ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Senem GÖK

DÜŞÜK FOSFOR KOŞULLARINDA YETİŞEN MISIR GENOTİPLERİNİNFOSFOR BESLENME STATÜLERİ ÜZERİNE KÜKÜRT VE ÇİNKO ELEMENTLERİNİN ETKİSİ

TOPRAK ANABİLİM DALI

ADANA-2007

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÜŞÜK FOSFOR KOŞULLARINDA YETİŞEN MISIR GENOTİPLERİNİN FOSFOR BESLENME STATÜLERİ ÜZERİNE KÜKÜRT VE ÇİNKO ELEMENTLERİNİN ETKİSİ

Senem GÖK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK ANABİLİM DALI

Bu tez ...../...../2007 Tarihinde Aşağıdaki Jüri üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.

İmza:	İmza:	İmza:
Prof. Dr.Hayriye İBRİKÇİ	Prof. Dr.Zülküf KAYA	Prof. Dr.Ahmet Can ÜLGER
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu Tez Toprak Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ

Enstitü Müdürü

İmza ve Mühür

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No: ZF2006YL22

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı fikir ve sanat eserleri kanununda ki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DÜŞÜK FOSFOR KOŞULLARINDA YETİŞEN MISIR GENOTİPLERİNİN FOSFOR BESLENME STATÜLERİ ÜZERİNE KÜKÜRT VE ÇİNKO ELEMENTLERİNİN ETKİSİ

Senem GÖK

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK ANABİLİM DALI

Danışman: Prof. Dr. Hayriye İBRİKÇİ
Yıl: 2007, Sayfa:74
Jüri: Prof.Dr.Hayriye İBRİKÇİ
Prof. Dr. Zülküf KAYA
Prof. Dr. Ahmet Can ÜLGER

Bu çalışmada amaç, fosfor içeriği düşük olan topraklarda ya da çeşitli toprak koşullarında yarayışsız halde bulunan fosforun yarayışlılığını artırmak ve uygulanan gübreden bitkinin fazlası ile yararlanmasını sağlamaktır. Yaygın olarak kullanılan mısır genotiplerinin (Sele, Brasco ve Tiater) düşük fosfor içeriği koşullarında fosfor etkinlikleri, kükürt ve çinkonun uygulandığı sera koşullarında test edilmiştir.

Fosfor içeriği düşük olan topraklarda topraktan artan düzeyde uygulanan fosfor ve çinkonun kuru madde verimini arttırmıştır. Artan dozlarda uygulanan fosfor ve çinko ile birlikte kuru madde verimi Brasco çeşidinde % 443, Sele çeşidinde % 312 ve Tiater çeşidinde ise % 390'lık bir artış göstermiştir. Ancak artan düzeyde uygulanan kükürdün kuru madde verimine etkisi önemli görülmemiştir.

Anahtar Kelimeler: fosfor, çinko, kükürt, mısır,

ABSTRACT

MSc THESIS

EFFECTS OF SULFUR AND ZINC ON PHOSPHORUS NUTRITION STATUS OF CORN GENOTYPES GROWING UNDER LOW PHOSPHORUS CONDITIONS

Senem GÖK

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

Supervisor: Prof. Dr. Hayriye İBRİKÇİ
Year: 2007, Pages: 74
Jury: Prof.Dr.Hayriye İBRİKÇİ
Prof. Dr. Zülküf KAYA
Prof. Dr. Ahmet Can ÜLGER

The goal of this study is to increase the availability of low or unavailable soil phosphorus and fertilizers for plant growth under various soil conditions. The efficiency of corn genotypes (Brasco, Sele, Tiater) were tested with phosphorus, zinc and sulfur applications in low-phosphorus containg soil under greenhouse conditions. The increased phosphorus and zinc applications increased dry matter yields such as; 443 % increase in Brasco, 312 % increase in Sele, 390 % increase in Tiater.
However, sulfur application has no effect on dry matter yield.

Key Words: phosphorus, zinc, sulfur, maize

TEŞEKKÜR

Bu araştırma süresince engin bilgilerini, tecrübelerini ve yardımlarını esirgemeyen ve her zaman destek veren sayın Prof. Dr. Hayriye İBRİKÇİ'ye, tezimin oluşum aşamasında yardımlarını esirgemeyen jüri üyelerim sayın Prof. Dr. Zülküf KAYA ve sayın Prof. Dr. Ahmet Can ÜLGER' e yardımlarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmamın başlangıcından bitimine kadar her aşamada bana destek veren Arş. Gör. Kürşat KORKMAZ' a, Arş. Gör. Ebru KARNEZ' e, Arş. Gör. Mustafa BOĞA' ya ve Arş. Gör. Halil ERDEM'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Öğrenim hayatım boyunca bana her türlü maddi ve manevi katkısını her zaman hissettiğim aileme şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I

ABSTRACT II

TEŞEKKÜR III

İÇİNDEKİLER……. IV

ÇİZELGELER DİZİNİ VI

ŞEKİLLER DİZİNİ……... VII

TABLOLAR DİZİNİ……..... VIII

1. GİRİŞ..... 1

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 4

2.1. Fosfor…….. 4

2.1.1. Toprakta Fosfor……... 4

2.1.2. Bitkide Fosfor…….. 6

2.2. Çinko……... 9

2.2.1. Toprakta Çinko…… 9

2.2.2. Bitkide Çinko……... 11

2.3. Kükürt……. 13

2.3.1. Toprakta Kükürt……... 13

2.3.2. Bitkide Kükürt……. 16

2.4. Fosfor ve Çinko İnteraksiyonu……... 18

3. MATERYAL VE METOD 22

3.1. Materyal 22

3.1.1. Deneme Yeri ve Yılı 22

3.1.2. Denemede Toprağının Özellikleri 22

3.1.3. Denemede Kullanılan Mısır Çeşidi…….. 23

3.2. Metot 23

3.2.1. Sera Denemesi……. 23

3.2.2. Toprak Analizleri……. 24

3.2.3. Bitki Analizleri 25

3.2.4. Verilerin Değerlendirilmesi 26

4. BULGULAR VE TARTIŞMA..... 27
4.1. Bitki Kuru Ağırlığı…….. 27
4.2. Kök Kuru Ağırlığı……... 35
4.3. Kök Uzunluğu……. 36
4.4. Fosfor Konsantrasyonu ve Bitkice Kaldırılan Fosfor……. 39
4.5. Bitkide Azot İçeriği……. 46
4.6. Kükürt Konsantrasyonu ve Bitkice Kaldırılan Kükürt…..... 47
4.7. Çinko Konsantrasyonu ve Bitkice Kaldırılan Çinko…… 54
4.8. Çeşitlerin Değerlendirilmesi……. 61
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... 65
KAYNAKLAR 68
ÖZGEÇMİŞ 86

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 3.1. Deneme Toprağı Olan Harran I Serisinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri..... 22

Çizelge 3.2. Deneme Toprağının DTPA' da Ekstrakte Edilebilir Cu, Mn, Fe, Zn ve S ve Olsen-P Sonuçları..... 22

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 4.1. Sera Mısır Denemesinden Görüntüler……..... 28
Şekil 4.2. Çeşitler Genelinde Artan Fosfor Dozlarının Bitki Kuru Ağırlığına Etkisi……... 63
Şekil 4.3. Artan Fosfor Dozlarının Bitki Kuru Ağırlığına Etkisi…….. 64

TABLOLAR DİZİNİ **SAYFA**

Tablo 4.1. Brasco Çeşidinde Artan Dozlarda Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Bitki ve Kök Kuru Ağırlık Değerleri ve Kök Uzunluğuna Etkisi..……. 29

Tablo 4.2. Sele Çeşidinde Artan Dozlarda Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Bitki ve Kök Kuru Ağırlık Değerleri ve Kök Uzunluğuna Etkisi……..……..... 32

Tablo 4.3. Tiater Çeşidinde Artan Dozlarda Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Bitki ve Kök Kuru Ağırlık Değerleri ve Kök Uzunluğuna Etkisi……..... 34

Tablo 4.4. Brasco Çeşidinde Artan Dozlarda Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Bitkide Azot ve Fosfor Değerlerine Etkisi…. 41

Tablo 4.5. Sele Çeşidinde Artan Dozlarda Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Bitkide Azot ve Fosfor Değerlerine Etkisi … 43

Tablo 4.6. Tiater Çeşidinde Artan Dozlarda Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Bitkide Azot ve Fosfor Değerlerine Etkisi….. 45

Tablo 4.7. Brasco Çeşidinde Artan Dozlarda Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Bitkide Kükürt Değerlerine Etkisi……. 49

Tablo 4.8. Sele Çeşidinde Artan Dozlarda Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Bitkide Kükürt Değerlerine Etkisi..... 51

Tablo 4.9. Tiater Çeşidinde Artan Dozlarda Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Bitkide Kükürt Değerlerine Etkisi..... 53

Tablo 4.10. Brasco Çeşidinde Artan Dozlarda Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Bitkide Çinko Değerlerine Etkisi……..... 55

Tablo 4.11. Sele Çeşidinde Artan Dozlarda Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Bitkide Çinko Değerlerine Etkisi…….. 58

Tablo 4.12. Tiater Çeşidinde Artan Dozlarda Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Bitkide Çinko Değerlerine Etkisi…….. 60

Tablo 4.13. Çeşitler Genelinde İstatistiksel Değerlendirme…… 61

1.GİRİŞ

Günümüzde, dünyada ve Türkiye'de yıldan yıla nüfusun ve hayvan sayısının hızla artması, dolayısıyla besin maddelerine olan gereksinimi karşılama sorunu, tahıl üretimine olan ihtiyacı arttırmaktadır. Dünyada tahıl ekim alanlarında buğday ve çeltikten sonra üçüncü, üretimde ise ilk sırada yer alan mısır insan gıdası ve hayvan yemi olarak değerlendirilmesinin yanı sıra endüstride nişasta, şurup, şeker, bira ve alkol yapımında da kullanılmaktadır. Ülkemizde tarım istatistiklerine göre mısır, toplam tahıllar içerisinde buğday ve arpadan sonra en çok ekim alanına sahiptir. Ancak bu denli büyük ekim alanına sahip mısır bitkisinin ürün miktarını ve kalitesini olumsuz yönde etkileyen birçok genetik ve çevresel faktörler bulunmaktadır. Bu faktörlerin en önemlilerinden birisi de bitki besin elementlerinin bitki ve topraktaki durumu ve yarayışlılığıdır.

Tarımsal olarak üretilen ürünün, bol ve kaliteli olabilmesi için, toprakta bulunan bitki besin elementlerinin miktarları önemli olduğu kadar, dengeli olması da büyük önem taşımaktadır. Bitki besin elementlerinin toprakta dengeli olarak bulunmadığı koşullarda, bunların bitkiler tarafından alımı sırasında birbirleri üzerine çeşitli olumsuz etkileri olmakta ve bitki gelişimi olumsuz yönde etkilenmektedir. Dengeli beslenme, bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin elementlerini ihtiyaç duyduğu dönemde ve miktarlarda almasıyla olmaktadır. Bu nedenle toprakların besin elementleri durumları belirlenerek, eksik olan elementlerin gübreleme yoluyla veya diğer kaynaklarca sağlanması gerekmektedir.

Bitkilerin verimliliklerinin artırılmasında Türkiye toprakları için azottan sonra en çok noksanlığı görülen elementlerden birisi fosfordur. Bitki kuru maddesinin % 0.3-0.5 'ini oluşturan fosfor; bitkilerin yapısında anahtar enzimlerin, nükleik asitlerin, fosfolipidlerin yapısında ve ATP ile ilgili reaksiyonlarda bitki gelişimi için mutlak gerekli olan besin elementlerinden birisidir. Fosforun bitki gelişimindeki en önemli görevi enerji depolama ve transferidir. Fosfat bitkilerin yapısı içinde Adenosin-difosfat (ADP) ve Adenosin-trifosfat (ATP)'ın herhangi birinde merkezi element olarak görev yapar ve enerji tansferini sağlar. Bu fonksiyonunun yanı sıra nükleik asitler, koenzimler, nükleotidler, fosfoproteinler, fitatlar, fosfolipidler ve şeker fosfatlar gibi önemli olan birçok enzimin yapısında bulunmaktadır.

Fosforun topraklarda yarayışlılığının düşük ve büyük bir kısmının da topraklarda bitkilerin alamayacağı yarayışsız formlarda bulunması, bu besin elementinin önemini daha da artırmaktadır. Fosfor eksikliği, kireçli alkalin topraklarda bitkisel üretimde verimi sınırlayan en önemli faktörlerden biridir. Özellikle pH 7' nin üzerinde topraklarda fosfor, kalsiyum gibi katyonlarla birleşerek çözünmez tuzları oluşturur.

Bitkisel üretimde verimliliğinin artırılmasında ülkemizde fosfor kadar noksanlığı görülen elementlerden birisi de çinkodur. Çinko bitki, hayvan ve insanların çok düşük miktarlarda gereksinim duyduğu ve mutlaka alınması gereken bir mikro elementtir. Çinko noksanlığı dünyada ve Türkiye' de çok sık rastlanan bir mikro element sorunudur. Birçok ülkede yapılan çalışmalar sonucunda hemen hemen her ülkede ve iklim bölgelerinde Zn noksanlığı olduğu görülmüştür. Çinko noksanlığı genelde yüksek pH, kireç ve metal oksitlerle düşük organik madden kaynaklanmaktadır.

Ülkemizin en büyük entegre projesi olan GAP'ın kapsadığı alanda, toprakların büyük bir bölümünde, özellikle Harran Ovası'nda çinkonun bitkilere olan yarayışlılığının bitkisel üretimi sınırlayacak ölçüde düşük olduğu bilinmektedir. GAP bölgesinde geniş alanların sulamaya açılması ve entansif tarıma geçilmesi ile birlikte Zn noksanlığının daha da artacağı ve bitkisel verimin ciddi boyutlarda etkileneceği tahmin edilmektedir. Gerçekte GAP bölgesi toprakları total Zn yönünden zengin bulunmaktadır. Ancak bölge topraklarının yüksek düzeyde kil minerallerine ve $CaCO_3$ içeriğine sahip, pH' ın yüksek ve organik madde içeriğinin düşük olmasından dolayı, topraklarda mevcut bulunan çinkonun bitkilere yarayışlılığını önemli ölçüde sınırlamaktadır.

Çinko elementi bitkide; karbonhidrat metabolizmasında, fotosentezde şekerlerin nişastaya dönüşmesinde, polen metabolizmasında, biyolojik membranların yapısında, patojenlere karşı enfeksiyon metabolizmasında vb. rol oynar. Çinko noksanlığında bitkilerde protein sentezinin gerilediği ve buna bağlı olarak amino asit ve amin birikiminin arttığı bilinmektedir. Amino asitlerin ve diğer çözünür azot bileşiklerinin birikmesi köklerin topraktan yapacağı azot alımı üzerine olumsuz etki yapabilir. Bu şekilde çözünür azot bileşiklerinin bitkide birikmesi, bitkinin yeşil aksamda N' la beslenme düzeyinin yeterli olduğu bilgisini köke ileterek kökün beslenme ortamında azot alımını sınırlandırmasına ve sonuçta bitkide gizli azot noksanlığının çıkmasına sebep olur. Bu durumda ortaya çıkan azot eksikliği hem bitki büyümesinin gerilemesine hem de danede yeterince protein sentezlenememesine yol açmaktadır.

Fosfor ve çinko kadar bitkisel üretimde verimliliği etkileyen bir diğer element' de kükürttür. Bitkideki gereksinimi fosfor kadar önemli olan kükürt (S) temel bir bitki besin elementi olmasına rağmen, uzun yıllardan beri üzerinde kısmen daha az araştırma yapılmıştır. Bunun nedeni atmosferden ve gübrelerden toprağa yeteri kadar kükürt girişinin olabilmesidir. Ancak, şimdilerde ise dünyanın birçok yerinde kükürtçe fakir alanlar yaygınlaşmaktadır. Özellikle düşük kükürt içerikli gübre kullanımının artması, hayvansal gübrelerden kükürdün toprağa giriş düzeyinin düşük olması, yüksek verimli çeşitlerin ıslah edilmesi ve yoğun tarımın artması, S içeren fungisitlerin kullanımındaki azalma ve toprağa atmosferik kaynaklı kükürt girişinin ciddi çevresel önlemlerle engellenmesi bu sonucu doğurmaktadır.

Kükürdün bitki beslenmesinde özel bir önemi bulunmaktadır. Bitkisel üretimde ürün verimi üzerine olan etkisinin yanı sıra kükürt, sistein, methionin, birçok koenzimin, thioredoksinlerin, sülfolipidlerin ve proteinlerin yapısında yer almaktadır. Yetersiz kükürt, bitkisel verimde azalmalara neden olmaktadır. Ayrıca kükürt eksikliği protein sentezinde gerilemeye ve aminoasitlerin yapısında bulunan ve S içeren methionin ve sistein gibi amino asitlerin içeriğinde ise önemli oranda azalmaya ve sonuçta ürün kalitesinde düşüşe neden olmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, fosfor içeriği düşük olan topraklarda ya da çeşitli toprak koşullarında yarayışsız halde bulunan fosforun yarayışlılığını artırmak ve uygulanan gübreden bitkinin fazlası ile yararlanması için yaygın olarak kullanılan mısır genotiplerinin (Sele, Brasco ve Tiater) fosfor etkinliklerini, kükürt ve çinkonun uygulandığı ortamda test etmektir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Fosfor

2.1.1. Toprakta Fosfor

Toprakta fosfor (P), organik (P_{org}) ve inorganik (P_i) formlarda bulunmaktadır. Bitki gelişimi için önemli olan fosfor, yoğun tarım yapılan topraklara organik ve inorganik fosfor kaynaklarından sürekli fosfor ilave edilmesine rağmen, toprakların fosfor düzeyi ürün gelişimi açısından değerlendirildiğinde düşük seviyededir.

Topraktaki toplam fosforun %20-80'i organik fosfordan oluşmakta (Ron Vaz ve ark., 1989) ve topraklara uzun süreli uygulanan fosfor özellikle toprakların yüzey tabakasında birikmektedir (Zhang ve ark., 1995). Organik ve inorganik fosfor formlarının her ikisinin de bitki beslenmesinde ayrı önemi vardır. Toprak organik madde içeriği ve mikrobiyel aktivitedeki artışla toprak çözeltisindeki fosfat konsantrasyonu ve hareketliliği artmaktadır (Seeling ve Zasoski, 1993). Türkiye topraklarının sahip olduğu toprak özelliklerinden dolayı (yüksek mineralizasyon, düşük organik madde, yüksek redoks potansiyeli, yüksek pH ve düşük nem içeriği), bitkiler için yarayışlılığı açısından inorganik fosforun organik fosfordan daha önemli olabileceği belirtilmektedir.

Toprakta bulunan ya da gübre olarak uygulanan P_i' un tamamına yakını, toprak katı fazına bağlı halde bulunmaktadır. Bu durum, çözelti fazındaki fosfat konsantrasyonunun katı fazda bulunan çeşitli mineral ve bileşikler tarafından ciddi bir şekilde kontrol edilmesinden kaynaklanmaktadır (Derici, 1996). İnorganik fosfor bileşiklerinin bitkilere yararlı olabilmesi için, katı fazda bağlı bulunan fosforun toprak çözeltisinde çözünmüş durumda olması gerekir. Fosforun bu özelliğinden dolayı, P_i' un hareketi rizosfere oradan da köklere difüzyon yoluyla gerçekleşir (Bhadoria ve ark., 1991; Kovar ve Barber, 1988). İnorganik fosfor bileşiklerinin toprak çözeltisine geçişini etkileyen birçok kimyasal ve fiziksel etmen bulunmaktadır. Bunlardan en önemlileri, şüphesiz, katı fazdaki toplam fosfor miktarı ve toprak nem içeriğidir. Tekstür, pH, kireç, organik madde içeriği, toprak havalanması ve toprak sıcaklığı toprak çözeltisindeki inorganik fosfor konsantrasyonunu etkileyen diğer önemli faktörler olarak sıralanabilir (Özbek ve ark., 1993).

Topraklarda fosfor genellikle I) toprak çözeltisinde bulunan, II) labil-P (değişebilir), III) labil olmayan P (bağlı bulunan, değişmeyen) olarak 3 kısımda sınıflandırılmıştır. Toprak çözeltisinde bulunan fosfor bitkiler için doğrudan yarayışlıdır ve bu fosfor fraksiyonu II.

sınıftaki fosfor fraksiyonu ile hızlı bir şekilde dengeye gelerek tamponlanmaktadır. III. fosfor fraksiyonu ise bağlı bulunan yarayışsız veya yavaş yarayışlı fosfor demektir (Helal ve Dressler, 1989; Brohi ve ark., 1994; Güzel ve ark., 2002).

Türkiye topraklarının toplam fosfor içeriğinin, genelde normal ve normalin üstünde olduğu bilinmektedir (Zabunoğlu, 1967; Ülgen 1968; Kacar ve ark., 1996). Ancak, topraklarımızdaki toplam fosfor içeriğinin fazla olması, topraklarımızdaki yarayışlı fosforu değil, rezerv miktarını göstermektedir. Toprakların toplam fosfor içeriği ne kadar yüksek olursa olsun, bitkiler için yarayışlı fosfor konsantrasyonu kritik düzeydedir ve her yıl uygulanan fosforlu gübreler yaklaşık % 80-85 oranında topraklarda adsorpsiyon ve çökelme yoluyla veya organik bileşikler oluşturarak bitkilerin alamayacağı yarayışsız forma dönüşmektedir (Holford, 1997; Schachtman ve ark., 1998; Richardson, 1994; Abel ve ark., 2002; Daroub ve ark., 2003; Leytem and Westermann 2003; Shibata and Yano 2003; Zhu ve ark., 2003; Korkmaz ve ark., 2004; Shin ve ark., 2004). Ülkemizde tarım yapılan alanların büyük bir bölümü, kurak ve yarı kurak bölgelerdeki kireçli-alkali topraklardan oluşmaktadır. Yüksek kil içeriği ve düşük organik madde içeriği de topraklarımızdaki yarayışlı fosfor miktarına olumsuz etki etmektedir (Eyüpoğlu, 1999).

Toprakta fosforun büyük bir kısmı çözünmeyen bileşikler olduğundan toplam fosforun ancak %1 veya daha düşük kısmı alınabilir durumdadır (Brohi ve ark., 1994). Topraklarda fosforun hızlı bir dönüşümünün olduğu ve fosforun topraklarda kalsiyum fosfatlar, aluminyum oksitler ve yüzey altındaki ve derinliklerindeki demir bileşiklerince çökelerek yarayışsız hale geçtiği bilinmektedir (Bertrand ve ark., 1999; Güzel ve ark., 2002; Alam ve Ladha, 2004). Ayrıca yapılan birçok araştırmada, kurak ve yarı kurak iklim koşullarında, fosforun yüksek oranlarda Ca-fosfatlarca tutulduğunu, özellikle yüksek pH, kabonat ve düşük organik madde içeriğinin fosforun çökelerek yarayışlılığının azalmasına neden olduğu gösterilmiştir (Braschi ve ark., 2003; Gahrooce, 2003). Fosfor eksikliği, özellikle kireçli alkaline topraklarda bitkisel üretimde verimi sınırlayan en önemli faktörlerden biridir. Özellikle pH 7den sonra topraklarda fosfor, toprakta kalsiyum gibi katyonlarla birleşerek çözünmez tuzları oluşturur (Zhou ve ark., 2001).

Topraklarda fosfor bitki köklerince absorbe edildiğinde, toprak çözeltisinin P konsantrasyonunda ortaya çıkan azalma, toprakta hem inorganik hem de organik toprak fosforu tarafından karşılanmaktadır. Toprakların fosfor tamponlama güçleri özellikle çevre ile barışık bir gübreleme programı için dikkat edilmesi gereken önemli bir faktördür (Ehleert

ve ark., 2003). Yapılan diğer çalışmalarda araştırmacılar, bitki tarafından alınan toplam fosforun % 23-34 oranında inorganik kaynaklardan ve % 48-59 oranında organik kaynaklardan sağlandığını ve mikorizal hiflerin topraktan fosfor alımını artırdığını söylemişlerdir (Tarafdar ve Marschner, 1994).

Düşük kireçli topraklara mikoriza uygulamaları ile bitkinin, toprağın organik kaynağından %17-31, topraktan fosfor alımını %53-65 oranında arttırdığı; dolayısıyla mikorizanın toprakta fosfor döngüsünde önemli bir fonksiyonu olduğu bilinmektedir (Feng ve ark., 2003). Mikorizal infeksiyonun topraklarda bulunan yarayışsız formdaki fosforun çözünürlüğünü ve alınabilirliğini kontrol bitkilerine göre 3,6 ve 10 kat kadar arttırdığı ve bitki genotipik farklılıkların da fosforun yarayışlılığı ve alımı açısından önemli olduğu bilinmektedir (Shibata ve ark., 2003).

2.1.2. Bitkide Fosfor

Fosfor bitki gelişimi için gerekli olan önemli bir bitki besin elementidir. Fosfor bitkilerde organik ve inorganik bileşikler halinde bulunmakta (Blair, 1993), bitkinin vejetatif büyüme döneminde, optimal büyümesi için gerekli fosfor miktarı, bitki kuru madde ağırlığının yaklaşık % 0.3-0.5 ‘ ini oluşturmaktadır (Marschner, 1997; Rausch and Bucher 2002). Bitkiler, toprak çözeltisinden fosfor elementini çoğunlukla birincil orto fosfat (H_2PO_4) ve ikincil orto fosfat (HPO_4) formlarında absorbe atmektedirler (Marschner, 1997; Hinsinger, 2001; Vance ve ark., 2003). Bitkilerin fosfor beslenmesini etkileyen en önemli faktör toprak pH’ sı dir. pH’ daki değişmeler ile bitkilerin topraktan absorbe ettiği fosfor formları da değişmektedir (Barber, 1984).

Fosforun bitki gelişimindeki en önemli görevi enerji depolama ve transferidir. Fosfat bitkilerin yapısı içinde ADP (Adenosin-difosfat) ve ATP (Adenosin-trifosfat)’ ın herhangi birinde merkezi element olarak görev yapar ve enerji transferini sağlar. Bu fonksiyonunun yanı sıra nükleik asitler, koenzimler, nükleotidler, fosfoproteinler, fosfolipidler ve şeker fosfatlar gibi önemli olan birçok enzimin yapısında bulunmaktadır (Güzel ve ar., 2002; Kalfa, 1997; Vance ve ark., 2003).

Fosfor noksanlığında kuru madde miktarı ve yaprak alanları azalmakta, noksanlıkta bitki gelişimi ile fotosentez olumsuz yönde etkilenmektedir (Colomb, 2000; Rodriguez ve ark., 2000). Yapılan araştırmalar göstermiştir ki, yeterli fosfora sahip bitki ile fosfor stresi altında yetişen bitki karşılaştırıldığında, fosfor stresi altında yetişen bitkilerin yaprak alanı % 83 oranında azalmakta ve buna bağlı olarak da bitkinin fotosentez oranın da % 50 azalmaktadır (Rodriquez ve ark., 1998).

Fosfor noksanlığında bitki gelişimi yavaşlamakta, özellikle gövde gelişimi azalırken kök gelişimi artmaktadır. Bunun nedeni ise, bitkinin rizosfer bölgesinde ulaşamadığı fosfora kök gelişimini artırarak ulaşmak istemesidir.

Sahrawat (2000), yarı kurak bir bölgede vertisoller üzerinde sorgum bitkisi ile yapmış oldukları üç yıl süren çalışmada 0, 10, 20 ve 40 kg P/ha uygulamışlardır ve toprakların fosfor miktarını Olsen metodunu kullanarak düşük bulmuşlardır. Araştırmanın fosfor uygulanan ilk yılında residual etkinin fazla olduğunu ve vertisoller üzerinde yetişen sorgumun fosfor ihtiyacını, yeşil aksam için ilk yıl 20 kg P/ha dozunun ve ikinci yılda da 40 kg P/ha karşılayabilmekte olduğunu bildirmişlerdir. Bertrand ve ark. (1999) kireçli topraklarda fosfor hareketliliğinin düşük olduğunu, fosfor fiksasyonunda demir oksitler ve kalsitin etkili olduğunu ve bitki köklerinin OH^- ve H^+ iyonlarını salgılayarak rizosfer pH' sını hızla değiştirebildiğini belirtmişlerdir. Ayrıca mısır ve kolza bitkisinin kökleri aracılığı ile H^+ iyonu salgıladığı ve rizosfer pH' sını düşürdüğünden, DTPA'da çözünebilir Fe miktarının arttığını da belirtmişlerdir. Sanchez ve ark. (2001) mısır ve patates bitkisi ile yaptıkları araştırmada, bitkilerin fosfor noksanlığını ilk 30 gün içerisinde belirgin olarak gösterdiklerini, kök uzunluğu ve yoğunluğunun arttığını, P noksanlığında bitkilerin topraktaki fosfordan yararlanmaları açısından son derece önemli olduğunu ve fosforun bitki kuru madde miktarını artırdığını belirtmişlerdir.

Topraklarda fosforun hareketliliğinin ve yarayışlılığının düşük olmasından dolayı, bitkiler yarayışsız durumdaki fosfordan yararlanmak için bir çok adaptasyon mekanizması geliştirmişlerdir (Abel ve ark., 2002; Palxton, 2004). Bitki türleri arasında ve aynı türün genotipleri arasında fosforun etkinliği ve kullanımı açısından farklılıklar görülebilmektedir (Brohi ve ark., 1994; Dechassa ve ark., 2003).

Fageria ve Baligar (1999) yaptıkları çalışmada 0 (düşük P), 75 ppm P (orta P) ve 150 ppm P (yüksek P) uygulayarak 15 buğday çeşidinin fosfor etkinliğini araştırmışlar ve bu çalışmada çeşitler arasında fosfor kullanımı açısından önemli farklar olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca konu ile ilgili yapılan diğer çalışmada, düşük ve yüksek fosfor koşullarında yetiştirilen mısır genotiplerinin bitki ağırlıkları, gövde ve kök ağırlıkları, besin elementi alımı ve kullanımı açısından önemli farklar gösterdiklerini belirtmişlerdir (Fageria ve Baligar, 1997).

Bitkiler kökleri aracılığı ile salgıladıkları organik salgılarla toprakta düşük çözünürlükte bulunan bitki besin elementlerinin yarayışlılığını artırmaktadırlar (Gardner et al., 1983; Ragothama, 1999; Palxton, 2004). Ayrıca Machado ve Furlani (2004a), mısır bitkisinde yaptıkları çalışmada bitkilerin kök salgıları aracılığı ile bitki kök bölgesi olan

rizosferde kimyasal değişiklikler yaparak topraklarda yarayışsız fosforun yarayışlılığını arttırabilme yeteneğine sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Topraklarda fosfor difüzyonla hareket etmektedir. Fosfor hareketliliği çok düşük olan bir element olmasından dolayı bitki kökleri toprakta ilerlerken toprak çözeltisindeki fosfatlarla temasa geçerler (Marschner, 1997; Dodor ve ark., 2003). Köklerin fosfor ihtiyacı fazla olduğunda, fosfat bitki köklerince yüksek oranda absorbe edilir ve bu durumda kök bölgesindeki toprak çözeltisi fosfatça fakirleşmektedir. Bu durumda kök yüzeyi çevresindeki fosfat konsantrasyonu ile tüm topraktaki fosfat konsantrasyonu arasında fark meydana getirir. Bu konsatrasyon düşüşü, fosfatın bitki köklerine doğru taşınım oranını belirlemektedir (Brohi ve ark., 1994; Smith, 2001).

Bitki köklerinin P absorpsiyonu sonucunda, rizosfer bölgesinde oluşturdukları yoksul kısım, kök bölgesine P difüzyonunun devamlılığını sağlamaktadır (Bhat ve Nye, 1973). Bu nedenle, düşük fosfor koşullarında bitkilerin kök morfolojisi P beslenmesi açısından oldukça önemlidir.

Fosfor noksanlığı çeken bitkilerin kök/yeşil aksam oranını artırmaları, bitkilerin P eksikliğine karşı geliştirdikleri önemli bir mekanizmadır. Silberbush ve Barber (1983) yaptıkları çalışmada, fosfor alımına etkili en önemli bitkisel faktörlerin kök büyüme hızı ve kök çapı olduğunu göstermiştir. Ayrıca mısır (Anghinoni ve Barber, 1980), bakla (Haynes ve Ludecke, 1981), kolza, ıspanak ve domates (Föhse ve Junk, 1983), fosfor eksikliğinde kök uzaması ve ince kök oluşumunu arttırmıştır.

Genetik farklılıklarından dolayı kök tüyleri daha iyi gelişen çeşitlerde, asit fosfotaze enzim aktivitesi daha yüksek olmaktadır. Bu durumdan dolayı da fosfor noksanlığı ve kılcal kökler arasında P' un yarayışlılığı açısından olumlu bir ilişki bulunmaktadır. Kök tüylerinin toprakta bulunan organik ve inorganik fosfordan daha fazla yararlandıkları ve fosfor alımında kök tüylerinin önemli bir fonksiyonu olduğu bilinmektedir (Gahoonia ve ark., 2001; Wasaki ve ark., 2003; Li ve ark., 2004).

Bitkiler fosfordan yararlanabilmek için özellikle kök yapılarında değişiklik yaparak kök yüzey alanını, kök ağırlığını ve miktarını artırırlar, kök tüyleri ve organik salgılarda düşük fosfor yarayışlılığını artırmada önemli fonksiyona sahiptirler (Stone ve ark., 2003). Toprakta düşük fosfor konsantrasyonlarında bitki beslenmesi açısından bitkilerin kök morfolojileri oldukça önemlidir. Toprakta yararlı fosfordan bitkilerin yararlanmasında türler arasındaki farklılıklar kısmen kök morfolojisindeki farklılıklar yoluyla açıklanmaktadır (Barley, 1970; Föhse ve ark., 1991; He ve ark., 2001; Shane ve ark., 2003). Fosfor alımında etkili olan en önemli bitkisel parametreler kök büyüme hızı, kök çapı, kök uzunluğu,

kök/yeşil aksam oranı ve kılcal kök yoğunluğu olarak sıralanabilir (Marshner, 1997; Machado ve ark., 2004a).

Fosfor yarayışlılığının düşük olduğu topraklarda kök tüyleri, absorbsiyon yüzeyini artırarak, çok düşük yarı çap oranı ile daha büyük toprak hacimlerine temas ederek kayda değer ölçüde fosfor yarayışlılığını artırmaktadırlar (Fohse ve ark., 1991).

Proteid köklerle ilgili yapılan çalışmalar göstermiştir ki, proteid köklerden, proteid olmayan köklere göre daha fazla oranda fosfor bitki bünyesine alınmaktadır (Neumann ve ark., 2000).

Proteid kökler, kök tüylerinin boylamsal olarak dizilip salkım şeklinde bir küme oluşturmasıyla meydana gelmektedir (Peek ve ark., 2003; Stone ve ark., 2003) ve kök yüzey alanını 100 kat artırarak toprak ile kök arasında büyük bir temas yüzeyi meydana getirmektedir (Schulze ve ark., 2002). Proteid kökler oluşturdukları bu geniş temas yüzeyi ile bitkiye fosfor alımı açısından avantaj sağlarken, aynı zamanda da organik bileşikler salgılarlar (malat ve sitrat) ve fosforun konsantrasyonu düştüğünde genotipik farklılıklardan dolayı proteid köklerin oranı artarak, bitki tarafından fosforun alımı da artmaktadır (Lambers ve ark., 2002; Shen ve ark., 2003; Watt and Evans, 2003).

2.2. Çinko

2.2.1. Toprakta Çinko

Çinko (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). Dünyada tüm tarım alanlarının % 30'unda, Türkiye' de ise % 49,8'inde Zn noksanlığının bulunduğu yapılan araştırmalarla belirlenmiştir (Sillanpaa, 1982; Eyüboğlu ve ark., 1998). Toprakların ortalama çinko içeriği 25-100 ppm civarındadır (Goldshmit, 1954) ve çok sayıda farklı minerallerin yapısında bulunur.

Çinko toprakta çeşitli formlarda bulunmaktadır. Alloway (2004) göre, topraktaki total çinko 5 fraksiyona dağılmıştır. Bunlar: I) suda çözünür fraksiyon; toprak çözeltisinde bulunur. II) Değişebilir fraksiyon: iyonlar toprak parçacıklarına elektriksel yüklerle bağlanmıştır. III) Oraganik bağlı fraksiyon: iyonlar organik bileşiklere adsorbe, şelatlanmış veya kompleksleşmiş şekilde bağlanır. IV) Kil mineralleri ve çözünmez metalik oksit mineralleri üzerine değişmez şekilde bağlanır. V) Birincil minerallerin ayrışma ve

parçalanmasıyla açığa çıkar. VI) Topral çözeltisindeki ve desorbe olabilen Zn bitkilerce alınabilir ve toprak profilinde yıkanabilir durumdadır.

Çinko; toprak çözeltisinde serbest (Zn^{+2} ve $ZnOH^{+}$) ve organik bağlı, toprak koloidal fraksiyonu (killer, organik madde, demir ve aliminyum hidrate oksitler) üzerinde adsorbe ve değişebilir ve toprak katı fazında ikincil minerallerde ve çözünmez kompleks formları şeklinde toprakta bulunur.

Topraktaki çinkonun yarayışlılığını etkileyen birçok faktör vardır. Bunlardan en önemlileri; toprak tekstürü, toprak pH'sı, fosforun varlığı, fosforun 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 çinko eksikliğinin ortaya çıkmasında toprak pH'sının ve kireç içeriğinin yüksekliği, organik madde ve nemin düşüklüğü önemli rol oynamaktadır. Bu faktörlerin yanı sıra toprağa yüksek dozlarda fosfor uygulanması da bitkilerde çinko eksikliğinin ortaya çıkmasını etkilemektedir. Bu konu üzerine Kalfa ve ark.(1997) sera koşullarında buğday bitkisi üzerine değişik dozlarda Zn (0, 0.08, 0.4, 2, 10 mg Zn/kg) ve P (20, 120, 720 mg P/kg) uygulayarak yürüttükleri deneme sonucunda, düşük Zn dozlarında artan P uygulamasının bitkilerde çinko eksikliği simptomlarını artırdığını ortaya koymuşlardır. Ancak, bitki yapraklarındaki toplam Zn konsantrasyonu artan fosfor ile bir değişiklik göstermemiştir. Sonuçlar buğday bitkisine yüksek dozda uygulanan fosforun Zn alımını değil de dokulardaki mevcut Zn'nun fizyolojik kullanımını engelleyerek Zn eksikliğine yol açtığını göstermiştir.

Kacar (1998), toprak pH' sının artmasıyla Zn' un yarayışlılığının azaldığını, topraklarda Zn' nun yarayışlılığı yönünden pH 5.5-6.5' un genelde kritik düzey olarak kabul edildiğini, toprak pH' sının artarken çözünürlükleri çok az olan $Zn(OH)_2$, $ZnCO_3$ bileşiklerinin oluştuğunu ve Zn^{+2}'nun yarayışlılığının azaldığını bildirmiştir. 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 edilmiştir.

Toprağın fiziksel ve kimyasal yapısı, gübre ile verilen ve toprak tarafından sağlanan değişik besinlerden bitkinin yararlanmasında önemli bir etkileşim ortamı oluşturmaktadır. Kirecin, bitki besinleri, özellikle fosforla çok yönlü karmaşık ilişkileri bulunmaktadır. Kireç, alkali topraklarda fosforla tepkimeye girerek fosforu çeşitli formlarda bağlamakta ve yarayışlılığını azaltmaktadır. Aynı zamanda Zn çözünürlüğü özellikle CaCO3 içeren yüksek pH'lı topraklarda çok düşüktür. Bitkilere sağlanan yüksek fosfor düzeylerinin Zn noksanlığına yol açtığı bildirilmektedir (Olsen, 1972). Çinko yarayışlılığında çinko ve fosfor

arasındaki ilişkilerin bitkide fizyolojik etkileri daha önem taşımaktadır. Çinko noksanlığı özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerin kireçli topraklarında sıkça görülmektedir (Takar ve Walker, 1993).

Karanlık ve ark. (1998), GAP, Orta Anadolu ve Çukurova Bölgesi topraklarında, başta Zn olmak üzere mikroelementlerin topraktaki kimyasal formlarını ve bu formlardaki mikrolement konsantrasyonlarını saptamak amacı ile yaptıkları çalışmada, bahsedilen bölge topraklarının total mikrolelement 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 ile 80 mg kg^{-1} arasında değişirken, potansiyel olarak bitkilerce alınabilir Zn değeri 0.08 mg kg^{-1} ile 0.23 mg kg^{-1} arasında bulunmuştur.

Bitkilerce alınabilir çinko, toprak çözeltisinde bulunur veya değişebilir durumda yüzeylerde tutulur. Bitkilerce alınabilir çinko 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.

2.2.2. Bitkide Çinko

Çinko bitkinin mutlak ihtiyaç duyduğu önemli bir bitki besin elementidir. Ayrıca Zn tüm organizmalar için gerekli bir element ve enzimler ile kritik komponentidir (Marschner, 1995), enzimler ile substrat bağları arasında bağlanma ve yönlendirmede rol oynamaktadır (Çakmak, 2000). Çinko bitkide birçok metabolik fonksiyonlarda rol oynar, özellikle karbonik asit anhidraz ile süperoksit dismutaz enzimlerini aktifleştirir; bu enzimlerin kloroplasta lokalize olduğu belirlenmiştir (Jakobsan ve ark., 1975; Marschner, 1995). Ayrıca Zn RNA sentezine katkıda bulunur ve eksikliğinde RNA sentezi ve buna bağlı olarak protein üretimi durmaktadır (Price, 1962). Çinkonun diğer bir fonksiyonu da enzim aktivatörü olarak karbonhidrat metabolizmasında görev almasıdır. Çinko eksikliğinde bitki gelişimi olumsuz etkilenmekte ve ürün kaybı % 40'a kadar artmaktadır. Ayrıca çinko noksanlığı genellikle genç yapraklarda, erken büyüme sezonunda görülmektedir (Hacısalihoğlu, 2002). Çinko, bitkide protein sentezini etkilemede oldukça önemli bir fonksiyona sahiptir. Vale ve Falchuk (1993), tarafından 300' den fazla protein/enzimin mutlaka Zn' ya ihtiyaç duyduğu belirtilmiştir.

Topraklarda bitkilerce alınacak çinkonun eksikliği, bitkilerin büyümesini ve verim oluşturma kapasitesini ciddi boyutlarda sınırlandırmaktadır. Çinko eksikliği bir yandan bitkisel verimliliği sınırlarken diğer yandan da hasat edilen üründe Zn konsantrasyonunun düşük olmasına yol açmaktadır. Hem bitkisel üretim, hem de beslenmesinde ciddi olumsuzluklara neden olan Zn eksikliğini gidermek için alınacak önlemlerden birisi Zn eksikliğine karşı dayanıklı bitki genotiplerinin ıslah edilmesidir (Çakmak ve ark., 1996).

Aksoy ve Danışman (1986), Zn noksanlığı gösteren topraklarda, Zn gübrelemesinin mısır verimi ve çinko alımı üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada kuru madde miktarının arttığını bulmuşlardır. Yalçın ve Usta (1992), pH' ları 7.8-8.3, $CaCO_3$ içerikleri %7.9- 50.2 ve organik madde içerikleri % 0.6- 1.27 arasında değişen Büyük Konya havzasına ait farklı tekstürlü 5 toprak üzerinde çinko uygulamasının sera şartlarında mısır bitkisinin gelişmesi ile Zn, Fe, Mn ve Cu içerikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Artan miktarlardaki Zn uygulamasının mısır bitkisinin kuru madde miktarını ve bitkinin çinko konsantrasyonunu önemli ölçüde arttırdığını kaydetmişlerdir. Güzel ve ark. (1991), Harran Ovasında bulunan 25 toprak serisinin yüzey horizonlarından aldıkları toprak örnekleri ile yaptıkları bir çalışmada, topraklara 0.5 - 10 ppm Zn uygulamışlar ve artan çinko miktarlarının mısır bitkisinin toprak üstü organları ve kökünde kuru madde miktarıyla Zn içeriğini arttırdığını belirlemişlerdir.

Çinko çözünürlüğünün özellikle $CaCO_3$ içeren yüksek pH' lı topraklarda çok düşük olduğu, bu duruma karşılık toprak çözeltisinde denge durumunda bulunan Zn konsantrasyonunun pH' nın 5.5'den 7.0'ye çıkarılması ile 30-45 kez daha azaldığı belirlenmiştir (Shuman, 1975). Çinko noksanlığının genellikle kalkerli alt horizonlar üzerinde oluşmuş topraklarda veya yıkanmış asit ve kumlu topraklarda görüldüğü (Viest, 1966), kireçlenme ile artan Ca^{+2} iyonlarının bor alımını düşürdüğü, ortamda bulunan Fe^{+2},Cu^{+2} ve Mn^{+2} oranlarındaki artışın ise Zn alımını azalttığı belirlenmiştir (Stayanow, 1985).

Çinko noksanlığı bitkilerde karakteristik olarak, genç yapraklarda klorosis şeklinde görülür ve yaprak boyutları küçülür ve bitki bodur kalır. 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 amino asit biriktiği belirlenmiştir (Çakmak ve ark., 1989). Çinko ilave edilmesiyle amino asit konsantrasyonunda azalma görülmüş ve bu azalma aynı

zamanda protein konsantrasyonundaki artışa bağlanmıştır. Bu durum çinkonun protein sentezinde önemli bir rol üstlendiği göstermektedir.

Çinko noksanlığında fasulye, bezelye ve diğer bitkiler üzerinde yapılan çalışmada çiçeklenmede ve tane veriminde önemli azalmaların olduğu belirtilmiştir (Reed 1941; Hu ve Sparks, 1990). Riceman ve Jones (1959) besin çözeltisinde yaptıkları bir araştırmada, beslenme ortamına Zn ilavesinin yer altı üçgülünde bitkinin yeşil aksam kuru madde verimi üzerinde hafif bir etkisinin olduğunu, buna karşılık aynı koşullarda tane veriminin belirgin şekilde arttığını görmüşlerdir. Bu artışın, çiçeklenme ve tane sayısındaki artıştan kaynaklandığını bildirmişlerdir. Çinko uygulamasıyla tane ağırlığının değişmemesi, Zn' nun tanenin büyümesinden çok tanenin oluşumu üzerinde etkisinin olduğunu göstermektedir.

Toprakta, bitkide ve insanda bu kadar ciddi ölçüde görülen çinko noksanlığının giderilmesi ya da hafifletilmesi için akla ilk gelen çözüm, toprakların besin elementi olan çinko ile gübrelenmesidir. Araştırmacı Martens ve Westerman (1991)'a göre topraklarda bitkiye yarayışlı çinko konsantrasyonu (DTPA ile ekstrakte olabilir Zn) 0.5 ppm' in altında ise optimum bitkisel üretim için toprakların 50 ile 90 kg $ZnSO_4$/da arasında serpme yolu ile Zn ile gübrelenmesi gerekmektedir. Harran Ovası topraklarının yaklaşık %852 inde DTPA ile ekstrakte olabilir Zn konsantrasyonu 0.5 ppm' in altındadır (Irkın ve Güzel, 1990). Bu durum bölge topraklarının Zn ile gübrelenmesini ortaya koymaktadır. Ancak, gübreleme yapılmadan da Zn noksanlığının giderilebileceği olasıdır. Yapılan çalışmalarda, mineral besin elementlerinin, özelliklede mikro besin elementlerinin alınabilirliğinin düşük olduğu topraklarda, bitki türleri ve aynı türün çeşitleri arasında ilgili mineral elementin eksikliğine karşı farklı dayanım adaptasyonlarının olduğu görülmüştür (Çakmak ve ark., 1997a., 1998; Torun, 1997; Graham ve ark., 1992). Bitkiler mineral eksikliklere karşı hem morfolojik hem de fizyolojik anlamda değişik adaptasyon mekanizmaları geliştirmektedir.

2.3. Kükürt

2.3.1. Toprakta Kükürt

Freney ve Williams (1983) yaptıkları araştırmada, toprakların toplam kükürt (S) içeriklerinin, toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerine, iklim koşullarına, bölgesel bitki örtüsüne, lokal topoğrafya ve tarımsal kullanımına bağlı olarak değiştiğini, bu faktörlerin bileşimiyle total S içeriğinin, 20 mg kg^{-1}-35,000 mg kg^{-1} arasında çok geniş bir konsantrasyon aralığına sahip olduğunu ve genel olarak da mineral toprakların total S içeriklerinin 20-2000 mg kg^{-1} arasında olduğunu bildirmişlerdir. Yağışlı ve yarı yağışlı olan

bölgelerdeki tarımsal toprakların normal total S içeriklerinin 100-500 mg kg^{-1} arasında olduğu ve bu oranın toprağın işlenen katmanlarında ise 224-1120 kg ha^{-1} olduğu belirtilmiştir (Stevenson, 1986). Ayrıca, yüksek kükürt konsantrasyonlarının asit-sülfat materyaller içeren taban arazilerde kurak ve yarı kurak bölgelerde, jipsli topraklarda bulunduğu ve tropikal bölgelerde organik maddenin fazla mineralizasyon olmasından dolayı total kükürt konsantrasyonunun tropikal olmayan bölgelere göre daha düşük olduğu araştırmalarla saptanmıştır (Nor, 1981).

Kükürt toprakta inorganik ve organik olmak üzere iki formda bulunmaktadır. Ancak birçok toprakta kükürt kaynağı olarak organik bağlı S bulunmaktadır. Topraktaki total kükürt miktarının 100-1000 mg kg^{-1} arasında değiştiği bilinmektedir (Syers ve ark., 1987). Kükürt toprakta sürekli olarak organik ve inorganik formlar arasında değişimlere uğramaktadır.

Ilıman, humid ve yarı humid bölgelerin çoğu yüzey topraklarında total kükürtün % 90'dan fazlasını organik kükürt oluşturmaktadır (Freney ve Williams, 1983; Zhao ve ark., 1996a). Ancak sülfat veya sülfitin, tuzlu, asit sülfat ve jips içerikli topraklarda total S'ün büyük kısmını inorganik S oluşturmaktadır. Topraktaki organik S çoğunlukla organik maddeye bağlı olarak derinlikle birlikte azalmaktadır (Freney, 1986).

İnorganik S, topraklarda; suda çözünebilir tuzlar şeklinde, toprak koloidleri tarafından adsorbe edilmiş olarak veya çözünmez formlarda bulunabilir. Bunların her birinde mevcut bulunan inorganik S fraksiyonları, bazı toprak özelliklerine bağlıdır. İyi drenajlı toprakların yüzey horizonları sadece az miktarda suda çözülebilir kükürt (S) içerebilmektedir. Bununla birlikte, suda çözülür S'ün büyük bir kısmını kurak bölgelerdeki topraklar biriktirmektedirler. İnorganik S' ün organik bağlı S'e göre topraklarda daha az bulunduğu saptanmıştır (Bohn ve ark., 1986). Mevsimsel koşulların S'ün mineralizasyonu, çözünebilir S'ün yıkanması ve S'ün bitkilerce alımı üzerine etkisi bulunmaktadır.

Toprakta inorganik kükürt formu ağırlıklı olarak SO_4^{-2} şeklindedir. Özellikle arid bölge topraklarında $CaSO_4$, $MgSO_4$ ve Na_2SO_4 gibi kükürt tuzlarının önemli düzeyde biriktiği bilinmektedir (Scherer, 2001). Sülfat toprak çözeltisinde çözünmüş veya toprak koloidlerine adsorbe olmuş şeklilde bulunabilir. Toprak çözeltisinde SO_4^{-2} katı fazda bulunan diğer formlarla denge halindedir (Mengel ve Kirkby, 1987; Tisdale ve ark., 1993) ve SO_4^{-2} , kil minerallerine ve seksi-oksitlere fosfatlar kadar olmasa da kuvvetli bir şekilde bağlı bulunmaktadır. Toprak çözeltisindeki SO_4^{-2} konsantrasyonun artışı, beraberinde adsorbe edilen SO_4^{-2} miktarının da artışına neden olmaktadır. Buna karşılık, yapılan araştırmalar, sülfat ve fosfat adsorpsiyonunun benzer adsorbsiyon mekanizmalarına sahip olduğunu ortaya

koymuştur (Barrow, 1976). Hingston ve ark. (1976) 'larının yaptıkları çalışmaya göre, SO_4^{-2} iyonları denge çözeltisinde beklenenden daha yüksek boyutta tutulurlar. Buna karşılık SO_4^{-2} fosfor aracılığı ile kolaylıkla desorbe olur. Adsorbe olabilen SO_4^{-2}'in miktarı toprak profilinde yıkanma ile S kayıplarının önlenmesinde ve S'in bitki tarafından rahatlıkla alınabilmesinde etkilidir (Scherer, 2001).

Organik S üç ana fraksiyon ile tanımlanmıştır: I) ester sülfat, II) C-bağlı S (çoğunlukla amino asitlere) ve III) residual S (Pasricha ve Fox, 1993). Bileşiklerin oluşum karakterleri ve dönüşümleri çevresel faktörlere bağlı olan biyolojik süreçler tarafından etkilenmektedir. Ilıman bölgelerde tarımsal amaç için kullanılan topraklarda total S' ün yaklaşık % 95' i organik S' dür. Bu genelleme tropikleri kapsamamaktadır.

Residual kükürt kuvvetli asit ve bazlarla hidrolize dayanıklıdır; ancak, mevsime bağlı olarak değişir (Freney, 1986). Diğer fonksiyonlara bağlı olarak tespit edildiği için bu değişim yanlış ölçülebilir. Bilindiği gibi residual S, total S ve diğer tüm S fraksiyonlarının toplamı arasındaki farktır.

Saggar ve ark. (1981) tarafından yapılan çalışmada, toprakta ester sülfat birikiminin inorganik SO_4^{-2}' in bağlanması ile ilişkili olduğu ortaya konulmuştur. Brezilya topraklarında yapılan bir çalışmada total S' ün %20-65' inin ester sülfattan oluştuğu belirlenmiştir (Neptune ve ark., 1975). Bitkiler tarafından alınan S' ün büyük bir kısmının ester sülfattan geldiği ve böyle bir durumun C-bağlı S için geçerli olmadığı bilinmektedir.

Organik topraklarda total S' ün neredeyse tamamı organik S şeklinde bulunmaktadır. Toprak organik maddesinde C:N:S oranı 125:10:1.2 şeklinde bulunur. Toprak organik maddesinde kükürt, karbon ve ester bağlı olarak bulunmaktadır. Ester bağlı kükürt mevsimsel olarak mineralize olup bitkiye yarayışlı hale geçebilirken, karbon bağlı S'ün bu şekilde mineralize olup bitkiye yarayışlı olma hızı çok daha yavaştır (Scherer, 2001).

Toprakta pH'ya bağlı çok fazla yük bulunmasından dolayı, SO_4^{-2} adsorpsiyonu denge çözeltisinin pH'sına bağlıdır (Couto ve ark., 1979). Sülfat adsorpsiyonu düşük pH' da çok kuvvetlidir (Martini ve Mutters, 1984) ve bu sebepten dolayı, SO_4^{-2} adsorpsiyonu toprak pH'sıyla negatif ilişkilidir (Kparmwang ve ark., 1997). Toprakta adsorbe edilen SO_4^{-2} bitkilerce alınabilir formda değil ise SO_4^{-2}'ın adsorpsiyonunu azaltacak yada toprak çözeltisindeki SO_4^{-2} konsantrasyonunu arttıracak uygun bir işlemle toprakta SO_4^{-2}'ın bitkilerce alınabilir miktarı arttırılabilir (Elkins ve Ensminger, 1971). Mehlich (1964) yaptığı bir çalışmada, adsorbe edilen SO_4^{-2}'in serbest hale geçmesinin $Ca(OH)_2$'in azar azar ilave edildiğinde toprak pH'sının artmasıyla ilişkili olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle, yeterli

düzeyde kireçlenen toprakların yüzey horizonlarında düşük miktarlarda SO_4^{-2} adsorpsiyonunun olması beklenir (Evans, 1986). Sonuç olarak kireç taşı ve jips gibi materyalleri birlikte uygulamakla SO_4^{-2}'ın alınabilirliğinde bir artışın olması beklenir (Serrano ve ark., 1999). Ayrıca SO_4^{-2} kolaylıkla fosfat tarafından desorbe edilir. Be nedenle kireçleme dışında süper-fosfat uygulaması da SO_4^{-2} adsorpsiyonunu azaltır (Ensminger, 1954).

Toprakta S, devamlı olarak inorganik ve organik kükürt formlarına dönüşmektedir. Organik kükürt formları bitkiler tarafından alınabilir formda değildirler, bu nedenle bitkiler tarafından alınabilir hale geçmesi için biyokimyasal veya mikrobiyolojik mineralizasyonla inorganik SO_4^{-2} dönüştürülmelidir (Castellano ve Dick, 1991). Bu dönüştürülme işlemlerinde, çevresel faktörler bu dönüştürülmede görev alan mikroorganizmaların yanı sıra enzimlerin aktivitelerini de etkiler. Biyokimyasal mineralizasyon farklı sülfatazlar tarafından sülfat esterlerinin hidrolizasyonu şeklinde olurken C-bağlı kükürdün mikrobiyal mineralizasyonu mikroorganizmaların gereksinim duydukları enerjiyi sağlamak için gösterdikleri aktiviteye bağlıdır (Eriksen ve ark., 1998). Ülkemiz topraklarının oransal olarak kükürt içeriğinin yeterli görülmesi bu besin elementinin üzerinde yeterince durulmamasına neden olmaktadır. Ancak, son yıllarda ülkemizde amonyum sülfat gibi kükürt içeren gübrelerin kullanımının azalması, bununla birlikte kükürt içeren gübreler yerine daha konsantre olan azotlu, fosforlu ve potasyumlu gübre kullanımı nedeniyle bitkiler tarafından sürekli kaldırılan kükürt toprağa tekrar ilave edilmedikçe zamanla kükürt noksanlığının karşımıza çıkabileceği belirtilmektedir (Orman ve Kaplan, 2004).

2.3.2. Bitkide Kükürt

Önemli bir bitki besin elementi olan kükürdün bitki beslenmesinde özel bir yeri bulunmaktadır. Bitkisel üretimde ürün verimi üzerine olan etkisinin yanı sıra, kükürt, sistein, methionin, birçok koenzimin, thioredoksinlerin, sülfolipitlerin ve proteinlerin yapısında yer almaktadır (Zhao ve ark., 1999a).

Kükürt, bitkiler tarafından kökler aracılığı ile toprak çözeltisinden çoğunlukla SO_4^{-2} formunda alınmaktadır. Bu alım hücrenin plazma membranındaki proton taşıyıcı tarafından katalize edilmektedir (Hawkesford ve ark., 1993). Intodia ve Sahu (1999) artan dozlarda uygulanan kükürdün, topraktaki sülfat, organik ve total kükürt miktarlarını arttırdığını belirtmişlerdir. Kükürdün bitkiye başlıca taşının formu sülfattır (SO_4^{-2}). Ancak, kükürt indirgenmiş bir S formu olan sistein olarak da taşınabilmektedir. Kükürdün bitki içerisinde

uzun mesafede taşınması, bitki içerisindeki dağılımı, indirgenmiş S'ün taneye taşınması tarımsal açıdan büyük önem taşımaktadır.

Bitkilerin kükürt ihtiyacı bitkinin tür ve gelişimine göre değişiklik göstermektedir. Turpgillerin ve zambakgillerin kükürt ihtiyacı yüksek, buğdaygillerin düşük ve baklagillerin ise bunların arasında olduğu belirlenmiştir (Scherer, 2001). Lahanagil bitkileri hektarda 60-70 kg S' e gereksinim duymaktadır. Kolza bitkisinden 1 ton tohum elde etmek için yaklaşık 16 kg ha^{-1} S' e gereksinim duyulmaktadır (McGrath ve ark., 1996). Tahıllar, baklagiller ve şeker pancarı 10-20 kg S ha^{-1} gereksinim duyarlar. Bu değer yaklaşık olarak aynı bitkilerin N gereksinimlerinin yaklaşık % 10' nuna karşılık gelir.

Kükürdün bitki içerisindeki (meyve, tohum ve hasat artığı) dağılımı da bitki türleri arasıda 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.

Kükürdün vejetatif dokulardan buğday danesine taşımının 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'i tanede biriktiği buna karşılık aynı organlardaki S'ün ise % 48'inin tanede biriktiği belirlenmiştir.

Bitkilerdeki kükürt konsantrasyonunun artması, proteinin kalitesini ve yüzde oranını etkiler, ayrıca amino asit içeren kükürt miktarını arttırır (Grant ve ark., 1978). Dwivedi ve Bapat (1998), soya fasulyesi üzerine fosfor ve kükürt uygulamalarının tohum verimini, protein ve yağ içeriğini önemli derecede arttığını bildirmişlerdir.

Bitkilerin sülfat alımı ve alınan sülfatın bitki içinde dağılımı bitkinin gereksinimine göre gerçekleşmektedir. Örneğin, bir bitkinin S beslenmesi yeterli ise köklerde sülfat alımı yavaş, ancak, S beslenmesi yeterli değil ise yani bitki S noksanlığı gösteriyor ise köklere sülfat alım hızlı olur (Clarkson ve Saker, 1989; Hawkesford ve ark., 1993). Yeterli bir S uygulamasıyla, sülfat oluşturularak hücrenin vakuollerinde depo edilir. Bu sülfat yalnızca S noksanlık stresinin uzaması durumlarında serbest hale geçer ve yeni büyümekte olan kısımlarda yavaş yavaş kullanılır (Bell ve ark., 1995; BlakeKalff ve ark., 1998). Kükürt

noksanlığı simptomlarının en tipik belirtisi protein ve klorofil sentezinin gerilemesinin bir sonucu olarak genç yaprakların sararmasıdır (Marschner, 1995).

Yetersiz S içeren bitkilerde sülfat konsantrasyonu düşük, amino-N konsantrasyonu ise yüksektir. Bu nedenle S noksanlığı olan bitkilerde büyüme oranı düşüktür. Genel olarak S noksanlığında sürgün gelişimi kök gelişiminden çok daha fazla etkilenmektedir. Kükürt noksanlığının ilk olarak genç yapraklarda ortaya çıkmasının nedeni, yaşlı yapraklardan genç yapraklara doğru S taşınmasının yetersiz olmasıdır (Schnug, 1989).

Rending ve ark. (1976) 'ı yaptıkları bir çalışmada, yetersiz S içeren mısır bitkisinde görülen N birikimi nedeninin şeker seviyesindeki azalmayla ilgili olduğunu belirtmişlerdir. Bu düşük şeker seviyesi, yetersiz S içeren klorotik bitkilerin zayıf fotosentetik aktivetesinden kaynaklanmaktadır. Kükürtçe yetersiz beslenen bitkilerin protein konsantrasyonları da düşüktür ve düşük konsantrasyon sadece vejetatif bitki dokularını değil, bitkinin generatif kısımlarını da kapsamaktadır. Ayrıca, yetersiz S ile beslenen tahıllar, yeterli S ile beslenen tahıllara göre daha az miktarda sistein ve methionin içermektedirler (Cocic ve ark., 1963; Eppendorfer, 1968).

Erdem (2004) yaptığı sera denemesinde, farklı S konsantrasyonlarına sahip olan topraklara yapılan S uygulamasının bitkinin kuru madde verimlerinde ve yeşil aksam S konsantrasyonlarında önemli artışlara neden olduğu ve bu artışların denemede kullanılan topraklar arasında ve yetiştirilen çeşitler arasında farklı olduğunu bulmuştur. Ayrıca artan dozlarda uygulanan S'e bağlı olarak bitkilerin yeşil aksamındaki N konsantrasyonunda da önemli artışlar elde edilmiş ve bitkinin yeşil aksamındaki S konsantrasyonu ile N konsantrasyonu arasında önemli ve pozitif bir ilişkinin olduğu saptanmıştır.

Lefroy ve ark. (1997) elementel kükürt ile fosfor karıştırıldığı zaman bitki kuru madde miktarını arttırdığını belirtmişlerdir. Çeltik bitkisi üzerine kükürt ve fosforun kombine uygulamalarının tane ve kuru madde miktarını önemli derecede etkilediği saptamış ve bu kombinasyonun kontrol parseline oranla sap veriminde % 65, tane veriminde % 61 ve kuru madde miktarını % 20 arttırdığı belirlenmiştir (Ali ve ark., 2004).

2.4. Fosfor ve Çinko İnteraksiyonu

Bitkilerin sağlıklı olarak gelişebilmeleri için, beslenmelerinde gerekli olan besin elementlerinin bitkideki miktarları kadar, bu besin elementlerinin diğer besin elementleriyle olan ilişkisi ve oranı da son derece önemli faktörlerdir. Besin elementlerinin birbirleri ile olan oransal dağılımındaki dengesizlik toprak çözeltisinde olduğu gibi, bitki bünyesinde de

olabilmektedir. Toprak çözeltisinde oluşan bir dengesizlik ortamda fazla miktarda bulunan besin elementinin lehine gelişerek rekabetin söz konusu olduğu diğer besin elementi ya da elementlerinin bitkiler tarafından alınamamasına sebep olmaktadır. Böyle durumlarda bitkide ya konsantrasyonu düşük olan besin elementinden kaynaklanan noksanlık belirtileri görülecek, ya da konsantrasyonu yüksek olan besin elementinden kaynaklanan toksik belirtileri ortaya çıkacaktır (Erdal ve Kocakaya, 2003).

Bukvic ve ark. (2003)' larının mısır bitkisi üzerinde yaptıkları bir çalışmada, P ve Zn gübrelerinin bitkinin kuru madde verimine etkilerini araştırmışlar ve sonuçta toprağa uygulanan gübre dozunun artışı ile bitki yapraklarındaki element konsantrasyonunun arttığını gözlemlemişlerdir. Bu doğru orantı hem fosfor hem de çinko için ayrı ayrı ölçülmüştür.

Benzer bir çalışmada, buğday bitkisinin gelişme dönemlerinde Zn konsantrasyonlarına bakılmış ve uygulanan gübre dozu ile orantılı olduğu görülmüştür. Ayrıca, yapılan analiz sonuçlarına göre, Zn uygulaması ile bitkinin Zn konsantrasyonu her gelişme döneminde artmış, buna karşılık fosfor konsantrasyonu azalmıştır. En yüksek Zn konsantrasyonu kardeşlenme dönemi örneklerinde ortaya çıkmış, sapa kalkma dönemi örnekleri ve tane Zn içerikleri daha düşük bulunmuştur. En yüksek P miktarı tanede, en düşük değer sapa kalma dönemindeki örneklerde belirlenmiştir. Çeşitlerin Zn uygulamasına Zn ve P içerikleri açısından gösterdikleri tepkiler dönemlere göre farklılıklar göstermişlerdir. Bu sonuca göre,farklı dönemlerde bitkinin toplam Zn içeriğine bakılarak, Zn'ya dayanıklı ya da hassas olduğuna karar vermenin uygun olmadığıdır (Erdal ve Kocakaya, 2003).

Tohumdaki fosforun %70-80'i, fosforun bir birikimi olan fitin asidi (Fitat) olarak bulunmaktadır. Bundan dolayı tohumdaki P miktarının artmasıyla fitin asidi de artar ve fitin asidi Zn'yu bağlayarak çinkoyu hücre metabolizmasında kullanılamaz hale getirir ve biyolojik yarayışlılığını düşürür (Oberleas ve Harland, 1981).

Bitkilere yüksek düzeyde fosfor uygulaması sonucu fitin asidinin miktarının arttığı ve bu asidin Fe, Mg ve Ca yanında Zn'yu da kuvvetli bağladığı ve özellikle de tahıl tanelerinde " Biyolojik Zn Yarayışlılığının " fitin/Zn oranına bağlı olduğu bilinmektedir (Michael ve ark., 1980). Bu oran 25-30' un üzerinde ise, Zn' nun yarayışlılığı düşmektedir. Dolayısı ile fazla miktarda P uygulanması, hem bitkinin Zn alımını engellemekte hem de danede oluşan fazla fitin asidi Zn' nun yarayışlılığını azaltmaktadır.

Bitkilerdeki mevcut Zn miktarı yanı sıra, P/Zn oranı da bitkilerin Zn ile beslenmesinde indikatör görevi görmektedir. Fosfor miktarı yüksek olan topraklarda ya da fosforun yüksek miktarlarda uygulandığı topraklarda Zn eksikliğinin yoğun olarak orta çıktı

belirlenmiştir. Bitkilerin tür ve çeşitlerine bağlı olarak P/Zn değeri 50-200 arası optimal seviye olarak kabul edilmektedir. Ancak, mısır bitkisinde yapılan bir çalışmada, farklı yaşlardaki yapraklarda P/Zn ornları arasında farklar görülmüştür. Yaşlı yapraklarda optimal P/Zn oranı 54-122 arasında, genç yapraklarda ise optimal P/Zn oranı 106-151 olarak kabul edilmiştir (Rahimi ve Bussler, 1975).

Marschner ve Çakmak (1986) yaptıkları bir çalışmada, çinko noksanlığı altında, bitki yeşil aksamında yeterli fosfor olduğu halde, P'un floem yoluyla yeşil aksamdan köklere hareket etmediğini ve dolayısı ile P alım mekanizmasının kontrol edilmediğini belirlemişlerdir. Sonuç olarak da bitki kökleri kontrolden çıkan bir düzenek içerisine giderek artan oranlarda P absorbsiyonu yaptığı fikrini ortaya çıkmıştır. Bitkiler beslenme ortamında p absorpsiyonu yaparken, yeşil aksamın P içeriğine önemli ölçüde bağımlılık gösterirler. Yeşil aksam ile kök arasındaki bu ilişkiyi, yeşil aksamdan köke hareket eden P'un belirlediği düşünülmektedir (Marschner, 1995).

Çinko noksanlığı altındaki bitkilerde, P' un yüksek konsantrasyonlarda birikmesinin nedenlerinden birisi de, mikoriza mantarlarıyla ilişkisidir. Çinko noksanlığında, kökler rizosfere amino asitler, kabonhidratlar ve fenoller salğılarlar (Çakmak ve Marschner, 1988). Çinko noksanlığı altında kök hücrelerinin membran permeabilitesindeki artışlar neticesinde bitkiler ortama yüksek miktarda karbonlu bileşik salgılaması ile mikoriza faaliyeti artmakta ve beraberinde bitkilerin ortamdan P absorpsiyonu da artmaktadır.

Fosfor-çinko etkileşiminde uygulanan fosfor dozları artıkça bitkinin çinko beslenmesi olumsuz etkilenmektedir. Aynı şekilde, uygulanan çinko miktarı artıkça bitkinim fosfor beslenmesi de olumsuz etkilenmektedir. Fosforun toprakta tutulması ve serbest bırakılması durumları hem su kalitesi açısından hem de gübre yönetimi açısından çok önemlidir (Zhou ve Li., 2001, Zhu ve ark., 2001).

Marschner (1994) yüksek kireçli ve yarı kurak bölge topraklarında fosfor ve çinko etkileşimi üzerine yaptığı bir çalışmada, fosfor eksikliği olan topraklarda uygulanan fosfor miktarının arttırılması ile bitki biyoması ve bitki dokularının fosfor konsantrasyonunun arttığını görmüştür. Düşük fosfor dozlarına çinko ilavesi ile bitki biyomasında bir gerileme gözlemlemiş, bunun yanı sıra yüksek fosfor dozlarına çinko ilavesi sonucunda bitki biyomasının da arttığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, çeşitler arasındaki farklı tepkiler, bitkilerin fosfor ve çinkoya karşı gösterdikleri tepkilerin genotipik etmenlerin etkisi altında olduğunu göstermektedir (Li ve ark., 2003).

Literatürlerde belirtilen bu etkileşimler nedeniyle, çeşitli mısır genotiplerinin P ve Zn'ya karşı büyümeleri kükürdün uygulandığı ve uygulanmadığı koşullarda test edilmiştir.

3. Materyal ve Metod

3.1 Materyal

3.1.1. Deneme Yeri ve Yılı

Araştırma, 2005 yılı bahar döneminde Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü araştırma seralarında ve laboratuarlarında yürütülmüştür.

3.1.2 Deneme Toprağının Özellikleri

Denemede kullanılan toprak, GAP bölgesinde yaygın olarak bulunan Harran I serisinin yüzey horizonundan alınmış olup, 2 mm'lik elekten geçirilerek her saksıya 2.750 kg toprak olacak şekilde hazırlanmıştır.

Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme Toprağı Olan Harran-I Serisinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Toprak Sınıflandırması	Derinlik (cm)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	Tuz (%)	pH	O.M. (%)	$CaCO_3$ (%)
Vertic Calciorthid	0-30	45.4	33.2	21.4	0.12	7.7	0.9	31

Çizelge 3.2. Deneme Toprağına Ait DTPA' da Ekstrakte Edilebilir Cu, Mn, Fe, Zn ve S ve Olsen-P Sonuçları

Derinlik (cm)	S ($mg\ kg^{-1}$)	Cu ($mg\ kg^{-1}$)	Mn ($mg\ kg^{-1}$)	Fe ($mg\ kg^{-1}$)	Zn ($mg\ kg^{-1}$)	Olsen-P ($mg\ kg^{-1}$)
0-30	22.5	0.87	4.26	1.45	0.19	6.7

Denemede kullanılan toprak serisi, yüksek oranda kil içermekte ve bunun yanı sıra pH 7.7 ve düşük organik madde içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Yüzde tuz içeriği 0.12 ile tuzsuz, kireç oranı %30 ile çok fazladır.

Denemede kullanılan toprak yarayışlı fosfor (Olsen-P) açısından değerlendirildiğinde, 6.7 mg kg^{-1}'ın yetersiz bulunduğu saptanmıştır ve genellikle 8-25 ppm arasında fosfor değerinin bitki beslenmesi açısından yeterli olduğu belirtilmiştir (Alpaslan ve ark. 1998).

Denemede kullanılan toprak mikro elementler açısından değerlendirildiğinde, yüksek oranda Cu 0.87 mg kg^{-1}, düşük miktarda Fe 1.45 mg kg^{-1}, yüksek miktarda Mn 4.26 mg kg^{-1} ve düşük miktarda Zn 0.19 mg kg^{-1} içermektedir (Lindsay and Norvell, 1978). Ayrıca toprakta alınabilir SO_4-S konsantrasyonunun belirlenmesinde Blair ve ark. (1991) tarafından geliştirilen metodun Bloem ve ark. (2002)'larınca modifiye edilmiş yöntemiyle belirlenmiştir. Deneme toprağı yeterli miktarda SO_4-S'i (22.5 mg kg^{-1}) içermektedir.

3.1.3 Denemede Kullanılan Mısır Çeşitleri

Denemede, bölgede yaygın olarak kullanılan ve yüksek verim gücüne sahip ve farklı genotipik özelliklerde olan Sele, Brasco ve Tiater çeşitleri kullanılmıştır.

3.2 Metot

3.2.1. Sera Denemesi

Deneme, 2005 yılı Mart ayında toprak sıcaklığının mısır gelişimi için elverişli olduğu 10 ^oC'ye ulaştığı dönemde kurulmuş olup, 8 hafta sonra toprak yüzeyinden hasat edilmiştir. Deneme, bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 yinelemeli olarak kurulmuştur. Üç farklı genotipin (Sele, Brasco ve Tiater) ekildiği denemede, 5 farklı dozda P, ($CaH_4O_8P_2$ formunda 0, 25, 50, 100 ve 200 mg kg^{-1}), 2 farklı dozda S, ($(NH_4)_2 SO_4$ formunda 0, 100 mg kg^{-1}) ve 2 farklı dozda Zn ($ZnSO_4$ formunda 0, 5 mg kg^{-1}) uygulanmıştır. Her saksıya 8 adet tohum ekilmiş olup, daha sonra çimlenmeyi takiben 3 adede seyreltme yapılmıştır.

Ekim öncesi temel gübreleme olarak 400 mg N kg^{-1} (NH_4NO_3), 100 mg K kg^{-1} (KNO_3), saf suda çözülerek her saksıya azot dozu ayarlanarak eşit miktarda verilmiştir. Bitkinin ihtiyaç duyduğu miktarlarca ve tarla kapasitesini aşağı-yukarı koruyacak şekilde saf su ile sulama yapılmıştır.

Bitkiler, ekim yapıldıktan 8 hafta sonra, toprak yüzeyinden 1 cm yükseklikten kesilerek hasat edilmiştir. Hasat edildikten sonra yıkanıp, kese kağıtlarına konularak 65 ^{0}C'de kurutulup, agat değirmende öğütülerek, analize hazırlanmıştır. Kök örnekleri de yıkanarak sayım için alt örnek alınmış ve geri kalan örnekler 65 ^{0}C' de kurutulmuştur.

3.2.2. Toprak Analizleri

Toprak örnekleri, deneme alanını temsil edecek şekilde 0-30 cm toprak derinliğinden alınarak kurutulmuş olup, 2 mm'lik elekten geçirilmiş ve analize hazır hale getirilmiştir (Richard, 1954).

Toprakların bünye analizleri, hidrometre yöntemi ile (Bouyocous, 1951), toprak reaksiyonu (pH), cam elektrotlu Beckman pH metresi ile doygunluk çamurunda ölçülmüştür (U. S. Salinity Laboratory Staff, 1954).

Total tuz, örneklerin doygunluk çamuru hazırlanarak kondaktivite aleti ile elektriksel geçirgenliğin ölçülmesi suretiyle belirlenmiştir (U.S. Soil Survey Staff, 1951). Kireç, Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir (Schlichting ve Blume, 1966). Organik madde Lichterfelder yaş yakma yöntemine (Schlichting ve Blume, 1966) göre yapılmıştır.

Yarayışlı fosfor analizinde kullanılan sodyum bikarbonat çözeltisi ilk defa Olsen ve ark., (1954) tarafından geliştirilmiş ve bu yöntemin değiştirilmiş şeklinde, askorbik asit ve çok düşük konsnatrasyonda antimonil içeren asitlendirilmiş tek bir amonyum molibdat çözeltisi kullanılması ile yapılmıştır (Watanabe ve Olsen, 1965; Murphy ve Riley, 1962).

Toprak örneklerinde alınabilir Fe, Zn, Mn ve Cu analizi kireçli topraklar için geliştirilen DTPA-TEA ekstraksiyon çözeltisi kullanılarak yapılmıştır (Lindsay and Norvell, 1978).

Toprakta alınabilir SO_4-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 3 saat süreyle horizontal bir çalkalayıcıda 100 dev/dak'da çalkalanmıştır. İşlemin ardından süspansiyon mavi bantlı filtre kağıdından süzülmüş ve elde edilen süzük ICP' de (Inductively-Coupled Plasma) 182.037 nm dalga boyunda ölçülmüştür.

3.3. Bitki Analizleri

Deneme sonucunda hasat edilen bitki örnekleri normal su, yıkama çözeltisi olan saf su ile yıkanıp 65^{o}C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş (Walsh ve Beaton, 1973) ve öğütülerek kimyasal analize hazırlanmıştır.

Öğütülmüş bitki örneklerinden 200 mg porselen kroze içerisine tartılıp kül fırınında 550 ^{o}C'de 5 saat 30 dakika yakıldıktan sonra örnekler soğumaya bırakılmış ve soğuyan örneklerin üzerine 0.3 M HCl çözeltisinden 2 ml eklenerek son hacim saf su ile 20 ml'ye tamamlanmıştır ve kül-sıvı karışımı mavi bant filtre kağıdından süzülmüştür. Bitkideki fosfor içeriği fosfor konsantrasyonuna bağlı olarak oluşan molibdofosforik mavi renk; askorbik asit ve çok düşük konsantrasyonda antimonil içeren asitlendirilmiş tek bir amonyum molibdat çözeltisi kullanılması ile yapılmıştır (Murphy ve Riley, 1962). Renklendirme sonrası bitki örnekleri fosfor için spektro fotometrik yolla (Olsen ve Watanabe, 1957), standart kurve yardımı ile spektrofotometre aletinde okunmuştur.

Bitkideki çinko içeriği, daha önce kuru yakma yöntemi ile kül fırından yakılarak 0.3 M HCl çözeltisi ile süzülen ve saf su ile belirli bir hacme tamamlanmış olan süzükler Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre aletinde okunarak ölçülmüştür.

Bitkide protein içeriğinin hesaplanabilmesi açısından gerekli olan total N (Bremner, 1965) analizleri yapılmıştır. Bitki örneklerinde N analizi Kjeldahl destilasyon yöntemiyle yapılmıştır. Bu yöntemin esası H_2SO_4 ile yaş yakılan bitki örneğindeki organik N'u NH_4-N'u şekline dönüştürmek ve alkali ortamda yapılan destilasyon sonucu açığa çıkan ve borik asit içinde yakalanan NH_3 miktarından bitkilerin toplam N miktarını belirlemektir.

Bitkide kükürt içeriği, öğütülmüş bitki örneklerinden 0.125 g alınıp yaş yakma metoduna göre MİLESTTONE marka mikrodalga fırınında H_2O_2-HNO_3 asit karışımında yarım saat süreyle yakılıp, mavi bantlı filtre kağıdından süzülmüştür. Süzülen örneklerin son hacmi saf su ile 20 ml' ye tamamlanmış ve elde edilen süzük ICP cihazında 182.037 nm dalga boyunda okunmuş ve S miktarı ölçülmüştür.

Bitki kök uzunluğu Tennant (1975) yöntemine göre belirlenmiştir.

3.4. Verilerin Değerlendirilmesi

Denemeye ait bitki ve kök verileri SPSS 10.0 bilgisayar paket programı kullanılarak değerlendirilmiş ve yorumu yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bitki Kuru Ağırlığı

Araştırmada beş farklı dozda fosfor (0, 25, 50, 100 ve 200 mg kg^{-1}) uygulaması, iki farklı dozda kükürt (0, 100 mg kg^{-1}) ve iki farklı dozda çinko (0, 5 mg kg^{-1}) uygulamalarının üç farklı mısır çeşidinde bitki kuru madde verileri üzerine etkisini gösteren ortalamalar çeşitler genelinde Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3'de verilmiştir.

Brasco mısır çeşidinde artan dozlarda uygulanan fosforun, bitki kuru ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak 0.001 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kontrol dozunda ortalama değer 4.1 g/saksı, 25 mg kg^{-1} dozunda 14.2 g/saksı ve uygulamanın en yüksek dozu olan 200 mg kg^{-1} dozunda ise bu değerin 22.3 g/saksıya yükseldiği ve % 443'lük bir artışın olduğu belirlenmiştir. Bu durum göstermektedir ki bitki kuru ağırlığı artan fosfor dozlarının uygulanması ile olumlu yönde etkilenmektedir (Tablo 1).

Yine Brasco çeşidinde, Zn uygulamasının bitki kuru ağırlığını istatistiksel olarak 0.001 önem düzeyinde etkilediği görülmektedir. Fosfor ve çinkonun kontrol dozlarında bitki kuru ağırlık değeri 4.6 g/saksı, 5 mg kg^{-1} dozunda ise 3.6 g/saksı bulunmuştur. Fosforun 25 mg kg^{-1} dozu ve çinkonun kontrol uygulamasında bitki kuru ağırlık değeri 10.6 g/saksı, 5 mg kg^{-1} dozunda ise 17.7 g/saksı olduğu bulunmuştur. Fosforun 200 mg kg^{-1} dozu ve çinkonun kontrol dozunda bitki kuru ağırlığı 11.7 g/saksı iken 5 mg kg^{-1} dozunda 32.8 g/saksı' ya yükselmiştir. Artan fosfor dozları ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko bitki kuru ağırlığını istatistiksel olarak 0.001 önem düzeyinde etkilemektedir. Ancak Brasco çeşidinde kükürt uygulamalarının bitki kuru ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Brasco çeşidinde fosfor x çinko interasksiyonunun bitki kuru ağırlığı üzerine etkisi 0.001 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ancak, fosfor x kükürt interaksiyonu, kükürt x çinko interaksiyonu ve fosfor x kükürt x çinko interaksiyonları ise önemli bulunmamıştır (Tablo 1).

Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda özellikle fosforun ürün gelişimi için mutlak gerekli bir element olduğu (Ragothama, 1999; Dodor ve ark., 2003) fosfor

noksanlığının genel olarak bitki kuru madde miktarında, ürün veriminde, fotosentez aktivitesinde, yaprak alan indeksi gibi bitki parametrelerinde düşüşe neden olduğu belirtilmiştir (Colomb ve ark., 2000; Plenet, 2000).



Şekil 4.1. Sera Mısır Denemesinden Görüntüler (Soldan sırayla; Fosfor 0, 25, 50, 100, 200 ppm dozları; Kükürt 0 ppm; Çinko 5 ppm)

Tablo 1. Brasco Çeşidinde Artan Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Bitki ve Kök Kuru Ağırlık Değerleri ve Kök Uzunluğuna Etkisi

Uygulamalar (mg / kg)			Bitki Kuru Ağırlığı	Kök Kuru Ağırlığı	Kök Uzunluğu
P	S	Zn	(g/ saksı)	(g / saksı)	(mm /saksı)
0	0	0	4.5	2.1	11375.5
0	0	5	3.8	1.2	10857.8
0	100	0	4.7	1.8	33610.6
0	100	5	3.5	1.7	38692.2
25	0	0	10.0	5.2	21520.8
25	0	5	17.6	7.3	35019.4
25	100	0	11.2	6.1	21753.3
25	100	5	17.9	8.7	28141.1
50	0	0	11.3	7.1	23297.0
50	0	5	26.2	12.6	42725.4
50	100	0	13.3	7.1	21429.0
50	100	5	23.8	10.1	33967.6
100	0	0	13.7	7.8	56450.5
100	0	5	30.6	14.5	44461.3
100	100	0	9.5	5.5	22941.9
100	100	5	31.5	12.6	29964.3
200	0	0	12.6	6.5	29327.0
200	0	5	31.5	13.6	35052.3
200	100	0	10.9	6.9	22931.2
200	100	5	34.1	17.1	16517.8
F Testi	P		***	***	ÖD
	S		ÖD	ÖD	ÖD
	Zn		***	***	ÖD
	P*S		ÖD	ÖD	*
	P*Zn		***	***	ÖD
	S*Zn		ÖD	ÖD	ÖD
	P*S*Zn		ÖD	ÖD	ÖD

*, **, ***, ÖD, sırası ile istatistiksel olarak 0.05, 0.01, 0.001 önem değerlerini ve önemli değili göstermektedir.

Mısır ile ilgili yapılan sera denemesi sonuçlarına göre çeşitler arasında kuru madde verimleri ve fosfor kullanımları arasında önemli farklılıkların olması bu çeşitler arasında fosfor kullanım etkinliklerinin farklı olduğunu göstermektedir. Mısır bitkisinin fosfor noksanlığı altında genotipik farklılıklarından dolayı fosfor kullanım etkinliklerinin farklı olduğu literatürlerde bildirilmiştir (Öktem ve Ülger, 1998; Dodor ve ark., 2003; Li ve ark., 2004).

Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda özellikle fosforun bitki gelişimi açısından mutlak gerekli bir element olduğu (Schactman ve ark., 1998; Rausch and Bucher, 2002; Vance ve ark., 2003), noksanlığında bitki verim parametrelerinin önemli oranlarda düşüş gösterdiği ve uygulanan fosforun ürün gelişimi ile birlikte verim parametrelerinde de önemli artışlar sağladığı birçok araştırmacı (Fageria ve Baligar, 1997; Alves ve ark., 2001; Bhadoria ve ark., 2004; Liu ve ark., 2004) tarafından bildirilmiştir. Fosfor noksanlığında bitkilerin özellikle kuru ağırlıklarında ve yaprak alanlarında önemli bir azalma söz konusu olup, bunun sonucu olarak bitki gelişimi ve fotosentez olumsuz yönde etkilenmektedir (Colomb, 2000; Rodriguez ve ark., 2000).

Sele mısır çeşidinde uygulanan fosfor dozlarının bitki kuru ağırlığını önemli ölçüde etkilediği görülmektedir. Tablo 2 incelendiğinde kontrol dozunda ortalama bitki kuru ağırlık değeri 5.5 g/saksı, 25 mg kg^{-1} dozunda 13.5 g/saksı ve uygulamanın en yüksek dozu olan 200 mg kg^{-1} dozunda 22.7 g/saksı değerine yükselmiş ve bitki kuru ağırlığında % 312'lik bir artışın olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca fosforun bitki kuru ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak 0.001 düzeyinde belirlenmiştir.

Aynı Tablo'da bitki kuru ağırlığı üzerine çinkonun da olumlu yönde etkili olduğu ve istatistiksel olarak 0.001 düzeyinde etkilendiği görülmektedir. Fosforun ve çinkonun 0 mg kg^{-1} dozunda bitki kuru ağırlık değeri 5.8 g/saksı, çinkonun 5 mg kg^{-1} dozunda ise bu değer 5.2 g/saksıdır. Fosforun 25 mg kg^{-1} dozunda, çinkonun 0 mg kg^{-1} dozunda bitki kuru ağırlık değeri 10.5 g/saksı, 5 mg kg^{-1} dozunda 16.4 g/saksı değerindedir. Fosforun en yüksek dozu olan 200 mg kg^{-1} dozunda, çinko 0 mg kg^{-1} dozunda bitki kuru ağırlık değeri 11.6 g/saksı, 5 mg kg^{-1} dozunda ise 33.8 g/saksı olarak belirlenmiştir. Bu değerlerden de anlaşılacağı gibi artan çinko

uygulamaları ile birlikte bitki kuru ağırlık değerleri de artmaktadır. Sele çeşidinde kükürt uygulamasının bitki kuru ağırlığı üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Sele çeşidinde bitki kuru ağırlığı üzerine fosfor x çinko interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak 0.001 önem seviyesinde bulunmuştur. Fosfor x kükürt, kükürt x çinko, fosfor x kükürt x çinko interaksiyonları incelendiğinde ise bitki kuru ağırlığı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Tablo 2. Sele Çeşidinde Artan Dozlarda Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Bitki ve Kök Kuru Ağırlık Değerleri ve Kök Uzunluğuna Etkisi

Uygulamalar (mg / kg)			Bitki Kuru Ağırlığı	Kök Kuru Ağırlığı	Kök uzunluğu
P	S	Zn	(g / saksı)	(g / saksı)	(mm / saksı)
0	0	0	4.9	1.8	17661.2
0	0	5	5.4	2.0	19062.9
0	100	0	6.8	1.8	13626.8
0	100	5	5.1	1.4	12630.4
25	0	0	11.5	4.0	21580.3
25	0	5	15.9	6.9	20897.2
25	100	0	9.6	3.7	16613.6
25	100	5	17.0	5.4	25245.7
50	0	0	10.4	4.0	20218.8
50	0	5	30.7	8.5	27623.4
50	100	0	9.9	3.7	16385.1
50	100	5	32.1	13.3	38186.9
100	0	0	13.6	5.4	51884.5
100	0	5	35.3	13.5	39728.8
100	100	0	12.5	4.1	28806.2
100	100	5	32.6	9.4	34395.4
200	0	0	10.0	3.9	50526.5
200	0	5	35.3	10.4	34317.0
200	100	0	13.3	6.0	17101.7
200	100	5	32.3	9.2	37422.4
F Testi					
P			***	***	***
S			ÖD	ÖD	*
Zn			***	***	ÖD
P*S			ÖD	ÖD	ÖD
P*Zn			***	***	ÖD
S*Zn			ÖD	ÖD	**
P*S*Zn			ÖD	ÖD	ÖD

*, **, ***, ÖD, sırası ile istatistiksel olarak 0.05, 0.01, 0.001 önem değerlerini ve önemli değili göstermektedir.

Tiater mısır çeşidinde fosfor dozlarının bitki kuru ağırlığını istatistiksel olarak 0.001 önem düzeyinde etkilediği Tablo 3'de görülmektedir. Kontrol dozunda ortalama bitki kuru ağırlık değeri 5.0 g/saksı, 25 mg kg^{-1} dozunda 15.1 g/saksı ve uygulamanın en yüksek dozu olan 200 mg kg^{-1} dozunda ise 24.5 g/saksıya yükseldiği ve bunların aralarındaki artışın % 390 olduğu hesaplanmıştır.

Çinko uygulamasının bitki kuru ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak 0.001 önem düzeyinde olduğu bulunmuştur. Diğer çeşitlerde olduğu gibi artan kükürt dozlarının bitki kuru ağırlığı üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir (Tablo 3).

Fosfor x çinko interaksiyonu 0.001 düzeyinde önemli, kükürt x çinko interaksiyonu ise 0.05 düzeyinde önemli bulunurken, fosfor x kükürt interaksiyonu ile fosfor x kükürt x çinko interaksiyonları istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Bukvic ve ark. (2003)' larının mısır bitkisi üzerinde yaptıkları bir çalışmada, fosfor ve çinko gübrelerinin bitkinin kuru madde verimine etkilerini araştırmışlar ve toprağa uygulanan gübre dozunun artışı ile bitki yapraklarındaki element konsantrasyonunun arttığını gözlemlemişlerdir. Bu doğru orantı hem fosfor hem de çinko için ayrı ayrı ölçülmüştür.

Tablo 3. Tiater Çeşidinde Artan Dozlarda Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Bitki ve Kök Kuru Ağırlık Değerleri ve Kök Uzunluğuna Etkisi

Uygulamalar (mg / kg)			Bitki Kuru Ağırlığı	Kök Kuru Ağırlığı	Kök Uzunluğu
P	S	Zn	(g / saksı)	(g / saksı)	(mm / saksı)
0	0	0	5.3	2.0	11811.2
0	0	5	4.5	1.8	10002.3
0	100	0	5.3	1.5	11326.4
0	100	5	5.0	2.1	11234.9
25	0	0	13.7	4.9	26932.7
25	0	5	16.7	6.3	31969.9
25	100	0	14.7	5.9	22180.9
25	100	5	15.5	5.5	22041.7
50	0	0	14.8	7.9	23909.9
50	0	5	30.3	12.9	40290.7
50	100	0	23.2	6.6	43551.8
50	100	5	24.3	8.6	28303.7
100	0	0	14.6	5.9	21229.3
100	0	5	26.5	9.5	39469.8
100	100	0	20.7	8.6	30670.4
100	100	5	28.4	8.6	28594.9
200	0	0	18.6	7.8	36962.3
200	0	5	29.9	11.8	36181.2
200	100	0	19.4	7.8	26669.8
200	100	5	30.3	10.7	26820.1
F Testi					
P			***	***	***
S			ÖD	ÖD	ÖD
Zn			***	***	ÖD
P*S			ÖD	*	ÖD
P*Zn			***	*	ÖD
S*Zn			*	*	ÖD
P*S*Zn			ÖD	ÖD	ÖD

*, **, ***, ÖD, sırası ile istatistiksel olarak 0.05, 0.01, 0.001 önem değerlerini ve önemli değili göstermektedir.

Konu ile ilgili yapılan bir çalışmada Fageria ve Baligar (1997) düşük ve yüksek fosfor koşullarında yetiştirilen mısır genotiplerinin bitki ağırlıkları gövde ve kök ağırlıkları, besin elementi alımı ve kullanımı açısından önemli farklılıklar gösterdiklerini rapor etmişlerdir. Bu nedenle gübreleme programında yetiştirilecek olan bitki çeşitlerinin de genotipik farklılıklardan dolayı fosfora karşı olan duyarlılıklarının farklı olacağı dikkate alınmalıdır (Horst ve ark., 2002; Hammond ve ark., 2004).

Bitki kuru ağırlığı, tablolarından da görüldüğü gibi 100 mg kg^{-1} S uygulamasıyla kuru madde de önemli bir artış olmamıştır. Çünkü deneme toprağında 22.5 mg kg^{-1} S yeterli düzeyde bulunmaktadır. Kuru madde miktarı P ve Zn uygulamalarından etkilenmiştir.

4.2. Kök Kuru Ağırlığı

Mısır çeşitlerine uygulanan fosfor ve çinko uygulamalarının kök kuru ağırlığı üzerine etkisi 0.001 düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunurken, kükürt uygulamasının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Tablo 1, 2, 3).

Fosforun kontrol uygulamasında Brasco'nun ortalama kök kuru ağırlık değeri 1.7 g/saksı, 25 mg kg^{-1} dozunda 6.8 g/saksı ve 200 mg kg^{-1} dozunda ise kök kuru ağırlık değerinin 11.0 g/saksıya yükseldiği görülmektedir. Bu durum, artan dozlarda fosfor uygulamasıyla kök kuru ağırlığında da bu artışa paralel olarak bir artışın olduğunu göstermektedir (Tablo 1). Kök kuru ağırlığı üzerine fosfor x çinko interaksiyonu 0.001 düzeyinde önemli bulunmuş, bunun yanı sıra fosfor x kükürt, kükürt x çinko, fosfor x kükürt x çinko interaksiyonları ise önemli bulunmamıştır (Tablo 1).

Tablo 2'i incelediğimizde Sele mısır çeşidinde artan dozda fosfor uygulamasının kök kuru ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak 0.001 önem seviyesinde bulunmuştur. Fosforun kontrol uygulamasında ortalama kök kuru ağırlık değeri 1.7 g/saksı, 25 mg kg^{-1} dozunda 5.0 g/saksı ve en yüksek uygulama dozu olan 200 mg kg^{-1} da kök kuru ağırlık değeri 7.3 g/saksı değerine yükselmiştir. Bu durum artan fosfor dozları ile birlikte kök kuru ağırlık değerinin de artığını göstermektedir. İstatistiksel olarak çinko uygulaması da 0.001 düzeyinde önemli

bulunmuş, ancak kükürt uygulaması önemli görülmemiştir. Fosfor x çinko interaksiyonunun kök kuru ağırlığı üzerine etkisi 0.001 düzeyinde önemli bulunmuştur. Fosfor x kükürt, kükürt x çinko ve fosfor x kükürt x çinko interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Tiater mısır çeşidi için artan dozda uygulanan fosfor ve çinkonun kök kuru ağırlığını 0.001 önem düzeyinde etkilediği, fakat kükürt uygulamasının önemli olmadığı görülmektedir. Fosforun kontrol uygulamasında ortalama kök kuru ağırlık değeri 1.8 g/saksı, 25 mg kg^{-1} dozunda 5.6 g/saksı iken, 200 mg kg^{-1} dozunda 9.7 g/saksı değerine yükselmiştir. Fosfor x kükürt , fosfor x çinko , kükürt x çinko interaksiyonları 0.05 önem seviyesinde, fosfor x kükürt x çinko interaksiyonu ise önemsiz bulunmuştur.

4.3. Kök Uzunluğu

Genellikle araştırmacılar mısır bitkisinde fosfor noksanlığında kök/gövde oranının yüksek olduğunda hem fikirdirler (Anghinoni ve Barber, 1980; Rosolem ve ark., 1994; Sicher ve Kremer, 1988; Freeden ve ark., 1989; Paul ve Stitt, 1993; Çakmak ve ark., 1994; Rychter ve Randall, 1994; Ciereszko ve ark., 1996; Horst ve ark., 1996). Fosfor noksanlığında mısır bitkisi, kök gelişimini artırarak kök/gövde oranını artırır ve bu şekilde fosfordan daha etkin bir şekilde yararlanmaktadır (Ahmad ve ark., 2001).

Liu ve ark., (2004) mısır bitkisiyle yaptıkları çalışmada P-etkin ve P-etkin olmayan, 2 farklı mısır çeşidi kullanmışlar ve özellikle düşük fosfor koşullarında fosforun topraklardan bitki tarafından alınabilmesinde kök sağlılarının çok önemli olduğunu, fosfor noksanlığında malic ve tartaric asit salgılarını, bununla birlikte asit fosfataz (apase) aktivitesinde de önemli bir artış olduğunu bildirmişlerdir. P noksanlığında yüksek adaptasyon kapasitesine sahip olan çeşitte kök uzunluğu, kök ağırlığı ve kök yüzey alanı artmış ve buna ek olarak kökler yüksek oranlarda proton salgılayarak, rizosfer pH'ını düşürmek koşuluyla kireçli topraklarda yarayışsız durumda olan P'un yarayışlılığı artmıştır.

Kök biomasında ve kök uzunluğunda fosfor noksanlığı tartışma konusudur. Anghinoni ve Barber (1980) yaptıkları P noksanlığı çalışmalarında, 12 gün

içerisinde mısır bitkisinde kök uzunluğunun ve kök ağırlığının artığını tespit etmişlerdir. Bunun zıttı olarak Khamis ve ark. (1990) P noksanlığının mısırda kök biomasında etkisinin olmadığını gözlemlemişlerdir.

Genotipik farklılıklarından dolayı mısır genotiplerinin fosfor noksanlığı olan koşulları ile fosforun mısır gelişimi için yeterli olduğu koşullar karşılaştırıldığında, yetersiz P koşullarında yetiştirilen mısır genotiplerinin her biriminde 2-3 kat daha fazla asit fosfataz aktivitesinin olduğu ve fosfor alımının arttırıldığı belirtilmiştir (Yun ve ark., 2001). Yapılan araştırmada, 12 hibrit mısır bitkisi çeşidi kullanarak P noksanlığındaki tepkilerini araştıran araştırıcılar, P noksanlığında hibrit çeşitler arasında belirgin farklılıkların olduğunu ancak bu farklılıkların genotipik özelliklerden çok etkin çeşitlerde tohumdaki farklı P konsantrasyonlarından kaynaklandığını bildirmişler, ayrıca fosfora etkin çeşitlerde bitki kök uzunluklarının arttığını, P etkin olmayan çeşitlerde ise bu karakteristik değişimlerin önemli olmadığını bildirmişlerdir (Alves ve ark., 2001).

Tablo 1 incelendiğinde Brasco çeşidinde artan dozda fosfor, kükürt ve çinko uygulamalarının kök uzunluğu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. İnteraksiyonlar değerlendirildiğinde fosfor x kükürt interaksiyonu 0.05 düzeyinde önemli bulunmuş, fosfor x çinko, kükürt x çinko ve fosfor x kükürt x çinko interaksiyonları istatistiksel olarak önemli görülmemiştir.

Sele mısır çeşidinde fosfor uygulamasının kök uzunluğuna etkisi istatistiksel olarak 0.001, S uygulamasının ise kök uzunluğuna etkisi 0.05 önem düzeyinde saptanırken, artan dozda uygulanan çinkonun önemli bir etkisi görülmemiştir.

Sele çeşidinde artan dozlarda uygulanan fosforun kök uzunluğuna etkisi Tablo 2'de incelendiğinde, kontrol dozunda ortalama kök uzunluğunun 15745.3 mm/saksı, 25 mg kg^{-1} dozunda 21084.2 mm/saksı ve yüksek doz olan 200 mg kg^{-1} kök uzunluğu 34841.9 mm/saksı olduğu ve fosfor dozunun artmasıyla birlikte kök uzunluk değerinin de arttığı görülmektedir.

Kükürt x çinko interaksiyonunun kök uzunluğu üzerine etkisi 0.01 düzeyinde önemli bulunmuş, bunun yanı sıra fosfor x kükürt, fosfor x çinko ve fosfor x kükürt x çinko interaksiyonu önemli bulunmamıştır.

Tiater mısır çeşidinin kök uzunluğu ise sadece fosfor uygulamasından 0.001 önem düzeyinde istatistiksel olarak etkilenmiştir. Artan dozda uygulanan kükürt ve çinkonun kök uzunluğu üzerine etkisi önemli bulunmamıştır. Tiater mısır çeşidinde fosforun kontrol uygulamasında kök uzunluk değeri ortalama olarak 11093.7 mm/saksı, 25 mg kg^{-1} dozunda değer 25781.3 mm/saksı ve en yüksek doz olan 200 mg kg^{-1} da 31658.3 mm/saksı değerine yükselmiştir.

Kök uzunluğu üzerine fosfor x kükürt, fosfor x çinko, kükürt x çinko ve fosfor x kükürt x çinko interaksiyonu önemli bulunmamıştır.

Fosfor noksanlığı çeken bitkiler, kök/yeşil aksam oranını artırarak P eksikliğine karşı önemli bir mekanizma geliştirmişlerdir. Silberbush ve Barber (1983) yaptıkları çalışmada, fosfor alımına etkili en önemli bitkisel faktörlerin kök büyüme hızı ve kök çapı olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca mısır (Anghinoni ve Barber, 1980), bakla (Haynes ve Ludecke, 1981) fosfor eksikliğinde kök uzaması ve ince kök oluşumunu artırdığını belirtmişlerdir.

Bitkiler fosfordan yararlanabilmek için özellikle kök yapılarında değişiklik yaparak kök yüzey alanını, kök ağırlığını ve miktarını artırırlar, kök tüyleri ve organik salgılar da düşük fosfor yarayışlılığını artırmada önemli fonksiyona sahiptirler (Stone ve ark., 2003).

Toprakta düşük fosfor konsantrasyonlarında bitki beslenmesi açısından bitkilerin kök morfolojileri oldukça önemlidir. Toprakta yararlı fosfordan bitkilerin yararlanmasında türler arasındaki farklılıklar kısmen; kök morfolojisindeki farklılıklar yoluyla açıklanmaktadır (Barley, 1970; Shane ve ark., 2003). Fosfor alımında etkili olan en önemli bitkisel parametreler kök büyüme hızı, kök çapı, kök uzunluğu, kök/yeşil aksam oranı ve kılcal kök yoğunluğu olarak sıralanabilir (Marshner, 1997).

Genetik farklılıklarından dolayı kök tüyleri daha iyi gelişen çeşitlerde, asit fosfotaze enzim aktivitesi daha yüksek olmaktadır. Bu durumdan dolayı da fosfor noksanlığı ve kılcal kökler arasında P'un yarayışlılığı açısından olumlu bir ilişki bulunmaktadır. Kök tüylerinin toprakta bulunan organik ve inorganik fosfordan daha fazla yararlandıkları ve fosfor alımında kök tüylerinin önemli bir fonksiyonu

olduğu bilinmektedir (Gahoonia ve ark., 2001; Wasaki ve ark., 2003; Li ve ark., 2004).

4.4. Fosfor Konsantrasyonu ve Bitkice Kaldırılan Fosfor

Bitkilerin kaldırdıkları fosfor miktarları, bitki dokularındaki fosfor konsantrasyonu ve kuru madde ağırlıkları dikkate alınarak hesaplanmıştır. Mısır bitkisi ile yapılan çalışmada kuru madde verimleri ve bitkilerin fosfor kullanımları arasında önemli farklılıklar olduğu görülmüştür. Öktem ve Ülger (1998) ve Yun ve ark., (2001) adlı araştırıcılar da mısır bitkisinin çeşitleri arasında fosfor kullanımı açısından farklılıklar gösterdiğini bildirmişlerdir.

Aynı bitki çeşidinin farklı genotipleri arasında fosfor kullanım etkinliği yönünden farklılıklar bulunabilmektedir. Diğer taraftan, bitki ne kadar hızlı büyüyen bir tür ise toprağın fosfat intensitesinin de o ölçüde fazla olması gerekir. Kök sistemi zayıf oluşan çeşitler için yüksek fosfat intensitesi gereklidir (Barber ve Thomas, 1972). Fageria ve Baligar (1997), oksilos bir toprak yapısına sahip bir alanda, 9 mısır çeşidine 0-150 mg P/kg toprağa fosfor uygulamışlardır. Bitki ağırlığında sürgün ve kök ağırlığında, kök kuru ağırlığı, köklerde ve sürgünlerde P alımı ve P kullanım etkinliği üzerine önemli farklılıklar bulmuşlardır. Literatürlerde sınırlı fosfor varlığına ya da gübrelemesine karşın diğer genotiplere göre daha yüksek oranlarda biyokütle veya verim oluşturabilen genotipler P'ca etkin genotipler olarak tanımlanmaktadır (Graham, 1984; Karaman ve Şahin, 2003).

Çeşitlere ait fosfor içerikleri Tablo 4'te verilmiştir. Artan fosfor dozlarının bitkide fosfor içeriğini istatistiksel olarak 0.001 önem düzeyinde etkilediği görülmektedir. Kontrol uygulamasında bitkideki fosfor değeri ortalama olarak %0.09, 25 mg kg^{-1} dozunda %0.14, en yüksek 200 mg kg^{-1} uygulamasında ise % 0.21'e çıkmıştır.

Aynı şekilde artan dozda uygulanan Zn'nun da Brasco mısır çeşidinde bitkideki fosforu istatistiksel olarak 0.001 önem seviyesinde etkilediği görülmektedir. Bunun yanı sıra bitki P'unu kükürt uygulamasının etkilemediği de istatistiksel olarak belirlenmiştir.

Fosfor ve çinko dozlarındaki değişimler bitkinin fosfor konsantrasyonunu da etkilemektedir (Rupa ve ark., 2003).

Çeşitler arasında fosfor içeriği açısından farklılıklar belirlenirken artan dozlarda fosfor uygulamaları ile birlikte bitki dokularında fosfor konsantrasyonu da yükselmiştir. Konu ile ilgili yapılan benzer çalışmada fosfor uygulamalarının bitkideki fosfor konsantrasyonunu arttırdığı belirtilmiştir (Korkmaz, 2005).

Çinko uygulamalarının istatistiksel olarak önemli ölçüde bitki dokularındaki fosfor konsantrasyonunu arttırdığı tespit edilmiştir (Arya ve Singh, 2002). Minimum yasası gereği, çinko eksikliği olan toprağa bitkinin ihtiyacı olan çinko uygulandığında, bitki daha düzenli beslenmektedir (Bukvic ve ark., 2003). Daha önce var olmasına rağmen alamadığı fosforu da çinko beslenme statüsü iyileştiği için daha iyi alabilmektedir (Li ve ark., 2003).

Bitkideki fosforu istatistiksel olarak fosfor x çinko interaksiyonu 0.001, kükürt x çinko interaksiyonu 0.01, fosfor x kükürt x çinko interaksiyonu 0.05 önem seviyesinde etkilemiştir. Fosfor x kükürt interaksiyonu ise önemsiz bulunmuştur.

Artan P ve Zn dozlarının kökte P içeriğini istatistiksel olarak 0.001 önem düzeyinde etkilediği Tablo 4'te görülmektedir. Kükürt uygulamasının ise kökteki fosfor değerini 0.05 önem seviyesinde etkilediği belirlenmiştir. Artan fosfor dozlarının uygulamasında kontrol dozunda kökteki fosfor değeri ortalama olarak % 0.08, 25 mg kg^{-1} dozunda % 0.09 ve en yüksek 200 mg kg^{-1}'da % 0.11'e yükselmiştir. Fosfor x çinko interaksiyonunun 0.01, fosfor x kükürt, kükürt x çinko ve fosfor x kükürt x çinko interaksiyonlarının ise önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Bitkice kaldırılan P istatistiksel olarak 0.001 önem seviyesinde bulunmuştur. Kontrol dozunda bitkice kaldırılan fosfor değeri ortalama olarak 4.0 mg/saksı, 25 mg kg^{-1} dozunda 18.8 mg/saksı ve en yüksek dozda 34.1 mg/saksı değerine ulaşmıştır. Artan dozda Zn ve S uygulamalarının bitkice kaldırılan fosfor üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Kükürt x çinko interaksiyonu 0.05 düzeyinde önemli, fosfor x kükürt, fosfor x çinko ve fosfor x kükürt x çinko interaksiyonları ise önemsiz bulunmuştur.

Tablo 4. Brasco Çeşidinde Artan Dozlarda Uygulanan Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Bitkide Azot ve Fosfor Değerlerine Etkisi

Uygulamalar (mg/kg)			Bitkide Azot	Bitkide Fosfor	Kökte Fosfor	Bitkice Kaldırılan Fosfor
P	S	Zn	(%)	(%)	(%)	(mg / saksı)
0	0	0	3.42	0.09	0.08	4.2
0	0	5	3.36	0.10	0.11	4.0
0	100	0	2.66	0.11	0.09	4.6
0	100	5	2.93	0.09	0.07	3.3
25	0	0	2.98	0.18	0.11	18.1
25	0	5	2.00	0.11	0.10	17.2
25	100	0	2.47	0.18	0.09	19.5
25	100	5	2.27	0.12	0.09	20.7
50	0	0	2.61	0.20	0.11	22.8
50	0	5	1.60	0.12	0.11	32.4
50	100	0	2.47	0.19	0.10	25.9
50	100	5	1.70	0.11	0.07	25.2
100	0	0	2.44	0.21	0.13	28.2
100	0	5	1.49	0.12	0.09	36.3
100	100	0	2.76	0.30	0.13	28.6
100	100	5	1.50	0.08	0.08	26.2
200	0	0	2.25	0.30	0.13	31.7
200	0	5	1.48	0.10	0.10	32.9
200	100	0	2.88	0.35	0.13	38.2
200	100	5	1.49	0.11	0.09	33.5
F Testi						
P			***	***	***	***
S			ÖD	ÖD	*	ÖD
Zn			***	***	***	ÖD
P*S			ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
P*Zn			*	***	**	ÖD
S*Zn			ÖD	**	ÖD	*
P*S*Zn			ÖD	*	ÖD	ÖD

*, **, ***, ÖD, sırası ile istatistiksel olarak 0.05, 0.01, 0.001 önem değerlerini ve önemli değili göstermektedir.

Sele mısır çeşidinde artan dozda fosfor, çinko ve kükürt uygulamalarının bitkide fosfor değerini 0.001 önem düzeyinde istatistiksel olarak etkilediği görülmektedir. Kontrol uygulamasında bitkideki fosfor değeri ortalama olarak %0.08, 25 mg kg^{-1} dozunda % 0.13 ve 200 mg kg^{-1} dozunda % 0.21'e yükselmiştir (Tablo 5).

Yapılan birçok çalışmada özellikle fosforun bitki gelişimi açısından önemli olduğu ve uygulanan fosfor ile bitki dokularındaki fosfor konsantrasyonlarının doğrusal olarak arttığı birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Güzel ve ark., 2002; Korkmaz ve ark., 2004; İbrikçi ve ark., 2004).

İstatistiksel olarak interaksiyonlar incelendiğinde fosfor x çinko interaksiyonu bitkide fosfor değerini 0.001, fosfor x kükürt interaksiyonu 0.01, ve kükürt x çinko interaksiyonu 0,05 önem seviyesinde etkilemiştir. Ancak fosfor x kükürt x çinko interaksiyonu istatistiksel olarak önemli görülmemiştir.

Sele çeşidinde kökteki fosfor değeri sadece Zn uygulaması ile 0.01 düzeyinde istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilenmiştir. Artan dozda uygulanan fosfor ve kükürt kökteki P konsantrasyonunu istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilememiştir. Fosfor x çinko interaksiyonu 0.05 düzeyinde önemli, fosfor x kükürt, kükürt x çinko ve fosfor x kükürt x çinko interaksiyonları ise önemsiz bulunmuştur (Tablo 5).

Sele çeşidinde artan dozda uygulanan fosfor ve kükürt bitkice kaldırılan fosfor değerini istatistiksel olarak 0.001 önem düzeyinde etkilemektedir. Ancak artan dozda çinko uygulamasının önemli bir etkisi olmamıştır (Tablo 5). Uygulanan fosfor dozlarında, kontrol dozunda bitkice kaldırılan fosfor değeri 4.4 mg/saksı, 25 mg kg^{-1} dozunda 16.7 mg/saksı, 200 mg kg^{-1} dozunda 32.7 mg/saksı'ya yükselmiştir. Fosfor x kükürt, fosfor x çinko, kükürt x çinko ve fosfor x kükürt x çinko interaksiyonlarının bitkice kaldırılan P değeri üzerine etkileri önemli bulunmamıştır.

Tablo 5. Sele Çeşidinde Artan Dozlarda Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Bitkide Azot ve Fosfor Değerlerine Etkisi

Uygulamalar (mg/kg)			Bitkide Azot	Bitkide Fosfor	Kökte Fosfor	Bitkice Kaldırılan Fosfor
P	S	Zn	(%)	(%)	(%)	(mg / saksı)
0	0	0	2.62	0.07	0.09	3.5
0	0	5	2.19	0.09	0.10	5.1
0	100	0	2.17	0.08	0.08	5.3
0	100	5	2.21	0.08	0.08	3.9
25	0	0	1.88	0.12	0.09	14.0
25	0	5	1.79	0.10	0.09	16.2
25	100	0	1.99	0.17	0.10	16.2
25	100	5	2.04	0.12	0.11	20.7
50	0	0	1.89	0.16	0.10	16.0
50	0	5	1.54	0.07	0.08	22.0
50	100	0	2.42	0.24	0.10	23.6
50	100	5	1.43	0.09	0.08	27.8
100	0	0	1.61	0.18	0.10	23.9
100	0	5	1.36	0.08	0.09	28.1
100	100	0	2.43	0.34	0.12	42.1
100	100	5	1.56	0.11	0.07	36.1
200	0	0	2.41	0.32	0.12	30.9
200	0	5	1.39	0.07	0.09	25.4
200	100	0	2.43	0.34	0.12	42.1
200	100	5	1.63	0.11	0.07	32.4
F Testi						
P			**	***	ÖD	***
S			ÖD	***	ÖD	***
Zn			***	***	**	ÖD
P*S			ÖD	**	ÖD	ÖD
P*Zn			*	***	*	ÖD
S*Zn			ÖD	*	ÖD	ÖD
P*S*Zn			ÖD	ÖD	ÖD	ÖD

*, **, ***, ÖD, sırası ile istatistiksel olarak 0.05, 0.01, 0.001 önem değerlerini ve önemli değili göstermektedir.

Tiater mısır çeşidinde artan dozda uygulanan fosfor ve çinko değerleri bitkide fosfor değerini istatistiksel olarak 0.01 önem düzeyinde etkilemiştir. Bitkideki fosfor içeriği kükürt uygulaması tarafından önemli olarak etkilenmemiştir. Uygulanan fosfor dozlarında kontrol dozunda bitkide fosfor değeri ortalama olarak % 0.09, 25 mg kg^{-1} dozunda % 0.11 ve 200 mg kg^{-1} dozunda elde edilen değer % 0.13'tür. Bitkide fosfor içeriğine istatistiksel olarak, fosfor x kükürt, kükürt x çinko ve fosfor x çinko interaksiyonlarının etkisi önemsiz bulunmuştur. Bunun yanı sıra fosfor x kükürt x çinko interaksiyonu 0.05 düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 6).

Tiater çeşidinde kökte bulunan % fosfor içeriği çinko uygulaması sonucu istatistiksel olarak 0.05 düzeyinde önemli bulunmuş, ancak artan dozda uygulanan fosfor ve kükürt açısından önemsiz bulunmuştur. Fosfor x kükürt, fosfor x çinko, kükürt x çinko ve fosfor x kükürt x çinko interaksiyonları önemsiz bulunmuştur.

Bitkice kaldırılan P, P ve Zn uygulamalarında 0.001 düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Fosfor dozlarının artmasıyla, kontrol dozunda bitkice kaldırılan fosfor değeri ortalama olarak 4.6 mg/saksı, 25 mg kg^{-1} dozunda 16.6 mg/saksı ve 200 mg kg^{-1} dozunda da 29.5 mg/saksı'ya yükselmiştir. Bu durum göstermektedir ki artan fosfor dozlarıyla birlikte bitkice kaldırılan fosfor miktarı da artmaktadır. Bitkice kaldırılan fosforun, kükürt uygulamasından etkilenmediği istatistiksel olarak belirlenmiş, bunun yanı sıra fosfor x kükürt ve fosfor x çinko interaksiyonları önemsiz bulunmuştur. Kükürt x çinko interaksiyonu ve fosfor x kükürt x çinko interaksiyonu ise istatistiksel olarak 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 6).

Konu ile ilgili daha önce yapılan birçok çalışmada çeşitler arasında fosfor alımları ve fosfor kullanım etkinlikleri açısından değerlendirildiğinde önemli farklılıkların olması bu çeşitlerin fosfor kullanım etkinliklerinin farklı olduğu göstermektedir. Mısır bitkisinin fosfor noksanlığı altında genotipik farklılıklarından dolayı fosfor kullanım etkinliklerinin farklı olduğu birçok araştırmacı (Fageria ve Baligar, 1997; Dodor ve ark., 2003; Li ve ark., 2004) tarafından bildirilmiştir. Ayrıca bitki türleri arasında ve hatta aynı türün genotipleri arasında fosforun etkinliği ve kullanımı açısından farklılıklar olduğu birçok araştırmacı (Brohi ve ark., 1994; Dechassa ve ark., 2003).

Tablo 6. Tiater Çeşidinde Artan Dozlarda Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Bitkide Azot ve Fosfor Değerlerine Etkisi

Uygulamalar(mg/kg)			Bitkide Azot	Bitkide Fosfor	Kökte Fosfor	Bitkice Kaldırılan Fosfor
P	S	Zn	(%)	(%)	(%)	(mg / saksı)
0	0	0	2.50	0.09	0.09	4.6
0	0	5	2.41	0.08	0.09	3.7
0	100	0	3.06	0.10	0.09	5.6
0	100	5	2.30	0.09	0.08	4.7
25	0	0	1.82	0.10	0.10	13.8
25	0	5	2.53	0.12	0.09	19.2
25	100	0	1.94	0.11	0.08	15.7
25	100	5	2.22	0.12	0.09	17.7
50	0	0	1.90	0.14	0.10	21.3
50	0	5	1.61	0.09	0.08	28.0
50	100	0	1.70	0.12	0.08	25.7
50	100	5	1.68	0.11	0.06	25.7
100	0	0	2.07	0.20	0.10	27.0
100	0	5	1.73	0.11	0.09	28.9
100	100	0	1.82	0.11	0.08	23.0
100	100	5	1.73	0.10	0.07	29.2
200	0	0	1.87	0.12	0.09	21.6
200	0	5	1.64	0.13	0.09	37.5
200	100	0	2.07	0.17	0.11	31.4
200	100	5	1.79	0.10	0.09	27.8
	F Testi					
	P		***	**	ÖD	***
	S		ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
	Zn		ÖD	**	*	***
	P*S		ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
	P*Zn		ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
	S*Zn		ÖD	ÖD	ÖD	**
	P*S*Zn		ÖD	*	ÖD	**

*, **, ***, ÖD, sırası ile istatistiksel olarak 0.05, 0.01, 0.001 önem değerleri ve önemli değili göstermektedir.

Fageria ve Baligar (1999) yaptıkları çalışmada 0 (düşük P), 75 ppm P (orta P) ve 150 ppm P (yüksek P) uygulayarak 15 buğday çeşidinin fosfor etkinliğini araştırmışlar ve çeşitler arasında fosfor kullanımı açısından önemli farklar olduğunu gözlemlemişlerdir. Diğer bir çalışmada da, düşük ve yüksek fosfor uygulamaları ile yetiştirilen mısır genotiplerinin bitki ağırlıkları, gövde ve kök ağırlıkları, besin elementi alımı ve kullanımı açısından önemli farklar gösterdikleri bildirilmiştir (Fageria ve Baligar, 1997).

4.5. Bitkide Azot İçeriği

Brasco çeşidinde bitkide azot konsantrasyonu, artan dozda fosfor ve çinko uygulamalarından istatistiksel olarak 0.001 önem düzeyinde etkilenmiştir. Kükürt uygulaması ise önemli bulunmamıştır. Fosfor x çinko interaksiyonu 0.05 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ancak, fosfor x kükürt interaksiyonu, kükürt x çinko interaksiyonu ve fosfor x kükürt x çinko interaksiyonu ise önemli bulunmamıştır (Tablo 4).

Sele mısır çeşidinde artan dozda Zn uygulamasının bitkide N konsantrasyonunu istatistiksel olarak 0.001 önem düzeyinde etkilediği, ancak kükürt uygulaması önemli olmadığı bulunmuştur. Fosfor x çinko interaksiyonu bitkide azot içeriğini 0.05 önem düzeyinde etkilemiştir. Bunun yanı sıra fosfor x kükürt, kükürt x çinko ve fosfor x kükürt x çinko interaksiyonu ise bitkide azot yüzdesini önemli düzeyde etkilememiştir (Tablo 5).

Tiater mısır çeşidinde, bitkide N konsantrasyonu, artan dozda P uygulamalarından istatistiksel olarak 0.001 önem düzeyinde etkilenmiş, S ve Zn uygulamaları ise önemsiz bulunmuştur. Fosfor x kükürt, fosfor x çinko, kükürt x çinko ve fosfor x kükürt x çinko interaksiyonları istatistiksel olarak bitkide N konsantrasyonu üzerine etkili olmamışlardır (Tablo 6).

Deneme sonuçlarından anlaşılacağı üzere, artan dozlarda uygulanan kükürt miktarı bitkideki azot konsantrasyonunu önemli ölçüde etkilemiştir. S ve N, bitkide birbirlerinin kullanım etkinliklerini arttırarak bitkisel üretimi arttırabilmektedir. Artan S uygulamaları bitkilerin yeşil aksamdaki hem S konsantrasyonunu hem de N

konsantrasyonunu arttırmıştır. Bilindiği gibi, her iki element de protein sentezinde önemli rol almaktadır. Kükürt noksanlığında protein sentezinde önemli azalmalar görülürken bitkide çözünür organik azot ve nitrat konsantrasyonunda artışlar görüldüğü saptanmıştır (Marschner, 1995). Kükürt uygulamalarıyla bitkinin yeşil aksamındaki N konsantrasyonu değişmemesine karşın S'süz bitkilerde fazla miktarda nitrat azotunun biriktiği görülmüştür. Bu sonuçlar S noksanlığının bitkinin N metabolizmasını bozduğunu göstermektedir (McGrath ve Zhao, 1996a).

Artan dozlarda uygulanan S'e bağlı olarak bitkilerin yeşil aksamındaki N konsantrasyonunda da önemli artışlar elde edildiği, bitkinin yeşil aksamındaki S konsantrasyonu ile N konsantrasyonu arasında önemli ve pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Erdem, 2004).

4.6. Kükürt Konsantrasyonu ve Bitkice Kaldırılan Kükürt

Brasco çeşidinde, bitkide kükürt içeriğini artan dozda fosfor, kükürt ve çinko uygulamaları istatistiksel olarak 0.001 önem düzeyinde etkilemiştir. Kükürt içeriği üzerine fosfor x kükürt interaksiyonu 0.01, fosfor x çinko interaksiyonu ve fosfor x kükürt x çinko interaksiyonlarıda 0.05 düzeyinde önemli bulunmuşlardır. Fakat kükürt x çinko interaksiyonu ise önemsiz bulunmuştur (Tablo 7).

Brasco mısır çeşidince kaldırılan kükürt, artan fosfor dozuyla birlikte artış göstermiştir. Bitkice kaldırılan S, kontrol dozunda ortalama olarak 10.0 mg/saksı iken, 200 mg kg^{-1} P dozunda 35.6 mg/saksı değerine yükselmiştir. Bu değerler arasında % 256'lık bir artış görülmüştür. İstatistiksel olarak değerlendirildiğinde P, S ve Zn'nun bitkice kaldırılan kükürt miktarına etkisi 0.001 düzeyinde önemli bulunmuştur. Aynı şekilde P'un ve S'ün kontrol dozlarında bitkice kaldırılan kükürt değeri ortalama olarak 9.3 mg/saksı, 100 mg kg^{-1} uygulama dozunda bu değer ortalama olarak 10.6 mg/saksıdır. Fosforun 25 mg kg^{-1} dozu ve kükürdün kontrol uygulamasında bitkice kaldırılan kükürt 18.9 mg/saksı, 100 mg kg^{-1} dozunda 31.8 mg/saksı ve fosforun son uygulamasında, kükürdün kontrol dozunda bitkice kaldırılan kükürt değeri ortalama olarak 19.9 mg/saksı, 100 mg kg^{-1} dozunda bu değer 51.4 mg/saksı olarak ölçülmüştür. Bu durum göstermektedir ki, artan dozda kükürt uygulamaları bitkice kaldırılan kükürt miktarını da paralel yönde

artırmaktadır. Fosfor x kükürt, fosfor x çinko interaksiyonu 0.001, kükürt x çinko interaksiyonu ise 0.05 düzeyinde önemli bulunmuşlardır. Bunların yanı sıra fosfor x kükürt x çinko interaksiyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Tablo 7).

Tablo 7. Brasco Çeşidinde Artan Dozlarda Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Bitkide Kükürt Değerlerine Etkisi

Uygulamalar (mg/kg)			Bitkide Kükürt	Bitkice Kaldırılan Kükürt
P	S	Zn	(%)	(mg / saksı)
0	0	0	0.24	10.4
0	0	5	0.23	8.3
0	100	0	0.24	10.8
0	100	5	0.30	10.4
25	0	0	0.16	14.9
25	0	5	0.13	23.0
25	100	0	0.26	29.5
25	100	5	0.21	34.2
50	0	0	0.13	14.3
50	0	5	0.09	24.1
50	100	0	0.24	31.5
50	100	5	0.18	43.3
100	0	0	0.11	14.7
100	0	5	0.07	23.8
100	100	0	0.29	27.1
100	100	5	0.17	52.9
200	0	0	0.10	11.9
200	0	5	0.09	27.9
200	100	0	0.33	35.2
200	100	5	0.20	67.6
	F Testi			
	P		***	***
	S		***	***
	Zn		***	***
	P*S		**	***
	P*Zn		*	***
	S*Zn		ÖD	*
	P*S*Zn		*	ÖD

*, **, ***, ÖD, sırası ile istatistiksel olarak 0.05, 0.01, 0.001 önem değerlerini ve önemli değili göstermektedir.

Sele çeşidinde kükürt içeriği artan P dozlarından 0.05, artan kükürt ve çinko uygulamalarından ise 0.001 önem düzeyinde etkilenmiştir. Kükürt içeriğine fosfor x kükürt ve fosfor x çinko interaksiyonları 0.001 önem düzeyinde, kükürt x çinko ve fosfor x kükürt x çinko interaksiyonları ise 0.05 önem düzeyinde etkili olmuşlardır.

Sele çeşidinde bitkice kaldırılan kükürt değerlerine fosfor, kükürt ve çinko uygulamalarının etkisi 0.001 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan dozda fosfor, kükürt ve çinko uygulamaları ile birlikte bitkice kaldırılan kükürt konsantrasyonu da paralel bir artış göstermiştir. Uygulamada fosforun kontrol dozunda bitkice kaldırılan kükürdün ortalama değeri 10.2 mg/saksı iken, fosforun en yüksek dozu olan 200 mg kg^{-1} dozunda 33.8 mg/saksı değerine yükselmiştir. Bu değerler arasında % 231.4'lük bir artış olduğu hesaplanmıştır. Fosfor x kükürt interaksiyonu ve fosfor x çinko interaksiyonu bitkice kaldırılan kükürdü 0.001 önem düzeyinde etkilerken, kükürt x çinko interaksiyonu 0.01 önem düzeyinde etkilemektedir. Fosfor x kükürt x çinko interaksiyonu ise önemli bulunmamıştır (Tablo 8).

Tablo 8. Sele Çeşidinde Artan Dozlarda Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Bitkide Kükürt Değerlerine Etkisi

Uygulamalar (mg/kg)			Bitkide Kükürt	Bitkice Kaldırılan Kükürt
P	S	Zn	(%)	(mg / saksı)
0	0	0	0.17	7.9
0	0	5	0.18	9.3
0	100	0	0.18	12.4
0	100	5	0.22	11.3
25	0	0	0.13	14.9
25	0	5	0.11	18.0
25	100	0	0.22	21.4
25	100	5	0.20	34.4
50	0	0	0.13	13.1
50	0	5	0.09	27.1
50	100	0	0.28	27.9
50	100	5	0.16	52.3
100	0	0	0.11	15.5
100	0	5	0.07	23.2
100	100	0	0.28	35.8
100	100	5	0.16	53.0
200	0	0	0.14	12.9
200	0	5	0.07	23.9
200	100	0	0.29	38.1
200	100	5	0.19	60.3
	F Testi			
	P		*	***
	S		***	***
	Zn		***	***
	P*S		***	***
	P*Zn		***	***
	S*Zn		*	**
	P*S*Zn		*	ÖD

*, **, ***, ÖD, sırası ile istatistiksel olarak 0.05, 0.01, 0.001 önem değerlerini ve önemli değili göstermektedir.

Tiater mısır çeşidinde fosfor ve kükürt uygulamalarının bitkide kükürt içeriğine etkisi istatistiksel olarak 0.001 önem düzeyinde çıkmış, ancak çinko uygulamasının önemsiz olduğu belirlenmiştir. Fosfor x kükürt, fosfor x çinko, kükürt x çinko ve fosfor x kükürt x çinko interaksiyonlarının bitkide S içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Tablo 9).

Tiater çeşidinde bitkice kaldırılan kükürt değerlerini P, S ve Zn uygulamalarının 0.001 önem düzeyinde etkilediği, kontrol dozunda bitkice kaldırılan kükürdün ortalama değerinin 10.5 mg/saksı iken, fosforun 200 mg kg^{-1} dozunda kaldırılan kükürt değeri 34.4 mg/saksı değerine yükselmiştir. İstatistiksel olarak bakıldığında fosfor x kükürt interaksiyonunun 0.001, fosfor x çinko interaksiyonunun 0.05 önem düzeyinde olduğu görülmektedir. Ancak kükürt x çinko ve fosfor x kükürt x çinko interaksiyonlarının önemli olmadığı saptanmıştır (Tablo 9).

Artan S uygulamaları ile bitkideki kükürt ve bitki tarafından kaldırılan kükürt miktarları da önemli artış göstermiştir. Toprakta S noksanlığına karşı alınabilecek en pratik yol toprakların gübrelenmesidir. Kükürt gübrelenmesi sonucu bitkilerin S'le beslenme statüsünün düzenlenmesinin yanında, S'ün toprakta asit etkisi yapması sonucu çok azda olsa toprak pH'sının düşmesi ile birlikte özellikle mikroelementler ve fosforun bitkiler tarafından alınabilirliği artabilmektedir (Erdem, 2004).

Bitkilerdeki kükürt konsantrasyonunun artması, protein kalitesini ve yüzde oranını etkiler, ayrıca amino asit içeren kükürt miktarını arttırır (Grant ve ark., 1978). Dwivedi ve Bapat (1998), soya fasulyesi üzerine fosfor ve kükürt uygulamalarının tohum verimini, protein ve yağ içeriğini önemli derecede arttırdığını bildirmişlerdir.

Lefroy ve ark., (1997) elementel kükürt ile fosfor karıştırıldığı zaman bitki kuru madde miktarını arttırdığını belirtmişlerdir. Çeltik bitkisi üzerine kükürt ve fosforun kombine uygulamalarının tane ve kuru madde miktarını önemli derecede etkilediği saptanmış ve bu kombinasyonun kontrol parseline oranla sap veriminde % 65, tane veriminde % 61 ve kuru madde miktarını % 20 arttırdığı belirlenmiştir (Ali ve ark., 2004).

Tablo 9. Tiater Çeşidinde Artan Dozlarda Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Bitkide Kükürt Değerlerine Etkisi

Uygulamalar (mg/kg)			Bitkide Kükürt	Bitkice Kaldırılan Kükürt
P	S	Zn	(%)	(mg / saksı)
0	0	0	0.18	9.6
0	0	5	0.19	8.5
0	100	0	0.22	11.7
0	100	5	0.26	12.4
25	0	0	0.11	14.4
25	0	5	0.11	17.6
25	100	0	0.17	25.4
25	100	5	0.20	31.1
50	0	0	0.11	15.8
50	0	5	0.09	26.7
50	100	0	0.17	37.7
50	100	5	0.18	43.2
100	0	0	0.13	18.2
100	0	5	0.12	30.6
100	100	0	0.17	35.5
100	100	5	0.17	49.5
200	0	0	0.08	15.6
200	0	5	0.09	28.8
200	100	0	0.20	38.3
200	100	5	0.19	55.0
	F Testi			
	P		***	***
	S		***	***
	Zn		ÖD	***
	P*S		ÖD	***
	P*Zn		ÖD	*
	S*Zn		ÖD	ÖD
	P*S*Zn		ÖD	ÖD

*, **, ***, ÖD, sırası ile istatistiksel olarak 0.05, 0.01, 0.001 önem değerlerini ve önemli değili göstermektedir.

4.7. Çinko Konsantrasyonu ve Bitkice Kaldırılan Çinko

Topraktan iki farklı dozda uygulanan Zn'nun Brasco mısır çeşidinde bitkideki çinkonun önemsiz düzeyde etkilediği görülmektedir (Tablo 10). Bitkideki çinkonun artan fosfor ve kükürt dozlarından da istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilenmediği belirlenmiştir. Fosfor x kükürt, fosfor x çinko, kükürt x çinko ve fosfor x kükürt x çinko interaksiyonlarının da bitkideki çinko konsantrasyonuna etkisinin önemsiz düzeyde oldu görülmektedir.

Kökteki Zn konsantrasyonunun uygulanan fosfor ve çinko dozlarından 0.001 önem düzeyinde etkilendiği belirlenmiştir. Kükürdün etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Fosfor x kükürt ve kükürt x çinko interaksiyonları 0.01 düzeyinde, fosfor x çinko interaksiyonu 0.05 düzeyinde önemli, ancak fosfor x kükürt x çinko interaksiyonu önemsiz bulunmuştur (Tablo 10).

Brasco çeşidinde bitkice kaldırılan Zn, istatistiksel olarak değerlendirildiğinde fosfor ve çinko uygulamalarının etkisi 0.001 önem düzeyinde bulunmuş, kükürt uygulaması ise önemsiz bulunmuştur. Fosfor x kükürt, kükürt x çinko, fosfor x kükürt x çinko interaksiyonları önemsiz bulunurken, fosfor x çinko interaksiyonu 0.05 düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 10).

Artan dozda uygulanan çinkonun bitkinin kaldırdığı çinko miktarına olumlu bir etkisi olduğu görülmektedir. Daha önce bu konuda yapılan çalışmalarında Alloway (2003)' de çinkonun toprakta konsantrasyonunun artması ile bitkinin kaldırdığı çinko miktarının arttığını rapor etmiştir.

Artan miktarlardaki çinko uygulamasının mısır bitkisinin kuru madde miktarını ve bitkinin çinko konsantrasyonunu önemli ölçüde arttırdığı belirlenmiştir (Yalçın ve Usta, 1992). Güzel ve ark., (1991), Harran Ovasında bulunan 25 toprak serisinin yüzey horizonlarından aldıkları toprak örnekleri ile yaptıkları bir çalışmada, topraklarda 0.5-10 ppm Zn uygulamışlar ve artan çinko miktarlarının mısır bitkisinin toprak üstü organları ve kökünde kuru madde miktarıyla Zn içeriğini arttırdığını belirlemişlerdir.

Tablo 10. Brasco Çeşidinde Artan Dozlarda Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Bitkide Çinko Değerlerine Etkisi

Uygulamalar (mg/kg)			Toprak Üstü Aksam	Kökte	Bitkice Kaldırılan Çinko
P	S	Zn	(ppm)	(ppm)	(mg / saksı)
0	0	0	17.3	33.9	0.06
0	0	5	30.6	61.2	0.12
0	100	0	23.6	34.1	0.14
0	100	5	26.8	38.8	0.11
25	0	0	15.1	29.9	0.15
25	0	5	20.9	38.5	0.37
25	100	0	14.2	31.8	0.16
25	100	5	27.0	38.7	0.46
50	0	0	17.3	27.4	0.15
50	0	5	14.5	37.0	0.37
50	100	0	17.3	31.6	0.21
50	100	5	16.6	36.0	0.39
100	0	0	17.9	29.1	0.32
100	0	5	10.5	35.0	0.34
100	100	0	18.3	33.0	0.12
100	100	5	11.6	31.1	0.30
200	0	0	16.3	24.2	0.19
200	0	5	14.3	32.0	0.46
200	100	0	21.8	32.3	0.16
200	100	5	18.9	36.6	0.65
	F Testi				
	P		ÖD	***	***
	S		ÖD	ÖD	ÖD
	Zn		ÖD	***	***
	P*S		ÖD	**	ÖD
	P*Zn		ÖD	*	*
	S*Zn		ÖD	**	ÖD
	P*S*Zn		ÖD	ÖD	ÖD

*, **, ***, ÖD, sırası ile istatistiksel olarak 0.05, 0.01, 0.001 önem değerlerini ve önemli değili göstermektedir.

Sele çeşidinde bitkideki çinko değerlerinin fosfor, kükürt, çinko uygulamalarının ve fosfor x kükürt, fosfor x çinko, kükürt x çinko ve fosfor x kükürt x çinko interaksiyonlarının önemsiz olduğu saptanmıştır (Tablo 11).

Sele çeşidinde kökteki çinko konsantrasyonu fosfor ve çinko uygulamalarından istatistiksel olarak 0.001 önem düzeyinde etkilenmiştir, kükürt uygulamasının etkisi ise önemsiz çıkmıştır. İstatistiksel olarak fosfor x çinko interaksiyonu 0.05 önem düzeyinde, fosfor x kükürt, kükürt x çinko ve fosfor x kükürt x çinko interaksiyonları ise önemsiz çıkmıştır (Tablo 11).

Bitkice kaldırılan çinko Sele çeşidinde fosfor ve çinko uygulamalarından 0.001 düzeyinde önemli bulunmuş, ancak kükürt uygulamalarında ise önemsiz çıkmıştır. Fosfor x kükürt, kükürt x çinko, fosfor x kükürt x çinko interaksiyonları önemsiz bulunmuştur. Bunun yanı sıra fosfor x çinko interaksiyonu bitkice kaldırılan çinko açısından 0.05 önem düzeyine sahiptir (Tablo 11).

Deneme sonuçlarına göre, aynı çinko dozunda, artan fosfor dozları ile bitkinin çinko konsantrasyonu olumsuz etkilenmekte ve doğrusal olarak azalmaktadır. Fosfor ve çinko dozlarının birlikte arttırılması durumunda bitkinin çinko konsantrasyonunda azalma görülmektedir. Deneme sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde çeşitlerin tamamında fosfor dozu artırıldıkça bitkinin çinko konsantrasyonunun azaldığı ve fosforun çinko üzerine olan negatif etkisi belirlenmiştir. Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda fosfor uygulamalarının çinko alımını olumsuz yönde etkilediği ve azlattığı belirtilmiştir (Bukvic ve ark., 2003). Gübreleme ile bitkiye uygulanan fosforlu gübrelerin miktarlarındaki artış sonucu, bitkinin çinko beslenmesi olumsuz yönde etkilenmektedir (Rupa ve ark., 2002).

Deneme sonuçları incelendiğinde, çeşitler arasında fosforun kullanımı açısından farklılıklar belirlenirken yapılan uygulamalar sonucunda özellikle fosfor ve çinko uygulamalarının mısır bitkisinin gelişimi açısından önemli olduğu ve kuru madde verimini önemli oranda arttırdığı görülmektedir (Güzel ve ark., 2002). Konu ile ilgili yapılan birçok çalışmada araştırıcılar fosforun ve çinkonun bitki gelişimi açısından mutlak gerekli elementler olduğunu, fosfor ve çinko noksanlığı koşullarında bitki gelişiminin olumsuz yönde etkilendiğini belirtmişlerdir (Bukvic ve ark., 2003).

Fosfor bitki dokularında birtakım yollarla çinkonun bitki metabolizmasında kullanımını engellemektedir. Bitki dokularında fosfor çok yüksek konsantrasyonlarda olduğu zaman çinko ile kompleksleşerek onun hareketliliğini sınırlayabilmektedir (Çakmak ve Marschner, 1987). Bu çalışmada uygulanan fosforun belirli bir dozdan itibaren bitkilerin çinko beslenmesini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Aynı fosfor dozunda uygulanan çinko miktarının artması ile kuru madde miktarının arttığı gözlemlenmiştir. Bilindiği gibi çinko bitkide enzimlerin yapısında yer almaktadır ve noksanlığı durumunda bitkilerde metabolik faaliyetlerde gerileme görülmektedir.

Tablo 11. Sele Çeşidinde Artan Dozlarda Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Bitkide Çinko Değerlerine Etkisi

Uygulamalar (mg/kg)			Toprak Üstü Aksam	Kökte	Bitkice Kaldırılan Çinko
P	S	Zn	(ppm)	(ppm)	(mg / saksı)
0	0	0	16.0	32.8	0.05
0	0	5	16.0	48.0	0.08
0	100	0	13.6	38.0	0.09
0	100	5	19.4	56.3	0.10
25	0	0	17.4	31.9	0.21
25	0	5	16.4	46.1	0.32
25	100	0	14.3	26.6	0.14
25	100	5	14.4	48.1	0.26
50	0	0	21.2	32.7	0.31
50	0	5	12.8	32.8	0.34
50	100	0	12.6	27.2	0.16
50	100	5	12.4	38.7	0.31
100	0	0	16.5	32.7	0.25
100	0	5	9.1	32.9	0.32
100	100	0	15.8	30.7	0.19
100	100	5	12.9	28.9	0.38
200	0	0	17.8	27.8	0.22
200	0	5	11.7	31.5	0.41
200	100	0	11.5	28.9	0.21
200	100	5	13.6	30.2	0.41
	F Testi				
	P		ÖD	***	***
	S		ÖD	ÖD	ÖD
	Zn		ÖD	***	***
	P*S		ÖD	ÖD	ÖD
	P*Zn		ÖD	*	*
	S*Zn		ÖD	ÖD	ÖD
	P*S*Zn		ÖD	ÖD	ÖD

*, **, ***, ÖD, sırası ile istatistiksel olarak 0.05, 0.01, 0.001 önem değerlerini ve önemli değili göstermektedir.

Tiater mısır çeşidinde bitkide çinko değerleri uygulanan fosfordan istatistiksel olarak 0.05 önem düzeyinde etkilenirken, artan dozda uygulanan kükürt ve çinko uygulamalarından önemli ölçüde etkilenmemiştir. Fosfor x kükürt, fosfor x çinko, kükürt x çinko ve fosfor x kükürt x çinko interaksiyonlarının bitkide çinko konsantrasyonuna etkisi önemli bulunmamıştır (Tablo 12).

Kökteki Zn konsantrasyonu Tablo 12'de belirtildiği gibi fosfor uygulamalarından 0.001 önem düzeyinde etkilenmiş, ancak kükürt ve çinko uygulamalarından önemli düzeyde etkilenmemiştir. Bununla beraber fosfor x kükürt, fosfor x çinko, kükürt x çinko ve fosfor x kükürt x çinko interaksiyonları önemsiz bulunmuştur.

Bitkice kaldırılan çinko istatistiksel olarak değerlendirildiğinde fosfor uygulamalarından 0.001, çinko uygulamalarından 0.05 önem düzeyinde etkilenmiştir. Ancak kükürt uygulamalarından önemsiz düzeyde etkilendiği bulunmuştur. Fosfor x kükürt, fosfor x çinko, kükürt x çinko ve fosfor x kükürt x çinko interaksiyonları açısından istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Tablo 12).

Tablo 12. Tiater Çeşidinde Artan Dozlarda Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Bitkide Çinko Değerlerine Etkisi

Uygulamalar (mg/kg)			Toprak Üstü Aksam	Kökte	Bitkice Kaldırılan Çinko
P	S	Zn	(ppm)	(ppm)	(mg / saksı)
0	0	0	19.5	56.3	0.08
0	0	5	21.5	59.8	0.11
0	100	0	29.5	58.8	0.14
0	100	5	20.8	58.0	0.14
25	0	0	19.3	42.4	0.32
25	0	5	19.0	41.8	0.28
25	100	0	18.1	38.7	0.28
25	100	5	18.5	53.9	0.25
50	0	0	23.6	29.6	0.31
50	0	5	15.0	31.2	0.32
50	100	0	17.5	24.1	0.40
50	100	5	13.9	36.4	0.37
100	0	0	18.9	36.8	0.34
100	0	5	15.5	44.2	0.37
100	100	0	13.7	33.6	0.29
100	100	5	14.3	37.1	0.34
200	0	0	12.4	31.8	0.26
200	0	5	12.0	35.5	0.37
200	100	0	14.7	36.9	0.30
200	100	5	18.7	34.8	0.49
	F Testi				
	P		*	***	***
	S		ÖD	ÖD	ÖD
	Zn		ÖD	ÖD	*
	P*S		ÖD	ÖD	ÖD
	P*Zn		ÖD	ÖD	ÖD
	S*Zn		ÖD	ÖD	ÖD
	P*S*Zn		ÖD	ÖD	ÖD

*, **, ***, ÖD, sırası ile istatistiksel olarak 0.05, 0.01, 0.001 önem değerlerini ve önemli değili göstermektedir.

4.8. Çeşitlerin Değerlendirilmesi

Araştırmada üç farklı mısır çeşidi (Brasco, Sele ve Tiater) kullanılmış ve bu çeşitlerin geneline ait istatistiksel değerlendirme verileri Tablo 13'de verilmiştir.

Tablo 13: Çeşitler Genelinde İstatistiksel Değerlendirme

Parametreler	Bitki Kuru Ağırlığı	Kök Kuru Ağırlığı	Kök Uzunluğu	Bitkide Fosfor	Kökte Fosfor	Bitkice Kaldırılan Fosfor	Bitkide Azot
Çeşit	*	***	**ÖD**	***	***	**ÖD**	***
P	***	***	***	***	***	***	***
S	**ÖD**	**ÖD**	*	*	**	**	**ÖD**
Zn	***	***	**ÖD**	***	***	**ÖD**	***
P*S	**ÖD**	**ÖD**	*	**ÖD**	**ÖD**	**ÖD**	**ÖD**
P*Zn	***	***	**ÖD**	***	***	**ÖD**	**
S*Zn	**ÖD**	**ÖD**	**ÖD**	*	**ÖD**	**	**ÖD**
P*S*Zn	**ÖD**	**ÖD**	**ÖD**	**ÖD**	**ÖD**	**ÖD**	**ÖD**

*,**,***,ÖD, sırası ile istatistiksel olarak 0.05, 0.01, 0.001 önem değerlerini ve önemli değili göstermektedir.

Çeşitlerin bitki kuru ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak 0.05 düzeyinde önemli, kök kuru ağırlığı üzerine etkisi ise 0.001 düzeyinde önemli bulunmuştur. İstatistiksel olarak çeşitler kök uzunluğunu önemli derecede etkilememiştir. Bununla birlikte bitkide fosfor, kökte fosfor konsantrasyonları çeşitler tarafından istatistiksel olarak 0.001 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ancak bitkice kaldırılan P çeşitler tarafından istatistiksel olarak etkilenmemiştir. Bunun yanı sıra bitkide N konsantrasyonu ise 0.001 önem düzeyinde etkili bulunmuştur.

Tablo 13: Çeşitler Genelinde İstatistiksel Değerlendirme

Parametreler	Bitkide Çinko	Kökte Çinko	Bitkice Kaldırılan Çinko	Bitkide Kükürt	Bitkice Kaldırılan Kükürt
Çeşit	**	***	*	***	**ÖD**
P	***	***	***	***	***
S	**ÖD**	**ÖD**	**ÖD**	***	***
Zn	**ÖD**	***	***	***	***
P*S	**ÖD**	**ÖD**	**ÖD**	***	***
P*Zn	**ÖD**	**ÖD**	***	***	***
S*Zn	**ÖD**	**ÖD**	**ÖD**	**ÖD**	**
P*S*Zn	**ÖD**	**ÖD**	**ÖD**	*	**ÖD**

*,**,***,ÖD, sırası ile istatistiksel olarak 0.05, 0.01, 0.001 önem değerlerini ve önemli değili göstermektedir.

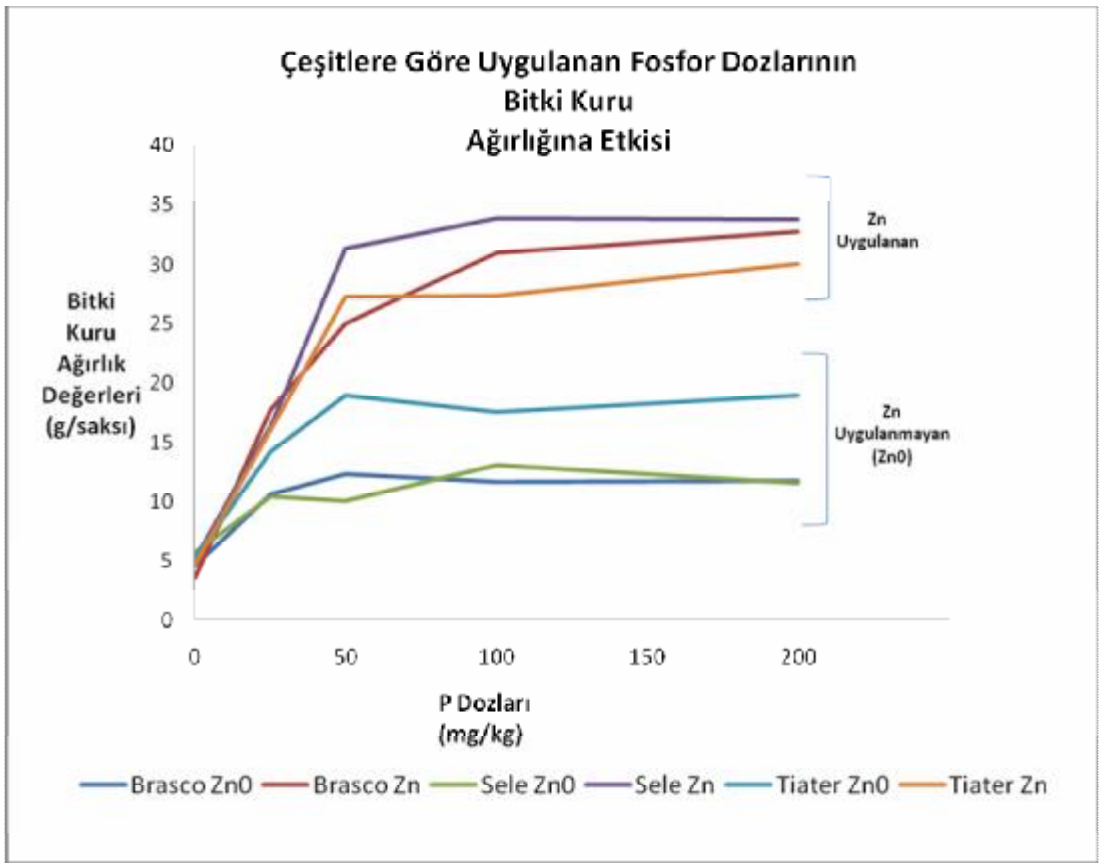
Bitkide ve kökte Zn konsantrasyonları çeşitler tarafından istatistiksel olarak 0.001 düzeyinde önemli, bitkice kaldırılan çinko konsantrasyonu ise 0.05 düzeyinde önemli bulunmuştur. Aynı şekilde bitkide kükürt konsantrasyonu da 0.001 düzeyinde önemli olurken, bitkice kaldırılan kükürt konsantrasyonu ise önemli bulunmamıştır.

Deneme sonuçları incelendiğinde, çeşitler arasında fosforun kullanımı açısından farklılıklar belirlenirken yapılan uygulamalar sonucunda özellikle P ve Zn uygulamalarının mısır bitkisinin gelişimi açısından önemli olduğu ve kuru madde verimini önemli oranda arttırdığı görülmektedir (Güzel ve ark., 2002). Topraklarda fosforun hareketliliğinin ve yarayışlılığının düşük olmasından dolayı, bitkiler yarayışsız durumdaki fosfordan yararlanmak için birçok adaptasyon mekanizması geliştirmişlerdir (Abel ve ark., 2002; Palxton, 2004). Bitki türlerin arasında ve aynı türün genotipleri arasında fosforun etkinliği ve kullanımı açısından farklılıklar görülebilmektedir (Brohi ve ark., 1994; Dechassa ve ark., 2003). Fosfor uygulamalarının düşük olduğu koşullarda bitki gelişiminin düşük olduğu ve bitkilerin fosfor noksanlık semptonları gösterdiği belirlenmiştir (Wadsworth, 2003). Konu ile ilgili yapılan bir çok çalışmada araştırmacılar fosforun ve çinkonun bitki gelişimi açısından mutlak gerekli elementler olduğunu, P ve Zn noksanlığı

koşullarında bitki gelişiminin olumsuz yönde etkilendiğini belirlemişlerdir (Alvarez ve ark., 2003; Bukvic ve ark., 2003).

Deneme de uygulanan kükürdün bitki kuru ağırlığı, bitkide fosfor ve çinko konsantrasyonları üzerine bir etkisi görülmemiştir. Ancak her üç çeşitte de uygulanan S, bitkide ve bitki tarafından kaldırılan S miktarlarını olumlu yönde etkilemiştir. Bunun yanı sıra bitkide N konsantrasyonu üzerine de çok hafif bir etkisi olmuştur.

Şekil 4.2: Çeşitler Genelinde Artan Fosfor Dozlarının Bitki Kuru Ağırlığına Etkisi



Şekil 4.2'den de anlaşılacağı gibi artan dozda fosfor uygulaması ile birlikte bitki kuru ağırlığı oranında da paralel yönde bir artış gözlemlenmiştir. Her üç çeşitte de fosfor dozu artıkça bitki kuru ağırlığı da artmaktadır. Fakat bu artış belli bir

orandan sonra sabit ilerlemektedir. Alves ve ark., (2001) ve Liu ve ark., (2004), fosforun artan dozlarda uygulanması ile bitkinin fosfor konsantrasyonunun doğrusal olarak artığını rapor etmişlerdir.



Şekil 4.3. Artan Fosfor Dozlarının Bitki Kuru Ağırlığına Etkisi (Fosfor Dozları; 0, 25, 50, 100, 200 ppm)

Fosforun bitki gelişimi için mutlak gerekli olduğu (Khasawneh et al., 1980), noksanlığı durumunda bitki veriminin olumsuz etkilendiği ve gübre ile verilen fosforun bitki gelişimi ile beslenme statüsünü olumlu yönde etkilediği bir çok araştırmacı (Alves ve ark., 2001; Bhadoria ve ark., 2004; Liu ve ark., 2004) tarafından bildirilmiştir. Fosfor noksanlığı durumunda bitkinin yaprak yüzeyinde bir daralma görülmekte ve bitki fotosentez kapasitesinde düşme olmaktadır (Rodriguez ve ark., 2000). Bitkilerin fosfor istekleri gelişme dönemine de bağlıdır. Bitkiler belli bir olgunluğa ulaşınca bitki bünyesindeki fosforun çoğu vegatatif organlardan generatif organlara (tohum ve meyve) doğru taşınır. Özellikle bitki gelişiminin erken aşamalarında fosfora olan ihtiyaçları çok daha yüksektir (Kırtok. 1998).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Her üç çeşidin P, Zn ve S uygulamalarına karşı tepkimeleri farklı olmuştur. Daha önce aynı toprak serisinde yapılan çalışmalarda da genotip farklılıkları gözlenmiştir. Dolayısıyla, çiftçi üretiminde ve ıslah çalışmalarında uygun genotipin seçilmesi hem ürün miktarı ve kalitesi hem de gübre optimizasyonu açısından son derece önemlidir. Öte yandan, genotip etkinliği ve uygulanan gübreye karşı duyarlılık topraktan toprağa değişkenlik gösterecektir.

Bu çalışmada kullanılan Harran I serisi toprakları killi tekstüre sahip olup, kireçlidirler. Gübre olarak uygulanan fosforun büyük bir tutulmakta ve bitkiye yarayışsız hale gelebilmektedir. Farklı bir çalışmada, toprakta mevcut bulunan fosforun tamamına yakın bir bölümünü kalsiyuma bağlı fosfatların oluşturduğu saptanmıştır. Bu nedenle, P uygulama dozu, formu ve şekli yarayışlılık açısından önem taşımaktadır.

Artan fosfor dozları bitkinin kuru madde miktarında artış sağlarken, yine artan çinko dozları da benzer bir etki ile kuru madde de artış sağlamıştır. Uygulanan fosfor miktarı artınca bitkinin fosfor beslenmesi de olumlu etkilenmiş, çinkonun artması ile de bitkinin çinko ile beslenmesi de olumlu etkilenmiştir. Bitkinin çinko içeriği üzerine fosfor uygulaması ve çinko uygulaması etkili çıkarken, çeşitlerinde bu olayda önemli bir role sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak, uygulanan doza karşı verim artışı, sürekli olmayacağı için, gübre uygulamasını uygun bir düzeyde tutmak gereklidir.

Bu çalışmada, kükürt uygulaması bitkinin kuru madde miktarında önemli bir artış sağlamamıştır. Çünkü kullanılan deneme toprağı kükürt içeriği bakımından yeterli düzeye sahiptir. Ancak daha uzun süreli tarla çalışmalarında kükürdün kaliteye etkisi de muhtemelen gözlenebilecektir. Deneme sonuçlarından anlaşılacağına göre özellikle sera koşullarında yapılan çalışmalarda, sınırlı toprak hacminde ve yetersiz fosfor koşullarında yetiştirilen bitkilere fosfor uygulanması ile birlikte bitkilerin kuru madde verimleri, fosfor içerikleri ve topraktan kaldırdıkları fosfor miktarı önemli oranda artış göstermişlerdir. Yetersiz fosfor koşullarında ve fosfor uygulanmayan koşullarda özellikle bitkiler kuru madde açısından gelişim göstermezken, fosfor uygulamaları ile birlikte doğrusal olarak önemli oranda artan

kuru madde verimi elde edilmiştir. Ancak uyguladığımız fosfor dozu arttıkça, toprakta zaten az miktarda bulunan çinkonun da yarayışlılığı olumsuz yönde etkilenmekte ve bitkinin çinko ile beslenmesi azalmaktadır. Bunun sonucunda kuru madde değerlerinde düşüşler görülmektedir.

Bu çalışmada gübre olarak toprağa uyguladığımız fosfor ve çinkonun bitki gelişimi ve birbirleri üzerine olan etkileri araştırılmış; artan dozlarda uygulanan fosforun belli bir noktaya kadar kuru madde miktarını artırdığı, fazla uygulanması ile zaten topraklarda az olan çinkodan bitkinin yararlanamamasını sağladığı görülmüştür. Aynı zamanda uygulanan çinkonun arttırılması ile kuru madde miktarında artış sağlanmış ancak fazla miktarlarda uygulanan çinkonun bitkinin fosfor beslenmesini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Ayrıca bu çalışmada kullanılan üç farklı mısır çeşidinin genotipik farklılıklardan dolayı aynı beslenme koşullarında farklı kuru madde miktarlarına ulaştıkları görülmüştür. Bununla beraber üç farklı mısır çeşidinin kök uzunluk değerleri ile % N içeriklerinin de birbirinden farklı değerlerde olduğu görülmüştür.

Bu sonuçlara göre gübreleme programı yaparken sadece toprakların element konsantrasyonları değil, yetiştirilecek ürünün de genotipik özellikleri de göz önüne alınmalıdır. Çünkü bazı çeşitler düşük element konsantrasyonlarında dahi geliştirdikleri kök yapıları ve çeşitli salgılar ile optimum beslenebilmektedirler.

Yapılan gübreleme programlarında özellikle fosfor dozlarının hesabının oldukça dikkatli yapılması gerekmektedir. Çünkü kireçli topraklarda fosfor dozlarındaki her artış bitkinin çinko beslenmesini olumsuz yönde etkilemektedir. Fosfor noksanlığı kireçli topraklarda verimi sınırlayan en önemli faktördür. Özellikle pH 7 den sonra topraklarda fosfor, kalsiyum gibi katyonlarla birleşmektedir. Bu birleşim sonucu oluşan çözünmez tuzlar fosforun yarayışlılığını sınırlı hale getirmektedir. Kükürt gübrelemesi ile S'ün toprakta asit etkisi yapması çok azda olsa toprak pH'sının düşmesi ile birlikte özellikle mikroelementler ve fosforun bitkiler tarafından alınabilirliği artırılabilmektedir. Bu şekilde söz konusu elementlerin toprağa uygulanacak miktarlarındaki azalma, hem ekonomik hem de çevre kirliliği açısından önem kazanmaktadır.

Ayrıca sera koşullarında yapılan bu çalışma S'ün etkinliği bakımından sınırlı kalmış, benzer çalışmanın tarla koşullarında gerçekleştirilmesi yaralı olacaktır. Bunun yanı sıra bitkilerin S ile beslenmesinde N'un rolü dikkate alınarak sera ve tarla koşullarında çalışmalar yapılmalıdır.

Genel olarak, bu çalışma ile ilgili daha detaylı tarla denemelerinin, bölgenin iklim ve toprak koşulları ile kullanılan çeşitlere uygun olarak yapılması uygulanabilirlik açısından mutlaka gerekmektedir.

KAYNAKLAR

ABEL, S., TICCONI, A. C. and DELATORRE, A., C. 2002. Phosphate Sensing in Higher Plants. Physiologia Plantarum 115:1-8.

ANGHINONI, I., BARBER, S. A., 1980. Phosphorus influx and growth characteristics of corn roots as influenced by phosphorus supply. Argon. J. 72, 685-688.

ASSUERO, S. G., MOLLIER, A., PELLERIN, S., 2004. The Decrease in Growth of Phosphorus-Deficient Maize Leaves is Related to A Lower Cell Production. Plant, Cell and Environment 27, 887-895.

ALI, M. M. , MIAN, M.S. , ISLAM, A. , BEGUM, J. A. and FERDOUS, A.K.M. , 2004. Interaction Effects of Sulphur and Phosphorus on Wetland Rice. Asian Journal of Plant Sciences 3 (5):597-601.

ALPASLAN, M., GUNEŞ, A., INAL, A., 1998. Deneme Tekniği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1501, Ders Kitabı: 455 s: 437.

ALAM, M. M., and LADHA, J. K., 2004. Optimizing Phosphorus Fertilization in An Intensive Vegetable-Rice Cropping System. Biol Fertil Soils 40: 277-283.

ALLOWAY, B. J., 2004. Zinc in soils and crop nutrition.

ALVES, V.M.C., PARENTONI, S. N., VASCONCELLOS, C. A., BAHIA FILHO, A. F. C., PITTA, G. V. E., SCHAFFERT, R. E., 2001. Mechanisms of Phosphorus Efficiency in Maize. Plant Nutrition-Food Security and Sustainability of Agro-Ecosystems. 566-567.

AKSOY, T. and DANIŞMAN, S., 1986. Effect of Zinc Fertilization on the Yield and Zinc Uptake of Corn Plant. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yıllığı, 113-119.

BARROW, N. J., 1967. Studies on adsorption of sulfate by soils. Soil Sci. 104: 242-249

BARBER, W. D., THOMAS, W.I., 1993. Evaluation of the genetics of relative phosphorus accumulation by corn using chromosomal translocations. Crop Sci. 12: 755-758.

BARLEY, K. P., 1970. The Confugration of The Root System in Relation to Nutrient Uptake. Adv. Agron.22: 159-201.

BERTRAND, I., HINSINGER, P., JAILLARD, B., ARVIEU, J. C. 1999. Dynamics of Phosphorus in The Rhizosphere of Maize and Rape Grown on Synthetic, Phosphated Calcite and Goethite. Plant and Soil 211 (1): 111-119 1999.

BELL, C.I., CLARKSON, D.T. and CRAM, W.J. 1995. Partitioning and redistribution of Sulphur During S stress in Macroptilium atropurpureum cv. Siratro. Journal of Experimental Botany 46, 73-81.

BHADORIA, S. P., DESSOUGI, H. E., LIEBERSBACH, H. and CLAASSEN, N., 2004. Phosphorus Uptake Kinetics, Size of Root System and Growth of Maize and Groundnut in Solution Culture. Plant and Soil 262: 327-336.

BREMNER, J.M., 1965. Method of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological methods. American Society of Agronomy inc. Madison, wise s-1149-1178, USA.

BROHI, A. R., AYDENIZ, A., KARAMAN, M. R., ERSAHIN, S., 1994. Bitki Besleme. Gaziosmanpaşa Üni. Ziraat Fak. Yay:4 s:105-106 Tokat.

BRASCHI, H., CIAVATTA, C., GIOVANNINI, C. and GESSA, C., 2003. Combined Effect of Water and Organic Matter on Phosphorus Availability in Calcareous Soils. Nutrient Cyling in Agroecosystems 67:67-74.

BUKVIC, G., ANTUNOVIC, M., POPOVIC, S., RASTIJA. M., 2003. Effect of P and Zn fertilisation on biomass yield and its uptake by maize lines (*Zea mays L.)*, Plant Soil and Environment 49 (11):505-510.

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

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

BLAIR, G., 1993. Nutrient Efficiency-What Do We Really Mean? P. J. Randall et all. (eds) Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition, 205-213.

BLAKE-KALFF, M. M. A., HARRISON, K. R., HAWKESFORD, M. J. ZHAO, F. J. and McGRATH, S. P. 1998. Distribution of sulphur within oilseed rape leaves in

response to sulphur deficiency during vegetative growth. Plant Physiol. 118, 1337-1344.

BOHN. H. L., N. J. BARROW, S.S.S. RAJAN, and R. L. PARFITT, 1986. Reactions of inorganic sulfur in soil. p. 233-239. in M. A. Tabatabai (ed) Sulfur in agriculture. Agron. Monogr. 27. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.

BOUYOCOUS, G. L., 1951. A Recalibration of Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. Agron. J. 43:434-438.

CARROL, M.D., and LONERAGAN, J. F., 1969. Response of plant specises to concentration of Zn in solition II. Aust. J. Agric. Res. 20: 457

CASTELLANO, S. D., and DICK, R. P., 1991. Cropping and sulfur fertilization influence on sulfur transformation in soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 54: 114-121.

CIERESZKO, I., GNIAZDOWSKA, A., MIKULSKA, M., RYCHTER, A. M., 1996. Assimilate traslocation in bean plants (Phaseolus vulgaris L.) during phosphate deficiency. Journal of Plant Physiology 149, 343-348.

CLARKSON, D.T. and SAKER, L.R. 1989. Sulfate influxin wheat and barley roots becomes more sensitive to specific protein binding reagents when plants are sulfate deficient. Planta 178, 249-257.

COCIC, Y., FAUCONNEAU, G., PION, R., BUSSON, F., LESAINT, C. and LABONNE, F., 1963. Effect of the mineral nutrition on the composition of grain proteins in cereals (wheat and barley). Ann. Physiol, veg. 5(4), 281-292.

COLOMB, B., KINIRY, R. J., DEBAEKE, P., 2000. Effect of Soil Phosphorus on Leaf Development and Senescence Dynamics of Field-Grown Maize. Argon J. 2:428-435.

COUTO, W., LATHWELL, D. J., and BOULDIN, D. R., 1979. Sulphate sorption by two Oxisols and an Alfisol of the tropics. Soil Sci. 127: 108-116.

CAKMAK, I., HENGELER, C., MARSCHENER, H., 1994. Partitioning of shoot and root dry matter and carbohydrates in bears plants sufferng from phosphorus, potassium and magnesium deficiency. Journal of Experimental Botany 45, 1245-1250.

CAKMAK, I., TORUN, B., ERENOGLU, B., KALAYCI, M., YILMAZ, A., EKIZ, 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

CAKMAK, I., and MARSCHNER, H.,. 1987. Mechanism of phosphorus incuded Zinc deficiency in cotton III. Changes in physiological availabity of Zinc in plants. Physiol. Plantarum 70:13-20

CAKMAK, I., MARSCHNER, H. and 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.

CAKMAK, I., EKIZ, H., YILMAZ, A., TORUN, B., KOLELI, N., GULTEKIN, I., ALKAN, A. and EKER, S. 1997a. Differential response of rye, triticale, bread and durum wheats zinc deficiency in calcareous soils. Plant and Soil, 188, 1-10.

CAKMAK, O., EKER, S., KARANLIK, S., KAYA, Z., ve ÇAKMAK, I., 1998. Farklı makarnalık buğday çeşitlerinin çinko eksikliğine karşı duyarlılığı. I. Ulusal Çinko Kongresi (Tarım, Gıda ve Sağlık), S: 821-827.

CAKMAK, I., KALAYCI, M., EKIZ, H., BRAUN, H. J., KILINC, Y., YILMAZ, A., 1999. Zinc Deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: A-NATO-science for stability project. Field Crops Research 60 175-188.

CAKMAK, I., 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. New Phytologist 146: 185-205.

CAKMAK, I., 2004. Identification and correction of widespread zinc deficiency in Turkey-A success story. Proceedings 552, the ınternational fertiliser society, York, UK.

DAROUB, S. H., GERAKIS, A., ITCHIE, J. T., FRIESEN, K. D., RYAN, J., 2003. Development of A Soil-Plant Phosphorus Simulation Model for Calcareous and Weathered Tropical soils. Agricultural Systems 76 (3): 1157-1181.

DERICI, M. R., 1996. Topraklarda Fosfor Dengesi. J. Of Agriculture and Forestry 20: 29-33.

DECHASSA, N., SCHENK, M. K., CLAASSEN, N., and STEINGROBE, B., 2003. Phosphorus Efficiency of Cabbage (Brassica Oleraceae L. Var. Capitata) Carrot (Daucus Carota L.), and Potato (Solanum Tubetosum L.). Plant and Soil 250: 215-224.

DINC, U., SENOL, S., SAYIN, M., KAPUR, S., GUZEL, N., 1988. Güney Doğu Anadolu Bölgesi Toprakları (GAT) I. Harran Ovası, TÜBİTAK, Tarım Ormancılık Araştırma Grubu, Güdümlü Araştırma Projesi Kesin Sonuç Raporu, TAOG, 534, Adana.

DODOR, D. E. and TABATABAI, M. A., 2003. Effect of Cropping Systems on Phosphatases in Soils. J. Plant Nutr. Soil Sci. 166:7-13.

DWIVEDI, A.K. and BAPAT P.N. 1998. Sulphur-Phosphorus interaction on the Synthesis of Nitrogenous Fractions and Oil in Soybean. Journal of the Indian Society Science, Vol. 46 No. 2.

EPPENDORFER, W., 1968. The effect of nitrogen and sulphur on changes in nitrogen tractions of barley plants at various early stages of growth and on yield and amino acid composition of grain. Plant and Soil 29, 424-438.

ERDAL, I., KOCAKAYA, Z., 2003. Bazı Buğday Çeşitlerinin Farklı Gelişim Dönemlerindeki Çinko-Fosfor Etkileşimi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 7,1. 9-14.

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

ERIKSEN , J., MURPY, M. D. and SCHNUG, E. 1998. The Soil sulphur cycle. Schnug E. (ed) Sulphur in Agrosystems, pp. 39-73. Dordrecht, The Netherlands kluwer Academic Publishers.

ELKINS, D. M. and ENSMINGER, L. E., 1971. effect of soil pH on the availability of adsorbed sulfate. Soil Sci. Soc.Am. Proc., 35: 931-4.

ENSMINGER, L. E., 1954. Some factors affecting the adsorption of sulfate by Alabama soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 18: 259-264

EVANS, JR., A., 1986. Effects of dissolved organic carbon and sulfate on aluminum mobilization in gorest soil columns. Soil Sci. Soc. Am. J. 50. 1576-1578.

EYÜPOĞLU, F. 1999. Türkiye topraklarının verimlilik durumu. Toprak ve Gübre Arşt. Enst. Genel Yayınları No: 220, Ankara. 221 sayfa

EYUPOGLU, F., KURUCU, N. and 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.

FAGERIA, N. K. and BALIGAR, V. C., 1997. Phosphorus-Efficiency in Corn Genotypes. J. Plant Nutr. 20: 1267-1277.

FAGERIA, N. K. and BALIGAR, V. C., 1999. Phosphorus-Efficiency in Wheat Genotypes. J. Plant Nutr. 22 (2) : 331-340.

FENG, G., SONG, Y. C., LI, X. L., CHRISTIE, P., 2003. Contribution of Arbuscular Mycorrhizal Fungi to Utilization of Organic Sources of Phosphorus by Red Clover in A Calcareous Soil. Applied Soil Ecology 22 (2): 139-148.

FREEDEEN, A. L., RAOIM, TERRY, N., 1989. Influence of phosphorus nutrition on growth and carbon partitioning in Glycinemax. Plant Physiology 89, 225-230.

FRENEY, J.R. K. SPENCER, and M. B. JONES. 1977. On the constancy of the ratio of nitrogen to sulphur in the protein of subterranean clover tops. Commun. Soil Sci. Plant Analysis. 8:241-249.

FRENEY, J. R. and WILLIAMS, C. H., 1983. The sulfur cycle in soil. In: Ivano, M. V. And Freney, J. R. (Eds). The Global Biogeochemical Sulphur Cycle. Wiley, New York.

FRENEY, J. R., 1986. forms and reactions of organic S-compounds in soils. In "Sulfur in Agriculture" (M. A. Tabatabai, ed.), pp. 207-232. (Agron, Monogr. 27) Amer. Soc. Argon., Crop. Sci. Soc. Am. And Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin.

FOHSE, D., CLAASSEN, N., JUNGK, A., 1991. Phosphorus Efficiency of Plants. Plant and Soil 132: 261-272.

GAHROOEE, R. F., 2003. Increased Microbial Activity Affects The Extractable Phosphorus in Ca-rich Arid and Semi-arid Soils. Proceedings of2nd Internal Symposium on Phosphorus Dynamics in the Soil-Plant Contium p:46-47.

GAHOONIA, T. S., NIELSEN, N. E., JOSHI, A. P., JAHOOR, A., 2001. A Root Hairless Barley Mutant for Elucidating Genetic of Root Hairs and Phosphorus Uptake. Plant and Soil 235: 211-219.

GARDNER, W. K., BARBER, D. A., PARBERRY, D. G., 1983. The Acquisition of Phosphorus by *Lupinus Albus* L. III. The Probable Mechanizm by which Phosphorus Movement in The Soil/Root Interface is Enhanced. Plant and Soil 70, 107-114.

GUO, F., YOST, R., S., HUE, N., V., EVENSEN, C., I, SILVE, J., A., 2000. Changes in phosphorus fractions in soils under intensive plant growth. Soil Sci. Soc. Amer. J. 64(5): 1681-1689.

GOLDSCHIMIDT, V. M., 1954. Geochemistry. Oxford University Press, (Clarendon) London and New York.

GUZEL, N., ORTAS, I. and IBRIKCI, H., 1991. Harran Ovası Toprak Serilerinde Yararlı Mikroelement Düzeyleri ve Çinko Uygulamasına Karşı Bitkinin Yanıtı. Ç. Ü. Ziraat Fakültesi (1): 15-30.

GUZEL, N., GULUT, Y. K., BUYUK, G., 2002. Toprak Verimliliği ve Gübreler Ç.Ü. Ziraat Fak. Genel Yayınları No:246 Ders Kitapları Yayın No: A-80 s: 654 Adana.

GAINES, T. P and PHATAK S. C., 1982. Sulfur fertilization effects on the constancy of the protein N:S ratio in low and high sulfur accumulating crops. Agrn. J. 74:415-418.

GRAHAM, R. D., ASCHER, J. S., and HYNES, S. C., 1992. Selecting zinc efficient cereal genotypes for soils of low zinc status. Plant and Soil. 146: 241-250.

GRAHAM, R. D., 1984. Breeding for nutritional characteristics in cereals. Adv. Plant Nutr. 1:57-102.

GRANT, P. M. and A. W. G. ROWELL. 1978. The distributon of sulphate and total sulphur in Maize plants in relation to the diagnosis of deficiency. Rodesia J. Agric.

HAWKESFORD,M.J., DAVIDIAN, J-C, and GRIGNON, C.1993. Sulphate/H cotransport in plasma membrane vesicle isolated from Brassica napus: increased transport in membranes isolated from sulphur-starved plants. Planta 190, pp. 297-304.

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

HAMMOND, J. P., BROADLEY, M. R., and WHITE, P. W., 2004. Genetic Responses to Phosphorus Deficiency. Annals of Botany 94: 323-332.

HE, Y., LIAO, H. and YAN, X. 2003. Localized Supply of Phosphorus Induces Root Morphological and Architectural Changes of Rice in Split and Stratified Soil Cultures. Plant and Soil 248:247-256.

HELAL, M. H. and DRESSLER, A., 1989. Z. Pflanzenernahr Bodek 152: 175-180.

HINSINGER, P., 2001. Bioavailability of Soil Inorganic P in The Rhizosphere as Affected by Root-Induced Chemical Changes. Pland and Soil 237: 173-195

HINGSTON, F. J., ATKINSON, R. J., POSNER, A. M., QUIRK, J. P., 1967. The specific adsorption of anions. Nature 215: 1459-1461.

HU, H., and SPARKS, D. 1990. Zinc deficiency inhibits reproductive development in 'stuart' pecan. Hortscicnce 25, 1392-1396.

HOCKING, P.J. 1994. Dry-matter production, mineral nutrient concentrastions, and nutrient distribution and redistribution in irrigated spring wheat. Journal of Plant Nutrition 17, pp. 1289-1308.

HOLFORD, I. C. R., 1997. Soil Phosphorus-its Measurement and its Uptake by Plants. Aust. J. Soil Res. 35 (2), 227-239.

HORST, W.J., ABDOU, M., WIESLSER, F., 1996. Difference between wheat cultivars in acquisition and utilization of phosphorus. Zeitschrift für Pflanzernaehrung und Boden kunde 159, 155-161.

HORST, W. J., KAMH, M., JIBRIN, J. M., CHUDE, V. O., 2002. Agronomic Measures for Increasing P Availability to Crops. Plant and Soil 237: 211-223.

HODGSON, J. F., LINDSAY, W. F., TRIERWEILER, J. F., 1966. Micronutrient cation complexing in soil solution II. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 30:723.

IBRIKCI, H., RYAN, J., YILDIRAN, U., GUZEL, N., ULGER, A.C., BUYUK, G., KARNEZ, E. and KORKMAZ, K., 2004. Phosphorus Fertilizer Efficiency and Mycorrhizal Infection in Corn Genotypes. Renewable Agriculture and Food Systems, vol. 19, no. 2, pp.92-99 (8).

IRKIN, H., and GÜZEL, N., 1990. The relationship between the elements of available iron, manganese, zinc, Cooper and some soil properties in the soil series of Harran Plain. J. Science and Engineering. Çukurova University. 453,53-64.

INTODIA, S.K.and SAHU, M. P. 1999. Effect of Sulphur Fertilization on Distribution of Sulphur in Alkaline Calcareous Soil of South Rajasthan. Journal of the Indian Society of Soil Science, Vol. 47,No.3

JAKOPSAN, B. S., FONG, F., EATH, R. L., 1975. Carbonic anhydrase of spinach. Studies on its location, inhibition and physiological function. Plant Physiol. 55: 468-474.

JEMO, M., ABAIDOO, R.C., NOLTE, C., TCHIENKOUA, M., SANGINGA, N., HORST, W.J., 2006. Phosphorus benefits from grain-legume crops to subsequent maize grown on acid soils of southern Cameroon. PLANT AND SOİL 284 (1-2): 385-397.

KACAR, B., 1998. Toprakta çinkonun bulunuşu, yarayışlılığı ve tepkimeleri. I. Ulusal Çinko Kongresi (tarım, Gıda ve Sağlık), S:47-60, Adana.

KACAR, B., KATKAT, V. ve ÖZTÜRK, S. 2002. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 198 Vipaş A:Ş. Yayın No: 74.

KARANLIK, S., ERENOGLU, B., DERICI, M.R., ve CAKMAK, I., 1998. Orta Anadolu, Çukurova ve GAP Bölgeleri topraklarının değişik fraksiyonlarındaki mikroelement konsantrasyonlarının belirlenmesi. I. Ulusal Çinko Kongresi (Tarım, Gıda ve Sağlık), S:783-786. Adana.

KARAMAN, M.R., SEZER, S., 2003. Potential to select wheat genotypes with improved P utilization characters. J. Acta Agricultureae Scandinavia. Soil and Plant (In Publ.).

KHASAWNEH, F. E., SAMPLE, E. C., and KAMPRATH, E. J. (eds). 1980. The role of phosphorus in agriculture. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA.

KHAMIS, S., CHAILLOU, S., and LAMAZE, T. 1990. CO2 assimilation and partitioning of carbon in maize deprived of orthophosphate. J. Exp. Bot. 41, 1619-1625.

KITAGISHI, K, OBATA, II., and KONDO, T. 1987. Effect of zinc deficiency on 80S ribosomc content of meristematic tissues of rice plant. Soil Sci. Plant Nutr. 33, 423-429.

KOVAR, J. L., BARBER, S. A., 1988. Phosphorus Charecteristics of 33 Soils as Influenced by Seven Rates of Phosphorus Addition. Soil Sci. Soc. Am. J. 52: 160-165.

KORKMAZ, K., IBRIKCI, H., KARNEZ, E., BUYUK, G., ULGER, A. C., YAGBASANLAR, T., OGUZ, H., KONUSKAN, O., 2004. Wheat Responses to Phosphorus Fertilizer Application on Calcareous Soils Under Greenhouse Conditions. Proceedings of The International Soil Congresss. (CD-Book). Erzurum, Turkey.

KPARMWANG, T., ESU, I. E., CHUDE, V. O., 1997. Sulphate adsorption-desorption characteristic af three ultisols and an alfisol developed on basalts in the Nigerian savana. Discov. Innov. 9: 197-204.

LAMBERS, H., CRAMER, M. D., SHANE, M. W., WOUTERLOOD, M., Poot, P. and VENEKLASS, E. J., 2003. Structure and Functioning of Cluster Roots and Plant responses to Phosphate Deficiency. Plant and Soil 248: 9-19.

LEYTEM, A. B., WESTERMANN, D. T., 2003. Phosphate Sorption by Pacific Northwest Calcareous Soils. Soil Science 168 (5): 368-375.

LEFROY, R. D. B., and GRAEME, B., 1997. Influence of sulfur and phosphorus placement, and sulfur particle size, on elemental sulfur oxidation and the growth responseof maize . Aust. J. Agric. Res.,

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

LI, M. S., ZHANG, S. F. and TANG, C., 2004. Acid Phosphatase Role in Chickpea/Maize Intercropping. Annals of Botany 94: 297-303.

LIU, Y., MI, G., CHEN, F., ZHANG, J. and ZHANG, F. 2004. Rhizophere Effect and Root Growth of Maize (Zea Mays L.) Genotypes with Contrasting P Effeciency at Low P Availability. Plant Science 167: 217-223.

MACHADO, T. T. C., FURLANI, C. M. A., 2004a. Kinetics of Phosphorus Uptake an Root Morphology of Local and Improved Varieties of Maize. Sci. Agric. V:61 N:1 p: 69-76.

MARTINI, J. A., MUTTERS, R. G., 1984. Effect of liming and fertilization on sulfur availability, mobility and uptake in cultivated soils of South Carolina. Soil Sci. 138: 403-410.

MARSCHNER, H., 1997. Mineral nutrition of higher plants, 2nd edition. Acad. Pres. London. 889 sayfa.

MARSCHNER, H., 1993. Zinc Uptake From Soils, Chap 5 in Robson, A.D. (ed) *Zinc in Soils and Plants,* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp 59-78.

MARSCHNER, H., 1994. Rhizosphere pH effects on phosphorus nutrition, in: C. Johansen, K.K. Lee, K. K. Sharma, G. V. Subbarao, E. A. Kueneman (Eds.), Proceedings of an FAO/ICRISAT Expert Consultancy Workshop on Genetic manipulation of crop plants to enhance integrated nutrient management in cropping systems-1. Phosphorus, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, India, pp. 107-115.

MARSCHNER, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2. ed., Acad. Press, Amsterdam.

MARTENS, D.C., and WESTERMAN, D.T., 1991. Fertilizer application or correcting micronutrient. Deficiencies in micronutrients in agriculture. SSSA Book series: 4, Madison, USA. pp. 549-592.

McGRATH, S. P. and ZHAO, F. J. 1996. Sulphur uptake, yield responses and the interactions between nitrogen and sulphur in winter oilseed rape (Brassicanapus). J. Agri. Sci. 126, pp. 53-62.

McGRATH, S. P., ZHAO, F. J. and WITHERS, P. J. A. 1996. Development of sulphur deficiency in crops and its treatment. Proceedings of the fertiliser society, No. 379. Peterborough, The Fertiliser Society

MENGEL, K., KIRKBY, E. A., 1987. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute. Bern, Switzerland.

MENLICH, A., 1964. Muence of sorbed hydroxyl and sulfate on liming efficiency, pH and conductivity. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28: 496-499.

MURPHY, J. and J.P. RILEY, 1962. A Modified Single Solution Method for The Determination of Phosphate in Natural Waters. Anal. Chem. Acta 27:31-36.

NOR, Y. M., 1981. Sulphur mineralization and adsorption in soils. Plant Soil 60: 451-459.

NEPTUNE, A. M.. L., M. A. TABATABAI, and J. J. HANWAY, 1975. Sulfur fractions and carbon- nitrogen- phosphorus- sulfur relationships in some Brazilian and Iowa soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 39: 51-55.

NEUMANN, G., MASSONEAU, A., LANGLADE, N., DINKELAKER B., HENGELER C., ROMHELD V., MARTINOIA E. 2000. Physiological Aspects of Cluster Root Function and Development in Phosphorus-Deficient White Lupin (Lupinus albus L.). annals of Botany, Band 85: 909-919.

OLSEN, S.R., COLE, C.V. WATANABE, F.S., and DEAN, L.A., 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate, USDA Cir. No. 939.

OLSEN, S. R., WATANABE, F. S., 1957. A Method to Determine A Phosphorus Adsorption Maximum for Soils As Measured by The Langmuir Isoterm. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 21: 144-149.

ORMAN, S. and KAPLAN, M., 2004. Türkiye kükürtlü gübre tüketiminin değerlendirilmesi. Tarım ve Çevre 3. Ulusal Gübre Kongresi, s: 95-102 Tokat.

OBERLEAS, D., and HARLAND, B., F. 1981. Phytate contents of foods. Effect of dietary Zinc bioavailability. J. Am. Diet. Assoc. 79:433-436.

OLSEN, R., 1972. Micronutrient interactions. In J. J. Morduedt et al ed.of micronutrients in Agriculture. P.243. Soil Sci. Sos. Amer. Inc. Madison. Wiscinson.U.S.A.

OKTEM, A., ULGER, A. C. 1998. Harran Ovası Koşullarında 10 Mısır (Zea Mays L.) Genotipinin Fosfor Kullanımının Belirlenmesi. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2 (4): 71-80.

PAUL, M. J., STITT, M., 1993. Effects of nitrogen and phosphorus deficiencies on levels of carbohydrates, respiratory enzymes and metabolites in seedlings of tobacco and their response to exogenous sucrose. Plant, Cell and Environment 16, 1047-1057.

PRICE, H. A., 1962. RNA-synthesis zinc deficiency and the kinetics of growth. Plant Physiol 37.XXI

PEEK, C. S., ROBSON, A. D., KUO, J., 2003. The Formation, Morphology and Anatomy of Cluster Root of Lupinua Albus L. As Dependent on Soil Type and Phosphorus Supply. Plant and Soil 248: 237-246.

PASRICHA, N. S., FOX, R. L., 1993. Plant nutrient sulphur in the tropics and subtropics. Adv. Argon. 50: 209-269.

PLAXTON, W. C., 2004. Plant responses to Stres: Biochemical Adaptations to Phosphate Deficiency. Encyclopedia of Plant and Crop Science p: 976-980.

PLENET, D., ETCHEBEST, A., MOLLIER, A. and PELLERIN, S. 2000. Growth Analysis of Maize Field Crops Under Phosphorus Deficiency. Plant and Soil 223: 117-130.

RAGOTHAMA, K. G., 1999. Phosphate Acquisition. Annual Review of Plant Phisiology and Plant Molecular Biology 50:665-693.

RAUSCH, C., BUCHER, M., 2002. Molecular Mechanism of Phosphate Transport in Plants. Planta 216: 23-37.

REED, H. S., 1941. The relation of zinc to seed production. J. Agr. Res. 4, 635-644.

RENDING, V. V., OPUTA, C.and MCCOMB, E. A. 1976. Effects of sulphur deficiency on non-protein nitrogen, soluble sugars and N/S ratios in young corn plants. Plant and Soil 44, 423-437.

RICHARDSON, A. E. 1994. Soil Microorganisms and Phosphorus Avability. Soil Biota 17: 50-62.

RICHARD, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agriculture Handbook, No: 60, U. S. Department of Agriculture. U. S. Grovement Priting Office, Washington D. C.

RICEMEAN, D. C. and JONES, G.B. 1959. Distribution of zinc and copper in subterranean clover (*Trifoliun subteraneum L.)* grown in culture solition supplied with graduated amount of zinc. Aust. J. Agr. Res. 973-122.

ROSOLEM, C. A., ASSIS, J. S., and SANTIAGO, A. D., 1994. Root growth and mineral nutrition of corn hybrids as effected by phosphorus and lime. Com. Soil Sci. Plant Anal. 25, 2491-2499.

RODRIGUEZ, D., ANDRADE, F. H., GOUDRIAAN, J., 2000. Does Assimilate Supply Limit Leaf Expansion in Wheat Grown in The Field Under Low Phosphorus Availability. Field Crops Research 67: 227-238.

RON VAZ M., D., EDWARDS, A, C., SHAND, C, A., CRESSER, M., S., 1993. Phosphorus Fractions in Soil Solution: Influence of Soil Acidity and Fertilizer Addition. Plant and Soil, 148: 175-183.

RUPA, T. R., SRINIVASA, R. CH., A. SUBBA RAO., 2003. Muneshwar Singh., Bioressource Technology 87.279-288.

RYAN, M. H., ANGUS, F. J., 2003. Arbuscular Mycorrhizae in Wheat and Field Pea Crops A Low P Soil: Increased Zn-Uptake but No Increase in P-Uptake or Yield. Plant and Soil 250: 225-239.

RYCHTER, A. M., RANDALL, D.D., 1994. The effect of phosphate deficiency on carbohydrate metabolism in bean roots. Physiologia Plantarum 91, 383-388.

SAHRAWAT, K. L., 2000. Residual Phosphorus and Management Strategy for Grain Sorghum on A Vertisol. Communications in Soil Science and Plant Analysis 31 (19-20): 3103-3112.

SAGGAR, S., BETTANY, J. R., and STEWART, J. W. B., 1981. Measurement of microbial sulfur in soil. Soil Biol. Biochem. 13: 493-498.

SANCHEZ, E., ETCHEVERS, J. D., ORTIC, C. J., NUNEZ, E. R., MARTINEZ, G. A. and CASTELLANOS, J. Z., 2001. Phosphorus Nutrition of Potato and maize Seedlings. Terra 19: 55-65 Mexico.

SICHER, R.C, KRMER, D.F., 1988. Effects of phosphate deficiency on assimilate partitoning barley seedlings. Plant Science 57,9-17.

SCHLICTING, E., BLUME, H., 1966. Bodenkundliches Practikum. Parey Verlag, Hamburg, Berlin.

SCHACHTMAN, P. D., REID, J. R., and AYLING, S. M., 1998. Phosphorus Uptake by Plants: From Soil to Cell. Plant Physiol. 116:447-453.

SCHERER, H. W., 2001. Sulphur in crop production. European Journal of Agronomy 14: 81-111.

SCHULZE, J., TESFAYE, M., LITJENS, R. H. M. G., BUCCIARELLI, B., TREPP, G., MILLER, S., SAMAC, D., ALLAN D. and VANCE, C. P., 2002. Malate Plays A Central Role in Plant Nutrition. Plant and Soil 247: 133-139.

SCHNUG, E., 1989. Quantitative und qualitative aspects of diagnosis and threphy of rape (Brassica napus L.) releated to glucosinolate low cultivars. Habilitationsschrift Thesis. University Kiel.

SHANE, M. W., DE VOS, M., DE ROOCK, S., CAWTHRAY, G. R. & LAMBERS, H. 2003. Effects of External Phosphorus Supply on Internal Phosphorus Concentrastions and The Initiation, Growth and Exudation of Cluster Roots in Hakea Prostrata R. Br. Plant and Soil 248: 209-219.

SHEN, J., RENGEL, Z., TANG, C., and ZHANG, F., 2003. Role of Phosphorus Nutrition in Development of Cluster Roots and Release of Carboxylates in Soil-Grown Lupinus Albus. Plant and Soil 248: 199-206.

SEZEN, Y. 1991. Gübreler ve Gübreleme. Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 679, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 303, Erzurum.

SEELING, B and ZASOSKI, R., J., 1993. Microbial effects in maintaining organic and inorganic solution phosphorus concentrations in a grassland topsoil. Plant Soil, 148: 277-284

SERRANO, R. E., ARIAS, J. S., FERNANDEZ, P. G., 1999. Soil properties that affect sulphate adsorption by palexerults in western and central Spain. Commun. Soil Sci. Plant. Anal. 30: 1521-1530.

SMITH, F. W., 2001. Sulphur and phosphorus transport systems in plants. Plant and Soil 232: 109-118.

SMITH, F. W., 2002. The Phosphate Uptake Mechanism. Plant and Soil 245:105-114.

SHIBATA, R., YANO, K., 2003. Phosphorus Acquisition From Non-Labile Sources in Peanut and Pigeonpea with Mycorrhizal Interaction. Applied Soil Ecology 24:133-141.

SHIN, H., SHIN, H. S., DEWBRE, G. R., and HARRISON, M., 2004. Phosphate Transport in Arabidopsis: Pht 1;1 and Pht 1;4 Play A Major Role in Phosphate Acquisition from Both Low and High Phosphate Environments. The Plant Journal 39: 629-642.

SHUMAN, L.M., 1975. The effects of soil properties on zinc adsorption by soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 39: 454-458.

STAYANOW, D., 1985. Boron fertilization. Dapor from poohvoznanie, agrokhimiya. Rastitelna zashohita. Vol. XX, No: 1, P:82.

STEVENSON, F. J., and ARDAKANI, M. S., 1972. Organic matter reactions involling micronutrients in soils. J.J.Mortvedt et al. (ed.) of micronutrient in agriculture p. 79 soil sci. soc. Amer. Inc. Madison USA.

STEVENSON, F. J., 1986. Cycles of soil: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients, John Wiley & Sons, New York.

STONE, U. C. ZINN, K. E., YANEZ, M. R., LI, A., VANCE, C. P., ALLAN, D. L., 2003. Nylon Fitler Arrays Reveal Differential Gene Expression in Proteid Roots of White Lupin in Response to Phospjorus Deficiency. Plant Physiology 131 (3): 1064.

STEWART, B. A. and L. K. Porter. 1969. Nitrogen sulfur relationships in wheat (Triticum eastivum L.) corn (Zea mays) and beans (Phaseolusvulgaris). Agrn. J. 61:267-271.

SILLANPAA, M., 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils. A global study. FAO soils Bulletin No. 48 FAO Roma

TAKKAR, P.N., and WALKER, C.D., 1993. The distribution and correction of zinc deficiebcy. In: Zinc in Soils and Plants. Ed: Rabson, A.D. Kluwer Academic Pub.

TARAFDAR, J. C. and MARSCHNER, H., 1994. Phosphatase Activity in The Rhizosphere and Hyphosphere of VA Mycorrhizal Wheat Supplied with Inorganic and Organic Phosphorus. Soil Biology and Biochemistry 26 (3): 387-395.

TENNANT, D. 1975. A test a Modified Line İntersect Method of Estimating Root Length. J. Ecol. 63: 995-1001.

TISDALE, S. L., NELSON, W. L., BEATON, J. D., HAVLIN, U., 1993. Soil fertility and fertilizers. Prentice Hall, New Jersey.

TORUN, M.B., 1997. Değişik tahıl türlerinin ve buğday çeşitlerinin çinko eksikliğine karşı duyarlılığının araştırılması, Doktora tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

U.S. SALINITY LABORATORY STAFF, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils, USDA No: 6.

U.S. SOIL SURVEY STAFF, 1951. Bureau of Plant Industri, Soil and Agricultural Engineering. "Soil Survey" U.S. Department of Agriculture, U.S. Government Priting Office.

VANCE, P. C., UHDE-STONE, C., ALLAN, D., 2003. Phosphorus Acquisition and Use: Critical Adaptations by Plants for Securing A Nonrenewable Resource. New Phytologist 157:423-447.

VALLE, B.L., and FALCHUK, K.H., 1993. Zinc in physiology. Physiol. Rev. 73: 79-81.

VIETS, F.G., 1966. Zinc deficiency in soil plant system. In A.S. Parasad (ed) Zinc. Metabolism. P: 90-127.

WALSH, L.M., and BEATON, J.D., 1973. Soil Testing and Plant Analysis. Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Madison, Wisconsin, USA.

WATT, M., EVANS, J. R., 2003. Phosphorus Acquisition from Soil by White Lupin (Lupinus Albus L.) and Soybean (Glycine max L.), Species with Contrasting Root Development. Plant and soil 248 (1-2): 271-283.

WATANABE, F.S. and OLSEN S.R., 1965. Test of an Ascorbic Acid Method for Determining Phosphorus in Water and NaHCO3 Extracts from Soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 29:677-678.

WASAKI, J., YAMAMURA, T., SHINANO, T., OSAKI, M., 2003. Secreted Acid Phosphatese is Expressed in Cluster Roots of Lupin in responses to Phosphorus deficiency. Plant and Soil 248: 129-136.

YALCIN, S.R. and USTA. S., 1992. Çinko Uygulamasının Mısır Bitkisinin Gelişmesi ile Çinko, Demir, Mangan ve Bakır Kapsamları Üzerine Etkisi. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yıllığı, Cilt 4:1-2, 195-204.

ZABUNOGLU, S., 1967. Çarşamba ovası topraklarının fosfor durumu ve bölge topraklarının fosfor ihtiyaçlarının tayininde kullanılacak metotlar üzerinde bir araştırma. A. Ü. Ziraat Fakültesi, Radyofizyoloji ve Toprak Verimliliği Kürsüsü (Rota), Ankara.

ZHU, Y., SMITH, F. A., SMITH, S. E., 2003. Phosphorus Efficiencies and Responses of Barley (Hordeum vulgare L.) to Arbuscular Mycorrhizal Fungi Grown in Highly Calcareous Soil. Mycorrhiza 13: 93-100.

ZHAO, F. J., WU, J. and McGRATH, S.P. 1996a. Soil organic sulphur and its turnover. In: Humic Substances in the Terrestrial Ecosytems. pp. 467-506.

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

ZHOU, M. F., LI, Y. C., 2001. Phosphorus-Sorption Charecteristics of Calcareous Soils and Limestone from The Southern Everglades and Adjacent Farmlands. Soil Sci. Soc. Of Am. Jour. 65(5):1404-1412.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Adana' da doğdum. İlk ve orta öğrenimimi Adana' da tamamladım. 2002 Yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak bölümünden mezun oldum. 2003 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim dalında Yüksek Lisans öğrenimime başladım. Halen Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim dalında yüksek lisans öğrenimime devam etmekteyim.