

**SIVAS İLİ HAFİK İLÇESİNDE YETİŞTİRİLEN
SEBZELERİN SULANMASINDA KULLANILAN
SULAMA SULARININ KALİTELERİNİN
BELİRLENMESİ**

Yağmur CERİT

**Yüksek Lisans Tezi
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Aydın ADILOĞLU
2014**

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SİVAS İLİ HAFİK İLÇESİNDE YETİŞTİRİLEN SEBZELERİN
SULANMASINDA KULLANILAN SULAMA SULARININ
KALİTELERİNİN BELİRLENMESİ**

Yağmur CERİT

TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. Aydın ADİLOĞLU

TEKİRDAĞ-2014

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Aydın ADİLOĞLU danışmanlığında, Yağmur CERİT tarafından hazırlanan ‘‘Sivas İli Hafik İlçesinde Yetiştirilen Sebzelerin Sulanmasında Kullanılan Sulama Sularının Kalitelerinin Belirlenmesi’’ isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’ nda Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof. Dr. M. Turgut SAĞLAM

İmza :

Üye : Prof. Dr. Aydın ADİLOĞLU

İmza :

Üye : Prof. Dr. Tolga ERDEM

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SİVAS İLİ HAFİK İLÇESİNDE YETİŞTİRİLEN SEBZELERİN SULANMASINDA KULLANILAN SULAMA SULARININ KALİTELERİNİN BELİRLENMESİ

Yağmur CERİT

Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Aydın ADİLOĞLU

Bu araştırmanın amacı, Sivas İli Hafik ilçesinde bulunan tarımsal amaçlı sulama suyu kaynaklarının sulama suyu kalitesinin belirlenmesidir. Su örnekleri Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında olmak üzere beş dönemde 12 kaynaktan toplam 60 adet olarak alınmıştır. Alınan su örneklerinin pH değerleri 7.12 ile 9.18 arasındadır. Sulama suları pH yönünden nötr, hafif alkali, kuvvetli alkali sulama suyu sınıflarındadır. Su örneklerinin EC değerlerinin 185 - 501 $\mu\text{mhos/cm}$ arasında değiştiği görülmekte olup az tuzlu ve orta tuzlu su niteliğindedir. Örneklerin SAR değerinin 0.96 - 3.78 arasında değiştiği ve suların C_1S_1 ve C_2S_1 sınıfına girdiği görülmüştür. Su örneklerinin tamamının Çİ değerleri pozitif bulunmuştur. Sulama suyu örneklerinin Zn, B, Ni ve Co içerikleri eseri düzeyde; Fe, Cu, Pb ve Cd ağır metallerinin ise sulama suyu sınır değerlerini aşmadığı; Cr miktarının ise yalnızca 1, 2, 3 ve 6 nolu örneklerde sulama suyu sınır değerini aştığı belirlenmiştir. Sulardaki Cr fazlalığının Hafik’ te bulunan Cr yataklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Hafik, su kalitesi, ağır metal, RSC, Çİ , SAR.

2014, 88 Sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

DETERMINATION OF WATER QUALITY OF IRRIGATION WATERS USED FOR VEGETABLE IRRIGATION IN HAFIK, SIVAS

Yağmur CERİT

Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Aydın ADİLOĞLU

The aim of this research was to determine the water quality of irrigation waters used for vegetable irrigation in Hafik, Sivas. For this purpose, irrigation water samples were taken from 12 different irrigation water sources and total 60 water samples collected in May, June, July, August and September months, Hafik. According to the results, pH values of irrigation water samples were between 7.12 and these values were neutral, slightly alkaline and strong alkaline. EC values of water samples were between 185 and 501 $\mu\text{mhos/cm}$ and these values were evaluated little salty and middle salty classes. Sodium absorption ratio (SAR) of water samples were between 0.96 and 3.78 and these values in C_1S_1 and C_2S_1 classes. CI values of all water samples were found positive. Zinc, B, Ni and Co concentrations of water samples were not found and Fe, Cu, Pb and Cd concentrations were found permissible limits at present. Chromium concentration of water samples was found toxic levels for 1, 2, 3 and 6 water samples. The reason of this result may be chromium mine in Hafik.

Key words: Hafik, water quality, heavy metal, RSC, ÇI, SAR.

2014, 88 Pages

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|-------------|
| ÖZET | i |
| ABSTRACT | ii |
| İÇİNDEKİLER | iii |
| ŞEKİL DİZİNİ | v |
| ÇİZELGE DİZİNİ | vi |
| SİMGELER DİZİNİ | viii |
| TEŞEKKÜR | x |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. KAYNAK ÖZETLERİ | 5 |
| 2.1. Suyun Fiziksel Özellikleri | 5 |
| 2.2. Suyun Kimyasal Özellikleri | 6 |
| 2.3. Sulama Suyu Kalitesini Belirlemeye Yönelik Yapılmış Bazı Çalışmalar..... | 13 |
| 3. MATERYAL ve YÖNTEM | 25 |
| 3.1. Materyal..... | 25 |
| 3.1.1. Coğrafi Konum | 25 |
| 3.1.2. İklim | 26 |
| 3.1.3. İlçenin Tarımsal Varlığı..... | 27 |
| 3.1.3.1. Hububat ekimi | 27 |
| 3.1.3.2. Yem bitkisi üretimi | 28 |
| 3.1.3.3. Sebzeçilik ve meyvecilik | 28 |
| 3.1.4. Çalışma Alanının Tanıtılması..... | 30 |
| 3.2. Yöntem | 32 |
| 3.2.1. Su Örneklerinin Alınması..... | 32 |
| 3.2.2. Su Örneklerinin Analizinde Kullanılan Yöntemler | 32 |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA | 36 |
| 4.1. Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Kalite Parametrelerinin Değerlendirilmesi | 36 |
| 4.1.1. pH Değerleri | 36 |
| 4.1.2. EC Değerleri | 39 |
| 4.1.3. Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR) Değerleri..... | 43 |
| 4.1.4. Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC) Değerleri..... | 47 |
| 4.1.5. Çökeltme İndeksi (PI) Değerleri..... | 50 |
| 4.1.6. Potasyum (K) Konsantrasyonları | 52 |

| | |
|---|-----------|
| 4.1.7. Kalsiyum ve Magnezyum(Ca+Mg) Konsantrasyonları | 54 |
| 4.1.8. Karbonat (CO ₃) Konsantrasyonları | 57 |
| 4.1.9. Bikarbonat (HCO ₃) Konsantrasyonları | 60 |
| 4.1.10. Klor (Cl) Konsantrasyonları | 63 |
| 4.1.11. Sülfat (SO ₄) Konsantrasyonları | 65 |
| 4.2. Sulama Sularında Belirlenen Bazı Ağır Metallerin Değerlendirilmesi | 67 |
| 4.2.1. Demir (Fe) Konsantrasyonları | 70 |
| 4.2.2. Bakır (Cu) Konsantrasyonları | 71 |
| 4.2.3. Çinko (Zn) Konsantrasyonları | 73 |
| 4.2.4. Bor (B) Konsantrasyonları | 73 |
| 4.2.5. Nikel (Ni) Konsantrasyonları | 73 |
| 4.2.6. Kobalt (Co) Konsantrasyonları | 73 |
| 4.2.7. Kurşun (Pb) Konsantrasyonları | 74 |
| 4.2.8. Krom (Cr) Konsantrasyonları | 75 |
| 4.2.9. Kadmiyum (Cd) Konsantrasyonları | 77 |
| 5. SONUÇ ve ÖNERİLER | 79 |
| 6. KAYNAKLAR | 81 |
| ÖZGEÇMİŞ | |

ŞEKİL DİZİNİ

| | |
|--|----|
| Şekil 3.1 Sivas il haritası | 25 |
| Şekil 3.2 Hafik ilçesi köy haritası | 26 |
| Şekil 3.3 Su örneklerinin alındığı noktalar | 31 |
| Şekil 4.1 Su örneklerinin Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarındaki pH değerleri | 38 |
| Şekil 4.2 Su örneklerinin Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarındaki EC değerleri | 42 |
| Şekil 4.3 Su örneklerinin Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarındaki SAR değerleri | 46 |
| Şekil 4.4 Su örneklerinin Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarındaki RSC değerleri | 49 |
| Şekil 4.5 Su örneklerinin aylara göre K değerleri değişimi | 53 |
| Şekil 4.6 Su örneklerinin aylara göre Ca+Mg değerleri değişimi | 56 |
| Şekil 4.7 Su örneklerinin aylara göre CO ₃ değerleri değişimi | 59 |
| Şekil 4.8 Su örneklerinin aylara göre HCO ₃ değerleri değişimi | 62 |
| Şekil 4.9 Su örneklerinin aylara göre Cl değerleri değişimi | 64 |
| Şekil 4.10 Su örneklerinin aylara göre SO ₄ değerleri değişimi | 66 |
| Şekil 4.11 Su örneklerinin aylara göre Fe değerleri değişimi | 71 |
| Şekil 4.12 Su örneklerinin aylara göre Cu değerleri değişimi | 72 |
| Şekil 4.13 Su örneklerinin aylara göre Pb değerleri değişimi | 75 |
| Şekil 4.14 Su örneklerinin aylara göre Cr değerleri değişimi | 77 |
| Şekil 4.15 Su örneklerinin aylara göre Cd değerleri değişimi | 78 |

ÇİZELGE DİZİNİ

| | |
|---|----|
| Çizelge 3.1 Hafik ilçesi uzun yıllar iklim verileri | 27 |
| Çizelge 3.2 İlçede tarımsal alanların sınıfsal dağılımı (ha)..... | 27 |
| Çizelge 3.3 Hafik ilçesi hububat ekimi yapılan arazi miktarı | 27 |
| Çizelge 3.4 Hafik ilçesi yem bitkisi ekimi yapılan arazi miktarı | 28 |
| Çizelge 3.5 Hafik ilçesinde açıkta yetiştiricilik yapılan sebze ekim alanı miktarı | 29 |
| Çizelge 3.6 Hafik ilçesinde örtüaltı üretim yapılan alan miktarı | 29 |
| Çizelge 3.7 Hafik ilçesinde meyve üretimi yapılan alan dağılımı | 30 |
| Çizelge 3.8 Araştırmanın yapıldığı sulama kaynaklarına ilişkin bazı bilgiler | 31 |
| Çizelge 3.9 Su örneklerinin analizinde kullanılan yöntemler | 32 |
| Çizelge 3.10 Kıtaiçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri | 33 |
| Çizelge 3.11 Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite parametreleri | 34 |
| Çizelge 3.12 Sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları | 35 |
| Çizelge 4.1 Mayıs ayında alınan su örneklerinin bazı kalite özellikleri | 37 |
| Çizelge 4.2 Sulama suyu tuzluluk sınıfları | 39 |
| Çizelge 4.3 Haziran ayında alınan su örneklerinin bazı kalite özellikleri | 41 |
| Çizelge 4.4 Sulama suyu SAR sınıfları | 43 |
| Çizelge 4.5 Temmuz ayında alınan su örneklerinin bazı kalite özellikleri | 44 |
| Çizelge 4.6 Su örneklerinin sulama suyu sınıfları | 45 |
| Çizelge 4.7 Sulama suyu RSC değerleri | 47 |
| Çizelge 4.8 Ağustos ayında alınan su örneklerinin bazı kalite özellikleri | 48 |
| Çizelge 4.9 Eylül ayında alınan su örneklerinin bazı kalite özellikleri | 51 |
| Çizelge 4.10 Mayıs ayında alınan su örneklerinin bazı kalite özellikleri (Katyonlar-Anyonlar) | 53 |
| Çizelge 4.11 Haziran ayında alınan su örneklerinin bazı kalite özellikleri (Katyonlar-Anyonlar) | 55 |
| Çizelge 4.12 Temmuz ayında alınan su örneklerinin bazı kalite özellikleri (Katyonlar-Anyonlar) | 58 |
| Çizelge 4.13 Ağustos ayında alınan su örneklerinin bazı kalite özellikleri (Katyonlar-Anyonlar) | 61 |
| Çizelge 4.14 Eylül ayında alınan su örneklerinin bazı kalite özellikleri (Katyonlar-Anyonlar) | 63 |
| Çizelge 4.15 Sulama sularındaki bazı ağır metallerin bulunabilecekleri en yüksek konsantrasyon değerleri..... | 69 |
| Çizelge 4.16 Örnekleme aylarında alınan su örneklerinde tespit edilen Fe içerikleri | 70 |

| | |
|---|----|
| Çizelge 4.17 Örnekleme aylarında alınan su örneklerinde tespit edilen Cu içerikleri | 72 |
| Çizelge 4.18 Örnekleme aylarında alınan su örneklerinde tespit edilen Pb içerikleri | 74 |
| Çizelge 4.19 Örnekleme aylarında alınan su örneklerinde tespit edilen Cr içerikleri | 76 |
| Çizelge 4.20 Örnekleme aylarında alınan su örneklerinde tespit edilen Cd içerikleri | 78 |

SİMGELER DİZİNİ

| | |
|--------------------------------|--|
| % | :Yüzde |
| ° | :Derece |
| °C | :Santigrat derece |
| µmhos/cm | :Mikromhos bölü santimetre |
| AB | :Avrupa Birliği |
| ABD | :Amerika Birleşik Devletleri |
| Ag | :Gümüş |
| AgNO ₃ | :Gümüş nitrat |
| As | :Arsenik |
| B | :Bor |
| BaSO ₄ | :Baryum sülfat |
| BOI ₅ | :Biyokimyasal oksijen ihtiyacı |
| C ₁ | :Az tuzlu su |
| C ₂ | :Orta tuzlu su |
| C ₃ | :Fazla tuzlu su |
| C ₄ | :Çok tuzlu su |
| Ca | :Kalsiyum |
| CaCO ₃ | :Kalsiyum karbonat |
| CO ₂ | :Karbondioksit |
| CO ₃ | :Karbonat |
| Cd | :Kadmiyum |
| Cl | :Klor |
| Cr | :Krom |
| Cu | :Bakır |
| Çİ | :Çökelme indeksi |
| ÇÖ | :Çözünmüş oksijen |
| D.S.İ. | :Devlet Su İşleri |
| EC | :Elektriksel İletkenlik |
| F | :Flor |
| FAO | :Gıda ve Tarım Örgütü |
| Fe | :Demir |
| H ₂ SO ₄ | :Sülfürik asit |
| ha | :Hektar |
| HCO ₃ | :Bikarbonat |
| Hg | :Cıva |
| ICP-OES | :İndüktif eşleşmiş plazma - Optik emisyon spektroskopisi |
| km | :Kilometre |
| km ² | :Kilometre kare |

| | |
|---------------------------------|---|
| K.H.G.M. | :Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü |
| KOİ | :Kimyasal oksijen ihtiyacı |
| m ³ | :Metre küp |
| m/sn | :Metre bölü saniye |
| me/l | :Mili ekivalan bölü litre |
| mg/l | :Miligram bölü litre |
| Mg | :Magnezyum |
| mm | :Milimetre |
| mmhos/cm | :Milimhos bölü santimetre |
| Mn | :Mangan |
| Na ₂ CO ₃ | :Sodyum karbonat |
| Ni | :Nikel |
| NH ₄ | :Amonyum |
| NH ₄ -N | :Amonyum azotu |
| NO ₃ -N | :Nitrat azotu |
| OM | :Organik madde |
| Pb | :Kurşun |
| pH | :Asitlik bazlık derecesini tarif eden ölçü birimi |
| PO ₄ ⁻³ | :Fosfat |
| ppm | :Milyonda kısım |
| Pt-Co | :Platin-Kobalt |
| RSC | :Sodyum karbonat kalıntısı |
| S ₁ | :Az sodyumlu su |
| S ₂ | :Orta sodyumlu su |
| S ₃ | :Yüksek sodyumlu su |
| S ₄ | :Çok yüksek sodyumlu su |
| SAR | :Sodyum adsorbsiyon oranı |
| Se | :Selenyum |
| Sn | :Kalay |
| SO ₄ ⁻² | :Sülfat |
| TÇM | :Toplam çözünmüş katı madde |
| Ti | :Titanyum |
| TS | :Toplam sertlik |
| U | :Uranyum |
| UV | :Ultraviyole ışını |
| V | :Vanadyum |
| W | :Volfram (Tungsten) |
| Zn | :Çinko |

TEŞEKKÜR

Bu araştırma sürecinin her aşamasında değerli bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren, görüş ve desteklerini esirgemeyen, hayat boyu örnek alınması gerektiğini düşündüğüm saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Aydın ADILOĞLU' na,

Yüksek Lisans dönemim boyunca iş yerinde gösterdiği anlayışı için Hafik Gıda, Tarım ve Hayvancılık İlçe Müdürü Sinan OKUYAN' a,

Su örneklerinin alınmasında yardımlarını esirgemeyen mesai arkadaşım Su Ürünleri Mühendisi Dr. Ekrem MUTLU' ya,

Su örneklerinin analizlerini yapan Sivas İl Gıda Kontrol Laboratuvarı çalışanlarına,

Maddi manevi her konuda göstermiş oldukları destek ve anlayışları için sevgili anneme, babama, kardeşlerime ve kıymetli eşim Ziraat Yüksek Mühendisi Onur IŞIK' a teşekkürlerimi sunarım.

Eylül 2014

Yağmur Cerit
Ziraat Mühendisi

1. GİRİŞ

Su yaşamın temel öğelerinden biridir. Su, bir besin maddesi olmasının yanında, içerisinde bulundurduğu mineral ve bileşiklerle vücudumuzdaki her türlü biyokimyasal reaksiyonların gerçekleşmesinde inanılmaz derecede etkin rol oynamaktadır. Vücudumuzun pH dengesinin korunmasından başlayarak, hücrelerdeki moleküllere ve organellere dağılma ortamı oluşturmaya; besinlerin, artık maddelerin ilgili yerlere taşınmasına kadar pek çok kimyasal olayda görev alır. Bu nedenle susuz hayat düşünülemez. Su canlılık ve canlılığın her şeyidir. Su, aynı zamanda canlılar için bir yaşam ortamıdır (Baysal 1989, Himes 1991, Benjamin ve ark. 1997, Akın ve ark. 2005, Atabey 2005).

Su, insan yaşamının en önemli ihtiyaçlarından biridir. Yaşamın sağlıklı bir şekilde sürdürülmesinde oynadığı rol itibarıyla su çok önemli bir yere sahiptir. Ancak, ülkemizin su kaynakları her geçen gün kirlenmekte ve kişi başına düşen su miktarı ihtiyacı nüfus artışı ile birlikte yıldan yıla hızla artmaktadır. Türkiye’de su kalitesi gerektiği biçimde izlenememekte ve gereksinimi duyulan veri bankası oluşturulamamaktadır. Su kaynağının korunması ve yararlı kullanımı doğrultusunda değerlendirilmesi ancak bütünleşik bir yönetim mekanizması ile gerçekleştirilebilir. Ülke genelinde su kaynaklarının kirlenmeye karşı korunmasında bazı temel aksamlar yaşanmaktadır. Türkiye’de Avrupa Birliği (AB) Su Çerçeve Direktifi’ nin uygulanması konusunda en öncelikli ele aldığı konular, kurumsal yapılanmada su ile ilgili görevlerin birçok kuruluşa dağılmış olması ve bundan doğan koordinasyon eksikliği ile havzaların sınırlarının idari-siyasi sınırlarla örtüşmemesi hususlarına çözüm getirmektir (Turan ve Eren 2008).

Son yıllarda dünyadaki nüfus artışına paralel olarak endüstriyel faaliyetlerin yoğunlaşması sonucunda su, hava ve toprak kirlenmesi canlı yaşamını tehdit eden boyutlara ulaşmıştır. Ülkemizde hızlı sanayileşme ve nüfus artışı sonucu bu sorunlar daha sık gündeme gelmeye başlamıştır. Endüstriyel faaliyetlerle çevreye sızan ağır metaller çok önemli kirlilik unsuru olup, canlı ekosistemlere zarar vermektedirler. Doğal ve yapay yollarla ortama katılan ağır metaller kolayca birikip çevrede ve toprakta kompleks yapılar oluşturmaları nedeniyle tehlikeli kirleticiler olarak tanımlanmaktadır. Ağır metaller, çoğunlukla buldukları ortamda biyodegradasyona uğramadıklarından kolayca birikirler ve çok kompleks yapılar oluşturarak zehirlilik etkilerini de arttırabilirler (Anbarcı 2010).

İkame edilemeyen bir kaynak olan su, yaşayan bütün canlılar için hayati önemli doğal kaynaklardan biridir. İnsan kullanımı, ekosistem kullanımı, ekonomik kalkınma, enerji üretimi, ulusal güvenlik gibi suyun gerekli olduğu birçok sektör vardır. Ancak, özellikle son 20 yıl içinde artan insan nüfusu ve bunun sonucu olarak artan su talebi, küresel bir su krizini gündeme getirmiştir. Bunun yanı sıra, hızla artan dünya nüfusu ve su talebiyle birlikte ekonomik, politik ve çevresel konulardaki mücadeleler ve çekişmeler çok daha yaygın ve ciddi boyutlara ulaşmıştır. Su kaynakları; miktar, kalite ve tüm diğer sektörel kullanımlar açısından birçok ciddi sorunla karşı karşıyadır (Görçün ve ark. 2008).

Su kaynaklarını etkileyen faktörler çeşitlidir. Bunlar;

1) Nüfus yapısı: Nüfus artışı ve göçler yerleşim alanlarının artması, sanayileşme ve tarım ürünlerinin yapılması dolayısı ile su kaynaklarına olan talep ve etkiyi artırmaktadır. Ayrıca su kalitesinin de zamanla ve konumla kötüleşmesine sebebiyet vermektedir.

2) Ekonomi: Su güvenliği ekonomik gelişmeler için çok önemlidir. Ekonomik gelişmelerle su güvenliği de temin edilebilir. Ekonomik gelişme stratejileri arasında su kaynaklarının geliştirilme ve hizmetlerinin (alt yapı) artırılması gelir.

3) İklim değişikliği: Hidrolojik döngü iklim tarafından ayarlanmakta ve hareket ettirilmektedir. Bu sebeple iklimde olabilecek herhangi bir değişim doğrudan ve hatta dramatik bir biçimde su döngüsünün değişik elemanlarına (sıcaklık, yağış, akış vb.) tesir etmektedir. Böylece bir iklim bölgedeki hem su varlığına hem de hizmetlerine tesir etmektedir.

4) Enerji: Enerji ve su birbirinden ayrılamayacak bir biçimde bağımlıdır. Hatta enerji için su ve su için enerji söylemi bunu çok açıkça izah etmektedir. Enerji üretimi suyu gerektirir. Diğer taraftan su elde edilmesi, çekilmesi, basılması ve dağıtılması enerjiyi gerektirmektedir.

5) Teknoloji: Bazen acaba teknolojik gelişmelerin mi su taleplerini veya su talepleri ile ilgili çalışmaların mı teknolojiyi etkilediğini söylemek zor olmaktadır. Yeni teknolojiler suya olan talebi ve su sarfiyatını azaltabilir (örneğin kuraklığa dayanıklı bitkiler) veya su varlığını artırabilir (örneğin yağmur hasatı) ve bazı gelişen teknolojilerde (bitkilerin biyoyakıt olarak kullanılması) suya olan talebi artırmaktadır.

6) Sosyoloji: Hayat tarzında değişmeler insan tüketimini ve üretimini artırmaktadır. Kültür değerleri de su kaynaklarını doğrudan etkileyebilir. Gelir seviyesinin artması ile evsel su tüketimi de artmaktadır. Bu sebeple özellikle gelişmiş ülkelerde gelişmekte olanlardan su tüketimi daha fazladır.

7) Hukuk, politika ve kuruluşlar: Su yönetimi ile ilgili kanun, politika ve kuruluş kararları çoklu sosyo-ekonomik durumlar, finans ve aydınlanma seviyelerine göre yapılmaktadır. Böylece geliştirilmiş su yönetimi politik istek, yatırım riskleri, kültür kabulleri, kuruluşların etkinlikleri, yönetimde ve karar vermede şeffaflık süreçlerine bağlıdır.

8) Çevre: Fiziki çevre ve kaynakları doğal çevrenin bir elemanı olarak insan faaliyetlerindeki su davranışlarını etkiler (Şen 2009).

Gıda ve Tarım Teşkilatı tarafından yapılan çalışmalara göre, küresel ölçekte su gereksinmesi son 20 yılda iki katı artış göstermektedir. Buna karşılık, Dünya Bankası tarafından yapılan araştırmalar, 1960 - 1990 arasındaki 30 yıllık dönemde kişi başına düşen ve önemli bölümü yerüstü kaynağı olan yenilenebilir su kaynaklarının, kirlenme, iklimsel değişimler vb. gibi nedenlerle yarı yarıya azaldığını ortaya koymaktadır (Anaç ve Çolak 1996).

Su sorunuyla karşılaşan toplumların oranı giderek artmaktadır. Yağış suyu olarak yeryüzüne düşen sular hem doğal hem de yapay yollarla kirlenmektedir. Örneğin kireçtaşı nitelikli ortamlar, kalsiyum ve magnezyum bakımından zengin, sert sulara neden olmaktadır. Böyle alanlardaki yağış suları yüzey sularına ve yeraltı sularına ulaşabilmektedir. Yapay kirlenme ise tamamen insan aktiviteleri sonucu oluşmaktadır. Endüstriyel atıklar, tarımda gübre ve ilaçların kullanımı, evsel atık suların, yeraltı ve yüzeysel sularına karışması ve su kalitesini olumsuz etkilemektedir (Kaykioğlu ve Ekmekyapar 2005).

Bugün dünyada yaklaşık 300 milyon hektar alan sulanmaktadır. Sulama tarımsal üretimin artmasını, gıda üretimi ve fiyatların dengeli hale gelmesini sağlamıştır. Ancak nüfus ve gelirdeki artış, gıda üretimi gereksinimini karşılayabilmek için sulama suyu talebini arttırmıştır. Sulama alanındaki gelişmeler göz kamaştırıcı olmasına rağmen, dünyanın birçok yerinde yanlış sulama yönetimi uygulamaları, yeraltı suyu seviyelerini önemli düzeyde düşürmüş, toprakları tahrip etmiş ve su kalitesini azaltmıştır. Her yıl yanlış ve bilinçsizce sulama uygulamaları sonucunda verimli toprakların % 10' unun erozyon ve tuzlanma sonucunda kaybedildiği belirtilmektedir. Suyun vazgeçilmez bir girdi olarak ön plana çıktığı bir sektör de sanayi sektörüdür. Sanayide, bir arabanın üretiminde yaklaşık 378 ton, bir ton

çelik üretiminde 246 ton; bir ton kağıt için 350 ton, bir ton alüminyum üretimi için 1350 ton su gerekmektedir. Bir litre atık su, sekiz litre temiz su kaynağını kirletebilmektedir. Bu kirlenme nüfus artışı ile birleştiğinde 2025 yılında dünyada su kaynaklarını ciddi sorunların beklediği düşünülmektedir (Arapkirlioğlu 2003).

Genel bir değerlendirmeyle 2008 yılı sonu itibariyle ülkemizde 34 milyar m³ sulama sektöründe, 7 milyar m³ içme suyu sektöründe, 5 milyar m³ sanayide olmak üzere toplam yıllık 46 milyar m³ su tüketilmiştir. Bu rakam mevcut su potansiyeli olan 112 milyar m³/yıl'ın % 41'ine karşı gelmektedir. Türkiye'nin ekonomik kullanılabilir potansiyeli olan 112 milyar m³/yıl su miktarının tamamını 2023 yılına kadar geliştirmesi hedeflenmektedir. Mevcut durumda yaklaşık % 2 olan yıllık nüfus artışının yavaşlayacağı ve 2023 yılında Türkiye nüfusunun yaklaşık 100 milyon olacağı tahmin edilmektedir. Böylece 2023 yılında toplam içme-kullanma suyu tüketiminin 18 milyar m³'e ulaşacağı öngörülmektedir. Sanayi sektörünün % 4 yıllık artış oranı devam ederse, 2023 yılında sanayi suyu ihtiyacı toplam 22 milyar m³/yıl olacaktır. Tarımda su kullanım etkinliği göstergelerinden sulama oranı ve sulama randımanı ülkemizde çok düşüktür. Türkiye'de sulama randımanını düşüren en önemli faktör tarımda aşırı su kullanımudur (Evsahibioğlu ve ark. 2010).

Tarımsal üretimde ürün miktarının artırılması, ancak bitki gelişimini sağlayan faktörlerin artırılması ile mümkün olabilmektedir. Sulama da bitki gelişiminde ana faktörlerden birisidir. Doğal koşullarda yağışlar bitkinin su ihtiyacının ancak küçük bir kısmını karşıladığı için sulama bitki gelişiminde büyük öneme sahiptir. Sulamayla toprak-su ve bitki arasında olumlu bir dengenin sağlanması temel amaçtır. Bu nedenle sulama, bitki gelişmesi için yeterli nem koşulunu sağlayan bir işlem olarak da tanımlanır. Eğer, toprakta gereğinden fazla nem varsa sulama ile ürün miktarında bir azalma ve daha önemlisi, toprakta tuzluluk, alkalilik ve taban suyu gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır (Altan ve ark. 2003).

Bu araştırmada Sivas İli Hafik ilçesini temsilen seçilen sulama suyu kaynaklarının, kalitesinin ve ağır metal içeriklerinin tespiti amaçlanmıştır. On iki farklı noktadan alınan su örneklerinde bazı parametreler incelenmeye alınmıştır. Bu örneklerde pH, tuzluluk (EC), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), karbonat (CO₃), bikarbonat (HCO₃), klor (Cl), sodyum (Na), çinko (Zn), bakır (Cu), bor (B), demir (Fe), kobalt (Co), nikel (Ni), krom (Cr), kadmiyum (Cd), kurşun (Pb) düzeylerinin Mayıs 2013 - Eylül 2013 zaman aralığında mevcut miktarlarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bulunan değerler, sulama suyu kalitesi ve insan sağlığı açısından etkilerinin değerlendirilmesi amacı doğrultusunda yorumlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Suyun Fiziksel Özellikleri

Suyun fiziksel özellikleri renk, bulanıklık, koku, tat ve sıcaklıktır. Renk, doğal metalik iyonlar (demir ve mangan vb.) humus, turba materyalleri, algler, yabancı otlar ve sanayi atıklarından meydana gelebilir. Doğal suların rengi organik maddelerden ileri gelir, yüzey sularındaki bitkilerin çürümesinden kaynaklanır (Güler ve Çobanoğlu 1997).

Bulanıklık kil, silt, ince parçalanmış organik maddeler, yosunlar, demir bakterileri ve diğer mikroorganizmaların oluşturduğu haldir. Bulanıklık kum gibi askıda olan maddelerden ileri geliyorsa tehlikeli olmayıp çökeltme ve filtrasyonla giderilebilir. Kil gibi kolloidal maddelerin giderilmesi ise çok güçtür. Su içindeki madde, kaynağına göre kabaca inorganik veya organik olarak sınıflandırılabilir. Organik bileşikler genel olarak kokuya, renge ve tada neden olurken, bulanıklık meydana getiren maddeler çoğunlukla inorganiktir. Suların, içinde özellikle organizmalar belli bir miktardan fazla bulunursa, sulara özel koku ve tat verir. Bu tat ve kokular çok değişiktir. Sular tuzlu, acı, ekşi tatda; balıksı, küfümsü, baharatsı, otsu vb. kokuda olabilir (Güler ve Çobanoğlu 1997).

Akarsularda veya su kütleindeki sıcaklık değişimi iklim faktörlerinin, doğal kaynakların ve bazı endüstri artıklarının karışımı sonucunda olabilir. Akarsuların sıcaklığının sulama işlemleri ve tarım arazilerinden dönen drenaj suları ile arttığı saptanmıştır. Bazı hallerde 10 °C' den 20 °C' ye yükseldiği belirtilmektedir. Yüzeysel suların sıcaklıkları doğal olarak iklime göre değişir. Yeraltı sularının sıcaklığı ise, daha çok derinliğe bağlıdır (Ayyıldız 1990).

Bulanıklık, su kalitesi açısından istenmeyen bir özelliktir. İleri ölçüde sediment birikmesi durumunda kil oranı yüksek arazilerde verim azalmaktadır. Killi topraklarda sedimentli su ile sulama toprak gözeneklerini tıkayarak suyun drene olmasına engeller, yüzeyde göllenmelere sebep olur, havalanmayı olumsuz etkiler. Bu durum verimliliği düşürür. Sulama suyu sıcaklığının çok yüksek veya düşük olması halinde bitki kök bölgesi derinliğindeki toprak sıcaklığı da yüksek veya düşük olacağı için, bu durum bitki gelişmesini yavaşlatır veya tamamen durdurabilir (Güler ve Çobanoğlu 1997).

2.2. Suyun Kimyasal Özellikleri

Suyun kimyasal özelliklerini yansıtan ölçütler pH, elektriksel iletkenlik (EC), eriyebilir tuzların toplam konsantrasyonu, sodyum iyonunun nispi oranı, artık sodyum karbonat, bor, ağır metaller ve sertliktir.

Su içindeki hidrojen iyonu konsantrasyonunun 10 tabanına göre negatif logaritması pH değeri olarak tanımlanmaktadır. pH' sı 7 olan sular nötr sular olarak bilinir. Bunlarda H ve OH iyonları denge halindedir. Bu tür suların asit ve alkali reaksiyonları yoktur. H iyonu konsantrasyonunun artması ile pH değeri 7' nin altına düşer ve su asit karakter kazanır. OH iyonu konsantrasyonunun artması ile pH 7' nin üzerinde değer alır ve su bazik karakter taşır. pH değerleri 0 - 14 arasında değişir (Güler ve Çobanoğlu 1997).

Elektriksel iletkenlik, genellikle doğal sular içerisinde iyonize olmuş bileşenlerin toplam konsantrasyonlarını göstermek için kullanılır (Bower ve Wilcox 1965). Sözü edilen yöntem, oldukça doğru ve çabuk sonuç veren bir yaklaşım olarak bilinir. Suların elektriksel iletkenliği, su içinde bulunan iyonların konsantrasyonlarına, elektrik yüklerine ve hareketliliklerine bağlı olarak değişir. Diğer bir deyişle elektriksel iletkenlik, iyonların kimyasal etkinliklerinin bir ölçüsü olarak kabul edilir (Kanber ve Ünlü 2010).

Elektriksel iletkenlik, 25 °C' deki 1 cm³ suyun iletkenliğini ifade eder. Elektriksel iletkenliğin ölçüsü olarak µmhos/cm ve dS/m birimleri kullanılmaktadır (Demer 2008).

Sodyum atom ağırlığı 22.997; değerliği 1 olan bir elementtir. Dünya yüzünde en fazla özellikle, alkali metallerin büyük çoğunluğunda yapı taşı olarak bulunur. Sulama sularının hemen hepsinde en azından ölçülebilecek miktarda; deniz suyunda ise çok miktarda vardır. Sodyum tuzlarının yaklaşık tümü suda eriyebilir özelliktedir. Sodyum da diğer katyonlar gibi sulama suyu ile toprağa uygulandığında özellikle kil mineralleri ile tepkimeye girer. Sodyum hakim duruma geçtiği zaman toprakta arzu edilmeyen kötü fiziksel koşullar ortaya çıkar. Sulama sularının sodyum açısından oluşturabileceği zararları ifade etmek için uygulamada yüzde sodyum (% Na), sodyum adsorbsiyon oranı (SAR), düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı (AdjSAR), düzeltilen düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı (AdjRNa) gibi değerlendirme ölçütleri kullanılır (Kanber ve Ünlü 2010).

Kalsiyum atom ağırlığı 40.08; değerliği 2 olan ve doğada çok bulunan bir elementtir. Birçok mineral ve kayanın temel maddesidir. Tarım yönünden en önemli bileşikleri, kireç taşı,

alçı ve kalsiyum fosfattır. Kalsiyum, hemen tüm doğal su, toprak, bitki dokusu ve hayvan kemiklerinde bulunur. Kalsiyum tuzlarının eriyebilirlikleri çok değişiktir. Karbonat ve fosfat tuzları suda erimezken, asitte eriyebilir niteliktedir. Sülfat, klorit ve nitrat tuzları ise suda eriyebilirler (Kanber ve Ünlü 2010).

Magnezyumun atom ağırlığı 24.32; değeri 2' dir. Doğada çok bulunur. Mika gibi birçok püskürük kayanın temel taşıdır. Serpantin, bir magnezyum silikat; dolomit ise bir kalsiyum-magnezyum karbonattır. Mineral kaynaklar ve deniz suyu yüksek; birçok doğal sular ise düşük miktarda içerirler. Tüm magnezyum tuzları (karbonat, hidroksit, oksit, fosfat vb.) suda, asitte ise daha çok çözünürler. Topraklara kalsiyum gibi etki eder. Bitki büyümesi için temeldir. Özellikle yeşil bitkilerin klorofillerinin önemli bir parçasını oluşturur (Kanber ve Ünlü 2010).

Potasyum atom ağırlığı 39.096; değeri 1 olan, püskürük kayalarda tortul kayalardan daha fazla bulunan bir elementtir. Toprağı oluşturan bir çok kompleks silikatların temel taşı olan bir maddedir. Silikat mineralleri dışında çok sayıda potasyum tuzları, suda çözünür niteliktedir. Ancak, doğal sularda ve toprak suyundaki miktarı ender olarak birkaç ppm düzeyini geçer. Toprakta tepkimesi sodyumda olduğu gibidir. Ancak öyle zararlı etkisi yoktur. Potasyum bitki büyümesi için temel sayılan elementlerden birisidir (Kanber ve Ünlü 2010).

Klor, atom ağırlığı 35.457 olan, -1 değerlikli elementtir. Çözeltide daha çok sodyum klorür formunda, kaya tuzu olarak bulunur. En çok deniz suyu ve doğal su kaynakları anılan tuzu içerirler. Klorürlü tuzlar içerisinde en zehirli olan magnezyum klorürdür ($MgCl_2$). Klor iyonları, toprak kolloidleri tarafından tutulmadığı için toprak suyu ile birlikte profilde hareket edebilir. Çoğu klor tuzlarının eriyebilirliği fazla olduğu için toprak suyunda veya drenaj suyunda konsantrasyonu hızla yükselir. Kökler tarafından alınarak yapraklara dek gelebilir. Burada suyun transpire olması nedeniyle yaprak içinde birikir. Genellikle suda bulunan klor iyonlarından ileri gelen zehirlenmeler görülebilir (Kanber ve Ünlü 2010).

Sülfatın molekül ağırlığı 96.06; birleşme değeri -2' dir. Doğada en fazla bulunan sülfat, bir kalsiyum tuzu olan alçıdır. Sulama sularında ve topraklarda küçük konsantrasyonlarda bulunur. Sodyum ve magnezyum sülfatlar suda çözünebilir; kalsiyum sülfat ise suda çok az çözünür. Sülfat, toprakta tuzluluğun artmasından çok diğer toprak özelliklerine etki eder. Suda bulunması bitkiler için yararlıdır (Kanber ve Ünlü 2010).

Bikarbonat molekül ağırlığı 61.018; birleşme değeri -1 olan bir anyondur. Doğada su kaynaklarının dışında, yaygın şekilde bulunmaz. Kalsiyum bikarbonat, normal karbonattan daha fazla eriyebilir özelliktedir. Fakat durağan değildir; sıcaklık ve buharlaşmanın artması sonucu, karbondioksit kaybolur ve kalsiyum karbonata dönerek çöker.

Sulama sularının çoğu, bir miktar kalsiyum bikarbonat taşır. Bu nedenle toprakta kalsiyum karbonat depolanır. Anılan işlem, sulu tarımda büyük öneme sahiptir ve toprakta kalsiyum miktarının artması sonucunu doğurur. Bitki kökleri ve mikroorganizmalar tarafından çıkarılan karbondioksit, suda eridiği zaman bikarbonat konsantrasyonu artar. Ortamda karbondioksit, karbonat ve bikarbonat iyonlarının artması, suyun pH değerini yükselterek alkali özelliklerin hakim olmasını sağlar. Bunun sonucu olarak kalsiyum çöker ve sistemde sodyum başat duruma geçer. Zaten bikarbonatın bitkiye zararlı etkisi, ortamda sodyumun artmasına neden olduğu için dolaylı yoldandır (Kanber ve Ünlü 2010).

Karbonat molekül ağırlığı 60.01; birleşme değeri -2' dir. Kireç taşı, dolomit ve demir karbonat formlarında bulunur. İlk ikisi verimli topraklarda vardır ve genellikle iyileştirici olarak kullanılır. Alkali karbonatlar, mineral kaynaklarında bol; doğal sularda çok az bulunur. Sodyum ve potasyum karbonatlar suda çözünürler. Buna karşı kalsiyum ve magnezyum karbonatlar çözünmezler. Eriyebilir karbonatlar, sulama suyu ile toprağa eklenirse ve toprakta kalsiyum ve magnezyum yoksa sodyumlulaşma tehlikesi belirir. İstenmeyen özellikler meydana gelir. Kalsiyum ve magnezyum, örneğin alçı bulunuyor ise, kalsiyum karbonat oluşur ve çöker. Toprakta çok az değişme meydana getirir. Sulama suyunda sodyum karbonat gibi alkali karbonatların olması istenmez ve bitkilere zehir etkisi yapar (Kanber ve Ünlü 2010).

Nitrat molekül ağırlığı 62.008; birleşme değeri -1' dir. Sodyum nitrat olarak bulunur. Tüm nitrat tuzları suda çözünürler ve kolayca yıkanılır. Verimli topraklar nitrat içerir. Bunun, organik maddenin oksidasyonundan veya atmosferdeki elementel azotun fiksasyonundan ileri geldiği kabul edilmektedir. Yer altı suları yüzey sularına göre, daha fazla nitrat içerirler. Bu değer 1 ppm' den azdır. Anılan miktar toprağa herhangi bir etki yapmaz. Ancak sürekli sodyum nitrat gübrelemesi yapılması, toprakların yapı ve hidrolik iletkenliğini kötü biçimde etkiler. Sulama suları ile yeterli miktarda nitrat uygulanması özellikle çayır otlarında gelişmeyi artırır (Kanber ve Ünlü 2010).

Artık sodyum karbonat içeriği toprakta olabilecek bozulmayla ilgili kullanılabilecek diğer bir kalite kriteridir. Bu ölçüt suların karbonat, bikarbonat, kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonlarından hareketle hesaplanır.

Bor atom ağırlığı 10.82 olan 3 değerlikli bir iyondur. Doğada birçok formda bulunur. Özellikle boraks (tincal), kimyasal borat (colemantite) veya borik asit olarak sıcak maden suları veya gayzerlerde rastlanır. Hemen tüm sulama sularında değişik konsantrasyonlarda vardır. Asit sularda iyonize halde borik asit olarak bulunurken; pH' sı 9.2' den yüksek olan alkali sularda hem borik asit hem de tetraborat iyonu halinde bulunmaktadır. pH' nın 9.2 olduğu durumlarda yalnızca tetraborat oluşur. Sudaki metaborat (BO₂) formu daha çok pH' nın 9.2' den yüksek olduğu alkali ortamlarda meydana gelir. Borun birçok tuzu suda eriyebilir özelliktedir (Kanber ve Ünlü 2010).

Sulama sularında ağır metaller daha ziyade atık suların sulara karışması durumunda görülebilir. Ağır metallerin bitkiye toksik etkileri söz konusudur.

Suların sertliği, içerisinde çözünmüş halde bulunan kalsiyum ve magnezyumun çeşitli tuzlarından ileri gelir. İçerisinde çözünmüş halde kalsiyum ve magnezyumun çeşitli tuzlarını bulunduran suyun sertliği, bu tuzların konsantrasyonu ile doğru orantılıdır. Başka bir ifade ile içerisinde kalsiyum ve magnezyumun tuzlarının konsantrasyonu yüksek olan suyun sertlik derecesi de yüksek olur (Varol ve ark. 2005). Sularda sertlik Alman, Fransız, Rus, Amerikan ve İngiliz sertlik dereceleriyle ölçülebilir. Ülkemizde yaygın olarak kullanılan sertlik derecesi Fransız sertlik derecesidir (Aydın ve Sezen 1995). 1 litre suda, 10 mg kalsiyum karbonata eşdeğer kalsiyum ve magnezyum tuzları içeren suların sertliği 1 Fransız Derecesi (1 Fr°) olarak tanımlanır.

Suyun Kimyasal Özelliklerinin Toprak, Bitki ve Sulama Yöntemleri Bakımından Önemi

Suyun uygun sınırlarda olmayan pH' sı bitkide beslenme düzensizliklerine neden olur ve pH' nın normal değer 6.5 - 8.4 arasında olmalıdır (Hoffman ve ark. 1983). Sulama sistemleri açısından kullanılan suların pH' sının 6.0 - 6.5 dolaylarında olması istenir (Tüzel ve Anaç 1991).

İnfiltrasyon, tuzluluk artışıyla artar, sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) artışıyla da azalır (Hoffman ve ark. 1983). Topraklarda tuzluluk 4 dS/m' yi geçerse tuzlu topraklar oluşur.

Tuzlu topraklar osmotik basınç artışından dolayı bitki su alımını engellediği gibi, bitkiye toksik etkide artar. Bundan dolayı yıkama yapılması, tuza dayanıklı bitki seçilmesi, kök bölgesinde toprak neminin tarla kapasitesine yakın tutulması önem arz eder.

Suların sulamada kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde yaygın olarak USSL (Anonymous 1954) ve Ayers-Westcot (1989) sınıflandırma sistemleri kullanılmaktadır.

USSL yaklaşımında sulama suları EC ve SAR değerlerine göre sınıflara ayrılmış, kullanılabilirlikleri irdelenmiştir. Sulama suyundaki sodyum oranı yüksek ise sodyumun toprak tanecikleri tarafından adsorbe edilmesi sonunda toprağın fiziksel durumunun ciddi bir şekilde bozulması söz konusudur. Genellikle sulama sularında % Na değerlerinin toprağa ve bitkiye zararlı olmaması için 50 - 60 değerinden yüksek olması istenmez (Güngör ve ark. 2002). Ancak, toprağın yüksek katyon değiştirme kapasitesine sahip olduğu yerlerde sulama suyunun % Na değerinin 50' nin üzerindeki değerleri de emniyetli sınırlar içerisinde olabilir (Ayyıldız 1983).

Fazla miktarda sodyum adsorbe etmiş topraklar sulanınca toprak tanecikleri birbirine yapışır, geçirimsiz bir hal alır. Bazı toprak cinslerinin geçirgenliğinin, fazla sodyum yüzünden çok fazla miktarda azaldığı görülmüştür.

Kalsiyumun sulama sularında fazla olması, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkiler. Toprağı kolay işlenebilir, gevrek hale getirir. İnfiltrasyon kapasitesini yükseltir. Kalsiyum olağan bitki gelişmesi için temel maddedir. Alkali karbonat formunda sulama suyu ile fazla verilmesi, kalsiyumun uygunluğunu arttırmaz. Kalsiyum eksikliğine daha çok yağışlı alanlarda rastlanır (Kanber ve Ünlü 2010).

Yüksek konsantrasyonlardaki magnezyum tuzları bazı hallerde toksik etkide bulunurlar. Bu toksite ise nispeten yüksek konsantrasyonlardaki kalsiyum ile azaltılabilir.

Klor konsantrasyonu önceleri sulama sularının sınıflandırılmasında çok önemli bir ölçüt sayılmıştır. Suyun çok nitelikli sayılabilmesi için az oranda klor içermesi bir ön koşul olarak kabul edilmiştir. Aslında klorun çok az miktarı (iz miktarı) bitki gelişimi için gereklidir. Klor iyonun bitkilerde karbonhidrat iletimini ve stomaların açılıp kapanmasını denetlediği bilinmektedir. Yapraklarda biriken klorun konsantrasyonu bitkinin direnç sınırını geçerse zararlanma belirtileri ortaya çıkar. Klor zehirlenmesi ilk önce yaprak uçlarında görülür. Yaprak ucu kurur. Zehirlenme arttıkça kurumalar yaprak ucundan kenarlara doğru

gelişir. Ölü doku miktarının aşırı biçimde artması, yaprağın düşmesine veya tüm yaprakların dökülmesine neden olur. Bu belirtiler duyarlı bitkilerde yaprakta biriken klor konsantrasyonu kuru ağırlığın % 0.3 - 1.0 oranında iken ortaya çıkmaya başlar. Ancak bu bitkiler arasında klora karşı gösterilen duyarlılık değişir (Kanber ve Ünlü 2010). Klor iyonunun 4 me/L' den az miktarlarında toksik etkisi görülmezken 4 - 10 me/L' de toksik etki ortaya çıkar ve 10 me/L' den sonra ise sorunun şiddeti artar (James 1988).

Sülfatın sulama suyunda bulunması bitkiler için yararlı olabilmektedir. Yüksek miktarda bulunan sülfat, kalsiyumun çökmesine neden olarak toksik etki yaptığı gibi fazla sodyumda bitkilere toksik etki yapabilmektedir (Erözel 1986).

Bikarbonat iyonu tuzlu ortamlarda çok fazla miktarda bulunur. Bitkilerde sararma belirtilerinin oluşmasına neden olur. Anılan iyonun bitki besleme yönünden önemi çok küçüktür. Tarla bitkileri karbondioksiti gaz fazında doğrudan atmosferden; buna karşı suda yaşayan bitkiler gerekli karbondioksiti bikarbonat formunda sudan almaktadırlar (Kanber ve Ünlü 2010).

Sulama sularında bulunan nitrat, gübre değeri nedeniyle istenir. Bitkilere toksik etkisi yoktur. Yüksek konsantrasyondaki nitratin bitkilere etkileri ozmotiktir (Sağlam ve Adiloğlu 1997). Sulama sularında amonyum tuzlarının bulunması topraklarda dispersiyonu artırıcı, geçirgenliği düşürücü etki yapar. Fakat bu etki sürekli değildir (Varol ve ark. 2005).

Borun bitkiler için gerekli miktarı ile zehirli miktarı arasında çok dar bir sınır vardır ve bu sınır bitki türlerine göre değişmektedir. Bitki varyeteleri arasında dahi farklar görülür. Toprakta veya sulama sularında fazlaca bor bulunması halinde bazı bitkilerin zarar görmelerine karşılık bazıları etkilenmezler. Bor fazlalığında büyüme noktaları uzun zaman sıhhatli kaldıkları halde yaşlı yapraklar zarar görür. Kökler de zarar görür ve ölürlür. Farklı iklim, çeşit ve özel şartlar altında bora duyarlılıklarının da değişebileceği unutulmamalıdır. Örneğin sulama suyundaki belirli bir konsantrasyondaki borun, toprak solüsyonunun bor içeriği üzerine etkisi, toprak karakteristikleri ve amenajman tedbirleri ile değiştirilebilir (Demirtaş 2005).

Bitkiler için sulama suyu içerisindeki izin verilen bor konsantrasyonu, 0.5 - 0.75 mg/L arasında değişim göstermektedir (Bergmann 1992).

Bitki besin elementi olan borun topraktaki düşük konsantrasyonları dahi bitkilere toksik etki etmektedir. Genel bir kural olmamakla beraber kurak ve yarı kurak bölgelerde toksik etkisine daha fazla rastlanır. Ekseriye tuzlu topraklarda bor fazlalığı görülmektedir. Toprak çözeltisinde bor etkili olmaktadır. Toprakların saturasyon ekstraktında 0.7 ppm bor içeriği ve daha aşağısı hassas bitkiler için normal tolere edilebilir sınır olarak kabul edilebilir (Sezen 1988).

Sulama suyuyla veya başka bir şekilde toprağa ilave olunan borun miktarı bitkilerce ve yıkamayla topraktan kaldırılan borun miktarından daha büyükse, kök bölgesinde bor birikimi görülecektir (Ayars ve Hutmacher 1994).

Bor bir alana genellikle su ile taşındığından sulama suyunun bor içeriğine göre hem sular hem de bitkiler gruplandırılabilir. Eaton (1940)' a göre 0.3 - 1.0 ppm bor seviyesinde bora hassas bitkiler, 1.0 - 2.0 ppm bor seviyesinde bora orta hassas bitkiler, 0 - 4.0 ppm bor seviyesinde bora toleranslı bitkiler yetişir.

Potansiyel kaynakların tümünde, bor içeriği yüksek sulama suyu, toprağın bor içeriğinin artmasına neden olur. Bor konsantrasyonu, genelde tuzlu topraklarda veya tuzlu kuyu sularında yüksek miktarda bulunmaktadır (Dhankhar ve Dahiya 1980).

Yüksek düzeyde bor içeren toprakların ıslahı aşırı derecede zordur. Toprağı, bor içeriği düşük sulama suyuyla yıkamak, uygulanan bir yöntem olmasına rağmen kalıcı bir çözüm yolu değildir. Yıkamayla bor toksitesini yok etmek oldukça zordur. Bor toksitesi için kullanılan diğer ıslah yöntemleri, kireçleme ve bor toksitesine karşı dayanıklı çeşit seçimidir (Harite 2008).

Toprağın bor absorpsiyon karakteristiği, bir takım gözlemlerle açıklanmıştır. Bu gözlemler, bor içeriği yüksek sulama suyu uygulamasıyla birlikte, kaba tekstürlü topraklarda, kil içeriği yüksek topraklara oranla bitkilerde, toksisite belirtileri daha hızlı bir şekilde ortaya çıkmıştır (Keren ve Bingham 1985).

Saatçi ve ark. (1988), borun bitkilere olan zehir etkileri üzerine seçilen sulama yönteminin etkili olduğu ile ilgili yapılan çalışmada, 0.5 mg/L bor içeren sulama suyuyla yapılan yağmurlama sistemi ile sulanan turuncgil yapraklarında, bor toksitesi görülmüş ve yapraktaki bor miktarı 200 - 250 mg/kg gibi yüksek bir konsantrasyonda bulunurken, aynı su,

karık sulaması yöntemine göre verildiğinde ise turunçgil yapraklardaki bor miktarının, 50-100 mg/kg gibi normal sınırlar içerisinde bulunduğu saptanmıştır.

Bor içeriği yüksek sular ile yapılan sulama sonucu, Afyon, Aksaray, Bigadiç, Burdur, Konya-Ereğli, Eskişehir, Germencik-Ömerbeyli, Iğdır, Karasaz, Kayseri, Yüksekova ve Salihli yörelerindeki topraklarda, yüksek düzeyde bor kirliliği görülmesine neden olmuştur. (Ural 1995).

Yüksek tuz konsantrasyonlarında damla sulama sisteminde damlatıcıların kısmen veya tamamen tıkanması söz konusu olabilmektedir. Ca, Mg ve HCO₃ iyonlarının yüksek konsantrasyonları, yüksek pH ve sıcaklık kimyasal tıkanmaya neden olan faktörlerdir (Hills ve ark. 1989). Borularda oluşacak önemli bir sıcaklık artışı CaCO₃ ve MgCO₃ çökmesini kolaylaştırır (Maier 1981).

2.3. Sulama Suyu Kalitesini Belirlemeye Yönelik Yapılmış Bazı Çalışmalar

Şanlıurfa ili ve ilçelerinde belirlenen 50 adet kuyuda çinko ve selenyum düzeyleri ICP-OES ile belirlenmiştir. İncelenen kuyu suyu örneklerinin % 54' ünün (>10 µg/L) kıta içi su kaynaklarının sınıflandırılmasına göre selenyum yönünden kirli, % 44' ünün (>200 µg/L) ise çinko yönünden az kirlenmiş olduğu belirlenmiştir. Şanlıurfa' daki kuyu sularının bir kısmı selenyum ve çinko miktarının sağlık açısından zararlıdır (Temamoğulları ve Dinçoğlu 2010).

Dönderici ve ark. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, Adana Hıfzısıhha Enstitüsü Müdürlüğü Su Kimyası Laboratuvarı' nda 2009 yılı içerisinde analiz amacıyla gelen kaynak sularının fiziksel ve kimyasal kaliteleri değerlendirilmiştir. Su kalitesinin fiziksel ve kimyasal olarak değerlendirilmesinde renk, tat, koku, bulanıklık, iletkenlik, pH, Al, Fe, B, As, Mn, NH₄, O₃ ve BrO₃ parametrelerine yönelik analizler yapılmıştır. Kaynak sularının fiziksel analizleri sonucunda 61 örnekten yalnızca ikisinde bulanıklık tespit edilmiştir. pH ve iletkenlik değerleri uygun bulunmuştur. Kaynak sularında yapılan kimyasal analizlerde 61 örneğin üçünde BrO₃, 15 örneğin birinde B, 18 örneğin birinde Mn ve birinde ise As düzeylerinin yönetmelik değerini aştığı belirlenmiştir. Çalışılan örneklerde Al, NH₄, Fe ve O₃ saptanamamıştır.

Sağlık Bakanlığı tarafından yapılan çalışmalarda arsenik tespit edilen yerleşim alanlarından bazıları şunlardır: Niğde, Aksaray, Nevşehir, Kayseri, Kütahya, Van, Kars,

İzmir, Soma (Manisa), Şarkışla (Sivas), Babaeski (Kırklareli), Ayvacık (Çanakkale) ve Afyondur. Arsenik içeriği içme suları için belirlenen limitleri aşan yerlerde As içeriği düşük yeni kaynaklar bulunarak sorun giderilmeye çalışılmıştır (Üzeltürk 2009).

Kavurmacı ve ark. (2008) tarafından Aksaray ili yerüstü su kaynaklarının kalite özelliklerinin belirlenmesi amacı ile yapılan çalışmada, bu kaynakların sulama suyu kalitesi açısından genel olarak orta derecede tuzluluk ve düşük sodyumluluk (C_2S_1) kalite özelliği gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca yapılan analizler sonucunda iyon bolluk dizilimlerinin genel olarak $Ca^{++} > Na^+ > K^+ > Mg^{++} > HCO_3^- > Cl^- > SO_4^-$ şeklinde olduğu belirlenmiştir. Bu dizilimde Ca^{++} dan sonra Na^+ un, HCO_3^- tan sonra Cl^- ün öne çıkması bu suyun karışım suyu olduğunu göstermektedir. Bu özelliğe sahip bazı yerüstü kaynaklarının muhtemelen farklı kaynaklardan beslenen sular olduğu bildirilmiştir.

Şen ve Gölbaşı (2008), Doğu Anadolu Bölgesi' nin en önemli yüzey su kaynaklarından Hazar Gölü' ne dökülen başlıca akarsulardan Kürk Çayı' nın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini tespit etmek amacıyla yaptıkları çalışmada; Aralık 2004 - Kasım 2005 tarihleri arasında Kürk Çayı üzerinde kaynaktan mansaba doğru belirlenen beş istasyondan ayda bir kez olmak üzere su örnekleri alınmış ve su kalite parametrelerinden akım, su sıcaklığı, elektriksel iletkenlik, bulanıklık, pH, çözülmüş oksijen, toplam sertlik, toplam alkalinite ve klorür değerleri her bir istasyon için ayrı ayrı belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, Kürk Çayı' nın hafif alkali karakterde su özelliğinde olduğu tespit edilmiştir. Kıta içi su kaynakları için belirlenen kalite kriterleri dikkate alındığında, Kürk Çayı' nın klorür değerleri bakımından II. Sınıf (az kirli su) ve diğer parametreler açısından ise I. Sınıf (yüksek kaliteli su) su özelliğine sahip olduğu belirlenmiştir.

Delibaş ve ark. (2008) Meriç ve Ergene Nehirlerinde yaptığı bir araştırmada, her iki nehri ayrı ayrı olarak ve ikisinin karışımındaki sulama suyunun kalitesini incelemişlerdir. Araştırmacılar Meriç Nehri' nde RSC; SAR ve Sulama suyu sınıfını sırayla 0.03; 0.84 ve C_2S_1 şeklinde belirlemişlerdir. Ergene Nehri' ndeki bu değerler ise sırayla 2.26; 14.25 ve C_4S_2 şeklinde olup önemli ölçüde kirlendiğini ve sulamada kullanılamayacağını ortaya koymuşlardır. Her iki nehrin karıştığı noktadaki RSC, SAR ve sulama suyu sınıfı ise 0.10; 3.05 ve C_3S_1 şeklindedir.

Aydın Regülatörü' nün sağ sulama ana kanalı boyunca seçilen yaklaşık 5500 ha' lık bir alanda araştırma yürütülmüştür. Bu alanda mevcut 15 yer altı ve 4 yerüstü su kaynağından

Mayıs-Temmuz-Eylül aylarında olmak üzere, toplam 40 örnek alınmıştır. Bu örneklerde pH, EC, CO₃, HCO₃, NO₂, NO₃, SO₄, Cl, sertlik, Na, K, Mg, Ca ve ağır metallerin (Fe, Mn, B, Zn, Cr, Co, Ni, Cd, Pb) analizleri yapılmıştır. Mn, Zn, B, Co, Cr, Ni, Cd, Pb, organik madde, nitrat, nitrit, karbonat, bikarbonat, geçici sertlik, bütün sertlik, kalıcı sertlik, EC, K, Mg, Na, SAR, ESP parametrelerin sulama suyu için belirlenmiş sınır değerlerin oldukça üzerinde olduğu ortaya konulmuştur. Bu nedenle 7 nolu nokta hariç diğer su kaynaklarının sulama suyu olarak kullanılabilir nitelikte olmadığı belirlenmiştir (Kanber 2007).

Özdemir ve Sırıken (2006), Afyonkarahisar il merkezi ve bu ile bağlı 10 ilçeden temin edilen 330 adet kuyu sularından alınan siyanür düzeylerinin belirlenmesi amacıyla bir araştırma yapılmıştır. Analiz sonuçlarında, 259 (% 78.49) kuyu suyu örneğinde siyanür saptanamazken, 60 (% 18.18) örnekte 0.005 - 0.010 ppm ve 11 (% 3.33) örnekte ise 0.011-0.020 ppm düzeylerinde belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, Afyonkarahisar bölgesinde içme suyu amacıyla kullanılan kuyu sularında belirlenen siyanür düzeylerinin % 3.33' ü Türk Gıda Kodeksi' nde izin verilen limitin biraz üzerinde bulunmuştur.

Uzunköprü ve Meriç yöresinde çeltik sulanmasında kullanılan Ergene Nehri' nde ağır metal kirliliğinin boyutları belirlemek için bir araştırma yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre nehir suyunda Pb ve Cd kirliliğinin önemli boyutlarda olduğu ve izin verilebilir sınır değerleri çok fazla aştığı saptanmıştır. Nehir suyunda Fe, Cu, Zn ve Mn konsantrasyonu bakımından herhangi bir kirliliğe rastlanmamıştır. Nehir suyunun Ni konsantrasyonu ise izin verilebilir sınır değerlerde olmakla birlikte kirlilik için dikkatle izlenmesi gerektiği saptanmıştır. Diğer taraftan günümüzde söz konusu nehirde ağır metal kirliliğinin daha da artmış olabileceği tahmin edilmektedir (Adiloğlu ve ark. 2006).

Ayrancı (2006), Muğla - Ortaca yöresindeki seralarda kullanılan yeraltı sulama sularının kalitelerinin belirlenmesi amacıyla yapmış olduğu aşamada; Ortaca Yöresini temsil eden tesadüfi olarak belirlenmiş toplam 25 adet seradan sulama suyu örnekleri almıştır. Su örneklerinde; EC, pH, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺, CO₃⁼, HCO₃⁻, Cl⁻ ve SO₄⁼ analizleri yapmıştır. Analiz sonuçlarını esas alarak SAR, RSC ve % Na değerleri hesaplamıştır. Analiz sonuçlarını, sulama suyu kalite kriterleri çerçevesinde değerlendirmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; örneklerin % 76' sı C₂S₁, % 24' ü ise C₃S₁ sınıfına girdiğini belirtmiştir. Sera sulama suyu örneklerinin tamamının SAR ve % Na yönünden sorun taşımamakta olup, 1. Sınıf sular olduğunu, sulama sularında karşılaşılan en önemli sorunun kaynağının klorür mevcudiyeti

olduğunu belirtmiş, örneklerin 19 tanesinde ise (% 76) sülfata rastlandığını kalan 6 örneğin (% 24) ise sülfat içermediğini belirlemiştir.

Çanakkale’ de kıyı akarsularında bazı ağır metal seviyelerinin bulunması gereken seviyenin çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Burada en büyük iki faktör kentsel kökenli atıkların ve kıyı bölgelerdeki sanayi kuruluşlarının atık sularının nehre deşarjı olduğu saptanmıştır (Selvi 2006).

Yeraltı su kalitesinin belirlenmesi amacı ile Nijerya Sokoto-Rima Havzası’nda yapılan bir araştırmada pH değerinin 5.7 ile 6.1 arasında, EC değerinin 48 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile 607 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, toplam çözünmüş katı madde miktarının 38 mg/L ile 486 mg/L arasında ve SAR değerinin 0.2 ile 1.4 arasında değiştiği belirlenmiştir. SAR değerinin düşük olması ile topraklarda sodyum zararının oluşum riskinin az olacağı belirtilmiştir. Nitrat konsantrasyon değerleri bazı yeraltı sularında sınır değerlerin üzerinde çıkmıştır. Bunun sebebinin bölgede yapılan aşırı azot gübrelemesi olduğu bildirilmiştir (Graham ve ark. 2006).

Sulama sularının tekrar kullanımında mevsimsel değişimlerin etkilerini belirlemek amacı ile yapılan çalışmada, Mbuluzi Nehri’ nden Mart 2003 - Mart 2005 tarihleri arasında mevsimsel olarak alınan su örneklerinde; toplam çözülebilir katılar, sodyum ve magnezyum değerleri en düşük değerine sonbaharda ulaşmış ve istatistiksel olarak mevsimsel değişimlerden etkilenmiş, diğer üç dönemde ise istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiş ve mevsimsel değişikliklerden etkilenmemiştir. EC, SAR, potasyum ve kimyasal oksijen ihtiyacı istatistiksel olarak mevsimsel değişimlerden etkilenmemişlerdir. Sonbahardaki bu istatistiksel farklılığın, sulama döneminde yapılan gübreleme ve aşırı sulamanın sonbahar döneminde yağışların da etkisi ile topraktan daha fazla sodyumun çözülerek drenaj kanallarına karışması olarak açıklanmıştır (Mhlanga ve ark. 2006).

Lee ve ark. (2005), Kore’ de maden yatağının yakınındaki akarsularda ve yer altı sularında, 2002 - 2003 yıllarında çeşitli aralıklarla on defa örnek olarak kimyasal analizler yapmışlardır. Analizler sonucunda; yüzey sularında arsenik (As), bakır (Cu), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) konsantrasyonları oldukça yüksek bulunmuş olup, sırasıyla değerler 8.923, 616, 223, 10.590 $\mu\text{g}/\text{L}$ olarak tespit edilmiştir. Çalışma, As, Cu ve Cd konsantrasyonlarının yoğun yağmurlardan sonra azaldığını, Pb konsantrasyonunun ise tersine yükseldiğini göstermiştir. Yüzey sularında kalsiyum ve sülfat konsantrasyonları karbonat ve sülfür minerallerinin erimesiyle yüksek değerlere ulaşmıştır. Hafif yağmurlardan sonra da

bikarbonat, sodyum (Na) ve potasyum (K) miktarlarının azalmasıyla kalsiyum ve sülfat oranının arttığı gözlemlenmiştir. Yeraltı sularında ise hakim ağır metal olarak çinko tespit edilmiş olup, Zn konsantrasyonu Kore Standartları' nın çok üstünde olarak değerlendirilmiştir.

Odabaşı (2005), yaptığı bir çalışmada; Çanakkale il sınırları içindeki sanayileşmenin büyük boyutta olmamasının, endüstri kaynaklı atık su kirliliğini azaltsa da, özellikle yerleşim birimlerinden kaynaklanan evsel atıkların Çanakkale ili su varlığını ve kalitesini olumsuz yönde etkilediğini belirtmiştir.

Tok ve ark. (2005), çeltik tarımının yoğun olarak yapıldığı Trakya Bölgesi' nin Edirne ili Uzunköprü ve Meriç ilçeleri çeltik tarlalarında yaptıkları bir araştırmada, bitkilerin toprak üstü ve kök aksamlarında Fe ve Mn toksitesinin olduğunu saptamışlardır. Kurşun, çinko ve nikel' in ise köklerde toksik düzeylerde olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar söz konusu bu kirliliğin Ergene Nehri' nden kaynaklandığını ortaya koymuşlardır. Nehirdeki ağır metal kirliliğinin çeltik bitkisine doğrudan yansıdığını, ağır metal kirliliğinin daneye kadar ulaştığını belirlemişlerdir.

Çetin (2005)' in yapmış olduğu bir çalışmada Manisa Alaşehir yöresindeki yeraltı kuyu suları ile sulanan ova topraklarında Nisan ve Kasım ayları arasında bazı parametrelerin mevsimsel değişimi belirlenmiştir. Değerlendirme sonucunda yeraltı kuyuları ile Avşar Barajı' nın sulama sularının tuz konsantrasyonları 395 $\mu\text{mhos/cm}$ ile 1852 $\mu\text{mhos/cm}$ arasında bulunmuştur.

Debideki değişimin Yeşilirmak Nehri su kalitesine etkisini belirlemek amacı ile yapılan bir diğer çalışmada; debinin en yüksek olduğu Mart, Nisan ve Mayıs ayları ile debinin en düşük olduğu Haziran ve Şubat aylarında örneklemeler yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; su kalitesi parametrelerinin çoğunluğunun debinin düşük olduğu dönemlerde yüksek, debinin yüksek olduğu dönemlerde düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Debi ile EC, Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , HCO_3^- , Cl^- , $\text{SO}_4^{=}$, SAR, su sertliği ve toplam tuzluluk arasında ters yönde bir ilişki bulunmuştur. Buna karşın debi ile su sıcaklığı, pH, $\text{CO}_3^{=}$ ve B arasında bir ilişki bulunamamıştır (Kuruç ve ark. 2005).

Sönmez (2004), Demre yöresindeki seralarda kullanılan toprak ve sulama sularının tuz içeriklerinin yetiştirme dönemindeki değişimini belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada, araştırma alanından seçilen 28 seradan; üç dönemde, 2 derinlikte toplam 168

toprak ve 84 sulama suyu örneklerinde EC analizleri yapmışlardır. Elde edilen bulgulara göre, Demre yöresi sera toprakları 0 - 20 cm ve 20 - 40 cm derinliklerde genellikle orta ve fazla tuzlu, sera sulama suyu örneklerinin ise genellikle orta tuzlu (C₂) ve fazla tuzlu (C₃) sınıflarına girdiğini belirtmişlerdir. Toprak örneklerinin tuz içeriklerinde dönemsel farklılıklar olmakla birlikte sera topraklarının tuz bakımından sorunlu görüldüğünü, ayrıca sera sulama sularının da büyük bir çoğunluğunun tuzluluk bakımından sorun teşkil edecek nitelikte olduğunu belirlemişlerdir.

Gala Gölü ve çevresinde ağır metal derişiminin dinamiğini araştıran Bayrak (2004), gölde önemli ölçüde ağır metal kirliliği saptamıştır. Araştırmacıya göre göl suyu Pb, Cd, Cu ve Co bakımından önemli ölçüde kirlenmiş ve III. ve IV. sınıf bir sulama suyu özelliği taşımaktadır.

Öztürk (2004)' e göre tuzluluk ve sodyumluluğun topraktaki fiziksel etkisi permeabilite yönünden olmaktadır. Toprak yapısı, geniş ölçüde toprakta bulunan değişebilir katyonların niteliğine bağlı olarak farklılık gösterir. Genel olarak iki değerlikli katyonlar (Ca ve Mg) iyi toprak yapısının oluşumunu teşvik ederken, bir değerli katyonlar K ve özellikle Na, toprak yapısını bozar ve hidrolik geçirgenliğin azalmasına neden olur.

Yıldırım (2004)' e göre salma sulama yöntemi drenaj, tuzluluk ve sodyumluluk sorunun en çok ortaya çıktığı yöntemdir. Tava ve uzun tava, karık ve yağmurlama sulama yöntemlerinde alt toprak katmanlarına doğru tuz birikimi gittikçe yoğunlaşır. Damla sulamada ise tuz birikimi ıslak çeperde meydana gelir ve bu birikim özellikle, toprak yüzeyine yakın kesimde yoğunlaşır. Islak hacim içerisinde ise tuzdan arınmış bir bölge oluşur.

Okonkwo ve Mothiba (2004), Dzindi Nehri' nin rastgele seçilen yerlerinden yüzey suyu örnekleri toplayarak, bu örneklerde Cd, Cu, Pb ve Zn analizleri yapmışlardır. Sırayla Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonları; 1.6 - 9.3, 2.0 - 3.0, 10.5 - 20.1 ve 2.1 - 2.5 µg/L bulunmuştur. Tüm metallerin konsantrasyonları ölçülerek sıralandığında; Cd ve Pb değerleri hariç diğer değerlerin içme suları için uluslararası sınırlar ve kabul edilebilir değerler arasında olduğu bulunmuştur.

Olias ve ark. (2004), Odiel Nehri' ndeki su kalitesindeki mevsimlik değişimleri incelemiştir. Tarih öncesi zamanlarda bu nehrin madencilik faaliyetleriyle çok kirlendiği tahmin edilmektedir. Ekim 1980 - Ekim 2002 arasında Odiel Nehri' nin giriş ve çıkış ağzından toplanan su örneklerinde yapılan analizler sonucunda, suda en çok bulunan metaller,

fazlalığına göre Zn, Fe, Mn ve Cu olarak bulunmuş. As, Cd ve Pb ise daha az miktarlarda bulunmuştur. Nehrin su kalitesinin yağış miktarıyla ilişkili olduğu ifade edilmiştir. Sulardaki en yüksek SO₄, Fe, Zn, Mn, Cd ve Pb konsantrasyonlarının sonbahar yağışları sırasında olduğu bulunmuştur. Kış aylarında şiddetli yağışlar akış miktarını artırdığından kirletici miktarı seyrelmiş ve pH' da çok az artış meydana gelmiştir. İlkbahar ve yazın ise sülfat ve metal konsantrasyonları (Fe hariç) bir azalma göstermiş fakat daha sonra tekrar artışa geçmiştir.

Özmen ve ark. (2004), Hazar Gölü' nün yüzey suyunda ve sedimentlerinde 8 örnek yeri tespit ederek, ağır metal konsantrasyonu ve radyoaktivite ölçümleri yapmışlardır. Elde edilen sonuçlar; sudaki ağır metal ve makro elementlerin konsantrasyonlarının, Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Avrupa Topluluğu (EC) ve Çevre Koruma Ajansı (EPA) değerlerini aşmadığını göstermiştir. Genellikle ağır metallerin ve makro elementlerin sedimentlerdeki konsantrasyonlarının Fe > Mg > Ca > Mn > Zn > Ni > Cr > Cu > Co > Pb şeklinde sıralandığı görülmüştür. Bu çalışmanın sonuçları Hazar Göl'ünde ciddi kirlilik bulunmadığını göstermiştir.

Alonso ve ark. (2004) yaptıkları bir çalışmada; Guadimar Nehri Havzası' nda 11 noktadan aldıkları örneklerde Zn, Cd, Pb ve Cu içeriklerini araştırmıştır. Çalışmada; 10 havzanın kuzey bölgesindeki kirleticilerin madencilik kökenli, güney bölgesindeki kirleticilerin ise şehir, endüstri ve tarımsal kökenli olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu ağır metallerin konsantrasyonları Zn > Cu > Pb > Cd şeklinde sıralanmıştır. Bu çalışma Zn ve Cd' un değişebilir formda olup hidrojen (H⁺) ile değiştirilebileceğini göstermiştir. Pb ve Cu' nun ise değişebilirliği daha az olup hareketsiz durumdadırlar. Çalışmada değişebilir formlar, madencilik kirliliğinin söz konusu olduğu kuzey bölgelerde, hareketsiz formlar ise şehir, endüstri ve tarım kirliliğinin olduğu güney bölgelerde bulunmuştur.

Meriç Nehri' nde yapılan bir araştırmaya göre, nehirde önemli miktarlarda ağır metaller saptanmıştır. Nehrin Kapıkule istasyonundan alınan su örneklerinde Pb ve Cu' ın konsantrasyonları izin verilebilir sınır değerlerin çok üzerindedir. Meriç Nehri' nin su kalitesi sınıfı Pb ve Cu bakımından 4. Sınıf olarak saptanmıştır. Ergene Nehri Uzunköprü istasyonunda yapılan ağır metal kirliliği incelenmesinde ise, suyun Pb ve Cu konsantrasyonu bakımından 4. Sınıf bir sulama suyu olduğu, Cd konsantrasyonu bakımından ise 3. Sınıf bir sulama suyu olduğu belirlenmiştir. Ergene nehrindeki bu kadar yüksek kirliliğin sebebi olarak

Çorlu ve Çerkezköy bölgesinde yoğunlaşan evsel ve endüstriyel atık suların hiçbir ön arıtmaya tabi tutulmadan Ergene Nehri' ne boşaltılması gösterilmiştir (Anonim 2003).

Zeng ve ark (2003), sulama suyu tuzluluk değerinin 3.3 µmhos/cm ve 6.0 µmhos/cm olması durumunda çeltik veriminde sırasıyla % 36 ve % 49 oranında düşüş olduğu sonucunu elde etmişlerdir. Araştırmacılara göre, belirli oranlarda tuz içeren suların çeltik sulanmasında kullanılması zorunluluğu olduğunda bitkinin tuza hassas ve toleranslı dönemlerinin bilinmesi, tuzluluğun olumsuz etkisinin azaltılabilmesi için önemlidir.

Genel olarak çeltik bitkisinin çimlenme ve olgunlaşma başlangıcı dönemlerinde tuza karşı daha hassas olduğunu belirtmişlerdir. Sulama suyu kalitesi açısından dikkate alınması gereken diğer bir etken de sulama suyu sıcaklığıdır. Optimum sulama suyu sıcaklığı ise 22 - 30 °C arasındadır. Sıcaklığın 15 °C' nin altına düşmesi verimde düşmelere neden olmaktadır (Tülücü 2003).

Çin' de yapılan bir araştırmada ağır metal endüstrisi tarafından kirletilen sularla sulanan çeltik bitkisinde ve sulama sularında Cd, Cr ve Zn birikiminin toksite düzeylerinin üstünde olduğu ve söz konusu bu ağır metallerin insan sağlığı için tehdit oluşturduğu saptanmıştır (Wang ve Stuanes 2003).

Meriç Nehri' nde yapılan bir araştırmaya göre (DSİ 2003), nehirde önemli miktarlarda ağır metaller saptanmıştır. Nehrin Kapıkule istasyonundan alınan su örneklerinde Pb ve Cu' ın konsantrasyonları izin verilebilir sınır değerlerin çok üzerindedir. Meriç Nehri' nin su kalitesi sınıfı Pb ve Cu bakımından 4. Sınıf olarak saptanmıştır.

Ergene Nehri Uzunköprü istasyonunda yapılan ağır metal kirliliği araştırmalarında suyun Pb ve Cu konsantrasyonu bakımından 4. Sınıf bir sulama suyu olduğu, Cd konsantrasyonu bakımından ise 3. Sınıf bir sulama suyu olduğu belirlenmiştir. Ergene Nehrindeki bu denli yüksek kirliliğin sebebi olarak Çorlu ve Çerkezköy bölgesinde yoğunlaşan evsel ve endüstriyel atık suların hiçbir ön arıtmaya tabi tutulmadan Ergene Nehri' ne boşaltılması gösterilmiştir (DSİ 2003).

Cheng (2003), Çin' de bulunan Yangtze Nehir Havzası' nda yaptığı çalışmada; sudaki Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonları sırasıyla; 0.080; 7.91; 15.7 ve 18.7 µg/L olarak tespit etmiştir. Aynı çalışmada topraktaki Cd, Cu, Pb ve Zn içerikleri 0.097, 22.6, 26.0 ve 74.2 mg/kg olarak bulunmuştur. Mevcut ağır metal kirliliği endüstriyel emisyonlardan, atık

sulardan ve yoğun atıklardan kaynaklandığı ve bu kirleticilerin içme sularına ve yiyeceklere bulaştığı bu nedenle insan sağlığını tehdit ettiği tespit edilmiştir.

Kaya ve Öztürk (2003), tarafından Elazığ il sınırları içerisindeki sulama sularının incelenmesi üzerinde yapılan bir çalışmada; Elazığ sınırları içerisinde bulunan Tadım, Uluova, Eyüp Bağları tahliye çıkışı, Palu-Kovancılar, Karakoçan ve Kuzova-Cip sulama sahalarındaki tarım arazilerinde sulamada kullanılan su kaynakları ve bunların kalitesi araştırılmış ve bu yerlerdeki sulama sularının genellikle düşük alkali özellikte, sıcaklıklarının mevsime uygun ve her türlü bitki ve toprak çeşidine uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Kayar ve Çelik (2003), Ege Bölgesi' nin ikinci büyük akarsuyu olan Gediz Nehri' nin Manisa Bölümü' nde bazı ağır metal iyon konsantrasyonu ile pH, çözünmüş oksijen, sıcaklık, renk ve iletkenlik gibi su kalite parametrelerini ölçmüşlerdir. Ölçümler, Kasım 1998 ile Ekim 1999 arasında, seçilen beş ayrı istasyondan aylık alınan su örneklerinde yapılmıştır. Buna göre seçilen istasyonlarda ölçülen en yüksek metal iyonu derişimleri Karaçay' da 1.0 mg/L Pb, Muradiye Köprüsü' nde 0.09 mg/L Cr, 2.70 mg/L Al; İstanbul Köprüsü' nde 0.04 mg/L Cd, 0.39 mg/L Cu, Nif Çayı' nda 0.90 mg/L Ni; tüm istasyonlarda ortalama olarak 1.0 mg/L Fe ve 3.15 mg/L Zn olarak bulunmuştur. Ayrıca Karaçay' da iletkenlik % 0.24, pH 8.35, renk yoğunluğu 570 Pt-Co birimi olarak en yüksek, çözünebilir oksijen ise 3.5 mg/L olmak üzere en düşük bulunmuştur. Elde edilen veriler, su kalitesi indeksleriyle karşılaştırıldığında nehir suyunun üçüncü sınıf bir sulama suyu kalitesinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Gediz Nehri kirliliğini önlemek için gerekli tedbirler önerilmiştir.

Zengin ve ark. (2002), Konya kapalı havzasının sulama sularının özelliklerini belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada; yerüstü sularından May Barajı suyunun yüksek pH değerinden (8.70) dolayı sakıncalı olduğunu belirtmişlerdir. Araştırma alanındaki tüm yerüstü sularının EC (tuzluluk), B (bor) ve SAR (sodyum adsorbsiyon oranı) yönünden sulamada uygun olduğunu belirtmişlerdir. Sazlıpınar suyunun analiz sonuçlarının diğer yeraltı sulama sularına göre genellikle daha yüksek çıktığını belirtmişlerdir. Yerüstü sularının pH ve B değerleri yeraltı sularınınkinden daha yüksek, EC, toplam katyonlar, toplam anyonlar, SAR ve kalite sınıfının ise daha düşük seviyede olduğunu ifade etmişlerdir.

Karakaplan ve ark. (2002), Çumra Ovası sulamasında kullanılan Beyşehir Gölü, Suğla Gölü, Apa Barajı ve May Barajı sularının kalitelerini belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada; Beyşehir Gölü' nden Çumra Ovasına akan, yaklaşık 150 km uzunluğundaki

Çarşamba Kanalı, güzergahı boyunca Suğla Gölü, Apa Barajı ve May Barajı ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Dört farklı zamanda, beşer noktadan almış oldukları su örneklerinde pH, EC, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺, CO₃⁼, HCO₃⁻, Cl⁻, SO₄⁼ ve B analizlerini yapmışlardır ve SAR, değerleri ile kalite sınıflarını belirleyerek gerekli değerlendirmelerde bulunmuşlardır. Araştırma sonuçlarına göre, tüm su örneklerinin orta alkalın, II. Sınıf tuzluluk ve I. Sınıf sodyumluk (C₂S₁), I ve II. sınıf bor içeriklerine sahip oldukları ve Beyşehir Gölü'nden güzergah boyunca May Barajı'na doğru gittikçe nitrat ve ağır metallerin arttığını, bor kapsamının ise azaldığını saptamışlardır.

Elhatip (2002) tarafından Aksaray bölgesi yüzey sularının kalite sınıfının belirlenmesi amacı ile yapılan çalışmada; Melendiz Çayı, iletkenlik ve nitrat içeriğine göre II. sınıf, tuzluluk ve klorür parametrelerine göre I. Sınıf; Karasu Çayı, nitrat içeriğine göre III. Sınıf, EC değerine göre II. Sınıf; tuzluluk ve klorür parametrelerine göre I. Sınıf; Mamasun Barajı, nitrat ve EC değerine göre II. Sınıf, diğer parametrelere göre I. Sınıf; Aratol mevkiindeki Karasu Deresi' nin su kalitesi; EC değerine göre III. Sınıf, nitrat parametresine göre II. Sınıf ve tuzluluk ile klorür parametrelerine göre II. Sınıf olduğu belirlenmiştir.

Güneş ve ark (2001) Ergene Nehri'ni oluşturan kollardan biri olan Çorlu Deresi üzerinde seçilen 8 örnekleme noktasından alınan su örneklerinin Pb, Fe, Cu ve Zn analizleri yapmışlardır. Araştırmacılar söz konusu bu elementlere ilişkin değerleri sırayla; 0.096 - 0.352; 0.896 - 3.68; 0.244 - 1.63 ve 0.169 - 0.349 ppm arasında belirlemişlerdir. Araştırmacılar Çorlu Deresi suyunda önemli ölçüde Pb ve Fe kirliliğinin olduğunu ortaya çıkarmışlardır.

Çarşamba ve Bafra yöresi seralarında kullanılan sulama suyunun ortalama Cd ve Pb içeriklerinin Bafra yöresi seralarında Çarşamba'ya göre yüksek olduğu; Pb içeriklerinin her iki yöre seralarındaki değerler bakımından, sulama sularında izin verilebilir sınır değer olan 5 mg/l değerinin çok altında olduğu tespit edilmiştir. Bafra'daki ortalama 0.07 mg/l olan Cd içeriğinin izin verilebilir sınır değeri (0.01 mg/l) üzerinde olduğu Çarşamba seralarının sulama suyu Cd içeriğinin ise sınır değere yaklaştığı belirlenmiştir (Özyazıcı ve ark. 2001).

Cekova ve Efremkov (2001), Vardar Nehri ve kollarında belirledikleri 16 noktadan alınan su örneklerinde yaptıkları Mn, Zn, Pb ve Cd analizlerinde, akış yönündeki son noktada Mn dışındaki diğer parametreler için su kalitesinin II. Sınıf olduğunu, Zn, Pb ve Cd için ise IV. Sınıf olduğunu belirlemişlerdir.

Katkat ve Özgüven (2000), Biga yöresinde sanayi domatesi yetiştirilen toprakların ve sulamada kullanılan yeraltı sularının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada; Biga yöresinde sanayi domatesi yetiştirilen alanlardan toplam 18 adet toprak ve 11 adet su örneği alınmıştır. Bu çalışma ile Biga yöresi topraklarının tuzluluk yönünden herhangi bir problemi bulunmadığı, organik madde ve kireç yönünden yetersiz olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık azotlu gübrelemenin fazla miktarda yapılmasına bağlı olarak toprakların azot kapsamları ve özellikle bazı alanlarda nitrat azotu miktarları yüksek bulunmuştur. Toprakların yararlı fosfor, değişebilir potasyum, kalsiyum ve magnezyum yönünden herhangi bir problem yoktur. Yapılan analiz sonucu pH' ları 8.0 civarındaki sulama sularının biri kullanılamaz, biri sakıncalı, biri kullanılabilirlik sınırında olup öteki sulama sularının kullanılabilir ve iyi sınıfına girmekte oldukları tespit edilmiştir.

Bakaç ve Kumru (2000) Menemen Ovası' nda yaptıkları bir çalışmada, ovadaki sulama suyu kaynaklarının Cu, Cr, Cd ve Pb içeriklerini sırayla 4 - 30, 2 - 17, 3 - 5 ve 10 - 50 ppb arasında saptamışlardır. Bu değerler (SKKY 1988)' e göre değerlendirildiğinde sulama suları Cr için I. Sınıf; Cu ve Cd için II. Sınıf ve Pb için III. Sınıf bir sulama suyu sınıfına girmektedirler. Araştırmacılar Menemen Ovası' nda özellikle Pb kirliliğinin sulama uygulamalarında dikkate alınması gerektiğinin ortaya koymuşlardır.

Gediz Nehri' nden alınan su ve sediment örneklerinde bazı ağır metal (Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Co, Cr, Ni, Pb) konsantrasyonları incelenmiştir. Sonuçta ağır metal konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimler gösterdiğini belirlemiştir. Nehir suyunun Pb ve Cr bakımından kirli olduğunu, ağır metallerin çökmesinden dolayı sediment örneklerinde de yüksek ağır metal konsantrasyonlarının bulunduğu saptanmıştır. Gediz Nehri ile sulanan tarım alanlarında ürün verimindeki düşüşün en önemli nedenlerinden biri olarak nehir kirliliği gösterilmiştir (Uzunoğlu 1999).

Aydınalp (1997) tarafından yapılan bir araştırmada, Nilüfer Çayı' nın akış istikameti boyunca altı noktadan alınan su örneklerinde, pH değerinin 7.04' ten 6.62' ye düştüğü ve içerisindeki Ag, As, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mg, Ni, Pb, U ve Zn konsantrasyonlarında akış istikameti boyunca bir artış meydana geldiği tespit edilmiştir. Ayvalı Deresi' nden alınan bir adet su örneğinde ise pH' nın 7.16 olduğu ve içerisinde Ca, Cd, Cr, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, U ve Zn olduğu belirlenmiş fakat Nilüfer Çayı' nda mevcut olan Ag, As, Cu ve Hg' ye rastlanmamıştır. Elde edilen bulgular yöredeki bu su kaynaklarının ciddi bir şekilde kentsel ve sanayi kökenli atıklarla kirlendiğini göstermektedir. Ayrıca bu su kaynaklarının tarımsal

faaliyetlerde kullanılmasından dolayı çevre için tehlike arz eden bu elementlerin besin zincirine de girmesiyle uzun vadede sağlık problemlerinin ortaya çıkmasına neden olabilecektir.

Trakya Bölgesi' ndeki Ergene Nehri ve bu nehrin kollarında bazı kirlilik parametrelerinin araştırıldığı bir çalışmada, Çerkezköy-Çorlu-Muratlı-Babaeski hattında bulunan sanayi kuruluşları ve yerleşim yerlerinin etkisi ile evsel ve endüstriyel olarak Ergene Nehri gün geçtikçe daha da kirlenmektedir. Ergene Nehri' nde beş sabit noktadan 1993 ve 1994 yılları boyunca aylık olarak alınan su örneklerinde yapılan laboratuvar analizlerine göre, mamba ile mansab arasında büyük kirlilik farklılıkları saptanmıştır. Na miktarı, mambada ortalama 0.5 - 2 me/L, EC 150 - 800 µmhos/cm ve sulama suyu sınıfı C₂S₁ iken yaklaşık 50 km sonra Na miktarı 25 - 30 kat bir artışla ortalama 30 - 40 me/L, EC ise 8 - 10 kat artış göstererek 4000 - 6000 µmhos/cm' ye ulaşmıştır. Sulama suyu tuzluluk sınıfı oldukça yükselerek C₄S₄ gibi sulamada kullanılmayacak bir değere ulaşmıştır (Tok ve ark. 1995).

Özcimder ve Asan (1998)' in yaptığı Samsun Yöresi Çarşamba-Bafra yüzey sularında kirlilik düzeylerinin belirlenmesi araştırmasında, organik madde, çözünmüş oksijen, iletkenlik, fosfat ve amonyum derişimleri açısından akarsuların kirlenmekte olduğunu vurgulamaktadır.

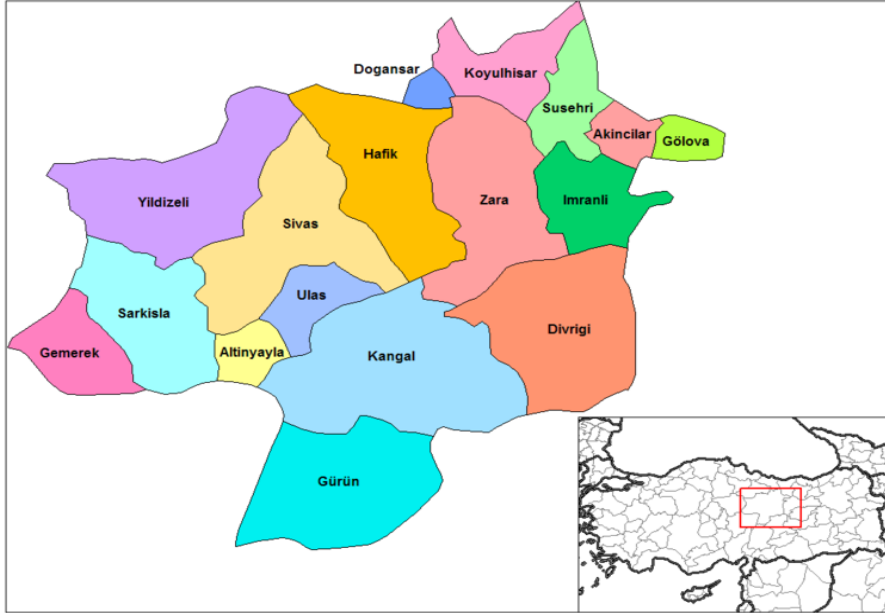
Gündüz ve Çukur (1984)' a göre Hazar Gölü' nde yapılan ağır metal kirlenmesi çalışmasında; en önemli kirletici kaynak süperfosfat artıklarını taşıyan ve başka sularla birleşip büyüyerek göle karışan su akıntılarıdır. Çalışmada süperfosfat artıklarında Fe, Pb, Zn, Co, Ni, ve Mn miktarları izin verilebilir değerlerin üstünde bulunmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Coğrafi Konum

Sivas ili, İç Anadolu Bölgesi' nin Yukarı Kızılırmak Bölümü' nde bulunmaktadır. İl topraklarının büyük bölümü Yukarı Kızılırmak, bir bölümü de Yeşilirmak ve Fırat havzalarında yer alır. 28.488 km²' lik yüzölçümüyle, Türkiye' nin toprak bakımından ikinci büyük ildir. Sivas' ın deniz seviyesinden yüksekliği farklılık göstermekle birlikte ortalama 1285 metredir. İdari olarak, biri merkez ilçe olmak üzere 16 ilçeden oluşmaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Sivas il haritası

Yüzölçümü 2.382 km² olan Hafik ilçesi Sivas-Erzincan karayolunun 36. km' sinde yer almaktadır. İlçe 1300 rakımlı olup, yüksek yerlerinde rakımı 1370' e kadar çıkabilmektedir. İlçe batısında Sivas il merkezi, doğusunda Zara, kuzeyinde Tokat, kuzeydoğusunda Doğanşar, güneyinde Ulaş' a komşudur. İlçe karasal iklim özelliğindedir. Toprakları içerisinde önemli düzlükler yer almaktadır. İlçede bol miktarda göl ve ırmak bulunmaktadır. İlçenin gölleri Hafik Gölü, Lota Gölü, Çekme Gölü, Ayı Gölü, Kemis Gölü ve Törük gölleridir. Bu göllerin

Çizelge 3.1 Hafik ilçesi uzun yıllar iklim verileri (Anonim 2007)

| Merkez ilçe | Rakım (m) | Ortalama sıcaklık (C°) | Max. sıcaklık (C°) | Min. sıcaklık (C°) | Ortalama yağış (mm) | Bağıl nem (%) |
|-------------|-----------|------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------|
| Merkez | 1300 | 9.3 | 34.4 | -21.1 | 369 | 65 |

Hafik ilçesi, sınırları içerisinde farklı mikroklima iklimleri barındırmaktadır. İklim olarak Hafik' i kuzey bölgesi aynı zamanda bir vadi olan Tozanlı bölgesi, orta kesim ve güney kesim olmak üzere üç bölümde incelemek mümkündür.

3.1.3. İlçenin Tarımsal Varlığı

Çizelge 3.2' den de görüleceği gibi ilçe topraklarının büyük bir bölümü tarım dışı arazilerden oluşmaktadır.

Çizelge 3.2 İlçede tarımsal alanların sınıfsal dağılımı (ha) (Köy Hizmetleri İl Müdürlüğü, 2005)

| I. Sınıf | II. Sınıf | III. Sınıf | IV. Sınıf | V. Sınıf | VI. Sınıf | VII. Sınıf | VIII. Sınıf |
|----------|-----------|------------|-----------|----------|-----------|------------|-------------|
| 12.279 | 11.604 | 17.333 | 14.212 | 459 | 26.988 | 157.485 | 15.381 |

3.1.3.1. Hububat ekimi

Hafik ilçesinde hububat ekim alanları Çizelge 3.3' de görülmektedir.

Çizelge 3.3 Hafik ilçesi hububat ekimi yapılan arazi miktarı (Köy Hizmetleri İl Müdürlüğü, 2006a)

| Ürün | İşletme Sayısı (adet) | Arazi Sayısı (adet) | Arazi Miktarı (da) | Toplam Ekili Alana Oranı (%) |
|------------|-----------------------|---------------------|--------------------|------------------------------|
| Buğday | 1.885 | 32.450 | 187.769,67 | 81.28 |
| Arpa-Yulaf | 105 | 493 | 3.021,072 | 1.31 |

3.1.3.2. Yem bitkisi üretimi

İlçenin tarım topraklarında yem bitkisi ve silajlık mısır ekim alanları aşağıdaki Çizelge 3.4' de verilmiştir.

Çizelge 3.4 Hafik ilçesi yem bitkisi ekimi yapılan arazi miktarı (Köy Hizmetleri İl Müdürlüğü, 2006b)

| Ürün | Arazi sayısı (adet) | Arazi miktarı (da) | Toplam Ekili Alana Oranı (%) |
|----------------|------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| Yem bitkisi | 4558 | 27.727,585 | 12.00 |
| Silajlık mısır | 45 | 407.550 | 0.18 |

3.1.3.3. Sebzeçilik ve meyvecilik

Hafik Kaymakamlığı Sosyal Yardımlaşma ve Dayanışma Vakfı ile Hafik İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü'nün birlikte uygulanan SRAP (Sosyal Riski Azaltma Projeleri) projesi ile birlikte örtü altı üretim 17.500 m²' ye ulaşmıştır (Anonim 2012).

Bölgede eskiden beri süre gelen ceviz yetiştiriciliği vardır. Uzun yıllar düzensiz bir şekilde devam eden ceviz yetiştiriciliği, son yıllarda kapama ceviz bahçelerinin kurulmaya başlanmasıyla gelecekte daha ekonomik üretimden söz edilebilecektir.

Hafik ilçesinin iklim özelliği ve sebzelerin vegetasyon süresinin kısıllığı dolayısıyla açıkta yetiştiricilikte istenilen sonuçlar alınamamaktadır. Yöre ikliminin özelliklerinden dolayı bölgede ekonomik anlamda yetiştiricilik mümkün olmamaktadır. Bu nedenlerden dolayı örtüaltı yetiştiricilik yaygınlık kazanmaya başlamıştır.

Örtüaltı yetiştiriciliği bitkilerin mevsimi dışında yetişebilmesi, erkencilik sağlaması, yetiştiriciliğin mümkün olmadığı aylarda iklimin olumsuz yönlerini düzenleyebilmesi (Sevgican ve ark. 2000) gibi kolaylıklar sağladığından daha az risk içermesi ve çevresel faktörlerden daha az etkilenmesinden dolayı Hafik ilçesi için sebze üretiminde ideal bir yetiştiricilik şeklidir.

Hafik ilçesinde domates (*Lycopersicon esculentum* L.) yetiştiriciliğinde yapılan bir çalışmaya göre, açıkta yetiştiricilik ile örtüaltı yetiştiriciliği arasındaki farklar belirlenmeye çalışılmıştır. Denemenin yapıldığı yıl meydana gelen dolu zararı ile Hafik' te açıkta yetiştiriciliğin her zaman riskli olduğu anlaşılmıştır. Açıktaki ve örtüaltındaki yetiştiricilik

hasat tarihleri karşılaştırıldığında örtüaltında Beril Rz F1 çeşidi 46 gün, Safir F1 çeşidi 48 gün, Mete F1 çeşidi ise 42 gün daha erken hasat edilebilmiştir (Yaprak 2009).

Aşağıdaki Çizelge 3.5’ de ilçede 2012 yılında sebze tarımı yapılan alanlar ve sebze çeşitleri verilmiştir.

Çizelge 3.5 Hafik ilçesinde açıkta yetiştiricilik yapılan sebze ekim alanı miktarı (Hafik İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü 2012a)

| Ürün | Ekim alanı (da) |
|-------------|-----------------|
| Patates | 125 |
| Lahana | 36 |
| Fasulye | 40 |
| Kabak | 15 |
| Yeşil soğan | 10 |
| Maydanoz | 8 |

İlçede domates, hıyar, patlıcan ve biber yetiştiriciliği açıkta yapılmamakta, plastik sera ve alçak tünellerde yapılmaktadır. Toplam 17.5 da’lık alanda üretim gerçekleştirilmektedir (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6 Hafik ilçesinde örtüaltı üretim yapılan alan miktarı (Hafik İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü 2012b)

| Ürün | Üretim yeri | Üretim miktarı (da) |
|-----------------|-----------------------------|---------------------|
| Domates | Plastik sera ve | 2 da plastik sera |
| Hıyar | az miktarda yüksek tünel | 3.5 da yüksek tünel |
| Çarliston biber | | |
| Dolma biber | Yüksek tünel | 12 da |
| Patlıcan | | |

İlçede 2011 yılında meyve üretimi yapılan arazi miktarı ve meyve çeşitleri aşağıdaki Çizelge 3.7' de verilmiştir.

Çizelge 3.7 Hafik ilçesinde meyve üretimi yapılan alan dağılımı (Hafik İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü 2011)

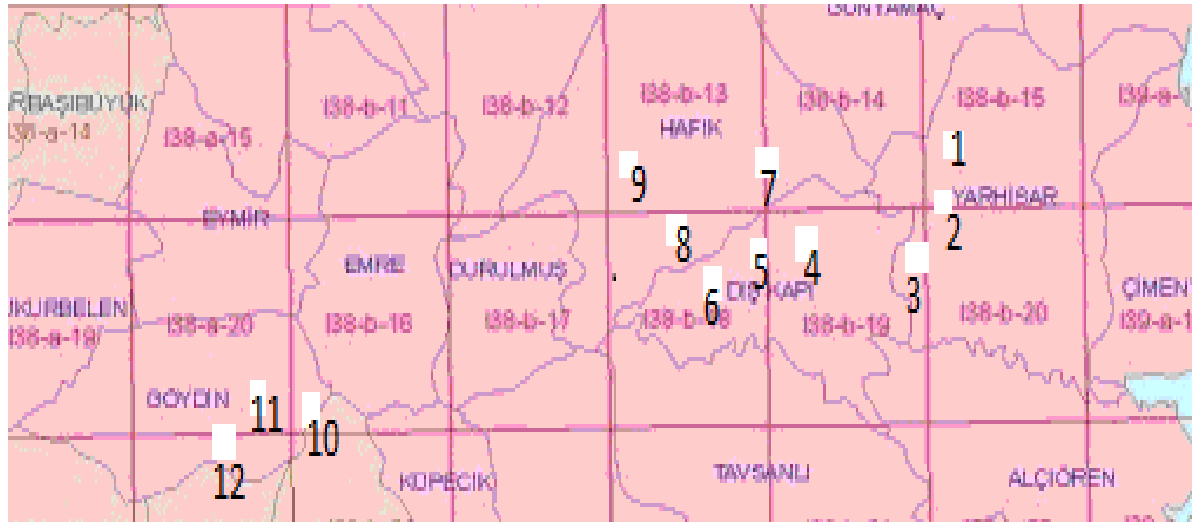
| | Meyve | Dikim alanı (da) |
|--------------------|--------|------------------|
| Yumuşak çekirdekli | Armut | 65 |
| | Elma | 51 |
| Sert çekirdekli | Erik | 40 |
| | Kayısı | 85 |
| | Kiraz | 45 |
| | Vişne | 180 |
| Sert kabuklu | Ceviz | 294 |

3.1.4. Çalışma Alanının Tanıtılması

Bu araştırmada ilçenin tamamını temsil etme imkanına sahip 12 adet sulama kaynağından Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül olmak üzere 5 ay boyunca toplam 60 adet su örneği alınmıştır. Örnekleme yerlerine ilişkin bazı bilgiler Çizelge 3.8' de ve su örneklerinin alındığı noktalar ise Şekil 3.3' te gösterilmiştir.

Çizelge 3.8 Araştırmanın yapıldığı sulama kaynaklarına ilişkin bazı bilgiler

| Örnek no | Köy | Mevkii | Kaynak |
|----------|----------|---------------|---------------|
| 1 | Yarhisar | Köyönü | Sulama kanalı |
| 2 | Yarhisar | Ahir | Gölet |
| 3 | Yarhisar | Kürük | Kızılırmak |
| 4 | Dışkapı | Hayık | Kızılırmak |
| 5 | Dışkapı | Güvercinlik | Kızılırmak |
| 6 | Dışkapı | Kızılkaya | Kızılırmak |
| 7 | Merkez | Ahırcık | Kızılırmak |
| 8 | Merkez | Yamköyü | Kızılırmak |
| 9 | Merkez | Kumcuğaz | Kızılırmak |
| 10 | Gökdin | Cirinyahsu | Gölet |
| 11 | Gökdin | Kavraz Geçidi | Gölet |
| 12 | Gökdin | Tuşluk | Gölet |



Şekil 3.3 Su örneklerinin alındığı noktalar

3.2. Yöntem

3.2.1. Su Örneklerinin Alınması

Araştırmada materyal olarak kullanılan su örnekleri, önceden temizlenmiş ve saf sudan geçirilmiş olan numune kaplarına bir miktar su numunesi ile çalkalandıktan sonra akmakta olan sudan 3 lt doldurulmuştur. Numune kaplarının üzerine etiket bilgileri yazılarak numaralandırılmış ve en kısa zamanda laboratuvara getirilmiştir.

3.2.2. Su Örneklerinin Analizinde Kullanılan Yöntemler

Hafik İlçesi' nde sebze ve meyvelerin sulanmasında kullanılan sulama sularından alınan örnekler üzerinde yapılan bazı kimyasal analizlerde aşağıda Çizelge 3.9' da verilen yöntemler kullanılmıştır.

Çizelge 3.9 Su örneklerinin analizinde kullanılan yöntemler

| | |
|---|-------------------------|
| pH Tayini | TS EN ISO 10523 |
| Elektriksel İletkenlik Tayini (EC) | TS 9748 EN 27888 |
| Kalsiyum-Magnezyum Tayini | TS 6228 EN ISO 7980 |
| Klorür Tayini | TS 4164 ISO 9297 |
| Sülfat Tayini | TS ISO 9280 |
| Karbonat-Bikarbonat Tayini | TS 4182 EN ISO 9963-2 |
| Sodyum, Potasyum Tayini | TS ISO 9964-3 |
| Demir, Krom, Nikel, Bor, Bakır, Kadmiyum, Kurşun, Çinko, Kobalt Tayini | TS EN ISO 11885 ICP-OES |

Yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular; Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) esas alınarak Kıtaçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (Çizelge 3.10), Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite parametreleri (Çizelge 3.11) ve Sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları (Çizelge 3.12) parametrelerine göre değerlendirilip karşılaştırılarak sınıflandırmaları yapılmıştır.

Çizelge 3.10 Kıtaçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (Anonim 1991)

| SU KALİTE SINIFLARI | | | | |
|---|-----------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| SU KALİTE PARAMETRELERİ | I | II | III | IV |
| A) Fiziksel ve inorganik- kimyasal Parametreler | | | | |
| 1) Sıcaklık (°C) | 25 | 25 | 30 | > 30 |
| 2) pH | 6.5-8.5 | 6.5-8.5 | 6.0-9.0 | 6.0-9.0 dışında |
| 3) Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L) ^a | 8 | 6 | 3 | < 3 |
| 4) Oksijen doygunluğu (%) ^a | 90 | 70 | 40 | < 40 |
| 5) Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /L) | 25 | 200 | 400 ^b | > 400 |
| 6) Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁻² /L) | 200 | 200 | 400 | > 400 |
| 7) Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L) | 0.2 ^c | 1 ^c | 2 ^c | > 2 |
| 8) Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L) | 0.002 | 0.01 | 0.05 | > 0.05 |
| 9) Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L) | 5 | 10 | 20 | > 20 |
| 10) Toplam fosfor (mg P/L) | 0.02 | 0.16 | 0.65 | > 0.65 |
| 11) Toplam çözünmüş madde (mg/L) | 500 | 1500 | 5000 | > 5000 |
| 12) Renk (Pt-Co birimi) | 5 | 50 | 300 | > 300 |
| 13) Sodyum (mg Na ⁺ /L) | 125 | 125 | 250 | > 250 |
| B) Organik parametreler | | | | |
| 1) Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L) | 25 | 50 | 70 | > 70 |
| 2) Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (mg/L) | 4 | 8 | 20 | > 20 |
| 3) Toplam organik karbon (mg/L) | 5 | 8 | 12 | > 12 |
| 4) Toplam kjeldahl-azotu (mg/L) | 0.5 | 1.5 | 5 | > 5 |
| 5) Yağ ve gres (mg/L) | 0.02 | 0.3 | 0.5 | > 0.5 |
| 6) Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS) (mg/L) | 0.05 | 0.2 | 1 | > 1.5 |
| 7) Fenolik maddeler (uçucu) (mg/L) | 0.002 | 0.01 | 0.1 | > 0.1 |
| 8) Mineral yağlar ve türevleri (mg/L) | 0.02 | 0.1 | 0.5 | > 0.5 |
| 9) Toplam pestisid (mg/L) | 0.001 | 0.01 | 0.1 | > 0.1 |
| C) İnorganik kirlenme parametreleri | | | | |
| 1) Civa (µg Hg/L) | 0.1 | 0.5 | 2 | > 2 |
| 2) Kadmiyum (µg Cd/L) | 3 | 5 | 10 | > 10 |
| 3) Kurşun (µg Pb/L) | 10 | 20 | 50 | > 50 |
| 4) Arsenik (µg As/L) | 20 | 50 | 100 | > 100 |
| 5) Bakır (µg Cu/L) | 20 | 50 | 200 | > 200 |
| 6) Krom (toplam) (µg Cr/L) | 20 | 50 | 200 | > 200 |
| 7) Krom (µg Cr ⁺⁶ /L) | Ölçülmeyecek kadar az | 20 | 50 | > 50 |
| 8) Kobalt (µg Co/L) | 10 | 20 | 200 | > 200 |
| 9) Nikel (µg Ni/L) | 20 | 50 | 200 | > 200 |
| 10) Çinko (µg Zn/L) | 200 | 500 | 2000 | > 2000 |
| 11) Siyanür (toplam) (µg CN/L) | 10 | 50 | 100 | > 100 |
| 12) Florür (µg F ⁻ /L) | 1000 | 1500 | 2000 | > 2000 |
| 13) Serbest klor (µg Cl ₂ /L) | 10 | 10 | 50 | > 50 |
| 14) Sülfür (µg S ⁻² /L) | 2 | 2 | 10 | > 10 |
| 15) Demir (µg Fe/L) | 300 | 1000 | 5000 | > 5000 |
| 16) Mangan (µg Mn/L) | 100 | 500 | 3000 | > 3000 |
| 17) Bor (µg B/L) | 1000 ^e | 1000 ^e | 1000 ^e | > 1000 |
| 18) Selenyum (µg Se/L) | 10 | 10 | 20 | > 20 |
| 19) Baryum (µg Ba/L) | 1000 | 2000 | 2000 | > 2000 |
| 20) Alüminyum (mg Al/L) | 0.3 | 0.3 | 1 | > 1 |
| 21) Radyoaktivite (pCi/L) | | | | |
| alfa-aktivitesi | 1 | 10 | 10 | > 10 |
| beta-aktivitesi | 10 | 100 | 100 | > 100 |
| D) Bakteriyolojik parametreler | | | | |
| 1) Fekal koliform(EMS/100 mL) | 10 | 200 | 2000 | > 2000 |
| 2) Toplam koliform (EMS/100 mL) | 100 | 20000 | 100000 | > 100000 |

(a) Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.

(b) Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.

(c) pH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0.02 mg NH₃⁻N/L değerini geçmemelidir.

(d) Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.

(e) Bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri 300 µg/L' ye kadar düşürmek gerekebilir.

Çizelge 3.11 Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite parametreleri (Anonim 1991)

| Sulama Suyu Sınıfı | | | | | |
|---|-------------------------------|--|---|--|--|
| Kalite kriterleri | I. Sınıf su (çok iyi) | II. Sınıf su (iyi) | III. Sınıf su (kullanılabilir) | IV. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı) | V. Sınıf su (zararlı, uygun değil) |
| EC ₂₅ ×10 ⁶ | 0-250 | 250-750 | 750-2000 | 2000-3000 | > 3000 |
| Değişebilir Sodyum Yüzdesi (% Na) | < 20 | 20-40 | 40-60 | 60-80 | > 80 |
| Sodyum Adsorbsiyon oranı (SAR) | < 10 | 10-18 | 18-26 | > 26 | |
| Sodyum karbonat kalıntısı (RSC) me/L | > 1.25 | 1.25-2.5 | > 2.5 | | |
| mg/ L | <66 | 66-133 | >133 | | |
| Klorür (Cl ⁻) me/ L | 0-4 | 4-7 | 7-12 | 12-20 | >20 |
| mg/ L | 0-142 | 142-249 | 249-426 | 426-710 | >710 |
| Sülfat (SO ₄ ⁻) me/ L | 0-4 | 4-7 | 7-12 | 12-20 | >20 |
| mg/ L | 0-192 | 192-336 | 336-575 | 575-960 | >960 |
| Toplam tuz konsantrasyonu (mg/ L) | 0-175 | 175-525 | 525-1400 | 1400-2100 | > 2100 |
| Bor konsantrasyonu (mg/ L) | 0-0.5 | 0.5-1.12 | 1.12-2.0 | > 2.0 | - |
| Sulama suyu sınıfı | C ₁ S ₁ | C ₁ S ₂ , C ₂ S ₂ , C ₂ S ₁ | C ₁ S ₃ , C ₂ S ₃ , C ₃ S ₃ , C ₃ S ₂ , C ₃ S ₁ | C ₁ S ₄ , C ₂ S ₄ , C ₃ S ₄ , C ₄ S ₄ , C ₄ S ₃ , C ₄ S ₂ , C ₄ S ₁ | - |
| NO ₃ ⁻ veya NH ₄ ⁺ mg/ L | 0-5 | 5-10 | 10-30 | 30-50 | > 50 |
| Fekal Koliform ** 1/100 mL | 0-2 | 2-20 | 20-100 | 100-1000 | > 1000 |
| BOİ ₅ (mg/ L) | 0-25 | 25-50 | 50-100 | 100-200 | >200 |
| Askıda katı madde (mg/ L) | 20 | 30 | 45 | 60 | >100 |
| Ph | 6.5-8.5 | 6.5-8.5 | 6.5-8.5 | 6.5-9 | <6 veya >9 |
| Sıcaklık | 30 | 30 | 35 | 40 | >40 |

**Bitki türüne göre daha az veya çok olabilir.

Çizelge 3.12 Sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları (Anonim 1991)

| Elementler | Birim alana verilebilecek maksimum toplam miktarlar, kg/ha | İzin verilen maksimum konsantrasyonlar | |
|--------------------------|--|---|--|
| | | Her türlü zeminde sürekli sulama yapılması durumunda sınır değerler mg/ L | pH değeri 6.0-8.5 arasında olan killi topraklarda 24 yıldan daha az sulama yapıldığında, mg/ L |
| Alüminyum (Al) | 4600 | 5.0 | 20.0 |
| Arsenik (As) | 90 | 0.1 | 2.0 |
| Berilyum(Be) | 90 | 0.1 | 0.5 |
| Bor (B) | 680 | -3 | 2.0 |
| Kadmiyum (Cd) | 9 | 0.01 | 0.05 |
| Krom (Cr) | 90 | 0.1 | 1.0 |
| Kobalt (Co) | 45 | 0.05 | 5.0 |
| Bakır (Cu) | 190 | 0.2 | 5.0 |
| Florür (F) | 920 | 1.0 | 15.0 |
| Demir (Fe) | 4600 | 5.0 | 20.0 |
| Kurşun (Pb) | 4600 | 5.0 | 10.0 |
| Lityum (Li) ¹ | - | 2.5 | 2.5 |
| Manganez (Mn) | 920 | 0.2 | 10.0 |
| Molibden (Mo) | 9 | 0.01 | 0.052 |
| Nikel (Ni) | 920 | 0.2 | 2.0 |
| Selenyum (Se) | 16 | 0.02 | 0.02 |
| Vanadyum (V) | - | 0.1 | 1.0 |
| Çinko (Zn) | 1840 | 2.0 | 10.0 |

¹Sulanan narenciye bitkileri için 0.075 mg/ L' dir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Kalite Parametrelerinin Değerlendirilmesi

4.1.1. pH Değerleri

Sularda pH, suyun asitlik veya alkaliliğinin bir göstergesi olup tek başına fazla bir sorun oluŐturmaz. 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 olmaktadır (Kanber ve ark. 2003).

Bu pH aralıklarındaki suların insan, hayvan ve bitki açısından zararı bulunmamaktadır. Fakat yetiştirilecek bitki çeŐidinin seçiminde pH değerleri göz önünde bulundurulup seçilmelidir.

Bu çalışmada alınan su örneklerinin pH değerlerinin 7.12 - 9.18 arasında değiştiği görülmektedir. Sulama sularında pH değerinin 6.5 ile 8.4 arasında olması istenmektedir. Ancak analiz sonuçlarına göre bölgede 8.4 pH değerinden yüksek pH' ya sahip sular da vardır.

Mayıs ayında alınan su örnekleri 7.24 - 8.73 arasında değişmekte olup en düşük pH değeri 3 nolu örnek olan Yarhisar Köyü Kürük Mevkii sulama suyunda, en yüksek pH değeri ise 12 nolu örnek olan Gökdin Köyü Tuşluk Mevkii sulama suyuna aittir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Mayıs ayında alınan su örneklerinin bazı kalite özellikleri

| Örnek no | EC | | RSC | | Çİ |
|----------|---------------------|------|------|-------|----|
| | $\mu\text{mhos/cm}$ | pH | SAR | me/L | |
| 1 | 490 | 8.54 | 0.96 | -1.91 | + |
| 2 | 240 | 8.58 | 1.59 | 2.26 | + |
| 3 | 294 | 7.24 | 1.92 | 2.22 | + |
| 4 | 185 | 8.66 | 1.34 | 1.26 | + |
| 5 | 274 | 8.70 | 2.05 | 2.97 | + |
| 6 | 186 | 8.71 | 2.47 | 3.22 | + |
| 7 | 305 | 8.45 | 1.22 | 1.95 | + |
| 8 | 431 | 8.27 | 1.64 | 4.01 | + |
| 9 | 250 | 7.51 | 1.83 | 1.01 | + |
| 10 | 350 | 8.68 | 1.90 | -0.01 | + |
| 11 | 212 | 8.10 | 2.08 | 3.18 | + |
| 12 | 197 | 8.73 | 1.14 | 1.81 | + |
| Max | 490 | 8.73 | 2.47 | 4.01 | + |
| Min | 185 | 7.24 | 0.96 | -1.91 | + |
| Ort. | 284.5 | 8.34 | 1.67 | 1.83 | + |

Haziran ayında alınan su örnekleri 7.40 - 8.94 arasında değişmekte olup en düşük pH değeri 3 nolu örnek olan Yarhisar Köyü Kürük Mevkii sulama suyunda, en yüksek pH değeri ise 8 nolu örnek olan Merkez Yamköyü Mevkii sulama suyuna aittir (Çizelge 4.3).

Temmuz ayında alınan su örnekleri 7.33 - 9.03 arasında değişmekte olup en düşük pH değeri 3 nolu örnek olan Yarhisar Köyü Kürük Mevkii sulama suyunda, en yüksek pH değeri ise 8 nolu örnek olan Merkez Yamköyü Mevkii sulama suyuna aittir (Çizelge 4.5).

Ağustos ayında alınan su örnekleri 7.12 - 9.11 arasında değişmekte olup en düşük pH değeri 9 nolu örnek olan Merkez Kumcuğaz Mevkii sulama suyunda, en yüksek pH değeri ise 8 nolu örnek olan Merkez Yamköyü sulama suyuna aittir (Çizelge 4.8).

Eylül ayında alınan su örnekleri 7.57 - 9.18 arasında değişmekte olup en düşük pH değeri 9 nolu örnek olan Merkez Kumcuğaz sulama suyunda, en yüksek pH değeri ise 1 ve 8

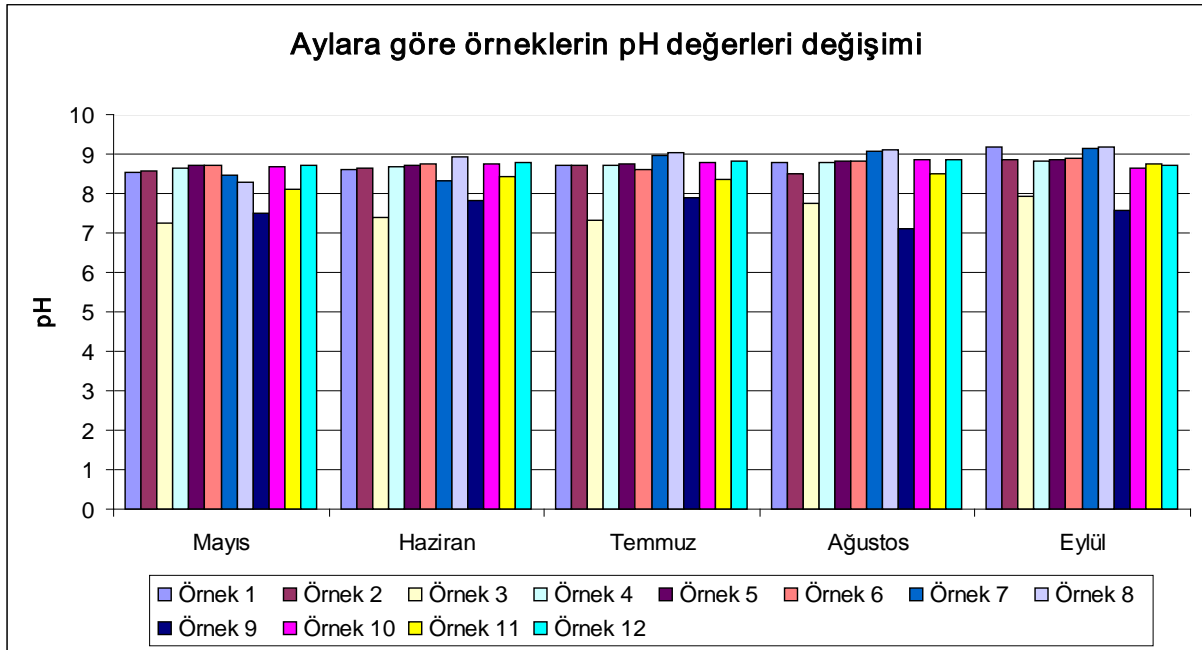
nolu Yarhisar Köyü Köyünü Mevkii ve Merkez Yamköyü Mevkii sulama suyu örneklerine aittir (Çizelge 4.9).

Araştırmada kullanılan sulama sularının pH değerleri genellikle yüksek bulunmuştur. Sadece 3 ve 9 nolu su örneklerinin pH değerleri izin verilebilir sınır değerleri arasındadır. Nitekim bu tablo yöredeki tarım topraklarının pH değerlerine de yansımıştır. Hafik Merkez ve köylerinde çiftçilerin yaptırdığı toprak analizi sonuçlarına göre ilçe topraklarının pH' sı hafif alkali-kuvvetli alkali aralığındadır. Topraklar orta bünyeli, tuzsuz, organik maddece fakir, toplam azotça fakir, fazla ve aşırı kireçli, yarayışlı K_2O bakımından iyi durumdadır.

Benzer bir çalışma Bafra Ovası yeraltı suyu kalitesinin sulama açısından değerlendirilmesi amacıyla yapılmıştır. Araştırmada su örneklerinin pH değerlerinin 6.6 - 8.3 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Arslan ve ark. 2007).

Trakya Bölgesi' nde Varol ve ark. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada ise Tekirdağ bölgesinden alınan 9 su örneğindeki pH değerleri 6.84 ile 8.05 arasında bulunmuştur.

Su örneklerinin aylara göre değişen pH değerleri topluca aşağıdaki Şekil 4.1' de verilmiştir.



Şekil 4.1 Su örneklerinin Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarındaki pH değerleri

4.1.2. EC Değerleri

Sulamada kullanılan suyun kalitesi bitki gelişiminde önemli rol oynamaktadır. Tuz içeriği yüksek olan su ile sulama, hem toprak profilinin çözünebilir tuz içeriğinde, hem de drenaj sularının tuz yükünde bir artışa neden olmaktadır. Drenaj suyuna ulaşamayan tuzlar ise toprakta birikmektedir. Bitkiler tuz içeren iyonların optimum miktarına ihtiyaç duyarlar. Bu miktarın artması ise bitkinin zarar görmesine neden olmaktadır (Grismer 1990).

ABD Tuzluluk Laboratuvarı sınıflama sistemine göre sulama suları elektriksel iletkenlik değerlerine göre tuzluluk yönünden 4 sınıfa ayrılmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 Sulama suyu tuzluluk sınıfları (Kanber ve ark. 2003)

| EC ($\mu\text{mhos/cm}$) | Sınıfı |
|----------------------------|---------------------|
| < 250 | Az Tuzlu Su |
| 250 – 750 | Orta Tuzlu Su |
| 750 – 2250 | Yüksek Tuzlu Su |
| > 2250 | Çok Yüksek Tuzlu Su |

Az Tuzlu Sular: EC değeri 0 - 250 $\mu\text{mhos/cm}$ arasındadır. Her bitki ve toprak için uygun olup, tuzluluk problemi oluşturmadan rahatlıkla kullanılabilir.

Orta Tuzlu Sular: EC değeri 250 - 750 $\mu\text{mhos/cm}$ arasındadır. Tuza orta derecede duyarlı olan bitkilerde sorun oluşturmadan kullanılabilir. Ancak tuza orta duyarlı olan bitkilerde yıkamaya önem verilmelidir.

Yüksek Tuzlu Sular: EC değeri 750 - 2250 $\mu\text{mhos/cm}$ arasındadır. Fazla miktarda tuz içerirler. Sürekli kullanılmaları halinde tuzluluk problemi oluşturmaması için her sulama suyu ile birlikte bir miktar yıkama suyunun uygulanması ve yetiştirilecek bitkinin tuza dayanıklı olması gereklidir. Özellikle drenaj koşullarının yeterli olmadığı yerlerde kullanılmamalıdır.

Çok Yüksek Tuzlu Sular: EC değeri 2250 $\mu\text{mhos/cm}$ ' den daha yüksektir. Normal koşullarda bu sular sulamaya uygun değildir. Bu sular ancak drenajın ve toprak geçirgenliğinin çok iyi olduğu topraklarda, tuza çok dayanıklı bitkiler yetiştirilmesi ve fazla miktarda yıkama suyu uygulanması koşulunda kullanılabilir (Kanber ve ark. 2003).

Alınan su örneklerinin EC değerlerinin 185 - 501 $\mu\text{mhos/cm}$ arasında değiştiği görülmektedir. Araştırılan örnekler genelde I. Sınıf (çok iyi) ve II. Sınıf (iyi) su niteliğindedir.

Mayıs ayında alınan su örnekleri 185 - 490 $\mu\text{mhos/cm}$ arasında değişmekte olup en düşük EC değeri 4 nolu örnek olan Dışkapı Köyü Hayık Mevkii sulama suyunda, en yüksek EC değeri ise 1 nolu örnek olan Yarhisar Köyü Köyönü Mevkii sulama suyuna aittir (Çizelge 4.1).

Haziran ayında alınan su örnekleri 191 - 501 $\mu\text{mhos/cm}$ arasında değişmekte olup en düşük EC değeri 6 nolu örnek olan Dışkapı Köyü Kızılkaya Mevkii sulama suyunda, en yüksek EC değeri ise 1 nolu örnek olan Yarhisar Köyü Köyönü Mevkii sulama suyuna aittir (Çizelge 4.3).

Temmuz ayında alınan su örnekleri 198 - 450 $\mu\text{mhos/cm}$ arasında değişmekte olup en düşük EC değeri 4 nolu örnek olan Dışkapı Köyü Hayık Mevkii sulama suyunda, en yüksek EC değeri ise 1 nolu örnek olan Yarhisar Köyü Köyönü Mevkii sulama suyuna aittir (Çizelge 4.4).

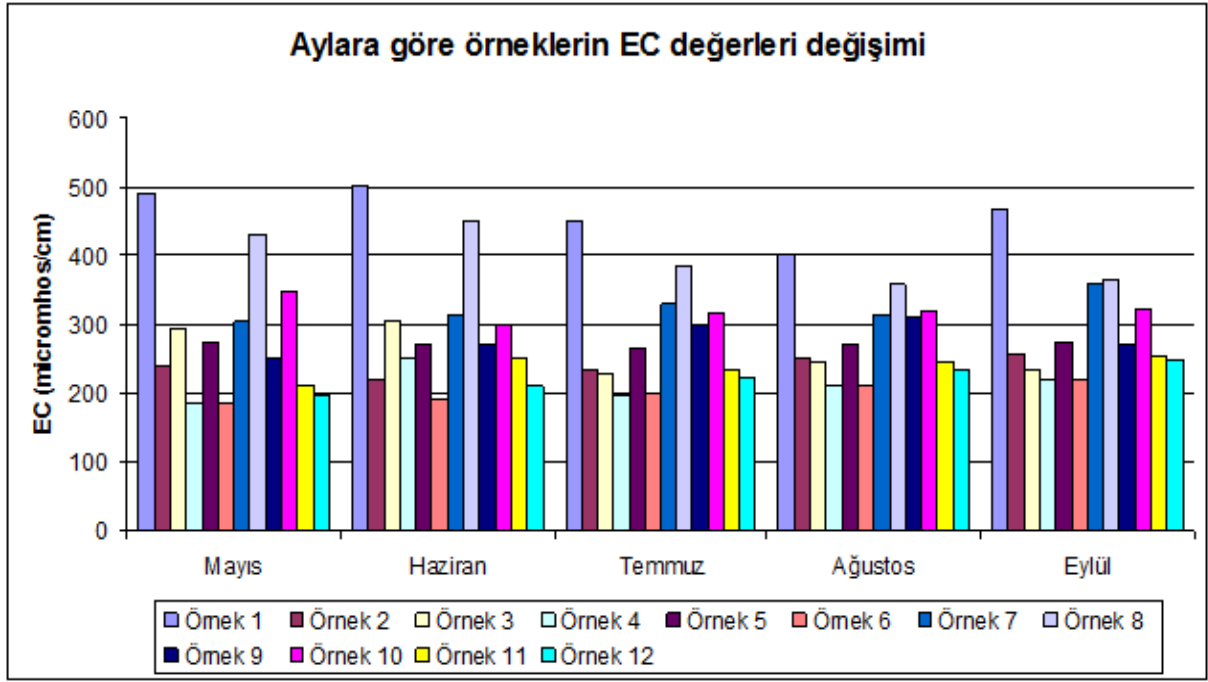
Ağustos ayında alınan su örnekleri 210 - 400 $\mu\text{mhos/cm}$ arasında değişmekte olup en düşük EC değeri 4 nolu örnek olan Dışkapı Köyü Hayık Mevkii sulama suyunda, en yüksek EC değeri ise 1 nolu örnek olan Yarhisar Köyü Köyönü Mevkii sulama suyuna aittir (Çizelge 4.8).

Eylül ayında alınan su örnekleri 218 - 468 $\mu\text{mhos/cm}$ arasında değişmekte olup en düşük EC değeri 4 nolu örnek olan Dışkapı Köyü Hayık Mevkii sulama suyunda, en yüksek EC değeri ise 1 nolu örnek olan Yarhisar Köyü Köyönü Mevkii sulama suyuna aittir (Çizelge 4.9). (Şekil 4.2).

Bu araştırma bulguları sulama sularının drenaj önlemlerinin alınması şartı ile herhangi bir tuzluluk sorunu oluşturmayacağını göstermektedir.

Çizelge 4.3 Haziran ayında alınan su örneklerinin bazı kalite özellikleri

| Örnek no | EC µmhos/cm | pH | SAR | RSC me/ L | Çİ |
|----------|----------------|------|------|--------------|----|
| 1 | 501 | 8.62 | 1.72 | -0.57 | + |
| 2 | 221 | 8.66 | 1.94 | 1.66 | + |
| 3 | 305 | 7.40 | 1.86 | 0.67 | + |
| 4 | 250 | 8.67 | 2.08 | 0.60 | + |
| 5 | 273 | 8.72 | 1.78 | 2.72 | + |
| 6 | 191 | 8.74 | 2.01 | 2.64 | + |
| 7 | 316 | 8.31 | 0.86 | 1.20 | + |
| 8 | 449 | 8.94 | 2.68 | 3.22 | + |
| 9 | 270 | 7.82 | 0.77 | 0.39 | + |
| 10 | 300 | 8.75 | 1.60 | -0.05 | + |
| 11 | 250 | 8.44 | 0.56 | -1.02 | + |
| 12 | 210 | 8.77 | 1.26 | 1.35 | + |
| Min | 191 | 7.40 | 0.56 | -1.02 | + |
| Max | 501 | 8.94 | 2.68 | 3.22 | + |
| Ort | 295 | 8.48 | 1.60 | 1.06 | + |



Şekil 4.2 Su örneklerinin Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarındaki EC değerleri

4.1.3. Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR) Değerleri

Sulama suyu kalitesi üzerinde doğrudan etkili en önemli katyon sodyumdur. Sodyum çok aktif bir element olduğundan serbest halde bulunmaz. Sodyumun bütün tuzları suda çok fazla çözünür. Doğada sularda en fazla bulunan sodyum tuzu NaCl' dir. Sodyum konsantrasyonu yüksek olan bir sulama suyunun kullanılmasıyla toprak çoraklaşmaya başlar, yağımsı bir görünüş alır (Sağlam ve Adiloğlu 1997).

Toprak çözeltisinin SAR değerinin, toprak tarafından adsorbe edilmiş Na miktarını etkilediği bulunmuş ve SAR değerinin suyun Na zararının bir indeksi olarak kullanılmasında çok önemli olduğu ortaya konulmuştur. Sulama suyunun SAR değerinin artması halinde buna bağlı olarak toprağın saturasyon ekstraktının SAR değeri de artmaktadır. Bunun sonucu olarak toprağın ESP (değişebilir sodyum yüzdesi) değeri artmakta ve toprak sodikleşme eğilimi göstermektedir (Sağlam ve Adiloğlu 1997).

ABD Tuzluluk Laboratuvarı sınıflama sistemine göre, sulama suları SAR değerlerine göre sodyumluluk yönünden 4 sınıfa ayrılmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 Sulama suyu SAR sınıfları (Kanber ve ark. 2003)

| SAR | Sınıfı |
|-------|------------------------|
| 0-10 | Az Sodyumlu Su |
| 10-18 | Orta Sodyumlu Su |
| 18-26 | Yüksek Sodyumlu Su |
| >26 | Çok Yüksek Sodyumlu Su |

Az Sodyumlu Sular: Bu sular sodyum yönünden her bitki ve toprak koşulunda bir zararlanma oluşturmadan kullanılabilir.

Orta Sodyumlu Sular: Kaba bünyeli ve yüksek geçirgenlikteki organik topraklarda sorun oluşturmadan kullanılabilir.

Yüksek Sodyumlu Sular: Geçirgenliği yüksek kumlu topraklarda kullanılabilir. Toprak tuzluluğunun da düşük olması gerekir. Genelde uygun drenaj, fazla yıkama ve organik madde

ilavesi gibi özel toprak işleme programı uygulanmadıkça bu suların kullanılması sakıncalıdır. İçerisinde jips içermeyen topraklarda kimyasal ıslah maddesi kullanılmalıdır.

Çok Yüksek Sodyumlu Sular: Bu sular sulamaya uygun değildir. Yalnızca toplam tuz içeriği düşük, çözünebilir Ca miktarı yüksek topraklarda yıkama ile birlikte kimyasal ıslah maddelerinin de uygulanması koşulu ile kullanılabilir (Kanber ve ark. 2003).

Alınan su örnekleri incelendiğinde SAR değerlerinin 0.96 - 3.78 arasında değiştiği görülmektedir. Alınan su örnekleri SAR değerlerine göre sınıflandırıldığında tüm örnekler az sodyumlu su grubuna girmektedir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.3, Çizelge 4.5, Çizelge 4.8, Çizelge 4.9).

Çizelge 4.5 Temmuz ayında alınan su örneklerinin bazı kalite özellikleri

| Örnek no | EC µmhos/cm | pH | SAR | RSC me/L | Çİ |
|----------|----------------|------|------|-------------|----|
| 1 | 450 | 8.70 | 1.14 | -0.20 | + |
| 2 | 233 | 8.73 | 1.90 | 1.97 | + |
| 3 | 229 | 7.33 | 1.70 | 0.75 | + |
| 4 | 198 | 8.72 | 2.23 | 1.18 | + |
| 5 | 265 | 8.74 | 1.68 | 3.25 | + |
| 6 | 199 | 8.60 | 2.99 | 4.09 | + |
| 7 | 330 | 8.98 | 1.75 | 3.06 | + |
| 8 | 385 | 9.03 | 3.18 | 4.80 | + |
| 9 | 300 | 7.90 | 3.00 | 0.03 | + |
| 10 | 318 | 8.78 | 1.10 | -0.40 | + |
| 11 | 234 | 8.35 | 1.40 | -0.05 | + |
| 12 | 222 | 8.82 | 3.67 | 6.36 | + |
| Max | 450 | 9.03 | 3.67 | 6.36 | + |
| Min | 198 | 7.33 | 1.10 | -0.40 | + |
| Ort | 280 | 8.55 | 2.14 | 2.07 | + |

Sulama sularının sınıflandırılmasında ABD Tuzluluk Sistemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemde suların EC ve SAR değerleri dikkate alınmıştır. Sular EC değerlerine göre dört grup altında toplanmıştır. Bunlar 0 - 250 µmhos/cm (C₁), 250 - 750

$\mu\text{mhos/cm}$ (C_2), 750 - 2250 $\mu\text{mhos/cm}$ (C_3) ve 2250 $\mu\text{mhos/cm}$ ' den fazla (C_4) olan sulardır. SAR değerlerine göre ise sulama suları; 1. Sınıf (S_1) az sodyumlu sular, 2. Sınıf (S_2) orta sodyumlu sular, 3. Sınıf (S_3) yüksek sodyumlu sular, 4. Sınıf (S_4) çok yüksek sodyumlu sular olmak üzere yine dört gruba ayrılmaktadır (Sağlam ve Adiloğlu 1997).

Araştırmada kullanılan su örnekleri ABD Tuzluluk Laboratuvarı Sistemi' ne göre sınıflandırıldığında; su örneklerinin sulama suyu sınıfları Çizelge 4.6' da görüleceği üzere C_1-S_1 ile C_2-S_1 sınıflarında yer almaktadır. Bu sonuç su örneklerinin sulama suyu için uygun sınıflar arasında bulunduğunu göstermektedir.

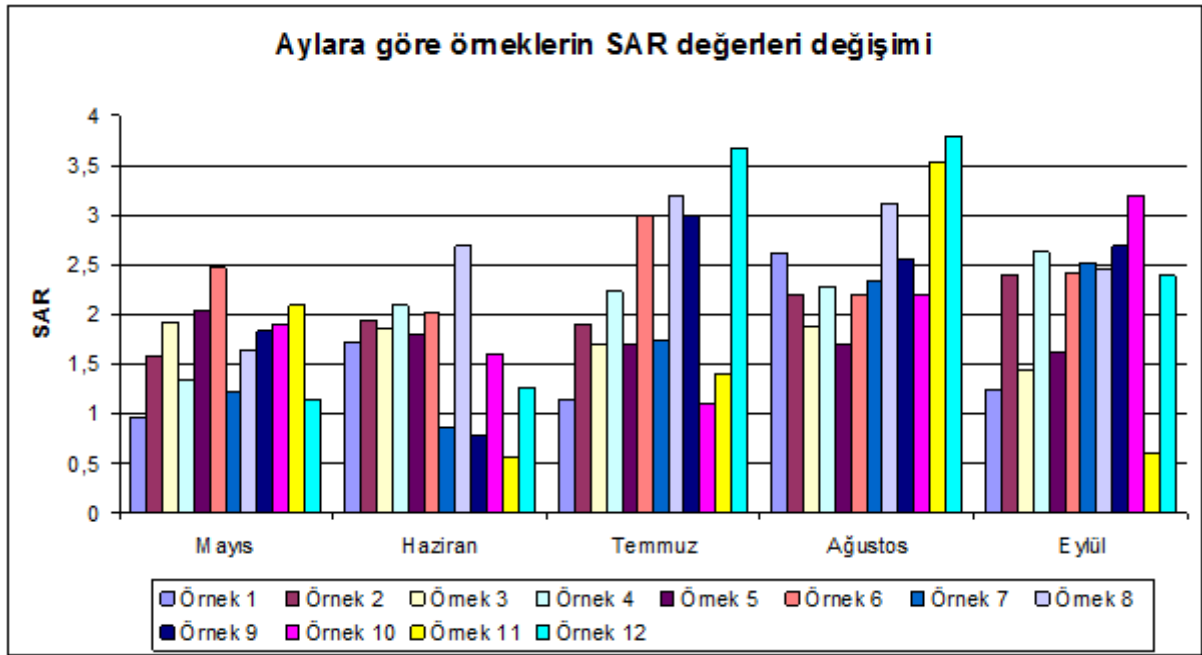
Çizelge 4.6 Su örneklerinin sulama suyu sınıfları

| Örnek no | Sulama suyu sınıfları | | | | |
|----------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül |
| 1 | C_2-S_1 | C_2-S_1 | C_2-S_1 | C_2-S_1 | C_2-S_1 |
| 2 | C_1-S_1 | C_1-S_1 | C_1-S_1 | C_1-S_1 | C_2-S_1 |
| 3 | C_2-S_1 | C_2-S_1 | C_1-S_1 | C_1-S_1 | C_1-S_1 |
| 4 | C_1-S_1 | C_1-S_1 | C_1-S_1 | C_1-S_1 | C_1-S_1 |
| 5 | C_2-S_1 | C_2-S_1 | C_2-S_1 | C_2-S_1 | C_2-S_1 |
| 6 | C_1-S_1 | C_1-S_1 | C_1-S_1 | C_1-S_1 | C_1-S_1 |
| 7 | C_2-S_1 | C_2-S_1 | C_2-S_1 | C_2-S_1 | C_2-S_1 |
| 8 | C_2-S_1 | C_2-S_1 | C_2-S_1 | C_2-S_1 | C_2-S_1 |
| 9 | C_1-S_1 | C_2-S_1 | C_2-S_1 | C_2-S_1 | C_1-S_1 |
| 10 | C_2-S_1 | C_2-S_1 | C_2-S_1 | C_2-S_1 | C_2-S_1 |
| 11 | C_1-S_1 | C_1-S_1 | C_1-S_1 | C_1-S_1 | C_2-S_1 |
| 12 | C_1-S_1 | C_1-S_1 | C_1-S_1 | C_1-S_1 | C_1-S_1 |

Bu sınıflandırmayı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) Teknik Usuller Tebliği' ndeki değerlerle karşılaştırdığımızda; C_1-S_1 sınıfına giren örneklerin I. sınıf su (çok iyi), C_2-S_1 sınıfındaki suların ise II. sınıf su (iyi) olduğu görülmektedir.

Benzer bir çalışma Erzurum Ovası' nın su kalitesi ve kirlilik durumunu ortaya koymak için yapılmıştır. Çalışma alanındaki yer altı ve yüzey sularının ABD Tuzluluk Laboratuvarı sınıflandırmasına göre C_1-S_1 , C_2-S_1 ve C_3-S_1 niteliğinde olduğunu belirlenmiştir (Kali 2008).

Araştırmada kullanılan su örneklerinin aylara göre değişen SAR değerleri Şekil 4.3' de verilmiştir.



Şekil 4.3 Su örneklerinin Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarındaki SAR değerleri

4.1.4. Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC) Değerleri

Sulama suyu kalite sınıflandırılmasında bazı araştırmacılar tarafından önerilen bir parametredir. Ortamda bulunan karbonat bikarbonat konsantrasyonu ile Ca^{+2} ve Mg^{+2} konsantrasyonu arasındaki farka bakılarak olası sodyum karbonat oluşması olayı incelenir. RSC değeri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır;

$$RSC : (CO_3^{-2} + HCO_3^{-}) - (Ca^{+2} + Mg^{+2}) \text{ me/L}$$

Genel olarak $RSC > 2.5$ olan suların sulamada kullanılmaları sakıncalıdır (Çizelge 4.7) (Yurtseven ve Sönmez 1992).

Çizelge 4.7 Sulama suyu RSC değerleri (Yurtseven ve Sönmez 1992)

| Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC) | I. Sınıf su (çok iyi) | II. Sınıf su (iyi) | III. Sınıf su (kullanılamaz) |
|------------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| meq/L | < 1.25 | 1.25 - 2.5 | > 2.5 |
| mg/L | < 66 | 66 - 133 | > 133 |

Alınan su örnekleri incelendiğinde RSC değerleri -1.91 ile 7.93 arasında değiştiği görülmektedir. Su örnekleri RSC değerlerine göre sınıflandırıldığında örneklerin genelinin II. ve III. Sınıf sular sınıfında olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.3, Çizelge 4.5, Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9).

Çizelge 4.8 Ağustos ayında alınan su örneklerinin bazı kalite özellikleri

| Örnek no | EC µmhos/cm | pH | SAR | RSC me/L | Çİ |
|----------|----------------|------|------|-------------|----|
| 1 | 400 | 8.78 | 2.62 | -0.84 | + |
| 2 | 250 | 8.51 | 2.18 | 2.62 | + |
| 3 | 246 | 7.75 | 1.87 | 0.00 | + |
| 4 | 210 | 8.80 | 2.27 | 1.53 | + |
| 5 | 270 | 8.81 | 1.68 | 2.34 | + |
| 6 | 212 | 8.83 | 2.18 | 1.51 | + |
| 7 | 315 | 9.06 | 2.33 | 7.93 | + |
| 8 | 357 | 9.11 | 3.12 | 4.89 | + |
| 9 | 310 | 7.12 | 2.56 | 0.08 | + |
| 10 | 320 | 8.84 | 2.20 | 3.09 | + |
| 11 | 246 | 8.50 | 3.53 | -1.13 | + |
| 12 | 234 | 8.87 | 3.78 | 1.46 | + |
| Max | 400 | 9.11 | 3.78 | 7.93 | + |
| Min | 210 | 7.12 | 1.68 | -1.13 | + |
| Ort. | 281 | 8.58 | 2.52 | 1.95 | + |

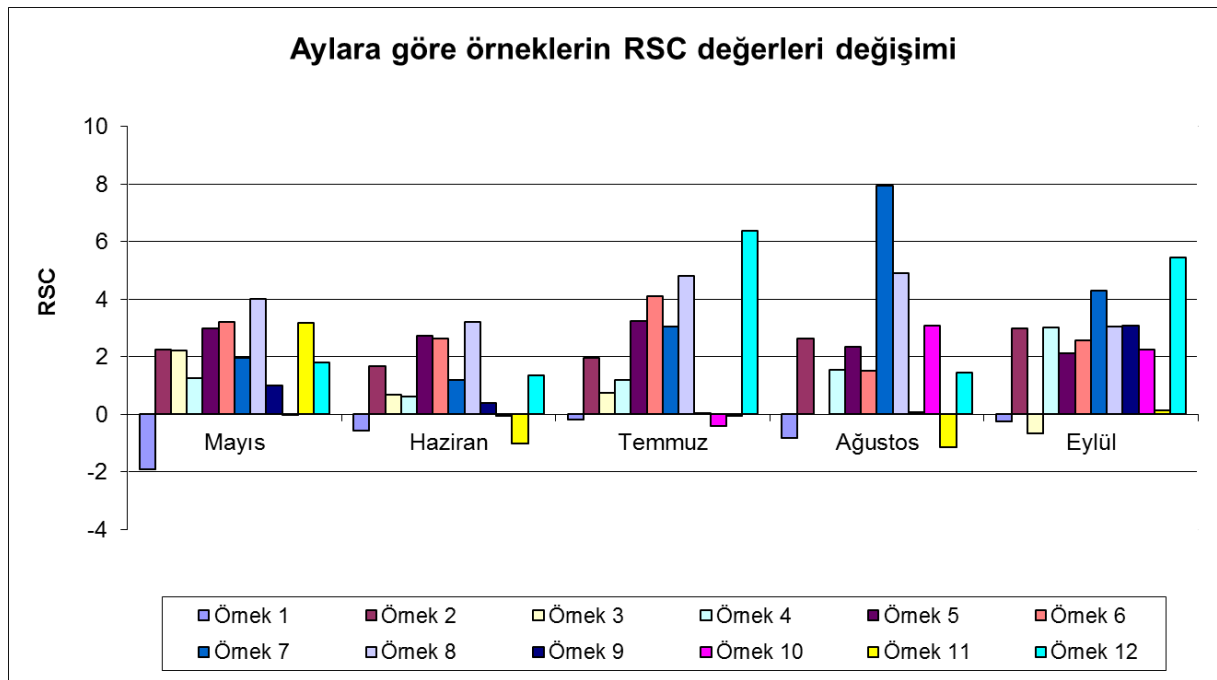
Su örneklerinin RSC değerleri aylara göre incelendiğinde Mayıs ayında 5, 6, 8 ve 11 nolu suların, Haziran ayında 5, 6 ve 8 nolu suların, Temmuz ayında 5, 6, 7, 8 ve 12 nolu suların, ağustos ayında 2, 7, 8 ve 10 nolu suların ve Eylül ayında ise 2, 4, 6, 7, 8, 9 ve 12 nolu suların RSC değerleri 2.50 me/L değerinden yüksek olduğundan sulamada kullanılmaları sakıncalıdır.

Sulama suyundaki kalıcı sodyum karbonatın (RSC) toprak üzerindeki olumsuz etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada (U.S. Salinity Lab. Staff 1969), bir toprak örneği bikarbonat içermeyen ve bikarbonat içeren iki su ile yıkanmıştır. 42. sulamada, birinci su ile yapılan yıkamada toprak özellikleri normal düzeylerdedir. İkinci su ile yapılan yıkamada ise toprakta tuzlulaşma ve sodikleşmeye karşı bir eğilim görülmektedir. 86. sulamada, kullanılan iki su arasındaki farklılık daha da artmış ve toprağın pH değeri 9.2' ye, elektriksel iletkenliği 16 mmhos/cm' ye ve değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) 72' ye yükselmiştir. Başlangıçta normal toprak niteliğinde olan bu örnek, bikarbonatlı (RSC: 5

me/L) bir su ile yıkandığında tuzlu - sodik bir görünüm kazanmıştır. Bu durumun RSC ile ilgili olduğu sonucuna varılmıştır.

Genel olarak karbonat ve bikarbonat iyonları ile aynı konsantrasyonda Ca + Mg içeren sulama sularındaki bikarbonat iyonlarının alkalilik yönünden herhangi bir sorun oluşturmadığına inanılmaktadır. Bu gibi durumlarda Na₂CO₃ birikiminin meydana gelmediği kabul edilmektedir. Sulama suyundaki Ca + Mg konsantrasyonu CO₃ + HCO₃ konsantrasyonunu geçse dahi bu katyonların çözünmeyen karbonatlar şeklinde çökmesi sonucu çözeltilerin SAR değeri artmakta ve böylece toprağın değişebilir sodyum düzeyi yükselebilmektedir (Sağlam ve Adiloğlu 1997).

Araştırmada kullanılan sulama suyu örneklerinin RSC değerlerinin aylara göre değişimi Şekil 4.4' de verilmiştir.



Şekil 4.4 Su örneklerinin Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarındaki RSC değerleri

4.1.5. Çökelme İndeksi (Çİ) Değerleri

Çökelme indeksi (Çİ), suyun gerçek pH değerinden, bu suyun CaCO_3 ile dengede olması halinde elde edilecek pH değerinin çıkarılması ile elde edilmektedir. Bu indeksin pozitif olması, CaCO_3 ' ın çökeleceğini ve çözeltinin SAR değerinin artacağını gösterir. Eğer Çİ negatif ise, bu durumda CaCO_3 çözünmekte ve sodyum adsorbsiyon oranı ise azalmaktadır. Sulama suları, Çİ değerine göre çok uzun dönem için değerlendirilmektedir. Çökelme indeksi negatif olan sular, sulamada uzun yıllar boyunca rahatlıkla kullanılabilir niteliktedir. Ancak uygulamada çökelme indeksi negatif olan sulama sularına bol miktarda rastlamak mümkün değildir. Bu nedenle konu çok yönlü olarak ele alınmalıdır. Gerekli önlemler alınmak suretiyle, çökelme indeksi pozitif olan suların da sulamada kullanılabileceğini unutmamak gerekir (Sağlam ve Adiloğlu 1997).

Alınan örnekler Çökelme İndeksi (Çİ) bakımından incelendiğinde; Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında alınan tüm su örneklerinin Çİ değerlerinin pozitif olduğu görülmektedir. Nitekim bu durum Çizelge 4.1, Çizelge 4.3, Çizelge 4.5, Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9' da açıkça görülmektedir.

Çizelge 4.9 Eylül ayında alınan su örneklerinin bazı kalite özellikleri

| Örnek no | EC µmhos/cm | pH | SAR | RSC me/L | Çİ |
|----------|----------------|------|------|-------------|----|
| 1 | 468 | 9.18 | 1.25 | -0.25 | + |
| 2 | 257 | 8.85 | 2.40 | 2.98 | + |
| 3 | 233 | 7.94 | 1.43 | -0.68 | + |
| 4 | 218 | 8.83 | 2.63 | 3.01 | + |
| 5 | 275 | 8.87 | 1.62 | 2.13 | + |
| 6 | 221 | 8.90 | 2.42 | 2.56 | + |
| 7 | 357 | 9.16 | 2.51 | 4.30 | + |
| 8 | 364 | 9.18 | 2.46 | 3.05 | + |
| 9 | 271 | 7.57 | 2.68 | 3.08 | + |
| 10 | 324 | 8.63 | 3.19 | 2.25 | + |
| 11 | 256 | 8.75 | 0.60 | 0.14 | + |
| 12 | 248 | 8.70 | 2.39 | 5.46 | + |
| Max | 468 | 9.18 | 3.19 | 5.46 | + |
| Min | 218 | 7.57 | 0.60 | -0.68 | + |
| Ort. | 291 | 8.71 | 2.13 | 2.33 | + |

Bu sonuçlara göre sulama sularının Çİ değerleri pozitif olduğundan uzun vadede sulamada kullanılmasının sakıncalı olacağı, topraklarda çoraklaşma riski taşıyabileceği ve SAR değerinin de yükselebileceği akla gelmektedir. Söz konusu bu su örneklerinin sulamada kullanılmasında dikkatli olunması gerektiği gerçeği ortaya çıkmaktadır. Halbuki bazı örneklerin RSC değerleri izin verilebilir sınırlarda hesaplanmıştır. Buradan sulama sularının kalitelerinin belirlenmesinde sadece RSC değerlerine göre yorum yapılmasının her zaman doğru olmayacağı gerçeği ortaya çıkmaktadır.

Bazı örneklerin aylara göre kalıcı sodyum karbonat (RSC) içermedikleri halde çökeltme indeksleri (Çİ) pozitif bulunmuştur. Bunun sebebi, $CO_3 + HCO_3$ konsantrasyonunun Ca + Mg konsantrasyonundan az olsa bile Ca ve Mg' un karbonatlar şeklinde çökmesi sonucu toprak çözeltisinin sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) ve dolayısıyla toprağın değişim materyalindeki sodyum düzeyi yükselebilesidir (Sağlam ve Adiloğlu 1997).

4.1.6. Potasyum (K) Konsantrasyonları

Potasyum, bitkiler için mutlak gerekli bir besin elementi olup, sulama sularında da bulunması arzu edilir. Potasyum (K) özellikleri yönünden Na' a benzese de, ABD Reverse Tuzluluk Laboratuvarı' nda yapılan araştırmalar, gerek toprak gerekse sulama sularında herhangi bir zarar meydana getirmediğini göstermiştir (Tuncay 1994).

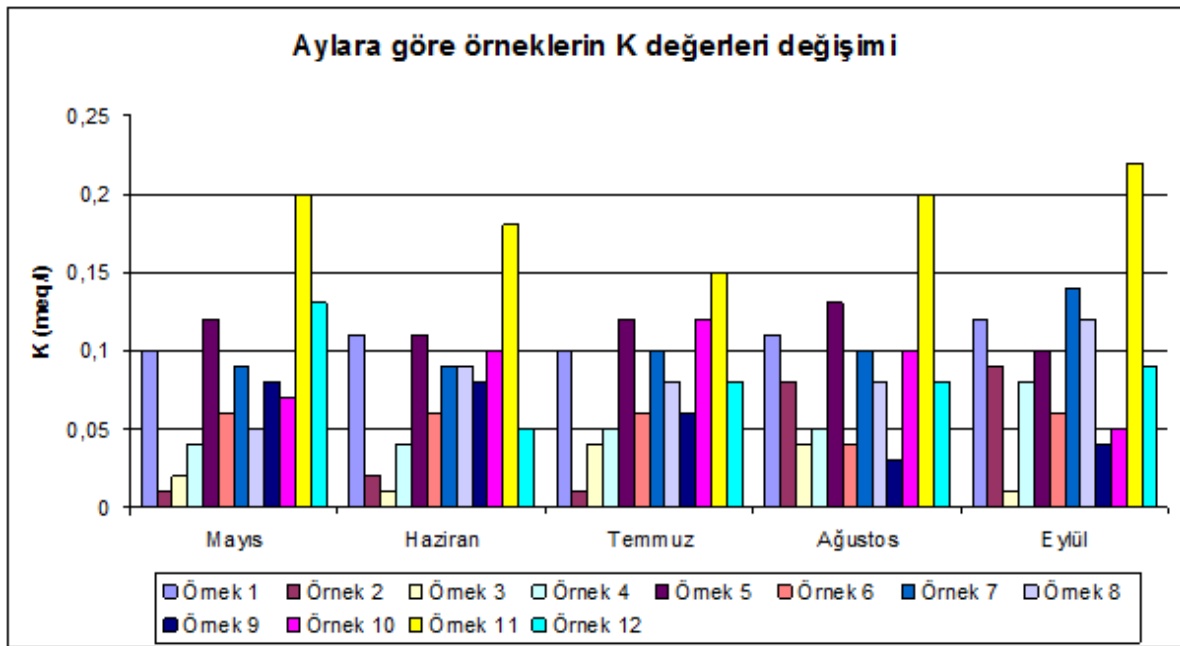
Yapılan araştırmalarda sulama sularındaki K konsantrasyonunun fazla olması suya kirletici unsurların veya gübrelerin bulaştığının bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Ayyıldız 1983).

Potasyum, çok nadir hallerde yüksek konsantrasyonlarda bulunur. Yüksek K⁺ konsantrasyonları bitkilere toksik etki yapmaktadır. Bu toksik etki Mg⁺² da olduğu gibi Ca⁺² konsantrasyonunun artması ile dengelenebilir. Ayrıca yüksek K⁺ konsantrasyonları Mg⁺² eksikliğine ve Fe klorozuna da neden olabilmektedir (Yurtseven ve Sönmez 1992).

Alınan örnekler incelendiğinde sulama sularının K konsantrasyonlarının Mayıs ayı örneklerinde 0.01 - 0.20 me/L (Çizelge 4.10), Haziran ayı örneklerinde 0.01 - 0.18 me/L (Çizelge 4.11), Temmuz ayı örneklerinde 0.01 - 0.15 me/L (Çizelge 4.12), Ağustos ayı örneklerinde 0.03 - 0.20 me/L (Çizelge 4.13) ve Eylül ayı örneklerinde ise 0.01 - 0.22 me/L (Çizelge 4.14) arasında değiştiği belirlenmiştir. Nitekim bu sonuçlar topluca Şekil 4.5' de verilmiştir.

Çizelge 4.10 Mayıs ayında alınan su örneklerinin bazı kalite özellikleri (Katyonlar-Anyonlar)

| Örnek no | Katyonlar | | | Anyonlar | | | |
|----------|---------------|-----------|------------|-------------------------|--------------------------|------------|-------------------------|
| | Ca+Mg me/L | K me/L | Na me/L | CO ₃ me/L | HCO ₃ me/L | Cl me/L | SO ₄ me/L |
| 1 | 8.51 | 0.10 | 1.99 | 0.60 | 6.00 | 3.99 | 0 |
| 2 | 5.94 | 0.01 | 2.75 | 1.12 | 7.08 | 0.5 | 0 |
| 3 | 5.98 | 0.02 | 3.31 | 0 | 8.2 | 1.2 | 0.1 |
| 4 | 6.60 | 0.04 | 2.43 | 0.65 | 7.21 | 1.21 | 0 |
| 5 | 6.01 | 0.12 | 3.56 | 1.25 | 7.73 | 0.63 | 0.08 |
| 6 | 5.88 | 0.06 | 4.24 | 2.10 | 7.00 | 1.02 | 0.06 |
| 7 | 7.20 | 0.09 | 2.32 | 0 | 9.15 | 0.46 | 0 |
| 8 | 8.13 | 0.05 | 3.30 | 0 | 9.2 | 2.05 | 0.23 |
| 9 | 5.19 | 0.08 | 2.94 | 0 | 6.20 | 1.39 | 0.62 |
| 10 | 5.92 | 0.07 | 3.27 | 1.25 | 4.66 | 3.35 | 0 |
| 11 | 5.84 | 0.20 | 3.54 | 0 | 9.02 | 0.56 | 0 |
| 12 | 6.19 | 0.13 | 2.00 | 0.80 | 7.2 | 0.32 | 0 |
| Max | 8.51 | 0.20 | 4.24 | 2.10 | 9.20 | 3.99 | 0.62 |
| Min | 5.19 | 0.01 | 1.99 | 0 | 4.66 | 0.32 | 0 |
| Ort | 6.44 | 0.08 | 2.97 | 0.64 | 7.38 | 1.39 | 0.09 |



Şekil 4.5 Su örneklerinin aylara göre K değerlerinin değişimi

4.1.7. Kalsiyum ve Magnezyum (Ca + Mg) Konsantrasyonları

Sertlik, su içinde çözülmüş (+2) değerlikli iyonların (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Sr^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} vb.), varlığının sonucudur. Kalsiyum (Ca^{+2}) ve Mg^{+2} iyonları doğal sularda diğer iyonlardan daha fazla bulduklarından, çoğunlukla sertlik, Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının konsantrasyonlarının toplamı olarak ifade edilmektedir. Diğer iyonlar genellikle kompleks formda oldukları için sertliğe fazla bir katkıları olmamaktadır. Bir suyun sertliği, sabunu çökeltme kapasitesinin ölçüsü olarak kabul edilmektedir. Sabun ise suda yaygın olarak kalsiyum ve magnezyum iyonları ile çökeltebilmektedir (Uslu ve Türkman 1987).

Sulama sularında kalsiyum bitkilerin normal gelişmeleri için gerekli olduğu kadar toprak işleme açısından (toprağın kolay işlenmesini sağlar) bulunması arzu edilmektedir. Sulama sularında Kalsiyum ve Magnezyum katyonları toprağı daha geçirgen ve daha işlenebilir şekilde tutmaktadır. İçinde fazla miktarda kalsiyum ve magnezyum tuzu bulunan sular sert sular olarak kabul edilmektedir. Sulama sularında “*Sert su toprağı yumuşak, yumuşak su toprağı sert yapar*” deyimini yaygın olarak kullanılmaktadır. Suları sertlik derecelerine göre sınıflandırmada kullanılan birimler çok değişiklik göstermektedir. Ülkemizde genellikle Fransız sertlik derecesi kullanılmaktadır. Bu ölçüme göre; bir sertlik derecesi, litrede 10 mg kalsiyum karbonata eşit kabul edilmektedir. Çok yumuşak sular 0 - 7.2, yumuşak sular 7.3 - 14.2, orta sert sular 14.3 - 21.5, oldukça sert sular 21.6 - 32.5, sert sular 32.6 - 54.0 ve çok sert sular 54 ve daha fazla Fransız sertlik derecesine sahiptir (Sağlam ve Adiloğlu 1997).

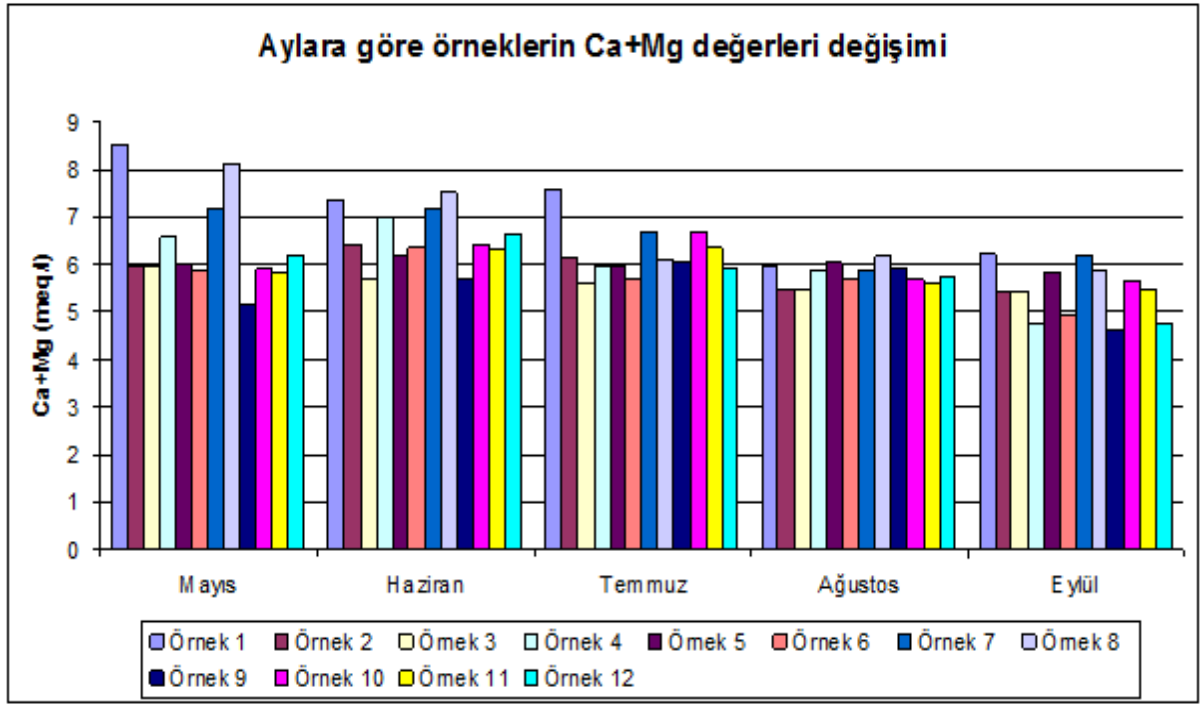
Alınan su örnekleri incelendiğinde Ca+Mg konsantrasyonlarının Mayıs ayı örneklerinde 5.19 - 8.51 me/L (Çizelge 4.10), Haziran ayı örneklerinde 5.71 - 7.53 me/L (Çizelge 4.11), Temmuz ayı örneklerinde 5.64 - 7.57 me/L (Çizelge 4.12), Ağustos ayı örneklerinde 5.48 - 6.17 me/L (Çizelge 4.13) ve Eylül ayı örneklerinde ise 4.62 - 6.25 me/L (Çizelge 4.14) arasında değiştiği görülmektedir. Buna göre sulama suyu örnekleri Fransız sertlik derecesine göre değerlendirildiğinde “Çok yumuşak ile yumuşak” sular sınıfında yer almaktadır.

Çizelge 4.11 Haziran ayında alınan su örneklerinin bazı kalite özellikleri (Katyonlar-Anyonlar)

| Örnek no | Katyonlar | | | Anyonlar | | | |
|----------|---------------|-----------|------------|-------------------------|--------------------------|------------|-------------------------|
| | Ca+Mg me/L | K me/L | Na me/L | CO ₃ me/L | HCO ₃ me/L | Cl me/L | SO ₄ me/L |
| 1 | 7.37 | 0.11 | 3.29 | 0.30 | 6.50 | 3.97 | 0 |
| 2 | 6.44 | 0.02 | 3.48 | 1.00 | 7.10 | 1.6 | 0 |
| 3 | 5.73 | 0.01 | 3.15 | 0 | 6.40 | 2.14 | 0.10 |
| 4 | 7.00 | 0.04 | 3.90 | 0.60 | 7.00 | 2.84 | 0 |
| 5 | 6.18 | 0.11 | 3.13 | 1.00 | 7.90 | 0.42 | 0.10 |
| 6 | 6.35 | 0.06 | 3.58 | 1.79 | 7.20 | 1.00 | 0 |
| 7 | 7.20 | 0.09 | 1.64 | 0 | 8.40 | 0.42 | 0 |
| 8 | 7.53 | 0.09 | 5.19 | 3.30 | 7.45 | 1.65 | 0.50 |
| 9 | 5.71 | 0.08 | 1.31 | 0 | 6.10 | 0.20 | 0.80 |
| 10 | 6.40 | 0.10 | 2.86 | 1.20 | 5.15 | 3.01 | 0 |
| 11 | 6.34 | 0.18 | 1.00 | 0 | 5.32 | 1.79 | 0 |
| 12 | 6.66 | 0.05 | 2.30 | 0.82 | 7.19 | 1.00 | 0 |
| Max | 7.53 | 0.18 | 5.19 | 3.30 | 8.40 | 3.97 | 0.80 |
| Min | 5.71 | 0.01 | 1.00 | 0 | 5.15 | 0.20 | 0 |
| Ort. | 6.57 | 0.07 | 2.90 | 0.83 | 6.80 | 1.67 | 0.12 |

Ayrancı (2006), Muğla- Ortaca yöresi seralarda kullanılan sulama sularının kalitelerinin belirlenmesi için yaptığı bir araştırmada sera sulama sularında kalsiyum 0.22 - 4.05 me/L, magnezyum 5.04 - 11.51 me/L olarak belirlemiştir. Araştırmacı yöredeki sera tarımında kullanılan sulama suyu örneklerinin kalsiyum ve magnezyum yönünden herhangi bir sorun teşkil etmediğini ortaya koymuştur.

Araştırmada kullanılan sulama suyu örneklerinin Ca+Mg değerlerinin aylara göre değişimi Şekil 4.6' da görülmektedir.



Şekil 4.6 Su örneklerinin aylara göre Ca+Mg değerleri değişimi

4.1.8. Karbonat (CO₃) Konsantrasyonları

Sulama sularındaki karbonatın önemli bir kısmı hava ve topraktaki karbondioksitin suda çözünmesi ile oluşmaktadır. Teorik olarak, orta derece tuzlu bir suda bulunan bikarbonatın yarısı karbonatlı kayaçların çözünmesinden, yarısı da toprak, hava ve diğer CO₂ kaynaklarından gelmektedir (Kali 2008).

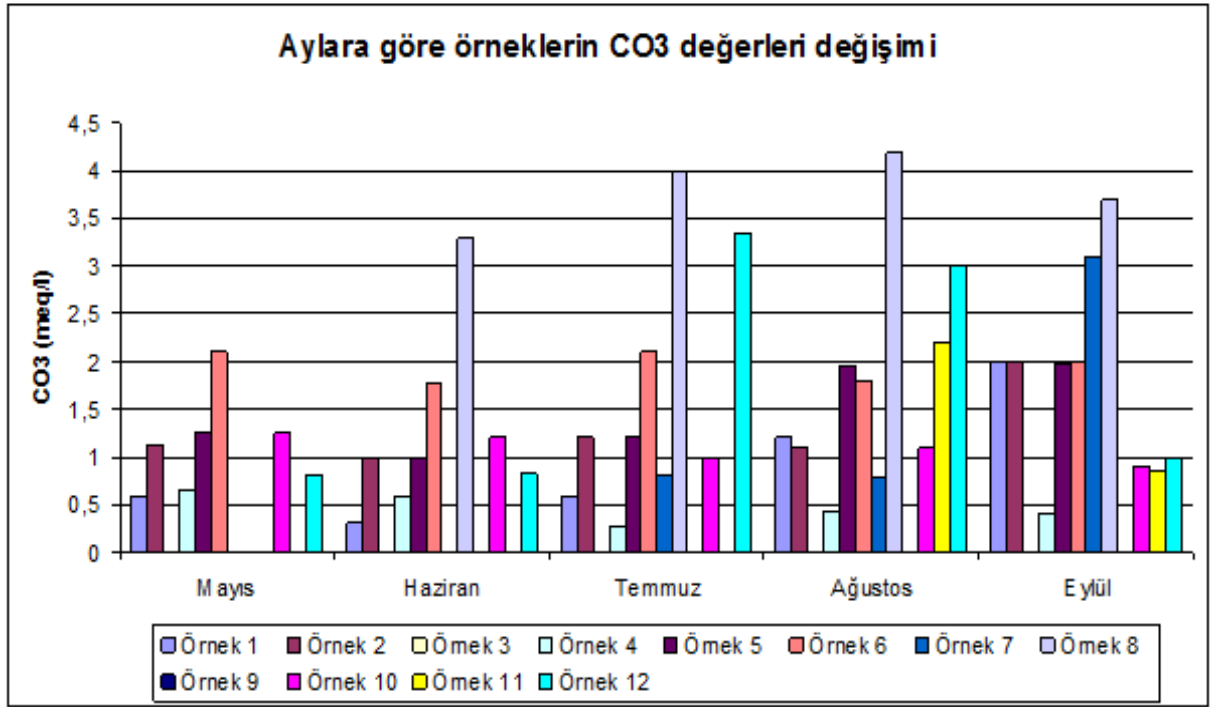
Sulama sularında bulunan CO₃⁻² ve HCO₃⁻¹ iyonlarının oransal değerleri, pH değerinin bir fonksiyonudur ve normal pH derecelerinde sularda CO₃⁻² miktarı HCO₃⁻¹ miktarına göre çok düşük olup genellikle sıfır olarak kabul edilmektedir. Sulama sularının pH değerleri 8.2' nin üzerine çıktığı zaman CO₃⁻² konsantrasyonu artmaya başlamakta ve 9.5 pH' da ise yüksek değerlere ulaşmaktadır (Tuncay 1994).

Alınan sulama suyu örneklerinin analiz sonuçları incelendiğinde karbonat konsantrasyonlarının Mayıs ayı örneklerinde 0 - 2.10 me/L (Çizelge 4.10), Haziran ayı örneklerinde 0 - 3.30 me/L (Çizelge 4.11), Temmuz ayı örneklerinde 0 - 4.00 me/L (Çizelge 4.12), Ağustos ayı örneklerinde 0 - 4.20 me/L (Çizelge 4.13) ve Eylül ayı örneklerinde ise 0 - 3.70 me/L (Çizelge 4.14) arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu araştırma bulguları sulama suyu örneklerinin pH değerleri ile uygunluk içerisinde. Söz konusu bu CO₃ değerleri topluca aşağıdaki Şekil 4.7' den de görülmektedir.

Çizelge 4.12 Temmuz ayında alınan su örneklerinin bazı kalite özellikleri (Katyonlar-Anyonlar)

| Örnek No | Katyonlar | | | Anyonlar | | | |
|----------|---------------|-----------|------------|-------------------------|--------------------------|------------|-------------------------|
| | Ca+Mg me/L | K me/L | Na me/L | CO ₃ me/L | HCO ₃ me/L | Cl me/L | SO ₄ me/L |
| 1 | 7.57 | 0.10 | 2.22 | 0.60 | 6.77 | 1.80 | 0.72 |
| 2 | 6.13 | 0.01 | 3.32 | 1.20 | 6.90 | 0.9 | 0.46 |
| 3 | 5.64 | 0.04 | 2.85 | 0 | 6.39 | 1.84 | 0.1 |
| 4 | 5.95 | 0.05 | 3.84 | 0.28 | 6.85 | 1.29 | 0.40 |
| 5 | 5.98 | 0.12 | 2.90 | 1.20 | 7.27 | 0.53 | 0 |
| 6 | 5.71 | 0.06 | 5.03 | 2.10 | 7.70 | 1.00 | 0 |
| 7 | 6.70 | 0.10 | 3.21 | 0.80 | 8.96 | 0.25 | 0 |
| 8 | 6.10 | 0.08 | 5.54 | 4.00 | 6.90 | 0.39 | 0.43 |
| 9 | 6.09 | 0.06 | 5.23 | 0 | 6.12 | 4.33 | 0.75 |
| 10 | 6.70 | 0.12 | 3.90 | 1.00 | 5.30 | 1.92 | 0.60 |
| 11 | 6.35 | 0.15 | 3.00 | 0 | 6.30 | 1.80 | 0.90 |
| 12 | 5.91 | 0.08 | 6.28 | 3.35 | 8.92 | 0 | 0 |
| Max | 7.57 | 0.15 | 6.28 | 4.00 | 8.96 | 4.33 | 0.90 |
| Min | 5.64 | 0.01 | 2.22 | 0 | 5.30 | 0 | 0 |
| Ort. | 6.23 | 0.08 | 3.94 | 1.21 | 7.03 | 1.33 | 0.36 |

Yıldıztekin (2007), Muğla-Karabağlar yöresinde kuyu sularının sulama suyu kalitelerinin belirlenmesi için yapmış olduğu bir araştırmada, tüm kuyu suyu örneklerinde karbonat iyonuna rastlanmış olup, bu sonucun söz konusu sulama sularının pH değerlerinin 8.5' den yüksek olmasından kaynaklandığını belirtmiştir. Zira, karbonatın sulu ortamlarda ancak pH' nın 8.5' den yüksek olduğu durumlarda önemli miktarda bulunabileceği Lindsay (1979) tarafından da bildirilmiştir.



Şekil 4.7 Su örneklerinin aylara göre CO₃ değerleri değişimi

4.1.9. Bikarbonat (HCO_3) Konsantrasyonları

Sulama sularında bikarbonatın yüksek konsantrasyonda bulunması durumunda toprak çözültisi daha konsantre hale geldiğinden kalsiyum ve magnezyum karbonatlar halinde çökelmekte ve sodyum oransal olarak artmaktadır.

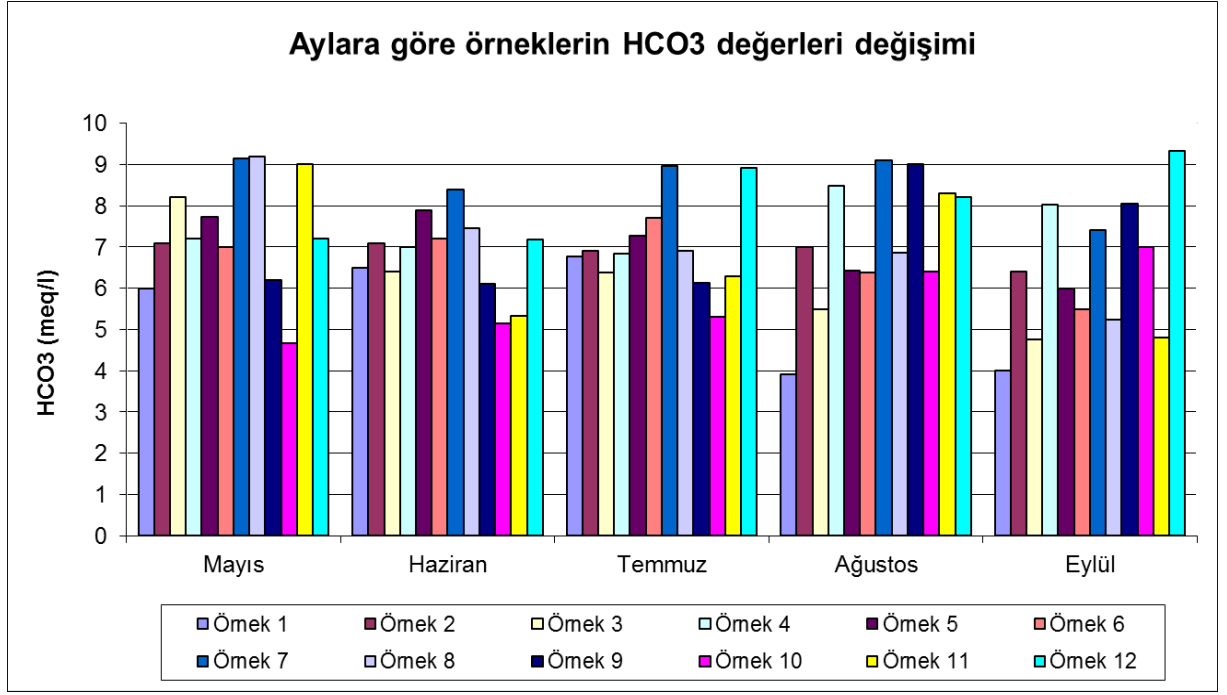
Bikarbonat iyonunun zararlı etkisi bitki cinslerine göre farklılık göstermekte olup bazı durumlarda, düşük konsantrasyonlarda dahi zararlı olabilmektedir. Yapılan araştırmalar bikarbonatın, bitkinin besin maddeleri alımını ve metabolizmasını etkilediğini ve bu etkilemenin derecesinin de bitki çeşidine göre farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Örneğin fasulye çok duyarlı olmasına karşın, pancar nispeten daha az duyarlılık göstermiştir. Kum kültüründe yapılan çalışmalarda fasulye bitkisi ortamda bikarbonatın bulunduğu koşullarda kontrol konusuna göre daha az Ca^{+2} , daha çok K^{+} adsorbe edebilmektedir. Bunun yanında bikarbonatın asıl etkisi Mg^{+2} içeriğinin azalması, Na^{+} içeriğinin ise artması şeklinde olmuştur (Yurtseven ve Sönmez 1992).

Hafik ilçesi sulama suyu örneklerinin analiz sonuçları incelendiğinde bikarbonat konsantrasyonlarının Mayıs ayı örneklerinde 4.66 - 9.20 me/L (Çizelge 4.10), Haziran ayı örneklerinde 5.15 - 8.40 me/L (Çizelge 4.11), Temmuz ayı örneklerinde 5.30 - 8.96 me/L (Çizelge 4.12), Ağustos ayı örneklerinde 3.92 - 9.10 me/L (Çizelge 4.13) ve Eylül ayı örneklerinde ise 4.00 - 7.40 me/L (Çizelge 4.14) arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 4.8).

Çizelge 4.13 Ağustos ayında alınan su örneklerinin bazı kalite özellikleri (Katyonlar-Anyonlar)

| Örnek no | Katyonlar | | | | Anyonlar | | |
|----------|---------------|-----------|------------|-------------------------|--------------------------|------------|-------------------------|
| | Ca+Mg me/L | K me/L | Na me/L | CO ₃ me/L | HCO ₃ me/L | Cl me/L | SO ₄ me/L |
| 1 | 5.96 | 0.11 | 4.51 | 1.20 | 3.92 | 3.74 | 0.10 |
| 2 | 5.48 | 0.08 | 3.60 | 1.10 | 7.00 | 1.06 | 0 |
| 3 | 5.50 | 0.04 | 3.10 | 0 | 5.50 | 2.94 | 0.20 |
| 4 | 5.88 | 0.05 | 3.89 | 0.41 | 8.48 | 0.43 | 0.50 |
| 5 | 6.05 | 0.13 | 2.89 | 1.96 | 6.43 | 0.13 | 0.50 |
| 6 | 5.69 | 0.04 | 3.67 | 1.80 | 6.38 | 1.12 | 0.10 |
| 7 | 5.87 | 0.10 | 4.00 | 0.78 | 9.10 | 0.95 | 0 |
| 8 | 6.17 | 0.08 | 5.46 | 4.20 | 6.86 | 0.65 | 0.10 |
| 9 | 5.92 | 0.03 | 4.42 | 0 | 9.00 | 1.15 | 0.20 |
| 10 | 5.70 | 0.10 | 3.71 | 1.10 | 6.41 | 1.20 | 0.80 |
| 11 | 5.63 | 0.20 | 5.90 | 2.20 | 8.30 | 0.50 | 0.26 |
| 12 | 5.74 | 0.08 | 6.39 | 3.00 | 8.20 | 0 | 0 |
| Max | 6.17 | 0.20 | 6.39 | 4.20 | 9.10 | 3.74 | 0.80 |
| Min | 5.48 | 0.03 | 2.89 | 0 | 3.92 | 0 | 0 |
| Ort. | 5.79 | 0.08 | 4.29 | 1.47 | 7.13 | 1.15 | 0.23 |

Muğla-Karabağlar yöresi kuyu sularının sulama suyu kalitesi yönünden araştırılması üzerine yapılan bir çalışmada, bikarbonat anyonu miktarı 3 - 9.9 me/L arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Yıldıztekin 2007).



Şekil 4.8 Su örneklerinin aylara göre HCO₃ değerleri değişimi

4.1.10. Klor Konsantrasyonları

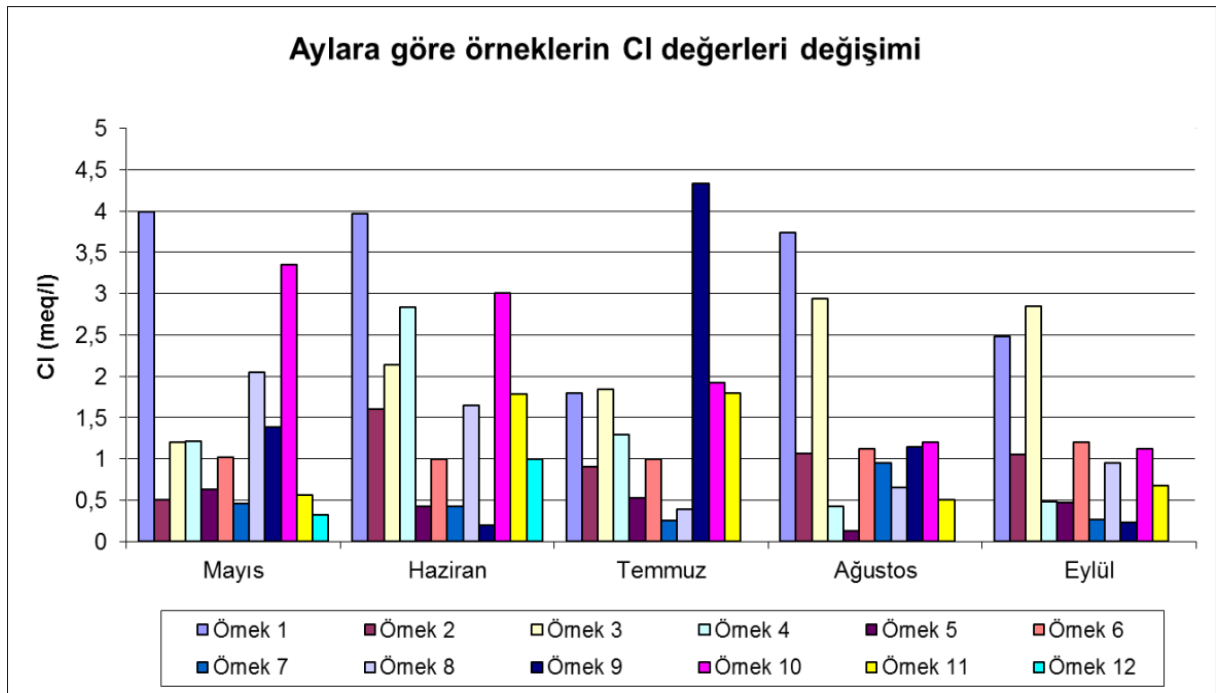
Klor iyonu, sulama sularında bulunan en sorunlu anyon olarak kabul edilmektedir. Sulama sularındaki klor deniz suyu etkisinden, tarımsal amaçlı gübrelerden ve endüstriyel atıkların etkisinden kaynaklanabilmektedir. Sulama sularının klor içerikleri belirli konsantrasyonların üzerine çıktığında, bitkinin çeşitli organlarına zarar verdiğinden olumsuz etkiler yapabilmektedir. Birçok araştırmacı tarafından yapılan çalışmalar sonucunda şeftali ve diğer sert çekirdekli meyvelerde klorun toksik etki yaptığı, narenciye, avokado, asma, soya, yonca, arpa, karnabahar, pamuk, patates, susam, şeker pancarı, ayçiçeği, domates gibi pek çok sayıda bitkide yaprak adsorpsiyonu ve yaprak yanmalarına neden olduğu ortaya konulmuştur (Güngör ve Yurtseven 1991).

Çizelge 4.14 Eylül ayında alınan su örneklerinin bazı kalite özellikleri (Katyonlar-Anyonlar)

| Örnek no | Katyonlar | | | | Anyonlar | | |
|----------|---------------|-----------|------------|-------------------------|--------------------------|------------|-------------------------|
| | Ca+Mg me/L | K me/L | Na me/L | CO ₃ me/L | HCO ₃ me/L | Cl me/L | SO ₄ me/L |
| 1 | 6.25 | 0.12 | 2.21 | 2.00 | 4.00 | 2.48 | 0.1 |
| 2 | 5.42 | 0.09 | 3.94 | 2.00 | 6.40 | 1.05 | 0 |
| 3 | 5.43 | 0.01 | 2.36 | 0 | 4.75 | 2.85 | 0.2 |
| 4 | 4.76 | 0.08 | 4.06 | 0.40 | 8.02 | 0.48 | 0 |
| 5 | 5.85 | 0.10 | 2.76 | 1.98 | 6.00 | 0.47 | 0.25 |
| 6 | 4.94 | 0.06 | 3.8 | 2.00 | 5.50 | 1.20 | 0.1 |
| 7 | 6.20 | 0.14 | 4.43 | 3.10 | 7.40 | 0.27 | 0 |
| 8 | 5.89 | 0.12 | 4.21 | 3.70 | 5.24 | 0.95 | 0.33 |
| 9 | 4.62 | 0.04 | 4.02 | 0 | 8.05 | 0.23 | 0.40 |
| 10 | 5.65 | 0.05 | 4.12 | 0.90 | 7.00 | 1.12 | 0.80 |
| 11 | 5.51 | 0.22 | 1.00 | 0.85 | 4.80 | 0.68 | 0.40 |
| 12 | 4.75 | 0.09 | 5.48 | 0.98 | 9.34 | 0 | 0 |
| Max | 6.25 | 0.22 | 5.48 | 3.70 | 9.34 | 2.85 | 0.80 |
| Min | 4.62 | 0.01 | 1.00 | 0 | 4.00 | 0 | 0 |
| Ort. | 5.43 | 0.09 | 3.53 | 1.49 | 6.37 | 0.98 | 0.21 |

Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan kalite parametreleri dikkate alındığında, sulama sularında Cl değerleri; 0 - 4 me/L ise I. Sınıf su (çok iyi); 4 - 7 me/L arasında ise II. Sınıf su (iyi); 7 - 12 me/L değerleri arasında ise III. Sınıf su (kullanılabilir); 12 - 20 me/L arasında ise IV. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı) ve 20 me/L' den büyük ise V. Sınıf su (zararlı) olarak kabul edilmektedir (Anonim 1991).

Bu araştırmada kullanılan sulama suyu örneklerinin klor konsantrasyonlarının Mayıs ayı örneklerinde 0.32 - 3.99 me/L (Çizelge 4.10), Haziran ayı örneklerinde 0.00 - 1.65 me/L (Çizelge 4.11), Temmuz ayı örneklerinde 0.00 - 4.33 me/L (Çizelge 4.12), Ağustos ayı örneklerinde 0.00 - 3.74 me/L (Çizelge 4.13) ve Eylül ayı örneklerinde ise 0 - 1.75 me/L (Çizelge 4.14) arasında değiştiği görülmektedir. Söz konusu bu değerler Anonim (1991)' e göre değerlendirildiğinde araştırmada kullanılan sulama sularında herhangi bir klor toksitesinin olmadığı anlaşılmaktadır (Şekil 4.7).



Şekil 4.9 Su örneklerinin aylara göre Cl değerleri değişimi

4.1.11. Sülfat (SO₄) Konsantrasyonları

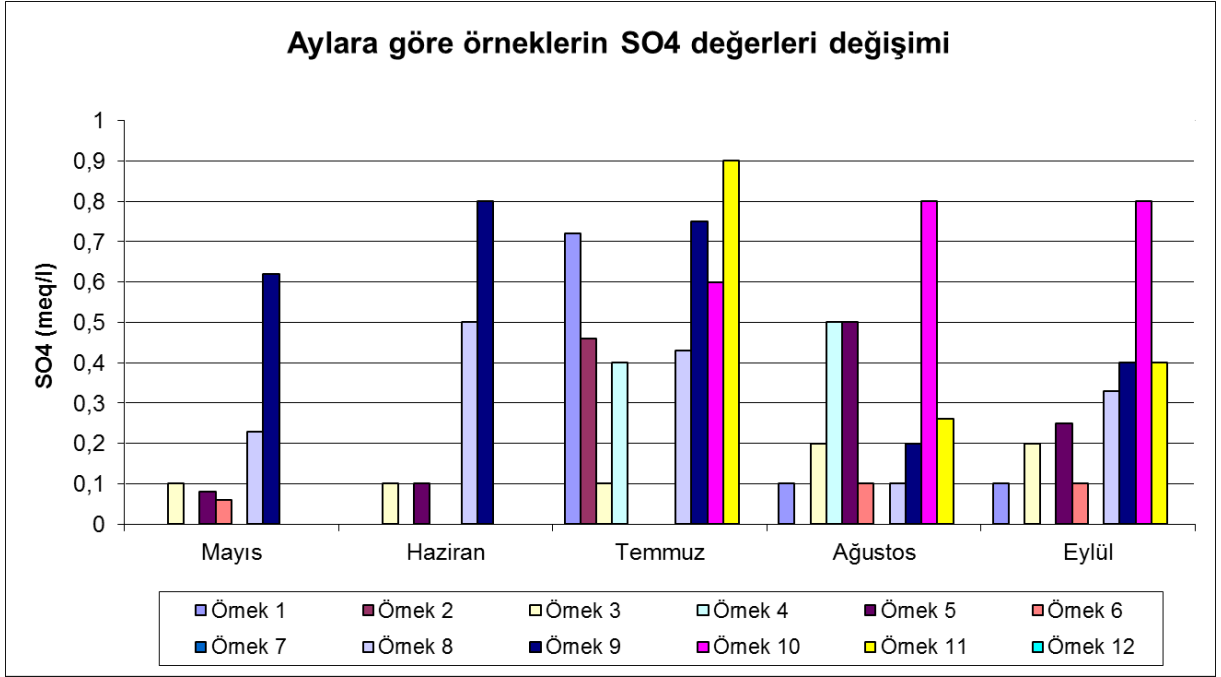
Kükürt içeren kaya ve minerallerin parçalanma, ayrışma ve oksidasyonu sonucu sülfatlar oluşmaktadır. Sülfat, diğer bazı anyonlar göre sulama sularında daha az toksiktir. Yüksek konsantrasyonlarda sülfat iyonları kalsiyumun çökmesine neden olmakta ve bu durumda bitkilere toksik olabilmektedir (Ayyıldız 1990). Sulama sularında sülfatın bulunma aralığı 0 ile 20 me/L arasında değiştiği ön görülmektedir (Ayers ve Westcot 1989).

Sülfat toksitesi pek çok bitkide gözlenmiştir. Bu toksitenin asıl nedeni ise yüksek sülfat (SO₄⁻²) konsantrasyonu koşulunda bitkilerin kalsiyum (Ca⁺²) iyonunu alamamalarından kaynaklanmaktadır. Kalsiyum iyonundaki bu azalma ile Na⁺ ve K⁺ iyonlarının adsorpsiyonu artmakta ve böylece yüksek konsantrasyondaki sülfatın zararlı etkisi, bu katyon dengesindeki bozulma ile ilgili hale gelebilmektedir (Güngör ve Yurtseven 1991).

Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite parametreleri dikkate alındığında, sulama sularında SO₄ değerleri; 0 - 4 me/L arasında ise I. Sınıf su (çok iyi); 4 - 7 me/L arasında ise II. Sınıf su (iyi); 7 - 12 me/L arasında ise III. Sınıf su (kullanılabilir); 12 - 20 me/L arasında ise IV. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı) ve 20 me/L' den büyük ise V. Sınıf su (zararlı) olarak belirtilmiştir (Anonim 1991).

Alınan su örnekleri incelendiğinde sülfat konsantrasyonlarının Mayıs ayı örneklerinde 0.00 - 0.62 me/L (Çizelge 4.10), Haziran ayı örneklerinde 0.00 - 0.80 me/L (Çizelge 4.11), Temmuz ayı örneklerinde 0.00 - 0.90 me/L (Çizelge 4.12), Ağustos ayı örneklerinde 0.00 - 0.80 me/L (Çizelge 4.13) ve Eylül ayı örneklerinde ise 0.00 - 0.80 me/L (Çizelge 4.14) arasında değiştiği görülmektedir. Sulama suyu kalite parametrelerine göre tüm örnekler I. Sınıf su (çok iyi) kalitesindedir (Şekil 4.10).

Kadirağagil (2011), asidik maden sularının yeraltı suyu kalitesine etkisini Ergani Maden Bakır İşletmesi örneği üzerinde incelemiştir. Bunun için üç farklı lokasyondan örnekler almış, 1. örnekleme noktasından sonbahar döneminde alınan su örneğinin sülfat değerinin, alt sınır ve üst sınır aralığında, diğer dönemlerde ve diğer örnekleme noktalarından tüm dönemlerde alınan su örneklerinin sülfat değerlerinin alt sınırın altında olduğunu tespit etmiştir.



Şekil 4.10 Su örneklerinin aylara göre SO₄ değerleri değişimi

4.2. Sulama Sularında Belirlenen Bazı Ağır Metallerin Değerlendirilmesi

Metallerin insan vücudunda kataliz, hormonların çalışması, gen ve diğer düzenleyici fonksiyonlar, makro moleküllerin yapısal kararlılığı, kasların kasılması, sinir iletimi, taşınım gibi biyolojik olaylarda rol oynadığı bilinmektedir. İnsan ve hayvanlar için yaşamsal önemi olan ve bu nedenle gerekli olarak sınıflandırılan metal iyonlarının, belirli bir konsantrasyondan sonra toksik özellik gösterdikleri bilinmektedir. Çok düşük konsantrasyonlarda olsa bile toksik etki oluşturabildikleri için sağlık ve çevre açısından çok önemli olan ağır metaller As, Pb, Hg, Fe, Cd, Cr, Co, Ni, Be, Cu ve Mn olarak bilinmektedir. Suda bulunabilecek her türlü madde belirli bir konsantrasyonun üzerinde sağlık için zararlı olabilmektedir. Özellikle toksik maddeler suda çok düşük konsantrasyonlarda bulunmaları halinde bile insan sağlığına zarar verecek hastalıklara hatta ölümlere bile neden olabilirler. Sularda bulunan toksik maddeler arasında diğer bir önemli grup ise sulara tarımsal ve endüstriyel faaliyetler sonucu bulaşan organik maddelerdir (Anonim 2012b).

Bitkiler; atmosferden, gübrelerden, atıksu ve çamurlardan veya tarımda kullanılan inorganik pestisitlerden toprağa bulaşmış olan ağır metalleri konsantrasyonlarına bağlı olarak biriktirme eğilimindedir. Bu nedenle, topraktaki ağır metallerin tolere edilir miktarlarının saptanmasına gerek vardır. Bitkiler, özellikle kadmiyum gibi bazı elementlere çok geniş sınırlar içinde tolerans göstermektedirler. Diğer taraftan tarım ürünlerinde, insan ve hayvan beslenmesinde olumsuzluk oluşturacak düzeyde ağır metal birikimi söz konusu olabilmektedir. Toksik düzeylere ulaşılsa bile, bu tür maddeler artan dozlarda solunum veya başka kaynaklardan da bünyeye alındığında gıdalardaki düşük dozlar bile insanlar için risk faktörü olarak ele alınmalıdır. Ağır metallerin su ve canlı organizmalardaki dağılımının incelenmesi, çevresel kirliliği gösteren kriterlerden birisi olarak kabul edilmektedir. Kentsel ve endüstriyel atıkların sulara karışması, bu toksik maddelerin ekosisteme girmesine neden olmaktadır (Vural 1993).

Ağır metaller hemen hemen tüm su kaynaklarında çok düşük konsantrasyonlarda olmak üzere yer almaktadırlar. Çoğunlukla birkaç mg/L ya da 100 mg/L' den düşük düzeyde bulunmaktadırlar. Rutin analizler içerisinde genelde yer almazlar. Genellikle yüzey suları, yeraltı sularından daha az ağır metal içermekte olup ancak, bu konuda kesin bir kural olmamaktadır. Genel yaklaşım olarak yüzey sularının analizinde ağır metaller, özel bir şüpheli çağrıştıracak bir toksite problem görülüyorsa, yer almamaktadır. Hemen her zaman

ağır metallerin yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu alanlarda bu durum insan aktivitesi, özellikle atıksu deşarjı vs. sonucudur (FAO 1995).

Atıksu kullanımı içeren herhangi bir projede ağır metallerin mutlaka kontrol edilmesi gerekmektedir. Bütün ağır metallere toksik değildir ve hatta bazıları (rneğin, Fe, Mn, Mo ve Zn) bitki gelişimi için belirli bir konsantrasyonda mutlak gereklidir. Bununla beraber bitkilerce yüksek miktarlarda alımı halinde bu elementler bitki unsurlarında birikmekte ve bitki gelişimini etkilemektedir. Özellikle sulama sularında ağır metallere toksik değerleri konusunda çok az çalışma vardır. Bununla beraber atık sularında kullanım limitleri konusunda değerli araştırmalar yapılmaktadır. Pek çok ağır metalin toprakta kolaylıkla adsorbe edildiği ve biriktirildiği bilinmektedir. Bu prosesin geri dönüşümlü olması nedeniyle topraklar, bu elementleri bitki gereksiniminden fazla miktarlarda içeren suların tekrar tekrar kullanımları ile verimsiz hale gelebilmekte veya yetiştirilen ürün kullanılmaz duruma gelebilmektedir (FAO 1995).

Pek çok sulama suyu kaynağı bu ağır metallere bakımından çok düşük konsantrasyona sahip olduklarından, bu tür elementlerin toksite sorunları genelde görülmemektedir. Bu tür ağır metallere sulama sularında izin verilebilir miktarları aşağıdaki izelge 4.15' de (FAO 1995) verilmiştir.

Çizelge 4.15 Sulama sularındaki bazı ağır metallerin bulunabilecekleri en yüksek konsantrasyon değerleri (FAO 1995)

| Ağır metal | | Konsantrasyon mg/L | Ağır metal ile ilgili bilgi |
|------------|----------|-----------------------|--|
| Cd | Kadmiyum | 0.01 | Besin çözeltilisinde fasulye, pancar ve turp için 0.1 mg/L gibi düşük konsantrasyonları dahi zararlıdır. Bitkide ve toprakta birikme düzeylerine bağlı olarak insana zararlı olabilecek konsantrasyonları belirlenmelidir. |
| Co | Kobalt | 0.05 | Besin çözeltilisinde domateste 0.1 mg/L düzeyi toksik olmuştur. Doğal ve alkali topraklarda inaktif olma eğilimindedir |
| Cr | Krom | 0.10 | Her zaman büyüme için gerekli element olduğu kabul edilmemektedir. Bitki üzerindeki zararlı düzeyi belirtilmiştir. |
| Cu | Bakır | 0.20 | 0.1 ile 1.0 mg/L arasında besin çözeltilerinde pek çok bitki için toksiktir. |
| Fe | Demir | 5.0 | Havalandırılan topraklarda toksik değildir ancak, toprak asitliğine katkıda bulunur ve fosfor ve molibdenin alınabilirliğini azaltabilir. |
| Mn | Mangan | 0.20 | Genellikle sadece asit topraklarda pek çok bitkide çok küçük konsantrasyonlarda dahi toksiktir. |
| Ni | Nikel | 0.20 | 0.5 ile 1.0 mg/L konsantrasyonu pek çok bitki için toksiktir; doğal ve alkali pH' ya sahip topraklarda toksisitesi azalır. |
| Pb | Kurşun | 5.0 | Yüksek konsantrasyonlarda bitki hücre gelişimini azaltır. |
| Zn | Çinko | 2.0 | Pek çok bitkide değişen konsantrasyonlarda toksiktir; pH > 6.0 olan topraklarda ve ince bünyeli ya da organik topraklarda toksikliği azalmaktadır. |

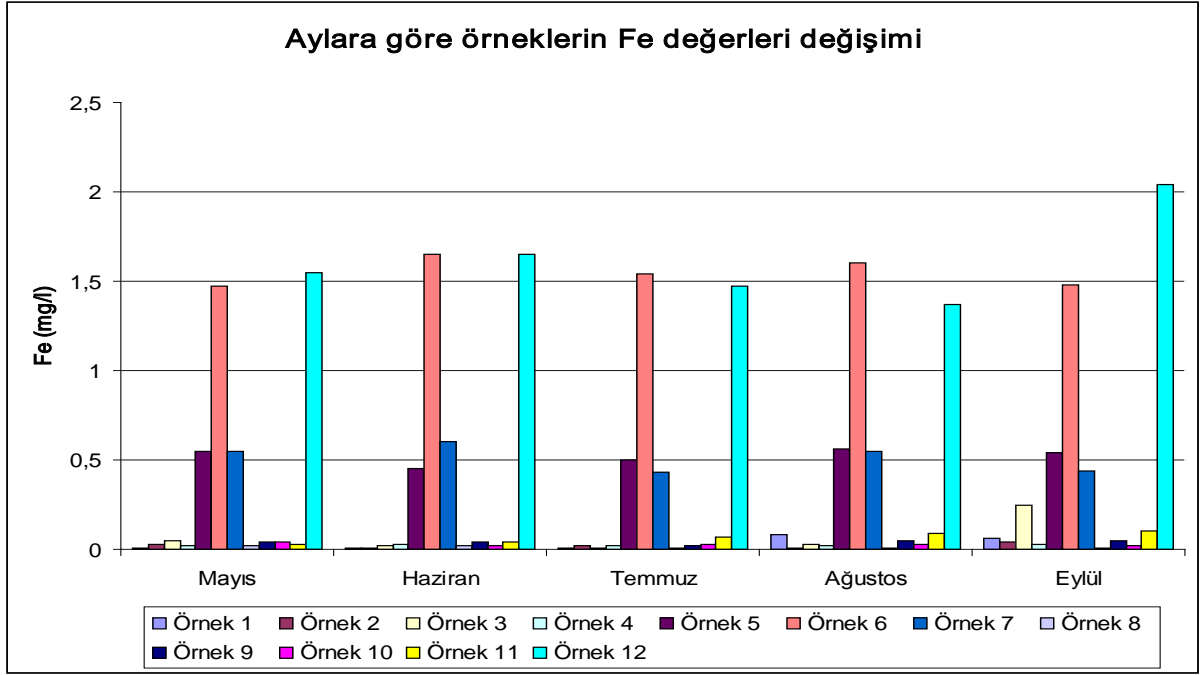
4.2.1. Demir (Fe) Konsantrasyonları

Sulama suyunda bulunan Fe, oksitlenerek yüzey sulama uygulamalarında bitki yaprakları üzerinde siyah ve kahverengi lekeler oluşturmaktadır. Ayrıca yüksek konsantrasyonlardaki Fe biyolojik aktiviteye bağlı olarak basınçlı sulama sistemlerinde tıkanmalara yol açmaktadır (Kuşlu ve ark. 2005).

Araştırma bölgesinden alınan su örneklerinin analiz sonuçları incelendiğinde demir konsantrasyonları, Mayıs ayında; 0.01 - 1.55 mg/L arasında, Haziran ayında; 0.00 - 1.65 mg/L arasında, Temmuz ayında; 0.01 - 1.54 mg/L arasında, Ağustos ayında; 0.01 - 1.60 mg/L arasında, Eylül ayında ise; 0.01 - 2.04 mg/L arasında değişmektedir (Çizelge 4.16). Sonuçlar incelendiğinde sınır değer olan 5.0 mg/L değerinin hiçbir noktada aşılmadığı görülmüştür. Sulama sularının Fe konsantrasyonlarının aylara göre değişim seyri Şekil 4.11' den de görülmektedir.

Çizelge 4.16 Örnekleme aylarında alınan su örneklerinde tespit edilen Fe içerikleri

| Örnek no | Fe (mg/L) | | | | |
|----------|-----------|---------|--------|---------|-------|
| | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül |
| 1 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.08 | 0.06 |
| 2 | 0.03 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.04 |
| 3 | 0.05 | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 0.25 |
| 4 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.03 |
| 5 | 0.55 | 0.45 | 0.50 | 0.56 | 0.54 |
| 6 | 1.47 | 1.65 | 1.54 | 1.60 | 1.48 |
| 7 | 0.55 | 0.60 | 0.43 | 0.55 | 0.44 |
| 8 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 9 | 0.04 | 0.04 | 0.02 | 0.05 | 0.05 |
| 10 | 0.04 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.02 |
| 11 | 0.03 | 0.04 | 0.07 | 0.09 | 0.10 |
| 12 | 1.55 | 1.65 | 1.47 | 1.37 | 2.04 |
| Max | 1.55 | 1.65 | 1.54 | 1.60 | 2.04 |
| Min | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Ort. | 0.36 | 0.37 | 0.34 | 0.36 | 0.42 |



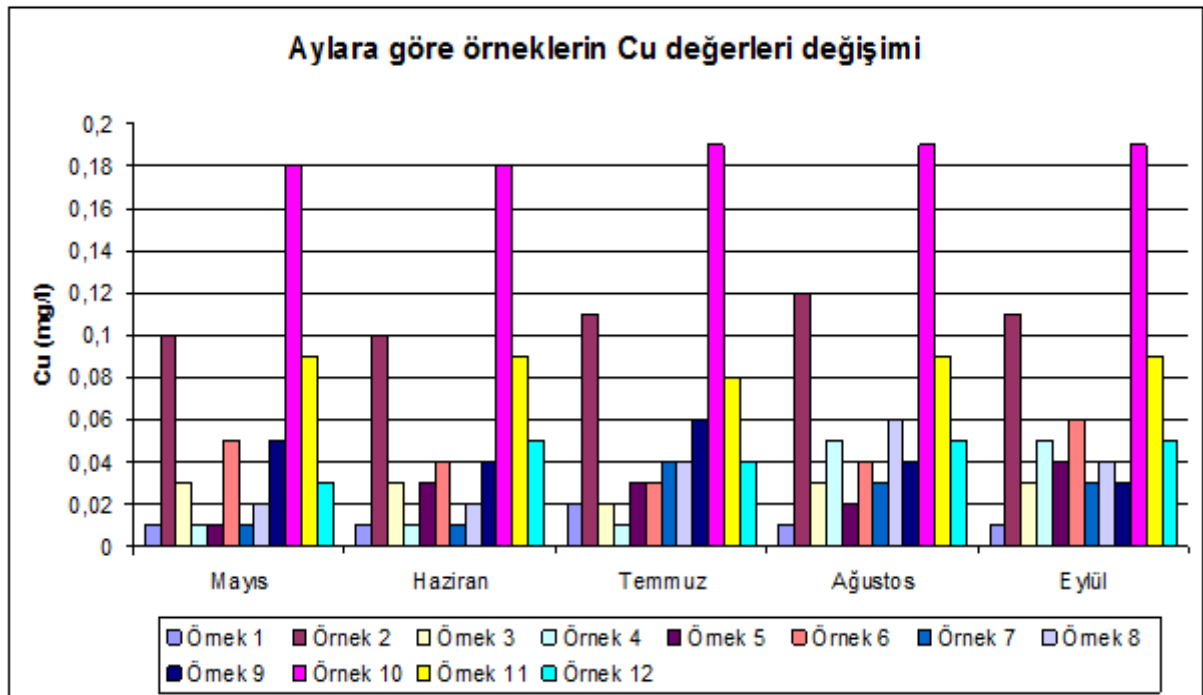
Şekil 4.11 Su örneklerinin aylara göre Fe değerleri değişimi

4.2.2. Bakır (Cu) Konsantrasyonları

Bakırın sularda Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği' ne göre 0.2 mg/L' yi geçmemesi istenmektedir. Alınan su örnekleri incelendiğinde bakır konsantrasyonları, Mayıs ayında; 0.01 - 0.18 mg/L arasında, Haziran ayında; 0.01 - 0.18 mg/L arasında, Temmuz ayında; 0.01 - 0.19 mg/L arasında, Ağustos ayında; 0.01 - 0.19 mg/L arasında, Eylül ayında ise; 0.01 - 0.19 mg/L arasında değişmektedir (Çizelge 4.17). Sonuçlar incelendiğinde sınır değer olan 0.2 mg/L değerinin hiçbir noktada aşılmadığı görülmüştür (Şekil 4.12).

Çizelge 4.17 Örnekleme aylarında alınan su örneklerinde tespit edilen Cu içerikleri

| Örnek no | Cu (mg/L) | | | | |
|----------|-----------|---------|--------|---------|-------|
| | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül |
| 1 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |
| 2 | 0.10 | 0.10 | 0.11 | 0.12 | 0.11 |
| 3 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.03 |
| 4 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.05 | 0.05 |
| 5 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.04 |
| 6 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.06 |
| 7 | 0.01 | 0.01 | 0.04 | 0.03 | 0.03 |
| 8 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.06 | 0.04 |
| 9 | 0.05 | 0.04 | 0.06 | 0.04 | 0.03 |
| 10 | 0.18 | 0.18 | 0.19 | 0.19 | 0.19 |
| 11 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.09 | 0.09 |
| 12 | 0.03 | 0.05 | 0.04 | 0.05 | 0.05 |
| Max | 0.18 | 0.18 | 0.19 | 0.19 | 0.19 |
| Min | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Ort. | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.06 |



Şekil 4.12 Su örneklerinin aylara göre Cu değerleri değişimi

4.2.3. Çinko (Zn) Konsantrasyonları

Çinkonun sulama sularında Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği' ne göre, 2.0 mg/L 'yi geçmemesi istenmektedir. pH değeri 6.0 - 8.5 arasında olan killi topraklarda ise 24 yıldan daha az sulama yapıldığında 10.0 mg/L' yi geçmemesi istenmektedir. Alınan su örneklerinin tamamının çinko konsantrasyonları eseri düzeyde tespit edilmiştir.

4.2.4. Bor (B) Konsantrasyonları

Bor bitki beslenmesi için gerekli bir elementtir, ancak sulama sularında 0.5 mg/L' nin üzerinde bulunduğunda bazı bitkilere zararlı olmaktadır. Bor konsantrasyonu 4 mg/L' nin üzerinde olan sulama suları bütün bitkilere toksik etki yapmaktadır.

Bazı bitkiler için suda 0.2 mg/L bor gerekli olsa da, 1 - 2 mg/L toksik olabilmektedir. Yüzey suları nadiren toksik olabilecek yeterlilikte bor içermekte fakat kuyu suları veya özellikle jeotermal alanlarda ve deprem kırıntılarına yakın yerlerdeki kaynaklar toksik miktarlarda bor içerebilmektedir. Sudan kaynaklanan bor problemleri topraktan kaynaklanandan daha sık olmaktadır. Bor toksikliği neredeyse tüm bitkileri etkileyebilmekte fakat tuzluluk gibi, bitkiler arasında geniş bir tolerans aralığı bulunmaktadır (Tuncay 1994). Araştırmada kullanılan sulama suyu örneklerinin tamamının bor konsantrasyonları eseri düzeyde bulunmuştur.

4.2.5. Nikel (Ni) Konsantrasyonları

Nikelin sulama sularında Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği' ne göre 0.2 mg/L' yi geçmemesi istenmektedir. pH değeri 6.0 - 8.5 arasında olan killi topraklarda 24 yıldan daha az sulama yapıldığında ise 2 mg/L' yi geçmemesi istenmektedir. Alınan su örneklerinde nikel elementi eseri düzeyde tespit edilmiştir.

4.2.6. Kobalt (Co) Konsantrasyonları

Kobaltın sularda Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği' ne göre, 0.05 mg/L' yi geçmemesi istenmektedir. pH değeri 6.0 - 8.5 arasında olan killi topraklarda 24 yıldan daha az sulama

yapıldığında ise 5.0 mg/L' yi geçmemesi gerekmektedir. Alınan su örneklerinde kobalt elementi eseri düzeyde tespit edilmiştir.

4.2.7. Kurşun (Pb) Konsantrasyonları

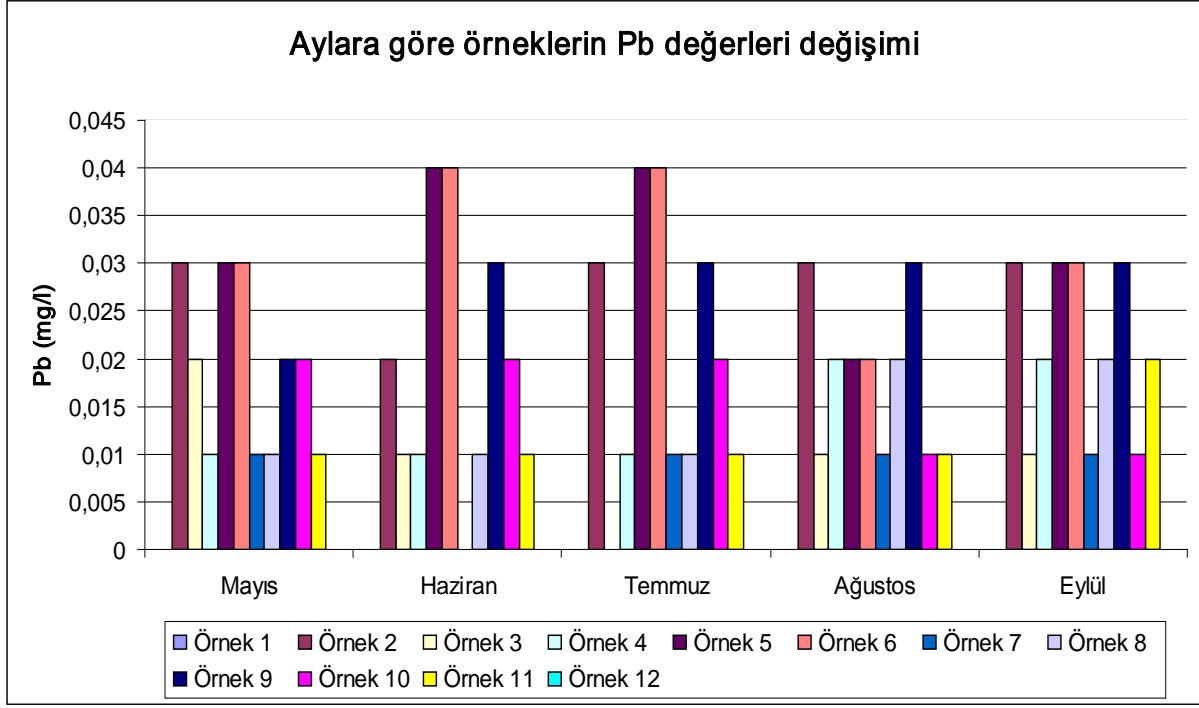
Kurşunun sulara Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği' ne göre, izin verilebilir sınır değeri 5.0 mg/L' dir. pH değeri 6.0 - 8.5 arasında olan killi topraklarda 24 yıldan daha az sulama yapıldığında ise 10.0 mg/L'yi geçmemesi istenmektedir.

Araştırma bölgesinin su analiz sonuçları incelendiğinde kurşun konsantrasyonları, Mayıs ayında; 0.00 - 0.03 mg/L arasında, Haziran ayında; 0.00 - 0.04 mg/L arasında, Temmuz ayında; 0.00 - 0.04 mg/L arasında, Ağustos ayında; 0.00 - 0.03 mg/L arasında, Eylül ayında ise; 0.00 - 0.03 mg/L arasında değişmektedir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18 Örnekleme aylarında alınan su örneklerinde tespit edilen Pb içerikleri

| Örnek no | Pb (mg/L) | | | | |
|----------|-----------|---------|--------|---------|-------|
| | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül |
| 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| 3 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.01 |
| 4 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.02 |
| 5 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.02 | 0.03 |
| 6 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.02 | 0.03 |
| 7 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 8 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.02 |
| 9 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| 10 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |
| 11 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 |
| 12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Max | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.03 |
| Min | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ort. | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |

Söz konusu bu sonuçlar Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği' ne göre değerlendirildiğinde sınır değer olan 5.0 mg/L değerinin hiçbir noktada aşılmadığı görülmüştür (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 Su örneklerinin aylara göre Pb değerleri değişimi

4.2.8. Krom (Cr) Konsantrasyonları

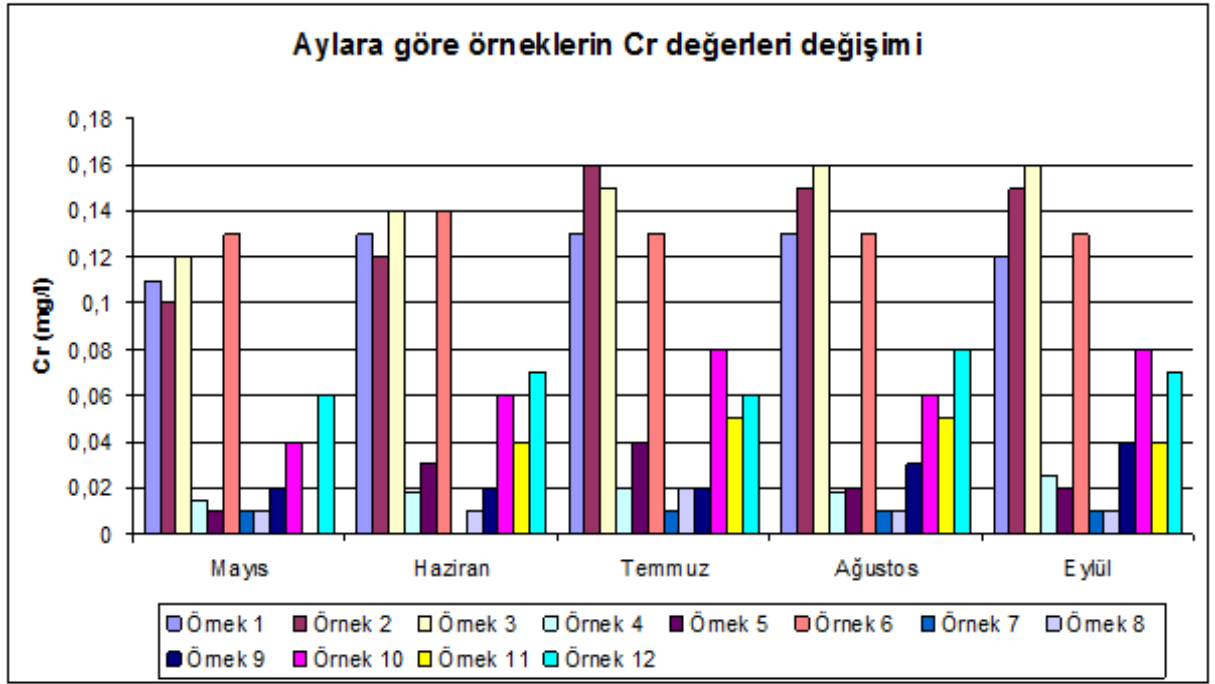
Kromun sularda Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği' ne göre, 0.1 mg/L' yi geçmemesi istenmektedir. pH değeri 6.0 - 8.5 arasında olan killi topraklarda 24 yıldan daha az sulama yapıldığında ise 1.0 mg/L' yi geçmemesi istenmektedir.

Alınan su örneklerinin analiz sonuçları incelendiğinde krom konsantrasyonları, Mayıs ayında; 0.01 - 0.13 mg/L arasında, Haziran ayında; 0.00 - 0.14 mg/L arasında, Temmuz ayında; 0.01 - 0.16 mg/L arasında, Ağustos ayında; 0.01 - 0.16 mg/L arasında, Eylül ayında ise; 0.01 - 0.16 mg/L arasında değişmektedir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19 Örnekleme aylarında alınan su örneklerinde tespit edilen Cr içerikleri

| Örnek no | Cr (mg/L) | | | | |
|----------|-----------|---------|--------|---------|-------|
| | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül |
| 1 | 0.11 | 0.13 | 0.13 | 0.13 | 0.12 |
| 2 | 0.10 | 0.12 | 0.16 | 0.15 | 0.15 |
| 3 | 0.12 | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.16 |
| 4 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 |
| 5 | 0.01 | 0.03 | 0.04 | 0.02 | 0.02 |
| 6 | 0.13 | 0.14 | 0.13 | 0.13 | 0.13 |
| 7 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 8 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |
| 9 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.04 |
| 10 | 0.04 | 0.06 | 0.08 | 0.06 | 0.08 |
| 11 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.04 |
| 12 | 0.06 | 0.07 | 0.06 | 0.08 | 0.07 |
| Max | 0.13 | 0.14 | 0.16 | 0.16 | 0.16 |
| Min | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Ort. | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.07 | 0.07 |

Söz konusu bu değerler Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği' ne göre değerlendirildiğinde; 1, 2, 3 ve 6 nolu örneklerin izin verilebilir sınır değeri aştığı, diğer örneklerin sınır değeri aşmadığı görülmektedir (Şekil 4.14). Söz konusu bu örneklerin yüksek krom konsantrasyonunun nedeni olarak Hafik' te bulunan krom yataklarından sulama suyu kaynaklarına krom bulaşmış olabileceğini ve yüksek krom değerlerinin bu durumdan kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.14 Su örneklerinin aylara göre Cr değerleri değişimi

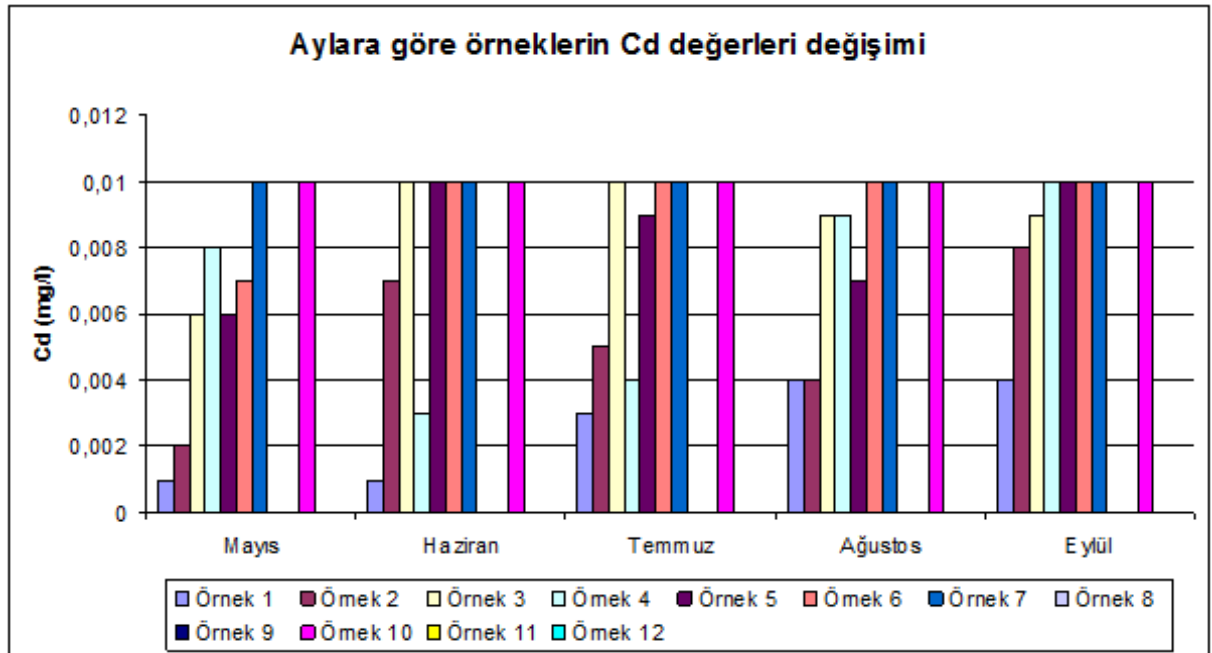
4.2.9. Kadmiyum (Cd) Konsantrasyonları

Kadmiyumun sulama sularında Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği' ne göre, 0.01 mg/L' yi geçmemesi gerekmektedir. pH değeri 6.0 - 8.5 arasında olan killi topraklarda ise 24 yıldan daha az sulama yapıldığında Kadmiyum miktarı için izin verilebilir sınır değeri 0.05 mg/L olarak kabul edilmiştir.

Alınan sulama suyu örnekleri incelendiğinde kadmiyum konsantrasyonları, Mayıs ayında; 0.00 - 0.01 mg/L arasında, Haziran ayında; 0.00 - 0.01 mg/L arasında, Temmuz ayında; 0.00 - 0.01 mg/L arasında, Ağustos ayında; 0.00 - 0.01 mg/L arasında, Eylül ayında ise; 0.00 - 0.01 mg/L arasında değişmektedir (Çizelge 4.20). Sonuçlar incelendiğinde sınır değer olan 0.01 mg/L değerinin hiçbir noktada aşılmadığı görülmüştür (Şekil 4.15).

Çizelge 4.20 Örnekleme aylarında alınan su örneklerinde tespit edilen Cd içerikleri

| Örnek no | Cd (mg/L) | | | | |
|----------|-----------|---------|--------|---------|-------|
| | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül |
| 1 | 0.001 | 0.001 | 0.003 | 0.004 | 0.004 |
| 2 | 0.002 | 0.007 | 0.005 | 0.004 | 0.008 |
| 3 | 0.006 | 0.01 | 0.01 | 0.009 | 0.009 |
| 4 | 0.008 | 0.003 | 0.004 | 0.009 | 0.01 |
| 5 | 0.006 | 0.01 | 0.009 | 0.007 | 0.01 |
| 6 | 0.007 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 7 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Max | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Min | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ort. | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |



Şekil 4.15 Su örneklerinin aylara göre Cd değerleri değişimi

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada Hafik ilçesinde nüfusun büyük bir kısmının kullandığı sulama sularındaki pH, EC, bazı makro ve mikro elementler ile ağır metallerin düzeyleri araştırılmıştır. Yapılan bu çalışmanın sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

Su örneklerinin pH değerleri 7.12 - 9.18 arasında değişmektedir. Sular pH değerlerine göre değerlendirildiğinde sulamada kullanılabilirlik yönünden 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 olmaktadır (Kanber ve ark. 2003). Bu duruma göre araştırma alanındaki su örneklerinin bazılarının pH değerleri yüksek bulunmuştur.

Su kaynakları EC açısından değerlendirildiğinde, sular az tuzlu ve orta tuzlu sular sınıfındadır. 1, 5, 7, 8, 9, 10 numaralı sular C₂ sınıfına ait sulardır. Kullanılabilir nitelikte olmalarına rağmen kontrollü bir şekilde kullanılmaları daha uygun olacaktır. Sulama suyu kaynaklarının EC değerlerinin zaman zaman kontrol edilmesi toprakta tuzluluğun artışı engellemek için mutlaka yapılmalıdır.

Suların SAR değerleri ise 0.96 - 3.78 arasında değişmektedir. Suların ABD sistemine göre sulama suyu sınıflarının araştırmanın yapıldığı aylarda C₁S₁ ve C₂S₁ sınıfındadır. Buna göre suların tamamı az tuzlu-az sodyumlu ve orta tuzlu-az sodyumlu sınıfına girmektedir. Bu durum bazı suların tuzlu olduğunu göstermektedir. Özellikle tuza hassas olan sebzelerin sulanmasında kullanılması durumunda bu durum dikkate alınmalıdır.

Su örnekleri RSC değerlerine göre değerlendirildiğinde, söz konusu bu değerler -1.91 ile 7.93 me/L arasında değişmektedir. 1, 2, 3, 4, 9, 10, 11 nolu örneklerin sulama sularında izin verilebilir değer olan 2.50 me/L değerinin altında olduğu görülmektedir. 7 nolu örnek Ağustos ayında, 12 nolu örnek ise Temmuz ayında sınır değerinin çok üstünde bulunmuştur. Söz konusu bu su örneklerinin sulamada kullanılması durumunda toprakların çoraklaşabileceği unutulmamalıdır.

Sulama suları çökeltme indeksi (Çİ) değerlerine göre değerlendirildiğinde ise, tüm örneklerin uzun süreli kullanılmaması gerektiği Çİ değerlerinin örnekleme yapılan bütün aylarda pozitif bulunmasıyla anlaşılmıştır. Bu durum söz konusu sulama sularının genelinde RSC değerinin düşük bulunmasına rağmen Çİ değerine göre değerlendirildiğinde uzun süreli

kullanılmaması gerektiğini göstermektedir. Aksi takdirde sulama amaçlı olarak uzun yıllar kullanılmaya devam edilmesi durumunda toprakta alkalileşmeye neden olabileceği ve toprağın SAR değerini yükseltebileceği dikkate alınmalıdır.

Sulama suları Cu, B, Zn, Fe, Mn, Cd, Co, Pb ve Ni içerikleri bakımından değerlendirildiğinde herhangi bir kirlilik parametresine rastlanılmamıştır. Bu duruma sebep olarak sulama suyu örneklerinin yeraltı suyu kökenli olması ve ayrıca Hafik ve çevresinde yoğun bir sanayileşmenin olmaması, dolayısı ile su kaynaklarının kirlenmesi sanayi kaynaklarından etkilenmemiş olması gösterilebilir. Sulama suyu örneklerinin Cr içeriğinin 1, 2, 3 ve 6 nolu örneklerde sınır değeri aşmış olmasının nedeni olarak ise su kaynaklarının yakınında yer alan Cr yataklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sonuç olarak çiftçilerimizin bu sulama sularını kullanırken dikkatli olmaları, suların zamanla toprakta sodyum birikmesine neden olabileceğini bilerek kullanmaları gerekmektedir. Çiftçilerin ilçede faaliyete geçecek olan Özen Barajı sulama kanalındaki suyla karıştırılmış sulama sularını kullanmaları ileriki yıllarda oluşacak zarar miktarını azaltabilecektir. Söz konusu bu sulama sularının uzun yıllar kullanılması durumunda oluşabilecek zararları en aza indirmek için başka bir alternatif ise yıkma ihtiyacı (Yİ) belirleyerek bitkilerin ihtiyaçlarından daha fazla sulama suyu kullanarak toprakların çoraklaşması önlenebilecektir.

6. KAYNAKLAR

- Adiloğlu A, Tok HH, Zaim Ö, İbar H, Öner N, Gönülsüz E, Adiloğlu S, (2006). Uzunköprü ve Meriç Yöresinde Çeltik Sulamasında Kullanılan Ergene Nehri'nde Bazı Ağır Metallerin Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma. Trakya Üniversitesi Araştırma Projesi Proje No: TÜBAP- 456.
- Akın G, Güleç E, Sağır M, Gültekin T, Bektaş Y, (2005). Yaşlanma ve Yaşlanmayı Geciktiren Çevresel Etmenler. III. Ulusal Yaşlılık Kongresi, 127-137, İzmir.
- Alonso EA, Santos M, Callejon M, Jimenez JC, (2004). Speciation as a Screening Tool for the Determination of Heavy Metal Surface Water Pollution in the Guadimar River Basin. Chemosphere, 56: 561-570.
- Altan T, Kanber R, Özbek H, Şekeroğlu E, (2003). Tarım ve Çevre. Özgürlük Dünyası Dergisi, Sayı:102, Ağustos 2000, Ankara.
- Anaç S, Çolak A, (1996). Tarımsal Sulama Uygulamalarından Kaynaklanan Kirlilik ve Alınacak Önlemler. Ekolojik Tarım, ETO Derneği, İzmir, sf 75-88.
- Anbarcı M, (2010). Keşan ve Çevresinde Yetiştirilen sebzelerin Sulanmasında Kullanılan Sulama Sularının Kalitelerinin Belirlenmesi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- Anonim, (1991). Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Teknik Usüller Tebliği. (7 Ocak 1991 tarihli ve 20748 sayılı Resmi gazete).
- Anonim, (2003). Meriç Deltası Sulak Alanının İyileştirilmesi (rehabilitasyonu) Üzerinde Araştırmalar, Devlet Su İşleri, Edirne.
- Anonim, (2007). Meteoroloji Müdürlüğü, Sivas.
- Anonim, (2008) Hafik İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Sivas.
- Anonim, (2012a). Hafik İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Bitkisel Üretim Birimi Verileri, Sivas.
- Anonim, (2012b). Ağır Metal Toksikolojisi Ders Notu. www.bioreg.hacettepe.edu.tr erişim tarihi: (11.11.2012)
- Anonymous, (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils (Ed.Richards, L.A.). Agr Hand Book. 160p, USSSL.
- Arapkirlioğlu K, (2003). Sınıraşan Suların Kullanımında Ulusal Çıkarlar ve Çevre Etiği Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Kamu Yönetimi ve Siyaset Bilimi (Kent ve Çevre Bilimleri Anabilim Dalı), 419s. Ankara.
- Arslan H, Güler M, Cemek B, Demir Y (2007). Bafra Ovası Yer altı Suyu Kalitesinin Sulama Açısından Değerlendirilmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 219-226.
- Atabey E, (2005). Tıbbi Jeoloji. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.
- Ayars, J.E, Hutmacher, R.B., 1994. Long Term Use of Saline Water for Irrigation. Irrig. Sci. 14: 27-34
- Aydinalp C, (1997). Nilüfer Çayı ve Ayvalı Deresi'ndeki Ağır Metal Kirliliği. Bursa Çevre - 97 Fonunu Kitabı. Bursa Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma Daire Başkanlığı Yerel Gündem 21 Şube Müdürlüğü Yayını No: 2. Bursa.

- Aydın A, Sezen Y, (1995). Toprak Kimyası Laboratuvar Kitabı. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Ders Yayınları No:174, Erzurum, 140-144.
- Ayers RS, Westcot DW, (1989). Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 173 p, Rome, Italy.
- Ayrancı Y, (2006). Muğla Ortaca Yöresi Sera Sulama Sularının Kalitelerinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20 (39) : 2006, 32-36.
- Ayyıldız M, (1983). Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:636, Ders Kitabı No: 199, Ankara.
- Ayyıldız M, (1990). Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:1196, Ders Kitabı No: 344, Ankara.
- Bakaç M, Kumru MN, (2000). Menemen Ovası Su ve Topraklarında Radyoaktivite Araştırması ve Ağır Metal Kirliliği. Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, Fizik Bölümü, Cilt: 9 Sayı: 35 26-30, İzmir.
- Bayrak G, (2004). Gala Gölü ve Çevresinde Ağır Metal Değişiminin Dinamiği. T. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Toprak Anabilim Dalı Tekirdağ.
- Baysal A, (1989). Genel Beslenme Bilgisi. Hatipoğlu Yayınevi, Ankara.7
- Benjamin CL, Garman GR, Funston JH, (1997). Human Biology. New York. WCB/Mc Graw-Hill Companies.
- Bergmann, W. 1992. Colour Atlas: Nutritional Disorders of Plants. Pp 204–239. Gustav Fischer, New York.
- Bower, C.A., Wilcox, L.L. 1965. Soluble Salt Methods of Soil Analysis, Methods of Soil Analysis Part 2, Am. Soc. Agron. No: 9, Madison, Wilconsin USA, s: 933-940.
- Cekova E, Efremov A, (2001). Appropriates of the Biological Monitoring for Pollution Determination of the River Vardar, by Heavy Metals. J. of Environmental Protection and Ecology, Vol. 2 (2): 384- 389, Bulgaria.
- Cheng S, (2003). Heavy Metal Pollution in China, Origin, Pattern and Control. Environ. Sci. Pollut. Res. Int., 10 (3): 192-8.
- Çetin N, (2005). Manisa Alaşehir Ovası Yeraltı Suyu Kalitesi ve Sulamada Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Delibaş L, Yüksel AN, Albut S, İstanbulluoğlu A, Konukçu F, Kocaman İ, (2008). Meriç-Ergene Sularının İpsala Çeltik Alanlarındaki Toprak Kirliliği ve Besin Zinciri Üzerine Etkileri. Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi (TÜBAP - 715), Edirne.
- Demir S, (2008). Isparta ve Yakın Çevresi Yer Altı Sularının Hidrojeolojik, Hidrojeokimyasal ve İzotop Jeokimyasal İncelenmesi ve İçme Suyu Kalitesinin İzlenmesi. Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Demirtaş A., (2005). Bitkide Bor ve Etkileri. AÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi 36(2) 217-225.
- Dhankhar, D. P. and Dahiya, S. S. 1980. The Effect of Different Levels of Boron and Soil Salinity on the Yield of Dry Matter and Its Mineral Composition in Ber (*Zizyphus rotundifolia*). Int. Symp. on Salt Affected Soils. Karnal, India, pp 396–403.
- DSİ, (2003). Meriç Deltası Sulak Alanının İyileştirilmesi (rehabilitasyonu) Üzerinde Araştırmalar, Edirne.

- Dönderici ZS, Dönderici A, Başarı F, (2010). Kaynak Sularının Fiziksel ve Kimyasal Kaliteleri Üzerine Bir Araştırma. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 67 (4), 167-172.
- Eaton F. M., 1940 Interrelations in The Effects Boron and Indoleacetic Acid in Plant, Growth. *Botanical Gazete*, 101. 700-705.
- Elhatip H, (2002). Aksaray İlindeki Su Kaynakları ve Çevre Sorunları. Aksaray Valiliği Çevre Koruma Vakfı, Aksaray.
- Erözel Z, (1986). Sulamada Su Kalitesi ve Tuzluluk Sorunları. *Kültürteknige Giriş*. Ankara Üniv., Ziraat Fak. Yayınları, Ankara, 97-110.
- Evsahibioglu AN, Aküzüm T, Çakmak B, (2010). Su Yönetimi, Su Kullanım Stratejileri ve Sınırşan Sular. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi*, 119-134.
- FAO, (1995). Water Quality For Agriculture. 29 Rev. 1, Chart 21.
- Görçün ÖF, Görçün Ö, Kayıkçı Y, (2008). Tehlikeli Madde Taşımacılığı ve Su Koruma Bölgeleri. *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi*, 509-513.
- Graham WBR, Pishiria IW, Ojo OI, (2006). 'Monitoring of groundwater quality for smallscale irrigation: Case studies in the Southwest Sokoto-Rima Basin, Nigeria' *Agricultural Engineering International the CIGR EJournal Volume: 8*.
- Grismer ME, (1990). Leaching Fraction, Soil Salinity and Drainage Efficiency. *California Agriculture*, vol: 44/6, p: 24 – 26.
- Güler Ç, Çobanoğlu Z, (1997). Su Kalitesi. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:43. Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Sağlık Bakanlığı, Ankara.
- Gündüz T, Çukur A, (1984). Hazar Gölü'nde Ağır Metal Kirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Çevre Sorunları Araş. Merk. Sempozyumu, 11- 15 Haziran, Erzurum.
- Güneş Y, Ekmekyapar F, Yasavul E, Ordu Ş, Karakaya N, (2001). Çorlu Deresi'ne Deşaj Olan Endüstriyel Atıkların Meydana Getirdiği Kirliliğin Belirlenmesi, Ulusal Sanayi Çevre Sempozyumu ve Sergisi, Mersin Üniversitesi, Çevre Müh. Bölümü, 844- 847, Mersin.
- Güngör Y, Yurtseven E, (1991). Değişik Tuzluluk Düzeylerindeki Sulama Sularının Soya Fasülyesi Verimine Etkisi. *Tr.J. of Agriculture and Forestry*, 15:80-88
- Güngör Y, Erözel AZ, O Yıldırım, (2002). Sulama (2. Baskı), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1525, Ders Kitabı No: 478, Ankara.
- Hafik İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü (2011). Koordinasyon ve Tarımsal Üretim Birimi Verileri, Sivas.
- Hafik İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü (2012a). Koordinasyon ve Tarımsal Üretim Birimi Verileri, Sivas.
- Hafik İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü (2012b). Koordinasyon ve Tarımsal Üretim Birimi Verileri, Sivas.
- Harite Ü, (2008). Pamukta Bor Toksitesine Dayanıklılık. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Aydın.
- Hills DJ, Nawar FM, Waller PM, (1989). Effects of Chemical Clogging on Drip-Tape Irrigation Uniformity. *Transactions of the ASAE*, 32(4), 1202-1206.

- Himes JH, (1991). *Anthropometrics Assessment of Nutritional Status*. New York: A John Wiley and Sons. Inc. Publication.
- Hoffman GJ, Ayers RS, Doering EJ, McNeal BL, (1983). *Salinity in Irrigated Agriculture. Design and Operation of Farm Irrigation Systems* (Ed., M.E. Jensen). ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan, 145-185.
- James LG, (1988). *Principles of Farm Irrigation System Design*. John Wiley & Sons, New York, 260-299.
- Kadirağagil Z, (2011). *Asidik Maden Sızıntı Sularının Yer altı Suyu Kalitesine Etkisi: Ergani - Maden Bakır İşletmesi Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Kali N, (2008). *Erzurum Ovası Su Kalitesi ve Kirliliğinin Tespiti*, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Kanber R, Çakır R, Tarı AF, (2003). *Sulama ve Drenaj Mühendisliği*. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Yayın No: 122.
- Kanber P, (2007). *Aydın İli Bazı Yeraltı ve Yüztü Su Kaynaklarının Kirlilik Durumlarının Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Kanber R, Ünlü M, (2010). *Tarımda Su ve Toprak Tuzluluğu*. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Genel Yayın No: 281, 307 s, Adana.
- Karakaplan S, Zengin M, Ersoy İ, (2002). *Beyşehir Gölü ve Çumra Ovası Sulamasında Kullanılan Diğer Sulama Suları Kalitesinin Belirlenmesi*, S. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 16 (29): (2002) 72-78, Konya.
- Katkat AV, Özgüven NÇ, (2000). *Biga Yöresinde Sanayi Domatesi Yetiştirilen Toprakların ve Sulama Sularının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri*. Çev-Kor Cilt: 9, Sayı: 34, 27-30.
- Kaya N, Öztürk M, (2003). *Elazığ İl Sınırları İçerisindeki Sulama Sularının İncelenmesi*. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları 3.
- Kayar VN, Çelik A (2003). *Gediz Nehri Kimi Kirlilik Parametrelerinin Tayini ve Su Kalitesinin Belirlenmesi*. Ekoloji Çevre Dergisi, 12: 17-22.
- Kaykioğlu G, Ekmekyapar F, (2005). *Ergene Havzasında Endüstriyel İşlem Suyu Olarak Kullanılan Yeraltı Sularının Özellikleri Üzerine Bir Araştırma*. Trakya Üniv., J.Sci., 6(1): 85-91.
- Kavurmacı M, Karadavut S, Özcan S, Kurmaç Y, Altas L, Isık M, (2008). *Aksaray Yüzey Sularının Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Su kalitesinin Değerlendirilmesi*. Blacksea International Environmental Symposium, Volume: III, (133-146), Giresun.
- Keren, R., Bingham, F. T. 1985. *Boron in Water, Soils, and Plants*. Adv Soil Sci. 1, 230–276.
- Köy Hizmetleri İl Müdürlüğü (2005). *Bitkisel Üretim Şubesi Verileri*, Sivas.
- Köy Hizmetleri İl Müdürlüğü (2006a). *Bitkisel Üretim Şubesi Verileri*, Sivas.
- Köy Hizmetleri İl Müdürlüğü (2006b). *Bitkisel Üretim Şubesi Verileri*, Sivas.
- Kurunç A, Yürekli K, Öztürk F, (2005). *Effect of Discharge Fluctuation on Water Quality Variables from the Yesilirmak River*. Tarım Bilimleri Dergisi 2005, 11 (2) 189-195.

- Kuşlu Y, Şahin Ö, Anapalı Ö, Kızıloğlu FM, (2005). Damla Sulama Sistemlerinde Tıkanma ve Giderilmesi ile Farklı Damlatıcı Tiplerinin Özellikleri. GAP IV. Tarım Kongresi Bildiri Kitabı II. Cilt 1904-1101, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- Lee JY, Choi JC, Lee KK, (2005). Variations in Heavy Metal Contamination of Stream Water and Groundwater Affected by an Abandoned Lead. *Environmental Geochemistry and Health*, Korea, 27:237-257.
- Lindsay WL, (1979). *Chemical Equilibria in Soils*. A Willey Interscience Publication. 449s, Newyork.
- Maier HM, (1981). Sulama Teknolojisi Konusunda Karşılaştırmalı Bir Araştırma (Çev.Soner Dinler). Söke Ziraî Üretim İşletmesi Ziraat Teknik Lisesi ve Mekanizasyon Eğitim Merkezi Müd. Yayınları, 18-19s, Aydın.
- Mhlanga BFN, Ndlovu LS, Senjanze A, (2006). Impacts of Irrigation Return Flows on the Quality of Receiving Waters. A Case of Sugarcane Irrigated Fields at the Royal Swaziland Sugar Corporation (RSSC) in the Mbuluzi River Basin (Swaziland). *Physics and Chemistry of the Earth* 31: 804-813.
- Odabaşı SS, (2005). Çanakkale Bölgesindeki Sarıçay Akarsuyu'nda Su Kalitesinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Okonkwo JO, Mothiba M, (2004). Physico-chemical characteristics and pollution levels of heavy metals in the rivers in Thohoyandou. *Journal of Hydrology, South Africa*, 122-127.
- Olias M, Nieto JM, Darmiento A, Ceron J, Canovas C, (2004). Seasonal water quality variations in a river affected by acid mine drainage: the Odiel River (South West Spain). *Sci. Total Environ.*, Spain, 267-281.
- Özcimder M, Asan A, (1998). Samsun Yöresi (Çarşamba-Bafra) Yüzey Sularında Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi, (718) 12. Ulusal Kimya Kongresi, Edirne.
- Özdemir M, Sırıkten B, (2006). Afyonkarahisar Bölgesi Kuyu Sularında Siyanür Düzeylerinin Belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Veterinerlik Fak. Dergisi*, No:53, Ankara, 37-40.
- Özmen H, Külahçı F, Çukurovalı A, Doğru M, (2004). Concentrations of Heavy Metal and Radioactivity in Surface Water and Sediment of Hazar Lake (Elazığ, Turkey). *Chemosphere*, 55: 401-408.
- Öztürk A, (2004). Tuzluluk ve Sodyumluluğun Oluşumu, Bitki ve Toprağa Etkileri. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu. DSİ. s: 1-15, Ankara.
- Özyazıcı, M.A., Uzun, Z., Özdemir, O., Ersöz, İ.K., (2001). Çarşamba ve Bafra Yöresi Seralarında Toprak ve Su Kirliliği Riski. *Trakya Toprak ve Su Kaynakları Sempozyumu*, 24-27 Mayıs, Kırklareli, s. 225-233.
- Saatçi, F., Hakerler, H., Tuncay, H., Okur, B., 1988. İzmir İli ve Civarındaki Bazı Önemli Endüstri Kuruluşlarının Tarım Arazileri ve Sulama Sularında Oluşturdukları Çevre Kirliliği Sorunu Üzerinde Bir Araştırma. E.Ü. Araştırma Fonu Proje No: 127. Bornova-İzmir.
- Sağlam MT, Adiloğlu A, (1997). *Su Kalitesi* (Genişletilmiş 2. baskı). Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fak., Yayın No: 230, Ders kitabı No: 27, Tekirdağ.
- Selvi K, (2006). Çanakkale, Sarıçay'daki Ağır Metal Kirliliğinin (Ni, Fe, Cu, Zn) Bazı Bentik Makroomurgasızlar Üzerindeki Toksik Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.

- Sevgican A, Tüzel Y, Gül A, Eltez RZ, (2000).Türkiye’de Örtüaltı Yetiştiriciliği Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi, Cilt:2, 679-707.
- Sezen, Y., 1988. Suların Genel Özellikleri ve Kalitesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum.
- Sönmez B, (2004). Türkiye’de Çorak Islahı Araştırmaları ve Tuzlu Toprakların Yönetimi. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 20- 21 Mayıs, Ankara, s.157-162. Türkiye Tarım ve Çevre İttifakı “Türkiye’nin Su Reçetesi” AB’ce (Türkiye’nin Tarım ve Çevre İttifakı) Türkiye’nin Su Politikaları Görüşü.
- Şen B, Gölbaşı S, (2008). Hazar Gölü’ ne Dökülen Kürk Çayı’ nın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi 25 (4), 353-358.
- Şen Z, (2009). İklim Değişikliği Tatlı Su Kaynakları ve Türkiye. Su Vakfı Yayınları, 272 sayfa.
- Temamoğulları F, Dinçoğlu AH, (2010). Şanlıurfa ve Çevresindeki Kuyu Sularında Çinko ve Selenyum Düzeyleri. Kafkas Veterinerlik Fakültesi Dergisi, Vol;16 No;2. 199-203.
- Tok HH, Ekinci H, Çakır R, Adiloğlu A, Yüksel O, Avşar F, Gidirışlioğlu A, Kavdır Y, (1995). Trakya'daki Ergene Nehri ve Kollarının Bazı Kirlilik Parametrelerinin Saptanması Üzerinde Bir Araştırma. Toprak İlmi Derneği 13. Bilimsel Toplantısı, İlhan Akalan, Toprak ve Çevre Sempozyumu, Cilt :2, C-81-90, Ankara.
- Tok HH, Adiloğlu A, Öner N, Gönülsüz E, Adiloğlu S, (2005). Heavy Metal Concentrations in Irrigation Waters and Rice Crops in the Central Trakya Region. Journal of Environmental Protection and Ecology, 6, (3): 550- 562, Thessaloniki, Greece.
- TS EN ISO 10523. Su Kalitesi-pH Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, 1. Baskı Nisan 2013.
- TS 9748 EN 27888. Su Kalitesi-Elektriksel İletkenlik Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, 1. Baskı Nisan 1996.
- TS 6228 EN ISO 7980. Su Kalitesi-Kalsiyum ve Magnezyum Tayini-Atomik Absorpsiyon Spektrometrik Metot. Türk Standartları Enstitüsü, 1. Baskı Nisan 2002.
- TS 4164 ISO 9297. Su Kalitesi-Klorür Tayini-Kromat İndikatörü Yanında Gümüş Nitrat ile Titrasyon (Mohr Metodu). Türk Standartları Enstitüsü, 1.Baskı Nisan 1998.
- TS ISO 9280. Su Kalitesi-Sülfat Tayini-Baryum Klorür Kullanarak Gravimetrik Metot. Türk Standartları Enstitüsü, 1. Baskı Nisan 1998.
- TS 4182 EN ISO 9963-2. Su Kalitesi-Alkalinite Tayini-Bölüm 2: Karbonat Alkalinitesinin Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, 1. Baskı Kasım 1998.
- TS ISO 9964-3. Su Kalitesi-Sodyum ve Potasyum Tayini Bölüm 3: Sodyum ve Potasyumun Alev Emisyon Spektrometrisi İle Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, 1. Baskı Şubat 1999.
- TS EN ISO 11885. Su Kalitesi-İndüktif Olarak Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektrometrisi (ICP-OES) İle Seçilen Elementlerin Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, 1. Baskı Şubat 2013
- Tuncay H, (1994). Su Kalitesi (I. Basım). Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Yayın No: 512, İzmir, 243 s.
- Turan T, Eren Z, (2008). Türkiye’de Su Kaynakları ve Su Politikası. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, 25-30.

- Tülücü K, (2003). Özel Bitkilerin Sulanması, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, Yayın No:254, Adana, 75-89.
- Tüzel İH, Anaç S, (1991). Damla Sulama Sistemlerinde Damlatıcı Tıkanması ve Koruma Uygulamaları. Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 28(1), 239-254.
- Ural, E. 1995. Türkiye'nin Çevre Sorunları. Çevre Vakfı Yayını. Ankara.
- Uslu O, Türkman A, (1987). Su Kirliliği ve Kontrolü. T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi. 1987. S: 89.
- U.S. Salinity Lab. Staff, (1969). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U.S.D.A. No: 60, U.S.A.
- Uzunoglu O, (1999) Gediz Nehri'nden Alınan Su ve Sediment Örneklerinde Bazı Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi. C. Bayar Üniv.; Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans tezi, 73 s, Manisa.
- Üzeltürk B, (2009). Nevşehir İli Belediyeleri, İçme Suyunda Arsenik Sorunu. 1. Tıbbi Jeoloji Çalıştayı, 1(1): 61-70.
- Varol F, Bellitürk K, Sağlam MT, (2005). Tekirdağ İli Sulama Sularının Özellikleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, Ankara, 11 (4): 391-396.
- Vural H, (1993). Ağır Metal İyonlarının Gıdalarda Oluşturduğu Kirlilikler. Çevre Dergisi, Sayı: 8, 3-8.
- Wang HY, Stuanes AO, (2003). Heavy Metal Pollution in Air-Water-Plant System of Zhuzhou City, Hunan Province, China, Water, Air and Soil Pollution, 147 (1/4): 79-107.
- Yaprak Ö, (2009). Sivas İli Hafik İlçesinde Açıkta ve Örtüaltında Domates Yetiştiriciliğinde Erkencilik ve Verim Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. Gaziosmanpaşa Üniversitesi.
- Yıldırım O, (2004). Sulama Teknolojileri ve Tuzluluk-Drenaj İlişkileri Şanlıurfa-Harran Örneği. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu. DSİ. 49-54 s., Ankara
- Yıldıztekin M, (2007). Muğla Karabağlar Yöresi Kuyu Sularının Sulama Suyu Kalitesi Yönünden Araştırılması. (Y. Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Yurtseven E, Sönmez B, (1992). Sulama Sularının Değerlendirilmesi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müd. Yayın No: 181/T-63, sayfa 27-331. Ankara.
- Zeng, L., Poss, J., Wilson, C., Draz, A.S.E., Grieve, C.M., (2003). Evaluation of Salt Tolerance in Rice Genotypes by Physiological Characters. Euphytica, 129: 281-292.
- Zengin M, Bayraklı F, Çetin Ü, (2002). Properties of Irrigation Water Quality in Konya Closed Basin, S. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 16 (29): (2002) 65- 71, Konya.

ÖZGEÇMİŞ

17 Kasım 1987 tarihinde İstanbul’ da doğdu. İlk ve ortaokulu tamamladıktan sonra, 2004 yılında Ataköy Cumhuriyet (Anadolu) Lisesi’ nden mezun oldu. 2005 yılında Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi’ ni kazanarak üniversite eğitimine başladı. 2011 yılında Namık Kemal Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’ nda başladığı Yüksek Lisans öğrenimine halen devam etmektedir.