

T.C
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TOPRAĞA KÜKÜRT VE MİKRO BESİN ELEMENTİ
UYGULAMALARININ BODUR FASULYE
(*Phaseolus vulgaris L.*) GENOTİPİNİN GELİŞİMİ VE MİKRO BESİN
ELEMENTİ ALIMINA ETKİSİ**

SEYİT ALİ YAVUZASLAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK ANABİLİM DALI

KONYA, 2010

T.C
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TOPRAĞA KÜKÜRT VE MİKRO BESİN ELEMENTİ UYGULAMALARININ
BODUR FASULYE
(*Phaseolus vulgaris L.*) GENOTİPİNİN GELİŞİMİ VE MİKRO BESİN
ELEMENTİ ALIMINA ETKİSİ**

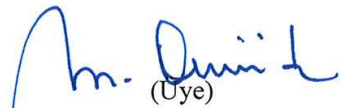
SEYİT ALİ YAVUZASLAN


YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK ANABİLİM DALI

Bu tez 08 /04 / 2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.


(Danışman)
Prof. Dr. Sait GEZGİN


(Üye)
Prof. Dr. Mustafa ÖNDER


(Üye)
Yrd. Doç. Dr. Mehmet HAMURCU

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAĞA KÜKÜRT VE MİKRO BESİN ELEMENTİ UYGULAMALARININ

BODUR FASULYE

(*Phaseolus vulgaris* L.) GENOTİPİNİN GELİŞİMİ VE MİKRO BESİN ELEMENTİ

ALIMINA ETKİSİ

Seyit Ali YAVUZASLAN

Selçuk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Sait GEZGİN
2010, Sayfa: 57

Jüri : Prof. Dr. Sait GEZGİN
: Prof. Dr. Mustafa ÖNDER
: Yrd. Doç. Dr. Mehmet HAMURCU

Bu araştırma kontrollü sera koşullarında kükürt ve mikro besin elementi uygulamalarının toprağın pH ve EC değerleri üzerine etkileri ile fasulye genotipinin kuru madde verimi, tane verimi, tane protein içeriği ve yaprak besin elementi konsantrasyonuna etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. ‘Tesadüf Parsellerinde Faktöriyel Deneme Desenine’ göre dört tekerrürlü olarak kurulan denemede, kükürt iki dozda (0, 200 mg kg⁻¹), besin elementleri yedi (NPK, NPK+ME *Tümü*, NPK+Fe *içermeyen* ME, NPK+Zn *içermeyen* ME, NPK+Mn *içermeyen* ME, NPK+Cu *içermeyen* ME, NPK+B *içermeyen* ME) farklı seviyede uygulanmıştır.

Fasulye bitkisinin kuru madde verimi, tane verimi ve tane protein içeriği ile yaprağın Fe, Zn, Mn, Cu, B konsantrasyonu üzerine kükürt ve besin elementi uygulamaları ile interaksiyonlarının etkisi istatistiki olarak önemli ($P < 0.01$) bulunmuştur. Toprağa uygulanan kükürt miktarı arttıkça bitkinin Fe, Zn, Mn, Cu, B konsantrasyonu, kuru madde verimi, tane verimi, tane protein içeriği ve toprağın EC değerlerinin arttığı, pH değerlerinin ise azaldığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fasulye, kükürt, pH, EC, mikro besin elementleri.

ABSTRACT

POSTGRADUATE THESIS

EFFECT OF SULFUR AND MICRO NUTRIENTS APPLICATIONS INTO SOIL ON GROWTH AND MICRO NUTRIENT UPTAKE OF DWARF BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) GENOTYPE

Seyit Ali YAVUZASLAN
Selçuk University
Institute of Science
Soil Department

Supervisor: Prof. Dr. Sait GEZGİN
2010, **Page:** 57

Jury : Prof. Dr. Sait GEZGİN
: Prof. Dr. Mustafa ÖNDER
: Assist. Prof. Dr. Mehmet HAMURCU

This research was done to determine the effects of sulfur and micro nutrient applications on pH and EC of the soil and dry matter yield, grain yield, protein content of the grain and nutrient concentration of the leaf under greenhouse conditions. In the experiment carried out in the ‘factorial experimental design at the randomize plots’ with 4 replication; sulfur in 2 dose (0, 200 mg kg⁻¹) and nutrients (NPK, NPK+ ME *Whole*, NPK+ *without Fe* ME, NPK+ *without Zn* ME, NPK+*Mn without* ME, NPK+*Cu without* ME and NPK+B *without* ME) were applied in 7 different levels.

The effect of sulfur, nutrient and their interactions on the dry matter, grain yield and protein content of the grain, and Fe, Zn, Mn, Cu, B concentration of the leaf was found significant (p<0.01), statistically. It was determined that as the sulfur applied into the soil increased, Fe, Zn, Mn, Cu, B concentration of the plant, dry matter yield, grain yield, protein content of the grain, and soil EC value increased, and pH value of the soil decreased.

Key Words: Bean, sulfur, pH, EC, micro nutrients.

TEŐEKKÖR

Bu araŐtırmanın yüksek lisans tezi olarak planlanıp yűrűtűlmesinde ve sonuçların deęerlendirilmesinde ilmi destek ve yardımlarını esirgemeyen deęerli hocam Prof. Dr. Sait GEZGİN'e, laboratuvar çalıŐmalarında ve sonuçların deęerlendirilmesindeki yardımlarından dolayı deęerli hocam Yrd. Doç. Dr. Mehmet HAMURCU'ya, Ziraat Yűksek Műhendisi Mehmet Ali DÖNDAR'a, Ziraat Műhendisi Hakkı KESKİN'e ve Selçuk Ŭniversitesi Toprak Bűlűmű Bitki Besleme ve Gűbreleme AraŐtırma Laboratuvarı çalıŐanlarına teŐekkűrlerimi sunarım.

KONYA, 2010

Seyit Ali YAVUZASLAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
RESİMLER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. Kükürt İle İlgili Çalışmalar.....	4
2.2. Fasulye İle İlgili Çalışmalar.....	15
3. MATERYAL VE METOT.....	18
3.1. Materyal.....	18
3.1.1. Toprak.....	18
3.1.2. Bitki.....	18
3.2. Metot.....	19
3.2.1. Sera denemesinin kurulması.....	19
3.2.2. Denemede yapılan ölçümler.....	22
3.2.2.1. Kuru madde verimi.....	22
3.2.2.2. Tane verimi.....	22
3.2.2.3. Tane protein miktarı.....	22
3.2.3. Labaratuar analizleri.....	22
3.2.3.1 Bitki örneklerinin analize hazırlanması ve analizi.....	22
3.2.4. Veri analizi.....	23
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	24
4.1. Toprağın pH ve EC Değişimleri.....	24
4.2. Kuru Madde Verimi.....	27
4.3. Tane Verimi	30
4.4. Tane Protein Miktarı.....	32
4.5. Yaprak Besin Elementi Konsantrasyonu.....	34

5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	44
6. KAYNAKLAR.....	47

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

1. Çizelge 3.1. Denemede Kullanılan Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....18
2. Çizelge 3.2. Denemede S ve Besin Elementi Uygulama Şekli.....21
3. Çizelge 4.1.Kükürt ve Besin Elementi Uygulamalarının Fasulye Genotipi ve Toprağın Farklı Özellikleri Üzerine Etkisi ile İlgili Varyans Analiz Sonuçları24
4. Çizelge 4.2. Kükürt ve Besin Elementi Uygulamalarının Fasulye Genotipinin Yaprak Besin Elementi Konsantrasyonu Değerleri ile İlgili Varyans Analiz Sonuçları ..24
5. Çizelge 4.3. Kükürt ve Besin Elementi Uygulamalarının Toprağın pH ve EC İçeriği Üzerine Etkisi45
6. Çizelge 4.4. Kükürt ve Besin Elementi Uygulamalarının Fasulyenin Tane Verimi, Tane Protein İçeriği ve Kuru Madde Verimi Üzerine Etkisi45
7. Çizelge 4.5. Kükürt ve Besin Elementi Uygulamalarının Yaprığın Fe, Zn, Mn, Cu ve B İçeriği Üzerine Etkisi46

1. Şekil 4.1. Kükürt ve Besin Elementi Uygulamalarının Toprak Ph Değerleri Üzerine Etkisi	25
2. Şekil 4.2. Kükürt ve Besin Elementi Uygulamalarının Toprak EC Değerleri Üzerine Etkisi	27
3. Şekil 4.3. Kükürt ve Besin Elementi Uygulamalarının Kuru Madde Verimi (g bitki ⁻¹) Üzerine Etkisi	29
4. Şekil 4.4. Kükürt ve Besin Elementi Uygulamalarının Fasulye Genotipinin Tane Verimi (g bitki ⁻¹) Değerlerine Etkisi	31
5. Şekil 4.5. Kükürt ve Besin Elementi Uygulamalarının Tane Protein (%) İçeriği Değerleri Üzerine Etkisi	33
6. Şekil 4.6. Kükürt ve Besin Elementi Uygulamalarının Fasulye Genotipinin Yaprak Fe Konsantrasyonu (mg kg ⁻¹) Üzerine Etkisi	35
7. Şekil 4.7. Kükürtün ve Besin Elementi Uygulamalarının Fasulye Genotipinin Yaprak Zn Konsantrasyonu (mg kg ⁻¹) Üzerine Etkisi	37
8. Şekil 4.8. Kükürt ve Besin Elementi Uygulamalarının Fasulye Genotipinin Yaprak Mn Konsantrasyonu (mg kg ⁻¹) Üzerine Etkisi	39
9. Şekil 4.9. Kükürt ve Besin Elementi Uygulamalarının Fasulye Genotipinin Yaprak Cu Konsantrasyonu (mg kg ⁻¹) Üzerine Etkisi	40
10. Şekil 4.10. Kükürt ve Besin Elementi Uygulamalarının Yaprığın B Miktarı (mg kg ⁻¹) Üzerine Etkisi	42

1. **Resim 3.1.** Denemeden genel görünüm (hasat öncesi) ve kullanılan sulama sistemi.....19
2. **Resim 3.2.** Denemeden genel bir görünüm (hasat öncesi)20
3. **Resim 3.2.** Denemeden genel bir görünüm (hasat öncesi)20
4. **Resim 4.1.**Toprağa kükürt uygulanmış (+S) koşullarda Fe içermeyen (18) ve Fe içeren (22) uygulamaların bitki gelişimine etkilerini gösterir resim36
5. **Resim 4.2.**Toprağa kükürt uygulanmış (+S) koşullarda Zn içermeyen (29) ve Zn içeren (26) uygulamaların bitki gelişimine etkilerini gösterir resim.....38
6. **Resim 4.3.**Toprağa kükürt uygulanmış (+S) koşullarda Mn içermeyen (37) ve Mn içeren (33) uygulamaların bitki gelişimine etkilerini gösterir resim.....39
7. **Resim 4.4.**Toprağa kükürt uygulanmış (+S) koşullarda Cu içermeyen (46) ve Cu içeren (41) uygulamaların bitki gelişimine etkilerini gösterir resim.....41
8. **Resim 4.5.** Toprağa kükürt uygulanmış (+S) koşullarda B içermeyen (56) ve B içeren (49) uygulamaların bitki gelişimine etkilerini gösterir resim43

1. GİRİŞ

Dünya nüfusu hızla artmakta ve bu artış ile doğru orantılı olarak tarımsal üretim miktarı da artmaktadır. Tarımsal üretimi artırmak iki yol ile olabilir. Bunlar; üretim yapılan alanı artırmak veya birim alandan en fazla verim almaktır. Şu anda ülkemizde ve dünyada olduğu gibi üzerinde tarım yapılan alanlar son sınırına dayanmıştır. Bunun için tarımda birim alanda en fazla ürün alabilmek için bilimsel çalışmalar yapılmaktadır.

Bitkisel üretimde verimi artırmak ve yüksek kalitede üretim yapabilmek için dengeli ve yeterli bitki besleme zorunludur. Kültür topraklarının verimliliklerinin artırılması veya korunması için, ürünle bu topraktan kaldırılan ve değişik yollarla kayba uğrayan bitki besin elementlerinin yeniden toprağa verilmesi gereklidir. Ancak bu şekilde kültür topraklarındaki besin maddeleri miktarları, yetiştirilen bitkilerin ihtiyaçlarını karşılayacak bir düzeyde tutabilir.

Toprak verimliliğini belirleyen en önemli faktörlerden birisi toprak reaksiyonu (pH)'dur. Toprak reaksiyonu başta bitki besin maddelerinin yayılabilirlikleri ve toprak organizmalarının faaliyetleri olmak üzere toprak verimliliğini belirleyen pek çok faktörü önemli derecede etkilemektedir. Gerek bitki besin maddelerinin alınabilirlikleri gerek toprak organizmalarının faaliyetleri için en uygun toprak pH'sı değeri 6-7 arasındadır. Bu değerlerin altına veya üzerine doğru gidildikçe bazı besin maddeleri bakımından sorunlar ortaya çıkmaktadır (Özbek 1973).

Türkiye topraklarının çoğu kireçli bir yapıya sahiptir ve pH'sı 7'den yüksektir. Toprakların yüksek pH ve kireçli bir yapıya sahip olması toprak verimliliğinde bir çok sorun oluşturmakta ve bu koşullarda makro ve mikro besin elementleri daha az yayılabilir ya da fikse olmaktadır (Zabunoğlu ve ark. 1980).

Kireçli ve pH'sı yüksek olan toprakları ıslah etmede değişik yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biride elementel kükürt uygulamasıdır. Toprakta kükürt organik ve inorganik şekillerde bulunur. Sülfid, sülfat ve elementel kükürt inorganik haldeki kükürttür (Kacar 1977). Organik kükürt ise hücre öz suyunda sülfat iyonu şeklinde ve proteinlerde S-H ve S-S bağları ile bulunur. Uygulanan elementel kükürt uygun koşullar altında mikrobiyolojik oksidasyona uğrayarak

H₂SO₄ oluşturmakta ve oluşan bu asit, toprak reaksiyonunun dūřmesini sağlamaktadır. Toprakta elementel kükürt oksidasyonunun *Thiobacillus* bakteri çeşitlerince yapıldığı bilinmektedir. Bu bakteriler ototrofik aerobtur. Karbon gereksinimlerini CO₂'den almakta, bunu da kükürtün oksidasyonundan sağlamaktadırlar. Elementel kükürtün sülfata dönüşme hızını toprak sıcaklığı, nemi ve kükürt taneciklerinin inceliği etkilemektedir (Tisdale ve ark. 1972). Toprak reaksiyonundaki düşmeye bağlı olarak fosfor, demir, çinko, mangan gibi besin elementlerini çözünürlüğü ve bitkilerce alınabilirliği artırmaktadır (Jones 1982).

Dünyada enerji ve protein gereksinimi bakımından 800 milyon insanın yetersiz beslenmesine karşın, 2 milyara yakın insan 'gizli açlık' olarak isimlendirilen ve yetersiz seviyede mikro element (bor, çinko, demir, selenyum, vb.) ve vitamin noksanlığı çekmektedir (Çakmak 2002, Welch 2002). Yetersiz mikro element beslenmesi durumunda ölüm oranları artmakta, özellikle çocuklarda zeka gelişimi ve tüm insanlarda verimlilik düşmektedir. Bunun yanında çeşitli organlarda hastalıklar da farkında olmadığımız arazlara yol açabilmektedir. Bu nedenle özellikle gıda amaçlı yetiştirilen ürünlerin içerik bakımından zenginleştirilmesi amacıyla ya yeterince gübrelemenin yapılması ya da topraktan daha iyi besin maddesi alıp depolayabilen, ayrıca gübreleme yapılmadığı durumlarda noksanlık şartlarında daha az verim kaybına sahip bitki genotiplerinin seçilip tohum geliştirme programlarında kullanılması gerekmektedir.

İnsan beslenmesinde taze sebze, konserve ve kuru tane olarak tüketilen fasulye, dünyada ekiliş alanı bakımından yemeklik baklagil bitkileri arasında ilk sırayı almaktadır. Orta Amerika kökenli olan bu kültür bitkisi 250 yıl önce Anadolu'ya gelmiş ve çok geniş bir yayılım alanı bulmuştur. Ekim alanları düşünöldüğünde Orta Anadolu Bölgesi 57 305 ha ve % 31.8'lik pay ile en fazla fasulye ekim alanına, üretimde ise 108 424 ton ve % 43.3'lük pay ile yaklaşık yarısına sahiptir (Çiftçi 2004). Bununla birlikte Orta Anadolu Bölgesinde fasulye üretim alanlarında ortalama verim değerleri Türkiye ortalamasının üzerinde olmasına rağmen üretim ve kalite değerleri istenen seviyede gerçekteşmemektedir. Bunun en önemli nedenlerinin başında uygun üretim tekniklerinin, bilinçli gübrelemenin ve aynı zamanda fasulye tarımı yapılan alanlarda yeterli seviyede mikro besin elementi gübrelemesinin yapılmaması gösterilebilir.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, Dünya ve Türkiye topraklarında mikro besin elementleriyle ilgili yaygın beslenme problemlerinin olduğu ortaya konulmuştur (Eyüpoğlu ve ark. 1995). Türkiye topraklarının çoğunluğu kireçli bir yapıya sahiptir ve pH'sı 7'den yüksektir. Toprakların yüksek pH ve kireçli bir yapıya sahip olması toprak verimliliğinde bir çok sorun oluşturmakta ve bu koşullarda bir çok makro ve mikro besin elementi daha az yararışlı yada fikse olmaktadır (Zabunoğlu ve ark. 1980). Orta Anadolu tarım topraklarının önemli bir kısmında çinko (Çakmak ve ark. 1996), bor (B) ve demirin (Fe) noksanlığı ve bor (B) toksisitesi (Gezgin ve ark. 2002) ile bunların hem bitkilerde hem de besin zinciri yoluyla insan ve hayvanlarda olumsuz etkileri çok yaygın olarak görülmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Kükürt ile İlgili Çalışmalar

Overstreet ve ark. (1951), yüksek tuzlu ve sodyumlu toprağa aynı miktarda jips, kükürt ve sülfürik asit uygulamasına ek olarak sulama yapmışlar ve sodyuma dayanıklı bitki yetiştirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda kükürt uygulanan parsellerde pH ve değişebilir sodyum kapsamında çok az değişme meydana gelmiştir. Bu durum araştırma topraklarındaki kükürt oksidasyon bakterilerinin yetersiz olması ile açıklanmıştır. Diğer uygulamalarda ise pH ve değişebilir sodyum miktarında önemli azalmalar olduğunu rapor etmişlerdir.

Öztan ve Munsuz (1962), Menemen Keseköy’de yapmış oldukları çalışmada jips, kükürt, sülfürik asit ve çiftlik gübresi ilave edilen toprakların hem kimyasal bakımdan ıslahlarını sağlamışlar hem de fiziksel bakımdan değişmelerini sağladıklarını belirtmişlerdir.

Kacar ve Akgül (1967), radyoaktif fosfor kullanarak artan miktarda kükürt uygulanan kireçli alkalın bir toprakta kükürtün fosfor alınımına etkisi araştırdıkları çalışmaya göre, artan kükürt dozları ile beraber toprak fosforunun yararlılığını arttığını rapor etmişlerdir.

Yer kabuğu yaklaşık olarak % 0.06 oranında kükürt içermektedir. Ilıman bölgelerin topraklarının toplam kükürt içerikleri % 0.005-0.04 arasındadır. Yağışlı bölgelerdeki tarım topraklarının toplam kükürt içerikleri % 0.01 ile % 0.15 arasında değişir (Simon-Sylvestra 1969, Tisdale ve ark. 1972, Kacar ve Katkat 1998).

Elementel kükürdün sülfata okside edilinceye kadar alınmadığı uzun zamandır bilinmektedir. Gübre olarak elementel kükürdün etkisi, oksidasyon oranına bağlıdır ki bu özellikle mikrobiyal oksidasyonla gerçekleşir. Bunun için mikrobiyal aktiviteyi etkileyen toprak sıcaklığı, nemi gibi fiziksel faktörler kükürt oksidasyonunun düzenlenmesinde önemli rol oynar. Partikül ne kadar ince olursa, oksidasyon o kadar hızlı olur. 0.1 mm büyüklükte öğütülmüş elementel kükürtün toprağa uygulanması ile pH'nın düştüğünü, bu düşmenin zamana bağlı olarak yavaşladığını ve belirli bir noktada sabit kaldığını saptamışlardır (Tisdale ve Nelson 1972), (Boswell 1987), (Janzen ve Bettany 1987).

Elementel kükürtün oksidasyonuna etki eden faktörler, uygulanan gübrenin

partikül büyüklüğü, bileşimi ve çözünürlülüğü gibi özellikleri; sıcaklık, nem, havalanma, pH ve mikrobiyal popülasyon gibi toprak faktörleri; ürün türleri, zaman, metot ve uygulama oranı gibi faktörlerdir (Tisdale ve Nelson 1972, Stevenson 1986, Chien ve ark. 1988).

Özbek (1973), toprak reaksiyonu başta besin elementlerinin yarayırlılıkları ve toprak organizmalarının faaliyetleri olmak üzere toprak verimliliğini belirleyen pek çok faktörü önemli derecede etkilemektedir. Gerek bitki besin maddelerinin alınabilirlikleri gerek toprak organizmalarının faaliyetleri için en uygun toprak pH'sı değeri 6-7 arasındadır. Bu değerlerin altına veya üzerine doğru gidildikçe bazı besin maddeleri bakımından sorunlar ortaya çıkacağını bildirmiştir.

Topraklarda kükürt hem organik hem de inorganik formda bulunur. Ancak birçok toprakta temel kükürt kaynağı olarak organik bağlı S bulunmaktadır. Topraktaki total S miktarı 100-1000 mg kg⁻¹ arasında değiştiği bildirilmiştir (Syers ve ark. 1987).

Topraklarda kritik kükürt düzeyi olarak 10 mg kg⁻¹ olarak belirtilmektedir; bununla birlikte deneysel bulgular yararlanılabilir S'ü 41 mg kg⁻¹ kadar yüksek olan topraklarda S'e responsun olduğunu göstermektedir. Buna karşılık Iswari ve Tewari (1987) tarafından, 4.5 mg kg⁻¹ kadar düşük kükürt içeren topraklarda S uygulamaksızın başarılı bir şekilde ürün verimi elde edildiği bildirilmektedir.

Wankhade ve ark. (1988), Hindistan'da yaptıkları bir çalışmada orta siyah kili toprakta elementel kükürt (9-144 ppm S) inkübasyonu ile Cu, Fe ve Mn'nın alınabilirliğinin artarken toprak pH'sının 7.4'den 6.7'ye düştüğünü tespit etmişlerdir.

Falatah ve Schwab (1990) tarafından, çinko ve demir eksikliği olduğu bilinen, W.Kansas'dan alınan kireçli siltli tınlı bir toprakta Zn'lu ve Fe'li ve Zn'suz ve Fe'siz olarak küçük miktarda kükürt ilavesi ile mikro element yarayırlılığının artırılması amacıyla bir sera denemesi kurulmuştur. Bu denemde, 0, 200, 400 mg kg⁻¹ elementel kükürt; 0, 2.5 ve 5 mg kg⁻¹ Zn (ZnO olarak); 0, 5 ve 10 mg kg⁻¹ Fe (FeCl₃ olarak) bütün kombinasyonlarda uygulanmıştır. Denemede bitki olarak soya fasulyesi (Williams) ekilmiştir. Toprak inkübasyona bırakılmış ve periyodik bir şekilde pH ve DTPA'da ekstrakte edilebilir Zn ve Fe'i belirlemek için örnek alınmıştır. Kükürt ilave edildiğinde toprak pH'ı değişmemiş fakat kuru madde verimi, bitkinin çinko alımı ve DTPA'da ekstrakte edilebilir Zn artmıştır ama Fe konsantrasyonu kükürt ilavesinden

etkilenmeyerek artmamıştır. Zn ilavesi bitkinin Zn konsantrasyonunu artırmıştır. Fakat Fe'de böyle bir etki görülmemiştir. Kükürt, çinko ve demirin kombinasyonlarında DTPA'da ekstrakte edilebilir Fe ve Zn konsantrasyonu, kuru madde verimleri ve bitki alımı artmamıştır. Araştırmacılar kireçli siltli tınlı bir toprakta Zn ve S uygulamalarının Zn içi olumlu sonuçlar verebildiğini fakat bu toprakta Fe eksikliğinin giderilmesi için uygun olmadığı sonucuna varmışlardır.

Hilal ve ark. (1992), kumlu topraklar üzerinde yetiştirilen bakla bitkisinin verimine, kök gelişimine ince ve granüler kükürtün etkisini incelemiştir. Çalışmada 0, 250, 500 ve 750 kg ince (325 mesh) ve kaba (60 mesh) kükürtü toprak yüzeyine uygulamışlardır. S uygulamaları toprak pH'sını düşürürken, yüzey toprağın alınabilir fosforu ve sülfatı artmıştır. Kükürt ayrıca aktif kök bölgesinde ve kök gelişimini de artırmıştır. 500 kg ha⁻¹ S uygulaması parça büyüklüğü fark etmeden bitki başına tohum verimi iki katına çıkmıştır. Ancak yinede en yüksek tohum verimi 250 kg ha⁻¹ ince kükürt uygulaması ile elde edilmiştir. Bu uygulama boyunu küçültmüş, Cu ve Zn alımını artırmıştır. Daha kalın kükürt partiküllerinin ise Fe alınabilirliğini artırdığı belirlenmiştir.

Safo ve Oppong (1994), granitik bir toprakta 0, 10, 20 ve 30 kg ha⁻¹ S (K₂SO₄ olarak) kükürt uygulayarak 2 baklagil bitkisi yetiştirmiş. Ekimden 50 gün sonra hasat edilen bitkilerde kükürt gübrelemesi iki baklagil bitkisinin kuru madde verimini istatistiksel olarak önemli bir şekilde etkilememesine rağmen toprağın SO₄⁻² içeriğini ve bitkilerin toplam S konsantrasyonlarını % 5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli bir şekilde artırmıştır.

Menemen yöresinden aldığı alkalin reaksiyonlu topraklarda kükürt uygulamasının pH ve bitki besin elementlerinin alınımına etkilerini saksı denemeleri ile inceleyen Pınar (1994), % 2'lik S uygulamayla toprak reaksiyonun lineer olarak 7.80'den 7.17'ye düştüğünü bildirmektedir. % 5'lik doz, buğday bitkisinde kuru madde verimi, N, P, Ca, Mg, Fe ve Zn kapsamını arttırmış, daha fazla yapılan uygulamalarda kükürt dozu arttıkça bitkide bu elementlerin alınimleri önemli ölçüde azalmıştır. Mangan, kükürt uygulama dozları ile düzenli şekilde artmış, sodyum ise azalma göstermiştir. Araştırmacı en uygun dozun % 5 kükürt uygulaması olduğunu bildirmiştir.

Ezenwa (1994), yaptığı çalışmada *Leucaena leucocephala* (Lam.) baklagil

bitkisinde 4 kükürt düzeyi ve 6 fosfor düzeyi uygulamasının etkisini belirlemişlerdir. Toprağa 7.5 mg kg^{-1} S uygulaması gövde yüksekliğini % 28, gövde kuru ağırlığını %34 ve kök kuru ağırlığını %15 artırmıştır. Kontrolle karşılaştırıldığında toprağa 7.5 mg kg^{-1} P uygulaması nodüllerin sayısını %151; kuru ağırlığını %575 oranında önemli bir şekilde artırmıştır.

Gendy ve ark. (1995) tarafından, Mısır'da broad fasulyesi üzerine farklı sulama oranları (3, 4 ve 5 sulamalar) ve kükürt uygulamalarının (0, 62.5, 125, 250 kg fedan⁻¹(1 feddan=0.42 ha) etkisini araştırmak için tarla denemesi kurmuştur. Vejetatif karakterler (bitki kuru ağırlığı, bitki boyu ve dalların sayısı), vejetatif olmayan özellikler (nodül ağırlığı, nodül sayısı ve tohum kabuklarının sayısı), tohum ve saman verimleri, protein içeriği, N ve P alımı ve topraklardaki yararlanabilir P ve toplam N ölçülmüştür. Sulama sayısı ve kükürt uygulama oranlarının artışı vejetatif ve vejetatif olmayan özellikleri artırmıştır. Vejetatif özellikler, P alımı, toplam N, yararlanabilir P ve saman verimi 5 sulama ve 250 kg fedan⁻¹ S düzeyinde en yüksek olmuştur. Vejetatif olmayan özellikler, N alımı, tohum verimi ve protein içerikleri 5 sulama ve 62.5 kg fedan⁻¹ S düzeylerinde en yüksek olmuştur. Saman ve tohumların en düşük verimleri 3 sulama ve 62.5 kg fedan⁻¹ S düzeylerinde olmuştur.

Muhtelif topraklar üzerinde yetiştirilen farklı bitkilerin kritik S düzeyleri ürün çeşidi, türleri, yaşı, bitki kısmı ve varyetesine göre değişir. Bitki tarafından absorblanmış S hemen hemen eşit bir şekilde tane ve saman arasında paylaşılır. Haçlıgil bitkilerinin tohumları (hardal, soğan gibi) % 1.10'dan % 2.00'ye değişen en yüksek kükürt içeriklerine; baklagil bitkileri (bezelye, nohut gibi) % 0.24'ten % 0.5'e değişen oranda yüzde içeriklerine; tahıl ürünleri % 0.15'den % 0.20'ye değişen oranlarda en düşük kükürt içeriklerine sahiptirler (Sing ve Saha 1995).

Usta (1995), elementel kükürtün genellikle tarımsal faaliyetlerle toprağa ilave olduğunu bildirmiştir. Ayrıca elementel kükürtün toprağa uygulandığı zaman yükseltgenerek sülfata dönüştüğünü ve dolayısıyla toprak reaksiyonunun asite doğru gitmesine yol açtığını belirlemiştir.

Orman (1996), kontrol toprağının pH'sı 7.88 iken, 200 kg da^{-1} elementel kükürt uygulamasının 5 hafta sonra bu değeri 7.52'ye düşürdüğünü ve alınabilir demir içeriğine kükürt uygulamasının fazla bir etkisinin olmadığını, mangan içeriğinin artırdığını saptamıştır.

Awad ve ark. (1996), Mısır'da toprak pH'sı, mikro elementlerin yarayırlılığı ve alımı ve buğday verimi üzerine kireçli topraklara NPS gübre uygulamalarının etkilerini araştırmak için tarla denemesi kurmuşlardır. Yüksek kireçli topraklarda organik gübre ve NP gübreleri ile S uygulaması toprak pH'sını düşürmüş Fe, Zn ve Mn yarayırlılığını artırmıştır. Buğday yetişme mevsimi boyunca pH değeri ortalama olarak %4 civarında azalmıştır. En düşük pH değeri N3P2S3 uygulamasında (120 kg N, 20 kg P₂O₅, 600 kg fedan⁻¹ S) bulunmuştur. DTPA'da ekstrakedilebilir Fe ve Zn'nun yüksek değeri 600 ile 800 kg fedan⁻¹ S uygulamasında belirlenirken DTPA'da ekstrakedilebilir Mn'in yüksek değerleri 400 ile 600 kg fedan⁻¹ S uygulamasında belirlenmiştir. S uygulaması mikro element konsantrasyonu ve alımını etkilemiştir. En yüksek Fe, Zn, Mn konsantrasyonu ve alımı yüksek S düzeylerinde meydana gelmiştir.

Chouliars ve Tsadilas (1996), kireçli bir toprağa elementel S (0-2 g kg⁻¹ S) uygulayarak bir saksı denemesi kurmuşlardır. Deneme bitkisi olarak kiwi yetiştirilmiştir. Kükürtün toprak pH'sı, K, P, Fe, Zn, Mn ve Cu yarayırlılığı üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışılan bütün özelliklere S uygulaması önemli bir şekilde etkili olmuştur. Toprak pH'sı 1.8 birim civarında azalmıştır. Organik P önemli bir şekilde azalırken inorganik P artmıştır. Bu durum muhtemelen mikrobiyal aktivitenin neden olduğu toprak pH'sındaki azalmanın meydana getirdiği uygun koşulara bağlamışlardır. Değişebilir K 0.183 c mol kg⁻¹, dan 0.33 c mol kg⁻¹, a artmış ve metal konsantrasyonları önemli bir şekilde artmıştır. Bununla birlikte Fe konsantrasyonundaki artış bitkinin ihtiyacı için yetersiz kalmıştır. Halbuki Cu ve Mn tavsiye edilen düzeyin üzerinde artış göstermiştir. Metal konsantrasyonu ve toprak pH'sı arasında önemli bir negatif korelasyon vardır ve bu durum özellikle en yüksek düzeyde Mn için meydana gelmiştir.

Topçuoğlu ve Yalçın (1997), kireçli toprağa elementel kükürt uygulamasının örtü altında yetiştirilen domates bitkisinin verimi ile bazı kalite özellikleri ve bitki besin maddesi içerikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda çok fazla kireç içeren sera toprağına değişik miktarlarda uygulanan elementel kükürtle ilgili olarak domates bitkisinde meyve verimi, meyve kuru madde oranı, meyve sertliği ve klorofil içeriğinin artığını, meyve pH'sı ve meyve titrasyon asitliğinde önemli değişiklik olmadığını belirlemişlerdir. Bunun yanında domates bitkisinin

yaprak ayası, yaprak sapı ve meyve dokularında toplam S, N, P, K, Ca, Mg, Na, Zn, Mn, Cu ve aktif demir içerikleri genellikle artarken toplam demir içeriğinin azaldığını bildirmişlerdir.

Kansas'ta kuru tarım yapılarak üretilen buğdayda özellikle kaba tekstürlü topraklarda S gübrelemesi ile verim arttığı belirtilmiştir. Toprak tekstürü farkı gözetmeksizin hayvan yemi üretimi kükürt gübrelemesi ile atmıştır. Buğday ve hayvan yemi (brome grass)'inde amonyumsülfat ve amonyumtiosülfatın her ikisinde S kaynakları olarak etkili olduğu bildirilmiştir (Lamond ve ark. 1997).

Yener (1997), Gediz Havzası allüviyal topraklarına elementel kükürt uygulamasının bağ ve pamukta verime, besin maddelerinin alınımına etkilerini araştırmıştır. Elde ettiği sonuca göre 4-5 aylık süre sonucunda toprak reaksiyonunda 0.5 – 0.6 birimlik düşmelerin meydana geldiğini ve alınabilirlikleri pH'ya bağlı olan fosfor ve mikro elementlerin bitkiler tarafından alınan miktarlarının arttığını, bunun sonucunun da bağ ve pamuk verimine belirli oranlarda yansıdığını saptamıştır.

Singh ve Chaudhari (1997), tarafından kireçli bir toprakta yürütülen tarla denemisinde elementel kükürt uygulaması yer fıstığı bitkisinde; yapraklarda klorozu azaltmış, kuru madde, nodül oluşumu, tohum kabuğu, yağ verimi, bitki dokusundaki besin elementlerinin konsantrasyonunu ve alımını artırmıştır. Yer fıstığında klorozun iyileşmesinde daha çok Fe, Zn ve Mn uygulamasının yardımcı olduğunu belirtmişlerdir. 20 kg ha⁻¹ S elementel kükürt uygulaması kabuk verimini %8.6-9.8 ve yağ verimini %8.8-15 civarında artırmıştır. Bununla birlikte, 10 kg ha⁻¹ Fe, 2 kg ha⁻¹ Zn ve 4 kg ha⁻¹ Mn uygulamaları sırasıyla kabuk verimi %19.5, %13.6 ve %11.7 ve yağ verimini %20.1, %13.9 ve %12.2 oranında arttırmıştır. Elementel S yeterli dozdan, yüksek doza doğru çiçeklenme döneminde yer fıstığı yapraklarının N, P, K, S, Fe, Mn ve Zn konsantrasyonlarını artırmış, Ca düzeylerini ise düşürmüştür. S uygulamasındaki artışa bağlı olarak yer fıstığında bütün makro ve mikro besin elementlerinin alımı artmıştır. Fe, Mn ve Zn uygulaması, yer fıstığı yapraklarında Ca konsantrasyonunu azaltmış, S konsantrasyonunu ise artırmış ve bütün besin elementlerinin alımını artırmıştır. Test edilen iki varyeteden JL-24 besin elementleri açısından kireçli topraklarda daha etkili bulunmuştur ve yapraklarında daha az kloroz ve daha düşük Ca içeriği göstermiştir.

Neto ve ark. (2000) tarafından, farklı fasulye (*Phaseolus vulgaris L.*) kültürlerinin yetiştirilmesinde kükürtün etkilerini değerlendirmek ve gövdedeki kritik kükürt düzeylerini belirlemek amacı ile sera koşullarında orta tekstürlü bir toprakta sera denemesi yürütülmüştür. Uygulamalar 4 kükürt düzeyi (0, 30, 60 ve 120 mg kg⁻¹ S toprak) ve 3 fasulye çeşidini (Carioca, Ouro ve H-4) içermekte olup deneme tesadüf blokları deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Fasulye çeşitlerine kükürt uygulandığı zaman gövde kuru maddesi önemli resposlar göstermiş, gövde kuru maddesindeki taneler ise çeşitlere göre değişmiştir. H-4 çeşidi hariç S gübrelmesi kök kuru madde üretimini arttırmış ve gövde kuru maddesi için belirlenen artıştan daha fazla olmuştur. N/S ve P/S ilişkilerinin yanı sıra gövde kuru maddesindeki kritik kükürt düzeyleri (maksimum kuru madde veriminin %90'ı olarak) çeşitleri arasında farklılık göstermektedir. Gövde kuru maddesindeki N/S ilişkileri Carioca, Ouro ve H-4 fasulye çeşitleri için sırası ile; 20.97, 20.81 ve 18.68 iken P/S ilişkileri sırasıyla 2.24, 1.33 ve 0.87 olup gövde kuru maddesindeki kritik kükürt düzeyleri sırasıyla 1.89, 2.21 ve 2.16 g kg⁻¹ S'dır. Maksimum gövde kuru maddesinin %90'ını elde etmek için yeterli S dozundan yararlanma düzeyi fasulye çeşitlerine göre değişiklik göstermektedir. Araştırmacılar, farklı yararlanılabilir olarak S'üne adapte edilmiş genetik materyalin seçilmesi ve üretilmesi gerekliliği sonucuna varmışlardır.

Erdal ve ark. (2000), kükürtlü gübrelmenin kireçli bir toprakta mısır bitkisi (*Zea mays L.*) gelişimi ve bitki fosfor alımına etkisi üzerine yaptıkları çalışmada, toprağa değişik şekillerde uygulanan kükürtün tek başına ve fosfor ile birlikte uygulanması durumunda toprak pH'sı, toprakta yarayışlı fosfor miktarı, mısır bitkisi gelişimi ve bitkinin P alımı üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonunda S uygulamalarına bağlı olarak toprak pH'sı 0.11-0.37 birim arasında azalmış, buna karşılık bitki kuru ağırlığı, sömürülen P ve toprakta kalan yarayışlı P miktarı artmıştır. Bitkide P içeriği ise S uygulamalarından etkilenmemiştir. P uygulamaları ile bitki kuru ağırlığı, P içeriği, P alımı ve toprakta kalan P miktarı artmıştır, buna karşılık toprak reaksiyonu azalmıştır.

Sevinç (2000) tarafından, 16 hafta süren tarla denemeleriyle alkali reaksiyonlu Karşıyaka Orman Fidanlığı topraklarında artan dozlarda (0, 25, 50, 75, 100, 150 kg ha⁻¹) uygulanan kükürtün organik maddeli (84.3 kg parsel⁻¹ parsel=5 m²)

ve organik maddesiz koşullarda toprak tepkimesi ve toprağın bitki besin maddesi uygulaması ile 4 aylık sürre sonunda toprak reaksiyonunda 0.5-0.9 birimlik düşmeler meydana gelmiş, bitki besin maddelerinden Ca, Fe, Zn, Mn ve KDK miktarlarının arttığı gözlenmiştir. Fe, Zn ve KDK miktarlarının kontrole göre artmakla birlikte kükürt dozları arasında fark göstermediği belirtilmiştir. Kireç ve K miktarı azalmış ancak K miktarlarında kontrole göre diğer tüm kükürt dozları farklı bir grupta yer almıştır. Çalışmada, yetiştirilecek bitkilerin isteklerine göre toprak reaksiyonunun kısa bir dönem düşük kalması gerektiğinde 75 kg da⁻¹ kükürt dozunun, pH'nın daha uzun dönem düşük kalması gerektiren koşullarda ise 150 kg da⁻¹ kükürt dozu uygulamasının önerilebileceği görüşüne varılmış ve daha düşük pH gerektiren koşullarda artan miktarlarda kükürt uygulamalarının incelenen bitki besin maddelerinin arasındaki oranı bozmamasına dikkat edilmesi gerektiği bildirilmiştir.

Ganeshamurthy ve Reedy (2000), kükürt içeriği düşük killi bir toprakta (Typic Haplusert) soya fasulyesinin nodül üretimi, nodül kuru ağırlığı, kuru madde üretimi, tohum verimi üzerine ahır gübresi ve kükürt uygulamasının etkisini incelemek için 3 yıllık bir deneme yürütmüşlerdir. Soya fasulyesine 4 düzeyde (0-4-8-16 ton ha⁻¹) ahır gübresi ve jips olarak 4 düzeyde (0-20-40-60 kg ha⁻¹) kükürt uygulamışlardır. Bitkinin toplam ve etkin nodül üretimi, nodül kuru ağırlığı, kuru madde verimi ve tohum verimi hem ahır gübresi hemde kükürt uygulaması ile önemli bir şekilde artmıştır. Bunu ile birlikte toplam nodüllerin, etkin nodüllere oranının 8 ton/ha ahır gübresi ve 40 kg ha⁻¹ kükürt uygulamasından daha fazla uygulamalar için belirgin bir şekilde düştüğünü bildirmişlerdir.

Saha ve ark. (2001) tarafından, Hindistan'da S noksan topraklarda ürün sistemindeki ürünlere inorganik kaynaklar vasıtası ile S uygulaması tavsiye edildiği fakat sürekli jips uygulamasını takiben toprak profilinde S'ün dönüşümlerinin bilinmediği belirtilmektedirler. Araştırmacılar bu amaçla; soya fasulyesi-buğday ürün deseninde 6 yıllık bir periyotta hektara toplam 180-540 kg S uygulamasına bağlı olarak toprağın farklı fraksiyonları içinde S'ün birikimi ve bunun soya fasulyesinin kalitesi ve verimi üzerine etkisini vertisol bir toprakta araştırmışlardır. 360 kg S ha⁻¹ veya daha fazlasının uygulandığı yerde toprak tabakalarındaki toplam S içeriğine önemli değişiklikler kaydetmişlerdir. 30-75 cm toprak derinliğinde çözünebilir S birikimi daha fazla olduğu halde S'ün sorulanmış (tutulmuş) fraksiyonunun oranı

derinlikle artış göstermiştir. Profilin yüzey tabakasında kükürdün birikiminin önemli bir şekilde organik fraksiyonunun artışıyla ilgili olduğunu, profilin alt tabakalarında ise S'ün birikiminin büyük oranda çözünebilir ve tutulmuş S fraksiyonlarının artışı nedeniyle olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca toprağın S içeriğinin artışı ile soya fasulyesinde tohum verimi S alımının artmasının yanı sıra yağ içeriği ve tohumda S içeren amino asitler sistein ve metioninin artmasına neden olduğunu bildirmiştir.

Gülser ve ark. (2001), toprağa farklı şekillerde uygulanan kükürtün fosfor gübrelenmesinin yapıldığı ve yapılmadığı koşullarda kireçli bir toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin bakır, mangan ve demir içeriği üzerine etkisi araştırılmıştır. Kükürt toprak yüzeyine toprağa karıştırma ve kök bölgesine uygulama şeklinde ve tek dozda 1.25 g kg^{-1} S verilmiştir. Fosfor ise $0-100 \text{ mg kg}^{-1}$ olmak üzere uygulanmıştır. Araştırmacılar farklı kükürt uygulama şekillerinin mısır bitkisinin besin elementi alımına etkileri bakımından karşılaştırıldığında toprak yüzeyine ve toprağa karıştırılarak yapılan S uygulamasının bitkinin Cu, Mn ve Fe içeriğini artırdığını belirtmekle beraber yüzeye S uygulamasının daha etkili olduğunu; bu iki uygulamanın etkisinin hem -P koşullarında hemde genel olarak kükürtün fosfor ilavesi ile birlikte yüzeye uygulanması durumunda kendini gösterdiğini, kök bölgesine yapılan S uygulamasının ise bitkinin Cu, Mn ve Fe içeriklerine olumsuz etki yaptığını bildirmişlerdir.

Eriksen ve Mortensen (2002), baharlık arpanın (*Hordem vulgare* L.) verim ve kalitesi üzerine N uygulaması (4 düzey) ve zamana bağlı olarak S uygulamasının (ekimden başaklanma döneminin ortasına kadar) etkisini incelemek için bir saksı denemesi kurmuşlardır. Deneme aynı zamanda hiç S uygulanmayan bir konuda içermektedir. Azotun düşük iki dozunda S uygulaması tane veriminde etkili olmamıştır fakat azot düzeyinin artışı ile S uygulamasına karşılık verim artışı gerçekleşmiştir. Azot uygulamasının en yüksek düzeylerinde sürgün oluşumunun başından sonuna doğru noksanlık belirtileri ortadan kaldırmış ve verim azalmasını önlemiştir. En düşük azot uygulamasında yetiştirilen bitkilerin S ihtiyaçları mineralize olmuş toprak organik S'ü tarafından karşılanmış ve mineralize olan kükürt, geç zamanda yapılan S uygulamasına kadar yüksek N düzeylerindeki bitkileri desteklemiştir. Özellikle en yüksek N düzeyinde, S uygulanmayan durumda S içeren amino asitler sistein ve metionin'nin konsantrasyonu hem kuru ağırlık hemde

poteinde azalma göstermiştir. Başaklanma döneminin ortasında yapılan geç kükürt uygulaması bile S içeren amino asitlerin azalmasını önlemiştir. Araştırmacılar geç dönemde yapılan S uygulaması ile verim azalmasına karşın, yeterli protein kalitesine ulaşabileceğini belirtmiştir.

Ressureccion ve ark. (2002), yürütülen çalışmada pirinç (*Oryza sativa* L. cv IR 72) bitkileri hidrofonic bir ortamda 1 mM SO_4^{-2} konsantrasyonunda bir hafta yetiştirildikten sonra iki ışık uygulaması 1200 (yüksek ışık) ve 550 (düşük ışık) mumol quanta m^{-2} s^{-1} koşulları altında 0, 0.01, 0.03, 0.1, 0.3 ve 3 mM SO_4^{-2} içeren ortamlara aktarılmıştır. Bitkiler S noksan koşullar altında yetiştirildiği zaman gövdenin biomass üretimi yüksek ışık koşulları altında düşük ışık koşullarına göre daha az olmuştur. S noksan ortamda yetiştirilen bitkilerin yüksek ışık koşullarında Rubisco (Ribulaz 1.5-bifosfat karboksilaz/oxigenaz) içeriğinde büyük bir azalma meydana gelmiştir. Klorofil içeriği düşük ışık koşullarında yetiştirilen bitkilerde önemli bir şekilde daha yüksek bulunmuştur. Araştırmacılar S noksanlığının etkilerinin düşük ışık koşullarında nispi bir şekilde daha az olduğu ve yüksek ışık koşullarının kükürt noksanlığını teşvik ettiği sonuçlarına varmışlardır.

Lopez ve ark. (2002), 4 sülfat konsantrasyonu içeren besin elementi çözeltilerinde inkübe edilmiş domates (*Lycopersicon esculentum* cv. Solairo) fidelerinde ($^{35}SO_4^{-2}$) alımı ve taşınımı araştırılmıştır. ^{35}S fraksiyonları 24 saati aşkın bir periyotta köklerde, gövdede, yaşlı yapraklarda ve genç yapraklarda ölçülmüştür. Noksan ve aşırı sülfat düzeylerinde domates fidelerinde anlık sülfat alımı rizosferdeki sülfat konsantrasyonu tarafından kuvvetle önemli bir şekilde etkilendirilmiştir. Rizosferdeki sülfat konsantrasyonunun 0.1 mM'dan 10.4 mM'a artışı bir fidenin tümünde oransal olarak net alımın artışına neden olmuştur. Plazma membramındaki geniş döngüyü işaret edici, dış çözeltilerden stoplazmaya en yüksek sülfat girişi ve en yüksek dışarı akış en yüksek sülfat konsantrasyonunda (20.8mM) belirlenmiştir. Araştırmacılar sera domates yetiştiriciliğinde besin çözeltilerinde 10.4 mM sülfat konsantrasyonunu önermişlerdir ki bu optimum alıma olanak sağlamıştır.

İnal ve ark. (2003), Ankara'da 1999-2000 üretim sezonunda buğdayda kükürt beslenme durumlarını belirlemek için bir survey çalışması başlatmışlardır. Survey çalışmasında toprak ve bitkideki S noksanlığı belirlenmesi sebebiyle, kükürtün ekmeçlik (*Triticum aestivum* L. cv Bezostaja) ve makarnalık (*Triticum aestivum* L.

cv Kızıltan) buğday çeşitlerin verimi ve verim komponentleri üzerine etkisini belirlemek için 2000-2001 yılları sürecinde bir sera ve bir tarla denemesi yürütmüşlerdir. Survey çalışması sonuçlarına göre toprak, bitki samanı ve tane örneklerinin %50'den daha fazlasının kritik limitlerden daha düşük S içerdikleri saptanmıştır. Toplam ve ekstrakte edilebilir S ($r=0.4799$) arasında; hem toplam hemde ekstrakte edilebilir S ile tanedeki S arasında ($r=0.3097$, $r=0.4162$) önemli pozitif korelasyon belirlenmiştir. Ayrıca saman ve tanedeki kükürt arasında ($r=0.4500$) önemli pozitif korelasyon saptanmıştır. Ekstrakte edilebilir S içeriği 12.78 mg kg^{-1} olan bir toprakta yürütülen sera ve tarla denemelerinde kükürtlü gübre uygulamasına her iki buğday çeşidinde verim ve bazı verim komponentleri önemli bir şekilde respons vermiştir. Sera denemesinde kükürdün en düşük dozu olan 10 mg kg^{-1} S uygulamasında Bezostaja kuru ağırlık 4.38 'den $4.72 \text{ g saksı}^{-1}$ 'ya, Kızıltan da 3.03 'den $2.26 \text{ g saksı}^{-1}$ 'ya artış göstermiştir. Tarla denemesinde kükürdün en düşük dozu olan 20 kg ha^{-1} S uygulamasında Bezostaja da tane verimi 3472 'den 4869 kg ha^{-1} 'a, Kızıltan da 4787 'den 5804 kg ha^{-1} 'ya artmıştır. Hem sera hemde tarla denemesinde verim ile ilgili olarak uygulanan kükürt düzeyleri arasındaki farklılıklar önemli bulunmamıştır. Tarla koşullarında her iki eşit için bitkide S konsantrasyonu, her başağın tane verimi ve hasat indeksi; Bezostaja için m^2 'ye başak sayısı, başak boyu, her başaktaki verimli ve verimsiz başak sayısı; Kızıltan için bin tane ağırlığı S gübrelemesine pozitif bir şekilde karşılık vermiştir. Diğer taraftan her iki çeşidin tane ve üst aksamdaki N/S oranı S gübrelemesi ile azalma göstermiştir.

Orman (2004), iki aşamalı bir deneme yapmıştır. Birinci aşamasında Kumluca (20 sera) ve Finike (20 sera) yörelerinde tek mahsul domates yetiştiriciliği yapan seralarda toprak ve kükürt içerikleri belirlenmek üzere dikim öncesi (birinci dönem) ve vejetasyon döneminin ortasında (ikinci dönem) toprak örnekleri alınmıştır. Kumluca yöresinden alınan toprak örneklerinin $\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$ 'ü birbirine yakın iken, Finike yöresinden alınan topraklarda 2. örnekleme döneminde, 1. örnekleme dönemine göre artış gözlemlenmiştir. Her iki ilçede de toprak ve bitki kükürt içerikleri yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın ikinci kısmında ise düşük kükürt içeriğine sahip kumlu tın tekstürlü bir toprağa elementel kükürt (0, 50, 100, 150, 200, 400 mg kg^{-1}) ve ahır gübresi (0, 3 ton da^{-1}) uygulamış. Denemenin sonucunda kükürt ile ahır gübresi uygulamalarının toprak pH'sını düşürdüğü ve

toprağın EC değerini artırdığı belirlenmiştir. Bu etkiler özellikle 2. örnekleme döneminde (uygulamalar toprağa karıştırıldıktan 3 hafta sonra) ve kükürtün en yüksek dozunda daha belirgin olmuştur. Deneme bitkisinin (fasulye) Mg, Fe, Zn, Mn, Cu kapsamı ve toplam klorofil içeriği üzerine uygulamaların etkisi önemsiz bulunmuştur. Kükürt uygulamalarının bitkinin N ve Ca kapsamını düşürdüğü, S kapsamı ve kuru madde verimini arttırdığı; kükürt ile ahır gübresi uygulamalarının P kapsamını arttırdığı; ahır gübresi uygulamalarının ise K kapsamını arttırdığı saptanmıştır.

2.2. Fasulye ile İlgili Çalışmalar

Saginaw ve Sanilac çalı fasulye çeşitlerinde Zn beslenme statüsü ve nişasta yapısı arasında bir ilişkinin olduğu bildirilmiştir. Çinko eksikliği altında nişasta sentezinin ve nişasta tanelerinin miktar ve büyüklüğünün ve nişasta içeriğinin azaldığı belirlenmiştir. Çinko eksikliğine duyarlı Sanilac çalı fasulyesinde nişasta içeriğinde azalma % 94 iken, Saginaw'da % 37 olarak bulunmuştur. Benzer sonuçlar Zn'su yetersiz fasulye genotipinde ve ıspanak yapraklarında da belirlenmiştir (Thomson ve Weiwer 1962, Vesek ve ark. 1966, Jyung ve ark. 1975).

Gupta ve Potlia (1988), fasulye ile yaptıkları saksı denemelerinde çinkonun farklı formlarda 5 ve 10 mg kg⁻¹ uygulamalarının ortalama kuru madde verimini 2.93 g saksı⁻¹'dan 9.50-11.10 g saksı⁻¹'ya yükselttiğini ve ZnSO₄'ün en etkili form olduğunu tespit etmişlerdir.

Karaman ve ark. (1998), "Yalova" tarla fasulyesi çeşidini (*Phaseolus vulgaris* L.) kullanarak yürüttükleri bir araştırmada 0, 10, 20 mg kg⁻¹ Zn dozlarında ZnCl₂ uygulamışlardır. Artan dozlarda çinko uygulaması kontrole göre tüm dozlarda fasulyenin kuru madde miktarını artırmış ve çinko uygulamasına bağlı olarak bitkinin P, Fe, Cu, Mn kapsamı azaldığını ve aynı zamanda çinko uygulamasının siltli-tınlı bünyeye sahip alüviyal toprakta, killi-tınlı bünyeye sahip kolüviyal toprağa göre daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Fageria (2002), çinko ve bor uygulanmış fasulye bitkilerinde kök gelişimini araştırmıştır. Çinko uygulaması kök kuru ağırlığını azaltmış buna karşılık B uygulaması kök kuru ağırlığını artırmıştır. Sternberg ve ark. (2001), yaptıkları sera

saksı denemelerinde 5, 20 ve 25 mg B L⁻¹ konsantrasyonlarda Hoagland solüsyonlarında yetiştirdikleri fasulyelerin 5 mg L⁻¹ B üzeri konsantrasyonlardan etkilendiğini ve verimin azaldığını bildirmiştir.

Hacısalıhoğlu ve Kochian'a (2003) göre, çinko noksanlık şartlarına tolere edip verimde azalma olmayan bitkilere çinko etkin bitkiler denilmektedir. Moraghan ve Grafton (2003), yaptıkları çalışmalarda çinko etkin ve etkin olmayan fasulye çeşitlerini sera denemelerinde tohum ve bitki kısımlarının çinko içeriklerine göre ayırt etmişlerdir. Singh ve Westermann (2002) fasulyede, toprak çinko noksanlığına dayanıklılığın kalıtımını çeşitli morfolojik ve çinko dayanıklılık seviyelerine sahip bitkiler ve bunların melezlerinin Zn içeriklerine göre araştırmışlar ve yüksek boylu bitkilerin daha fazla çinko içerdiğini (22.5 mg Zn kg⁻¹), kısa boyluların ise daha düşük Zn içeriğine (15.0 mg Zn kg⁻¹) sahip olduklarını, tüm melezlerin de yüksek Zn içeriğine sahip olduklarını bulmuşlardır. Bu durumun Zn noksanlığına dayanıklılığın dominant kalıtımla idare edildiğini ortaya koyduğunu bildirmişlerdir.

Hacısalıhoğlu ve ark. (2004), yürüttükleri sera denemelerinde 35 fasulye genotipinde görülen çinko noksanlığına toleranstaki varyasyonun araştırmışlardır. Serada 0 ve 5 mg kg⁻¹ Zn uygulanmış toprakta 45 gün süreyle yetiştirilen bitkiler hasat edilmiş, Zn etkinliğini, bitki Zn konsantrasyonunu ve içeriğini, genç ve yaşlı sürgünleri arasında Zn dağılımlarını analiz etmişlerdir. Zn etkinliği sürgünlerin genç ve yaşlı kısımları için olduğu kadar tüm bitki için de hesaplanmış ve Zn etkinliği yüksek ve düşük Zn uygulamalarında üretilen kuru madde dikkate alınarak belirlenmiştir. Fasulye genotipleri arasında Zn etkinliği açısından belirgin farklılıklar tespit edilmiştir. Dikkati çeken bir başka bulgu da Zn noksanlığında Zn uygulanmışlara göre tüm genotiplerde yaşlı sürgün kısımlarındaki Zn dağılımının ve kuru madde üretiminin daha yüksek olmasıdır. Yaşlı ve genç sürgünlerin Zn konsantrasyonları ile Zn etkinliği arasında korelasyon bulunamazken sürgün konsantrasyonuyla Zn etkinliği arasında önemli bir korelasyon tespit edilmiştir. Fasulye genotiplerinde Zn etkinliği yönünden önemli bir varyasyon olduğunu ve Zn noksanlığı olan topraklarda Zn etkinliğinin geliştirilmesi için yararlı olacak seçim tekniklerinin oluşturulmasında genç dokuların analizinin temel alınmasının daha uygun olacağını ifade etmişlerdir.

Gülümser ve ark. (2005), fasulye bitkisine (*Phseolus vulgaris* L) yapraktan ve topraktan uygulanan farklı bor dozlarının (0, 0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 kg ha⁻¹) verim ve verim unsurlarına etkilerini araştırmışlardır. Bor olarak solubor (%66.14 B) ve fasulye olarak Efsane çeşidini kullanmışlardır. Araştırma sonucunda fasulyeye borun yapraktan ve topraktan uygulama şekilleri etkili olmazken, farklı dozlardaki bor uygulamalarının etkisini önemli bulmuşlardır. Varyans analizi sonucu bor dozlarının ilk bakla yüksekliğine, tanenin bor içeriğine, çimlenme oranına, bin tane ağırlığına ve tane verimine önemli düzeyde etkili olduğunu belirlemişlerdir. Fasulyeye yapraktan ve topraktan uygulanan 1.11 kg ha⁻¹ bor en fazla kuru tane verimini (247.88 kg da⁻¹) sağladığını görmüşlerdir.

Ross ve ark. (2006), soya fasulyesinin bor uygulamalarına tepkilerini ölçmek amacıyla yaptıkları çalışmada kireçli siltli tın karakterli 4 bölge toprağına 5 bor dozunu (0, 0.28, 0.56, 1.12, 2.24 mg kg⁻¹) 2 farklı zamanda (ekim öncesi ve sürgün başlangıcı) uygulamışlar. Soyanın gelişimi üzerine bor eksik alanlarda yapılan bor uygulamasının daha etkili olduğunu ve tane verimini % 4 ile % 130 arasında arttığını ve bor uygulama zamanının verim değerleri üzerine çok fazla etkili olmadığını belirlemişlerdir. Araştırmada ayrıca artan miktarlarda bor uygulamasıyla yaprak ve tane bor konsantrasyonunun da arttığını ortaya koymuşlardır.

Harmankaya ve ark. (2006), 6 çeşit bodur kuru fasulye kullanarak 0.19 mg kg⁻¹ bor içeren toprakta yaptıkları tarla denemesinde, bitkilere topraktan ve yapraktan 3 bor dozu (kontrol, 3 kg ha⁻¹ topraktan ve 0.3 kg ha⁻¹ yapraktan) uygulamışlar, uygulama sonucunda, fasulye çeşitlerinin bora tepkileri yönünden geniş bir genetik varyasyon gösterdiklerini, fasulye çeşitlerine bor uygulamasıyla tane veriminin % 10 ile % 20 arasında arttığını, en fazla artışın da 3 kg ha⁻¹ borun toprak uygulamasında olduğunu belirlemişlerdir. Bor uygulamasına bağlı olarak en yüksek tane protein oranını Karacaşehir 90 çeşidinde, en düşük protein oranının ise Öncüler 98 çeşidinde olduğunu bulmuşlardır. Yapılan denemede bor uygulama şeklinin protein verimi üzerine etkili olduğunu, B'un topraktan uygulanmasıyla protein oranının % 6, yapraktan uygulanmasıyla % 13 oranında arttığını belirlemişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Toprak

Sera koşullarında yapılan denemede Konya İli Sağlık Kasabasından temin edilen ve özellikleri Çizelge 3.1.'de verilen toprak kullanılmıştır. Denemede kullanılan toprak hafif alkalin pH' ya sahip olup tuzluluk problemi bulunmamaktadır. Deneme toprağının organik madde miktarı yeterli seviyede olmakla birlikte kireçli toprak sınıfında yer almaktadır. Toprak örneğinin K, Ca, Mg ve S içerikleri yetersiz seviyede iken P içeriği yeterli seviyededir. Mikro besin elementi içerikleri yetersiz seviyede olup özellikle demir, çinko, bakır ve bor yönünden oldukça fakir durumdadır (Çizelge 3.1.).

Çizelge 3.1. Denemede Kullanılan Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.

Toprak Özellikleri	Analiz Sonucu	Metot
pH (1:2.5 Toprak: saf su)	7.80	Jackson, 1962
E.C. (1:5 Toprak: saf su) ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	125.20	Jackson, 1962
Tarla Kapasitesi (%)	26.50	U.S. Salinity Lab. Staff, 1954
CaCO ₃ (%)	31.30	Hızalan ve Ünal 1966
Organik madde (%)	4.90	Smith ve Weldon, 1941
Kil (%)	18.36	Bouyoucus, 1951
Silt (%)	14.28	Bouyoucus, 1951
Kum (%)	67.36	Bouyoucus, 1951
1 N NH₄AOC ekstrakte edilebilir, me 100 g⁻¹		
Ca	5.42	Bayraklı, 1987
Mg	0.35	Bayraklı, 1987
K	0.21	Bayraklı, 1987
Na	0.08	Bayraklı, 1987
mg kg⁻¹		
0.5N NaHCO ₃ ile eks. edilebilir P	17.70	Bayraklı, 1987
Alınabilir S	1,825	Fox ve ark, 1968
Alınabilir Fe	0.90	Lindsay ve Norvell, 1978
Alınabilir Zn	0.01	Lindsay ve Norvell, 1978
Alınabilir Mn	2.40	Lindsay ve Norvell, 1978
Alınabilir Cu	0.20	Lindsay ve Norvell, 1978
CaCl ₂ + Mannit ile eks. edilebilir B	0.20	Bingham, 1982

Not: Denemede kükürt kaynağı olarak analitik kalitede elementel kükürt (%80 S) kullanılmıştır.

3.1.2. Bitki

Araştırmada bölgede en fazla ekimi yapılan yerel popülasyon niteliğindeki Kanada bodur fasulye genotipi materyal olarak kullanılmıştır. Tohum Anadolu

Tarımsal Araştırma Enstitüsünden temin edilmiştir. Genotip dik gelişen ve 50 cm boylanan, sülüklü, çiçek rengi beyaz, bakla şekli düz, uçlara hafif kıvrık, beyaz tohum renk özelliklerine sahiptir.

3.2. Metot

3.2.1. Sera denemesinin kurulması

Saksı denemesi ısı, ışık ve nispi nemi bilgisayar kontrollü serada yürütülmüştür. Vejetasyon süresi boyunca gündüzleri sera içi sıcaklığın 26 ± 2 °C, solar radyasyonun 1600 ± 50 kcal/m² ve nispi nemin % 65 ± 5 olması sağlanmıştır.

Bitkiler tane oluşumuna kadar serada saksılarda yetiştirilmiştir. Sera denemesi fırın kuru toprak ağırlığına göre 3 kg toprak içeren 4 litrelik plastik saksılarda tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yapılmıştır.



Resim 3.1. Denemeden genel görünüm (hasat öncesi) ve denemede kullanılan sulama sistemi.



Resim 3.2. Denemeden genel bir görünüm (hasat öncesi).



Resim 3.3. Denemeden genel bir görünüm (hasat öncesi).

Denemede kükürt uygulaması; kontrol S (-) ve 200 mg kg⁻¹ S (+) dozlarında uygulanmıştır. Araştırma da ayrıca kontrol ve 200 mg kg⁻¹ S uygulanan saksılara toprakta mikro besin elementlerini yeterli seviyeye getirecek oranlarda 10 mg kg⁻¹ Fe, 4 mg kg⁻¹ Zn, 0.6 mg kg⁻¹ Cu, 10 mg kg⁻¹ Mn ve 1.5 mg kg⁻¹ B topraktan besin elementi uygulaması yapılmıştır.

Deneme; 2 Kükürt dozu x 7 Uygulama Şekli x 4 Tekerrür = 56 saksıdan oluşmuştur.

Çizelge 3.2. Denemede S ve Besin Elementi Uygulama Şekli

Uyg. No	-S (Kontrol)	+S (200 mg kg ⁻¹)
1	NPK	NPK
2	NPK+ ME Tümü (Fe, Zn,Cu, Mn, B)	NPK+ ME Tümü (Fe, Zn,Cu, Mn, B)
3	NPK+ Fe içermeyen ME	NPK+ Fe içermeyen ME
4	NPK+ Zn içermeyen ME	NPK+ Zn içermeyen ME
5	NPK+ Mn içermeyen ME	NPK+ Mn içermeyen ME
6	NPK+ Cu içermeyen ME	NPK+ Cu içermeyen ME
7	NPK+ B içermeyen ME	NPK+ B içermeyen ME

ME= Araştırmada uygulanan mikro besin elementleri (Fe,Zn,Mn,Cu,B)

Her saksıya daha önce laboratuvarında petri kapları içinde ultra saf su ile ıslatılmış filtre kâğıtları üzerinde burunlanmış ve çimlenmeye başlamış tohumlardan 8 adet tohum ekimi yapılmıştır. Bitkilerin çıkışı tamamlandıktan sonra saksılardaki bitkiler 5 bitkiye seyreltilmiştir. Bu 5 bitkiden 2 tanesi çiçeklenme aşamasında kesilmiş ve analizler için alınmıştır. Saksıda kalan diğer 2 bitkiden tohum alınıp tane verimi ve protein oranı tespiti için kullanılmıştır.

Denemede bitkilerin temel besin ihtiyacının karşılanması amacıyla deneme toprağının besin elementi kapsamı göz önünde bulundurularak 75 mg kg⁻¹ azot (%33N AN), 100 mg kg⁻¹ P₂O₅ (%42-44P₂O₅ TSP), 150 mg kg⁻¹ K₂O (%12 KNO₃), 100 mg kg⁻¹ Mg (%24MgO-%45SO₃ Kiserit), 200 mg kg⁻¹ S (%80 S), 10 mg kg⁻¹ Fe (%10 Fe Sequestrin), 10 mg kg⁻¹ Mn (MnSO₄.H₂O), 0.6 mg kg⁻¹ Cu (CuSO₄.5H₂O), 4 mg kg⁻¹ Zn (ZnSO₄.7H₂O), 1.5 mg kg⁻¹ B (H₃BO₃) şeklinde uygulanmıştır. Azotun yarısı ekimle birlikte uygulanmış, kalan yarısı ise bitki çıkışından sonra amonyum nitrat (% 33 N) gübresiyle verilmiştir.

3.2.2. Denemede Yapılan Ölçümler

3.2.2.1. Kuru madde verimi

Hasat sonrası kese kağıtları içerisinde laboratuvara getirilen bitkilerin toprak üstü aksamı taneler ayıklanmış, tamamen temizleninceye kadar musluk suyu ile yıkandıktan sonra sırasıyla bir kez saf su, 0.2 N HCl çözeltisi, iki kez saf su ve bir kez de deiyonize su ile yıkanmış ve kaba filtre kağıdı üzerinde fazla suları alınmıştır. Daha sonra kese kâğıdına ayrı ayrı konulan bitki kısımları hava sirkülasyonlu kurutma dolabında 70 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. 0.01 g duyarlı terazide tartılarak bitki başına ağırlıkları belirlenmiş ve kuru madde miktarları Çizelge 4.4.'de ortalamadan standart sapma değerleri ile birlikte verilmiştir (Gülümser 1981).

3.2.2.2. Tane verimi

Her bir saksıdaki bitkilerin harmanı ayrı ayrı yapıldıktan sonra bakla kabukları alınmış ve geriye kalan taneler 0.01 g duyarlı terazide tartılarak bitki başı tane verimleri belirlenmiştir (Gülümser 1981).

3.2.2.3. Tane protein miktarı

Hasat sonrası tane verimi tespit edilen bitkilere ait tohumlar öğütülmüş ve 0.5 g örnek alınarak 70 °C sıcaklıkta 48 saat süre ile kurutulmuştur. Örneklerde Kjeldahl cihazı kullanılarak azot içerikleri tespit edilmiştir (Kacar 1972). Analizler sonucu bulunan tane azot miktarı 6.25 katsayısıyla çarpılarak tanelerin içerdiği ham protein oranları % olarak hesaplanmış ve Çizelge 4.4.'de verilmiştir (Bremner 1965).

3.2.3. Laboratuar Analizleri

3.2.3.1. Bitki örneklerinin analize hazırlanması ve analizi

Hasat sonrası kese kağıtları içerisinde laboratuvara getirilen bitkilerin toprak üstü aksamı tamamen temizleninceye kadar musluk suyu ile yıkandıktan sonra sırasıyla bir kez saf su, 0.2 N HCl çözeltisi, iki kez saf su ve bir kez de deiyonize su ile yıkanmış, kaba filtre kağıdı üzerinde fazla suları alınmıştır. Daha sonra kese

kâğıdına ayrı ayrı konulan bitki kısımları hava sirkülasyonlu kurutma dolabında 70 °C’ de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Kuruyan bitki örneklerinin toprak üstü kısımlarının ağırlıkları belirlendikten sonra tungusten kaplı bitki öğütme değirmeninde öğütülmüştür. Polietilen kavanozlara konulan öğütülmüş bitki örnekleri analizde kullanılmadan önce 70 °C ’de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutma dolabında bırakılmış ve kavanozların kapakları sıkıca kapatılmıştır.

Kurutulan ve öğütülen bitki örneklerinden 0.3 gram tartılarak 5 ml HNO₃ ile yüksek sıcaklık (210 °C) ve yüksek basınç (200 PSI) altında mikrodalga cihazında (CEM Mars 5) çözüldürülmüştür. Daha sonra örnekler 25 ml’ lik balonjoje’ye aktarılarak soğuduktan sonra deiyonize su ile derecesine tamamlanmıştır. Bu süzükler hemen Whatman 42 filtre kağıdı ile süzülerek 25 ml’lik polietilen şişelere aktarılmış ve süzükte bitki besin elementleri ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer) (Varian- Vista) cihazı ile belirlenmiştir.

3.2.4. Veri Analizleri

Deneme sonuçları Tesadüf Parsellerinde Faktöriyel Deneme Desenine göre varyans analizine tabi tutulmuştur. F testi yapılmak suretiyle farklılıkları tespit edilen uygulamaların ortalama değerleri LSD önem testine (%1) göre gruplandırılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Araştırmada kükürt ve besin elementi uygulamalarının toprak pH ve EC değerleri üzerine etkileri ile fasulye genotipinin kuru madde verimi , tane verimi, tane protein içeriği ve yaprak besin elementi konsantrasyonu değerleri üzerine etkileri incelenmiştir. Belirtilen özelliklere ait değerlendirmeler alt başlıklar halinde verilmiştir.

Çizelge 4.1. Kükürt ve Besin Elementi Uygulamalarının Fasulye Genotipi ve Toprağın Farklı Özellikleri Üzerine Etkisi ile İlgili Varyans Analiz Sonuçları.

Var. kay	S. D.	K a r e l e r O r t a l a m a s ı				
		pH (1:2.5 toprak/safsu)	EC (mS/cm)	K. Madde Verimi (g bitki ⁻¹)	Tane Verimi (g bitki ⁻¹)	Tane Protein (%)
S	1	1.15**	240385.0**	1.137**	0.638 ^{öd}	132.256**
ME	6	0.014**	139563.2**	0.138**	5.113**	9.280**
S x ME int.	6	0.031**	8991.185**	0.036 ^{öd}	1.717**	0.559 ^{öd}
Hata	42	0.004	255.875	0.025	0.480	0.926

**p<0.01; öd= istatistiki olarak önemli değil

Çizelge 4.2. Kükürt ve Besin Elementi Uygulamalarının Fasulye Genotipinin Yaprak Besin Elementi Konsantrasyonu Değerleri ile İlgili Varyans Analiz Sonuçları.

Var. kay	S. D.	K a r e l e r O r t a l a m a s ı				
		Fasulye Genotipi Yaprak Mikro Besin Elementi Konsantrasyonu (mg kg ⁻¹)				
		Fe	Zn	Mn	Cu	B
S	1	1437.447**	134.41**	3068.188**	109.928**	1619.703**
ME	6	9354.026**	94.79**	1431.364**	39.744**	4173.985**
S x ME int.	6	36.175**	7.193**	288.527**	1.245**	33.849**
Hata	42	5.340	9.445	3.844	0.388	7.376

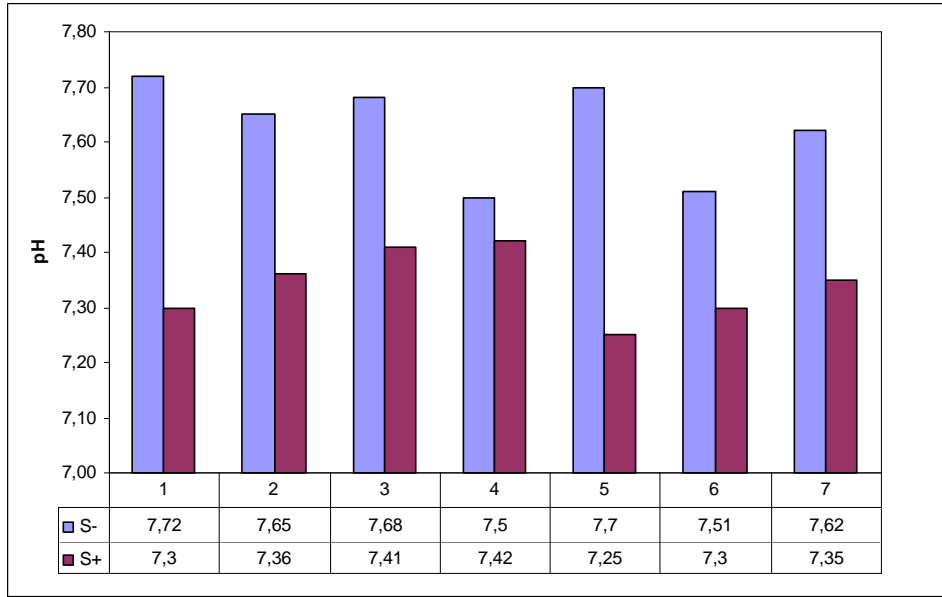
** p<0.01

4.1. Toprağın pH ve EC Değişimleri

Kükürt ve besin elementi uygulamalarının toprak pH ve EC değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1’de, denemeden elde edilen ortalama pH ve EC değerleri Çizelge 4.3.’de, bu değerlere ait grafikler Şekil 4.1.’de verilmiştir.

Denemede kükürt ve besin elementi uygulamaları ile kükürt besin elementi interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p<0.01, Çizelge 4.1). Toprak pH değerleri kükürt uygulamasına bağlı olarak azalma gösterirken EC

değerleri artış göstermiştir (Çizelge 4.3). Kükürt uygulamalarının toprak pH değerleri üzerine etkisi incelendiğinde kontrol şartlarına göre en düşük pH değeri 200 mg kg⁻¹(+S) uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.3). Uygulanan kükürt dozlarının ortalamaları dikkate alındığında +S dozunda kontrole (-S) göre %3.75 oranında bir azalma olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Denemede kükürt uygulamasıyla birlikte toprak EC konsantrasyonlarında önemli artışlar belirlenmiştir. Bu artışlar +S uygulamasında kontrole göre (-S) %59.23 oranında olmuştur.

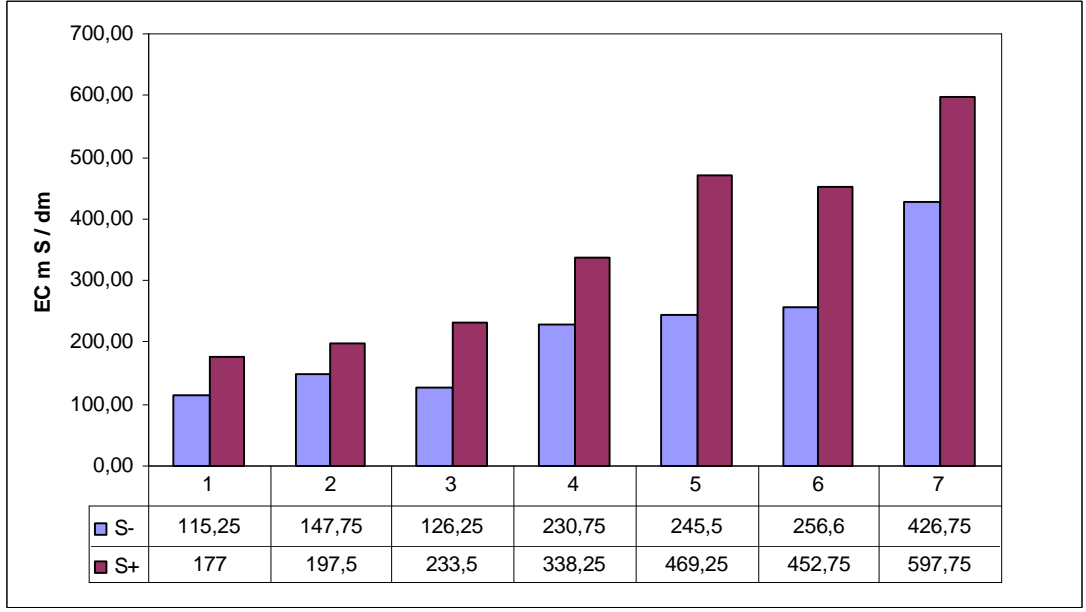


Şekil 4.1. Kükürt ve besin elementi uygulamalarının toprak pH değerleri üzerine etkisi

Kükürt ve besin elementi uygulamaları dikkate alındığında, en düşük pH değeri 7.25 (1:2.5 toprak:saf su) 5 nolu (+S, NPK+*Mn içermeyen* ME) uygulamada ve pH değerinde en fazla azalma %5.87 oranında 5 nolu uygulamadan (+S, NPK+*Mn içermeyen* ME) elde edilmiştir (Çizelge 4.3, Şekil 4.1). Kükürt uygulamaları ve bütün besin elementi uygulamaları dikkate alındığında en düşük EC değeri 115.25 birim olarak 1 nolu muamelede (-S, NPK), en yüksek EC değeri 597.75 birim olarak 7 nolu muamele (+S, NPK+*B içermeyen* ME) dozunda ve EC değerindeki en fazla artma 5 nolu muamelede (+S, *Mn içermeyen* ME) %91.14 oranında olmuştur (Çizelge 4.3).

Toprağa kükürt uygulamasıyla ilgili olarak daha önce yapılan çalışmalarda toprağa kükürt uygulamasının toprak pH' sını azalttığı tespit edilmiştir. Orman

(1996), pH'sı 7.88 olan toprağa 200 kg da⁻¹ elementel kükürt uygulamasıyla 5 hafta sonra toprak pH değerinin 7.52' ye düştüğünü belirtmiştir. Wankhade ve ark. (1988), Hindistan'da yaptıkları bir çalışmada kil bünyeli toprakta elementel kükürt (9-144 ppm S) inkübasyonu ile toprakta Cu, Fe ve Mn'in alınabilirliğinin arttığını, bununla birlikte toprak pH'sının 7.4'den 6.7'ye düştüğünü tespit etmişlerdir. Jones (1982), toprak reaksiyonu 8.00 olan kumlu tınlı bünyeli toprakta reaksiyonunu düşürmek için toprağa kükürt uygulamasının faydalı olduğunu, aynı toprakta pH değerini 6.50'ye indirmek için serpme olarak 1000-1500 kg ha⁻¹ kükürt uygulamasının yeterli olacağını belirtmiştir. Yine benzer çalışmada Hilal (1990), elementel kükürt uygulaması ile sekiz haftalık inkübasyon süresi sonucu toprak reaksiyonunun 7.96'dan 7.50'ye düştüğünü bildirmektedir. Pınar (1994), %2'lik elementel kükürt uygulamasına kadar toprak reaksiyonunda 7.8' den 7.17'ye kadar lineer bir düşüş olduğunu belirlemiş, %2.5'lik uygulama ile 7.34'e kadar yükselme tespit etmiştir. Orman (2004), serada yaptıkları çalışmada kumlu tın tekstürlü bir toprağa farklı dozlarda (0, 50, 100, 150, 200 ve 400 mg kg⁻¹) elementel kükürt uygulamış ve uygulama sonucunda toprak pH değerinin artan kükürt uygulamasına bağlı olarak azaldığını, bu azalmanın da araştırmada uygulanan en yüksek doz olan 400 mg kg⁻¹ kükürt uygulamasında gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Bu çalışmalardan da görüldüğü gibi toprağa elementel kükürt uygulaması çoğunlukla toprak reaksiyonunda düşmelere neden olmaktadır. Meydana gelen düşüşler uygulanan kükürtün parça büyüklüğü, toprak koşulları ve uygulama zamanı gibi faktörlere bağlı olarak değişik düzeylerde gerçekleşmiştir.



Şekil 4.2. Kükürt ve besin elementi uygulamalarının toprak EC değerleri üzerine etkisi

Sera denemesinde yapılan kükürt uygulaması toprağın EC değerinin artmasına neden olmuştur. Bu artışın toprağa elementel kükürt uygulamaları sonucu oluşan sülfat anyonları ve ayrıca sulamalara ve gübrelemelere bağlı olarak meydana geldiği düşünülmektedir. Kaplan ve Orman (1998), tarafından aşırı kireçli ve killi bir toprağa uygulanan elementel kükürtün toprağın EC'sinde artışa neden olduğunu bildirmektedirler. Orman (2004), serada yaptıkları çalışmada kumlu tın tekstürlü bir toprağa farklı dozlarda (0, 50, 100, 150, 200 ve 400 mg kg⁻¹) elementel kükürt uygulamış ve uygulama sonucunda toprak EC değerinin artan kükürt uygulamasına bağlı olarak artış gösterdiğini, toprağa karıştırıldıktan üç hafta sonra ve uygulanan en yüksek dozunda gerçekleştiğini belirlemiştir. Bununla birlikte kireçli bir toprağa değişen düzeylerde kükürt uygulamasıyla toprak EC değerinin, kükürt uygulanmamış toprak EC değerinin aksine artış gösterdiği benzer çalışmalarda tespit edilmiştir (Lindemann ve ark. 1991).

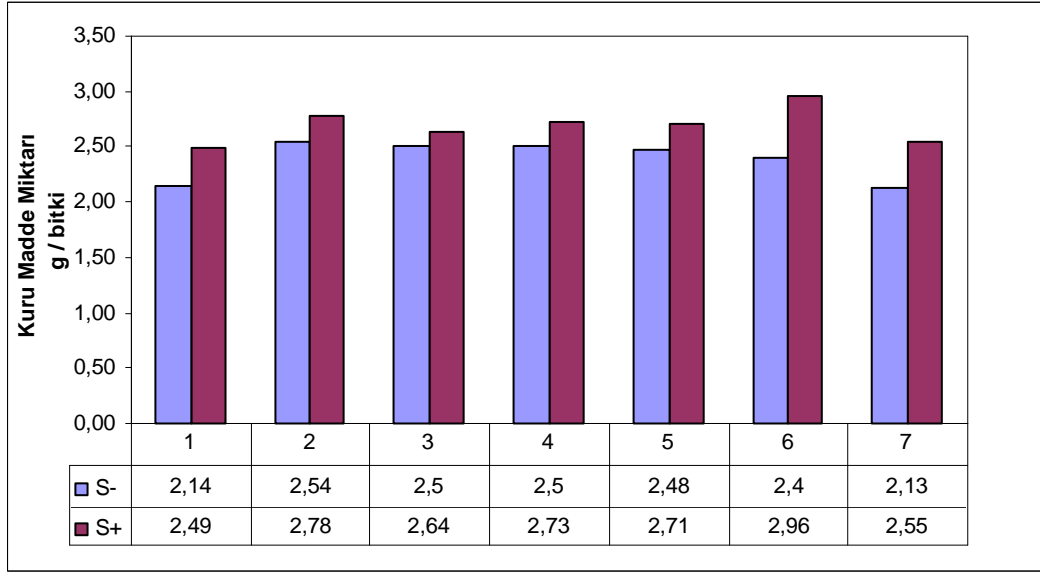
4.2. Kuru Madde Verimi

Kükürt ve besin elementi uygulamalarının fasulye genotipinin kuru ağırlık değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1.'de, denemeden elde edilen

ortalama kuru ağırlık değerleri Çizelge 4.4.'te, bu değerlere ait grafikler Şekil 4.3.'te verilmiştir.

Fasulye genotipinin kuru madde verimi üzerine kükürt ve besin elementi uygulamalarının etkisi istatistiki olarak önemli bulunmasına rağmen kükürt ile besin elementi interaksiyonunun etkisi önemli bulunmamıştır ($p < 0.01$, Çizelge 4.1). Fasulye bitkisinin kuru madde verimi kontrole (-S, NPK uygulaması) göre kükürt uygulanmadan sadece bütün mikro besin elementlerini (Fe, Zn, Mn, Cu, B) yeterli düzeylerde uygulandığı 2 nolu muamele (-S, NPK+**ME tümü** uygulaması) ile %18.7 oranında artmıştır. Kuru madde verimi -S, NPK+**ME tümü** uygulamasına (2 nolu muamele) göre Fe, Zn, Mn, Cu ve B uygulanmayan muamelelerde %1.6 ile %19.2 arasında değişen oranlarda azalmış olup en fazla azalma B uygulaması içermeyen 7 nolu muamelede olmuştur (Çizelge 4.4, Şekil 4.3). Kükürt uygulamasıyla bütün muamelelerde kuru madde verimi %5.6 (6=+S, NPK+**Fe içermeyen** ME uygulaması) ile %23.3 (6=+S, NPK+**Cu içermeyen** ME uygulaması) arasında değişen oranlarda artmıştır (Çizelge 4.4, Şekil 4.4). Fasulye bitkisinin kuru madde verimi mikro besin elementi uygulaması içermeyen 1 nolu muamelede sadece kükürt uygulamasıyla %16.4 oranında artırmıştır. Bunun yanında kükürt uygulanmayan muamelelerde bütün mikro besin elementi uygulamasına göre kuru madde veriminin en düşük olduğu **B içermeyen** ME ve **Mn içermeyen** ME muamelelerinde de kükürt uygulamasıyla kuru madde verimi sırası ile %19.7 ve %23.3 oranlarında artmıştır. Ayrıca Fe hariç **bütün** mikro besin elementi ve **Zn içermeyen** ME, **Cu içermeyen** ME muamelelerinde de kükürt uygulamasıyla kuru madde verimi %9 civarında artmıştır.

Denemede kükürt ve besin elementi uygulamaları ile kükürt besin elementi interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($p < 0.05$, Çizelge 4.1). Kuru madde verim değeri kükürt uygulamasındaki artışa bağlı olarak artmıştır (Çizelge 4.4). Kükürtün kuru madde verim değerleri üzerine etkisi incelendiğinde kontrol şartlarına göre en yüksek kuru madde verim değerleri (+S) uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.4, Şekil 4.3). Uygulanan kükürtün ortalamaları dikkate alındığında +S uygulamasında kontrole (-S) göre %12.03 oranında bir artma olduğu belirlenmiş (Çizelge 4.4., Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Kükürt ve besin elementi uygulamalarının kuru madde verimi (g bitki⁻¹) üzerine etkisi

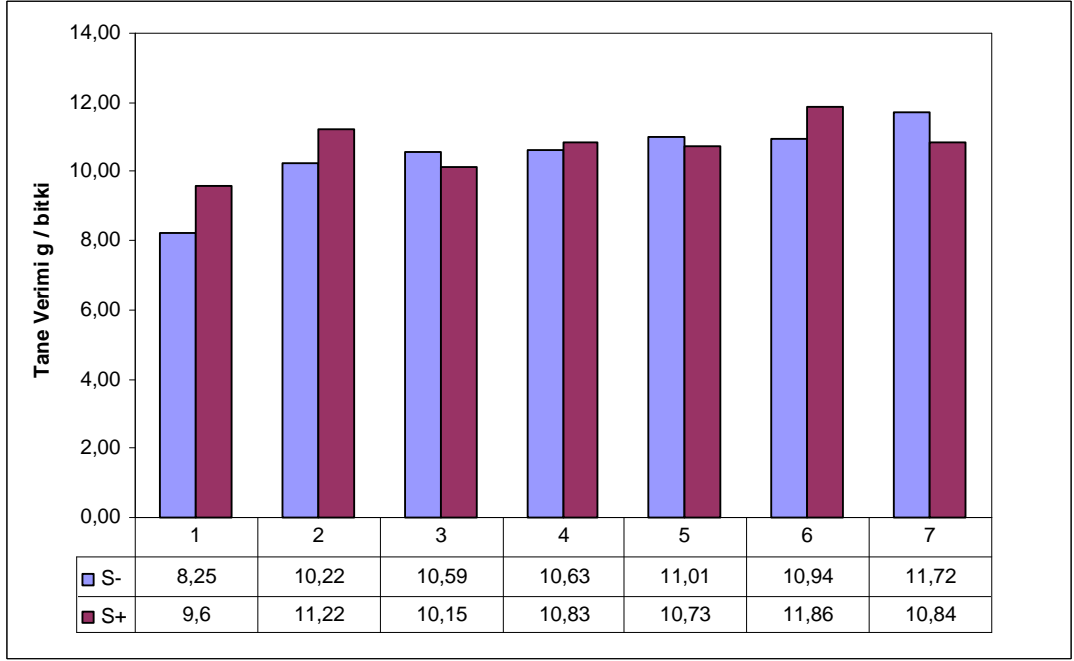
Konuyla ilgili olarak daha önce yapılan çalışmalarda kükürt uygulamasının etkisini araştıran araştırmacılar bitkilerde toprağa kükürt uygulamasına bağlı olarak kuru ağırlık değerlerinde artışlar olduğunu, yine kükürt noksanlığında bitkilerin normale göre daha küçük kaldığı, özellikle kök gelişmesine göre tepe gelişmesinin kükürt noksanlığında daha fazla etkilendiğini, bitkilerde bodur gelişmenin olduğu gibi yaprak hacimlerinin küçülmesine, boğum aralıklarının kısılmasına, gövde ve dalların incelmeye neden olduğunu, bunun nedeninin de bitkilerde kükürt noksanlığında yapraklarda klorofil miktarının azalmasına ve bitkide protein sentezi azalırken çözünebilir organik azot ve nitrat miktarının artmasına bağlamışlardır. Benzer çalışmalarda Zabunoğlu ve Brohi (1980), tarafından yürütülen sera denemesinde değişik seviyelerdeki kükürdün mısır bitkisinin kuru madde miktarı ve kükürt kapsamı üzerine etkisini değişik azot düzeylerinde araştırmışlardır. Elementel kükürt kontrole göre (9.32 g saksı⁻¹), 500 mg kg⁻¹'e kadar (10.12 g saksı⁻¹) mısır bitkisinin kuru madde miktarı ve S kapsamını artırmıştır. Ancak 4000 mg kg⁻¹ S uygulamasında (9.19 g saksı⁻¹) kontrole göre verimde bir düşüş olmuştur. Gaines ve Phatak (1982), su kültüründe 0, 16, 32 ppm S uygulayarak yetiştirdikleri mısır, soya fasulyesi, yem bezelyesi ve domates bitkilerinin üst aksamalarının kuru madde

verimlerinin 32 ppm kükürt uygulamasına kadar önemli bir şekilde arttığını, pamuk ve bamyanın kuru madde verimlerinin ise kükürt uygulamalarından etkilenmediğini belirtmişlerdir. Topçuoğlu ve Yalçın (1997), elementel kükürt uygulamalarının domates bitkisinde meyve verimi ve meyve kuru madde oranını artırdığını bildirmişlerdir.

4.3. Tane Verimi

Kükürt ve besin elementi uygulamalarının tane verimi değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1.'de, denemeden elde edilen ortalama tane verimi değerleri ve Çizelge 4.4.'de, bu değerlere ait grafik Şekil 4.5.'te verilmiştir.

Denemede kükürt ve besin elementi uygulamaları ile kükürt besin elementi interaksyonunun etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$, Çizelge 4.1). Fasulye bitkisinin tane verimi kontrole (-S, NPK uygulaması) göre kükürt uygulanmadan sadece bütün mikro besin elementlerinin (Fe, Zn, Mn, Cu, B) yeterli düzeylerde uygulandığı 2 nolu muamele (-S, NPK+**ME tümü** uygulaması) ile %23.7 oranında artmıştır. Tane verimi -S, NPK+**ME tümü** uygulamasına (2 nolu muamele) göre Fe, Zn, Mn, Cu ve B uygulanmayan muamelelerde %3.6 ile %14.7 arasında değişen oranlarda artış gösterdiği ve bu artış oranlarının en fazla B uygulaması içermeyen 7 nolu muamelede olduğu en az artış oranı ise Fe içermeyen 3 numaralı uygulamada olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4, Şekil 4.4). Denemede kullanılan fasulye bitkisinin tane verimi mikro besin elementi uygulaması içermeyen 1 numaralı uygulamada (sadece NPK) kükürt ilavesi ile tane verimi %16.2 oranında artarken, 2 numaralı uygulama olan NPK+**ME tümü** uygulamasında kükürt ilave edilmesiyle tane veriminin %9.8 oranında artış gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.4, Şekil 4.4). Uygulanan kükürt dozlarının ortalamaları dikkate alındığında +S dozunda kontrole (-S) göre tane verimi %2.0 oranında arttığı belirlenmiştir Çizelge 4.5).



Şekil 4.4. Kükürt ve besin elementi uygulamalarının fasulye genotipinin tane verimi (g bitki^{-1}) değerlerine etkisi

Konuyla ilgili olarak daha önce yapılan çalışmalarda kükürt uygulamasının etkisini araştıran araştırmacılar, bitkilerde toprağa kükürt uygulanan ve uygulanmayan koşulların mukayese edildiği durumlarda bitkilerde özellikle kükürt uygulanmayan koşullara bağlı olarak bitki kuru madde verimindeki azalmalara ilişkin olarak tane verimi değerlerinde azalmalar olduğunu, bunuda bitkilerin kükürt noksanlığında normale göre daha küçük kalmasına, özellikle kök gelişmesine göre tepe gelişmesinin kükürt noksanlığında daha fazla etkilenmesine, bitkilerde bodur gelişmenin olduğu gibi yaprak hacimlerinin küçülmesine, boğum aralıklarının kısılmasına, gövde ve dalların incelmelere sebebiyet vermesine ve bunun nedeninin de bitkilerde kükürt noksanlığında yapraklarda klorofil miktarının azalması ile birlikte bitkide protein sentezi azalırken çözünebilir organik azot ve nitrat miktarının artmasına bağlamışlardır (Aydeniz, 1980; Brohi ve Aydeniz, 1980; Pınar 1994; Çiçekli, 2004). Benzer çalışmalarda Zabunoğlu ve Brohi (1980), tarafından yürütülen sera denemesinde değişik seviyelerdeki kükürdün mısır bitkisinin kuru madde miktarı, tane verimi ve kükürt kapsamı üzerine etkisini değişik azot düzeylerinde araştırmışlardır. Elementel kükürt kontrole göre ($9.32 \text{ g saksı}^{-1}$), 500 mg kg^{-1} 'e kadar ($10.12 \text{ g saksı}^{-1}$) mısır bitkisinin kuru madde miktarı, tane verimi ve S kapsamını

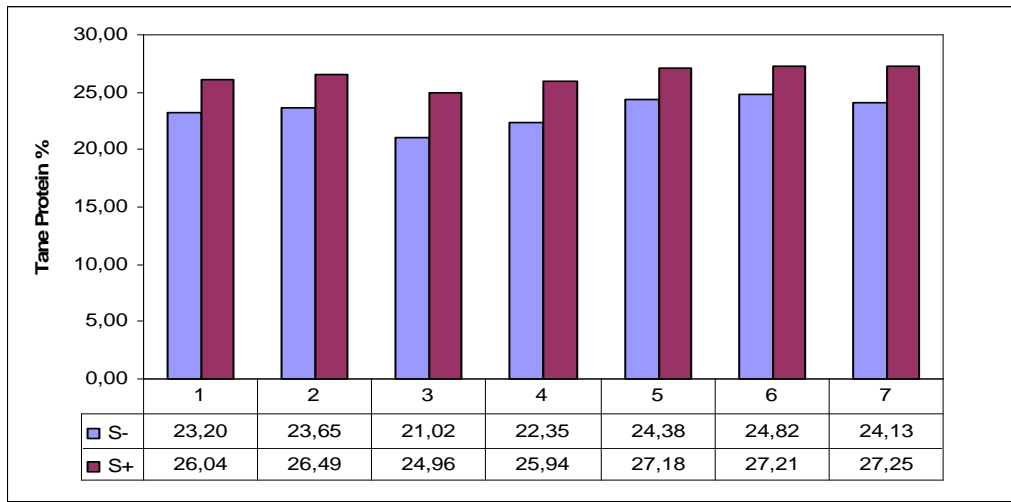
artırmıştır. Ancak 4000 mg kg⁻¹ S uygulamasında (9.19 g saksı⁻¹) kontrole göre verimde bir düşüş olmuştur. Gaines ve Phatak (1982), su kültüründe 0, 16, 32 ppm S uygulayarak yetiştirdikleri mısır, soya fasulyesi, yem bezelyesi ve domates bitkilerinin üst aksamalarının kuru madde ve tane verimlerinin 32 mg kg⁻¹ kükürt uygulamasına kadar önemli bir şekilde arttığını, pamuk ve bamyanın kuru madde verimi ile tane veriminin kükürt uygulamalarından etkilenmediğini belirtmişlerdir. Topçuoğlu ve Yalçın (1997), elementel kükürt uygulamalarının domates bitkisinde meyve verimi ve meyve kuru madde oranını artırdığını bildirmişlerdir. Daha önce yapılan araştırmalarda kükürt uygulamalarının bitkilerin mikro besin elementi içerikleri üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalarda uygulanan kükürt dozuna bağlı olarak bitkilerin mikro besin elementi içeriklerinin artış gösterdiği ve bunun sonucunda bitkilerde kuru madde verimindeki artışlara bağlı olarak tane verimi değerlerinin arttığı belirlenmiştir (Aydeniz, 1980; Brohi ve Aydeniz, 1980; Pınar 1994; Çiçekli, 2004).

4.4. Tane Protein Miktarı

Kükürt ve besin elementi uygulamalarının tane protein içeriği değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1.'de, denemeden elde edilen ortalama tane protein içeriği değerleri Çizelge 4.4.'te, bu değerlere ait grafik Şekil 4.5.'da verilmiştir.

Denemede kükürt ve besin elementi uygulamaları ile kükürt besin elementi interaksyonunun etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p<0.01, Çizelge 4.1). Fasulye genotipinin tane protein içeriği değerleri mikro besin elementlerini içermeyen 1 numaralı (NPK) kontrol uygulamasına göre 2 numaralı olan NPK+ **Bütün ME** uygulamasında %2 oranında artış gösterdiği, bununla birlikte kontrole göre tane protein miktarı besin elementi uygulamalarında sadece 3 ve 4 nolu uygulamalar olan NPK+ Fe içermeyen ME ve NPK+Zn içermeyen ME muamelelerinde azalırken diğer muamelelerde artış gösterdiği belirlenmiştir. Kükürt uygulanmayan koşullarda tane protein miktarı -S+NPK+ **Bütün ME** uygulamasına (2 nolu muamele) göre Mn, Cu ve B uygulanmayan muamelelerde %2.03 ile %4.95 arasında değişen oranlarda artış gösterdiği ve bu artış oranlarının en fazla Cu

uygulamasını içermeyen 6 nolu muamelede olduğu, en az artış oranı ise B içermeyen 7 numaralı uygulamada olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4, Şekil 4.5). Araştırmada fasulye bitkisi tane protein içeriği ortama kükürt ilave edilmesiyle bütün uygulamalarda artış gösterdiği ve bu artış oranlarının 1 ve 2 numaralı uygulamalarda %12 oranında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Uygulanan kükürt dozlarının ortalamaları dikkate alındığında S+ dozunda kontrole (S-) göre tane protein miktarı %13.15 oranında arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.4).



Şekil 4.5. Kükürt ve besin elementi uygulamalarının tane protein (%) içeriği değerleri üzerine etkisi.

Kükürt uygulamasının tane protein değerleri üzerine etkisini araştıran araştırmacılar, toprağa kükürt uygulanan ve uygulanmayan koşulların mukayese edildiği durumlarda bitkilerde özellikle kükürt uygulanmayan koşullara bağlı olarak tane verimi değerlerinde azalmalar olduğunu bunuda bitkilerde kükürt noksanlığında yapraklarda klorofil miktarının azalması ile birlikte bitkide protein sentezi azalırken çözünebilir organik azot ve nitrat miktarının artmasına bağlamışlardır (Aydeniz, 1980; Brohi ve Aydeniz, 1980; Pınar 1994; Çiçekli, 2004). Daha önce yapılan araştırmalarda kükürt uygulamalarının bitkilerin mikro besin elementi içerikleri üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalarda uygulanan kükürt dozuna bağlı olarak bitkilerin mikro besin elementi içeriklerinin artış gösterdiği ve bunun sonucunda bitkilerde kuru madde verimindeki artışlara bağlı olarak tane protein değerlerinin artış gösterdiğini, bitkilerde yeterli seviyede mikro besin elementinin sağlanması

durumunda (özellikle Zn) esansiyel amino asitlerden olan triptofan sentezini arttırması üzerine olumlu etkilerde bulunması neticesinde protein değerlerinin artmasına neden olduğu düşünülmektedir (Akçin, 1974; Mungan, 2003)

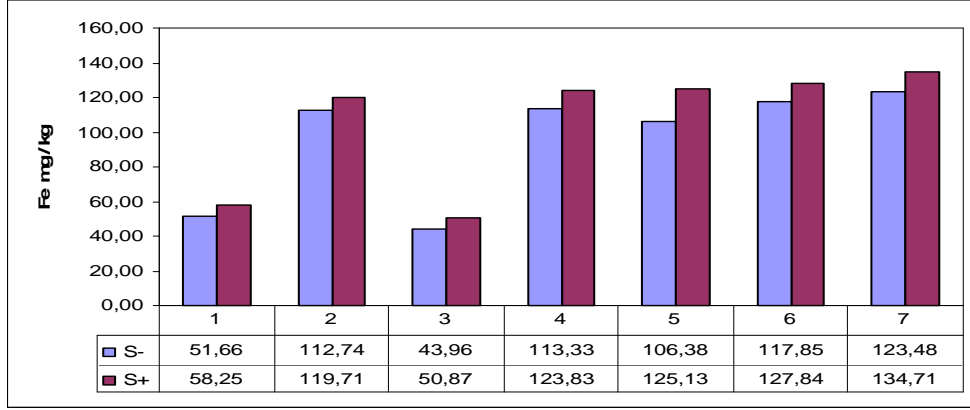
4.5. Yaprak Besin Elementi Konsantrasyonu

Kükürt ve besin elementi uygulamalarının yaprak besin elementi konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.2’de, denemeden elde edilen ortalama yaprak besin elementi konsantrasyonu değerleri Çizelge 4.5’de, bu değerlere ait grafikler Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da verilmiştir.

Denemede kükürt ve besin elementi uygulamaları ile kükürt besin elementi interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$, Çizelge 4.2). Yapraklardaki besin elementi konsantrasyonlarının kükürt uygulamasına bağlı olarak artış gösterdiği ve bu artışın kontrol şartlarına (-S, NPK ve -S, NPK+*bütün ME*) göre yaprak Fe konsantrasyonu %6.3 ile %17.9, Zn konsantrasyonu %3.4 ile %31,3, Mn konsantrasyonu %4 ile %123, Cu konsantrasyonu %12.5 ile %29,6, B konsantrasyonu %6.8 ile %45 oranında artış gösterdiği belirlenmiştir. Denemede kullanılan fasulye genotipinde en yüksek yaprak besin elementi konsantrasyonları kükürt uygulamasının (+S) yapıldığı uygulamalarda elde edilmiştir (Çizelge 4.5). Kükürt uygulamalarının ortalamaları dikkate alındığında +S uygulamasında kontrole (-S) göre fasulye genotipinin yaprak Fe içeriği %10.59, Zn içeriği %15.31, Mn içeriği %45.03, Cu içeriği %20.67, B içeriği %15.10 oranlarında artış gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Uygulama da alınan yaprak örneklerinin Fe konsantrasyonu kükürt uygulamasının yapılmadığı durumlarda 43.96 mg kg^{-1} ile $123,48 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında olurken, kükürt uygulamasının yapıldığı durumlarda $50,87 \text{ mg kg}^{-1}$ ile $134,71 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.5, Şekil 4.6). Araştırmada 2 numaralı uygulamaya göre (kontrol, 2=NPK+*bütün ME*) yaprak Fe konsantrasyonu 3 numaralı (3=NPK+*Fe içermeyen ME*) uygulama olan Fe içermeyen uygulamaya göre %62 oranında azalırken, 2 ve 3 numaralı uygulamaların kükürt uygulanmış durumlarında yaprak Fe konsantrasyonu %58 oranında azaldığı ve yaprak Fe konsantrasyonunun demir içermeyen uygulamada ortama sadece kükürt ilave

edilmesi ile %16.3 oranında artış gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.5, Şekil 4.6). Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre kullanılan elementel kükürt fasulye yapraklarının Fe konsantrasyonunu etkilemesi istatistikî düzeyde (%1) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2).



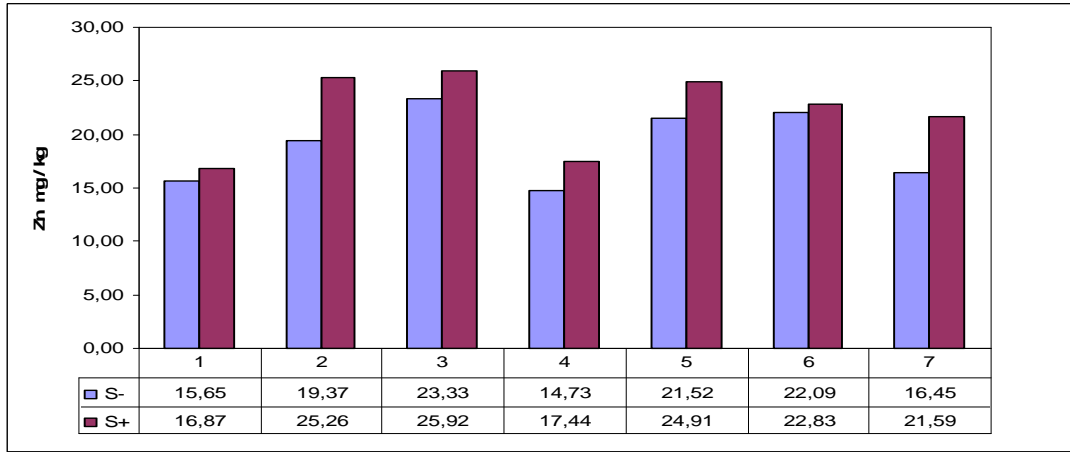
Şekil 4.6. Kükürt ve besin elementi uygulamalarının fasulye genotipinin yaprak Fe konsantrasyonu (mg kg^{-1}) üzerine etkisi.

Yapılan birçok çalışmada kükürt uygulamalarının bitkilerin demir içeriğine etkileri incelenmiş ve uygulanan kükürt dozuna bağlı olarak aktif demir içerikleri ile total demir içeriği değerlerinin artış gösterdiği belirlenmiştir. Total demir içeriklerindeki artışları kuru madde verimindeki artış oranları ile ilişkilendirilen araştırma sonuçlarında, Brohi ve Aydeniz (1980), farklı düzeylerde S uygulanarak yetiştirilen pamuk ve mısır bitkilerinin demir kapsamlarında uygulanan kükürt düzeylerine göre bir değişim görülmediğini, total demir alımlarının ise elde edilen bitki kuru maddeleri miktarına bağlı olarak değişiklik gösterdiğini belirtmişlerdir. Yine benzer bir çalışmada Pınar (1994) tarafından, % 0, 0.25, 0.50, 1.00, 2.00 ve 2.50 oranlarında kükürt uygulamalarının buğday bitkisinin demir kapsamını % 0.50 dozuna kadar arttırdığını, daha yüksek dozlarda ise düşüşler olduğu belirlenmiştir. Topcuoğlu ve Yalçın (1997), kireçli sera toprağına farklı düzeylerde kükürt uygulamalarında domates bitkisinin yaprak ayası, yaprak sapı ve meyve dokularında aktif Fe içeriklerinin genellikle artarken, toplam Fe içeriğinin azaldığını belirlemişlerdir.



Resim 4.1. Toprağa kükürt uygulanmış (+S) koşullarda Fe içermeyen (18) ve Fe içeren (22) uygulamaların bitki gelişimine etkilerini gösterir resim.

Uygulama da alınan yaprak örneklerinin Zn konsantrasyonu kükürt uygulamasının yapılmadığı durumlarda 14.73 mg kg^{-1} ile 23.33 mg kg^{-1} arasında olurken, kükürt uygulamasının yapıldığı durumlarda 17.44 mg kg^{-1} ile 25.92 mg kg^{-1} arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.5.; Şekil 4.7.). Araştırmada 2 numaralı uygulamaya göre (kontrol, 2=NPK+ **Bütün** ME) yaprak Zn konsantrasyonu 4 numaralı (4=NPK+**Zn içermeyen** ME) uygulama olan Zn içermeyen uygulamaya göre %37 oranında azalırken, 2 ve 4 numaralı uygulamaların kükürt uygulanmış durumlarında yaprak Zn konsantrasyonu %33 oranında azaldığı ve yaprak Zn konsantrasyonunun çinko içermeyen uygulamada ortama sadece kükürt ilave edilmesi ile yaprak Zn konsantrasyonunun %18.4 oranında artış gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.5; Şekil 4.7). Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre kullanılan elementel kükürt fasulye yapraklarının Zn konsantrasyonunu etkilemesi istatistiki düzeyde (%1) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.5.).



Şekil 4.7. Kükürt ve besin elementi uygulamalarının fasulye genotipinin yaprak Zn konsantrasyonu (mg kg^{-1}) üzerine etkisi.

Konuyla ilgili olarak daha önceden yapılan çalışmalarda toprağa uygulanan kükürtün bitkilerin Zn kapsamını arttırdığı bildirilmiştir. Orman (2004) sera koşullarında yaptıkları çalışmada fasulye bitkisine artan dozlarda (0, 50, 100, 150, 200 ve 400 mg kg^{-1}) elementel kükürt uygulaması sonucunda bitki Zn konsantrasyonunun artış gösterdiği, kontrol (S_0) uygulamasında bitki Zn konsantrasyonu 36.25 mg kg^{-1} iken 400 mg kg^{-1} kükürt uygulamasında ise 41.28 mg kg^{-1} olduğunu belirlemişlerdir. Brohi ve Aydeniz (1980), farklı düzeylerde S uygulanarak yetiştirilen pamuk ve mısır bitkilerinin çinko kapsamı ve topraktan kaldırdıkları toplam çinko miktarı üzerine etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Farklı düzeylerde uygulanan kükürdün ancak yüksek düzeylerinde toprakta Zn yararı ve hurma fideleri tarafından alımının arttığını bildirmektedirler (Abo-Rady ve ark., 1988). Benzer bir çalışmada kükürt uygulamaları ile sorgum bitkisinin artan kuru madde verimi nedeni ile çinko alımının arttığını bildirmişlerdir (Kaplan ve Orman, 1998).

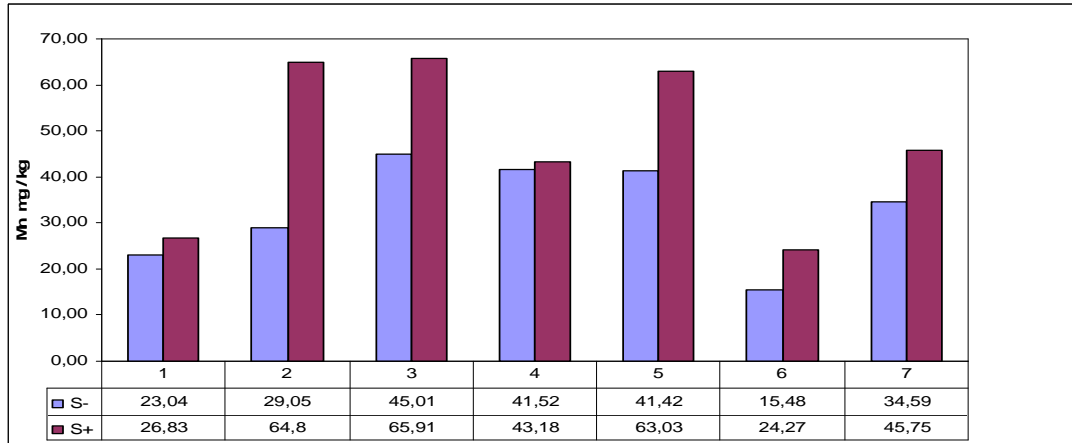


Resim 4.2. Toprağa kükürt uygulanmış (+S) koşullarda Zn içermeyen (29) ve Zn içeren (26) uygulamaların bitki gelişimine etkilerini gösterir resim.

Araştırmada yaprak örneklerinin Mn konsantrasyonu kükürt uygulamasının yapılmadığı durumlarda 15.48 mg kg^{-1} ile 45.01 mg kg^{-1} arasında olurken, kükürt uygulamasının yapıldığı durumlarda 24.27 mg kg^{-1} ile 65.91 mg kg^{-1} arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.5.; Şekil 4.8.). Araştırmada 2 numaralı uygulamaya göre (kontrol, 2=NPK+*bütün* ME) yaprak Mn konsantrasyonu 5 numaralı (5=NPK+*Mn içermeyen* ME) uygulama olan Mn içermeyen uygulamaya göre %66 oranında azalırken, 2 ve 5 numaralı uygulamaların kükürt uygulanmış durumlarında yaprak Mn konsantrasyonu %63 oranında azaldığı ve yaprak Mn konsantrasyonunun mangan içermeyen uygulamada ortama sadece kükürt ilave edilmesi ile yaprak Mn konsantrasyonunun %24.3 oranında artış gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.5, Şekil 4.8). Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre kullanılan elementel kükürt fasulye yapraklarının Mn konsantrasyonunu etkilemesi istatistiki düzeyde (%1) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2.).

Yaprak örneklerinin Cu konsantrasyonu kükürt uygulamasının yapılmadığı durumlarda 10.23 mg kg^{-1} ile 16.43 mg kg^{-1} arasında olurken, kükürt uygulamasının yapıldığı durumlarda 12.76 mg kg^{-1} ile 18.17 mg kg^{-1} arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.5, Şekil 4.9). Araştırmada 2 numaralı uygulamaya göre (kontrol, 2=NPK+*bütün* ME) yaprak Cu konsantrasyonu 6 numaralı (6=NPK+*Cu içermeyen* ME) uygulama olan Cu içermeyen uygulamaya göre %38 oranında

azalırken, 2 ve 6 numaralı uygulamaların kükürt uygulanmış durumlarında yaprak Cu konsantrasyonu %26 oranında azaldığı ve yaprak Cu konsantrasyonunun bakır içermeyen uygulamada ortama sadece kükürt ilave edilmesi ile yaprak Cu konsantrasyonunun %25 oranında artış gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.5; Şekil 4.9). Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre kullanılan elementel kükürt fasulye yapraklarının Cu konsantrasyonunu etkilemesi istatistikî düzeyde (%1) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2).



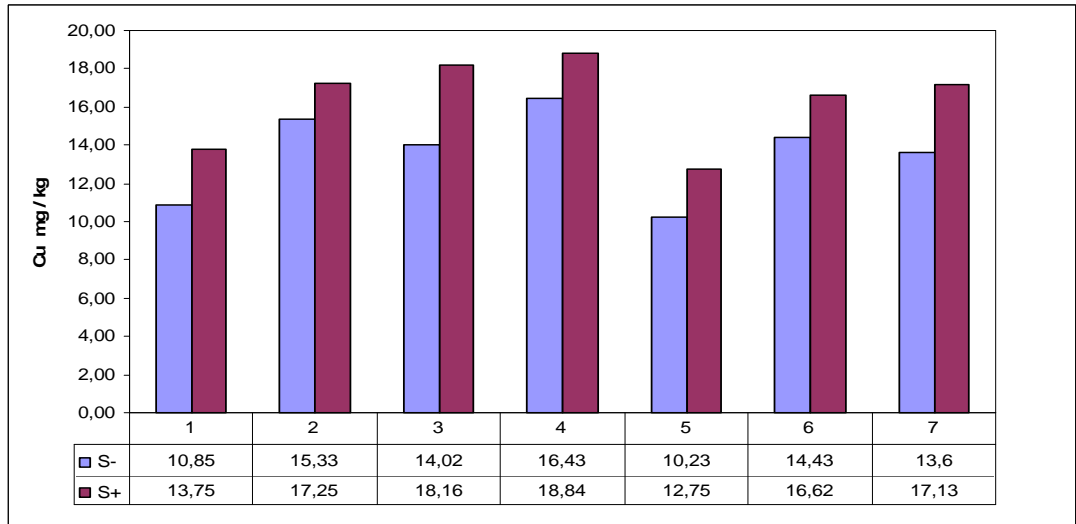
Şekil 4.8. Kükürt ve besin elementi uygulamalarının fasulye genotipinin yaprak Mn konsantrasyonu (mg kg^{-1}) üzerine etkisi.



Resim 4.3. Toprağa kükürt uygulanmış (+S) koşullarda Mn içermeyen (37) ve Mn içeren (33) uygulamaların bitki gelişimine etkilerini gösterir resim.

Önceki yıllarda yapılan çalışmalarda araştırmacılar toprağa uygulanan kükürdün bitkilerdeki Mn miktarını artırdığını bildirmişlerdir (Orman 2004, Çiçekli 2004). Bu artışın nedeni olarak da kuru madde miktarının artması gösterilmiştir. Kaplan ve Orman (1998), kükürt uygulamaları ile sorgum bitkisinin artan kuru madde verimi nedeni ile Mn alımının arttığını bildirmişlerdir.

Wallace ve ark. (1974), kükürt uygulaması ile soya fasulyesinin Fe, Mn ve Zn kapsamalarında kontrole göre artışların meydana geldiğini bildirmişlerdir. Domates bitkisinde yapılan bir çalışmada kükürt uygulamalarının bitki yaprak ayası, yaprak sapı ve meyve dokularında mangan içeriğini artırdığını bildirilmiştir (Topçuoğlu ve Yalçın 1997). Su kültürü ortamında yapılan çalışmada değişen düzeylerde sülfat uygulamalarının domates ve biber bitkilerinin Mn içeriği üzerine etkilerinin önemsiz olduğunu belirtmişlerdir (Gültepe 1997).



Şekil 4.9. Kükürt ve besin elementi uygulamalarının fasulye genotipinin yaprak Cu konsantrasyonu (mg kg^{-1}) üzerine etkisi.

Konuyla ilgili olarak daha önceki yıllarda yapılan çalışmalarda kükürt uygulamalarının bitki de bakır kapsamının arttığını bildirmişlerdir (Orman 2004, Çiçekli 2004). Hilal ve ark. (1992), 250 kg ha^{-1} S uygulamasının bakla bitkisinde bakır alımını artırdığını saptamışlardır. Kaplan ve Orman (1998), kükürt uygulamaları ile sorgum bitkisinin Cu alımının arttığını bildirmişlerdir. Su kültürü ortamında değişen düzeylerde sülfat uygulamalarının domates ve biber bitkilerinin Cu içeriği üzerine etkilerinin önemsiz olduğunu belirtmişlerdir (Gültepe 1997).

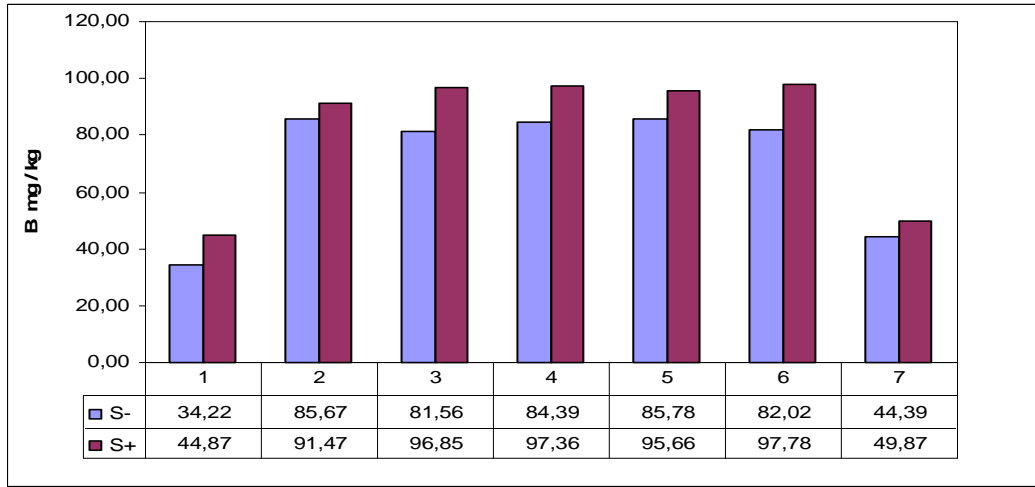
Aydeniz (1980), farklı düzeylerde S uygulanarak yetiştirilen pamuk ve mısır bitkilerinin Cu kapsamlarında azalmaya ve topraktan kaldırdıkları toplam Cu miktarının ise düzensiz değişimlere neden olduğunu belirtmişlerdir.



Resim 4.4. Toprağa kükürt uygulanmış (+S) koşullarda Cu içermeyen (46) ve Cu içeren (41) uygulamaların bitki gelişimine etkilerini gösterir resim.

Araştırmada yaprak örneklerinin B konsantrasyonu kükürt uygulamasının yapılmadığı durumlarda 34.39 mg kg^{-1} ile 85.78 mg kg^{-1} arasında olurken, kükürt uygulamasının yapıldığı durumlarda 49.87 mg kg^{-1} ile 97.78 mg kg^{-1} arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.5; Şekil 4.11). Araştırmada 2 numaralı uygulamaya göre (kontrol, 2=NPK+Bütün ME) yaprak B konsantrasyonu 7 numaralı (7=NPK+B içermeyen ME) uygulama olan B içermeyen uygulamaya göre %60 oranında azalırken, 2 ve 7 numaralı uygulamaların kükürt uygulanmış durumlarında yaprak B konsantrasyonu %46 oranında azaldığı ve yaprak B konsantrasyonunun bor içermeyen uygulamada ortama sadece kükürt ilave edilmesi ile yaprak B konsantrasyonunun %45 oranında artış gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.5; Şekil 4.10). Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre kullanılan elementel kükürt fasulye yapraklarının B konsantrasyonunu etkilemesi istatistikî düzeyde (%1) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2.).

Uygulama da alınan yaprak örneklerinin B konsantrasyonu 34.22 mg kg⁻¹ ile 96.84 mg kg⁻¹ arasında değişmiştir (Çizelge 4.5.). En düşük B içeriği Kükürt uygulanmamış koşullarda mikro besin elementi uygulanmamış ve sadece NPK uygulaması yapılan uygulamada elde edilirken, en yüksek B içeriği kükürt uygulanmış koşullarda NPK+Zn içermeyen ME uygulamasından elde edilmiştir (Şekil 4.10). Yapılan varyans analizine göre kullanılan elementel kükürt fasulye yapraklarının B içeriklerini etkilemesi istatistiki düzeyde (%1) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2.).



Şekil 4.10. Kükürt ve besin elementi uygulamalarının yaprağın B miktarı (mg kg⁻¹) üzerine etkisi.

Konuyla ilgili önceki yıllarda yapılan çalışmalarda borun bitkilerde tane verimini artırdığı, bitkiyi çevresel şartlara daha dayanıklı hale getirdiği belirlenmiştir. Harmankaya ve ark. (2006) fasulye çeşitlerine bor uygulamasıyla (kontrol, 3 kg ha⁻¹ topraktan ve 0.3 kg ha⁻¹ yapraktan) tane veriminin % 10 ile % 20 arasında arttığını, en fazla artışın da 3 kg ha⁻¹ borun toprak uygulamasında olduğunu belirlemişlerdir. Ross ve ark. (2006), soya fasulyesinin bor uygulamalarına tepkilerini ölçmek amacıyla yaptıkları çalışmada kireçli siltli tın karakterli 4 bölge toprağına 5 bor dozunu (0, 0.28, 0.56, 1.12, 2.24 mg kg⁻¹) 2 farklı zamanda (ekim öncesi ve sürgün başlangıcı) uygulamışlardır. Soyanın gelişimi üzerine bor eksik alanlarda yapılan bor uygulamasının daha etkili olduğunu ve tane verimini % 4 ile % 130 arasında arttığını ve bor uygulama zamanının verim değerleri üzerine çok fazla etkili olmadığını belirlemişlerdir. Araştırmada ayrıca artan miktarlarda bor uygulamasıyla yaprak ve tane bor konsantrasyonunun da arttığını ortaya koymuşlardır.



Resim 4.5. Toprağa kükürt uygulanmış (+S) koşullarda B içermeyen (56) ve B içeren (49) uygulamaların bitki gelişimine etkilerini gösterir resim.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sera koşullarında yürütülen deneme sonucunda;

- Toprak pH değerleri kükürt dozlarındaki artışa bağlı olarak azalma gösterirken, toprak EC değerlerinin artış gösterdiği belirlenmiştir.
- Denemede kükürt uygulamasının bitki kuru madde verimi, tane verimi ve tane protein değerleri üzerine etkisi değerlendirildiğinde kükürt uygulamasına bağlı olarak artış gösterdiği, bu artışların tane verimi ve tane protein içeriği değerlerinde kükürt ile birlikte uygulanan besin elementi etkinliklerinde daha fazla oranlarda olduğu belirlenmiştir.
- Kullanılan fasulye genotipinin yaprak besin elementi konsantrasyonu değerlerinin kükürt uygulamasıyla birlikte olumlu yönde ve önemli miktarlarda artışlar gösterdiği, ayrıca kükürt uygulamasıyla birlikte yapılan besin elementi uygulamalarında da kükürt uygulamalarının uygulanan besin elementlerinin etkinliklerinin artırılmasında olumlu yönde etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yukarıdaki sonuçlar dikkate alındığında aşağıdaki önerilerde bulunabiliriz:

- Sera koşullarında gerçekleştirilen bu çalışmada kükürt gübrelmesi yapılarak bitki verim değerlerinde artışlar elde edilebileceği, ancak benzer çalışmaların tarla koşullarında da gerçekleştirilmesi yararlı olacaktır.
- Kükürt gübrelmesi sonucu toprakta asit etkisi yapması sonucu çok azda olsa toprak pH'ının düşmesi ile birlikte özellikle mikro besin elementlerinin bitkiler tarafından alınabilirliği artırılabilir. Bu şekilde söz konusu elementlerin gübre olarak toprağa uygulanacak miktarlarındaki azalma, hem ekonomik, hemde çevre kirliliği açısından oldukça önemli olmaktadır.
- Bu deneme sonucunda elde edilen verilerin sonucu ile birlikte tarla koşullarında kükürt uygulama dozunun ve uygulama formunun bitki türlerine göre belirlenmesi önemlidir.

Çizelge 4.3. Kükürt ve besin elementi uygulamalarının toprağın pH ve EC içeriği üzerine etkisi.

Uyg. No	Uygulamalar	pH (1:2,5 toprak:safsu)				EC (mS/cm)			
		S -	S +	%	Ort.	S -	S +	%	Ort.
1	NPK	7,72 a	7,30 ef	-5,44	7,51 a	115,25 ı	177,00 fg	53,58	146,13 e
2	NPK+bütün ME	7,65 a	7,36 def	-3,85	7,51 a	147,75 gh	197,50 f	33,67	172,63 d
3	NPK+Fe içermeyen ME	7,68 a	7,41 cde	-3,52	7,54 a	126,25 hu	233,50 e	84,95	179,88 d
4	NPK+Zn içermeyen ME	7,5 bc	7,42 cd	-1,13	7,46 ab	230,75 e	338,25 d	46,59	284,50 c
5	NPK+Mn içermeyen ME	7,70 a	7,25 f	-5,87	7,47 ab	245,50 e	469,25 b	91,14	357,38 b
6	NPK+Cu içermeyen ME	7,512 bc	7,30 def	-2,78	7,41 b	256,50 e	452,75 bc	76,51	354,63 b
7	NPK+B içermeyen ME	7,618 ab	7,35 def	-3,56	7,48 ab	426,75c	597,75 a	40,07	512,25 a
	Ortalama	7,63	7,34	-3,80		221,25	352,29	59,23	

Çizelge 4.4. Kükürt ve besin elementi uygulamalarının fasulyenin genotipinin tane verimi, tane protein içeriği ve kuru madde verimi üzerine etkisi.

Uyg. No	Uygulamalar	Kuru Madde Verimi (g bitki ⁻¹)				Tane Verimi (g bitki ⁻¹)				Tane Protein Miktarı (%)			
		S -	S +	%	Ort.	S -	S +	%	Ort.	S -	S +	%	Ort.
1	NPK	2,14	2,49	16,36	2,32 c	8,26 e	9,60 d	16,22	8,93 c	23,20 de	26,04 ab	12,22	24,67 bc
2	NPK+bütün ME	2,54	2,78	9,45	2,66 a	10,22 cd	11,22 abc	9,78	10,72 ab	23,65 cde	26,49 a	11,98	25,07 abc
3	NPK+Fe içermeyen ME	2,,50	2,64	5,3	2,57 ab	10,59 a-d	10,15 cd	-4,15	10,37 b	21,02 f	24,96 bc	18,74	22,99 d
4	NPK+Zn içermeyen ME	2,50	2,73	9,2	2,62 ab	10,63 a-d	10,83 a-d	1,9	10,73 ab	22,35 ef	25,94 ab	16,06	24,15 cd
5	NPK+Mn içermeyen ME	2,48	2,71	9,27	2,59 ab	11,01 abc	10,73 a-d	-2,54	10,87 ab	24,38 cd	27,18 a	11,48	25,78 ab
6	NPK+Cu içermeyen ME	2,40	2,96	23,33	2,68 a	10,94 abc	11,86 a	8,41	11,40 a	24,82 bc	27,21 a	9,63	26,01 a
7	NPK+B içermeyen ME	2,13	2,55	19,72	2,43 bc	11,72 ab	10,84 bcd	-7,51	11,10 ab	24,13 cd	27,25 a	12,95	25,69 ab
	Ortalama	2,41	2,70	12,03		10,48	10,70	2,01		23,36	26,44	13,18	

Çizelge 4.5. Kükürt ve besin elementi uygulamalarının fasulye genotipinin yaprak Fe, Zn, Mn, Cu ve B içeriği üzerine etkisi.

Uyg. No	Uygulamalar	Fe mg kg ⁻¹				Zn mg kg ⁻¹				Mn mg kg ⁻¹				Cu mg kg ⁻¹				B mg kg ⁻¹			
		S -	S +	%	Ort.	S -	S +	%	Ort.	S -	S +	%	Ort.	S -	S +	%	Ort.	S -	S +	%	Ort.
1	NPK	51,66 <i>h</i>	58,25 <i>g</i>	13,73	54,96 <i>d</i>	15,65 <i>e</i>	16,87 <i>de</i>	7,78	16,26 <i>c</i>	23,04 <i>g</i>	26,83 <i>ef</i>	16,44	24,93 <i>e</i>	10,85 <i>h</i>	13,75 <i>fg</i>	26,74	12,23 <i>d</i>	34,22 <i>f</i>	44,87 <i>de</i>	31,12	39,55 <i>c</i>
2	NPK+bütün ME	112,74 <i>e</i>	119,71 <i>cd</i>	6,25	116,23 <i>c</i>	19,37 <i>b-e</i>	25,26 <i>a</i>	30,4	22,32 <i>ab</i>	29,05 <i>e</i>	64,80 <i>a</i>	123,03	46,93 <i>c</i>	15,33 <i>de</i>	17,25 <i>bc</i>	12,51	16,29 <i>b</i>	85,67 <i>c</i>	91,47 <i>b</i>	6,76	88,58 <i>a</i>
3	NPK+Fe içermeyen ME	43,96 <i>i</i>	50,87 <i>h</i>	16,28	47,42 <i>e</i>	23,33 <i>ab</i>	25,92 <i>a</i>	11,13	24,62 <i>a</i>	45,01 <i>bc</i>	65,91 <i>a</i>	46,42	55,46 <i>a</i>	14,02 <i>f</i>	18,16 <i>ab</i>	29,59	16,09 <i>bc</i>	81,56 <i>c</i>	96,84 <i>a</i>	18,72	89,20 <i>a</i>
4	NPK+Zn içermeyen ME	113,33 <i>e</i>	123,83 <i>bc</i>	8,85	118,58 <i>c</i>	14,73 <i>e</i>	17,44 <i>cde</i>	18,39	16,09 <i>c</i>	41,52 <i>c</i>	43,18 <i>bc</i>	3,99	42,35 <i>d</i>	16,43 <i>cd</i>	18,84 <i>a</i>	14,65	17,64 <i>a</i>	84,89 <i>c</i>	97,36 <i>a</i>	14,68	91,12 <i>a</i>
5	NPK+Mn içermeyen ME	106,38 <i>f</i>	125,13 <i>b</i>	17,92	115,75 <i>c</i>	21,52 <i>a-d</i>	24,91 <i>ab</i>	15,76	23,21 <i>a</i>	41,42 <i>c</i>	63,03 <i>a</i>	52,15	52,23 <i>b</i>	10,23 <i>h</i>	12,75 <i>g</i>	24,68	11,49 <i>d</i>	85,78 <i>c</i>	95,66 <i>ab</i>	11,52	90,72 <i>a</i>
6	NPK+Cu içermeyen ME	117,85 <i>d</i>	127,84 <i>b</i>	8,55	122,85 <i>b</i>	22,09 <i>a-d</i>	22,83 <i>abc</i>	3,35	22,46 <i>ab</i>	15,48 <i>h</i>	24,27 <i>fg</i>	56,75	19,87 <i>f</i>	14,43 <i>ef</i>	16,62 <i>c</i>	15,18	15,52 <i>bc</i>	82,02 <i>c</i>	97,78 <i>a</i>	19,2	89,90 <i>b</i>
7	NPK+B içermeyen ME	123,48 <i>bc</i>	134,71 <i>a</i>	8,94	129,10 <i>a</i>	16,45 <i>de</i>	21,59 <i>a-d</i>	31,29	19,02 <i>bc</i>	34,59 <i>d</i>	45,75 <i>b</i>	32,26	40,17 <i>d</i>	13,60 <i>fg</i>	17,13 <i>bc</i>	25,94	15,37 <i>c</i>	44,39 <i>e</i>	49,87 <i>d</i>	12,33	47,13 <i>b</i>
	Ortalama	95,63	105,76	10,59		19,18	22,12	15,31		32,87	47,68	45,03		13,55	16,36	20,67		71,22	81,98	15,1	

6.KAYNAKLAR

- Abo-Rady, M.D.K., Duheash, O., Khalil, M. and Turjoman, A.M. 1988. Effect of Elemental Sulphur on Some Properties of Calcareous Soils and Growth of Date Palm Seedlings. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 2: 121-130.
- Abo-Rady, M.D.K. and Nabulsi, Y.A. 1989. Effect of High Doses Elemental Sulphur on Barley Growth in an Alkaline Soil. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 3(4): 451-457
- Aitken, R. L., Jeffery, A. L. And Compton B. L. 1987. Evaluation of selected extractants for boron in some Queensland soils. *Aust. J. Soil Res.* 25:263-273.
- Akçin. A., 1974. A Research on the Effects of Fertilization, Sowing Date and Row Spacing on Seed Yield of Various Dry Bean Cultivars Grown Under Erzurum Ecological Conditions and Their Phonologic, Morphologic and Technological Characteristics. Publication of Fac. Agric., No. 157. pp. 1-112. Erzurum, Turkey.
- Awad, A.M., Ramanad, H.M. and El-Fayoumy, M.E. 1996, Effect of Sulphur, Phosphorus and Nitrogen Rertilizers on Micronutrient Availability Uptake and Wheat Production on Calcareous Soils. *Alexandria Journal of Agricultural Research*, 41:3, 311-327
- Bayraklı, F., 1987. Toprak ve bitki analizleri. 19 Mayıs Üni. Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın no: 17 Samsun.
- Beek, C.G.E.M. Van. ve Driessen, P.M., 1970. Observations about the alkalinity in the Çumra area, great Konya basin. In:Ç T.de meester, Soils of the great Konya basin, Türkiye. *Agricultural Research Reports* 740. Product, Wageningen.
- Berger, K.C., and Troug, E. (1944). Boron tests and determination for soils and plants. *Soil Sci.* 57, 25-36.
- Bingham, F.T. 1982. Boron In 'Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties'. (Ed. A. L. Page.) pp. 431-47.8Am. Soc. Argon.: (Madison, Wisc.)

- Boswell, C.C. 1987. Elemental Sulphur Fertilizers in New Zealand. Proc. of the Int. Symp. on Elemental Sulphur in Agric., Nice, France, 25 March 1987, p. 493-507.
- Bremner, J. M., 1965. Total Nitrogen. in Methods of soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties. Eds. C A Black and D D Evans. Pp. 1149-1178. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- Brohi, A., Aydeniz, A., Karaman, M.R. ve Erşahin, S. 1994. Bitki Besleme. Gazi Osman Paşa Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Yayınları: 4, Kitaplar Serisi: 4, Tokat, 230. ss.
- Brohi, A.R. ve Aydeniz., A. 1980. Tarsus Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Toprağının Verimliliğine Kükürdün Etkisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Diploma Sonrası Yüksek Okulu, Doktora Tez Özetleri, Ayrı Basım, 800-816.
- Cartwright, B., Tiller, B. A., Zarcinas, B. A., and Spouncer, L. R. (1983). The chemical assessment of the boron status of soils. Aust. J. Soil Res. 21, 321-32.
- Chao, T.T. and R.F. Saanzolone. 1989. Fractionation of soil selenium by sequential partial dissolution. Soil Sci. Soc. Amer. J. 53: 385-392.
- Chien, S.H., Friesen, D.K. and Hamilton, B.W. 1988. Effect of Application Method on Availability of Elemental Sulphur in Cropping Sequences. *Soil Sci Soc. of America J.*, 52(1): 165-169.
- Chouliaras, N. And Tsadilas, C. 1996. The Influence of Acidulation of a Calcareous Soil by Elemental Sulphur Application on Soil Properties. *Georgike, Ereuna. Nea Seria*, 20: 9-14.
- Cox, R. F., and Kamprath, E. J. (1972). Micronutrients in Agriculture'. (Eds J. J. Mordvedt, P. M. Giordano and W. L. Lindsay.) pp. 289-317. (Soil Sci. Soc. Am.:Madison Wisc.)
- Çakmak, İ., Sarı, N., Marschner, H., Kalaycı, M., Yılmaz, A., and Gülüt, K. Y., 1996. Dry Matter Production and Distribution of Zinc in Bread and Durum Wheat Genotypes Differing in Zinc Efficiency. *Plant and Soil*, 180: 173-181.

- Çakmak, İ., 2002. Plant Nutrition Research: Priorities to Meet Human Needs for Food in Sustainable Ways. *Plant and Soil* 247: 3-24.
- Çiçekli, M., 2004. Organik Biber Yetiştiriciliğinde Çiftlik Gübresi, Kükürt ve Feldspat Uygulamalarının Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi. 12-15. İzmir.
- Çiftçi, C. Y., 2004. Dünyada ve Türkiye’de Yemelik Tane Baklagiller Tarımı. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Teknik Yayınlar Dizisi No:5, Ankara
- DeEndredy, A.S. 1963. Estimation of free iron oxides in soils and clays by a photolytic method. *Clay Miner. Bull.* 9: 209-217.
- Durrant, P. J., and Durrant , B. (1962) ‘Introduction toAdvanced Inorganic Chemistry.’ (Longmans: London.)
- Driessen, P.M., 1970. Salinity and alkalinity in the great Konya basin, *Agricultural Research Reports* 743. Pudoc. Wageningen.
- Erdal, İ., Bozkurt, M.A., Çimrin, K.M., 2000. Kireçli bir toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin gelişimi ve fosfor alımı üzerine hümik asit ve fosfor uygulamalarının etkisi. *Turk. J. Agric. For.*, 24(6):663-668.
- Eriksen, J. and Mortensen, J.V.2002. Effects of Timing of Sulphur Application on Yield, S Uptake and Quality of Barley. *Plant and Soil*, 242(2): 283-289.
- Eyüpoğlu, F., Kurucu, N., ve Talaz, S., 1995. Türkiye Topraklarının Bitkiye Yarayışlı Mikroelementler Bakımından Genel Durumu. *Toprak Gübre Araştırma Ens.* 620/A-002 Projesi Toplu Sonuç Raporu. Ankara.
- Ezenwa, I. 1994. Early Growth, of *Leucaena* at Different Levels of Sulphur and Phosphorus Application. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 25(15-16): 2639-2648.
- Fageria, N. K., 2002. The Effect of Zinc on Alleviation of Boron Toxicity in Bean (*Phaseolus Vulgaris L.*). *Plant Ph.*, 111: 611-621.
- Falatah, A. and Schwab, A.P. 1990. Plant-Available Iron and Zinc Calcareous Soil as Affected by Additions of Sulfur and Micronutrient Fertilizer. *Journal of Fertilizer*, 7(2): 35-40.

- Fleming, G.A. 1980. Essential micronutrients: I. Boron and molybdenum. P. 155-197. In B.E. Davies (ed.) Applied soil trace elements. John Wiley & Sons, New York.
- Fox, R.H., 1968. The Effect of Calcium and pH on Boron Uptake From High Concentrations of Boron by Cotton and Alfalfa. *Soil Sci.* 106:435-439.
- 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. *Agronomy Journal*, 74: 415-418.
- Gajbhiye KS et al. 1980. Correlation study of water soluble boron with EC and silt plus clay in non-saline and low saline soils. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 28, 251-253.
- Ganeshamurthy, A.N. and Reedy, K.S. 2000. Effect of Integrated Use of Farmyard Manure and Sulphur in a Soybean and Wheat Cropping Systems on Nodulation, Dry Matter Production and Chlorophyll Content of Soybean on Swell-Shrink Soils in Central India. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 185(2):91-97.
- Gendy, E.N., El-Raies, S.A.A. and Reheem, M.A.A. 1995. Effect of Number of Irrigations and Sulphur Application on Broad Bean Growth and Yield. *Egyptian Journal of Soil Science*, 35: 3, 379-393.
- Gezgin, S., Dursun, N., Hamurcu, M., Harmankaya, M., Önder, M., Sade, B., Topal, A., Soylu, S., Akgün, N., Yorgancılar, M., Ceyhan E., Çiftçi, N., Acar, B., Gültekin, I., Işık, Y., Şeker, C., ve Babaoğlu, M., 2002. Boron content of cultivated soils in central-southern and Animal Nutrition, Edited by Goldbach et al., p:391-400, Kluwer Ac./Plenum Pub., New York.
- Griffin, R. A., and Burau, R. G. (1974). Kinetic and equilibrium studies of boron desorption from soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 38, 892-7.
- Gupta, U. C, Potlia A. 1988. A simplified method for determining of hot-water-soluble boron on podzol soil. *Soil Sci.* 103, 424-428.
- Gülser, F., Tüfenkçi, Ş. ve Erdal, İ. 2001. Farklı Kükürt Uygulama Şekilleri ve Fosfor Gübresinin Mısır Bitkisinin (*Zea Mays L.*) Bakır, Mangan ve Demir İçeriğine Etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(2): 75-77.

- Gültepe Z.N. 1997. Kükürt Gübrelemesinin Su Kültürü Ortamında Domates ve Biberin Gelişimi ve Mineral Bileşimi Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bil. Enst., Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 50 ss.
- Gülümser, A., 1981. Bezelyede Azotlu Gübreleme ve Sulamanın Verim ve Verim Unsurları ile Tanenin Protein Oranlarına Etkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Basılmamış Doktora Tezi.
- Gülümser, A., Odabaş, M. S., Özturan, Y., 2005. Fasulyede (*Phaseolus Vulgaris* L.) Yapraktan ve Topraktan Uygulanan Farklı Bor Dozlarının Verim ve Verim Unsurlarına Etkileri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 18 (2) 163-168.
- Hacısalıhoğlu, G. and Kochian L. 2003. How Do Some Plants Tolerate Low Levels of Soil Zinc Mechanisms of Zinc Efficiency in Crop Plants. New Phytologist. 118: 341: 350.
- Hacısalıhoğlu, G., Ozturk I., Çakmak, İ., Welch, R. M., and Koçhian L.. 2004. Genotypic Variation in Bean in Response to Zinc Deficiency in Calcareous Soil. Plant Soil 259: 71-83.
- Harmankaya, M., Önder, M., Hamurcu, M., Ceyhan, E., Gökmen, F. ve Gezgin, S., 2006. Response of Dry Bean (*Phaseolus vulgaris* L) Cultivars to Foliar and Soil Applied in Boron Deficient Calcareous Soils. Plant and Soil (in Press).
- Hilal M.H. 1990. Sulphur in Desert Agro Systems. Middle East Sulphur Symposium, 12-16 February Cairo-Egypt, 19-50.
- Hilal M.H., Abdel-Fattah A. and Korkor S.A. 1992. Effect of Fine and Granular Sulphur Application on Root Depth and Yield of Lupinus in Sandy Soils. Proceedings Middle East Sulphur Symposium 12-16 Feb., Cairo, Egypt, (Edited by Hilal, M.H.), TSI, Washington, USA, 207-216.
- Hingston F.J. 1964. Reactions between boron and clays. Aust. J. Soil Res. 2, 83-95.
- Hou J., Evans L. J. And Spiers G. A. 1994. Boron fractionation in soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 25: 1841-1853.
- Iswari R.S., Sing and Tewari U.S. 1987. Effect of Nitrogen and Sulphur on Yield X95.

- Iswari R.S., Sing and Tewari U.S. 1987. Effect of Nitrojen and Sulphur on Yield and Nutrient Uptake by Wheat. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 35: 152-154.
- İnal A., Güneş A., Alpaslan M., Adak M.S., Taban S. and Eraslan F. 2003. Diagnosis of Sulphur Deficiency and Effects of Sulphur on Yield and Yield Components of Wheat Grown in Central Anatolia, Turkey. *Journal of Plant Nutrition*, 26(7):1483-1498.
- Janzen H.H. and Bettany J.R. 1987. The Effect of Temperature and Water Potential on Sulphur Oxidation in Soils. *Soil Sci.*, 144:81-89.
- Jones U.S. 1982. *Fertilizers and Soil Fertility*, Second Edition, Reston Publishing Company, Inc., A., Prentice Hall Company Reston Virginia 22090-USA, 83-111p.
- Jyung, W. H., Ehmann, A., Schlender, K.K., and Scala, 1., 1975. Zinc Nutrition and Starch Metabolism in *Phaseolus Vulgaris L.* *Plant Pys.*, 55:414-420.
- Kacar B. ve Akgül E. 1967. Influence of tleavy dressing of sulfur on the availability of phosphorus in an alkaline calcaraus soil. University of Ankara, Yearbook of Faculty of Agriculture, 1966. 6:33-41. Ankara.
- Kacar,B., 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri 1-2. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları 468. Yardımcı Ders Kitabı 161.
- Kacar B. 1977. Bitki Besleme A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, 637, Ankara, 225-367s.
- Kacar B. ve Katkat V. 1998. Bitki Besleme. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı,Yayın No: 127, Vipaş Yayınları: 3, Bursa, 595 ss.
- Kaplan D. L., Burkman W., Adriano. D. C., Mills. G. L. And Sajwan K. S. 1990. Determination of boron in soil containing inorganic and organic boron sources. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:708-714.
- Kaplan M. and Orman Ş. 1998. Elementel Sulphur and Sulphur Containing Waste in a Calcareous Soil in Turkey. *Journal of Plant Nutrition*, 21(8): 237-244.
- Karaman, M.R, M.R Brohi, A. Inal and S. Taban, 1998. Effect of Iron and Zinc on the Growth and Nutrient Status of Bean (*Phaseolus Vulgaris L.*) Grown in Artmcial Siltation Soils. İn: Proceeding of the 1 st National Zinc Congress,12-16 May 1998. Anatolian Agricultural Research Institute, Eskişehir, Turkey. (In Turkish), pp: 191-200.

- Keren, R., and F.T. Bingham. 1985. Boron in water, soils and plants. P. 229-276. In *Advances in soil sciences*, Vol. I. Springer-Verlag New York, Inc., New York.
- Kheboian, C. And C.F.Bauer. 1987. Accuracy of selective extraction procedure for metal speciation in model quate sediments. *Anal. Chem.* 39: 1417-1423.
- Knoeck, J., and Taylor, J.k. (1969).Aqueous boric acid-borate-manniyol equilibria. *Anal. Chem.* 41,1730-4.
- Kutsin, K., and Pizer, R. (1969). Temperature-jump study of the rate and mechanism of the boric acid-tartaric acid complexation.*J. Am. Chem. Soc.* 91, 317-22.
- Lamond, R.E., Davied, M.A. and Gordon, W.B. 1997. Sulphur Research in Kansas, U.S.A. *Sulphur in Agriculture*, 20: 30-34.
- Lindemann, W.C., Aburto, J.J., Haffner, W.M., Bono, A.A. 1991. Effect of Sulfur Source on Sulfur Oxidation. *Soil. Sci. Soc. Amer. J.*, 55: 85-90.
- Lindsay, W.L., and Norvell,W.A., 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese ve copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 421-428.
- Lopez, J., Bell., I.C., Tremblay, N. Dorais, M. and Gosselin, A. 2002. Uptake and Translocation of Sulphate in Tomato Seedlings in Relation to Sulphate Supply. *Journal of Plant Nutrition*, 25(7): 1471-1485.
- Mahler R.L., Naylor D. V. And Fredrickson M. K. 1984. Hotwater extraction of boron from soils using sealed plastic pouches. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 15, 479-492.
- McGeehan S. L., Topper K. and Naylor D.v. 1989. Sources of variation in hot Water extraction and colorimetric determination of soil boron. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 20, 1777-1786.
- Moraghan J Tand Grafton K 2003 Plant Zinc and the Zinc-Efficiency Trait in Navy Bean : j. *Plant Nutr.* 26 (8): 1649-1663.
- Mungan, S. ve Doran, İ., 2003. Farklı Doz ve Yöntemlerle Uygulanan Çinkonun Makarnalık Buğday ve Arpanın Verim ve Verim Unsurlarına Etkileri. *Türkiye 5. Tarla Bitkileri Kongresi 13-17 Ekim*, Syf: 510-515.

- Nad, B.K. and Goswami, N.N. 1983. Response of Legume and Oilseed Crops to Different Sources of Sulphur and Magnesium in Some Alluvial Soil. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 31: 60-64.
- Neto, A.E.F., Fernandes, L.A., Faquin, V., Da Silva, I.R. and Accioly, A.M.D. 2000. Response of Bean Cultivars to Sulphur. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 35(3): 567-573.
- Novozamsky I, Barrera L. L., Houba V J, Vanderlee J J and Eck R 1990b. Comparison of a hot water and cold 0.01 M CaCl₂ extraction procedures for the determination of boron in soil. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 21,2189-2195.
- Onak, T. P., Landesman, H., Williams, R. E., and Shapiro, I. (1959). The b11 nuclear magnetic resonance chemical shifts and spin coupling for various compounds. *J. Phys. Chem.* 63, 1533-5.
- Orman, Ş., 1996. Keçiborlu Kükürt Fabrikası Flotasyon Atıkları ve Elementel Kükürtün Hafif Alkali Reaksiyonlu Tarım Topraklarında Kullanılma Olanakları. Yüksek Lisans Tezi, Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Orman, Ş., 2004. Kumluca ve Finike Yörelere Sera Domates Yetiştiriciliğinde Kükürt Beslenmesi ile Domates ve Fasulye Bitkileri Üzerine Kükürt ve Organik Gübrelemenin Etkilerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Overstreet, R., Martin, J. C. and King, M., 1951, gypsum, Sulfur and Sulfuric Acid For Reclaiming an Alkali Soil of the Fresno Series, *Hilgardia*, Vol:21, No:5, 113-127.
- Özbek, N., 1973. Toprak Verimliliği ve Gübreler 1. Toprak Verimliliği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 525, Ders Kitabı: 170.
- Öztaş, B., Munsuz, G., 1962, Menemen Kesikköy İslah Araştırma TGAE. 1961-1962 Yıllık Araştırma Raporu Ankara Sayfa: 174-190.
- Pınar, S., 1994, Alkali Reaksiyonlu Topraklarda Kükürt Uygulamalarının pH ve Bazı Bitki Besin Elementlerinin Alınımı Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, E.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü. Bornova, İzmir. 105 s.

- Reisenaur, H. M., Wllsh, L. M. And Haoeft, r. G. 1973. Testing soils for S, B, Mo and Cl. Pages 173 200 in L. M. Walsh and J. D. Beaton, eds. Soil testingand plant analysis. Soil Science Soc. Am., Madison, WI.
- Ressureccion, A.P., Makino, A., Bennet, J., and Mae, T. 2002. Effect of Light Intensity on the Growth and Photosynthesis of Rice under Different Sulfur Concentrations. *Soil Science and Plant Nutrition*, 48(1): 71-77.
- Rhoades, J.D., R.D. Ingvalson, and J.T. Hatcher. 1970. Laboratory determination of leachable soil boron. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 34: 871-875.
- Ross, R. J., Slaton, N. A., Brye, K.R. and Delong, R. E., 2006. Boron fertilization influences on soybean yield and leaf and seed boron concentrations. *Argon. J.* 98: 198-205.
- Safo, E.Y. and Oppong, S.K. 1994. The Effect of Legumes on Soluble Sulphate Patterns in a Ghanaian Forest Soil: Studies with the Winged Bean, Jack Bean and Cow pea. *Sulphur in Agriculture*, 18: 55-57.
- Saha, J.K., Singh, A.B., Ganeshamurthy, A.N., Kundu, S. and Bıswas, A.K. 2001. Sulfur Accumulation in Vertisols Due to Continuous Gypsum Application for Six Year and Its Effect on Yield and Biochemical Contituens of Soybean (*Glycine Max L., Merrill*). *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 164(3): 317-320.
- Schwrtmann, U. 1964. The differentiation of iron oxides in soils by extration with NH_4 -oxalate solution. *Z. Pflanzenernaehr. Bodenkd.* 105: 194-202.
- Sevinç, F. 2000. Toprak Reaksiyonunun Düşürülmesinde Kükürtün Etkisi. T.C. Orman Bakanlığı Ege Bölgesi Orman Toprak Laboratuar Müdürlüğü, Orman Bakanlığı Yayın No: 105, İzmir Orman Toprak Lab. Yayın No: 08, İzmir, 39.
- Simon-Sylvestra, G. 1969. First Results of a Survey on the Total Sulphur Content of Arable Soils in France. *Annales Argon.*, 20:609-625.
- Singh, A.L. and Chaudhari, V. 1997. Sulphur and Micronutrient Nutrition of Groundnut in a Calcareous Soil. *Journal of Agronomy and Crop Science.* 179(2): 107-114.

- Singh, M.V. and Saha, J.K. 1995. A Review of the Sulphur Research Activities of the Icar-Aicrp Micro an Secondary Nutrients Project. *Sulphur and Agriculture*, 19: 35-47
- Singh, S. P., and Westermann, D.T., 2002. A single Dominant Gene Controlling Resistance to Soil Zinc Deficiency in Common Bean. *Crop Sci.* 42. 1071-1074.
- Soltanpour PN, Workman SM. 1979. Modification of the NH_4HCO_3 -DTPA soil test to omit carbon black. *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.*, 10, 1411-1420.
- Sternberg PD, Ulery AL, and Villa M, 2001. Salinity and Boron Effects on Growth and Yield of Tepery and Kidney Beans *Hort Sci.*, 36 (7): 1269-1272.
- Stevenson, F.J.1986. Cycles of soil. John Wiley & Sons, New York, U.S.A. p.380.
- Syers, J.K., Skinner, R.J. and Curtin, D. 1987. Soil and Fertilizer Sulphur in U.K. *Agriculture. The Fertilizer Soc.*, London, pp. 43.
- Tessier, A., P.G.C. Campbell, and M. Bisson. 1979. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Anal. Chem.* 51: 844-851.
- Tisdale, U.C. and Raj, H., 1972. Zinc Response in Corn as Influenced by Genetic Variability. *Agr. J.*, 68: 20-22.
- Tisdale, S.L. and Nelson, W.L., 1972, *Soil Fertility and Fertilizers* Macmillan Co., New York, 694s USA (Çev. Güzel, N., 1982), *Toprak Verimliliği ve Gübreler*, Ç.Ü. Ziraat Fak., Yayın "No: 1968. Adana 372-384 s.
- Thomson, W.W.,and Weiwer, T.E., 1962.The Fine Structure of Chloroplasts from Mineral-Deficient Leaves of *Phaseolus Vulgaris*. *Am. J. Bot.* 49:1047-1055.
- Topçuoğlu, B. Yalçın, S. R., 1997. Kireçli Toprağa Elementel Kükürt Uygulamasının Örtü Altında Yetiştirilen Domates Bitkisinin Verimi ile Bazı Kalite Özellikleri ve Besin Maddesi İçerikleri Üzerine Etkisi. *Akdeniz Üniversitesi*, 10: 196-210.
- Topraksu Genel Müürlüğü, 1978. Konya kapalı havzası toprakları. Toprak etüdleri ve haritalama dairesi toprak etüdleri fen heyeti Md., Ankara. Yayın No: 288.
- Topraksu Genel Müürlüğü, 1980.Türkiye arazi varlığı. Kartografya Md., Ankara.

- Usta, S., 1995. Toprak Kimyası. Ank. Ün. Zir. Fak. Yayınları No:1387. Ders Kitabı: 401.
- Ünal, H. ve H.S. Başkaya., 1981. Toprak Kimyası. A. Ü. Ziraat Fak. Yay. 759. Ders Kitabı: 218. Ankara Ün. Basımevi, Ankara.
- Vesek, M., Possingham, I.V.,and Mercer, F.Y., 1966. The Effect of Mineral Nutrition Deficiencies on The Structure of the Leaf Cells of Tomato,Spanish and Maize. Aust. J., Bot., 14: 1-18.
- Wallace, T. 1951. The Diagnosis of Mineral Deficiencies in Plants by Visual Symptoms, 2 nd ed. 107 pp., HMSO.
- Wallace, A., Mueller, R. T., J. W. and Alexander, G. V. 1974. Soil pH, Excess Lime and Cheleting Agent on Micro Nutrients in Soybeans and Bush Beans. Agronomy Journal, 66: 689-700.
- Wankhade, S.G., Patil, B.D., Ratnakar, P. and Naphade, P. S., 1988. DTPA Extractable Zn, Fe, Mn, and Their Uptake by Wheat as Influenced by Varying Levels of Elementel Sulphur. PKV Research Journal, 13: 2, India, 96-99:8 ref.
- Wear, J.I. and Patterson, R.M. 1962. Effect of soil pH and texture on the availability of water soluble boron in the soil. Soil Sci. Soc.Am. Proc 26: 344-346.
- Welch R.M. 2002. The Impact of Mineral Nutrients in Food Crops on Global Human Health Plant and Soil 247: 83-90.
- Yener, H., 1997, Gediz Ovası Alluvial Topraklarında Kükürt Uygulamasının Bitki Gelişme, Besin Maddesi Alınımına ve Verimine Etkisi, Doktora Tezi, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Bornova, İzmir. 105 s.
- Zabunoğlu, S. ve Brohi, A.R. 1980. Residual Effect of Sulphur and Nitrogen on Dry Matter Yield, Sulphur Content and Uptake of Alfalfa Grown in Greenhouse. A.Ü. Ziraat Fak. Yıllığı, 30: 297-307, Ankara.