



Farklı demir (Fe) formu uygulamalarının ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin tane Fe konsantrasyonuna etkisi

The effect of different iron (Fe) form applications on the grain Fe concentration of bread and durum wheat varieties

Selçuk UYSAL¹ , Halil ERDEM^{2*} , Cabir Çağrı GENÇE³ 

^{1,2}Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 60240, Tokat.

³Aksaray Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi, 68100, Aksaray

¹<https://orcid.org/0000-0001-5413-2891>; ²<https://orcid.org/0000-0002-3296-1549>; ³<https://orcid.org/0000-0001-9748-1303>

To cite this article:

Uysal, S., Erdem, H. & Gence, C.Ç. (2021). Farklı demir (Fe) formu uygulamalarının ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin tane Fe konsantrasyonuna etkisi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 25(2):244-253.

DOI:10.29050/harranziraat.875694

*Address for Correspondence:

Halil ERDEM

e-mail:

erdemh@hotmail.com

Received Date:

08.02.2021

Accepted Date:

23.03.2021

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

ÖZ

Bu çalışmada, sera koşullarında ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerine farklı Fe formu ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; Fe-EDTA; Fe-EDDHA) ve uygulama şekillerinin (toprak, yaprak ve toprak+yaprak) tane Fe konsantrasyonuna olan etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; topraktan (0 ve 5 mg Fe kg^{-1}), yapraktan (%0.2 Fe), toprak + yapraktan (0 ve 5 mg Fe kg^{-1} toprak + %0.2 Fe yaprak) farklı Fe formu (özellikle Fe-EDTA ve FeSO_4) uygulamalarının ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin kuru madde verimi, tane verimi ve 1000 tane ağırlıkları ile tane Fe konsantrasyonlarında istatistiksel ($p < 0.05$) olarak önemli düzeyde artışlara neden olduğu tespit edilmiştir. 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), Fe-EDTA formunda 43.7 mg kg^{-1} (%53.4 artış), Fe-EDDHA formunda ise 44.8 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. Sonuç olarak FeSO_4 ve Fe-EDTA formlarının toprak+yaprak uygulamaları ile ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin hem verim parametreleri hem de tane Fe konsantrasyonlarında önemli düzeyde artışa neden olduğu ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Demir, Form, Uygulama, Metot, Tahıl

ABSTRACT

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 obtained results; It was revealed that different Fe form applications (especially Fe-EDTA and FeSO_4) from soil (0 and 5 mg Fe kg^{-1}), leaf (%0.2 Fe), soil and leaf (0 and 5 mg Fe kg^{-1} + %0.2 Fe) 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, 43.7 mg kg^{-1} (53.4% increase) in the Fe-EDTA form and 44.8 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). As a result, it was revealed that FeSO_4 and Fe-EDTA forms caused a significant increase in both yield parameters and grain Fe concentrations of bread and durum wheat varieties with soil + leaf applications.

Key Words: Iron, Form, Application, Method, Cereal

Giriş

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 100000 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, 2020b). İnsanlarda ortaya çıkan yukarıda verilen sağlık problemlerinin özellikle demir bakımından yetersiz olan tarımsal gıdaların tüketiminden kaynaklandığı bildirilmiştir. Ülkemizde Fe eksikliği toprakta ve dolayısı ile bitkilerde (Cakmak ve ark., 1999; Eyüpoğlu ve ark., 1997) ve 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 konsantrasyona sahip değildir. Bu nedenle dünyada yaygın durumda olan mikro besin elementi noksanlıklarını azaltmak için bitkilerin mikro besinlerce iyileştirilmesine de 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 (Àlvarez-Fernàndez ve ark., 2006). Yapılan çalışmalarda topraktan Fe ile gübrelemede inorganik kaynaklı Fe gübrelerine göre organik kökenli (şelatlı) gübrelerin daha etkili olduğu bildirilmiştir (Papastylianou, 1990). Yapraktan yapılan uygulamalar topraktan yapılan uygulamalara göre bitkilerin mikro besin elementi ihtiyacını karşılama bakımından daha etkili olmaktadır (Cakmak ve ark., 2010). Demir ve Zn gibi mikro elementlerin topraktan alımını güçleştiren yüksek pH, yüksek kireç ve yüksek kil oranı gibi nedenlerinden dolayı bu topraklarda yetişen bitkilere yapraktan uygulama ile mikro element noksanlıkların önüne geçilebilmektedir (Güneş ve ark., 2000).

Kültürü yapılan modern buğday çeşitlerinde tane Fe konsantrasyonları 20 ile 35 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir (Çakmak ve ark., 2004). Bu konsantrasyonlar insanların günlük beslenmelerinde alması gereken miktarın çok altında kalmaktadır. Dünyanın birçok yöresinde olduğu gibi Türkiye'de de tahılların demir (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., 2010).

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 (Marschner, 1995). 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. Bu çalışmada, insan beslenmesinde önemli bir yere sahip olan ekmeklik (*Triticum aestivum*-Pamukova) ve makarnalık (*Triticum durum*-Sarıçanak) 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.

Materyal ve Metot

Materyal

Bitki materyali

Sera denemesinde Pamukova 97 (ekmeklik buğday-*Triticum Aestivum* L.) ile Sarıçanak (makarnalık buğday-*Triticum durum*) buğday çeşitleri kullanılmıştır.

Toprak materyali

Sera denemesinde 0-30 derinlikten alınmış 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 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Sera denemesinde kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 1. Some physical and chemical properties of the soil used in the greenhouse experiment

Toprak özelliği Soil property	Değeri Value	Toprak özelliği Soil property	Değeri Value
Kil (%) Clay (%)	63.5	Organik madde (%) Organic matter (%)	0.12
Silt (%) Silt (%)	19.6	P_2O_5 (kg da^{-1}) P_2O_5 (kg da^{-1})	3.26
Kum (%) Sand (%)	16.9	K_2O (kg da^{-1}) K_2O (kg da^{-1})	46.2
pH pH	7.83	Fe (mg kg^{-1}) Fe (mg kg^{-1})	2.84
Tuz (mS cm^{-1}) Salt (mS cm^{-1})	0.24	Zn (mg kg^{-1}) Zn (mg kg^{-1})	0.11
Kireç (%) Lime (%)	17.8		

Metot

Sera denemesi tesadüf parselleri deneme desenine göre 4'er tekerrürlü olarak kurulmuştur. Plastik saksıların kullanıldığı denemede her saksıya 2250 g toprak koyulmuştur. Temel gübreleme olarak tüm saksılara 250 mg kg^{-1} N, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ formunda, 100 mg kg^{-1} P, KH_2PO_4 formunda ve 2.5 mg kg^{-1} Zn, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ formunda 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. Topraktan 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 (tarla kapasitesinin %70'ine denk gelecek kadar) 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 (Zadoks ve ark., 1974).

Bitkiler başak olgunlaşma sonunda ayrı ayrı hasat edilmiş, hasat işleminden sonra her bir uygulamaya ait bitkilerin verimi (toplam biyomas), tane verimi ve 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 ve Zn elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir.

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 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. Önem seviyeleri her bir tablonun altında verilmiştir. İstatistiksel analizlerde SPSS 21.0 paket programı kullanılmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Farklı Fe formu ve uygulamalarının ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin kuru madde, tane verimi ile 1000 tane ağırlığına etkisi

Toprakten, yaprakten, toprak ve yaprakten 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 2 ve 3). Ekmeklik buğday çeşidinin tüm bitki veriminde en fazla artış, toprak uygulamasında FeSO₄ ve Fe-EDTA formları, yaprak uygulamasında FeSO₄ ve Fe-EDTA formları, toprak+yaprak uygulamasında ise Fe-EDTA formu uygulamalarında olmuştur (Çizelge 2). Makarnalık buğday çeşidinin kontrol uygulamasının 9.9 g bitki⁻¹ olan tüm bitki verimi, topraktan Fe formu uygulamaları arasında en fazla verim artışına Fe-EDDHA (12.5 g bitki⁻¹), yaprakten Fe formu uygulamalarında Fe-EDTA (11.8 g bitki⁻¹), toprak+yaprak uygulamalarında ise tüm bitki veriminde en fazla artışın Fe-EDTA (13.5 g bitki⁻¹) uygulamasında olduğu görülmüştür (Çizelge 3). Farklı Fe formu ve uygulamaları ile ekmeklik buğdayın tane verimi ile 1000 tane veriminde ortaya çıkan verim artışına en fazla Fe-EDTA formu uygulamasının neden olduğu görülmüştür (Çizelge 2).

Makarnalık buğdayın kontrol uygulamasının tane verimi 2.29 g bitki⁻¹ iken, topraktan (2.90 g bitki⁻¹), yaprakten (2.62 g bitki⁻¹), toprak+yaprak (3.40 g bitki⁻¹) farklı Fe formu uygulamaları arasında en fazla verim artışına Fe-EDTA'nın neden olduğu ortaya çıkmıştır (Çizelge 3). Benzer durum makarnalık buğdayın 1000 tane ağırlığında da görülmüş olup, kontrol uygulamasının 29.2 g olan 1000 tane ağırlığı, Fe-EDTA'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 Fe-EDTA'nın daha etkili olduğu ortaya çıkmıştır (Çizelge 2 ve 3).

Çizelge 2. Farklı Fe form ve uygulamaları altındaki ekmeklik buğday çeşidinin tüm bitki, tane ve 1000 tane verimleri
Table 2. Whole plant, grain and 1000 grain yields of bread wheat under different Fe forms and applications

Fe formu Fe form	Tüm bitki verimi Whole plant yield (g bitki ⁻¹)	Tane verimi Grain yield (g bitki ⁻¹)	1000 Tane ağırlığı 1000 Grain weight (g)
	Toprakтан 5 mg kg ⁻¹ Fe uygulaması 5 mg kg ⁻¹ Fe application on soil		
KONTROL CONTROL	10.7 ^b	2.24 ^b	23.8 ^c
FeSO ₄ FeSO ₄	12.7 ^a	3.22 ^a	25.8 ^a
Fe-EDTA Fe-EDTA	12.7 ^a	3.49 ^a	28.2 ^{bc}
Fe-EDDHA Fe-EDDHA	12.2 ^a	3.40 ^a	27.1 ^{ab}
Ortalama Mean	12.0	3,08	26,3
	Yapraktan %0.2 Fe uygulaması %0.2 Fe application on leaf		
KONTROL CONTROL	10.7 ^b	2.24 ^c	23.8 ^b
FeSO ₄ FeSO ₄	12.6 ^a	3.35 ^a	26.3 ^a
Fe-EDTA Fe-EDTA	12.6 ^a	3.76 ^a	27.3 ^a
Fe-EDDHA Fe-EDDHA	12.2 ^a	2.55 ^b	26.7 ^a
Ortalama Mean	12.0	2.97	26.0
	Toprakтан 5 mg kg ⁻¹ Fe + Yapraktan %0.2 Fe uygulaması 5 mg kg ⁻¹ Fe application on soil + %0.2 Fe application on leaf		
KONTROL CONTROL	10.7 ^b	2.24 ^b	23.8 ^b
FeSO ₄ FeSO ₄	13.3 ^a	3.55 ^a	27.2 ^a
Fe-EDTA Fe-EDTA	13.6 ^a	3.67 ^a	28.6 ^a
Fe-EDDHA Fe-EDDHA	13.2 ^a	3.65 ^a	28.5 ^a
Ortalama Mean	12.7	3.27	27.0
Uygulama Şekli Method of App.	ns	ns	ns

*P<0.05; **P<0.01; ns: istatistiksel olarak önemli değil

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⁻¹ iken, bu durum yaprak uygulamasında ortalama 2.97 g bitki⁻¹, toprak+yaprak uygulamasında ise 3.27 g bitki⁻¹ olduğu görülmüştür (Çizelge 2). Benzer durum makarnalık buğday çeşidinin tüm bitki, tane verimi ile 1000 tane ağırlığında da görülmüştür (Çizelge 3). Sera

koşullarında fasulye bitkisi ile gerçekleştirilen bir çalışmada; artan dozlarda demir ve çinko uygulamalarının tüm dozlarında fasulye bitkisinin kuru madde veriminde artışa neden olmuş ve en yüksek kuru madde miktarı ise Fe-EDDHA formunda 20 ppm Fe ve 20 ppm Zn uygulamalarında elde edildiği bildirilmiştir (Karaman ve ark., 1999). Kriem ve ark. (1991) tarafından yapılan bir çalışmada da kleyt formunda uygulanan demirin soyada daha yüksek verim artışı sağladığı belirlenmiştir.

Çizelge 3. Farklı Fe form ve uygulamaları altındaki makarnalık buğday çeşidinin tüm bitki, tane ve 1000 tane verimleri
Table 3. Whole plant, grain and 1000 grain yields of durum wheat variety under different Fe forms and applications

Fe Formu Fe Form	Tüm bitki verimi Whole plant yield (g bitki ⁻¹)	Tane verimi Grain yield (g bitki ⁻¹)	1000 Tane ağırlığı 1000 Grain Weight (g)
<i>Topraktan 5 mg kg⁻¹ Fe uygulaması 5 mg kg⁻¹ Fe application on soil</i>			
KONTROL CONTROL	9.9 ^b	2.29	29.2 ^c
FeSO ₄ FeSO ₄	11.2 ^{ab}	2.47	30.8 ^{bc}
Fe-EDTA Fe-EDTA	12.1 ^a	2.90	33.3 ^a
Fe-EDDHA Fe-EDDHA	12.5 ^a	2.47	32.2 ^{ab}
Ortalama Mean	11.4 ^{AB}	2.53 ^{AB}	31.4
<i>Yapraktan %0.2 Fe uygulaması %0.2 Fe application on leaf</i>			
KONTROL CONTROL	9.87 ^b	2.29	29.2
FeSO ₄ FeSO ₄	11.5 ^a	2.60	31.5
Fe-EDTA Fe-EDTA	11.8 ^a	2.62	31.8
Fe-EDDHA Fe-EDDHA	11.4 ^a	2.23	28.1
Ortalama Mean	11.1 ^B	2.43 ^B	30.1
<i>Topraktan 5 mg kg⁻¹ Fe + Yapraktan %0.2 Fe uygulaması 5 mg kg⁻¹ Fe application on soil + %0.2 Fe application on leaf</i>			
KONTROL CONTROL	9.87 ^b	2.29 ^b	29.2 ^b
FeSO ₄ FeSO ₄	12.2 ^a	2.81 ^{ab}	32.5 ^a
Fe-EDTA Fe-EDTA	13.5 ^a	3.40 ^a	34.2 ^a
Fe-EDDHA Fe-EDDHA	13.2 ^a	2.77 ^{ab}	33.1 ^a
Ortalama Mean	12.2 ^A	2.81 ^A	32.2
Uygulama Şekli Method of App.	*	*	ns

*P<0.05; **P<0.01; ns: istatistiksel olarak önemli değil

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

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). Ekmeklik buğday çeşidinin kontrol uygulamasında tane Fe konsantrasyonu 29.2 mg kg⁻¹ iken topraktan

FeSO₄ formu uygulamasında 36.0 mg kg⁻¹'a, Fe-EDTA formunda 36.5 mg kg⁻¹'a, Fe-EDDHA formunda ise 35.6 mg kg⁻¹'a çıkmış, yapraktan FeSO₄ formu uygulamasında 40.2 mg kg⁻¹, Fe-EDTA uygulamasında 39.3 mg kg⁻¹, Fe-EDDHA 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).

Çizelge 4. Farklı Fe form ve uygulamaları altındaki ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin tane Fe ve Zn konsantrasyonları
Table 4. Grain Fe and Zn concentrations of bread and durum wheat varieties under different Fe forms and applications

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

*P<0.05; **P<0.01; ns: istatistiksel olarak önemli değİ

l

Ekmeklik buğdayda olduğu gibi, farklı Fe form ve uygulamaları ile makarnalık buğday çeşidinin tane Fe konsantrasyonlarının da arttığı görülmüştür. Makarnalık buğdayın kontrol uygulamasının tane Fe konsantrasyonu 33.6 mg kg⁻¹ iken toprak+yapraktan FeSO₄ formu uygulaması ile bu değer 47.2 mg kg⁻¹'a, Fe-EDTA formunda 51.8 mg kg⁻¹ ve Fe-EDDHA formunda ise 44.0 mg kg⁻¹'a çıkmıştır. Benzer artışlar topraktan ve yapraktan farklı Fe formları uygulamalarında da görülmüştür (Çizelge 4). Yapılan bazı çalışmalarda topraktan demirli gübrelemenin

etkisinin sınırlı (yüksek toprak pH'sı, kalsiyum karbonat, toprak çözeltisinde aşırı Ca⁺⁺ ve HCO₃⁻, toprak tekstürü, sıkışma gibi nedenlerden dolayı) olmasından dolayı, yapraktan uygulanan demirin etkinliğinin toprağa göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Ebrahimian ve Bybordi, 2011; Papastylianou, 1990). Bununla birlikte, yapraktan uygulamada kullanılan demirli gübrelerin bileşimi, çözünürlüğü, demirle beraber bulunan anyonun çeşidi gibi özellikler uygulamanın etkinliğini belirlemektedir. Literatürlerde FeSO₄ uygulaması ve demir kleyt uygulamalarının pek çok bitkide Fe

noksanlığının giderilebildiğine dair bulgular mevcuttur (Ali ve ark., 2014; Cakmak ve ark., 2010; Ebrahimian ve Bybordi, 2011).

Sonuçlardan da görüleceği üzere Fe-EDDHA formuna göre FeSO_4 ve Fe-EDTA formu uygulamaları ile hem ekmeklik hem de makarnalık buğdayların tane Fe konsantrasyonlarında daha fazla artışa neden olduğu ortaya çıkmıştır (Çizelge 4). 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, Fe-EDTA formu uygulamasında ise %53.4 artışla 44.8 mg kg^{-1} 'a çıkmıştır (Çizelge 4). Yapılan çalışmalarda bitkilerde ortaya çıkan Fe noksanlığının giderilmesinde yapraktan uygulanan FeSO_4 'ün 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 'ün 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 ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin tane Fe konsantrasyonlarında daha fazla artışa neden olmuştur. Ekmeklik buğday çeşidinin kontrol uygulamasının tane Fe konsantrasyonu 29.2 mg kg^{-1} iken, topraktan Fe form uygulamalarının ortalama tane Fe konsantrasyonu 34.4 mg kg^{-1} 'a, yapraktan Fe form uygulamalarının ortalama Fe konsantrasyonu 36.8 mg kg^{-1} 'a, toprak+yapraktan Fe formu uygulamalarının ortalama Fe konsantrasyonunun ise $40,5 \text{ mg kg}^{-1}$ 'a çıktığı görülmüştür. Benzer durum makarnalık buğday çeşidinde de olduğu görülmüştür (Çizelge 4). Basar (2001), sera koşullarında farklı demir formları (FeSO_4 ve Fe-EDDHA) ile uygulama yöntemlerinin soya

fasulyesinin Fe konsantrasyonu ile bazı verim özellikleri üzerine etkisini araştırdığı çalışmanın sonuçlarına göre; soya fasulyesinin Fe konsantrasyonunu en fazla yapraktan FeSO_4 uygulaması ile elde edildiğini bildirmiştir. Topraktan ve yapraktan farklı Fe'li gübre uygulamalarının elmada beslenme ve kalite parametrelerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada, yaprakların besin elementi konsantrasyonları üzerine yapraktan gübrelemenin etkisinin topraktan gübrelemeden daha yüksek olduğunu, yaprağın toplam Fe konsantrasyonu üzerine yapraktan uygulanan demir sülfatın daha etkili olduğu bildirilmiştir (Zengin ve ark., 2008).

Topraktan, yapraktan, 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). 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, Fe-EDTA formunda 37.0 mg kg^{-1} ve Fe-EDDHA 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). 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, Fe-EDTA formunda 38.0 mg kg^{-1} ve Fe-EDDHA formunda ise 37.1 mg kg^{-1} 'a çıkmış, yaprak ve toprak+yaprak uygulamalarında da benzer artışlar meydana gelmiştir (Çizelge 4).

Farklı Fe formu bakımından tane Zn konsantrasyonları değerlendirildiğinde, Fe-EDTA uygulamalarının hem ekmeklik hem de makarnalık buğdayın tane Zn konsantrasyonlarında diğer Fe formu uygulamalarına göre daha fazla artışa neden olduğu ortaya çıkmıştır (Çizelge 4). 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, yapraktan 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 görülmüştür (Çizelge 4).

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 konsantrasyonunun 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 konsantrasyonlarını arasında pozitif bir ilişkinin bulunması tohumdaki Zn ve Fe konsantrasyonlarını 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. 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 ilişki görülmüştür (Menkir, 2008). Tanedeki Zn ve Fe konsantrasyonları arasında pozitif bir ilişkinin bulunması tohumdaki Zn ve Fe konsantrasyonlarını etkilemede genetik faktörlerin önemli olduğunu ortaya koymaktadır (Cakmak ve ark., 2010).

Sonuçlar

Topraktan, yapraktan, toprak ve yapraktan farklı Fe formu uygulamalarının ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin kuru madde, tane verimi, 1000 tane ağırlığı ile tane Fe ve Zn

konsantrasyonlarında önemli düzeyde artışlara neden olduğu ortaya çıkmıştır. Farklı Fe formu uygulamaları arasında Fe-EDDHA formuna göre FeSO₄ ve Fe-EDTA formu uygulamalarının, hem ekmeklik hem de makarnalık buğdayların tane Fe konsantrasyonlarında daha fazla artışa neden olduğu ortaya 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. 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 da artışa neden olmuştur. Bu sonuçlara bağlı olarak ekmeklik ve makarnalık buğdayların tane Fe konsantrasyonlarının arttırılmasına yönelik yapılacak çalışmalarda FeSO₄ veya Fe-EDTA formunun toprak+yapraktan uygulamasının yapılması önerilmektedir.

Ekler

Bu çalışma, Selçuk UYSAL'ın Halil ERDEM danışmanlığında hazırladığı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Çıkar Çatışması: Makale yazarları, aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Yazarların Katkı Beyanı: SU ve CÇG Çalışmayı tasarlayarak denemeyi kurmuş ve denemenin bitki analizlerini yapmış, HE verileri analiz etmiş ve makaleyi yazmıştır.

Kaynaklar

- Ali, B., Ali, A., Tahir, M. & Ali, S. (2014). Growth, Seed yield and quality of mungbean as influenced by foliar application of iron sulfate. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*, 12(1), 20-25.
- Álvarez-Fernández, A., Abadía, J. & Abadía, A. (2006). Iron deficiency, fruit yield and fruit quality. In (pp. 85-101): Springer.

- Anonim (2020a). [Harvest Plus].
- Anonim (2020b). [Iron Deficiency Program Advisory Service].
- Basar, H. (2001). Değişik Demir Bileşikleri'nin ve Uygulama Yöntemlerinin Soya Fasülyesinin Demir içeriği ve Gelişimi Üzerine Etkisi.
- Borowski, E. & 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.
- Cakmak, I., Kalaycı, M., Ekiz, H., Braun, H. J., Kılınç, Y. & 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.
- Cakmak, I., Pfeiffer, W. H. & McClafferty, B. (2010). Biofortification of durum wheat with zinc and iron. *Cereal chemistry*, 87(1), 10-20.
- Chen, Y. & 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., . . . 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. & 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. & 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. & 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.
- Eyüpoğlu, F., Kurucu, N., Talaz, S. & Canısağ, U. (1997). Plant available trace iron, zinc, manganese 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. & Graham, R. D. (2005). Distribution and remobilization of iron and copper in wheat. *Annals of Botany*, 95(5), 817-826.
- Graham, R., Senadhira, D., Beebe, S., Iglesias, C. & Monasterio, I. (1999). Breeding for micronutrient density in edible portions of staple food crops: conventional approaches. *Field Crops Research*, 60(1-2), 57-80.
- Güneş, A., Alpaslan, M. & İnal, A. (2000). Bitki besleme ve gübreleme. In: Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Kacar, B. & İnal, A. (2008). *Bitki analizleri*: Nobel Yayın Dağıtım.
- Karaman, M. R., Brohi, A. R., İnal, A. & 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.
- Kriem, H. M., Abdel-Mottaleb, M. A., El-Fouly, M. M. & 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.
- Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants 2nd edition. *Academic, Great Britain*.
- Menkir, A. (2008). Genetic variation for grain mineral content in tropical-adapted maize inbred lines. *Food chemistry*, 110(2), 454-464.
- 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. & 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.
- Rengel, Z., Batten, G. D. & 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. & 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.
- Wei, Y., Shohag, M. J. I., Ying, F., Yang, X., Wu, C. & 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.
- Zadoks, J. C., Chang, T. T. & Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed research*, 14(6), 415-421.
- Zengin, M., Gökmen, F. & Gezgin, S. (2008). Topraktan ve Yapaktan Farklı Demirli Gübre Uygulamalarının Elmada Beslenme ve Kalite Parametrelerine Etkileri, 4. *Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, Konya*, 1095.