

**DEĞİŞİK ÇİNKO FORMLARININ  
EKMEKLİK BUĞDAYDA VERİM VE  
TANE ÇİNKO KONSANTRASYONU  
ÜZERİNE ETKİSİ**

**Özge CEVİZCİOĞLU**

**Yüksek Lisans Tezi  
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. İsmet BAŞER  
TEKİRDAĞ-2012**

T.C.  
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DEĞİŞİK ÇİNKO FORMLARININ EKMEKLİK BUĞDAYDA VERİM VE TANE ÇİNKO  
KONSANTRASYONU ÜZERİNE ETKİSİ

Özge CEVİZCİOĞLU

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: PROF. DR. İSMET BAŞER

TEKİRDAĞ-2012

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. İsmet Başer danışmanlığında, Özge CEVİZCİOğLU tarafından hazırlanan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından. Tarla Bitkileri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Prof. Dr. Z. Kayıhan KORKUT

*İmza :*

Üye : Prof. Dr. Levent ARIN

*İmza :*

Danışman : Prof. Dr. İsmet BAŞER

*İmza :*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU  
**Enstitü Müdürü**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### DEĞİŞİK ÇİNKO FORMLARININ EKMEKLİK BUĞDAYDA VERİM VE TANE ÇİNKO KONSANTRASYONU ÜZERİNE ETKİSİ

Özge CEVİZCİOĞLU

Namık Kemal Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. İsmet BAŞER

Çinko eksikliği topraklarda en yaygın olarak görülen mikro besin element eksikliklerinden biridir. Tarım topraklarındaki mikro element eksiklikleri sadece bitkisel üretimde verim ve kaliteyi olumsuz etkilememekte, aynı zamanda hayvan ve insan sağlığını da tehdit etmektedir.

Tahıllarda tanedeki Zn element konsantrasyonunu arttırmanın en önemli yollarından biri Zn gübrelmesidir. Bitkilerde çinko eksikliği, topraktan, yapraktan veya tohumdan uygulanarak giderilebilir. Bu çalışmada buğdaya artan dozda ve farklı formlarda Zn hem toprak hem de yapraktan uygulanmış ve yeşil aksam kuru maddesi, yeşil aksam Zn konsantrasyonu üzerine etkileri ile tanedeki Zn element konsantrasyonu ve tane verimi belirlenmiştir.

Bildiğimiz kadarıyla, literatürde, buğday çeşitlerine tanedeki Zn konsantrasyonunu arttırmak için yapraktan sadece  $ZnSO_4$  formunda Zn uygulanmasına odaklanılmış ve bunun etkilerine bakılmıştır. Bu çalışmada,  $ZnSO_4$ 'ün yanında diğer Zn formlarının yapraktan ve topraktan uygulamadaki etkilerine bakılıp karşılaştırma yapılmıştır. Ekmeklik buğdaya yapraktan ve topraktan  $ZnSO_4$ , ZnO, ZnEDTA ve  $ZnCl_2$  formlarında Zn uygulanarak hangisinin bitki tarafından daha fazla alındığı ve verime daha olumlu etki ettiği karşılaştırılmıştır.

Yapılan bu araştırmada, sonuç olarak, topraktan artan dozlarda uygulanan Zn formlarından ZnEDTA'nın verim ve Zn element konsantrasyonu üzerinde en fazla etkiye sahip olduğu görülürken, en az etkiye sahip olan ise ZnO formu olarak belirlenmiştir. Yapraktan uygulanan Zn formlarından ise,  $ZnCl_2$  formunun Zn element konsantrasyonunu en fazla arttırdığı, ZnO formunun ise yine en zayıf etkiye sahip olduğu saptanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Çinko eksikliği, buğday, çinko form, çinko konsantrasyonu

2012 , 45 sayfa

## ABSTRACT

MSc. Thesis

### EFFECTS OF DIFFERENT ZINC FORMS ON GRAIN YIELD AND GRAIN ZINC CONCENTRATION IN BREAD WHEAT

Ozge CEVIZCIOGLU

Namık Kemal University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Field Crops

Supervisor: Prof. Dr. Ismet BASER

Zinc deficiency is one of the most common micronutrient deficiencies. Micronutrient deficiencies of agricultural soils do not only have various negative effects on crop yield and quality but also constitute a threat to animal and human health.

In cereals, Zn fertilization is one of the most practical strategies to increase the Zn concentration of grains. Zinc deficiency of plants can be corrected by soil, foliar and seed applications of Zn. In this study, Zn was applied to the soil and/or foliage of wheat plants at increasing amounts and in different forms and the effects on shoot dry matter and shoot Zn concentration as well as grain yield and grain Zn concentration were determined.

To the best of our knowledge, recent literature focused on only ZnSO<sub>4</sub> for foliar Zn application in order to enrich wheat grain with Zn. In this study, the effects of ZnSO<sub>4</sub> and other Zn forms as soil and foliar fertilizers were investigated and compared to each other. Foliar and soil applications of ZnSO<sub>4</sub>, ZnO, ZnEDTA and ZnCl<sub>2</sub> to bread wheat were compared based on their absorption by the plants and their positive effects on yield.

The findings of this study demonstrated that ZnEDTA applied to the soil at increasing amounts is the most effective Zn form for increasing yield and Zn concentration, whereas ZnO has the least effect. In the case of foliar Zn application, ZnCl<sub>2</sub> turned out to be the best at increasing the shoot Zn concentration, while ZnO is again the least effective one.

**Keywords :** Zinc deficiency, wheat, zinc form, zinc concentration

**2012 , 45 pages**

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vii
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	5
2.1. Topraklarda Çinko Durumu.....	5
2.2. Bitkide Çinko Durumu.....	6
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	10
3.1. Materyal.....	10
3.1.1. Sera denemelerinde kullanılan toprak materyali.....	10
3.1.2. Sera denemelerinde kullanılan tohum materyali.....	11
3.2. Yöntem.....	11
3.2.1. Sera denemelerinin kurulması ve yürütülmesi .....	11
3.2.2. Bitki Analizleri.....	12
3.2.2.1. Mikro ve makro element analizi.....	12
3.2.3. Bitkilerin yetiştirildiği ortamın özellikleri.....	12
3.2.4. İstatistik Analizleri.....	13
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI</b> .....	14
4.1. Toprakta çinko uygulanan deneme.....	14
4.1.1. Vejetatif dönem örneklemesine ait sonuçlar.....	14
4.1.2. Generatif dönem örneklemesine ait sonuçlar .....	21
4.2. Yapraktan çinko uygulanan deneme.....	29
<b>5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR</b> .....	33
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	38
TEŞEKKÜR.....	44
ÖZGEÇMİŞ.....	45

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

cm	Santimetre
Cu	Bakır
DTPA	Dietilen triamin penta asetik asit
FAO	Dünya Tarım ve Gıda Örgütü
Fe	Demir
g	Gram
hl	hektolitre
HNO <sub>3</sub>	Nitrik asit
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Hidrojen peroksit
K	Potasyum
kg	Kilogram
M	Molar
mg	miligram
ml	mililitre
Mn	Mangan
NA	nicotianamin
Nm	Nanometre
P	Fosfor
pH	Asitlik-alkalilik faktörü
%	Yüzde
°C	Derece santigrat
µg	Mikro gram
µmol	Mikro mol
µM	Mikro Molar
ICP-OES	Inductively Coupled Plasma-Optical Emmission Spectrometer
>	Daha büyük
WHO	Dünya sağlık örgütü
Zn	Çinko
ZnCl <sub>2</sub>	Çinko klorür
ZnCO <sub>3</sub>	Çinko karbonat
Zn(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Çinko bikarbonat
ZnEDTA	Çinko etilendiamin tetra asetik asit

ZnSO<sub>4</sub>

Çinko sülfat

ZnO

Çinko oksit



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Çinko Eksiklik Simptomları (orjinal).....	15
Şekil 1.2. Çinko Eksiklik Simptomları (orjinal).....	15
Şekil 1.3. 0,15 ppm dozunda yetişen Adana 99 buğday bitkilerinin 37 günlük iken durumu..	16
Şekil 1.4. 0,15 ppm dozunda yetişen Adana 99 buğday bitkilerinin 47 günlük iken durumu..	16
Şekil 2.1. Sera koşullarında ZnSO <sub>4</sub> ' ün artan dozlarında büyüyen Adana 99 buğday bitkileri.....	28
Şekil 2.2. Sera koşullarında 0,15 ppm dozuna eşdeğer miktarda uygulanan Zn formlarının büyüme üzerine etkisi.....	28

Çizelge 3.1. Sera denemelerinde kullanılan Eskişehir Sultanönü toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	<b>10</b>
Çizelge 4.1. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı Zn formları ve dozları altında yetiştirilen Adana-99 buğday çeşidinin kuru madde verimi üzerine etkisi.....	<b>17</b>
Çizelge 4.2. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı Zn uygulamaları altında yetiştirilen Adana-99 buğday çeşidinin yeşil aksamında Zn besin elementi konsantrasyonu. ....	<b>19</b>
Çizelge 4.3. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı Zn uygulamaları altında yetiştirilen Adana-99 buğday çeşidinin bitki başına Zn içeriği.....	<b>20</b>
Çizelge 4.4. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı Zn uygulamaları altında yetiştirilen Adana-99 buğday çeşidinin olgunluk dönemindeki tane verim değerleri.....	<b>22</b>
Çizelge 4.5. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı Zn uygulamaları altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin olgunluk dönemindeki sap-saman verimi ve hasat indeksi.....	<b>23</b>
Çizelge 4.6. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı Zn uygulamaları altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin tane Zn besin elementi konsantrasyonları.....	<b>25</b>
Çizelge 4.7. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı Zn uygulamaları altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin tanede Zn besin elementi içeriği.....	<b>26</b>
Çizelge 4.8. Farklı Zn formları ve dozlarında yapraktan uygulanarak yetiştirilen Adana-99 buğday çeşidinin olgunluk dönemindeki tane verim değerleri.....	<b>29</b>
Çizelge 4.9. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı Zn formları ve dozlarında yapraktan uygulanarak yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin olgunluk döneminde sap-saman verimi ve hasat indeksi.....	<b>30</b>
Çizelge 4.10. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı Zn formları ve dozlarında yapraktan uygulanarak yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin tane Zn besin elementi konsantrasyonları.....	<b>31</b>

Çizelge 4.11. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı Zn formları ve dozlarında yapraktan uygulanarak yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin tanede Zn besin elementi içeriği.....	<b>32</b>
---	-----------

# 1. GİRİŞ

Dünya ve ülkemiz nüfusunun beslenmesinde tahılların çok önemli bir yeri vardır. Tahıllar içerisinde buğday, dünyada ve Türkiye’ de çok geniş bir ekim alanına sahip olmasıyla önemli bir yer tutar. Türkiye’de yoğun olarak tahıl üretimi yapılan alanlarda elverişli mikro element düzeyinin (özellikle Zn ve Fe) fakir olması (Eyüpoğlu ve ark., 1994), insanların günlük kalori gereksinimlerinin önemli bölümünü sadece buğdaydan karşılaması (Çakmak ve ark., 2004) ve bölgede yaşayan insanlarımızda mikro element eksikliği sorunlarının sıklıkla görülmesi konunun ciddiyetini ve araştırılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Tarım topraklarındaki mikro element eksikliklerinin bitkisel üretimdeki verim ve kalite üzerine olumsuz etkileri yapılan birçok çalışmada ortaya konmuştur. Topraklarda çinko eksikliği hem ülkemiz hem de dünya tarım toprakları açısından oldukça önemli bir problem oluşturmaktadır. Bu problem özellikle toprakların bitkilerce alınabilir Zn’ ca fakir olmasından kaynaklanmaktadır. Silanpää (1982) tarafından yapılan bir çalışmada, Dünyada toprakların yaklaşık %30’ unun Zn’ ca eksik olduğu ve bu oranın ülkemiz toprakları için daha büyük olduğu ortaya konmuştur. Gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise, Eyüpoğlu ve ark., (1994) Türkiye’nin değişik bölgelerinden çok sayıda toprak örnekleri alınmış olup bu örneklerde yapılan analizler sonucunda Zn noksanlığının en yaygın olan mikro element noksanlığı olduğunu (yaklaşık %50) belirlemişlerdir.

Çinko; bitki, hayvan ve insanların, çok düşük miktarda ihtiyaç duyduğu ve alınmasının zorunlu olduğu bir mikro elementtir. Sağlıklı bir bitkinin yapraklarında bir kilogram kuru maddede en az 20 miligram çinko olmalıdır. Bu miktar 10 miligramın altına indiğinde, bitkinin büyümesinde, buna bağlı olarak veriminde de büyük düşüşler ortaya çıkmaktadır (Çakmak ve ark.,1996).

Toprakta bitkilerce alınabilir Zn düzeyinin düşük olması bitkide Zn noksanlığının ortaya çıkmasına yol açmaktadır ve bu da büyük ölçüde verim kayıplarına neden olmaktadır. Çakmak ve ark. (1997) tarafından yürütülen bir çalışmada ise, Zn noksanlığından kaynaklanan verim kaybının çavdarda %1,

tritikaledge %26, ekmeklik buğdayda %41 ve makarnalık buğdayda ise %75 olduğu belirlenmiştir.

Bitkilerde görülen Zn eksikliği aynı zamanda insanlarda da görülmektedir. İnsanlarda Zn eksikliğinin dünyada ve ülkemizde yaygın olmasının nedeni insanların tek yönlü ve aşırı derecede tahıl kökenli gıdalar ile beslenmesinden meydana gelmektedir. Son yıllarda insanlarda mikro besin elementi özellikle de Zn ve Fe eksikliğini gidermede bitkisel ürünlerin bu elementlerce zenginleştirilmesi gerekliliğinden ve bu çabanın yalnızca insan sağlığı açısından değil bitki sağlığı açısından da önemli kazançlar sağlayacağından bahsedilmiştir (White ve Zasoski, 1999; Hotz ve Brown, 2004; Welch ve Graham, 2004).

Dünya Sağlık Örgütü'nün bir raporuna göre, insan sağlığının bozulmasında dünyadaki en önemli 20 faktör içerisinde Zn noksanlığının 11. sırada yer alırken, gelişmekte olan ülkelerde ise en önemli 10 sorundan 5. sırada olduğu gösterilmiştir (WHO, 2002). Çinko eksikliğinin insan sağlığında ve ölümünde temel bir risk faktörü olduğu bu rapordan da anlaşılmaktadır. Ayrıntılı yapılan bir çalışmada ise, Hotz ve Brown (2004), dünya nüfusunun 1/3'ünün ve farklı ülkelerdeki insanların %4 ile %73'ünün Zn noksanlığından etkilendiğini belirlemişlerdir. Çinko noksanlığının enfeksiyon riski, DNA zararlanması ve kanserli dokuların oluşumuyla birlikte fiziksel gelişimde yavaşlama, bağışıklık sisteminin zayıflaması ve öğrenme yeteneğinde zorlanma gibi, insanda bir takım sağlık komplikasyonlarına neden olduğu saptanmıştır (Hotz ve Brown, 2004; Gibson, 2006; Prasad, 2007).

İnsanlarda çinko eksikliğinin en çok; çocuklarda, hamilelerde ve yaşlılarda kendini gösterdiği; büyüme geriliği, deri lezyonları, iştah bozukluğu, gece körlüğü, yaraların iyileşmesinde gecikme, tat-koku duyusunda azalma, iştahsızlık, bağışıklık sisteminde zayıflama, hipogonadizm, hormon düzeylerinde değişimler, ergenlikte gecikme, orak hücreli anemi, kemik gelişiminde gerileme, saç dökülmesi ve kepeklenme, zeka gelişim bozukluğu, karaciğer hastalıkları, kısa boy, davranış farklılıkları, gece körlüğü vs. hastalıklar meydana gelmektedir (Arcasoy, 1998; Açkurt ve Löker, 1998).

Çinko noksanlığı altında yetişen bitkilerin tüketilmesi durumunda insanda ve hayvanda özellikle gelişmekte olan ülkelerde söz konusu edilen sağlık sorunlarının olabildiği görülmektedir. Bu sağlık sorunlarının nedenlerinden biri olarak, gelişmekte olan ülkelerdeki tahıl özellikle buğday beslenmesi gösterilmiştir. Gelişmekte olan ülkelerde günlük kalori gereksiniminin yarısına yakını buğdaydan karşılanırken gelişmiş ülkelerde bu oranın %20 düzeylerinde olduğu görülmektedir (Çakmak, 2004). Literatür bilgilerinden de yola çıkılarak anlaşılan; tane Zn konsantrasyonu arttırmada gübrelemenin insan sağlığı için kritik tane Zn konsantrasyonu  $>40 \text{ mg kg}^{-1}$  düzeyine ulaşması istenmektedir. (Çakmak ve ark., 2004; Monasterio ve Graham., 2000; Çakmak ve ark., 1999).

Bitki ıslahına gidilerek gıdaların besin kalitesini arttırmak ve besin içeriğini geliştirmek için yeni çalışmalar yürütülmektedir. Özellikle makarnalık buğdayda yabani ve sentetik ebevenyelerdeki Fe ve Zn konsantrasyonları için varolan genetik çeşitliliğin tamamından yararlanılması yoluyla beslenme kalitesinin artırılması için yapılan ıslah çalışmaları oldukça iyi sonuçlar vermiştir. Harvest Plus-Biyozenginleştirme Araştırma Programı kapsamında mikrobesein konsantrasyonu ve genetik çeşitlilik konusu geniş boyutta araştırılmış ve tane protein, Zn ve Fe konsantrasyonları arasında çok önemli pozitif ilişkilerin varlığı doğrulanmıştır (Çakmak, 2010). Nitekim yapılan bu çalışma ile de Zn ve Fe konsantrasyonları arasındaki ilişki ortaya çıkmaktadır.

Tahıllara Zn uygulamasıyla tanedeki mikro element konsantrasyonunu arttırmanın en önemli yollarından biri gübrelemedir. Tahılların tanelerindeki mikro element kapsamalarını arttırabilmek için farklı yetiştirme tekniğinde uygulamalar yapılabilmektedir ve böylece çeşitlerin tanelerinin daha fazla mikro element içermeleri sağlanmaktadır. Bu tekniklerden pratik olanı ve özellikle son zamanlarda tercih edileni yapraktan Zn uygulamasıdır. Tahıllara yapraktan uygulanan Zn'nun verimi arttırdığı gibi aynı zamanda tanedeki Zn konsantrasyonunu da arttırdığına dair birçok çalışma yapılmıştır. Çakmak (2008) tarafından yapılan çalışmada ise, bu yöntemle tane Zn konsantrasyonunu arttırmanın insan sağlığında iyileştirmenin yanı sıra agronomik açıdan da birçok fayda sağlayacağı bildirilmiştir.

Şimdiye kadar literatürde, buğday veya tahıl türlerinde tanedeki Zn konsantrasyonunu arttırmak için yapraktan çoğunlukla ZnSO<sub>4</sub> formu uygulanmıştır ve bunun etkilerine bakılmıştır. Benzer şekilde toprak Zn uygulamalarında da ZnSO<sub>4</sub> başlıca Zn kaynağı olarak kullanılmıştır. Oysa, ZnSO<sub>4</sub> dışında başka Zn kaynakları da olup bu kaynaklarında karşılaştırmalı olarak incelenmesinde, tane Zn üzerine etkilerinin araştırılmasında yarar bulunmaktadır. Bu amaçla bu çalışmada, yapraktan ve de topraktan ZnSO<sub>4</sub>' ün yanında diğer Zn formları uygulanarak tane Zn içeriği üzerine etkilerine bakılıp, karşılaştırma yapılmıştır. Bu çalışmadaki ana amaç, ekmeklik buğday çeşidine yapraktan ve topraktan ZnSO<sub>4</sub> formunun yanında ZnO, ZnEDTA ve ZnCl<sub>2</sub> formlarının uygulanması ve hangi Zn formunun bitkiye daha fazla taşındığını ve verimi arttırdığının saptanması ile bu formaların kendi aralarında karşılaştırılmasıdır.

Bu bilgilerden yola çıkılarak kurulan sera denemelerinde, a) Ekmeklik buğday çeşidinin, farklı formlarda ve değişik dozlarda çinko gübresini hem topraktan hem de yapraktan uygulamak suretiyle, yeşil aksam ve dane verimi üzerindeki etkilerinin saptanmasını, b) Uygulanan Zn formlarından hangisinin, hangi Zn dozunda alım kapasitesinin en üst seviyeye çıkardığı ve tanede biriktiğini saptamayı amaçlamıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Topraklarda Çinko Durumu

Çinko, eksikliği topraklarda en yaygın olarak görülen mikro besin elementlerinden biridir. Özellikle yarı kurak bölgelerde tahıl ekilen alanlarda ortaya çıkmaktadır. Çinko eksikliğinin en yaygın olduğu bölgeler Akdeniz, Güney Doğu ve Doğu Asya ülkeleri ve Avustralya'dır. Örneğin, Hindistan'da 30 milyon, Bangladeş'te 8 milyon, Türkiye'de 14 milyon, Çin'de 20 milyon ve Avustralya'da en az 10 milyon hektar işlenebilir toprakta Zn eksikliği görülmektedir (White ve Zasoski, 1999; Alloway, 2004; Çakmak, 2008). Ayrıca, FAO tarafından 25 farklı ülkede yapılan toprak analizlerine dayalı bir çalışma sonucunda, toprakların %50'sinde Zn noksanlığının olduğu bildirilmiştir. Bu çalışma kapsamında Zn eksikliğinin en yoğun olarak Türkiye topraklarında bulunduğu bildirilmektedir (Graham, 1991; Alloway, 2002).

Çinko eksikliği, genel olarak, kireçli ve toprak pH'sının yüksek olduğu, organik madde ve toprak neminin düşük olduğu bölgelerde yaygınlık göstermektedir. Toprak özellikleri içinde, Zn'nun bitkilerce alınabilirliğini en çok etkileyen faktörün toprak pH'sı olduğu bildirilmektedir (Marschner, 1993). Toprak pH'sının, 5.5 ile 7 arasında, her bir birim artışı ile bitkilerin topraktan Zn alımının 30 ila 40 kez azaldığı ve pH artışının, gelişen bitkiler için Zn noksanlığının ortaya çıkması açısından önemli bir risk oluşturduğu bildirilmektedir (Marschner, 1993).

Kiekens (1995) tarafından, toprakların toplam Zn konsantrasyonu literatürde ortalama olarak 55 mg Zn kg<sup>-1</sup> düzeyinde olduğu bildirilmiştir. Topraklardaki toplam Zn konsantrasyonunun 10-300 mg kg<sup>-1</sup> arasında ve ortalamasının da 50 mg kg<sup>-1</sup> olduğunu belirtmiştir.

Çinko noksanlığı bitkisel üretimde ve bitkisel ürünlerin besleme kalitesinde ciddi sorunlara yol açan bir mikro element noksanlığıdır. Çinko noksanlığının Dünya'da özellikle tahıl üretim alanlarında en yaygın görülen mikro element noksanlığı olduğuna inanılmaktadır (Graham ve Welch, 1996; Alloway, 2004).



Günümüzde çinko noksanlığının bitkisel üretimde önemli sorunlara yol açtığı belirlenmiştir. Çakmak ve ark. (1996)'nın Türkiye'de Orta Anadolu Bölgesinde alınan 72 toprak ve 134 buğday yaprağı örneğinde, yaptıkları analizlere göre, bölgenin %80' den fazlasında Zn eksikliğinin olduğu belirlenmişlerdir. Nitekim bu bölge topraklarında yapılan çalışmalarda Zn uygulamasıyla tahıllarda önemli verim artışlarının olduğu da saptanmıştır (Çakmak ve ark., 1997, 1998; Ekiz ve ark., 1998; Kalaycı ve ark., 1999). Benzer sonuçlar Hindistan'da (Takar ve ark.,1989) ve Avustralya'da (Graham ve ark., 1992) da alınmıştır.

Ülkemiz topraklarında çinkonun çeşitli nedenlerle bitkiler tarafından yeterli miktarlarda alınamayışı veya yetersizliği, bu bitkilerden elde edilen ürünlerde çinko eksikliğine, dolayısıyla bu ürünlerle beslenen insanlarda çok büyük sağlık problemlerinin meydana gelmesine zemin hazırlamaktadır.

Yapılan çalışmalarda ise insanlarda, Zn eksikliğinin görüldüğü yerlerde genelde topraklarda Zn eksikliğinin yaygın olduğu gözlenmiştir (Çakmak, 2008). Tahıl tarımı yapılan toprakların yaklaşık %50'nin Zn'ca fakir olduğu ortaya konmuştur (Graham ve Welc, 1996; Çakmak, 2002).

## **2.2. Bitkide Çinko Durumu**

Bitkilerde Zn noksanlığı belirtisi olarak, boğumlar arası kısalmı ve yapraklar küçülür. Yaprakların küçülmesi, en genç yapraklarda damarlar arası klorozla birlikte görülür. Monokotiledonlarda, özellikle de mısırdada, klorotik bantlar kırmızı, renksiz leke şeklinde ve yaprakların damar aralarında görülür. Daha yaşlı yapraklarda Zn noksanlığı simptomları esasen fosfor toksisitesi veya fototoksidasyon kaynaklandığı bildirilmiştir (Marschner ve Çakmak, 1989).

Çinko noksanlığına karşı bitki türlerinin göstermiş oldukları adaptasyon mekanizmalarını açıklarken farklı genotiplerin köklerinden fitosiderofor adı verilen maddeleri salgıladıkları bilinmektedir. Fitosideroforlar, yalnızca buğday, arpa, çavdar gibi buğdaygil grubu bitkiler tarafından salgılanabilmektedir. Bu kök salgıları bitkilerin çinko alımının yanı sıra, bitki içinde taşınmasını da kolaylaştırmaktadır (Çakmak 1996a).

Çinko noksanlığına karşı tahıl türlerinin ve aynı türün çeşitleri arasında önemli farklılıklar olduğu bulunmuştur. Çinko noksanlığı koşullarında yeşil aksamdaki semptomların şiddetine ve kuru madde veya dane verimindeki azalmaya göre, tahıl türlerinin Zn noksanlığına karşı dayanıklılığının çavdar > tritikale > arpa > ekmeklik buğday > yulaf > makarnalık buğday şeklinde sıralandığı belirlenmiştir (Çakmak ve ark., 1997a; Torun, 1997; Ekiz ve ark., 1998).

Bitkilerin sağlıklı olarak gelişebilmeleri için, beslenmelerinde gerekli olan besin elementlerinin bitkideki miktarları kadar, bu besin elementlerinin diğer besin elementleriyle olan ilişkisi de son derece önemlidir. Yapılan birçok çalışmada da bu tespitler ortaya konmuştur.

Erdal ve Kocakaya (2003)'nın yapmış olduğu bir çalışmada, buğday bitkisinin gelişme dönemlerinde Zn konsantrasyonlarına bakılmış ve uygulanan gübre dozu ile orantılı olduğu saptamıştır. Ayrıca, Zn uygulaması ile bitkinin Zn konsantrasyonu her gelişme döneminde arttığı, buna karşılık fosfor konsantrasyonunun azaldığını belirlemişlerdir. Zhou ve Li (2001), Fosfor-çinko etkileşiminde uygulanan fosfor dozları arttıkça bitkinin çinko beslenmesi olumsuz etkilendiğini ve aynı şekilde, uygulanan çinko miktarı arttıkça bitkinin fosfor beslenmesi de olumsuz etkilendiğini ortaya koymuşlardır. Alpaslan ve Taban (1996), ortamda yüksek seviyede Fe bulunması durumunda bitkilerin Zn alımının engellenmekte olduğunu ve bitkilerde Zn noksanlığının ortaya çıktığını belirtmişlerdir.

Bitkilerde Zn eksikliği, topraktan, yapraktan veya tohumdan uygulanarak giderilebilir. Çinko kaynağı; inorganik, sentetik şelatlar, doğal organik kompleksler ve inorganik kompleksler olmak üzere 4 gruba ayrılmaktadır. İnorganik çinko kaynakları: ZnO, ZnCO<sub>3</sub>, ZnSO<sub>4</sub>, Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> ve ZnCl<sub>2</sub>'dür (Mortvedt ve Gilkes,1993). Bunların içerisinde ZnSO<sub>4</sub> diğer inorganik kaynaklara göre Zn noksanlığını gidermede daha yaygın bir biçimde kullanılmaktadır (Mortvedt, 1991 ; Martens ve Westermann, 1991). Çinko noksanlığını gidermede kullanılan ZnSO<sub>4</sub>'ün bu kadar yaygın bir şekilde kullanılmasının nedeni, suda çözünürlüğünün kolay olmasının yanında, elde edilmesinin kolay ve ucuz olmasından kaynaklanmaktadır (Schulte ve Walsh, 1982; Mortvedt, 1991).

Çinko noksanlığını gidermede en sık olarak kullanılan Zn şelat ise ZnEDTA ( $\text{Na}_2\text{Zn}$ -ethylenediamine tetra-acetate)'dir. Çinko noksanlığını gidermede kullanılan organik kökenli Zn kaynağı ise ligno sulfonat, phenol ve polyflavonois'dir. Bu Zn kompleksleri ucuzdur, ancak, ZnEDTA'ya göre Zn noksanlığını gidermede daha az etkili olmaktadır (Mortvedt, 1979; Schulte ve Walsh, 1982).

Gezgin (1995)'nin yapmış olduğu bir çalışmada, ekmeklik buğdayda uygulanan çinko formunun önemli olduğu;  $\text{ZnSO}_4$  formunda verilen çinko gübresinin ekmeklik buğdayda tane verimini azalttığı, ZnEDTA formunda verilen çinko gübresinin ise en yüksek tane verimlerinin elde edildiğini saptamıştır.

Tahıllara yapraktan uygulanan Zn'nun sadece verimi arttırmadığı, aynı zamanda, danedeki Zn konsantrasyonunu da arttırdığına dair birçok çalışma olduğu ve bu yöntemle dane Zn konsantrasyonunu arttırmanın insan sağlığını da iyileştirmenin yanı sıra agronomik açıdan da birçok fayda sağlayacağı bildirilmiştir (Çakmak, 2008). İnorganik veya organik kökenli Zn kaynakları bitkilere yapraktan sprej şeklinde uygulamalarla Zn noksanlığını gidermede bir başka yöntem olarak kullanılmaktadır. Bu yolla yapılan Zn gübrelemesi, topraktan yapılan Zn uygulamalarına göre daha etkili ve hızlı olmaktadır. Bu çalışmada da buna bakılacaktır. Ayrıca, yaprak uygulaması ile bitki kökleri tarafından topraktan Zn alımını sınırlayan bazı toprak etmenlerinin de (fiksasyon, pH, tuzluluk gibi) önüne geçilmektedir (Takkar ve Walker, 1993). Martens ve Westermann (1991) tarafından yapılan bir çalışmada ise, dekara 50 ile 100 gram  $\text{ZnSO}_4$  veya 20 gram ZnEDTA formunda yapraktan Zn uygulamalarının Zn noksanlığını giderdiği bildirilmiştir.

Sade ve ark. (1996), farklı lokasyonlarda ve dozlarda yapraktan uygulama şeklinde yapılan çinko gübrelemesi denemesinde, ekmeklik buğdayda çinko dozlarının tane verimi üzerine etkisinin istatistiki yönden önemli olmadığını; bununla birlikte 10 kg/da hesabıyla  $\text{ZnSO}_4$  formundaki çinko gübresinin yapraktan uygulanması ile tüm lokasyonlarda tane veriminin belirli bir artış gösterdiğini belirlemişlerdir.

Yapılan başka bir çalışmada da, çinko noksanlığının görüldüğü topraklarda ekim öncesi buğday tohumlarına uygulanan %10, 25 ve 40 oranlarındaki  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  çözeltilisinin kontrole göre tane verimini ilk yıl sırasıyla %48, %69 ve %52, ikinci yıl ise %7, %17 ve %21 oranında arttırdığını belirtmişlerdir. (Yılmaz ve ark., 1997)

Çakmak (2008), yapraktan Zn uygulama zamanının, danedeki Zn konsantrasyonunu arttırmada çok önemli bir faktör olduğunu belirlemiştir. Öztürk ve ark. (2006) tarafından yürütülen ve tane olum aşamasında, buğday danesindeki Zn konsantrasyonu değişiminin izlendiği bir çalışmada, tanede en yüksek Zn konsantrasyonunun süt dolum döneminde gerçekleştiği bulunmuştur. Bu sebeple yürütülen bu çalışmada ise, yaprak uygulamaları çiçeklenme ve erken süt olum dönemi olmak üzere iki farklı dönemde uygulanacaktır.

Kutman ve ark. (2010) yürüttükleri bir çalışmada, topraktan ve yapraktan uygulanan N ve Zn gübrelerinin, Zn yönünden yetersiz toprakta yetiştirilen makarnalık buğday tanesindeki Zn birikimi üzerine etkilerini incelenmişler ve sonuç olarak; çinkonun yapraktan veya topraktan uygulanması ile tanenin Zn içeriğinin önemli derecede artırılmış olduğunu belirlemişlerdir.

Sonuçlardan da görüldüğü gibi, şimdiye kadar yapılan çalışmalarda, buğday çeşitlerine tanedeki Zn konsantrasyonunu arttırmak için yapraktan sadece  $ZnSO_4$  formu uygulanmıştır ve bunun etkilerine bakılmıştır. Yapılan bu araştırma ile buğday tanesinde Zn konsantrasyonu yükseltmek amacıyla hem topraktan hem de yapraktan farklı Zn form uygulamaları ve dozları altında yetiştirilen ekmeklik buğdayın verim ve tane Zn konsantrasyonundaki artışlar ortaya konulup, en etkin Zn formunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Sera denemelerinde kullanılan toprak materyali

Sabancı Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi (İstanbul) seralarında yürütülen saksı denemesinde kullanılan toprak materyali, bitkilere yararlı Zn konsantrasyonu düşük olduğu bilinen Eskişehir-Sultanönü bölgesinden getirilmiştir. Bu toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri aşağıdaki Çizelge 3.1’de verilmiştir. Toprağın DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn konsantrasyonu Çizelge 3.1’de görüldüğü üzere uluslararası düzeyde kabul gören kritik eksiklik sınırı olan 0,5 mg kg<sup>-1</sup> Zn’dan (Lindsay ve Norvell, 1978) çok düşüktür.

Çizelge 3.1. Sera denemelerinde kullanılan Eskişehir Sultanönü toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Element	Birim	Konsantrasyon	Analiz metodu
P	(mg kg <sup>-1</sup> )	3,63	NaHCO <sub>3</sub>
K	(mg kg <sup>-1</sup> )	255	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub>
Mg	(mg kg <sup>-1</sup> )	782	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub>
S	(mg kg <sup>-1</sup> )	14,1	0.025 M KCl
Zn	(mg kg <sup>-1</sup> )	0,13	DTPA
Fe	(mg kg <sup>-1</sup> )	2,73	DTPA
Mn	(mg kg <sup>-1</sup> )	2,45	DTPA
Cu	(mg kg <sup>-1</sup> )	0,75	DTPA
Org. Madde	(%)	1,5	Walkley-Black
CaCO <sub>3</sub>	(%)	18	Scheibler
pH	(1:2.5)	8,04	Toprak: su
Tuz	(mmhos/cm)	0,21	Toprak: su
Kil	(%)	34,2	Bouyoucos Hydrometer
Silt	(%)	30,3	Bouyoucos Hydrometer
Kum	(%)	35,5	Bouyoucos Hydrometer
Testür Sınıfı		CL	Bouyoucos Hydrometer

### 3.1.2 Sera denemelerinde kullanılan tohum materyali

Yüksek lisans tez çalışması kapsamında yürütülen sera denemelerinde kullanılan buğday çeşidi Adana-99 yazlık ekmeklik buğday çeşididir. Bu buğday çeşidinin genel özellikleri aşağıda kısaca özetlenmiştir:

**Adana 99:** Çukurova Bölgesi ve sahil kuşağı için önerilen bir çeşit olup tohumluk dağıtımı özel bir sektör tarafından yapılmaktadır. Orta erkenci, kışa ve kurağa orta derecede dayanıklı, yatmaya dayanıklı, tane dökmeyen bir çeşit olup harman olma kabiliyeti iyidir. 95-110 cm boyunda, sık kılçıklı olup beyaz tanelidir. Dekara verimi 600-800 kg'dır. 1000 tane ağırlığı 40-42 g'dır. Hektolitre ağırlığı 79-81 kg/hl; Sedimentasyon değeri 38; protein oranı %12-13; yumuşama değeri 80 olup ekmeklik kalitesi iyidir. Sarı pas ve Septoria'ya dayanıklı, kahverengi pasa orta derecede dayanıklı bir çeşittir.

### 3.2. Yöntem

Sera Denemeleri Sabancı Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi seralarında yürütülmüştür.

#### 3.2.1. Sera denemelerinin kurulması ve yürütülmesi

Denemeler, tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Sera denemelerinde Zn'ca eksik olduğu bilinen Eskişehir-Sultanönü toprağı kullanılmıştır. Denemede kullanılan her bir saksıya 3 kg toprak tartılmış ve kontrol koşullarında bitkilerin makro ve mikro besin elementlerince yeterli oranda beslenmesi için toprağa ekimden önce temel gübreleme olarak 200 mg kg<sup>-1</sup> N (başaklanma öncesi 100 mg kg<sup>-1</sup> N daha uygulanmıştır), 100 mg kg<sup>-1</sup> P ve 25 mg kg<sup>-1</sup> K uygulanmıştır. Sera denemelerinde, Zn'nun topraktan uygulandığı denemelerde kullanılan Zn dozları 0,05, 0,15, 0,45 ve 5 mg kg<sup>-1</sup> olup, Zn formları (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O), (ZnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O), (ZnO), (ZnEDTA) ve (ZnCl<sub>2</sub>) olarak uygulanmıştır. Sera denemelerinde kurulan yapraktan uygulama denemesinde temel gübrelemenin yanı sıra topraktan 0,45 mg kg<sup>-1</sup> ZnSO<sub>4</sub> verilmiştir. Zn'nun yapraktan uygulandığı denemelerde kullanılan Zn dozları ise; %0,1 mg kg<sup>-1</sup> (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) eşdeğerinde ve %0,3 mg kg<sup>-1</sup> (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) eşdeğerinde olup, Zn formları toprak denemesinde kullanılan formların aynısı

(ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O), (ZnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O), (ZnO), (ZnEDTA) ve (ZnCl<sub>2</sub>) olarak yapraktan uygulama yapılmıştır. Yapraktan uygulama 2 farklı dönemde yapılmıştır. İlk uygulama sapa kalkma döneminde yapılırken, ikinci uygulama ise erken süt olum döneminde tüm yapraklar ıslanacak ve toprağa akmayacak şekilde püskürtme yöntemi ile yapılmıştır.

Saksı başına 10 tohum ekilmiş ve çimlenmeden sonra bu sayı 5'e seyreltilmiştir. Bitkiler sapa kalkma döneminde iken yeşil aksama taşınan Zn'yu tespit etmek amacı ile ara hasat yapılmıştır. Bitkiler Zn simptomlarının şiddetine ve yeşil aksamda meydana gelen büyüme gerilemesine bağlı olarak hasat edilmiştir.

Bitkilerin su ihtiyacı hasat zamanına kadar saf su ile ve tarla kapasitesine yakın (%70 civarında) bir nem içeriğinde olacak şekilde yapılmıştır.

### **3.2.2. Bitki Analizleri**

#### **3.2.2.1. Mikro- makro element analizi**

Yeşil aksam örnekleme yapılan bitkiler saf su ile yıkanıp, 70 °C'ye ayarlanmış etüvde 48 saat sürede sabit ağırlığa ulaşana kadar kurutulmuştur. Kurutulan bitkilerin kuru ağırlıkları belirlenerek kuru madde verimleri tespit edilmiş ve örnekler daha sonra agat değirmeninde öğütülerek analize hazır duruma getirilmiştir. Öğütülmüş yeşil aksam örneklerinden 250 mg tartılarak yaş yakma metoduna göre CEM marka mikro dalga fırınında 2 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> - 5 ml HNO<sub>3</sub> asit karışımında yaklaşık bir saat 200 °C'de yakılma işlemine maruz bırakılmıştır. Yakma işleminin ardından örneklerin son hacmi 20 ml olacak şekilde saf su ile tamamlanmıştır. Örnekler daha sonra mavi bant filtre kağıdı ile süzülerek mikro ve makro elementler için (N dışında) ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emmission Spectrometer) cihazında Zn (213,8 nm dalga boyunda), Fe (234,3 nm dalga boyunda) ve P (213,6 nm dalga boyunda) analiz edilmiştir.

### **3.2.3. Bitkilerin yetiştirildiği ortamın özellikleri**

Bilgisayar kontrollü seralarda 20-24 °C gece-gündüz sıcaklığı ve %70-50 gece-gündüz nemi sağlanarak yürütülmüştür. Gece-gündüz saatleri, tüm denemelerde 8 saat gece ve 16 saat gündüz olacak şekilde programlanmıştır.

### **3.2.4. İstatistik Analizleri**

Denemeler, tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Elde edilen tüm rakamsal veriler JMP istatistik programı (Anonymous, 2002) kullanılarak varyans analiz tablosu oluşturulmuş ve elde edilen veriler arasındaki önemlilik kontrolü LSD %5 önemlilik düzeyi esas alınarak yapılmıştır.



## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Eskişehir-Sultanönü bölgesinden getirilen toprakla yürütülen sera denemelerinde topraktan ve yapraktan farklı Zn dozlarında uygulamalar yapılmıştır. Topraktan uygulama yapılan denemede kullanılan Zn dozları 0,05, 0,15, 0,45 ve 5 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Yapraktan belirli dönemlerde uygulanan Zn dozları ise, %0.1 ve %0.3 mg kg<sup>-1</sup> (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) eşdeğeri olarak yapraktan uygulama yapılmıştır. Deneme toprağının ekstrakte edilebilir Zn konsantrasyonu 0,13 mg kg<sup>-1</sup> olup, besin elementi bakımından oldukça fakirdir.

### 4.1. Topraktan Zn uygulanan deneme

Sera denemesinde, Zn'nun topraktan uygulandığı denemede kullanılan Zn dozları 0,05, 0,15, 0,45 ve 5 mg kg<sup>-1</sup> olup, Zn formları (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O), (ZnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O), (ZnO), (ZnEDTA) ve (ZnCl<sub>2</sub>) olarak uygulanmıştır.

#### 4.1.1. Vejetatif dönem örneklemesine ait sonuçlar

***Çinko eksiklik belirtileri*** : Ekmeklik buğday kullanılarak yürütülen denemede bitkinin Zn eksikliklerine karşı gösterdiği ilk karakteristik tepki, yeşil aksam büyümesinde ve yaprak büyüklüğünde azalmalardır. Zn eksikliğinde yeşil aksam büyümesinde meydana gelen azalmalardan sonra kahverengi nekrotik lekelerin ortaya çıkışı eksikliğin saptanmasında en çarpıcı gösterge olmaktadır (Şekil 1.1 ve Şekil 1.2).

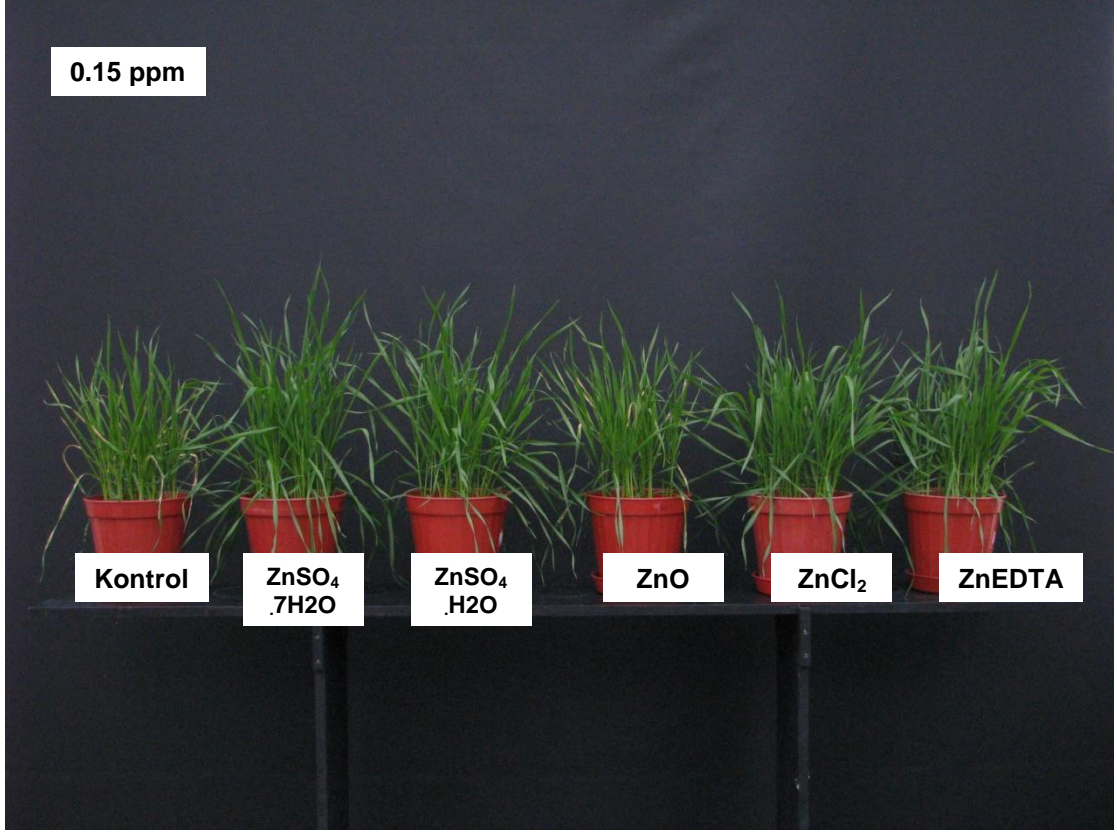
Bitkilerde Zn eksiklik belirtileri en çok yaprak büyümesinin durması ve boğum aralarındaki kısılma (rozetleşme) şeklinde görülmektedir. Bitkilerin Zn eksiklik belirtilerinin şiddet derecesi uygulanan Zn formlarına göre farklılık göstermektedir. En fazla eksiklik belirtisi çinkonun ZnO formunda görülürken, en az eksiklik belirtisi ise ZnEDTA formunda görülmektedir (Şekil 1.3 ve Şekil 1.4).



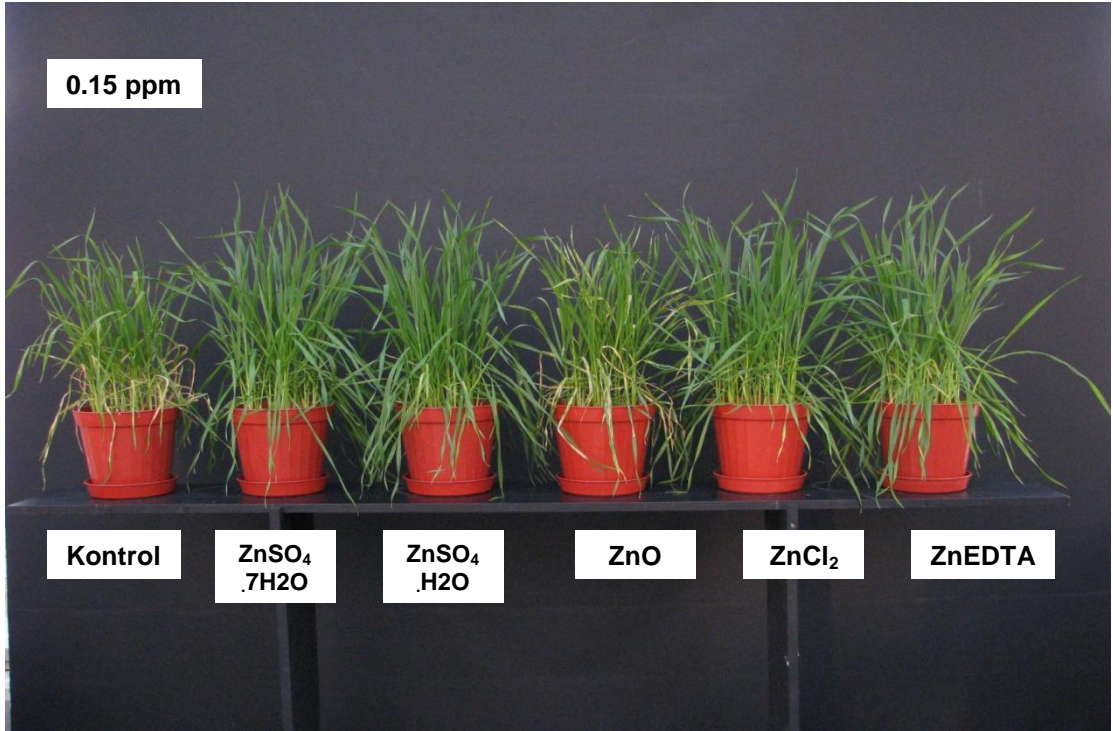
Şekil 1.1. Çinko eksiklik belirtileri (orjinal)



Şekil 1.2. Çinko eksiklik belirtileri (orjinal)



Şekil1.3. 0,15 ppm dozunda yetişen Adana 99 buğday bitkilerinin 37 günlük iken durumu



Şekil1.4. 0,15 ppm dozunda yetişen Adana 99 buğday bitkilerinin 47 günlük iken durumu

**Kuru madde verimi** : Bitkilerin vegetatif dönemde farklı Zn dozları ve formları uygulamaları altındaki kuru madde verim değerleri Çizelge 4.1 'de verilmiştir. Artan Zn uygulamalarına bağlı olarak çeşitlerin kuru maddesinde bir artış gözlenmiştir. Denemenin vegetatif döneminde bitkiler 49 günlük iken ara hasat yapılmış ve her uygulama dozunun bulunduğu 4 tekerrürlü saksıların her birinden 3 bitki hasat edilmiştir. Farklı Zn dozları ve form uygulamaları altındaki Adana 99 buğday çeşidinde kuru madde verim değerleri 0,94 ile 1,35 g bitki<sup>-1</sup> arasında değişiklik göstermektedir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı Zn formları ve dozları altında yetiştirilen Adana-99 buğday çeşidinin kuru madde verimi üzerine etkisi

Zn doz ( ppm )	Zn form	Kuru madde verimi ( g bitki <sup>-1</sup> )
0	Kontrol	0,78 ± 0,08 h
0,05	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0,98 ± 0,10 fg
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	1,04 ± 0,08 d-g
	ZnO	0,94 ± 0,07 g
	ZnEDTA	1,06 ± 0,09 d-g
	ZnCl <sub>2</sub>	1,03 ± 0,06 d-g
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>0,12</b>
0,15	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	1,05 ± 0,10 d-g
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	1,16 ± 0,06 b-e
	ZnO	1,03 ± 0,13 efg
	ZnEDTA	1,17 ± 0,09 bcd
	ZnCl <sub>2</sub>	1,27 ± 0,09 ab
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>0,15</b>
0,45	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	1,35 ± 0,21 a
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	1,29 ± 0,07 ab
	ZnO	1,10 ± 0,08 c-f
	ZnEDTA	1,25 ± 0,09 ab
	ZnCl <sub>2</sub>	1,34 ± 0,10 a
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>0,18</b>
5	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	1,29 ± 0,08 ab
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	1,26 ± 0,17 ab
	ZnO	1,26 ± 0,03 ab
	ZnEDTA	1,29 ± 0,09 ab
	ZnCl <sub>2</sub>	1,21 ± 0,12 abc
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>0,16</b>
<b>LSD 0,05**</b>		<b>0,144</b>

\* : LSD Zn form

\*\* : LSD Zn form x Zn doz

Toprağa uygulanan Zn dozlarında formlar arasında hafif farklılıklar gözlenirken ortalama olarak en fazla verim Zn'nun uygulanan en yüksek dozunda ( $5 \text{ mg kg}^{-1}$ ) tespit edilmiştir. Farklı Zn uygulamalarında bitki kuru madde veriminde belirgin artışlar olduğu Zn formları açısından ise ZnO dışında diğer Zn-SO<sub>4</sub>, EDTA, Cl<sub>2</sub> formları arasında belirgin bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.1).

Toprağa uygulanan Zn'nun kontrol uygulamasına göre verim artışları 0,05 ppm Zn uygulamasında ortalama %30, 0,15 ppm Zn uygulamasında %46, 0,45 ppm Zn uygulamasında %63 ve 5 ppm Zn uygulamasında ise %62 olduğu belirlenmiştir. Farklı Zn formlarının uygulanan Zn dozuna göre verim artışları ise ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, ZnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O, ZnO, ZnEDTA ve ZnCl<sub>2</sub>'de sırasıyla 0,05 ppm Zn uygulamasında %26, 34, 21, 36 ve 33 iken 0,15 ppm Zn uygulamasında %35, 49, 32, 51 ve 64 olduğu, 0,45 ppm Zn uygulamasında %73, 65, 42, 61, 72 iken 5 ppm Zn uygulamasında %66, 63, 62, 66 ve 56'lık olduğu belirlenmiştir.

Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı Zn uygulamaları altında yetiştirilen Adana-99 buğday çeşidinin kuru madde veriminin uygulanan Zn dozlarından  $0,45 \text{ mg kg}^{-1}$  ve  $5 \text{ mg kg}^{-1}$  da en yüksek kuru madde verimi elde edilmiştir.

***Yeşil aksamda Zn besin elementi konsantrasyonu ve içeriği :*** Toprağa artan dozlarda uygulanan Zn, Adana-99 çeşidinin vegetatif dönemdeki yeşil aksam Zn konsantrasyonunu beklenildiği gibi arttırmıştır. Bitkiler 49 günlükken gerçekleştirilen yeşil aksam örneklemede Zn konsantrasyonu Adana 99 çeşidinde  $7-39 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.2).

Toprağa uygulanan Zn'nun kontrol uygulamasına göre yeşil aksam Zn besin elementi artışları 0,05 ppm Zn uygulamasında ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O formunda %43, ZnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O formunda %22 ve ZnEDTA formunda ise %36 olduğu belirlenmiştir. 0,15 ppm Zn uygulamasında ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O formunda %5 Zn besin elementi artışı olduğu belirlenmiştir , 0,45 ppm Zn uygulamasında ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O formunda %18, ZnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O formunda %18, ZnEDTA formunda ise %26 ve ZnCl<sub>2</sub> formunda ise %9 Zn besin elementi artışı olduğu belirlenmiştir. 5 ppm Zn uygulamasında ise ZnO hariç diğer tüm formlarda ise iki katından fazla artış görülmüştür. Uygulanan ZnO formunda 5ppm dozunda % 5'lik bir Zn konsantrasyon artışı olurken, diğer dozlarda hiç artış olmadığı saptanmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı Zn uygulamaları altında yetiştirilen Adana-99 buğday çeşidinin yeşil aksamında Zn besin elementi konsantrasyonu

Zn doz ( ppm )	Zn form	Zn ( mg kg <sup>-1</sup> )	P ( % )	Fe ( mg kg <sup>-1</sup> )
0	Kontrol	10 ± 2 h-k	0,59 ± 0,15 a	82 ± 5 a
0,05	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	14 ± 2 e	0,44 ± 0,05 bcd	57 ± 5 c
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	12 ± 1 efg	0,48 ± 0,07 b	54 ± 5 cd
	ZnO	8 ± 1 jkl	0,66 ± 0,18 a	68 ± 11 b
	ZnEDTA	13 ± 3 ef	0,43 ± 0,03 bcd	59 ± 6 c
	ZnCl <sub>2</sub>	9 ± 0 h-l	0,41 ± 0,05 b-e	55 ± 3 cd
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>2,0</b>	<b>0,17</b>	<b>9</b>
0,15	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	10 ± 1 g-j	0,33 ± 0,02 efg	50 ± 2 de
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	10 ± 1 h-k	0,36 ± 0,02 d-g	47 ± 2 ef
	ZnO	7 ± 0 l	0,46 ± 0,06 bc	57 ± 6 c
	ZnEDTA	9 ± 0 l-l	0,34 ± 0,02 efg	46 ± 1 efg
	ZnCl <sub>2</sub>	9 ± 1 h-l	0,39 ± 0,04 c-f	47 ± 1 ef
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>1,7</b>	<b>0,11</b>	<b>5</b>
0,45	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	11 ± 1 fgh	0,29 ± 0,01 g	44 ± 3 fgh
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	11 ± 1 fgh	0,32 ± 0,03 fg	44 ± 0 fgh
	ZnO	8 ± 1 kl	0,39 ± 0,04 c-f	46 ± 2 efg
	ZnEDTA	12 ± 1 efg	0,34 ± 0,03 efg	43 ± 1 fgh
	ZnCl <sub>2</sub>	10 ± 0 ghı	0,34 ± 0,02 efg	42 ± 2 fgh
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>1,8</b>	<b>0,10</b>	<b>4</b>
5	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	32 ± 1 c	0,29 ± 0,02 g	39 ± 1 h
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	27 ± 3 d	0,33 ± 0,02 efg	39 ± 3 h
	ZnO	10 ± 1 g-j	0,35 ± 0,01 d-g	43 ± 3 fgh
	ZnEDTA	65 ± 3 a	0,34 ± 0,01 efg	41 ± 1 gh
	ZnCl <sub>2</sub>	39 ± 3 b	0,36 ± 0,03 d-g	41 ± 1 gh
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>3,6</b>	<b>0,10</b>	<b>5</b>
<b>LSD 0,05**</b>	<b>2,07</b>	<b>0,09</b>	<b>5</b>	

\* : LSD Zn form

\*\* : LSD Zn form x Zn doz

Artan Zn uygulamalarında Zn elementi konsantrasyonu en yüksek ZnEDTA formunda görülürken, en düşük olduğu form ise ZnO olarak görülmektedir. En yüksek olduğu doz ise, artan dozlarda uygulanan Zn'nun en yüksek olduğu dozda (5 mg kg<sup>-1</sup>) görülmüştür. Söz konusu değerlere bakıldığında artan düzeyde Zn uygulamaları, Zn konsantrasyonunu yüksek oranda arttırmıştır.

Bilindiği gibi bitkilerin yetiştirilmesinde fosfor ve çinko çok gerekli besin elementleridir. Bununla birlikte bunlar birlikte kullanıldığında birbirlerini zıt yönde etkileyebilirler. Bu ters etki genelde fosforun aşırı kullanıldığı durumlarda çinko eksikliği şeklinde karşımıza çıkarken, bazı durumlarda da çinkonun fazlalığı fosforda bir eksiklik yapmaktadır. Çizelge 4.2 'de de görüldüğü gibi, Zn konsantrasyon değeri artış gösterirken, Fe ve P konsantrasyonlarında düşüş gözlenmektedir.

Çizelge 4.3' de ise, sera koşullarında yetiştirilen Adana-99 buğday çeşidinin bitki başına Zn besin elementi içeriğinde genel olarak bir artış gözlenmektedir. Artan dozlarda uygulanan Zn'nun en yüksek olduğu dozda (5 mg kg<sup>-1</sup>), ZnEDTA formunda görülmektedir.

Çizelge 4.3. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı Zn uygulamaları altında yetiştirilen Adana-99 buğday çeşidinin bitki başına Zn içeriği

Zn doz ( ppm )	Zn form	Zn ( µg bitki <sup>-1</sup> )
0	Kontrol	7 ± 1 j
0,05	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	13 ± 2 e-h
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	12 ± 1 e-ı
	ZnO	8 ± 1 j
	ZnEDTA	14 ± 3 efg
	ZnCl <sub>2</sub>	10 ± 0 hij
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>1,9</b>
0,15	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	11 ± 1 f-j
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	11 ± 1 e-j
	ZnO	8 ± 1 j
	ZnEDTA	10 ± 1 g-j
	ZnCl <sub>2</sub>	12 ± 1 e-ı
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>1,7</b>
0,45	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	15 ± 2 e
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	15 ± 1 ef
	ZnO	9 ± 1 ij
	ZnEDTA	15 ± 1 e
	ZnCl <sub>2</sub>	14 ± 1 efg
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>2,2</b>
5	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	41 ± 2 c
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	34 ± 4 d
	ZnO	13 ± 1 e-h
	ZnEDTA	83 ± 8 a
	ZnCl <sub>2</sub>	48 ± 8 b
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>7,8</b>
	<b>LSD 0,05**</b>	<b>4,1</b>

\* : LSD Zn form, \*\* : LSD Zn form x Zn doz



Genel olarak, artışın uygulanan tüm dozlarda bitki başına toplam Zn alımındaki en fazla artışın ZnEDTA formunda olduğu belirlenirken, en az artış ise çinkonun ZnO formunda olduğu saptanmıştır. Bitki başına düşen Zn besin elementi içeriği kontrole göre 0,45 ppm Zn dozunda, ZnO formu hariç ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, ZnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O, ZnEDTA ve ZnCl<sub>2</sub> formlarında iki kata yakın artış gözlenmiştir.

#### **4.1.2. Generatif dönem örneklemesine ait sonuçlar**

***Tane verimi, sap-saman verimi ve hasat indeksi*** : Kurulan Zn form denemesinde bitkilerin olgunluk döneminde, ara hasattan sonra saksı içerisinde kalan 5 bitkide, bitkiler olgunluğu tamamlandığında hasat yapılmıştır. Denemede tane olum süreci tamamlandıktan sonra bitkiler başak ve sap kısımları olmak üzere hasat edilmiştir. Her saksıdan 5 bitki alınmış ve başaklar içerisinde taneler çıkarılmış ve bitki başına tane verimleri tespit edilmiştir.

Farklı Zn uygulamaları altındaki Adana 99 buğday çeşidinde tane verim değerleri 1,18-3,08 g bitki<sup>-1</sup> arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.4). Söz konusu çeşitte Zn uygulamaları arasında önemli farklılıklar gözlenirken en fazla verim Zn'nun en yüksek uygulandığı dozda görülmektedir.

Aynı Zn uygulamalarının olduğu koşullarda artan Zn dozlarına göre tane verimleri artış göstermektedir. Artan dozlarda uygulanan Zn formlarından ZnSO<sub>4</sub>, ZnCl<sub>2</sub> ve ZnEDTA formalarının tane verimdeki artış değerlerinin dozlar arasında ortalama seviye izlerken bu durum ZnO için farklılık göstermektedir. Bitkilerin olgunluk dönemindeki tane verim değerlerine bakıldığında çinkonun ZnO formu 0,15, 0,45 ve 5 mg kg<sup>-1</sup> dozlarında kontrol göre, bitki için hala çinko eksikliğinin devam ettiği görülmektedir.



Çizelge 4.4. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı Zn uygulamaları altında yetiştirilen Adana-99 buğday çeşidinin olgunluk dönemindeki tane verim değerleri

Zn doz ( ppm )	Zn form	Tane verimi ( g bitki <sup>-1</sup> )
0	Kontrol	1,39 ± 0,31 no
0,05	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	1,95 ± 0,2 jkl
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	1,79 ± 0,15 kl
	ZnO	1,18 ± 0,1 o
	ZnEDTA	1,68 ± 0,35 lmn
	ZnCl <sub>2</sub>	1,75 ± 0,23 klm
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>0,33</b>
0,15	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	2,17 ± 0,35 g-j
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	1,92 ± 0,21 jkl
	ZnO	1,43 ± 0,28 mno
	ZnEDTA	2,31 ± 0,27 f-l
	ZnCl <sub>2</sub>	2,15 ± 0,19 hij
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>0,42</b>
0,45	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	2,46 ± 0,18 e-h
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	2,38 ± 0,12 e-h
	ZnO	2,04 ± 0,2 ijk
	ZnEDTA	2,89 ± 0,05 abc
	ZnCl <sub>2</sub>	2,56 ± 0,19 c-f
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>0,30</b>
5	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	2,69 ± 0,17 b-e
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	2,97 ± 0,22 ab
	ZnO	2,50 ± 0,46 d-g
	ZnEDTA	2,82 ± 0,04 a-d
	ZnCl <sub>2</sub>	3,08 ± 0,19 a
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>0,41</b>
	<b>LSD 0,05**</b>	<b>0,33</b>

\* : LSD Zn form

\*\* : LSD Zn form x Zn doz

Bitkiye topraktan 0,15 mg kg<sup>-1</sup> dozunda uygulanan ZnEDTA formunun tane veriminde, kontrolün tane verimine göre %66 civarında bir artış gözlenirken bu değer ZnO formunda yaklaşık %2 civarındadır. Buğdaya 0,45 ve 5 mg kg<sup>-1</sup> dozunda uygulanan ZnEDTA formunun tane verimleri üzerine bakacak olursak, kontrolün tane verimine göre oldukça arttığı gözlenmektedir.

Denemedeki buğday çeşidinin farklı Zn uygulamaları altındaki sap-saman verimleri ve hasat indeksi Çizelge 4.5 'de verilmiştir. Farklı Zn uygulamaları altındaki Adana 99 buğday çeşidinde sap-saman verim değerleri 3,29-4,32 g bitki<sup>-1</sup> arasında değişiklik göstermektedir.

Çizelge 4.5. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı Zn uygulamaları altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin olgunluk dönemindeki sap-saman verimi ve hasat indeksi.

Zn doz ( ppm )	Zn form	Sap saman verimi ( g bitki <sup>-1</sup> )	Hasat indeksi ( % )
0	Kontrol	3,29 ± 0,5 d	30 ± 2 j
0,05	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	3,66 ± 0,2 cd	35 ± 3 e-i
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	3,85 ± 0,3 bc	32 ± 3 g-j
	ZnO	3,58 ± 0,2 cd	25 ± 2 k
	ZnEDTA	3,40 ± 0,2 d	33 ± 6 e-j
	ZnCl <sub>2</sub>	4,00 ± 0,5 abc	31 ± 5 ij
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>0,54</b>	<b>5,2</b>
0,15	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	3,99 ± 0,3 abc	35 ± 4 d-i
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	4,24 ± 0,2 ab	31 ± 3 hij
	ZnO	3,59 ± 0,5 cd	28 ± 5 jk
	ZnEDTA	4,24 ± 0,4 ab	35 ± 4 d-h
	ZnCl <sub>2</sub>	4,12 ± 0,1 ab	34 ± 3 e-i
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>0,54</b>	<b>5,8</b>
0,45	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	4,31 ± 0,2 a	36 ± 1 c-g
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	4,32 ± 0,4 a	36 ± 3 d-h
	ZnO	4,21 ± 0,3 ab	33 ± 3 f-j
	ZnEDTA	4,30 ± 0,2 a	40 ± 1 abc
	ZnCl <sub>2</sub>	4,30 ± 0,1 a	37 ± 2 b-e
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>0,50</b>	<b>3,6</b>
5	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	4,14 ± 0,4 ab	40 ± 3 a-d
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	4,30 ± 0,2 a	41 ± 2 ab
	ZnO	4,23 ± 0,4 ab	37 ± 3 b-f
	ZnEDTA	4,14 ± 0,1 ab	41 ± 1 abc
	ZnCl <sub>2</sub>	4,20 ± 0,2 ab	42 ± 2 a
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>0,50</b>	<b>3,9</b>
	<b>LSD 0,05**</b>	<b>0,44</b>	<b>4,6</b>

\* : LSD Zn form

\*\* : LSD Zn form x Zn doz

Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı Zn uygulamaları altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin sap-saman veriminde uygulanan tüm dozlarda ve formlarda artış gözlenmektedir. Kontrolün sap-saman verimi 3,29 g bitki<sup>-1</sup> olarak belirlenirken, buğdaya 0,45 mg kg<sup>-1</sup> dozunda uygulanan ZnSO<sub>4</sub> formunun sap-saman verimi kontrolün değerine göre %31 artış saptanmıştır.

Adana 99 buğday çeşidinde hasat indeksi değerlerine bakıldığında bütün Zn uygulamaları altında sonuçların birbirlerine yakın değerler aldığı görölmektedir. Uygulanan Zn dozlarının hasat indeksi üzerinde fark yaratacak bir etkisinin olmadığı gözlenmektedir. En yüksek hasat indeksi 5 mg kg<sup>-1</sup> Zn uygulamasında, en düşük hasat indeksi ise 0,05 mg kg<sup>-1</sup> Zn uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Bitkilerin, hasat indeksine baktığımız zaman, denemede kullanılan tüm dozlarda, uygulanan tüm Zn formları arasından ZnO formunda bir artış gözlenmezken, uygulanan ZnEDTA formu ise tüm dozlarda artış göstermektedir. Uygulanan ZnEDTA formunun hasat indeksindeki artış kontrole göre yaklaşık olarak sırasıyla; 0,05 mg kg<sup>-1</sup> Zn dozunda %10 , 0,15 mg kg<sup>-1</sup> Zn dozunda %16 , 0,45 mg kg<sup>-1</sup> Zn dozunda %33 ve 5 mg kg<sup>-1</sup> Zn dozunda da %36 olarak belirlenmiştir.

***Tanede Zn besin elementi konsantrasyonu ve içeriği*** : Toprağa artan dozlarda uygulanan Zn, Adana-99 çeşidinin olgunluk dönemindeki tane Zn konsantrasyonunu beklendiği gibi yaklaşık 2 kat arttırmıştır (Çizelge 4.6). Bitkiler olgunluğa ulaştıkları dönemde gerçekleştirilen tane örneklemede Zn konsantrasyonu Adana 99 çeşidinde 14-52 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişim göstermektedir (Çizelge 4.6).

Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı Zn uygulamaları altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin tane Zn besin elementi konsantrasyonlarına bakıldığında, uygulanan 0,45 ppm ve 5 ppm dozlarında önemli artışlar gözlenmektedir. Uygulanan 0,45 ppm dozunda ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O ve ZnEDTA formunda kontrole göre %28 artış olurken, ZnO formunda ise herhangi bir artış gözlenmezken gizli noksanlık söz konusudur. Uygulanan 5 ppm dozunda ise, kontrole göre, ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, ZnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O, ZnEDTA ve ZnCl<sub>2</sub> formlarında tane Zn besin elementi konsantrasyonlarında üç katı kadar artış saptanmıştır. ZnO formunda ise %7 gibi düşük bir oranda artış olmuştur.

Toprakta fosfor miktarı azaldıkça bitkilerin çinko düzeyinde artış görülmektedir. Çizelge 4.6'da da olduğu gibi, tane Zn konsantrasyon değeri artış gösterirken, Fe ve P konsantrasyonlarında düşüş gözlenmektedir.

Çizelge 4.6. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı Zn uygulamaları altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin tane Zn besin elementi konsantrasyonları.

Zn doz ( ppm )	Zn form	Zn ( mg kg <sup>-1</sup> )	P ( % )	Fe ( mg kg <sup>-1</sup> )
0	Kontrol	14 ± 0 def	0,50 ± 0,01 bcd	40 ± 5 abc
0,05	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	15 ± 1 c-f	0,53 ± 0,03 abc	39 ± 3 a-d
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	15 ± 1 c-f	0,53 ± 0,01 abc	41 ± 6 a
	ZnO	13 ± 1 def	0,52 ± 0,02 abc	38 ± 2 a-e
	ZnEDTA	14 ± 1 c-f	0,54 ± 0,01 ab	37 ± 4 a-f
	ZnCl <sub>2</sub>	15 ± 2 c-f	0,53 ± 0,01 abc	40 ± 4 ab
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>2</b>	<b>0,02</b>	<b>6</b>
0,15	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	17 ± 2 cde	0,54 ± 0,01 ab	35 ± 2 b-g
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	13 ± 1 ef	0,52 ± 0,03 abc	32 ± 1 fgh
	ZnO	14 ± 2 c-f	0,53 ± 0,03 ab	39 ± 5 a-e
	ZnEDTA	16 ± 1 c-f	0,53 ± 0,02 abc	36 ± 5 b-g
	ZnCl <sub>2</sub>	12 ± 2 f	0,49 ± 0,08 cde	32 ± 5 gh
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>3</b>	<b>0,06</b>	<b>7</b>
0,45	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	18 ± 2 cd	0,47 ± 0,02 def	28 ± 3 h
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	16 ± 1 c-f	0,51 ± 0,02 a-d	31 ± 4 gh
	ZnO	12 ± 2 f	0,55 ± 0,02 a	35 ± 2 b-g
	ZnEDTA	18 ± 2 c	0,52 ± 0,03 abc	33 ± 3 fgh
	ZnCl <sub>2</sub>	14 ± 1 c-f	0,53 ± 0,01 abc	33 ± 2 fgh
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>2</b>	<b>0,03</b>	<b>6</b>
5	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	49 ± 9 a	0,46 ± 0,03 ef	34 ± 5 d-g
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	39 ± 4 b	0,49 ± 0,02 cde	35 ± 4 c-g
	ZnO	15 ± 0 c-f	0,52 ± 0,04 abc	33 ± 3 e-h
	ZnEDTA	52 ± 7 a	0,44 ± 0,04 f	33 ± 3 e-h
	ZnCl <sub>2</sub>	38 ± 5 b	0,43 ± 0,05 f	34 ± 4 d-g
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>9</b>	<b>0,05</b>	<b>7</b>
<b>LSD 0,05**</b>	<b>4</b>	<b>0,04</b>	<b>5</b>	

\* : LSD Zn form

\*\* : LSD Zn form x Zn doz

Tane Zn konsantrasyonunda artan Zn uygulamalarına karşı önemli düzeyde artış gözlenmektedir. Çizelge 4.6. 'da da görüldüğü gibi, yaklaşık olarak her dozda ZnEDTA formu Zn element konsantrasyonu en yüksek iken, ZnO formunda en düşüktür. En yüksek Zn

element konsantrasyonu  $5 \text{ mg kg}^{-1}$  dozunda uygulanan ZnEDTA formunda ( $52 \text{ mg kg}^{-1}$ ) görülmektedir (Çizelge 4.6).

Söz konusu çeşitte tane Zn miktarı  $4\text{-}19 \text{ } \mu\text{g tane}^{-1}$  arasında değişim göstermektedir (Çizelge 4.7). Ayrıca tane başına toplam Zn miktarları beklendiği gibi Zn'nun en fazla uygulandığı dozda ( $5 \text{ mg kg}^{-1}$ ) görülmektedir.

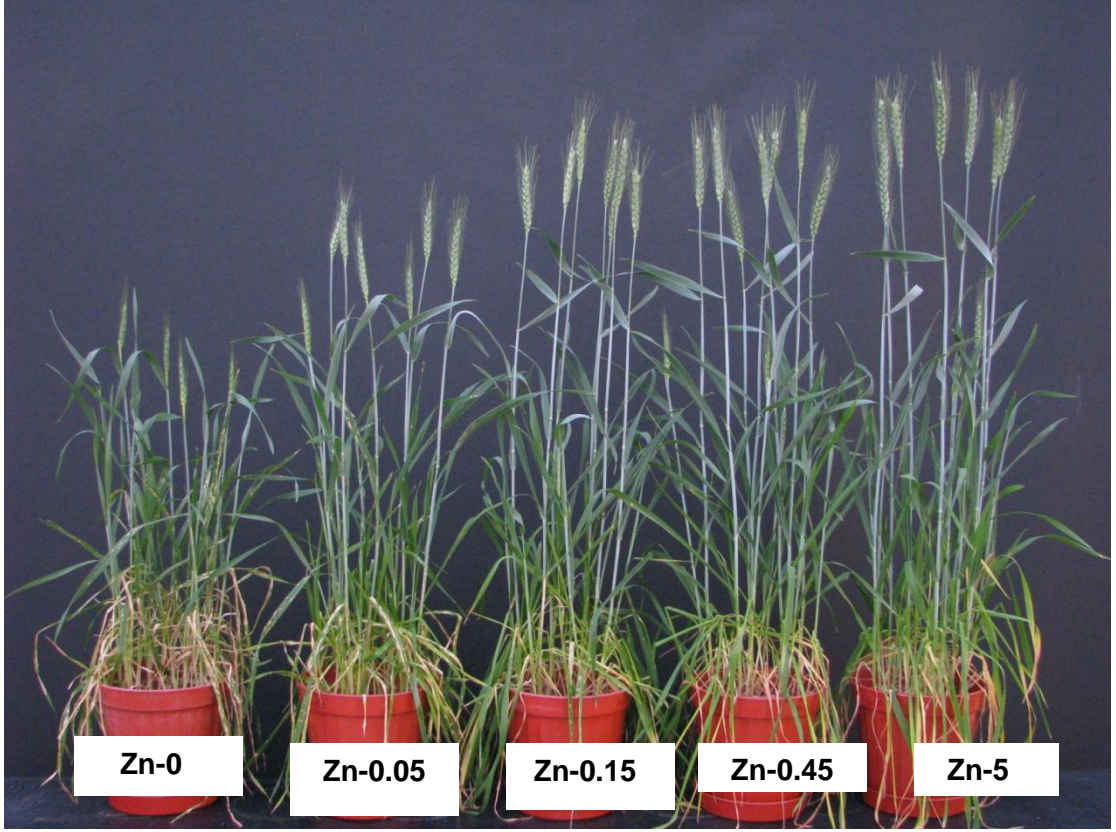
Çizelge 4.7. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı Zn uygulamaları altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin tanede Zn besin elementi içeriği.

Zn doz ( ppm )	Zn form	Zn ( $\mu\text{g tane}^{-1}$ )
0	Kontrol	$5 \pm 0$ cde
0,05	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	$5 \pm 1$ cde
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	$5 \pm 0$ cde
	ZnO	$5 \pm 1$ de
	ZnEDTA	$5 \pm 0$ cde
	ZnCl <sub>2</sub>	$5 \pm 1$ cde
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>1</b>
0,15	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	$6 \pm 1$ cd
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	$4 \pm 0$ e
	ZnO	$5 \pm 1$ de
	ZnEDTA	$6 \pm 0$ cde
	ZnCl <sub>2</sub>	$4 \pm 1$ e
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>1</b>
0,45	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	$6 \pm 1$ c
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	$6 \pm 0$ cde
	ZnO	$4 \pm 1$ e
	ZnEDTA	$6 \pm 1$ c
	ZnCl <sub>2</sub>	$5 \pm 0$ de
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>1</b>
5	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	$19 \pm 3$ a
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	$14 \pm 2$ b
	ZnO	$5 \pm 0$ cde
	ZnEDTA	$19 \pm 2$ a
	ZnCl <sub>2</sub>	$14 \pm 2$ b
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>3</b>
	<b>LSD 0,05**</b>	<b>2</b>

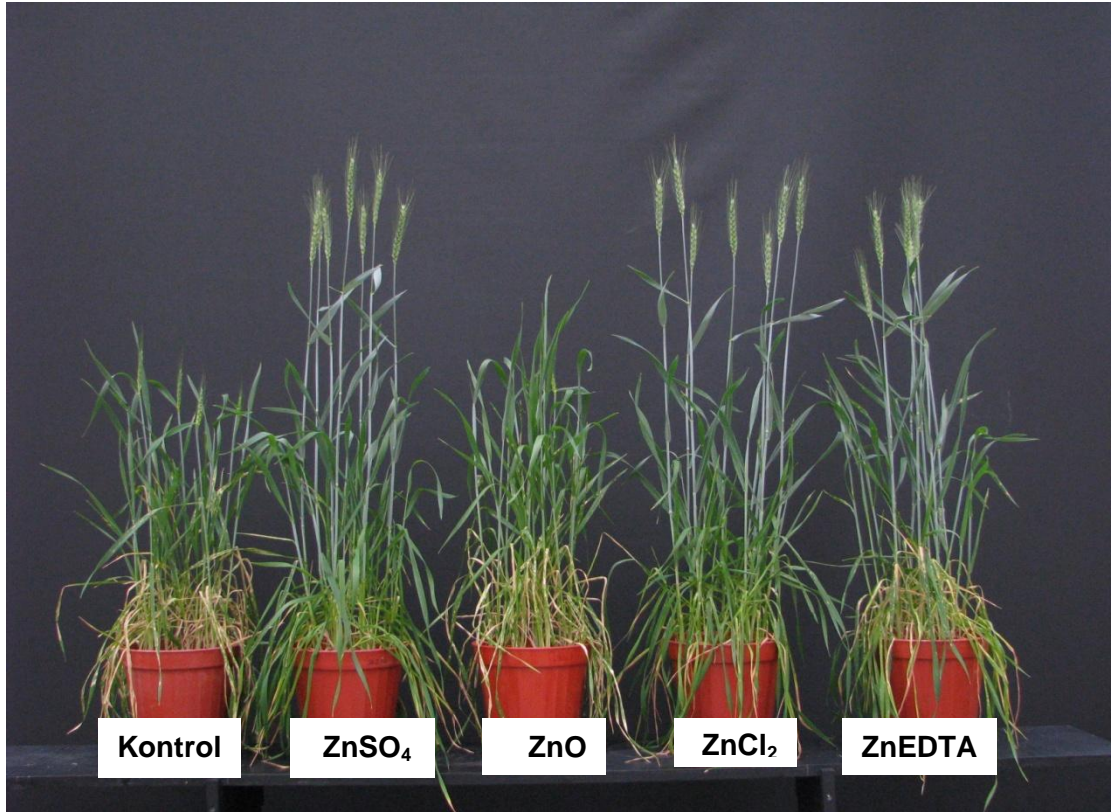
\* : LSD Zn form

\*\* : LSD Zn form x Zn doz

Bitki başına Zn miktarlarında en fazla değerlere Zn'nun en yüksek uygulandığı dozda ( $5 \text{ mg kg}^{-1}$ ) rastlanmaktadır. Farklı Zn uygulamaları altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin tanede Zn besin elementi içeriğine baktığımız zaman, ZnEDTA'nın  $0,15 \text{ mg kg}^{-1}$  ve  $0,45 \text{ mg kg}^{-1}$  dozlarında kontrole göre sırasıyla, %14 ve %30 artış olurken,  $5 \text{ mg kg}^{-1}$  dozunda ise tanede Zn besin elementi içeriği kontrole oranla iki kat artış belirlenmiştir.



Şekil 2.1. Sera koşullarında  $ZnSO_4$ ' ün artan dozlarında büyüyen Adana 99 buğday bitkileri



Şekil 2.2. Sera koşullarında 0,15 ppm dozuna eşdeğer miktarda uygulanan Zn formlarının büyüme üzerine etkisi

## 4.2. Yapraktan Zn uygulanan deneme

Tesadüf Blokları deneme deseninde, 4 tekerrürlü olarak yapraktan beş farklı uygulama olacak şekilde denemeler kurulmuştur. Zn'nun yapraktan uygulandığı denemelerde kullanılan Zn miktarları ise; %0,1 ve %0,3 ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O eşdeğerinde olup, kullanılan Zn formları toprak denemesinde kullanılan formların aynısı ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, ZnSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O, ZnO, ZnEDTA ve ZnCl<sub>2</sub>'dür.

**Tane verimi, sap-saman verimi ve hasat indeksi :** Adana 99 ekmeklik buğday çeşidiyle kurulan Zn formu yapraktan uygulama denemesinde bitkilerin olgunluk döneminde, saksı içerisinde kalan 5 bitkide, bitkiler olgunluğa ulaştıklarında hasat yapılmıştır.

Denemede tane olum süreci tamamlandıktan sonra bitkiler başak ve sap kısımları olmak üzere ayrı ayrı hasat edilmiştir. Her saksıdan 5 bitki alınmış ve başaklar içerisinde taneler çıkarılmış ve bitki başına tane verimleri tespit edilmiştir. Yapraktan farklı Zn uygulamaları altındaki Adana 99 buğday çeşidinde tane verim değerleri 2,78-3,42 g bitki<sup>-1</sup> arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Farklı Zn formları ve dozlarında yapraktan uygulanarak yetiştirilen Adana-99 buğday çeşidinin olgunluk dönemindeki tane verim değerleri

Zn doz ( ppm )	Zn form	Tane verimi ( g bitki <sup>-1</sup> )
0	Kontrol	3,03 ± 0,17 bcd
%0,1 ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	3,22 ± 0,14 ab
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	3,35 ± 0,02 a
	ZnO	2,78 ± 0,38 d
	ZnEDTA	2,87 ± 0,26 cd
	ZnCl <sub>2</sub>	3,32 ± 0,16 ab
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>0,33</b>
%0,3 ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	3,39 ± 0,21 a
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	3,21 ± 0,20 ab
	ZnO	3,28 ± 0,05 ab
	ZnEDTA	3,42 ± 0,09 a
	ZnCl <sub>2</sub>	3,16 ± 0,29 abc
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>0,31</b>
	<b>LSD 0,05**</b>	<b>0,30</b>

\* : LSD Zn form

\*\* : LSD Zn form x Zn doz



Denemedeki buğday çeşidinin farklı Zn uygulamaları altındaki sap-saman verimleri ve hasat indeksi Çizelge 4.9. 'da verilmiştir. Farklı Zn uygulamaları altındaki Adana 99 buğday çeşidinde sap-saman verim değerleri 4,72-5,37 g bitki<sup>-1</sup> arasında değişiklik göstermektedir.

Çizelge 4.9. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı Zn formları ve dozlarında yapraktan uygulanarak yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin olgunluk döneminde sap-saman verimi ve hasat indeksi.

Zn doz ( ppm )	Zn form	sap saman verimi ( g bitki <sup>-1</sup> )	hasat indeksi ( % )
0	Kontrol	5,37 ± 0,22 a	36 ± 2 c
%0,1 ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	4,74 ± 0,36 c	40 ± 2 a
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	4,88 ± 0,32 bc	41 ± 2 a
	ZnO	5,24 ± 0,12 ab	35 ± 4 c
	ZnEDTA	4,81 ± 0,20 c	37 ± 2 bc
	ZnCl <sub>2</sub>	4,80 ± 0,46 c	41 ± 2 a
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>0,46</b>	<b>4</b>
%0,3 ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	4,72 ± 0,19 c	42 ± 1 a
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	4,92 ± 0,21 bc	40 ± 2 ab
	ZnO	5,00 ± 0,14 abc	40 ± 1 ab
	ZnEDTA	4,97 ± 0,30 bc	41 ± 1 a
	ZnCl <sub>2</sub>	4,93 ± 0,39 bc	39 ± 3 ab
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>0,38</b>	<b>3</b>
	<b>LSD 0,05**</b>	<b>0,39</b>	<b>3</b>

\* : LSD Zn form

\*\* : LSD Zn form x Zn doz

Bitkinin hasat indeksi değerlerine bakıldığında bütün Zn uygulamaları altında sonuçların birbirlerine yakın değerler aldığı görülmektedir. Uygulanan Zn dozlarının hasat indeksi üzerinde fark yaratacak bir etkisinin olmadığı gözlenmektedir. Kontrole göre, en yüksek hasat indeksi yapraktan %0,3 ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O dozuna eşdeğer Zn uygulanan ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O formunda, en düşük hasat indeksi ise %0,1 ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O dozuna eşdeğer Zn uygulanan ZnO formu uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

**Tanede Zn besin elementi konsantrasyonu ve içeriği** : Yapraktan artan dozlarda uygulanan Zn, bitkinin olgunluk dönemindeki tane Zn konsantrasyonunu beklenildiği gibi arttırmıştır (Çizelge 4.10). Bitkiler olgunlaştığında gerçekleştirilen tane örneklemeinde Zn

konsantrasyonu Adana 99 çeşidinde 14-42 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişim göstermektedir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı Zn formları ve dozlarında yapraktan uygulanarak yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin tane Zn besin elementi konsantrasyonları.

Zn doz ( ppm )	Zn form	Zn ( mg kg <sup>-1</sup> )	P ( % )	Fe ( mg kg <sup>-1</sup> )
0	Kontrol	14 ± 2 g	0,49 ± 0,01 ab	29 ± 1 de
%0,1 ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	24 ± 2 de	0,48 ± 0,02 ab	32 ± 4 b-e
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	23 ± 2 de	0,48 ± 0,02 ab	30 ± 0 cde
	ZnO	16 ± 1 fg	0,51 ± 0,02 a	31 ± 5 b-e
	ZnEDTA	20 ± 4 ef	0,50 ± 0,04 ab	30 ± 2 cde
	ZnCl <sub>2</sub>	29 ± 5 bc	0,46 ± 0,04 b	32 ± 2 b-e
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>4</b>	<b>0,05</b>	<b>5</b>
%0,3 ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	32 ± 2 b	0,48 ± 0,01 ab	34 ± 1 ab
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	32 ± 5 b	0,50 ± 0,02 ab	33 ± 2 abc
	ZnO	15 ± 1 g	0,50 ± 0,01 ab	29 ± 2 e
	ZnEDTA	26 ± 2 cd	0,50 ± 0,02 ab	32 ± 2 a-d
	ZnCl <sub>2</sub>	42 ± 6 a	0,50 ± 0,05 ab	35 ± 1 a
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>5</b>	<b>0,04</b>	<b>3</b>
<b>LSD 0,05**</b>	<b>5</b>	<b>0,04</b>	<b>3</b>	

\* : LSD Zn form

\*\* : LSD Zn form x Zn doz

Tane Zn konsantrasyonunda artan Zn uygulamalarına karşı önemli düzeyde artış gözlenmektedir. Çizelge 4.11’de de görüldüğü gibi, yapraktan uygulanan Zn formlarından ZnCl<sub>2</sub> formunun Zn element konsantrasyonu en yüksek iken, ZnO formunda en düşüktür. En yüksek Zn element konsantrasyonu %0,3 ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O dozuna eşdeğer Zn uygulanan ZnCl<sub>2</sub> formunda (42 mg kg<sup>-1</sup>) görülmektedir.

Söz konusu çeşitte tane Zn miktarı 0,60-1,60 µg tane<sup>-1</sup> arasında değişim göstermektedir (Çizelge 4.11). Ayrıca tane başına toplam Zn miktarları Zn’nun en fazla uygulandığı dozda %0,3 ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O ppm dozunda uygulanan ZnCl<sub>2</sub> formunda olduğu (1,60 mg kg<sup>-1</sup>) bulunmuştur.

Çizelge 4.11. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı Zn formları ve dozlarında yapraktan uygulanarak yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin tanede Zn besin elementi içeriği.

Zn doz ( ppm )	Zn form	Zn ( $\mu\text{g tane}^{-1}$ )
0	Kontrol	0,6 $\pm$ 0,1 g
%0,1 ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0,9 $\pm$ 0,1 de
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	1,0 $\pm$ 0,1 cde
	ZnO	0,6 $\pm$ 0,1 fg
	ZnEDTA	0,8 $\pm$ 0,2 ef
	ZnCl <sub>2</sub>	1,2 $\pm$ 0,2 bc
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>0,2</b>
%0,3 ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	1,3 $\pm$ 0,1 b
	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	1,3 $\pm$ 0,2 b
	ZnO	0,6 $\pm$ 0,0 fg
	ZnEDTA	1,0 $\pm$ 0,1 cd
	ZnCl <sub>2</sub>	1,6 $\pm$ 0,2 a
	<b>LSD 0,05*</b>	<b>0,2</b>
	<b>LSD 0,05**</b>	<b>0,2</b>

\* : LSD Zn form

\*\* : LSD Zn form x Zn doz

Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı Zn formları ve dozlarında yapraktan uygulanarak yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin tanede Zn besin elementi içeriğine baktığımız zaman, ZnCl<sub>2</sub>' ün %0,1 ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O ppm ve %0,3 ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O ppm dozlarında kontrole göre iki kat artış belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Sonuçlar, Adana 99 ekmeklik buğday çeşidinde uygulanan Zn formları ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ), ( $ZnSO_4 \cdot H_2O$ ), ( $ZnO$ ), ( $ZnEDTA$ ), ( $ZnCl_2$ ) arasında önemli farklılığın olduğunu ve bu farklılığın uygulanan Zn dozları (0,05, 0,15, 0,45 ve 5 mg kg<sup>-1</sup>) arasında da bulunduğunu göstermektedir. Çinko eksikliği koşullarında, Adana 99 çeşidinde, boy kısalması ve yapraklar üzerindeki kahverengi-beyazımsı nekrotik lekeler ve yeşil aksam kuru ağırlığındaki azalmalar daha belirgin bir şekilde görülmüştür. Yaprakta veya tüm yeşil aksamda aynı veya çok benzer miktarda Zn konsantrasyonuna sahip olmasına karşın, değişik çinko formlarında büyüyen bitkilerin ağırlıkları ve Zn eksikliğine toleransı farklı bulunmuştur. Bu durum, bitkideki Zn eksikliği koşullarında total Zn konsantrasyon sonuçlarının çok dikkatli yorumlanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu amaçla total Zn'nun yanı sıra suda çözünür Zn veya Zn bağımlı enzim aktivitelerinin ölçümünde yarar vardır (Çakmak, 1989) .

Çinkonun bitkideki en önemli fonksiyonu protein sentezine doğrudan katılması ve 300'den fazla enzimin etkinliğinde doğrudan veya dolaylı olarak rol almasıdır (Marschner, 1995; Çakmak, 2000). Çinkonun, birçok enzim sisteminde düzenleyici rol oynaması, nükleik asit sentezi, klorofil ve karbonhidrat üretimi ile auxin adlı bitki hormonunun metabolizmasında kullanılması nedeniyle bitki beslemede rolü büyüktür. Çinko, hücre yaşlanmasında ve tahribatında belirleyici rolü olan toksik O<sub>2</sub> radikallerine karşı hücrenin en önemli koruyucuları arasında yer almaktadır (Çakmak ve Marschner, 1988; Marschner ve Çakmak, 1989). Çinkonun yer aldığı enzimlerden biri de süperoksit dismutaz' dır (SOD). Bu enzim son derece toksik olan süperoksit radikallerini yok etmekte ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'yi parçalayan enzimlerle birlikte hücreleri oksidatif tahribata karşı korumaktadır. Ayrıca Zn eksikliğinde Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi azalmakta ve süperoksit radikalleri (O<sub>2</sub>) artmaktadır (Çakmak ve Marschner, 1988; Marschner ve Çakmak, 1989).

Toprağın fosfor kapsamı ile çinkonun yarayırlılığı arasında yakın bir ilişki olduğu saptanmıştır. Çizelge 4.2'de de görüldüğü gibi, Zn konsantrasyon değeri artış gösterirken, Fe ve P konsantrasyonlarında düşüş gözlenmektedir. Erdal ve Kocakaya (2003)'nın yapmış olduğu bir çalışmada, buğday bitkisinin gelişme dönemlerinde Zn

konsantrasyonlarına bakılmış ve uygulanan gübre dozu ile orantılı olduğu saptamıştır. Ayrıca, Zn uygulaması ile bitkinin Zn konsantrasyonu her gelişme döneminde arttığı, buna karşılık fosfor konsantrasyonunun azaldığını belirlemişlerdir.

Yürütülen sera denemelerinde uygulamaların tane Zn konsantrasyonu üzerine etkileri incelendiğinde; farklı doz ve zamanlarda, yapraktan çinko (yapraktan %0,1 ve %0,3  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ) ile topraktan çinko uygulamasının (0,05, 0,15, 0,45 ve 5  $mg\ kg^{-1}$ ) tane Zn konsantrasyonu üzerine etkisi incelenmiştir. Genel olarak, yapraktan ve topraktan Zn form uygulamalarının tane Zn konsantrasyonu üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Yapraktan farklı zamanlarda yapılan uygulamaların her iki (%0,1 ve %0,3  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ) dozunda da en yüksek artış çinkonun  $ZnCl_2$  formunda olurken, en az artışın çinkonun  $ZnO$  formunda görülmektedir. Toprakdan uygulanan Zn formlarında ise en az artış yapraktan uygulamalarda da olduğu gibi çinkonun  $ZnO$  formunda olduğu tespit edilmiştir.

Uygulamaların tane Zn besin elementi konsantrasyonu üzerine etkilerinin çiçeklenme sonrası dönemde daha önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.6). Marschner (1995), yapraklarda biriken fotoasimilantların, tane ve meyveye gönderilmesi, doğal yaşlanma sırasında (senesens) generatif dönemde oluşan fizyolojik bir mekanizma olduğunu belirtmiştir. Tane dolum döneminde bitki vejetatif kısımlarından (yaprak ve sap-saman) Zn taşınırken (gönderilirken) tanenin Zn verimi yükselmektedir (Çizelge 4.4).

Yapraktan Zn uygulandıktan sonra tanede Zn birikiminin yükselmesi, Zn'nun floem dokusunda kolayca taşındığını göstermektedir. Çinkonun vejetatif aksamdan tekrar tane içine taşınması, tanede Zn birikimi açısından önemli bir mekanizmadır. Haslett ve ark. (2001) ve Erenoğlu ve ark. (2002), Zn'nun floem dokusundaki hızlı hareket ettiğini buğday bitkisinde saptamışlardır. Çinko'nun taneye taşınmasında Zn'nun floeme yüklenmesi ve uzun mesafe taşınımının kolaylaştırılması için floemde şelatların bulunabilirliği önem taşımaktadır. (Grusak ve ark., 1999; Çakmak ve ark., 2010 ).

Floem pH'sının çok yüksek olması nedeniyle, Zn'nun taneye taşınabilmesi için, organik ligandlarla şelat oluşturması gerekmektedir (Marschner, 1995). Bitkilerde

Zn'nun şelatlanması ve taşınımında değişik bileşikler rol oynamaktadır. Bunların başında nicotianamin (NA), aminoasitler, organik asitler ve fitosideroforlar gelmektedir. Buna göre, Zn'nun topraktan yeterli (yüksek) dozda uygulanması ve yapraktan Zn uygulanması tanenin Zn konsantrasyonu üzerinde önemli ve olumlu etki yapmıştır. Ancak, buradaki denemede artan dozda bitkiye yaprak ya da topraktan Zn uygulandığında tanede yeterli miktarlarda Zn birikebilmektedir (genellikle ZnSO<sub>4</sub>, ZnEDTA ve ZnCl<sub>2</sub> formlarında). Burada floemde taşınabilirlik kadar uygulanan Zn formlarının da önemli olduğu ve alınabilir Zn formunda Zn uygulanmasının önemli olduğu ortaya çıkmaktadır.

Farklı doz ve zamanlarda, yapraktan çinko ile topraktan çinko form uygulamasının tane verimi üzerine etkisi incelenmiştir. Topraktan çinko form uygulamaları tane verimini arttırırken (Çizelge 4.4), yapraktan Zn uygulamaları ise formlar arasında tane veriminde azalmalara ve az miktarda artışlara neden olmuştur (Çizelge 4.8). Yapraktan Zn uygulamalarının tane verimi üzerinde etkisi önemli olmamıştır. Tane dolun döneminde yapraktan uygulanan N ve Zn verim kayıplarının önlenmesi açısından yeterli olmamakta fakat tanenin N (Woodard ve Bly, 1998; Varga ve Sveenjak, 2006) ve Zn konsantrasyonuna olumlu etki yapmaktadır (Yılmaz ve ark., 1997; Çakmak, 2008).

Bir diğer araştırmada ise; toprakta yeterli Zn olmadığı zaman, bitki tane veriminin biomas (yani sap-saman) verimine göre Zn eksikliğine karşı hem tarla hem de sera koşullarında daha hassas olduğu saptanmıştır (Yılmaz ve ark., 1997; Kutman ve ark., 2010). Sharma ve ark. (1988) göre, tane veriminin Zn eksikliğine olan hassasiyetinin esas nedeninin; Zn eksikliğine bağlı olarak ortaya çıkan üreme organlarındaki gerileme (bozulma)'dır.

Elde edilen bu sonuçlardan yola çıkılarak kurulan sera denemelerinde,

- Ekmeklik buğday çeşidinin, farklı formlarda ve değişik dozlarda çinko gübresini hem topraktan hem de yapraktan uygulamak suretiyle, yeşil aksam ve dane verimi üzerindeki etkileri saptanmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılıklar tane Zn konsantrasyonu açısından yüksek dozlarda, büyüme açısından ise Zn'nun daha çok düşük dozlarda ortaya çıkmaktadır.

- Çeşidin Zn eksiklik belirtilerinin şiddet derecesi uygulanan Zn formlarına göre farklılık göstermektedir. En fazla eksiklik belirtisi Zn'nun ZnO formunda görülürken, en az eksiklik belirtisi ise ZnEDTA formunda görülmektedir.
- Toprakta uygulanan Zn formları arasında ZnEDTA formundaki Zn'nun bitkiler tarafından daha kolay alınabildiği ve bitkiye taşınabildiği saptanmıştır.
- Toprağa uygulanan Zn'nun kontrol uygulamasına göre verim artışları 0,05 ppm Zn uygulamasında ortalama %30, 0,15 ppm Zn uygulamasında %46, 0,45 ppm Zn uygulamasında %63 ve 5 ppm Zn uygulamasında ise %62 oranında verim artışı olduğu belirlenmiştir.
- Toprağa uygulanan Zn'nun kontrol uygulamasına göre yeşil aksam Zn besin elementi artışları 0,05 ppm Zn uygulamasında ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O formunda %43, ZnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O formunda %22, ZnEDTA formunda ise %36 olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar ZnO 'in iyi bir Zn kaynağı olmadığını göstermektedir.
- Toprağa uygulanan Zn'nun kontrol uygulamasına göre yeşil aksam Zn besin elementi artışları uygulanan ZnO formunda 5ppm dozunda %5'lik bir Zn besin elementi artışı olurken, diğer dozlarda hiç artış olmadığı saptanmıştır.
- Çinkonun topraktan uygulanan 0,15 mg kg<sup>-1</sup> dozunda uygulanması durumunda ZnEDTA formu tane verimini, kontrolün tane verimine göre %66 civarında bir artış sağlarken bu değer, ZnO formunda yaklaşık %2 civarında kalmıştır.
- Yapraktan artan dozlarda uygulanan Zn, Adana-99 çeşidinin olgunluk dönemindeki tane Zn konsantrasyonunu arttırmıştır.
- Kurulan denemelerde ZnO formunun hem yapraktan hem de topraktan uygulanmasında verim üzerine ve tanedeki Zn konsantrasyonunu arttırmakta etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir.

- Elde edilen sonuçlar, toprak uygulamalarında ZnEDTA formunun bitkinin topraktan Zn alımında ve bünyesinde biriktirmesinde en etkili form olduğunu göstermiştir. Yaprak uygulamalarında ise, tane Zn konsantrasyonu en çok ZnCl<sub>2</sub> ve ZnSO<sub>4</sub> ile artmıştır. ZnO formu hem toprak hem de yaprak uygulamasında en etkisiz Zn formu olarak görülmüştür.



## 6. KAYNAKLAR

Açkurt F, Löker M (1998). Sağlıklı Beslenmede Çinkonun Yeri ve Türkiye’ de Çinko Yetersizliği. 1.Ulusal Çinko Kongresi, 519 -525,1998

Alloway (2002), [www.zincworld.org](http://www.zincworld.org) (10.08.2012).

Alloway, B. J, (2004). Zinc in soils and crop nutrition. Brussels, Belgium: International Zinc Association.

Alpaslan M, Taban S (1996). Zinc-iron relation in rice (*Oryza sativa* L.). Ankara University J. Agric. Sci. 2: 43-47.

Arcasoy A (1998). İnsan Sağlığında Çinkonun Önemi. I. Ulusal Çinko Kongresi, 11-18, Eskişehir, 12-16 Mayıs 1997.

Anonymous (2002). *JMP®Design of Experiments*, Version 5 Copyright © 2002 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. ISBN 1-59047-070-2.

Çakmak I, Marschner H (1988). Increase in membrane permeability and exudation in roots of zinc deficient plants. J Plant Physiol 132:356–361.

Çakmak I, Yılmaz A, Kalaycı M, Ekiz H, Torun B, Erenoğlu B and Braun H J (1996). Zinc deficiency as a critical problem in wheat production in Central Anatolia. Plant and Soil, 180: 165-172.

Çakmak I, Yılmaz A, Kalaycı M, Ekiz H, Torun B, Erenoğlu B and Braun H J (1996a). Zinc deficiency as a critical problem in wheat production in Central Anatolia. Plant and Soil, 180: 165-172.

Çakmak I, Ekiz H, Yılmaz A, Torun B, Köleli N, Gültekin I, Alkan A, ve Eker S (1997). Differential response of rye, triticale, bread wheat and durum wheats to zinc deficiency in calcareous soils. Plant Soil, 188:1–10.

- Çakmak I, Ekiz H, Yılmaz A, Torun B, Köleli N, Gültekin I, Alkan A, and Eker S (1997a). Differential response of rye, triticale, bread wheat and durum wheats to zinc deficiency in calcareous soils. *Plant Soil*, 188:1–10.
- Çakmak İ, Kalaycı M., Ekiz H, Braun H J, and Yılmaz A (1999). Zinc deficiency as an actual problem in plant and human nutrition in Turkey: A NATO-Science for Stability Project. *Field Crops Res* 60:175– 188.
- Çakmak I (2000). Role of zinc in protecting plant cells from reactive oxygen species. *New Phytologist*, 146, 185-205.
- Çakmak I (2002). Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. *Plant Soil*, 247:3–24.
- Çakmak I, Torun A, Millet E, Feldman M, Fahıma T, Korol A B, Nevo E, Braun H J and Ozkan H (2004). *Triticum dicoccoides*: an important genetic source for increasing zinc and iron concentration in modern cultivated wheat. *Soil Sci. Plant Nutr.* 50: 1047-1054.
- Çakmak I (2008). Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? *Plant and Soil*, 302: 1-17.
- Cakmak, I, Pfeiffer W H & McClafferty B (2010). Biofortification of durum wheat with zinc and iron. *Cereal Chemistry* 87(1); 10-20.
- Ekiz H, Bağcı S A, Kiral A S, Eker S, Gültekin I, Alkan A ve Çakmak I (1998). Effects of zinc fertilization and irrigation on grain yield and zinc concentration of various cereals grown in zinc-deficient calcareous soil. *J Plant Nutr*, 21:2245–2256.
- Erdal I, Kocakaya Z (2003). Bazı Buğday Çeşitlerinin Farklı Gelişim Dönemlerindeki Çinko-Fosfor Etkileşimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bil. Enst. Dergisi* 7,(1); 9-14.

- Erenoğlu B, Nikolic M, Romheld V, Cakmak I (2002). Uptake and transport of foliar applied zinc (Zn-65) in bread and durum wheat cultivars differing in zinc efficiency. *Plant and Soil*, 241: 251-257.
- Eyüpoğlu F, Kurucu N, ve Sanisa U (1994). Status of plant available micronutrients in Turkish soils (in Turkish). Annual Report, Report No: R-118. Soil and Fertilizer Research Institute, Ankara, 1994; 25–32.
- Gezgin S (1995). Yapraktan uygulanan çinkonun buğdayda verim, verim unsurları ve yaprakta bazı besin elementleri kapsamına etkisi. *Selçuk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, Cilt: 8, Sayı: 10, s: 145-158.
- Gibson R. S (2006). Zinc: the missing link in combating micronutrient malnutrition in developing countries. *Proc Nutr Soc* 65:51–60.
- Graham R. D (1991). Breeding wheats for tolerance to micronutrient deficient soils: present status and priorities. In *Wheat for the non-Traditional Warm Areas CIMMYT* (ed. Saunders, D. A.), Mexico D.F., 315-332.
- Graham R, ASCHER, J.S., ve HYNES, S.C., (1992). Selection of zinc-efficient cereal genotypes for soil of low zinc status. *Plant and Soil*, 146: 241-250.
- Graham R.D, Welch R.M (1996). Breeding for staple-food crops with high micronutrient density: Working Papers on Agricultural Strategies for Micronutrients, No.3. International Food Policy Institute, Washington DC.
- Grusak MA, Pearson JN, Marentes E (1999). The physiology of micronutrient homeostasis in field crops. *Field Crop. Res.* 60: 41-56.
- Haslett BS, Reid RJ, Rengel Z (2001). Zinc mobility in wheat: Uptake and distribution of zinc applied to leaves or roots. *Ann. Bot.* 87: 379-386.
- Hotz C, Brown K.H (2004). Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control. *Food Nutr Bull* 25:94–204.

- Kalaycı M, Torun B, Eker S, Aydın M, Öztürk L ve Çakmak I (1999). Grain yield, zinc efficiency and zinc concentration of wheat cultivars grown in a zinc-deficient calcareous soil in field and greenhouse. *Field Crops Res* 63:87–98.
- Kiekens L (1995). Zinc, in Alloway, B.J. (ed) *Heavy Metals in Soils* (2nd edition). Blackie Academic and Professional, London, pp 284 - 305.
- Kutman UB, Yildiz B, Ozturk L, Cakmak I (2010). Biofortification of durum wheat with zinc through soil and foliar applications of nitrogen. *Cereal Chem.* 87: 1-9.
- Lindsay W.L, ve Narvell W.A (1978). Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 421-428.
- Marschner H ve Çakmak I (1989). High light intensity enhances chlorosis and necrosis in leaves of zinc-, potassium- and magnesiumdeficient bean (*Phaseolus vulgaris*) plants. *Journal of Plant Physiology*, 134: 308-315.
- Marschner H (1993). Zinc Uptake from Soils. In: Zinc in Soils and Plants A.D. Robson (ed.), pp 59-78, Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands.
- Marschner H (1995). Mineral nutrition of higher plants, 2nd edn. London, UK: Academic Press.
- Martens D.C, ve Westermann D.T (1991). Fertilizer applications for correcting micronutrient deficiencies. In: Mortvedt JJ, Cox FR, Shuman LM, Welch RM (eds) *Micronutrients in Agriculture*. SSSA Book Series No. 4. Madison, WI. pp. 549–592.
- Monasterio I, ve Graham R.D (2000). Breeding for trace elements in wheat. *Food Nutr Bull* 21:392–396.
- Mordvedt J.J (1979). Crop response to zinc sources applied alone or with suspensions. *Fert. Solutions* 23 (3), 64,66,70, 75-79.

- Mordvedt J.J (1991). Micronutrient fertilizer technology. In: Mortvedt JJ, Cox FR, Shuman LM, Welch RM (eds) Micronutrients in Agriculture. SSSA Book Series No. 4. Madison, WI. pp. 89–112.
- Mordvedt J.J, ve Gilkes R.J (1993). Zinc fertilizers. In: Zinc in Soils and Plants. A.D. Robson (ed.), pp. 33-44. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, the Netherlands.
- Öztürk L, Yazıcı M. A, Yücel C, Torun A, Çekiç C, Bağcı A, Özkan H, Braun, H. J, Sayers Z, ve Çakmak I (2006). Concentration and localization of zinc during seed development and germination in wheat. *Physiol Plant* 128:144–152.
- Prasad A.S (2007). Zinc: Mechanisms of host defense. *J Nutr* 137:1345–1349.
- Sade B, S Soylu, A Kan, C Yıldız (1996). Farklı lokasyonlarda yapraktan uygulanan çinkonun buğdayda verim ve verim unsurları üzerine etkileri. *Selçuk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, Cilt: 10, Sayı: 12, s: 45-54.
- Sharma K.N, and D.L. DEB (1988). Effect of organic manuring on zinc diffusion in soils of varying texture. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 36: 219-224.
- Shulte E.E, ve Walsh L.M (1982). Soil and applied zinc. *Üniv. Wisconsin Coop. Xet. Serv. A* 2528.
- Sillanpaa M (1982). Micro nutrients and the nutrient status of soils. A global study. *FAO Soils Bulletin*, No.48, FAO, Rome.
- Takkar P.N, ve Walker C.D (1993). The distribution and correction of zinc deficiency. In: Robson AD (ed) *Zinc in soils and plants*. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, pp 151–166.
- Torun M.B (1997). Değişik tahıl türlerinin ve buğday çeşitlerinin çinko eksikliğine karşıduyarlılığının araştırılması, Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

- Varga B, & Svecnjak Z (2006). The effect of late-season urea spraying on grain yield and quality of winter wheat cultivars under low and high basal nitrogen fertilization. *Field Crops Research* 96(1), 125-132.
- Yılmaz A, İ. Gültekin, H. Ekiz ve İ. Çakmak (1997). Değişik şekillerde uygulanan çinkonun buğday bitkisinde verim ve çinkonun biyolojik yararlanılabilirliği üzerine etkisi. 1. Ulusal Çinko Kongresi. 12-16 Mayıs, Eskişehir s: 273-278.
- Yılmaz A, İ. Gültekin, H. Ekiz ve İ. Çakmak (1997a). Tohumla Uygulanan Farklı Konsantrasyonlardaki Çinko Sülfatın Buğday Verimine etkilerine Belirlenmesi. I. Ulusal Çinko Kongresi 12-16 Mayıs 1997 Eskişehir.
- Welch R.M, ve Graham R.D (2004). Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. *J Exp Bot* 55:353–364.
- White J.G, ve Zasoski R.J (1999). Mapping soil micronutrients. *Field Crop Res* 60:11–26.
- Woodard H. J, & BLY, A (1998). Relationship of nitrogen management to winter wheat yield and grain protein in South Dakota. *Journal of Plant Nutrition* 21(2), 217-233.
- World Health Organization (WHO) The World Health Report 2002 Geneva: WHO, (2002).
- Zhou M. F, Li Y. C (2001). Phosphorus-Sorption Characteristics of Calcareous Soils and Limestone from The Southern Everglades and Adjacent Farmlands. *Soil Sci. Soc. Of Am. Jour.* 65(5):1404-1412.

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans sürecimin başlangıcından bu yana bilimsel destek ve teşviklerinden dolayı değerli danışman hocam Prof. Dr. İSMET BAŞER'e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Yüksek lisans tezimin, yürütülmesi ve sonuçlandırılmasında değerli düşünce, bilgi ve desteğini esirgemeyen, katkılarıyla beni yönlendiren çok değerli hocam Prof. Dr. İsmail ÇAKMAK'a teşekkürlerimi sunuyorum.

İhtiyacım olduğu her an desteklerini hissettiğim, bilgi ve becerileriyle çalışmalarımda bana yol gösterici olan Dr. M. Atilla YAZICI ve Zir.Tek. (merhum) Veli BAYIR'a sonsuz teşekkür ediyorum.

Tez çalışmam boyunca denemelerin kurulması, laboratuvar çalışmaları esnasında ve sonuçlandırma aşamalarında hep yanımda olup sabır ve emeklerini esirgemeyen değerli çalışma arkadaşlarım Zir.Müh. Yusuf TUTUŐ ve Zir.Müh. Uğur ATALAY'a çok teşekkür ediyorum.

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana daima yardımcı ve destek olan annem, babam, kardeşime ve Murat BERBER'e sonsuz teşekkür ediyorum.

Özge CEVİZCİOĞLU

## ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Gebze’de doğdu. İlköğretim ve lise tahsilini Gebze’de tamamladı. 2004 öğretim yılında girdiği Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü’nden 2009 öğretim yılında mezun oldu. 2009 yılında Sabancı Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi’nde başladığı meslek hayatına aynı kurumda Proje Görevlisi ünvanı ile devam etmektedir.