirilmesi mümkün olurken, çeltiğin yetiştirilmesi durumunda verimde % 10, domates, lahana, mısır gibi bitkilerin yetiştirilmesi durumunda ise verimde % 25 lik bir azalma oluşabilir. Bu sular ile sulanan alanlarda ise fasulyenin yetiştirilmesi durumunda verimde % 50 lik bir azalma görülecektir. Yedi ve 10 numaralı kuyuların EC değerleri numune alınan dönem içerisinde

3.6 dSm⁻¹ ile 5.2 dSm⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Kuyuların bulunduğu alanlarda şekerpancarı ve buğday yetiştiriciliği yapılabilir. Bu bölgede arazi topografyasından kaynaklanan drenaj sorunu mevcuttur. Eğim nedeniyle üst bölgelerden gelen sular burada toplanmakta ve çıkış ağzı sorunu olması nedeniyle araziden uzaklaştırılmamaktadır. Söz konusu alanda da yeraltı suyu kullanımının kontrollü bir şekilde yapılması gerekmektedir. Çalışma alanındaki 9 numaralı kuyu daha iç bölgelerde ve drenaj sorunu olmayan alanlarda bulunmaktadır. Kuyunun EC değeri ölçüm yapılan dönemde 1.1 dSm⁻¹ ile 1.6 dSm⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Buna göre bu alanlarda fasulye haricinde diğer bitkilerin yetiştirilmesinde bir sakınca bulunmamaktadır.

Araştırma alanında sulama suyu açısından sorun olan diğer bir parametre ise klor dur. Araştırma alanında 9 numaralı kuyu klor bakımından hiçbir sorun içermemekte olup, yörede yetiştirilen tüm bitkilerin sulanmasında kullanılabilir. 1 ve 8 numaralı kuyuların klor değerleri 5-10 me/l arasında olup, yörede domates haricinde yetiştirilen diğer bitkilerin sulanmasında sorun yaratmamaktadır. 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 10 numaralı kuyuların klor değerleri 10 me/l nin üzerinde olup, ayçiçeği ve şekerpancarı haricindeki bitkilerin sulanması sakıncalıdır.

Sonuç olarak ovada denize yakın olan alanlarda yeraltı suyuna deniz suyunun etkisinin olduğu tahmin edilmektedir. Denizin yakın gelecekte iç bölgeleri etkilememesi için denize yakın alanlarda yeraltı suyu çekiminin durdurulması gerekmektedir. İç bölgelerde bulunan kuyular ile sulanan alanlarda da kontrollü bir sulama yapılması, drenajının bir an önce tamamlanması ve verim kaybına neden olmamak için tuza dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

- Anonymous, 1987. Bafra Ovası Planlama Revizyon Raporu. DSİ VII. Bölge Müdürlüğü, Samsun.
- Anonymous, 1994. FAO, Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper, No:29 Rome.
- Anonymous, 2004. Bafra Meteoroloji İstasyonu İklim Verileri. Samsun.
- Anonymous, 2006. Bafra Ovası Tabansuyu Raporu DSİ VII. Bölge Müdürlüğü, Samsun.

- Arslan, H., 2005. Bafra Ovası Bafra Ovası Sağ Sahil Sulama Alanının Taban Suyu Derinlik ve Tuzluluk Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Hazırlanması ve Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi Ondokuzmayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 79 s.
- Ayyıldız, A., 1990. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Kitabı 344, Ankara.
- Bayraklı, F., 1998. Toprak Kimyası. O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No:26, 1.Baskı, Samsun, 214s.
- Çakır, R. ve A.Gidişlioğlu, 1997. Düşük kaliteli sulama sularının vertisol toprakların bazı özelliklerine ve ayçiçeği bitkisinin vegetatif gelişmesine etkileri, VI.Tarımsal Tapılar ve Sulama Kongresi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Bursa.
- Demirel,Z., 2004. The history and evaluation of saltwater intrusion into a coastal aquifer in Mersin, Turkey, Journal of Environmental Management Volume 70, Issue 3 , March 2004, Pages 275-282
- Eaton, F.M., 1950. Significance of carbonates in irrigation waters Soil. Sci. 69: 123-133.
- Gualbert, H.P.Oude Essink., 2001. Improving fresh groundwater supply-problems and solutions, Ocean& Coastal Managment 44(2001) 429-449
- Kara, T. ve M.Apan, 2000. Tuzlu taban suyunun sulamada tekrar kullanımı için bir hesaplama yöntemi, OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2000, 15(3)62-67, Samsun.
- Martinez-Beltran J, Manzur CL. 2005. Overview of salinity problems in the world and FAO strategies to address the problem. Proceedings of the international salinity forum, Riverside, California, April 2005, 311-313.
- Mass, 1990. Crop salt tolerance. Agricultural Salinity Assessment and Management ASCE, New York. pp 262-304.
- Özkaldı, A., B.Boz ve V.Yazıcı, 2004. Gap'ta drenaj sorunları ve çözüm önerileri Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu- DSİ Genel Müdürlüğü, 2004, 96-106 Ankara.
- Kanber, R., C.Kırda ve Tekinel, O., 1992. Sulama Suyu Kalitesi ve Sulamada Tuzluluk Sorunları, Ç.Ü.Ziraat Fakültesi Yayın No:21 Ders Kitabı Yayın No:6, Adana.
- Kotuby, J., R.Koenig and B.Kitchen, 1997. Salinity and Plant Tolerance. Utah State University Extension. AG-SO-03.,Utah.
- Yurtseven, E., 1997. Ülkemiz nehir su kaynaklarının kalite değerlendirmesi.VI. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, 5-8 Haziran 1997, Kirazlıyayla, Bursa, s. 453-459
- U.S.Salinity Lab. Staff, 1954., Salt Problems In Irrigation Soils USDA Agr.Inf. Bull. 190.