ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Esen ANDİÇ

BUĞDAY'DA KÜKÜRT-DEMİR VE KÜKÜRT-ÇİNKO BESLENMESİNİN MİKRO BESİN ELEMENTİ VE AZOT KONSANTRASYONUNA ETKİSİ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

ADANA, 2011

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BUĞDAY'DA KÜKÜRT-DEMİR ve KÜKÜRT-ÇİNKO BESLENMESİNİN MİKRO BESİN ELEMENTİ VE AZOT KONSANTRASYONUNA ETKİSİ

Esen ANDİÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

Bu tez …./…../2011 Tarihinde Aşağıdaki Jüri üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.

……..	……..	...…….
Doç.Dr. Ayfer ALKAN TORUN	Prof.Dr. Hayriye İBRİKÇİ	Doç.Dr. Levent ÖZTÜRK
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu Tez Toprak Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.
Kod No :

Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No : ZF2009YL83

Not : Bu tezde kullanılan ve başka kaynakta yapılan bildirimlerin, Çizelge, Şekil ve Fotoğrafların kaynak olarak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı fikir ve sanat eserleri kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BUĞDAY'DA KÜKÜRT-DEMİR ve KÜKÜRT-ÇİNKO BESLENMESİNİN MİKRO BESİN ELEMENTİ VE AZOT KONSANTRASYONUNA ETKİSİ

Esen ANDİÇ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

Danışman: Doç. Dr. Ayfer ALKAN TORUN
Yıl: 2011, Sayfa: 121
Jüri : Doç. Dr. Ayfer ALKAN TORUN
Prof. Dr. Hayriye İBRİKÇİ
Doç. Dr. Levent ÖZTÜRK

Bitkisel üretimde kükürt (S), demir (Fe) ve çinko (Zn) noksanlıkları verim ve kalite parametrelerini etkileyen yaygın beslenme sorunlarıdır. Demir ve Zn noksanlığı bitkisel üretimde olduğu gibi insan beslenmesi için de önemli bir global beslenme problemidir. Bu nedenle tarımsal ürünlerin Fe ve Zn ile zenginleştirilmesi için genetik ve agronomik biyofotifikasyon çalışmaları hızla artmaktadır.

Bu tez çalışmasında toprak ve besin çözeltisi kültüründe yetiştirilen ekmeklik (*T. Aestivum* cv. Adana 99) ve makarnalık (*T. Durum* Desf. cv. Sarıçanak 98) buğday çeşitlerinin klorofil (SPAD), verim, Fe, Zn, N ve S konsantrasyonu ile kök fitosiderofor salgı oranları farklı Fe, Zn ve S uygulamaları altında araştırılmıştır. Düşük S uygulaması vegetatif dönemde klorofil, N ve özellikle S konsantrasyonunun azalmasına, N/S oranının ise önemli oranda artmasına neden olmuş, Fe ve Zn değerleri ise S uygulamalarından etkilenmemiştir. Generatif dönemde düşük S uygulaması her iki genotipte beklendiği üzere tane ve sap-saman verimi ile hasat indeksinin önemli oranda azalması ile sonuçlanmıştır. Düşük S uygulaması tanede Zn ve N konsantrasyonuna belirgin bir etki yapmazken tane Fe değerleri özellikle ekmeklik buğday çeşidinde azalmıştır. Besin çözeltisi denemelerinde düşük S uygulaması kök fitosiderofor salgısını önemli oranda azaltmıştır. Bu nedenle, düşük S uygulamasında Fe konsantrasyonunda gözlenen azalmanın, fitosiderofor sentezindeki düşüş ile ilişkili olduğu sanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler : Buğday, Azot, Kükürt, Çinko, Demir

ABSTRACT

MSc. THESIS

EFFECT OF SULFUR-IRON AND SULFUR-ZINC NURITION ON MICRO NUTRIENT AND NITROGEN CONCENTRATIONS IN WHEAT

Esen ANDİÇ

CUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Ayfer ALKAN TORUN
Year: 2011, Pages: 121
Jury : Assoc. Prof. Dr. Ayfer ALKAN TORUN
: Prof. Dr. Hayriye İBRİKÇİ
: Assoc. Prof. Dr. Levent ÖZTÜRK

Deficiency of sulfur (S), iron (Fe) and zinc (Zn) are major problems of plant production affecting yield and quality parameters. Similar in plant production, Fe and Zn deficiencies are also significant global nutritional problems for human beings. For this reason, genetic and agronomic biofortification studies with staple food crops are continuously being intensified.

In this thesis study, chlorophyll (SPAD), yield, phytosiderophore release rate and Fe, Zn, N and S concentrations were evaluated in bread (*T. Aestivum* cv. Adana 99) and durum (*T. Durum* Desf. cv. Sarıçanak 98) wheat cultivars grown in soil and solution culture with different Fe, Zn and S supply. In vegetative stage low S supply resulted in reductions of chlorophyll, N and particularly S concentrations, whereas N/S ratio was significantly enhanced and Fe and Zn values remained unaffected upon varied S supply. In generative stage, as expected, low S supply resulted in significant reductions of grain and straw yields and harvest index in both wheat cultivars. Low supply of S had no significant impact on grain Zn or N concentrations, however grain Fe values were reduced particularly in the bread wheat cultivar. In nutrient solution experiment, low S supply reduced the root phytosiderophore release rate. Thus, it was suggested that reduction in Fe concentration under low S supply is possibly a result of a restricted synthesis of S dependent phytosiderophores.

Key Words : Wheat, Nitrogen, Sulfur, Zinc, Iron

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans sürecimin başlangıcından bu yana bilimsel destek ve teşviklerinden dolayı değerli danışman hocam Doç.Dr. Ayfer ALKAN TORUN'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Yüksek lisans tez konumun seçimi, yürütülmesi ve sonuçlandırılmasında değerli düşünce, bilgi ve desteğini esirgemeyen, katkılarıyla beni yönlendiren çok değerli hocalarım Prof.Dr. İsmail ÇAKMAK, Doç.Dr. Levent ÖZTÜRK ve Prof.Dr. M.Bülent TORUN'a teşekkürlerimi sunuyorum.

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

Tez çalışmam boyunca denemelerin kurulması, laboratuar çalışmaları esnasında ve sonuçlandırma aşamalarında hep yanımda olup sabır ve emeklerini esirgemeyen değerli çalışma arkadaşlarım Zir.Müh. Özge CEVİZCİOĞLU, Zir.Müh. Yusuf TUTUŞ, Zir.Müh. Uğur ATALAY ve Zir. Yük. Müh. Özay Özgür GÖKMEN'e çok teşekkür ediyorum.

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana daima yardımcı ve destek olan annem, babam, kardeşlerim ve Fatih İŞLER'e sonsuz teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ……. I

ABSTRACT……. II

TEŞEKKÜR……. III

İÇİNDEKİLER……. IV

ÇİZELGELER DİZİNİ…… VI

ŞEKİLLER DİZİNİ…….. X

RESİMLER DİZİNİ……. XIV

SİMGELERVE KISALTMALAR……... XVI

1. GİRİŞ…….. 1

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR…… 5

2.1. Toprakta Kükürt…… 5

2.2. Bitkide Kükürt……..… 6

2.2.1. Kükürdün Bitki Büyümesindeki Önemi ve Fonksiyonları……... 6

2.2.2. Bitkilerin Kükürt Gereksinimi…….…. 8

2.2.3. Kükürdün Bitkiye Alınımı ve Taşınması…….…. 9

2.2.4. Kükürt Noksanlığı…….…. 11

2.2.5. Kükürdün Azot Beslenmesiyle İlişkisi…….…. 13

2.3. Toprakta Demir…… 15

2.4. Bitkide Demir……... 16

2.4.1. Bitkilerde Demir Noksanlığı……. 19

2.5. Toprakta Çinko…… 20

2.6. Bitkide Çinko……... 22

2.6.1. Tahıl Türlerinin Çinko Noksanlığına Karşı Duyarlılığı…… 24

2.6.2. Bitkilerde Çinko Noksanlığı…….. 26

2.6.3. Çinko-Demir İnteraksiyonu…… 26

2.6.4. Fitosidereforların Salgılanması……. 28

2.7. Buğday……. 29

3. MATERYAL ve METOD…….. 31

3.1. Materyal…….. 31

3.1.1. Sera Denemelerinde Kullanılan Toprak Materyali……..….. 31
3.1.2. Sera Denemelerinde Kullanılan Buğday Genotipleri…… 31
3.2. Metod…… 32
3.2.1. Sera Denemelerinin Kurulması ve Yürütülmesi……. 32
3.2.2. Bitki Analizleri……... 33
3.2.2.1. Mikro-Makro Element Analizi…….. 33
3.2.3. Toprak Analizleri…….…….. 34
3.2.4. Su Kültürü Denemeleri…….. 35
3.2.4.1. Buğday Tohumlarının Çimlendirilmesi ve Bitkilerin Saksılara Transferi……. 35
3.2.4.2. Bitkilerin Yetiştirildiği Ortamın Özellikleri…….. 35
3.2.4.3. Su Kültürü Denemelerinin Kurulması ve Yürütülmesi….. 35
3.2.4.4. Mikro-Makro Element Analizi…….. 36
3.2.5. İstatistik Analizleri……. 37
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA…….. 39
4.1. Sera Denemeleri……... 39
4.1.1. Kükürt ve Çinko İnteraksiyonun Araştırıldığı Sera Denemesi….. 39
4.1.1.1. Vegetatif Dönem Örneklemesine Ait Sonuçlar…….… 39
4.1.1.2. Generatif Dönem Örneklemesine Ait Sonuçlar …… 49
4.1.2. Kükürt ve Demir İnteraksiyonunun Araştırıldığı Sera Denemesi.. 62
4.1.2.1. Vegetatif Dönem Örneklemesine Ait Sonuçlar…….. 62
4.1.2.2. Generatif Dönem Örneklemesine Ait Sonuçlar…….. 72
4.2. Su Kültürü Denemeleri …… 85
4.3. Tartışma……..… 95
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER……...… 105
KAYNAKLAR……...… 109
ÖZGEÇMİŞ……..…. 121

.

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 3.1. Deneme toprağının bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri……..... 31

Çizelge 3.2. Sera denemelerinin deneme kombinasyonları……..... 33

Çizelge 4.1. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin yeşil aksamında bitki besin elementlerinin konsantrasyonları……... 43

Çizelge 4.2. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin yeşil aksamında bitki besin elementlerinin içeriği……. 45

Çizelge 4.3. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin yeşil aksamında bitki besin elementlerinin konsantrasyonları..... 46

Çizelge 4.4. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin yeşil aksamında bitki besin elementlerinin içeriği……... 48

Çizelge 4.5. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Adana 99 ve Sarıçanak 98 buğday çeşitlerinin yeşil aksamında kuru madde ve konsantrasyon istatistik verileri……... 49

Çizelge 4.6. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen (Adana 99 ve Sarıçanak 98) buğday çeşitlerinin generatif dönemde sap-saman verimi ve hasat indeksi……... 53

Çizelge 4.7. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin tanede bitki besin elementlerinin konsantrasyonları…… 55

Çizelge 4.8. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin tanede bitki besin elementlerinin içeriği…….. 56

Çizelge 4.9. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin tanede bitki besin elementlerinin konsantrasyonları……... 57

Çizelge 4.10. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin tanede bitki besin elementlerinin içeriği…….. 59

Çizelge 4.11. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Adana 99 ve Sarıçanak 98 buğday çeşitlerinin tanede verim ve konsantrasyon istatistik verileri…… 60

Çizelge 4.12. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin yeşil aksamında bitki besin elementlerinin konsantrasyonları…… 66

Çizelge 4.13. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin yeşil aksamında bitki besin elementlerinin içeriği…….. 67

Çizelge 4.14. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin yeşil aksamında bitki besin elementlerinin konsantrasyonları. 69

Çizelge 4.15. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin yeşil aksamında bitki besin elementlerinin içeriği……..… 71

Çizelge 4.16. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Adana 99 ve Sarıçanak 98 buğday çeşitlerinin yeşil aksamında kuru madde ve konsantrasyon istatistik verileri……..… 72

Çizelge 4.17. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Adana 99 ve Sarıçanak 98 buğday çeşitlerinin generatif dönemde sap-saman verimi ve hasat indeksi……. 76

Çizelge 4.18. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin tanede bitki besin elementlerinin konsantrasyonları…….. 78

Çizelge 4.19. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin tanede bitki besin elementlerinin içeriği……. 79

Çizelge 4.20. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin tanede bitki besin elementlerinin konsantrasyonları…… 81

Çizelge 4.21. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin tanede bitki besin elementlerinin içeriği. …… 82

Çizelge 4.22. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Adana 99 ve Sarıçanak 98 buğday çeşitlerinin kuru madde ve konsantrasyon istatistik verileri….. 83

Çizelge 4.23. Kontrollü iklim koşullarında su kültürü ortamında farklı S (15, 45 ve 405 µM) ve Fe uygulamaları (10^{-4} M ve $2x10^{-6}$ M) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin PS salgılama miktarları…….. 86

Çizelge 4.24. Kontrollü iklim koşullarında su kültürü ortamında farklı S (15, 45 ve 405 µM) ve Fe uygulamaları (10^{-4} M ve $2x10^{-6}$ M) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin SPAD ve kuru madde verim değerleri….. 87

Çizelge 4.25. Kontrollü iklim koşullarında su kültürü ortamında farklı S (15, 45 ve 405 µM) ve Fe uygulamaları (10^{-4} M ve $2x10^{-6}$ M) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin yeşil aksamında besin elementlerinin konsantrasyonları……. 88

Çizelge 4.26. Kontrollü iklim koşullarında su kültürü ortamında farklı S (10, 40 ve 400 µM) ve Fe uygulamaları (10^{-4} M ve $2x10^{-6}$ M) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin PS salgılama miktarları…….. 90

Çizelge 4.27. Kontrollü iklim koşullarında su kültürü ortamında farklı S (10, 40 ve 400 µM) ve Fe uygulamaları (10^{-4} M ve $2x10^{-6}$ M) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin kuru madde verim değerleri…… 91

Çizelge 4.28. Kontrollü iklim koşullarında su kültürü ortamında farklı S (10, 40 ve 400 µM) ve Fe uygulamaları (10^{-4} M ve $2x10^{-6}$ M) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin yeşil aksamında besin elementlerinin konsantrasyonları……. 92

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 4.1. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin vegetatif dönemde SPAD değerleri…..... 40

Şekil 4.2. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin vegetatif dönemde SPAD değerleri…… 40

Şekil 4.3. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin vegetatif dönemde kuru madde verim değerleri…… 41

Şekil 4.4. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin vegetatif dönemde kuru madde verim değerleri……. 42

Şekil.4.5. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin generatif dönemde SPAD değerleri…… 50

Şekil 4.6. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin generatif dönemde SPAD değerleri…… 50

Şekil 4.7. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin generatif dönemde tane verim değerleri……. 51

Şekil 4.8. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin generatif dönemde tane verim değerleri…… 52

Şekil 4.9. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin vegetatif dönemde SPAD değerleri…….. 62

Şekil 4.10. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin vegetatif dönemde SPAD değerleri…… 63

Şekil 4.11. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin vegetatif dönemde kuru madde verim değerleri. 64

Şekil 4.12. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg-1 Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin vegetatif dönemde kuru madde verim değerleri..... 64

Şekil 4.13. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin generatif dönemde SPAD değerleri…….. 73

Şekil 4.14. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg-1 Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin generatif dönemde SPAD değerleri……. 73

Şekil 4.15. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg-1 Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin generatif dönemde tane verim değerleri…….. 74

Şekil 4.16. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg-1 Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin generatif dönemde tane verim değerleri…….. 75

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations
GAP	: Güneydoğu Anadolu Projesi
pH	: Asitlik-alkalilik faktörü
PS	: Fitosiderefor
DTPA	: Dietilentriaminpentaasetikasit
N	: Azot
P	: Fosfor
K	: Potasyum
S	: Kükürt
B	: Bor
Ca	: Kalsiyum
Mn	: Mangan
Cu	: Bakır
Ni	: Nikel
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Mg	: Magnezyum
Fe	: Demir
Zn	: Çinko
Se	: Selenyum
NO_3^-	: Nitrat
PO_4^{-3}	: Fosfat
$CaCO_3$	: Kalsiyum karbonat
$MgCO_3$	: Magnezyum karbonat
SO_2	: Kükürtdioksit
SO_4^{-2}	: Sülfat
$CaSO_4$	: Kalsiyum sülfat
H_2O	: Dihidrojenoksit
K_2SO_4	: Potasyum sülfat

$ZnCl_2$	: Çinko klorür
$ZnSO_4$	: Çinko sülfat
KCl	: Potasyum klorür
H_2O_2	: Hidrojen peroksit
HNO_3	: Nitrik asit
$MgCl_2$	: Magnezyum klorür
KNO_3	: Potasyum nitrat
$Ca(NO_3)_2$	: Kalsiyum Nitrat
KH_2PO_4	: Monopotasyum fosfat
kg	: Kilogram
g	: Gram
ha	: Hektar
%	: Yüzde
mg	: miligram
cm	: Santimetre
hl	: hektolitre
°C	: Derece santigrat
ml	: mililitre
nm	: Nanometre
dk	: Dakika
µ	: Mikro
µmol	: Mikro mol
m	: metre
s	: saniye
µM	: Mikro Molar
M	: Molar

RESİMLER DİZİNİ **SAYFA**

Resim 4.1. SxZn Sera Denemesinin Adana 99 buğday bitkileri……..……..61
Resim 4.2. SxZn Sera Denemesinin Sarıçanak 98 buğday bitkileri…….…...61
Resim 4.3. SxFe Sera Denemesinin Adana 99 buğday bitkileri…….....84
Resim 4.4. SxFe Sera Denemesinin Sarıçanak 98 buğday bitkileri……..….85

1. GİRİŞ

Global gıda gereksinimi dünya nüfusunun artışına paralel olarak artmaktadır. Bunun karşılanması için tarımsal üretimin de dünya nüfusuna paralel olarak arttırılması gerekmektedir. Buğday dünyada ve Türkiye'de çok geniş ekim alanına sahip önemli bir bitkidir. Ülkemizde özellikle Orta Anadolu, GAP ve Çukurova bölgelerinde buğday tarımı yaygın olarak yapılmaktadır.

Dünyada enerji ve protein gereksinimi bakımından 800 milyon insan yetersiz beslenmekte, 2 milyara yakın insan 'gizli açlık' olarak isimlendirilen mikro element (demir (Fe), bor (B), çinko (Zn), selenyum (Se) vb.) ve vitamin noksanlığı çekmektedir (Çakmak 2002, Welch 2002). İnsan ve hayvan beslenmesinde mikro besin elementlerinin önemli yeri bulunmaktadır. 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 gereksinmesinin önemli bölümünü (% 45'e kadar) sadece buğdaydan karşılaması (kırsal kesimde bu oran daha da yüksektir) (Çakmak ve ark., 2004) ve bölgede yaşayan insanlarımızda mikro element eksikliği sorunlarının sıklıkla görülmesi (Cavdar ve ark., 1991) konunun araştırılmasını öncelikli kılmaktadır. Bu bağlamda bitki ıslahı ve gübreleme ile tahılların mikro elementlerce (özellikle Zn ve Fe bakımından) zenginleştirilmesi, insan ve hayvan beslenmesine yapacağı katkı bakımından sürdürülebilir bir strateji olarak karşımıza çıkmaktadır (Çakmak, 2008).

Kükürdün bitki büyümesi ve gelişmesi üzerinde önemli rolü olduğu uzun zamandır bilinmesine rağmen, tarım bitkilerinde S eksikliğinin yaklaşık 20 yıl öncesine kadar Avrupa'da fazla yaygın olmadığı bildirilmiştir. Bitkinin S'e olan ihtiyacı fosfor (P) gibi temel bir elementle aynı olmasına rağmen, son yıllara kadar S noksanlığı N, P, K noksanlığı kadar yaygın olmadığından dolayı gübrelemeye gereken önem verilmemiş ve noksanlık giderek yaygınlaşmıştır (Schnug, 1991; Zhao ve McGrath, 1994).

Tahıl ürünleri optimum gelişme için çok fazla (15-20 kg ha^{-1}) S'e ihtiyaç duymamalarına rağmen, S'lü gübre ilavesinin gelirde artmaya neden olduğu bildirilmiştir (Zhao ve ark., 1999b; Withers ve ark., 1995). Kükürt noksanlığının

yalnızca verimi değil bitkilerin kalite parametrelerini de kötüleştirdiği bilinmektedir. Bununla beraber S'ün aynı zamanda buğday ununun jel protein içeriğini arttırdığı, buna karşılık elastiklik gücünü ise düşürdüğü saptanmıştır. Bu çerçevede S bitkiler üzerinde hem negatif hem de pozitif etkilere sahip olan bir elementtir. Örneğin; S beslenmesi buğday bitkisi için önemli bir yere sahip olup, hem başakların içeriğindeki besin elementlerinin kalitesi hem de buğdayın işlenebilme kalitesi için önemlidir (Randall ve Wrigley, 1986).

Olgun buğday tanesinde bulunan S'ün büyük bir çoğunluğu sistein ve methionin olarak proteinlerde bulunmaktadır. Toplam S'ün % 50'si sülfat olarak bulunurken, vejetatif dokulardan farklı bir biçimde olgun buğday tanesinde genellikle total S içeriğinin % 1-5'i sülfat olarak bulunmaktadır (Zhao ve ark., 1999). Tahıl tanesinde tipik S konsantrasyonu % 0.18-0.19 oranındadır (Marschner, 1995). Buğdayda S eksikliği, tanede protein ve aminoasitlerin konsantrasyonlarının azalmasına ve buna bağlı olarak da hamur ve ekmek yapım özelliklerinin olumsuz şekilde etkilenmesine neden olmaktadır. Ekmeklik kalitesi üzerine S'ün etkisini gösterir çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir (Haneklaus ve ark., 1992; Haneklaus ve Schnug, 1992).

Kükürdün yanı sıra mikro elementler içerisinde Fe noksanlığı da toprak, bitki ve insanda yaygın olarak rastlanan önemli bir beslenme problemidir. Bu beslenme problemi insanlarda sağlık sorunlarına yol açarken, bitkide verim ve kalitede düşüşlere yol açmaktadır. Tek başına Fe eksikliği dünyada okul öncesi çocukların % 47'den fazlasının sağlığını etkileyerek fiziksel büyümede gerilemeye, mental gelişim bozukluğuna ve öğrenme kapasitesinin düşmesine yol açmaktadır (Çakmak ve ark., 2010).

Türkiye'de yapılan çalışmalarda Fe noksanlığının tarım yapılan alanlardaki topraklarda % 25'ler düzeyine ulaştığı saptanmıştır (Eyüpoğlu ve Kurucu, 1997; Çakmak ve ark., 1999). Bunun yanında bitkilerin Fe eksikliğine karşı farklı dayanıklılıkları olduğu bilinmektedir. Aslında, topraklardaki toplam Fe miktarı oldukça yüksek olmasına karşın, bitkilerin söz konusu Fe'den faydalanabilmeleri, mevcut Fe'in formuna, bitki tür ve genotiplerine bağlıdır (Miller ve ark., 1984). Bitkilerin Fe konsantrasyonları tür, çeşit ve beslenme koşullarına göre büyük

farklılıklar göstermektedir. Aynı zamanda bitkilerin bünyesindeki toplam Fe içeriğinin bile bitkinin Fe ile beslenme durumunu yansıtmadığı bildirilmektedir. Şöyle ki, Fe noksanlığı görülen yaprakların Fe içerikleri yeşil olanlar ile aynı düzeyde veya daha fazla olabilmektedir (Mengel, 1995).

Kükürt ve Fe'in yanı sıra Zn, tüm canlı organizmaların çok düşük miktarlarda ihtiyaç duyduğu ve mutlaka almak zorunda olduğu en önemli mikro elementlerden birisidir. Çinko noksanlığı dünyada ve Türkiye'de tarım alanlarının büyük bir kısmında sıkça rastlanan önemli bir mikro element sorunudur (Çakmak ve ark., 1998; Çakmak ve ark., 1999). Ayrıca insan ve hayvan beslenmesinde oldukça büyük bir öneme sahip olup, eksikliğinde insanlarda önemli hastalıklar ortaya çıkabilmekte, özellikle ilk gelişim dönemindeki çocuklarda etkili olmakta ve ciddi sağlık sorunlarına neden olmaktadır (Çakmak ve ark., 1996).

Bitkilerin diğer besin elementi içeriklerinde olduğu gibi, Zn içerikleri de bir takım faktörlerin etkisi altında değişiklik göstermektedir. Bu faktörlerin en önemlilerden birisi toprakların Zn içerikleridir. Gerçekte tarım topraklarının Zn içeriği oldukça yüksek (10-300 mg kg^{-1}) olmasına rağmen, değişik toprak ve iklim faktörleri nedeniyle bitki tarafından alınabilen miktar çoğu zaman yetersiz olmakta, bu yüzden verim ve kalitede önemli düşmeler olmaktadır. Sağlıklı bir bitkinin büyümesi için toprakta bitkilerin alabileceği Zn konsantrasyonunun (DTPA-Zn) 0.5-1.0 mg kg^{-1}'ın üzerinde olması gereklidir (Çakmak ve ark., 1996).

Bitkilerce topraktan kaldırılan Zn miktarı genellikle 0.5 kg/ha/yıl düzeyinden daha düşüktür. Tarım topraklarımızın büyük bir bölümünde pH 7.0'nin ve $CaCO_3$ miktarı ise ortalama % 20'nin üzerinde olması nedeniyle, Türkiye toprakları yarayışlı Zn'nun eksikliği yönünden dünya ülkeleri arasında özel bir konuma sahiptir (Kacar, 1986). Dünyada olduğu gibi ülkemizde de yıllardır kullanılan geleneksel gübrelemenin yanında tarım topraklarının Zn ile gübrelenmesi gerekliliği gün geçtikçe önemini artırmaktadır. Yapılan araştırmalarda Zn uygulamalarına bağlı olarak bitkisel ürün miktarı ve kalitesindeki artışlar bu konuya olan ilginin artmasında başlıca etken olmuştur. Özellikle bitkiye yarayışlı Zn düzeyi düşük olan topraklarda, Zn uygulamasının kritik bir konu olduğuna dikkat çekilmektedir (Çakmak ve ark., 1996).

Biyozenginleştirme veya bitki ıslahına gidilerek gıdaların besin kalitesini arttırmak ve besin içeriğini geliştirmek için yeni çalışmalar yürütülmektedir. Özellikle makarnalık buğdayda yabani ve sentetik ebevenylerdeki Fe ve Zn konsantrasyonları için varolan genetik çeşitliliğin tamamından yararlanılması yoluyla beslenme kalitesinin artırılması amacıyla yapılan ıslah çalışmaları oldukça iyi sonuçlar vermiştir. HarvestPlus-Biyozenginleştirme Araştırma Programı kapsamında mikrobesin konsantrasyonu ve genetik çeşitlilik konusu geniş boyutta araştırılmış ve tane protein, Zn ve Fe konsantrasyonları arasında çok önemli pozitif ilişkilerin varlığı doğrulanmıştır. Tanede Fe ve Zn birikimini etkileyen genetik kontrol ve moleküler mekanizmaların yeterince açıklanmasına yönelik bazı çalışmalar henüz sonuçlanmamıştır. Ayrıca, bitkilerin azot (N) beslenme statüsünün mikro elementlerin kökten alımı ve tanede birikimi üzerine olumlu bir etkiye sahip olduğunu destekleyen sonuçlar elde edilmiştir (Çakmak ve ark., 2010).

Bu bilgilerden hareketle, bu tez çalışmasında sera koşullarında Zn noksanlığına sahip Eskişehir Sultanönü toprağı kullanılarak, Adana 99 (ekmeklik) ve Sarıçanak 98 (makarnalık) buğdaylarında S'ün Fe ve Zn beslenmesine ve N konsantrasyonuna etkisi bitkinin vegetatif ve generatif döneminde araştırılmıştır. Toprağa S, Fe ve Zn gübrelemesi yapıldığında, bitki yeşil aksamına ve taneye taşınan Fe ve Zn miktarında S beslenmesinin rolü klorofil (SPAD) düzeyi, kuru madde verimleri, element konsantrasyon ve içerikleri ile ortaya konulmuştur. Ayrıca su kültüründe yürütülen denemelerde de Adana 99 buğday çeşidi kullanılmış ve sera denemesinde tespit edilen parametrelere ek olarak yetersiz Fe ve yeterli Fe koşullarında bitki köklerinin fitosiderefor salgılama miktarları da ölçülmüştür.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Toprakta Kükürt

Toprakların toplam S içerikleri, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine, iklim koşullarına, bölgesel bitki örtüsüne, lokal topoğrafyaya ve tarımsal uygulamalara bağlı olarak değişim göstermektedir. Buna göre toprakların total S içerikleri 20-35000 mg kg^{-1} arasında değişkenliğe sahiptir (McGrath ve ark., 2002). Mineral toprakların genel olarak S içerikleri 20-200 mg kg^{-1} arasındadır. Humid ve yarı humid bölgelerin tarım topraklarında normal total S içerikleri 100-1000 mg kg^{-1} arasında değişmektedir, bu değerin toprak işleme derinliğinde 224-1120 kg ha^{-1} arasında değiştiği bulunmuştur (Stevenson, 1986). Toprakta kritik S sınır değeri 10 mg S kg^{-1} olarak kabul edilmektedir. Turba topraklarda, tuzlu topraklarda, bataklık topraklarda, kurak ve yarı kurak bölgelerin kireçli topraklarında büyük miktarda S bulunduğu bildirilmiştir.

Türkiye topraklarının % 1.66'sında yarayışlı S (SO_4-S) değeri 5 mg kg^{-1}'ın, % 9.84'ünde 10 mg kg^{-1}'ın, % 23.43'ünde ise 15 mg kg^{-1}'ın altındadır. Kükürdün 10 mg kg^{-1}'ın altında kaldığı yerler gübrelemeye ihtiyaç gösteren yerler olarak belirlenirken, 10-15 mg kg^{-1} S değerinin arasında kalan yerlerin, ekilen bitki cinsine bağlı olarak muhtemel S eksikliğinin görülebileceği yerler olarak değerlendirilmiştir. Bu verilere bakıldığı zaman, Türkiye topraklarının % 34.1'inde S noksanlığı görülmektedir (Ülgen ve ark., 1989).

Kükürt toprakta organik ve inorganik olmak üzere iki formda bulunur, fakat birçok toprakta temel S kaynağı olarak organik bağlı S bulunmaktadır (Byers ve ark., 1987). Kükürt toprakta sürekli olarak organik ve inorganik formlar arasında değişimlere uğramaktadır. Organik S bileşikleri bitki tarafından alınabilir formda değildir ve bitki tarafından alınabilmesi için biyokimyasal veya mikrobiyolojik mineralizasyonla inorganik SO_4^{-2} dönüştürülmelidir (Castellano ve Dick, 1991). Bu dönüştürme işlemlerinde, çevresel faktörler dönüştürülmede rol oynayan mikroorganizmaların yanı sıra enzimlerin aktivitelerini de etkiler. Biyokimyasal mineralizasyon farklı sülfatazlar tarafından sülfat esterlerinin hidrolizasyonu şeklinde

olurken C-bağlı S'ün mikrobiyal mineralizasyonu ise mikroorganizmaların gereksinim duydukları enerjiyi sağlamak için gösterdikleri aktiviteye bağlıdır (Eriksen ve ark., 1998).

Toprakta bulunan S'ün yaklaşık % 80-90'ını organik bileşiklerde ya hücre öz suyunda SO_4 şeklinde ya da protein bileşiklerinde S-H veya S-S bağları şeklinde bulunan S, % 10-20'sini ise inorganik sülfat formunda bulunan S oluşturmaktadır. Dolayısıyla organik maddece zengin topraklar organik maddece fakir olan topraklara oranla göreceli olarak daha fazla S içermektedir. (Freney ve Williams, 1983; Zhao ve ark., 1996a).

Tarımsal ekosistemlerde S'ün kaynakları; atmosfer, toprak organik maddesi, topraklardaki mineral fraksiyon (özellikle magmatit ve metamorfit kayaçlar), yer altı suları ve sızan su, kimyasal gübreler ve organik gübrelerdir. Kükürdün kayıpları ise; yıkanma, bitki tarafından alınma, erozyon ve gaz halinde kayıplar yoluyla meydana gelmektedir. Ayrıca sülfat topraklarda adsorpsiyon yolu ile de tutulabilir. Topraklarda sülfatın tutulması kollaidal sistemin doğası, pH, çözeltisindeki sülfat ve diğer iyonların konsantrasyonuna bağlıdır. Atmosferde bulunan SO_2, bitkilerin stomaları vasıtasıyla alınması ve kullanılmasına rağmen, kökler tarafından alınan SO_4^{-2} S'ün en önemli kaynağıdır (Haneklaus ve Bloem, 2000).

2.2. Bitkide Kükürt

2.2.1. Kükürdün Bitki Büyümesindeki Önemi ve Fonksiyonları

Önemli bir bitki besin elementi olan S'ün bitki beslenmesinde özel bir yeri bulunmaktadır. Bitkisel üretimde ürün verimi üzerine olan etkisinin yanı sıra S sistein, sistin ve methionin gibi aminoasitlerinin yapı maddesi olup, anılan aminoasitlerden oluşan proteinlerde de bulunur. Bitkilerde S'ün % 90 kadarı bu aminoasitlerin içerisinde bulunur (Kacar ve ark., 2002). Normal olarak indirgenmiş S, hızlı bir şekilde organik moleküle dahil olur, bunun ilk basamağı organik S bileşiği olan sistein'dir. Bu bileşikten bir CH_3 grubunun transferi sonucu methionin oluşur (Leusteck ve Saito, 1999).

Bitkilerde S biotin, thiamin ve koenzim A gibi S içeren vitaminler aracılığı ile metabolizma olaylarında rol oynar. Kükürt bitkilerin kök gelişmesi üzerine, baklagil bitkilerinde de nodozite oluşumu üzerine önemli etki yapmaktadır (Kacar, 1984). Kükürt bitkide birçok protein, ko-enzim, tioredoksin ve sülfolipidlerin yapısında bulunmaktadır. Kükürdün peptitlerin sentezinde, redoks reaksiyonlarında, protein yapısının dayanıklılığında ve polipeptit zincirleri arasında disülfit bağının (S-S) oluşumunda çok önemli rolü vardır (Zhao ve ark., 1999). Birçok S içeren bileşiğin patojen, pestisit ve yabancı otlara karşı savunma mekanizmasında önemli rol oynadığı ve bitkilere özel bir tat ve koku verdiği tespit edilmiştir. (Bennett ve Wallsgrove, 1994).

Kükürt, yükseltgenme-indirgenme tepkimeleriyle elektron aktarımında önemli rol oynayan ferrodoksinlerin yaşamsal öneme sahip bir parçasıdır (Marschner, 1995). Fotosentezin ışık ve karanlık tepkimelerine ek olarak ferrodoksin, nitrit ve sülfatın indirgenmelerinde önemli rol oynadığı gibi, toprakta bağımsız ve ortak yaşam sürdüren bakterilerin atmosfer azotunu fikse edebilmeleri için de önemlidir. Öte yandan klorofilin yapısında yer almamakla birlikte S, klorofil sentezinde etkilidir. Bitkilerdeki S konsantrasyonunun artması, proteinin kalitesini ve yüzde oranını etkiler, ayrıca aminoasit içeren S miktarını arttırır (Tisdale ve ark., 1985).

Kükürt noksanlığı görülen bitkilerde amid ve nitrat şeklinde proteine bağlı olmayan N birikir. Bitkilerde nitrat birikimi, S noksanlığında nitratın indirgenmesinde önemli rol oynayan nitrat redüktaz enziminin işlevini gerektiği şekilde yapamamasına dayanılarak açıklanmaktadır (Kacar ve ark., 2002).

Hoşgökdelen, (2003) tarafından yapılan çalışmada buğday üretim alanlarının yaygın olduğu Çukurova, Orta Anadolu ve GAP bölgelerinden toprak ve bitki örneklemesi yapılmıştır. Bayrak yaprağı örneklerinde, bitki analizleri sonucunda elde edilen kritik S konsantrasyonunun değişim aralığının Orta Anadolu bölgesi için % 0.18-0.67, Çukurova bölgesi için % 0.11-0.59 ve GAP bölgesi için % 0.17-0.82 olduğu belirlenmiştir. Bayrak yaprağında S konsantrasyonuna göre bitkilerin % 99'nun S ile yeterli beslendiği saptanmıştır. Buna karşılık Orta Anadolu ve GAP bölgelerinden alınan tüm bitki örneklerinde % 49 oranında S yetersizliği

bulunmuştur.

2.2.2. Bitkilerin Kükürt Gereksinimi

Bitkilerin S ihtiyacı bitkinin tür ve gelişimine göre değişiklik göstermektedir. Bitkilerde S miktarları kuru madde ilkesine göre % 0.15-0.50 arasında değişmektedir. Deloch, bitki familyalarının S ihtiyaçlarının Tahıllar < Baklagiller < Haçlıgiller şeklinde sıralandığını ve bu bitkilerin tohumlarının S içeriklerinin (kuru maddede % olarak) sırasıyla 0.18-0.19, 0.25-0.30 ve 1.10-1.70 olarak bu farkı yansıttığını belirtmişlerdir (Marschner, 1986). Turpgillerin ve zambakgillerin S ihtiyacı yüksek, buğdaygillerin düşük ve baklagillerin ise bunların arasında olduğu bildirilmiştir (Scherer, 2001).

Walker ve Booth (1992), yağlı kolza bitkisinin hektardan 20-30 kg S kaldırdığını oysa tahılların 10-15 kg S kaldırabildiğini saptamışlardır. Kükürt gereksinimi düşük olmasına karşın, buğdayda S noksanlığı bir çok ülkede gözlenmiş (Tisdale ve ark., 1986) ve son yıllarda Batı Avrupa'da da S noksanlığının artan şekilde yaygınlaştığı bildirilmiştir (McGrath ve ark., 1996; Schung, 1991).

Genel bir kural olarak yeterli S'ün olduğu koşullarda kışlık buğdaydan 1 ton tane verimi elde edebilmek için gereksinilen S miktarı 2-3 kg ha^{-1}'dır. Ekmeklik buğday çeşitleri, ekmeklik olmayan çeşitlere kıyasla tanesinde yaklaşık % 10 oranında daha fazla S konsantrasyonuna sahiptir, aynı zamanda ekmeklik çeşitler ekmeklik olmayan çeşitlere göre daha yüksek oranda protein içerirler. Bu nedenle bu çeşitlerin tanelerindeki N:S oranı birbirlerine oldukça benzerlik göstermektedir. Ekmeklik çeşitler tanelerinde daha fazla S içermelerine rağmen, bunların total S alımları genellikle ekmeklik olmayan çeşitlerle benzerdir çünkü ekmeklik olmayanlar daha fazla ürün oluşturma eğilimindedir (Zhao ve ark., 1995).

Kükürdün bitki içerisindeki (meyve, tohum ve hasat artığı) dağılımı da bitki türleri arasında farklılık göstermektedir. Örneğin soğan tarafından alınan toplam S'ün % 80'i soğanın yumrusunda bulunurken, kolza bitkisinin tohumunda bu değer % 25 olmaktadır. Tahıllarda ve baklagillerde tanedeki S oranı toplam S'ün yaklaşık % 50-60'ı arasındadır. Bu değerler topraktan kaldırılan S miktarının artıklarla geri

dönen S miktarından fazla olduğunu göstermektedir. Sürekli buğday ekilen bir yerde hasat artıklarının toprağa gömülmesinin bitkinin S'le beslenme düzeyini çok az etkilediği bulunmuştur (Zhao ve ark., 1995).

Gültepe (1997), S gübrelemesinin su kültürü ortamında domates ve biberin gelişimi ve mineral bileşimi üzerine etkisini araştırmak için kurduğu sera denemesinde uygulanan S'ün bitki türlerine göre etkilerinin farklı olduğunu bulmuştur. Domates bitkisinin kuru madde miktarı 400 mg kg^{-1} SO_4^{-2} uygulamasında, biber bitkisinin kuru madde miktarı ise 800 mg kg^{-1} SO_4^{-2} uygulamasında maksimum olmuştur. Artan dozlardaki S uygulaması, domates ve biber bitkilerinin S içeriklerini artırmıştır. Kükürt uygulaması bitkilerin N, protein-N'u, NO_3^--N'u, Ca, Mg, Na, Mn, Cu, Zn içerikleri üzerinde etkisiz kalırken P, K, Fe içerikleri etkisi istatistiki olarak çok önemli bulunmuştur.

Yalçın (2006), tarafından su kültürü ortamında gerçekleştirilen denemede, en düşük S uygulamasına göre (0.1 µM) artan S uygulamalarıyla çeşitlerin kuru madde verimleri % 44 ile % 619 arasında arttığı bulunmuştur. Çeşitlerin kuru madde verim artışı 50 µM S dozuna kadar belirgin olmuş ve bu dozdan daha yüksek dozlardaki verim artışı önemli olmamıştır. Düşük S uygulamasında (5 µM) kuru madde verim artışının Bezostaya'da belirgin olduğu buna karşılık yüksek (100 ve 1000 µM-S) S uygulamalarında ise Golia ve kısmen de Bal Atilla çeşitlerinde olduğu görülmüştür.

2.2.3. Kükürdün Bitkiye Alınımı ve Taşınması

Bitkiler gereksinim duydukları S'ün büyük kısmını kökleri ile toprak çözeltisinden SO_4^{-2} iyonu halinde ve bir kısmını da stomaları ile atmosferden kükürt dioksit (SO_2) şeklinde bünyelerine alırlar. SO_4^{-2} iyonları kök yöresine difüzyon ve kitle akımı ile ulaşır. Çözünebilir SO_4^{-2} içeriği 5 mg kg^{-1} ya da daha fazla olan topraklarda bitkilerin gereksinimlerinin tamamına yakınının karşılanmasında kitle akımı yeterlidir. Bitkilerin SO_4^{-2} alımı üzerine ortam pH'sının yanında fosfat ($H_2PO_4^-$), nitrat (NO_3^-) ve klor (Cl^-) konsantrasyonlarının önemli etki yapmadıkları Leggett ve Epstein (1956) tarafından bildirilmiştir. Sülfat iyonunun bitki kökünün iç yöresine alınması aktif absorbsiyon ile gerçekleşir. Burada SO_4^{-2} iyonuna kimyasal yönden

benzeyen selenat (SeO_4^{-2}), molibdat (MoO_4^{-}) ve kromat (CrO_4^{-}) anyonları, SO_4^{-2} iyonu ile taşıyıcı rekabetine girerler. Bitkilerde SO_4^{-2} alınımı üzerine ortam sıcaklığının olumlu etki yaptığı bilinirken, SO_4^{-2} alımında köklerdeki ATP-sülfürilaz enziminin etkin olduğu Cacco ve ark. (1977) tarafından bildirilmiştir.

Bitkilerde SO_4^{-2} çoğunlukla aşağıdan yukarı doğru taşınmakta (ksilemde) bunun tersi ise genelde az olmaktadır. Kükürt bitki bünyesinde hareketli bir element olmasına karşın taşınması kolay olmamaktadır. Bunun nedeni S'ün kolaylıkla metabolize olup hızla organik bileşiklere dönüşmesidir. Bitkiler yapraklardaki stomaların günlük açılıp kapanma süreleri içerisinde atmosferden de SO_2 alırlar. Stomalar aracılığıyla alınan SO_2 daha sonra bitki içinde dağılarak farklı S fraksiyonlarına dönüşür (Saalbach 1984).

Yüksek bitkilerde S kök tarafından sülfat olarak alınır ve yapraklara transfer edilir. Atmosferik kaynaklı S'ün bitkinin yapraklarıyla alınıp kullanılmasına rağmen, SO_4^{-2} bitkiler için en önemli S kaynağıdır. Bitkilerin sülfat (SO_4^{-2}) alımı ve alınan sülfatın bitki içinde dağılımı bitkinin gereksinimine göre gerçekleştirilir. Örneğin, bir bitkinin S beslenmesi yeterli ise köklerle sülfat alımı yavaş, ancak S noksanlığı gösteren bitkide ise S alımı hızlı bir artış gösterir (Hawkesford ve ark., 1993). Yeterli bir S uygulamasıyla, sülfat yaprak hücrelerinin vakuollerinde depo edilir. Bu sülfat yalnızca S noksanlığı stresinin uzaması durumlarında serbest kalır ve yeni büyümekte olan kısımlarda yavaş bir şekilde kullanılır (Bell ve ark., 1995; Blake-Kalff ve ark., 1998).

Kükürdün vejetatif dokulardan buğday tanesine taşınımının N ve P'a göre daha az miktarlarda olduğu bildirilmiştir. Hocking (1994), bir elementin bitkideki taşınım düzeyini göstermek için bir dokuda o elementin maksimum miktarı ile yaşlandıktan sonra o dokuda kalan miktarı arasındaki farkı yüzde azalmayla hesaplamıştır. Gövde ve yapraktaki S'ün yalnızca % 33.3'ü taşınırken N ve P için bu değerin % 75 olduğu saptanmıştır. Yaprak ve gövdedeki N ve P'un yaklaşık % 70'inin tanede biriktiği buna karşılık aynı organlardaki S'ün ise % 48'inin tanede biriktiği belirlenmiştir.

Pınar (1994), alkalin reaksiyonlu topraklarda S uygulamasının pH, bitki kuru maddesi, bitkinin makro ve mikro besin elementi alımlarına etkilerini incelemek

amacıyla 14 hafta süreyle serada saksı denemesiyle buğday bitkisi yetiştirmiştir. Çalışmada S % 0, % 0.25, % 0.50, % 1.00, % 2.00, % 2.50 dozlarında uygulanmıştır. Sonuç olarak toprak reaksiyonu (pH) % 2'lik uygulamaya kadar 7.80'den 7.17'ye lineer olarak düşmüştür, % 2.5'lik uygulamada ise 7.34'e yükselmiştir. % 0.5'lik doz kuru madde verimi, N, P, Ca, Mg, Fe ve Zn kapsamını arttırmış, Na ise azalmıştır. Ayrıca çalışma sonuçlarına göre % 0.5 düzeyinde S uygulamasının en uygun doz olduğu belirtilmiştir.

2.2.4. Kükürt Noksanlığı

Bitkilerde S noksanlıklarının ortaya çıkmasının çeşitli nedenleri vardır. Bunların başında S içermeyen yüksek saflıktaki kimyasal gübrelerin artan kullanımı (örneğin; normal süper fosfat ve amonyum sülfat gibi S kapsayan gübreler yerine üre ve triple süper fosfat gibi daha konsantre gübrelerin kullanılması), hava kirliliğine karşı verilen önemin artması nedeniyle S'süz yakıtların daha fazla kullanılması (örneğin; S'çe zengin kömür ve odun yerine fuel oil ve doğal gazın kullanımı) gibi yerleşim bölgeleri ve endüstri alanlarında alınan bu önlemler ile SO_2 gazının atmosfere daha az karışmasının sağlanması, fungusit ve insektisit olarak S kullanımının azalması, yüksek verim kapasitesindeki ürün çeşitlerinin kullanımının artması ve tarımsal alanların yoğun kullanılmasıdır ki bu bütün temel bitki besin maddelerine daha yüksek miktarlarda ihtiyaç duyulduğu anlamına gelmektedir (Beaton 1969, Anonymous 1982).

Kükürt noksanlığı simptomlarının en tipik belirtisi protein ve klorofil sentezinin gerilemesinin bir sonucu olarak genç yaprakların sararmasıdır (Marschner, 1995). Kükürt noksanlığının ilk olarak genç yapraklarda ortaya çıkmasının nedeni, yaşlı yapraklardan genç yapraklara doğru S taşınmasının yetersiz olmasından kaynaklanmaktadır (Schnug, 1989).

Yetersiz S içeren bitkilerde SO^{-2}_4 konsantrasyonu düşük, buna karşılık çözünebilir amino-N konsantrasyonu ise yüksektir. Bu nedenle S noksanlığı olan bitkilerde büyüme hızı ve oranı düşüktür. Genellikle sürgün büyümesi kök büyümesine kıyasla daha fazla etkilenmekte, bitkiler sertleşmekte ve gevrek bir hal

almakta, saplar ince kalmaktadır (Schnug, 1989). Gelişmenin ilk dönemlerinde S eksikliği bitkilerde yaprakların küçülmesine, boğum aralarının kısalmasına, gövde ve dalların incelmesine de neden olur. Gelişme azalır ve olgunlaşma gecikir. Ayrıca kök gelişiminin de gerilediği bildirilmiştir. Yaprak yüzey genişliği azalırken yaprak hücreleri küçülür ve sayıları azalır. Yapraklar açık yeşilden açık sarıya dönmekte ve bunu çoğunlukla belirgin bir sararma izlemekte, zamanla bitkideki tüm yapraklar açık sarı ile sarı renk almaktadır. Bazı yapraklarda yaprak damarları arasında kloroz görülmektedir (Kacar ve ark., 2002).

Bitkide S noksanlığında kloroplast oluşumu da olumsuz yönde etkilenmektedir. Şiddetli durumlarda kloroplastlarda ayrışmanın bile meydana gelmediği bildirilmiştir. Kükürt; proteinlerin temel bir bileşeni olduğundan noksanlığında protein sentezi gerilemekte, çözünebilir organik N ve nitrat miktarı artmaktadır. Proteinlerin yapı taşları olan sistein ve methionin gibi S içeren aminoasitler noksanlaşmakta ve böylece proteinler sentezlenememektedir. Kükürt eksikliğine bağlı olarak bitkide karbonhidratların birikmesi bitki ağırlığının normale göre daha fazla olmasına neden olabilir. Kurak geçen yıllarda S eksikliğinin daha fazla olduğu bilinmektedir (Kacar ve Katkat, 1998; Brohi ve ark., 1994).

Buğday bitkisinde S noksanlığı büyümesini tamamlamamış en genç yaprakta homojen kloroz-sararma şeklinde görülmekte ve zamanla bitkinin tamamında aynı görüntü ortaya çıkmaktadır. Bitkide simptomların ortaya çıkış zamanı sapa kalkmanın ortasında meydana gelmektedir (Zhao ve ark., 1999a). Buğdayda S noksanlığının artmasıyla büyümede gerilemeler görülür, kardeşlerdeki başak sayısı azalır ve başaklar küçülür. Kükürt noksanlığı şiddetli olmadıkça bin dane ağırlığı ve kardeş sayısı gibi diğer verim parametrelerine önemli etki yapmamaktadır (Zhao ve ark., 1997).

Bitkinin generatif organlarının vegetatif organlarına kıyasla S noksanlığına karşı daha duyarlı olduğu ve S noksanlığında tanelerin büyüklüğünde önemli ölçüde küçülmenin görüldüğü belirlenmiştir (Zhao ve ark., 1999a). Ayrıca buğdayda S noksanlığı durumunda büyümekte olan genç yapraklarda klorofil içeriğinde ve CO_2 asimilasyonundaki azalma olgunlaşmış yaşlı yapraklara göre daha fazla miktarda meydana gelir (Gilbert ve ark., 1997).

Kükürtçe fakir topraklarda yetiştirilen buğdayın unundan yapılan hamurun elastikiyetinin azaldığı, yoğurmaya karşı direncinin ise arttığı saptanmıştır (Moss ve ark., 1983). Aynı denemelerde bitkinin tane verimindeki artışının S'ün hektara 20 kg olacak şekilde verildiği uygulamaya kadar devam etmiş olmasına karşılık somun ekmek hacmindeki artışın hektara 100 kg S verilen uygulamaya kadar devam ettiği bulunmuştur. Kükürt uygulamasının somun ekmek hacminde meydana getirdiği artışların Almanya'da yapılan bir başka çalışmada da görüldüğü ve toprağa uygulanan S miktarının 46 kg ha^{-1} olduğu durumda ekmek hacminde % 6'lık bir artışın olduğu saptanmıştır (Schnug ve ark., 1993).

2.2.5. Kükürt'ün Azot Beslenmesiyle İlişkisi

Bitkide birçok metabolizmalar ile S metabolizması arasında yakın ilişkiler vardır. Özellikle N ve S bitki metabolizmasında spesifik olaylara katılır. Sistein oluşumundan bir önceki basamak olan O-Acetylserine (OAS) düzeyi ortamda yeterli düzeyde N'un bulunmasına bağlıdır. OAS'ın taşıyıcı için gerekli mRNA kaynaklarının dengelenmesi üzerine önemsiz bir etkiye sahip olduğu gösterilmiştir (Smith ve ark., 1997). Bilindiği gibi, sülfat alımı S'ün yetersiz olduğu koşullarda artmaktadır. Buradan, OAS'ın yokluğunda, hücrede herhangi bir aktifleşme (up-regulation) olmayacağı söylenebilir ve gerçekte N noksanlığı altında S noksanlığından dolayı hücrede herhangi bir stres meydana gelmez. Bu durum, muhtemelen indirgenmiş S bileşiklerinin taşıyıcının çalışmasını engellediği durumda nadiren ortaya çıkar. Bu bulgunun tersine, ortamda yüksek miktarda N olması durumunda (veya OAS'ın suni olarak ortama verilmesiyle) taşıyıcının çalışmasında artış olur, hatta indirgenmiş S bileşiklerinin ortamda birikmesi durumunda bile taşıyıcının çalışmasında herhangi bir sorun çıkmadığı bildirilmiştir (Smith ve ark., 1997).

Kükürt eksikliği olan bitkilerde organik N/organik S oranı normal bitkilere göre oldukça yüksektir (70/1-80/1). Normal koşullar altında proteinlerde N/S oranı 30/1-40/1 civarındadır. Bitki dokularındaki N/S oranı bitkinin yeterli oranda S beslenmesine sahip olup olmadığını gösteren bir kriter olarak kullanılabilir. Kükürt

noksanlığı olan bitki dokularının bir özelliği de bunlarda NO_3-N'u birikimi olmasıdır (Aktaş 1994).

Buğdayların yapraklarındaki toplam proteinlerin hassas bir N ve S oranına sahip olduğu bildirilmiştir. Genellikle buğdayda tane için kullanılan kritik N/S oranı 17:1 veya yaprak için kullanılan kritik sınır değeri 15:1'dir (Blake-Klaff ve ark., 2000; Spencer ve Freney, 1980). Proteinlerdeki düşük S içeriği beslenme kalitesini de önemli ölçüde etkilemektedir. Methionin insan beslenmesi bakımından mutlak gerekli olup protein beslenmesi için büyük oranda tahıla dayalı beslenmeye bağlı toplumlarda sınırlayıcı bir faktördür (Marshner, 1995). İngiltere'de 1990'lı yılların başında buğday bitkisiyle yapılan bir survey çalışması 1980'li yıllarda yapılan benzer bir çalışmaya göre tanedeki S konsantrasyonunun giderek azaldığını ortaya koymuştur (Zhao ve ark., 1995). Söz konusu çalışmada 1992 ve 1993'de toplanan 793 tane örneğinin ortalama S konsantrasyonu 1,35 mg gr^{-1} iken, aynı değerin 1981 ve 1982 yıllarında toplanan örneklerde 1,75 mg gr^{-1} olduğu bulunmuştur. Bir başka çarpıcı sonuç, aynı örneklerin N:S oranı 12:1 iken, 1990'lı yıllarda bu değer 16:1'e yükselmiştir. Söz konusu çalışmada, 1992 ve 1993'te toplanan örneklerde buğday tanesindeki kritik S noksanlık konsantrasyonundan (1,2 mg gr^{-1}) (Randall ve Wrigley, 1986) daha düşük örneklerin oranı sırasıyla % 7 ve % 26'dır. Oysa, 1980'li yıllarda toplanan örneklerde kritik S noksanlık değerinden daha düşük bir değere sahip örneğe rastlanılmamıştır (Byers ve ark., 1987). İngiltere'deki denemelerin yaklaşık ¼'ünde S uygulamasıyla verim artışlarının elde edildiği saptanmıştır. Almanya'nın kuzeyinde ise N'tan sonra bitki büyümesini sınırlayan ikinci elementin S olduğu saptanmıştır (Schung, 1991).

Ekmek yapımında kalite parametreleri arasında değişik çalışmalarda görülen farklılığın nedeninin unlardaki N konsantrasyonundan kaynaklanan farklılıklarla ilişkili olabileceği bildirilmiştir. Azot ve S, proteinlerin temel komponentleri oldukları için bu iki element arasında görülen interaksiyonun beklenen bir durum olduğu (Rending, 1986) ve tanede S ve N arasındaki dengenin buğdayın ekmeklik kalitesinde oldukça önemli olduğu bilinmektedir (Randall ve Wrigley, 1986).

Zhao ve ark. (1996), S ve N gübrelemesinin ekmeklik (Hereward) ve makarnalık (Riband) buğday çeşitlerine etkilerini araştırmak amacıyla yaptıkları sera

denemesi sonucunda; S uygulamasının gövdenin kuru madde miktarını, S konsantrasyonunu, bitki boyunu ve yapraklarda klorofil miktarını artırdığını, hasat indeksinin olumlu etkilendiğini, buna karşın nitrat ve amidlerin miktarının ise azaldığını belirtmişlerdir. Aynı araştırmada, makarnalık buğday çeşidinin S uygulamalarından, ekmeklik buğday çeşidinin ise N uygulamalarından daha fazla etkilendiği ve S alımının da makarnalık çeşide göre daha fazla olduğu, uygulanan S arttıkça her iki çeşidin N alımının arttığı bildirilmiştir.

2.3. Toprakta Demir

Topraklarda toplam Fe miktarı genelde yüksek olmasına karşın bitkiye yarayışlı Fe miktarı azdır. Bu nedenle bitkilerde Fe noksanlığı daha sık ve yaygın şekilde görülür. Toplam Fe miktarı ana materyalin özelliğine bağlı olarak topraklarda % 0.02 ile % 10 arasında değişir ve ortalama miktar % 3.8 kadardır. Toprakta bulunan Fe'in çoğu birincil mineraller, kil mineralleri, oksitler ve hidroksitlerin bileşiminde bulunur (Kacar ve Katkat, 1998).

Demir eksikliği problemine genellikle kurak ve yarı kurak bölgelerin pH değeri yüksek, kireçli, killi, organik maddece düşük (veya çok yüksek) ve tuzlu topraklarında rastlanmaktadır. Dünya topraklarının yaklaşık % 50'sinin kurak ve yarı kurak bölgelerde olması ve ¼'ününde kireçli olması nedeniyle bitkilerde Fe eksikliğinin dünya çapında bir problem olarak ortaya çıkması çok da şaşırtıcı değildir (Miller ve ark., 1984; Awad ve ark. 1994). Topraklardaki toplam Fe miktarı oldukça yüksek olmasına karşın, bitkilerin söz konusu Fe'den faydalanabilmeleri, mevcut Fe'in formuna, bitki tür ve genotiplerine bağlıdır. Toprakta herhangi bir besin elementinin yeterli miktarda bulunması, aynı besin elementinin bitki bünyesinde de yeterli miktarda olacağını göstermez (Miller ve ark., 1984).

İnsan ve bitkide Fe eksikliği sorunu, genelde topraklardaki alınabilir Fe konsantrasyonunun düşüklüğü ile ilgilidir. Gerçekte topraklardaki total Fe konsantrasyonu (% 0.5-5.0) çok yüksek olmasına karşılık bitkinin Fe'den yararlanmasını engelleyen bitki, toprak ve çevre faktörlerinin Türkiye koşullarında yaygın olduğu bilinmektedir. (Kacar ve Katkat 1999). Bu faktörleri; toprakların

yetersiz Fe içeriği, toprak ortamında veya bitki bünyesindeki yüksek pH, yüksek kireç ve kil içeriği, düşük organik madde ve düşük toprak sıcaklığı, topraktaki veya bitki bünyesindeki PO_4^{-3} iyonlarının konsantrasyonu ve P/Fe oranındaki dengesizlik, toprakların $CaCO_3$ ve $MgCO_3$ içerikleri, ortamda yeteri kadar Ca ve K'un bulunmaması, bitkilerin beslendiği N formu, topraktaki Mn/Fe oranı, topraktaki veya bitki bünyesindeki ağır metal iyonlarının fazlalığı (Cu, Ni, Co, Zn, Cr, Mn), kötü bünye özellikleri ve aşırı sulama sonucu oluşan olumsuz koşullar ve sulama suyunun kalitesi olarak sıralayabiliriz (Shi ve ark. 1993, Başar 1995, Alcantara ve ark. 2000).

Türkiye ölçeğinde Eyüpoğlu ve Kurucu (1997) tarafından yapılan bir araştırmada Türkiye'nin iklim ve bölgelerini temsil edecek şekilde örneklenen 1511 toprak örneğinde mikro element analizi yapılmıştır. Bu araştırmaya göre Türkiye topraklarının % 27'sinde Fe, % 50'sinde Zn ve % 1'den az kısmında Mn noksanlığı tespit edilmiştir. Söz konusu çalışmaya göre potansiyel olarak Fe eksikliğine sahip tarım topraklarının 7,5 milyon ha'ı bulduğu da bildirilmiştir. Türkiye'de yeterli yağış alan (Trakya-Marmara, Karadeniz ve Ege) bölgeler dışında toprakların yaklaşık olarak % 85'inin alkali reaksiyonlu oluşu (pH>7.0) Fe noksanlığını oldukça yaygın kılmaktadır. Buna benzer olarak toprakta organik madde içeriği bakımından da ülkemizin çok fakir olduğu bilinmektedir (Ülgen ve Yurtsever, 1995).

2.4. Bitkide Demir

Bitkiler geliştikleri ortamdan Fe'i sürekli almak durumundadır. Yaşlı yapraklardan genç yapraklara Fe taşınımının yetersiz kalması nedeniyle bitkiler büyümekte olan organlarının Fe gereksinimini ortamdan sürekli Fe alarak karşılayabilmektedir. Demir kök etki alanı içerisinde toprakta Fe, Fe^{+2} ve Fe^{+3} iyonları şeklinde bulunduğu gibi organik bağlı ya da kileytler şeklinde de bulunur. Bitki metabolizmasında Fe, Fe^{+2} olarak kullanılır. Bu nedenle bitki Fe^{+2} iyonunu ya da bu şekle indirgenmiş Fe'i alır. Kimi bitkiler fazla miktarda Fe^{+3} içermekle beraber Fe noksanlığı gösterir. Bu durum bitki metabolizmasında Fe^{+3} iyonunun değerlendirilemediğinin açık bir kanıtıdır (Brown, 1978).

Bitkilerin Fe konsantrasyonları tür, çeşit ve beslenme koşullarına göre büyük farklılıklar göstermektedir. Aynı zamanda bitkilerin bünyesindeki toplam Fe içeriğinin bile bitkinin Fe ile beslenme durumunu yansıtmadığı bildirilmektedir. Şöyle ki, Fe noksanlığı görülen yaprakların Fe içerikleri yeşil olanlar ile aynı düzeyde veya daha fazla olabilmektedir (Mengel, 1995).

Hamurcu ve ark, (2006), kontrollü sera koşullarında farklı seviyelerde Fe uygulamalarının makarnalık buğdayın kuru madde miktarı, Fe konsantrasyonu ve içeriği, Zn, Cu, Mn konsantrasyonları üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları araştırma sonuçlarına göre, toprağa uygulanan Fe miktarı arttıkça bitkide Fe konsantrasyonunun belli bir noktaya kadar artış gösterdiğini, belli bir seviyeden sonra düştüğünü belirlemişlerdir.

Türler ve hatta aynı türün çeşitlerinin Fe noksanlığına dayanıklılıkları arasındaki farklılıklar, bitkilerin geliştirmiş oldukları farklı adaptasyon mekanizmalarından kaynaklanabilir. Toprakta Fe oldukça fazla miktarda bulunmakla birlikte, bitkilerin faydalanabildiği yarayışlı Fe miktarının toplam Fe içerisindeki oranı oldukça düşüktür. Toprağın pH durumuna bağlı olarak iyi havalanan topraklarda iyonik formdaki Fe^{+3} ve Fe^{+2} konsantrasyonu son derece düşüktür (10^{-10} M veya daha düşüktür). Topraklardaki inorganik Fe'in çözünürlüğü toprağın pH ve redoks potansiyeline bağlıdır. Topraklardaki Fe^{+3} veya Fe^{+2} şelatlarının miktarları da, 10^{-8}-10^{-7} M arasında olup çok sınırlı durumdadır. (Römheld ve Marschner, 1986). Bu koşullar altında bitkiler Fe noksanlığından etkilenmemek için topraklarda bol miktarda bulunan ancak yarayışsız olan Fe'in çözünürlüğünü arttırmak ve bundan faydalanmak için iki farklı (Strateji-I ve Strateji-II) strateji geliştirmişlerdir (Marschner ve ark., 1986; Römheld ve Marschner, 1986; Römheld, 1987; Marschner, 1995a).

Tüm tek çenekli bitkiler (buğdaygiller hariç) ve çift çenekli bitkiler Strateji-I olarak isimlendirilen özel adaptasyon mekanizmalarına sahipken, buğdaygiller ise Strateji-II olarak isimlendirilen ve Strateji I'den farklı adaptasyon mekanizmaları geliştirmişlerdir. Bu mekanizmaların etkin geliştiği çeşitler literatürlerde "efficient" (etkin) veya "resistant" (dayanıklı) çeşitler olarak adlandırılmaktadır. Tersi durumlarda "inefficient" (etkin olmayan) veya dayanıksız (duyarlı) çeşitler olarak

adlandırılmaktadırlar (Römheld ve Marschner, 1986,1986a). Bir genotipin herhangi bir mineral besin elementi için dayanıklılık reaksiyonu göstermesi, o genotipin ilgili besin elementinin toprakta sınırlı düzeydeki konsantrasyonundan fazla etkilenmemesi ve yüksek düzeyde verim oluşturabilmesi anlamına gelmektedir. Eğer bir genotip, yüksek verim kapasitesine ancak dışarıdan ilgili besin elementinin gübreleme yoluyla verilmesinden sonra ulaşabiliyorsa, bu genotipler duyarlı (inefficient) olarak tanımlanır (Graham, 1984; Clark ve Duncan, 1991).

Strateji-I'deki bitkilerin Fe noksanlığı stresinde, rizosfere artan oranlarda H^+ salgıladıkları (Römheld ve Marschner, 1984) ve bu mekanizmanın epidermiste plazma membranları üzerinde lokalize olmuş ATPaz isimli bir enzim tarafından regüle edildiği bulunmuştur (Zocchi ve ark., 2007; Schmidt, 1999; Römheld ve Marschner, 1984). Bu mekanizma ile bitkilerin rizosferde Fe'in hareketliliğini arttırıcı bir etkide bulunan H^+ iyonları beslenme ortamına salgılanırken bu olaya paralel olarak aynı anda köklerin Fe^{+3} bileşiklerini redükte edici bir mekanizmayı aktif hale geçirdiği bulunmuştur. Bu mekanizma ile Fe^{+3} redüktaz isimli bir enzim aktif duruma geçmektedir. Bu enzim yardımı ile Fe^{+3} bileşikleri indirgenmekte ve çift çenekli bitkiler de Fe^{+2} formunda Fe alımı olayı gerçekleşmektedir (Bienfait ve ark., 1983).

Demir noksanlığı stresine giren Strateji-II grubu bitkileri (buğdaygiller), Strateji-I grubu bitkilerinin gerçekleştirdiği adaptasyon mekanizmalarını geliştirememektedir. Bu bitkiler rizosfere çok etkili bir Fe şelatörü salgılamaktadırlar. Bu şelatör mucineik asit ailesine giren bir fitosiderofordur. Fitosiderofor sözcüğü bitki kökenli şelatör olarak tanımlanabilir. Yunancada "phyton" bitki, "sideros" demir ve "phorus" taşıyan anlamdadır. Bu kimyasal bileşim, şelatlama yoluyla Fe^{+3}'ün rizosferde mobil (hareketli) hale geçişini sağlamakta ve plazma membranları üzerinde lokalize olmuş spesifik bir protein taşıyıcısı ile kök hücrelerine Fe-fitosiderofor formunda Fe'in alınmasını sağlamaktadır (Römheld ve Marschner, 1986,1986a; Römheld, 1987).

Çakmak ve ark. (1998), fitositerofor salınım oranı üzerine farklı ışık yoğunluklarının (50-600 mol. m^2 s^{-1}) etkisini, ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinde Zn noksanlığında ve arpada Fe noksanlığında araştırdıkları

çalışmalarında kontrollü çevre şartlarında besin solüsyonlarında buğday bitkisi 15 gün, arpayı 11 gün kültüre almışlar, hem Zn hem de Fe eksikliği altında köklerden fitositerofor salınımında ışık yoğunluğunun rolünü dikkate değer bulmuşlar, tahıllarda tür içi ve türler arasında Zn ve Fe verimliliğinin ve fitosiderofor salınımının belirlenmesi ile ilgili çalışmalarda ışık durumlarına özel önem verilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Bitkilerde Fe klorozuna özellikle pH'nın yüksek olduğu tarım alanlarında rastlandığı hatırlanırsa buğdaygiller Strateji-I grubu bitkilerine göre Fe stresine daha dayanıklıdır denilebilir. Ancak burada da türler arasında fitosiderofor salgılanması ve kloroza karşı koyma açısından farklılıklar vardır. Aşağıdaki sıralanış içerisinde bazı önemli buğdaygillerin kloroza dayanıklılığı azalırken, fitosiderofor salgısı da artmaktadır (Römheld ve Marschner, 1986a; Marschner ve ark., 1986).

Arpa < Buğday < Yulaf < Mısır < Sorgum < Çeltik

Rengel ve Römheld (2000), 8 ekmeklik ve 2 makarnalık buğday genotipinde kök salgıları, Fe alınımı ve taşımını ele aldıkları çalışmalarında aynı zamanda Zn noksanlığına toleransını da incelemişler, ekmeklik buğday genotiplerinden Aroona, Exalibur ve Stilleta'nın Zn ve Fe noksanlığına tolerans gösterdiklerini, makarnalık buğday genotiplerinin ise toleransının düşük olduğunu belirlemişlerdir. Buğday genotiplerinin Zn noksanlığına gösterdikleri tolerans ile salgıladıkları fitosiderofor miktarı arasında olumlu bir ilişki olduğu, fitosiderofor miktarının artması ile toleransın da arttığı belirlenmiştir.

2.4.1. Bitkilerde Demir Noksanlığı

Demir noksanlığı belirtileri genç yapraklarda ve özellikle de son çıkan yapraklarda öncelikle görülür. Bitkide Fe hareketli (mobil) değildir. Yaşlı yapraklardan genç yapraklara Fe aktarılamaz. Bu nedenle Fe noksanlığı belirtileri önce genç yapraklarda ortaya çıkar ve noksanlığın ileri aşamalarında yaşlı yapraklar da etkilenir. Bitkilerde Fe noksanlığı damarlar arasında sararma şeklinde ortaya çıkar. Demir noksanlığının en tipik özelliği yapraklarda en ince damarların bile yeşil kalması ve damarlar arasında rengin tamamen sarıya dönmesidir. Geniş yapraklı

bitkilerde yapraklar adeta sarı zemin üzerinde yeşil bir ağ manzarası gösterirler. Noksanlığın ileri aşamalarında öncelikle ince damarlar olmak üzere tüm damarlar sararır. Yeterli miktarda klorofil oluşamaması nedeniyle en genç yapraklar adeta beyaz bir renk alır (Römheld ve Marschner, 1986a).

Yeterli miktarda yarayışlı Fe protein sentezi için gereklidir. Ortamda yeteri kadar Fe'in bulunmaması durumunda kloroplast hacmi ve kloroplastların protein içeriği önemli derecede azalır. Şiddetli Fe noksanlığı durumunda, hücre bölünmesi ve yaprak büyümesi olumsuz etkilenir. Ayrıca Fe, biyolojik N bağlanması için gerekli elementlerden biridir. Yeşil bitkiler âleminde Fe'in en çok bilinen ve doğrudan etkiye sahip fonksiyonu klorofil biyosentezinde yer almasıdır. Demir bitkisel üretimde yaygın bir mikro element noksanlığıdır. Eksikliğinde bitki büyümesi geriler, verimde ve kalitede azalmalar meydana gelir, insan ve hayvanlarda da sağlık sorunlarına neden olmaktadır (Römheld ve Marschner, 1986a)

Toprak faktörlerinden dolayı ortaya çıkan Fe noksanlığı problemine karşı alınabilecek önlemlerin başında şelatlı Fe gübrelerinin topraktan veya yapraktan gübrelemeyle bitkilerin Fe'ce zenginleştirilmesi gelmektedir. Ancak Fe içerikli gübre uygulamaları sorunlu topraklarda yetiştiricilik süresi boyunca düzenli yapıldığı takdirde başarılı olmaktadır.

2.5. Toprakta Çinko

Ana materyale bağlı olarak, toplam Zn içeriği topraklar arasında önemli farklılıklar göstermektedir. Ortalama total Zn konsantrasyonları, mineral topraklarda 50 mg Zn kg^{-1} ve organik topraklarda 66 mg Zn kg^{-1} düzeyindedir. Tarım topraklarının çoğunda ise bu değer 10-300 mg Zn kg^{-1} arasında değişmektedir (Alloway, 1995; Barber, 1995). Dünyada tüm tarım alanlarının % 30'unda, Türkiye'de ise % 49,8'inde Zn noksanlığının (DTPA-Zn<0.5 mg kg^{-1}) bulunduğu yapılan araştırmalarla belirlenmiştir (Sillanpaa, 1982; Eyüboğlu ve ark., 1998).

Ülkemizde Zn eksikliğinin en fazla görüldüğü tarımsal bölge İç Anadolu Bölgesi'dir. İç Anadolu Bölgesi'nde yetiştirilen tahılların % 39'unda Zn noksanlığına rastlanmaktadır. GAP Bölgesi toprakları yüksek total Zn içeriklerine

sahip olmalarına rağmen, bitkilerin kolaylıkla yararlanabileceği Zn konsantrasyonu düşüktür (Karanlık ve ark., 1998; Özer, 2000).

Topraktaki Zn'nun yarayışlılığını etkileyen birçok faktör vardır. Bunlardan en önemlileri; toprak tekstürü, toprak pH'sı, P miktarı ve iklim koşullarıdır. Kumlu, kumlu-tınlı ve organik topraklarda, siltli ve killi topraklara göre daha çok Zn eksikliği görülmektedir. Aynı şekilde bitkilerde yaygın bir şekilde Zn eksikliğinin ortaya çıkmasında toprak pH'sının ve kireç içeriğinin yüksekliği, organik madde ve nemin düşüklüğü, toprağa yüksek dozlarda P uygulanması önemli rol oynamaktadır. Ayrıca, bölge topraklarının Zn adsorpsiyon kapasitelerinin çok yüksek, desorpsiyon kapasitelerinin ise çok düşük olması da Zn noksanlığında önemli bir etkendir (Çakmak, 1995).

Kacar ve Katkat (1998), Türkiye genelinde 1511 toprak üzerinde yaptıkları bir çalışmada, Zn noksanlığı belirlenen toprakların % 91.8'inde pH'nın 7.0'nin üzerinde olduğunu belirlemişlerdir. Bu bulgu, toprakta Zn noksanlığı ile pH arasındaki ilişkiyi destekler niteliktedir.

Yüksek pH'larda Zn, Zn^{+2} veya $Zn(OH)_2$ şeklinde alınır. Toprakta düşük Zn konsantrasyonunun bir sonucu olarak, Zn alımı doğrudan kök teması ile gerçekleşir ve alım metabolik olarak kontrol edilir. Toprağın fiziksel ve kimyasal yapısı, gübre ile verilen ve toprak tarafından sağlanan değişik besinlerden bitkinin yararlanmasında önemli bir etkileşim ortamı oluşturmaktadır. Çinko noksanlığı özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerin kireçli topraklarında sıkça görülmektedir (Takkar ve Walker, 1993).

Karanlık ve ark. (1998), GAP, Orta Anadolu ve Çukurova Bölgesi topraklarında, başta Zn olmak üzere mikro elementlerin topraktaki kimyasal formlarını ve bu formlardaki mikro element konsantrasyonlarını saptamak amacı ile yaptıkları çalışmada, bahsedilen bölge topraklarının total mikro element içerikleri yönünden zengin olduklarını (Zn: 40-80 mg kg^{-1}, Cu: 25-59 mg kg^{-1}, Fe: 32951-39371 mg kg^{-1}, Mn: 603-860 mg kg^{-1}) saptamışlardır. Ancak buna karşılık, yüksek pH, kireç, kil miktarı ve düşük organik madde içeriği gibi çeşitli toprak özelliklerinden dolayı, mikro elementlerin bitkilere yarayışlılığının önemli ölçüde sınırlı olduğunu belirlemişlerdir. Örneğin, bu bölgede alınan toprak örneklerinde

total Zn değeri 40-80 mg kg^{-1} arasında değişirken, potansiyel olarak bitkilerce alınabilir Zn değeri 0.08-0.23 mg kg^{-1} arasında bulunmuştur.

Bitkilerce alınabilir Zn, toprak çözeltisinde bulunur veya değişebilir durumda yüzeylerde tutulur. Bitkilerce alınabilir Zn konsantrasyonunu topraktaki adsorpsiyon ve desorpsiyon süreçleri ile belirlenir. Bu süreci toprağın total Zn konsantrasyonu, pH'sı, organik maddesi, kireci, redoks potansiyeli, rizosferdeki mikrobiyal aktivitesi, nem içeriği ile diğer besin elementlerinin düzeyi gibi faktörler etkiler (Alloway, 2004).

Erenoğlu (1995), çinko eksikliğinin çok yaygın olduğu Konya Havzası topraklarının, çinko eksikliğinin daha az olduğu Çukurova ve GAP bölgesi toprakları ile karşılaştırdığı bir çalışmasında, özellikle Konya Havzası topraklarında Zn adsorbsiyonunun çok yüksek, Zn desorbsiyonunun ise oldukça düşük olduğunu bulmuş, bunun başlıca nedeninin yüksek düzeylerdeki aktif kireç ve pH olabileceğini belirtmiştir.

2.6. Bitkide Çinko

Çinko bitkinin mutlak ihtiyaç duyduğu önemli bir bitki besin elementidir. Ayrıca Zn tüm organizmalar için gerekli bir element ve enzimlerin de kritik komponentidir (Marschner, 1995). Çinko enzimler ile substrat bağları arasına bağlanarak yönlendirmede rol oynamaktadır (Çakmak, 2000). Çinko bitkide birçok metabolik fonksiyonlarda rol oynar, özellikle kloroplasta lokalize karbonik asit anhidraz ve süperoksit dismutaz enzimlerinin protein yapısında Zn bulunmaktadır (Marschner, 1995).

Çinko elementi bitkide; fotosentezde şekerlerin nişastaya dönüşmesinde, polen metabolizmasında, biyolojik membranların yapısında, patojenlere karşı enfeksiyon metabolizmasında, enzim aktivatörü olarak karbonhidrat metabolizmasında vb. rol oynar. Çinko noksanlığında bitkilerde protein sentezinin gerilediği ve buna bağlı olarak amino asit ve amin birikiminin arttığı bilinmektedir. (Prask ve Plocke 1971). Amino asitlerin ve diğer çözünür N bileşiklerinin birikmesi köklerin topraktan yapacağı N alımı üzerine olumsuz etki yapabilir. Bu şekilde

çözünür N bileşiklerinin bitkide birikmesi, bitkinin N'la beslenme düzeyinin yeterli olduğu bilgisini köke ileterek kökün beslenme ortamında N alımını sınırlandırmasına ve sonuçta bitkide gizli N noksanlığının ortaya çıkmasına sebep olur. Bu durumda ortaya çıkan N eksikliği hem bitki büyümesinin gerilemesine hem de tanede yeterince protein sentezlenememesine yol açmaktadır (Hacısalihoğlu, 2002).

Rashid ve Fox (1992) buğday tanesindeki kritik Zn seviyesinin 15 mg kg^{-1} olduğunu bildirmişlerdir. Brennan (1992) ise yaprak ayasındaki kritik Zn konsantrasyonunu 8-10 mg kg^{-1} olarak belirlemiştir. Bitki dokularındaki Zn noksanlığı 20-25 mg kg^{-1}'dan daha aşağıdaki konsantrasyonlarda görülür. 400 mg kg^{-1}'dan daha fazla olan Zn konsantrasyonlarında bitkilerde toksik etki ortaya çıkar (Tok, 1996).

Çakmak ve ark., (1998), Zn eksikliğine sahip bir toprakta, sera şartlarında çoğunluğu yazlık karakterdeki 73 makarnalık buğday çeşidinin çinko eksikliğine karşı göstermiş oldukları reaksiyonları belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada kullanılan çeşitler arasında Zn eksikliğine dayanıklılık yönünden önemli farklılıklar tespit etmişlerdir. Çinko eksikliği koşullarında yeşil aksamın Zn konsantrasyonunun 3.6 µg g^{-1} ile 6.3 6 µg g^{-1} arasında bir değişim gösterdiğini, çeşitlerin bitki başına toplam Zn içeriğinin Zn eksikliğine dayanıklılık kriterleriyle yakından ilişkisi olduğunu ve kullanılan tüm çeşitlerin tohumlarındaki Zn konsantrasyonunun düşük seviyede olduğunu tespit etmişlerdir.

Torun ve ark. (1999), Konya Ovasında yetiştirilen 21 ekmeklik ve 3 makarnalık buğday çeşidinin, Zn eksikliğine karşı dayanıklılığının belirlenmesi amacıyla yaptıkları araştırmada, 23 kg Zn/ha uygulamasının, çeşitlerin tane veriminde ortalama % 59 oranında artış sağladığını tespit etmişlerdir. Söz konusu artışın çeşitten çeşide farklı olduğu ve en düşük verim artışının % 20, en yüksek verim artışının % 144 olduğunu belirlemişlerdir. Araştırıcılar ayrıca, Orta Anadolu Bölgesi'nde Zn noksanlığı koşullarında ıslah edilen çeşitlerin, Zn eksikliğinin bulunmadığı alanlarda ıslah edilen çeşitlere göre genelde daha yüksek tane verimine ve daha yüksek Zn dayanıklılığına sahip olduğunu saptamışlardır.

Tahıl kökenli gıdalar çok düşük miktarlarda Zn içermenin yanı sıra, Zn'nun biyolojik yarayışlılığını azaltan bileşiklerce ve fitince de oldukça zengindir (Çakmak

ve ark., 1999). Ayrıca, tanede bulunan Zn'nun büyük bir bölümünün öğütme işlemi sırasında kaybolduğu da bulunmuştur (Çakmak, 2002; Öztürk ve ark, 2006; Çakmak, 2008). Örneğin Öztürk ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada buğday tanesinde Zn'nun çok büyük bir kısmının embriyoda ve aleron tabakasında olduğunu (150 mg Zn kg^{-1}) buna karşılık endosperm de son derece düşük olduğunu (<15 mg Zn kg^{-1}) belirlemişlerdir. Çinkonun zengin olduğu bu dokular aynı zamanda proteince de zengindirler. Tane öğütüldüğünde bu kısımlar atılmakta tanenin Zn'ca fakir kısmı unda kalmaktadır. Sonuçta bu undan yapılan mamulleri tüketen insanlarda Zn alımı yetersiz düzeyde olacaktır. Bu nedenle, tane Zn'sunun zenginleştirilmesi son derece önemlidir. Çinko noksanlığı görülen alanlarda en uygun çinko uygulama metodunu tespit etmek amacıyla topraktan, yapraktan ve tohuma yapılan uygulamaların etkinlikleri çeşitli araştırıcılar tarafından incelenmiştir (Çakmak ve ark, 1996a). Araştırmalar sonucunda; topraktan yapılan uygulamanın başarılı ve uzun yıllar devam eden bir etki bırakması nedeniyle ekonomik uygulama olduğunu, tek başına yapılan yaprak uygulamasından istenilen verim artışı sağlanamadığı halde toprak uygulamasına ilave olarak yapılan yaprak uygulamasının hem verimi hem de dane Zn konsantrasyonunu önemli ölçüde yükselttiği tespit edilmiştir. Gerek-79, Bezostaya-1 ve Dağdaş-94 çeşitleri ile yürütülen bir çalışmada farklı uygulamaların meydana getirdiği ortalama verim artışı, toprak uygulamasında % 59, tohum uygulamasında % 50, yaprak uygulamasında % 37, toprak+yaprak uygulamasında % 64, tohum+yaprak uygulamasında ise % 61 olmuştur (Anonim, 2007).

Özbek ve Özgümüş (1998), topraktan Zn uygulamalarının buğday verimini artırmada, yapraktan ve tohumdan uygulamalara göre daha etkili olduğunu; 1 kg Zn/da uygulamasında % 22.2, 2 kg Zn/da uygulamasında % 20'lik verim artışı sağladığını tespit etmişlerdir.

2.6.1. Tahıl Türlerinin Çinko Noksanlığına Karşı Duyarlılığı

Çinko noksanlığına karşı tahıl türlerinin ve aynı türün çeşitleri arasında önemli farklılıkların olduğu bulunmuştur. Yeşil aksamdaki simptomların şiddetine ve kuru madde veya dane verimindeki azalmaya göre, tahıl türlerinin Zn noksanlığına

karşı dayanıklılığının çavdar > tritikale > arpa > ekmeklik buğday > yulaf > makarnalık buğday şeklinde arttığı belirlenmiştir (Çakmak ve ark., 1998; Ekiz ve ark., 1998).

Çinkoca fakir toprakta, sera ve tarlada yapılan denemelerde, Zn noksanlığından çavdar ve tritikale çok hafif etkilenirken buna karşılık makarnalık buğday ve yulafın ise daha fazla etkilendiği saptanmıştır (Çakmak ve ark., 1998). Tahıl türleri arasında Zn noksanlığına karşı genotipsel farklılığı ortaya koymak için hem sera hem de tarla koşullarında en çok çalışılan tür buğday olmuştur (Graham ve ark., 1992; Çakmak ve ark., 1998, 1999a; Rengel ve Römheld, 2000).

Torun ve ark. (1998) tarafından çinko eksikliği koşullarında yetiştirilen değişik tahıl türlerinin ve çeşitlerinin çinko eksikliğine karşı duyarlılığının belirlendiği çalışmada değişik çavdar, tritikale, arpa, ekmeklik buğday, makarnalık buğday ve yulaf çeşitlerinin şiddetli Zn noksanlığı gösteren kireçli bir toprakta Zn noksanlığına ve Zn uygulamalarına reaksiyonları sera koşullarında test edilmiştir. Çinko noksanlığı simptomları öncelikle yeşil aksamdaki büyümenin azalması ve sonra orta yaşlı yapraklarda yaprak ayasında beyazımsı kahverengi nekrotik lekelerin ortaya çıkışıyla kendini göstermiştir. Bu simptomlar çavdar ve tritikalede hemen hemen hiç görünmezken özellikle makarnalık buğdaylarda ve yulafta kendini çok şiddetli göstermiştir. Arpa çeşitleri ve ekmeklik buğdaylar ise Zn noksanlığına karşı orta derecede duyarlılık göstermiştir. Çinko noksanlığından dolayı kuru madde de ortaya çıkan azalmalar yönünden türler arasında da önemli farklar saptanmıştır. Çinko noksanlığından dolayı meydana gelen ortalama verim azalmalarının çavdarda % 15, tritikalede % 27, arpada % 35, ekmeklik buğdaylarda % 43, makarnalık buğdaylarda % 62 ve yulafta % 65 dolayında olduğu bulunmuştur.

Torun ve ark. (2000), Zn noksanlığında Zn etkinliği yüksek genotiplerin Zn etkinliği düşük olan genotiplere göre, daha fazla kuru madde oluşturma eğiliminde olduğunu bulmuşlardır. Buna karşın, yeterli Zn ile gübreleme yapıldığında ise Zn noksanlığına duyarlı genotipler daha fazla kuru madde verimine sahip olmuştur. Bu ve benzeri çalışmalar yüksek veya düşük Zn etkinliğinin fenotipik bir özellik olmadığını ancak farklı genotiplerin toprakta bulunan Zn'dan farklı oranda yararlanabileceğini göstermektedir.

2.6.2. Bitkilerde Çinko Noksanlığı

Organik madde miktarının çok yüksek veya düşük oluşu, pH'sı yüksek alkali topraklar, P'ca zengin ya da P'ca aşırı gübrelenmiş alanlar, soğuk ve nemli koşullar, topraktaki kil minerallerinin cins ve miktarı, sulama amacıyla yeni tesviye edilmiş alanlar topraklarda Zn noksanlığını arttıran ya da Zn alımını engelleyen faktörler arasındadır (Kacar, 1986).

Bitkilerde Zn eksikliğinde; karakteristik olarak, bitkide (boğum aralarının kısalması) bodurlaşma, özellikle mısırda orta damara paralel açık renkli şeritler, meyve ağaçlarında rozet oluşumu, küçük yapraklılık ve genç yapraklarda kloroz görülmektedir (Çakmak ve ark., 1996). Yaşlı yapraklarda ise genel bir klorosis, bodurluk, solma ve bükülme şeklinde görülür (Marschner, 1995). Genelde Zn eksikliğinde bitkide protein miktarı azalmaktadır. Ancak proteinin kompozisyonu değişmeden kalmaktadır. Çinko eksikliğine sahip fasulye bitkisinin yapraklarında kontrol uygulamasına göre daha fazla aminoasit biriktiği belirlenmiştir (Çakmak ve ark., 1989). Çinko toprakta yeterince bulunduğu zaman; özellikle bitki büyüme hormonlarının oluşumu tam olmakta, tohum verimi artmakta, mısırda gövde ve tane olgunluğu sağlanmaktadır (Aydeniz ve Brohi, 1991). Çinko noksanlığına en hassas bitkiler; tahıllar, şekerpancarı, mısır, keten, fasulye, meyveler, narenciye, bağ, patates ve pamuktur.

2.6.3. Çinko – Demir İnteraksiyonu

Çinko ve Fe interaksiyonun tıpkı Zn-P interaksiyonu gibi kompleks göründüğü bildirilmiş ancak Zn-P interaksiyonu kadar çok fazla ilgi gösterilmemiştir. Çinkonun uygulanmasıyla bitkide Fe beslenme durumunun iyileştiği, kötüleştiği ve değişmediği ile ilgili bulgular elde edilmiştir (Loneragan ve Webb, 1993). Çinko eksikliğinde hem Strateji I hem de Strateji II bitkilerinde yeşil aksamdaki Fe konsantrasyonunun arttığı görülmüştür. Bu durum olasılıkla rizosfer pH'sındaki asitleşme ve köklerden salgılanan reduktantlar ve fitosideroforlarla ilişkilidir. Çinkoca yeterli beslenen bitkilere göre Zn noksanlığı altındaki bitkilerin

kök salgıları ile daha fazla mobilize etme yeteneğinde oldukları görülmüştür (Taşdemir, 2006).

Ayrıca Alpaslan ve Taban (1996)'da, çeltikte Zn-Fe ilişkisini belirlemek amacıyla, bitkiye elverişli Zn kapsamı 0.4 mg kg^{-1} Zn olan toprak ile sera koşullarında deneme yürütmüşlerdir. Toprağa Zn, $ZnCl_2.7H_2O$ şeklinde 0, 2.5, 5.0 ve 10.0 mg kg^{-1} Zn düzeylerinde, Fe ise $FeSO_4$ şeklinde 0, 5.0, 10.0 ve 15.0 mg kg^{-1} Fe düzeylerinde uygulanmıştır. Deneme bitkisinin Zn kapsamı uygulanan Zn'lu gübrelemeye bağlı olarak % 49.6, 89.5 ve 126.0 artarken, Fe kapsamı ise % 16.1, 27.2 ve 36.2 azalmıştır. Demirli gübreleme ile çeltik bitkisinin Fe kapsamı % 26.1, 66.0 ve 105.9 artmış, buna karşılık Zn kapsamı % 15.7, 28.6 ve 42.6 azalmıştır.

Yapılan birçok araştırmada özellikle elverişli Fe ve Zn kapsamları düşük olan topraklarda, Zn ve Fe gübrelemesi verimde önemli artışlar sağlamıştır (Çakmak ve ark., 1996). Birçok bitkide Fe x Zn interaksiyonunun var olduğu bilinmektedir. Bu durum, bitki kök bölgesinde Fe ve Zn iyonları arasında absorpsiyon bakımından rekabete girmeleri sonucu ortaya çıkmaktadır. Ortamda yüksek düzeyde Fe bulunması durumunda bitkilerin Zn alımı engellenmekte ve bitkilerde Zn noksanlığı ortaya çıkmaktadır (Alpaslan ve Taban, 1996).

Kutman ve ark. (2011) tarafından, makarnalık bir buğdayın oluşumu/gelişimi boyunca farklı N ve Zn uygulamalarının Zn, Fe ve N'un total alımı, yeniden taşınımı ve paylaşımı üzerine olan etkisini görmek üzere bir çalışma yürütülmüştür. Bu amaçla bitkiler, yüksek ve düşük N ve Zn uygulamaları altında serada yetiştirilmiş ve yapraktaki, gövdedeki, kabuk/kavuzdaki ve tanedeki Zn, Fe ve N analizi için 8 farklı gelişim aşamasında hasat edilmişlerdir. Sonuçlar, yüksek N uygulaması altında bitki başına Zn ve Fe alımının 4 kat arttığını, ancak toplam bitki büyümesinin yüksek N uygulaması altında çok daha az olduğunu göstermiştir. Azotun ve Zn'nun yüksek uygulandığı durumda, yaklaşık olarak tanedeki Zn konsantrasyonun % 50'si ve Fe konsantrasyonun da % 80'inin çiçeklenme öncesi yeşil aksamdan sağlandığı belirlenmiştir. Yüksek Zn ve N uygulamasında, Zn'nun yaklaşık % 60'ı, aynı zamanda başlangıçta vejetatif aksamda depo edilen Fe'in % 40'i taneye tekrar taşınmış ve yaklaşık yeşil aksamdaki toplam Zn'nun % 80'i ve Fe'in % 60'ı taneyle

birlikte hasat edilmiştir. Sonuçlar, N beslenmesinin buğdayda Zn ve Fe'in hem alımı hem de taneye paylaşımında kritik bir faktör olduğunu göstermiştir.

2.6.4. Fitosidereforların Salgılanması

Fitosidereforlar, protein yapıda olmayan organik bileşiklerdir. Demir ve Zn noksanlığında salgılanarak özellikle kireçli topraklarda anılan mikro besin elementlerinin çözünürlülüğünü ve hareketliliğini arttırıp bitkiye alımını kolaylaştırırlar (Römheld ve Marschner, 1991, Marschner, 1995).

Mugineik asit ve avenik asit gibi fitosidereforlar, bitkinin normal koşullarda alamadığı Zn ve Fe'in kolayca alımını sağlarlar. Fitosideroforlar, yalnızca buğday, arpa, çavdar gibi buğdaygil grubu bitkiler tarafından salgılanabilmektedir. Bu kök salgıları köklerden Zn alınımının yanı sıra, Zn'nun bitki içinde taşınmasını da kolaylaştırmaktadır (Çakmak ve ark., 1996a). Çinkonun bitkideki taşınımı hem ksilem hem floem üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bu bulgulara karşılık, Zn noksanlığına karşı ekmeklik buğdaylar arasındaki dayanıklılık farkını açıklamada fitosiderefor salgılama oranının yetersiz kaldığı gösterilmiştir (Erenoğlu ve ark., 1996). Yüksek Zn etkinliğine sahip çavdar ve tritikale ile daha düşük Zn etkinliğine sahip ekmeklik buğday çeşitlerinin köklerinden hemen hemen benzer oranda fitosiderefor salgılama kapasitesine sahip oldukları bulunmuştur. Makarnalık buğdayların ekmeklik buğdaylara göre Zn eksikliği koşullarında toprağa fitosiderofor salgılama kapasitesinin çok düşük olduğu belirlenmiştir (Çakmak ve ark., 1998).

Çakmak ve ark., (1996a) tarafından makarnalık ve ekmeklik buğdaylarda fitosidereforlar üzerinde yapılan bir diğer araştırmada, tüm genotiplerde çinko gübrelemesi yapıldığında, fitosiderefor salgısı miktarı 32 bitkide 3 saatte 1 µ mol şeklinde oldukça düşük olmuştur. Çinko noksanlığında ise Zn noksanlık simptomları ile birlikte 32 bitkide 3 saatte salgılanan fitosiderefor miktarı 7.5 µ mol'a çıkmıştır (özellikle Kıraç-66, Gerek-79 ve Aroona'da). Makarnalık buğdaylarda salgılanan fitosiderefor miktarı Zn noksanlığında bile değişmeden kalmıştır. Makarnalık genotipleri arasında BDMM-19 en yüksek fitosiderefor salgılayan genotip olmuştur.

Eker ve ark., (1997) tarafından Tram-92 ve Hamidiye arpa çeşitlerinin çinko eksikliğine karşı duyarlılığı ve bu duyarlılıkta fitosideroforların rolünü araştırdıkları çalışmada ise, bitki kuru ağırlığı verilerine ve yaprak simptomlarının şiddetine göre Tarm 92 çeşidi Zn eksikliğine yüksek düzeyde dayanıklılık gösterirken Hamidiye çeşidi çok duyarlı bulunmuştur. Bu farklılıkta, Tarm 92'nin Hamidiye'ye göre bitki başına ortamdan daha fazla Zn alması ve bu Zn'yu dokularda daha etkin bir şekilde kullanması önemli rol oynamıştır. Tarm 92'nin ortamdan daha fazla Zn almada ise yukarıda bahsedilen fitosideroforların etkin rol oynayabileceği düşüncesiyle bu iki çeşidin Zn noksanlığı koşulları altında köklerinden salgıladıkları fitosiderofor miktarları karşılaştırılmış ve Tarm 92'nin Hamidiye'ye göre daha fazla miktarda fitosiderofor salgıladığı belirlenmiştir.

2.7. Buğday

Dünyada insanların sağladıkları günlük kalorinin % 50'sinden fazlası tahıllardan ve tüm tahıllar içerisinde % 20'si ise buğdaydan karşılanmaktadır (Akkaya 1994). Buğday çok çeşitli ürünlerin, özellikle ekmeğin hammaddesi olması açısından önemlidir. Türkiye'de kişi başına tüketilen enerjinin % 66'sı tahıllardan bununda % 56'lık bir kısmı yalnız başına ekmekten karşınırken, protein ihtiyacının % 50'si ekmekten sağlanmaktadır (Elgün ve Ertugay, 1992).

Dünya ve ülkemiz nüfusunun beslenmesinde tahıllar çok önemli bir yere sahiptir. Tahıllar içerisinde buğdayın dünyadaki ekim alanı 217.6 milyon ha, üretimi 628 milyon ton ve dekara verimi de 290 kg'dır (Anonymous 2005). Ülkemizde de buğday 9.250 milyon ha'lık ekim alanı, 21.5 milyon ton üretimi ve 232.4 kg/da verimiyle çok önemli bir yer tutar (Anonymous 2005a). Buğday, mısırdan sonra dünyada tarımı yapılan en yaygın bitki türüdür (FAO, 2009).

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Sera Denemelerinde Kullanılan Toprak Materyali

Serada kurulan saksı denemelerinde Zn bakımından fakir olduğu bilinen Eskişehir-Sultanönü toprağı kullanılmıştır. Eskişehir-Sultanönü toprağına ait fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 3.1'de verilmiştir. Toprağın DTPA ile extrakte edilebilir Zn konsantrasyonu Çizelge 3.1'de görüldüğü üzere uluslararası düzeyde kabul gören kritik eksiklik sınırı olan 0.5 mg Zn kg^{-1}'dan (Lindsay ve Norvell, 1978) çok düşüktür.

Çizelge 3.1. Deneme toprağının bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri

	S	P	K	Cu	Mn	Fe	Zn	Org.madde	$CaCO_3$	pH	Tuz	Kil	Silt	Kum	Tekstür
Eskişehir	mg kg^{-1}							%			mmhos/cm	%			
Sultanönü	12.2	3.63	340	1.04	4.65	4.11	0.17	1.08	12.0	8.06	0.21	60.6	30.6	8.8	CL

3.1.2. Sera Denemelerinde Kullanılan Buğday Genotipleri

Denemede kullanılan çeşitler makarnalık (*Triticum durum* L. cv. Sarıçanak-98) ve ekmeklik (*Triticum aestivum* L. cv. Adana-99) buğday çeşitleridir. Bu buğday çeşitlerinin genel özellikleri aşağıda kısaca özetlenmiştir:

Sarıçanak 98: Güneydoğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından yazlık bir çeşit olarak geliştirilen, orta erkenci, kış soğuklarına hassas bir çeşit olup dane verimi ortalamanın üstündedir. 80-90 cm boyunda, sağlam saplı, grimsi yeşil yapraklı orta genişliktedir. Dane yapısı sert ve camsı olup protein oranı yaklaşık % 13 civarındadır. Başak yapısı dik ve uca doğru sivri, kirli beyaz sarı renktedir. Başak uzunluğu 5-6 cm civarındadır. 1000 tane ağırlığı 40-45 g'dır. Güneydoğu Anadolu Bölgesinin tüm illerinde yetiştirilebilecek bir çeşittir.

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. Metod

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

3.2.1. Sera Denemelerinin Kurulması ve Yürütülmesi

Denemede kullanılan her bir saksıya 3.000 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^{-1} N (başaklanma öncesi 100 mg kg^{-1} N daha uygulanmıştır), 100 mg kg^{-1} P ve 175 mg kg^{-1} K uygulanmıştır. Sera denemelerinden SxZn denemesinde S dozları 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} ($CaSO_4.2H_2O$) olarak, Zn dozları 0.2, 1.0, 5.0 mg kg^{-1} ($ZnSO_4.7H_2O$) olarak ve Fe dozu da 5 mg kg^{-1} (FeEDTA) olarak uygulanmıştır.

Diğer SxFe denemesinde ise S dozları 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} ($CaSO_4.2H_2O$) olarak, Fe dozları 0, 10 mg kg^{-1} FeEDTA, 10 mg kg^{-1} FeSequesteren olarak ve Zn dozu da 5 mg kg^{-1} ($ZnCl_2$) olarak uygulanmıştır.

Deneme her uygulama dozundan 3 tekerrür ve her saksıda 12 tohum olacak şekilde kurulmuştur. Deneme 10 günlük iken her saksıda 8'er bitki kalacak şekilde seyreltme işlemi yapılmıştır. Bitkilerin su ihtiyacı hasat zamanına kadar saf su ile ve tarla kapasitesine yakın (% 70 civarında) bir nem içeriğinde olacak şekilde yapılmıştır.

Bitkilerin gelişimleri izlenerek ve S noksanlık simptomlarının şiddeti klorofilmetre (Minolta SPAD 502) ile SPAD değeri olarak kaydedilmiştir. SPAD değeri, bitkideki klorofil konsantrasyonu ile ilişkilidir (Schaper ve Chacko, 1997). Klorofil konsantrasyonu arttıkça SPAD değeri de artmaktadır. SPAD ölçümü vegetatif dönemde büyümesini tamamlamış en genç yaprağın hemen altındaki yaprakta yapılmıştır. Bitkiler sapa kalkma döneminde iken simptom şiddetine bağlı olarak da ara hasat zamanı belirlenmiştir. Buna göre bitkiler 47 günlük iken hasat edilmiştir.

Deneme de yeşil aksam örneklemesinden sonra her saksıda 4 adet bitki bırakılmıştır. Generatif dönemde bitkiler 83 günlük iken bayrak yaprağın hemen altındaki yaprakta SPAD ölçümü tekrar yapılmıştır. Bitkiler de ekimden itibaren 110 günlük iken tane olumu tamamlanmış ve genel hasat yapılıp, tane ve sap verimleri tespit edilmiştir. Hasat sonunda elde edilen tane örnekleri arasından benzer büyüklükte 6 tane seçilmiş ve makro ve mikro element analizi yaş yakma metoduna göre aşağıda (3.2.1.1.) yeşil aksam örnekleri için belirtilen şekilde analizi yapılmıştır. Ayrıca (başak ağırlığı + sap ağırlığı) / bitki sayısı hesabına göre hasat indeksi değerleri belirlenmiştir.

Çizelge 3.2**.** Sera denemelerinin deneme kombinasyonları

S (mg kg^{-1})	Zn (mg kg^{-1})	S (mg kg^{-1})	Fe (mg kg^{-1})
2,5	0,2	2,5	0
10	1	10	10 EDTA
40	5	40	10 sequesteren

3.2.2. Bitki Analizleri

3.2.2.1. Mikro-Makro Element Analizi

Yeşil aksam örneklemesi yapılan bitkiler saf su ile yıkanıp, 70 °C'ye ayarlanmış etüvde 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_2O_2-5 ml HNO_3 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 S (181.972 nm dalga boyunda), Zn (213.8 nm dalga boyunda) ve Fe (234.3 nm dalga boyunda) analiz edilmiştir. Total N analizi için Leco C/N analizörü kullanılmıştır (Zao ve McGrath., 1994).

3.2.3. Toprak Analizleri

Tekstür, Bouyocous (1952)'ye göre, **pH**, Jackson, M.L., (1964)'a göre, **Kireç,** Scheibler kalsimetresi kullanılarak yapılmıştır (Hızalan ve Ünal, 1966). **Total Tuz,** Saturasyon çamuru hazırlanarak iyonların elektrik iletkenliğine göre Wheatstone köprüsü yöntemiyle kondaktivite aygıtında yapılmıştır (Sönmez ve Ayyıldız, 1964).

DTPA'da Ekstakte Edilebilir Mikroelementler: Alınabilir Zn, Fe, Mn ve Cu elementlerinin analizleri kireçli topraklar için gösterilen DTPA-TEA ekstraksiyon çözeltisiyle yapılmıştır (Lindsay ve Norvell, 1978).

Toprakta Alınabilir SO_4-S Konsantrasyonunun Belirlenmesi: Toprakların S konsantrasyonunun belirlenmesinde Blair ve ark. (1991) tarafından geliştirilen metodun Bloem ve ark. (2002)'larınca modifiye edilmiş yöntemiyle belirlenmiştir. Bu metoda göre, 2 mm'lik elekten geçirilmiş 10 g toprak tartılarak üzerine 50 ml 0.025 M KCl çözeltisi ilave edilmiştir. Daha sonra oda sıcaklığında bu toprak KCl süspansiyonu ile 3 saat süreyle horizontal bir çalkalayıcıda 100 dev/dk.'da çalkalanmıştır. İşlemin ardından süspansiyon mavi bantlı filtre kağıdı ile süzülmüş ve elde edilen süzükte ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emmission Spectrometer) cihazı ile S konsantrasyonu 181.972 nm dalga boyunda ölçülmüştür.

3.2.4. Su Kültürü Denemeleri

Bu tez çalışması süresince Sabancı Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Bitki Fizyoloji Laboratuarlarında ve bilgisayar kontrollü iklim odalarında (Digitech Phytotrons-Ankara) iki su kültürü denemesi daha kurulmuştur. Denemelerde Adana-99 ekmeklik buğday çeşidi kullanılmıştır.

3.2.4.1. Buğday Tohumlarının Çimlendirilmesi ve Bitkilerin Saksılara Transferi

Buğday tohumları, içerisinde perlit bulunan 40x25x5 cm boyutundaki beyaz plastik küvetlere ekilmiş ve inkübatörde 27 °C'de 4 gün süreyle çimlenmeye bırakılmıştır. Daha sonra bulundukları ortamdan çıkarılıp 3 cm genişliğinde ve 15 cm uzunluğundaki süngerlere sarılıp, içerisinde buğday bitkileri için hazırlanmış ve bileşimi aşağıda verilmiş (Çizelge 3.3) besin çözeltisi bulunan saksılara demetler halinde her saksıda 5 demet ve her bir demette ise 5 bitki, toplamda 25 bitki olarak transfer edilmiştir.

3.2.4.2. Bitkilerin Yetiştirildiği Ortamın Özellikleri

Bilgisayar kontrollü iklim odalarında 20-24 °C gece-gündüz sıcaklığı, 400 µmol m^{-2} s^{-1} ışık intensitesi ve % 70-50 gece-gündüz nemi sağlanarak yürütülmüştür. Gece-gündüz saatleri, tüm denemelerde 8 saat gece ve 16 saat gündüz olacak şekilde programlanmıştır.

3.2.4.3. Su Kültürü Denemelerinin Kurulması ve Yürütülmesi

Su kültürü denemelerinde uygulanan S dozları ilk denemede 15, 45 ve 405 µM olarak, ikinci denemede ise 10, 40 ve 400 µM olarak belirlenmiştir. Kükürt kaynağı olarak $CaSO_4$ kullanılmıştır. Magnezyum açığı ise $MgCl_2$ ile giderilmiştir. Bitkilerin bulunduğu besin çözeltisi ortamı deneme süresince havalandırılarak, her üç

günde bir yenisi ile değiştirilmiş ve saksıların yerleri değiştirilerek ışık ve sıcaklıktan tüm bitkilerin eşit şekilde yararlanmaları sağlanmıştır.

Bitkiler besin çözeltisine alındıktan 12 gün sonra PS toplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Kontrollü iklim odalarında gündüz iklim koşullarına geçildikten 1.5 saat sonra bitkiler çözelti içerisinden çıkarılmış ve içerisinde 500 ml saf su bulunan kaplara transfer edilmiştir. Bitki köklerinden salgılanan PS'ların saf su ortamında toplanması amacıyla burada 3 saat inkübe edilmiştir. Bu süre sonunda salgı örneklerinden 8 ml alınıp, üzerine 2 ml $Fe(OH_3)$ çözeltisi eklenmiş, 45 dk çalkalama işleminden sonra mavi bant filtre kağıdıyla süzme işlemi yapılmıştır. Elde edilen süzüklerde ICP-OES cihazı ile Fe konsantrasyonu belirlenerek PS salgılanma oranı $Fe(OH_3)$'den çözünen serbest Fe miktarı ile belirlenmiştir. PS toplama işlemi 4 defa tekrarlanmıştır. Denemenin tamamında S noksanlık simptomlarının görülmesiyle bitkilerin saksılara transferinden 15 gün sonra yeşil aksam hasadı gerçekleştirilmiştir.

Su kültürü denemelerinde kullanılan besin çözeltisi kompozisyonu ve tuz konsantrasyonları (saksı hacmi 2700 ml) şu şekildedir: 1000 µM $Ca(NO_3)_2$, 500 µM $MgCl_2$, 1500 µM KNO_3, 200 µM KH_2PO_4, 100 µM KCl, 10 µM H_3BO_3, 0.5 µM $MnSO_4$, 0.2 µM $CuSO_4$, 0.01 µM $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ ve 100 µM FeEDTA. Düşük, az ve yeterli S uygulamaları için 15, 45 ve 405 µM $CaSO_4$ kullanılmıştır.

3.2.4.4. Mikro-Makro Element Analizi

Hasat edilen bitki materyalleri saf su ile yıkanarak sabit ağırlığa ulaşana kadar 70 °C'ye ayarlanmış etüvde kurutulup, kuru ağırlıkları alınmıştır. Kuru ağırlıkları alınan örnekler daha sonra agat değirmeninde öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir. Makro ve mikro element analizi için öğütülmüş yeşil aksam örneklerinden 250 mg tartılarak yaş yakma metoduna göre sera denemesinin yeşil aksam ve tane örnekleri için belirtilen şekilde (3.2.2.1.) yapılmıştır.

3.2.5. İstatistik Analizleri

Elde edilen tüm rakamsal veriler SPSS istatistik programı kullanılarak varyans analiz tablosu oluşturulmuş, LSD %5 önemlilik düzeyi esas alınmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Sera Denemeleri

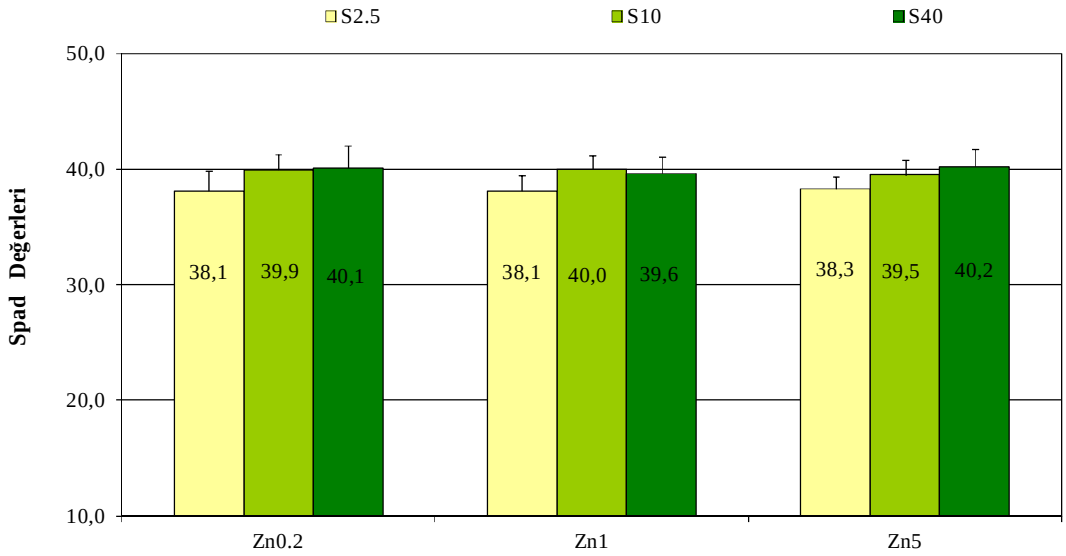
4.1.1. Kükürt ve Çinko İnteraksiyonun Araştırıldığı Sera Denemesi

Eskişehir-Sultanönü bölgesinden getirtilen toprakla yürütülen sera denemesinde toprağa farklı S ve Zn dozlarında uygulamalar yapılmıştır. Kükürt dozları 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}, Zn dozları da 0.2, 1, 5 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir. Deneme toprağının ekstrakte edilebilir S konsantrasyonu 12.2 mg kg^{-1} ve Zn konsantrasyonu 0.15 mg kg^{-1} olup, her iki besin elementi bakımından oldukça fakirdir.

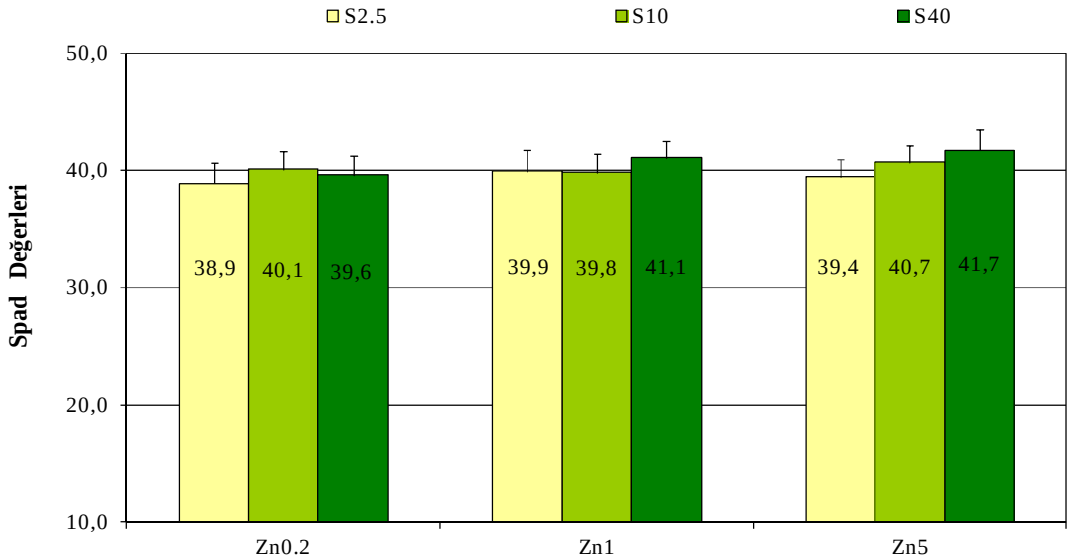
4.1.1.1. Vegetatif Dönem Örneklemesine Ait Sonuçlar

Klorofil Konsantrasyonu (SPAD) ve Kuru Madde Verimi:Bitkilerin vegetatif dönemde farklı S ve Zn uygulamaları altındaki SPAD ve kuru madde verim değerleri Şekil 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4'de verilmiştir.

Adana 99 buğday çeşidinde SPAD değerleri 38.1-40.2 arasında değişim gösterirken, Sarıçanak 98 çeşidinde ise 38.9-41.7 arasında değişim göstermektedir. Adana 99 çeşidinde SPAD değerlerinin ortalamaları S'ün 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} dozlarında sırayla 38.1, 39.8 ve 39.9 (Şekil 4.1) olarak; Sarıçanak 98 çeşidinde ise ortalamalar S'ün 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} dozlarında sırayla 39.4, 40.2 ve 40.8 (Şekil 4.2) olarak belirlenmiştir. Ölçülen SPAD değerlerinde en önemli artışın S'ün 40 mg kg^{-1} ve Zn'nun 5 mg kg^{-1} olduğu uygulamalarda görüldüğü tespit edilmiştir. Çeşitler içerisinde SPAD değerlerine bakıldığında Sarıçanak 98 çeşidindeki artış Adana 99 çeşidine göre daha belirgin görülmektedir. Toprağa artan düzeyde S uygulaması ile birlikte klorofil miktarında çok hafif düzeyde artış meydana gelmiştir. Aynı S dozunda artan Zn uygulamalarına göre ölçülen SPAD değerlerinde önemli farklılık gözlenmemiştir.

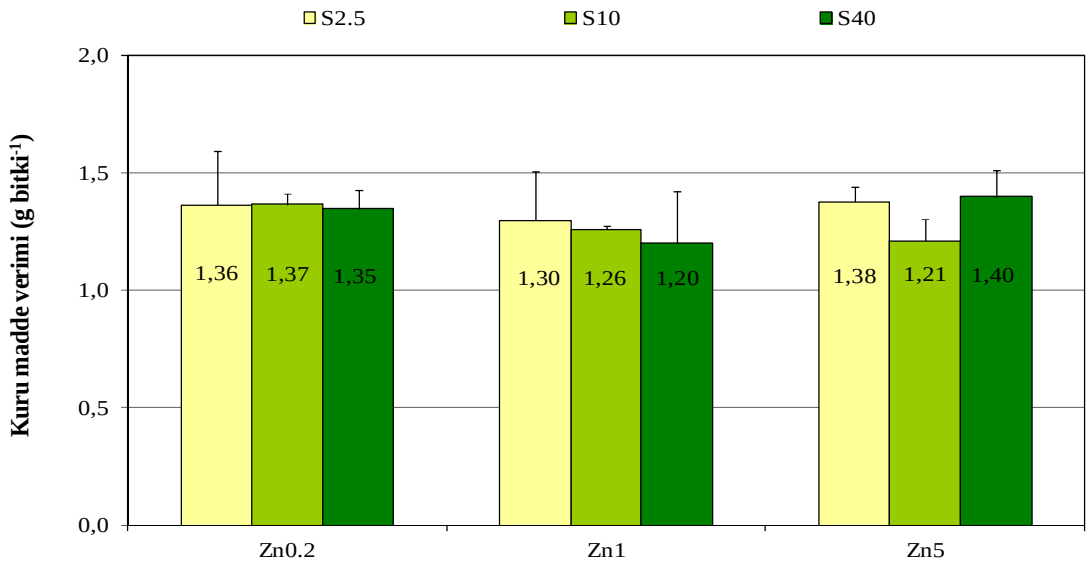


Şekil 4.1. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin vegetatif dönemde SPAD değerleri.



Şekil 4.2. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin vegetatif dönemde SPAD değerleri

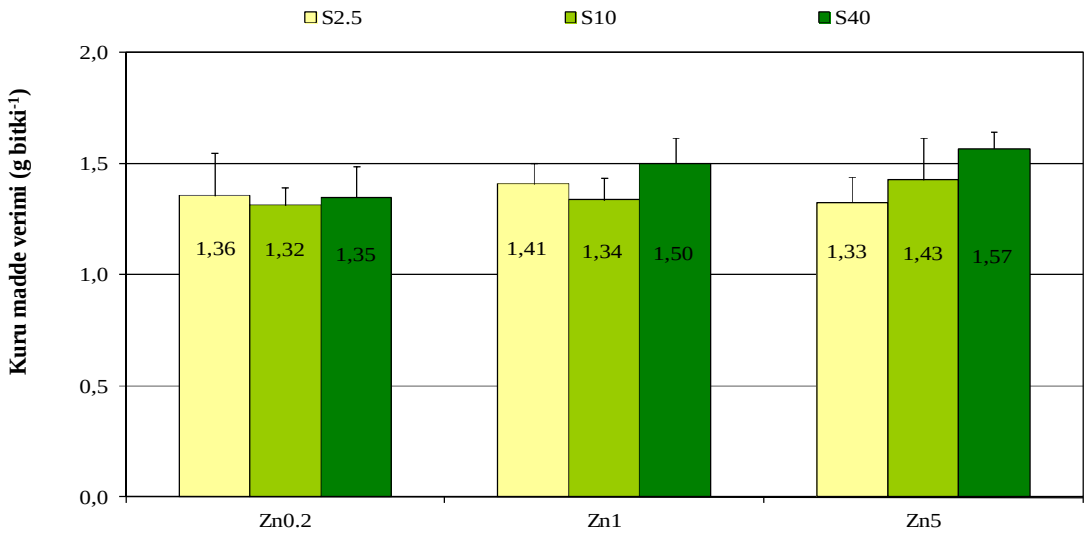
Denemenin vegetatif döneminde bitkiler 47 günlük iken ara hasat yapılmış ve her uygulama dozunun bulunduğu 3 tekerrürlü saksıların her birinden 3-4 bitki hasat edilmiştir. Farklı S ve Zn uygulamaları altındaki Adana 99 buğday çeşidinde kuru madde verim değerleri 1.20 ile 1.40 g bitki^{-1} arasında değişiklik göstermektedir (Şekil 4.3). Bitkilerin yeşil aksam kuru madde verimleri S'ün 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} dozlarındaki ortalamaları sırasıyla 1.34, 1.28 ve 1.31 g bitki^{-1} olarak tespit edilmiştir. Söz konusu çeşitte S uygulamaları arasında hafif farklılıklar gözlenirken en fazla verim S (40 mg kg^{-1}) ve Zn'nun (5 mg kg^{-1}) en yüksek uygulandığı dozlarda görülmektedir. Kuru madde verimleri içerisinde Zn'nun 0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1} dozlarındaki ortalamaları sırasıyla 1.36, 1.25 ve 1.33 g bitki^{-1} olarak belirlenmiştir. Aynı Zn uygulamalarının olduğu koşullarda kuru madde verimleri birbirine yakın değerler göstermiştir.



Şekil 4.3. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin vegetatif dönemde kuru madde verim değerleri.

Sarıçanak 98 buğday çeşidinde ise kuru madde verimleri 1.32 ile 1.57 g bitki^{-1} değerleri arasında değişim göstermektedir. Bitkilerin yeşil aksam kuru madde verimleri S'ün 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} dozlarındaki ortalamaları sırasıyla 1.37, 1.36 ve 1.47 g bitki^{-1} olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.4). Söz konusu çeşitte S uygulamaları

arasında hafif farklılıklar gözlenirken en fazla verim Adana 99 çeşidinde olduğu gibi S ve Zn'nun en yüksek uygulandığı dozlarda görülmektedir. Kuru madde verimleri içerisinde Zn'nun 0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1} dozlarındaki ortalamaları sırayla 1.34, 1.42 ve 1.44 g $bitki^{-1}$ olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.4. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin vegetatif dönemde kuru madde verim değerleri.

Yeşil Aksamda Besin Elementi Konsantrasyonu ve İçeriği:Toprağa artan dozlarda uygulanan S, Adana-99 çeşidinin vegetatif dönemdeki yeşil aksam S konsantrasyonunu beklenildiği gibi yaklaşık 2 kat arttırmıştır. Bitkiler 47 günlükken gerçekleştirilen yeşil aksam örneklemesinde S konsantrasyonu Adana 99 çeşidinde % 0.15-0.30 arasında değişim göstermiştir. Artan S uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak ortalama S konsantrasyonlarının Zn uygulamalarına bakılmaksızın sırasıyla % 0.16, % 0.26 ve % 0.30 olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Zn dozlarının S konsantrasyonu üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı da görülmüştür (Çizelge 4.1).

Çinko konsantrasyon değerlerinin ise artan Zn uygulamaları altında 12.8-44.5 mg kg^{-1} arasında değiştiği görülmektedir. Çinkonun ve S'ün artan dozlarındaki uygulamalarında ortalama Zn konsantrasyonları sırayla 24.7, 25.7 ve 24.5 mg kg^{-1}

olarak hesaplanmıştır. Aynı S uygulaması içerisinde Zn konsantrasyon değerlerine bakıldığında Zn'nun artan uygulama dozlarına göre konsantrasyon değerleri de artmıştır. 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} S uygulamalarına göre Zn konsantrasyonlarındaki değişimler her üç S uygulama dozunda da benzerlik göstermektedir (Çizelge 4.1). Tüm S uygulamaları altında; 0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1} Zn uygulamalarında ortalama Zn konsantrasyonlarının sırayla 13.5, 18.7, 42.7 mg kg^{-1} olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.1. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin yeşil aksamında bitki besin elementlerinin konsantrasyonu.

S	Zn	S	Zn	Fe	N	N/S
(mg kg^{-1})		(%)	(mg kg^{-1})		(%)	
2,5	0,2	0,15 ± 0,01	12,8 ± 0,64	60,4 ± 0,25	4,00 ± 0,19	26,0 ± 1,45
2,5	1	0,16 ± 0,02	16,9 ± 1,12	49,2 ± 0,98	3,91 ± 0,23	23,9 ± 0,94
2,5	5	0,16 ± 0,01	44,5 ± 1,34	52,5 ± 1,34	3,98 ± 0,11	24,4 ± 1,41
10	0,2	0,26 ± 0,01	14,2 ± 0,64	59,4 ± 3,37	4,17 ± 0,15	16,2 ± 0,66
10	1	0,26 ± 0,01	20,6 ± 2,32	62,6 ± 10,6	4,41 ± 0,23	16,6 ± 0,23
10	5	0,26 ± 0,01	42,5 ± 3,79	66,4 ± 13,1	4,58 ± 0,31	17,8 ± 0,60
40	0,2	0,30 ± 0,01	13,5 ± 0,34	60,1 ± 6,31	4,75 ± 0,17	15,7 ± 0,75
40	1	0,30 ± 0,01	18,8 ± 1,69	59,3 ± 5,50	4,70 ± 0,39	15,6 ± 0,67
40	5	0,30 ± 0,02	41,1 ± 2,48	67,3 ± 10,0	4,76 ± 0,33	15,8 ± 0,22

Artan S ve Zn uygulamalarının Fe konsantrasyonu üzerine etkisinin olmadığı görülmektedir. (Çizelge 4.1). Demir konsantrasyon değerlerinin artan S uygulamaları altında 49.2-67.3 mg kg^{-1} arasında değiştiği görülmektedir. Kükürdün 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} uygulama dozlarında ortalama Fe konsantrasyonları 54.0, 62.8 ve 62.2 mg kg^{-1} olarak hesaplanmıştır.

Demirin yanı sıra bitkilerin N konsantrasyon değerleri de tüm uygulamalar altında % 3.91-4.76 arasında değişmektedir. Artan S uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak ortalama N konsantrasyonlarının sırayla % 3.96, % 4.38 ve % 4.73 olduğu görülmüştür. Söz konusu değerlere bakıldığında artan düzeyde S uygulamaları, N konsantrasyonunu hafif oranda arttırmıştır. Uygulanan Zn dozlarının

N konsantrasyonu üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.1).

Azot konsantrasyonunun aksine, N/S oranı artan S uygulamalarına bağlı olarak azalma göstermektedir (Çizelge 4.1). Literatürde N:S değerinin 15'den büyük olması durumu bitkilerde S eksikliğinin varlığına işaret etmektedir. Buna göre denemenin S uygulamalarında bitkilerin ortalama S konsantrasyonları % 0.16, % 0.26 ve % 0.30 ve N konsantrasyonları % 3.96, % 4.38 ve % 4.73 iken N:S oranları 24, 16 ve 15 şeklinde olup 2.5 ve 10 mg kg^{-1} S uygulamalarında N:S oranı yüksek iken 40 mg kg^{-1} S uygulamasında N/S oranı düşük bulunmuştur.

Adana-99 buğday çeşidinin yeşil aksam konsantrasyon değerlerine benzer şekilde bitki başına toplam element miktarlarına bakıldığında da toprağa artan dozlarda uygulanan S ile yeşil aksam S içeriği artmıştır (Çizelge 4.2). Yeşil aksam örneklemesinde bitki başına S miktarı 2.09-4.20 µg $bitki^{-1}$ arasında değişim göstermektedir. Artan S uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak ortalama S miktarlarının da Zn uygulamalarına bakılmaksızın sırasıyla 2.15, 3.31 ve 3.95 µg $bitki^{-1}$ olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bitki başına toplam S miktarlarına da (3.95 µg $bitki^{-1}$) S'ün en yüksek uygulandığı dozda (40 mg kg^{-1}) rastlanmaktadır.

Aynı şekilde artan dozlardaki Zn uygulamaları bitkinin yeşil aksamdaki Zn konsantrasyonunu arttırdığı gibi bitki başına toplam Zn miktarını da arttırmıştır. Bitki Zn içeriğinin artan S uygulamaları altında 17.6-61.3 µg $bitki^{-1}$ arasında değiştiği görülmektedir. Aynı S uygulaması içerisinde bitkideki Zn içerik değerlerine bakıldığında Zn'nun artan uygulama dozlarına göre önemli bir artış gözlenmektedir (Çizelge 4.2). Tüm S uygulamaları altında; artan Zn uygulama dozlarına göre (0.2, 1, 5 mg kg^{-1}) Zn içerik ortalamaları sırasıyla 18.3, 23.4, 56.7 µg $bitki^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Çinko konsantrasyon değerlerine benzer şekilde, bitki başına Zn miktarlarında da en yüksek değerlere Zn'nun en yüksek uygulandığı dozda (5 mg kg^{-1}) rastlanmaktadır.

Çizelge 4.2. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin yeşil aksamında bitki besin elementlerinin içeriği.

S	Zn	S	Zn	Fe	N
(mg kg^{-1})			µg $bitki^{-1}$		mg $bitki^{-1}$
2,5	0,2	2,09 ± 0,27	17,6 ± 3,61	82,2 ± 13,7	54,2 ± 7,22
2,5	1	2,11 ± 0,14	22,0 ± 4,89	64,0 ± 11,3	50,4 ± 5,14
2,5	5	2,25 ± 0,13	61,3 ± 3,59	72,2 ± 1,46	54,8 ± 1,00
10	0,2	3,50 ± 0,07	19,3 ± 1,49	80,9 ± 1,94	56,9 ± 3,42
10	1	3,33 ± 0,10	25,9 ± 2,83	78,7 ± 13,3	55,4 ± 2,34
10	5	3,10 ± 0,13	51,5 ± 6,02	79,7 ± 10,9	55,2 ± 1,70
40	0,2	4,06 ± 0,19	18,1 ± 1,52	81,1 ± 13,0	63,9 ± 5,91
40	1	3,61 ± 0,54	22,3 ± 2,37	70,4 ± 7,74	56,0 ± 6,99
40	5	4,20 ± 0,10	57,4 ± 3,82	93,4 ± 6,94	66,4 ± 0,72

Bunun yanında, bitkinin toplam Fe miktarlarında artan S ve Zn uygulamaları altında önemli farklılıklar gözlenmemektedir (Çizelge 4.2). Yeşil aksam Fe içerik değerlerinin artan S uygulamaları altında 64.0-93.4 µg $bitki^{-1}$ arasında değiştiği görülmektedir. Bitkilerin N içerik değerleri de tüm uygulamalar altında 50.4-66.4 mg $bitki^{-1}$ arasında değişmektedir. Artan S uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak N miktarlarında da hafif artma gözlenmektedir. Uygulanan Zn dozlarının N içeriği üzerinde etkisinin olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.2).

Toprağa artan dozlarda uygulanan S, Sarıçanak 98 çeşidinin vegetatif dönemdeki yeşil aksam S konsantrasyonunu beklenildiği gibi 2 kat arttırmıştır. Bitkiler 47 günlükken gerçekleştirilen yeşil aksam örneklemesinde S konsantrasyonu Sarıçanak 98 çeşidinde % 0.15-0.34 arasında değişim göstermektedir. Artan S uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak ortalama S konsantrasyonları Zn uygulamalarına bakılmaksızın sırasıyla % 0.16, % 0.25 ve % 0.34 olarak belirlenmiştir. Çinko dozlarının S konsantrasyonu üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.3).

Çinko konsantrasyon değerlerinin de artan Zn uygulamaları altında 12.4-46.3 mg kg^{-1} arasında değiştiği görülmektedir. Çinkonun ve S'ün artan dozlarındaki

uygulamalarında ortalama Zn konsantrasyonları sırayla 25.2, 25.3 ve 26.2 mg kg^{-1} olarak hesaplanmıştır. Aynı S uygulaması içerisinde Zn konsantrasyon değerlerine bakıldığında Zn'nun artan uygulama dozlarına göre konsantrasyon değerleri de artmıştır. 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} S uygulamalarına göre Zn konsantrasyonlarındaki değişimler her üç S uygulama dozunda da benzerlik göstermektedir (Çizelge 4.3). Tüm S uygulamaları altında; 0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1} Zn uygulamalarında ortalama Zn konsantrasyonlarının sırayla 12.6, 20.0, 44.1 mg kg^{-1} olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.3. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin yeşil aksamında bitki besin elementlerinin konsantrasyonu.

S	Zn	S	Zn	Fe	N	N/S
(mg kg^{-1})		(%)	(mg kg^{-1})		(%)	
2,5	0,2	0,17 ± 0,01	13,0 ± 1,33	56,7 ± 14,8	4,46 ± 0,17	26,7 ± 2,37
2,5	1	0,15 ± 0,01	19,3 ± 1,50	43,1 ± 1,50	4,13 ± 0,22	27,7 ± 0,50
2,5	5	0,16 ± 0,01	43,3 ± 3,72	46,4 ± 3,30	4,19 ± 0,27	26,6 ± 0,46
10	0,2	0,25 ± 0,03	12,5 ± 1,12	50,6 ± 1,34	4,37 ± 0,17	17,2 ± 1,41
10	1	0,25 ± 0,01	20,7 ± 1,54	53,5 ± 4,98	4,45 ± 0,26	18,1 ± 0,58
10	5	0,24 ± 0,01	42,6 ± 4,02	47,1 ± 2,63	4,12 ± 0,08	17,5 ± 0,28
40	0,2	0,34 ± 0,01	12,4 ± 1,29	51,8 ± 4,19	4,53 ± 0,20	13,3 ± 0,37
40	1	0,34 ± 0,02	20,0 ± 1,11	49,3 ± 2,74	4,24 ± 0,13	12,4 ± 0,62
40	5	0,33 ± 0,02	46,3 ± 2,99	56,4 ± 4,03	4,13 ± 0,09	12,4 ± 0,85

Artan S ve Zn uygulamalarının Fe konsantrasyonu üzerine önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir (Çizelge 4.3). Demir konsantrasyon değerleri artan S uygulamaları altında 43.1-56.7 mg kg^{-1} arasında değişmiştir. Kükürdün 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} uygulama dozlarında ortalama Fe konsantrasyonları 48.7, 50.4 ve 52.5 mg kg^{-1} olarak hesaplanmıştır.

Demirin yanı sıra bitkilerin N konsantrasyon değerleri de tüm uygulamalar altında % 4.12-4.53 arasında değişmektedir. Artan S uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak ortalama N konsantrasyonlarının sırasıyla % 4.26, % 4.31 ve % 4.30 olduğu görülmüştür. Söz konusu değerlere bakıldığında artan düzeyde S uygulamalarının N konsantrasyonu üzerinde etkisinin olmadığı görülmektedir.

Ayrıca uygulanan Zn dozlarının da N konsantrasyonu üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.3). Azot konsantrasyonunun aksine, N/S oranı artan S uygulamalarına bağlı olarak azalma göstermektedir. Literatürde N:S değerinin 15'den büyük olması durumu bitkilerde S eksikliğinin varlığına işaret etmektedir. Buna göre denemenin S uygulamalarında bitkilerin ortalama S konsantrasyonları % 0.16, % 0.25 ve % 0.34 ve N konsantrasyonları % 4.26, % 4.31 ve % 4.30 iken N:S oranları 27, 17 ve 12 şeklinde olup 2.5 ve 10 mg kg^{-1} S uygulamalarında N:S oranı yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Farklı S ve Zn dozları uygulanarak kurulan sera denemesinde kullanılan Adana 99 ve Sarıçanak 98 buğday çeşitlerinin S ve Zn konsantrasyon değerleri karşılaştırıldığında bu değerlerin Sarıçanak 98 çeşidinde kısmen daha yüksek olduğu görülmektedir (bkz. Çizelge 4.1 ve 4.3).

Yeşil aksam S konsantrasyon değerlerine benzer şekilde Sarıçanak 98 buğday çeşidinin bitki başına toplam S miktarı da toprağa artan dozlarda uygulanan S ile birlikte artmıştır (Çizelge 4.4). Yeşil aksam örneklemesinde bitki başına S miktarı 2.09-5.22 µg $bitki^{-1}$ arasında değişim göstermektedir. Artan S uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak ortalama S miktarlarının da Zn uygulamalarına bakılmaksızın sırasıyla 2.15, 3.33 ve 4.98 µg $bitki^{-1}$ olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bitki başına toplam S miktarlarına da (4.98 µg $bitki^{-1}$) S'ün en fazla uygulandığı dozda (40 mg kg^{-1}) rastlanmaktadır.

Buna benzer olarak, artan dozlardaki Zn uygulamaları bitkinin yeşil aksamdaki Zn konsantrasyonunu arttırdığı gibi bitki başına toplam Zn miktarını da arttırmıştır (Çizelge 4.4). Bitkinin Zn miktarlarının artan S uygulamaları altında 16.5-72.4 µg $bitki^{-1}$ arasında değiştiği görülmektedir. Aynı S uygulaması içerisinde bitkideki Zn içerik değerlerine bakıldığında Zn'nun artan uygulama dozlarına göre önemli bir artış gözlenmektedir. Tüm S uygulamaları altında; artan Zn uygulama dozlarına göre (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) Zn içerik ortalamaları sırasıyla 16.9, 28.2 ve 63.4 µg $bitki^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Çinko konsantrasyon değerlerine benzer şekilde, bitki başına Zn miktarlarında da en fazla değerlere Zn'nun en yüksek uygulandığı dozda (5 mg kg^{-1}) rastlanmaktadır.

Çizelge 4.4. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin yeşil aksamında bitki besin elementlerinin içeriği.

S	Zn	S	Zn	Fe	N
(mg kg^{-1})			µg $bitki^{-1}$		mg $bitki^{-1}$
2,5	0,2	2,28 ± 0,44	17,6 ± 2,84	75,6 ± 13,8	60,3 ± 6,44
2,5	1	2,10 ± 0,07	27,1 ± 0,99	60,6 ± 2,24	58,0 ± 0,95
2,5	5	2,09 ± 0,20	57,2 ± 5,11	61,5 ± 5,09	55,6 ± 5,90
10	0,2	3,36 ± 0,53	16,5 ± 2,40	66,4 ± 2,40	57,5 ± 5,01
10	1	3,28 ± 0,17	27,6 ± 2,35	71,7 ± 9,86	59,4 ± 1,22
10	5	3,36 ± 0,34	60,7 ± 9,21	66,9 ± 6,88	58,7 ± 6,68
40	0,2	4,58 ± 0,47	16,7 ± 2,20	70,1 ± 11,2	61,3 ± 8,06
40	1	5,14 ± 0,41	30,1 ± 3,90	73,8 ± 3,11	63,4 ± 3,14
40	5	5,22 ± 0,24	72,4 ± 4,83	88,5 ± 9,71	64,7 ± 4,38

Bunun yanında, bitkinin toplam Fe miktarlarında artan S ve Zn uygulamaları altında önemli farklılıklar gözlenmemektedir (Çizelge 4.4). Yeşil aksam Fe içerik değerlerinin artan S uygulamaları altında 60.6-88.5 µg $bitki^{-1}$ arasında değiştiği görülmektedir. Bitkinin toplam N miktarlarında artan S ve Zn uygulamaları altında önemli farklılıklar gözlenmemektedir. Yeşil aksam N içerik değerlerinin 55.6-64.7 mg $bitki^{-1}$ arasında değiştiği görülmektedir (Çizelge 4.4).

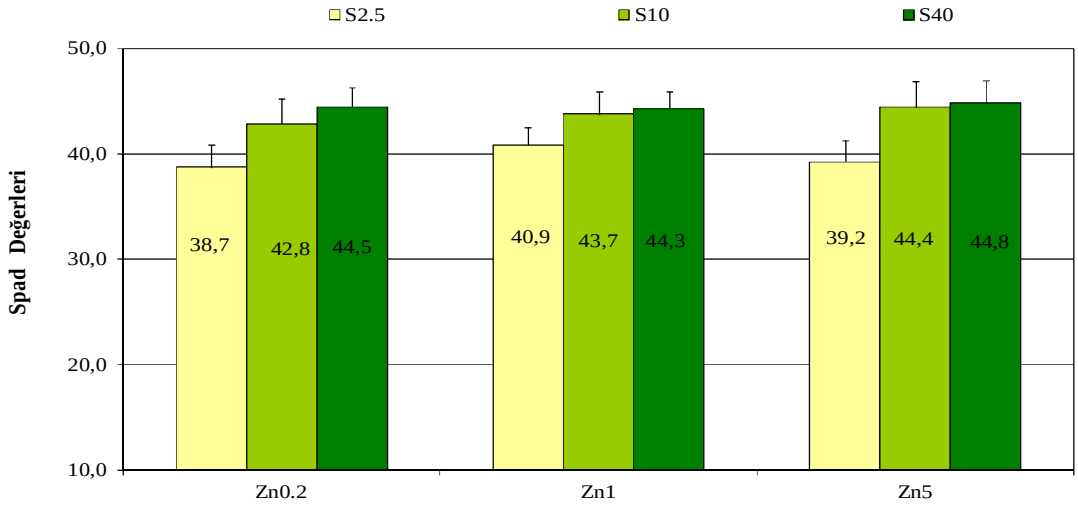
Farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Adana 99 ve Sarıçanak 98 buğday çeşitlerinin yeşil aksamında kuru madde ve konsantrasyon istatistik verileri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Elde edilen istatistik verileri konsantrasyon ve içerik sonuçlarını doğrular niteliktedir.

Çizelge 4.5. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Adana 99 ve Sarıçanak 98 buğday çeşitlerinin yeşil aksamında kuru madde ve konsantrasyon istatistik verileri.

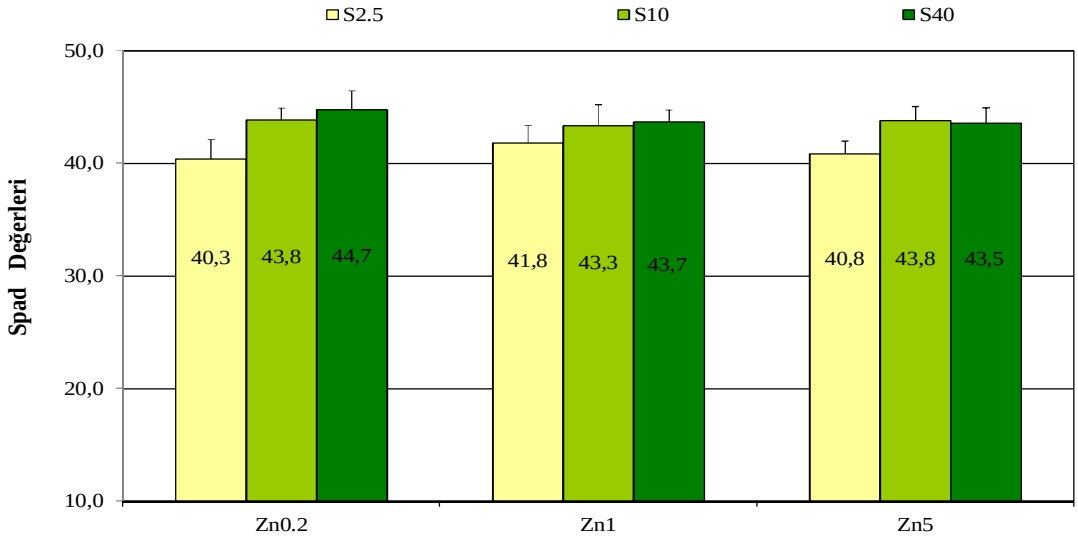
Çeşit		S	Zn	Fe	N	N:S	KM
	Uygulama						
	S						
Adana 99	2,5	0,161 c	24,73	54,02 b	3,96 c	24,76 a	1,35
Adana 99	10	0,259 b	25,75	62,78 a	4,38 b	16,90 b	1,28
Adana 99	40	0,302 a	24,46	62,21 a	4,74 a	15,71 c	1,31
	$LSD_{5\%}$	0,112	ö.d.	7,14	0,24	0,86	ö.d.
	Zn						
Adana 99	0,2	0,238	13,48 c	59,93	4,30	19,31	1,36
Adana 99	1	0,244	18,74 b	57,02	4,34	18,71	1,25
Adana 99	5	0,240	42,71 a	62,07	4,44	19,35	1,33
	$LSD_{5\%}$	ö.d.	1,89	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
	Ortalama	0,240	24,98	59,67	4,36	19,12	1,31
	S						
Sarıçanak 98	2,5	0,158 c	25,18	48,74	4,26	26,98	1,36
Sarıçanak 98	10	0,246 b	25,26	50,39	4,31	17,61	1,36
Sarıçanak 98	40	0,339 a	26,23	52,49	4,30	12,71	1,47
	$LSD_{5\%}$	0,016	ö.d.	ö.d.	ö.d.	1,02	ö.d.
	Zn						
Sarıçanak 98	0,2	0,254	12,64 c	53,00	4,45 a	19,10	1,34
Sarıçanak 98	1	0,246	20,00 b	48,65	4,27 ab	19,40	1,42
Sarıçanak 98	5	0,243	44,04 a	49,97	4,15 a	18,81	1,44
	$LSD_{5\%}$	ö.d.	2,32	ö.d.	0,18	ö.d.	ö.d.
	Ortalama	0,247	25,56	50,54	4,29	19,10	1,40

4.1.1.2. Generatif Dönem Örneklemesine Ait Sonuçlar

Klorofil (SPAD), Tane Verimi, Sap-Saman Verimi ve Hasat İndeksi: Denemedeki buğday çeşitlerinin farklı S ve Zn uygulamaları altındaki SPAD değerleri ve tane verimleri Şekil 4.5, 4.6, 4.7 ve 4.8'de verilmiştir. Adana 99 ekmeklik ve Sarıçanak 98 makarnalık buğday çeşitleriyle kurulan SxZn denemesinde bitkilerin generatif döneminde, ara hasattan sonra saksı içerisinde kalan 4 bitkide, bitkiler 83 günlükken SPAD ölçümü yapılmıştır. Her iki çeşitte de en küçük spad değeri S'ün 2.5 mg kg^{-1} dozunda uygulandığı bitkilerde tespit edilmiştir. Adana 99 buğday çeşidinde SPAD değerleri 38.7-44.8 arasında değişim gösterirken, Sarıçanak 98 çeşidinde ise 40.3-44.7 arasında değişim göstermektedir.



Şekil 4.5. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin generatif dönemde SPAD değerleri.

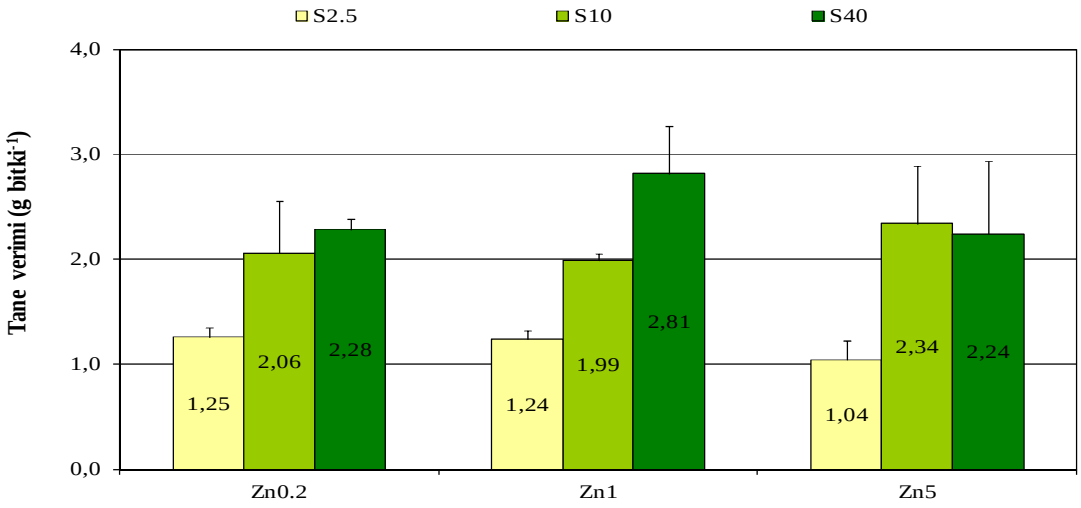


Şekil 4.6. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin generatif dönemde SPAD değerleri.

Adana 99 çeşidinde ortalama SPAD değerleri artan S uygulamalarına göre (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) sırayla 39.6, 43.6 ve 44.5 (Şekil 4.5) olarak; Sarıçanak 98 çeşidinde ise ortalama değerler sırayla 40.9, 43.6 ve 43.9 (Şekil 4.6) olarak belirlenmiştir. Toprağa artan düzeyde S uygulaması ile birlikte klorofil miktarında

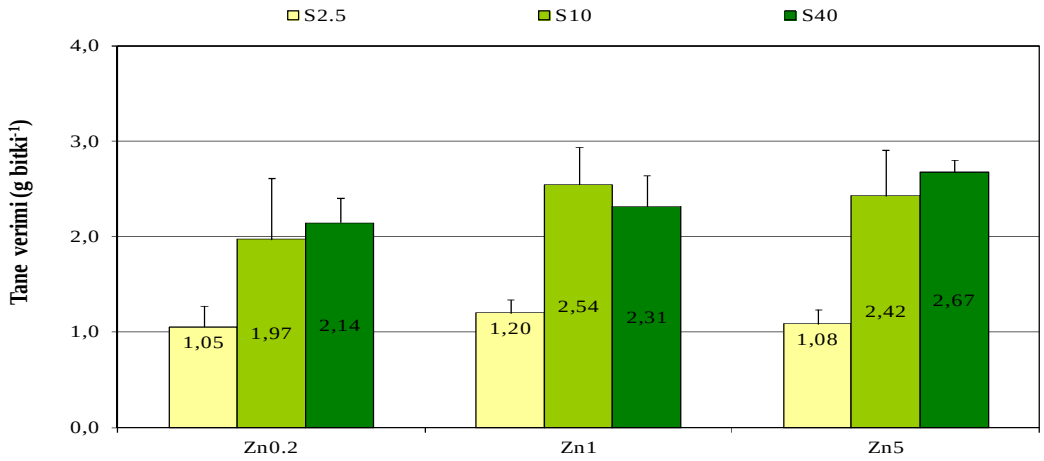
çok hafif düzeyde artış meydana gelmiştir. Aynı S dozunda artan Zn uygulamalarına göre ölçülen değerlerde önemli farklılık gözlenmemiştir. Buğday çeşitlerinde ölçülen SPAD değerlerinde en önemli artışın S'ün 40 mg kg^{-1} olduğu uygulamalarda görüldüğü tespit edilmiştir.

Denemede tane olum süreci tamamlandıktan sonra bitkiler başak ve sap kısımları olmak üzere hasat edilmiştir. Her saksıdan 4 bitki alınmış ve başaklar içerisinden taneler çıkarılmış ve bitki başına tane verimleri tespit edilmiştir. Farklı S ve Zn uygulamaları altındaki Adana 99 buğday çeşidinde tane verim değerleri 1.04-2.81 g $bitki^{-1}$ arasında değişiklik göstermiş, S'ün 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} dozlarındaki ortalama tane verimi sırayla 1.18, 2.13 ve 2.44 g $bitki^{-1}$ olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.7). Söz konusu çeşitte S uygulamaları arasında önemli farklılıklar gözlenirken en fazla verim S'ün en yüksek uygulandığı dozda görülmektedir.



Şekil 4.7. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin generatif dönemde tane verim değerleri.

Tane verimleri içerisinde Zn'nun 0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1} dozlarındaki ortalamaları sırasıyla 1.86, 2.01 ve 1.87 g $bitki^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Aynı Zn uygulamalarının olduğu koşullarda artan S dozlarına göre tane verimleri artış göstermektedir.



Şekil 4.8. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin generatif dönemde tane verim değerleri.

Sarıçanak 98 buğday çeşidinde ise tane verimleri 1.05-2.67 g $bitki^{-1}$ değerleri arasında değişim göstermektedir. Bitkilerin tane verimlerinin ortalamaları S'ün 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} dozlarında sırayla 1.11, 2.31 ve 2.37 g $bitki^{-1}$ olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.8). Bu çeşitte S uygulamaları arasında önemli farklılıklar gözlenirken en fazla verim S'ün en yüksek uygulandığı dozlarda görülmektedir. Tane verimleri içerisinde Zn'nun 0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1} dozlarındaki ortalamaları sırasıyla 1.72, 2.01 ve 2.06 g $bitki^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Aynı Zn uygulamalarının olduğu koşullarda artan S dozlarına göre tane verimleri artış göstermektedir.

Denemedeki buğday çeşitlerinin farklı S ve Zn uygulamaları altındaki sap-saman verimleri ve hasat indeksi Çizelge 4.6'da verilmiştir. Farklı S ve Zn uygulamaları altındaki Adana 99 buğday çeşidinde sap-saman verim değerleri 2.57-4.62 g $bitki^{-1}$ arasında değişiklik göstermektedir. Bitkilerin sap-saman verim ortalamaları S'ün 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} dozlarında sırayla 2.65, 3.96 ve 4.49 g $bitki^{-1}$ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen (Adana 99 ve Sarıçanak 98) buğday çeşitlerinin generatif dönemde sap-saman verimi ve hasat indeksi.

Sap-saman verimi		Hasat İndeksi	
Adana 99	Sarıçanak 98	Adana 99	Sarıçanak 98
g bitki $^{-1}$		%	
2,82 ± 0,17	2,80 ± 0,13	30,8 ± 2,82	27,2 ± 4,44
2,58 ± 0,30	2,41 ± 0,09	32,5 ± 2,88	33,1 ± 1,82
2,57 ± 0,26	2,30 ± 0,09	28,8 ± 3,40	32,0 ± 3,13
4,14 ± 0,10	2,98 ± 0,54	32,9 ± 5,68	39,3 ± 6,04
3,94 ± 0,73	3,21 ± 0,28	33,9 ± 4,20	44,1 ± 2,67
3,82 ± 0,45	2,97 ± 0,33	37,7 ± 3,28	44,7 ± 2,13
4,51 ± 0,10	3,97 ± 0,84	33,6 ± 1,45	35,5 ± 6,23
4,62 ± 0,37	4,11 ± 0,15	37,7 ± 3,53	35,9 ± 3,37
4,35 ± 0,48	3,68 ± 0,25	33,4 ± 5,68	42,1 ± 2,86

Söz konusu çeşitte artan S uygulamalarına göre sap-saman veriminde artış meydana gelmiştir. Bu düzenli artış aynı Zn uygulamalarında da görülmektedir. Ancak aynı S uygulaması içerisindeki Zn uygulama dozları arasında bir artış bulunmamaktadır. Sap-saman verimleri içerisinde Zn'nun 0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1} dozlarındaki ortalamaları sırayla 3.82, 3.71 ve 3.58 g $bitki^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Yani Zn uygulama dozu arttıkça ortalama verim değerlerinde hafif düşme meydana gelmiştir.

Sarıçanak buğday çeşidinin sap-saman verim değerleri 2.30-4.11 g $bitki^{-1}$ arasında değişiklik göstermektedir. Sap-saman verim ortalamaları S'ün 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} dozlarında sırayla 2.50, 3.05 ve 3.92 g $bitki^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Söz konusu çeşitte artan S uygulamalarına göre sap-saman veriminde artış meydana gelmiştir. Bu düzenli artış aynı Zn uygulamalarında da görülmektedir. Ancak aynı S uygulaması içerisindeki Zn uygulama dozları arasında bir artış bulunmamaktadır. Sap verimleri içerisinde Zn'nun 0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1} dozlarındaki ortalamaları sırayla 3.25, 3.24 ve 2.98 g $bitki^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Yani Zn uygulama dozu arttıkça ortalama verim değerlerinde hafif düşme meydana gelmiştir (Çizelge 4.6).

Adana 99 buğday çeşidinde hasat indeksi değerlerine bakıldığında bütün S ve Zn uygulamaları altında sonuçların birbirlerine yakın değerler aldığı görülmektedir. Uygulanan S ve Zn dozlarının hasat indeksi üzerinde fark yaratacak bir etkisinin olmadığı gözlenmektedir. Sarıçanak 98 buğday çeşidinde hasat indeksi değerlerine bakıldığında özellikle S uygulamalarında önemli farklar ortaya çıkmıştır. En yüksek hasat indeksi 10 mg kg^{-1} S uygulamasında, en düşük hasat indeksi ise 2.5 mg kg^{-1} S uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

Tanede Besin Elementlerinin Konsantrasyonu ve İçeriği:Toprağa artan dozlarda uygulanan S, Adana-99 çeşidinin generatif dönemdeki tane S konsantrasyonunu beklenildiği gibi yaklaşık 2 kat arttırmıştır (Çizelge 4.7). Bitkiler 83 günlükken gerçekleştirilen tane örneklemesinde S konsantrasyonu Adana 99 çeşidinde % 0.09-0.17 arasında değişim göstermektedir. Artan S uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak ortalama S konsantrasyonları Zn uygulamalarına bakılmaksızın sırasıyla % 0.09, % 0.13 ve % 0.16 olarak belirlenmiştir. Çinko dozlarının S konsantrasyonu üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Çinko konsantrasyon değerlerinin tüm uygulamalarda 20.9-47.0 mg kg^{-1} arasında değiştiği görülmektedir. Ortalama Zn konsantrasyonları artan S uygulamalarına göre (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) sırayla 34.8, 31.5 ve 33.6 mg kg^{-1} olarak hesaplanmıştır. Aynı S uygulaması içerisinde Zn konsantrasyon değerlerine bakıldığında Zn'nun artan uygulama dozlarına göre konsantrasyon değerleri de artmıştır. 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} S uygulamalarına göre Zn konsantrasyonlarındaki değişimler her üç S uygulama dozunda da benzerlik göstermektedir (Çizelge 4.7). Tüm S uygulamaları altında; artan Zn uygulamalarına göre (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) ortalama Zn konsantrasyonları sırayla 23.4, 30.7 ve 45.7 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir.

Tane Fe konsantrasyonunda artan S uygulamalarına karşı önemli düzeyde artış gözlenmektedir (Çizelge 4.7). Demir konsantrasyon değerlerinin artan S uygulamaları altında 30.4-41.3 mg kg^{-1} arasında değiştiği görülmektedir. Artan S uygulamalarına göre ortalama Fe konsantrasyonları sırayla 31.0, 34.3, 39.1 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir. Kükürt uygulamalarından bağımsız olarak artan dozda Zn uygulamalarının tane Fe değerlerine önemli etkisi olmamıştır.

Çizelge 4.7. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin tanede besin elementlerinin konsantrasyonları.

S	Zn	S	Zn	Fe	N	N/S
(mg kg^{-1})		(%)	(mg kg^{-1})		(%)	
2,5	0,2	0,09 ± 0,00	26,2 ± 3,37	30,4 ± 0,81	2,44 ± 0,05	28,4 ± 1,27
2,5	1	0,10 ± 0,01	31,3 ± 4,61	30,6 ± 1,73	2,78 ± 0,32	28,6 ± 1,24
2,5	5	0,09 ± 0,01	47,0 ± 6,99	32,0 ± 4,25	2,74 ± 0,33	29,0 ± 1,66
10	0,2	0,13 ± 0,01	23,2 ± 4,22	35,5 ± 6,47	2,74 ± 0,12	21,8 ± 1,26
10	1	0,14 ± 0,01	28,1 ± 5,73	35,7 ± 3,21	2,84 ± 0,13	20,3 ± 1,42
10	5	0,13 ± 0,01	43,2 ± 4,32	31,7 ± 2,80	2,78 ± 0,20	22,3 ± 2,91
40	0,2	0,15 ± 0,00	20,9 ± 1,89	36,9 ± 1,59	2,78 ± 0,04	18,1 ± 0,25
40	1	0,16 ± 0,01	32,9 ± 3,82	41,3 ± 2,80	2,83 ± 0,24	17,2 ± 1,32
40	5	0,17 ± 0,01	47,0 ± 11,6	39,0 ± 1,67	3,02 ± 0,32	18,0 ± 0,92

Bitkilerin N konsantrasyon değerleri tüm uygulamalar altında % 2.44-3.02 arasında değişmektedir. Artan S uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak ortalama N konsantrasyonlarının sırasıyla % 2.65, % 2.78 ve % 2.87 olduğu görülmüştür. Söz konusu değerlere bakıldığında S uygulamaları N konsantrasyonunu hafif oranda arttırmıştır (Çizelge 4.7). Uygulanan Zn dozlarının N konsantrasyonu üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Azot konsantrasyonunun aksine, N/S oranı S uygulamalarına bağlı olarak azalma göstermektedir (Çizelge 4.7). Literatürde N:S değerinin 17'den büyük olması durumu bitkilerde S eksikliğinin varlığına işaret etmektedir. Buna göre denemede S uygulamalarında bitkilerin S konsantrasyonları % 0.09, % 0.13, % 0.16 ve N konsantrasyonları % 2.65, % 2.78 ve % 2.87 iken N:S oranları 28, 21 ve 17 şeklinde olup N:S oranı S'ün 2.5 ve 10 mg kg^{-1} uygulamalarında yüksek bulunmuştur.

Adana-99 buğday çeşidinin tane konsantrasyon değerlerine benzer şekilde toprağa artan dozlarda uygulanan S, tane S içeriğini de arttırmıştır (Çizelge 4.8). Söz konusu çeşitte tane S miktarı 33.5-69.2 µg $tane^{-1}$ arasında değişim göstermektedir. Kükürt uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak ortalama S miktarlarının da Zn uygulamalarına bakılmaksızın sırasıyla 37.4, 56.3 ve 65.3 µg $tane^{-1}$ olduğu

tespit edilmiştir. Ayrıca tane başına toplam S miktarları S'ün en fazla uygulandığı dozda (40 mg kg^{-1}) görülmektedir.

Bitkinin Zn içeriğinin artan S uygulamaları altında 0.85-1.90 µg $tane^{-1}$ arasında değiştiği görülmektedir. Aynı S uygulaması içerisinde artan Zn uygulamasına bağlı olarak tane Zn içerik değerlerinde artış gözlenmektedir (Çizelge 4.8). Tüm S uygulamaları altında Zn içerik ortalamaları sırayla 0.95, 1.29 ve 1.85 µg $tane^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Bitki başına Zn miktarlarında en fazla değerlere Zn'nun en yüksek uygulandığı dozda (5 mg kg^{-1}) rastlanmaktadır.

Çizelge 4.8. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin tanede besin elementlerinin içeriği.

S	Zn	S	Zn	Fe	N
(mg kg^{-1})		µg $tane^{-1}$			mg $tane^{-1}$
2,5	0,2	33,5 ± 1,27	1,02 ± 0,13	1,18 ± 0,05	1,03 ± 0,03
2,5	1	40,4 ± 4,39	1,29 ± 0,11	1,27 ± 0,05	1,17 ± 0,07
2,5	5	38,4 ± 2,36	1,90 ± 0,16	1,30 ± 0,07	1,07 ± 0,08
10	0,2	53,6 ± 5,16	0,98 ± 0,09	1,50 ± 0,15	1,17 ± 0,04
10	1	61,1 ± 3,09	1,22 ± 0,18	1,55 ± 0,05	1,27 ± 0,08
10	5	54,2 ± 3,33	1,86 ± 0,17	1,37 ± 0,13	1,27 ± 0,04
40	0,2	62,7 ± 1,35	0,85 ± 0,08	1,50 ± 0,06	1,25 ± 0,09
40	1	69,2 ± 0,66	1,38 ± 0,13	1,74 ± 0,09	1,19 ± 0,10
40	5	64,1 ± 2,01	1,81 ± 0,51	1,49 ± 0,09	1,29 ± 0,11

Bunun yanı sıra, tanedeki toplam Fe miktarlarında artan S ve Zn uygulamaları altında hafif farklılıklar gözlenmektedir (Çizelge 4.8). Tane Fe içerik değerlerinin artan S uygulamaları altında 1.18-1.74 µg $tane^{-1}$ arasında değiştiği görülmektedir. Ancak Zn ve Fe arasındaki interaksiyondan dolayı ters bir ilişki bulunmaktadır. Yüksek Zn uygulama dozlarında Fe içerik değerlerinde bir düşüş olduğu gözlenmektedir. Tane N içeriği farklı Zn uygulamalarından etkilenmezken artan dozda S uygulamaları ile N içerik değerleri kısmen artmıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan S, Sarıçanak 98 çeşidinin generatif dönemdeki tane S konsantrasyonunu beklenildiği gibi yaklaşık 2 kat arttırmıştır (Çizelge 4.9). Bitkiler 83 günlükken gerçekleştirilen tane örneklemesinde S konsantrasyonu % 0.10-0.19 arasında değişim göstermektedir. Artan S uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak ortalama S konsantrasyonları Zn uygulamalarına bakılmaksızın sırasıyla % 0.10, % 0.13 ve % 0.18 olarak tespit edilmiştir. Çinko dozlarının S konsantrasyonu üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.9. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin tanede besin elementlerinin konsantrasyonu.

S	Zn	S	Zn	Fe	N	N/S
(mg kg^{-1})		(%)	(mg kg^{-1})		(%)	
2,5	0,2	0,10 ± 0,00	26,2 ± 3,58	33,1 ± 3,26	3,25 ± 0,04	33,2 ± 0,56
2,5	1	0,10 ± 0,01	32,3 ± 1,58	34,0 ± 1,86	3,37 ± 0,11	33,0 ± 2,04
2,5	5	0,10 ± 0,01	49,6 ± 1,19	30,4 ± 2,98	3,15 ± 0,28	31,5 ± 1,32
10	0,2	0,15 ± 0,01	21,2 ± 4,92	33,7 ± 2,56	3,31 ± 0,34	22,1 ± 1,07
10	1	0,13 ± 0,01	25,3 ± 1,75	31,4 ± 2,28	2,88 ± 0,16	21,4 ± 1,08
10	5	0,13 ± 0,01	44,2 ± 2,80	32,0 ± 1,90	2,86 ± 0,17	22,1 ± 1,00
40	0,2	0,19 ± 0,00	24,8 ± 1,87	41,7 ± 1,17	3,32 ± 0,21	17,9 ± 0,86
40	1	0,18 ± 0,01	34,4 ± 4,67	44,7 ± 8,52	3,40 ± 0,11	18,5 ± 1,10
40	5	0,17 ± 0,02	54,5 ± 15,7	32,5 ± 8,09	3,19 ± 0,06	18,6 ± 1,42

Çinko konsantrasyon değerlerinin ise 21.2-54.5 mg kg^{-1} arasında değiştiği görülmektedir. Kükürt uygulamalarına göre ortalama Zn konsantrasyonları sırayla 36.0, 30.2 ve 37.9 mg kg^{-1} olarak hesaplanmıştır. Aynı S uygulaması içerisinde Zn konsantrasyon değerlerine bakıldığında Zn'nun artan uygulama dozlarına göre konsantrasyon değerleri de artmıştır. 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} S uygulamalarına göre Zn konsantrasyonlarındaki değişimler her üç S uygulama dozunda da benzerlik göstermektedir (Çizelge 4.9). Tüm S uygulamaları altında; 0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1} Zn

uygulamalarında ortalama Zn konsantrasyonları 24.1, 30.6 ve 49.4 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir.

Benzer şekilde Fe konsantrasyonunda da artan S uygulamalarına karşı önemli farklılıklar gözlenmemektedir (Çizelge 4.9). Demir konsantrasyon değerlerinin 30.4-44.7 mg kg^{-1} arasında değiştiği görülmektedir. 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} S uygulamalarında ortalama Fe konsantrasyonları sırayla 32.5, 32.3 ve 39.6 mg kg^{-1} olarak tespit edilmiştir.

Bitkilerin N konsantrasyon değerleri tüm uygulamalar altında % 2.86-3.40 arasında değişmektedir. Artan S uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak ortalama N konsantrasyonlarının sırasıyla % 3.25, % 3.01 ve % 3.30 olduğu görülmüştür. Söz konusu değerlere bakıldığında S uygulamalarının N konsantrasyonu üzerinde etkisinin olmadığı görülmektedir (Çizelge 4.9). Ayrıca uygulanan Zn dozlarının da N konsantrasyonu üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Azot konsantrasyonunun aksine, N/S oranı azalma göstermektedir. Tanede N:S değerinin 17'den büyük olması durumu bitkilerde S eksikliğinin varlığına işaret etmektedir. Buna göre denemede artan dozda S uygulamalarında bitkilerin S konsantrasyonları % 0.10, % 0.13, % 0.18 ve N konsantrasyonları % 3.25, % 3.01 ve % 3.30 iken N:S oranları 32, 22 ve 18 şeklinde olup 2,5 ve 10 mg kg^{-1} S uygulamalarında N:S oranı oldukça yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.9).

Adana-99 buğday çeşidinin tane konsantrasyon değerlerine benzer şekilde toprağa artan dozlarda uygulanan S, tane S içeriğini de arttırmaktadır (Çizelge 4.10). Söz konusu çeşitte tane S miktarı 39.4-83.8 µg $tane^{-1}$ arasında değişim göstermektedir. Artan S uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak ortalama S miktarlarının da Zn uygulamalarına bakılmaksızın sırasıyla 42.5, 62.7 ve 82.2 µg $tane^{-1}$ olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bitki başına toplam S miktarlarına da S'ün en fazla uygulandığı dozda (40 mg kg^{-1}) rastlanmaktadır.

Bitkinin Zn içeriğinin 0.95-2.50 µg $tane^{-1}$ arasında değiştiği görülmektedir. Aynı S uygulaması içerisinde bitkideki Zn içerik değerlerine bakıldığında bir artış gözlenmektedir (Çizelge 4.10). Tüm S uygulamaları altında; artan Zn uygulamalarına göre (0.2, 1, 5 mg kg^{-1}) ortalama Zn içerikleri 1.04, 1.37 ve 2.22 µg $tane^{-1}$ olarak

belirlenmiştir. Çinko konsantrasyon değerlerine benzer şekilde, bitki başına Zn miktarlarında da en yüksek değerlere Zn'nun en yüksek uygulandığı dozda (5 mg kg^{-1}) rastlanmaktadır.

Çizelge 4.10. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin tanede besin elementleri içeriği.

S	Zn	S	Zn	Fe	N
(mg kg^{-1})			µg $tane^{-1}$		mg $tane^{-1}$
2,5	0,2	39,4 ± 1,00	1,05 ± 0,15	1,33 ± 0,13	1,37 ± 0,06
2,5	1	44,1 ± 3,83	1,39 ± 0,04	1,47 ± 0,13	1,42 ± 0,13
2,5	5	44,0 ± 3,83	2,18 ± 0,10	1,34 ± 0,11	1,42 ± 0,20
10	0,2	66,6 ± 3,71	0,95 ± 0,24	1,50 ± 0,14	1,60 ± 0,16
10	1	62,9 ± 2,35	1,18 ± 0,07	1,47 ± 0,04	1,43 ± 0,06
10	5	58,6 ± 5,81	1,99 ± 0,11	1,44 ± 0,08	1,46 ± 0,10
40	0,2	83,7 ± 1,61	1,12 ± 0,09	1,88 ± 0,07	1,68 ± 0,12
40	1	83,8 ± 2,59	1,56 ± 0,22	2,03 ± 0,38	1,72 ± 0,02
40	5	79,2 ± 7,51	2,50 ± 0,72	1,49 ± 0,37	1,62 ± 0,06

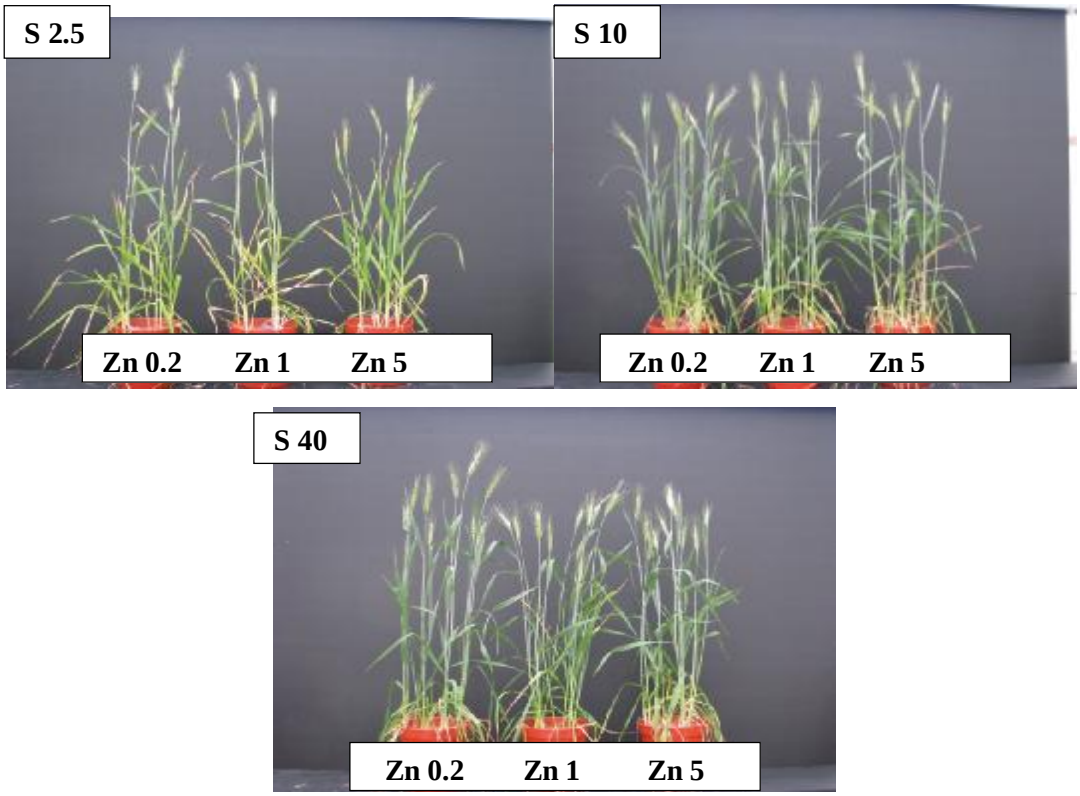
Bunun yanında, tanedeki toplam Fe miktarlarında artan S ve Zn uygulamaları altında hafif farklılıklar gözlenmektedir (Çizelge 4.10). Tane Fe içerik değerlerinin 1.33-2.03 µg $tane^{-1}$ arasında değiştiği görülmektedir. Ayrıca aynı Zn uygulamaları altında artan S uygulamalarına göre Fe içeriklerinde de hafif artış gözlenmektedir. Ancak Zn ve Fe arasındaki interaksiyondan dolayı ters bir ilişki bulunduğundan, yüksek Zn uygulamalarında Fe içerik değerleri düşmekte, düşük Zn uygulamaları altında Fe içerik değerleri yüksek olmaktadır. Adana-99 çeşidine benzer şekilde Sarıçanak-98 çeşidinde de tane N içeriği farklı Zn uygulamalarından etkilenmezken S uygulamaları ile N içerik değerleri artmıştır (Çizelge 4.10).

Farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Adana 99 ve Sarıçanak 98 buğday çeşitlerinin tanede verim ve konsantrasyon istatistik verileri Çizelge 4.11'de verilmiştir. Elde edilen istatistik verileri doğrultusunda önemlilik düzeyinde konsantrasyon ve verim değerlerinde

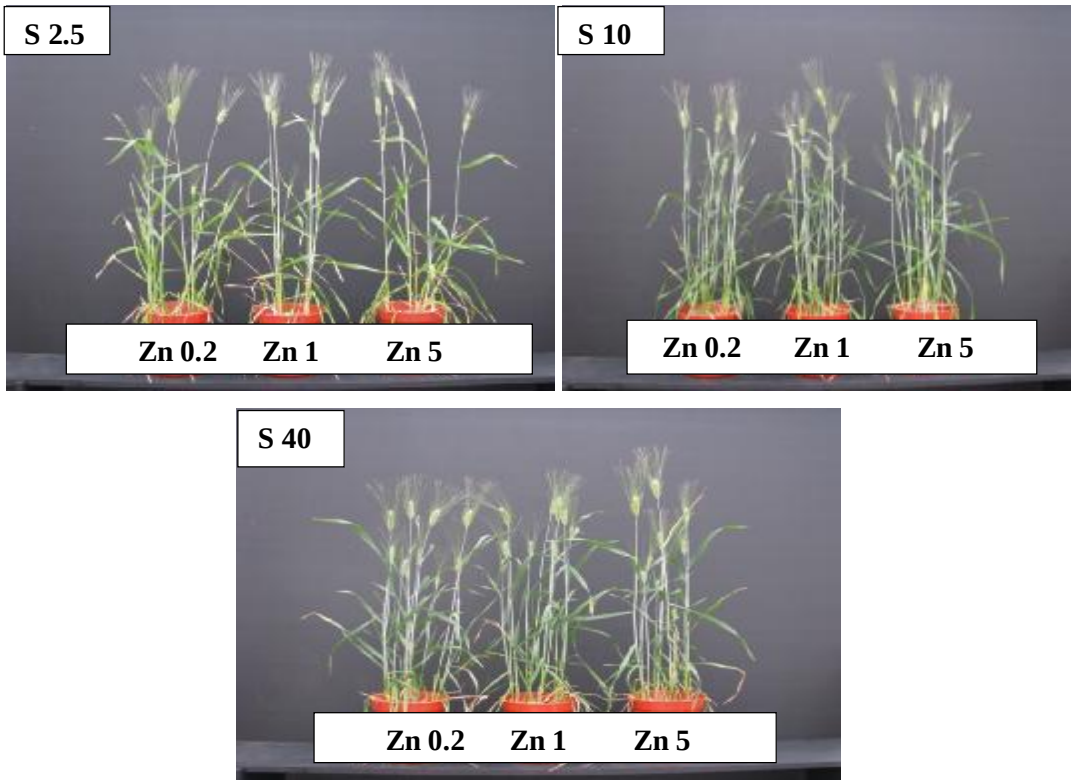
uygulama dozlarına göre farklılıklar gözlenmekte ve bazı veriler LSD %5'e göre önemlilik göstermemektedir.

Çizelge 4.11. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Zn uygulamaları (0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) altında yetiştirilen Adana 99 ve Sarıçanak 98 buğday çeşitlerinin tanede verim ve konsantrasyon istatistik verileri

Çeşit		S	Zn	Fe	N	N_S	KM	Saman
	Uygulama							
	S							
Adana 99	2,5	0,093 c	31,02 c	34,84	2,65	28,65 a	1,18 b	2,65 c
Adana 99	10	0,131 b	34,28 b	31,52	2,79	21,45 b	2,13 a	3,97 b
Adana 99	40	0,162 a	39,06 a	33,58	2,88	17,76 c	2,44 a	4,49 a
	$LSD_{5\%}$	0,015	3,21	ö.d.	ö.d.	1,49	0,38	0,38
	Zn							
Adana 99	0,2	0,122	34,27	23,43 c	2,65	22,76	1,86	3,82
Adana 99	1	0,134	35,86	30,77 b	2,82	22,03	2,01	3,71
Adana 99	5	0,129	34,22	45,74 a	2,85	23,08	1,87	3,58
	$LSD_{5\%}$	ö.d.	ö.d.	5,74	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
	Ortalama	0,129	34,79	33,31	2,77	22,62	1,92	3,70
	S							
Sarıçanak 98	2,5	0,100 c	32,52 b	36,03 ab	3,26 ab	32,55 a	1,11 b	2,50 c
Sarıçanak 98	10	0,138 b	32,39 b	30,25 b	3,02 b	21,86 b	2,31 ab	3,06 b
Sarıçanak 98	40	0,181 a	39,60 a	37,88 a	3,30 a	18,29 c	2,38 a	3,92 a
	$LSD_{5\%}$	0,009	4,40	5,92	0,88	1,21	0,34	0,37
	Zn							
Sarıçanak 98	0,2	0,144 a	36,17	24,05 c	3,29	24,37	1,72	3,25
Sarıçanak 98	1	0,141 ab	36,70	30,67 b	3,22	24,27	2,02	3,24
Sarıçanak 98	5	0,134 b	31,64	49,44 a	3,07	24,06	2,06	2,99
	$LSD_{5\%}$	0,009	ö.d.	5,92	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
	Ortalama	0,140	34,84	34,72	3,19	24,23	1,93	3,16



Resim 4.1. SxZn Sera Denemesinin Adana 99 buğday bitkileri



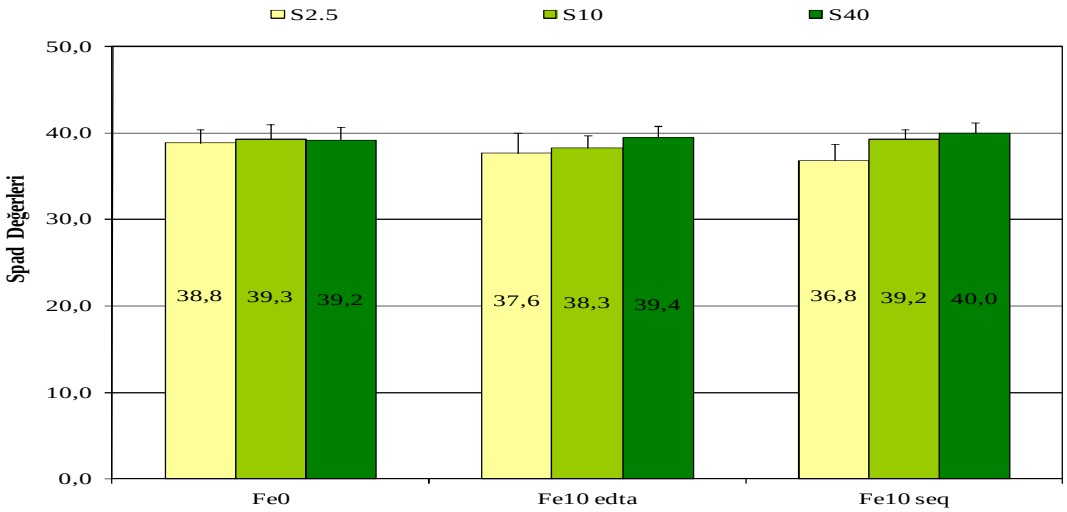
Resim 4.2. SxZn Sera Denemesinin Sarıçanak 98 buğday bitkileri

4.1.2. Kükürt ve Demir İnteraksiyonunun Araştırıldığı Sera Denemesi

4.1.2.1. Vegetatif Dönem Örneklemesine Ait Sonuçlar

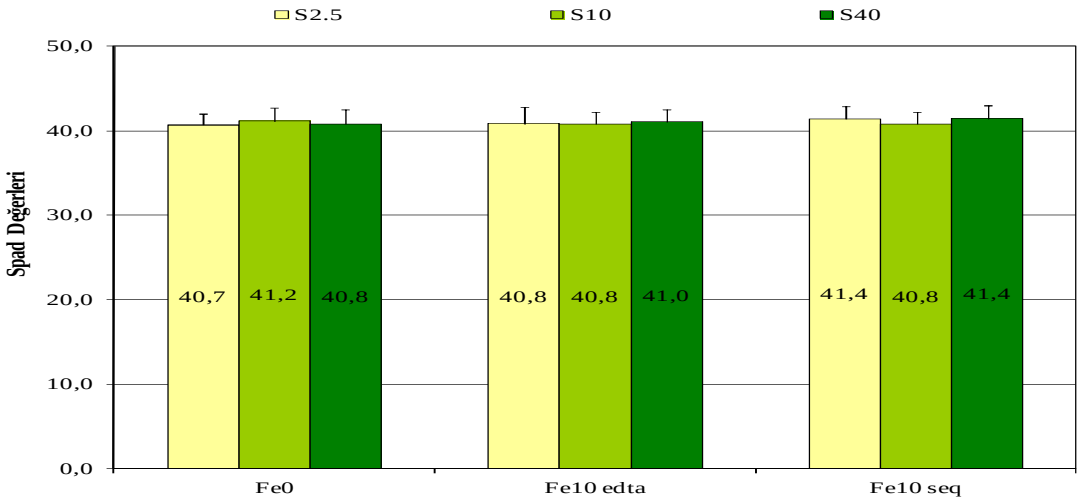
Klorofil (SPAD) ve Kuru Madde Verimi: Eskişehir-Sultanönü bölgesinden getirtilen toprakla yürütülen sera denemesinde toprağa farklı S ve Fe dozlarında uygulamalar yapılmıştır. Kükürt dozları 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}, Fe dozları da 0, 10 mg kg^{-1} FeEDTA ve 10 mg kg^{-1} FeSequesteren olarak belirlenmiştir. Deneme toprağının ekstrakte edilebilir S konsantrasyonu 12.2 mg kg^{-1} ve Fe konsantrasyonu 6.1 mg kg^{-1}'dir. Denemedeki çeşitlerin farklı S ve Fe uygulamaları altındaki spad ve kuru madde verim değerleri Şekil 4.9, 4.10, 4.11 ve 4.12'de verilmiştir.

Adana 99 ekmeklik ve Sarıçanak 98 makarnalık buğday çeşitleriyle kurulan SxFe denemesinde vegetatif dönemde, bitkiler 47 günlük iken spad ölçümü yapılmıştır. Her iki çeşitte de en düşük spad değerleri S'ün 2.5 mg kg^{-1} dozunda olduğu bitkilerde tespit edilmiştir.



Şekil 4.9. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin vegetatif dönemde SPAD değerleri.

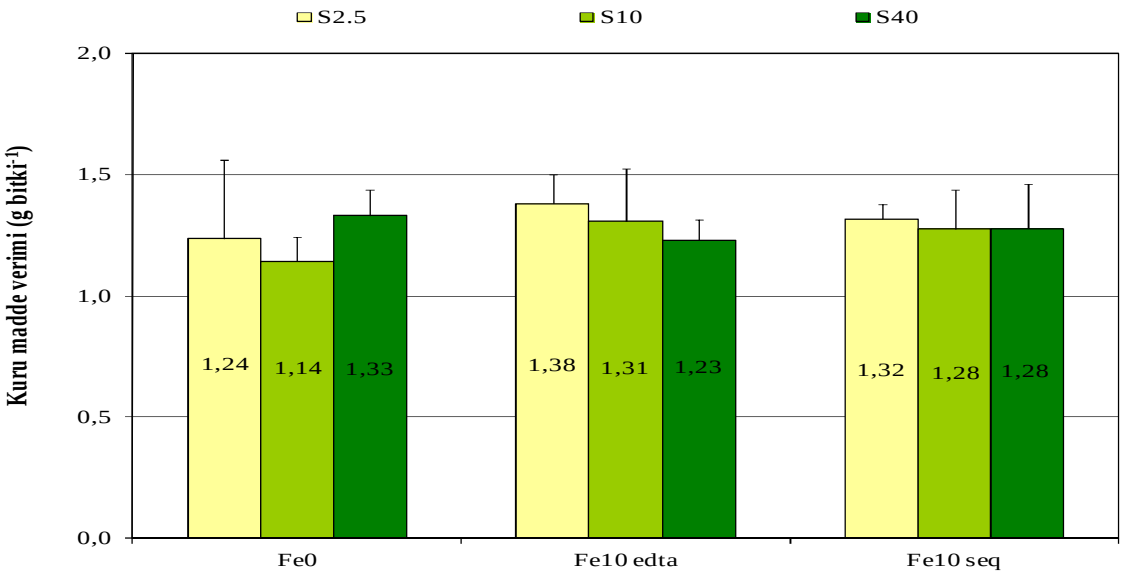
Adana 99 buğday çeşidinde spad değerleri 36.8-40.0 arasında değişim göstermekte ve ortalamaları S'ün 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} dozlarında sırasıyla 37.7, 38.9, 39.5 (Şekil 4.9) olarak belirlenmiştir. Sarıçanak 98 çeşidinde ise spad değerleri 40.7-41.4 arasında değişim göstermekte ve ortalamaları S'ün 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} dozlarında sırasıyla 40.9, 40.9 ve 41.1 (Şekil 4.10) olarak belirlenmiştir.



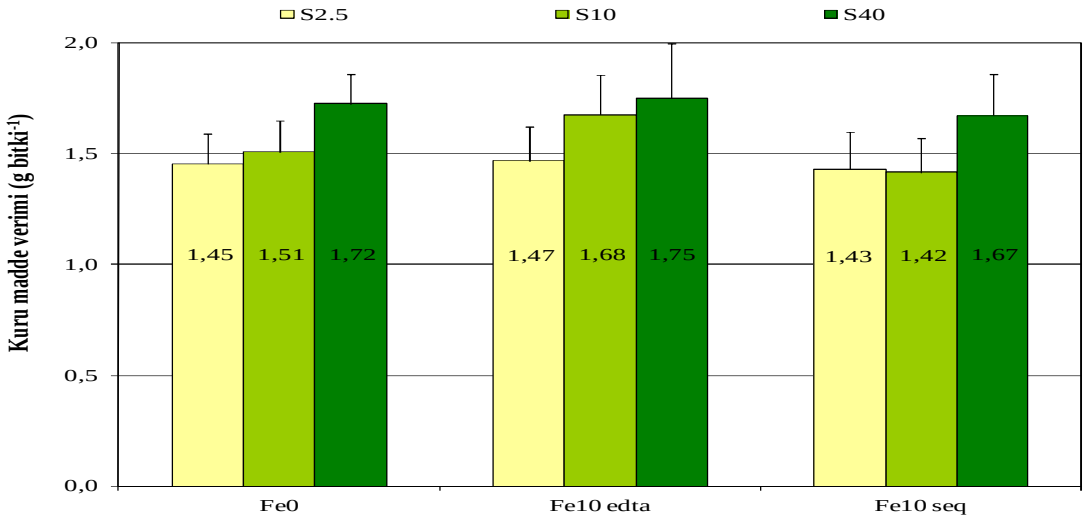
Şekil 4.10. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin vegetatif dönemde SPAD değerleri.

Bitki çeşitlerinde ölçülen spad değerlerinde en önemli artışın S'ün 40 mg kg^{-1} ve Fe'in (Fe-seq. formunda) 10 mg kg^{-1} olduğu uygulamalarda görüldüğü tespit edilmiştir. Çeşitler içerisinde Adana 99 çeşidinde artan S düzeyine göre spad değerlerinde hafif bir artış görülse de Sarıçanak 98 çeşidinde artan S'e göre pek bir farklılık gözlenmemiştir. Aynı S dozuna göre farklı Fe uygulamaları arasında da çok hafif farklılıklar mevcuttur. Denemedeki çeşitlerin farklı S ve Fe uygulamaları altındaki kuru madde verimleri de (g $bitki^{-1}$) Şekil 4.11 ve 4.12'de verilmiştir.

Denemenin vegetatif döneminde bitkiler 47 günlük iken spad ölçümünden hemen sonra ara hasat yapılmış ve her uygulama dozunun bulunduğu 3 tekerrürlü saksıların her birinden 3-4 bitki hasat edilmiştir.



Şekil 4.11. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin vegetatif dönemde kuru madde verim değerleri



Şekil 4.12. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin vegetatif dönemde kuru madde verim değerleri

Farklı S ve Fe uygulamaları altındaki Adana 99 buğday çeşidinde kuru madde verim değerleri 1.14-1.38 g $bitki^{-1}$ arasında değişiklik gösterirken, S'ün 2.5, 10 ve 40

mg kg^{-1} dozlarındaki ortalamaları sırasıyla 1.31, 1.24 ve 1.28 g $bitki^{-1}$ olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.11). Söz konusu çeşitte S uygulamaları arasında önemli farklılıklar bulunmazken Fe form ve uygulamalarının olduğu koşullarda kuru madde verimleri birbirine yakın değerler göstermiştir.

Sarıçanak 98 buğday çeşidinde ise kuru madde verimleri 1.42-1.75 g $bitki^{-1}$ değerleri arasında değişim gösterirken, S'ün 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} dozlarındaki ortalamaları sırasıyla 1.45, 1.53 ve 1.71 g $bitki^{-1}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 4.12). Artan S uygulamalarına göre Fe formları arasında 10 mg kg^{-1} FeEDTA uygulaması Fe-Seq. göre daha fazla verim artışına yol açmıştır.

Yeşil Aksamda Besin Elementi Konsantrasyonu ve İçeriği:Toprağa artan dozlarda uygulanan S, Adana-99 çeşidinin vegetatif dönemdeki yeşil aksam S konsantrasyonunu beklenildiği gibi yaklaşık 2 kat arttırmıştır. Bitkiler 47 günlükken gerçekleştirilen yeşil aksam örneklemesinde S konsantrasyonu Adana 99 çeşidinde % 0.16-0.33 arasında değişim göstermektedir. Artan S uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak ortalama S konsantrasyonları Fe uygulamalarına bakılmaksızın sırasıyla % 0.16, % 0.25 ve % 0.31 olarak tespit edilmiştir. Demir doz ve formlarının S konsantrasyonu üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.12).

Demir konsantrasyon değerlerinin de 53.6-68.3 mg kg^{-1} arasında değiştiği görülmektedir. Demir ve S uygulamalarında ortalama Fe konsantrasyonları sırayla 55.1, 56.3 ve 64.7 mg kg^{-1} olarak hesaplanmıştır. 2.5 ve 10 mg kg^{-1} S uygulamasına göre Fe konsantrasyonunda hafif düzeyde artma meydana gelmişken en büyük artışın ortalama 64.7 mg kg^{-1} olarak S'ün 40 mg kg^{-1} uygulandığı dozda olduğu görülmektedir. Kükürdün yanı sıra Fe doz ve formlarının Fe konsantrasyonu üzerine önemli etkisinin olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.12). Tüm S uygulamaları altında; 0 mg kg^{-1} Fe, 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve 10 mg kg^{-1} Fe-Seq. uygulamalarında ortalama Fe konsantrasyonları sırayla 59.6, 59.1, 57.5 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.12. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin yeşil aksamında bitki besin elementlerinin konsantrasyonu.

S	Fe	S	Zn	Fe	N	N/S
(mg kg^{-1})		(%)	(mg kg^{-1})		(%)	
2,5	0	0,17 ± 0,03	43,9 ± 3,06	54,3 ± 6,00	4,06 ± 0,49	23,9 ± 1,03
2,5	10 edta	0,16 ± 0,02	59,0 ± 4,76	53,6 ± 3,24	4,31 ± 0,32	26,9 ± 0,69
2,5	10 seq.	0,17 ± 0,01	30,3 ± 0,24	57,4 ± 6,34	4,61 ± 0,12	27,6 ± 0,18
10	0	0,26 ± 0,02	49,3 ± 5,92	56,2 ± 3,12	5,10 ± 0,51	19,5 ± 0,72
10	10 edta	0,26 ± 0,01	66,8 ± 6,05	58,9 ± 0,44	5,07 ± 0,31	19,3 ± 0,44
10	10 seq.	0,25 ± 0,01	29,5 ± 2,97	54,0 ± 2,23	4,89 ± 0,28	19,7 ± 0,44
40	0	0,31 ± 0,01	43,3 ± 4,18	68,3 ± 10,7	5,29 ± 0,19	17,2 ± 0,31
40	10 edta	0,33 ± 0,01	63,1 ± 2,30	64,7 ± 5,68	5,40 ± 0,10	16,6 ± 0,26
40	10 seq.	0,30 ± 0,02	30,1 ± 4,91	61,1 ± 7,19	5,12 ± 0,29	17,3 ± 0,59

Benzer şekilde Zn konsantrasyonunda da artan S ve Fe uygulamalarına karşı önemli farklılıklar gözlenmektedir (Çizelge 4.12). Farklı Fe ve S uygulamaları altında Zn konsantrasyon değerlerinin 29.5-66.8 mg kg^{-1} arasında değiştiği görülmektedir. 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} S uygulamalarında ortalama Zn konsantrasyonları 44.4, 48.5 ve 45.5 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir. Tüm S uygulamaları altında Fe-EDTA'ya göre Fe'in Seq. formunda uygulandığı koşullarda Zn konsantrasyonunda ciddi düşüşler saptanmıştır. Örneğin, S'ün 10 mg kg^{-1} ve Fe'in 10 mg kg^{-1} EDTA formunda uygulandığı durumda Zn konsantrasyonu 66.8 mg kg^{-1} iken aynı değer 10 mg kg^{-1} Fe-Seq. koşullarında Zn konsantrasyonu 29.5 mg kg^{-1} olarak hesaplanmıştır. Söz konusu azalmanın % 50'den daha fazla olduğu söylenebilir.

Bitkilerin N konsantrasyon değerleri tüm uygulamalar altında % 4.06-5.40 arasında değişmektedir. Artan S uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak ortalama N konsantrasyonlarının sırasıyla % 4.32, % 5.02 ve % 5.27 olduğu görülmüştür. Söz konusu değerlere bakıldığında S uygulamaları N konsantrasyonunu hafif oranda arttırmıştır (Çizelge 4.12). Uygulanan Fe doz ve formlarının N konsantrasyonu üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Azot konsantrasyonunun aksine, N/S oranı artan S uygulamalarına bağlı olarak azalma göstermektedir (Çizelge 4.12). Literatürde N:S değerinin 15'den büyük olması durumu bitkilerde S eksikliğinin varlığına işaret etmektedir. Buna göre denemede bitkilerin S konsantrasyonları % 0.16, % 0.25, % 0.31 ve N konsantrasyonları % 4.32, % 5.02 ve % 5.27 iken N:S oranları 25, 19 ve 17 şeklinde olup 2.5 ve 10 mg kg^{-1} S uygulamalarında N:S oranı yüksek bulunmuştur.

Adana-99 çeşidinin bitki başına toplam element miktarlarına bakıldığında toprağa artan dozlarda uygulanan S, yeşil aksam S içeriğini de arttırmıştır (Çizelge 4.13). Yeşil aksam örneklemesinde bitki başına S miktarı 2.05-4.11 µg $bitki^{-1}$ arasında değişim göstermektedir. Artan S uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak ortalama S miktarlarının da Fe uygulamalarına bakılmaksızın sırasıyla 2.15, 3.18 ve 3.97 µg $bitki^{-1}$ olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bitki başına toplam S miktarlarına da S'ün en fazla uygulandığı dozda (40 mg kg^{-1}) rastlanmaktadır.

Çizelge 4.13. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin yeşil aksamında bitki besin elementlerinin içeriği.

S	Fe	S	Zn	Fe	N
(mg kg^{-1})			µg $bitki^{-1}$		mg $bitki^{-1}$
2,5	0	2,05 ± 0,24	53,6 ± 11,0	66,5 ± 16,3	49,2 ± 7,66
2,5	10 edta	2,21 ± 0,21	81,3 ± 6,03	73,9 ± 4,50	59,4 ± 4,62
2,5	10 seq.	2,20 ± 0,05	39,9 ± 1,67	75,4 ± 6,78	60,7 ± 1,71
10	0	2,98 ± 0,18	56,0 ± 3,94	64,2 ± 4,37	58,0 ± 3,03
10	10 edta	3,43 ± 0,46	86,6 ± 6,83	77,1 ± 12,8	66,0 ± 7,46
10	10 seq.	3,15 ± 0,30	37,6 ± 5,59	68,9 ± 9,88	62,0 ± 4,76
40	0	4,11 ± 0,39	57,5 ± 5,72	90,8 ± 15,1	70,5 ± 7,77
40	10 edta	4,00 ± 0,14	77,6 ± 5,07	79,3 ± 3,51	66,3 ± 3,39
40	10 seq.	3,81 ± 0,79	39,1 ± 12,1	78,0 ± 13,3	65,8 ± 13,3

Bitkinin yeşil aksam Fe içeriği 64.2-90.8 µg $bitki^{-1}$ arasında değişim göstermektir. Aynı S uygulaması içerisinde, Fe uygulama doz ve formları altında bitkideki Fe içerik değerlerinde farklılıklar gözlenmektedir (Çizelge 4.13). Tüm S

uygulamaları altında Fe içerikler değerlerinin ortalamaları sırayla; 73.8, 76.7, 74.1 µg bitki^{-1} olarak belirlenmiştir. Bitki başına Fe miktarlarında en yüksek değere 10 mg kg^{-1} FeEDTA uygulama dozunda rastlanmaktadır.

Bunun yanında, bitkinin toplam Zn miktarlarında farklı S ve Fe uygulamaları altında önemli farklılıklar gözlenmektedir (Çizelge 4.13). Yeşil akam Zn içerik değerlerinin 37.6-86.6 µg bitki^{-1} arasında değiştiği görülmektedir. Tüm S uygulamaları altında Fe-EDTA'ya göre Fe'in Seq. formunda uygulandığı koşullarda Zn içeriğinde ciddi düşüşler saptanmıştır. Örneğin, S'ün 10 mg kg^{-1} ve Fe'in 10 mg kg^{-1} EDTA formunda uygulandığı durumda Zn içeriği 86.6 µg bitki^{-1} iken aynı değer 10 mg kg^{-1} Fe-Seq. koşullarında Zn konsantrasyonu 37.6 µg bitki^{-1} olarak hesaplanmıştır. Söz konusu düşüşün % 50'den daha fazla olduğu görülmektedir. Bitkide N içerik değerleri 49.2-70.5 mg bitki^{-1} aralığında değişim göstermektedir. Artan S uygulamaları altında N içerik değerlerinde hafif bir artış gözlenirken, Fe uygulamalarının N miktarında etkisi gözlenmemiştir (Çizelge 4.13).

Toprağa artan dozlarda uygulanan S, Sarıçanak-98 çeşidinin vegetatif dönemdeki yeşil aksam S konsantrasyonunu yaklaşık 2 kat arttırmıştır (Çizelge 4.14). Bitkiler 47 günlükken gerçekleştirilen yeşil aksam örneklemesinde S konsantrasyonunun Sarıçanak 98 çeşidinde % 0.14-0.33 arasında değiştiği görülmüştür. Artan S uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak ortalama S konsantrasyonları Fe uygulamalarına bakılmaksızın sırasıyla % 0.15, % 0.24 ve % 0.33 olarak belirlenmiştir. Demir doz ve formlarının S konsantrasyonu üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Demir konsantrasyon değerlerinin de 46.2-68.8 mg kg^{-1} arasında değiştiği görülmektedir. 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} S uygulamasında ortalama Fe konsantrasyonları 51.3, 58.5 ve 52.1 mg kg^{-1} olarak hesaplanmıştır. En yüksek Fe konsantrasyon değerinin Fe'in 10 mg kg^{-1} FeSeq. (68.8 mg kg^{-1}) formunda, S'ün de 10 mg kg^{-1} dozunda olduğu görülmektedir. Artan S uygulamalarının Fe konsantrasyonlarındaki değişimleri düzenli değildir (Çizelge 4.14). Tüm S uygulamaları altında; 0 mg kg^{-1} Fe, 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve 10 mg kg^{-1} Fe-Seq. uygulamalarında ortalama Fe konsantrasyonları sırayla 52.4, 53.2, 56.4 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.14. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin yeşil aksamında bitki besin elementlerinin konsantrasyonu.

S	Fe	S	Zn	Fe	N	N/S
(mg kg^{-1})		(%)	(mg kg^{-1})		(%)	
2,5	0	0,16 ± 0,01	47,4 ± 2,86	59,4 ± 15,2	3,92 ± 0,23	24,8 ± 1,15
2,5	10 edta	0,14 ± 0,01	63,3 ± 4,28	48,2 ± 2,63	3,43 ± 0,22	25,0 ± 2,60
2,5	10 seq.	0,15 ± 0,01	34,4 ± 2,52	46,2 ± 1,03	3,62 ± 0,15	24,9 ± 0,31
10	0	0,24 ± 0,00	44,3 ± 3,00	48,4 ± 1,01	3,58 ± 0,14	14,7 ± 0,57
10	10 edta	0,26 ± 0,01	63,7 ± 5,74	58,5 ± 1,49	4,40 ± 0,27	17,1 ± 1,56
10	10 seq.	0,22 ± 0,02	34,0 ± 3,11	68,8 ± 22,1	4,06 ± 0,24	18,2 ± 0,69
40	0	0,32 ± 0,01	40,9 ± 4,70	49,3 ± 2,54	4,28 ± 0,19	13,5 ± 0,26
40	10 edta	0,33 ± 0,01	58,3 ± 2,79	52,8 ± 3,76	4,48 ± 0,41	13,7 ± 0,76
40	10 seq.	0,33 ± 0,02	32,1 ± 2,70	54,2 ± 6,61	4,33 ± 0,39	13,2 ± 0,67

Benzer şekilde Zn konsantrasyonunda da artan S uygulamalarına karşı önemli farklılıklar gözlenmektedir. Çinko konsantrasyon değerlerinin 32.1-63.7 mg kg^{-1} arasında değiştiği görülmektedir. 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} S uygulamalarında ortalama Zn konsantrasyonları 48.3, 47.3 ve 43.7 mg kg^{-1} olarak belirlenmiş olup hafif bir düşüş görülmektedir. Tüm S uygulamaları altında Fe-EDTA'ya göre Fe'in Seq. formunda uygulandığı koşullarda Zn konsantrasyonunda ciddi düşüşler saptanmıştır. Örneğin, S'ün 10 mg kg^{-1} ve Fe'in 10 mg kg^{-1} EDTA formunda uygulandığı durumda Zn konsantrasyonu 63.7 mg kg^{-1} iken aynı değer 10 mg kg^{-1} Fe-Sequesteren koşullarında Zn konsantrasyonu 34.0 mg kg^{-1} olarak hesaplanmıştır. Söz konusu düşüşün % 40'dan daha fazla olduğu görülmüştür (Çizelge 4.14).

Bitkilerin N konsantrasyon değerleri tüm uygulamalar altında % 3.43-4.48 arasında değişmektedir. Artan S uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak ortalama N konsantrasyonlarının sırasıyla % 3.65, % 4.01 ve % 4.36 olduğu görülmüştür. Söz konusu değerlere bakıldığında S uygulamaları N konsantrasyonunu hafif oranda arttırmıştır (Çizelge 4.14). Uygulanan Fe doz ve formlarının N konsantrasyonu üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Azot konsantrasyonunun aksine, N/S oranı artan S uygulamalarına bağlı olarak azalma göstermektedir (Çizelge 4.14). Literatürde N:S değerinin 15'den büyük olması durumu bitkilerde S eksikliğinin varlığına işaret etmektedir. Buna göre denemede S uygulamalarında bitkilerin S konsantrasyonları % 0.15, % 0.24 ve % 0.33 ve N konsantrasyonları % 3.65, % 4.01 ve % 4.36 iken N:S oranları 24, 16 ve 13 şeklinde olup 2.5 ve 10 mg kg^{-1} S uygulamalarında N:S oranı yüksek bulunmuştur.

Sarıçanak 98 çeşidinin bitki başına toplam element içeriğine bakıldığında toprağa artan dozlarda uygulanan S, yeşil aksam S içeriğini de arttırmıştır (Çizelge 4.15). Yeşil aksam örneklemesinde bitki başına S miktarı 2.02-5.71 µg $bitki^{-1}$ arasında değişim göstermektedir. Artan S uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak ortalama S miktarlarının da Fe uygulamalarına bakılmaksızın sırasıyla 2.13, 3.72 ve 5.55 µg $bitki^{-1}$ olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bitki başına toplam S miktarlarına da S'ün en fazla uygulandığı dozda (40 mg kg^{-1}) rastlanmaktadır.

Bitkinin yeşil aksam Fe içeriği 66.0-97.9 µg $bitki^{-1}$ arasında değişim göstermektir. Aynı S uygulaması içerisinde, Fe uygulama doz ve formları altında bitkideki Fe içerik değerlerinde farklılıklar gözlenmektedir (Çizelge 4.15). Tüm S uygulamaları altında Fe içerik değerleri ortalamaları sırayla, 81.5, 86.7, 84.8 µg $bitki^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Bitki başına Fe miktarlarında en yüksek değere 10 mg kg^{-1} FeEDTA uygulama dozunda rastlanmaktadır.

Bunun yanı sıra, bitkinin toplam Zn miktarlarında farklı Fe uygulamaları altında önemli farklılıklar gözlenmektedir (Çizelge 4.15). Yeşil akam Zn içerik değerlerinin 48.3-107 µg $bitki^{-1}$ arasında değiştiği görülmektedir. Tüm S uygulamaları altında Fe-EDTA'ya göre Fe'in Sequesteren formunda uygulandığı koşullarda Zn içeriğinde önemli düşüşler saptanmıştır. Örneğin, S'ün 10 mg kg^{-1} ve Fe'in 10 mg kg^{-1} EDTA formunda uygulandığı durumda Zn içeriği 107 µg $bitki^{-1}$ iken aynı değer 10 mg kg^{-1} Fe-Seq. koşullarında 48.3 µg $bitki^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Söz konusu düşüşün % 50'den daha fazla olduğu görülmüştür. Bitkinin N içerik değerleri de 50.6-77.7 mg $bitki^{-1}$ aralığında değişim göstermektedir. Artan S uygulamalarına bağlı olarak N içerik değerlerinde de artış gözlenmektedir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin yeşil aksamında bitki besin element içeriği.

S	Fe	S	Zn	Fe	N
(mg kg^{-1})			µg bitki^{-1}		mg bitki $^{-1}$
2,5	0	2,29 ± 0,07	68,9 ± 7,65	86,8 ± 27,0	56,8 ± 4,37
2,5	10 edta	2,02 ± 0,18	92,9 ± 12,4	70,6 ± 4,17	50,6 ± 8,31
2,5	10 seq.	2,08 ± 0,19	49,0 ± 2,46	66,0 ± 6,89	51,7 ± 5,03
10	0	3,66 ± 0,34	67,0 ± 9,92	72,9 ± 6,98	54,1 ± 7,12
10	10 edta	4,32 ± 0,38	107 ± 14,2	97,9 ± 8,15	74,0 ± 11,9
10	10 seq.	3,19 ± 0,64	48,3 ± 8,16	97,1 ± 32,8	57,7 ± 9,53
40	0	5,46 ± 0,22	70,1 ± 2,47	85,0 ± 6,82	73,6 ± 3,02
40	10 edta	5,71 ± 0,60	102 ± 17,7	91,7 ± 6,11	77,7 ± 3,76
40	10 seq.	5,48 ± 0,58	53,4 ± 3,71	91,4 ± 20,4	72,5 ± 11,2

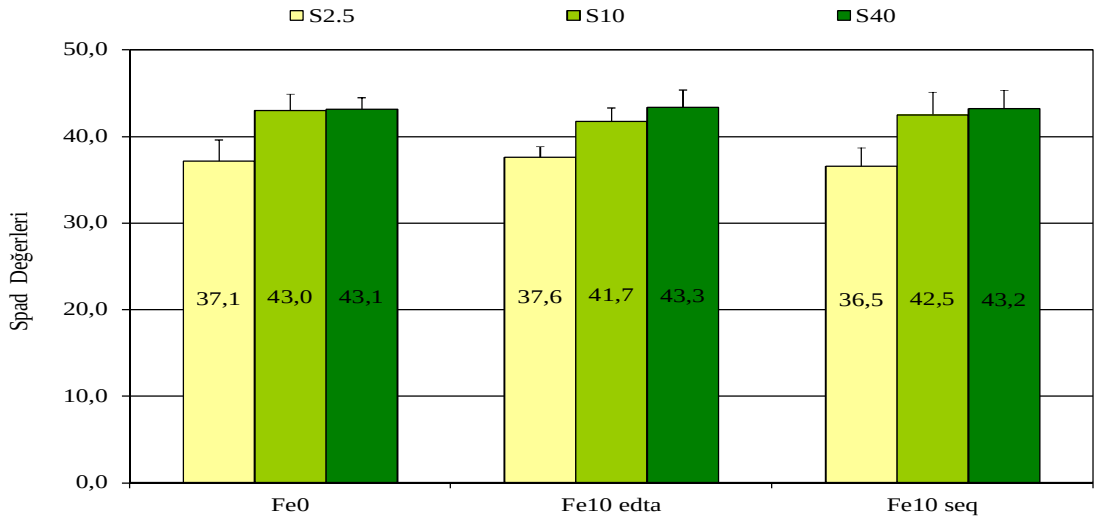
Farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0,10 mg kg^{-1} FeEDTA ve Fe-seq.) altında yetiştirilen Adana 99 ve Sarıçanak 98 buğday çeşitlerinin yeşil aksamında kuru madde ve konsantrasyon istatistik verileri Çizelge 4.16'da verilmiştir. Elde edilen istatistik verileri doğrultusunda önemlilik düzeyinde konsantrasyon ve verim değerlerinde uygulama doz ve formlarına göre farklılıklar gözlenmektedir.

Çizelge 4.16. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Adana 99 ve Sarıçanak 98 buğday çeşitlerinin yeşil aksamında kuru madde ve konsantrasyon istatistik verileri.

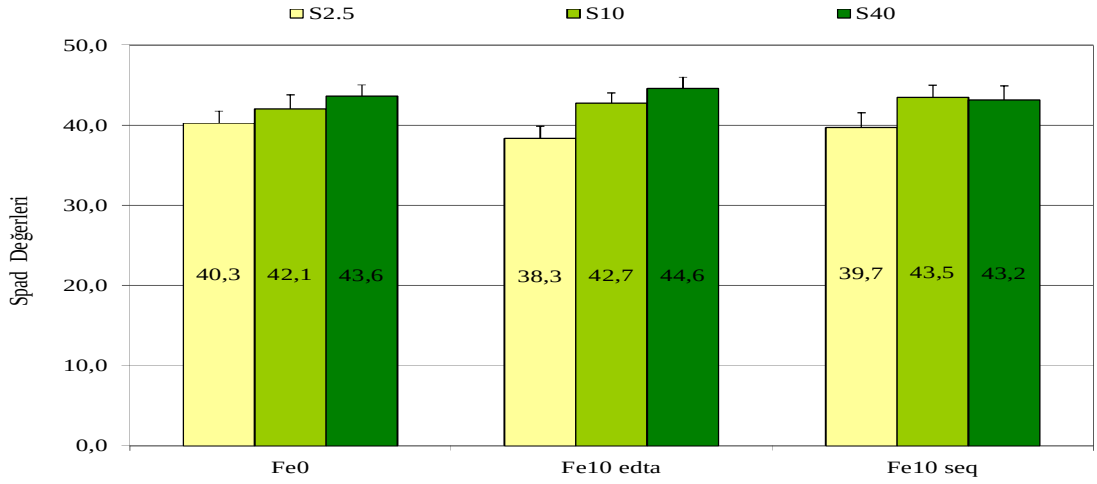
Çeşit		S	Zn	Fe	N	N_S	KM
	Uygulama						
	S						
Adana 99	2,5	0,166 c	44,40	55,09 b	4,33 b	26,12 a	1,31
Adana 99	10	0,257 b	48,53	56,39 b	5,02 a	19,50 b	1,24
Adana 99	40	0,311 a	45,51	64,73 a	5,27 a	16,99 c	1,28
	$LSD_{5\%}$	0,02	ö.d.	0,67	0,32	0,58	ö.d.
	Fe						
Adana 99	0 C	0,247	45,48 b	59,61	4,82	20,20	1,24
Adana 99	10 Edta	0,250	62,99 a	59,08	4,93	20,90	1,31
Adana 99	10 Seq.	0,237	29,98 c	57,52	4,88	21,52	1,29
	$LSD_{5\%}$	ö.d.	4,14.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
Adana 99	Ortalama	0,245	46,15	58,73	4,87	20,87	1,28
	S						
Sarıçanak 98	2,5	0,147 c	48,36 a	51,28	3,66 c	24,89 a	1,45 b
Sarıçanak 98	10	0,242 b	47,35 ab	58,56	4,01 b	16,67 b	1,53 b
Sarıçanak 98	40	0,324 a	43,78 b	52,09	4,37 a	13,45 c	1,71 a
	$LSD_{5\%}$	0,129	3,64	ö.d.	0,26	1,17	0,17
	Zn						
Sarıçanak 98	0 C	0,239	44,20 b	52,35	3,92	17,67	1,56
Sarıçanak 98	10 Edta	0,241	61,75 a	53,17	4,11	18,58	1,63
Sarıçanak 98	10 Seq.	0,233	33,54 c	56,41	4,00	18,75	1,51
	$LSD_{5\%}$	ö.d.	3,64	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
	Ortalama	0,238	46,50	53,98	4,01	18,33	1,57

4.1.2.2. Generatif Dönem Örneklemesine Ait Sonuçlar

Klorofil (SPAD), Tane Verimi, Sap-Saman Verimi ve Hasat İndeksi: Adana 99 ekmeklik ve Sarıçanak 98 makarnalık buğday çeşitleriyle kurulan SxFe denemesinde bitkilerin generatif döneminde, ara hasattan sonra saksı içerisinde kalan 4 bitkide, bitkiler 83 günlük iken spad ölçümü yapılmıştır (Şekil 4.13, 4.14). Her iki çeşitte de en küçük spad değerlerinin S'ün 2.5 mg kg^{-1} dozunda olduğu bitkilerde tespit edilmiştir. Adana 99 buğday çeşidinde spad değerleri 36.5-43.3 (Şekil 4.13) arasında değişim gösterirken, Sarıçanak 98 çeşidinde ise 38.3-44.6 (Şekil 4.14) arasında değişim göstermektedir.



Şekil 4.13. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin generatif dönemde SPAD değerleri.

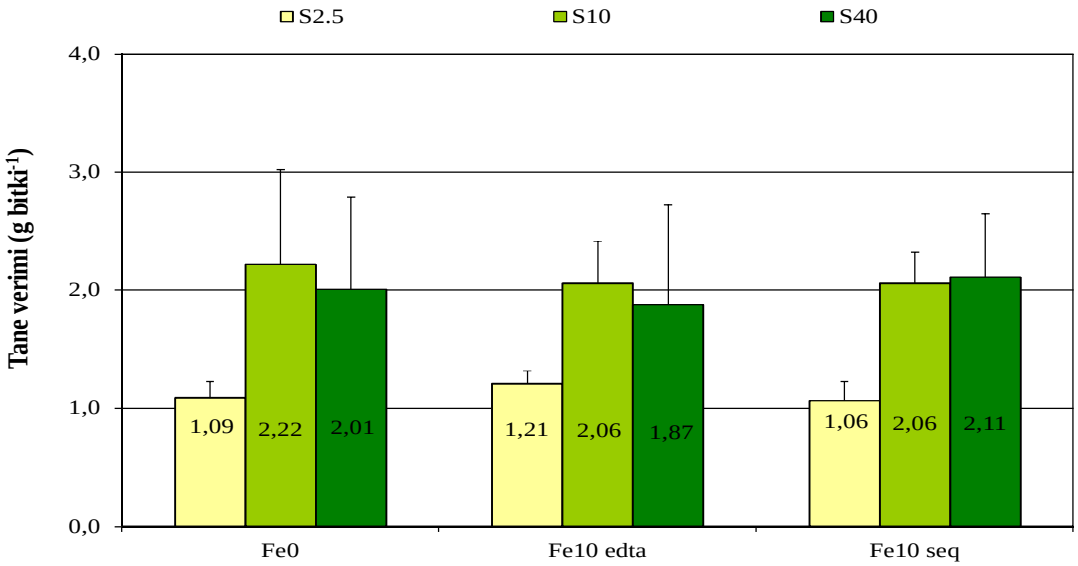


Şekil 4.14. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin generatif dönemde SPAD değerleri.

Spad değerleri ortalamaları S'ün 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} dozlarında Adana 99 çeşidinde sırayla 37.1, 42.4 ve 43.2 olarak; Sarıçanak 98 çeşidinde ise 39.4, 42.7 ve 43.8 olarak belirlenmiştir. Buna göre çeşitlerin spad değerleri ortalamaları birbirlerine yakın değerlerdedir. Toprağa artan düzeyde S uygulaması ile birlikte

klorofil miktarında çok hafif düzeyde artış meydana gelmiştir. Aynı S dozunda farklı Fe uygulama doz ve formlarına göre ölçülen spad değerlerinde önemli farklılık gözlenmemiştir. Bitki çeşitlerinde ölçülen spad değerlerinde en önemli artışın S'ün 40 mg kg^{-1} olduğu uygulamalarda görüldüğü tespit edilmiştir.

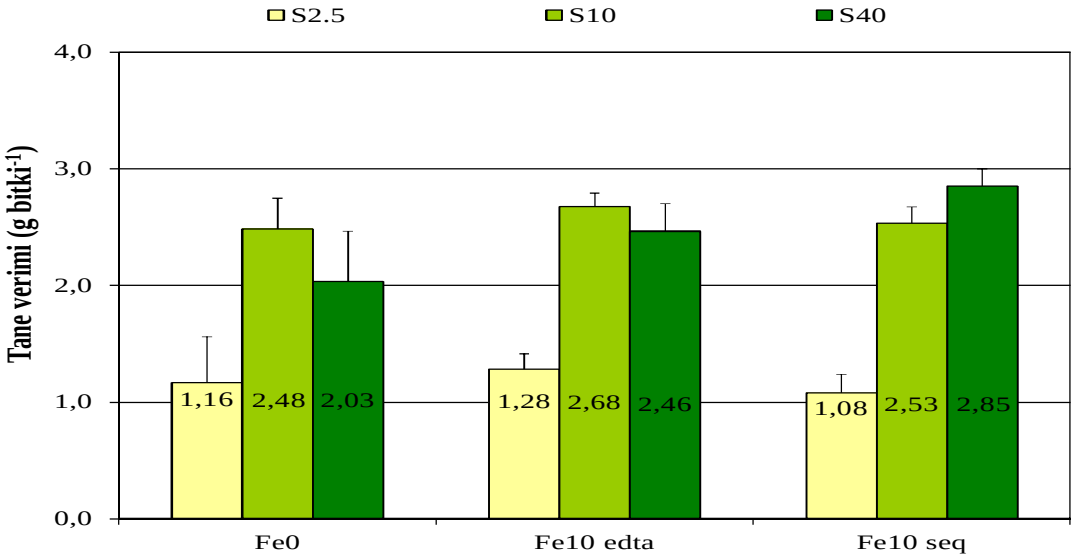
Denemede tane olum süreci tamamlandıktan sonra bitkiler başak ve sap kısımları olmak üzere hasat edilmiştir. Her saksıdan 4 bitki alınmış ve başaklar içerisinden taneler çıkarılmış, tanelerin bitki başına tane verimleri tespit edilmiştir (Şekil 4.15, 4.16). Farklı S ve Fe uygulamaları altındaki Adana 99 buğday çeşidinde tane verim değerleri 1.06-2.22 g $bitki^{-1}$ arasında değişiklik göstermekte, S'ün 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} dozlarında verim ortalamaları sırasıyla 1.12, 2.11 ve 1.99 g $bitki^{-1}$ olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.15. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin generatif dönemde tane verim değerleri.

Söz konusu çeşitte S uygulamaları arasında hafif farklılıklar gözlenirken en fazla verim S'ün 10 mg kg^{-1} olarak uygulandığı dozda görülmektedir. Tane verimleri içerisinde Fe'in 0, 10 mg kg^{-1} FeEDTA ve 10 mg kg^{-1} FeSeq. dozlarındaki ortalamaları sırasıyla 1.77, 1.71 ve 1.74 g $bitki^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Aynı Fe

uygulamalarının olduğu koşullarda artan S dozlarına göre tane verimleri benzerlik göstermektedir (Şekil 4.15).



Şekil 4.16. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin generatif dönemde tane verim değerleri.

Sarıçanak buğday çeşidinde ise tane verimleri 1.08-2.85 g $bitki^{-1}$ değerleri arasında değişim göstermekte, S'ün 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} dozlarında verim ortalamaları sırasıyla 1.17, 2.56 ve 2.44 g $bitki^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Söz konusu çeşitte S uygulamaları arasında farklılıklar gözlenirken en fazla verim S'ün 10 mg kg^{-1} olarak uygulandığı dozda görülmektedir (Şekil 4.16). Tane verimleri içerisinde Fe'in 0, 10 mg kg^{-1} FeEDTA ve 10 mg kg^{-1} FeSeq. dozlarındaki ortalamaları sırasıyla 1.89, 2.14 ve 2.15 g $bitki^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Aynı Fe uygulamalarının olduğu koşullarda artan S dozlarına göre tane verimlerinde çok hafif artış gözlenmektedir.

Farklı S ve Fe uygulamaları altındaki Adana 99 buğday çeşidinde sap-saman verim değerleri 2.74-5.23 g $bitki^{-1}$ arasında değişiklik göstermekte, verim ortalamaları sırasıyla 2.79, 4.29 ve 4.89 g $bitki^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Söz konusu çeşitte artan S uygulamalarına göre sap-saman veriminde artış meydana gelmiştir (Çizelge 4.17). Bu düzenli artış aynı Fe uygulamalarında da görülmektedir. Ancak

aynı S uygulaması içerisindeki Fe uygulama doz ve formlarında değerler benzerlik göstermektedir. Sap-saman verimleri içerisinde Fe'in 0, 10 mg kg^{-1} FeEDTA ve 10 mg kg^{-1} FeSeq. dozlarındaki ortalamaları sırasıyla 3.96, 4.16 ve 3.85 g $bitki^{-1}$ olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.17. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Adana 99 ve Sarıçanak 98 buğday çeşitlerinin generatif dönemde sap-saman verimi ve hasat indeksi.

Sap-saman verimi		Hasat İndeksi	
Adana 99	Sarıçanak 98	Adana 99	Sarıçanak 98
g $bitki^{-1}$		%	
2,82 ± 0,18	2,49 ± 0,23	27,8 ± 3,83	31,2 ± 5,66
2,81 ± 0,14	2,73 ± 0,08	30,0 ± 2,61	31,9 ± 1,61
2,74 ± 0,08	2,56 ± 0,43	27,9 ± 2,50	29,7 ± 2,14
4,34 ± 0,14	3,22 ± 0,26	33,1 ± 8,50	43,6 ± 4,46
4,46 ± 0,28	3,23 ± 0,16	31,5 ± 3,99	45,3 ± 0,40
4,09 ± 0,06	3,39 ± 0,20	33,4 ± 2,56	42,7 ± 1,17
4,73 ± 0,18	3,94 ± 0,20	29,2 ± 8,94	33,9 ± 5,73
5,23 ± 0,49	3,92 ± 0,55	25,9 ± 9,54	38,8 ± 5,44
4,73 ± 0,39	3,55 ± 0,12	30,5 ± 3,93	44,5 ± 1,61

Sarıçanak buğday çeşidinde ise sap-saman verim değerleri 2.49-3.94 g $bitki^{-1}$ arasında değişiklik göstermekte, verim ortalamaları sırasıyla 2.59, 3.28 ve 3.80 g $bitki^{-1}$ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.17). Söz konusu çeşitte artan S uygulamalarına göre sap-saman veriminde artış meydana gelmiştir. Bu düzenli artış aynı Fe uygulamalarında da görülmektedir. Ancak aynı S uygulaması içerisindeki Fe uygulama doz ve formlarında değerler benzerlik göstermektedir. Sap-saman verimleri içerisinde Fe'in 0, 10 mg kg^{-1} FeEDTA ve 10 mg kg^{-1} FeSeq. dozlarındaki ortalamaları sırasıyla 3.21, 3.29 ve 3.16 g $bitki^{-1}$ olarak belirlenmiştir.

Adana 99 buğday çeşidinde hasat indeksi değerlerine bakıldığında bütün S ve Fe uygulamaları altında sonuçların birbirlerine yakın değerler olduğu görülmektedir

(Çizelge 4.17). Uygulanan S ve Fe dozlarının hasat indeksi üzerinde fark yaratacak bir etkisinin olmadığı gözlenmektedir.

Sarıçanak 98 buğday çeşidinde hasat indeksi değerlerine bakıldığında ise bütün S ve Fe uygulamaları altında sonuçlar değişkenlik göstermektedir. En yüksek değerlere S'ün 10 mg kg^{-1} dozda olduğu uygulamalarda ulaştığı görülmektedir (Çizelge 4.17).

Tanede Besin Elementlerinin Konsantrasyonu ve İçeriği:Toprağa artan dozlarda uygulanan S, Adana-99 çeşidinin generatif dönemdeki tane S konsantrasyonunu beklenildiği gibi 2 kat arttırmıştır (Çizelge 4.18). Bitkiler 83 günlükken gerçekleştirilen tane örneklemesinde S konsantrasyonu Adana 99 çeşidinde % 0.08-0.18 arasında değişim göstermektedir. Artan S uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak ortalama S konsantrasyonları Fe uygulamalarına bakılmaksızın sırasıyla % 0.08, % 0.13 ve % 0.17 olarak belirlenmiştir. Demir doz ve formlarının S konsantrasyonu üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Demir konsantrasyon değerlerinin de 29.4-50.6 mg kg^{-1} arasında değiştiği görülmektedir. 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} S uygulamalarında ortalama Fe konsantrasyonları sırayla 33.4, 41.3 ve 46.7 mg kg^{-1} olarak hesaplanmıştır. Artan S uygulamalarına göre ortalama Fe konsantrasyonlarında artma meydana geldiği görülmektedir. Kükürdün yanı sıra Fe doz ve formlarının Fe konsantrasyonu üzerine önemli etkisinin olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.18). Tüm S uygulamaları altında; 0 mg kg^{-1} Fe, 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve 10 mg kg^{-1} Fe-Seq. uygulamalarında ortalama Fe konsantrasyonları 39.0, 38.5, 43.9 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir.

Benzer şekilde Zn konsantrasyonunda da artan S uygulamalarına karşı önemli farklılıklar gözlenmektedir (Çizelge 4.18). Çinko konsantrasyon değerlerinin de 44.1-78.7 mg kg^{-1} arasında değiştiği görülmektedir. 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} S uygulamalarında ortalama Zn konsantrasyonları 45.7, 55.7 ve 63.2 mg kg^{-1} olarak hesaplanmıştır. Tüm S uygulamaları altında Fe-EDTA'ya göre Fe'in Sequesteren formunda uygulandığı koşullarda Zn konsantrasyonunda ciddi düşüşler saptanmıştır. Örneğin, S'ün 10 mg kg^{-1} ve Fe'in 10 mg kg^{-1} EDTA formunda uygulandığı durumda Zn konsantrasyonu 63.0 mg kg^{-1} iken aynı değer 10 mg kg^{-1} Fe-Seq.

koşullarında 44.1 mg kg^{-1} olarak hesaplanmıştır. Söz konusu düşüşün % 30'dan daha fazla olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.18. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin tanede besin elementlerinin konsantrasyonu.

S	Fe	S	Zn	Fe	N	N/S
(mg kg^{-1})		(%)	(mg kg^{-1})		(%)	
2,5	0	0,09 ± 0,01	45,2 ± 2,89	30,3 ± 2,23	2,70 ± 0,27	29,6 ± 3,83
2,5	10 edta	0,08 ± 0,01	47,2 ± 8,16	29,4 ± 4,47	2,58 ± 0,16	31,0 ± 2,62
2,5	10 seq.	0,08 ± 0,00	44,9 ± 5,42	40,7 ± 5,86	2,54 ± 0,02	31,2 ± 1,26
10	0	0,14 ± 0,02	60,0 ± 11,6	45,3 ± 3,86	2,67 ± 0,22	19,4 ± 1,66
10	10 edta	0,12 ± 0,00	63,0 ± 4,55	38,2 ± 1,96	2,54 ± 0,04	22,0 ± 0,95
10	10 seq.	0,14 ± 0,01	44,1 ± 8,14	40,6 ± 6,21	2,91 ± 0,12	21,2 ± 1,48
40	0	0,17 ± 0,01	59,7 ± 5,26	41,5 ± 3,28	2,74 ± 0,13	16,4 ± 0,84
40	10 edta	0,17 ± 0,01	78,7 ± 12,8	48,1 ± 4,23	2,76 ± 0,14	15,8 ± 0,55
40	10 seq.	0,18 ± 0,01	51,4 ± 8,61	50,6 ± 7,72	3,02 ± 0,41	17,1 ± 1,30

Bitkilerin N konsantrasyon değerleri tüm uygulamalar altında % 2.54-3.02 arasında değişmektedir. Artan S uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak ortalama N konsantrasyonlarının sırasıyla % 2.60, % 2.70 ve % 2.84 olduğu görülmüştür. Söz konusu değerlere bakıldığında artan düzeyde S uygulamaları, N konsantrasyonunu hafif oranda arttırmıştır (Çizelge 4.18). Uygulanan Fe doz ve formlarının N konsantrasyonu üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Azot konsantrasyonunun aksine, N/S oranı artan S uygulamalarına bağlı olarak azalma göstermektedir (Çizelge 4.18). Literatürde N:S değerinin 17'den büyük olması durumu bitkilerde S eksikliğinin varlığına işaret etmektedir. Buna göre denemede S uygulamalarında bitkilerin S konsantrasyonları % 0.08, % 0.13, % 0.17 ve N konsantrasyonları % 2.60, % 2.70 ve % 2.84 iken N:S oranları 30, 21 ve 16 şeklinde olup 2.5 ve 10 mg kg^{-1} S uygulamalarında N:S oranı yüksek bulunmuştur.

Adana-99 buğday çeşidinin tane konsantrasyon değerlerine benzer şekilde toprağa artan dozlarda uygulanan S, tane S içeriğini de arttırmıştır (Çizelge 4.19). Söz konusu çeşitte tane S miktarı 31.1-71.5 µg $tane^{-1}$ arasında değişim

göstermektedir. Artan S uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak ortalama S miktarlarının da Fe uygulamalarına bakılmaksızın sırasıyla 33.1, 56.6 ve 70.7 µg $tane^{-1}$ olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bitki başına toplam S miktarlarına da S'ün en fazla uygulandığı dozda (40 mg kg^{-1}) rastlanmaktadır. Demir doz ve formlarının S içeriğine etkisinin olmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.19. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin tane besin elementlerinin içeriği.

S	Fe	S	Zn	Fe	N
(mg kg^{-1})			µg $tane^{-1}$		mg $tane^{-1}$
2,5	0	34,5 ± 2,86	1,70 ± 0,11	1,14 ± 0,08	1,04 ± 0,17
2,5	10 edta	33,7 ± 3,55	1,90 ± 0,35	1,18 ± 0,18	1,07 ± 0,05
2,5	10 seq.	31,1 ± 2,22	1,71 ± 0,19	1,55 ± 0,17	0,98 ± 0,03
10	0	61,0 ± 12,4	2,63 ± 0,55	1,99 ± 0,26	1,22 ± 0,18
10	10 edta	48,5 ± 1,32	2,65 ± 0,20	1,60 ± 0,03	1,17 ± 0,03
10	10 seq.	60,3 ± 8,16	1,92 ± 0,40	1,77 ± 0,32	1,25 ± 0,06
40	0	69,7 ± 4,19	2,51 ± 0,39	1,74 ± 0,18	1,16 ± 0,08
40	10 edta	71,5 ± 3,22	3,21 ± 0,49	1,97 ± 0,15	1,20 ± 0,16
40	10 seq.	71,1 ± 4,28	2,08 ± 0,34	2,04 ± 0,31	1,38 ± 0,19

Bitkinin Fe içeriğinin artan S uygulamaları altında 1.14-2.04 µg $tane^{-1}$ arasında değiştiği görülmektedir. Aynı S uygulaması içerisinde, Fe uygulama doz ve formları altında tanenin Fe içerik değerlerinde hafif farklılıklar gözlenmektedir (Çizelge 4.19). Tüm S uygulamaları altında Fe içeriklerinin ortalamaları sırayla 1.62, 1.58, 1.78 µg $tane^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Bitki başına Fe miktarlarında en fazla değere 10 mg kg^{-1} FeSeq. uygulama dozunda rastlanmaktadır.

Bunun yanında, tanedeki toplam Zn miktarlarında farklı S ve Fe uygulamaları altında farklılıklar gözlenmektedir (Çizelge 4.19). Tane Zn içerik değerlerinin artan S uygulamaları altında 1.70-3.21 µg $tane^{-1}$ arasında değiştiği görülmektedir. Tüm S uygulamaları altında Fe-EDTA'ya göre Fe'in Sequesteren formunda uygulandığı koşullarda Zn içeriğinde düşüşler saptanmıştır. Örneğin, S'ün 40 mg kg^{-1} ve Fe'in 10

mg kg^{-1} EDTA formunda uygulandığı durumda Zn içeriği 3.21 µg $tane^{-1}$ iken aynı değer 10 mg kg^{-1} Fe-Sequesteren koşullarında 2.08 µg $tane^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Söz konusu düşüşün yaklaşık % 50 oranında olduğu görülmüştür. Artan S uygulamaları altında N içerik değerlerinde hafif oranlarda artma gözlenirken, Fe uygulamalarının N içeriği üzerine etkisi gözlenmemiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan S, Sarıçanak 98 çeşidinin generatif dönemdeki tane S konsantrasyonunu arttırmıştır (Çizelge 4.20). Bitkiler 83 günlükken gerçekleştirilen tane örneklemesinde S konsantrasyonu Sarıçanak 98 çeşidinde % 0.09-0.18 arasında değişim göstermektedir. Artan S uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak ortalama S konsantrasyonları Fe uygulamalarına bakılmaksızın sırasıyla % 0.10, % 0.13 ve % 0.18 olarak tespit edilmiştir. Demir doz ve formlarının S konsantrasyonu üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Demir konsantrasyon değerlerinin de 31.7-39.3 mg kg^{-1} arasında değiştiği görülmektedir. 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} S uygulamalarında ortalama Fe konsantrasyonları sırayla 36.5, 32.7 ve 35.1 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir. Artan S uygulamalarına nazaran ortalama Fe konsantrasyonlarında hafif düzeyde farklılıklar görülmektedir (Çizelge 4.20). Tüm S uygulamaları altında; 0 mg kg^{-1} Fe, 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve 10 mg kg^{-1} Fe-Seq. uygulamalarında ortalama Fe konsantrasyonlarının sırayla 33.2, 33.9, 37.1 mg kg^{-1} olduğu tespit edilmiştir. Buna göre 10 mg kg^{-1} Fe-Seq. uygulamasındaki Fe konsantrasyon ortalamasının diğer Fe uygulama form ve dozlarına nazaran daha yüksek olduğu görülmektedir.

Benzer şekilde Zn konsantrasyonunda da artan S uygulamalarına karşı önemli farklılıklar gözlenmektedir (Çizelge 4.20). Çinko konsantrasyon değerlerinin 42.4-65.8 mg kg^{-1} arasında değiştiği görülmektedir. 2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1} S uygulamalarında ortalama Zn konsantrasyonları ise 57.7, 45.3 ve 49.3 olarak hesaplanmıştır. Tüm S uygulamaları altında Fe-EDTA'ya göre Fe'in Sequesteren formunda uygulandığı koşullarda Zn konsantrasyonunda ciddi düşüşler saptanmıştır. Örneğin, S'ün 10 mg kg^{-1} ve Fe'in 10 mg kg^{-1} EDTA formunda uygulandığı durumda Zn konsantrasyonu 52.0 mg kg^{-1} iken aynı değer 10 mg kg^{-1} Fe-Seq.

koşullarında 37.6 mg kg^{-1} olarak hesaplanmıştır. Söz konusu düşüşün % 20'den daha fazla olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.20. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin tane besin elementlerinin konsantrasyonu.

S	Fe	S	Zn	Fe	N	N/S
(mg kg^{-1})		(%)	(mg kg^{-1})		(%)	
2,5	0	0,10 ± 0,01	51,4 ± 9,47	33,2 ± 6,18	2,99 ± 0,33	31,3 ± 0,37
2,5	10 edta	0,09 ± 0,00	65,8 ± 4,04	37,2 ± 2,43	2,71 ± 0,25	28,9 ± 1,56
2,5	10 seq.	0,10 ± 0,01	55,9 ± 3,85	39,3 ± 3,89	2,68 ± 0,10	28,0 ± 0,83
10	0	0,13 ± 0,01	46,5 ± 0,94	31,7 ± 1,11	2,27 ± 0,07	17,2 ± 1,74
10	10 edta	0,12 ± 0,00	52,0 ± 3,25	31,7 ± 1,89	2,08 ± 0,05	17,6 ± 1,02
10	10 seq.	0,13 ± 0,01	37,6 ± 4,28	34,8 ± 5,49	2,10 ± 0,19	16,8 ± 0,38
40	0	0,18 ± 0,01	50,9 ± 6,10	34,8 ± 4,23	2,19 ± 0,04	12,4 ± 0,19
40	10 edta	0,17 ± 0,01	54,6 ± 5,86	33,0 ± 2,78	2,16 ± 0,10	12,8 ± 1,13
40	10 seq.	0,18 ± 0,01	42,4 ± 5,22	37,4 ± 5,35	2,24 ± 0,16	12,6 ± 0,67

Bitkilerin N konsantrasyon değerleri tüm uygulamalar altında % 2.08-2.99 arasında değişmektedir. Artan S uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak ortalama N konsantrasyonlarının sırasıyla % 2.79, % 2.15 ve % 2.19 olduğu görülmüştür. Söz konusu değerlere bakıldığında S uygulamalarına nazaran N konsantrasyonlarında hafif düzeyde değişimler görülmektedir (Çizelge 4.20). Uygulanan Fe doz ve formlarının N konsantrasyonu üzerinde çok hafif bir etkisinin olduğu görülmüştür.

Azot konsantrasyonunun aksine, N/S oranı artan S uygulamalarına bağlı olarak azalma göstermektedir (Çizelge 4.20). Literatürde N:S değerinin 17'den büyük olması durumu bitkilerde S eksikliğinin varlığına işaret etmektedir. Buna göre denemede S uygulamalarında bitkilerin S konsantrasyonları % 0.10, % 0.13, % 0.18 ve N konsantrasyonları % 2.79, % 2.15 ve % 2.19 iken N:S oranları 29, 17 ve 12 şeklinde olup 2.5 mg kg^{-1} S uygulamasında N:S oranı yüksek bulunmuştur.

Sarıçanak 98 buğday çeşidinin tane konsantrasyon değerlerine benzer şekilde toprağa artan dozlarda uygulanan S, tane S içeriğini de arttırmıştır (Çizelge 4.21).

Söz konusu çeşitte tane S miktarı 41.4-87.0 µg tane^{-1} arasında değişim göstermektedir. Artan S uygulamalarına (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) bağlı olarak ortalama S miktarlarının da Fe uygulamalarına bakılmaksızın sırasıyla 41.8, 57.0 ve 83.3 µg tane^{-1} olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bitki başına toplam S miktarlarına da S'ün en fazla uygulandığı dozda (40 mg kg^{-1}) rastlanmaktadır. Demir doz ve formlarının S içeriğine etkisinin olmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.21. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Sarıçanak 98 buğday çeşidinin tane besin element içeriği.

S	Fe	S	Zn	Fe	N
(mg kg^{-1})			µg tane^{-1}		mg tane^{-1}
2,5	0	41,4 ± 7,11	2,23 ± 0,49	1,44 ± 0,31	1,32 ± 0,24
2,5	10 edta	42,5 ± 1,66	2,98 ± 0,19	1,69 ± 0,12	1,22 ± 0,18
2,5	10 seq.	41,7 ± 4,24	2,43 ± 0,29	1,71 ± 0,24	1,21 ± 0,13
10	0	60,1 ± 6,74	2,10 ± 0,05	1,43 ± 0,06	1,07 ± 0,12
10	10 edta	53,8 ± 1,76	2,36 ± 0,11	1,44 ± 0,07	0,98 ± 0,07
10	10 seq.	57,2 ± 6,76	1,71 ± 0,21	1,59 ± 0,27	0,97 ± 0,12
40	0	87,0 ± 3,11	2,51 ± 0,31	1,71 ± 0,22	1,03 ± 0,02
40	10 edta	82,8 ± 5,58	2,67 ± 0,35	1,61 ± 0,13	1,03 ± 0,08
40	10 seq.	80,3 ± 2,64	1,91 ± 0,23	1,69 ± 0,24	1,08 ± 0,08

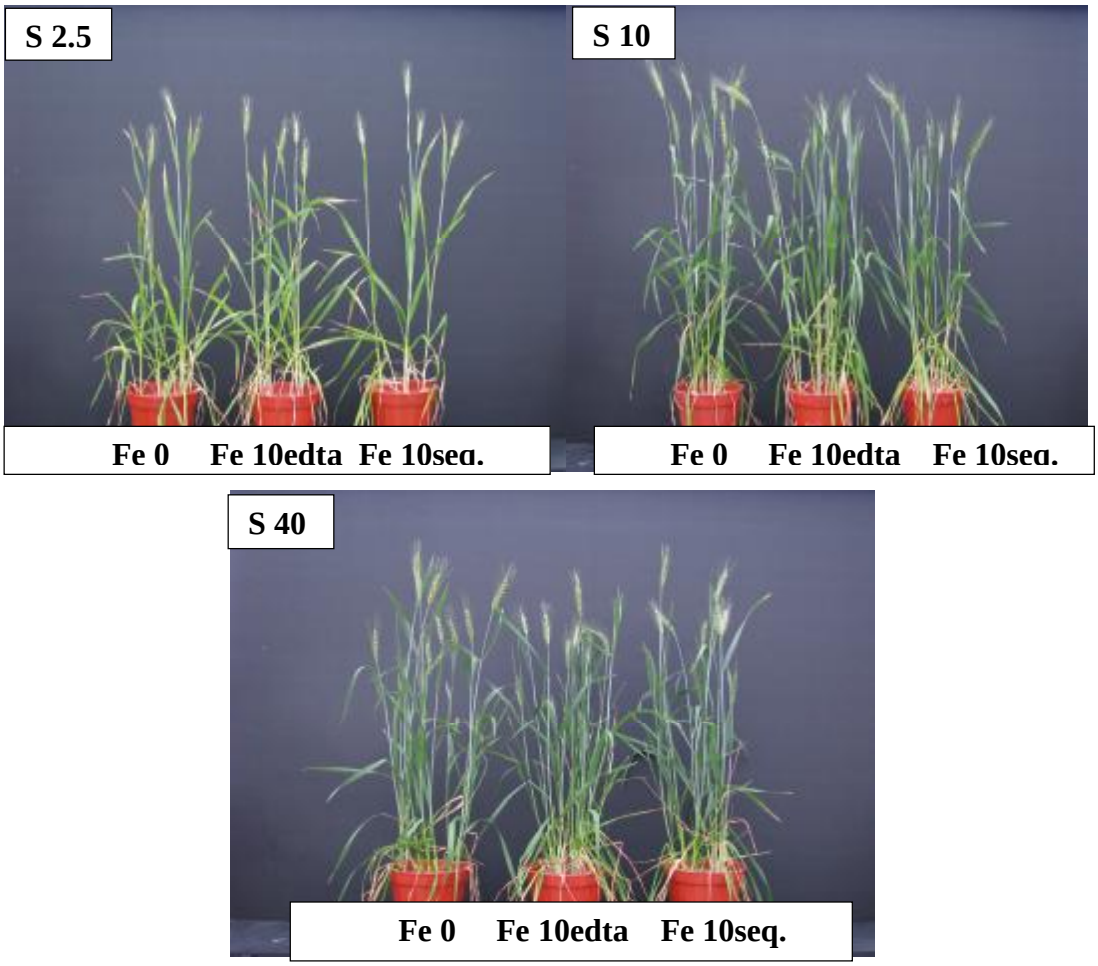
Bitkinin Fe içeriğinin de 1.43-1.71 µg tane^{-1} arasında değiştiği görülmektedir. Aynı S uygulaması içerisinde, Fe uygulama doz ve formları altında tanenin Fe içerik değerlerinde farklılıklar gözlenmektedir (Çizelge 4.21). Tüm S uygulamaları altında Fe içerik ortalamalarının sırayla 1.52, 1.58, 1.66 µg tane^{-1} olduğu görülmüştür. Bitki başına Fe miktarlarında en fazla değere 10 mg kg^{-1} FeSeq. uygulama dozunda rastlanmaktadır.

Bunun yanı sıra, tanedeki toplam Zn miktarlarında farklı S ve Fe uygulamaları altında farklılıklar gözlenmektedir (Çizelge 4.21). Tane Zn içerik değerlerinin 1.71-2.98 µg tane^{-1} arasında değiştiği görülmektedir. Tüm S uygulamaları altında Fe-EDTA'ya göre Fe'in Seq. formunda uygulandığı koşullarda Zn içeriğinde düşüşler saptanmıştır. Örneğin, S'ün 40 mg kg^{-1} ve Fe'in 10 mg kg^{-1} EDTA formunda uygulandığı durumda Zn içeriği 2.67 µg tane^{-1} iken aynı değer 10

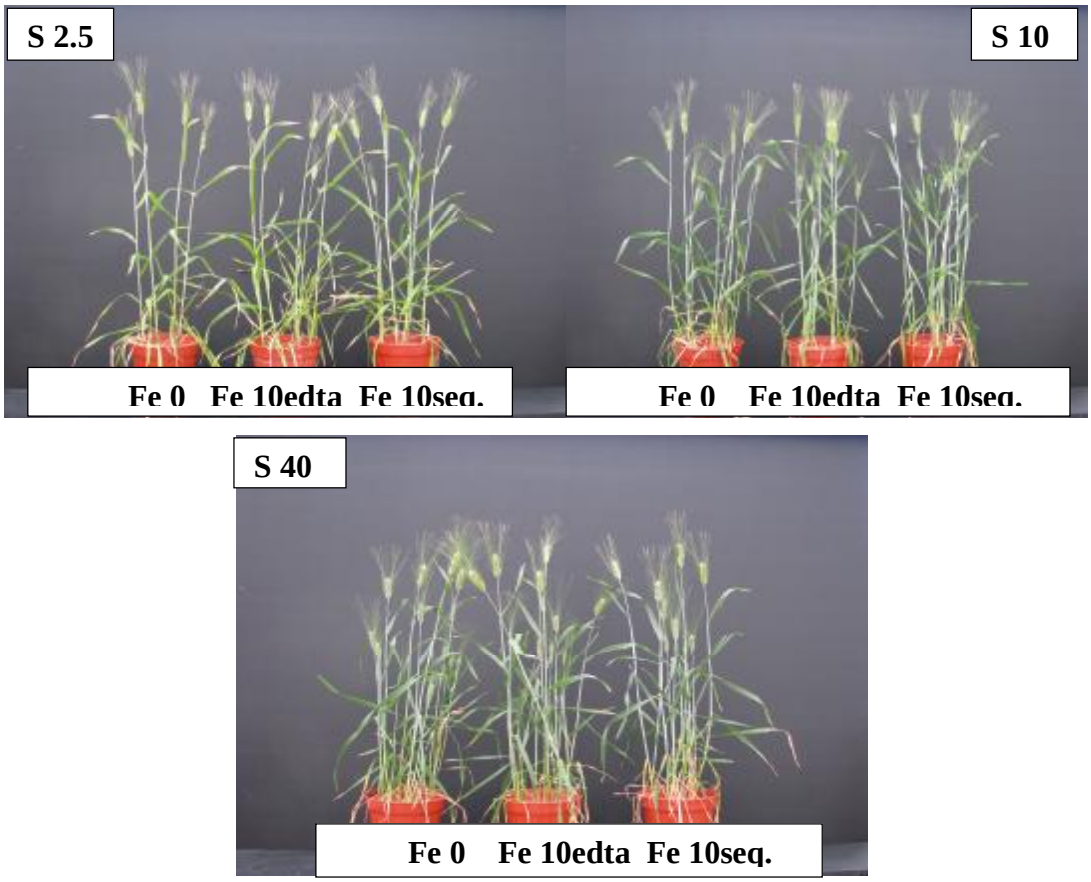
mg kg^{-1} Fe-Sequesteren koşullarında 1.91 µg $tane^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Söz konusu düşüşün % 10'dan daha fazla olduğu görülmüştür. Azot içerik değerlerinde artan S ve Fe uygulama dozları altında önemli farklılıklar gözlenmemiştir.

Çizelge 4.22. Sera koşullarında Zn eksikliğine sahip Eskişehir-Sultanönü toprağında farklı S (2.5, 10 ve 40 mg kg^{-1}) ve Fe uygulamaları (0 ve 10 mg kg^{-1} Fe-EDTA ve Fe-Seq.) altında yetiştirilen Adana 99 ve Sarıçanak 98 buğday çeşitlerinin tanede verim ve konsantrasyon istatistik verileri.

Çeşit		S	Zn	Fe	N	N_S	KM	Saman
	Uygulama							
	S							
Adana 99	2,5	0,086 c	33,46 c	45,78 b	2,61	30,61 a	1,12 b	2,79 c
Adana 99	10	0,131 b	41,36 b	55,71 a	2,71	20,87 b	2,11 a	4,30 b
Adana 99	40	0,172 c	46,74 a	63,28 a	2,84	16,44 c	2,00 a	4,90 a
	$LSD_{5\%}$	0,011	4,72	8,03	ö.d.	1,85	0,52	0,25
	Fe							
Adana 99	0 C	0,132	39,03 b	54,97 a	2,70	21,81	1,77	3,96
Adana 99	10 Edta	0,125	38,57 b	62,97 a	2,63	22,93	1,71	4,17
Adana 99	10 Seq.	0,132	43,95 a	46,82 b	2,83	23,17	1,74	3,85
	$LSD_{5\%}$	ö.d.	4,72	8,02	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
Adana 99	Ortalama	0,130	40,52	54,92	2,72	22,64	1,74	4,00
	S							
Sarıçanak 98	2,5	0,095 c	36,56	57,70 a	2,80 a	29,41 a	1,17 b	2,59 c
Sarıçanak 98	10	0,126 b	32,74	45,39 b	2,15 b	17,18 b	2,56 a	3,28 b
Sariçanak 98	40	0,175 a	35,03	49,30 b	2,20 b	12,60 c	2,45 a	3,81 a
	$LSD_{5\%}$	0,008	ö.d.	5,21	0,17	1,00	0,24	0,28
	Zn							
Sarıçanak 98	0 C	0,135	33,22	49,60 b	2,49	20,33 a	1,89 b	3,22
Sarıçanak 98	10 Edta	0,127	33,96	57,48 a	2,32	19,74 ab	2,14 ab	3,29
Sariçanak 98	10 Seq.	0,133	37,16	45,30 b	2,34	19,12 b	2,15 a	3,17
	$LSD_{5\%}$	ö.d.	ö.d.	5,21	ö.d.	1,00	0,24	ö.d.
	Ortalama	0,132	34,78	50,79	2,38	19,73	2,06	3,23



Resim 4.3. SxFe Sera Denemesinin Adana 99 buğday bitkileri



Resim 4.4. SxFe Sera Denemesinin Sarıçanak 98 buğday bitkileri

4.2. Su Kültürü Denemeleri

Sera denemelerinden farklı olarak besin çözeltisinde farklı S uygulamalarının (15, 45 ve 405 µM-S) yetersiz Fe (-Fe) ve yeterli Fe (+Fe) koşulları altında Adana 99 çeşidinin fitosiderefor salgılama miktarları saptanmıştır. Ayrıca sera denemesinde olduğu gibi spad değerleri, yeşil aksam-kök kuru madde verimleri ve element konsantrasyonları da belirlenmiştir.

Kontrollü koşullarda su kültürü ortamında SxFe denemesi toplam 22 saksılık olarak kurulmuştur. Kükürt kaynağı olarak $CaSO_4$ kullanılmış ve dozlar 15, 45 ve 405 µM olarak belirlenmiştir. Her uygulama dozundan 5 saksı –Fe ($2x10^{-6}$ M) ve 1 saksıda +Fe (10^{-4} M) bulunmaktadır (Çizelge 4.23).

Bitkiler ilk suya alındıklarında 15 µM SO_4 içeren saksılardan 9 tane kurulmuş, daha sonra ilk fitosiderefor toplama işleminden sonra 4 saksının dozu 405

µM SO_4 çıkarılmıştır. Ayrıca ilk toplama işleminden sonra tüm bitkilerin çözeltileri yenilenmiştir. Daha sonra 3 gün üst üste yine PS toplama işlemi gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.23). Genel olarak S'ün bütün dozlarında PS toplama işleminin sonuçlarına göre 2. ve 3. günlerde PS salgılama değerlerinde bir azalma meydana gelmiştir.

Çizelge 4.23. Kontrollü iklim koşullarında su kültürü ortamında farklı S (15, 45 ve 405 µM) ve Fe uygulamaları (10^{-4} M ve $2x10^{-6}$ M) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin PS salgılama miktarları ($Fe(OH)_3$ metoduna göre)

		1. gün		**2.gün**		**3. gün**		**4.gün**
S	Fe	Toplam PS (nmol bitki^{-1})	S	Toplam PS (nmol bitki^{-1})	S	Toplam PS (nmol bitki^{-1})	S	Toplam PS (nmol bitki^{-1})
15 µM		211 ± 67	15 µM	308 ± 54	15 µM	114 ± 43	15 µM	29 ± 20
45 µM	$2x10^{-6}$	357 ± 46	15-405 µM	331 ± 68	15-405 µM	136 ± 60	15-405 µM	170 ± 114
405 µM		384 ± 54	45 µM	266 ± 86	45 µM	154 ± 119	45 µM	195 ± 134
			405 µM	293 ± 90	405 µM	115 ± 79	405 µM	269 ± 47
15 µM		13	15 µM	17	15 µM	2	15 µM	5
45 µM	10^{-4}	29	45 µM	69	45 µM	3	45 µM	41
405 µM		81	405 µM	67	405 µM	4	405 µM	23

Kükürt dozu 15 µM'den 405 µM'e çıkarılan bitkilerde ilk başlarda S noksanlık belirtileri görülürken doz artırımından sonra bu noksanlık belirtilerinin azalarak yok olduğu tespit edilmiştir. Normal şartlarda Fe eksikliği şiddeti arttıkça PS salgılama miktarlarının da artması beklenmektedir. Fitosiderefor toplaması yapılan günlere bakıldığında 2. ve 3. günlerdeki PS salgılama miktarlarındaki farklılıklar ve S dozlarındaki farklılığa rağmen PS değerlerinin yakın olması dikkat çekmektedir (Çizelge 4.23).

Adana 99 ekmeklik buğday çeşidiyle kurulan SxFe denemesinde bitkiler 15 günlük iken spad ölçümü yapılmıştır (Çizelge 4.24). Adana 99 buğday çeşidinde spad değerleri 19.7-36.8 arasında değişim göstermektedir. Artan S uygulama dozlarına göre spad değerleri ortalamaları aynı Fe uygulamalarında birbirlerine yakın değerler göstermektedir. Ancak $2x10^{-6}$ M Fe verilen saksılarda yetişen bitkilerin spad

değerleri 10^{-4} M Fe verilen saksının spad değerinden beklenildiği gibi daha küçüktür. Aynı S uygulama dozlarına nazaran farklı Fe dozlarının klorofil düzeylerindeki farklılık dikkat çekmektedir.

Çizelge 4.24. Kontrollü iklim koşullarında su kültürü ortamında farklı S (15, 45 ve 405 µM) ve Fe uygulamaları (10^{-4} M ve $2x10^{-6}$ M) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin SPAD ve kuru madde verim değerleri.

		Spad Değeri	Kuru madde verimi (mg kg^{-1})	
S	Fe		Yeşil Aksam	Kök
15 µM	$2x10^{-6}$ M	19,7 ± 0,81	46,1 ± 1,95	43,4 ± 5,27
15-405 µM		20,1 ± 0,54	53,7 ± 4,21	39,8 ± 2,03
45 µM		20,8 ± 0,63	63,4 ± 4,21	37,3 ± 1,99
405 µM		20,7 ± 0,86	61,4 ± 4,10	37,1 ± 1,75
15 µM	10^{-4} M	21,6 ± 0,76	50,0	50,4
45 µM		35,7 ± 0,62	78,8	43,2
405 µM		36,8 ± 0,68	73,2	48,0

Denemede bitkiler 15 günlük iken spad ölçümünden hemen sonra örnekleme yapılmış ve her uygulama dozunun bulunduğu saksıların her birinden 25 bitki hasat edilmiştir. Farklı S ve Fe uygulamaları altındaki Adana 99 buğday çeşidinde yeşil aksam kuru madde verim değerleri 46.1-78.8 mg $bitki^{-1}$, kök kuru madde verim değerleri ise 37.1-50.4 mg $bitki^{-1}$ arasında değişiklik göstermektedir (Çizelge 4.24). Bitkilerin yeşil aksam ve kök kuru madde verimleri Fe'in $2x10^{-6}$ M dozundaki ortalamaları sırasıyla 56.2 ve 39.4 olarak, Fe'in 10^{-4} M dozundaki ortalamaları ise sırayla 67.3 ve 47.2 olarak tespit edilmiştir.

Artan S uygulamalarına göre bitkinin yeşil aksam verimlerinde önemli oranda artış gözlenirken, kök verimlerinde hafif azalmalar tespit edilmiştir. Yeşil aksam kuru madde veriminde gözlenen artış özellikle S'ün 15 µM'dan 45 µM'a çıkartıldığı uygulamalarda görülebilir (Çizelge 4.24). Bunun üzerinde 405 µM S uygulamasında kuru madde üretimi etkilenmemektedir.

Su kültüründe artan dozlarda uygulanan S, Adana-99 çeşidinin yeşil aksam S konsantrasyonunu arttırmıştır (Çizelge 4.25). Bitkiler 15 günlükken gerçekleştirilen örneklemede tüm Fe uygulamaları altında S konsantrasyonu yeşil aksamda % 0.24-0.69, kök kısmında ise % 10-25 aralıklarında değişim göstermektedir.

Çözelti içerisine eklenen Fe dozunun S konsantrasyonu üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Bitkilerin kök kısımlarındaki S konsantrasyon değerleri yeşil aksam S konsantrasyon değerlerinin yarısı kadardır. Ayrıca 15 µM S içeren bitkilerin konsantrasyon değerleri ve 45 µM S içeren bitkilerin konsantrasyon değerleri karşılaştırıldığında belli bir artış gözlenirken, 45 µM S ve 405 µM S uygulamaları arasında buna benzer bir artış gözlenmemektedir. Yani bitkiler kendilerine yetecek kadar S'ü aldıktan sonra daha fazlasını kabul etmemektedir (Çizelge 4.25).

Artan S uygulamalarında, Fe konsantrasyon değerleri yeşil aksam kısmında 61.0-112 mg kg^{-1}, kök kısmında ise 63.8-1691 mg kg^{-1} aralıklarında değişim göstermektedir (Çizelge 4.25). Bitkilerin Fe konsantrasyonlarına bakıldığında $2x10^{-6}$ M Fe içeren çözeltilerde yetişen bitkilerin yeşil aksam ve kök kısımlarındaki konsantrasyon değerlerinin çok yakın olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 4.25. Kontrollü iklim koşullarında su kültürü ortamında farklı S (15, 45 ve 405 µM) ve Fe uygulamaları (10^{-4} M ve $2x10^{-6}$ M) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin yeşil aksamında besin elementlerinin konsantrasyonları.

Örnekleme	S	Fe	S	Fe	Zn	N	N/S
			%	(mg kg^{-1})		%	
Yeşil Aksam	15 µM	$2x10^{-6}$ M	0,26 ± 0,01	61,0 ± 3,32	134 ± 9,00	5,90 ± 0,07	22,5 ± 0,76
	15-405 µM		0,69 ± 0,03	66,4 ± 6,52	122 ± 11,2	6,21 ± 0,08	9,00 ± 0,53
	45 µM		0,39 ± 0,01	74,7 ± 19,0	125 ± 32,0	6,21 ± 0,04	15,9 ± 0,34
	405 µM		0,44 ± 0,01	77,4 ± 12,6	118 ± 10,3	6,25 ± 0,06	14,3 ± 0,37
Kök	15 µM		0,12 ± 0,01	63,8 ± 10,2	89,7 ± 13,4	4,81 ± 0,17	39,3 ± 1,84
	15-405 µM		0,25 ± 0,01	70,6 ± 6,38	85,6 ± 4,26	4,92 ± 0,18	19,4 ± 1,03
	45 µM		0,20 ± 0,00	67,5 ± 5,95	84,9 ± 21,9	5,14 ± 0,12	25,5 ± 0,59
	405 µM		0,22 ± 0,01	66,1 ± 2,93	77,6 ± 8,50	4,95 ± 0,09	22,3 ± 0,70
Yeşil Aksam	15 µM	$1x10^{-4}$ M	0,24	85,1	50,5	5,77	23,7
	45 µM		0,39	105	41,1	6,56	16,7
	405 µM		0,40	112	45,5	6,56	16,2
Kök	15 µM		0,10	1293	68,8	4,74	45,7
	45 µM		0,19	1691	71,3	5,33	28,8
	405 µM		0,20	1354	62,2	5,10	25,1

Artan S uygulamaları Fe konsantrasyon değerlerini de çok hafif etkilemiştir. Çözelti ortamına eklenen Fe ($2x10^{-6}$ M) miktarı çok düşük olduğundan dolayı bitki kökleri sayesinde aldığı Fe'i yeşil aksama göndermektedir. Fe'den yoksun bitkilere nazaran Fe içeren (10^{-4} M) bitkilerde konsantrasyon değerleri oldukça yüksektir. Bitki kökleriyle aldığı Fe'i bitkinin üst kısımlarına gönderememiş ve burada birikmiştir.

Çinko konsantrasyon değerlerinin artan S uygulamaları altında 41.1-134 mg kg^{-1} arasında değiştiği görülmektedir. Artan S uygulamalarının Zn konsantrasyon değerleri üzerinde çok hafif değişiklikler meydana getirdiği gözlenmektedir (Çizelge 4.25). Bitkilerde mikro elementler içerisinde +2 değerlikli olanlar arasında interaksiyon bir etki söz konusudur. Zn konsantrasyon değerlerine bakıldığında bu etki görülmektedir. Fe'in olmadığı yerlerde Zn konsantrasyonları artmaktadır. Bitki Fe'i bulamadığı için Zn'yu almaktadır. Aynı zamanda Fe'in yeteri kadar bulunduğu bitkilerde Zn konsantrasyonunun daha da azaldığı gözlenmiştir.

Bitkilerin N konsantrasyon değerleri tüm uygulamalar altında % 4.74-6.56 arasında değişmektedir. Söz konusu değerlere bakıldığında artan düzeyde S uygulamaları N konsantrasyonunu hafif oranda değiştirmiştir (Çizelge 4.25). Uygulanan Fe dozlarının N konsantrasyonu üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Azot konsantrasyonunun aksine, N/S oranı tüm uygulamalar altında azalma göstermektedir (Çizelge 4.25). Denemenin yeşil aksamında ve 15µM S uygulamalarında N:S oranı beklenildiği gibi yüksek bulunmuştur. Buda bitkideki S noksanlığını gösteren bir parametredir.

Farklı S ve Fe uygulamaları altında kurulan ilk su kültürü denemesinden elde edilen bilgiler sonucunda ikinci bir deneme daha kurulmuş, ayrıca S dozları da değiştirilmiştir. İkinci SxFe denemesi toplam 23 saksılık olarak kurulmuştur. Kükürt kaynağı olarak $CaSO_4$ kullanılmış ve dozlar 10, 40 ve 400 µM olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.26. Kontrollü iklim koşullarında su kültürü ortamında farklı S (10, 40 ve 400 µM) ve Fe uygulamaları (10^{-4} M ve $2x10^{-6}$ M) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin PS salgılama miktarları ($Fe(OH)_3$ metoduna göre)

		1. gün		2.gün		3. gün		4.gün
S	Fe	Toplam PS (nmol bitki^{-1})	S	Toplam PS (nmol bitki^{-1})	S	Toplam PS (nmol bitki^{-1})	S	Toplam PS (nmol bitki^{-1})
10 µM		287 ± 52	10 µM	47 ± 20	10 µM	232 ± 53	10 µM	21 ± 11
10-400 µM	$2x10^{-6}$	339 ± 26	10-400 µM	411 ± 60	10-400 µM	439 ± 30	10-400 µM	356 ± 82
40 µM		367 ± 46	40 µM	432 ± 160	40 µM	458 ± 21	40 µM	345 ± 22
400 µM		419 ± 55	400 µM	361 ± 109	400 µM	462 ± 34	400 µM	389 ± 30
10 µM		21	10 µM	nd	10 µM	10	10 µM	31
10-400 µM	10^{-4}	20	10-400 µM	11	10-400 µM	16	10-400 µM	53
40 µM		24	40 µM	9	40 µM	13	40 µM	43
400 µM		52	400 µM	15	400 µM	27	400 µM	34

Her uygulama dozundan 5 saksı –Fe ($2x10^{-6}$ M) ve 1 saksıda +Fe (10^{-4} M) bulunmaktadır. Bitkiler ilk suya alındıklarında 10 µM SO_4 içeren saksılardan 9 tane kurulmuş, daha sonra bitkilerde ilk çözelti değişiminden (suya alımdan 4 gün) sonra 10 µM'lık 4 saksının S dozu 400 µM'e çıkarılmıştır. Daha sonra 1'er gün arayla 4 defa PS toplama işlemi yapılmıştır. İkinci PS toplanmasından sonra bitkilerin besin çözeltileri yenilenmiştir. Genel olarak PS toplanan bütün günlere bakıldığında S dozlarındaki artışa göre PS değerlerinde de bir artış görülmektedir. Ancak 40 µM S ve 400 µM S dozları arasındaki artışın çok fazla olmaması bitkinin belli bir dozdan sonra PS salgılamasında çok önemli bir artış olmadığını göstermektedir (Çizelge 4.26). Yapılan gözlemler neticesinde S dozu 10 µM'den 400 µM'e çıkarılan bitkilerde ilk başlarda S noksanlık belirtileri görülürken doz artırımından sonra bu noksanlık belirtilerinin azalarak yok olduğu tespit edilmiştir.

Denemede bitkiler 15 günlük iken örnekleme yapılmış ve her uygulama dozunun bulunduğu saksıların her birinden 25 bitki hasat edilmiştir. Farklı S ve Fe uygulamaları altındaki Adana 99 buğday çeşidinde yeşil aksam kuru madde verim değerleri 55.5-113 mg bitki^{-1}, kök kuru madde verim değerleri ise 47.7-84 mg bitki^{-1} arasında değişiklik göstermektedir (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.27. Kontrollü iklim koşullarında su kültürü ortamında farklı S (10, 40 ve 400 µM) ve Fe uygulamaları (10^{-4} M ve $2x10^{-6}$ M) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin yeşil aksam ve kök kuru madde verimi.

		Kuru madde verimi (mg kg^{-1})	
S	Fe	Yeşil Aksam	Kök
10 µM	$2x10^{-6}$ M	55,5 ± 1,80	62,9 ± 2,32
10-400 µM		77,3 ± 3,35	47,7 ± 1,00
40 µM		76,7 ± 1,25	53,2 ± 3,46
400 µM		87,0 ± 3,60	48,6 ± 1,04
10 µM	10^{-4} M	65,6	80,8
10-400 µM		103	68,8
40 µM		106	84,0
400 µM		113	62,4

Bitkilerin yeşil aksam ve kök kuru madde verimleri Fe'in $2x10^{-6}$ M dozundaki ortalamaları sırasıyla 74.1 mg $bitki^{-1}$ ve 53.1 mg $bitki^{-1}$ olarak, Fe'in 10^{-4} M dozundaki ortalamaları ise sırayla 96.9 mg $bitki^{-1}$ ve 74.0 mg $bitki^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Artan S uygulamalarına göre bitkinin yeşil aksam verimlerinde hafif bir artış gözlenirken, kök verimlerinde ise hafif azalmalar tespit edilmiştir (Çizelge 4.27). Yeşil aksamdaki bu artış S'ün 40 µM ve 400 µM uygulama dozları arasında beklenildiği gibi olmamaktadır. Özetle, bitki kendisine yetecek kadar olan S'ü aldıktan sonra daha fazlasını kullanmamaktadır.

Su kültürü denemesinde artan dozlarda uygulanan S, Adana-99 çeşidinin yeşil aksam S konsantrasyonunu arttırmıştır (Çizelge 4.28). Bitkiler 15 günlükken gerçekleştirilen yeşil aksam örneklemesinde S konsantrasyonu Adana 99 çeşidinde % 0.08-0.67 arasında değişmektedir. Çözelti içerisine eklenen Fe dozunun S konsantrasyonu üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Bitkilerin kök kısımlarındaki S konsantrasyon değerleri yeşil aksam S konsantrasyon değerlerinin yarısı kadardır. Ayrıca 10, 40 ve 400 µM S içeren bitkilerin konsantrasyon değerleri karşılaştırıldığında belirli bir artış gözlenmektedir.

Çizelge 4.28. Kontrollü iklim koşullarında su kültürü ortamında farklı S (10, 40 ve 400 µM) ve Fe uygulamaları (10^{-4} M ve $2x10^{-6}$ M) altında yetiştirilen Adana 99 buğday çeşidinin yeşil aksamında bitki besin elementlerinin konsantrasyonu.

Örnekleme	S	Fe	S	Fe	Zn	N	N/S
			%	(mg kg^{-1})		%	
Yeşil Aksam	10 µM	$2x10^{-6}$	0,15 ± 0,01	41,5 ± 1,10	149 ± 5,20	4,61 ± 0,11	31,3 ± 0,87
	10-400 µM		0,67 ± 0,02	48,0 ± 2,49	112 ± 6,06	5,87 ± 0,12	8,83 ± 0,45
	40 µM		0,33 ± 0,00	44,5 ± 1,45	107 ± 3,59	6,24 ± 0,06	19,2 ± 0,26
	400 µM		0,46 ± 0,03	50,8 ± 4,72	100 ± 6,16	6,17 ± 0,11	13,4 ± 0,88
Kök	10 µM		0,09 ± 0,00	76,6 ± 17,8	40,8 ± 6,21	4,52 ± 0,14	51,7 ± 2,16
	10-400 µM		0,27 ± 0,01	76,9 ± 7,65	36,1 ± 0,85	5,02 ± 0,09	18,5 ± 0,61
	40 µM		0,18 ± 0,00	78,2 ± 7,24	34,6 ± 3,84	4,89 ± 0,11	27,4 ± 0,66
	400 µM		0,27 ± 0,01	85,7 ± 9,99	31,9 ± 1,45	5,18 ± 0,25	19,5 ± 1,10
Yeşil Aksam	10 µM	$1x10^{-4}$ M	0,14	63,4	47,6	4,60	32,4
	10-400 µM		0,65	107	39,8	5,93	9,18
	40 µM		0,25	96,7	56,2	5,79	22,7
	400 µM		0,46	108	37,7	6,25	13,7
Kök	10 µM		0,08	1995	33,6	4,62	59,4
	10-400 µM		0,25	2910	39,8	5,03	20,5
	40 µM		0,13	1852	44,1	4,70	37,4
	400 µM		0,25	2085	40,2	4,62	18,5

Demir konsantrasyon değerlerinin artan S uygulamaları altında 41.5-2910 mg kg^{-1} arasında değiştiği görülmektedir. Bitkilerin Fe konsantrasyonlarına bakıldığında $2x10^{-6}$ M Fe içeren çözeltilerde yetişen bitkilerin yeşil aksam konsantrasyon değerleri kök kısımlarındaki konsantrasyon değerlerinden daha düşüktür (Çizelge 4.28). Artan S uygulamaları Fe konsantrasyon değerlerini hafif oranda arttırmıştır. Çözelti ortamına eklenen (Fe $2x10^{-6}$ M) miktarı çok az olduğundan dolayı bitki kökleri sayesinde aldığı Fe'i yeşil aksama göndermektedir. Fe'den yoksun bitkilere nazaran Fe içeren (10^{-4} M) bitkilerde konsantrasyon değerleri oldukça yüksektir. Bitki kökleriyle aldığı Fe'i bitkinin üst kısımlarına gönderememiş ve burada birikmiştir.

Çinko konsantrasyon değerlerinin artan S uygulamaları altında 31.9-149 mg kg^{-1} arasında değiştiği görülmektedir. Artan S uygulamaları Zn konsantrasyon değerleri üzerinde çok farklı değişiklikler meydana getirmektedir (Çizelge 4.28). Bitkinin yeşil aksamındaki Zn konsantrasyon değerleri, kökteki Zn konsantrasyon değerlerinin neredeyse 3 katıdır. Bitkilerde mikro elementler içerisinde +2 değerlikli olanlar arasında interaksiyon bir etki söz konusudur. Zn konsantrasyon değerlerine bakıldığında bu etki görülmektedir. Fe'in olmadığı yerlerde Zn konsantrasyonları

artmaktadır. Bitki Fe'i bulamadığı için Zn'yu almaktadır. Aynı zamanda Fe'in yeteri kadar bulunduğu bitkilerde Zn konsantrasyonun daha da azaldığı gözlenmiştir.

Bitkilerin N konsantrasyon değerleri tüm uygulamalar altında % 4.52-6.25 arasında değişmektedir. Söz konusu değerlere bakıldığında artan düzeyde S uygulamaları N konsantrasyonunu hafif oranda değiştirmiştir (Çizelge 4.28). Uygulanan Fe dozlarının N konsantrasyonu üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Azot konsantrasyonunun aksine, N/S oranı artan S uygulamalarına rağmen tüm Fe dozları altında azalma göstermektedir (Çizelge 4.28). Beklenildiği gibi en düşük S uygulama dozunda N:S oranı değerleri yüksek çıkmıştır.

4.3. Tartışma

Kükürt, Fe ve Zn uygulamaları altında yetiştirilen iki farklı buğday genotipinin mikro ve makro elementlere tepkileri farklı olmuştur. Bitkilerde bu elementlerin eksikliklerinde ilk önce genç yapraklarda kloroz-sararma, bitki büyümesinde gerileme, başak sayısı ve büyüklüğünde azalma, verim ve kalitede düşüşler meydana gelmektedir. Adana 99 ve Sarıçanak 98 buğday genotiplerinin yeşil aksam ve tane analiz sonuçlarına bakıldığında bu üç element noksanlıklarından önemli sonuçlar çıkarılmasında kuru madde verimleri, spad değerleri, element konsantrasyon ve içerik değerleri güvenilir parametreler olarak tespit edilmiştir.

Kükürt noksanlığının tipik göstergelerinden bir tanesi yeşil aksamdaki klorofil konsantrasyonunun azalmasıdır (Dietz, 1989). Bitkideki klorofil düzeyini ölçen spad aleti ile yapılan ölçümlerde S noksanlığında spad değerinin azaldığı buna karşılık S'le beslenme düzeyinin yeterli olduğu koşullarda ise spad değerinin arttığı bulunmuştur. Bu çalışmada da her iki çeşidin vegatatif döneminde yapılan spad ölçümünde 2.5 mg kg^{-1} S dozunda klorofil miktarı 38-40 iken, 10 mg kg^{-1} S dozunda değer 39-41, 40 mg kg^{-1} S dozunda ise spad değeri 40-42 değerine ulaşmıştır (Şekil 4.1, 4.2, 4.9, 4.10). Denemenin generatif döneminde yapılan spad ölçümünde ise 2.5 mg kg^{-1} S dozunda klorofil miktarı 38-41 iken, 10 mg kg^{-1} S dozunda değer 42-44, 40 mg kg^{-1} S dozunda ise spad değeri 43-45 değerine ulaşmıştır (Şekil 4.5, 4.6, 4.13, 4.14). Bu sonuç uygulanan S dozu arttıkça klorofil miktarının da arttığı anlamına gelmektedir. Örneğin domateste yapılan bir çalışmada da S ile beslenen bitkilerin S verilmeyenlere göre, yeşil aksamda daha fazla klorofil ve proteine sahip olduğu belirlenmiştir (Marschner, 1995).

Sera koşullarında Eskişehir-Sultanönü bölgesinden getirtilen toprakla kurulan her iki denemede toprağa yapılan S, Zn ve Fe uygulamaları çeşitlerin verimlerini de etkilemiştir. SxZn denemesinin vegatatif döneminde çeşit bazında incelendiğinde aynı uygulama dozlarına göre Sarıçanak 98 (1.40 g $bitki^{-1}$) buğday çeşidindeki verim artışı Adana 99 (1.31 g $bitki^{-1}$) çeşidine göre daha fazla bulunmuştur. SxFe denemesinin vegatatif döneminde de SxZn denemesine benzer şekilde çeşitler arasında aynı uygulama dozlarına göre Sarıçanak 98 (1.56 g $bitki^{-1}$) buğday

çeşidindeki verim artışının Adana 99 (1.27 g bitki^{-1}) çeşidine göre daha fazla olduğu görülmektedir.

Denemelerin generatif dönemlerinde ise her iki buğday çeşidinde belirlenen tane, sap-saman verimleri ve hasat indeksi değerleri birbirine yakın değerler göstermiş olup, S uygulamalarının % 4-10 arasında verim artışı meydana getirdiği belirlenmiştir Bizim çalışmamıza benzer şekilde Almanya'da buğdayla yürütülen bir çalışmada S uygulamasının verim artışını ortalama % 17 arttırdığı ve S'le sağlanan verim artış oranlarının ise % 5-30 arasında değiştiği saptanmıştır (Zao ve ark., 2002).

Bitkinin yeşil aksamındaki S konsantrasyonu büyüme dönemine bağlı olarak değişmektedir. Örneğin başaklanmanın başlangıcındaki bayrak yaprağı ile süt dolum dönemindeki bayrak yaprağının aynı düzeyde S veya diğer besin elementleri içermesi olanaklı görünmemektedir. Serada yürütülen SxZn denemesinin vegetatif döneminde her iki buğday çeşidinde S konsantrasyonları % 0.15-0.34 (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.3) arasında değişim gösterirken, generatif döneminde S konsantrasyonları % 0.09-0.19 (Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.9) arasında değişim göstermektedir. Benzer şekilde SxFe denemesinin vegetatif döneminde her iki buğday çeşidinde S konsantrasyonları % 0.14-0.33 (Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.14) arasında değişim gösterirken, generatif döneminde S konsantrasyonları % 0.08-0.18 (Çizelge 4.18 ve Çizelge 4.20) arasında değişim göstermektedir.

Sera koşullarında Adana 99 ve Sarıçanak 98 buğday çeşitleriyle gerçekleştirilen her iki denemede elde edilen sonuçlar yeşil aksam ve tanede Zn ve Fe konsantrasyonu ile Zn ve Fe içeriği açısından geniş bir varyasyona sahip olduğunu ortaya koymuştur. Adana 99 ve Sarıçanak 98 çeşitlerinin yeşil aksamında Zn konsantrasyon değerleri SxZn denemesinde 12.4 - 46.3 mg kg^{-1} (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.3) değerleri arasında değişim gösterirken, Fe konsantrasyon değerleri 43.1-67.3 mg kg^{-1} aralığında (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.3) değerler göstermektedir. Yeşil aksama benzer şekilde çeşitlerin tanedeki Zn konsantrasyon değerleri de 20.9-54.5 mg kg^{-1} (Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.9) aralığında değişim gösterirken, Fe konsantrasyon değerleri ise 30.4-44.7 mg kg^{-1} (Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.9) aralığında değerler göstermiştir.

SxFe denemesinde ise Zn konsantrasyon değerleri her iki çeşidin yeşil aksamında 29.5-66.8 mg kg^{-1} (Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.14) aralığında değişirken, Fe konsantrasyon değerleri 46.2-68.8 mg kg^{-1} (Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.14) arasında değişmiştir. Aynı şekilde tanedeki Zn konsantrasyon değerleri de her iki çeşitte 37.6-78.7 mg kg^{-1} (Çizelge 4.18 ve Çizelge 4.20) aralığında, Fe konsantrasyon değerleri de 29.4-50.6 mg kg^{-1} (Çizelge 4.18 ve Çizelge 4.20) aralığında değişim göstermiştir.

Çakmak ve ark., (2004) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, farklı kaynaklardan elde edilen *T. dicoccoides* genotiplerinin ortalama Zn konsantrasyonlarının 60-88 mg kg^{-1} ve ortalama Fe konsantrasyonu için bulunan değerlerin 40-57 mg kg^{-1} arasında olduğu bulunmuştur. Aynı çalışmada tarla koşullarındaki denemelerde genotiplerin Zn konsantrasyon değerleri 100 mg kg^{-1}'dan daha düşük iken sera koşullarındaki genotiplerde elde edilen konsantrasyon değerleri 14-190 mg kg^{-1} arasında geniş bir aralıkta değiştiği belirlenmiştir. Gerçekleştirilen bir başka çalışmada, Türkiye ve İsrail'de beş farklı bölgede yetiştirilen 19 yabani gernik buğday genotipinin tanesindeki mineral element konsantrasyonları saptanmıştır. Genotiplerde tanede Zn konsantrasyonu 39-115 mg kg^{-1} ve Fe konsantrasyonunun 27-86 mg kg^{-1} arasında olduğu belirlenmiştir (Gomez-Becerra ve ark., 2009).

Peleg ve ark. (2008) tarafından gerçekleştirilen bir başka denemede de tane Zn ve Fe konsantrasyonlarının birbirleriyle önemli pozitif bir ilişkide oldukları belirlenmiştir. Bunun nedeni tam olarak açıklanamamaktadır. Yetiştirme ortamlarından kaynaklanabileceği gibi yabani buğdayların yüksek protein konsantrasyonuna sahip olmasından da kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Tane proteini ve tane Zn'su birbirlerini oldukça pozitif etkilediği ve tane proteinin Zn için bir cazibe kaynağı olduğu bildirilmiştir (Öztürk ve ark., 2006; Çakmak ve ark., 2004).

Bizim çalışmamıza benzer yapılan birçok çalışmada tane Zn ve Fe konsantrasyonu arttıkça N konsantrasyonun da arttığı, bu artışın pozitif ve önemli olduğu belirlenmiştir. Zhao ve ark. (2009) tarafından 150 ekmeklik buğday hattı ile yürütülen denemede hem Fe hem de Zn konsantrasyonu tanedeki protein konsantrasyonuyla pozitif bir ilişki verdiğini bildirmişlerdir. Bu bulgu diğer çalışma

sonuçlarıyla tutarlılık göstermiş (Morgounov ve ark., 2007; Peterson ve ark., 1986) ve bunun olasılıkla tanedeki proteinle her iki elementin arasında bir bağlantıdan kaynaklandığı düşünülmüştür. Ancak bu denemelerimizde farklı Zn ve Fe uygulamalarının N konsantrasyonu üzerine önemli bir etkisinin olmadığı, artan S uygulamalarının protein konsantrasyonunu etkilediği tespit edilmiştir.

Tane Zn konsantrasyonu yüksek genotiplerin genellikle tane protein kapsamlarının da yüksek çıkması eğilimi, N'dan dolayı tanedeki Zn ve protein kapsamını belirleyen mekanizmalar arasında bir ilişki olabileceğini göstermektedir ve benzer şekilde tane Fe konsantrasyonu yüksek genotiplerde de bu durumun söz konusu olduğu bildirilmiştir (Öztürk ve ark., 2009). Çalışmada ayrıca Zn konsantrasyonu ile Fe konsantrasyonu arasında oldukça önemli bir ilişki saptanmıştır. Düşük Zn uygulamalarında Zn konsantrasyon değerleri beklenildiği gibi düşük değer gösterirken Fe konsantrasyon değerlerinde artış gözlenmiş, yüksek Zn uygulamalarında ise yüksek Zn konsantrasyon değerleri gözlenirken düşük Fe konsantrasyon değerleri tespit edilmiştir.

Kutman ve ark., (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Zn noksanlığına sahip bir toprakta yetiştirilen makarnalık buğdayın (*Triticum durum*) tanesinde Zn birikimi üzerine topraktan ve yapraktan azot (N) ve Zn gübrelemesinin etkisi araştırılmıştır. Ayrıca, Zn için dithizone (diphenyl thiocarbazone) ve protein için Bradford reagent kullanılarak Zn'nun lokalizasyonu ve makarnalık buğday tanesindeki protein çalışılmıştır. Tanedeki Zn konsantrasyonu, topraktan veya yapraktan Zn uygulaması ile büyük oranda arttırılmıştır. Bitkiye yeterince Zn sağlanmışsa, hem topraktan hem de yapraktan N uygulaması tanedeki Zn konsantrasyonunu arttırmıştır. Sonuç olarak, Zn'nun sınırlayıcı olmadığı koşullarda tanedeki Zn ve N konsantrasyonu arasında önemli bir ilişki bulunmuştur.

Yapılan çalışmalarda elde edilen bulgular, genotiplerin tanesinde yüksek düzeyde Zn, Fe ve protein konsantrasyonuna sahip olmalarında genetik karakterin önemli rol oynadığını göstermektedir. Bilindiği gibi tohum Zn konsantrasyonu arttıkça Zn uygulanmayan koşullardaki yeşil aksam kuru madde verimi de artmaktadır (Ekiz ve ark., 1998). Genç ve McDonald (2008) tarafından

gerçekleştirilen çalışmada da yüksek Zn konsantrasyonuna sahip yabani buğdayların modern buğdaylardan daha yüksek Zn etkinliğine sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Bitki besin elementleri arasındaki etkileşim (interaksiyon) konusu çok kapsamlı ve karmaşık bir konu olup, bir besin elementinin yokluğu ya da azlığı diğer bir besin elementinin daha fazla alımına neden olabilmektedir (Güler, 2002).

Sera koşullarında gerçekleştirilen bu denemelerde artan S uygulamalarının Zn ve Fe konsantrasyonu üzerinde önemli bir etkisi gözlenmemiştir. Artan dozlarda uygulanan Zn ve Fe'in Zn ve Fe konsantrasyonlarını artırdığı ve aynı S uygulama içerisinde birbirlerinin konsantrasyonlarını etkiledikleri tespit edilmiştir (bkz. Çizelge 4.2, 4.7, 4.18, 4.20). Ayrıca aynı S dozunda, iki farklı Fe gübre uygulamasında Zn konsantrasyon değerlerinde yaklaşık 2 kat farklılık gözlenmektedir (bkz. Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.14). Bitki Zn değerlerinde oluşan önemli farkların Fe ile uygulanan şelatörlerin bir etkisi olduğu düşünülmektedir. Örneğin Fe'in EDTA ile şelatlı formu (FeEDTA) toprakta elverişsiz durumdaki Zn'yu bitkinin alabileceği şekilde elverişli forma dönüştürürken sequestren ise bunun aksine toprak çözeltisinde az da olsa elverişli formda bulunan Zn'yu kompleksleyerek Zn alımını olumsuz yönde etkilemektedir. Literatürde FeEDTA ve Fe-sequestren'in torakta Zn'un elverişliliği ve alımını konu alan fazla çalışma bulunmamaktadır. Gil-Ortiz ve ark. (2004) Fe-sequestren uygulanan üç değişik toprakta DTPA ile ekstrakte edilebilir mikro besin elementlerini araştırmış, Fe, Cu ve Mn'nin Fe-sequestrene uygulaması ile arttığını ancak Zn'un etkilenmediğini bildirmiştir. Sequestren muhtemelen toprak redoks potansiyeline etki yaparak bazı metallerin formunu değiştirmekte ve/veya çözünürlüğünü arttırmaktadır (Gil-Ortiz ve ark., 2004). Bu tez çalışmasında ise Fe-sequestren uygulanan bitkilerde Zn konsantrasyonu azaldığından sequestren'in toprakta Zn elverişliliğine negatif etki yaptığı anlaşılmakla beraber bunun toprak çözeltisinde nasıl bir reaksiyon sonucunda oluştuğu anlaşılamamıştır. İleriki çalışmalar için toprağa uygulanan Fe-sequestren ile Zn elverişliliği arasındaki ilişki araştırmaya değer niteliktedir.

Aydın ve ark. (1997) tarafından yürütülen çalışmada asidik özelliğe sahip (pH 4.4) sahip Rize ve nötr pH'ya (pH 7.1) sahip Erzurum yöresinden alınan iki toprak kullanılmıştır. Bu topraklarda sera koşullarında çeltiğin Zn ve S alımını incelemek

için çeltik bitkisi yetiştirilerek farklı dozlarda Zn (0, 5 ve 10 ppm) ve S (0, 50, 100 ve 150 ppm) uygulanmıştır. Serada yürütülen denemede Zn ve S'ün çeltik bitkisinin kuru madde miktarına, çeltik bitkisinin N, S ve Zn içeriğine, Zn ve S alımına ve bitki dokusundaki N:S, N:Zn ile S:Zn oranına etkileri belirlenmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre kuru madde artışı üzerine Zn'nun etkisi belirgin olarak ortaya çıkmamış fakat bitkinin Zn içeriği, uygulanan Zn miktarı arttıkça, artmıştır. Kükürt ilavesi ise, bilhassa Erzurum yöresi toprak örneğinde belirgin olarak bitki kuru madde miktarını arttırmıştır. Her iki yöre toprağında bitkinin S içeriği ile S:Zn oranını arttırmış buna karşılık bitkinin Zn içeriğini ve N:S oranını azaltmıştır.

Kumar ve Sing (1979), yaptıkları bir çalışmada soya fasulyesinin Zn alımına S'ün (0, 40, 80 ve 120 mg kg^{-1}) etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar uygulanan S dozu arttıkça (80 mg kg^{-1} kadar), bitkilerin Zn alımı ve Zn içeriklerinin arttığını, daha yüksek dozlarda uygulanan S'ün ise bitkilerin kuru madde miktarı, Zn içeriği ve Zn alımını azalttığını belirlemişlerdir.

Karaman ve ark. (1996) tarafından Yalova fasulye çeşidiyle sera koşullarında yürütülen araştırma da farklı Fe ve Zn doz ve formlarında uygulamalar yapılmıştır. Toprağa demir 0, 10, 20 ppm Fe olacak şekilde Fe-EDDHA, $FeSO_4.7H_2O$ ve Fe-EDDHA+$FeSO_47H_2O$ (1:1) formlarında, Zn ise 0, 10, 20 ppm Zn dozlarında $ZnCl_2$ formunda uygulanmıştır. Deneme sonuçlarına göre, artan dozlarda Fe ve Zn uygulaması kontrole göre tüm dozlarda fasulye bitkisinin kuru madde miktarını artırmış, en yüksek kuru madde miktarı Fe-EDDHA uygulamasından elde edilmiştir. Fe-EDDHA kadar olmasa da Fe-EDDHA+$FeSO_47H_2O$ uygulaması da kuru madde miktarını önemli düzeyde artırmıştır. Demir uygulamasına bağlı olarak fasulye bitkisinin P, Cu, Zn, Mn kapsamları Zn uygulamasına bağlı olarak ise P, Fe, Cu, Mn kapsamları azalmıştır.

Bitkinin S ile beslenme düzeyini göstermede kullanılan parametrelerden biri de yeşil aksamdaki N:S oranıdır. Bu çalışmadaki yetiştirilen bitkilerin yeşil aksam ve tanedeki N:S oranları Çizelge 4.2, 4.4, 4.7, 4.9, 4.12, 4.14, 4.18, 4.20'da gösterilmiştir. En küçük S uygulama dozu dışındaki diğer S uygulama dozlarında yeşil aksamdaki N:S oranı literatürdeki 15:1 değerinden (Zao ve ark., 1999a), tanedeki N:S oranı literatürdeki 17:1 değerinden daha büyüktür. Bitkinin S ile

beslenme düzeyi iyileştikçe N:S oranları kritik sınır değerin altına düştüğü saptanmıştır. Bu sonuç kontrollü koşullarda yetiştirilen bitkilerin yeşil aksamındaki N:S oranın bitkinin S'le beslenme durumunu belirlemede güvenlikle kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

Tarla koşullarında özellikle çiftçi koşullarında, N:S oranının bitkinin S'le beslenme düzeyini göstermede yetersiz olduğu bulunmuştur (Hoşgökdelen, 2003). Kükürt beslenmesinde bitkide N:S oranının güvenli bir şekilde kullanılacağı bitki türleri olarak çim bitkisi (Richards, 1990) ve buğdaygiller (McGrath ve ark., 1996) bildirilmesine karşılık aynı oranın kolza için güvenli olmadığı bildirilmiştir (McGrath ve ark., 1996).

Tarla ve sera koşullarında elde edilen sonuçların farklılığı ve bitki türleri ile bitki gelişim dönemlerinde de farklı N:S oranlarının elde edilmesi (McGrath ve ark., 1996) bitkinin S beslenme düzeyini belirlemede N:S oranının her zaman güvenilir bir parametre olmadığını göstermektedir. Gerçekte N:S bir oran olduğu için, bitkideki mutlak gerçek konsantrasyonu göstermemektedir. Belki de bitki her iki element açısından noksanlık çekmesine karşılık, konsantrasyon değerleri birbirlerine oranlandığında o bitki için kabul edilen kritik N:S sınır değerinin üstünde bir değer elde edilebilir. Bu da bitki S noksanlığı çekmesine karşılık sanki S'le yeterli besleniyor sonucunu doğuracaktır. Ayrıca, yüksek N:S oranları da bitkinin S'le beslenme düzeyini göstermede yanıltıcı olabilir. Şöyle ki bitki yeterli düzeyde S ile beslense de aşırı N uygulamaları bitkinin S metabolizmasının bozulmasına sebep olabilir. Bu durumda da bitki S noksanlığı yaşayabilir.

Blair (1988), toprağa S ilavesinin ürün miktarını ve bitkinin S içeriğini arttırdığını ancak bitkinin N içeriğini ve N:S oranını düşürdüğünü tespit etmiştir.

Bu çalışma da ayrıca sera denemesinden elde edilen veriler ışığında su kültürü denemesi de kurulmuş, benzer sonuçların değerlendirilmesi yapılmaya çalışılmıştır. Hidroponik ortamda üç farklı S ve iki Fe dozu koşullarında Adana 99 buğday çeşidinde fitosiderefor salgılama miktarı, kuru madde verimi, klorofil miktarı ve element konsantrasyon değerleri gibi çeşitli parametreler test edilmiştir. En düşük S uygulama dozlarına (10 ve 15 µM) göre, besin çözeltisine artan düzeyde yapılan S uygulamalarının Adana 99 buğday çeşidinin yeşil aksam kuru madde verimlerini

hafif düzeyde arttırdığı belirlenmiştir (Çizelge 4.24, 4.27). Kükürt uygulamalarıyla söz konusu çeşitte kuru madde veriminde artışların olduğu sera koşullarında yürütülen bir başka çalışmada da görülmüştür. Anılan çalışmada farklı bölge toprakların da değişik S dozlarının uygulanmasıyla farklı ekmeklik ve makarnalık buğdayların verim düzeyleri belirlenmiş ve genelde en yüksek verim artış düzeyinin Bezostaja ve Bal-Atilla'da olduğu, en düşük verimin ise Golia çeşidinde olduğu saptanmıştır (Erdem, 2004).

Yalçın (2006), tarafından su kültüründe yürütülen bir başka denemede ise kuru madde verimi açısından Golia'nın S uygulamalarına verdiği olumlu tepki diğer iki çeşitten daha büyük olduğunu göstermiştir. Golia'nın toprak ortamındaki S'e tepkisi su kültüründeki sonuçlardan farklı olması Golia'nın rizosfer bölgesindeki özelliklerinin diğer iki çeşitten farklı olduğuna işaret etmektedir. Çalışmamızda ayrıca yeşil aksamdaki klorofil miktarını belirlemek için spad ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Artan S uygulama dozlarına nazaran klorofil düzeylerinde farklılık gözlenmemiştir. Ancak $2x10^{-6}$ M Fe verilen saksılarda yetişen bitkilerin spad değerleri 10^{-4} M Fe verilen saksının spad değerinden beklenildiği gibi daha küçüktür (Çizelge 4.24).

Rizosfer bölgesine köklerden salgılanan fitosideroforlar, toprakta alınamaz durumdaki Zn ve Fe'i alınabilir hale getirirler. Fitosideroforların etkinliğinin tahıl türlerine ve çeşitlerine bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir (Çakmak ve ark., 1998a).

Hidroponik olarak kurulan her iki denemede de fitosiderefor salgılama miktarları tespit edilmiştir. Artan S uygulama dozlarına göre bitkilerin fitosiderefor salgılama miktarlarında artış gözlenmiştir (Çizelge 4.23, 4.26). Ancak bitkilerde belli bir S dozundan sonra fitosiderefor salgılama miktarlarında artışın çok fazla olmaması dikkat çekmektedir. Hidroponik sistemde en küçük S uygulama dozuna göre kurulan saksılara daha sonra yüksek dozda S eklenmesi sonucunda ortaya çıkan noksanlık simptomlarının azalarak yok olduğu da tespit edilmiştir.

Yeterince Zn ile beslenen bitkiler düşük miktarda fitosiderofor salgılarken, Zn noksanlığı altında fitosiderofor salgılarında önemli artışlar bulunmuştur. Kireçli topraklarda yetiştirilen buğday genotiplerinin Zn noksanlığına duyarlılıkları ile köklerinden fitosiderofor salgılamaları arasında yakın bir ilişki olduğu bilinmektedir

(Çakmak ve ark., 1995a). Buna göre, yabani buğdaygillerin Zn noksanlığı altında yüksek miktarda fitosiderofor salgılamaları, bunların kireçli topraklara adaptasyonunda önemli bir mekanizmadır.

Denemelerde ayrıca bitkinin yeşil ve kök aksamlarında element konsantrasyonları belirlenmiştir. Sera denemesine benzer şekilde artan S dozlarına göre S konsantrasyon değerlerinde de artış gözlenmektedir (Çizelge 4.25, 4.28). Yetersiz -Fe ($2x10^{-6}$ M) koşullarında yetiştirilen bitkilerin yeşil aksam ve kök kısımlarındaki Fe konsantrasyon değerleri birbirlerine yakın değerler gösterirken, yeterli +Fe (10^{-4} M) uygulanan saksılarda yetiştirilen bitkilerin kök kısmındaki Fe konsantrasyon değerleri yeşil aksamdaki konsantrasyon değerlerinin 10 katından fazla bulunmuştur. Bitki kökleri aracılığıyla aldığı bu dozdaki Fe'i üst kısımlara iletememiş ve burada biriktirmiştir. Bunun yanı sıra Fe ve Zn arasındaki interaksiyon burada da kendini göstermiştir. Yetersiz Fe koşullarında Zn konsantrasyon değerleri artış gösterirken, yeterli Fe ortamında Zn konsantrasyon değerleri daha az çıkmıştır. Ayrıca artan S uygulamalarına göre N konsantrasyon değerlerinde de artış gözlenmektedir (Çizelge 4.25, 4.28).

Benzer şekilde Öztürk ve ark., (2009) tarafından kontrollü koşullar altında ve besin çözeltisinde yetiştirilen üç yabani buğday türünde Zn beslenme statüsünün fitosideroforların salgılanma oranına etkileri araştırılmıştır. Bu yabani buğdaygiller, Zn noksanlığına yüksek derecede dayanıklılık göstermekte ve Konya ovasında şiddetli derecede Zn noksanlığına sahip kireçli topraklarda dahi iyi yetişebilmektedir. Su kültüründe, kontrollü bitki yetiştirme odalarında yapılan denemelerde, Zn noksanlığı yeşil aksam gelişimini azaltırken kök büyümesi üzerinde etkili olmamıştır. Yeterli miktarda Zn uygulanan yabani buğdaygillerin köklerinden düşük miktarlarda fitosideroforlar salgılanmıştır. Ancak Zn noksanlığı stresi altında, yapraklarda klorotik ve nekrotik lekeler şeklinde gözlenebilen Zn noksanlığı simptomlarının başlamasıyla beraber, fitosideroforların salgılanması da artmıştır. Yeterli Zn ile beslenenlere oranla, Zn noksanlığı altındaki bitkilerin fitosiderofor salgıları 18-20 kat fazla bulunmuştur.

Buğdaygillerde Fe eksikliğinde fitosiderofor salgısında artış ve Fe'nin bunlarla şelatlanarak alınması ilk kez Romheld ve Marschner (1985) tarafından rapor

edilmiş, sonraki yıllarda değişik *graminea* türlerinde Fe eksikliği ile teşvik edilen farklı fitosiderofor türevlerinin bulunduğu gösterilmişitir (Romheld ve Marschner, 1990; Clark ve ark., 1988). Bu tez çalışmasında buğday'da fitosiderofor salgısının bitki S beslenmesi ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Birbirinden bağımsız şekilde yürütülen iki farklı su kültürü denemesinde bitkiler beklendiği üzere Fe eksikliğinde fitosiderofor salgısını şiddetli biçimde arttırmıştır. Ancak bitkilere sağlanan S miktarı azaltıldıkça kök fitosiderofor salgısı da azalmıştır (Çizelge 4.25, 4.28).

Elde edilen bulgular S içeren fitosiderefor bileşiklerinin sentezinin ve dolayısı ile köklerden salgılanma oranlarının bitki S beslenmesi ile direkt ilişkili olduğuna işaret etmektedir. Sonuç olarak Fe ve aynı zamanda Zn alımında da önemli rolü olan fitosiderofor salgı mekanizmasının (Çakmak ve ark., 1998a; Erenoğlu ve ark., 2000) sorunlu topraklarda sağlıklı bir şekilde çalışması için toprakta yeterli miktarlarda S bulunması ve bitki S beslenme statüsünün üst düzeyde olması önemli bir ön koşul olarak karşımıza çıkmaktadır. Sera denemelerinde S uygulamasına tepki veren Adana-99 çeşidinde uygulanan S dozuna bağlı olarak yeşil aksam ve tane Fe konsantrasyon değerlerinin artması da bu sonucu destekler niteliktedir (Çizelge 4.12 ve 4.18).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çinko (Zn) ve Fe noksanlığı, besin içeriği yetersiz besinlerin tüketilmesi nedeniyle, global anlamda ciddi bir beslenme problemi olarak görülmektedir. Buğday gibi temel gıda maddelerinin Zn ve Fe konsantrasyonunun arttırılması problemin global anlamda çözülmesinde oldukça önemlidir.

Çinko, Fe ve S eksiklikleri Türkiye'de en fazla saptanan mikro element eksiklikleridir. Türkiye'de işlenen tarım arazisinin toplam alanının yaklaşık 28 milyon hektar olduğu göz önüne alındığında potansiyel Zn eksikliğinin olabileceği alanların 14 milyon, Fe eksikliğinin olabileceği alanların ise 7.5 milyon hektar gibi büyük bir alan kapladığı görülür.

Denemelerden elde edilen verilere göre;

- Sera ve kontrollü iklim koşullarında yürütülen denemeler sonucunda farklı S, Fe ve Zn uygulamalarının bitkilerin kuru madde verimlerinde ve konsantrasyonlarında önemli değişimlere neden olduğu görülmüştür. Bu değişimlerin derecesi denemede yetiştirilen çeşitlere ve uygulama dozlarına göre farklılık göstermektedir.
- Toprağa uygulanan S miktarları yeşil aksam ve tane de S konsantrasyon miktarını arttırırken, Zn ve Fe konsantrasyonları üzerine önemli etkisi olmamıştır.
- Kuru madde ve tane verimlerinde en yüksek değerlere S, Zn ve Fe'in en yüksek uygulandığı dozlarda ulaşılmıştır.
- Toprağa artan düzeyde uygulanan Zn miktarları Zn konsantrasyonunu arttırken, farklı S uygulamalarında Zn konsantrasyonları benzerlik göstermektedir.
- Farklı S, Zn ve Fe uygulamaları altında yetiştirilen bitkilerde, Zn'nun en düşük seviyesinde Fe konsantrasyon değerlerinde bir artış gözlenmiştir. Bu durum Zn ve Fe arasındaki interaksiyon ilişkiden kaynaklanabilir.
- Artan dozlarda uygulanan S'e bağlı olarak bitkilerin yeşil aksamındaki N konsantrasyonunda da önemli artışlar elde edilmiştir. Bitkinin yeşil aksamındaki S konsantrasyonu ile N konsantrasyonu arasında önemli ve pozitif bir ilişki bulunmuştur. Denemelerde ayrıca Zn ve Fe arasında önemli ilişkiler de tespit edilmiştir.

- Su kültürü denemelerinde artan dozlarda uygulanan S miktarı fitosiderefor salgılama miktarını da arttırmıştır.
- Su kültürü denemelerinde ise –Fe koşullarında bitki köklerinden PS salgılama miktarları, noksanlık arttıkça artış göstermektedir.
- Su kültürü denemelerinde artan dozlarda uygulanan S miktarları bitkilerin yeşil aksam verimlerini de arttırmıştır.

Fe'nin EDTA ile şelatlı formu (FeEDTA) toprakta elverişsiz durumdaki Zn'yu bitkinin alabileceği şekilde elverişli forma dönüştürürken sequestren ise bunun aksine toprak çözeltisinde az da olsa elverişli formda bulunan Zn'yu kompleksleyerek Zn alımını olumsuz yönde etkilemektedir.

S içeren fitosiderofor bileşiklerinin sentezinin ve dolayısı ile köklerden salgılanma oranlarının bitki S beslenmesi ile direkt ilişkili olduğuna işaret etmektedir. Denemede ortaya çıkan önemli bir sonuç S uygulamasının bitkilerin N:S oranlarında yol açtığı azalmadır. Bilindiği gibi bitkilerin N:S oranı 17:1'den büyük olması durumunda bitkilerin S'le beslenme düzeylerinin yetersiz olduğu belirtilmiştir (Zhao ve ark., 1999). Sonuç olarak yetiştirilen bitkilerin kontrol uygulamasındaki (S'ün verilmediği) N:S oranları bitkiler için kritik değer olan 17'den yüksek çıkmıştır. Buna karşın topraklara yapılan S uygulamaları ile birlikte N:S oranında belirgin bir düşme meydana gelmiştir.

Yukarıdaki sonuçlar dikkate alındığında aşağıdaki önerileri sıralayabiliriz.

Zn, Fe ve S uygulamalarının tarımda yaygınlaştırılmasının önemli olduğu bir kez daha anlaşılmıştır. Uygulamalarla verim ve kalitede meydana gelen azalmaların önüne geçilebilir.

Sera koşullarında gerçekleştirilen bu çalışmada S noksanlığına sahip topraklarda S gübrelemesi yapılarak S noksanlığından kaynaklanan verim kayıplarının önüne geçilebileceği anlaşılmıştır. Ancak benzer çalışmaların tarla koşullarında da gerçekleştirilmesi yararlı olacaktır.

Kükürt gübrelemesi sonucu bitkilerin S'le beslenme statüsünün düzelmesinin yanında, S'ün toprakta asit etkisi yapması sonucu çok azda olsa toprak pH'sının düşmesi ile birlikte özellikle mikro elementler ve P'un bitkiler tarafından alınabilirliği artabilmektedir. Bu şekilde söz konusu elementlerin gübre olarak

toprağa uygulanacak miktarlarındaki azalma, hem ekonomik, hem de çevre kirliliği açısından oldukça önem kazanmaktadır.

Topraklardaki Zn ve Fe eksikliği probleminin çözümünde uygulanabilecek iki önemli strateji vardır. Bunlardan birincisi, toprakların Zn ve Fe ile gübrelenmesi; ikincisi ise, Zn ve Fe eksikliği şartlarında iyi adapte olabilen çeşitlerin seçilmesidir. İkinci strateji son yıllarda daha da önemli olmaya başlamıştır.

Uygulanacak uygun agronomik tedbirlerle, seçilen uygun bitki tür ve çeşidine göre potansiyel eksiklik alanlarının bitkisel üretimdeki olumsuz etkisi azaltılabilir, diğer yandan ise yanlış sulama, yanlış gübreleme, uygun olmayan çeşitlerin ıslahı gibi faktörler eksikliğin olumsuz etkisini arttırabilir.

Topraklarda meydana gelen Zn ve Fe noksanlıkları, bitkisel (özellikle tahıl) kökenli beslenme nedeniyle insanlara direk olarak yansımaktadır. Toprak, bitki ve insan üçgeninde oluşan bu noksanlıkların giderilmesi veya hafifletilmesinde en hızlı çözüm yolu gübrelemedir.

KAYNAKLAR

AKKAYA, A. 1994. Buğday Yetiştiriciliği. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Genel Yayın No: 1. Ders Kitabı. Kahramanmaraş.

ALCANTARA, E., ROMERA, F.J., CANETE, M. ve DE LA GUARDIA, M.D., 2000. Effects of bicarbonate and ıron supply on Fe (III) reducing capacity of roots and leaf chlorosis of the susceptible peach rootstock nemaguard. J. Plant Nutrition. 23(11&12): 1607-1617.

ALLOWAY, B.J., 1995. Heavy metals in soils, 2 nd edn. London, UK: Blackie Academic and Professional

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

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

ANONİM, 2007. www.ziraatçi.com

ANONYMOUS, 2005. http://www.fao.org Summary Of World Food and Agricultural Statistics.

ANONYMOUS, 2005 a. http://www.tüik.gov.tr. Türkiye İstatistik Kurumu.

AWAD, F., ROMHELD, V. ve MARSCHNER, H., 1994. Effect of root exudates on mobilization in the rhizosphere and uptake of iron by wheat plants. Plant and Soil, 165: 213-218.

AYDENİZ, A. ve BROHİ, A., 1991. Gübreler ve Gübreleme. Ç.Ü. Tokat Ziraat Fakültesi Yayınları: 10, Ders Kitabı: 3, Tokat.

AYDIN, A., SEZEN, Y. ve GÜLTEPE, N.Z., 1997. Farklı pH'ya sahip topraklara uygulanan çinko ve kükürdün çeltik bitkisinin gelişimine etkisi. 1. Ulusal Çinko Kongresi Bildirileri, S: 223-228.

BARBER, S.A., 1995. Soil nutrient bioavailability, 2nd edn. New York, USA: John Wiley & Sons, Inc.

BAŞAR, H., 1995. Şeftali Ağaçlarında Görülen Demir Klorozunun Değerlendirilmesinde Çeşitli Analiz Yöntemlerinin Karşılaştırılması Doktora Tezi. U.Ü.Z.F. s.150

BENNETT, R.N. ve WALLSGROVE, R.M., 1994. Secondary metabolites in plant defence mechanisms. New Phytol 127: 617-633.

BIENFAIT, H.F., BINO, R.J., VAN DER BLIEK, A.M., DUIVENVOORDEN, J.F. ve FONTAIN, J.M., 1983. Characterization o ferric reducing activity in roots of Fe-deficient Phaseolus vulgaris. Physiol Plant. 59: 196-202.

BLAİR, G.J. 1988. Nitrogen-Sulfur Interactions in Rice. IRRI, Philippnes.

BLAİR, G.J., CHİNOİM, N., LEFROY, R.D.B., ANDERSON, G.C. ve CROCKER, G.J., 1991. A Soil sulphur test for pastures and crops. Australion Journal of Soil research 29: 619-626.

BLOEM, E., HANEKLAUS. ve SCHNUG, E., 2002. Optimization of a method for soil sulphur extraction. Comm. in Soil Sci. and Plant Anal. 33 (1-2): 41-51.

BRENNAN, B., 1992. Policy options in continuing professional education. Australian Journal of Adult and Community Education 32: 138-145.

BROWN, J.C., 1978. Mechanism of iron uptake by plants. Plant, Cell and Environment 1: 249-257.

BOUYOUCOUS, G.J., 1952. Hydrometer method improved for making particle size at analysis of soil. Argon. J. 54(5): 464-465.

CAVDAR, A.O., ARCASOY, A., CİN, S., BABACA, S. ve GÖZDAŞOĞLU, S., 1991. Geophagia in Turkey: Iron and zinc deficiency and zinc absorption studies and response to treatments with zinc in geophagia cases, 71-79. In: Zinc Deficiency in Human Subjects. Alan R, Liss, New York, NY.

CLARK, R.B., MARSCHNER, H., RÖMHELD, V., 1988. Iron uptake and phytosiderophore release by roots of sorghum genotypes, 11 (6/11): 663-676

CLARK, R.B., ve DUNCAN, R.R., 1991. Improvement of plant mineral nutrition through breedig. Field Crops Research, 27: 219-240.

ÇAKMAK, İ., MARSCHNER, H. ve BANGERTH, F., 1989. Effect of zinc nutritional status on growth, protein metabolism and levels of indole-3-acetic acid and other phytohormones in bean (phaseolus vulgaris L.). J. Of Experimental Botany, 40: 405-412.

ÇAKMAK, İ. 1995. Selection and characterisation of cereal genotypes with high resistance to zinc deficiency and boron toxicity and evaluation of bioavailability of zinc in cereals for GAP and Central Anatolia regions, " TU-GENOTYPES" NATO Science for Stability Programme. IV. Progress Report. Çukurova University, Adana.

ÇAKMAK, İ., SARI, N., MARSCHNER, H., EKİZ, H., KALAYCI, M., YILMAZ, A. ve BRAUN, H.J., 1995a. Phytosiderophore release in bread and durum wheat genotypes differing in Zn efficiency. Plant and Soil 180: 183-189.

ÇAKMAK, İ., TORUN, B., ERENOĞLU, B., KALAYCI, M., YILMAZ, A., EKİZ, H., BRAUN, H., 1996. Türkiye'de Toprak ve Bitkilerde Çinko Eksikliği ve Bitkilerin Çinko Eksikliğine Dayanıklılık Mekanizmaları Tr.J.of Agriculture and Forestry 20: 13-23 Özel sayı TÜBİTAK.

ÇAKMAK, İ., YILMAZ, A., EKİZ, H., TORUN, B., ERENOĞLU, B. ve BRAUN, H.J., 1996a. Zinc Deciency as a Critical Nutritional Problem in Wheat Production in Central Anatolia. Plant and Soil, 180: 165-172.

ÇAKMAK, İ., TORUN, B., ERENOĞLU, B., ÖZTÜRK, L., MARSCHNER, H., KALAYCI, M., EKİZ, H. ve YILMAZ, A., 1998. Morphological and physiological differences in cereals in response to zinc deficiency. Euphytica, 100: 349-357.

ÇAKMAK, İ., ERENOĞLU, B., GÜLÜT, K. Y., DERİCİ, R. ve RÖMHELD, V., 1998a. Light-Mediated Release of Phytosiderophores in Wheat and Barley Under Iron or Zinc Deficiency. Plant and Soil 202: 309-315.

ÇAKMAK, İ., KALAYCI, M., EKİZ, H., BRAUN, H.J. ve YILMAZ, A., 1999. Zinc Defficiency as an Actual Problem in Plant and Human Nutrition in Turkey: A-NATO- Science for Stability Project. Fieled Crops Research., 60: 175-188.

ÇAKMAK, İ., TOLAY, İ., ÖZKAN, H., ÖZDEMİR, A. ve BRAUN, H.J., 1999a. Variation in zinc efficiency among and within *Aegilops* species. Z. Pflanzenern. Bodenkd.162: 257-262.

ÇAKMAK, İ., 2000. Possible Roles of Zinc in Protecting Plant Cells from Damage by Reactive Oxygen Species. New Phytologist, 146: 185-205.

ÇAKMAK, İ., 2002. Plant Nutrition Research: Priorities to Meet Human Needs for Food in Sustainable Ways. Plant and Soil 247: 3-24.

ÇAKMAK, İ., TORUN, A., MILLET, E., FELDMAN, M., FAHIMA, T., KOROL, A. B., NEVO, E., BRAUN, H. J. ve ÖZKAN, H., 2004. Triticum dicoccoides: An important genetic Resource for increasing zinc and iron concentration in modern cultivated wheat. Soil Sci Plant Nutr 50: 1047-1054.

ÇAKMAK, İ., 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? Plant and Soil, 302: 1-17.

ÇAKMAK, İ., PFEİFFER ,W.H. ve McCLAFFERTY, B., 2010. Biofortification of Durum Wheat with Zinc and Iron. Cereal Chemistry, 87(1): 10-20

DIETZ, K.J., 1989. Leaf chloroplast development in relation to nutrient availability. J. Plant Physiol. 134, 544-550.

EKER, S., ERENOĞLU, B., GÜLÜT, K.Y., ÇAKMAK, İ. ve DERİCİ, M.R., 1997. Arpa çeşitlerinin çinko eksikliğine karşı duyarlılığı ve bu duyarlılıkta fitosideroforların rolü. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Adana.

EKİZ, H., BAĞCI, S.A., KIRAL, S., EKER, S., GÜLTEKİN, I., ALKAN, A., ÇAKMAK, İ., 1998. Effect of Zinc Fertilization of Various Cereals Grown in Zinc-Deficient Calcareous Soil. J. Plant Nutr., 21: 2245-2256.

ELGÜN, A. ve ERTUGAY, Z., 1992. Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 297. Atatürk Üniversitesi Basımevi, Erzurum.

ERDEM, H., 2004. Farklı bölge topraklarında kükürt uygulamasının buğdayın kuru madde verimi üzerine olan etkisinin sera koşullarında belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi., Kod No: 2401. Çukurova Üniversitesi, Adana.

ERENOĞLU, B., 1995. İç Anadolu, GAP ve Çukurova Bölgelerinde Seçilen Toprakların Çinko Adsorpsiyon-Desorpsiyon Karakteristikleri Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Adana.

ERENOĞLU, B., ÇAKMAK İ., MARSCHNER. H., RÖMHELD, V., EKER, S., DAĞHAN, H., KALAYCI, M. ve EKİZ, H., 1996. Phytosiderophore release does not relate well with Zn efficiency in different bread wheat genotypes. Journal of Plant Nutrition, 19: 1569-1580.

ERENOĞLU, B., DERİCİ, R., RÖMHELD, V., EKER, S., ÇAKMAK, İ.,2000. Effect of iron and zinc deficiency on release of phytosiderophores in barley cultivars differing in zinc efficiency. Journal of plant nutrition. 23 (11/12): 1645-1656

EYÜPOĞLU, F., KURUCU, N. ve SANİSA, 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. s: 25-32

EYÜPOĞLU, F. ve KURUCU, N., 1997. Plant available trace iron, zinc, manganase and cupper in Turkish soils, (ed. J. Ryan), Accomplisments and Future Challenges in Dryland Soil Fertility Research in the Mediterranean Area, ICARDA book, 191-196.

EYÜPOĞLU, F., KURUCU, N. ve TALAZ, S., 1998. Türkiye Topraklarının Bitkiye Yarayışlı Bazı Mikroelementler (Fe, Cu, Zn, Mn) bakımından Genel Durumu. Köy Hizmetleri Genel Müd. Toprak ve Güb. Araş. Enst. Müd. s:72, Ankara.

FAO, 2009. World Agriculture: towards 2030-2050 An FAO Perspective. Rome, Italy.

GENC, Y., ve McDONALD, G.K., 2008. Domestical emmer wheat (T. turgidum L. Subsp. dicoccon (Schrank) Thell.) as a source for improvement of zinc efficiency in durum wheat. Plant Soil, 310: 67-75.

GİL-ORTİZ, R. ve BAUTİSTA-CARRASCOSA, I., 2004. Effects of Fe-EDDHA chelate application on evolution of soil extractable iron, copper, manganese and zinc, 35:3-4

GOMEZ-BECARRA, H.F., YAZICI,A., ÖZTÜRK, L., BUDAK, H., PELEG, Z., MORGOUNOV, A., FAHİMA, T., SARANGA, Y. ve ÇAKMAK, İ., 2009. Genetic variation and environmental stability of grain mineral nutrient concentrations in Triticum dicoccoides under five environments

GRAHAM, R.D., 1984. Breedig for nutritional characteristics in cereals. Adv. Journal of Plant Nutrition, 1: 57-102.

GRAHAM, R.D., 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.

GÜLER, S., 2002. Bitki Besleme Çalışmalarında Bitki Analizlerinin Yorumu. OMU Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(1): 80-85. Samsun

HACISALİHOĞLU, G., 2002. Physiological and biochemical mechanisms underlying zinc efficiency in monocot and dicot crop plants. PhD thesis. Cornell University, Ithaca, New York, USA.

HAMURCU, M., HARMANKAYA, M., SOYLU, S., GÖKMEN, F., GEZGİN, S., 2006. Makarnalık Buğdayın (*Triticum durum* L.) Bazı Besin Elementleri Kapsamına Farklı Dozlarda Bor ve Demir Uygulamalarının Etkisi. S. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 20(38): 1-8

HANEKLAUS, S., EVANS, E. ve SCHNUG, E., 1992. Baking quality and sulphur content of wheat-1, Influence of sulphur and protein concentration on loaf volume, Sulphur Agric. 16: 31-34.

HANEKLAUS, S. ve SCHNUG, E., 1992. Baking quality and sulphur content of wheat-2, evaluation of the relative importance of genetics and environment including sulphur fertilization, Sulphur Agric. 16: 35-38.

HIZALAN, E. ve ÜNAL, H., 1966. Topraklarda Önemli Kimyasal Analizler. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 278.

HOŞGÖKDELEN, B., 2003. Çukurova, Orta Anadolu GAP Bölgelerindeki Buğday Üretim Alanlarını Kükürt İle Beslenme Statüsünün Yaprak ve Toprak Analizleriyle Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

JACKSON, M.L., 1964. Soil chemical analysis. Englewood Cliffs, New Jersey.

KACAR B., 1986. Gübreler ve Gübreleme Tekniği. T.C. Ziraat Bankası Yayınları. Ankara, 473 s.

KACAR, B. ve KATKAT, A.V., 1998. Bitki Besleme, Uludağ Üniv. Güçlendirme Vakfı Yayınları, Yayın No: 127, Vipaş Yayınları, Bursa, s: 595.

KACAR, B. ve KATKAT, A.V., 1999. Gübreler ve Gübreleme Tekniği, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayınları, Bursa, s: 401.

KARAMAN, M.R., BROHİ, A.R., İNAL, A. ve TABAN, S., 1996. Gaziosmanpaşa Üniv. Z.F.Toprak Bölümü, Tokat. ve Ankara Üniv. Z.F. Toprak Bölümü, Ankara.

KARANLIK, S., ERENOĞLU, B., DERİCİ, R. ve ÇAKMAK, İ., 1998. Orta Anadolu, Çukurova ve GAP Bölgeleri topraklarının değişik fraksiyonlarındaki mikro element konsantrasyonlarının belirlenmesi. I. Ulusal Çinko Kongresi, 779-782. 12-16 Mayıs, Eskişehir.

KUMAR, V. ve SİNG, M., 1979. Sulfur and Zinc Relationship on Uptake and Utilization of Zinc in Soybean. Soil Sci. Vol: 128 No: 6, p: 343-347.

KUTMAN, Ü.B., YILDIZ, B., ÖZTÜRK, L. ve ÇAKMAK, İ. (2010). Biofortification of Durum Wheat with Zinc Through Soil and Foliar Applications of Nitrogen. Cereal Chem. 87(1): 1-9

LİNDSAY, W.L. ve NORWELL, W.A., 1978. Devellopment of DTPA Soil Test Zinc, Iron, Manganese and Copper, Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 421-428.

LONERAGAN, J.F. ve WEBB, M.J., 1993. Interactions between zinc and other nutrients affecting the growth of plants. Proceedings of the International Symposium on 'Zinc in Soils and Plants' 27-28 September. Univ. Western Australia.

MARSCHNER, H., RÖMHELD, V. ve KISSEL, M., 1986. Different strategies in higher plants in mobilzation and uptake of iron. Journal of Plant Nutrition, 9: 695-713.

MARSCHNER, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Second Edition. Academic Pres. New York. s: 446.

MARSCHNER, H., 1995a. Function of mineral nutrients: Micronutrients, Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London, 313-324.

MENGEL, K., 1995. Iron availability in plant tissues-iron chlorosis on calcareous soils, (ed.) J. Abadia, Iron Nurition in Soils and Plants, 389-397.

MİLLER, G.W., PUSHNIK, J.C. ve WELKIE, G.W., 1984. Iron Chlorosis, a World Wide Problem, the Relation of Chlorophyll Biosynthesis to Iron. Journal of Plant Nutrition. 7(15): 1-22.

MORGONUOV, A., GOMEZ-BECERRA, H.F., ABUGALIEVA, A., DZHUNUSOVA, M., YESSIMBEKOVA, M., MUMINJANOV, H., ZELENSKIY, Y., ÖZTÜRK, L., ÇAKMAK, I., 2007. Iron and zinc grain density in common wheat grown in Central Asia. Euphytica 155:193–203

McGRATH, S.P., ZHAO, F.J. ve WİTHERS, P.J.A., 1996. Development of sulphur deficiency in crops and its treatments, Proc.of the Fertiliser Soc., No: 379, The Fertiliser Society, Peterborough.

ÖZBEK, V. ve ÖZGÜMÜŞ, A., 1998. Farklı çinko uygulamalarının değişik buğday çeşitlerinin verim ve bazı verim kriterleri üzerine etkileri. I. Ulusal Çinko Kongresi Bildiri Kitabı, 183-190, Eskişehir.

ÖZER, M.S., 2000. Harran Ovası koşullarında mısır genotiplerinin çinko gübrelemesine reaksiyonları ve çinko yetersizliğine dayanıklı genotiplerin seçimi. Toprak ve Su Araştırma Yıllığı, 1999. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü Yayın No:115, Ankara.

ÖZTÜRK, L., YAZICI, M.A., YÜCEL, C., TORUN, A., ÇEKİÇ, C., BAĞCI, A., ÖZKAN, H., BRAUN, H.J., SAYERS, Z. ve ÇAKMAK, İ., 2006. Concentration and localization of zinc during seed development and germination in wheat. Physiol Plant 128: 144-152.

ÖZTÜRK, L., ERENOĞLU, B., KÖSELER, K., BOZBEY, G. ve ÇAKMAK, İ., 2009. Değişik yabani buğdaygillerin çinko eksikliğine dayanıklılığı ve bu dayanıklılıkta fitosideroforların rolü. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Adana.

PELEG, Z., SARANGA, Y., YAZICI, A., FAHİMA, T., ÖZTÜRK, L., ÇAKMAK, İ., 2008. Grain zinc, iron and protein concentrations and zinc-efficiency in wild emmer wheat under contrasting irrigation regimes, 306:57-67

PETERSON, C.J., JOHNSON, V.A., ve MATTERN, P.J., 1986. Influence of cultivar and environment on mineral and protein concentrations of wheat flour, bran, and grain. Cereal Chem 63: 183–186.

PRASK, J.A. ve PLOCKE, D.J., 1971. A role of zinc in the structural integrity of the cttoplasmic ribosomes of euglena gracilis. Plant Phsiology.

RANDALL, P.J. ve WRİGLEY, C.W., 1986. Effects of sulfur supply on the yield, composition and quality of grain from cereals, oilseeds and legumes, Advances in Cereal Science Technology. 8: 171-206.

RASHİD, A. ve FOX, R.L., 1992. Evaluating internal zinc requirements of grain crops by seed analysis. Agronomy Journal 84(3): 469-474.

RENGEL, Z. ve RÖMHELD, V., 2000. Root Exudation and Fe Uptake and Transport in Wheat Genotypes Differing in Tolerance to Zn Deficiency. Plant and Soil 222: 25-34.

RICHARDS, I. R., 1990. Sulphur as a crop nutrient in the United Kingdom. Sulphur in Agriculture 14, 8-9.

RÖMHELD, V. ve MARSCHNER, H., 1984. Plant-induced pH changes in the rizosphere of "Fe-efficient" and "Fe-inefficient" soybean and corn cultivars, Journal of Plant Nutrition. 7: 623-630.

RÖMHELD, V. ve MARSCHNER, H., 1985. Evidence for a specific uptake system for iron phytosiderophores in roots of grasses, 80: 175-180.

RÖMHELD, V. ve MARSCHNER, H., 1986. Evidence for a specific uptake system for iron phytosiderophores in roots of grasses. Plant Physiol. 80: 175-180.

RÖMHELD, V. ve MARSCHNER, H., 1986a. Mobilisation of iron in the rhizosphere of different plant species (Eds : P.B. Tinkrer and A. Lauchli), Vol 2: 155-204. Academic Pres, London.

RÖMHELD, V., 1987. Existence of two different strategies for the acquisition of iro in higher plants, (Eds: G. Winkelmann, D.van der Helm, und J.B. Neilads), Iron Transport in Microbes, Plants and Animals. 353-374, VCH Verlages, Weiheim, FRG.

RÖMHELD, V. ve MARSCHNER, H., 1990. Genotypical differences among graminaceous species in release of phytosiderophores and uptake of iron phytosiderophores, 2:147.

RÖMHELD, V. ve MARSCHNER, H., 1991. Functions of micronutrients in plants in Micronutrients in Agriculture, 2nd edn. Eds. J.J Mordvedt, F.R Cox, L.M Shuman and R.M Welch, pp. 297-328. SSSA Book Series, No. 4, Madison WI, USA.

SCHMIDT, W., 1999. Mechanisms and regulation of reductionbasediron uptake in plants. New Phytol, 141: 1-26.

SCHNUG, E., 1991. Sulphur nutritional status of European crops and consequences for agriculture, Sulphur in Agriculture, 15: 7-12.

SHI Y., BYRNE, D.H. ve REED, D.W., 1993. Influence of Bicarbonate Level on Iron Chlorosis Development and Nutrient Uptake of the Peach Rootstock Montclar. Journal of Plant Nutrition. and 16(9): 1675-1689.

SILLANPAA, M. 1982. Micro nutrients and the nutrient status of soils. A global study. FAO Soils Bulletin, No.48, FAO, Rome.

SÖNMEZ, N. ve AYYILDIZ, M., 1964. Tuzlu ve Sodyumlu Toprakların Teşhis ve Islahları. A.Ü.Ziraat Fakültesi Yayınları No. 229 Yardımcı Ders Kitabı: 73, Ankara, (Tercüme).

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.

TAŞDEMİR, G.B., 2006. Değişik azot ve çinko dozlarının buğday bitkisinde büyüme ve verim üzerine etkisi. Yüksek Lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana

TİSDALE, S.L., RENEAU, R.B. ve PLATOU, J.S., 1986. Atlas of sulfur deficiencies, In "Sulfur in Agriculture", American Society of Agronomy, Crop Sciense Society of America, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 295-322.

TOK, H.H., 1996. Çevre Kirliliği, Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Yayın No: 244, Ders Kitabı No: 30, Tekirdağ.

TORUN, M.B., ÇAKMAK, Ö., ÖZBEK, H. ve ÇAKMAK, İ., 1998. Çinko eksikliği koşullarında yetiştirilen değişik tahıl türlerinin ve çeşitlerinin çinko eksikliğine karşı duyarlılığının belirlenmesi. I. Ulusal Çinko Kongresi, 363-369.

TORUN, M.B., EKİZ, H., KALAYCI, M., GÜLTEKİN, İ., BOZBAY, G. ve ÇAKMAK, İ., 1999. Konya ovasında yetiştirilen buğday çeşitlerinin çinko eksikliğine karşı dayanıklılığının tarla ve sera koşullarında değerlendirilmesi. Hububat Sempozyumu Bildiri Kitabı. 297-308. Konya.

TORUN, M.B., BOZBAY, G., GÜLTEKİN, İ., BRAUN, H.J., EKİZ, H., ÇAKMAK, İ., 2000. Differences in Shoot Growth and Zinc Concentration of 164 Bread Wheat Genotypes Growth in a Zinc-Deficient Calcareous Soil. J. Plant Nutr., 23: 1251-1265.

ÜLGEN, N. ve YURTSEVER, N., 1995. Türkiye toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri, Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi, 63-70. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel yayınlar, No: 209, Teknik Yayınlar No: T.66.

WALKER, K.C. ve BOOTH, E.J., 1992. Sulphur research on oilseed rape in Scotland. Sulphur Agric. 16: 15-19.

WELCH, R. M., 2002. The impact of mineral nutrients in food crops on global human health. Plant and Soil 247: 83-90. USDA, ARS, U.S. Plant, Soil and Nutrition Laboratory, Cornell University, Tower Road, Ithaca, NY 14853, USA.

WİTHERS, P.J.A., TYHERLEİGH, A.R.J. ve O'DONNELL, F.M., 1995. Effects of sulphur fertilizers on the grain yield and sulphur content of cereals. Journal of agricultural Science. 125: 317-324.

YALÇIN, H., 2006. Buğday genotiplerinin kükürt alım kapasitelerinin ve bitkideki kükürt dağılımının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Ç.Ü. Toprak Ana Bilim Dalı, Adana.

ZHAO, F.J. ve McGRATH, S.P., 1994. Soil extractable sulphate and organic sulphur and their availability to plant. Plant and Soil 164: 243-250.

ZHAO, F.J., SALMON, S.E., WİTHERS, P.JA, EVANS, E.J., MONAGHAN, J.M., SHEWRY, P.R. ve MCGRATH, S.P., 1999. Responses of Bread Making Quality to Sulphur In Three Wheat Varieties, Journal of The Science of Food And Agriculture, 79: 1865-1874.

ZHAO, F. J., HAWKESFORD, M.T. ve McGRATH, S.P., 1999a. Sulphur assimilation and effects on yield and quality of wheat. Journal of the Cereal Science 30: 1-17.

ZHAO, F.J., SALMON, S.E., WİTHERS, P.J.A., MONAGHAN, J.M., EVANS, E.J., SHEWRY, P.R. ve McGRATH, S.P., 1999b. Variation in the breadmaking quality and rheological properties of wheat in relation to sulphur nutrition under field conditions. J. Cereal Sci. 30: 19-31.

ZHAO, F.J., McGRATH, S.P., BLAKE-KALFF, M.M.A., LINK, A. ve TUCKER, M., 2002. Crop responses to sulphur fertilization in Europe. The International Fertiliser Society, Proceedings 504.

ZHAO, F.J., SU, Y.H., DUNHAM, S.J., RAKSZEGI, M., BEDO, Z., McGRATH S.P., ve SHEWRY, P.R., 2009. Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin. J. Of Cereal Sci. 49, 290-295.

ZOCCHI, G., DE NISI, P., DEL ORTO, M. ve ESPEN, L., 2007. Iron deficiency differently affects metabolic responses in soybean roots. Journal of Experimental Botany, 5: 993-1000.

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Adana-Seyhan'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana'da tamamladı. 2006 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak bölümünden mezun oldu. 2008 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı. Halen burada eğitimini sürdürmekte.