



**FARKLI DEMİR FORMLARININ
EKMEKLİK VE MAKARNALIK BUĞDAY
ÇEŞİTLERİNİN
BAZI TANE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

**SELÇUK UYSAL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANA BİLİM DALI
DOÇ. DR. HALİL ERDEM
Şubat - 2021
Her hakkı saklıdır**

T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI DEMİR FORMLARININ EKMEKLİK VE MAKARNALIK BUĞDAY
ÇEŞİTLERİNİN BAZI TANE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

SELÇUK UYSAL

TOKAT
Şubat - 2021

Her hakkı saklıdır

Selçuk UYSAL tarafından hazırlanan “**Farklı Demir Formlarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğday Çeşitlerinin Bazı Tane Özelliklerine Etkisi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **25 Şubat 2021** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı**' nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Doç. Dr. Halil ERDEM

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

Üye

Doç.Dr. Ahmet KINAY

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

Üye

Doç.Dr. Ahmet DEMİRBAŞ

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

.....

.....

.....

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

SELÇUK UYSAL
25 Şubat 2021

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI DEMİR FORMLARININ EKMEKLİK VE MAKARNALIK BUĞDAY ÇEŞİTLERİNİN BAZI TANE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

SELÇUK UYSAL

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM
ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. HALİL ERDEM

Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de demir (Fe) eksikliği problemleri ciddi boyutlarda yaygınlık göstermekte, özellikler çocuk ve kadınlarda çok önemli sağlık sorunlarını beraberinde getirmektedir. Türkiye’de problemin bu denli yaygınlık göstermesinin ana nedenlerinden biri Fe’i çok düşük olan tahıl kökenli gıdaların çok yüksek oranlarda tüketilmesi gösterilmektedir. Çözüm olarak gıdaların Fe yönünden zenginleştirilmesine, problemin en aza indirilmesinde ve geniş alanlara kolayca uygulanabilir, problemi yaşayana çabuk ulaşılabilir bir strateji olarak bakılmaktadır. Bu çalışmada, sera koşullarında ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerine farklı Fe form ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; Fe-EDTA; Fe-EDDHA) ve uygulama şekillerinin (toprak, yaprak ve toprak+yaprak) tane Fe konsantrasyonuna olan etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; topraktan, yaprak, toprak ve yaprak farklı Fe formu (özellikle Fe-EDTA ve FeSO_4) uygulamalarının ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin kuru madde ve tane verimi ile 1000 tane verimleri ile tane Fe konsantrasyonlarında istatistiksel ($p < 0.05$) olarak önemli düzeyde artışlara neden olduğu ortaya çıkmıştır. Ekmeklik buğday çeşidinin kontrol uygulamasında tane Fe konsantrasyonu 29.2 mg kg^{-1} iken toprak+yapraktan Fe uygulamasıyla tane Fe konsantrasyonu sıra ile FeSO_4 formunda 44.3 mg kg^{-1} (%51.7 artış), FeEDTA formunda 44.8 mg kg^{-1} (%53.4 artış), FeEDDHA formunda ise 43.7 mg kg^{-1} ’a (%49.6 artış) çıkmıştır. Uygulama şekilleri bakımından tane Fe konsantrasyonları değerlendirildiğinde, toprak+yaprak uygulamasının diğer uygulamalara (toprak, yaprak) göre ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin tane Fe konsantrasyonlarında daha fazla artışa neden olduğu görülmüştür. Tane Fe konsantrasyonlarında ortaya çıkan artışa paralel şekilde, farklı Fe formu uygulama ve şekillerinin ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin tane Zn konsantrasyonlarında istatistiksel olarak önemli düzeyde ($p < 0.05$) artışa neden olduğu ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerine FeSO_4 ve FeEDTA formlarının toprak+yapraktan yapılan uygulamalarının hem tane Fe hem de tane Zn konsantrasyonlarında önemli düzeyde artışa neden olduğu görülmüştür.

2021, 33 SAYFA

ANAHTAR KELİMELE: Demir, Form, Konsantrasyon, Ekmeklik buğday, Makarnalık buğday

ABSTRACT

MASTER THESIS

THE EFFECT OF DIFFERENT IRON FORMS ON SOME GRAIN PROPERTIES OF BREAD AND DURUM WHEAT VARIETIES

SELÇUK UYSAL

**TOKAT GAZIOSMANPASA UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES**

DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION

SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. HALİL ERDEM

Turkey as well as in the whole world iron (Fe) deficiency prevalence in serious problems in the show, especially brings about a very important health problems in children and women. Heavy and monotonous consumption of cereal-based foods with very low Fe concentration is considered as major reason for the widespread occurrence of the problem. As a solution, the enrichment of foods in terms of Fe is considered to be a strategy that can be easily applied to large areas, to minimize the problem, and to reach those who experience the problem. In this study, the effect of different Fe forms ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; Fe-EDTA; Fe-EDDHA) and application methods (soil, foliar, soil+foliar) on grain Fe concentrations on bread and durum wheat varieties under greenhouse conditions was investigated. According to the results obtained; It was revealed that different Fe form applications (especially Fe-EDTA and FeSO_4) from soil, leaf, soil and leaf caused statistically ($p < 0.05$) significant increases in dry matter, grain and 1000 grain yields and grain Fe concentrations of bread and durum wheat varieties. While the grain Fe concentration was 29.2 mg kg^{-1} in the control application of the bread wheat variety, the grain Fe concentration increased to 44.3 mg kg^{-1} (51.7% increase) in the FeSO_4 form, 44.8 mg kg^{-1} (53.4% increase) in the Fe-EDTA form and 43.7 mg kg^{-1} (49.6% increase) in the Fe-EDDHA form with the soil + leaf Fe application. When the grain Fe concentrations were evaluated in terms of the application methods, it was seen that the soil + leaf application caused a greater increase in the grain Fe concentrations of bread and durum wheat varieties compared to other applications (soil, leaves). In parallel with the increase in grain Fe concentrations, it was found that different Fe form applications and shapes caused a statistically significant ($p < 0.05$) increase in the grain Zn concentrations of bread and durum wheat varieties. As a result, it was observed that the application of FeSO_4 and Fe-EDTA forms to bread and durum wheat varieties with soil + leaves caused a significant increase in both grain Fe and grain Zn concentrations.

2021, 33 PAGES

KEYWORDS: Iron, Form, Concentration, Bread wheat, Durum wheat

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans tezimin her aşamasında yardımlarını esirgemeyen bilgi ve tecrübeleri ile daima yol gösterici olan saygı değer hocam Doç. Dr. Halil ERDEM'e teşekkür ederim.

Deneme kurulması ve materyal sağlanmasındaki yardımlarından dolayı Öğr. Gör. Cabir Çağrı GENÇE'ye teşekkür ederim. Aynı zamanda laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Sabancı Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesinden Zir. Yük Müh. Yusuf Tutuş'a teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım sırasında desteğini bir an olsun esirgemeyen her zaman yanımda olan değerli aileme teşekkürlerimi borç bilirim.

Selçuk UYSAL

25.02.2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1. Demir Kaynağı Olarak Toprak	4
2.2. Bitkide Demir	5
2.3. İnsan Beslenmesinde Demirin Önemi	7
2.4. İnsan Beslenmesinde Tahılların Önemi	8
3. MATERYAL ve YÖNTEM	10
3.1. Materyal	10
3.1.1. Denemede kullanılan bitki materyali	10
3.1.2. Denemede kullanılan toprak materyali	10
3.2. Metot	11
3.2.1. Denemenin kurulması	11
3.2.2. Bitki gözlem ve analizleri	11
3.2.3. Toprak analizleri	11
3.2.4. İstatistiksel analizler	12
4. ARAŞTIRMA ve BULGULAR	13
4.1. Farklı Fe Formu ve Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğday Çeşitlerinin Kuru Madde, Tane Verimi ile 1000 Tane Ağırlığına Etkisi	13
4.2. Farklı Fe Formu ve Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğday Çeşitlerinin Tane Fe ve Zn Konsantrasyonlarına Etkisi	16
4.3. Farklı Fe Formu ve Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğday Çeşitlerinin Tane N, P ve K Konsantrasyonlarına Etkisi	22
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	25
6. KAYNAKLAR	27
7. ÖZGEÇMİŞ	33

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simge	Açıklama
-	Eksi
%	Yüzde
/	Bölü
+	Artı
<	Küçüktür
>	Büyüktür
°C	Santigrat derece
μ	Mikro
dS	Desisimens
g	Gram
ha	Hektar
kg	Kilogram
mg	Miligram
mM	Milimolar
ppm	Milyonda bir parça

Kısaltmalar	Açıklama
-SH	Sülfhidril Grubu
NH ₃	Amonyak
HNO ₃	Nitrik asit
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
ICP-OES	İndüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektroskopisi
C	Karbon
Fe	Demir
CO ₂	Karbondiyoksit
Zn	Çinko

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Sera denemesinde kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	10
Tablo 4.1. Farklı Fe form ve uygulamaları altındaki ekmeklik buğday çeşidinin tüm bitki, tane verimleri ve 1000 tane ağırlığı	14
Tablo 4.2. Farklı Fe form ve uygulamaları altındaki makarnalık buğday çeşidinin tüm bitki, tane verimleri ve 1000 tane ağırlığı	15
Tablo 4.3. Farklı Fe form ve uygulamaları altındaki ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin tane Fe ve Zn konsantrasyonları	18
Tablo 4.4. Farklı Fe form ve uygulamaları altındaki ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin tane N, P ve K konsantrasyonları	23

1. GİRİŞ

Buğday temel besin kaynaklarının başında gelen kültür bitkilerinden biri olup, dünya genelinde 220 milyon hektar alanda buğday üretimi yapılmaktadır. Türkiye’de ise 8 milyon hektar alanda buğday üretimi yapılmakta ve Türkiye, %3.5’lik pay ile dünyada ilk 10 ülke içerisinde yer almaktadır (Anonim, 2018). Ülkemizde buğday üretimi özellikle Orta Anadolu, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde, bilhassa kurak ve yarı kurak alanlarında halkın başlıca geçim kaynağını oluşturmaktadır. İnsanlar için temel besin kaynağı olmasının yanında, hayvanlar için de önemli bir yem kaynağı olması nedeniyle (Kordali ve Zengin, 2011) buğday Türkiye’de hem ekim alanı hem de üretim miktarı bakımından kültür bitkileri içerisinde en büyük paya sahiptir (Anonim, 2018). Ülkemizde tarımsal üretim teknolojisinin gelişmesiyle buğday veriminde artış meydana gelmiştir. Ancak, Türkiye’nin Avrupa Birliği ile karşılaştırmalı üstünlüğüne bakıldığında buğday verimi oldukça düşüktür. Ülkemizin buğday verimi 2015/16 döneminde 248 kg/da olurken, Avrupa Birliği’nde 598 kg/da olarak gerçekleşmiştir (TMO, 2017).

Demir eksikliği dünyada yaklaşık 2 milyar insanda, genellikle çocuklar ve gebe kadınlarda ortaya çıkan önemli bir beslenme sorunudur. Demir noksanlığı insanlarda hastalıklara karşı duyarlılığı arttırmakta, beyin gelişiminde sorunlara ve fiziksel gelişimde bozuklukların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu sorun her yıl yaklaşık 100.000 kadının doğum sırasında ölümüne neden olmaktadır (Anonim, 2020a). Ülkemizde Fe noksanlığı yeni doğan bebeklerin %50’sinde, okula giden çocukların %30’unda ve gebe kadınların yaklaşık %50’sinde ortaya çıkan önemli bir beslenme sorunudur (Anonim, 2020c). İnsanlarda ortaya çıkan yukarıda verilen sağlık problemlerinden özellikle demir bakımından yetersiz olan tarımsal gıdaların tüketiminden kaynaklandığı bildirilmiştir. Ülkemizde Fe eksikliği hem toprakta (Cakmak ve ark., 1999; Eyüpoğlu ve ark., 1997) hem de insanlarda (Çavdar ve ark., 1983) ortaya çıkan önemli beslenme problemlerinden biridir. Türkiye’nin farklı bölgelerindeki tarım alanlarından toplanan toprak numunelerinde gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre toprakların %27’sinde Fe noksanlığının olduğu bildirilmiştir (Eyüpoğlu ve ark., 1997).

Topraklarda alınabilir Fe konsantrasyonunun düşük olması sonucu hem insanlarda hem de bitkilerde Fe noksanlığı ortaya çıkmaktadır. Normal koşullarda tarım topraklarında toplam Fe konsantrasyonları (%0.5-5.0) oldukça yüksektir, ancak bitkilerin topraktan Fe alımını engelleyen bazı toprak ve çevre faktörleri vardır. Demir noksanlığı özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerin pH'sı yüksek, kireçli, killi, organik maddesi düşük topraklarında rastlanmaktadır. Dünyadaki tarım topraklarının yaklaşık %50'si kurak ve yarı kurak bölgelerde bulunduğu ve bu toprakların ise yaklaşık %25'inin de kireçli olması bitkilerde Fe noksanlığının yaygın olmasına neden olmaktadır (Chen ve Barak, 1982).

Gelişmekte olan ülkelerde bitkisel gıdalar insanların günlük mikro besin elementi gereksinmesinin karşılanmasında en önemli besin kaynağını oluşturmaktadır. Ancak, bitkiler insanların günlük mikro element ihtiyacını karşılayacak kadar yeterli bir konsantrasyona sahip değildir. Bu nedenle dünyada yaygın durumda olan mikro besin elementi noksanlıklarını azaltmak için bitkilerin mikro besinlerce iyileştirilmesine vazgeçilmez bir gereklilik bulunmaktadır. Mikro element konsantrasyonunu arttırmanın en önemli yollarından biri gübrelemedir. İnorganik veya organik kökenli Fe kaynaklarının bitkilere topraktan ve/veya yapraktan uygulanması ile Fe noksanlığı giderilebilmektedir (Álvarez-Fernández ve ark., 2006). Yapılan çalışmalarda topraktan Fe ile gübrelemede inorganik kaynaklı Fe gübrelere göre organik kökenli (şelatlı) gübrelere daha etkili olduğu bildirilmiştir (Papastylianou, 1990). Yapraktan yapılan uygulamalar topraktan yapılan uygulamalara göre bitkilerin mikrobesein elementi ihtiyacını karşılama bakımından daha etkili olmaktadır. Demir ve Zn gibi mikroelementlerin topraktan alımını güçleştiren yüksek pH, yüksek kireç ve yüksek kil oranı gibi nedenlerinden dolayı bu topraklarda yetişen bitkilere yapraktan uygulama ile mikroelement noksanlıklarının önüne geçilebilmektedir (Güneş ve ark., 2000).

Kültürü yapılan modern buğday çeşitlerinde tane Zn ve Fe konsantrasyonları 20 ile 35 ppm arasında değişmektedir (Çakmak ve ark., 2004). Bu konsantrasyonlar insanların günlük beslenmelerinde alması gereken miktarın çok altında kalmaktadır. Dünyanın birçok başka yöresinde olduğu gibi Türkiye'de de tahılların Fe içeriklerinin düşüklüğü özellikle hamile kadınlar ile bebeklerde büyük sorunlara neden olmaktadır. Bu sorunlar tarımsal üretim alanında neden oldukları verim ve bunun sonucu olarak üretim

düşüklükleri yanında, özellikle tahıla dayalı beslenmenin yaygın olduğu yerlerde insan sağlığı açısından da önemli olabilmektedir (Cakmak ve ark., 2010b).

Bitkiler topraktan almış oldukları demirin çok azını taneye taşımaktadırlar. Buğday bitkisinde yapraklardan taneye taşınan demirin sadece %5 düzeyinde olduğuna dair çalışmalar bulunmaktadır. Bu değer diğer mikro elementler ile karşılaştırıldığında oldukça düşüktür (Garnett ve Graham, 2005). Bir strateji II bitkisi olarak, buğday bitkisi Fe noksanlığı koşullarında köklerinden fitosiderofor salgılayarak topraktaki demirden yararlanabilmektedir. Tahıllara özgü bu mekanizma nedeni ile pratik koşullarda buğday bitkisinde demirli gübrelerin uygulanmaması insan ve hayvan beslenmesinde son derece önemli olan tane Fe düzeylerinin düşük olmasına sebep olmaktadır. Tahılların Fe içeriği 40 mg kg^{-1} 'dan daha düşüktür. Islah yoluyla geliştirilen yüksek verimli çeşitlerin yanı sıra, modern tarım tekniklerinin de kullanılmasıyla buğdayda verim artmış ancak süreç içerisinde buğday tanesinde Fe miktarı giderek azalmıştır. Buradan hareketle, bu tez çalışmasında, insan beslenmesinde önemli bir yere sahip olan ekmeklik (Pamukova-*Triticum aestivum*) ve makarnalık (Sarıçanak-*Triticum durum*) buğday çeşitlerine farklı Fe formlarının ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; Fe-EDTA; Fe-EDDHA) toprak, yaprak ve toprak+yaprak uygulamaları ile tane Fe konsantrasyonunun artırılması hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Demir Kaynağı Olarak Toprak

Tarım topraklarının toplam demir (Fe) konsantrasyonları genelde çok yüksek olmasına karşın ekstrakte edilebilir (yarayışlı) Fe konsantrasyonu az olmasından dolayı, dünyanın birçok bölgesinde ekilebilir tarım alanlarında bitkilerde Fe eksikliği ortaya çıkmaktadır (Marschner, 2011). Tarım topraklarının toplam Fe konsantrasyonu ana materyalin özelliklerine bağlı olarak %0.02-10 arasında değişmekte ve ortalama %3.8 düzeyindedir. Demir elementi bakımından doğadaki en zengin mineraller arasında olivin, hematit, pirit, gotit, siderit, magnetit ve limonit bulunmaktadır. Topraktaki mevcut Fe'in çoğu birincil mineraller, kil mineralleri, oksitler ve hidroksitlerin kimyasal yapısında bulunmaktadır (Stucki ve ark., 2012). Topraktaki Fe'in bitkiye yarayışlılığı üzerine yüksek pH, toprak çözeltisinde ve sulama suyunda bikarbonat iyonlarının konsantrasyonu, topraktaki kalsiyum ve magnezyum karbonatlarının konsantrasyonu önemli etki yapmaktadır. Aynı zamanda toprakta bakır (Cu), mangan (Mn), molibden (Mo) ve çinko (Zn) gibi metallerin fazla miktarda bulunması da yarayışlı Fe konsantrasyonu üzerine önemli etkide bulunmaktadır (Marschner, 2011). Demir eksikliği problemine genellikle kurak ve yarı kurak bölgelerin pH değeri yüksek, kireçli, killi, organik maddece düşük (veya çok yüksek) ve tuzlu topraklarında rastlanmaktadır. Dünyada tarım yapılan toprakların yaklaşık %30'unda Fe noksanlığı probleminin olduğu (Cakmak, 2002; Gregory ve ark., 2017) ve bu problemin en önemli nedeninin ise yüksek kireç (Vose, 1982) içeriğinden kaynaklandığı bildirilmiştir. Yüksek kireçten dolayı ortaya çıkan Fe noksanlığına bağlı olarak bitkilerde verim ve kalitede önemli azalmalar ortaya çıkmaktadır (Sillanpää, 1982; Vose, 1982; White ve Zasoski, 1999). Ülkemizde de hem toprakta (Cakmak ve ark., 1999; Eyüpoğlu ve ark., 1997) hem de insanlarda (Çavdar ve ark., 1983) Fe noksanlığı en önemli beslenme problemidir. Yapılan bir çalışmada, Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan 1511 toprak örneğinde yapılan analizlere göre toprakların %27'sinde Fe noksanlığı probleminin olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, sonuçların Türkiye tarım alanlarının yaklaşık %25'inde Fe eksikliği probleminin olduğunu bildirmişlerdir (Eyüpoğlu ve ark., 1997).

2.2. Bitkide Demir

Bitkiler geliştikleri ortamdan kökleri ile sürekli Fe'i almak durumundadır. Bitkilerin yaşlı yapraklarından genç yapraklara Fe'in taşınamaması sebebi ile, meristematik dokular Fe ihtiyaçlarını devamlı topraktan Fe olarak karşılayabilmektedirler. Bitki metabolizmasında Fe, Fe^{2+} olarak kullanılır. Bu nedenle bitki Fe^{2+} iyonunu ya da bu şekilde indirgenmiş Fe'i alır (Marschner ve ark., 1986). Bazı bitkilerin dokularında fazla miktarda Fe^{3+} bulunduğu halde yine de bu bitkilerde Fe noksanlığı görülebilmektedir. Bu olgu bitki metabolizmasında Fe^{3+} iyonunun kullanılmadığının açık bir kanıtı olarak gösterilmektedir (Brown ve Jolley, 1989; Rajniak ve ark., 2018).

Bitki dokularındaki Fe konsantrasyonları bitkilerin türü ve çeşidi ile bitkilerin beslenme durumlarına göre büyük farklılıklar göstermektedir. Yapılan birçok çalışmada, bitkilerin bünyesindeki toplam Fe konsantrasyonlarının bile bitkinin Fe ile beslenme durumunu yansıtmadığı bildirilmektedir. Bu durum Fe noksanlığı görülen yaprakların Fe içerikleri yeşil olanlar ile aynı düzeyde veya daha fazla olabilmesi ile açıklanmaktadır (Nikolic ve Pavlovic, 2018). Bitki türleri ile aynı türün çeşitleri arasında dahi Fe noksanlığına karşı dayanıklılıkta ortaya çıkan farklılıkların nedeni, bitkilerin Fe noksanlığına karşı geliştirmiş oldukları farklı adaptasyon mekanizmalarından kaynaklanmaktadır. Toprakta toplam Fe konsantrasyonu yüksek düzeyde olmasına rağmen, bitkilerin topraktan aldığı yararlı Fe miktarının toplam Fe içerisindeki oranı oldukça düşüktür. Toprak pH düzeyine bağlı olarak iyi havalandırılan topraklarda iyonik Fe^{3+} ve Fe^{2+} formlarının konsantrasyonları çok düşük düzeydedir. İnorganik formdaki Fe'in çözünürlüğü toprağın pH ve redoks potansiyeline bağlı olarak değişmektedir (Marschner, 2011; Römheld ve Marschner, 1986). Bitkiler yetiştikleri ortamlarda ortaya çıkan Fe eksikliğinden etkilenmemek için topraklarda yararlı olan Fe'in çözünürlüğünü arttırmak ve bundan faydalanmak için farklı stratejiler geliştirmişlerdir (Römheld ve Marschner, 1986). Buğdaygiller hariç tek çenekli bitkiler ile çift çenekli bitkiler Strateji-I olarak isimlendirilen özel adaptasyon mekanizmasına sahiptirler. Strateji I grubuna giren bitkiler; kök fizyolojileri ile morfolojilerinde önemli değişimler, kökten rizofere H^+ sentezinin artması, Fe-redüktaz enzim aktivitesi ve sentezinin artması ve fenolik bileşiklerin sentezinin artması mekanizmalarından biri ya da bir kaçını gerçekleştirerek topraktan Fe'i almaya çalışırlar (Römheld ve Kramer, 1983). Buna karşın buğdaygil

bitkileri ise Strateji-II olarak adlandırılır ve topraktan Fe alımı ile ilgili olarak Strateji-I bitkilerinden çok farklı adaptasyon mekanizmaları geliştirmişlerdir. Strateji-II bitkileri fitosidorefor adı verilen mugineik ve avenik asitler gibi protein olmayan amino asitleri sentezleyerek topraktan Fe'i alırlar.

Fitosideroforlar şelatlama yolu ile rizosferde Fe^{3+} 'ü hareketli hale getirip, plazma membranları üzerinde lokalize olmuş protein taşıyıcısı ile kök hücresi içerisine Fe-fitosiderofor formunda Fe'in alınmasını sağlamaktadır (Marschner, 2011). Bitkilerin (Strateji-I ve Strateji-II) anılan bu mekanizmaları etkin bir şekilde işleten çeşitlere literatürlerde Fe-etkin bitkileri olarak adlandırılmaktadır. Bu mekanizmaları gerçekleştiremeyen ve Fe stresine giren bitkiler ise Fe-etkin olmayan bitkiler olarak adlandırılmaktadırlar (Gerloff, 1987; Römheld ve Marschner, 1986).

Bitkilerin Fe ile beslenmesine bağlı olarak değişmekle birlikte yapraklarda bulunan Fe'in yaklaşık %80'ni kloroplastlarda bulunmakta, bitkilerde Fe plastidlerin stomalarında fitoferritin olarak depo edilmektedir (Marschner, 2011). Şeker pancarı bitkisi ile yürütülen bir denemede, şeker pancarı yapraklarındaki toplam Fe'in 3/5'inin tilakoid membranlarında, 1/5'inin kloroplastların stromasında ve geriye kalanın ise kloroplastların dışında olduğu bildirilmiştir (Terry ve Low, 1982). Bitkilerin yapısındaki Fe'in iki büyük protein grubu vardır; bunlardan birincisi heme-proteinleri, ikincisi ise Fe-S proteinleridir. Heme-proteinleri sitokrom, katalaz, nitrat redüktaz, leghemoglobin'in yapısında bulunmakta, heme-demir proteinlerinin % 90'ı sitokromların yapısında, geriye kalan %10'luk heme-proteinler diğer enzimlerin yapısında yer almaktadırlar. Fe-S proteinleri ise ferrodoksin, nitrit redüktaz, sülfat redüktaz, nitrogenaz, tilakoid kompleksleri, mitokondri komplekslerinin yapısında yer almaktadırlar. Demir-S protein grubu yapraklardaki toplam Fe'in % 19'unu kapsamaktadır (Briat ve ark., 2007). Demire bağımlı bu proteinlerin birçoğu bitkilerde sayısız metabolik olaylarda yer almaktadır (Briat ve ark., 2007; Marschner, 2011).

Bitkide Fe floem iletim demetinde hareketli (mobil) bir element değildir. Bu nedenle Fe yaşlı yapraklardan genç yapraklara taşınamaz ve Fe noksanlık belirtileri ilk önce bitkilerin genç yapraklarda ortaya çıkar, noksanlık şiddetlendikçe bu belirtiler bitkilerin yaşlı yapraklarında da görülmektedir. Bitkilerde Fe noksanlığının en önemli simptomu bitkilerin genç yapraklarının en kılcal damarların dahi yeşil kalması ve damarlar

arasında ise yeşil rengin tamamen sarıya dönmesi şeklinde kendini göstermektedir. Demir noksanlığında genç yapraklarda ortaya çıkan damarlar arası sararmanın nedeni ise yapraklardaki düşük klorofil içeriğidir (López-Millán ve ark., 2013).

Demir noksanlığını gidermek ve bitkideki Fe konsantrasyonunu arttırmanın en önemli yollarından biri gübrelemedir. İnorganik veya organik kökenli Fe kaynakları bitkilere topraktan ve yapraktan uygulamalarla Fe noksanlığını gidermede kullanılmaktadır (Álvarez-Fernández ve ark., 2006). Demir gübrelemesi topraktan olduğu gibi yapraktan yapılabilir. Bilindiği gibi toprak pH ve Fe arasında negatif bir ilişki vardır. Eyüpoğlu ve ark. (1996) tarafından yapılan bir çalışmada ise bitkiler için yararlı Fe içeriği ile toprak pH'sı ve kireç içerikleri arasında negatif korelasyonların bulunduğu belirlenmiştir. Bu şartlar mevcut olduğunda topraktan yapılan gübrelemelerde, yaprak uygulamalarında veya her ikisinin birlikte uygulanmasıyla bitkilerin Fe ile beslenmesinde etkili olmaktadır.

2.3. İnsan Beslenmesinde Demirin Önemi

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde bitkiler, insanların mikro besin elementi ihtiyaçlarının karşılanmasında en önemli gıda kaynağıdır. Bitkiler genelde insanların günlük mikro besin elementi gereksinimlerini karşılayacak düzeyde mikro element içeriklerine sahip değildir. Bu sebeplerden dolayı, günümüzde başta Fe ve Zn olmak üzere insanlarda özellikle çocuklar ve kadınlarda çok yaygın biçimde mikro element eksikliği ortaya çıkmaktadır. Mikro element noksanlıklarının dünya nüfusunun yaklaşık %50'sinde olduğu ve bu durumun toplumlarda ciddi boyutlarda beslenme ve sağlık sorunlarına neden olduğu rapor edilmiştir. Mikro element noksanlıkları insanlarda immün sisteminde, fiziksel büyümede, zihinsel ve kavramsal yeteneklerin gelişmesinde bozulmalara, anemiye ve bunlarla ilişkili olarak ciddi sağlık problemlerine neden olmakta ve hatta erken dönemde bebek ve anne ölümlerine yol açmaktadır (Grosbois ve ark., 2005).

Mikro besin elementleri bitki gelişiminde önemli bir sınırlandırıcı faktör konumundadır. Ülkemizde en fazla noksanlık gösteren mikro besin elementlerinden çinko (Zn) birinci sıradayken, ikinci sırada demir (Fe) bulunmaktadır. Demir noksanlığından dolayı 2 milyar kişi risk altında olup bu sorun tüm dünyada görülmektedir. Ayrıca çocuklar ve

hamile bayanlar risk gruplarını oluşturmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (DSO), özellikle gebelerde ve çocuklarda anemi hastalığına yakalanma ve buna bağlı ölüm oranlarında görülen artışların yaygın bir halk sağlığı sorunu olduğunu bildirmiştir. Dünya genelinde anemi oranı; okul öncesi çocuklarda %47.4, gebe kadınlarda %41.8, gebe olmayan kadınlarda ise %30.2'dir. Aneminin birçok farklı nedeni olmakla beraber besinsel demir eksikliği en önemli nedeni arasındadır (Andrews ve Bridges, 1998; Mantadakis ve ark., 2020). Meydana gelen bu hastalıkların önüne geçebilmek için günümüzde sadece makro besin elementleri bakımından düşünmek yeterli olmamakta, makro ve mikro besin elementlerini birlikte düşünmek gerekmektedir. Mikro besin elementlerinin gün geçtikçe bitki sağlığı ve kalitesi için öneminin anlaşılması yanında, insan sağlığı içinde önemi anlaşılmaktadır. Tahıllar dünyada pek çok ülkenin temel besini olup ortalama günlük enerjinin %50'sini sağlamaktadır ve bu nedenle en sık zenginleştirilen ürünlerdir (Çakmak ve ark., 2010).

2.4. İnsan Beslenmesinde Tahılların Önemi

Dünya Sağlık Örgütüne göre, tahıl kökenli gıdalar özellikle gelişmekte olan ülkelerin en önemli besin ve kalori kaynağıdır. Dünyada günlük enerjini ihtiyacının %55-65'i tahıl ürünlerinden sağlanmaktadır. Kalori sağlama bakımından, bitkisel gıdalar insanların günlük diyetinin %90'ını kapsamakta, bunun ise yaklaşık %44'ü yalnız başına ekmek tarafından karşılanmaktadır. Protein ihtiyacını karşılama yönünden ise bitkisel gıdaların payı %77 olup, bunun ise %50'sini ekmek karşılamaktadır (Şanlıer, 2012). Türkiye'de ise günlük kalori gereksinmesinin yaklaşık %42'si tamamen buğday tarafından karşılanmaktadır, bu değerin, kırsal kesimlerde %70'e ulaştığı tahmin edilmektedir (Çakmak ve ark., 2004). Beslendiğimiz tahıl tanelerinin mikro element içeriğinin düşük olmasının çevresel olarak önemli gerekçeleri vardır. Topraklarımızın pH değerinin yüksekliği, organik madde ve nem değerinin düşüklüğü, kil ve kireç içeriğinin fazlalığı gibi nedenler toprakta mikro elementlerin bitkilere yarıyışlılığını azaltmaktadır. Türkiye'nin değişik bölgelerinden toplanan 1511 toprak örneğinde yapılan analizlere göre çinko (Zn) eksikliği, %49 oranla en yaygın olan mikro element eksikliği olarak saptanmış ve bunu %27'lik oranla Fe eksikliği izlemiştir (Eyupoglu ve ark., 1994). Topraklarımızda tespit edilen mikro element yetersizliğine bağlı olarak, o topraklar

üzerinde yetiştirilen bitkilerde ve dolayısıyla bitkisel kökenli gıdalarda da mikro element eksikliğinin görülmesi kaçınılmazdır.

Besin zincirinin en önemli halkasından birini oluşturan buğdayın ihtiva ettiği besin elementleri özellikle de Fe gibi ülkesel noksanlık gösteren mikro elementlerin oranı yeterli düzeye ulaşırsa, sadece besin kalitesi arttırılmamış aynı zamanda beslenme kaynaklı birçok hastalık da önlenmiş olacaktır. Günümüzde tüketilen bitkilerin mineral miktarlarını arttırmaya yönelik araştırmalar demir içeriğine odaklanmış durumdadır (Uncu ve ark., 2013). Kültür buğdaylarının mineral konsantrasyonu çok düşük düzeydedir. Modern buğdayların Fe düzeyini arttırmak için kabul gören iki temel yaklaşım gübreleme gibi agronomik düzenlemeler ve/veya genotiplerin genetik olarak mikro ve makro elementler bakımından iyileştirilmesidir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Denemede kullanılan bitki materyali

Sera denemesinde Pamukova 97 (ekmeklik buğday-Triticum Aestivum L.) ile Sarıçanak (makarnalık buğday-Triticum durum) buğday çeşitleri kullanılmıştır. Pamukova 97 ekmeklik buğday çeşidi yazlık gelişme tabiatlı olup, erkencidir. Bitki boyu 95-105 cm olup, yatmaya karşı dayanıklıdır. Kılçıklı, beyaz başaklı, tane rengi kırmızı, bin tane ağırlığı 40-44 gr arasındadır (Şimşek, 2010). Sarıçanak makarnalık buğday çeşidi yazlık gelişme tabiatlı olup, orta erkencidir. Bitki boyu orta olup, mumsu ve sağlam saplıdır. Eğik ve geniş yaprak yapısına sahip, bin tane ağırlığı 35-40 gr arasında, protein düzeyi %12-16 arasındadır (Anonim, 2020b).

3.1.2. Denemede kullanılan toprak materyali

Sera denemesinde kil tekstüre sahip, organik madde düzeyi çok düşük, alkali karakterde, tuzsuz, DTPA’da ekstrakte edilebilir Fe ve Zn konsantrasyonları yetersiz bir toprak kullanılmıştır. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Sera denemesinde kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak özelliği	Değeri	Toprak özelliği	Değeri
Kil (%)	63.5	Organik Madde (%)	0.12
Silt (%)	19.6	P ₂ O ₅ (kg da ⁻¹)	0.15
Kum (%)	16.9	K ₂ O (kg da ⁻¹)	46.2
pH	7.83	Fe (mg kg ⁻¹)	2.84
Tuz (mS cm ⁻¹)	0.24	Zn (mg kg ⁻¹)	0.11
Kireç (%)	17.8		

3.2. Metot

3.2.1. Denemenin kurulması

Sera denemesi tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Plastik saksıların kullanıldığı denemede her saksıya 4 mm elekten geçirilmiş hava kuru 2250 g toprak koyulmuştur. Temel gübreleme olarak tüm saksılara 250 mg kg^{-1} N, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 100 mg kg^{-1} P ve 125 mg kg^{-1} K KH_2PO_4 formunda ve 2.5 mg kg^{-1} Zn, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$ formunda uygulanmış ve homojen olarak toprağa yapılmıştır. Denemede üç farklı Fe formu; $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$ (%20.1 Fe), Fe-EDTA (%13 Fe) ve Fe-EDDHA (%6 Fe) kullanılmıştır. Toprakta Fe uygulamaları 0 ve 5 mg kg^{-1} Fe dozlarında olacak şekilde temel gübreler ile birlikte denemenin başlangıcında toprağa uygulanmıştır. Saksı başına 10 tohum ekilmiş ve çimlenmeden sonra bu sayı 4'e seyreltilmiştir. Bitkiler günlük olarak su ihtiyaçlarına göre saf su ile sulanmıştır.

Yapraktan Fe uygulamaları farklı Fe formlarının ($\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$, Fe-EDTA, Fe-EDDHA) ayrı ayrı %0.2 Fe dozunda yapraktan 1 defa uygulama yapılmıştır. Yaprak uygulamaları bitkiler sapa kalkma döneminde (Zadoks growth scale 41) iken yapılmıştır.

3.2.2. Bitki gözlem ve analizleri

Bitkiler başak olgunlaşma sonunda (bitkiler 99 günlük iken) ayrı ayrı hasat edilmiş, hasat işleminden sonra her bir uygulamaya ait bitkilerin verimi (toplam biyomas), tane verimi ile 1000 tane ağırlığı belirlenmiştir. Verim parametreleri belirlenen tane örnekleri mikrodalga cihazında yaş yakma metoduna göre (Kacar ve İnal, 2008) yakılmış ve ICP-OES cihazında Fe, Zn, P ve K elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Tane örneklerinde N analizi ise Kjeldahl destilasyon yöntemine göre yapılmıştır (Bremner, 1965).

3.2.3. Toprak analizleri

Sera denemesinde kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri aşağıdaki yöntemler kullanılarak belirlenmiştir.

- Toprakta bitkiye yarıyışlı Fe ve Zn konsantrasyonları (Lindsay ve Norvell, 1978) göre DTPA yöntemine göre belirlenmiştir.

- Topraklarda bitkiye yarayışlı P miktarı (Olsen, 1954) tarafından geliştirilen yöntemle yapılmıştır.
- Toprakta K analizi amonyum asetat yöntemine göre AAS'de belirlenmiştir (Carson, 1975).
- Toprakta pH ve Tuz Jackson'a göre (1959), saturasyon çamuru oluşturulduktan sonra, dijital pH metreyle belirlenmiştir.
- Toprak organik madde içeriği Walkey-Black yaş yakma metoduyla belirlenmiştir (Walkley ve Black, 1934).
- Kum, silt ve kil fraksiyonlarının belirlenmesi Bouyoucos (1962)'e göre, hidrometre yöntemiyle yapılmıştır.
- Toprak kireç içeriği Caglar (1949)'a göre, Scheibler kalsimetresi ile ölçülerek hesaplanmıştır.

3.2.4. İstatistiksel analizler

Farklı Fe formu ve uygulama şekillerinin ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin tane Fe konsantrasyonlarına, tüm bitki verimi, tane verimi, 1000 tane ağırlığı ile tane Zn, P, K ve N konsantrasyonlarına etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testi uygulanarak belirlenmiş, dozların etkilerinin homojen gruplara ayrılması işleminde ise DUNCAN testi yapılmıştır. İstatistiksel analizlerde SPSS 21.0 paket programı kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA ve BULGULAR

4.1. Farklı Fe Formu ve Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğday Çeşitlerinin Kuru Madde, Tane Verimi ile 1000 Tane Ağırlığına Etkisi

Topraktan, yapraktan, toprak ve yapraktan farklı Fe formu uygulamalarının ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin kuru madde ve tane verimi ile 1000 tane verimlerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde artışlara neden olduğu ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.1 ve 4.2). Ekmeklik buğday çeşidinin tüm bitki verimi kontrol uygulamasında $10.7 \text{ g bitki}^{-1}$ iken topraktan 5 mg kg^{-1} Fe uygulaması ile tüm bitki kuru madde veriminde ortaya çıkan artış en fazla FeSO_4 ve FeEDTA ($12.7 \text{ g bitki}^{-1}$) formu uygulamasında olduğu görülmüş, yaprak uygulamasında ise en fazla verim artışı FeSO_4 ve FeEDTA ($12.6 \text{ g bitki}^{-1}$) uygulamalarında, toprak+yaprak uygulamalarında ise en fazla verim artışının FeEDTA ($13.6 \text{ g bitki}^{-1}$) uygulamasında olduğu görülmüştür. Makarnalık buğday çeşidinin kontrol uygulamasının $9.87 \text{ g bitki}^{-1}$ olan tüm bitki verimi, topraktan Fe formu uygulamaları arasında en fazla verim artışına FeEDDHA ($12.5 \text{ g bitki}^{-1}$), yapraktan Fe formu uygulamalarında FeEDTA ($11.8 \text{ g bitki}^{-1}$), toprak+ yaprak uygulamalarında ise tüm bitki veriminde en fazla artışın FeEDTA ($13.5 \text{ g bitki}^{-1}$) uygulamasında olduğu görülmüştür (Çizelge 4.2). Farklı Fe formu ve uygulamaları ile ekmeklik buğdayın tane verimi ile 1000 tane veriminde ortaya çıkan verim artışına en fazla FeEDTA formu uygulamasının neden olduğu görülmüştür (Çizelge 4.1). 1000 dane ağırlığı bakımından sonuçlar değerlendirildiğinde Fe formu uygulamaları arasında en fazla verim artışının FeEDTA uygulamalarında olduğu görülmüştür. Ekmeklik buğdayın kontrol uygulamasının 1000 dane ağırlığı 28.3 gr iken bu durum toprak uygulamalarının FeSO_4 formunda 25.8, FeEDTA formunda 28.2 ve FeEDDHA formunda ise 27.1 grama çıktığı görülmüştür. Uygulama şekilleri bakımından ise toprak+yaprak uygulamaları ile 1000 tane ağırlığında ortaya çıkan verim artışı diğer uygulamalardan daha fazla olmuştur (Çizelge 4.19).

Tablo 4.1. Farklı Fe form ve uygulamaları altındaki ekmeklik buğday çeşidinin tüm bitki, tane verimleri ve 1000 tane ağırlığı

Fe Formu	Tüm Bitki Verimi (g bitki ⁻¹)	Tane Verimi (g bitki ⁻¹)	1000 Tane Ağırlığı (g)
	<i>Topraktan 5 mg kg⁻¹ Fe uygulaması</i>		
KONTROL	10.7 ^b	2.24 ^b	23.8 ^c
FeSO ₄	12.7 ^a	3.22 ^a	25.8 ^a
Fe-EDTA	12.7 ^a	3.49 ^a	28.2 ^{bc}
Fe-EDDHA	12.2 ^a	3.40 ^a	27.1 ^{ab}
Ortalama	12.0	3,08	26,3
	<i>Yapraktan %0.2 Fe uygulaması</i>		
KONTROL	10.7 ^b	2.24 ^c	23.8 ^b
FeSO ₄	12.6 ^a	3.35 ^a	26.3 ^a
Fe-EDTA	12.6 ^a	3.76 ^a	27.3 ^a
Fe-EDDHA	12.2 ^a	2.55 ^b	26.7 ^a
Ortalama	12.0	2.97	26.0
	<i>Topraktan 5 mg kg⁻¹ Fe + Yapraktan %0.2 Fe Uygul.</i>		
KONTROL	10.7 ^b	2.24 ^b	23.8 ^b
FeSO ₄	13.3 ^a	3.55 ^a	27.2 ^a
Fe-EDTA	13.6 ^a	3.67 ^a	28.6 ^a
Fe-EDDHA	13.2 ^a	3.65 ^a	28.5 ^a
Ortalama	12.7	3.27	27.0
Uygulama Şekli	ns	ns	ns

Makarnalık buğdayın kontrol uygulamasının tane verimi 2.29 g bitki⁻¹ iken, topraktan (2.90 g bitki⁻¹), yapraktan (2.62 g bitki⁻¹), toprak+yaprak (3.40 g bitki⁻¹) farklı Fe formu uygulamaları arasında en fazla verim artışına FeEDTA'nın neden olduğu ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.2). Benzer durum makarnalık buğdayın 1000 tane ağırlığında da görülmüş olup, kontrol uygulamasının 29.2 g olan 1000 tane ağırlığı, FeEDTA'nın toprak (33.3 g), yaprak (31.8 g) ve toprak+yaprak (34.2 g) uygulamalarında en fazla

verim artışına neden olduğu görülmüştür (Çizelge 4.2). Sonuçlardan da görüleceği üzere, çalışmada kullanılan üç farklı Fe formu arasında hem ekmeklik hem de makarnalık buğday çeşitlerinin verim (tüm bitki verimi, tane verimi, 1000 tane ağırlığı) artışı üzerine FeEDTA'nın daha etkili ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.1 ve 4.2).

Tablo 4.2. Farklı Fe form ve uygulamaları altındaki makarnalık buğday çeşidinin tüm bitki, tane verimleri ve 1000 tane ağırlığı

Fe Formu	Tüm Bitki Verimi (g bitki ⁻¹)	Tane Verimi (g bitki ⁻¹)	1000 Tane Ağırlığı (g)
	Topraktan 5 mg kg⁻¹ Fe uygulaması		
KONTROL	9.87 ^b	2.29	29.2 ^c
FeSO ₄	11.2 ^{ab}	2.47	30.8 ^{bc}
Fe-EDTA	12.1 ^a	2.90	33.3 ^a
Fe-EDDHA	12.5 ^a	2.47	32.2 ^{ab}
Ortalama	11.4^{AB}	2.53^{AB}	31.4
Yapraktan %0.2 Fe uygulaması			
KONTROL	9.87 ^b	2.29	29.2
FeSO ₄	11.5 ^a	2.60	31.5
Fe-EDTA	11.8 ^a	2.62	31.8
Fe-EDDHA	11.4 ^a	2.23	28.1
Ortalama	11.1^B	2.43^B	30.1
Topraktan 5 mg kg⁻¹ Fe + Yapraktan %0.2 Fe Uygul.			
KONTROL	9.87 ^b	2.29 ^b	29.2 ^b
FeSO ₄	12.2 ^a	2.81 ^{ab}	32.5 ^a
Fe-EDTA	13.5 ^a	3.40 ^a	34.2 ^a
Fe-EDDHA	13.2 ^a	2.77 ^{ab}	33.1 ^a
Ortalama	12.2^A	2.81^A	32.2
Uygulama Şekli	*	*	ns

Demir uygulama şekilleri bakımından değerlendirildiğinde toprak+yaprak uygulamalarının diğer uygulamalardan (toprak, yaprak) daha fazla verim artışına neden olduğu görülmüştür. Örneğin ekmeklik buğdayın tane verimi toprak uygulamasında

ortalama 3.08 g bitki iken, bu durum yaprak uygulamasında ortalama 2.97 g bitki⁻¹, toprak+yaprak uygulamasında ise 3.27 g bitki⁻¹ olduğu görülmüştür (Çizelge 4.1). Benzer durum makarnalık buğday çeşidinin tüm bitki, tane verimi ile 1000 tane ağırlığında da görülmüştür (Çizelge 4.2). Sera koşullarında artan dozlarda Fe uygulamalarının makarnalık buğdayın kuru madde miktarı, demir konsantrasyonu ve içeriği, Zn, Cu, Mn konsantrasyonları üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, uygulanan demir dozunun artışına paralel olarak makarnalık buğdayın kuru madde miktarında istatistiksel olarak önemli artışa neden olduğu bildirilmiştir (Hamurcu ve ark., 2006a). Karaman ve ark. (1999), sera koşullarında fasulye bitkisine topraktan 0, 10, 20 mg kg⁻¹ dozlarında Zn ile birlikte farklı Fe formlarının (FeEDDHA, FeSO₄.7H₂O ve Fe-EDDHA + FeSO₄.7H₂O) 0, 10, 20 mg kg⁻¹ dozlarında Fe uygulaması yapmışlardır. Araştırmacılar, kontrole göre artan dozlarda demir ve çinko uygulamasının tüm dozlarda bitkinin kuru madde miktarının arttığını, en yüksek kuru madde veriminin ise Fe-EDDHA'nın 20 mg kg⁻¹ Fe ve 20 mg kg⁻¹ Zn'nun birlikte uygulanması durumunda elde edildiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca Fe-EDDHA + FeSO₄.7H₂O uygulamasının birlikte uygulandığı durumda da fasulye bitkisinin kuru madde verimini önemli düzeyde artırdığını bildirmişlerdir. Abdel Gawad ve ark. (1988) demir uygulamasının tane verimini kontrole göre artırdığını, yağ oranını ise önemli düzeyde etkilemediğini saptamıştır. Kriem ve ark. (1991) tarafından yapılan bir çalışmada da kleyt formunda uygulanan demirin soyada daha yüksek verim artışı sağladığı belirlenmiştir. Farklı bezelye hatlarına sera koşullarında artan dozlarda uygulanan Fe dozlarının bezelye hatlarında kuru madde miktarı, bitki boyu, Fe konsantrasyonu üzerine etkisinin istatistiki olarak önemli (p<0.01) olduğu bildirilmiştir (Hamurcu ve ark., 2006b).

4.2. Farklı Fe Formu ve Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğday Çeşitlerinin Tane Fe ve Zn Konsantrasyonlarına Etkisi

Yerkabuğunda en fazla bulunan elementlerden biri olan demirin bitkilere olan yayılgınlığı sınırlı olduğu gibi bitkiler tarafından alınan demirin mobilitesi de oldukça düşüktür. Bitkiler topraktan almış oldukları demirin çok azını taneye taşımaktadırlar. Buğday bitkisinde yapraklardan taneye taşınan demirin sadece % 5 düzeyinde olduğuna dair çalışmalar bulunmaktadır. Bu değer diğer mikro elementler ile karşılaştırıldığında

oldukça düşüktür (Garnett ve Graham, 2005). Bir strateji II bitkisi olarak, buğday bitkisi Fe noksanlığı koşullarında köklerinden fitosiderofor salgılayarak topraktaki demirden yararlanabilmektedir. Tahıllara özgü bu mekanizma nedeni ile pratik koşullarda buğday bitkisinde demirli gübrelerin uygulanmaması insan ve hayvan beslenmesinde son derece önemli olan tane Fe düzeylerinin düşük olmasına sebep olmaktadır. Tahılların Fe içeriği 40 mg kg⁻¹'dan daha düşüktür. Islah yoluyla geliştirilen yüksek verimli çeşitlerin yanı sıra, modern tarım tekniklerinin de kullanılmasıyla buğdayda verim artmış ancak süreç içerisinde buğday tanesinde Fe miktarı giderek azalmıştır. Yapılan araştırmalara göre son 50 yılda buğday tanelerinin Fe içeriklerinin 40 mg kg⁻¹ dan 20 mg kg⁻¹ a kadar düştüğü (Garvin ve ark., 2006) ve dünya nüfusunun neredeyse % 30'unun Fe eksikliği yaşadığı bildirilmektedir (McLean ve ark., 2009). Bu nedenle buğday tanesinin Fe içeriğini artırmak insan ve hayvanların sağlıklı beslenmesi için önemlidir.

Topraktan, yapraktan, toprak+yapraktan farklı Fe formu uygulamaları ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin tane Fe konsantrasyonlarında istatistiksel olarak önemli (p<0.05) düzeyde artışa neden olmuştur (Çizelge 4.3). Ekmeklik buğday çeşidinin kontrol uygulamasında tane Fe konsantrasyonu 29.2 mg kg⁻¹ iken topraktan FeSO₄ formu uygulamasında 36.0 mg kg⁻¹'a, FeEDTA formunda 36.5 mg kg⁻¹'a, FeEDDHA formunda ise 35.6 mg kg⁻¹'a çıkmış, yapraktan FeSO₄ formu uygulamasında 40.2 mg kg⁻¹, FeEDTA uygulamasında 39.3 mg kg⁻¹, FeEDDHA uygulamasında ise 38.3 mg kg⁻¹'a çıkmıştır. Toprak+yaprak uygulamasında ise sıra ile FeSO₄ formunda 43,7 mg kg⁻¹, Fe-EDTA formunda 44,8 mg kg⁻¹, Fe-EDDHA formunda ise 44.8 mg kg⁻¹'a çıkmıştır (Çizelge 4.3).

Tablo 4.3. Farklı Fe form ve uygulamaları altındaki ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin tane Fe ve Zn konsantrasyonları

Fe Formu	Fe (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)
	Ekmeklik B.		Makarnalık B.	
	Topraktan 5 mg kg ⁻¹ Fe uygulaması			
KONTROL	29.2 ^b	24.7 ^b	33.6 ^b	22.6 ^c
FeSO ₄	36.0 ^a	34.0 ^{ab}	44.2 ^{ab}	28.5 ^b
Fe-EDTA	36.5 ^a	37.0 ^a	54.4a	38.0 ^a
Fe-EDDHA	35.6 ^a	30.4 ^{ab}	35.8 ^b	37.1 ^a
Ortalama	34.4 ^B	31.5	42.0 ^B	31.5
Yapraktan %0.2 Fe uygulaması				
KONTROL	29.2 ^b	24.7 ^b	33.6 ^c	22.6 ^b
FeSO ₄	40.2 ^a	28.3 ^{ab}	46.3 ^a	30.6 ^{ab}
Fe-EDTA	39.3 ^a	34.5 ^a	40.5 ^b	38.8 ^a
Fe-EDDHA	38.3 ^a	28.1 ^{ab}	40.4 ^b	37.9 ^a
Ortalama	36.8 ^{AB}	28.9	40.2 ^C	32.5
Topraktan 5 mg kg ⁻¹ Fe + Yapraktan %0.2 Fe Uygul.				
KONTROL	29.2 ^b	24.7 ^b	33.6 ^c	22.6 ^b
FeSO ₄	44.3 ^a	34.2 ^{ab}	47.2 ^{ab}	33.4 ^{ab}
Fe-EDTA	44.8 ^a	42.8 ^a	51.8 ^a	40.2 ^a
Fe-EDDHA	43.7 ^a	30.6 ^b	44.0 ^b	35.2 ^a
Ortalama	40.5 ^A	33.1	44.2 ^A	32.8
Uygulama Şekli	*	ns	*	Ns

Ekmeklik buğdayda olduğu gibi, farklı Fe form ve uygulamaları ile makarnalık buğday çeşidinin tane Fe konsantrasyonlarının da arttığı görülmüştür. Kontrol uygulamasının tane Fe konsantrasyonu 33.6 mg kg⁻¹ iken topraktan FeSO₄ formu uygulaması ile bu değer 44.2 mg kg⁻¹a, FeEDTA formunda 54.4 mg kg⁻¹ ve FeEDDHA formunda ise 35.8 mg kg⁻¹'a çıkmıştır. Benzer artışlar yaprak ve toprak+yaprak uygulamalarının farklı Fe formlarında da görülmüştür (Çizelge 4.3).

Topraktan demirli gübrelemenin etkisinin sınırlı olduğundan yapraktan uygulanan demirin etkinliğinin yüksek olabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte, yapraktan uygulamada kullanılan demirli gübrelerin bileşimi, çözünürlüğü, demirle beraber bulunan anyonun çeşidi gibi özellikler uygulamanın etkinliğini belirlemektedir. Literatürlerde FeSO_4 uygulaması ve demir kleyt uygulamalarının pek çok bitkide Fe noksanlığının giderilebildiğine dair bulgular mevcuttur (Cakmak ve ark., 2010b; Ebrahimian ve Bybordi, 2011).

Türkiye’de temel besin kaynağı olarak hemen hemen her insan buğday kaynaklı beslenmekte, un ve un mamulleriyle üretilmiş gıdalar fazlaca tüketilmektedir. Ülkemizde günlük enerji gereksiniminin yaklaşık %40’dan fazlası sadece buğday tarafından karşılanmaktadır. Bu oran kırsal kesimlerde olasılıkla %75’in üzerine çıkmaktadır. Diyetteki en önemli kalori ve insanların en önemli besin kaynağı olması nedeniyle Türkiye’de buğdayın statüsünün bilinmesi ve iyileştirilmesi hem bir bilgi eksikliğinin kapatılması açısından hem de toplumsal sağlık açısından öncelikli öneme sahip bir konu durumundadır (Çakmak ve ark., 2004). Besin zincirinin en önemli halkasından birini oluşturan buğdayın ihtiva ettiği besin elementleri özellikle de Fe gibi ülkesel noksanlık gösteren mikro elementlerin oranı yeterli düzeye ulaşırsa, sadece besin kalitesi arttırılmamış aynı zamanda beslenme kaynaklı birçok hastalık da önlenmiş olacaktır. Günümüzde tüketilen bitkilerin mineral miktarlarını arttırmaya yönelik araştırmalar demir içeriğine odaklanmış durumdadır. Sonuçlardan da görüleceği üzere FeEDDHA formuna göre FeSO_4 ve FeEDTA formu uygulamaları ile hem ekmeklik hemde makarnalık buğdayların tane Fe konsantrasyonlarında daha fazla artış sağladığı ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.3). Örneğin toprak+yaprak uygulamaları ile ekmeklik buğdayın kontrol dozunun 29.2 mg kg^{-1} olan tane Fe konsantrasyonu FeSO_4 formu uygulamasında %51.7 artışla 44.3 mg kg^{-1} ’a, FeEDTA formu uygulamasında ise %53.4 artışla 44.8 mg kg^{-1} ’a çıkmıştır (Çizelge 4.3). Yapılan çalışmalarda bitkilerde ortaya çıkan Fe noksanlığının giderilmesinde yapraktan uygulanan FeSO_4 ’ın Fe-şelatlı gübrelere göre daha etkili olduğu bildirilmiştir (Basar, 2001; Roosta ve Mohsenian, 2012). Bu durumun nedeni olarak, şelatlı Fe bileşiklerin molekül yapılarının büyük olmasından dolayı yaprağın kutikulasından absorpsiyonunun zor olması gösterilmiştir (Borowski ve Michalek, 2011).

Bununla beraber FeSO_4 'ın şelatlı Fe bileşiklerine göre oldukça ucuz olması nedeniyle bitkisel üretimde rahatlıkla kullanılabileceği çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Erdal ve ark., 2004; Wei ve ark., 2013).

Uygulama şekilleri bakımından tane Fe konsantrasyonları değerlendirildiğinde, toprak+yaprak uygulamasının diğer uygulamalara (toprak, yaprak) göre ekmeçlik ve makarnalık buğday çeşitlerinin tane Fe konsantrasyonlarında daha fazla artışa neden olmuştur. Ekmeçlik buğday çeşidinin topraktan Fe uygulamalarının ortalama Fe konsantrasyonu 34.4 mg kg^{-1} , yapraktan Fe uygulamalarının ortalama Fe konsantrasyonu 36.8 mg kg^{-1} iken, toprak+yaprak uygulamalarının ortalama Fe konsantrasyonunun ise 40.5 mg kg^{-1} olduğu görülmüş, makarnalık buğday çeşidinde ise toprak+yaprak uygulamasının öne çıktığı görülmüştür (Çizelge 4.3). Sera koşullarında farklı demir formları ve uygulama yöntemlerinin soya fasulyesinin toplam ve aktif demir konsantrasyonu ile bazı verimlilik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; soya fasulyesinin Fe konsantrasyonunu en fazla yapraktan FeSO_4 uygulamasının arttırdığı, FeEDDHA uygulamasının da yaprakların Fe konsantrasyonunu belirgin şekilde arttırdığı, incelenen bütün özellikler üzerine en etkili Fe formunun FeEDDHA olduğu ortaya çıkmıştır (Basar, 2001). Topraktan ve yapraktan farklı demirli gübre uygulamalarının elmada beslenme ve kalite parametrelerine etkileri incelenmiştir. Araştırmacılar yaprak besin elementi konsantrasyonları üzerine yapraktan gübrelemenin etkisinin topraktan gübrelemeden daha yüksek olduğunu, yaprağın toplam Fe konsantrasyonu üzerine yapraktan uygulanan demir sülfatın daha etkili olduğunu, , yaprakta en yüksek klorofil a ve klorofil b kapsamalarının toprağa uygulanan FeEDDHA ile elde edildiğini bildirmişlerdir (Zengin ve ark., 2008).Demir elementi gibi çinko (Zn) eksikliğinin de insan sağlığında ve ölümünde temel bir risk faktörü olduğu kabul edilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü'nün bir raporuna göre, insan sağlığının bozulmasında dünyadaki en önemli 20 faktör içerisinde Zn noksanlığının 11. sırada, gelişmekte olan ülkelerde ise en önemli 10 sorundan 5. sırada olduğu gösterilmiştir (Hotz ve Brown, 2004; WHO, 2002) ve dünya nüfusunun 1/3'ünün Zn noksanlığından etkilendiğini saptamışlardır. Tanedeki Zn konsantrasyonunun düşük olması insan sağlığı ve bitki büyümesinde, veriminde ve kalitesinde önemli sorunlara yol açtığı bildirilmiştir. Bu sorunların önüne geçmede, tanenin Zn'ca zenginleştirilmesinin neredeyse bir zorunluluk olduğu vurgulanmıştır.

Son yıllarda insanlarda mikro besin elementi özellikle de Zn ve Fe eksikliğini gidermede bitkisel ürünlerin bu elementlerce zenginleştirilmesi gerekliliğinden ve böyle bir çabanın yalnızca insan sağlığı açısından değil bitki sağlığı açısından da önemli kazançlar sağlayacağından söz edilmiştir (Hotz ve Brown, 2004; Welch ve Graham, 2004).

Topraktan, yaprakтан, toprak+yapraktan farklı Fe formu uygulamaları ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin tane Zn konsantrasyonlarında istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) düzeyde artışa neden olmuştur (Çizelge 4.3). Ekmeklik buğday çeşidinin kontrol uygulamasının tane Zn konsantrasyonu 24.7 mg kg^{-1} iken topraktan FeSO_4 formu uygulaması ile bu değer 34.0 mg kg^{-1} 'a, FeEDTA formunda 37.0 mg kg^{-1} ve FeEDDHA formunda ise 30.4 mg kg^{-1} 'a çıkmıştır. Farklı Fe form ve uygulamalar ile tane Zn konsantrasyonlarında ortaya çıkan artışlar yaprak ve toprak+yaprak uygulamalarında da görülmüştür (Çizelge 4.3). Makarnalık buğday çeşidinde de benzer artışlar meydana gelmiş olup, kontrol uygulamasının tane Zn konsantrasyonu 22.6 mg kg^{-1} iken topraktan FeSO_4 formu uygulaması ile bu değer 28.5 mg kg^{-1} 'a, FeEDTA formunda 38.0 mg kg^{-1} ve FeEDDHA formunda ise 37.1 mg kg^{-1} 'a çıkmış, yaprak ve toprak+yaprak uygulamalarında da benzer artışlar meydana gelmiştir (Çizelge 4.3).

Farklı Fe formu bakımından tane Zn konsantrasyonları değerlendirildiğinde, FeEDTA uygulamalarının hem ekmeklik hem de makarnalık buğdayların tane Zn konsantrasyonlarında diğer Fe formu uygulamalarına göre daha fazla artışa neden olduğu ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.3). Uygulama şekilleri bakımından tane Zn konsantrasyonları değerlendirildiğinde, tane Fe konsantrasyonlarında olduğu gibi yine toprak+yaprak uygulamasının diğer uygulamalara (toprak, yaprak) göre ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin tane Zn konsantrasyonlarında daha fazla artışa neden olmuştur. Ekmeklik buğday çeşidinin topraktan Fe uygulamalarının ortalama Zn konsantrasyonu 31.5 mg kg^{-1} , yaprakтан Fe uygulamalarının ortalama tane Zn konsantrasyonu 28.9 mg kg^{-1} iken, toprak+yaprak uygulamalarının ortalama Zn konsantrasyonunun ise 33.1 mg kg^{-1} olduğu görülmüş, benzer durum makarnalık buğday çeşidinde de görülmüştür (Çizelge 4.3).

Yapılan birçok çalışmada tanedeki Fe ve Zn konsantrasyonları arasında pozitif korelasyonların olduğu bildirilmiştir (Graham ve ark., 1999; Rengel ve ark., 1999). Tane Fe konsantrasyonu arttırıcı çalışmalarda aynı zamanda tane Zn konsantrasyonunu da arttırılabileceği görülmektedir. Buğday dışında mısır genotipleriyle yapılan bir çalışmada da tanedeki Zn ve Fe konsantrasyonları arasında pozitif bir ilişkinin olduğu bildirilmiştir. Tanedeki Zn ve Fe konsantrasyonları arasında pozitif bir ilişkinin bulunması tohumdaki Zn ve Fe konsantrasyonları etkilemede genetik faktörlerin önemli olduğunu ortaya koymaktadır (Menkir, 2008). Peleg ve ark. (2008) tarafından gerçekleştirilen denemede de tane Zn ve Fe konsantrasyonlarının birbirleriyle önemli pozitif bir ilişkide oldukları belirlenmiştir. Bunun nedeni tam olarak açıklanamamaktadır. Yetiştirme ortamlarından kaynaklanabileceği gibi yabani buğdayların yüksek protein konsantrasyonuna sahip olmasından da kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

4.3. Farklı Fe Formu ve Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğday Çeşitlerinin Tane N, P ve K Konsantrasyonlarına Etkisi

Topraktan, yapraktan, toprak+yapraktan farklı Fe formu uygulamaları ekmeklik buğdayın tane N konsantrasyonlarında istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) düzeyde artışa neden olurken, makarnalık buğdayda ise istatistiksel olarak önemsiz artış ve azalışlara neden olmuştur (Çizelge 4.4). Ekmeklik buğday çeşidinin topraktan Fe uygulaması koşullarının kontrol uygulamasının tane N konsantrasyonu %2.98 iken, FeSO_4 uygulamasında %3.09'a, FeEDTA uygulamasında %3.30, FeEDDHA uygulamasında ise %3.45'e çıkmıştır (Çizelge 4.4). Demir uygulama şekilleri bakımından değerlendirildiğinde Fe ve Zn konsantrasyonlarında olduğu gibi en yüksek tane N konsantrasyonu toprak+yaprak uygulamasında olduğu görülmüştür. Ekmeklik buğdayın topraktan Fe uygulamasının ortalama tane N konsantrasyonu %3.20, yaprak uygulamasının tane N konsantrasyonu %3.28 iken, toprak+yaprak uygulamasının tane N konsantrasyonunun ise %3.38 olduğu görülmüştür (Çizelge 4.4). Bitkilerin azot ile beslenme durumunun iyileşmesi ile bitkilerin topraktan Zn ve Fe alımlarının da pozitif yönde etkilendiği bildirilmiştir (Cakmak ve ark., 2010a). Zhao ve ark. (2009) tarafından

150 ekmeklik buğday hattı ile yürütülen denemede hem Fe hem de Zn konsantrasyonu tanedeki protein konsantrasyonu ile pozitif bir ilişki vermiştir.

Bu bulgu diğer çalışma sonuçlarıyla tutarlılık göstermiş (Morgounov ve ark., 2007; Peterson ve ark., 1986) ve bunun olasılıkla tanedeki proteinle her iki elementin arasında bir bağlantıdan kaynaklandığı düşünülmüştür.

Tablo 4.4. Farklı Fe form ve uygulamaları altındaki ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin tane N, P ve K konsantrasyonları

Fe Formu	N (%)	P (%)	K (%)	N (%)	P (%)	K (%)
	Ekmeklik B.			Makarnalık B.		
	Topraktan 5 mg kg ⁻¹ Fe uygulaması					
KONTROL	2.98 ^c	0.19	0.34	3.16	0.21	0.34
FeSO ₄	3.09 ^{bc}	0.23	0.40	3.24	0.22	0.39
Fe-EDTA	3.30 ^{ab}	0.21	0.41	3.08	0.22	0.36
Fe-EDDHA	3.45 ^a	0.24	0.35	3.28	0.20	0.42
Ortalama	3.20	0.22	0.37	3.19	0.21	0.38
Yapraktan %0.2 Fe uygulaması						
KONTROL	2.98 ^b	0.19	0.34	3.16	0.21	0.34
FeSO ₄	3.31 ^a	0.22	0.33	3.40	0.21	0.39
Fe-EDTA	3.41 ^a	0.21	0.37	3.15	0.20	0.40
Fe-EDDHA	3.43 ^a	0.23	0.33	3.29	0.22	0.40
Ortalama	3.28	0.21	0.34	3.24	0.21	0.38
Topraktan 5 mg kg ⁻¹ Fe + Yapraktan %0.2 Fe Uygulaması						
KONTROL	2.98 ^d	0.19	0.34	3.16	0.21	0.34
FeSO ₄	3.78 ^a	0.21	0.37	3.56	0.21	0.39
Fe-EDTA	3.27 ^c	0.21	0.40	3.10	0.20	0.39
Fe-EDDHA	3.52 ^b	0.22	0.33	3.23	0.23	0.43
Ortalama	3.38	0.21	0.36	3.26	0.21	0.39
Uygulama Şekli	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Topraktan, yapraktan, toprak+yapraktan farklı Fe formu uygulamaları ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin tane P ve K konsantrasyonlarında artış ve azalışlara neden olmuş, bu artış ve azalışlar istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır (Çizelge 4.4).

Örneğin ekmeklik buğday çeşidinin toprak+yapraktan Fe uygulaması koşullarının kontrol uygulamasının tane K konsantrasyonu %0.34 iken, FeSO_4 uygulamasında %0.37'ye ve FeEDTA uygulamasında %0.40'a çıkmış, FeEDDHA uygulamasında ise %0.33'e düşmüştür (Çizelge 4.4).

Uygulama şekilleri bakımından değerlendirildiğinde toprak, yaprak ve toprak+yaprak uygulamaları arasında hem ekmeklik hem de makarnalık buğday çeşitlerinin tane P ve K konsantrasyonları arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır (Çizelge 4.4).

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Ülkemiz topraklarının pH'sı, kil ve kireç içeriği yüksek, nem miktarı ile organik madde düzeyi düşük olduğu için tarım alanlarımızda mikro element eksikleri ortaya çıkmaktadır. Yapılan çeşitli çalışmalar sonucunda ülkemizde Zn noksanlığı görülen alanlar tüm tarım arazilerimizin % 50'sini kaplarken, Fe için bu oran % 27 gibi ciddi değerlerdedir. Mikro element eksikliği yaşanan bölgelerde yetiştirilen ürünlerin verim ve kalitesi de düşük olmaktadır. İnsanlar tarafından tüketilen besinlerdeki mikro element eksikliğini gidermeyi amaçlayan tarımsal stratejilerden biri biyofortifikasyondur. Yetiştirilen bitkilerin gübrelenmesi ya da genetik olarak güçlü çeşitlerin seçimi ve yetiştirilmesi yoluyla mikro element eksiklerinin giderilmeye çalışılması işlemi biyolojik zenginleştirme (biyofortifikasyon) olarak adlandırılmaktadır. Strateji II bitkisi olan buğday pratik koşullarda Fe noksanlığı yaşamazken, bitkiye alınan Fe'in taneye taşınım oranının oldukça düşük olduğu bilinmektedir (Cakmak ve ark., 2010a). Bu bilgidен hareketle bu tez çalışmasında farklı Fe formlarının toprak, yaprak ve toprak+yapraktan uygulanması ile ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin tane Fe konsantrasyonlarının arttırılması hedeflenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre;

- Toprakтан, yaprakтан, toprak ve yaprakтан farklı Fe formu uygulamalarının ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin kuru madde ve tane verimi ile 1000 tane verimlerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde artışlara neden olduğu ortaya çıkmış, çalışmada kullanılan üç farklı Fe formu arasında hem ekmeklik hem de makarnalık buğday çeşitlerinin verim (tüm bitki verimi, tane verimi, 1000 tane ağırlığı) artışı üzerine FeEDTA'nın daha etkili olduğu görülmüştür.
- Toprakтан, yaprakтан, toprak+yapraktan farklı Fe formu uygulamaları ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin tane Fe konsantrasyonlarında istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) düzeyde artışa neden olmuştur.
- FeEDDHA ve FeSO₄ formuna göre FeEDTA formu uygulamaları ile hem ekmeklik hem de makarnalık buğdayların tane Fe konsantrasyonlarında daha fazla artışa neden olduğu ortaya çıkmış, toprak+yaprak uygulamaları ile ekmeklik buğdayın

kontrol dozunun 29.2 mg kg^{-1} olan tane Fe konsantrasyonu FeEDTA formu uygulaması ile %53.4 artışla 44.8 mg kg^{-1} 'a çıkmıştır.

- Uygulama şekilleri bakımından tane Fe konsantrasyonlarının toprak+yaprak uygulamasının diğer uygulamalara (toprak, yaprak) göre ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin tane Fe konsantrasyonlarında daha fazla artışa neden olduğu görülmüştür. Ekmeklik buğday çeşidinin topraktan Fe uygulamalarının ortalama Fe konsantrasyonu 34.4 mg kg^{-1} , yapraktan Fe uygulamalarının ortalama Fe konsantrasyonu 36.8 mg kg^{-1} iken, toprak+yaprak uygulamalarının ortalama Fe konsantrasyonunun ise 44.2 mg kg^{-1} olduğu görülmüş, benzer durumun makarnalık buğday çeşidinde de olduğu görülmüştür.
- Tane Fe konsantrasyonlarında ortaya çıkan artışa benzer şekilde farklı Fe uygulama (topraktan, yapraktan, toprak+yaprak) şekil ve Fe formu uygulamalarının ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin tane Zn konsantrasyonlarında istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) düzeyde artışa neden olduğu ortaya çıkmıştır. Topraktan Fe uygulaması ile ekmeklik buğdayın kontrol uygulamasının tane Zn konsantrasyonu 24.7 mg kg^{-1} düzeyinden, FeSO_4 formu uygulaması ile 34.0 mg kg^{-1} 'a, FeEDTA uygulaması ile 37.0 mg kg^{-1} , FeEDDHA uygulamasında ise 30.4 mg kg^{-1} 'a çıktığı görülmüş ve farklı Fe form ve uygulamalar ile tane Zn konsantrasyonlarında ortaya çıkan artışlar yaprak ve toprak+yaprak uygulamalarında da görülmüştür.
- Topraktan, yapraktan, toprak+yapraktan farklı Fe formu uygulamaları ekmeklik buğdayın tane N konsantrasyonlarında istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) düzeyde artışa neden olmuş, bu durum makarnalık buğdayda ise istatistiksel olarak önemsiz artış ve azalışa neden olmuştur. Ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin tane P ve K konsantrasyonları farklı Fe form ve uygulamaları altında ortaya çıkan değişim önemsiz çıkmıştır.

Tanedeki Fe ve Zn konsantrasyonunun düşük olması insan sağlığı ve bitki büyümesinde, veriminde ve kalitesinde önemli sorunlara yol açtığını bildiren birçok çalışma bulunmaktadır. Bu sorunların önüne geçmede, tanenin Fe'ce zenginleştirilmesinin neredeyse bir zorunluluk olduğu vurgulanmıştır. Tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlara göre, ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerine FeEDTA formunun toprak+yapraktan yapılan uygulamalarının hem tane Fe hem de tane Zn konsantrasyonlarında önemli düzeyde artışa neden olduğu görülmüştür. Bu

sonuçlara bağlı olarak ekmeklik ve makarnalık buğdayların tane Fe konsantrasyonlarının arttırılmasına yönelik yapılacak çalışmalarda FeEDTA formu ile toprak+yaprak uygulamalarının yapılması önerilmektedir.



KAYNAKLAR

- Abdel Gawad, A.A., Ashour, N.I., Saad, A.O.M., Aboshetia, A.M. ve Ahmed, M.K.A. 1988 Effect of foliar fertilization of soybean (*Glycine max*) during the pod-filling stage on source and sink relationship [Egypt]. *Annals of Agricultural Science, Ain Shams Univ.*(Egypt).
- Àlvarez-Fernández, A., Abadía, J. ve Abadía, A. 2006 Iron deficiency, fruit yield and fruit quality *Springer*, 85-101.
- Andrews, N.C. ve Bridges, K.R. 1998 Disorders of iron metabolism and sideroblastic anemia. *Nathan and Oski's hematology of infancy and childhood*, 1, 423-61.
- Anonim 2018 Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim İstatistikleri Raporu.
- Anonim 2020a Harvest Plus.
- Anonim 2020b <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/gaputaem/Belgeler>; Erişim Tarihi: 06.08.2020.
- Anonim 2020c Iron Deficiency Program Advisory Service.
- Basar, H. 2001 Değişik Demir Bileşikler'nin ve Uygulama Yöntemlerinin Soya Fasülyesinin Demir içeriği ve Gelişimi Üzerine Etkisi.
- Borowski, E. ve Michalek, S. 2011 The effect of foliar fertilization of French bean with iron salts and urea on some physiological processes in plants relative to iron uptake and translocation in leaves. *Acta Sci. Pol. Hortorum. Cultus*, 10(2), 183-193.
- Bouyoucos, G.J. 1962 Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils 1. *Agronomy journal*, 54(5), 464-465.
- Bremner, J.M. 1965 Total nitrogen. *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, 9, 1149-1178.
- Briat, J.-F., Curie, C. ve Gaymard, F. 2007 Iron utilization and metabolism in plants. *Current opinion in plant biology*, 10(3), 276-282.
- Brown, J.C. ve Jolley, V.D. 1989 Plant metabolic responses to iron-deficiency stress. *BioScience*, 39(8), 546-551.
- Çaglar, K. 1949 Toprak su koruma mühendisliği. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın(108).
- Çakmak, I. 2002 Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. *Plant and soil*, 247(1), 3-24.
- Çakmak, I., Kalaycı, M., Ekiz, H., Braun, H.J., Kılınç, Y. ve Yılmaz, A. 1999 Zinc deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: a NATO-science for stability project. *Field Crops Research*, 60(1-2), 175-188.
- Çakmak, I., Kalaycı, M., Kaya, Y., Torun, A.A., Aydın, N., Wang, Y., Arisoy, Z., Erdem, H., Yazıcı, A., Gökmen, O., Öztürk, L. ve Horst, W.J. 2010a

- Biofortification and localization of zinc in wheat grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(16).
- Cakmak, I., Pfeiffer, W.H. ve McClafferty, B. 2010b Biofortification of durum wheat with zinc and iron. *Cereal chemistry*, 87(1), 10-20.
- Carson, P.L. 1975 Recommended potassium test. *Bull Dep Agric Econ ND Agric Exp Stn ND State Univ Agric Appl Sci*.
- Chen, Y. ve Barak, P. 1982 Iron nutrition of plants in calcareous soils. *Advances in agronomy*, 35, 217-240.
- Çakmak, İ., Torun, A., Millet, E., Feldman, M., Fahima, T., Korol, A., Nevo, E., Braun, H.J. ve Özkan, H. 2004 *Triticum dicoccoides*: an important genetic resource for increasing zinc and iron concentration in modern cultivated wheat. *Soil science and plant nutrition*, 50(7), 1047-1054.
- Çavdar, A.O., Arcasoy, A., Cin, S., Babacan, E. ve Gözdasoğlu, S. 1983 Geophagia in Turkey: iron and zinc deficiency, iron and zinc absorption studies and response to treatment with zinc in geophagia cases. *Progress in clinical and biological research*, 129, 71-97.
- Ebrahimian, E. ve Bybordi, A. 2011 Effect of iron foliar fertilization on growth, seed and oil yield of sunflower grown under different irrigation regimes. *Middle East Journal of Scientific Research*, 9(5), 621-627.
- Erdal, I., Kepenek, K. ve Kızılgöz, İ. 2004 Effect of foliar iron applications at different growth stages on iron and some nutrient concentrations in strawberry cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28(6), 421-427.
- Eyupoglu, F., Kurucu, N. ve Sanisa, U. 1994 Status of plant available micronutrients in Turkish soils. *Soil and Fertilizer Research Institute Annual Report*. Report No, 25-32.
- Eyüpoğlu, F., Kurucu, N. ve Talaz, S. 1996 Türkiye Topraklarının Bitkiye Yararışlı Bazı Mikro Elementler (Fe, Cu, Mn, Zn) Bakımından Genel Durumu, 98. Ankara: T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü.
- Eyüpoğlu, F., Kurucu, N., Talaz, S. ve Canısağ, U. 1997 Plant available trace iron, zinc, manganase and copper in Turkish soils. *Accomplishments and Future Challenges in Dryland Soil Fertility Research in the Mediterranean Area*, ICARDA book, 191-196.
- Garnett, T.P. ve Graham, R.D. 2005 Distribution and remobilization of iron and copper in wheat. *Annals of botany*, 95(5), 817-826.
- Garvin, D.F., Welch, R.M. ve Finley, J.W. 2006 Historical shifts in the seed mineral micronutrient concentration of US hard red winter wheat germplasm. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(13), 2213-2220.
- Gerloff, G. 1987 Intact-plant screening for tolerance of nutrient-deficiency stress. *Plant and soil*, 99(1), 3-16.

- Graham, R., Senadhira, D., Beebe, S., Iglesias, C. ve Monasterio, I. 1999 Breeding for micronutrient density in edible portions of staple food crops: conventional approaches. *Field crops research*, 60(1-2), 57-80.
- Gregory, P.J., Wahbi, A., Adu-Gyamfi, J., Heiling, M., Gruber, R., Joy, E.J. ve Broadley, M.R. 2017 Approaches to reduce zinc and iron deficits in food systems. *Global Food Security*, 15, 1-10.
- Grosbois, B., Decaux, O., Cador, B., Cazalets, C. ve Jago, P. 2005 Human iron deficiency. *Bulletin de l'Academie nationale de medecine*, 189(8), 1649-63; discussion 1663.
- Güneş, A., Alpaslan, M. ve İnal, A. 2000 Bitki Besleme ve Gübreleme, 479, 1523 vols. Ankara.
- Hamurcu, M., Harmankaya, M., Soylu, S., Gökmen, F. ve Gezgin, S. 2006a Makarnalık Buğdayın (*Triticum durum* L.) Bazı Besin Elementleri Kapsamına Farklı Dozlarda Bor ve Demir Uygulamalarının Etkisi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 20(38), 1-8.
- Hamurcu, M., Tamkoç, A., Gökmen, F., Gezgin, S., Özbek, Z., Babaoğlu, M. ve Hakkı, E.E. 2006b Farklı Bor ve Demir Uygulamalarının Bezelye Hatlarının Gelişimi Üzerine Etkisi, 3. Uluslararası Bor Sempozyumu Bildiriler Kitabı. Ankara, s: 145-153.
- Hotz, C. ve Brown, K.H. 2004 Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control.
- Kacar, B. ve İnal, A. 2008 Bitki analizleri Nobel Yayın Dağıtım.
- Karaman, M.R., Brohi, A.R., İnal, A. ve Taban, S. 1999 Kelkit Çayından siltasyon ile tarıma yeni kazandırılan topraklarda demir-çinko gübrelemesinin fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) bitkisinin büyüme ve mineral besin elementi konsantrasyonuna etkisi. *Tr. Journal of Agriculture and Forestry*, 23, 341-348.
- Kordali, Ş. ve Zengin, H. 2011 Bayburt yöresinde arpa ekim alanlarında görülen yabancı otlar, yoğunlukları, yaygınlıkları ve topluluk oluşturma durumları üzerinde çalışmalar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(2), 117-131.
- Kriem, H.M., Abdel-Mottaleb, M.A., El-Fouly, M.M. ve Nofal, O.A. 1991 Response of soybean to micronutrient foliar fertilization of different formulations under two soil conditions. I. Yield responses. *Egyptian Journal of Physiological Sciences*, 15(1-2), 131-140.
- Lindsay, W.L. ve Norvell, W.A. 1978 Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil science society of America journal*, 42(3), 421-428.
- López-Millán, A.-F., Grusak, M.A., Abadía, A. ve Abadía, J. 2013 Iron deficiency in plants: an insight from proteomic approaches. *Frontiers in plant science*, 4, 254.
- Mantadakakis, E., Chatzimichael, E. ve Zikidou, P. 2020 Iron deficiency anemia in children residing in high and low-income countries: risk factors, prevention,

- diagnosis and therapy. *Mediterranean Journal of Hematology and Infectious Diseases*, 12(1).
- Marschner, H. 2011 *Marschner's mineral nutrition of higher plants* Academic press.
- Marschner, H., Römheld, V. ve Kissel, M. 1986 Different strategies in higher plants in mobilization and uptake of iron. *Journal of plant nutrition*, 9(3-7), 695-713.
- McLean, E., Cogswell, M., Egli, I., Wojdyla, D. ve De Benoist, B. 2009 Worldwide prevalence of anaemia, WHO vitamin and mineral nutrition information system, 1993–2005. *Public health nutrition*, 12(4), 444-454.
- Menkir, A. 2008 Genetic variation for grain mineral content in tropical-adapted maize inbred lines. *Food chemistry*, 110(2), 454-464.
- Morgounov, A., Gómez-Becerra, H.F., Abugalieva, A., Dzhunusova, M., Yessimbekova, M., Muminjanov, H., Zelenskiy, Y., Ozturk, L. ve Cakmak, I. 2007 Iron and zinc grain density in common wheat grown in Central Asia. *Euphytica*, 155(1), 193-203.
- Nikolic, M. ve Pavlovic, J. 2018 Plant responses to iron deficiency and toxicity and iron use efficiency in plants, *Plant micronutrient use efficiency* Elsevier, 55-69.
- Olsen, S.R. 1954 Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate US Department of Agriculture.
- Papastylianou, I. 1990 Effectiveness of iron chelates and FeSO₄ for correcting iron chlorosis of peanut on calcareous soils. *Journal of plant nutrition*, 13(5), 555-566.
- Peleg, Z., Saranga, Y., Yazici, A., Fahima, T., Ozturk, L. ve Cakmak, I. 2008 Grain zinc, iron and protein concentrations and zinc-efficiency in wild emmer wheat under contrasting irrigation regimes. *Plant and Soil*, 306(1), 57-67.
- Peterson, C., Johnson, V. ve Mattern, P. 1986 Influence of cultivar and environment on mineral and protein concentrations of wheat flour, bran, and grain. *Cereal Chemistry*, 63(3), 183-186.
- Rajniak, J., Giehl, R.F., Chang, E., Murgia, I., von Wirén, N. ve Sattely, E.S. 2018 Biosynthesis of redox-active metabolites in response to iron deficiency in plants. *Nature chemical biology*, 14(5), 442-450.
- Rengel, Z., Batten, G.D. ve Crowley, D.E.d. 1999 Agronomic approaches for improving the micronutrient density in edible portions of field crops. *Field crops research*, 60(1-2), 27-40.
- Roosta, H.R. ve Mohsenian, Y. 2012 Effects of foliar spray of different Fe sources on pepper (*Capsicum annum* L.) plants in aquaponic system. *Scientia horticulturae*, 146, 182-191.
- Römheld, V. ve Kramer, D. 1983 Relationship between proton efflux and rhizodermal transfer cells induced by iron deficiency. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie*, 113(1), 73-83.

- Römheld, V. ve Marschner, H. 1986 Evidence for a specific uptake system for iron phytosiderophores in roots of grasses. *Plant physiology*, 80(1), 175-180.
- Sillanpää, M. 1982 Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study, 48Food & Agriculture Org.
- Stucki, J.W., Goodman, B.A. ve Schwertmann, U. 2012 Iron in soils and clay minerals, 217Springer Science & Business Media.
- Şanlıer, N. 2012 Tam tahıl ürünleri ve sağlık üzerine etkileri. Tam Buğday Ekmeği Yaygınlaştırma Sempozyumu, ss, 48-54.
- Şimşek, S. 2010 Bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinde büyüme analizine yönelik fizyolojik özelliklerin saptanması.
- Terry, N. ve Low, G. 1982 Leaf chlorophyll content and its relation to the intracellular localization of iron. *Journal of Plant Nutrition*, 5(4-7), 301-310.
- TMO 2017 Toprak Mahsulleri Ofisi: "2016 Yılı Hububat Sektör Raporu".
- Uncu, A.O., Doganlar, S. ve Frary, A. 2013 Biotechnology for enhanced nutritional quality in plants. *Critical reviews in plant sciences*, 32(5), 321-343.
- Vose, P. 1982 Iron nutrition in plants: a world overview. *Journal of plant nutrition*, 5(4-7), 233-249.
- Walkley, A. ve Black, I.A. 1934 An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1), 29-38.
- Wei, Y., Shohag, M.J.I., Ying, F., Yang, X., Wu, C. ve Wang, Y. 2013 Effect of ferrous sulfate fortification in germinated brown rice on seed iron concentration and bioavailability. *Food chemistry*, 138(2-3), 1952-1958.
- Welch, R.M. ve Graham, R.D. 2004 Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. *Journal of experimental botany*, 55(396), 353-364.
- White, J.G. ve Zasoski, R.J. 1999 Mapping soil micronutrients. *Field crops research*, 60(1-2), 11-26.
- WHO 2002 The world health report 2002: reducing risks, promoting healthy lifeWorld Health Organization.
- Zengin, M., Gökmen, F. ve Gezgin, S. 2008 Topraktan ve Yapraktan Farklı Demirli Gübre Uygulamalarının Elmada Beslenme ve Kalite Parametrelerine Etkileri, 4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, Konya, 1095.
- Zhao, F.-J., Su, Y., Dunham, S., Rakszegi, M., Bedo, Z., McGrath, S. ve Shewry, P. 2009 Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin. *Journal of Cereal Science*, 49(2), 290-295.

6. ÖZGEÇMİŞ

