



T.C.

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

ENERJİ KAYNAKLARI VE YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

**BOR GİDERİLMİŞ JEOTERMAL KAYNAKLARIN BUĞDAY
TARIMINDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DAMLA YILMAZ

Tez Danışmanı

DOÇ. DR. GÜL EBRU ORHUN

ÇANAKKALE – 2022



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ENERJİ KAYNAKLARI VE YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

**BOR GİDERİLMİŞ JEOTERMAL KAYNAKLARIN BUĞDAY
TARIMINDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DAMLA YILMAZ

Tez Danışmanı

DOÇ. DR. GÜL EBRU ORHUN

Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: FYL-2020-3277

ÇANAKKALE – 2022



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Damla YILMAZ tarafından Doç. Dr. Gül Ebru ORHUN yönetiminde hazırlanan ve 27/01/2022 tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Bor Giderilmiş Jeotermal Kaynakların Buğday Tarımında Kullanılabilirliğinin Araştırılması**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Enerji Kaynakları ve Yönetimi Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Gül Ebru ORHUN

(Danışman)

Prof. Dr. Tijen Ennil BEKTAŞ

Doç. Dr. Alpay BALKAN

İmza

.....

.....

.....

Tez No :

Tez Savunma Tarihi : .././20..

.....
Doç. Dr. Yener PAZARCIK
Enstitü Müdürü

.././20..

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Damla YILMAZ
(Tarih) .././20..

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Gül Ebru ORHUN'a

Bilgi birikimi, yönlendirmeleri ve laboratuvar tecrübelerini benimle paylaşan sevgili hocam Prof. Dr. Tijen Ennil BEKTAŞ'a,

Sayısal verilerin istatistiksel analizlerinin yapılp değerlendirilmesinde desteğini gördüğüm Prof. Dr. Kenan KAYNAŞ, Doç. Dr. Fatih KAHRIMAN ve Dr. Öğr. Üyesi Seçkin KAYA'ya

Tez yazım aşamasında yardımlarını benden esirgemeyen Doç. Dr. Ümit DEMİR ve Doç. Dr. Deniz ŞANLIYÜKSEL YÜCEL'e,

Laboratuvar çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan arkadaşlarım Türkan GEZER ve Gülçin DURMAZ'a,

Sözleri ve sevgisiyle bana güç veren, moral ve motivasyonunu eksik etmeyen erkek arkadaşım Burcem AYGÜN'e,

Çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen maddi manevi her türlü destek olan babam Yücel YILMAZ, annem Nuray YILMAZ ve kardeşim Berkay YILMAZ'a sonsuz sevgi ve saygılarımı sunar, teşekkürü borç bilirim.

Damla YILMAZ
Çanakkale, Ocak 2022

ÖZET

BOR GİDERİLMİŞ JEOTERMAL KAYNAKLARIN BUĞDAY TARIMINDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Damla YILMAZ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Enerji Kaynakları ve Yönetimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Gül Ebru Orhun

27/01/2022, 68

Bu çalışma, tarımsal sulama için alternatif bir su kaynağı olarak düşünülen jeotermal su kaynaklarının, bor giderimi yapıldıktan sonra buğday tarımında kullanılabilirliğinin araştırılması üzerine yürütülmüştür.

Tuzla jeotermal sahasından temin edilen su örnekleri kimyasal çöktürme yöntemi kullanılarak 50 mL jeotermal suya, başlangıç pH'ı orijinal alınıp 2.5 g kireç taşı ve 0.5 mL fosforik asit ilave edilerek 25°C sıcaklıkta 140 ppm'de 24 saat süresince çalkalama yapılmıştır. Karmin yöntemine göre yapılan analiz sonuçlarında bor gideriminde %98 verim sağlanmıştır. Bor konsantrasyonu 0,4 mg/L'ye düşürülerek buğday yetiştirmek için istenilen bor sınır değerine ulaşılmıştır.

Bitki materyali olarak ekmeclik buğday (Pehlivan) ve makarnalık buğday (Mirzabey-2000) tohumları kullanılmıştır. Saksı denemeleri tesadüf parselleri ve bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü kurulmuştur.

İncelenen özelliklere ilişkin verilerle yapılan analiz sonuçlarına göre, fide kuru ağırlığı hariç diğer tüm özelliklerde sulama suları arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Çeşitler arasındaki farklılık ise fide uzunluğu, fide yaş ağırlığı ve kök yaş ağırlığında istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Fide uzunluğu, kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığında sulama x çeşit etkisi önemli bulunmuştur. Saksı denemelerinde çeşitlerin ortalaması en yüksek çıkış yüzdesi (%100) ve fide uzunluğu (56,47 cm) Pehlivan çeşidinin kontrol uygulamasında, kök uzunluğu (23 cm) ve fide yaş ağırlığı (0,197 g) Mirzabey-2000 çeşidinin kontrol uygulamasında, kök yaş ağırlığı (0,073 g) ve fide kuru

ağırlığı (0,077 g) Mirzabey-2000 çeşidinin bor giderilmiş jeotermal su uygulamasında ve kök kuru ağırlığı (0,060 g) Pehlivan çeşidinin bor giderilmiş jeotermal su uygulamasında olduğu belirlenmiştir. Çeşitler arasında yapılan karşılaştırmaya göre, Mirzabey-2000 çeşidinin çıkış yüzdeleri ve fide yaş ağırlığı Pehlivan çeşidine göre olumsuz etkilenmiştir. Pehlivan çeşidinin fide-kök uzunluğu ise Mirzabey-2000 çeşidine göre daha düşük performans göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal Kaynak, Bor, Bor Giderimi, Kimyasal Çöktürme, Sulama Suyu, Buğday



ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE USABILITY OF BORON REMOVED GEOTHERMAL RESOURCES IN WHEAT FARMING

Damla YILMAZ

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Energy Resources and Management

Advisor: Doç. Dr. Gül Ebru ORHUN

27/01/2022, 68

In this study, it was carried out to investigate the usability of geothermal water resources, which are considered as an alternative water source in agricultural irrigation, in wheat agriculture after boron removal.

The water samples obtained from Tuzla geothermal field were agitated for 24 hours at 140 ppm at 25°C by adding 2.5 g of limestone and 0.5 mL of phosphoric acid to 50 mL of geothermal water with the original pH taken by using the chemical precipitation method. According to the results of the analysis made according to the Karmin method, boron removal is 98% efficient. Boron concentration was reduced to 0.4 mg/L and the desired boron limit value was reached for growing wheat.

Bread wheat (Pehlivan) and durum wheat (Mirzabey-2000) seeds were used as plant material. The experiment was set up in the pot as randomized split plot design with 3 replications.

According to the results of the results of the research, The differences between the irrigation waters were found to be statistically significant in all other properties except the seedling dry weight. The difference between cultivars was found to be statistically significant in seedling length, seedling fresh weight and root fresh weight. Irrigation x variety interaction was found to be significant in seedling length, root fresh weight and root dry weight. The average of the varieties in pot trials the highest germination rate (100%) and seedling length (56.47 cm) in Pehlivan variety control practice, root length (23 cm) and

seedling fresh weight (0.197 g) in control application of Mirzabey-2000 variety, root fresh weight (0.073 g) and seedling dry weight (0.077 g) in boron removed geothermal water application of Mirzabey-2000 variety, root dry weight (0.060 g) Pehlivan cultivar was determined to be in boron removed geothermal water application. According to the comparison between cultivars, germination rate and seedling fresh weight of Mirzabey-2000 cultivar were negatively affected compared to Pehlivan cultivar. Seedling-root length of Pehlivan cultivar showed lower performance than Mirzabey-2000 cultivar.

Keywords: Geothermal Resource, Boron, Boron Removal, Chemical Precipitation, Irrigation Water, Wheat

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	x
TABLolar DİZİNİ.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xv

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Jeotermal Su Kaynakları	2
1.2. Bor	4
1.2.1. Bor Elementi ve Bileşikleri	4
1.2.2. Bor Mineralleri ve Bileşiklerinin Kullanım Alanları	5
1.2.3. Canlılar ve Çevre İçin Bor Etkileri	7
1.3. Bor Giderim Yöntemleri	9
1.3.1. Kimyasal Çöktürme Yöntemleri	10
1.4. Buğday	12

İKİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

19

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL YÖNTEM

29

3.1. Materyal	29
3.1.1. Tuzla Jeotermal Su Kaynağı	29

3.1.2. Kullanılan Kimyasallar	32
3.1.3. Kullanılan Cihazlar	33
3.1.4. Kullanılan Bor Giderilmiş Jeotermal Suyun Bazı Analiz Sonuçları	33
3.1.5. Kullanılan Bitki Materyali	34
3.2. Yöntem	34
3.2.1. Birinci Aşama: Jeotermal Sudan Bor Giderimi	34
Bor Analizi	36
Bor Giderimi İçin Verim Hesabı	36
3.2.2. İkinci Aşama: Buğday Yetiştirme	37
İncelenen Özellikler	39
İncelenen Özelliklere Ait Verilerin Değerlendirilmesi	41
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	
ARAŞTIRMA BULGULARI	
4.1. Bor Giderimi Üzerine Çeşitli Parametrelerin Etkileri	42
4.1.1. Başlangıç pH Etkisi	42
4.1.2. Çöktürücü Madde Dozaj Etkisi	43
4.1.3. Fosforik Asit Dozaj Etkisi	43
4.1.4. Sıcaklık Etkisi	44
4.2. Bor Giderilmiş Jeotermal Suyun Buğday Üzerine Etkileri	45
BEŞİNCİ BÖLÜM	
SONUÇ ve ÖNERİLER	
KAYNAKÇA	58
ÖZGEÇMİŞ	I

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde Oranı
A.B.D	Amerika Birleşik Devletleri
Ag	Gümüş
Ar	Argon
As	Arsenik
Au	Altın
B	Bor
B ₂ O ₂	Boroksi
°C	Santigrat derece
Ca	Kalsiyum
CaCO ₃	Kalsiyum Karbonat
CaO	Kalsiyum Oksit
Ca(OH) ₂	Kalsiyum Hidroksit
Cd	Kadmiyum
Ce	Dengeye geldikten sonra çözeltide kalan bor derişimi, mg/L
Cl	Klor
cm	Santimetre
cm ³	Santimetreküp
Co	Kobalt
CO ₂	Karbondioksit
Cr	Krom
Cu	Bakır
D3	Kolekalsiferol, vitamin
da	Dekar
dm ³	Desimetreküp
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
EC	Elektriksel İletkenlik
EPA	Environmental Protection Agency
F	Flor
Fe	Demir
g	Gram

GMKA	Güney Marmara Kalkınma Ajansı
GO	Grafen Oksit
H ₂ O	Su
H ₂ S	Hidrojen Sülfür
H ₂ SO ₄	Sülfürik Asit
H ₃ BO ₃	Borik Asit
H ₃ PO ₄	Fosforik Asit
IGC	International Grains Council
K	Potasyum
kg	Kilogram
L	Litre
m	Metre
M	Molar
m ³	Metreküp
mg	Miligram
Mg	Magnezyum
mL	Mililitre
mm	Milimetre
Mn	Manganez
MTA	Maden Tetkik ve Arama
Mo	Molibden
ms/cm	Milisiemens/santimetre
MWt	Megawatt Isı
N	Azot
Na	Sodyum
Na ₂ B ₈ O ₁₃ .4H ₂ O	Disodyum Oktaborat
NaCl	Sodyum Klorür
NaOH	Sodyum Hidroksit
NH ₃	Amonyak
Ni	Nikel
O ₂	Oksijen
P	Fosfor
Pb	Kurşun

pH	Asitlik ve bazlık ölçü birimi
ppm	Milyonda bir kısım
Ra	Radyum
Rn	Radon
rpm	Dakikadaki devir sayısı
S	Kükürt
SAR	Specific Absorbtion Rate
Se	Selenyum
SO ₂	Kükürt dioksit
T	Sıcaklık
Th	Toryum
TMO	Toprak Mahsulleri Ofisi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
µS	Mikrosiemens
µm	Mikrometre
vb.	Ve benzeri
vd.	Ve diğerleri
Zn	Çinko
WHO	World Health Organization
WWF	World Wide Fund for Nature

TABLULAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Dünya bor rezervleri	6
Tablo 2	Bor ihtiyaçlarına göre bazı bitkilerin sınıflandırılması	7
Tablo 3	Bor giderim yöntemlerinin karşılaştırılması	10
Tablo 4	Tuzla jeotermal suyun bazı analiz sonuçları	31
Tablo 5	Bor giderilmiş jeotermal suyun bazı analiz sonuçları	33
Tablo 6	Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde çıkış yüzdelerine ilişkin varyans analizi	46
Tablo 7	Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çıkış yüzdesi ortalamaları	46
Tablo 8	Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde fide uzunluğuna ilişkin varyans analizi	47
Tablo 9	Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde fide uzunluğu (cm) ortalamaları	47
Tablo 10	Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde kök uzunluğuna ilişkin varyans analizi	48
Tablo 11	Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde kök uzunluğu (cm) ortalamaları	48
Tablo 12	Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde fide yaş ağırlığına ilişkin varyans analizi	49
Tablo 13	Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde fide yaş ağırlığı (g) ortalamaları	50
Tablo 14	Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde kök yaş ağırlığına ilişkin varyans analizi	50
Tablo 15	Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde kök yaş ağırlığı (g) ortalamaları	51
Tablo 16	Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde fide kuru ağırlığına ilişkin varyans analizi	51
Tablo 17	Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde fide kuru ağırlığı (g/bitki) ortalamaları	52

Tablo 18	Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde kök kuru ağırlığına ilişkin varyans analizi	53
Tablo 19	Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde kök kuru ağırlığı (g/bitki) ortalamaları	53



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Kimyasal çöktürme işleminde arıtım süreci	11
Şekil 2	Dünya buğday üretim, tüketim ve stok miktarı	16
Şekil 3	Türkiye’de buğday ekim alanı, üretim ve verim grafiği	17
Şekil 4	Çanakkale ilinde bulunan jeotermal kaynakların sıcaklık dağılımı ve Tuzla konumu	30
Şekil 5	Çanakkale ilinde bulunan jeotermal kaynakların bor konsantrasyon içeriği	30
Şekil 6	Çalışma için su örneği alınan Tuzla jeotermal su kaynağı	31
Şekil 7	Kireç taşının tartılması	35
Şekil 8	Çalkalamalı su banyosu	35
Şekil 9	Filtre kağıdında süzme işlemi	35
Şekil 10	Bor giderim aşaması	36
Şekil 11	Buğday yetiştirme aşaması	37
Şekil 12	Buğdayların 12. gün sonunda resimleri	38
Şekil 13	Buğdayların 16. Gün sonunda hasadı	38
Şekil 14	Buğday kök ve gövde uzunluklarının ölçülmesi	39
Şekil 15	Buğday yaş ağırlığının ölçümü	40
Şekil 16	Etüvde kurutma işlemi	40
Şekil 17	Buğday kuru ağırlığının ölçümü	41
Şekil 18	pH’ın bor giderimi üzerine etkisi	42
Şekil 19	Kireç taşı dozunun bor giderimi üzerine etkisi	43
Şekil 20	Fosforik asit dozunun bor giderimi üzerine etkisi	43
Şekil 21	Sıcaklığın bor giderimi üzerine etkisi	44
Şekil 22	İlk kurulan saksı denemesinde buğdayların 6. gün sonunda resimleri	45

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Su, tüm canlıların yaşamlarını idame ettirebilmeleri için ihtiyaç duyduğu en önemli besin maddesi olmaktadır. Günden güne büyüyen sanayi ve artış gösteren nüfus ile birlikte suya olan talep artarken, küresel iklim değişikliği ve meydana gelen çevresel sorunlar, su kaynaklarının yok olmasına sebep olmaktadır. Bu durum bizler için suyun önemli bir konu olduğunu bir kez daha hatırlatmakta ve gerek duyulan suyun elde edilebilmesi için yeni kaynakların kazandırılmaya çalışılmasını zorunlu kılmaktadır. Dünya’da birçok alanda faydalanılabilen su, kullanılmaya uygun ve içilebilir nitelikte yeterli ölçüde bulunmamaktadır. Ülkemiz etrafı denizler ile kaplı olmasına rağmen kullanılabilir su açısından sınırlı bir ülke durumundadır (Yılmaz ve Peker, 2013).

Kullanılabilir suların yıl içerisinde kişi başına düşen su miktarı 1.000 m³’ten daha az olan ülkeler su fakiri, 1.000-3.000 m³ arasında yer alan ülkeler su sıkıntısı çeken, 8.000-10.000 m³’ten daha fazla su miktarına sahip ülkeler ise su zengini şeklinde sınıflandırılmaktadır. Türkiye kişi başına düşen 1500 m³ kullanılabilir su miktarıyla su kıtlığı çeken ülkeler içerisinde yer almaktadır (Kalkınma Bakanlığı, 2018).

Doğal bir kaynak olan suyun, %70’i tarımsal faaliyetlerde sulama amaçlı, %20’si sanayi ve enerji üretiminde, %10’luk kısım ise içilebilir ve kullanılabilir şekilde faydalanmak mümkündür. Tarım sektöründe önemli bir yere sahip olan suyun, yüksek kalitesi ve temiz olması önemli faktör olmaktadır. İhtiyaç duyulan ancak yağış açısından yeterli görülmeyen tarım faaliyetlerinin yapılacağı yerlerde verimli ve kaliteli bir mahsul yetiştirebilmek için sulama çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Bu sebeple tedarik edilecek suyun kalitesini yitirmemiş ve kirli olmamasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu şartların sağlanmaması durumunda hem insan sağlığını olumsuz yönde etkilemekte hem de çevresel problemler oluşmasına sebep olmaktadır (Dorak vd., 2019).

Yüksek kaliteye sahip su kaynaklarına olan imkânın sağlanamadığı koşullarda daha az nitelikli suların ya da arıtımı mümkün düzeyde olan bütün su kaynaklarının ele alınması gerekmektedir. Bu amaçla ülkemiz için de önemli bir potansiyele sahip olan sürdürülebilir enerji kaynaklarından biri olan jeotermal kaynaklar beraberinde jeotermal suların alternatif bir su kaynağı şeklinde düşünülebilmesini mümkün kılmaktadır (Yağmur ve Okur, 2009).

1.1. Jeotermal Su Kaynakları

Yerkabuğunun içerisinde ısı sonucu meydana gelen yüksek sıcaklığa sahip, bünyesinde erimiş halde mineraller, tuzlar ve gazlar bulunduran, basınç altında oluşum gösteren sıcak ve buhar şeklinde ki kaynaklara jeotermal kaynaklar denilmektedir (DPT, 1996).

İlk çağlardan günümüze kadar jeotermal kaynaklar bilinmekte ve faydalanılmaktadır. Türkiye Alp-Himalaya Tektoniği Kuşağı üzerinde, genç tektonik hareketleri ile volkanik aktivitelere ve aktif deprem kuşaklarının yer aldığı fayların üzerinde bulunmaktadır. Bu sebeple doğal sıcak su kaynakları açısından oldukça zengin, sayısı 1500'ün üzerinde sıcak su kaynaklarına sahiptir (Yağan, 2008).

Jeotermal enerji kaynakları sıcaklık durumlarına göre yüksek sıcaklık ($T > 150^{\circ}\text{C}$), orta sıcaklık ($90^{\circ}\text{C} < T < 150^{\circ}\text{C}$), düşük sıcaklık ($T < 90^{\circ}\text{C}$) ve ısı pompası uygulamalarına uygun ($T < 35^{\circ}\text{C}$) şekilde oluşan kaynaklar olarak dört grupta sınıflandırmak mümkündür (Dağdaş, 2004).

Farklı entalpi değerlerine sahip jeotermal kaynaklar, yüksek entalpide akışkanlar kullanılarak elektrik üretimi sağlanabilmektedir. Düşük ve orta entalpiye sahip akışkanlar ile ısıtma uygulamalarında (bina, sera, tarımsal), endüstriyel uygulamalarda (besinlerin kurutulması, kerestecilik, kâğıt, dokuma, boya sanayii, dericilik, soğutma tesisleri), kimyasalların üretiminde (borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su ve akışkan içerisindeki CO_2 ile kurubuz temin etmek) vb. birçok alanda faydalanılmaktadır (DPT, 1996).

Seralar için üretim giderleri içerisinde büyük bir paya sahip olan ısıtma, enerji bedelinin yüksek olması önemli bir sorun oluştururken, jeotermal enerjiden faydalanılarak daha etkin ve ekonomik kullanım ile ısıtma giderlerini azaltarak üretim maliyetini doğrudan düşürmektedir (Yıldız, 2010).

Jeotermal kaynaklar sıcaklık değerleri, gaz oranları, ısının çıktığı yer, kayaçların türü, geçirgenlik özellikleri ve kaynağın farklı bir su ile birleşme durumu ve benzeri durumlar çeşitli derişim oranlarının oluşmasına sebep olmaktadır. Sıcaklık ile pH değerleri belirli bir ölçüte sahip olmayan, içeriğinde ağır metaller ve bol miktarda mineral bulunan, Bor, Arsenik, Silika gibi yüksek derişimler gösteren bileşikler bulundurmaktadır. Bor genellikle borik asit (H_3BO_3) biçiminde jeotermal suda görülmektedir (Eroğlu ve Aksoy, 2003).

Jeotermal akışkanın içeriğinde B, As, Pb, Se, Cd, Rn, F-, NH₃, H₂S, SO₂ ve CO₂ gibi çeşitli oranlarda pek çok element jeotermal akışkanın yüzeyine çıkması sonucu toprak, su veya hava ile birleşerek çevreyi kirletmektedir. Yapısı gereği sıcaklıkları da çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. Ancak fosil kaynaklı enerji kaynaklarının olumsuz etkilerine kıyasla jeotermal enerjinin çevreye verdiği olumsuz etkiler daha azdır. Kuyu içi ısı eşanjörlerinden yararlanmak, elektrik santralleri için kapalı çevrim sistemlerini çalıştırmak, kullanılan atık suların re-enjeksiyon sistemi uygulanması, akışkanın ortama salınmadan önce sıcaklığını indirmek ve içeriğinde bulunan kimyasal maddelerin ayrışmasını sağlayarak çevreye verdiği zarar en az seviyeye indirilebilir (Alkan, 2007).

Jeotermal sular yapısal özellikleri sebebi ile yeryüzünde bulunan diğer sulardan ayrılmaktadırlar. İçerisinde çeşitli elementler barındıran ve bitkiler için toksik etki yaratabilecek yüksek oranlarda bor ve ağır metallerin yer almaktadır. Bu elementlerin mevcudiyeti durumunda sulamada kullanılması tarımsal alanların dengesini bozarak tarım faaliyetlerine engel teşkil etmektedirler. Jeotermal suların, tarımda kullanılabilir hale gelmesi için toksik etki yaratmaya sebep olan bor seviyesinin uygun sınır değere getirilmesi gerekmektedir (Yağmur ve Okur, 2009).

Bor, yüzey ve yeraltı suları için istenilen sınır değerlerinin üzerine çıktığı durumlarda toprak kirliliğine sebebiyet vererek çevresel bir tehdit oluşturmakta ve bitkilerin ölmesine, toprağın verimsizleşmesine yol açmaktadır.

Jeotermal enerji 20. yüzyılın ikinci döneminden sonra insanlar tarafından yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. İtalya'da 1827 yılında ilk borik asit temin edilmek amacıyla yararlanılmıştır. 1904 yıllarında İtalya'da Larderella sahasında jeotermal buhar ile ilk kez elektrik üretimi sağlanmıştır. İzlanda'nın Reykjavik şehrinde 1930 yıllarında jeotermal kaynaklar ısınma amaçlı kullanılmıştır. 1949 yılında Yeni Zelanda'da Wairakei sahasında, 1960 yılında Amerika'da, 1961 yılında Meksika'da, 1966 yılında Japonya'da, 1975 yılında İzlanda'da ilk jeotermal enerji santralleri kurulmuştur (Canik vd., 2000).

Türkiyede yüksek potansiyel taşıyan jeotermal kaynakların %78'i Batı Anadolu bölgesinde toplanırken, %9'u İç Anadolu Bölgesi, %7'si Marmara Bölgesi, %5'i Doğu Anadolu Bölgesi ve %1'lik kısım geri kalan bölgelere dağılmaktadır. Jeotermal kaynaklarımızın yaklaşık %90'ı doğrudan faydalanılabilen düşük ve orta sıcaklıklarda geriye kalan %10'luk kısım ise elektrik enerjisi üretimi gibi dolaylı uygulamalar için kullanılmaktadır. Ülkemizde jeotermal kaynaklar MTA Genel Müdürlüğü tarafından 1962

yılı itibariyle araştırılıp keşfedilmeye başlanarak günümüze kadar 287,5°C sıcaklık seviyelerinde jeotermal kaynakların ortaya çıktığı görülmüştür (MTA, 2021).

1.2. Bor

1.2.1. Bor Elementi ve Bileşikleri

Periyodik tablo içerisinde 3A grubunun ilk sırasında mevcut olan ve kimyasal olarak simgesi “B” şeklinde ifade edilen bir elementtir. Borun atom numarası 5, atom tartısı 10,81 g/mol ve kütle numarası değerleri B¹⁰ ile B¹¹ şeklinde iki adet kararlı izotopa sahip olmaktadır (Özkan vd., 1997).

Bor elementi yapay yollar ile kristal ve amorf olarak iki değişik biçimde üretilmektedir. Elmaştan sonra en sert yapıya sahip olan borun kristal formu, kırılğan, parlak, siyah görünümde ve özgül ağırlığı 2,34 g/cm³ değerindedir. Amorf bor ise tat, koku özelliği olmayan, siyah veya kahverengi toz biçiminde olup özgül ağırlığı 1,73 g/cm³ değerine sahip bir formudur. Morfolojisi ve tane boyutlarına bağlı olarak belirlenen kimyasal özellikleri ele alındığında mikron ölçütlerindeki amorf yapıdaki borlar kolay ve şiddetli bir şekilde tepkimeye girebilirken, kristal formdaki borun tepkimeye girmesi zor olmaktadır. Bor, sıcaklığı yüksek olduğu durumlarda su ile tepkimeye girerek borik asit ile birtakım ürünleri de meydana getirebilmektedir (Yağmur Y. , 2012).

Doğada çoğu zaman saf bir element olarak görülmeyen, kalsiyum, sodyum ve magnezyumun tuzları biçiminde yer alan bor, suyun bulunduğu koşullar altında çoğunlukla borik asit ya da bazen borat tuzları şeklinde görülmektedir (Başkan ve Atalay, 2014).

Oksijen birlikteliğinde kolaylıkla bağ yapmaya yatkınlığı sayesinde çeşitli bor-oksijen bileşikleri oluşturarak varlığını çoğu yerde sürdürebilmektedir. Bor ile oksijen oluşturduğu bileşiklerin genel adı borattır (Çiçek vd., 2006).

Bor bileşikleri yeryüzünü oluşturan kayalar, toprak ve su içerisinde yaygın olarak doğal şekilde görülebilmektedir. Yer kabuğu içerisindeki varlığı 10 mg/kg civarında yüksek konsantrasyon değerine sahiptir. Daha çok deniz suları ve termal suların içeriğinde yoğun bir şekilde bulunmaktadır (Sönmez, 2014).

ABD'nin bazı batı bölgelerinden başlayarak Akdeniz'den Kazakistan boyunca uzanan alanlarda ortalama olarak düşünölen topraktaki bor konsantrasyonu 10-20 ppm aralığında, deniz suyu içerisindeki değeri 0.5-9.6 ppm aralığında ve tatlı sular içerisindeki değeri ise 0.01-1.5 ppm aralığında olduğu söylenebilmektedir (Woods, 1994).

1.2.2. Bor Mineralleri ve Bileşiklerinin Kullanım Alanları

Günümüzde pek çok alanda faydalanılan bor, başta tarımda kullanılan gübre ve ilaç endüstrisi olmak üzere cam yapımında, seramik sanayisinde, temizlik ürünlerinden nükleer çalışmalara kadar çok geniş bir sahası bulunmaktadır. Ülkemizde önemli bir yere sahip olmakla birlikte 1978 senesi itibariyle 2172 sayılı "Devletçe İşletilecek Madenler Hakkında Kanun" gereğince bor rezervleri ETİBOR A.Ş. adı altında bir kamu kuruluşu tarafından işletilmesine karar verilmiştir (Ediz ve Özdağ, 2001).

ABD' de en fazla tüketim alanı bulan bor, cam yünü gibi yalıtım sanayisinde, Batı Avrupa'da sabun ve deterjan sanayisinde önde gelmektedir. Japonya'da ise en büyük bor tüketimi tekstil ve cam yünü sanayisinde kullanılmaktadır (Çiçek vd., 2006).

Tabiatta 230'dan fazla çeşit farklı minerallere sahip ve bünyesinde çeşitli oranlarda boroksit (B_2O_2) barındıran bor mineralleri içerisinde ticari amaçla en sık kullanılanları tinkal, kernit, kolemanit, pandemit, hidroborasit ve üleksit başta gelmektedir. Ülkemizde rezerv yönünden bakıldığında en sık görölen türler ise tinkal ve kolemanit olmaktadır (Etimaden, 2019).

Tablo 1.

Dünya bor rezervleri (Etimaden, 2019)

Ülke	Toplam rezerv (bin ton B ₂ O ₃)	Dağılım (%)
Türkiye	944.270	73,4
Rusya	100.000	7,8
ABD	80.000	6,2
Peru	22.000	1,7
Arjantin	9.000	0,7
Çin	36.000	2,8
Bolivya	19.000	1,5
Şili	41.000	3,2
Kazakistan	15.000	1,2
Sırbistan	21.000	1,6
Toplam	1.287.270	100

Bor yatakları, volkanik faaliyetlerin hâkim olduğu bölgelerde bor bakımından zengin evaporitlere benzer şekilde kapalı gösel alanlarda, başlıca Na, Ca ve Mg iyonları ile birbirilerini etkileyerek çökmesi sonucu meydana gelen yataklardır (İpekoğlu ve Polat, 1987).

Dünya üzerinde bulunan en büyük bor yataklarına sahip ülkeler Türkiye, ABD, Rusya ve Güney Amerika başı çekmekle birlikte ticari yönden ele alındığında bor rezervi bu dört bölge üzerinde birleşmektedir. Bor sektöründeki ihtiyacın %56'lık dilimini ilk sırada Türkiye'nin karşıladığı görülürken, %28'lik pay ile ABD tarafından sağlanmakta ve Rusya, Çin, Şili ve Arjantin de bor pazarında kendi payını oluşturmaktadır. Ülkeler bazında görülen dünya bor rezerv dağılımı Tablo 1.'de verilmektedir. Türkiye'de en tanındık bor yatakları Kırka-Eskişehir, Kestelek-Bursa, Emet-Kütahya ve Bigadiç-Balıkesir'de yer almaktadır. Ülkemizde bulunan bor rezervuarı en fazla mevcut olan bor mineralleri tinkal ile kolemanit çeşitleridir (Etimaden, 2019).

1.2.3. Canlılar ve Çevre İçin Bor Etkileri

Yaşayan tüm canlılar ve çevre için bor gereksinim duyulan bir elementtir. Bitkinin beslenmesi için gerek duyulan düşük konsantrasyonlarda mutlak besin elementi olduğu gibi, yüksek konsantrasyonlarda bitkilere toksik etki yaratabilecek bir bitki besin elementi olmaktadır. Bitkiler için eksiklik ile toksik etki arasındaki sınır değer çok dar olmakla birlikte bitkilerin türüne göre de bu sınır farklılık göstermektedir. Her bitkinin alması gerekli olan bor miktarı bitkiden bitkiye değişmekle birlikte bazı bitkiler Tablo 2.'de sınıflandırılarak gösterilmektedir (Yağmur Y. , 2012).

Tablo 2.

Bor ihtiyaçlarına göre bazı bitkilerin sınıflandırılması (Yağmur Y. , 2012)

Bor İhtiyacı Az Bitkiler	Bor İhtiyacı Orta Bitkiler	Bor İhtiyacı Fazla Bitkiler
Buğday	Domates	Elma
Yulaf	Mısır	Yonca
Arpa	Tütün	Kırmızı pancar
Soya fasulyesi	Marul	Şeker pancarı
Bezelye	Şeftali	Şalgam
Yeşil fasulye	Kiraz	Lahana
Patates	Zeytin	Karnabahar
Çilek	Pamuk	Kuşkonmaz
Ahududu	Yerfıstığı	Ayçiçeği
Yassı salkım otu	Havuç	Turp
Brom otu	Soğan	Kereviz
Keten	Armut	Haşhaş

Toprakta yetiştirilen bitkiler için gübre veya sulama suyunda ihtiyaç duyulan borun yararlı olmasını etkileyen reaksiyonları ortaya koymak oldukça önem taşımaktadır. Genel olarak 0,5 mg/L bor faydalı bir miktar olmakla birlikte 3,5 mg/L ve üstündeki miktarlar bitkilere oldukça zarar verebilmektedir. Sulama için kullanımda bor miktarı istenilen değerleri aştığı durumlarda bitkinin yaprağının kısa sürede sararması ve dökülmesine, bitkinin istenilen büyüklük ve boyutlara ulaşamamasına veya ölmesine sebep olabilmektedir. Bununla birlikte toprakta birikmesi sonucunda toprağın elverişsiz bir duruma gelmesi ve toprağın verimini kaybetmesine yol açmaktadır (Ayyıldız, 2004).

Hayvanlarda bor, D3 vitamini ile birlikte kemiğin mineral içeriğini artırırken, tek başına bor, büyüme kıkırdağının olgunlaşmasında artış göstermesi sebebiyle hayvanların kemik gelişimi için faydalıdır. Son zamanlarda borun tavuk ve sıçanlarda D vitamini eksikliğinin etkilerinin üstesinden geldiği gösterilmiştir (Mastromatteo and Sullivan, 1994).

Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarda, böcek ilacı içerisinde de sıkça kullanılan borik asit, hayvanlar üzerinde öldürücü etkiye sebep olmakla birlikte hayvanın çeşidine göre her bir canlının kilogramı için 1.2-3.45 g değerleri arasında değişiklik göstermektedir. Yapılan çalışmalar da balıkların yüksek bor derişim değerlerinde dahi dayanabildikleri sonucuna varmışlardır (Karcıoğlu, 2009).

Tüketilen besinlerin içerisindeki bor değerinin belirlenmesiyle sağlık için faydalarının ve zararlarının tespit edilerek gün içerisinde alınması gerekli bor miktarının bilinmesi gerekmektedir. Bu miktar günde 10 ila 20 mg arası belirlenmekle birlikte, su ve besin maddesi tarafından vücuda girerek vücut içerisinde tutulmadan üre beraberinde vücuttan atılımı gerçekleşmektedir (Karcıoğlu, 2009).

İnsanlar için bor tükettikleri sulardan, aldıkları besinlerden, temas edilen ürünlerden veya madencilik çalışmalarının gerçekleştirildiği alanlarda uzun süre solunum yapılarak vücuda alınımı gerçekleşmektedir (Ateş, 2018). Borun toksik değer yaratması için ne kadar zaman maruz kalındığı, ne sıklıkla kullanıldığı ve miktara bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Sönmez, 2014).

Bor, D vitamini ile vücut için gerekli minerallerin düzenlenmesine katkı sağlamakla birlikte, Ca ve Mg minerallerinin miktarının düşmesinin önüne geçerek kemik yapısına destek sağlamaktadır. Fayda sağladığı gibi zararları da bulunan borun, yüksek miktarda vücuda alındığı durumlarda görülen mide bulantısı, istifra etme, kramp, ishal ve zehirlenme gibi birçok rahatsızlıklara sebep olmakla birlikte ciltte döküntü oluşumu görülmektedir (Karahan, 2004).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından oluşturulan standartlara göre içilebilir su içerisinde bulunması gerekli bor miktarı 0,1-0,3 mg/L arasında bir değer olarak belirlenmiştir. Ülkemizde bu konu ile ilgili 1998 senesinde ‘Çevre Bakanlığı Su Kirliliği Yönetmeliği’ kararına göre içme suları için belirlenen bor sınır miktarı 1 mg/kg olarak duyurulmuştur (Deliboran, 2020).

Yüksek oranda bor içeriğine sahip sulama amaçlı kullanılacak jeotermal suların yer altı suları ile birleşmesi sonucunda tarım alanlarında kirliliğe sebebiyet vererek çevresel sorunlara neden olmaktadır (Demirçivi, 2008). Bu kaynakların sürekli olarak doğrudan kullanımının çevreye ve canlılara da zararlı etkiler oluşturmaması amacıyla kaynaktaki borun giderilmesini önemli kılmaktadır. Bor giderme işlemi için günümüzde çeşitli metotlara başvurulmaktadır.

1.3. Bor Giderim Yöntemleri

İnsanların içme-kullanma ve tarımsal sulama suyunun temin edilebilmesi için yüksek bor konsantrasyonuna sahip jeotermal suların bor minerallerinden giderimi önemli ve gerek duyulan bir çalışma olmaktadır. Bunun için farklı yöntemler kullanılmakla birlikte en yaygın yöntemler içerisinde adsorpsiyon, iyon değişimi, ters osmoz, buharlaştırma ve kimyasal çöktürme (koagülasyon) gibi pek çok yöntemden faydalandığı bilinmektedir (Başkan ve Atalay, 2014).

Adsorpsiyon herhangi bir çözeltilde bulunan seçici maddeleri, adsorbent madde olarak kullanılan malzemelerin yüzeylerine tutunarak çözeltilen ayrıştırılması ile yapılan yöntemdir (Karcıoğlu, 2009). Adsorpsiyon aktif karbon, silika jel, uçucu kül, sentetik reçineler, polimerler vb. birçok farklı maddelerden oluşan adsorbentler yardımıyla atık suların arıtılması, tarımsal ve endüstriyel kullanım için sıkça uygulanan bir yöntem olmaktadır (Bayar, 2001).

Hareketli negatif ve pozitif yüklü iyonları taşıyan iyon değiştiricilerin, elektrolit bir çözeltildeki hareketli ve eş değer iyonlar ile yer değiştirdiği yöntemde iyon değişimi adı verilmektedir (Karcıoğlu, 2009). İyon değişimi, içme suları ve atık suların arıtılmasında önemli yöntemlerden biri olmakla birlikte en sık kullanılan iyon değiştiriciler kil mineralleri veya silikat çeşidi olan zeolit ile sentetik iyon değiştirici reçineler olmaktadır (Vergili, 2000).

Ters osmoz, yarı geçirgen bir membran yüzeyinde bulunan gözeneklerden basınç uygulanarak sulu çözelti içerisindeki istenmeyen moleküllerin geçmeye zorlanarak ayrıştırılmasını sağlayan yöntem olarak bilinmektedir (Candar, 2018). Ters osmoz yönteminin en büyük özelliği olan iyon halinde dahi ayrıştırma sağlayarak alkalinite ve sertlik gibi istenmeyen değişkenler ile yüksek oranda tuza sahip deniz suları ve kuyu

sularında büyük oranda giderim sağlayarak daha verimli sonuçlar elde edilebilmektedir (Duman, 2012).

Bor giderimi için farklı şekillerde pek çok yöntem kullanılmakla birlikte bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajları Tablo 3.'de karşılaştırma yapılarak gösterilmiştir.

Tablo 3.

Bor giderim yöntemlerinin karşılaştırılması (Hamutoğlu vd., 2012)

Yöntem	Avantaj	Dezavantaj
Kimyasal çöktürme ve filtrasyon	Basit Ucuz	Yüksek konsantrasyonlarda ayrılması zor Etkin değil
Adsorpsiyon	Sorbentlerin aktif karbon kullanımı	Bütün metaller için uygulanamaması
İyon değişimi	Etkin arıtım ve saf atık metallerin geri kazanımı	Partiküllere hassas ve reçinelerin pahalı olması
Ters osmoz	Geri dönüşüm için saf atık eldesi	Yüksek basınç Membran boyutu Pahalı olması
Elektrokimyasal yöntemler	Metali geri elde etme	Sadece yüksek konsantrasyonlarda etkin olması Pahalı olması
Buharlaştırma	Saf atık elde etme	Fazla enerji gereksinimi Pahalı olması

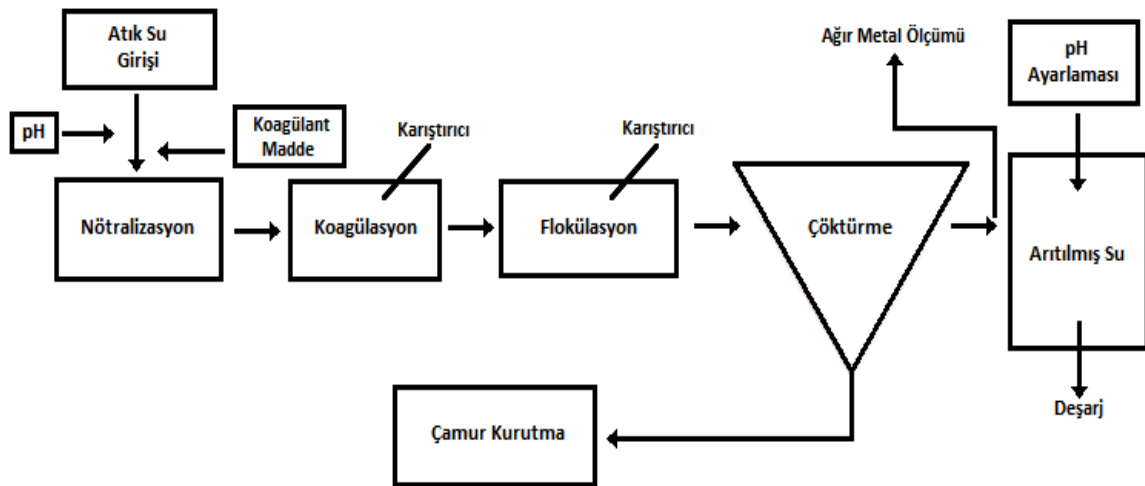
1.3.1. Kimyasal Çöktürme Yöntemi

Kimyasal çöktürme, işlemi kolaylaştırmak için uygun çöktürücü maddelerin çözeltiye eklenerek ağır metaller, organik ve inorganik istenmeyen kirletici maddelerin çözelti içerisinde katı biçimde çökerek çözeltiden filtreleme ya da santrifüjleme yapılarak sıvı kısmından ayrılmasına yardımcı olan bir arıtma yöntemidir (EPA, 2000).

Suyun içinde bulunan ve suyun bulanık görüntüsüne sebep olan maddeleri üç kısma ayırmak mümkündür. Çapı 0,001 μm ' den küçük olanlar çözünmüş maddeler, çapları 0,001 μm ila 1 μm arasında değişenler kolloidal maddeler ve çapları 1 μm 'den büyük boyutlardaki askıda katı maddeler olarak ayrılmaktadır (Özer, 2008).

Çöktürme yöntemi basit işlemlere dayanan, endüstriyel açıdan düşük sermaye maliyeti gerektiren ve kolay kurulumu sebebiyle en çok tercih edilen metotlardan biri olmaktadır. Diğer yöntemlere göre metal geri kazanımına ve geri dönüşüme daha iyi uyulanmaktadır ancak çamur oluşumu ve bertarafı için gerekli işletme maliyetleri en büyük dezavantajı olarak bilinmektedir (Wang et al., 2005).

Kimyasal çöktürme yönteminde atık suların arıtımı üç proses üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bunu nötralizasyon, koagülasyon (pıhtılaştırma) ve flokülasyon (yumaklaştırma) prosesleri oluşturmaktadır. Birinci adım nötralizasyon aşaması, atık suların ideal pH değerine ulaşabilmesi amacıyla asit-baz ayarlaması yapılması gerekmektedir. Genellikle baz çözeltilerin ayarlanmasında sülfürik asit kullanılırken, asit çözeltiler için kireç tercih edilmektedir. İkinci adım koagülasyon aşamasında atık suya koagülant eklenerek koagülant maddenin hızlı ve homojen bir şekilde yayılmasına yardımcı olmak amacıyla hızlı karıştırma işlemi yapılarak atık suyun içerisinde bulunan koloidal ve askıda katı maddelerin bütünleşerek flok oluşmasına hazır duruma getirilmektedir. Son aşama olan flokülasyon aşamasında ise yavaş karıştırma işlemi yapılarak meydana gelen küçük taneciklerin birleşerek yumak haline gelmesi ile çökebilir yumakların oluşması sağlanmaktadır. Daha sonra bu yumaklar belli bir süre bekletilerek çökeltilmesi ile kimyasal çöktürme işlemi gerçekleştirilmiş olmaktadır (Kolat, 2008). Atık suların arıtımı için uygulanan kimyasal çöktürme yöntemi sırasında gerçekleşen prosesler Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1. Kimyasal çöktürme işleminde arıtım süreci (Parlak, 2020)

İstenmeyen çözünebilir metalik iyonlar ile anyonları çözünmeyen bir forma dönüştürerek atık sudan uzaklaştıran bu arıtma işlemi, ağır metallerin, fosforun ve sertliğin giderilmesi için yaygın olarak tercih edilmektedir. Çöktürme işlemi çözünmeyen çökeltiler üretmek amacıyla iyonik dengenin değiştirilmesini içeren bir prosedüre sahiptir. Kimyasal çöktürmeyi pıhtılaştırıcı bir madde kullanılarak bir katı ayırma işlemi takip eder ve çökelticileri uzaklaştırmak için süzme işlemi gereklidir. Metal iyonların özelliklerini çökeltilecek bir forma dönüştürmek için işlemlerden önce kimyasal indirgeme yapılabilir (Wang et al., 2005).

Atık sularda asılı kalan katılar (kolloidler) yüzeylerindeki negatif elektrik yükleri tarafınca stabilize edilerek daha büyük kütleler oluşturmak için çarpışmalarını engellendiği için çökmezler. Süspansiyon içerisinde kolloidal partiküllerin ayrıştırılmasına yardımcı olmak amacıyla uygulanan kimyasal pıhtılaşma ve flokülasyon işlemlerinde kimyasalların kullanılması sonucu askıda duran katıların çökmesi için karıştırılır. Pıhtılaşma, ayrı tutan kuvvetleri nötralize ederek kolloidlerin kararsız olmasına yardımcı olur. Katyonik pıhtılaştırıcılar kolloidlerin negatif yükünü azaltmak için pozitif elektrik yükleri sağlar ve parçacıklar daha büyük parçacıklar oluşturmak için çarpışır. En yaygın kullanılan pıhtılaştırıcılar alüminyum sülfat, poli alüminyum klorür, demir sülfat, sodyum alüminat, silikon türevleri, kireç ve çeşitleri, sentetik organik polimerlerdir (Karakaş vd., 2013).

1.4. Buğday

Doğal kaynakların azalması ile tarımsal faaliyetler de doğrudan etkilenmektedir. Tarım ve gıda sektörü insanların besin ihtiyacını karşılayan en önemli sektör olmakla birlikte dünya genelinde temel gıda olarak tahıl ürünleri bu sektörün başında gelmektedir. Dünya üzerinde en fazla tüketilen tahıl ürünü buğdaydır. İnsanlar gün boyunca gerek duyduğu enerjinin büyük bir payını buğday ile karşılamaktadırlar. Artan nüfusun bu ihtiyacı karşılamakta yetersiz kalması sebebiyle buğday üretimi için artış sağlanması gerekmektedir. Ancak üretimi etkileyen ve sürdürülebilirliğine engel teşkil eden durumların başında iklim değişikliği ile toprak ve su kaynaklarının sınırlı olması gelmektedir (Atar, 2017).

Buğday 10.000-12.000 yıl öncesine dayanan, Verimli Hilal olarak bilinen ve ülkemizin Güney Doğu Anadolu bölgesini de içine alan bu bölgede tarımın yaygın olduğu bölgede yetiştirilmektedir. Buğday tarımı ile yaşayan toplulukların yerleşik düzene geçmesi,

büyük medeniyetlerin çıkması ve gelişmesinde önemli bir etken olarak görülmektedir (Peng et al., 2011; Atak, 2017).

Genel olarak döllenenmiş olgun bir buğday tohumu endosperm, embriyo, tohum kabuğu (testa) ve meyve kabuğundan (perikarp) oluşur. Tohum kabuğunun görevi embriyo ile endospermanın kurumasını engelleyerek mekaniksel etkilerden, uygunsuz ısı koşulları ile mantar, bakteri ve böcek gibi zararlılardan korumaktır. Endosperm yapısında aleuron tabakası olarak adlandırılan nişasta granülleri içermeyen kalın duvarlı hücrelerden oluşan bir dış çeper ile merkezinde asıl kısım olan nişastalı besi doku bir katmandan oluşur. Endosperm karbonhidrat, yağ ve protein gibi depolanabilen madde içeriği zengin olan çimlenme aşamasında bu maddeler sindirilerek yeşil pigment gelişimini sonlandırıcaya kadar fidelerin gelişmesi için kullanılır. Öğütme işlemlerinde perikarp, tohum kabuğu ve bazı bazı nişastalı endosperm içeren aleuron kısımlardan kepek üretilir. Beyaz un sadece nişastalı endosperm hücrelerinden oluşur ve bu sebeple beyaz ekmek için kullanılan unun özellikleri yalnızca nişasta endosperm hücrelerinin bileşimi tarafından belirlenir (Shewry and Tatham, 1997; Eser vd., 2005).

Canlı tohum sıcaklık, nem, O₂ ve ışık yönünden uygun şartlar sağlandıktan sonra tohumun bünyesine su alınımıyla çimlenme başlar. Tohum bünyesine su girmesinden itibaren dokular şişerek tohum kabuğu yumuşak duruma gelir. Çimlenmenin ilk işareti olarak tohum kabuğu kökçük tarafından delinerek çıkış sağlandığında gerçekleşir. Ancak tohumun bünyesine alınan su içerisinde erimiş moleküllerin konsantrasyonu fazla ise osmotik basıncın yükselmesinden dolayı tohum kabuğundan su geçişini engelleyerek beslenmesini yavaşlatır veya tamamen durdurur (Eser vd., 2005).

Buğdayın büyüme ve gelişimi için mikro ve makro besin elementlerine ihtiyacı vardır. Çok az miktarına gerek duyulan Fe, Mn, Zn, Cu, B ve Mo gibi mikro elementler topraktan yeterli şekilde karşılanabilirken N, P, K, Ca, Mg ve S gibi makro elementlerin yetersiz kaldığı durumlarda bu eksikliğin giderilmesi için gübre kullanımının dengeli bir şekilde toprağa uygulanması gerekmektedir (Akkaya, 1986).

Gübreleme uygulamalarına olumlu tepkiler gösteren buğday, kurak alanlardaki topraklarda trikalsiyum fosfat şeklinde yer aldığından bitki bu besin maddesine ulaşamaz. Bu sebeple toprağa fosfat gübrelemesi verilmelidir. Bitkilerin beslenmesi için en gerekli besin elementlerinin başında gelen ve buğdayın toprakta en fazla kaldırdığı azot, yağışı yeterli görülen alanlarda yüksek miktarlarda, yağışı yetersiz alanlarda düşük miktarlarda

azot gübrelemesi yapılmalıdır. Anadolu’da makro besin maddelerinin yanı sıra mikro besin maddelerinden biri olan çinko eksikliği de sık sık karşılaşılan bir sorundur. Çinko eksikliğinin etkisi yağışın olduğu yıllarda görülmemesine rağmen kurak yıllarda bu olumsuzluk belirgin olarak etkisini göstermekte ve verimi önemli seviyede düşürmektedir (Herdem vd., 2002).

İnsanların gün içerisinde tükettiği un, bulgur, makarna, nişasta gibi besinlerin ham maddesi, bu bitkinin sapları kullanılarak kâğıt, karton sanayisi ve çiftlik hayvanları için yem olarak değerlendirilmektedir (Süzer, 2004).

Nüfusun ihtiyaçları ve ihracatının temin edilebilmesi için buğdayın büyük bir kısmı taşıma, depolama işlemleri; değirmen, fırın ve fabrikalarda öğütülmesi, yoğurulması ve pişirilmesi ile karşılanmaya çalışılmaktadır. İç ve dış pazarlarda üretimin artırılmasının yanı sıra ürün kalitesinin belli standartları sağlaması gerekmektedir. Türk Standartları Enstitüsü tarafınca 1978 yılında TS 2974 Sayılı Buğday Standardı olarak yayınlanan standarda göre buğday, “Buğdaygiller familyasının Buğday cinsinin, makarnalık buğday çeşidi ile ekmeklik buğday çeşidine giren ve topbaş buğdaylar alt çeşidine ait bitkilerin tohumlarıdır.” şeklinde tanımlanmıştır. Ülkemizde büyük bir kesim ekmeklik buğday türü yetiştirilirken, yaklaşık 1/3’ü makarnalık türler ve az bir kısım topbaş buğday üretimi yapılmaktadır (Kün, 1988).

Besin değeri yüksek ve adaptasyon sınırı geniş olan farklı topraklarda ekilebilen ve yetiştirildiği bölgenin iklim şartlarına kolay uyum sağlayabilen, üretilmesi, işlenmesi, taşınması ve depolanması kolay şartlar gerektiren buğdaya yönelimi ciddi ölçüde arttırmaktadır (Ertugay, 2010).

Her buğday türü için biyolojik özellikleri göz önünde bulundurulduğunda gereksinim duyduğu farklı yetiştirme koşulları ve yöntemleri mevcuttur. Serin iklim tahılları sınıfına giren, fazla sıcak ve nemli ortamları sevmeyen, gelişmesinin ilk dönemlerinde (çimlenme-kardeşlenme) sıcaklık değerleri 8-10°C arasında, nem oranı %60’dan yüksek tutulması bitki için iyi gelişim göstermektedir. Kardeşlenme- sapa kalkma dönemlerinde çok sığağa gerek duymayan, 10-15 °C sıcaklık ve %65 nem ile ideal bir ortam oluşturmaktadır. Sapa kalkma dönemi ile beraber sıcaklık ve nem isteğinde artış gerektiren ve başaklanma dönemi öncesinde bağıl nem yüksek tutulması istenir. Döllenme döneminde tane kalitesinde yüksek verim alınabilmesi için düşük nem ve yüksek sıcaklık şartları sağlanmalıdır (Kün, 1988).

Buğdayın yetiştirilmesi için en elverişli topraklar, drenaj gereksinimini karşılayan, derin, killi-tınlı toprak özelliklerine sahip, su tutma kapasitesi %25-30 aralığında, humus oranı yüksek ve toprağın havalandırması iyi olan topraklardır (Herdem vd., 2002).

Ülkemizde endüstriyel tarım uygulamaları, yoğun şekilde yapılan hayvan yetiştiriciliği ve aşırı otlatma, drenaj ve yanlış sulama çalışmaları, hasat sonrası yakılan anız, aşırı kimyasal gübre kullanımı ve tarım ilaçlarının yanlış uygulanması buğday biyoçeşitliliğini tehlikeye sokarak azalmasına sebep olmaktadır (WWF, 2016).

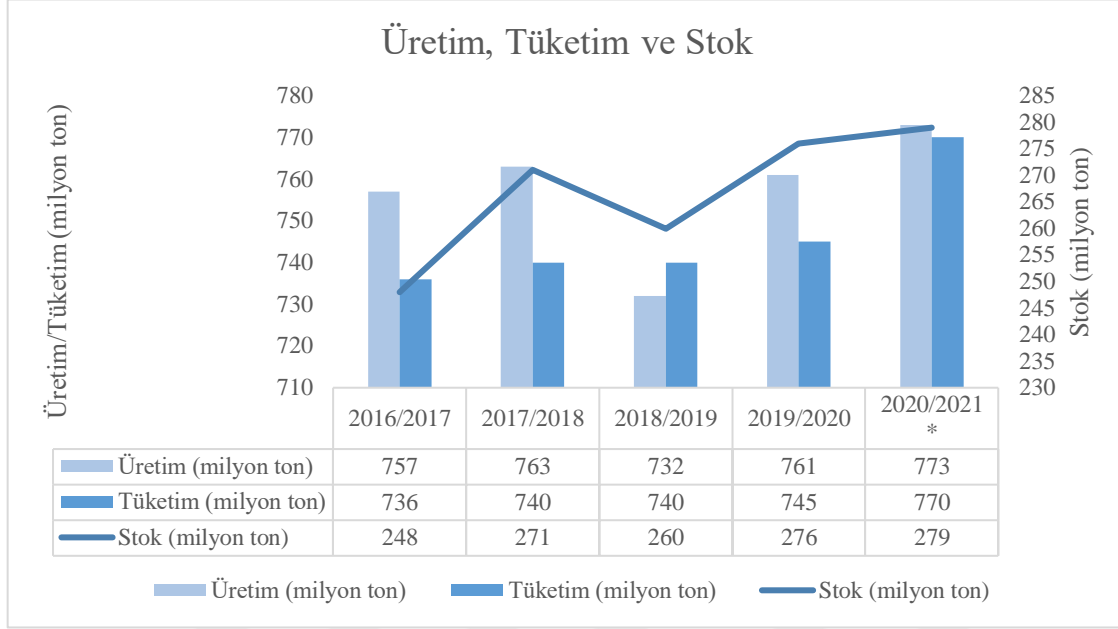
Buğdayın verim ve kalitesinin düşmesine sebep olan birçok hastalık ve zararlılar vardır. Bu hastalıklardan en yaygın olanları pas, sürme ve rastıktır. Çoğu zaman yüksek nem ve sıcaklık hastalık etmenlerinin daha hızlı gelişme ve yayılmasına neden olmaktadır. Bilinen en yaygın zararlılar ise süne, kimil, zabrus, bambul ve çekirgelerdir. Bu hastalıklar ile mücadele edebilmek için en geçerli yöntem kültürel önlemlerin yeterli olmadığı yerlerde tohum ilaçlamasının yapılmasıdır (Kün, 1988).

Tohumların hasat sonrasında kurutulmuş halinden çimlenme dönemine kadar geçen süreçte metabolizması minimum düzeydedir. Çimlenme dönemine kadar canlılıklarını koruyabilmeleri tohumun genetik yapısına ve bulunduğu ortam şartlarına dayanmaktadır. Kimi tohum uzun süre canlılığını korurken, kimi tohum kısa sürede canlılığını yitirmektedir. Buğday tohum türleri genetik faktörlere bağlı olarak nispi depolama indekslerine göre 3-5 yıl arası depolama potansiyeline sahip olup bu tohumların %50'si çimlenme sağlayabilmektedir (Desai et al., 1997; Eser vd., 2005).

Gelişmişlik düzeylerine bakılmaksızın ülkeler için buğday arzının güvenliğini korumak, dışa bağımsız bir şekilde kendisi için yeterlilik sağlaması gerekmektedir. Ancak dışa bağımlılığı olması durumunda ulusal bağımsızlık risk taşımaktadır. Bu bağlamda geçmişte yaşanan savaşlar ile kıtlığın olduğu zamanlar göz önüne alınarak ülkeler için buğdayın stratejik ürün niteliğinde olduğu sonucuna varılmaktadır (Akay, 2005).

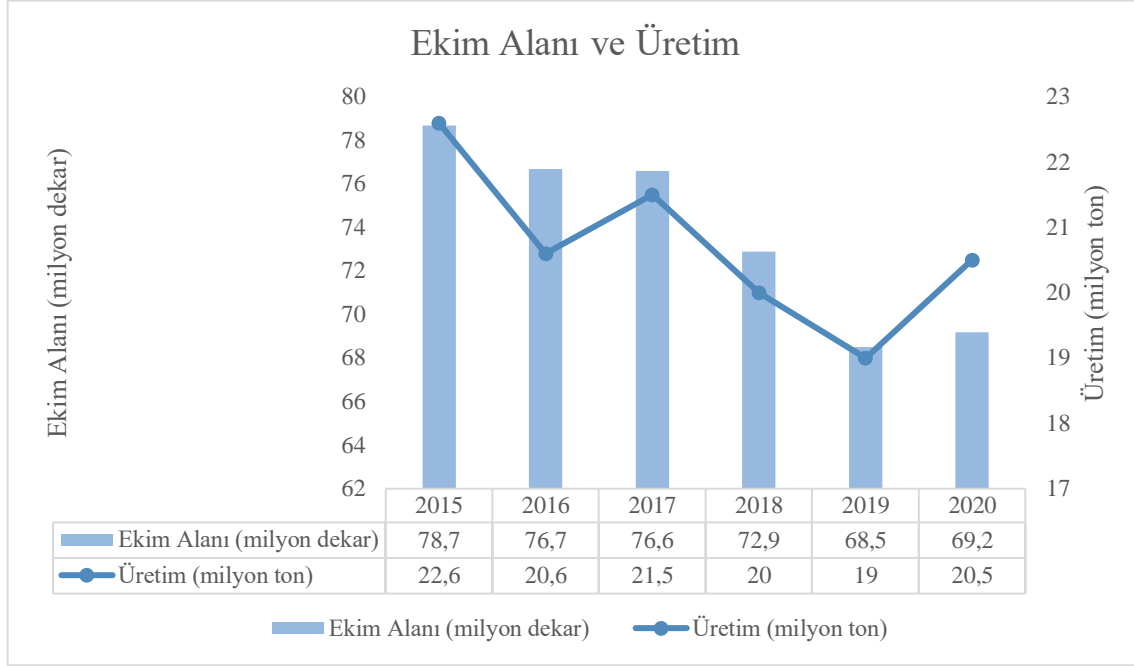
Dünya'da en çok tüketilen, ekim ve üretimi en fazla yapılan bitkilerden biri buğdaydır. Buğday üretimi yapan ülkelerin başında ise Çin, Hindistan, A.B.D., Rusya, AB ülkeleri ve Avustralya gelmektedir. IGC'nın 2020/2021* dönemi verilerine göre buğday üretimi 773 milyon ton ile geçen döneme göre %1,5'lik artış sağlamıştır. Buğday tüketiminde 25 milyon ton artış gözlenerek 770 milyon tona yükselmiştir. Dünya buğday stok miktarında ise 3 milyon ton artış sağlanarak son dönemlerin en yüksek kapanış stoğu olarak 279 milyon ton olarak kaydedilmiştir (Şekil 2).

Son yıllarda buğday üretiminde ilk sırada %17'lik pay ile Çin bulunurken, bu sırayı %16 ile AB ve %14 ile Hindistan izlemektedir. Türkiye dünya buğday üretiminin %3'lük kısmını sağlayarak dünyada onuncu sırada yerini almaktadır (TMO, 2020).



Şekil 2. Dünya buğday üretim, tüketim ve stok miktarı, *Tahmin (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021)

Türkiye tarımsal üretim yönünden zengin ve kendine yetebilecek potansiyele sahip bir ülke konumundadır. Tarımsal faaliyetler için kullanılan alanlarda hububat ekimi için ayrılan yerlerin en büyük payını buğday oluşturmaktadır. Buğday ülkemizin tüm bölgelerinde yetiştirilebilmektedir. 2019 senesinde %33'lük oran ile en fazla ekmeçlik buğday üretimi yapılan bölge İç Anadolu Bölgesi'dir. Bu oranı %18 ile Marmara Bölgesi ile %14 ile Güneydoğu Anadolu bölgesi takip etmektedir. En düşük üretime sahip bölgeler ise %7'lik oran ile Ege ve Doğu Anadolu Bölgesi oluşturmaktadır. Makarnalık buğday üretimi gerçekleştirilen bölgelerde ilk sırada ise İç Anadolu (%39) ile Güney Anadolu Bölgeleri (%31) gelmektedir (TMO, 2020).



Şekil 3. Türkiye’de buğday ekim alanı, üretim ve verim grafiği (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021)

TÜİK verileri dikkate alındığında Türkiye’de son beş yılın buğday ekim alanı ve üretim miktarının verileri Şekil 3.’de verilmektedir. Ülkemizde 2020 yılı itibariyle buğday ekim alanı 69,2 milyon dekar, toplam üretim miktarı 20,5 milyon tondur. Ekili alanların 56,6 milyon dekarında 16,5 milyon ton ekmeçlik buğday, 12,6 milyon dekarında 4 milyon ton makarnalık buğday olarak üretimi sağlanmıştır. 2019/2020 pazarlama senesi içerisinde yurt içi buğday kullanımı 20 milyon ton olmakla birlikte yeterlilik oranı %89,5’tir. 2020 yılı buğday üretimi 2019 yılına kıyasla %7,9’luk yükselme göstererek 20,5 milyon tona ulaşıldığı sonucuna varılmıştır.

Bitkiler için toksik etki yaratabilecek yüksek konsantrasyondaki borun giderilmesi ve bor giderilmiş jeotermal suların kimyasal özelliklerinin belirlenmesi; tarımsal amaçlı sulamada ihtiyaç duyulan ancak yağışın yetersiz olduğu alanlar için alternatif bir su kaynağı olarak düşünülmesini önemli kılmaktadır. Ancak bu konu ile ilgili kesin yargılara ulaşabilmek için jeotermal su kaynaklarının bulunduğu bölgelerdeki bitki örtüsüne uygun ürün deseni dikkate alınarak ve farklı bitki materyalleri kullanılarak verim denemelerinin yürütülmesi ve olası etkilerini ortaya koymak için uzun süreli konu üzerinde çalışmalar yapılmalıdır. Bu konuda yapılan literatür çalışmalarına göre, genellikle sera alanlarının ısıtılması ve jeotermal sahalardaki suların hidrojeolojik ve kimyasal özelliklerinin

belirlenmesi üzerine ağırlık verilmiştir. Jeotermal suların tarımsal amaçlı sulamada doğrudan kullanımı ile ilgili çalışmalar yetersiz olmakla birlikte arıtılmış jeotermal suların kullanımına dair literatürlerin sınırlı veya hiç araştırma yapılmamış olması konunun özgün olmasını sağlamaktadır.

Bu çalışmada Tuzla jeotermal sahasından temin edilen su örneklerinin kimyasal çöktürme yöntemi ile bor giderimi yapılmasından sonra ekmeçlik (Pehlivan) ve makarnalık (Mizabey-2000) buğday çeşitlerinin çıkış ve bazı fide gelişim özellikleri üzerine etkilerini inceleyip bu suların tarımda kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Borun jeotermal sudan giderilmesi için suya kimyasal çöktürme yöntemi uygulanmıştır. Kolay tasarımı, basit işletme prosedürü, düşük maliyeti ve toksik olmayan katkı maddeleri (Mallampati and Valiyaveetil, 2015) kullanılarak yapılan bir yöntem olması jeotermal suyun arıtılması için çalışmada tercih edilmiştir. Bor giderimi üzerine çeşitli parametrelere bakılarak en iyi verimin elde edildiği uygun parametre değerleri bulunmuş ve buğday yetiştirilmede kullanılacak jeotermal su istenilen bor sınır değerine getirilmiştir.

Dünya üzerinde en fazla tüketilen, besin değeri yüksek ve adaptasyon sınırı geniş tahıl ürünü buğday, bitki materyali olarak kullanılmıştır. Bor giderilmiş jeotermal suyun çıkış ve bazı fide gelişim özelliklerine etkilerini incelemek için saksı denemeleri kurulmuştur. Buğday çeşitleri hasat edildikten sonra incelenen özelliklere ilişkin verilere ait varyans analizi yapılmış ve istatistiksel olarak yorumlanmıştır.

İKİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kitano vd. (1978), kalsiyum bikarbonat ana çözeltisi içerisinde kalsiyum karbonatın çökeltilmesi sırasında bor bileşiklerinin davranışlarını incelediği çalışmalarında kalsiyum karbonat birlikteliğinde çökeltilen bor miktarında olumlu bir ilişki gözlemleyerek, ana çözelti içeriğinde bulunan bor konsantrasyonu ile orantılı olarak çöktüğü sonucuna ulaşmışlardır.

Dell ve Huang 1997 yılında, bor eksiliğinin bitkilerdeki fizyolojik etkilerini inceleyerek bitkilerin büyümesini yavaşlattığı veya durdurduğunu öne sürmüşlerdir. Bitkinin kök uçlarının büyüyen bölgesinde hücre büyümesi ve hücre bölünmesini sınırlandırdığı, yaprakların gelişimini etkileyerek fotosentez kapasitesini azalttığı, üremeyi olumsuz etkileyerek tohum veriminde düşüş olduğundan söz ederek, düşük bor seviyelerinin etkilerinin anlaşılabilmesi için çok daha fazla çalışma yapılması gerektiğini savunmuşlardır.

Taban ve Erdal'ın 2000'de yürütmüş olduğu çalışmada ekmeklik ve makarnalık buğday türleri killi tın tekstür sınıfında, bünyesinde %12 kireç bulunduran, pH değeri 7,9 ve bor miktarı 1.52 mg/kg topraklara, borik asit şeklinde 0.1 ile 10 mg B kg⁻¹ dozlarını uygulamışlardır. Makarnalık buğday türlerinin ekmeklik buğday türlerine oranla bordan daha çok etkilendiğini ve borun en fazla yaprak ucu ile yaşlı yaprakta görüldüğünü bildirmişlerdir.

Ayvaz (2002), iki farklı arpa türünün bora olan dayanımlarını araştırmak için farklı bor konsantrasyonlarında (1 ppm, 10 ppm ve 20 ppm) hazırlanmış su ile yetiştirilen bitkilerin büyüme ve gelişmesi üzerine etkilerini incelediğinde 10 ppm ve 20 ppm bor konsantrasyonuna maruz bırakılan arpa bitkilerinin artan dozlara göre fide, kök uzunlukları ile yaş, kuru ağırlıklarında azalma görüldüğünü, Efes 98 kültür türünün Vamık Hoca türüne göre bordan daha az etkilendiğini ve bora toleransının daha yüksek olduğunu gözlemlemiştir.

Taner ve arkadaşları (2003) deneme tarlasında yaptıkları çalışmada, yüksek bor (12,92 mg/kg) içeriğindeki topraklarda makarnalık buğday türleri (Kunduru 1149, Altıntaş, Altın 40/98, Kızıltan 91, Ç-1252, Selçuklu 97, Çakmak 79, Ankara 98, Yılmaz 98) kullanılarak çalışma yapmışlardır. Bor uygulamalı (0,9 kg/da) parsellerde borun verime etkisini inceleyerek bitki çıkışlarında artış ve tane veriminde düşüş meydana geldiğini

gözlemlemişlerdir. Toksik düzeyde yetiştirilen buğdayların en başarılı sonuç veren türleri Kızıltan 91, Yılmaz 98 ile Altıntaş olduğunu belirlemişlerdir.

Dear ve Weir 2004 yılında, borun bitkiler için ihtiyaç duyulan mikro besin ya da eser miktardaki 6 elementten biri olduğu fosfor ve kükürt gibi elementlere göre daha az gerekli olduğu, yonca, ayçiçeği, kolza tohumu, karnabahar ve elma gibi mahsullerin bor gereksiniminin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Uygan ve Çetin (2004), Seydisuyu su toplama havzadaki toprak ve suların içeriğinde bulunan borun çevreye verdiği etkilerini incelemişlerdir. Sulama ve içme suyu olarak kullanılan bu suların bünyesinde 1 ppm sınır değerinin dışında bor miktarının bulunduğunu, çevresinde oluşan bor birikimlerinin ileride sorun yaratabileceğini belirtmişlerdir. Seydisuyu dışında kalan bölgelerdeki toprak bünyesinde ki bor miktarı 5 ppm miktarından küçük olduğunu ve orada yetiştirilen bazı bitkilerin yapraklarına bakılarak çıkarılan analiz sonuçlarına göre ayçiçek için 23-28 ppm ve şeker pancarında 21-22 ppm aralığında toksik seviyede görülmediğini saptamışlardır.

Demirtaş (2005), borun bitkiler için gereksinim duyulan ve bitkilerin kalitesini belirlemede önemli bir bitki besin elementi olduğunu belirtmiştir. Toprakta ya da sulama sularında fazla bulunan bor, bora dirençli kültür bitkilerinde bir etki göstermezken bazı bitkiler üzerinde düşük konsantrasyonlarda dahi toksik etkide bulunabileceğini vurgulamıştır.

Başalp (2005) bor toksisitesine karşı toleransına bakılan buğday fidelerinin çözünür karbonhidrat ile serbest prolinin verdiği değişimleri gözlemlemiştir. Çalışmada fide boyları, % kuru madde miktarı ve oransal su içeriğinde ekmeklik buğdayın, makarnalık buğdaya kıyasla daha az etkilendiğini ve B toksisitesi semptomlarının daha geç oluştuğunu, her iki bitki fidelerinde fide boylarının kısaldığını belirtmiştir. Serbest prolin miktarında her buğday içinde artış sağlanırken, ekmeklik çeşitte daha fazla biriktiğini belirlemiştir. Ekmeklik çeşitte dayanıklılık merkezi için prolin veya çözünür karbonhidrat oranını arttırmak yeterli olurken, makarnalık çeşitte ikisinin beraber kullanılması gerektiğini önermiştir. B toksisitesi için serbest prolin ile çözünür karbonhidrat miktarının gerekliliğini ve birbiri ile bağlantılı olabileceğini vurgulamıştır.

Yorgancılar ve Babaoğlu (2005), ekmeklik ile makarnalık iki farklı buğday çeşitlerinin 0, 1.08, 3.24, 9.72, 29.16 ppm bor konsantrasyonlarında farklı iki ortam içerisinde çimlenmeye etkisini incelemek ve bor toksisitesine karşı dayanıklı olan genotiplerin belirlenmesini amaçlamışlardır. Her iki ortam için de bor konsantrasyonlarının çimlenmeye olan etkisinin önemsiz olduğunu, çeşitler üzerinde ise önemli olduğunu vurgulamışlardır. Buğday için en düşük B konsantrasyonunun 29.16 ppm üstündeki değerlerde çimlenmeyi engellediği ve bu sebeple sınır değer olarak sayıldığı sonucuna varmışlardır.

Baykal ve Öncel (2006), iki farklı buğday türü olan Kıraç 66 ve Kunduru 1149 toprağa eklenen bor dozajları (0, 15, 30, 45, 60 ve 75 mg/kg) ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında bor toksisitesine karşı gösterdikleri tepkileri gözlemlenmişlerdir. Bor toksisitesi altında bitkilerin fide boyları ile % kuru madde miktarlarında düşme, bor miktarlarında yükselme, içeriğinde bulunan su oranında değişme görülmediğini gözlemleyerek iki genotipte ki buğday bitkilerinin bor toksisitesine karşı toleranslarının farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir.

Lee ve diğerleri (2007), ağır metaller ile kirletilmiş yeraltı sularının iyileştirilmesi amacıyla yapılan koagülasyon yönteminde koagülant olarak kireç kullanıldığında As ve Ni elementlerinin %98'den fazlasının uzaklaştırıldığı koagülant olarak kalsiyum karbonat seçildiğinde Ni ve Zn elementlerinin giderim verimlerinin %97'den fazla olduğu ancak As elementinin %50'den düşük verim gözlemlendiğini belirtmişlerdir. 1:1 oranında uygulanan kireç ve kalsiyum karbonat karışımında ise hemen hemen tüm As elementinin giderildiği, Ni elementinin %98'den fazlasının uzaklaştırıldığı sonucuna varmışlardır.

Gallup tarafından 2007 yılında yapılan araştırmada, jeotermal suların, tarımsal veya içme suyu kaynağına dönüştürmek için çözünmüş katıların ters osmoz ya da buharlaştırılması, oksidasyon/ çökeltme ve iyon değişimi gibi çeşitli yöntemler yardımıyla artırılarak uygun standartlara gelebileceğini belirtmiştir.

Koç 2007 yılında yaptığı araştırmada Büyük Menderes Nehri ve Havzasının tarımsal potansiyelinin yüksek olduğunu ancak su ve toprakların jeotermal atık su ile yüksek oranda bor içeren kaplıcalar tarafından kirletildiğini belirtmiştir. Bu yer altı suları yüzeye çıkartılarak elektrik üretimi, ısınma ya da kaplıca gibi turizm gibi amaçlar ile kullanıldıktan sonra tekrar Büyük Menderes Nehri'ne deşarj edildiği ve bu durumun toprağı verimsiz hale getirdiğini belirterek önlemek için deşarj işleminin yapılmaması gerektiğini savunmuştur.

Büyük Menderes Havzası'ndaki sulama sistemi ile sulanan bitkilerin ihtiyacı olandan fazla miktarda bor aldıklarını ve önlem alınmadığı durumda 130.000 hektarlık alanın nehir suyu bor konsantrasyonu 0,5 ppm sınırın altında olmasına karşın topraklarda birikmesi sonucu kirliliğine sebep olduğu için ürün veriminde düşüş ve sorunlu toprakların oluşacağı sonucuna varmıştır.

Mecit (2008) yılında yaptığı çalışmada çimlenme aşamasındaki iki buğday türünün 50 mM üzerindeki bor konsantrasyonlarında çimlenme hızında düşüşün meydana gelerek çimlenmeyi olumsuz etkilediğini, fide gelişimi için 5 mM gibi daha düşük konsantrasyonlarda dahi kök ve gövde gelişimini olumsuz etkilemeye başladığını ve 100 ile 150 mM konsantrasyonlarında gelişimi tamamen engellediğini belirtmiştir. Bitkiler arasında B gereksiniminin farklılık gösterdiğini ve yüksek bor konsantrasyonlarda, buğdayın çimlenmesinin gecikmesine yol açtığını, fide gelişimini engellediğini ve bitkilerin savunma sisteminde yer alan polifenol oksidaz enzim aktivitesini azalttığını gözlemlemiştir.

Yağmur ve Okur (2007), sulama suyu olarak kullanılan termal sular ile yetiştirilen kanola ve mısırın bitkilerinin içeriğinde toksik seviyede elementin artmadığı, kontrol bitkilerine kıyasla $\frac{1}{4}$ oranında bir element artışının sağlandığını ve ağır metallerin bir sorun teşkil etmediğini gözlemlemiştir. Ancak farklı bitki ve topraklar ile denemeler yapılarak uzun süreli çalışmalara gereksinim duyulduğunu vurgulamışlardır.

Sarı (2009), buğdayın biyolojik verimi ile kuru madde miktarında gösterdiği değişimi araştırmak amacıyla sera koşullarında uygulanan farklı bor (0, 1.0, 2.5, 5.0, 10.0 mg kg⁻¹) ve tuz (0-200, 200-400, 400-600, >600 μ S/cm) konsantrasyonları yaptıkları çalışmada bor konsantrasyonu arttıkça K konsantrasyonunun ile K/Na oranlarında artma gözlenirken Ca, Mg ve Na konsantrasyonlarının azalma gözlendiğini, artan tuz miktarı ile bor, K konsantrasyonu ve K/Na oranlarında azalma gözlenirken Ca ile Na konsantrasyonlarında artış sağlandığını belirtmişlerdir. Topraktaki tuz miktarının artmasına bağlı olarak biyolojik verim ile kuru madde miktarında azalmalara sebep olurken bor uygulamasının yavaşlatıcı bir etki sağladığını ancak tuzun, bor konsantrasyonlarında azalmaya neden olduğunu bu sebeple tuzlu toprakta yetiştirilen buğday için bor gübreleme işlemlerinin dengeli ve programlı yapılması gerektiğini vurgulamıştır.

Camgöz ve diğerleri (2010), İzmir Seferihisar bölgesindeki termal sular ile yaptıkları çalışmada tarım alanlarında sulama suyu olarak faydalanılmasının olumsuz sonuçlara neden olduğunu, içeriğindeki çok fazla elementin çevresindeki birçok su kaynağı ile toprağı kirleterek o bölgenin ekolojik dengesini bozduğunu, bu kaynakların belirli zaman aralıklarında analizlerinin yapıp rapor edilmesi gerektiğini bildirerek tarımsal alanda kullanılan bu suların içeriğinin bilinmesi gerektiğini ısıtma ve sulama amaçlı kullanmalar için önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Bolca ve arkadaşları (2010) Alangüllü (Aydın) bölgesindeki jeotermal kaynakların kimyasal özelliklerinin ve bu su kaynaklarının tarım toprakları ve bitkilere gösterdiği etkilerini incelemişlerdir. Aydın-Germencik Alangüllü Havzası tarım potansiyeli yüksek, yaygın şekilde zeytin, incir, narenciye, buğday, yonca ve sebze tarımı yapıldığını belirtmişlerdir. Ancak bu bölgedeki jeotermal kaynakların bulunduğu alanlardan alınan bazı toprak örneklerinde pH, suda çözünebilir toplam tuz, bor, Na, K, Cr, Ni, Ra-226, K-40, Th-232 ile su örneklerinde pH, EC, SAR, B, Cl, Cd, Pb, Ni ve radyum element değerlerinin fazla çıktığını belirlemişlerdir. Jeotermal suların karıştığı dere ve Hıdırbeyli baraj suyu ile sulama sağlanan topraklarda bitki yetişmesini engelleyecek seviyede tuz birikimi başlangıcı olduğu sonucuna varmışlardır.

Başalp ve diğerleri (2011), yaptıkları çalışmada sera şartlarında ekmeklik ve makarnalık buğday çeşidi için toprağı uygulanan 0 (kontrol), 10, 20, 30, 40 ve 50 mg/kg dozlarında B ilave edildiğinde, bor toksitesine maruz kalan buğday fidelerinin boylarında azalma görülmüştür. Bor oranının da artış gözlenen % kuru madde miktarı ile oransal su içeriğinde önemli bir etki olmadığı, iki genotip için de bor toksitesine olan tepkilerinde farklılık görülürken ekmeklik buğday türünde bu etkilerin daha az görüldüğü sonucuna varmışlardır.

Tsai ve Lo (2011), hidrotermal yöntemler ile optimum sıcaklık 130 °C ve 30 mL solüsyon içerisinde 0.3 g dozajında kalsiyum hidroksit Ca(OH)_2 kullanılarak mikrodalga radyasyonu ile 10 dakikalık reaksiyon süresi içinde geri kazanım verimliliği %90 oranında olduğu, 2.0 g kalsiyum hidroksite 1.5 g fosforik asit (H_3PO_4) ilavesi ile 10 dakikalık reaksiyon süresince mikrodalgada tutulması ile geri kazanım verimliliğinin %99'a kadar ulaştığını gözlemlemişlerdir. H_3PO_4 ilavesinin az çözünür kalsiyum fosfat türlerinin oluşumunda bor geri kazanımı için ana mekanizma olduğunu belirterek atık sudan borun giderilebilmesi için sadece Ca(OH)_2 eklenmesi yeterli olurken H_3PO_4 ilavesi ile geriye kalan

bor iyonlarının katı deşarj standartlarını karşılayarak bor geri kazanımında önemini vurgulamışlardır.

Lopata ve diğeri (2013), kalsiyum karbonat ile çöktürme işlemi yapılarak düşük alkali göllerin su kalitesini iyileştirmek amacıyla yapılan çalışmada düşük dozda (0,1 g/L) kalsiyum karbonat kullanıldığında ve %90 oranında su içerisinde çözünmüş alüminyum konsantrasyonlarında giderim sağlandığını ancak suyun pH değerinin doğal pH seviyesine göre artış gözlemlendiğini belirterek bu artışın ekosistem üzerine olumsuz sonuçlar oluşturabileceğini bildirmişlerdir.

Yücel ve Yücel (2013), 17 farklı buğday genotipiyle yaptıkları çalışmada ağır metallerin (Cr, Cu, Ni, Fe, Zn) çimlenmesi üzerine azaltıcı bir etki gösterdiğini bildirerek en çok kromun engellediği bu sırayı bakır, nikel ve demirin takip ettiğini çinkonun çimlenme üzerine en az etkisinin olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Çeşitler arasında ağır metal stresinden en çok etkilenen Kutluk-94 çeşidi, en dayanıklı Kıraç ve Kunduru-1149 çeşitlerinin olduğunu belirlemişlerdir.

Fazlollahi ve diğeri (2014), petrol sahasındaki tuzlu suların bünyesinde bulunan ağır metallere cıvanın giderimi için uygulanan çöktürme tekniğinde çöktürücü madde olarak CaCO₃ kullanımı sonucu tuzlu sudaki cıvanın 0,5 ppm'den 0,055 ppm seviyesine düştüğünü ve cıva gideriminde %89 verim elde edildiğini belirterek CaCO₃ birlikteliğindeki çöktürme tekniğinin cıva gibi ağır metallerin uzaklaştırılması için alternatif bir yöntem olduğunu savunmuşlardır.

Başkan ve Atalay (2014), bor bileşiklerinin birçok endüstri uygulamasında önemli yere sahip olduğunu ve endüstriyel gelişmelerin artmasına bağlı yüzey sularında bor konsantrasyon artışının gözlemlendiği, bu artışın sebeplerinden birinin de evsel atıklardan oluştuğunu belirtmişlerdir. Ülkemiz için temin edilen içme ve sulama sularının en fazla kirlenmesine sebep olan elementin bor olduğunu vurgulamışlardır. İnsanlar ve tarım alanları için doğrudan kullanılmaması gereken bu kirletici suların çeşitli yöntemler ile giderilmesinin önemli olduğunu ve bu yöntemlerden bazılarının, çöktürme-koagülasyon, adsorpsiyon, iyon değişimi ve ters osmoz olduğunu açıklamışlardır.

Orhun (2014), mısır genotipleri üzerine uyguladığı nikel (0, 80 ve 160 mg/L) ile kobalt (0, 125 ve 250 mg/L) konsantrasyonları ile yaptığı çalışmada Ni ve Co'nun düşük konsantrasyonda dahi çimlenme ve büyümesi üzerine önemli etki gösterdiğini, miktar

arttıkça olumsuz sonuçlar göstererek bitkilerin hastalanmasına sebep olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Mallampati ve Valiyaveetil (2015), altın (Au) ve gümüş (Ag) gibi nanaboyuttaki kirleticiler ile birçok ticari ürün malzemesi grafen oksit (GO), yüksek toksisitesi ile çevreye zarar verdiğini, bu nanomalzemelerin sudan uzaklaştırılması amacıyla kalsiyum karbonat birlikteliğinde çöktürme işlemi yapılarak sulu çözelti içerisindeki metal parçacıklar ile grafen oksitin hızlı bir sürede (10 dk) tamamen uzaklaştırıldığını (%99) gözlemlemişlerdir. Sulu çözelti içerisinde, 1 g CaCO₃'ün 24,32 mg Au nanomalzeme, 13,27 mg Ag nanomalzeme ve 165,27 mg GO'yu uzaklaştırabildiğini hesaplamışlardır.

Trejo ve Ramos (2017), gıda üretimi ile tarımsal ve endüstriyel faaliyetler için su ihtiyacı talebinin arttığını, yüksek bor konsantrasyonlarına sahip yüzey ve yer altı sularından borun giderilmesi için basit ve ekonomik bir yöntem bulunmadığından teknolojisinin geliştirilmesinin önemli olduğunu vurgulamışlar ve arıtma maliyetinin ekonomik olabilmesi için çöktürme yöntemini önermişlerdir.

Güneş ve diğerleri (2017), borun bitkilerin büyümesi ve verimi için önemli bir element olduğunu, eksikliği durumunda vejetatif büyümesinde bir etki görülmemesine karşın generatif büyüme ile meyve oluşumunu olumsuz etkileyerek azalmalar meydana geldiğini belirtmişlerdir. Bor eksikliğinin en başta genç yaprak ve sürgün kısmında belirti gösterdiğini bu sebeple çiçeklenme ve meyve oluşum aşamalarında yapraklar üzerinden bitkiler için kontrollü bor gübrelenmesinin gerekli bir işlem olduğunu savunmuşlardır. Genel olarak bor ihtiyacı düşük bitkiler olan tahıllar için 100-200 g/da bora ihtiyacı yüksek şeker pancarı, kolza, ayçiçeği gibi bitkilerin 400 g'a kadar arttırılabildiğini, yaprak üzerinden uygulama yapılan bor gübrelenmesinin kabul edilen oranını 250-300 mg B/ litre olarak önermişlerdir.

Cömert ve Çelik (2017), kumlu ve killi olarak iki farklı toprakta yetiştirdikleri fasulye bitkisine, farklı bor konsantrasyonlarında sulama suyu uygulanarak bitki verimi üzerine gösterdiği etkiyi incelemişlerdir. Bu iki toprak için yaş ve kuru ağırlık değeri 1 ppm bor konsantrasyonunda en yüksek, 5 ppm bor konsantrasyonunda en düşük değerlerde olduğunu, kumlu toprakta yetiştirilen fasulyenin gelişiminin killi toprakta yetiştirilen fasulyeye göre daha olumlu sonuçlar verdiğini, yaş ve kuru ağırlık değerlerinin daha yüksek hesaplandığını, özellikle 3 ppm ve 5 ppm bor konsantrasyonlarında kumlu toprakta yetiştirilen fasulyenin killi toprağa kıyasla %40 daha çok zarar gördüğünü belirlemişlerdir. Her iki toprak için

belirlenen bor eşik değerinin 1 ppm olduğu ve bu değerın aşılması dahilinde killi topraklarda yetiştirilmesinin daha uygun olacağını önermektedirler.

Barut ve arkadaşları (2018), birçok alanda kullanım sağlayan bor mineralleri, dünya üzerinde bor rezervinin %72 paya sahip Türkiye'nin, bor üretimi için %33 payda olduğunu ifade etmişlerdir. Borun bitkiler üzerinde eksikliği ile toksit sınır değerinin dar bir aralığa sahip olduğunu ve bitkilerin büyümesi için gerek duyulan mikro besin element olduğunu belirterek tarımsal üretimde kullanımının önemli bir yeri olduğunu vurgulamışlardır.

Abacı ve Kaya (2018), farklı konumlardaki kaplıcalardan temin ettikleri termal sular ile fasulye bitkisinin çimlenme ve fide gelişimlerine gösterdikleri tepkilerini incelemişlerdir. Termal suların fasulye bitkisine karşı tepkilerinin farklılık gösterdiğini genel değerlendirme yapıldığında tüm termal suların çimlenme oranı ile çimlenme indeksinde düşüşler sebep olduğunu belirterek en yüksek ortalamaların kontrol parsellerinde çıktığını gözlemlemişlerdir. Tarımda sulama amaçlı uygulanmalardan önce çevre kirliliğine sebebiyet vermemesi için fiziksel ve kimyasal niteliklerinin önceden belirlenmesi için analizlerinin yapılması gerektiğini ve bazı termal suların sulama amaçlı kullanılmaması gerektiğini savunmuşlardır.

Kuşçu ve diğerleri (2018), üç farklı ekmeklik buğday çeşidi için farklı bor dozajları (0, 0.5, 1, 2, 4 ve 8 ppm) uygulanarak çimlenmeleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bor dozajı 1 ppm altında çimlenme oranı üzerine olumlu sonuçlar gözlemlediklerini, 1 ppm üzeri dozajlara çıkıldıkça çimlenme oranında azalma gözlemlendiği sonucuna varmışlardır. Bor toksitesine karşı en dayanıklılık gösteren ekmeklik buğday çeşitlerinden Pehlivan olurken, en hassas çeşidin ise FLA 85 olduğunu belirlemişlerdir.

Selimoğlu ve Boncukcuoğlu (2019), kimyasal çöktürme metoduyla yapılan bor giderim işleminde Ca(OH)_2 kullanarak %98 oranında giderim elde edildiğini ve ortam bünyesinde yer alan bor bileşiklerinin su içerisinde daha zor çözünen kolemenit formuna çevirmeyi amaçladıklarını bildirmişlerdir. Bu çalışmada borun belli bir kısmının kalsiyum borata çevrildiğini bir kısmının ise kalsiyum sülfat birlikteliğinde çöktürme sağladığını ileri sürmüşlerdir. Bor endüstrisinde oluşan atık suların göllerde çökmesi sonucu kolay bir depolama olduğunu ve bu bekletme sürecinde kolemenit meydana gelerek toprak ile yeraltı suları için gerekli sızdırmazlığın sağlanabileceğini öngörmüşlerdir.

Torunlar ve arkadaşları (2019), Ankara ili Ayaş ilçesinde bulunan jeotermal kaynakların faydalanıldıktan sonra meydana gelen atık sularının tarımsal sulama için İlhan Çayına deşarj edilmesinden sonra kirlilik ve kalitesini incelemek amacıyla su örnekleri almışlardır. Bu su 5. sınıf (zararlı) su kalitesi sınıfında ve kullanılabilirlik oranının %33.3'lük paya sahip olduğunu saptamışlardır. Sulama suyu kalitesi olarak kullanılamaz durumdaki bu suların, tarım ürünlerinin yaprak ve köklerinde ağır metal ve iz elementlerin kirlilik derecesinde birikerek kirlenme potansiyelini arttırdığını belirlemişlerdir.

Kaptanbaş (2019), yaptığı çalışmada bor toksisitesine hassas olan makarnalık buğday çeşidi Kızıltan-91 ile bora toleransı yüksek ekmeklik buğday çeşidi Gün-91 fidelerinin toksik seviyede bor dozajlarıyla büyütülmesi sonrasında kök uzunluğu, Kızıltan-91 üzerinde artış gözlemlendiğini, Gün-91 üzerinde azalmaya neden olduğu, her iki bitki türü için de fruktoz ve glukoz oranında, sürgün boyunda, sürgünün taze ve kuru ağırlığında ve oransal su içeriğinde azalma gözlemlendiğini belirtmiştir. Bor ile kalsiyumun beraber uygulandığı denemelerde sürgün uzunluğunda yaşanan artış ile birlikte kalsiyumun borun toksik etkisini düşürdüğünü bu sebeple kalsiyum ile bor için beraber yapılacak uygulamaların daha çok üstünde durulması gerektiğini önermiştir.

Pakistan'daki toprakların alkali ve kalkerli yapısı bitkiler için gerekli olan bor (B) ve fosfor (P) açısından yetersiz kalmaktadır. Bu besin maddelerinin eksikliği bitkinin gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Irfan ve arkadaşları 2019 yılında yaptıkları çalışmalarda 5 farklı bor seviyesi (0, 0.5, 1.0, 1.5, 2 kg B ha⁻¹) ile 3 farklı dozda (45, 90, 135 kg P ha⁻¹) uygulanarak kalkerli topraklarda yetiştirilen buğdayın büyümesi, besin birikimi ve tane verimi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda her P seviyesinde B eklenmesi doğrusal olarak verimi arttırdığı sonucuna ulaşmışlar ve tane verimine etkiyen en uygun dozun 90 kg P ha⁻¹ ile 1,5 kg B ha⁻¹ içeren numuneler olduğunu tespit etmişlerdir.

Yazıcı (2019), karabuğday bitkisine uyguladığı farklı dozajlardaki bor ve potasyum ile yaptığı denemelerde borun artışı ile bitki dokularında ki kuru madde veriminde azalmaya yol açarak toksik etki oluşturduğunu, 20 mg B kg⁻¹ denemesinde kuru maddenin dikkate değer ölçüde azalarak dokularda bulunan bor konsantrasyonunun ortalama 100 mg/kg şeklinde hesaplandığını ve bu değerın toksite sınır olabileceğini belirtmiştir. Yüksek bor dozajlarında potasyum alınımının olumsuz sonuçlar verdiğini ancak düşük dozlarda bitkinin gelişime olumlu etki göstererek potasyumun bor toksisitesini azaltmasına yardımcı bir etken olduğunu vurgulamıştır.

Doğru ve Bildiren (2020), iki farklı genotipe sahip buğday bitkilerinin tuz stresi (150 mM NaCl) ile foliar bor (H_3BO_3 ; 30 μ M) kullanarak yaptıkları çalışmalarında foliar borun buğdaylar üzerinde olumlu bir etki sağlamadığı ve genotiplerinde farklı metabolik durumlarda ve farklı biçimlerde etkilendiğini belirtmişlerdir.

Seferoğlu ve Kaptan 2020 yılında, farklı bor konsantrasyonları uygulayarak yetiştirdikleri buğday ve arpada grlen etkilerine bakmışlardır. Bor konsantrasyonları (0-0,5-1,0-2,0-3,0-4,0-5,0 mg/L) dozlar ile disodyum oktaborat ($Na_2B_8O_{13} \cdot 4H_2O$) eklenerek yaptıkları sulama çalışmalarında bor konsantrasyon miktarının artmasına bağlı olarak bitkilerin morfolojik özelliklerinde azalma görüldüğü, her iki bitki içinde en düşük seviyeye 5 mg/L dozda ulaşıldığını tespit etmişlerdir. Buğdayın bünyesinde ve yetiştirildiği toprakta arpaya göre borun daha fazla bulunduğu ve bora direncinin arpaya kıyasla olumsuz yönde etkilenerak daha dayanıksız olduğunu fark etmişlerdir.

şahin (2021), Tuzla jeoetermal sahadan temin ettiği jeoetermal suyun bor giderimi üzerine yaptığı çalışmalarında başlangıç pH'ı 11'e ayarlanan ve 2.5 g dozaj kireçtaşına 1.5 mL dozda H_3PO_4 ilavesi eklenerek hazırlanan zelti mikrodalga ışınımı deneylerinde düşük gte 10 dakika süresince tutulması sonucunda en verimli bor giderimi %90'a ulaştığını bildirmiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma, 2021 yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Jeotermal su örnekleri Tuzla jeotermal sahasından temin edilmiştir. Kontrol uygulamalarında sulama suyu olarak saf su kullanılmıştır. İki aşamalı olarak gerçekleştirilen bu çalışmanın ilk aşamasında çöktürme yöntemi kullanılarak jeotermal suyun bor derişim değeri düşürülmüştür. İkinci aşamada ise elde edilen bor giderilmiş jeotermal su ile yetiştirilen buğday bitkisinin çıkış ve fide gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir.

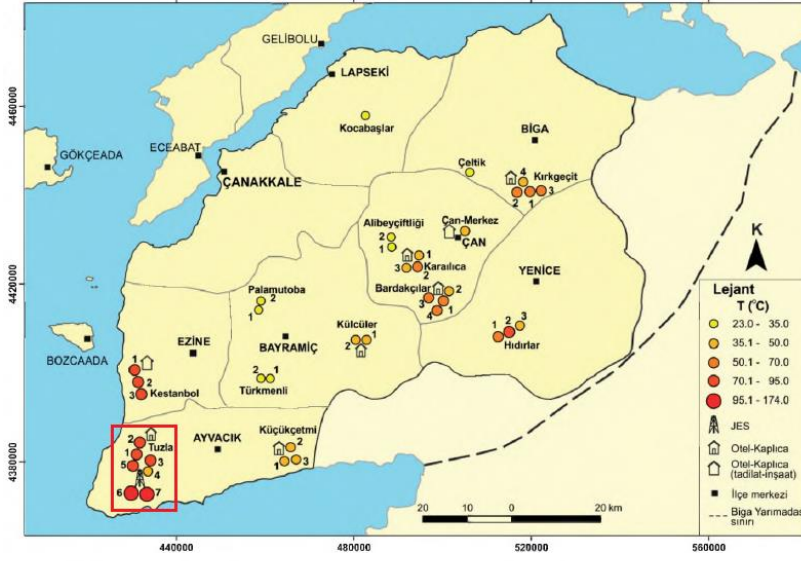
3.1. Materyal

3.1.1. Tuzla Jeotermal Su Kaynağı

Çanakkale-Ayvacic ilçesi Tuzla köyünde bulunan Tuzla jeotermal sahası yüksek entalpiye sahip önemli jeotermal sahalardan biridir. Sıcaklığı 50.9-97.2 °C arasında değişen ve 7.5 litre/saniye debiye sahip bu kaynaklarda yapılan sondaj çalışmaları ile 144.5-174 °C sıcaklıklara kadar yükselen, 200 litre/saniye debili akışkan ortaya çıkarmaktadır. Termal turizm, sera ve konut ısıtmalarında kullanımı yaygın olmakla birlikte 38.5 MWt termal güce ulaşan enerji sağlanmaktadır (GMKA, 2010; MTA, 2010).

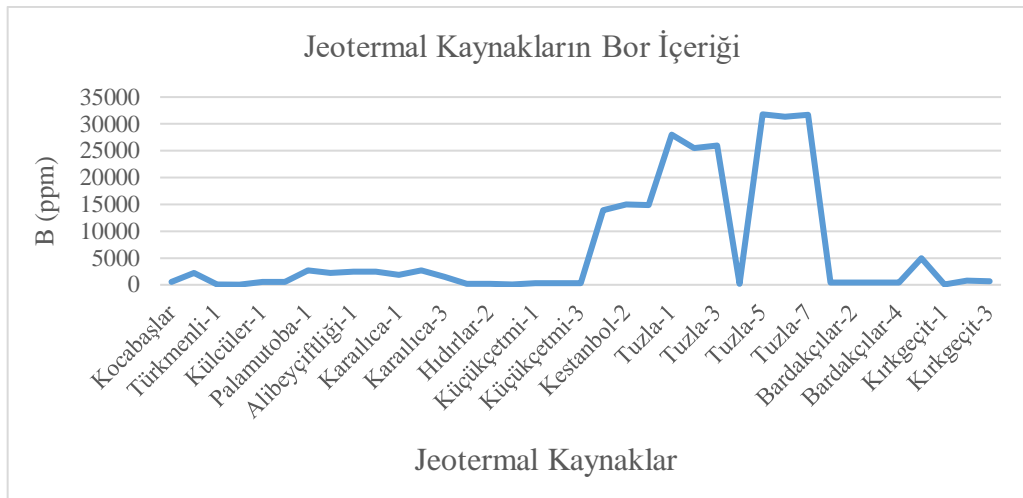
Tuzla jeotermal sahasındaki akışkan NaCl tipi tuzluluğa ($EC > 91$ mS/cm) sahip belirlenen limit değerlerin üzerinde Lityum (4-7 ppm), Baryum (1-4 ppm), Mangan (1-5 ppm), Bor (> 13 ppm) ve Stronsiyum (> 14 ppm) gibi yüksek konsantrasyonlarda bazı ağır metaller bulunmaktadır. Toprakta ise yüksek miktarlarda Silisyum (> 23800 mg/kg) ve Alüminyum (> 9000 mg/kg) içermektedir (Katırcıoğlu, 2013).

Kestanbol- Tuzla mevkiinde yer alan jeotermal bölgenin florası incelenmiş ve bu yöreye mahsus bitki türleri *Asphodeolus aestivus* Brot. (Çiriş otu) ve *Sarcopoterium spinosum* L. (Abdestbozan) pilot tür olarak belirlenmiştir (Yağan, 2008).



Şekil 4. Çanakkale ilinde bulunan jeotermal kaynakların sıcaklık dağılımı ve Tuzla konumu (Karaca vd., 2013)

Çanakkale ilindeki Tuzla, Kestanbol, Palamutota, Çeltik Alibeyçiftliği ile Çan'da ki jeotermal kaynaklarda TS 266 Türk İçme Suyu Standartları için bor sınır değeri 1 ppm olmakla birlikte Tuzla jeotermal suların bor konsantrasyonu standart değerin 30 kat üzerinde, çok yüksek bor konsantrasyonuna sahip jeotermal kaynaktır (Tarhan vd., 2013). Bu çalışma için Şekil 5'de görüldüğü üzere bünyesinde en yüksek bor konsantrasyonuna sahip Tuzla jeotermal kaynaktan su örnekleri alınmıştır.



Şekil 5. Çanakkale ilinde bulunan jeotermal kaynakların bor konsantrasyon içeriği (Karaca vd., 2013)



Şekil 6. Çalışma için su örneği alınan Tuzla jeotermal su kaynağı

Tuzla jeotermal kaynak suyundan alınan su örneklerinin B konsantrasyon değeri ve bazı analiz sonuçları laboratuvar koşullarında ölçülmüş ve Tablo 4’de gösterilmiştir. Çalışmamız için kullanılan jeotermal suyun bor içeriği 17 mg/L, yüzey sıcaklığı 92.2 °C, elektriksel iletkenlik değeri 87100 μ S/cm olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.

Tuzla jeotermal suyun bazı analiz sonuçları

Elektriksel İletkenlik (mS/cm)	Tuzluluk (%)	pH	Sıcaklık (°C)	Bor derişim değeri (mg/L)
87.1	59.6	8.07	92.2	17

3.1.2. Kullanılan Kimyasallar

Yapılan çalışmalarda kimyasal çöktürücü olarak kalsiyum karbonat seçilmiştir. Bu kimyasala ön hazırlık yapılmadan toz şeklinde tartımı yapılarak kullanılmıştır. Kalsiyum karbonat halk dilinde kireç taşı olarak da bilinen ve doğada en fazla bulunan kimyasal bileşiktir.

Yapısı gereği kalsiyum karbonat ya da kalsiyum/magnezyum karbonat bileşiklerinin bir arada yer aldığı karbonatlı tortul kayaç ile fosillere, kireç taşı (kalker) adı verilmektedir. Kalsiyum karbonatın ana bileşeni kalsiyum (Ca) olup, doğada saf olarak görülmez. Kristal bir yapıya sahip kireç taşının iki hali olan kalsit ile aragonit bünyelerinden %56 CaO ve %44 CaCO₂ bulundurlar. Genellikle ince beyaz toz halinde, kokusuz, molekül ağırlığı 100,09 g/mol, %0,1-30 aralığında gözenekli yapıya sahip, su emme kabiliyeti yüksek bir kireçtaşı için %0,4 seviyesindedir.

Kalsinasyon kireçtaşının yüksek sıcaklıklarda fırınlarda ısı ile pişirilmesi sonucu CaO yani sönmemiş (yanmış) kireç elde edilmektedir. Bu reaksiyonun formülü;



biçiminde gösterilmektedir.

Sönmemiş kirecin su ile reaksiyona girmesi sonucu ortama verdiği ısının toz biçiminde sönmüş kirece dönüştürülmesi işlemine kirecin söndürülmesidir. Bu reaksiyonun formülü ise;



biçiminde gösterilmektedir.

Kullanım alanı oldukça geniş olan kireçtaşının inşaat ve yapı sektörü, çimento üretimi, metalürji, tarım, çevre arıtımı, cam-seramik endüstrisi, soda üretimi gibi pek çok alanlarda faydalanılmaktadır (Sargın, 2008).

Hazırlanan çözeltiliye H₃PO₄ (fosforik asit) ilave edilmiştir. Başlangıç pH ayarlamalarında ise farklı derişimlerde H₂SO₄ (1 M) ve NaOH (0,5 M) kullanılmıştır.

3.1.3. Kullanılan Cihazlar

Çöktürme deneyleri için 250 mL hacimlerinde erlenler kullanılmıştır. Çalışmada kullanılacak çöktürücü maddelerin miktarlarının önceden ayarlanması için Weightlab WL-2002L Dijital Hassas Terazi ile 0,01 hassasiyette istenilen tartımlar yapılmıştır. Sıcaklığın 25°C de sabit tutulması amacıyla MİPRO MCS serisi marka çalkalamalı su banyosu kullanılmıştır. Çözeltilerin istenilen pH değerlerine ayarlanması için Ohaus ST2100-F masaüstü pH metre kullanılmıştır. Deneyden alınan numunelerdeki bor konsantrasyon değerlerinin ölçülmesi amacıyla HACH DR/1900 marka spektrofotometreden faydalanılmıştır.

3.1.4. Kullanılan Bor Giderilmiş Jeotermal Suyun Bazı Analiz Sonuçları

Yapılan çöktürme işlemleri sonucunda elde edilen ve buğday yetiştirmek için sulama amacıyla kullanılan bor giderilmiş jeotermal suyun bazı analiz sonuçları Tablo 5.'de gösterilmiştir.

Tablo 5.

Bor giderilmiş jeotermal suyun bazı analiz sonuçları

Elektriksel		Tuzluluk		pH	Sıcaklık	Bor derişim değeri	
İletkenlik (mS/cm)		(%)			(°C)	(mg/L)	
88.4		63.1		11.01	23.1	0.4	
Fe	Mg	Mn	Ni	P	Zn	K	N
(µg/L)	(mg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(mg/L)	(µg/L)	(mg/L)	(mg/L)
2.704	0.004	2.985	5.603	0.002	6.860	261.4	11,98

3.1.5. Kullanılan Bitki Materyali

Çalışmada bitki materyali olarak ekmeklik buğday Pehlivan ile makarnalık buğday Mirzabey-2000 tohumları kullanılmıştır.

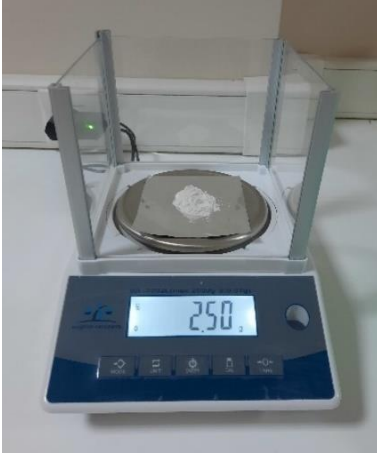
Pehlivan, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından melezleme yöntemi ile 1998 yılında tescil edilen ekmeklik buğday çeşididir. Rengi kırmızı, sert ve çok iri taneli, Kılçıksız, beyaz başaklı ve başakları uzun, dik yapıda özelliklere sahiptir. Bitki boyu 95-100 cm arasında uzunluktadır. Soğuğa ve kuraklığa dayanıklı bir kış bitkisidir. Normal şartlar altında yatmaya dayanıklı, verim potansiyeli 450-700 kg/da oldukça yüksektir. Bin tane ağırlığı 45.8 g aralığında olup ekmeklik kalitesi iyi derecededir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 1998).

Mirzabey-2000, Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü tarafından 2000 yılında tescil edilen makarnalık buğday çeşididir. Beyaz kılçıklı ve kahverengi kavuzlu, başakları uzun, orta ve eğik yapıda bitki boyu orta uzunlukta ve sağlam saplıdır. Soğuk ve kuraklığa dayanıklı bir kış bitkisidir. Yatmaya dayanıklı olup verim potansiyeli 210-350 kg/da, sulu şartlar altında 350-750 kg/da arasında değişmektedir. Bin tane ağırlığı 38-42 g aralığında olup makarnalık kalitesi iyi derecededir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2000).

3.2. Yöntem

3.2.1. Birinci Aşama: Jeotermal Sudan Bor Giderimi

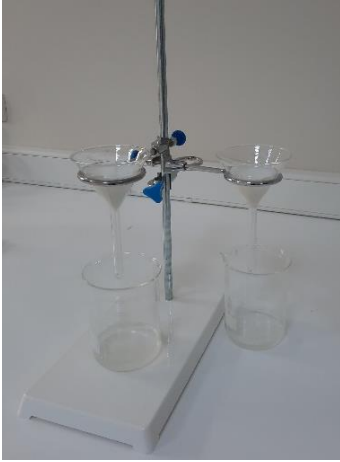
Doğal kimyasal maddelerden biri olan kireç taşı çöktürücü madde olarak seçilmiştir. Bor giderme işlemi için 50 ml süzölmüş jeotermal suya kireç taşı 2.5 g tartılarak (Şekil 7) bir erlen içerisine konulmuştur. Çözeltiye 0.5 mL fosforik asit (H_3PO_4) ilave edilerek hazırlanan numuneler $25^{\circ}C$ ve 140 rpm'de 24 saat çalkalamalı su banyosunda çalkalandıktan (Şekil 8) sonra çöktürme işlemi yapılarak, örnek su numuneleri filtre kâğıdı yardımı ile süzölmüştür (Şekil 9). Kimyasal çöktürme yöntemi ile bor giderimi yapılan jeotermal suya uygulanan tüm aşamalar Şekil 10'da gösterilmiştir.



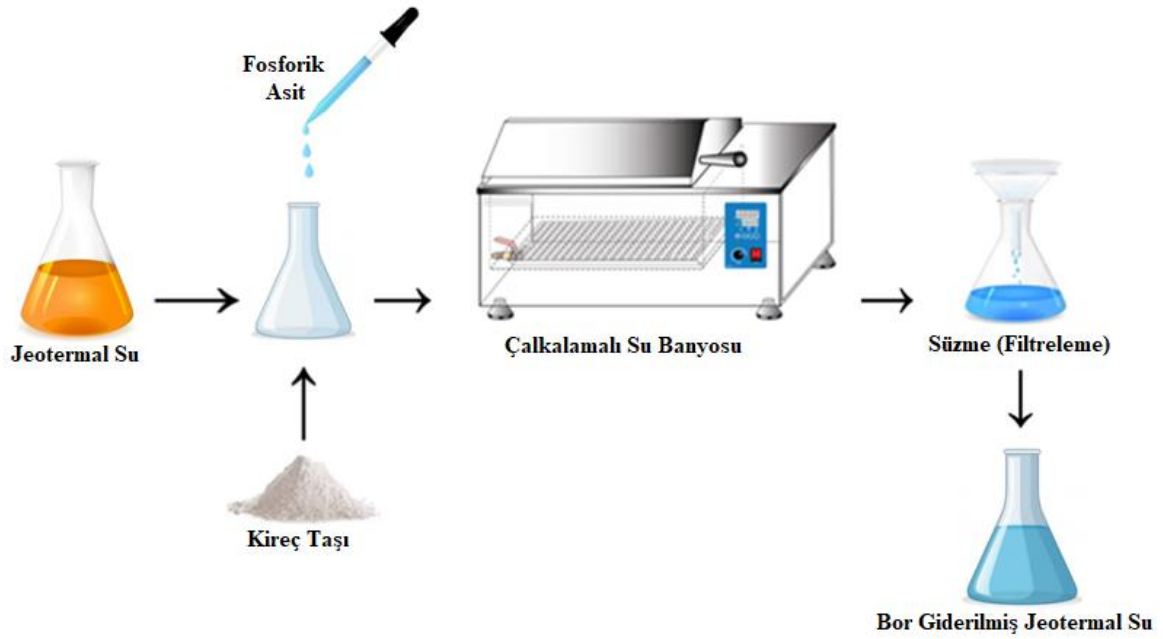
Şekil 7. Kireç taşının tartılması



Şekil 8. Çalkalamalı su banyosu



Şekil 9. Filtre kağıdında süzme işlemi



Şekil 10. Bor giderim aşaması

Bor Analizi

Çalkalama işlemi sonrasında her bir numunenin bor analizini yapmak için süzme işlemi ile katı ve sıvı ayrımında elde edilen bor giderilmiş jeotermal su numunelerinin süzülen berrak kısmından 2 mL alınıp bir behere boşaltılmıştır. Üzerine 35 mL bor ayraç çözeltisi (75 mL H₂SO₄ + 1 paket bor ayracı) eklenerek 25 dakika boyunca bekletilmiştir. Cihazın sıfır ayarı destile su kullanılarak yapıldıktan sonra her bir numune spektrofotometre cihazına konulup ölçümler yapılmıştır.

Bor Giderimi İçin Verim Hesabı

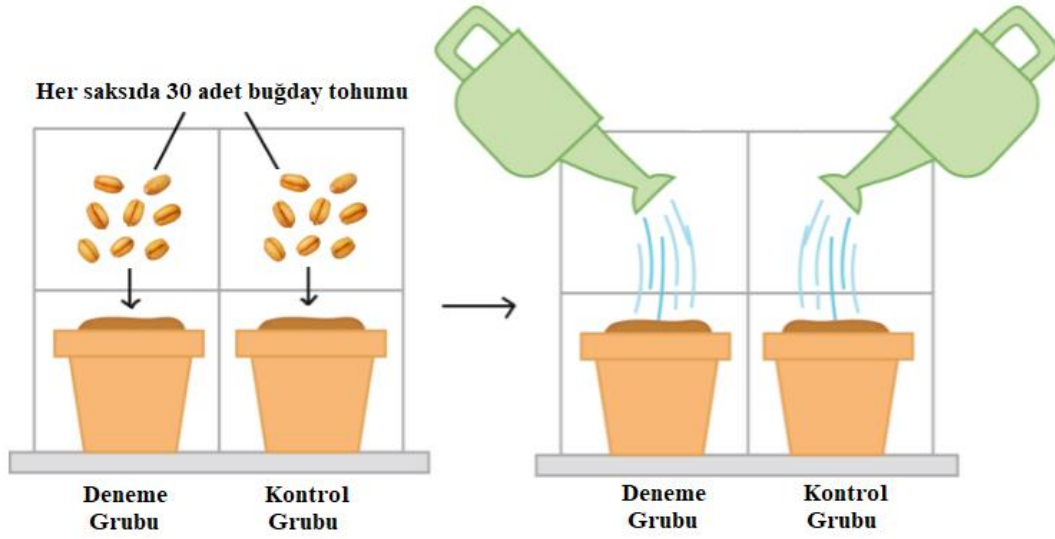
Bor giderimi için yapılan verim hesabı formülü;

$$\text{Bor Giderim Verimi (\%)} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100 \quad (3.3)$$

Bu formüle göre C₀, başlangıç bor derişimi (mg/L) C_e ise dengeye geldikten sonra çözültide kalan bor derişimi (mg/L) olarak tanımlanmıştır.

3.2.2. İkinci Aşama: Buğday Yetiştirme

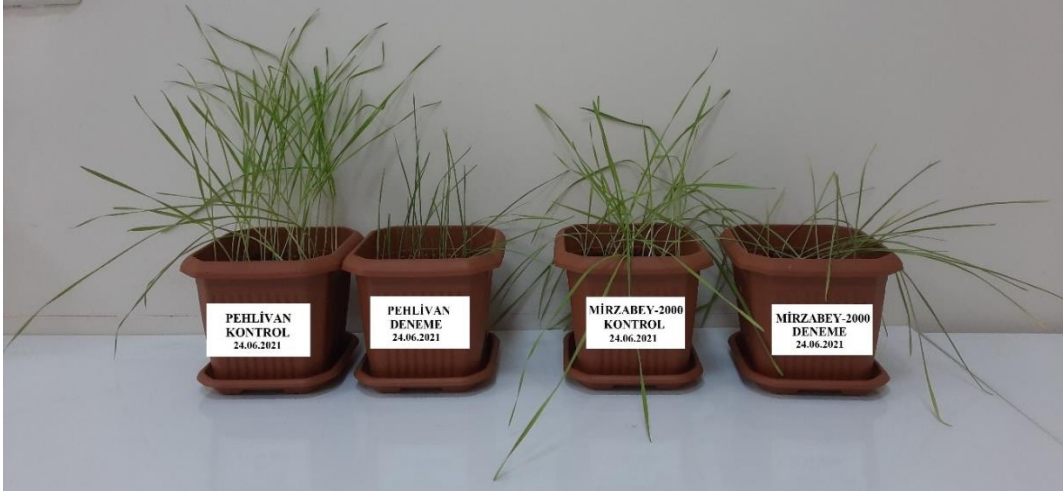
Deneme süresince ortam sıcaklığı 21-23°C arasında tutulmuştur. Çalışma için belirlenen iki farklı buğday tohumu kontrolleri ile birlikte 1200 cm³ hacimli içi torf+toprak dolu, altı delikli plastik saksılara denemeler kurulmuştur. Her iki çeşit buğday tohumu birbiri arası mesafe temas edilmeyecek şekilde 30'ar adet toprak yüzeyinin 1-2 cm derinliğine ekilmiştir.



Şekil 11. Buğday yetiştirme aşaması (Anonim, 2016)

Ekimden hemen sonra her saksıya çimlendirmeyi başlatmak için 100 mL saf su verilmiştir. Buğday tohumlarının ekiminden sonra çıkış süreleri tamamlanıncaya kadar geçen sürede, deneme saksılarına 50 mL bor giderilmiş jeotermal su, kontrol saksılarına ise 50 mL saf su düzenli olarak gūnaşırı uygulanmaya devam edilmiştir.

Saksı denemeleri tesadūf parselleri ve bölünmūş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Tohumların çıkışları günlük olarak takip edilmiştir. Tüm çeşitler için 12 gün boyunca tohum kökçükleri 2 mm uzunluğa ulaşip çimlenme gerçekleştikten sonra embriyodan çıkan kotiledon yaprakların toprak altından çıkışı ile sayım yapılmıştır. Bitkilerin hasadı, gözlem ve ölçümlerinin yapılması tohumların ekiminden sonraki 16 günlük gelişme sonunda gerçekleşmiştir.



Şekil 12. Buğdayların 12. gün sonunda resimleri



Şekil 13. Buğdayların 16. gün sonunda hasadı

Sökülme işlemi sırasında saksılar, içindeki toprak kalıntılarıyla birlikte çıkarılmış ve ardından su ile dikkatli bir şekilde iyice yıkanarak kökler temizlenmiştir. Her deneme ve kontrol grubu için topraktan temizlenen bitkiler içerisinde birbirine en yakın uzunluklarda görünen 5 bitki örneği seçilerek gerekli ölçümler yapılmış ve özellikleri incelenmiştir. Bitki örnekleri 70°C sıcaklıkta 24 saat süresince etüvde kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları ölçülmüştür.

İncelenen Özellikler

Çıkış Yüzdesi (%): Kökçüğün tohum kabuğundan çıkmasını takiben çimlenme sırasında bitkinin kotiledonlarının toprak üzerine çıkışları sayılarak 12. günde elde edilen çıkış yüzdeleri verilere dayandırılıp karşılaştırılması yapılmıştır.

Fide uzunluğu (cm): 16 günlük deneme sonunda topraktan sökülen birbirine en yakın görünen 5 bitki seçilere kök ucundan fide ucuna kadar olan uzaklık ölçülerek ortalaması bulunmuştur.



Şekil 14. Buğday kök ve gövde uzunluklarının ölçülmesi

Kök Uzunluğu (cm): Her saksıdan sökülen birbirine en yakın görünen 5 bitki seçilerek kök boğazı ile kök ucu arası uzaklık ölçülerek ortalaması bulunmuştur.

Fide yaş ağırlığı (g): Her saksıdan sökülen birbirine en yakın görünen 5 bitkinin yaş ağırlıkları hassas terazi yardımıyla tek tek tartılarak ortalaması bulunmuştur.



Şekil 15. Buğday yaş ağırlığının ölçümü

Kök yaş ağırlığı (g): Her saksıdan sökülen birbirine en yakın görünen 5 bitki tek tek kök boğazından kesildikten sonra elde kalan kök kısmı hassas terazide tartılarak ortalaması bulunmuştur.



Şekil 16. Etüvde kurutma işlemi

Fide kuru ağırlığı (g/bitki): Yaş ağırlıkları ölçülen bitkilerin kök ve sürgün kısmı birlikte 70°C sıcaklıkta (24 saat süresince) ağırlığı sabit ağırlığa ulaşincaya kadar etüvde kurutma işlemi uygulandıktan sonra hassas terazi de tartılıp beşe bölünerek her bitki için kuru fide ağırlığı saptanmıştır.



Şekil 17. Buğday kuru ağırlığının ölçümü

Kök kuru ağırlığı (g/bitki): Yaş ağırlıkları ölçülen bitkilerin kök kısımları 70°C sıcaklıkta (24 saat süresince) ağırlığı sabit ağırlığa ulaşmaya kadar etüvde kurutma işlemi uygulandıktan sonra hassas terazi de tartılıp beşe bölünerek her bitki için kuru kök ağırlığı saptanmıştır.

İncelenen Özelliklere Ait Verilerin Değerlendirilmesi

Yapılan gözlem ve ölçümler sonucunda incelenen özelliklere ait veriler tesadüf parselleri ve bölünmüş parseller deneme desenine göre yürütülmüş ve varyans analizi yapılmıştır. Varyans analizi ve ortalamalar arasındaki farklılıkların tespitinde Agricolae paketi ve R programı kullanılmıştır. Farklı grupların istatistiki açıdan belirlenmesinde her özellik için LSD testinden faydalanılmıştır (Team, 2019).

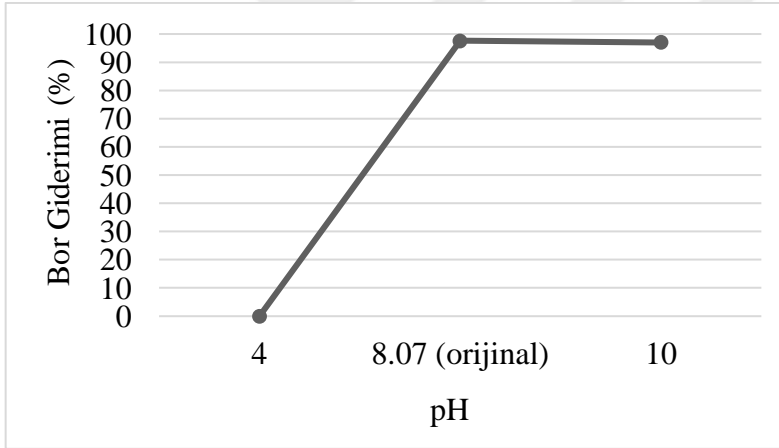
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Bor Giderimi Üzerine Çeşitli Parametrelerin Etkileri

Çalışma boyunca, çözeltinin başlangıç pH'ı, çöktürücü madde olarak seçilen kireç taşının dozaj miktarı, ilave edilen fosforik asit dozaj miktarı ve sıcaklık parametrelerine bakılarak bor giderimi için en iyi verimin elde edildiği uygun parametre değerleri saptanmış ve bu parametre değerleri grafikler halinde aşağıda ayrı başlıklar altında açıklanmıştır. Buğday yetiştirmede sulama suyu olarak kullanılacak jeotermal suyun bor derişim değeri istenilen sınır değere getirilmiştir.

4.1.1. Başlangıç pH Etkisi



Şekil 18. pH'ın bor giderimi üzerine etkisi

Başlangıçtaki pH etkisinin bor giderimi üzerine etkisini incelemek için 50 mL jeotermal suya farklı pH denemeleri yapılmıştır. Başlangıç pH değerleri 4-8,07 (orijinal)-10 olacak şekilde H₂SO₄ (1 M) ve NaOH (0,5 M) çözeltileri kullanılarak ayarlamalar yapılmıştır. Jeotermal suya 2.5 g kireç taşı ile fosforik asit ilave edilerek hazırlanan numuneler 25°C ve 140 rpm de 24 saat süresince çalkalamalı su banyosunda temas ettirilmiştir. Denemeler sonucunda elde edilen değerler Şekil 18'de grafiksel olarak gösterilmiş ve en iyi sonuç orijinal pH olarak belirlenmiştir.

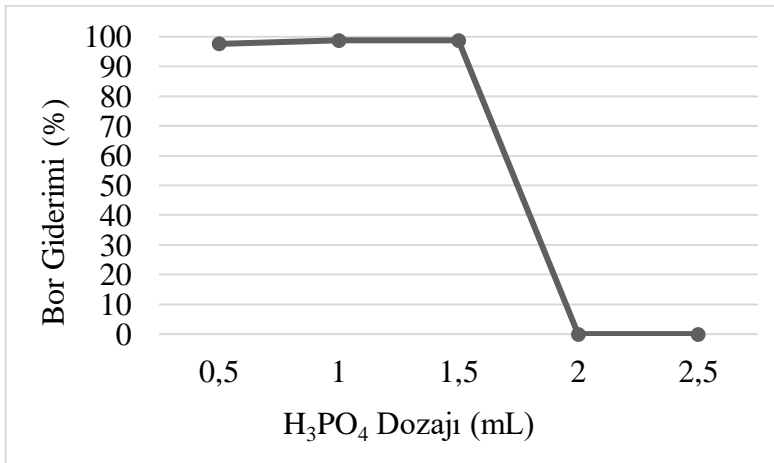
4.1.2. Çöktürücü Madde Dozaj Etkisi



Şekil 19. Kireç taşı dozunun bor giderimi üzerine etkisi

Çöktürücü madde dozaj etkisinin bor giderimi üzerine etkisini incelemek için orijinal pH'ta 50 mL jeotermal suya çöktürücü madde olarak seçilen kireç taşı 2-2,1-2,2-2,3-2,4-2,5 g dozajlar ayarlanıp 0,5 mL fosforik asit ilave edilerek hazırlanan numuneler 25°C ve 140 rpm de 24 saat süresince çalkalamalı su banyosunda temas ettirilmiştir. Denemeler sonucunda elde edilen değerler Şekil 19'da grafiksel olarak gösterilmiş ve çöktürücü madde dozajı 2,5 g olduğunda en iyi verim %97,64 olarak bulunmuştur.

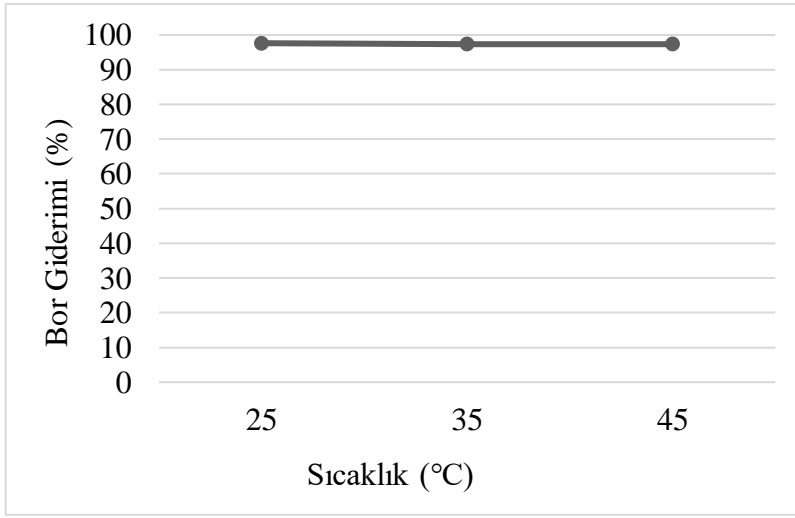
4.1.3 Fosforik Asit Dozaj Etkisi



Şekil 20. Fosforik asidin bor giderimi üzerine etkisi

Fosforik asit dozaj etkisinin bor giderimi üzerine etkisini incelemek için orijinal pH'ta 50 mL jeotermal suya 2,5 g kireç taşı ile birlikte 0,5-1-1,5-2 ve 2,5 mL dozajlarında fosforik asit ilave edilerek hazırlanan numuneler 25°C ve 140 rpm de 24 saat süresince çalkalamalı su banyosunda temas ettirilmiştir. Denemeler sonucunda elde edilen değerler Şekil 20'de grafiksel olarak gösterilmiş ve istenilen verimi karşıladığı için 0,5 mL dozaj kullanılmasına karar verilmiştir.

4.1.4. Sıcaklık Etkisi



Şekil 21. Sıcaklığın bor giderimi üzerine etkisi

Sıcaklığın bor giderimi üzerine etkisini incelemek için orijinal pH'ta 50 mL jeotermal suya 2,5 g kireç taşı ile birlikte 0,5 ml fosforik asit ilave edilerek hazırlanan numuneler 25, 35 ve 45 °C'de 140 rpm de 24 saat süresince çalkalamalı su banyosunda temas ettirilmiştir. Denemeler sonucunda elde edilen değerler Şekil 21'de grafiksel olarak gösterilmiş ve sıcaklığın bor giderimi üzerine önemli bir etkisinin olmadığı gözlenerek 25°C sabit alınmıştır.

4.2. Bor Giderilmiş Jeotermal Suyun Buğday Üzerine Etkileri

İlk kurulan saksı denemelerinde, çimlendirmeyi başlatmak için bor giderilmiş jeotermal su verilmiş ancak ekmeçlik (Pehlivan) ve makarnalık (Mirzabey-2000) buğday çeşitlerinin her ikisinde de çıkış olmadığı gözlenmiştir (Şekil 22).



Şekil 22. İlk kurulan saksı denemesinde buğdayların 6. gün sonunda resimleri

İkinci kez kurulan saksı denemesinde çimlendirmeyi başlatmak için saf su verilmiş ve çıkış sağlanmıştır. Tohumların çimlendirilmesi yapıldıktan sonra gün aşırı bor giderilmiş jeotermal su ile sulama yapılmaya devam edilmiştir. Buğday çeşitleri 16 günlük gelişme sonunda hasat edilmiş ve belirlenen gözlem ve ölçümlere ilişkin sonuçlar aşağıda ayrı başlıklar altında açıklanmıştır.

Çıkış Yüzdesi (%): Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde çıkış yüzdelere ilişkin verilerle varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6.

Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde çıkış yüzdelere ilişkin varyans analizi

Varyans kaynağı	Serbeslik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri
Tekerrür	2	24.1	12.0	0.470
Sulama	1	1070.4	1070.4	41.783 ***
Çeşitler	1	92.6	92.6	3.614
Sulama x Çeşit	1	33.3	33.3	1.301
Hata	6	153.7	25.6	

0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Tablo 6’da görüldüğü üzere, buğdayda çıkış yüzdeleri yönünden sulama suları arasındaki farklılıklar istatistiki olarak 0.01 seviyesinde önemli bulunurken, çeşitler arasındaki farklılıklar ve sulama x çeşit interaksyonu istatistiki yönden önemsiz bulunmuştur. Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çıkış yüzdesi ortalamaları ve farklılık gruplandırmaları Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 7.

Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çıkış yüzdesi ortalamaları

Çeşitler	Kontrol	Bor Giderilmiş Jeotermal Su
Pehlivan	100.00000 A	84.44444 B
Mirzabey-2000	97.77778 A	75.55556 B
LSD _{0.05}	Sulama: 7.1503	Çeşit: 7.1503
		Sulama x Çeşit: 10.11205

Tablo 7’ye göre ekmeklik (Pehlivan) ve makarnalık (Mirzabey-2000) buğday çeşidinin çıkış yüzdelere kontrolle kıyasla azalma olduğu görülmüştür. Pehlivan çeşidinde yaklaşık %15’lik bir azalma ile çıkış yüzdesi ortalama %84,44 olurken, Mirzabey-2000 çeşidinde yaklaşık %22’lik bir azalma ile çıkış yüzdesi ortalama %75,56 olduğu gözlenmiştir. Makarnalık buğday çeşidi ekmeklik buğday çeşidine göre daha çok etkilenmiştir. Pehlivan ve Mirzabey-2000 buğday çeşitleri kontrol uygulamaları farklı istatistik grupta yer almıştır.

Fide Uzunluğu (cm): Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde fide uzunluğuna ilişkin verilerle varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8.

Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde fide uzunluğuna ilişkin varyans analizi

Varyans kaynağı	Serbeslik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri
Tekerrür	2	0.6	0.3	0.177
Sulama	1	1314.6	1314.6	720.117 ***
Çeşitler	1	12.0	12.0	6.573 *
Sulama x Çeşit	1	96.3	96.3	52.769 ***
Hata	6	11.0	1.8	

0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Tablo 8’de görüldüğü üzere, buğdayda fide uzunlukları yönünden sulama suları arasındaki farklılıklar ve sulama x çeşit etkisi istatistik olarak 0.01 seviyesinde önemli bulunurken, çeşitler arasındaki farklılıklar 0.05 seviyesinde önemli bulunmuştur. Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çıkış yüzdesi ortalamaları ve farklılık gruplandırmaları Tablo 9’da gösterilmiştir.

Tablo 9.

Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde fide uzunluğu (cm) ortalamaları

Çeşitler	Kontrol	Bor Giderilmiş Jeotermal Su
Pehlivan	56.46667A	29.86667D
Mirzabey-2000	52.80000B	37.53333C
LSD _{0.05}	Sulama: 1.908777	Çeşit: 1.908777
		Sulama x Çeşit: 2.699419

Tablo 9’a göre ekmeçlik (Pehlivan) ve makarnalık (Mirzabey-2000) buğday çeşidinin fide uzunlukları kontrole kıyasla kısa kaldığı görülmüştür. Pehlivan çeşidinde fide uzunluğu ortalama 29,87 cm, kontrol uygulamasında ortalama 56,47 cm ölçülmüştür. Mirzabey-2000 çeşidinde ise fide uzunluğu ortalama 37,53 cm, kontrol uygulamasında ortalama 52,80 cm ölçülmüştür. Ekmeçlik buğday çeşidi makarnalık buğday çeşidine göre

daha çok etkilenmiştir. Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasıyla yapılan çeşitler ve bu çeşitlerin kontrol uygulamaları farklı istatistik grupta yer almıştır.

Kök Uzunluğu (cm): Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde kök uzunluğuna ilişkin verilerle varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10.

Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde kök uzunluğuna ilişkin varyans analizi

Varyans kaynağı	Serbeslik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri
Tekerrür	2	1.85	0.92	0.856
Sulama	1	282.27	282.27	261.630 ***
Çeşitler	1	6.16	6.16	5.713 .
Sulama x Çeşit	1	1.76	1.76	1.634
Hata	6	6.47	1.08	

0 '***' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tablo 10'da görüldüğü üzere, buğdayda kök uzunlukları yönünden sulama suları arasındaki farklılıklar istatistiki olarak 0.01 seviyesinde önemli bulunurken, çeşitler arasındaki farklılıklar ve sulama x çeşit etkileşimi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday kök uzunlukları ortalamaları ve farklılık gruplandırmaları Tablo 11'de gösterilmiştir.

Tablo 11.

Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde kök uzunluğu (cm) ortalamaları

Çeşitler	Kontrol	Bor Giderilmiş Jeotermal Su
Pehlivan	22.33333A	11.86667C
Mirzabey-2000	23.00000A	14.06667B
LSD _{0.05}	Sulama: 1.467392	Çeşit: 1.467392 Sulama x Çeşit: 2.075205

Tablo 11'e göre ekmeklik (Pehlivan) ve makarnalık (Mirzabey-2000) buğday çeşidinin kök uzunlukları kontrole kıyasla kısa kaldığı gözlenmiştir. Pehlivan çeşidinin kök uzunluğu ortalama 11,87 cm, kontrol uygulamasında ortalama 22,33 cm ölçülmüştür. Mirzabey çeşidinde ise kök uzunluğu ortalama 14,07 cm, kontrol uygulamasında ortalama 23 cm ölçülmüştür. Ekmeklik buğday çeşidi makarnalık buğday çeşidine göre daha çok etkilenmiştir. Pehlivan ile Mirzabey-2000 çeşidinin bor giderilmiş jeotermal su uygulamaları farklı istatistik grupta yer alırken iki çeşidin kontrol uygulamaları birbiri ile aynı grupta yer almıştır.

Fide Yaş Ağırlığı (g): Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde fide yaş ağırlığına ilişkin verilerle varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12.

Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde fide yaş ağırlığına ilişkin varyans analizi

Varyans kaynağı	Serbeslik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri
Tekerrür	2	0.000062	0.000031	0.37
Sulama	1	0.000867	0.000867	10.34 *
Çeşitler	1	0.007008	0.007008	83.54 ***
Sulama x Çeşit	1	0.000456	0.000456	5.44 .
Hata	6	0.000503	0.000084	

0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tablo 12'de görüldüğü üzere, buğdayda fide yaş ağırlığı yönünden sulama suları arasındaki farklılıklar istatistiki olarak 0.05 seviyesinde, çeşitler arasındaki farklılıklar istatistiki olarak 0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur. Sulama x çeşit interaksyonu ise istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday fide yaş ağırlığı ortalamaları ve farklılık gruplandırmaları Tablo 13'te gösterilmiştir.

Tablo 13.

Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde fide yaş ağırlığı (g) ortalamaları

Çeşitler	Kontrol	Bor Giderilmiş Jeotermal Su
Pehlivan	0.1366667C	0.1320000C
Mirzabey-2000	0.1973333A	0.1680000B
LSD _{0.05}	Sulama: 0.01293927	Çeşit: 0.01293927
		Sulama x Çeşit: 0.0182989

Tablo 13'e göre ekmeklik (Pehlivan) ve makarnalık (Mirzabey-2000) buğday çeşidinin fide yaş ağırlığı kontrole kıyasla düşük çıktığı gözlenmiştir. Pehlivan çeşidinde fide yaş ağırlığı ortalama 0,132 g, kontrol uygulamasında ortalama 0,137 g tartılmıştır. Mirzabey-2000 çeşidinde ise fide yaş ağırlığı ortalama 0,168 g, kontrol uygulamasında ortalama 0,197 g tartılmıştır. Makarnalık buğday çeşidi ekmeklik buğday çeşidine göre daha çok etkilenmiştir. Pehlivan çeşidinin bor giderilmiş jeotermal su uygulaması ile kontrol uygulaması aynı istatistik grupta yer alırken Mirzabey-2000 çeşidinin bor giderilmiş jeotermal su uygulaması ve kontrol uygulaması farklı istatistik grupta yer almıştır.

Kök Yaş Ağırlığı (g): Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde kök yaş ağırlığına ilişkin verilerle varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 14.

Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde kök yaş ağırlığına ilişkin varyans analizi

Varyans kaynağı	Serbeslik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri
Tekerrür	2	0.0000047	0.0000023	0.092
Sulama	1	0.0008670	0.0008670	34.074 **
Çeşitler	1	0.0005070	0.0005070	19.926 **
Sulama x Çeşit	1	0.0004083	0.0004083	16.048 **
Hata	6	0.0001527	0.0000254	

0 '***' 0.001 '***' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tablo 14’te görüldüğü üzere buğdayda kök yaş ağırlığı yönünden sulama suları ve çeşitler arasındaki farklılıklar ile sulama x çeşit interaksyonu istatistiki olarak 0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur. Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday kök yaş ağırlıkları ortalamaları ve farklılık gruplandırmaları Tablo 15’te gösterilmiştir.

Tablo 15.

Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde kök yaş ağırlığı (g) ortalamaları

Çeşitler	Kontrol	Bor Giderilmiş Jeotermal Su
Pehlivan	0.043333333B	0.07200000A
Mirzabey-2000	0.06800000A	0.07333333A
LSD _{0.05}	Sulama: 0.007126137	Çeşit: 0.007126137
		Sulama x Çeşit: 0.01007788

Tablo 15’e göre ekmeklik (Pehlivan) ve makarnalık (Mirzabey-2000) buğday çeşidinin kök yaş ağırlığı kontrole kıyasla fazla çıktığı gözlenmiştir. Pehlivan çeşidinde kök yaş ağırlığı ortalama 0,072 g, kontrol uygulamasında ortalama 0,043 g tartılmıştır. Mirzabey çeşidinde ise kök yaş ağırlığı ortalama 0,073 g, kontrol uygulamasında ortalama 0,068 g tartılmıştır. Ekmeklik buğday çeşidi makarnalık buğday çeşidine göre daha çok etkilenmiştir. Pehlivan çeşidinin kontrol uygulaması farklı istatistik grupta yer almıştır.

Fide Kuru Ağırlığı (g/bitki): Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde fide kuru ağırlığına ilişkin verilerle varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 16’da verilmiştir.

Tablo 16.

Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde fide kuru ağırlığına ilişkin varyans analizi

Varyans kaynağı	Serbeslik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri
Tekerrür	2	0.0001147	0.0000573	0.462
Sulama	1	0.0007363	0.0007363	5.938
Çeşitler	1	0.0001763	0.0001763	1.422
Sulama x Çeşit	1	0.0001203	0.0001203	0.970
Hata	6	0.0007440	0.0001240	

0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Tablo 16’da görüldüğü üzere, buğdayda fide kuru ağırlığı yönünden sulama suları ve çeşitler arasındaki farklılıklar ile sulama x çeşit etkisi istatistik olarak önemsiz bulunmuştur. Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday fide kuru ağırlığı ortalamaları ve farklılık gruplandırmaları Tablo 17’de gösterilmiştir.

Tablo 17.

Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde fide kuru ağırlığı (g/bitki) ortalamaları

Çeşitler	Kontrol	Bor Giderilmiş Jeotermal Su
Pehlivan	0.053333333 B	0,075333333 AB
Mirzabey-2000	0.067333333 AB	0.076666667 A
LSD _{0.05}	Sulama: 0.01573144	Çeşit: 0.01573144
		Sulama x Çeşit: 0.02224762

Tablo 17’ye göre ekmeçlik (Pehlivan) ve makarnalık (Mirzabey-2000) buğday çeşidinin fide kuru ağırlığı kontrole kıyasla fazla çıktığı gözlenmiştir. Pehlivan çeşidinde fide kuru ağırlığı ortalama 0,075 g, kontrol uygulamasında ortalama 0,053 g tartılmıştır. Mirzabey-2000 çeşidinde ise fide kuru ağırlığı ortalama 0,077 g, kontrol uygulamasında ortalama 0,067 g tartılmıştır. Ekmeçlik buğday çeşidi makarnalık buğday çeşidine göre daha çok etkilenmiştir. Pehlivan buğday çeşidi bor giderilmiş jeotermal su uygulaması ile Mirzabey-2000 buğday çeşidinin kontrol uygulaması aynı istatistik grupta yer alırken, Mirzabey-2000 buğday çeşidinin bor giderilmiş jeotermal su uygulaması ile Pehlivan buğday çeşidinin kontrol uygulaması farklı istatistik grupta yer almıştır.

Kök Kuru Ağırlığı (g/bitki): Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde kök kuru ağırlığına ilişkin verilerle varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18.

Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde kök kuru ağırlığına ilişkin varyans analizi

Varyans kaynağı	Serbeslik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri
Tekerrür	2	0.0000780	0.0000390	0.398
Sulama	1	0.0007053	0.0007053	7.189 *
Çeşitler	1	0.0000120	0.0000120	0.122
Sulama x Çeşit	1	0.0005880	0.0005880	5.993 *
Hata	6	0.0005887	0.0000981	

0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tablo 18’de görüldüğü üzere, buğdayda kök kuru ağırlığı yönünden sulama suları arasındaki farklılıklar ve sulama x çeşit interaksyonu istatistiki olarak 0.05 seviyesinde önemli bulunurken çeşitler arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday kök kuru ağırlığı ortalamaları ve farklılık gruplandırmaları Tablo 19’da gösterilmiştir.

Tablo 19.

Bor giderilmiş jeotermal su uygulamasının buğday çeşitlerinde kök kuru ağırlığı (g/bitki) ortalamaları

Çeşitler	Kontrol	Bor Giderilmiş Jeotermal Su
Pehlivan	0.03133333 B	0.06066667 A
Mirzabey-2000	0.04733333 AB	0.04866667 AB
LSD _{0.05}	Sulama: 0.01399319	Çeşit: 0.01399319
		Sulama x Çeşit: 0.01978936

Tablo 19’a göre ekmeklik (Pehlivan) ve makarnalık (Mirzabey-2000) buğday çeşidinin kök kuru ağırlığı kontrole kıyasla fazla çıktığı gözlenmiştir. Pehlivan çeşidinde kök kuru ağırlığı ortalama 0,060 g, kontrol uygulamasında ortalama 0,031 g tartılmıştır. Mirzabey-2000 çeşidinde ise kök kuru ağırlığı ortalama 0,048 g, kontrol uygulamasında ortalama 0,047 g tartılmıştır. Ekmeklik buğday çeşidi makarnalık buğday çeşidine göre daha çok etkilenmiştir. Pehlivan buğday çeşidinin bor giderilmiş jeotermal su uygulaması ile kontrol uygulaması farklı istatistik grupta yer alırken, Mirzabey-2000 buğday çeşidinin bor giderilmiş jeotermal su uygulaması ile kontrol uygulaması aynı istatistik grupta yer almıştır.

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Suya duyulan ihtiyaç her türlü su kaynağının kullanılabilir hale getirilmesini zorunlu kılmaktadır. Kullanılmaya uygun ve içilebilir nitelikte su yeterli ölçüde bulunmamaktadır. Tarım sektöründe önemli bir payı olan verimli ve kaliteli mahsul yetiştirilebilmesi için sulama yapılacak suyun kalitesini yitirmemiş ve temiz olması gerekmektedir. Alternatif bir su kaynağı olarak düşünülen jeotermal su kaynakları, tarımsal amaçlı doğrudan kullanılamamaktadır. Çünkü bitkiler için toksik etki yaratacak yüksek konsantrasyonlarda bor ve ağır metaller yer almaktadır. Bitkiler için toksiklik kadar noksanlıkta bitkisel üretim ve kaliteye zarar vermektedir. Her bitkinin alması gerekli besin elementleri bitkiden bitkiye farklılık göstermekle birlikte ihtiyaç duyduğu kadarını alması gerekmektedir.

İki aşamalı olarak gerçekleşen bu tez kapsamında bor giderilmiş jeotermal su ile yetiştirilen buğdayın çıkış ve fide gelişimi üzerine etkileri incelenerek bu suyun buğday tarımı için kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

İlk aşamada Tuzla jeotermal sahasından temin edilen jeotermal suya kimyasal çöktürme yöntemi uygulanarak borun giderilmesi sağlanmıştır. Çalışma boyunca çözeltinin başlangıç pH'ı, çöktürücü madde dozaj miktarı, ilave edilen fosforik asit dozaj miktarı ve sıcaklık parametreleri çalışılarak 50 mL jeotermal suya, başlangıç pH'ı orijinal alınıp 2.5 g kireç taşı ve 0.5 mL dozaj fosforik asit ilave edilerek 25°C sıcaklıkta 140 ppm'de 24 saat süresince çalkalama yapılmıştır. Çalkalama işlemi sonucunda filtre kâğıdı ile süzülükten sonra spektrofotometre cihazında bor analizi yapılmıştır. Karmin yöntemine göre yapılan analiz sonuçlarına göre bor gideriminde %98 verim sağlanmıştır. Buğday gelişimi ve verimliliğini kısıtlayabilecek bor konsantrasyonu 0,4 mg/L'ye düşürülerek istenilen bor sınır değerine ulaşılmıştır.

İkinci aşamada ise bor giderilmiş jeotermal su ile yetiştirmek için kullanılan bitki materyallerinden ekmeçlik (Pehlivan) ve makarnalık (Mirzabey-2000) buğday çeşitleri seçilmiştir. Çıkış ve bazı fide gelişim özelliklerine etkilerini incelemek için saksı denemeleri, tesadüf parselleri ve bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Buğday çeşitleri 16 günlük gelişme sonunda hasat edilmiş ve daha sonra fide uzunluğu (cm), kök uzunluğu (cm), fide yaş ağırlığı (g), kök yaş ağırlığı (g), fide kuru ağırlığı

(g/bitki) ve kök kuru ağırlığı (g/bitki) ölçülerek incelemeler yapılmıştır. İncelenen özelliklere ilişkin verilerle yapılan analiz sonuçlarına göre fide kuru ağırlığı hariç diğer tüm özelliklerde sulama suları arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Çeşitler arasındaki farklılık ise fide uzunluğu, fide yaş ağırlığı ve kök yaş ağırlığında istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Fide uzunluğu, kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığında sulama x çeşit interaksiyonu önemli bulunmuştur.

Denemeler ile kontroller arasında yapılan karşılaştırmaya göre buğdayın çıkış ve bazı fide gelişim özellikleri olumsuz yönde etkilenmiştir. Çeşitlerin ortalamalara göre çıkış yüzdesi en yüksek Pehlivan (%100) ile Mirzabey-2000 çeşitlerinin kontrol (%97,78) uygulamasında görülürken, Pehlivan (%84,44) ve Mirzabey-2000 (%75,56) çeşitleri bor giderilmiş jeotermal su uygulaması kontrollere kıyasla daha düşük çıkmıştır.

Fide uzunluğu yönünden Pehlivan (56,47 cm) ile Mirzabey-2000 (52,80 cm) çeşitlerinin kontrol uygulamalarında en yüksek ortalamalar ölçülürken, bor giderilmiş jeotermal su uygulamasında fide gelişimini olumsuz yönde etkilemiş ve en düşük ortalamalar Pehlivan (29,87 cm) ve Mirzabey-2000 (37,53 cm) çeşitleri olduğu belirlenmiştir.

Kök uzunluğu yönünden en yüksek ortalamalar kontrol uygulamaları Pehlivan (22,33 cm) ve Mirzabey-2000 (23 cm) çeşidinde ölçülürken, bor giderilmiş jeotermal su uygulamalarında kök uzunluklarını önemli düzeyde azalmış ve Pehlivan (11,87 cm) ve Mirzabey-2000 (14,07 cm) çeşitlerinin daha kısa kaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Fide yaş ağırlığı bakımından en yüksek ortalamalar Pehlivan (0,137 g) ve Mirzabey-2000 (0,197 g) kontrol uygulamaları olurken, Pehlivan çeşidi (0,132 g) ve Mirzabey-2000 (0,168 g) çeşidinin bor giderilmiş jeotermal su uygulaması kontrollere göre daha düşük çıktığı gözlenmiştir.

Kök yaş ağırlığı yönünden bor giderilmiş jeotermal su uygulamalarında olumlu etkiler göstermiş ve en yüksek ortalamalar Pehlivan (0,072 g) ve Mirzabey-2000 (0,073 g) belirlenmiştir, Pehlivan (0,043 g) ve Mirzabey-2000 (0,068 g) kontrol uygulamasında ise daha düşük ortalamalar elde edilmiştir.

Fide kuru ağırlığı bakımından Pehlivan (0,075 g) ve Mirzabey-2000 (0,077 g) çeşidinin bor giderilmiş jeotermal su uygulaması, Pehlivan (0,053 g) ve Mirzabey-2000

(0,067 g) çeşidinin kontrol uygulamalarına göre daha yüksek ortalamalara sahip olduğu gözlenmiştir.

Kök kuru ağırlığı yönünden bor giderilmiş jeotermal su uygulamalarında olumlu etkiler gözlenmiş Pehlivan (0,060 g) ve Mirzabey-2000 (0,048 g) en yüksek ortalamalara sahip olurken, Pehlivan (0,031 g) ve Mirzabey-2000 (0,047 g) kontrol uygulamalarında daha düşük ortalamalar elde edilmiştir.

Bu sonuçlar doğrultusunda çıkış ve fide gelişimi üzerine etkilerindeki olumsuzluğun sebebinin suyun bazı ağır metallerin konsantrasyonunun yüksek çıkması ve EC değeri yüksek, çok tuzlu bir su olmasından dolayı bitkinin çimlenmesini kısıtladığı düşünülmüştür. Ağır metallerin varlığı ve tuzlu su ile yapılan sulamada buğdayların, osmotik basıncın yükselmesinden dolayı tohum kabuğundan su geçişini engelleyerek bitkinin çimlenmesi için şart olan suyu yeteri kadar kullanamamaktadır.

Tuza toleransı orta seviyede olan buğdayın genotipleri ve tuz dozları arasında çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkilerinde önemli farklılıklar göstermektedir. Yüksek tuz varlığında çimlenme oranında %50'den daha fazla düşüş gözlemlendiği, kök ve sürgün uzamasını engellediği (Abdel, 1994; Koyuncu, 2008), ağır metallerin buğday genotipleri üzerinde çimlenme ve bitki büyümesini kısıtlayarak üretimde kayıplar yaşandığını bu etkinin toksik etki sebebiyle tohumu etkilediği ya da su alımını karşılayamaması sonucu doğrulamaktadır (Yücel ve Yücel, 2013).

Bolca vd. (2010), jeotermal suların içeriğindeki bor ve diğer elementlerin sebep olduğu tuzluluk ve ağır metallerin yarattığı toksik etki tarımsal ürünlere zarar vererek tarım topraklarının çoraklaşmasına sebep olduğunu, Na ve Cl gibi iyonların varlığında direkt toksik etki yaratması ve topraktaki yüksek tuzluluk, bitkilerin osmotik basıncını etkilediğini belirlemişlerdir. Jeotermal suların sıcak ve yüksek tuz konsantrasyona sahip olması radyoaktif maddelerin kolayca çözünerek fazla radyoaktif madde içermesine sebep olduğunu ve topraktan bitkiye taşınarak yüksek oranda radyoaktif içeriğine sahip olması bitkilerin tüketilmesi sonucunda canlı sağlığı için risk taşıdığını belirtmişlerdir.

Çeşitler arasında yapılan karşılaştırmaya göre, Mirzabey-2000 çeşidinin çıkış yüzdeleri ve fide yaş ağırlığı Pehlivan çeşidine göre olumsuz etkilenmiştir. Pehlivan çeşidinin fide-kök uzunluğu ise Mirzabey-2000 çeşidine göre daha düşük performans göstermiştir. Bunun sebebi buğday çeşitleri arasında genetik farklılıkların olduğunu veya

kullanılan Pehlivan çeşidi tohumlarının içsel sebeplerle veya tohum kabuğunun yapısından kaynaklanan çimlenmeyi engel teşkil eden faktörlerden ya da üretim, hasat ve hasat sonrası depolama aşamaları sırasında oluşan bir olumsuzluktan dolayı oluştuğunu düşünebiliriz (Abacı ve Kaya, 2018).

Sonuç olarak bor giderilmiş jeotermal suyun tarımda kullanılabilirliğini araştırdığımız bu tezde EC değeri tolerans edilebilen limitlerde ve çok tuzlu olmayan jeotermal sular buğday yetiştirmek için kullanılabilir. Ancak tuz oranı çok yüksek olan Tuzla jeotermal su ile doğrudan sulama yapılması toprağa zarar vereceği için bitki yetiştirmede kullanılmaması gerekmektedir.

Bor giderilmiş jeotermal suyun tarımsal amaçlı sulamalarda kullanılabilmesi ve daha iyi sonuçlara ulaşılabilmesi için, EC değeri yüksek bor giderilmiş jeotermal suya seyreltme işlemi yapılarak kabul edilebilir EC limitlere getirildikten sonra tarımda kullanılabilirliği önerilmektedir. Ayrıca jeotermal su kaynaklarının bulunduğu bölgelerdeki bitki örtüsüne uygun ürün deseni dikkate alınarak ve farklı bitki materyalleri kullanılarak verim denemelerinin yürütülmesi ve olası etkilerini ortaya koymak için uzun süreli konu üzerinde çalışmalar yapılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Abacı, E. ve Kaya, M. (2018). "Farklı Termal Suların Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)'de Çimlenme ve Bazı Fide Gelişim Özelliklerine Etkileri". *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(2), 1-6.
- Abdel, A. M. (1994). "Seedling characteristics as selection criteria for salinity tolerance in wheat". *Rachis*, 11(1-2), 33-40.
- Akay, A. Ş. (2005). *Türkiye ekonomisinde buğday ve buğday türevlerinin analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Gıda Ekonomisi ve İşletmeciliği, Antalya.
- Akkaya, A. (1986). "Buğdayın Beslenme ve Gübrelenmesi". *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1-4), 113-119.
- Alkan, B. (2007). *Güney Marmara Bölümü'nde Jeotermal Kaynaklardan Faydalanma, Sorunlar ve Öneriler*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul.
- Anonim. (2016). *Kontrollü Deneyler*. Mart 20, 2021 tarihinde Khan Academy: <https://tr.khanacademy.org/science/biology/intro-to-biology/science-of-biology/a/experiments-and-observations> adresinden alındı
- Atak, M. (2017). "Buğday ve Türkiye Buğday Köy Çeşitleri". *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2), 71-88.
- Atar, B. (2017). "Gıdamız Buğdayın, Geçmişten Geleceğe Yolculuğu". *Süleyman Demirel Üniversitesi Yalvaç Akademi Dergisi*, 2(1), 1-12.
- Ateş, Ç. (2018). *Ardışık Kimyasal ve Elektrokimyasal Yöntemi İle Atık Sudan Bor Giderimi*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Ayvaz, M. (2002). *Bazı arpa çeşitlerinde borun büyüme ve gelişme üzerine etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, İzmir.

- Ayyıldız, H. F. (2004). *İyon Değiştirici Membranlarla Bor Giderilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Kimya , Konya.
- Barut, H., Aykanat, S., Aşıklı, S. ve Eker, S. (2018). "Bitkisel Üretimde Bor". *Uluslararası Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 1(1), 33-46.
- Başalp, A. (2005). *Buğday Fidelerinin Bor Toksisitesine Toleransında Çözünür Karbonhidrat ve Serbest Prolin Değişimlerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Biyoloji, Ankara.
- Başalp, A., Öncel, I. ve Koç, E. (2011). "Bor (B) Toksisitesine Toleranslı ve Duyarlı Buğday Fidelerinde Bazı Fizyolojik ve Biyokimyasal Değişimlerin Belirlenmesi". *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(3), 135-141.
- Başkan, M. B. ve Atalay, N. (2014). "İçme ve Sulama Sularında Bor Kirliliği ve Bor Giderme Yöntemleri". *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(3), 78-84.
- Bayar, D. (2001). *Sulu Çözeltiden Adsorpsiyonla Bor Giderim ve Deney Tasarımı*. Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir.
- Baykal, Ş. A. ve Öncel, I. (2006). "Buğday Fidelerinin Bor Toksisitesine Toleransında Çözünür Fenolik ve Çözünür Protein Miktarındaki Değişmeler". *C.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, 27(1), 13-25.
- Bolca, M., Kılınç, R., Altınbaş, Ü., Saç, M. M., Kumru, M. N., Esetlili, B. Ç., Esetlili, T. ve Özen, F. (2010, Şubat). *Alangüllü (Aydın) bölgesindeki jeotermal kaynakların kimyasal özelliklerinin ve içerdikleri radyoaktif maddelerin su kaynakları, tarım toprakları ve kültür bitkilerine etkilerinin multidisipliner yaklaşımla saptanması üzerine araştırmalar*. Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü, Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, İzmir.
- Camgöz, B., Saç, M. M., Bolca, M., Özen, F., Oruç, Ö. E. ve Demirel, N. (2010, Ağustos). "Termal suların radyoaktivite ve kimyasal içeriklerinin incelenmesi; İzmir, Seferihisar bölgesi örneği". *Ekoloji*, 19(76), 78-87. doi:10.5053/ekoloji.2010.769

- Candar, G. K. (2018). *Bor Cevheri Yıkama Atık Suyundan Çöktürme ve Elektrokoagülasyon Yöntemleri İle Borun Giderimi ve Geri Kazanımı*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Canik, B., Çelik, M. ve Arıgün, Z. (2000). *Jeotermal Enerji*. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü. A.Ü.F.F. Döner Sermaye İşletmesi Yayınları.
- Cömert, A. ve Çelik, S. K. (2017). "Farklı Toprak Bünyelerinde Sulama Suyu Bor Düzeylerinin Fasulye Bitkisi Verimi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi". *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(3), 323-331. doi:10.29050/harranziraat.339349
- Çiçek, F., Kural, F. H., Ev, U. ve Gezer, R. (2006). *Sulu Çözüldüden Zirai Atık Kullanılarak Bor Gideriminin İncelenmesi*. Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Kimya Mühendisliği , Eskişehir.
- Dağdaş, A. (2004). "Jeotermal enerjiden yararlanmada Türkiye'nin dünyadaki konumu ve potansiyeli". *TMMOB Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 80, 38-48.
- Dear, B. and Weir, R. (2004). "Boron deficiency in pastures and field crops". *Agfact P1. AC. 1*.
- Deliboran, A. (2020). "Neden Bor? Borun Çevre ile İnsan, Hayvan ve Bitki Sağlığı Açısından Önemi". *Bahçe*, 49(2), 127-141.
- Dell, B. and Huang, L. (1997). "Physiological response of plants to low boron". *Plant and Soil*, 193(1), 103-120.
- Demirçivi, P. (2008). *Atık Sulardan Kesikli ve Sürekli Sistemlerle Bor Giderimi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Demirtaş, A. (2005). "Bitkide Bor ve Etkileri". *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(2), 217-225.
- Desai, B. B., Kotecha, P. and Salunke, D. (1997). *Seed Processing and Storage Technnolgy, Seeds Handbook: Biology, Production, Processing and Storage*. New York: Marcel Dekker.

- Doğru, A. ve Bildiren, Ő. (2020). "Tuz stresi altındaki buğday genotiplerinde foliar bor uygulamalarının neden olduğu fizyolojik ve biyokimyasal deđiŐimler". *Journal of Boron*, 5(2), 100-107. doi:10.30728/boron.654920
- Dorak, S., AŞık, B. B. ve Özsoy, G. (2019, Haziran). "Tarımda Su Kalitesi ve Su Kirliliğinin Önemini: Bursa Nilüfer Çayı Örneği". *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1), 155-166.
- DPT. (1996). *7. Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik ÖİK Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu*. Ankara.
- Duman, M. V. (2012). *Bigadiç Bor İşletmesi Simav Açık Ocak Taban Suyundan Ters Osmoz Yöntemi İle Bor Giderimi*. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir.
- Ediz, N. ve Özdağ, H. (2001). "Bor Mineralleri ve Ekonomisi". *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 002, 133-151.
- EPA. (2000). *Wastewater Technology Fact Sheet Chemical Precipitation*. United States Environmental Protection Agency, Washington, USA.
- Eroğlu, A. ve Aksoy, N. (2003). "Jeotermal Suların Kimyasal Analizi". *VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Bildiriler Kitabı*, 143-183.
- Ertugay, Z. (2010). "Buğday, un ve ekmek arasındaki kalite ilişkileri". *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13, 1-2.
- Eser, B., Gökçel, A., Saygılı, H. ve İlker, E. (Dü). (2005). *Tohum Bilimi ve Teknolojisi* (Cilt I). İzmir, Bornova.
- Etimaden. (2019, Mayıs). *Bor Sektör Raporu*. (S. G. Başkanlığı, Dü.) Mayıs 15, 2020 tarihinde ETİ Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü: <https://www.etimaden.gov.tr/storage/2020/2019BORSEKTORRAPORU.pdf> adresinden alındı.
- Fazlollahi, F., Zarei, M. M., Habashi, M. S. and Baxter, L. L. (2014). "Method for Removal of Mercury from Oil Field Brine with Calcium Carbonate Co-precipitation". *Characterization of Minerals, Metals, and Materials*, 131-138.

- Gallup, D. L. (2007). "Treatment of geothermal waters for production of industrial, agricultural or drinking water". *Geothermics*, 36(5), 473–483.
- GMKA. (2010, Aralık). TR 22 Güney Marmara Bölge Planı (2010-2013).
- Güneş, A., Gezgin, S., Kalınbacak, K., Özcan, H. ve Çakmak, I. (2017). "Bor elementinin bitkiler için önemi". *Bor Dergisi*, 2(3), 168-174.
- Hamutoğlu, R., Dinçsoy, A. B., Cansaran-Duman, D. ve Aras, S. (2012). "Biyosorpsiyon, adsorpsiyon ve fitoremediasyon". *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69(1), 179-244. doi:10.5505/TurkHijyen.2012.94914
- Herdem, Z., Doğan, M., Yeşilyurt, N., Akçı, M., Çelenk, H., Kaekin, S., Pasin, V., Duman, H., Egemen, M., Doğan, O., Tutar, S., Kuzuoğlu, E., Odabaşı, A. ve Koç, M. (2002). *Buğday ve Arpa Tarımı*. Ankara: Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü.
- İpekoğlu, Ü., ve Polat, M. (1987). "Bor Endüstrisine Genel Bakış". *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 26(1), 5-16.
- Irfan, M., Abbas, M., Shah, J. A., Depar, N. and Sial, N. A. (2019). "Interactive effect of phosphorus and boron on plant growth, nutrient accumulation and grain yield of wheat grown on calcareous soil". *Soil and Environmental Sciences Division, Nuclear Institute of Agriculture (NIA)*, 8(1), 17-26. doi:10.18393/ejss.484654
- Kaptanbaş, Y. (2019). *Buğdayda bor toksisitesi ile kalsiyum arasındaki etkileşimin büyüme ve çözümlü karbonhidratlar ile ilişkisinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara.
- Karaca, Z., Yücel, D. Ş., Yücel, M. A., Kamacı, C., Çetiner, Z. S., Erenoğlu, R. C. ve Akçay, Ö. (2013). *Çanakkale İli (Biga Yarımadası) Jeotermal Kaynakları ve Özelliklerinin Belirlenmesi, Biga Yarımadası Jeotermal Bigi Sistemi*. Güney Marmara Kalkınma Ajansı, Çanakkale.
- Karahan, S. (2004). *Bor Adsorpsiyonu*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, İzmir.
- Karakaş, Z. K., Yılmaz, M. T., Boncukçuoğlu, R. ve Karakaş, İ. H. (2013). "The Effect of the pH of the Solution in the Boron Removal using Polyaluminium Chloride (PAC)

- Coagulant with Chemical Coagulation Method". *Journal of Selcuk University Natural and Applied Science*, 2(2), 339-346.
- Karacıoğlu, Z. (2009). *Endüstriyel Atıksulardan Kimyasal Koagülasyon Yöntemi İle Bor Giderimi*. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.
- Katırcıoğlu, G. (2013). *Effect of high saline geothermal fluid on soil and surface water: a case study from Tuzla, Çanakkale-Turkey*. Master's thesis, İzmir Institute of Technology, Graduate School of Engineering and Sciences of, Environmental Engineering, İzmir.
- Kitano, Y., Okumura, M. and Idogaki. (1978). "Coprecipitation of borate-boron with calcium carbonate". *Geochemical Journal*, 12(3), 183-189. doi:10.2343/geochemj.12.183
- Koç, C. (2007). "Effects on environment and agriculture of geothermal wastewater and boron pollution in great menderes basin". *Environ Monit Assess*, 125(1), 377-388. doi:10.1007/s10661-006-9378-3
- Kolat, F. E. (2008). *Ağır metal içeren atık suların çöktürme yöntemi ile arıtımı*. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli.
- Koyuncu, N. (2008). *Türkiye'de Yetiştirilen Ekmekeklik ve Makarnalık Buğday (Triticum spp.) Çeşitlerinin In Vitro Koşullarda Tuza Toleranslarının Belirlenmesi*. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Ankara.
- Kuşçu, H., Kurtulmuş, E., Arslan, B., Karakuş, İ., Kumraltekin, E., Uçan, İ. E. ve Aşık, M. C. (2018). "Farklı Bor Konsantrasyonlarının Ekmekeklik Buğday Çeşitlerinin Çimlenmesi Üzerine Etkileri". *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı, 319-327.
- Kün, E. (1988). *Serin İklim Tahulları Ders Kitabı* (Cilt 1032). Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Lee, M., Paik, I. S., Kima, I., Kanga, H. and Lee, S. (2007). "Remediation of heavy metal contaminated groundwater originated from abandoned mine using lime and calcium carbonate". *Journal of hazardous materials*, 144(1-2), 208-214.

- Łopata, M., Brzozowska, R. and Wiśniewski, G. (2013). "Aluminum treatment of low alkaline lake waters buffered with calcium carbonate". *Global Journal on Advances in Pure & Applied Sciences*, 1, 681-686.
- Mallampati, R. and Valiyaveetil, S. (2015). "Co-precipitation with calcium carbonate-a fast and nontoxic method for removal of nanopollutants from water?". *RSC Advances*, 5(15), 11023-11028. doi:10.1039/C4RA14292F
- Mastromatteo, E. and Sullivan, F. (1994). "Summary: International Symposium on the Health Effects of Boron and Its Compounds". *Environmental health perspectives*, 102(suppl 7), 139-141.
- Mecit, B. (2008). *Bor'un Buğday Tohumlarının Çimlene Sürecine Bağlı Olarak Embriyo ve Endosperm Dokularındaki Polifenol Oksidaz Enzim Aktivitelerine Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Kütahya.
- MTA. (2010). *Çanakkale İli Maden ve Enerji Kaynakları*. www.mta.gov.tr: https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden_potansiyel_2010/Canakkale_Madenler.pdf adresinden alındı
- MTA. (2021). *Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Arama Çalışmaları*. Kasım 16, 2021 tarihinde Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü: <https://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/jeotermal-enerji-arastirmalari> adresinden alındı
- Orhun, G. E. (2014). "Nickel and Cobalt Effects on Mize Grmination". *2014 2nd International Conference on Agriculture and Biotechnology*, 62-65. doi:10.7763/IPCBE
- Özer, S. (2008). *Sivas İçme Suyunda Zenginleştirilmiş Koagülasyonla Organik Madde Giderimi*. Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Sivas.
- Özkan, Ş. G., Çebi, H., Delice, S. ve Doğan, M. (1997). *Bor minerallerinin özellikleri ve madenciliği*. 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Etibank Bor Araştırma Merkezi, İzmir.

- Parlak, V. (2020, Mayıs 5). *Medeniyetin Hammaddesi Bakır*. Artemis Arıtım: <https://www.artemisaritim.com/medeniyetin-hammaddesi-bakir> adresinden alındı
- Peng, J., Sun, D. and Nevo, E. (2011). "Wild emmer wheat, 'Triticum dicoccoides', occupies a pivotal position in wheat domestication process". *Australian Journal of Crop Science*, 5(9), 1127-1143.
- Sargın, Ş. O. (2008). *Presipite kalsiyum karbonat (PCC) üretim yönteminin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Cevher Hazırlama Anabilim Dalı, Maden Mühendisliği , İzmir.
- Sarı, D. S. (2009). *Bor-toprak tuzluluğu ilişkisinin buğdayın gelişimi üzerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Konya.
- Seferoğlu, S. ve Kaptan, M. A. (2020). "Farklı bor içeren sulama sularının arpa ve buğday bitkisine etkileri". *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57(1), 137-144. doi:10.20289/zfdergi.526102
- Selimoğlu, V. ve Boncukoğlu, R. (2019). "Bor Çözeltilerinden Kimyasal Çöktürmeyle Bor Giderimi". *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(3), 1343-1350. doi:10.21597/jist.515526
- Shewry, P. R. and Tatham, A. S. (1997). "Biotechnology of Wheat Quality". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 73(4), 397-406. doi:10.1002/(SICI)1097-0010(199704)73:4<397::AID-JSFA758>3.0.CO;2-Q
- Sönmez, N. A. (2014). *Sulardan adsorbsiyon yöntemi ile bor giderimi*. Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- Süzer, S. (2004). "Buğday Tarımı". *Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Çiftçi Broşürü*.
- Şahin, M. O. (2021). *Mikrodalga ışınım ve adsorpsiyon yöntemleri ile tuzla jeotermal kaynaklarından bor giderim performanslarının incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Enerji Kaynakları ve Yönetimi Anabilim Dalı, Çanakkale.

- Kalkınma Bakanlığı. (2018). *On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023), Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği, Özel İhtisas Komisyonu Raporu*. Ankara.
- Taban, S. ve Erdal, İ. (2000). "Bor uygulamasının değişik buğday çeşitlerinde gelişme ve toprak üstü aksamda bor dağılımı üzerine etkisi". *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24(2), 255–262.
- Taner, S., Sade, B., Kaya, Y., Çeri, S. ve Gezgin, S. (2003). "Bor Miktarı Yüksek Topraklarda Yetiştirilen Makarnalık Buğday Çeşitlerine Uygulanan Borun Verim ve Bazı Verim Öğelerine Etkisi". *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitü Dergisi*, 12, 10-21.
- Tarhan, I., Yüksel, B., Demircan, O., Özmetin, C., Türkeş, M., Yiğit, M. ve Akyol, T. (2013). *TR22 Güney Marmara Bölgesi Yenilenebilir Enerji Arştırması Sonuç Raporu (South Marmara Region Renewable Energy Investigation Report)*. Güney Marmara Kalkınma Ajansı (GMKA), South Marmara Development Agency, Balıkesir/Çanakkale.
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (1998). *Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü*. T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI:
<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ttae/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=25>
adresinden alındı
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (2000). *Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü*. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI:
<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tarlabitkileri/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=35>
adresinden alındı
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (2021, Ağustos). *Buğday Bülteni*. Aralık 17, 2021 tarihinde Tarım ve Orman Bakanlığı:
<https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/Belgeler/B%C3%BCItenler/A%C4%9EUSTOS%202021/Bu%C4%9Fday%20A%C4%9Fustos%20B%C3%BCIteni%2031.08.2021.pdf> adresinden alındı
- Team, R. C. (2019). *R: a language and environment for statistical computing*. The R Project for Statistical Computing: <https://www.r-project.org/> adresinden alındı

- TMO. (2020). *2020 yılı Hububat Sektör Raporu*. Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü: <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/sektorraporlari/hububat2019.pdf> adresinden alındı
- Torunlar, H., Tuğaç, M. G., Özdoğan, D. K., Depel, G. ve Dereköy, N. (2019). "Jeotermal Kaynakların Tarımsal Sulama Suyu Kirliliği ve Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi". *Toprak Su Dergisi*, 32-45. doi:10.21657/topraksu.654783
- Trejo, M. F. and Ventura-Ramos, E. J. (2017). "Reduction of boron in water for use in agriculture". In *2017 XIII International Engineering Congress (CONIIN)*, 1-4. doi:10.1109/CONIIN.2017.7968196
- Tsai, H.-C. and Lo, S.-L. (2011). "Boron removal and recovery from concentrated wastewater using a microwave hydrothermal method". *Journal of hazardous materials*, 186(2-3), 1431-1437. doi:10.1016/j.jhazmat.2010.12.010
- Uygan, D. ve Çetin, Ö. (2004). "Bor'un Tarımsal ve Çevresel Etkileri: Seydisuyu Su Toplama Havzası". *II. Uluslararası Bor Sempozyumu*, 23-25.
- Vergili, İ. (2000). *İyon Değiştiricilerle Su Arıtımında Sık Rastlanan Sorunlar ve Çözüm Araştırmaları*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Wang, L. K., Vaccari, D. A., Li, Y. and Shamas, N. K. (2005). "Chemical precipitation, In Physicochemical treatment processes". *Humana Press*, 141-197.
- WWF. (2016). *Türkiye'nin Buğday Atlası*. www.wwf.org.tr adresinden alındı
- Yağan, B. D. (2008). *Çanakkale ili Kestanbol-Tuzla jeotermal alan mevkiinin florası ve bu bölgedeki toprak ve yeraltı sularının mineral içeriğinin flora üzerinde etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Çanakkale.
- Yağmur, B. ve Okur, B. (2009). "Bitkisel Üretimde Termal Suların Kullanım Olanakları". *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 46(2), 123-128.
- Yağmur, Y. (2012). *Birlikte Çöktürme-mineralizasyon Yöntemi İle Sulu Çözeltilerden Bor Kazanımı*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Kimya Mühendisliği , İstanbul.

- Yazıcı, D. (2019). *Karabuğday Bitkisinde Bor Alınımı ve Toksikitesi Üzerine Potasyum Uygulamalarının Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ordu.
- Yıldız, M. (2010). *Aydın İlindeki Jeotermal Enerji Kaynaklarının Sera Isıtmak Amacıyla Kullanımı Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri Ana Bilim Dalı, Adana.
- Yılmaz, M. L. ve Peker, H. S. (2013). "Su Kaynaklarının Türkiye Açısından Ekono-Politik Önemi Ekseninde Olası Bir Tehlike: Su Savaşları". *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(1), 57-74.
- Yorgancılar, M. ve Babaoğlu, M. (2005). "Buğday Çeşitlerinde Borun Çimlenme Üzerine Etkisinin İn Vitro ve Saksı Şartlarında Araştırılması". *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (35), 109-114.
- Yücel, M. ve Yücel, E. (2013). "Endüstriyel kaynaklı ağır metal kirliliğinin buğday çeşitleri üzerindeki ekotoksikolojik etkilerinin belirlenmesi". *Biological Diversity and Conservation*, 6/3, 6-11.

