

**T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**JEOTERMAL VE MİNERAL SULARIN BUĞDAY İLE
ARPA LARIN YETİŞTİRİLMESİNDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Vasfi KARATEPE

Danışman: Doç. Dr. Etem OSMA

**BİYOLOJİ
ANABİLİM DALI**

ERZİNCAN

2021

Her Hakkı Saklıdır.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

JEOTERMAL VE MİNERAL SULARIN BUĞDAY İLE ARPALARIN YETİŞTİRİLMESİNDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Vasfi KARATEPE

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Etem OSMA

Bu çalışma ile jeotermal su ve mineral suların bitkiler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Yapılan çalışmada, kaplıca suyu, mineral su, şebeke suları ile 1 buğday ve 1 arpa varyetesi kullanılmıştır. Çalışmada şebeke suyu, kaplıca suyu, mineral su ve bu suların yarı yarıya karıştırılması ile 6 farklı grup oluşturulmuştur. Çalışma için yetiştirme kaplarına 750 g hayvan gübresi ile karıştırılan tarla toprağı hazırlanmış, buğday varyetesinden 6 g, arpa varyetesinden 5 g olacak şekilde ekim yapılmıştır. Çimlenen buğday ve arpalar su ihtiyaçlarına göre belirli periyotlar ile sulanmıştır. 15 günün sonunda arpa ve buğdaylar hasat edilmiştir. Hasat edilen bitkilerde klorofil boyutu, elektrolit sızıntı düzeyleri tespit edilmiştir. Bitki ve toprak örneklerinde mineral element konsantrasyonları ICP-OES'te analiz edilmiştir. Elde edilen veriler, SPSS 22 İstatistik Paket Programında değerlendirilmiştir.

2021, 30 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Arpa, buğday, Erzincan, jeotermal sular, mineral sular

ABSTRACT

Master Thesis

INVESTIGATION OF THE USAGE OF GEOTHERMAL AND MINERAL WATER IN CULTIVATION OF WHEAT AND BARLEY

Vasfi KARATEPE

Erzincan Binali Yıldırım University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

Supervisor: Assoc. Dr. Etem OSMA

In this study, the effects of geothermal water and mineral waters on plants were investigated. In the study, geothermal water, mineral water, water supply and 2 wheat and 1 barley variety were used. In the study, 6 different groups were formed by mixing mains, geothermal water, mineral water, and half of these waters. For the study, field soil mixed with 750 g of animal manure was prepared in the growing containers, 6 g of wheat varieties and 5 g of barley varieties were planted. Germinated wheat and barley were irrigated periodically according to their water needs. Barley and wheat were harvested at the end of 15 days. Chlorophyll size, electrolyte leakage, weight and mineral element levels were determined in the harvested plants. Mineral element concentrations of the samples in plant and soil were analyzed in ICP-OES. The data obtained were evaluated in SPSS 22 Statistical Package Program.

2021, 30 Pages

Keywords: Barley, Erzincan, geothermal water, mineral water, wheat

TEŞEKKÜR

Öncelikli olarak bu çalışmada beni her zaman destekleyen katkılarını esirgemeyen, engin bilgisi, yorumları ve önerileri ile çalışmama ışık tutan değerli danışman hocam, Sayın Doç. Dr. Etem OSMA'ya, çalışmaların laboratuvar aşamasında bana sürekli yardımda bulunarak yol gösteren Dr. Öğr. Üyesi Müjgan ELVEREN'e, yapılan literatür taramaları ve araştırmalarda sağladığı katkılarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim ÖZTÜRK'e, çalışma süresince vermiş olduğu desteklerden dolayı, Erzincan Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü çalışma arkadaşlarıma ve kurum müdürümüz sayın Birol KARADOĞAN'a, teşekkür ederim.

Ayrıca yüksek lisans eğitimi konusunda beni cesaretlendiren ve destek olan kıymetli arkadaşlarıma ve çalışmalarım boyunca, bana güvenen ve destek olan aileme, özellikle kızlarım Bilge ve Alânur'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu yüksek lisans tez çalışması Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi BAP, FYL-2019-638 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

Vasfi KARATEPE

Haziran, 2021

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR	viii
1.GİRİŞ....	1
2.KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	7
3.1. Materyal.....	7
3.1.1. İlin coğrafik konumu ve topoğrafik yapısı	7
3.1.2. İlde bulunan jeotermal ve mineral su kaynakları.....	7
3.1.3. Buğday ve arpa varyetelerinin genel özellikleri	9
3.2 Yöntem	9
3.2.1. Klorofil ve karotenoid tayini	10
3.2.2. Hücredeki elektrolit sızıntı miktarının tespit edilmesi.....	10
3.2.3. Mineral element tayini	11
3.2.4. İstatistiksel analizler	11
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	12
4.1. Uygulamaların Buğday ve Arpada Mineral Element İçeriklerine Etkisi	12
4.2. Uygulamaların Klorofil-a, Klorofil-b ve Toplam Klorofil içeriğine etkisi	15
4.3. Uygulamaların bitkilerdeki karotenoid içeriğine etkisi	17
4.4. Uygulamaların bitkilerdeki elektrolit sızıntı miktarına etkisi	18
4.5. Uygulamaların toprakta element konsantrasyonuna etkisi.....	19
5.TARTIŞMA VE SONUÇ.....	21
6.ÖNERİLER	26
KAYNAKLAR	27

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1. Kaplıca(jeotermal) ve mineral suların alındığı bölgeler (Anonim, 2021)	8
Şekil 3.2. Jeotermal (kaplıca) tesisleri ve tesislerdeki sulara ait resimler.....	8
Şekil 3.3. Ekşisu mesire alanı ve alanda bulunan mineral sulara ait resimler	9
Şekil 4.1. Farklı su uygulamalarının bitkilerdeki Klorofil-a içeriğine etkisi	16
Şekil 4.2. Farklı su uygulamalarının bitkilerdeki Klorofil-b içeriğine etkisi.....	16
Şekil 4.3. Farklı su uygulamalarının bitkilerdeki toplam klorofil içeriğine etkisi.....	17
Şekil 4.4. Farklı su uygulamalarının bitkilerdeki karotenoid içeriğine etkisi	18
Şekil 4.5. Farklı su uygulamalarının bitkilerdeki elektrolit sızıntı miktarına etkisi	19

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1. Farklı su uygulamalarının buğday bitkisinin besin element içeriğine etkisi .	13
Tablo 4.2. Farklı su uygulamalarının arpa bitkisinin besin element içeriğine etkisi	14
Tablo 4.3. Farklı su uygulamalarının bitkilerdeki klorofil içeriğine etkisi	15
Tablo 4.4. Farklı su uygulamalarının bitkilerdeki karotenoid içeriğine etkisi	17
Tablo 4.5. Farklı su uygulamalarının bitkilerdeki sızıntı miktarına etkisi	18
Tablo 4.6. Farklı su uygulamalarının toprakta mineral madde konsantrasyonuna etkisi	20



SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

%	Yüzde
°C	Santigrat derece
<i>Al</i>	Alüminyum
<i>B</i>	Bor
<i>Ca</i>	Kalsiyum
<i>CO₃²⁻</i>	Karbonat iyonu
<i>Cu</i>	Bakır
<i>Fe</i>	Demir
<i>HCO₃⁻</i>	Bikarbonat
<i>HNO₃</i>	Nitrik asit
<i>K</i>	Potasyum
<i>Mg</i>	Magnezyum
<i>Mn</i>	Mangan
<i>Na</i>	Sodyum
<i>P</i>	Fosfor
%	Yüzde
°C	Santigrat derece
<i>Al</i>	Alüminyum
<i>B</i>	Bor
<i>Ca</i>	Kalsiyum
<i>CO₃²⁻</i>	Karbonat iyonu
<i>Cu</i>	Bakır
<i>Fe</i>	Demir
<i>HCO₃⁻</i>	Bikarbonat
<i>HNO₃</i>	Nitrik asit

Kısaltmalar

ANOVA	Analysis of variance (Varyans analizi)
Chla	Klorofil-a
Chlb	Klorofil-b
EC	Elektriksel iletkenlik
g	Gram
ICP-OES	İndüksiyonla birleşmiş plazma optik emisyon spektroskopisi
kg	Kilogram
L	Litre
LSD	Least significant difference
mg	Miligram
ml	Mililitre
ppm	Parts per million (Milyonda bir)
PSI	Pounds per square inch
SAR	Sodyum adsorpsiyon oranı
SPSS	Statistical package for the social sciences

1.GİRİŞ

Tarımda başarılı ve verimli bir üretim, ancak bitki gelişimi üzerine etki eden faktörlerin sağlanmasıyla mümkündür. Ülkemizde, tarıma açılabilir olan alanların neredeyse tamamında tarımsal uğraşlar yer aldığından, üretimdeki artışın verimdeki artış ile karşılanması gerektiği ortadadır. Verimdeki artışı sağlayan ve bitki gelişimini etkileyen en önemli faktörlerin başında sulama gelmektedir (Yurtseven vd., 1999; Altın ve Sönmez, 2020). Buğday üretimi için yapılan sulama da verim artışını sağlayan önemli bir etmendir (Gültekin vd., 2011; Meena vd., 2019). Sulama, bitkinin ihtiyacı olan ve yağışlarla karşılanamayan suyun bitkinin kök bölgesine yeterli miktarda ve uygun zamanda verilmesi olarak tanımlanmaktadır (Dorak vd., 2018). Dünya nüfusunun artması ile yoğun tarımsal faaliyetler ile evsel ve endüstriyel alanlarda yoğun su kullanımı tatlı suya olan talebi büyük oranda artırmıştır (Talabi 2015; Nematollahi vd., 2016; Shaha vd., 2019a, 2019b).

Son yıllarda su kalitesi ve miktarında azalma ile ortaya çıkan su kısıtı, büyük bir sorun haline gelmeye başlamıştır. Dünyanın birçok ülkesinde kentsel atık suların büyük bir bölümünün yeteri kadar arıtılmaması ya da herhangi bir arıtma işlemine tabi tutulmaması ve beraberinde bu suların tarımsal alanların sulanmasında kullanılması önemli bir sorun haline gelmiştir. Hızla artan nüfus, hızlı kentleşme, sanayileşme, tarım alanlarında yaygın gübre ve pestisit kullanımı sınırlı olan tatlı su kaynaklarının hızla kirlenmesine neden olmaktadır (Aksoy vd., 2011; Yucel ve Yılmaz, 2006; Çalışeki vd., 2016).

Suyun kullanım alanlarının dağılımı değişiklikler göstermekle birlikte dünyada toplam temiz suyun ortalama olarak %70'i tarımsal, %20'si endüstriyel ve %10'u evsel amaçlı kullanılmaktadır. Bu oranlardan da görüldüğü gibi tarımsal sulama amacı ile kullanılan temiz su, toplam kullanılan suyun çok büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Artan nüfusa bağlı olarak 2050'ye kadar %70 daha fazla yiyecek üretilmesi gerektiği, buna bağlı olarak da tarımsal sulama için gerekli su miktarının artacağı öngörülmektedir (Penna vd., 2020; FAO, 2019).

Son zamanlarda yetersiz olan temiz su kaynaklarına alternatif olarak tarımda sulama suyu gereksinimini karşılamak için farklı su kaynaklarının kullanımı bir çözüm olarak

değerlendirilmektedir (Baba, 2008). Ancak tarımsal amaçlı kullanılan atık suyun bitkiler ve mahsulü kullanan canlılar üzerindeki etkisi tam olarak bilinmemektedir.

Dünyadaki temiz ve kullanılabilir su kaynaklarının sınırlı olması ve küresel iklim değişikliğine bağlı olarak meydana gelmesi öngörülen kuraklık, insanoğlunu alternatif su kaynakları arayışına yöneltmiştir. Bu nedenle özellikle su sıkıntısı çeken ve hem atık suyun arıtma maliyetinden kurtulmak hem de atık su içerisindeki zengin besin kaynaklarını değerlendirmek isteyen ülkelerde arıtılmış atık suların tarımsal sulama amacı ile kullanılması gün geçtikçe artan bir uygulama haline gelmiştir (Polat, 2013; Aydoğdu vd., 2015; Ak ve Top, 2018).

Jeotermal sular, kimyasal özellikleri bakımından yüzey sularından daha farklıdır. Jeotermal sulardaki erimiş katyon ve anyonların çeşit ve miktarlarının daha fazla olduğu belirtilmektedir. Bu kaynaklardan, sulama açısından önemli olan katyonlar Na, Ca ve Mg ve anyonlar Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- ve CO_3^{2-} 'dir. (Ergüden, 1996). Sulama suyunun kullanılabilirliğinde bir ölçüt kabul edilen ve toksik bir element olan bor, jeotermal suların tuzluluk ve sodyumluluk oranı kadar önemlidir. Bor oranı yüksek olan bazı jeotermal kaynaklar, tuzluluk ve sodyumluluk oranı bakımından da sulamaya uygun değildir. Bu nedenle jeotermal suların sulama suyu olarak kullanılıp kullanılmayacakları konusunda bir düşünceye varmak ve tarım topraklarında muhtemel zararları önlemek için suların kalitelerinin belirlenmesi önemlidir. Ülkemizde çoğu termal sular, kullanımından sonra kontrolsüz bir şekilde ya doğrudan tarım alanlarına verilmekte ya da tarımsal sulamada kullanılan su kaynaklarına deşarj edilmektedir. Bu nedenle termal suların bulunduğu coğrafi bölgelerde tarım alanlarının elden çıkması ve çevre sorunlarının oluşma riski bulunmaktadır (Ergüden, 1996).

Mineral sular; Ca, K, Mg, Na, P, S gibi makro elementleri ve Co, Cr, Cu, Fe, I, Mn, Mo, Se, V, Zn gibi mikro elementleri bünyesinde ihtiva eden doğal yeraltı su kaynaklarıdır. Su içeriği kaynağına göre değişiklik göstermektedir (Baba vd., 2008).

Herhangi bir suyun sulama için değerlendirilmesinde içeriğindeki eriyebilir tuz miktarı, sodyum oranı ve toksik elementler önemli kriterlerdir (Tuncay, 1993). Bu suların sulamada değerlendirilmesi neticesinde toprak ve bitkiler üzerine olası tuz etkilerinin

gözlemlenebilmesi için üretimin her safhasında toprak ve bitki örnekleri alınarak analiz edilmelidir (Yağmur ve Okur, 2009).

Türkiye diğer ülkelerde olduğu gibi, zengin termal ve mineralli su kaynaklarına sahiptir (Doğanay ve Soylu, 1999). Ülkemiz, Hindistan ile Avrasya plakalarının çarpışması sonucunda oluşmuş dünyanın büyük jeotermal kuşakları arasında yer alan Alp-Himalaya Kuşağı üzerinde bulunmaktadır. 150 km genişlik ve 3000 km uzunluğa sahip olan kuşak İtalya, Yugoslavya, Yunanistan, Türkiye, İran, Pakistan, Hindistan, Tibet, Yunan (Çin), Myanmar (Burma) ve Tayland gibi birçok ülkeyi içine almaktadır. Jeotermal kaynaklar arasında dünyada en zengin potansiyele sahip 7. ülke olan Türkiye’de, jeotermal enerjinin kullanımı açısından avantajları dikkate alındığında, bu kaynakların kullanımının yaygınlaştırılması son derece önem teşkil etmektedir (Şimşek, 1991; Poyraz, 2016; Amalraj ve Pius, 2018).

Bu çalışma ülkemizde son yıllarda hissedilir derecede su kaynaklarının azalması sonucu tarımsal sulamada jeotermal ve mineral suların kullanılmasına yöneliktir. Kimyasal özellikleri bakımından kullanılabilir nitelikte olan termal sular alternatif bir çözümdür ve bununla birlikte kurak geçen dönemlerde doğrudan sulama amaçlı kullanılabilme potansiyelleri de yüksektir. Nitekim ülkemizin farklı bölgelerinde termal suların sulama amaçlı kullanımları mevcuttur. Yapılan bu çalışma ile Erzincan ilinde bulunan jeotermal ve mineral suların buğday ile arpa bitkilerinin yetiştirilebilmesinde kullanılabilirliğinin belirlenerek bitkiler üzerinde olası etkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

2.KAYNAK ÖZETLERİ

Her geçen yıl suya olan talebin artması ve su kaynaklarındaki azalma insanları sınırlı kalitedeki suları kullanmaya zorladığı günümüzde, alternatif su kaynaklarının ve atık suların bu alanda kullanımını gündeme getirmiştir. Bazı ülkelerde atık sular, kilometrelerce uzaklığa kanallar vasıtasıyla taşındıktan sonra doğrudan tarım alanlarına verilebilmektedir (Güneş, 2002). Atık suların bitkisel üretimde ve tarımsal sulamada kullanılabilirliği ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır. Ancak termal ve mineral suların bu alanda kullanılabilirliğinin araştırıldığı sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.

Birkle ve Merkel (2000), yapmış oldukları çalışmalarında, 1994 Kasım ile 1996 Mayıs dönemleri arasında, Meksika'da Los Azufres jeotermal sahasındaki yüzey sularının ve sığ akiferlerin kirlendiğini tespit etmişlerdir. Jeotermal saha içinde olduğu gibi 10 km'ye varan mesafelerde de iz element derişimlerinde, özellikle F, Mn, Fe, B ve As'te sürekli artışlar gözlemlenmiştir. B ve As için sırasıyla 125 ve 8 mg L⁻¹ maksimum değerleri tespit etmişlerdir. Hipersalin jeotermal tuzlu suların boşalım civarında bulunan toprakların tuzlanmasına sebep olduğu ayrıca içme ve sulama amaçlı kullanılan nehir suyundaki toksit elementlerin insan besin zincirinde birikerek halkın sağlığını tehlikeye attığını tespit etmişlerdir.

Tunus 1980'li yıllarda tarımsal sulama politikasını termal suların kullanımı üzerine kurmuştur. Günümüze kadar burada termal sularla sulanan araziler artış göstermiş olup, termal suların %95'i soğutularak tarımsal amaçlı kullanılmıştır. Ülkede hurma ağaçlarının sulanmasında daha çok termal kaynaklı sular kullanılmaktadır. Ancak sonuç olarak jeotermal suların kullanımından sonra olası tuz etkileri nedeniyle üretimin her aşamasında alınacak toprak ve bitki örneklerinin analizlerinin yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Mohammed, 2002).

Aydın, Afyonkarahisar, Denizli ve Konya gibi jeotermal su kaynaklarının bulunduğu illerimizde termal sular zaman zaman doğrudan ya da sulama sularına karışmak suretiyle tarımsal sulamada kullanılmıştır (Abacı ve Kaya, 2018).

Yağmur ve Okur (2009) bitkisel üretimde termal suların kullanım olanakları ile ilgili yaptıkları çalışmada normal sulama suyu ile yakındaki bir nehre veya dereye deşarj

edilen tam termal su, %50 normal su + %50 termal su ve %25 termal su + %75 normal su karışımları ile mısır ve kanola bitkileri yetiştirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre Karahayıt bölgesindeki termal suların farklı oranlarda karışımları ile yapılan sulamanın her iki bitki çeşidinin yetiştiriciliğinde yapılan uygulamalarda olumsuzluk görülmediği ancak ileriye dönük olarak olası riskleri gözlemlemek için değişik toprak tipleri ve bitkilerde de araştırmalara ihtiyaç olduğu sonucuna varılmıştır.

Camgöz vd., (2010), İzmir-Seferihisar bölgesinde jeotermal suların bulunduğu dört istasyonda aylık olarak belirli periyotlarda su numunelerinde radon aktivite konsantrasyonlarını ve kimyasal içeriklerini araştırılmıştır. Yapılan incelemelerde istasyonlarda canlılar için riskli düzeyde radon aktivite konsantrasyonları belirlenmiş, sulama suyu açısından çalışma alanındaki tüm jeotermal su kaynaklarının çok yüksek tuzlu ve sodyumlu sular sınıfında olduğu ve bu su kaynaklarının tarımsal sulama suyu ve içme suyu olarak kullanılamayacağı tespit edilmiştir.

Abacı ve Kaya (2018), farklı termal suların fasulye çeşitlerinde çimlenme ve bazı fide gelişim özelliklerine etkilerini incelenmiştir. Çalışmada materyal olarak 3 kuru fasulye çeşidi (Burgan, Oturak Şeker ve Sarıkız çeşitleri) tohumu ile Sandıklı (Afyonkarahisar), Gazlıgöl (Afyonkarahisar), Karahayıt (Denizli), Pamukkale (Denizli), Ilgın (Konya), Simav (Kütahya) ve Buharkent (Aydın) yörelerindeki kaplıcalardan alınan termal sular kullanılmıştır. Fasulye çeşitlerinin çimlenme ve bazı fide özellikleri bakımından kaplıca sularına tepkileri çok farklı olmuştur. Elde edilen bir yıllık sonuçlara göre, Sandıklı, Karahayıt, Ilgın ve Pamukkale kaplıca sularının fasulye tarımında kullanılması durumunda dikkatli olunması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Torunlar vd., (2019), yaptıkları çalışmada Ankara ili Ayaş ilçesinde bulunan jeotermal kaynakların kullanımlarından sonra ortaya çıkan jeotermal atık suların, bölgede tarımsal amaçlı sulama suyu olarak kullanılan İlhan çayına deşarjı sonrasında bu sulara yarattığı kirlenme ve kalitesinin değişmesi ile yetiştirilen tarımsal ürünler üzerinde oluşturduğu kirlenme potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma alanı içerisinde bulunan sulardan elde edilen bulgular tarımsal sulama suyu kalite kriterlerine göre değerlendirilmiş olup deşarj edilen atık suların ve jeotermal kaynakların sulama sezonu öncesi ve sonrası dönemlerde sodyum adsorbsiyon oranı (SAR), klorür (Cl^-), sülfat (SO_4^{2-}), sıcaklık, toplam tuz konsantrasyonu, elektriksel iletkenlik (EC), bor ve tuzluluk

alkalilik sınıfları açısından V. Sınıf kullanılamaz su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir. Bu sulara ait mikro elementler ve ağır metallere; Molibden (Mo), Bor (B) ve Arsenik (As) konsantrasyon düzeyleri de sulama sularında bulunması gereken limit değere üzerinde belirlenmiştir.



3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada, Erzincan’da bulunan kaplıca (jeotermal) suyu, mineral su ve şebeke suları ile 1 buğday (Esperia) ve 1 arpa (Akhisar-98) varyetesi kullanılmıştır. Laboratuvar çalışmaları Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü Laboratuvarı’nda yapılmıştır.

3.1.1. İlin coğrafik konumu ve topoğrafik yapısı

Doğu Anadolu Bölgesi’nin Yukarı Fırat Bölümünde yer alan Erzincan, doğuda Erzurum, batıda Sivas, kuzeyde Giresun, Gümüşhane, Bayburt, güneyde Malatya, Elazığ, Tunceli ve Bingöl illeri ile komşudur. Yüzölçümü yaklaşık 11,903 km² olan il, 39° 45’ 12" kuzey enlemleri ve 39° 20’ 28" doğu boylamlarının kesiştiği noktada yer almaktadır. Erzincan ilindeki en önemli düzlük alanlar Erzincan ve Tercan Ovalarıdır. Fırat (Karasu) Nehri tarafından dış drenaja açılan bu ovalar, orojenik-tektonik faaliyetlerin etkisiyle meydana gelmiştir. Yüksek ve arızalı topoğrafik yapıya sahip Doğu Anadolu’da bu ovalar, verimli alüvyal toprakları, çevresine göre daha elverişli sıcaklık koşulları ve ana ulaşım güzergâhları üzerinde yer alan konumları ile tarımsal faaliyetler açısından oldukça önemlidir (Karadeniz ve Altınbilek, 2018).

3.1.2. İlde bulunan jeotermal ve mineral su kaynakları

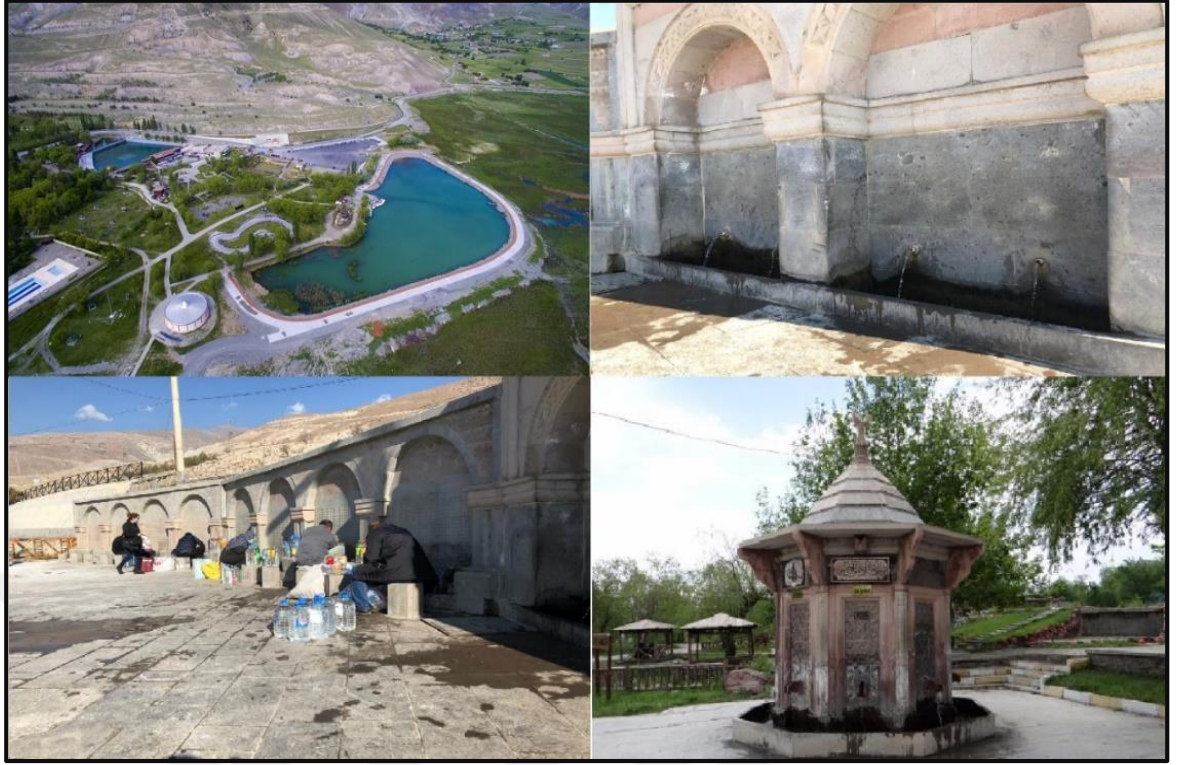
İlde jeotermal ve mineral su kaynakları mevcuttur. İl merkezine yaklaşık 10 km mesafedeki Ekşisu yöresindeki, mineral (maden) ve jeotermal (kaplıca) sular önemli bir değere sahiptir. Erzincan’daki en yüksek sıcaklığa sahip jeotermal su kaynağının yerden çıkış sıcaklığı 33 °C civarında olup, bu kaynak Ekşisu mesire alanının 2 km batısında yer almaktadır. Ayrıca tesis Erzincan Belediyesi tarafından işletilmektedir (Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3).



Şekil 3.1. Kaplıca(jeotermal) ve mineral suların alındığı bölgeler (Anonim, 2021)



Şekil 3.2. Jeotermal (kaplıca) tesisleri ve tesislerdeki sulara ait resimler



Şekil 3.3. Ekşisu mesire alanı ve alanda bulunan mineral sulara ait resimler

3.1.3. Buğday ve arpa varyetelerinin genel özellikleri

Esperia (*Triticum aestivum* L.) buğday çeşidi İtalya orijinli, 80-85 cm boyunda ekmeklik bir çeşittir. Başak yapısı kılçıklı, başak rengi beyaz, harman olma kabiliyeti iyidir. Dane rengi kırmızı, dane yapısı serttir. Çeşit bilhassa enerji değerinin (W 320-450 J) yüksekliği ile ön plana çıkmaktadır. "Kışlık gelişme" tabiatlı, Orta-Erkenci bir çeşittir. Yatmaya karşı dirençli olup sulanan alanlarda performansı yüksektir (Anonim, 2020a).

Akhisar (*Hordeum vulgare* L.) arpa çeşidi Türkiye orijinli, 85-95 cm boyunda, olgunlaşmada açık krem-beyaz bitki rengine sahip kılçıklı yemlik bir çeşittir. Adaptasyon kabiliyeti çok geniştir. Orta geçici olup kışa dayanıklılığı iyidir. İyi harman olur, tane dökmez ve yatmaya dayanıklıdır. Sulanabilir alanlar ve yağışa dayalı şartlar için tavsiye edilmektedir (Anonim, 2020b).

3.2 Yöntem

Çalışmada şebeke, kaplıca, mineral su ve bu suların yarı yarıya karıştırılması ile 6 farklı grup oluşturulmuştur. Kaplıca suyu bitkilere soğutularak verilmiştir. Çalışma için

yetiştirme kaplarına 750 g hayvan gübresi ile karıştırılan tarla toprağı hazırlanmış, buğday varyetelerinden 6 g, arpa varyetesinden 5 g olacak şekilde ekim yapılmıştır. Çimlenme sonrası buğday ve arpaların su ihtiyaına göre tarla kapasitesine uygun olarak sulanmıştır. Ortalama 15 günün sonunda arpa ve buğdaylar hasat edilmiştir. Hasat edilen bitkilerde klorofil boyutu, elektrolit sızıntı ile mineral element konsantrasyonları tespit edilmiştir. Bu çalışmaların haricinde toprağa kaplıca, mineral ve normal su 3 ay boyunca uygulanarak herhangi bir su uygulamasının yapılmadığı aynı toprak ile karşılaştırılmıştır.

3.2.1. Klorofil ve karotenoid tayini

Klorofil miktarı için hasat edilen yapraklardan 0,1 g numune, porselen havan içerisine alınarak 10 ml %80'lik aseton içinde ezilmiştir. Homojenize edilen karışım filtre kağıdından süzülerek santrifüj tüpüne alınmıştır. 10 ml'ye tamamlandıktan sonra 10 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Elde edilen karışımın spektrofotometrede 663, 646 ve 440 nm absorbans değerleri okunarak kayıt altına alınmıştır.

Klorofil miktarının hesaplanmasında;

$$Chla = 12,25A_{663} - 2,55A_{646}$$

$$Chlb = 20,31A_{646} - 4,91A_{663}$$

$$Chla + Chlb = 17,76A_{646} + 7,34A_{663}$$

$$\text{Karotenoid (Car)} = 4,69A_{440} - 0,267Chla+b$$

formüllerinden faydalanılmış ve sonuçlar mg/ml şeklinde elde edilmiştir (Porra vd., 1989).

3.2.2. Hücredeki elektrolit sızıntı miktarının tespit edilmesi

Hasat edilen bitki yapraklarından 0.1 g numune alınarak 10 adet deney tüpüne konulmuştur. Bu tüplere 4 ml saf su konularak 4  C' de 24 saat bekletilmiş daha sonra hücrelere verilen hasarın tespiti için saf suya geçen iyon miktarları elektrik kond ktivimetre ile ölçülmüştür (Griffith vd., 1992). Böylece arpa ve buğday bitkilerinin elektrolit sızıntı miktarları saptanmıştır.

3.2.3. Mineral element tayini

Yetiştirilen buğdaylar ve arpalar hasat edildikten sonra 80 °C' ye ayarlanmış etüv içinde bir gün boyunca kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra havanda toz haline getirilen örnekler ayrı ayrı poşetlere konulup isimlendirilerek saklanmıştır. Toz haline getirme işlemi sırasında örneklerin tozlarının birbirine karışmaması için her bir örneğin toz haline getirme işleminden sonra havan etil alkol ile temizlenmiştir. Bitki numunelerinden 0,5'er g tartılarak teflon hücrelere konulup, örnekler içine 10 ml %65'lik HNO₃ ilave edildikten sonra 180 °C'de ve 280 PSI basınçtaki mikrodalga cihazı içinde yirmi dakika boyunca yakıldı. Hücreler, mikrodalga işleminden sonra soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan hücreler içerisindeki numunelerin üzerleri, saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır. Daha sonra filtre kağıdından süzülerek ICP-OES cihazında uygun dalga boylarında okunmuştur (Osma vd., 2014).

3.2.4. İstatistiksel analizler

Yapılan çalışmalar neticesinde elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Verilerin ortalamaları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında $p \leq 0.05$ değeri anlamlı olarak kabul edilmiştir. SPSS 22 Paket İstatistik Programı ile %95'lik güven aralığında olan ANOVA testi ve çoklu karşılaştırmalarda farklı suların uygulandığı bitkilerden alınan örnekler arasındaki farklılığın belirlenmesi için LSD ve Dunnett t (2-sided) testi kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Uygulamaların Buğday ve Arpada Mineral Element İçeriklerine Etkisi

Kaplıca suyu, mineral su, şebeke suyu, kaplıca+şebeke suyu, mineral+şebeke suyu ve mineral+kaplıca suyu ile yetiştirilen buğday ve arpaların element içerikleri belirlenmiştir. Buğdayda en yüksek Al (146,07 mg/kg dw) ve Cu (23,40 mg/kg dw) konsantrasyonu mineral su ile yapılan uygulamada, B (24,03 mg/kg dw), Fe (780,10 mg/kg dw), Na (1.027,58 mg/kg dw) ve K (51.778,85 mg/kg dw) konsantrasyonu kaplıca suyu, Ca (1.556,97 mg/kg dw) ve P (9.155,25 mg/kg dw) konsantrasyonu mineral+şebeke suyu karışımı, Zn (61,26 mg/kg dw) konsantrasyonu kaplıca+şebeke suyu karışımı, Mn (45,75 mg/kg dw) konsantrasyonu şebeke suyu ve Mg (1.027,58 mg/kg dw) konsantrasyonu ise mineral+kaplıca suyu ile yapılan uygulamalarda belirlenmiştir. En düşük Al (13,80 mg/kg dw) ve Fe (85,67 mg/kg dw) konsantrasyonu mineral+ kaplıca suyu karışımı, Mn (33,59 mg/kg dw), Zn (28,34 mg/kg dw) ve P (6106,49 mg/kg dw) konsantrasyonu kaplıca suyu, B (3,13 mg/kg dw), Ca (1.275,23 mg/kg dw) ve Mg (2.163,15 mg/kg dw) konsantrasyonu mineral su, Na (144,64 mg/kg dw) konsantrasyonu şebeke suyu ve Cu (9,22 mg/kg dw) konsantrasyonu ise kaplıca+şebeke suyu karışımı uygulamalarında tespit edilmiştir. Buğdayda elde edilen element verileri incelendiğinde sulama uygulamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür (Tablo 4.1).

Arpa bitkilerinde en yüksek B (18,67 mg/kg dw), Cu (26,54 mg/kg dw), Zn (54,58 mg/kg dw), Na (9.334,49 mg/kg dw) ve K (51.778,85 mg/kg dw) konsantrasyonu kaplıca suyu ile yapılan uygulamada, Mn (53,93 mg/kg dw), Ca (2.420,33 mg/kg dw) ve P (11.374,84 mg/kg dw) konsantrasyonu mineral su, Al (134,37 mg/kg dw) ve Fe (370,82 mg/kg dw) konsantrasyonu ise şebeke suyu uygulamasında tespit edilmiştir. En düşük Al (7,00 mg/kg dw), B (7,02 mg/kg dw), Cu (20,31 mg/kg dw), Fe (83,69 mg/kg dw), Mn (31,30 mg/kg dw), Zn (33,25 mg/kg dw), Mg (2.512,68 mg/kg dw) ve P (6.255,98 mg/kg dw) konsantrasyonu mineral+kaplıca suyu karışımı ile yapılan uygulamada, Na (1.467,37 mg/kg dw) ve Ca (1.652,50 mg/kg dw) konsantrasyonu mineral+şebeke suyu karışımı ve K (53.731,10 mg/kg dw) konsantrasyonu ise şebeke suyu uygulamasında tespit edilmiştir. Arpada elde edilen element verileri incelendiğinde sulama uygulamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.2).

Tablo 4.1. Farklı su uygulamalarının buğday bitkisinin besin element içeriğine etkisi (mg/kg dw)

Buğday (Esperia)														
Uygulama	Al		B		Cu		Fe		Mn		Zn			
Kaplıca suyu	26,80	± 2,63	24,03	± 2,08	18,73	± 0,56	780,10	± 144,75	33,59	± 1,78	28,34	± 2,13		
Mineral Su	146,07	± 2,80	3,13	± 0,67	23,40	± 1,48	461,01	± 14,38	36,52	± 1,31	28,69	± 1,40		
Şebeke Suyu	57,32	± 7,03	6,97	± 0,41	20,01	± 0,65	214,01	± 18,03	45,75	± 3,94	39,94	± 1,25		
Kaplıca+Şebeke	58,62	± 5,44	12,92	± 0,82	9,22	± 1,38	600,78	± 3,09	40,38	± 0,81	61,26	± 15,89		
Mineral+Şebeke	28,46	± 6,50	14,03	± 3,74	21,33	± 0,49	147,63	± 20,70	42,96	± 2,61	39,59	± 1,45		
Mineral+Kaplıca	13,80	± 0,64	20,98	± 0,24	23,00	± 0,24	85,67	± 2,11	37,07	± 0,93	32,82	± 0,92		
Önem seviyesi	***		***		***		***		***		**			
Uygulama	Na		Mg		K		Ca		P					
Kaplıca suyu	1.027,58	± 4,09	2.518,43	± 85,21	51.778,85	± 536,84	1.483,08	± 47,97	6.106,49	± 110,17				
Mineral Su	163,71	± 6,19	2.163,15	± 84,81	45.136,96	± 1373,81	1.275,23	± 73,43	8.262,13	± 269,13				
Şebeke Suyu	144,64	± 2,14	2.334,17	± 52,24	50.755,77	± 909,13	1.537,09	± 47,98	8.396,46	± 205,30				
Kaplıca+Şebeke	782,61	± 8,34	2.446,67	± 36,92	50.263,82	± 313,97	1.523,92	± 31,08	8.696,44	± 101,22				
Mineral+Şebeke	185,68	± 3,11	2.419,41	± 44,20	46.274,26	± 775,62	1.556,97	± 33,85	9.155,25	± 150,16				
Mineral+Kaplıca	720,12	± 10,26	2.583,99	± 44,98	49.020,27	± 781,56	1.510,88	± 41,66	7.882,94	± 96,36				
Önem seviyesi	***		***		***		***		***					

*p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001 seviyesinde önemli

Tablo 4.2. Farklı su uygulamalarının arpa bitkisinin besin element içeriğine etkisi (mg/kg dw)

Arpa (Akhisar 98)												
Uygulama	Al		B		Cu		Fe		Mn		Zn	
Kaplıca suyu	27,14	± 2,08	18,67	± 0,24	26,54	± 0,16	143,58	± 6,50	44,69	± 0,38	54,58	± 0,50
Mineral Su	49,55	± 5,31	10,85	± 0,41	23,39	± 0,44	201,34	± 15,91	53,93	± 2,01	51,35	± 1,11
Şebeke Su	134,37	± 0,63	9,66	± 0,06	21,53	± 0,28	370,82	± 9,81	49,10	± 0,13	46,36	± 0,46
Kaplıca+Şebeke	40,08	± 1,72	10,48	± 0,10	21,70	± 0,31	175,63	± 5,17	38,17	± 0,33	40,60	± 0,43
Mineral+Şebeke	7,17	± 0,24	7,65	± 0,06	20,80	± 0,17	85,80	± 2,76	40,58	± 0,61	39,92	± 0,79
Mineral+Kaplıca	7,00	± 0,38	7,02	± 0,03	20,31	± 0,22	83,69	± 1,86	31,30	± 0,58	33,25	± 0,74
Önem seviyesi	***		***		***		***		***		***	
Uygulama	Na		Mg		K		Ca		P			
Kaplıca suyu	9.334,49	± 68,34	3.876,24	± 7,08	73.214,13	± 530,20	2.363,80	± 16,59	9.148,11	± 62,54		
Mineral Su	2.062,78	± 62,42	4.068,49	± 153,96	57.853,88	± 1155,38	2.420,33	± 93,56	11.374,84	± 177,09		
Şebeke Su	1.540,14	± 14,41	3.781,13	± 20,99	53.731,10	± 262,57	2.149,53	± 25,36	10.441,11	± 124,69		
Kaplıca+Şebeke	4.661,12	± 72,83	3.213,80	± 61,54	61.581,79	± 757,45	2.119,35	± 43,27	8.134,09	± 89,40		
Mineral+Şebeke	1.467,37	± 12,01	2.908,12	± 80,41	48.344,62	± 464,22	1.652,50	± 48,39	9.677,68	± 140,20		
Mineral+Kaplıca	4.322,99	± 48,93	2.512,68	± 59,91	54.164,13	± 840,15	1.667,78	± 35,28	6.255,98	± 147,87		
Önem seviyesi	***		***		***		***		***			

*p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001 seviyesinde önemli

4.2. Uygulamaların Klorofil-a, Klorofil-b ve Toplam Klorofil içeriğine etkisi

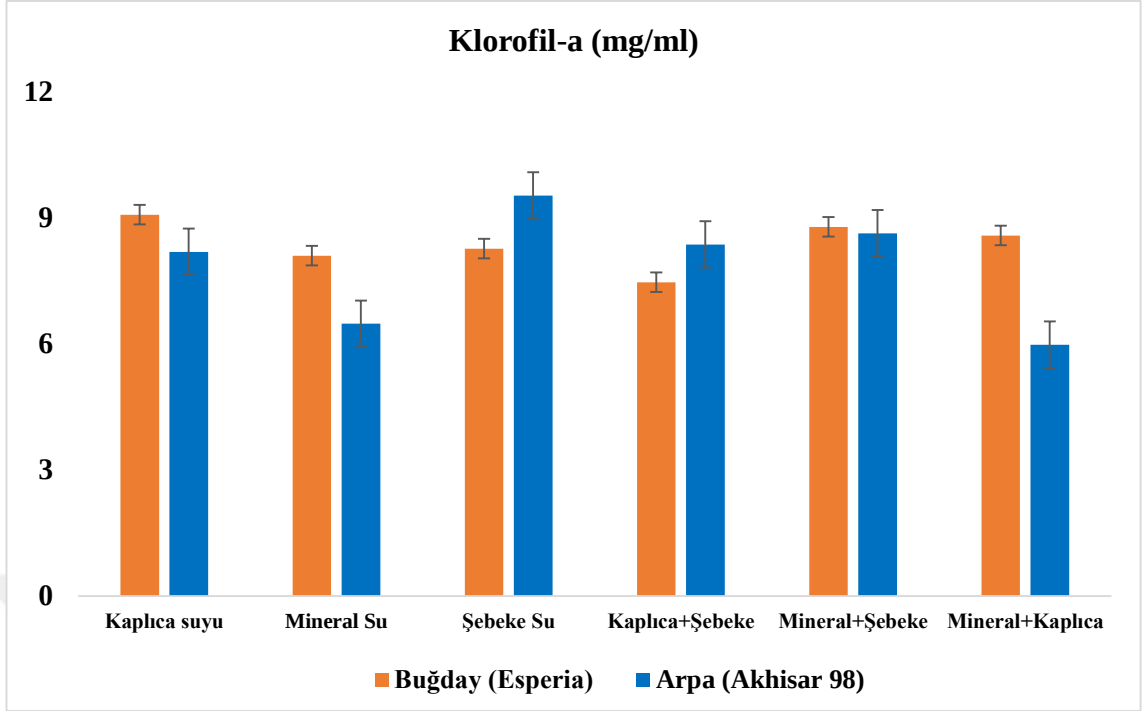
Farklı su uygulamalarının buğday ve arpa bitkilerinin klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil içeriklerine etkisi tespit edilmiştir.

Buğday bitkilerinde en yüksek klorofil-a (9,07 mg/ml) ve toplam klorofil (13,27 mg/ml) içeriği kaplıca su uygulamasında, klorofil b içeriği ise kaplıca ve mineral su uygulamalarında belirlenmiştir. En düşük klorofil-a (7,46 mg/ml), klorofil-b (3,17 mg/ml) ve toplam klorofil (10,63 mg/ml) içerikleri kaplıca+şebeke suyu uygulamasında tespit edilmiştir (Şekil 4.1; Şekil 4.2; Şekil 4.3; Tablo 4.3).

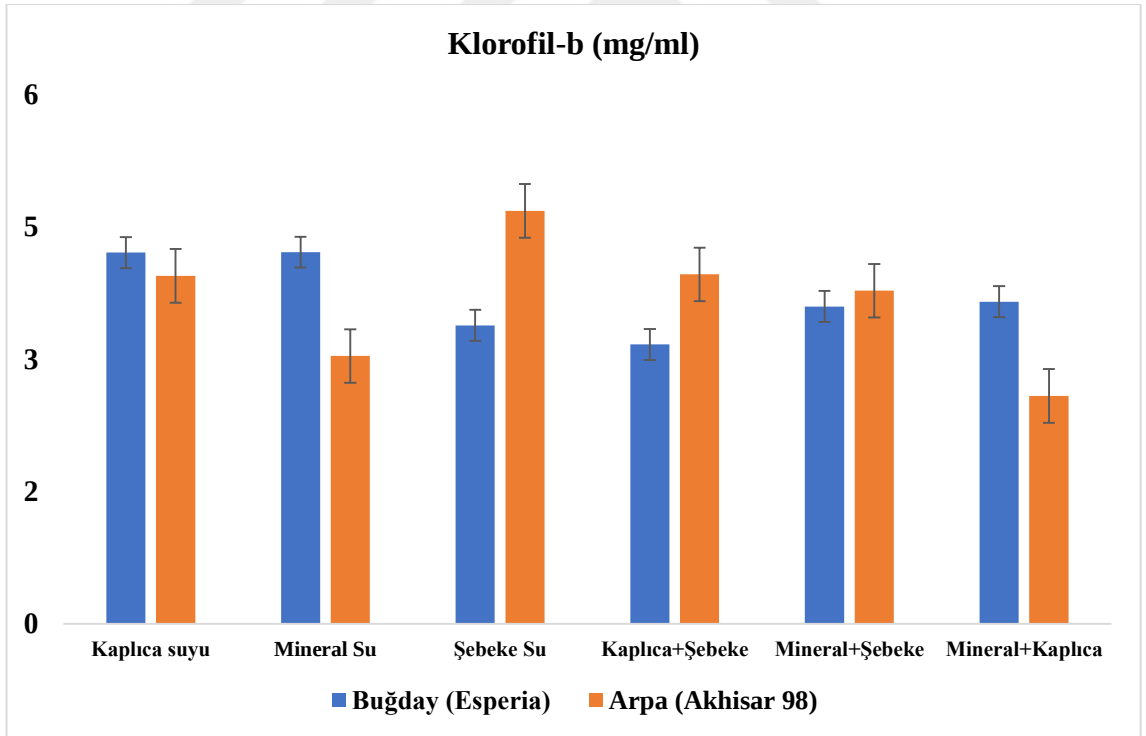
Arpa bitkilerinde en yüksek klorofil-a (9,52 mg/ml), klorofil-b (4,68 mg/ml) ve toplam klorofil (14,20 mg/ml) içeriği şebeke su uygulamasında, en düşük ise mineral+kaplıca suyu uygulamasında tespit edilmiştir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Farklı su uygulamalarının bitkilerdeki klorofil içeriğine etkisi (mg/ml)

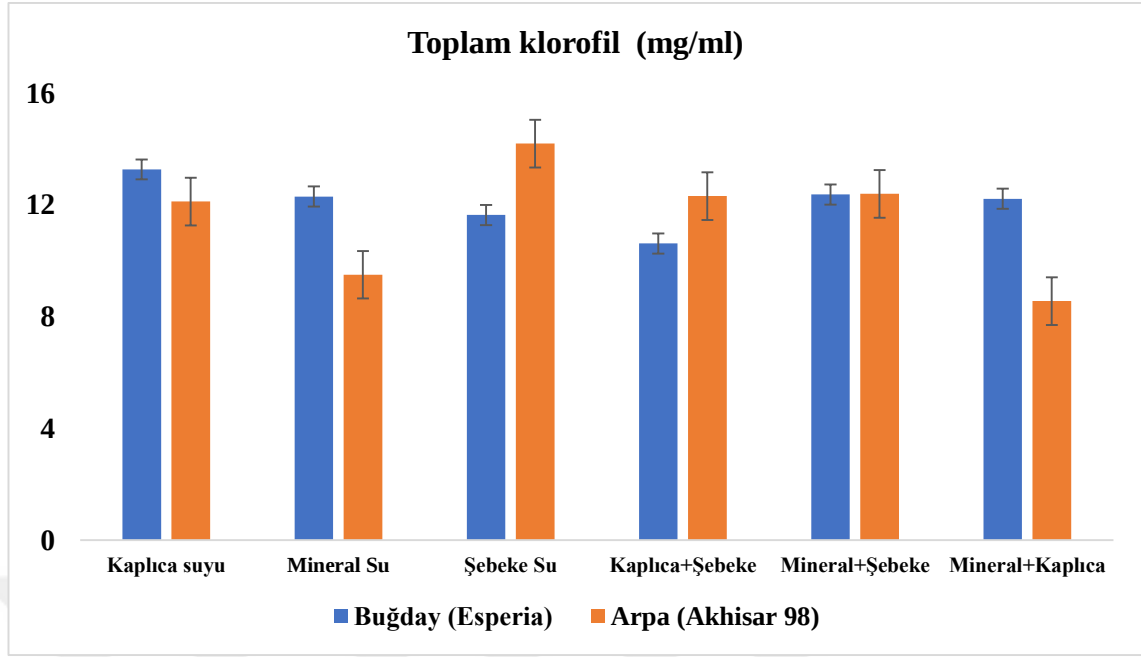
Uygulama	Klorofil-a		Klorofil-b		Toplam Klorofil	
	Buğday	Arpa	Buğday	Arpa	Buğday	Arpa
Kaplıca suyu	9,07	8,18	4,21	3,94	13,27	12,13
Mineral Su	8,09	6,47	4,21	3,04	12,30	9,51
Şebeke Su	8,26	9,52	3,38	4,68	11,64	14,20
Kaplıca+Şebeke	7,46	8,36	3,17	3,96	10,63	12,32
Mineral+Şebeke	8,78	8,63	3,60	3,78	12,38	12,40
Mineral+Kaplıca	8,57	5,97	3,65	2,58	12,22	8,56



Şekil 4.1. Farklı su uygulamalarının bitkilerdeki Klorofil-a içeriğine etkisi



Şekil 4.2. Farklı su uygulamalarının bitkilerdeki Klorofil-b içeriğine etkisi



Şekil 4.3. Farklı su uygulamalarının bitkilerdeki toplam klorofil içeriğine etkisi

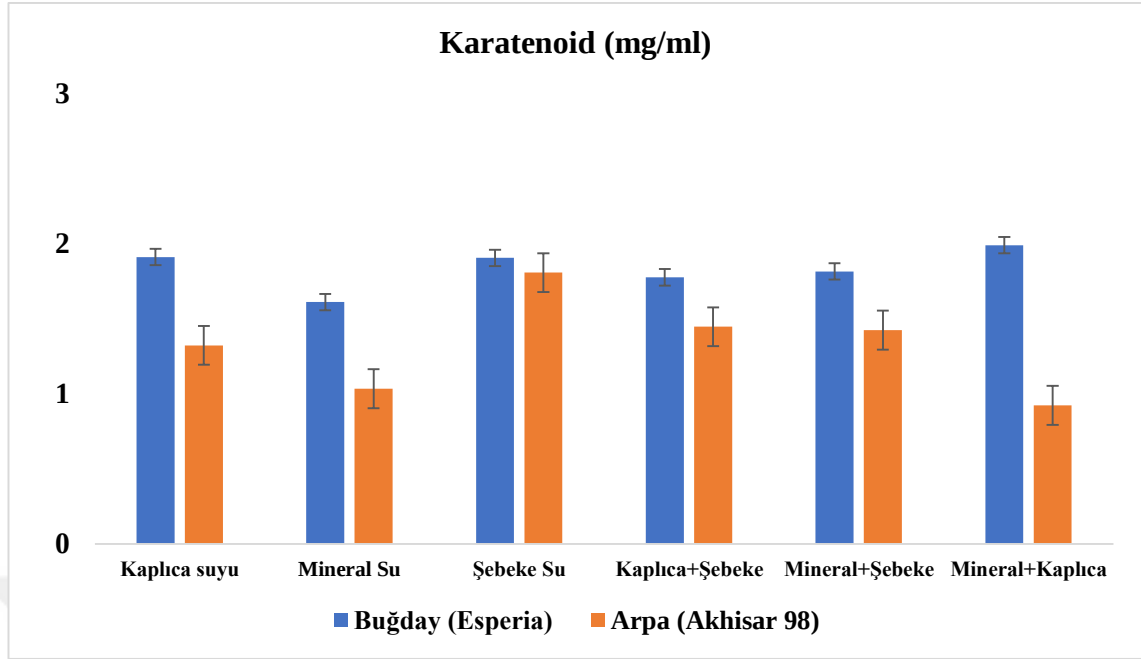
4.3. Uygulamaların bitkilerdeki karatenoid içeriğine etkisi

Farklı su uygulamaların buğday ve arpa bitkilerinin karatenoid içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

En yüksek karatenoid içeriği, buğday bitkilerinde 1,99 mg/ml’lik değerle mineral+kaplıca su uygulamasında belirlenirken, arpada şebeke suyu uygulamasında 1,81 mg/ml olarak belirlenmiştir. En düşük karatenoid içeriği buğdayda 1,61 mg/ml ile mineral su uygulamasında, arpada ise 0,92 mg/ml ile mineral+kaplıca suyu uygulamasında tespit edilmiştir (Şekil 4.4; Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Farklı su uygulamalarının bitkilerdeki karatenoid içeriğine etkisi

Uygulama	Buğday	Arpa
Kaplıca suyu	1,91	1,32
Mineral Su	1,61	1,03
Şebeke Su	1,90	1,81
Kaplıca+Şebeke	1,78	1,45
Mineral+Şebeke	1,81	1,42
Mineral+Kaplıca	1,99	0,92



Şekil 4.4. Farklı su uygulamalarının bitkilerdeki karatenoid içeriğine etkisi

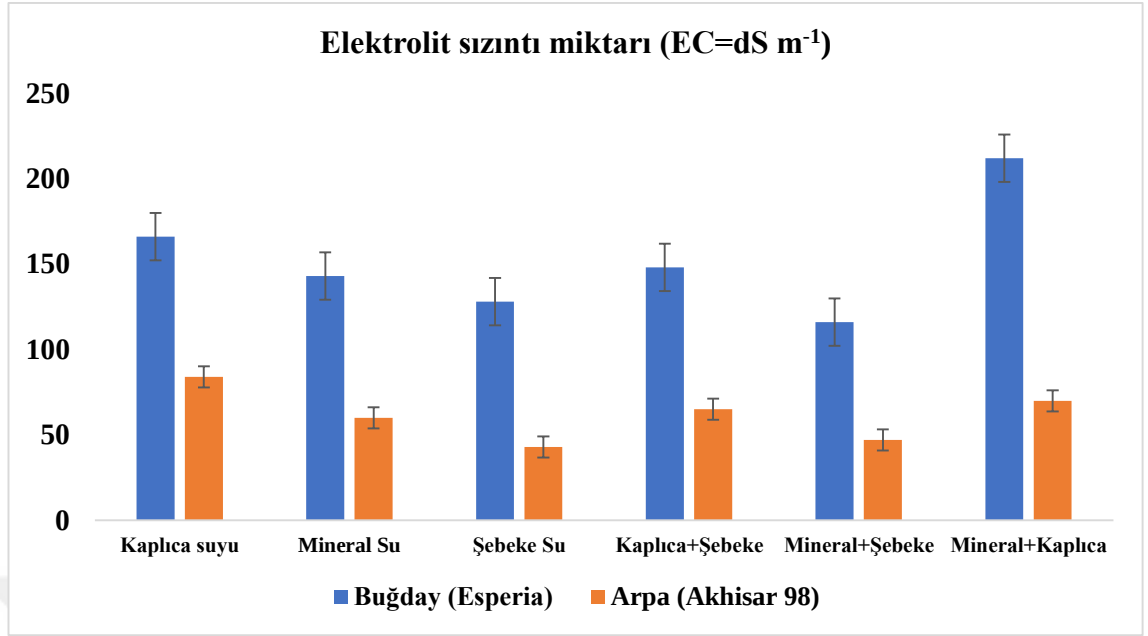
4.4. Uygulamaların bitkilerdeki elektrolit sızıntı miktarına etkisi

Farklı su uygulamalarının buğday ve arpa bitkilerinin elektrolit sızıntı miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Yapılan analizler sonucunda, en yüksek elektrolit sızıntı miktarı buğdayda (212 dS m^{-1}) mineral+kaplıca suyu uygulamasında, arpada (84 dS m^{-1}) ise kaplıca suyu uygulamasından elde edilmiştir. En düşük elektrolit sızıntı miktarı buğdayda (116 dS m^{-1}) mineral+şebeke suyu, arpada (43 dS m^{-1}) şebeke suyu uygulamasında belirlenmiştir (Şekil 4.5; Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Farklı su uygulamalarının bitkilerdeki sızıntı miktarına etkisi ($\text{EC}=\text{dS m}^{-1}$)

Uygulama	Buğday	Arpa
Kaplıca suyu	166	84
Mineral Su	143	60
Şebeke Su	128	43
Kaplıca+Şebeke	148	65
Mineral+Şebeke	116	47
Mineral+Kaplıca	212	70



Şekil 4.5. Farklı su uygulamalarının bitkilerdeki elektrolit sızıntı miktarına etkisi

4.5. Uygulamaların toprakta element konsantrasyonuna etkisi

Farklı su uygulamalarının topraktaki besin element konsantrasyonuna önemli düzeyde etki ettiği yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda tespit edilmiştir.

Toprakta en yüksek B, Cu, Zn, Na ve P konsantrasyonları sırasıyla 49,84 mg/kg dw; 58,23 mg/kg dw; 65,09 mg/kg dw; 1.057,41; 644,05 mg/kg dw ile kaplıca suyu uygulamasında, Mn ve K konsantrasyonu ise sırasıyla 616,08 ve 3.358,55 mg/kg dw ile normal su uygulamasında, Al, Fe, Mg ve Ca konsantrasyonu ise sırasıyla 3.709,93; 54.886,98; 79.672,03 ve 65.534,15 mg/kg dw ile kontrol uygulamasında belirlenmiştir. En düşük Al, Cu, Fe, Na, Mg ve K konsantrasyonları sırasıyla 3.004,84; 53,11; 49.837,83; 337,52; 74.750,22 ve 2.888,62 mg/kg dw ile mineral su uygulamasında, B (27,47 mg/kg dw), Mn (588,82 mg/kg dw), Zn (53,45 mg/kg dw) ve P (254,42 mg/kg dw) konsantrasyonları kontrol uygulamasında ve Ca konsantrasyonu ise 43.822,38 mg/kg dw kaplıca suyu uygulamasında tespit edilmiştir (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Farklı su uygulamalarının toprakta mineral madde konsantrasyonuna etkisi (mg/kg dw)

Uygulama	Al		B		Cu		Fe		Mn		Zn	
Kaplıca suyu	3.015,22	± 57,53	49,84	± 0,44	58,23	± 0,43	50.715,39	± 325,07	613,73	± 4,31	65,09	± 0,57
Mineral Su	3.004,84	± 41,63	27,83	± 0,62	53,11	± 0,51	49.837,83	± 316,17	609,00	± 2,47	64,60	± 1,47
Normal Su	3.164,12	± 50,87	32,79	± 0,31	54,68	± 0,89	51.035,65	± 479,77	616,08	± 5,54	63,98	± 0,66
Kontrol	3.709,93	± 70,74	27,47	± 0,13	56,79	± 0,52	54.886,98	± 570,16	588,82	± 3,78	53,45	± 0,41
Uygulama	Na		Mg		K		Ca		P			
Kaplıca suyu	1.057,41	± 23,09	76.755,84	± 652,11	3233,01	± 74,95	43.822,38	± 333,69	644,05	± 3,81		
Mineral Su	337,52	± 12,52	74.750,22	± 505,87	2888,62	± 59,49	44.696,71	± 296,76	614,09	± 6,71		
Normal Su	431,83	± 10,69	76.726,71	± 833,35	3358,55	± 66,45	44.944,26	± 457,25	635,18	± 7,89		
Kontrol	742,71	± 20,74	79.672,03	± 899,80	2352,41	± 18,13	65.534,15	± 959,24	254,42	± 6,11		

5.TARTIŞMA VE SONUÇ

Sulamada en önemli husus, sulama suyunun kalitesidir. Sulama sularının kalitelerinin belirlenmesinde üzerinde durulması gereken en önemli özelliklerin başında eriyebilir tuzların toplam konsantrasyonu, sodyum katyonunun diğer katyonlara olan nispi oranı, bor ve toksik olabilecek diğer elementlerin konsantrasyonu ile bazı koşullar altında kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonu gelmektedir. Bu çalışmada elde edilen veriler, daha önce yapılan çalışmalar ile kıyaslanmıştır.

Alüminyumun bitki büyümesi, ürün verimi, besin maddesi alımı ve dağılımı üzerindeki etkileri vejetatif ve üreme organlarında hâlâ tam olarak anlaşılmamıştır. Alüminyum, düşük asitli ortamlarda toksisite gösteren ağır metal olmayan önemli elementlerden biridir (Pordel vd., 2019). Alüminyum (Al) bitki beslenmesi açısından gerekli olmadığı halde toprakta oksijen ve silikondan sonra en çok bulunan (%7) üçüncü elementtir. Al toksisitesi önemli bir tarımsal problem olup, bitki sistemlerinde yoğun olarak araştırılmaktadır ancak bu elementin kompleks kimyasal yapısından dolayı toksisitesi üzerinde yapılan çalışmalar zorlaşmaktadır (Matsumoto, 2000). Genellikle 10-100 mg/kg dw arasında değişen konsantrasyonlarda bulunan çözünmüş Al'un bitkiler için büyümeyi engelleyici bir faktör olduğu belirtilmektedir. Bitkilerde Al toksisitesinin hedef organı kök olup, çok hızlı ve kısa sürede kök sistemine zarar vererek besin elementi ve su alımını ile taşınımında yavaşlamaya ve hasara sebep olduğu belirtilmektedir (Hasenstein ve Evans, 1988, Kurtuluş, 2019). Çalışmada buğday (13,80 mg/kg dw) ve arpa (7 mg/kg dw) bitkilerinde Al bakımından en güvenilir uygulamanın mineral+kaplıca suyu uygulaması, toksisite oluşturmaması bakımından ise en riskli uygulamaların buğday (146,07 mg/kg dw) ve arpada (134,37 mg/kg dw) sırasıyla mineral su ve şebeke suyu uygulamaları olduğu anlaşılmaktadır.

Bor (B) fazlalığı da eksikliği gibi bitkiler için tehlike oluşturmaktadır. B elementinin bitkiler için optimum ve toksik düzeyleri arasındaki fark oldukça düşük olduğundan bitkilerin B toksitesini ve etkinliğini ayarlamak oldukça güçtür. Bu nedenle bitkilerde noksanlık ve toksite belirtileri en yaygın görülen mikro elementlerin başında B gelmektedir. Bitkiler normal verim verdikleri topraktaki bor seviyelerine göre sınıflandırılabilir. Buna göre bitkiler 0,1 mg/kg dw' den daha az B kapsayan topraklarda

0,1-0,5 mg/kg dw bor kapsayan topraklarda ve 0,5 mg/kg dw' den daha fazla B kapsayan topraklarda yetişen bitkiler olarak 3 gruba ayrılır (Demirtaş, 2005). Çalışmada yer alan arpa ve buğday ise az B isteyen bitkiler (0,1 mg/kg dw' den daha az) grubuna girmektedir. Yapılan bir çalışmada B toksisitesine direnç gösteren buğday genotiplerinin, 150 mg/kg dw B uygulanan topraklarda yetiştirildiklerinde üründe önemli bir azalma göstermeksizin gelişirken, duyarlı genotiplerin 25 mg/kg dw B uygulamasında dahi kuru madde ve ürün veriminde önemli oranda azalma gösterdiği saptanmıştır (Baykal ve Öncel, 2006). Çalışmada farklı uygulamalar sonucunda buğday ve arpanın yetiştirildiği topraklardaki B oranı 27,47 – 49,84 mg/kg dw arasında değiştiği belirlenmiştir. Dolayısıyla B toksisitesi çeşit ve genotipe göre değişiklik gösterdiği için net olarak belirli bir toksisite sınırı belirlemek mümkün değildir. Ancak bu konuda ileride yapılacak olan çalışmalarla farklı buğday ve arpa çeşitlerinin toleransı belirlenerek çeşide özgü sınır değerler belirtmek daha faydalı olacaktır.

Bakır (Cu) bitki bünyesinde enzim aktivasyonu, karbonhidrat ve lipid metabolizmasında yer alması nedeniyle önemli bir elementtir (Kacar ve Katkat, 2006). Cu elementi, toprakta 100 mg/kg dw' den, bitki kuru maddesinde ise 15-30 mg/kg dw 'den fazla ise toksik etkilidir. Cu toksisitesi genellikle bitki kök sistemlerinde açığa çıkar ve bitki bünyesinde protein sentezi, solunum, iyon alımı, fotosentez ve hücre membran stabilitesi gibi bazı fizyolojik olayların bozulmasına neden olur (Sosse vd., 2004). Elde ettiğimiz bulgulara göre buğday ve arpada sırasıyla bu değerler 9,22-23,40 ve 20,31-26,54 mg/kg dw arasında bulunmuştur. Bu değerler bitki kuru maddesinde bulunması gereken değerler arasında olduğu için bitki bünyesinde herhangi bir fazlalık oluşturmadığı anlaşılmaktadır. Toprakta ise uygulamalar sonrası değerlerin üst sınır değeri olan 100 mg/kg dw 'nin çok altında olduğu belirlenmiştir.

Demir (Fe) elementi bitkide solunum ve fotosentez olayları için çok önemli bir role sahiptir. Bitkilerde bulunan enzimleri (katalaz, peroksidaz ve sitokrom oksidaz gibi) aktif hale getirerek birçok biyokimyasal reaksiyonun katalizlenmesini sağlar. Buğday da dâhil olmak üzere birçok tarla bitkisi özellikle asidik topraklarda fazla demiri tolere edemez. Ayrıca sulama suyunda bulunan Fe oksitlenerek yüzey sulama uygulamalarında bitki yaprakları üzerinde siyah ve kahverengi lekeler oluşturur (Kızıloğlu vd., 2007).

Araştırmalara göre, toprakta Mangan (Mn) için sınır değeri 200-300 mg/kg dw arasındadır. Bu verilere göre çalışmada tüm uygulamalarda elde edilen verilerin, kritik değerlerin çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Ancak Mn iyonlarının (Mn^{2+}) toprakta çok hareketli olması ve topraktan kolayca yıkanabilmesinden dolayı Mn kirliliği gözlenmesi beklenmemektedir (Poyraz 2016). Yapılan araştırmalara göre bitkiler için yeterli Mn için referans aralığı 20-300 mg/kg dw arasında olup, 300 mg/kg dw 'in üzeri toksik etki meydana getirmektedir (Deveci, 2012). Bu değerler göz önüne alındığında, çalışmada buğday ve arpa bitki örneklerindeki konsantrasyon değerlerine göre Mn kirliliğinin söz konusu olmadığı tespit edilmiştir.

Çinko (Zn) bitkilerde çok çeşitli ve önemli metabolik işlevlere sahiptir. Protein ve karbonhidrat sentezine katılmasının yanı sıra solunum, fotosentez, biyolojik membran stabilitesi ve enzim aktivasyonu üzerine etkileri nedeniyle üretilen ürün kalitesini ve miktarını doğrudan etkilemektedir (Rout ve Das, 2003). Topraklardaki toplam Zn konsantrasyonu 10-300 mg/kg dw, bitkiler tarafından alınabilir Zn konsantrasyonun ise 3.6-5.5 mg/kg dw arasında değiştiği ifade edilmektedir. Genel olarak bitkilerdeki Zn konsantrasyonunun bitkilerde 5-100 mg/kg dw arasında olduğu, meydana gelen toksisitelerin ise genel olarak 400 mg/kg dw 'den sonra başladığı belirtilmektedir (Özbek vd., 1995). Bu çalışmada ise buğday (28,34-61,26 mg/kg dw) ve arpa (33,25-54,58 mg/kg dw) bitkilerinde tüm uygulamalarda belirlenen Zn konsantrasyonları bakımından herhangi bir toksisite meydana getirmeyeceği tespit edilmiştir. Uygulama yapılan topraklardaki Zn konsantrasyonun ise 53,45-65,09 mg/kg dw arasında değiştiği belirlenmiş olup, bu değerlerin toprakta fazlalık oluşturmadığı referans aralığından anlaşılmaktadır.

Sodyum (Na) zararı yönünden sulama suyu kalitesinin ve sınıflarının belirlenmesi, tuzluluk zararına göre yapılan sınıflandırmadan daha farklı ve oldukça karışıktır. Bu güçlük, toprağın sulama suyundaki sodyumu adsorbe etme oranı ve sulama suyu verildiği sürece meydana gelecek Na adsorpsiyon olayının hızı dikkate alınmak suretiyle kısmen giderilmekte ve konu açıklığa kavuşturulmaktadır. Sodyuma çok duyarlı bitkiler, toprağın fiziksel özelliğini bozmayacak düzeydeki düşük değişebilir sodyum oranı değerlerinde de bitki dokularında fazla Na birikmesi sonucu doğrudan sodyum zehirlenmesi belirtileri gösterebilirler (Çulha ve Çakırlar, 2011).

Bitki gelişiminde önemli olan magnezyum (Mg) elementi, iyon değişimine katılarak toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini düzeltmede son derece etkilidir. Kalsiyuma göre, sularda daha düşük konsantrasyonlarda bulunması arzu edilmektedir. Aşırı Mg' un bitki metabolizması üzerindeki doğrudan etkisine dair hiçbir kanıt olmadığı belirtilmektedir (Gerendas ve Führs, 2013).

Potasyum (K) bitki bünyesinde meydana gelen birden çok olayda temel rol oynamaktadır. Çok sayıda enzim ve koenzimlerin çalışması, fotosentez, protein oluşumu, nişasta oluşumu ve şeker transferi olaylarında bitkiler tarafından önemli derecede ihtiyaç duyulan bir elementtir. Bunun yanında bitkinin su dengesini sağlaması sebebiyle kuraklığa karşı dayanımlarını artırmaktadır. Ayrıca düşük sıcaklıklara karşı dayanıklılıkta olumlu etkiler yapmaktadır (Bolat ve Kara, 2017). Çalışmada buğday bitkisindeki K oranı şebeke suyu ile kıyaslandığında kaplıca suyu uygulaması sonrası artmış, diğer uygulamalarda ise azalmıştır. Arpada ise mineral+şebeke suyu uygulamasında azalırken diğer tüm uygulamalarda artış meydana gelmiştir. Bu konsantrasyon farklılığının suların içeriklerinin farklı (pH, besin element içeriği vb) olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kalsiyum (Ca) bitkiler tarafından en fazla kullanılan bitki besin elementleri arasında 3. sırada yer almaktadır. Bitkilerde Ca noksanlığı sonucunda, meristem dokularda büyüme yavaşlamakta, bu da bitkinin gelişmesinin durması anlamı taşımaktadır. Kurak bölge topraklarında fazla bulunması durumunda diğer bazı besin elementlerinin, özellikle mikro elementlerin alınmasında antagonistik etki oluşturmaktadır. Toprakta çok fazla Ca bulunması durumunda bitkiler; potasyum, demir, fosfor ve diğer elementlerden yararlanamamaktadır (Bolat ve Kara, 2017). Çalışmada da farklı uygulamaların toprak mineral madde konsantrasyonuna etkisi incelendiğinde kalsiyumun Al, Fe, Mg gibi elementler dışındaki tüm elementlerle antagonistik bir etki gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 4.7).

Fotosentezde görev yapan en aktif pigmentler klorofillerdir. Klorofiller fotosentez sırasında ışık enerjisinin absorbe edilmesinde ve fotosentezin değişik aşamalarında katalizör görevi yaparlar. Çalışmada buğdayda klorofil-a içeriğinin şebeke suyu ile kıyaslandığında kaplıca, mineral+şebeke suyu ve mineral+kaplıca suyu uygulamalarında arttığı, arpada ise diğer tüm uygulamalarda azaldığı belirlenmiştir. Aynı şekilde şebeke

suyu ile yapılan kıyaslamada klorofil-b içeriği bakımından yapılan değerlendirmede buğdayda kaplıca+şebeke suyu, mineral+şebeke suyu ve mineral+kaplıca suyu, arpada ise tüm uygulamalar klorofil-b içeriğinde azalmaya neden olmuştur. Toplam klorofil içeriği ise yine şebeke suyu dikkate alındığında, buğdayda kaplıca+şebeke suyu dışındaki tüm uygulamalarda arttığı, arpada ise tüm uygulamalarda içeriğin azaldığı tespit edilmiştir. Bilindiği gibi klorofil oluşumu; bitkilerin organik madde üretiminin ve buna bağlı olarak büyüüp gelişebilmelerinin temel taşıdır. Bu nedenle klorofil miktarının artışı bitkilerin veriminde çok önemli bir rol oynamaktadır.

Işık toplayıcı komplekslerdeki pigment gruplarından biri olan karotenoidler, fazla ışık enerjisini termal ısı şeklinde yaymalarının yanı sıra bulundukları zarlarda pigment-protein komplekslerinin stabilizasyonunu da sağlarlar. Bunların yanında karotenoidlerin en önemli görevi, ışıkla fotosentetik komplekslerin eksitasyonlarının bir sonucu olarak oluşan triplet klorofil ile singlet oksijene ve diğer aktif oksijen türlerine karşı fotosentetik yapıları korumasıdır (Dankov vd., 2009). Çalışmada şebeke suyu dikkate alındığında buğdayda kaplıca suyu ile mineral+kaplıca suyu uygulamaları dışındaki uygulamaların, arpada ise tüm uygulamaların karotenoid içeriğini azaltıp olumsuz etkilediği belirlenmiştir.

Bitkilerde yapılan uygulamalar zaman zaman hücre duvarında hasarlar meydana getirebilmektedir. Bu hasarın en iyi göstergesi ise hücre duvarından hücre boşluklarına olan elektrolit sızıntısı olarak adlandırılan iyon sızıntısıdır (Yaşar vd., 2020). Çalışmada buğdayda şebeke suyu dikkate alındığında mineral+şebeke suyu dışındaki uygulamaların, arpada ise tüm uygulamaların elektrolit sızıntı miktarında artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak uygulamaların hem buğday hem de arpada hücre duvarı bütünlüğünde bir hasara neden olduğu düşünülebilir.

Bu çalışmada şebeke suyu dikkate alındığında buğdayda mineral su uygulaması haricindeki uygulamaların, arpada ise mineral su, mineral+şebeke suyu ve mineral+kaplıca suyu dışındaki su uygulamalarının ortalama bitki ağırlığını artırdığı belirlenmiştir. Ancak farklı içeriklere sahip suların olumlu veya olumsuz etkilerinin daha detaylı gözlemlenebilmesi için farklı bitki ve topraklarda da uzun süreli çalışmaların yapılması faydalı olacaktır.

6.ÖNERİLER

Jeotermal ve mineral suların içerikleri tarımsal sulama açısından son derece önem arz etmektedir. Ancak bu tür sularla yapılan sulamaların sadece bir yıllık verilere göre kullanılıp kullanılmayacağı sonucuna gidilmemelidir. Bundan dolayı bu tür suların sulama suyu olarak kullanılabilirliğini tespit etmek ve tarım topraklarında oluşturacakları muhtemel zararlı etkilerini önlemek için bu suların kalitelerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Jeotermal sular, enerji ile sağlık amaçlı, mineral sular ise daha çok içme suyu olarak kullanılmaktadır. Jeotermal ve mineral suların bitki yetiştirilmesinde kullanılmasına yönelik çalışmalara rastlanılmamıştır. Yapılan bu çalışmada, elde edilen veriler incelendiğinde deney grupları arasında bitkilerin gelişimini ciddi şekilde etkileyebilecek çok bariz farklılıklar olmadığı görülmüştür. Ülkemizde çok sayıda bulunan ve yeryüzüne çıkmış olduğu bölgelerde çok farklı içeriklere sahip termal sular bulunmaktadır. Tarımsal sulamanın etkilerinin tespiti için bu suların içeriklerinin tam olarak belirlenmesi ile birlikte farklı bitki ve topraklarla yürütülecek uzun süreli denemelerin yapılması gerekmektedir. Kimyasal özellikleri bakımından kullanılabilir nitelikte olan jeotermal ve mineral sular tespit edilmelidir. Günümüzde önemli ölçüde israf edilen bu tür sular ile ilgili olarak gelecekte oluşabilecek su kıtlığı durumunda bitkilerin sulanmasında kullanılması için daha kapsamlı araştırmalar yapılmalıdır. Jeotermal ve mineral suların bitkilerin ürün kalitesi üzerindeki etkisi ciddi şekilde irdelenmeli ve özellikle seracılıkta bu suların kullanımı ile ilgili çalışmalara önem verilmelidir.

KAYNAKLAR

- Abacı, E. ve Kaya, M. (2018). Farklı Termal Suların Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)'de Çimlenme ve Bazı Fide Gelişim Özelliklerine Etkileri. **SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi**, 13(2).
- Ak, M. ve Top İ. (2018). Use Of Treated Municipal Wastewater For Agricultural Irrigation. **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 24(6), 1161-1168.
- Aksoy Ö, Erbulucu T. and Vatan E. (2011). Effects of Waste water from Olive oil and Milk Industry on Growth and Mitosis in *Allium cepa* Root Apical Meristem, **Journal of Applied Environmental and Biological Sciences**, 5 (3), 75-78,
- Amalraj, A. and Pius, A. (2018). Assessment of groundwater quality for drinking and agricultural purposes of a few selected areas in Tamil Nadu south India: a GIS-based study. **Sustain. Water Resources Management**, 4 (1), 1–21.
- Annapoorna, H. and Janardhana, M. R. (2015). Assessment of groundwater quality for drinking purpose in rural areas surrounding a defunct copper mine. **Aquatic Procedia**, (4), 685–692.
- Anonim, (2020a). <https://www.tasaco.com/Tohum.aspx?cesit=31>
- Anonim, (2020b). <http://resa.gen.tr/tohum/arpa/akhisar/>
- Anonim, (2021). “Google Earth”, <https://earth.google.com/web/> Son erişim tarihi: 03.04.2021
- Asano, T. (2001). Water from (Waste) Water-The Dependable Water Resource. **Stockholm Water Symposium**, Stockholm, Sweden.
- Aydoğdu, M. H. Mancı, A. R. and Aydoğdu, M. (2015). The Changes in Agricultural Water Management; Water User Associations, Pricing And Privatization Process. **Electronic Journal of Social Sciences**. 14 (52), 146-160.
- Baba, A., Ereeş, F. S., Hıçsönmez, Ü., Çam, S. and Özdilek, H. G. (2008). An assessment of the quality of various bottled mineral water marketed in Turkey. **Environmental Monitoring and Assessment**, 139(1), 277-285.
- Baykal, Ş. ve Öncel, I. (2006). Buğday Fidelerinin Bor Toksisitesine Toleransında Çözünür Fenolik ve Çözünür Protein Miktarındaki Değişmeler. **Fen Bilimleri Dergisi**, 27(1), 13-27.
- Birkle, P. and Merkel, B. (2000). Environmental impact by spill of geothermal fluids at the geothermal field of Los Azufers, Michoacan Mexico. **Water Air and Soil Polution**, 124 (3-4), 371-410.

- Camgöz, B., Saç M. M., Bolca, M., Özen, F., Oruç, Ö. E. ve Demirel, N. (2010). Termal Suların Radyoaktivite ve Kimyasal İçeriklerinin İncelenmesi; İzmir, Seferihisar bölgesi örneği, *Ekoloji Dergisi*, 19(76), 78-87.
- Çalışeki M., Işık G. and Leblebici S. (2016). Determination The Effects of The Porsuk River's Water on Seedling Development of *Cucumis sativus* (L.) Seeds. Anadolu University *Journal of Science and Technology C- Life Science and Biotechnology*, 4(2), 77 – 80.
- Çulha, Ş. ve Çakırlar, H. (2011). Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(2), 11-34.
- Dankov, K., Busheva, M., Stefanov, D. and Apostolova, E. L. (2009). Relationship Between the Degree of Carotenoid Depletion and Function of the Photosynthetic Apparatus. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 96, 49 – 56.
- Demirtaş, A. (2005). Bitkide Bor ve Etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(2), 217-225.
- Doğanay, H. ve Soylu, H. (1999), Deliçermik Kaplıcasının Turizm Açısından Önemi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 34, 1-18.
- FAO, (2019). Land and Water. Checked on July 5th, 2019. <http://www.fao.org/land-water/home/en/>.
- Gerendas, J. and Führs, H. (2013). The Significance of Magnesium for Crop Quality. *Plant and Soil*, 368(1), 101-128.
- Griffith, M., Ala, P., Yang, D.S.C., Hon, W.C. and Moffatt, B.A. (1992). Antifreeze Protein Produced Endogenously in Winter Rye Leaves, *Plant Physiology*, 100, 593-596.
- Güneş, S., (2002). Arıtılmış Atık suyun ve Arıtma Çamurlarının Geri Kazanımı, *TMMOB Çevre Mühendisleri Odası Yayınları*, Ankara, s:180-181.
- Hasenstein, K.H., Evans, M.L., Stinemetz, C.L., Moore, R., Fondren, W.M., Koon, E.C. and Smucker, A. J. (1988). Comparative Effectiveness of Metal Ions in Inducing Curvature of Primary Roots of Zea Mays. *Plant physiology*, 86(3), 885-889.
- Kacar, B. ve Katkat, V. (2006). Bitki Besleme. *Nobel Yayın*, 849.
- Karadeniz, V. ve Altınbilek, M. S. (2018). Erzincan İlinin Topoğrafik Analizi ve İdari Sınırlar İlişkisi, Bazı Sorunlar. *Erzincan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(1), 283-304.
- Kızıloğlu, F. M., Kuşlu, Y., Talip, T. ve Yanık, R. (2007). Erzurum İlindeki Bazı Su Kaynaklarının Kalitelerinin Bitki, Toprak Ve Sulama Sistemi Açısından

- Değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38(2), 173-179.
- Kurtuluş, G. (2019). Buğday (*Triticum aestivum* L.)’da Alüminyum Toksisitesine Karşı Kitosan Uygulamasının Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Matsumoto, H. (2000). Cell Biology of Aluminum Toxicity and Tolerance in Higher Plants. *International Review of Cytology*, 200, 1-46.
- Meena, R. P., Karnam, V., Tripathi, S. C., Jha, A., Sharma, R. K. and Singh, G. P. (2019). Irrigation Management Strategies in Wheat for Efficient Water Use in The Regions of Depleting Water Resources. *Agricultural Water Management*, 214, 38–46.
- Mohammed, B.M. (2002) Geothermal Utilization in Agriculture in Kebili Region ,*Southern Tunisia CRDA Kebili*, Tunisia
- Nematollahi, M.J., Ebrahimi, P. and Ebrahimi, M. (2016). Evaluating Hydrogeochemical Processes Regulating Groundwater Quality in An Unconfined Aquifer. *Environmental Process*, 3 (4), 1021–1043.
- Osma E., İlhan V. and Yalçın İ. E. (2014), Heavy Metals accumulation Causes Toxicological Effects in Aquatic *Typha domingensis* Pers, *Brazilian Journal of Botany*, 37, 461-467.
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M. ve Kaptan, H. (1995). Toprak Bilimi. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak. Genel Yayın No: 73 Ders Kitapları*, 16, Adana.
- Penna, D., Geris, J., Hopp, L. and Scandellari F. (2020). Water Sources for Root Water Uptake: Using Stable Isotopes of Hydrogen and Oxygen as a research tool in agricultural and agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 291, 106790
- Polat, A. (2013). Su Kaynaklarının Sürdürülebilirliği İçin Arıtılan Atıksuların Yeniden Kullanımı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6 (1), 58-62.
- Pordel, F., Pour, A. H. ve Çakmakçı, R. (2019). Buğdayda (*Triticum aestivum* L.) Erken Alüminyum Stresine Karşı Bakteri Uygulamalarının Etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50(1), 57-65.
- Poyraz, G. (2016). Aydın Buharkent Yöresinde Jeotermal Sularla Sulanan Toprak ve Bitki Örneklerinde Bazı Kirlenici Parametrelerin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Rout, G. R. and Das, P. (2003). Effect Of Metal Toxicity On Plant Growth And Metabolism: I.Zinc. *Agronomie*, 23, 3-11.
- Shaha, B., Kansaraa, B. Shankara, J. Sonia, M. Bhimjiyana, P. Bhanushalia, T. Shahb, M. and Sircara, A. (2019a). Reckoning of water quality for irrigation and drinking

purposes in the konkan geothermal provinces, Maharashtra, India. **Groundwater for Sustainable Development**, 9, 100247.

Shaha, M., Sircara, A., Varsadaa, R., Vaishnania, S., Savaliyaa, U., Faldua, M., Vaidyab, D. and Bhattacharyac, P. (2019b). Assessment of geothermal water quality for industrial and irrigation purposes in the Unai geothermal field, Gujarat, India. **Groundwater for Sustainable Development**, 8, 59–68.

Sosse, B. A., Genet, P., Dunand-Vinit, F., Toussaint, L. M., Epron, D. and Badot, P. M. (2004). Effect of Copper on Growth in Cucumber Plants (*Cucumis Sativus*) and Its Relationships with Carbohydrate Accumulation and Changes in Ion Contents. **Plant Science**, (166), 1213-1218.

Şimşek, Ş. (1991). Türkiye'deki Termal Kaynakların Potansiyeli ve Genel Özellikleri. *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, 2(3), 5-9.

Talabi, A. O., Afolagboye, L. O., Aladejana, J. A., Akinola, O. O. and Aturamu, A. O. (2015). Assessment of impacts of artisanal and small-scale mining activities on groundwater quality of ijero-ekiti, SouthWestern Nigeria. **International Journal of Innovative Science Engineering and Technology**, 4 (4), 2194–2206.

Torunlar, H., Tuğaç, M. G., Depel, G., Özdoğan, D. K. and Dereköy, N. (2019). Jeotermal Kaynakların Tarımsal Sulama Suyu Kirliliği ve Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. **Toprak Su Dergisi**, 32-45.

Yağmur, B. and Okur, B. (2009). Bitkisel Üretimde Termal Suların Kullanım Olanakları. **Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 46(2), 123-128.

Yaşar, K., Kasım, M. and Kasım, R. (2020). Kivi (*Actinidia deliciosa* L.)’de Ozon Gazı Uygulamasının Hasat Sonrası Kalite Üzerine Etkileri. **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi**, 23(4), 788-797.

Yılmaz, D. (2005). Arıtılmış Atık suların Tarımsal Sulama Suyu Kriterleri Açısından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, **Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**.

Yucel E. and Yılmaz G. (2009). Effects of Different Alkaline Metal Salts (NaCl, KNO₃), Acid Concentrations (H₂SO₄) and Growth Regulator (GA₃) on The Germination of *Salvia cyanescens* Boiss. & Bal. Seeds, **Gazi University Journal of Science**, 22(3), 123 – 127.