

47680

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KEÇİBORLU KÜKÜRT FABRİKASI FLOTASYON ATIKLARI VE ELEMENTEL
KÜKÜRDÜN HAFİF ALKALİ REAKSİYONLU TARIM TOPRAKLARINDA
KULLANILMA OLANAKLARI

Şule ORMAN (ELGE)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK ANABİLİM DALI

1996

7.11.2013
1996

KEÇİBORLU KÜKÜRT FABRİKASI FLOTASYON ATIKLARI VE ELEMENTEL
KÜKÜRDÜN HAFİF ALKALİ REAKSİYONLU TARIM TOPRAKLARINDA
KULLANILMA OLANAKLARI

ŞULE ORMAN (ELGE)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK ANA BİLİM DALI

1996

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KEÇİBORLU KÜKÜRT FABRİKASI FLOTASYON ATIKLARI VE ELEMENTEL
KÜKÜRDÜN HAFİF ALKALİ REAKSİYONLU TARIM TOPRAKLARINDA
KULLANILMA OLANAKLARI

Şule ORMAN (ELGE)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK ANABİLİM DALI

Bu tez 3/04/1996 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından doksanbeş (95) not takdir edilerek Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Mustafa KAPLAN
(Danışman)



Prof. Dr. Tevfik AKSOY



Doç. Dr. Turgut KÖSEOĞLU



ÖZ

KEÇİBORLU KÜKÜRT FABRİKASI FLOTASYON ATIKLARI VE ELEMENTEL KÜKÜRDÜN HAFİF ALKALİ REAKSİYONLU TARIM TOPRAKLARINDA KULLANILMA OLANAKLARI

Şule ORMAN (ELGE)

Yüksek Lisans Tezi, Toprak Anabilim Dalı

Şubat 1996, 87 Sayfa

Bu çalışmada; aşırı ve yüksek kireçli, hafif alkali reaksiyonlu iki toprağa elementel kükürt ile kükürt içeren Keçiborlu Kükürt Fabrikası flotasyon atığı uygulanmış ve bu gibi topraklarda ortaya çıkan bitki besleme sorunları üzerine bunların etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, her iki toprakta da tarla denemeleri ve aşırı kireçli olan toprakta bir saksı denemesi kurulmuştur. Denemeler bitkisiz ve bitkili periyod olarak iki dönemde yürütülmüştür. Deneme bitkisi olarak sorghum (*Sorghum bicolor* L.) yetiştirilmiştir. Denemeler kurulduktan sonra değişik zamanlarda toprak örnekleri alınmış ve özellikle pH değişimi incelenmiştir. Ayrıca saksı denemesinden alınan toprak örneklerinde alınabilir fosfor, demir, çinko, mangan, bakır analizleri yapılmıştır. Tarla denemelerinde yetiştirilen bitkinin kurumadde verimi; saksı denemesinde ise bitkinin kurumadde veriminin yanısıra makro ve mikro besin elementi kapsamı ile alımı incelenmiştir.

Araştırma sonucunda, uygulamaların hem tarla denemelerinde hem de saksı denemesinde toprak pH'ını düşürdüğü, ilerleyen zaman içerisinde ise bu düşmenin azaldığı belirlenmiştir. Tarla denemelerinde bitkinin kurumadde verimi belirgin bir şekilde etkilenmemesine rağmen, saksı denemesinde özellikle elementel kükürt uygulamaları bitkinin kurumadde verimini ve besin alımını arttırmıştır. Bitkinin azot, kalsiyum, magnezyum, demir ve mangan kapsamı üzerine uygulamaların etkisi önemli olmamış; fosfor, potasyum, çinko kapsamı azalırken, bakır kapsamı artmıştır. Saksı denemesinde deneme toprağının alınabilir fosfor kapsamı üzerine uygulamaların etkisi önemli olmamış; özellikle atık uygulamaları, atığın demir içermesinden dolayı toprağın alınabilir demir içeriğini arttırmış; mangan ve bakır kapsamı çok fazla olmasa da artmış; çinko kapsamı ise azalmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Kükürt ve toprak pH'sı, alkali reaksiyonlu topraklar ve kükürt, kireçli topraklar ve kükürt, kükürt oksidasyonu

JÜRİ: Doç. Dr. Mustafa KAPLAN
Prof. Dr. Tefvik AKSOY
Doç. Dr. Turgut KÖSEOĞLU

ABSTRACT

POSSIBILITIES OF THE USE OF THE FLOATATION WASTES FROM KEÇİBORLU SULPHUR FACTORY AND ELEMENTAL SULPHUR IN THE ALKALINE AGRICULTURAL SOILS

ŞULE ORMAN (ELGE)

M.S. in Soil Science

Adviser: Assoc. Prof. Dr. Mustafa KAPLAN

February 1996, 87 Pages

In this study, elemental sulphur and sulphur containing floatation waste from Keçiborlu Sulphur Factory were applied extremly and highly calcareous, slightly alkaline reaction to two soils and the effects of these soils on plant nutrition problems were investigated. For these purpose, on two soils field experiments were carried out and a pot experiment was conducted with the soil which has extremly calcareous. These experiments were conducted with and with out plant at two periods. As the experimental plant, sorghum (*Sorghum bicolor* L.) was grown. After experimental set up, the examples of soil were taken at different times and particularly the changing of pH were examined. Furthermore in the soil samples taken from the pot experiment, available P, Fe, Zn, Mn and Cu were determined. The plant dry matter production in the field experiments both the dry matter and macro and micro plant nutrition element contents together with the uptake of these elements in the pot experiment were investigated.

The results of this study showed that, all applications decreased soil pH and as the time progressed, this decrease reduced for both field and pot experiments. However, though the decreasing pH level has not clearly affected the dry matter yield of sorghum crop in the field experiments, sulphur applications particularly in the pots increased the dry matter yield and nutrient uptake. Depending on the applications, while the N, Ca, Mg, Fe and Mn contents of the crop were not significantly affected; P, K and Zn contents were reduced, the Cu content increased. The available P content of the soils in the pots were not significantly effected. Floatation application with Fe content increased the available Fe content of the soil; Mn and Cu contents were increased though not much, and the Zn content was reduced.

KEY WORDS: Sulphur and soil pH, soils with alkaline reaction and sulphur, calcareous soils and sulphur, sulphur oxidation

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Mustafa KAPLAN
Prof. Dr. Tevfik AKSOY
Assoc. Prof. Dr. Turgut KÖSEOĞLU

ÖNSÖZ

Ülkemizde ve özellikle Akdeniz bölgesi başta olmak üzere topraklarımız fazla miktarda kireç içermekte ve reaksiyonları büyük çoğunlukla (pH) 7'nin üzerinde bulunmaktadır. Bu nedenle de bitki beslenmesi açısından sorunlar ortaya çıkmakta ve bitkilerde özellikle fosfor ile mikroelement noksanlıklarına rastlanılmaktadır.

Toprak pH'sının bitki gelişmesi üzerine en yaygın etkisi beslenme ile ilgilidir. Topraktaki bitki besin elementlerinin yayayışlılığı büyük ölçüde toprak pH'sına bağlıdır. Toprak pH'sına bakılarak toprakta noksanlığı olası olan besin elementlerinin neler olabileceğini tahmin etmek mümkün olabilir. Bir besin elementi toprakta yeterince bulunmasına rağmen toprak pH'sının uygun olmaması nedeniyle o element çözünemez bileşikler oluşturmakta ve bitki bu haliyle besin elementini alamadığından noksanlık görülmektedir. Bu noksanlık ise mutlak olmayıp pH'ya bağlıdır. Bu durumda ise o noksanlığı gidermenin iki yolu olabilir. Ya pH'nın olumsuz etkisine rağmen noksanlığı giderecek düzeyde gübreleme yapılır, ya da o elementin çözünürlüğünü sağlayacak pH düzenlemesi yapılır. Besin elementi noksanlığını gidermek için gübreleme yapıldığı durumlarda toprağa gübrelerle verilen besin elementleride kısa sürede bu olumsuz koşullardan etkilenerek bitkilere yayayışsız formlara dönüşebilmektedir.

Bu çalışmada, kireç içeriği fazla olan topraklarda bitkiye yayayışsız formlarda bulunan besin elementlerinin çözünürlüğünü sağlayacak pH düzenlemesinden yola çıkılmıştır. Birçok literatürde ise kükürt ve kükürtlü materyallerin toprakta oksidasyona uğrayarak asitlik etkisi meydana getirebildiği bildirilmektedir. Bu nedenle elementel kükürt ve kükürt içeren bir atık olan Keçiborlu Kükürt Fabrikası flotasyon atığı uygulama materyalleri olarak kullanılarak tarla denemeleri ve saksı denemesi yürütülmüştür. Bu materyallerin bu gibi topraklar üzerine ve dolayısıyla bitki gelişmesi üzerine etkisi incelenmiştir.

Bana bu konuda çalışma olanığı veren danışmanım Sayın Doç. Dr. Mustafa KAPLAN'a (Akd. Ün. Zir. Fak.), araştırmannın yürütülmesi sırasında katkılarından dolayı bölümümüzün değerli hocalarına, arazi çalışmalarında yardımcı olan Akd. Ün. Zir. Fak. Döner Sermaye İşletmesi Müdürlüğü çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Kapsamı	1
1.2. Flotasyon Atığı ile İlgili Çalışmalar	3
1.3. Elementel Kükürt ile İlgili Çalışmalar	5
2. MATERYAL VE METOD	22
2.1. Materyal	22
2.1.1. Araştırma Alanının Tanıtılması	22
2.1.2. Toprak Özellikleri	22
2.1.3. İklim Özellikleri	24
2.1.4. Denemelerde Kullanılan Kükürt Materyallerin Özellikleri	25
2.1.5. Denemelerde Yetiştirilen Bitkinin Özellikleri	26
2.2. Metod	26
2.2.1. Tarla Denemelerinde Uygulanan Metodlar.....	26
2.2.2. Saksı Denemesinde Uygulanan Metodlar	28
2.2.3. Analiz Yöntemleri	29
2.2.3.1. Toprak Analiz Yöntemleri	29
2.2.3.2. Bitki Analiz Yöntemleri	31
2.2.3.3. İstatistiksel Analiz Yöntemleri ..	31
3. BULGULAR	32
3.1. Tarla Denemeleri	32
3.1.1. I. Tarla Denemesinde Toprak pH'sı Analiz Sonuçları	32
3.1.2. II. Tarla Denemesinde Toprak pH'sı Analiz Sonuçları	34
3.1.3. I. Tarla Denemesinde Bitkinin Kurumadde Verimi	36
3.1.4. II. Tarla Denemesinde Bitkinin Kurumadde Verimi	37

	<u>Sayfa</u> <u>No</u>
3.2. Saksı Denemesi	38
3.2.1. Toprağın pH Analiz Sonuçları	38
3.2.2. Toprağın Alınabilir Fosfor Kapsamı Analiz Sonuçları	40
3.2.3. Toprağın Alınabilir Demir Kapsamı Analiz Sonuçları	40
3.2.4. Toprağın Alınabilir Çinko Kapsamı Analiz Sonuçları	42
3.2.5. Toprağın Alınabilir Mangan Kapsamı Analiz Sonuçları	43
3.2.6. Toprağın Alınabilir Bakır Kapsamı Analiz Sonuçları	44
3.2.7. Bitkinin Kurumadde Verimi	45
3.2.8. Bitkinin Azot Kapsamı ve Alımı	46
3.2.9. Bitkinin Fosfor Kapsamı ve Alımı	46
3.2.10. Bitkinin Potasyum Kapsamı ve Alımı	48
3.2.11. Bitkinin Kalsiyum Kapsamı ve Alımı	48
3.2.12. Bitkinin Magnezyum Kapsamı ve Alımı	48
3.2.13. Bitkinin Demir Kapsamı ve Alımı	49
3.2.14. Bitkinin Çinko Kapsamı ve Alımı	49
3.2.15. Bitkinin Mangan Kapsamı ve Alımı	49
3.2.16. Bitkinin Bakır Kapsamı ve Alımı	51
4. TARTIŞMA	52
4.1. Tarla Denemeleri	52
4.2. Saksı Denemesi	58
5. SONUÇ	69
6. ÖZET	72
7. SUMMARY	75
8. KAYNAKLAR	78
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

- Şekil 4.1. I. Tarla Denemesinde Değişik Örnekleme Zamanlarında Uygulamalara Bağlı Olarak Ortalama Toprak pH'ı Degerlerinin Kontrole Göre Farklarının Değişimi 53
- Şekil 4.2. II. Tarla Denemesinde Değişik Örnekleme Zamanlarında Uygulamalara Bağlı Olarak Ortalama Toprak pH'ı Degerlerinin Kontrole Göre Farklarının Değişimi 55
- Şekil 4.3. II. Tarla Denemesinde Uygulamalar Sonucunda Elde Edilen Ortalama Kurumadde Verimi 58
- Şekil 4.4. Saksı Denemesinde Değişik Örnekleme Zamanlarında Uygulamalara Bağlı Olarak Ortalama Toprak pH'ı Degerlerinin Kontrole Göre Farklarının Değişimi 60
- Şekil 4.5. Bazı Uygulamalara Ait Ortalama Toprak pH'ı ve Kurumadde Verimlerinin Kontrole Göre Farklarının Değişimi 62
- Şekil 4.6. Deneme Toprağının Uygulamaların Ortalamalarına Bağlı Olarak Alınabilir Demir Kapsamının Kontrole Göre Değişimi 64
- Şekil 4.7. Deneme Toprağının Uygulamaların Ortalamalarına Bağlı Olarak Alınabilir Çinko Kapsamının Kontrole Göre Değişimi 65
- Şekil 4.8. Uygulamaların Ortalamalarına Bağlı Olarak Bitkinin Makro Besin Elementi Alımı 67
- Şekil 4.9. Uygulamaların Ortalamalarına Bağlı Olarak Bitkinin Mikro Besin Elementi Alımı 67

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. I. ve II. Deneme Alanının Fiziksel ve Kimyasal Toprak Analiz Sonuçları	24
Çizelge 2.2. Tarla Denemelerinin Yürütüldüğü Aylara Ait Bazı İklim Verileri	25
Çizelge 2.3. Flotasyon Atığının Analiz Sonuçları	26
Çizelge 3.1. I. Tarla Denemesinde Değişik Örneklem Zamanlarında Uygulamalara Bağlı Olarak Toprak pH'sı Analiz Sonuçları	33
Çizelge 3.2. II. Tarla Denemesinde Değişik Örneklem Zamanlarında Uygulamalara Bağlı Olarak Toprak pH'sı Analiz Sonuçları	35
Çizelge 3.3. I. Tarla Denemesinde Uygulamalara Bağlı Olarak Sorghum Bitkisinin Kurumadde Verimi	37
Çizelge 3.4. II. Tarla Denemesinde Uygulamalara Bağlı Olarak Sorghum Bitkisinin Kurumadde Verimi	38
Çizelge 3.5. Saksı Denemesinde Değişik Örneklem Zamanlarında Uygulamalara Bağlı Olarak Toprak pH'sı Analiz Sonuçları	39
Çizelge 3.6. Saksı Denemesinde Değişik Örneklem Zamanlarında Uygulamalara Bağlı Olarak Toprakta Alınabilir P, Fe, Zn, Mn ve Cu Analiz Sonuçları	41
Çizelge 3.7. Saksı Denemesinde Uygulamalara Bağlı Olarak Sorghum Bitkisinin Kurumadde Verimi ...	45

Çizelge 3.8. Saksı Denemesinde Uygulamalara Bağlı Olarak Sorghum Bitkisinin Makro Besin Elementi Kapsamı ve Alımı	47
Çizelge 3.9. Saksı Denemesinde Uygulamalara Bağlı Olarak Sorghum Bitkisinin Mikro Besin Elementi Kapsamı ve Alımı	50
Çizelge 4.1. I. Tarla Denemesinde Değişik Örneklemeye Zamanlarında Uygulama Konularının Ortalamalarına Göre Toprak pH'sı Değerleri	52
Çizelge 4.2. II. Tarla Denemesinde Değişik Örneklemeye Zamanlarında Uygulama Konularının Ortalamalarına Göre Toprak pH'sı Değerleri	55
Çizelge 4.3. Saksı Denemesinde Değişik Örneklemeye Zamanlarında Uygulama Konularının Ortalamalarına Göre Toprak pH'sı Değerleri	59

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Kapsamı

Tarımsal üretimin önemli unsurlarından biri topraktır. Birim alandan daha fazla ve kaliteli ürün alınması dünyanın bir çok bölgesinde beslenme sorununun giderilmesi açısından güncelliğini korumaktadır. Buna göre üründe gerekli artışın elde edilmesini sağlamak ve böylece insan hayatını tehdit eden açlık tehlikesini ortadan kaldırmak için ilk olarak bilinmesi gereken husus, bugün kültür altında bulunan toprakların verimliliklerini mümkün olduğu kadar arttıracak koşulların neler olduğu ve bu koşulların nasıl meydana getirilebileceğidir. Çünkü kaliteli ve yüksek bir ürünün birinci şartı yine yüksek bir toprak verimliliğidir. Bu nedenle yapılan çalışmaların önemli bir bölümü, bitkilerin daha iyi beslenmeleri ve dolayısıyla toprak verimliliğinin iyileştirilmesi üzerine gerçekleştirilmektedir.

Toprakların verimliliğini belirleyen en önemli faktörlerden birisi de toprak reaksiyonu (pH)'dur. Toprak reaksiyonu bitki besin maddelerinin yararlanılabilirliklerini ve böylece bitkilerin bu besin maddelerinden yararlanma derecelerini ayrıca toprağın biyolojik özelliğini meydana getiren toprak organizmalarının faaliyetini etkilemektedir.

Çeşitli bitki besin maddelerinin yararlanılabilirlik derecelerini toprak reaksiyonu tayin etmekte ve yine çeşitli besin maddelerinin aynı pH düzeylerindeki yararlanılabilirlik dereceleri birbirinden farklı bulunmaktadır. Örneğin inorganik azot tuzlarının hemen bütün pH seviyelerindeki yararlanılabilirlik derecesi yüksektir ve organik maddedeki azotun en çok mineralize olduğu pH derecesi 6-8 olarak tespit edilmiştir. Buna karşılık kalsiyum ve magnezyum, çok fazla alkali koşullar hariç yüksek pH derecelerinde daha kolay alınabilmektedir. Fosfor da ise durum tamamiyle farklı olup gerek 6.5'den düşük gerekse 7.5'den yüksek pH seviyelerinde fosforun yararlanılabilirlik derecesi düşmekte ve bu şartlar altında bitkilerin mevcut fosfordan yararlanmaları çok azalmaktadır. Potasyumun yararlanılabilirlik derecesi 7.5-8.5 pH derecelerinde azalmakta, pH'ları 8.5'in üzerinde olan topraklarda genellikle fazla miktarda alınabilir potasyum bulunmaktadır. Başta demir, mangan, bakır, bor ve çinko gibi mikro besin elementleri olmak üzere bir çok besin maddelerinin alınabilirlikleri pH 7.5-8.5 arasında azalmaktadır. Gerek bitki besin maddelerinin yararlanılabilirlikleri ve gerekse

toprak canlılarının faaliyeti için en uygun toprak pH'ı değeri 6-7 arasındadır. Bu değerlerin altına veya üzerine doğru gidildikçe bazı besin maddelerinin bitkilere yararlı miktarları azalır, bazıları da bitkiye zararlı etki yapacak duruma gelir (Özbek, 1973).

Ülkemiz topraklarının çok büyük bir kısmı kireç bakımından zengindir. Karadeniz ve Marmara bölgeleri oransal olarak daha düşük düzeylerde; Güneydoğu, Orta-Anadolu ve Akdeniz bölgesi başta olmak üzere diğer bölgelerin toprakları fazla miktarda kireç ihtiva etmektedir. Topraklarımızın % 22'si % 1 den daha az, % 20.4'ü % 1-5 arasında ve % 57.6'sı ise % 5'den daha fazla kireç içermektedir. Burada özellikle Akdeniz Bölgesi en fazla kireç ihtiva eden topraklara sahip bir bölge olarak dikkati çekmektedir. Bu bölgede mevcut toprakların % 38.5'nin kireç kapsamı CaCO_3 olarak % 25'den daha yüksektir. Genel olarak topraklarımızın fazla kireçli olması, az yağışlı bir iklimin mevcut olmasına, yurdumuzda fazla kalker oluşumuna rastlanmasına ve toprağı meydana getiren çeşitli prosesler arasında olan kalsifikasyonun önemine bağlanabilir. Ülkemiz topraklarının kireç içeriği yüksek olması nedeniyle de reaksiyonları (pH) 7'nin üzerinde olup topraklarımızın büyük çoğunluğunu alkali reaksiyonlu topraklar teşkil etmektedir. Trakya-Marmara, Karadeniz ve Ege bölgeleri hariç diğer bölge topraklarının yaklaşık % 90'nın da toprak pH'sı 7'nin üzerindedir. Akdeniz Bölgesi'nde pH'ları 7.0-7.9 olan hafif alkali reaksiyonlu toprakların oranı % 85.9, 8.0-8.9 arasında olan kuvvetli alkali reaksiyonlu toprakların oranı ise % 8.6'dır (Anonim, 1984).

Bu nedenle ülkemizde üzerinde önemle durulması gereken noktalardan birisi de alkali toprak reaksiyonudur. Alkali ve hafif alkali reaksiyonlu topraklarda önemli bazı makro ve mikro besin elementlerinin yararlılığı çeşitli şekillerde azalır.

Fosfor, kireçli topraklarda trikalsiyum fosfatlar şeklinde fikse olur; demir, mangan, çinko, bakır, bor gibi mikro elementler güç çözünür bileşiklere dönüşürler; azot, özellikle üre ve amonyumlu gübrelerin verilmesinden sonra amonyak halinde kayba uğrar; potasyum ve magnezyumun ise kalsiyumun antagonistik etkisi nedeniyle alınabilirlikleri azalır. Bu elementlerin gübrelerle toprağa verilmesi halinde, kısa süreli etkiler görülür. Ancak ilave edilen bu elementler de hızla alkalın koşullardan etkilenir ve alınabilirlikleri azalır (Aktaş, 1994).

Yüksek kireç nedeniyle topraklarımızın alkali reaksiyonlu olması çoğu zaman bitkilerin Fe, Mn, ve Zn gibi mikrobesein elementleriyle beslenmelerinde sorunlara neden olmaktadır. Bu sorunların giderilmesi açısından fizyolojik asit karakterli gübrelerin kullanımı, toprakların organik madde içeriklerinin yükseltilmesi ve diğer kültürel tedbirler alınmakla birlikte yüksek toprak reaksiyonundan kaynaklanan beslenme sorunları varlığını sürdürebilmektedir. Yüksek reaksiyonlu topraklarda pH'yı düzenlemek amacıyla alınan diğer kültürel tedbirlerden birisi de kükürtlü materyaller ve elementel kükürt uygulamalarıdır. Bir çok araştırmacının bildirdiğine göre kükürt toprakta mikrobiyolojik oksidasyona uğrayarak sülfürik asit meydana getirir ve dolayısıyla oluşan sülfürik asit toprak tepkimesinin asitleşmesine yol açar.

Keçiborlu Kükürt İşletmesinin kuruluşundan bugüne dek biriken ve kükürt içeren üretim atığının 1 milyon tona vardığı tahmin edilmektedir. Bu işletme çevresinde büyük bir sorun yaratan atık maddenin toprakların yüksek reaksiyonu sonucu meydana gelen sorunların hafifletilmesi ya da giderilmesinde kullanılabilirliğinin bulunup bulunmadığının incelenmesi önemli olmaktadır.

Bu çalışma ile elementel kükürdün ve Keçiborlu Kükürt İşletmesinde kükürt üretiminin flotasyon aşamasında ortaya çıkan flotasyon atığının, mevcut yüksek toprak reaksiyonu sorununun olumsuz özelliklerini hafifletebilecek bir etkiye sahip olup olamayacağı ve böyle topraklarda yarayışsız halde bulunan bitki besin elementlerinin (özellikle fosfor ve mikroelementler) bitkilere yarayışlı forma dönüşüp dönüşmeyeceği araştırılmıştır. Bu amaçla yürütülen çalışmada Akdeniz Üniversitesi Kampüs alanı içerisinde belirlenen farklı kireç içeriklerine sahip ve hafif alkali reaksiyonlu iki araziye elementel kükürt ve Keçiborlu Kükürt Fabrikası flotasyon atığı uygulanmıştır. Ayrıca tarla koşulları haricinde olabilecek değişmeyi gözlemek amacıyla aşırı kireçli araziden alınan toprağa yine elementel kükürt ve atık uygulanarak bir saksı denemesi kurulmuştur.

1.2. Flotasyon Atığı İle İlgili Çalışmalar

Keçiborlu Kükürt İşletmesinde üretilen ana ürün saf kükürt'tür. Üretim direkt-izabe sistemi ve flotasyon-rafinasyon sistemi olmak üzere iki yöntemle yapılmaktadır. Direkt-izabe sisteminde zengin tenörlü cevher (> % 70 S) işlenmekte, kırıcılardan geçirilen cevher ergitmeye tabi

tutulmaktadır. Flotasyon-rafinasyon sisteminde ise, düşük tenörlü cevher (< % 70 S) işlenmekte olup, bu sistemde cevher önce bir flotasyon işlemine yani zenginleştirmeye tabi tutulmaktadır. Flotasyon atığı, flotasyon-rafinasyon tesislerinde cevher zenginleştirme sırasında açığa çıkan maddelerdir (Etibank 1983).

Bahçeci (1989), Keçiborlu Kükürt Fabrikası flotasyon atığını Burdur-Yarıköy tuzlu, sodyumlu, borlu topraklarının ıslahı amacıyla uyguladığı bir çalışmada; atık maddenin toprağın 20 cm derinliğinde pH'da önemli azalmalar sağlarken daha derinlerde küçük bir etkiye bulunduğunu bildirmiştir. Toprağın 20 cm derinliğinden alınan toprak örneklerinin analizlerinde bu derinliklerde CO_3^{2-} kalmadığını gösterirken, pH'nın yüksek olduğu derinliklerde ise CO_3^{2-} mevcut olduğunu rapor etmiştir.

Agar (1992), topraktaki değişebilir magnezyum kapsamına jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ve kükürt flotasyon atığının etkisini incelediği bir çalışmada; kükürt flotasyon atığının uygulandığı konularda toprağa kalsiyum kaynağı ilave edilmiş gibi bir magnezyum yıkanması görüldüğünü belirtmiştir. Araştırmacı kükürtlü maddenin ortamın pH'sını düşürerek toprakta ortalama % 14 kadar bulunan kireci çözerek kalsiyumu açığa çıkarttığını ve topraktaki kalsiyumun nispi miktarını arttırarak fazla düzeyde bulunan değişebilir magnezyumun giderilmesine ve kalsiyumun arttırılmasına imkan verdiğini bildirmiştir.

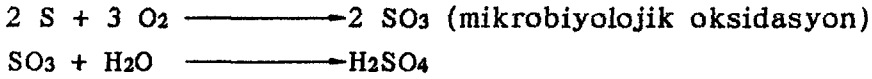
Kayael ve Munsuz (1986), Kükürt Fabrikası flotasyon atıklarının sodyumlu topraklarda ıslah maddesi olarak kullanılma imkanlarını belirlemek amacıyla yaptıkları laboratuvar çalışmalarında, atık madde ile birlikte jipsi ıslah maddesi olarak kullanmışlar ve üç farklı yıkama suyunun etkisini incelemişlerdir. Islah öncesinde toprakta % 95 olan değişebilir sodyum, flotasyon atığı uygulanmasında % 11, jips uygulamasında ise % 3 olarak bulunmuştur. Başlangıçta sıfır olan geçirgenlik atık verilen ve ıslah edilen topraklarda 0.26 cm/s'e, jips verilenlerde ise 0.50 cm/s'e yükselmiştir. Çalışma sonunda flotasyon atığının tuzlu-sodyumlu toprakların ıslahında etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Sönmez (1988), Kükürt Fabrikası flotasyon atığını sodyumlu toprakların ıslahı amacıyla kullandığı bir çalışmada, atığın bu toprakların ıslahında etkili olduğunu, toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin

iyileşmesini sağladığını belirtmiştir.

1.3. Elementel Kükürt ve Kükürt İçeren Materyaller İle İlgili Çalışmalar

Richards (1954)'ın bildirdiğine göre elementel kükürt veya kükürtlü bileşiklerin toprakta sülfürik asite dönüşmesi gerekmektedir. Bu olay mikrobiyolojik oksidasyonla gerçekleşir ve oluşan sülfürik asit toprak tepkimesinin asitleşmesine yol açar.



Janitzky, kükürdün mikrobiyolojik oksidasyonunda bazı ara kademeler olmakla beraber son ürünün daima sülfatlar olduğunu bunun da su ile birleşerek sülfürik asit meydana getirdiğini belirtmiştir (Çengel 1983).

Starkey (1950), kükürt bakterilerinin topraktaki varlığı ve sayıları üzerine yaptığı çalışmalar sonucunda diğer bakteri gruplarına göre topraktaki sayılarının (1 g toprakta 100-1000 kadar olup) az bulunduğunu, buna karşın toprakta kükürt dönüşümlerinde önemli rol aldığını, topraklara kükürt ilavesi ile sayılarının hızlı bir şekilde arttığını saptamıştır. Aynı araştırmacı, optimum sıcaklık ve nem düzeylerinde kükürdün kimyasal dönüşümünün, biyolojik dönüşümler yanında önemsiz ve yok denecek kadar az olduğunu vurgulamıştır.

Çengel (1992)'in bildirdiğine göre, kükürt oksitleyen en önemli mikroorganizmalar arasında Thiobacillus thioparus, Thiobacillus thiooxidans ve Thiobacillus denitrifikans sayılabilir. Bunlardan Thiobacillus thiooxidans, elementel kükürdü en iyi okside ederek, bol miktarda sülfürik asit oluşmasını sağlayan bir mikroorganizmadır. Aside karşı çok toleranslı oluşu ile dünyada bilinen tek organizmadır. 3-5 pH dereceleri bu mikroorganizma için optimum sayılmaktadır. pH 1.0'de bile yaşamını sürdürmesi bu mikroorganizmanın asitliğe olan direncini açıkça göstermektedir. Ayrıca araştırmacı, kükürt oksidasyon bakterilerinin T. denitrifikans hariç aerob ve ototrofik bakteriler olduğunu, Thiobacillus denitrifikansın ise ototrofik fakat anaerobik koşullara da uyum sağlayabilen bir bakteri türü olduğunu belirtmektedir.

Çengel (1983), tuzlu ve alkali toprakların ıslahında elementel kükürdün etkisini incelemek amacıyla yapmış olduğu çalışmada, almış olduğu toprak örneklerinde kükürt oksidasyon bakterilerinin varlığını tespit ettikten sonra oksidasyonun optimum düzeyde olmasını sağlamak için toprak örneklerini su tutma kapasitelerinin % 60'ı düzeyinde nemlendirmiş, örneklerin tam havalanabilmesi için toprak örneklerini koyduğu cam kavanozların kapaklarının oturmasını engellemiş ve 30 °C'de inkübasyona bırakmıştır. Çalışma sonunda topraklara kükürt uygulaması ile kükürt (Thiobacillus) bakterileri sayılarının 25-50 kat arttığını sayımlarla saptamış ve buna bağlı olarak toprakların pH'larının artan süreler içinde düştüğünü, topraklarda sülfat oluşumunun hızlandığını, tüm toprakların biyolojik aktivite değerlerinde artışlar olduğunu belirlemiştir.

Chapman (1989), tarafından toprakta elementel kükürdün oksidasyon düzeyi, 2 °C ve 20 °C'deki sıcaklıklarda ölçülmüş ve oksidasyon üzerine sıcaklığın etkisi belirlenmiştir. Araştırmacı elementel kükürdün % 50 oksidasyonu için gereken sürenin 2 °C'de 36-42 gün, 20 °C'de 6-10 gün arasındaki periyotlarda değiştiğini bulmuştur.

Wainwright, Thiobacillus türlerinin endüstriyel kirliliğin yoğun olduğu bölgelerdeki aktivitesini araştırmış ve böyle yoğun kirlenmiş bölge topraklarında biyolojik kükürt oksidasyonunun aktif olarak ortaya çıktığını bildirmiştir (Çengel 1983).

Kelley (1951); Rupela ve Tauro (1973), toprakların kükürt oksidasyon bakterileri (Beggiota, Thiotrix, Thiobacillus) kapsamlarının kükürdün aktivitesi üzerine etki eden önemli bir faktör olduğunu ve oksidasyon işini gerçekleştiren bu bakteriler için topraklarda uygun sıcaklık, nem, havalanma ve pH değerlerinin bulunmasının gerekli olduğunu bildirmişlerdir. Bazı toprakların kükürt oksidasyon bakterisi kapsamlarının zaman zaman kükürt oksidasyonu için yeterli olmayabileceğini, böyle durumlarda elementel kükürdün oksitlenmesini sağlamak amacıyla toprağın kükürdü oksitleyici bakterilerle aşılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Overstreet ve ark. (1951)'nin yapmış olduğu bir çalışmada, yüksek tuzlu ve sodyumlu bir toprakta eşdeğer miktarda jips, kükürt ve sülfürik asit uygulamasına ek olarak sulama yapılmak suretiyle sodyumluluğa toleranslı bitkiler yetiştirilmiştir. Islah sonrası, kükürt uygulanan parsellerde pH ve değişebilir sodyum kapsamında çok az bir değişme

olmuştur. Bu durum araştırma topraklarının kükürt oksidasyon bakterilerinin yetersiz olması ile açıklanmıştır. Diğer uygulamalarda ise pH ve değişebilir sodyumda önemli azalmalar olmuştur.

Janzen ve Bettany (1986;1987a,b), Batı Kanada'da yaptıkları kükürt oksidasyon çalışmalarında bu topraklarda kükürt oksidasyonunun düşük olmasını, düşük toprak sıcaklığı ve nemi, uygulanan kükürt partiküllerinin büyüklüğü ve toprakta dağılması ile mikrobiyel biomasın aktivitesinin etkilediğini bildirmişlerdir.

Janzen ve Bettany (1987c), bir toprağın kükürt oksidasyon kapasitesi ile toprağın bir çok parametreleri arasında ilişki bulunduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar toprakların kükürt oksidasyon kapasitesinin toprağın kil içeriği ile negatif, toprak pH'sı, havalanması, organik karbon içeriği ve kum içeriği ile pozitif korelasyonlar gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Paulina ve Caldwell (1966), toprakta elementel kükürdün oksidasyonu üzerine partikül büyüklüğünün, uygulama düzeyinin toprak pH'sının, sıcaklığının ve organik madde ilavesinin etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre, genel olarak partikül büyüklüğünün azalması ile kükürt oksidasyonunun miktarı artmıştır. En fazla oksidasyon partikül büyüklüklerinin < 100 mesh olduğu zaman meydana gelmiştir. İnkübasyon zamanı olarak 60 günde oksidasyon tamamen gerçekleşmiştir. Kükürdün uygulama miktarının toprakta kükürdü oksitleyen fraksiyonu etkiler gibi görünmediği bildirilmiştir. Kükürdün bazı oksitleyiciler tarafından 4 °C'de, bazıları tarafından da 10 °C'de oksitlenebildiğini fakat oksidasyon üzerine en etkili sıcaklık derecesinin 30 °C olduğunu belirtmişlerdir. Toprağa organik madde ilave edildiğinde oksidasyon düzeyi artmıştır. Araştırmacılar kükürdün oksidasyon miktarı ile toprak pH'sındaki azalma arasında da yüksek bir korelasyon olduğunu bildirmişlerdir.

Nor ve Tabatabai (1977), yaptıkları çalışmada elementel kükürt uygulanan toprakları aerobik koşullarda değişik zaman dilimlerinde ve değişik sıcaklıklarda inkübe ederek topraklarda meydana gelen kükürt oksidasyon düzeyini incelemişlerdir. İnkübasyon sıcaklıklarındaki artış (5, 15 ve 30 °C) ve kükürt uygulama düzeylerinin artışı (50, 100, 200 µg S/g toprak) ile kükürt oksidasyon düzeyleri artmıştır. Fakat kükürt uygulama

düzeyinde 50 µg S/g topraktan, 200 µg S/g toprağa doğru artışlar olduğu zaman bile toprak pH'sında çok küçük değişiklikler olmuştur. Ayrıca havalı-kuru topraklarda, tarla kapasitesindeki neme sahip topraklara göre kükürt oksidasyon düzeyinin daha düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Lucas (1982), histosol topraklar üzerine elementel kükürt uygulamış ve hektara 1120 kg kükürt ilavesinde toprak pH'sında 0.4 birimlik düşüş olduğunu bulmuştur. Bunun da pratikte önemli sayılabilir bir değer olduğunu belirtmiştir.

Tobia ve Pollard (1959), yaptıkları çalışmada kireçli bir toprağı sülfürik asit, ferro sülfat ve alüminyum sülfat ilavesiyle asitlendirmişler ve şu sonuçlara varmışlardır. Toprak çözeltisinin pH'sını düşüren oranlarda kullanılan alüminyum sülfat toprak solüsyonundaki fosfatın miktarını düşürmüştür. Aynı zamanda, toprak çözeltisinin kalsiyum miktarını azaltmış ve alüminyum sülfatın yüksek düzeydeki uygulamalarından sonra magnezyum miktarı artmış ve Ca:Mg oranı 1 birimin altına düşmüştür. Ferro sülfat, pH'da geçici düşüşe sebep olmuş, magnezyum miktarı artmış ve toprak çözeltisinin kalsiyum içeriğı üzerine küçük bir etkiyle fosfat miktarını azaltmıştır. Sülfürik asitin pH üzerine etkisi geçici ve az olmuş, kalsiyum artmış ve toprak solüsyonunun fosfat içeriğı azalmıştır. Alüminyum sülfat, solüsyondaki manganın miktarını, demir miktarından daha az duruma getirmiş; ferro sülfat, mangan ve alüminyum seviyeleri üzerine küçük bir etki yapmış ve sülfürik asitin, mangan, demir ve alüminyumun çözünürlüğü üzerine etkisi hissedilir düzeyde olmamıştır.

Özbek ve Danışman (1979)'ın Fe-EDDHA, elementel kükürt ve sülfürik asit uygulamalarının tınlı, pH (H₂O)'sı 8.28, CaCO₃ içeriğı % 30.71 olan bir toprakta yetiştirilen Washington Navel portakal çeşidinde bitkinin demir kapsamı üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, topraklara Fe-EDDHA (150 g/agaç), elementel kükürt ve sülfürik asitin değişik dozlarını uygulamışlardır. Ele alınan materyaller içerisinde yaprağın demir kapsamının artmasında en etkilisi Fe-kleyt uygulaması olmuş, elementel kükürt ve sülfürik asitin etkileri ise uygulama düzeylerine bağılı olarak değişmiştir. Araştırmacılar, 3 yıllık deneme sonuçlarına dayanarak yetiştirme koşullarında turuncgillerde ortaya çıkan ve daha çok fazla kireçten ileri gelen Fe klorozunun giderilmesinde, en başta elementel kükürt (6 kg/agaç) olmak üzere 5 kez sulandırılmış H₂SO₄ (5.0 kg/agaç)'in de

kullanılabileceği ve bu uygulamaların ekonomik bakımdan önemli yararlar sağlayabileceğini bildirmişlerdir.

Mathers (1970), kireçli topraklara verilen FeSO_4 ve H_2SO_4 'ün sorghumda verim üzerine etkilerini ortaya koymak amacıyla sera ve tarla denemeleri yapmıştır. Araştırmacı yaptığı sera denemesinde ele aldığı kireçli toprağa sırasıyla 0, 2.5, 25, 250 ve 2500 ppm FeSO_4 ve H_2SO_4 vermiş ve bu uygulamaların sorghumun gelişmesi üzerine başlangıçtaki ve sonraki etkilerini incelemiştir. Araştırmacı elde ettiği sonuçlara dayanarak 250 ppm veya daha fazla FeSO_4 ile 250 ppm veya daha yüksek seviyedeki H_2SO_4 'ün etkilerini üçüncü üründe de önemli olarak sürdürdüklerini ve fazla miktarda verilmeleri halinde bunların sonraki etkilerinin görüleceğini ancak 2.5 ppm FeSO_4 uygulamasının sonraki etkisinin, 2.5 ppm H_2SO_4 uygulamasının sonraki etkisinden daha fazla olduğunu belirtmiştir.

Araştırmacı aynı amaçla yaptığı tarla denemelerinde ise hektara verilen 560 kg FeSO_4 veya 560 kg H_2SO_4 'ün etkisiyle elde edilen ürün miktarının hemen hemen aynı olduğunu, bu seviyede FeSO_4 ve H_2SO_4 'ün birlikte uygulanmasıyla kontrole göre verimde daha fazla bir artış sağlamadıklarını ve hektara verilen H_2SO_4 miktarının 5600 kg'a çıkarılmasıyla ürün miktarında az bir düşmenin olduğunu saptamıştır. Araştırmacı verilen fazla H_2SO_4 'ün etkisiyle ürün miktarında ortaya çıkan azalmaya neden olarak, bunun toprak pH'sını çok düşürmesi veya toprağın tuz kapsamını arttırmasıyla ilgili olabileceğini bildirmiştir.

Miyomoto ve ark. (1974), kireçli topraklara verilen SO_2 , H_2SO_4 , FeSO_4 ve CaSO_4 'ün bitkinin gelişmesi üzerine olan etkilerini araştırmak amacıyla iki ayrı sera denemesi kurmuşlardır. Birinci sera denemesinde düşük konsantrasyonda SO_2 (2 ton SO_2 /ha - 30 cm veya kuru toprak ağırlığı esasına göre 280 ppm S)'i işlenmiş iki toprağa enjekte etmişlerdir. Araştırmacılar, buna paralel olarak yürüttükleri diğer denemelerde de, birinci denemede verilen kükürt miktarına eşit olmak üzere H_2SO_4 , FeSO_4 ve CaSO_4 vermişler ve bu topraklar üzerinde sorghum yetiştirmişlerdir.

Araştırmacılar, gerek SO_2 gerekse H_2SO_4 'ün deneme kurulan her iki toprakta da, sorghumun vejetatif gelişmesi üzerine etkili olduğunu FeSO_4 'ünde birinci deneme toprağında sorghumun vejetatif gelişmesini arttırdığını, buna karşılık diğer deneme toprağında böyle bir etkisinin görülmediğini, bunun nedeninin ise demir presipitasyonu ile ilgili

bulunabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca CaSO_4 'ın ise hiç bir etkisinin olmadığını rapor etmişlerdir.

Ryan ve ark. (1975), kireçli ve demir noksanlığı görülen topraklara sülfürik asidin etkisini saptamak amacıyla yaptıkları sera denemesinde, deneme bitkisi olarak Bermuda çayır otunu ele almışlar ve denemelerde sırasıyla 0, 1.9, 5.8, 9.7, ve 19.4 ml % 93'lük konsantre H_2SO_4 (1, 3, 5 ve 10 ton/ha) olmak üzere kontrol dahil 5 uygulama yapmışlardır. Araştırmacılar H_2SO_4 'ın ekimden önce saksılara verilmesinde de sırasıyla 1) Toprak yüzüne verme, 2) Toprakla karıştırma, 3) Banda verme, 4) Toprakta belli noktalara verme gibi değişik metodlar uygulamışlardır.

Araştırmacılar ayrıca bir grup saksıya 10.4 g/saksı veya 3 ton/ha hesabiyle Fe-EDDHA (% 6.9 Fe) ve $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (% 20.1 Fe) vermişler ve karşılaştırmaya esas olmak üzere aynı miktarda bakır endüstrisi atığı olan ve demirce zengin bulunan jarosit (% 29 Fe) ile ayrı bir uygulama yapmışlardır. Araştırmacılar deneme sonuçlarını şu şekilde özetlemişlerdir.

1) Kullanılan değişik materyaller içerisinde ekonomik bakımdan H_2SO_4 ; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ve Fe-EDDHA'dan daha fazla etkili olmuştur, 2) H_2SO_4 'ın verilmesinde uygulanan değişik metodlar arasında etki bakımından kayda değer bir fark görülmemiştir, 3) Verilen H_2SO_4 ve demir materyallerinin zamanla etkilerinin azalması muhtemelen erir haldeki demirin kimyasal reaksiyonların etkisiyle daha az erir hale geçmesi, sulama suyundaki erir tuzların ve bikarbonatların Fe eririliği üzerine olumsuz bir etki yapması ve bitki kökleriyle Fe alımının Fe miktarında bir azalmaya neden olmasıyla ilgili bulunmaktadır. Araştırmacılar verilecek H_2SO_4 miktarının yüksek tutulması halinde bunun sonraki etkisinin muhtemelen fazla olabileceğine ve diğer Fe materyallerine göre ucuz olan asitleştirilmiş jarositin Fe noksanlığının giderilmesinde kullanılması ekonomik bakımdan önem taşıdığına işaret etmişlerdir.

Hangstrom ve ark. (1976), bakır endüstrisinde saflaştırma sırasında atık olarak ortaya çıkan ve özellikle demirce zengin olan jarositin demir noksanlığının giderilmesinde nasıl yararlanılabileceğini saptamak amacıyla yaptıkları tarla ve sera denemelerinde asitleştirilmiş (değişik oranlarda H_2SO_4 ilave ederek) ve asitleştirilmemiş olarak bu materyali Fe kaynağı olarak kullanmışlardır. Deneme bitkisi olarak sorghum yetiştirmişlerdir. Araştırma sonunda asitleştirilmemiş jarositin verimi etkilemediğini,

asitleştirilmiş jarositin ise verimi kontrole göre arttırdığını belirtmişlerdir. Ayrıca jarositin demir yanında % 35 gibi önemli miktarda S'ü de kapsaması nedeniyle, gelecekte kullanılabilecek bir gübre materyali olduğunu bildirmişlerdir.

Brown (1961), H_2SO_4 'ün kireçli toprakta Fe alımı üzerine olan etkisinin direkt olmayıp indirekt olduğunu ve bunun asit etkisiyle topraktaki demir eririlmesini, dolayısıyla demir alımını arttırdığını belirtmiştir.

Hassan ve Olson (1966), serada kireçli, pH (H_2O)'sı 8.1 olan bir toprakta mısır bitkisi yetiştirerek yürüttükleri çalışmada, kükürt uygulamalarının toprak özellikleri ve bitkinin besin elementi alımı üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda; kükürt uygulamasının kireçli topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin fosfor ve demir beslenmesi üzerine yararlı, bitkinin ilk hasadına kadar da Zn ve Cu beslenmesi üzerine faydalı olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca kükürdün toprağa karıştırılarak uygulanmasının banda uygulanmasına göre daha etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Modaish ve ark. (1989), $CaCO_3$ içerikleri sırasıyla % 42.4, % 21.1, % 6.6 ve pH'ları 8.8, 8.5, 8.4 olan üç tane kireçli toprağa % 0.5, % 1.5 ve % 3.0 (W/W) düzeylerinde elementel kükürt ilave etmişler ve toprakların tekstür, $CaCO_3$, doğal fosfor ve mikroelement içeriği üzerine olan etkisini incelemişlerdir. Denemede topraklar 30 °C'de 3, 6, 9 ve 18 hafta inkübasyona bırakılmış ve aralıklı olarak yıkanmıştır. % 0.5 düzeyinde kükürt uygulamasıyla topraklarda pH önemli derecede azalmış, EC ve çözünebilir kükürt içeriği artmış ve yıkanmadan dolayı üç toprak arasındaki farklılıklar da az olmuştur. Kükürt uygulamasıyla 0.5 M $NaHCO_3$ 'da ekstrakte edilebilir P ve DTPA ile ekstrakte edilebilir Mn artmış, DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe ve Cu ise çok az artmıştır. Kükürt uygulamasının DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn üzerine önemli bir etkisi olmamıştır. $CaCO_3$ içeriği düşük olan toprağa kükürt ilavesi, kireç içeriği yüksek olan toprağa göre toprak pH'sındaki azalma, alınabilir fosfor, DTPA ile ekstrakte edilebilir Mn, Fe ve Cu'daki artış üzerine daha etkili olmuştur. $CaCO_3$ /kil oranı düşmüş ve bu besin elementlerinin ekstrakte edilebilir içeriği daha da yükselmiştir. Uygulanan kükürdün % 0.5'lik düzeyinde 9 haftalık inkübasyon süresi boyunca toprakta bir çok kimyasal değişiklikler olmuştur. Bu değişiklikler kükürdün yüzeye veya toprakla

karıştırılarak uygulanması ile toprağın kendine özgü özelliklerine bağlı olarak meydana gelmiştir. Bununla birlikte DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe ve Cu yalnızca kükürt uygulamasının yüksek düzeylerinden etkilenmiştir.

Hilal ve Abd-Elfattah (1987), fosfor ve mikroelement noksanlıklarının görüldüğü alkalın ve kireçli topraklarda, elementel kükürt kullanımı ile fosfor ve mikroelement çözünürlüğünün arttığını bildirmişlerdir.

Shadfan ve Hussen (1985), kükürt uygulamasının etkisi sonucunda toprak pH'sının düşmesi ile fosfor ve mikroelement yararlanılabilirliğinin artmasının kireç içeriği yüksek topraklarda kireç içeriği düşük topraklara göre daha büyük önemde olduğunu belirtmişler ve kireç içeriği yüksek olan topraklarda kükürdün etkisiyle toprak pH'sının düşmesi ile fosfor ve mikroelement yararlanılabilirliğinin artmasının daha güç olduğunu bildirmişlerdir.

Garcia ve Carloni (1977), bazı kireçli topraklara, S uygulaması ile toprakta doğal halde bulunan apatit formundaki veya fosfat kayasındaki, fosforun kimyasal yararlanılabilirliğinin arttığını bildirmişlerdir.

Ryan ve ark. (1974), dört adet kireçli (0.38, 0.84, 2.06, 2.62 CO₃ eq/kg) ve pH'ları (7.8, 7.9, 8.1, 8.0) olan Arizona toprağına, değişen düzeylerde sülfürik asit uygulamışlar ve şu sonuçlara varmışlardır. Düşük düzeyde asit uygulanan topraklarda bile uygulama yapılmayan topraklara göre suda çözünür Mn ve DTPA'da ekstrakte edilebilir Fe ve Mn önemli düzeyde artmıştır. Yüksek düzeyde asit uygulamalarında ise meydana gelen Fe ve Zn'nun yalnız suda çözünür formlarındaki artış önemlidir. Asitleşmenin ileri aşamasında toprakta asitliğin zamanla artması ve uygulama düzeyine bağlı olarak ekstrakte edilebilir Fe ve Zn miktarları artmıştır.

Sen Gupta ve Cornfield (1964), kireçli (% 0.36 CaCO₃) bir toprağı % 0.1'lik kükürde eşdeğer miktarda, elementel kükürt, amonyum sülfat, demir sülfat ve alüminyum sülfat uygulayarak çavdar yetiştirmişler ve toprakta fosfor yararlanılabilirliğini, bitkinin fosfor alımı ile kuru madde verimini incelemişlerdir. Kontrol de dahil olmak üzere bütün saksıları eşit miktarda potasyum nitrat gübresi ile gübrelemişlerdir. Araştırma sonunda kükürdün toprakta asitleşmeyi sağlayabilmesi için sülfürik asitin meydana gelmesi gerektiği ve bu olayın kükürdün, kükürt oksidasyon mikroorganizmaları tarafından yavaş yavaş okside olmasıyla gerçekleştiğini belirlemişlerdir.

Halbu ki demir sülfat ve alüminyum sülfat tarafından asitleştirme bunların hızlı bir şekilde okside olmasından dolayı gerçekleşmiştir. Amonyum sülfat ise nitfikasyona uğradığından dolayı asitleşmeyi sağlamış ve bu proses çalışmada kullanılan deneme toprağının yüksek pH ve sıcaklığa sahip olmasından dolayı oldukça hızlı bir şekilde meydana gelmiştir. Sonuçta, kükürdün yavaş okside olmasına rağmen uygulanan diğer materyaller ile karşılaştırıldığında asitlik etkisinin yavaş yavaş ortaya çıkması nedeniyle fosfor yayayışlılığını normalden daha uzun bir süre arttırmakta olduğu belirlenmiştir. Uygulanan materyaller arasında yalnız kükürt uygulamasında kuru madde verimi ve toplam fosfor alımı önemli düzeyde artmıştır. Amonyum sülfat, demir sülfat ve alüminyum sülfat uygulamalarında toplam fosfor ve kurumadde verimi önemli derecede düşmüştür.

Samuel ve Bertramson (1949), mangan noksanlığını gidermek için toprak ıslah çalışmalarında kükürt kullanıldığı zaman ortaya çıkan ilişkilerde iki önemli ihtimal bulunduğunu bildirmişlerdir. Kükürt- mangan arasındaki ilişkinin birinci ihtimali; toprak çözeltisindeki sülfat kükürdünün miktarının artmasıyla bitkiler tarafından absorbe edilen mangan miktarının artmasına neden olabilmesidir. Diğer de; kükürdün oksidasyonu ile asitleşmenin meydana gelmesi ve toprakta bulunan mangandioksitin kükürt tarafından direkt etkiye uğratılarak manganın yayayışlı hale geçmesidir. Araştırmacılar bu amaçla soya fasulyesinde kirecin neden olduğu mangan noksanlığının giderilmesinde toprakta kükürt uygulamalarının kullanılabilirliğini göstermek için sera koşullarında bir çalışma yapmışlardır. Uygulamalarda 8, 10, 14, 20, 35 ve 80 mesh partikül büyüklüklerindeki kükürdü kullanmışlar ve 80 mesh incelikteki materyalin, toprak pH'sındaki düşme ve toprak çözeltisindeki mangan ile bitkiler tarafından alınma miktarının artışına en etkili tip olduğunu bulmuşlardır. 20 ve 35 mesh incelikteki kükürdün noksanlığa etkisi kontrol edildiğinde ise yalnızca çok yüksek oranlarda uygulandığı zaman etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Ayrıca araştırmacılar, toprak bakterileri (*Thiobacillus* spp.) tarafından kükürdün oksidasyonu ile sülfatlar oluşacağını ve serbest kalan hidrojen iyonları ve elektronların Mn'in yüksek değerlikli formlarının indirgenmesinde etkili olabileceğini bildirmişlerdir.

Ryan ve Stroehlein (1979), kireç kapsamaları % 21.5, % 16.5 ve % 4.3; pH'ları 8.2, 8.1 ve 7.6 olan ve fosfor noksanlığı görülen kireçli topraklara asit uygulamasının etkilerini incelemek amacıyla değişen düzeylerde sülfürik asit uygulamışlardır. Uygulamadan sonra deneme bitkisi olarak domates (*Lycopersicum esculentum*) yetiştirmişlerdir. Domatesin üç kez üst üste yetiştirme periyodunda fosfor alımı devam etmiş ve kuru madde veriminde önemli artışlar olmuştur. Uygulamalarla toprakların fosfor sağlama yeteneği ve suda çözünebilir fosfor önemli derecede artmıştır. Ayrıca uygulanan H_2SO_4 'in miktarlarının artmasıyla ekstrakte edilebilir alüminyum ve demir birlikte artmıştır. Sonuçta H_2SO_4 'in kireçli topraklarda fosfor noksanlığının giderilmesi için bir potansiyel teşkil ettiği kanısına varmışlardır.

Ryan ve Stroehlein (1973), kireç kapsamaları % 6 ve % 12.5 pH'ları 8.2 olan alınabilir fosfor miktarı düşük iki kireçli toprak ile yaptıkları sera denemesinde toprağa üç doz 336.26, 672.52, 1008.77 kg/ha H_2SO_4 ilave ederek yetiştirdikleri domates bitkisinin fosfor alımını incelemişlerdir. Araştırmacılar, H_2SO_4 'ü toprağa 4 şekilde vermişlerdir.

1. Sulama suyuna ilave ederek
2. Toprak ile asidi homojen bir şekilde karıştırarak
3. Banda vererek
4. Toprak üzerinde belli bir noktaya damlatarak

Dördüncü methodda (Toprak üzerinde belli bir noktaya damlatarak) H_2SO_4 'ün sadece ilk iki dozunu uygulamışlardır Araştırmacılar, H_2SO_4 ilavesinin P alımı üzerine olan etkisini kıyaslamak amacıyla yaptıkları diğer bir denemede aynı toprakları kullanarak ve toprağa iki doz 336.26, 672.52 kg/ha fosforlu gübre uygulamışlardır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre kireç kapsamı % 6 olan toprakta H_2SO_4 'ün banda ve belirli bir noktaya damlalar halinde uygulanmasıyla 336.26 kg/ha P gübrelemesine eşdeğer bir ürün elde edilmiştir Toprakların pH'sı 8.2'den % 6 kireç içeren toprakta 6.4'e; % 12 kireç içeren toprakta 7.2'ye düşmüş, alınabilir P kapsamı ise sırasıyla 1 ppm'den 8 ppm'e ve 0.7 ppm'den 1.8 ppm'e kadar yükselmiştir.

Pratt (1961), kireçli toprakların asitleştirilmesinden sonra fosfor çözünürlüğünün, bitki gelişmesinin ve fosfor alımının arttığını bildirmiştir. Ayrıca araştırmacı toprakların amonyum sülfat karıştırılarak asitleştirilmesi

ile küçük de olsa pH'da bir azalma olduğunu bulmuştur. Araştırmacı, topraklarda 21 haftadan daha uzun bir zaman sonunda başlangıçtaki çözünabilir fosforun tekrar eski haline dönerek çöktüğünü ve stabil forma dönüştüğünü bildirmiştir.

DeLuca ve ark. (1989), kireçli topraklarda banda kükürt uygulamış ve kükürdün oksidasyonu sonucu asitin yavaş yavaş serbest hale geçmesiyle uzun bir zaman periyodu süresince fosfor çözünürlüğünün muhafaza edilebileceğini belirlemişlerdir. Bununla birlikte eğer kükürt oksidasyonu yavaş olursa, meydana gelen H_2SO_4 'in bitkiler tarafından yararlanılabilir fosfor ve mikroelement miktarını etkileyemeden önce $CaCO_3$ tarafından nötralize edilebileceğini bildirmişlerdir.

Bono ve Haffner, yaptıkları çalışmada kireçli bir toprağa değişen düzeylerde kükürt uygulamışlardır. Yüksek düzeylerde kükürt kullanımında bile pH yalnızca 7.6'dan 7.4'e düşmüş ve düşük olan EC değeri artmıştır. Bitki ve toprak analizleri ile yayayışlı fosfor ve mikroelementlerde artış olmadığını belirlemişlerdir (Lindemann ve ark. 1991).

Kashirad ve Bazargani (1972), orjinal pH'sı 8.3 olan aluviyal, kireçli, siltli killi bir toprakta yaptıkları tarla denemesinde toprağa toz halinde 0, 750, 1500, 2250, 3000, 3750, 4500, 5250, 6000, 6750 kg/ha düzeylerinde kükürt uygulamışlardır. Deneme bitkisi olarak mısır yetiştirmişlerdir. Araştırmacılar 5 ay sonra toprağı 0, 50, 100 kg/ha üre halinde azot ile gübrelemişlerdir. Ekimden önce ve gelişme süresince her ay 0-15 cm derinlikten aldıkları toprak örneklerinin pH'larını ve alınabilir fosfor kapsamalarını tayin etmişlerdir. Araştırmacılar uygulanan kükürdün bütün dozlarının toprağın pH'sını zamana ve kükürt dozlarına bağılı olarak düşürdüğünü tesbit etmişlerdir. Araştırmanın birinci yılı sonunda 6750 kg/ha'lık en yüksek kükürt uygulamasının toprağın pH'sını 8.3'den 7.55'e düşürmesi yanında bu uygulama alınabilir fosfor kapsamını 6 ppm artırmıştır. Bunun yanısıra, mısır verimi önemli ölçüde azalmıştır. Araştırmacılar verim azalmasında bitkiler tarafından azotun alınması üzerine kükürdün antagonistik etkisinin neden olduğu sonucuna varmışlardır.

Kacar ve Akgöl (1966), gerçekleştirdikleri saksı denemesi sonucunda kükürdün alkalın-kireçli topraklarda toprak fosforunun yayayışlılığını artırmak için kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar toprak

fosforunun yayayışlılığı üzerine kükürdün etkisinin toprak pH'sı üzerine etkisiyle yakından ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır.

McGeorge (1945), sülfürik asit ve diğer asitli materyallerin kireçli topraklarda toprak pH'sını düşürerek, mikroelement çözünürlüğünü ve bitkiler tarafından absorblanma miktarının arttığını bildirmiştir.

Anderson (1985), pH'sı 6.5'in üzerinde olan topraklarda şeker kamışı ve sebze yetiştirmiş ve bu gibi topraklarda bitkiye yayayışlı fosfor ve mangan miktarının artması için kükürt uygulamasını tavsiye etmiştir.

Vavra ve Llyoyd (1952), mangandioksitten çözünebilir manganın açığa çıkmasına kükürdün bakteriyel oksidasyonunun etkisini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Toprakta elementel kükürdün oksidasyonu veya toprağa uygulanan sodyumtiosülfat, pH'nın düşmesiyle beraber çözünebilir manganın açığa çıkmasına neden olmuştur. Oluşan sülfatın miktarı önemli ölçüde değişmediğinden, kalsiyum karbonat ilavesi açığa çıkan çözünebilir manganın miktarında azalışa neden olmuştur. Araştırmacılar çözünebilir manganın, kükürdün Thiobacillus thioxidans bakterisi tarafından oksitlendiği zaman meydana gelen sülfürik asitin etkisiyle arttığını belirtmişlerdir. Bu artışın, toprağa direkt sülfürik asit ilave edilmesiyle oluşturulan asitliğin etkisiyle açığa çıkan çözünebilir mangan miktarının artışından 10 kat daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Khorsandi (1994a), kireç kapsamı CaCO_3 olarak 68 g/kg ve 24 g/kg, pH'ları 8.0 ve 7.9 olan iki kireçli toprakta P fraksiyonu üzerine kükürdün etkisini araştırmıştır. Deneme bitkisi olarak sorghum (*Sorghum bicolor* L.) yetiştirerek sera denemesi yürütmüştür. Araştırma sonucunda topraklara asit uygulamasının; toprak asitliğini, yararlanılabilir fosfor miktarını ve ürün verimini arttırdığını belirtmiştir.

Clement (1978), asit uygulayarak toprak pH'sının düşürülmesi ile gübre kalıntılarında ve toprakta doğal olarak bulunan fosforun serbest kalabileceğini bildirmiştir.

Essington ve O'connor (1980), kireçli topraklarda asit ve fosforlu gübreleri birlikte banda uygulamışlar ve deneme sonunda sorghum bitkisinin analizini yapmışlardır. Analiz sonunda sorghumun bitki dokularının fosfor içeriklerinin maksimum olduğunu bildirmişlerdir.

Khorsandi (1994b), Fe ve P noksanlığı görülen kireçli topraklara H_2SO_4 ilavesinin etkisini araştırmıştır. İki kireçli toprakta sorghum (*Sorghum bicolor* L.) yetiştirerek sera denemeleri yürütmüştür. Topraklara H_2SO_4 ilavesi toprak asitliğini, tuzluluğunu, DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe, yarayışlı P ($NaHCO_3$ -ekstrakte edilebilir) ve ürün verimini artırmıştır. Toprak pH'sındaki değişim öncelikle bitki besin elementi alınma ve böylece ürün veriminin artışına neden olmuştur. Asit uygulamasından sonra topraklarda yıkama yapılması, çimlenme ve fide aşaması süresince tuzluluğun azalmasında çok yararlı olmuş ve bu nedenle ürün üzerine direkt etkili olmuştur.

Reuther ve ark. (1973), tarafından kireçli topraklarda yapılan tarla denemesinde topraga elementel kükürt (0-126 kg S/ha), süperfosfat (19-39 kg P/ha) ve mangan sülfat (0-16 kg Mn/ha) gübreleri uygulanmış ve deneme bitkisi olarak arpa yetiştirilmiştir. Arpanın tane verimi mangan ve fosforun uygulama miktarının artışıyla artmıştır. Elementel kükürt uygulaması yalnızca fosfor uygulamasının düşük düzeyi kadar tane verimini arttırmıştır. Aynı araştırmacılar, elementel kükürdü (40 mg), 20 g yüzey toprağı ile karıştırarak bir saksı denemesi kurmuşlar ve toprakları 52 haftanın üzerinde inkübasyona bırakmışlardır. Kükürt oksidasyon düzeyi ve bunun toprakta ekstrakte edilebilir Mn üzerine etkisini ölçmüşlerdir. 52 haftalık inkübasyon süresi sonucunda kükürdün toprakta manganın kolayca ekstrakte edilebilir hale gelmesine çok az etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Ludwik ve ark. (1968), yaptıkları çalışmalarda elementel kükürt uygulamasıyla topraklardaki alınabilir mangan miktarının arttığını ve bitkiler tarafından manganın alınmasının artışı ile bitkilerin veriminin arttığını bildirmişlerdir.

Neilsen ve ark. (1993), Güney Kolombiya'da pH'sı 7'nin üzerinde olan kireç içerikleri % 0.4-18 $CaCO_3$ arasında değişen kireçli meyve bahçesi topraklarında elementel kükürdün inkübasyonu sonucu toprakların kükürt oksidasyon kapasitelerini ölçmüşlerdir. Toprakların kükürt oksidasyon düzeyleri 3.4 ile 26 $\mu g S cm^{-2}d^{-1}$ arasında yer almıştır. İlave edilen değişik dozlardaki kükürdün etkisiyle (0, 500, 1000, 2000 ve 4000 mg S/kg) toprak pH'sı önemli derecede azalmıştır. Bu topraklardan birine elementel kükürt (2010 mg/kg), $FeSO_4$ (17465 mg/kg), $Al_2(SO_4)_3$ (13200 mg/kg) ve H_2SO_4 (3.48 mlt/kg) uygulayarak laboratuvar çalışması gerçekleştirmiş ve

elementel kükürt hariç diğer bütün uygulamalar benzer şekilde 5 dakika ve 1 saat sonra pH'da hızlı bir azalma meydana getirmiştir. Fakat 8 hafta sonra pH tekrar yükselmiştir. Elementel kükürt ise pH'da yavaş yavaş düşmeye neden olmuş ve 8 hafta sonra toprak pH'sı diğer bütün uygulamalara göre çok daha düşük okunmuştur. Bu yüzden elementel kükürdün asitleştirmede çok daha umut verici olduğunu bildirmişlerdir. Aynı toprak üzerinde bir de arazi çalışması yürütülmüştür. Toprağın 15 cm derinliğine veya yüzey üzerine hektara 4.5 ton ince parçalanmış ve granül formda kükürt uygulamışlardır. İki yıllık periyod zarfında ince kükürt, granül kükürde göre daha iyi okside olmuştur Bununla birlikte yüzeye uygulandığı zaman her iki kükürt formunda eşit ve yavaş yavaş okside olduğu belirtilmiştir.

Tisdale ve ark. (1985), toprağa uygulanan alüminyum sülfat, ferri sülfat, sülfürik asit ve elementel kükürdün kireçli arazilerdeki meyve ağaçlarında demir kaynağı olarak kullanılabileceğini ve elementel kükürdün kireçli arazide kullanmak için genellikle en ekonomik materyal olduğunu bildirmişlerdir.

Kacar ve Amin (1972), Trakya bölgesi Meriç havzası topraklarına artan miktarlarda verilen kükürdün yonca bitkisinin fosfordan faydalanması üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla, Meriç havzasını en iyi şekilde temsil edebilecek durumda olan ve bölgede geniş yayılma gösteren Vertisol, kirecsiz kahverengi ve Alüviyal toprak gruplarından alınmış 28 toprak örneği üzerinde çalışmışlardır. Serada gerçekleştirilen saksı denemesinde deneme topraklarına sırasıyla 1. S₀ (kontrol) 2. S₁ (10 ppm S) 3. S₂ (20 ppm S) 4. S₄ (40 ppm S) 5. S₈ (80 ppm S) olmak üzere 5 ayrı kükürt muamelesi uygulanmıştır. Ayrıca bütün saksılara 50 ppm P ile 100 ppm K verilmiş ve toprakla iyice karıştırılmıştır. Deneme bitkisi olarak yonca yetiştirilmiş ve 3 kez biçim yapılmıştır. Deneme sonuçlarına göre 3 biçimde yonca bitkisinin fosfor kapsamı ile bitkinin topraktan aldığı toplam fosfor üzerine toprağa artan miktarlarda verilen kükürdün etkileri genellikle olumlu olmuştur. Bitkinin fosfor kapsamı toprağa 40 ppm kükürt verildiği zaman oransal olarak daha fazla bulunmuştur. Yonca bitkisiyle topraktan alınan toplam fosfor üzerine toprağa verilen 20 ppm kükürt birinci ve ikinci biçimlerde oransal olarak daha fazla etki yapmıştır.

Trakya bölgesi topraklarında yonca bitkisiyle alınan toplam fosfor 1. ve 2. biçimlerde belirli bir kükürt seviyesine kadar artmış ve daha fazla kükürdün verilmesiyle azalmıştır. Üçüncü biçimde ise toprağa artan miktarlarda verilen kükürt ile ilgili olarak yonca bitkisinin topraktan aldığı fosfor miktarı artmıştır. Bu durum yüksek dozlarda toprağa verilen kükürdün aksi yöndeki etkilerinin üçüncü biçimde ortadan kalkmış olması ile açıklanmıştır.

Kacar (1966), kumlu-tın tekstüre sahip bir toprakta sera şartlarında mısır bitkisi yetiştirerek, toprağa değişik zaman ve miktarlarda kükürt uygulamıştır. Ayrıca saksılara belli miktarda fosfor ve azot verilmiştir. Bu denemede saksıların yarısına ekimden aşağı yukarı 5 hafta önce kükürt verilmiş ve topraklar tarla kapasitesine getirilerek 26 °C'de inkübasyona bırakılmıştır. Saksıların diğer yarısına kükürt ekimden hemen önce (inkübasyona bırakılmamış) uygulanmıştır. Mısır, bütün saksılara aynı anda ekilmiş, iki ve altı haftalık bir gelişme periyodu sonunda hasat edilmiştir. Toprakların inkübasyona bırakılması iki ve altı haftalık mısır bitkilerinin yüzde fosfor kapsamlarının önemli derecede azalmalarına neden olmuştur. Diğer taraftan toprağa verilen kükürdün, mısır bitkisiyle topraktan alınan toplam fosfor miktarı üzerine olumlu etkileri iki haftalık mısır bitkisinde % 5 düzeyinde ve altı haftalık mısır bitkisinde ise % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Toprağın inkübasyona bırakılmamasının etkisi ise istatistiki bakımdan önemli olmamıştır.

Çaycı ve ark. (1995), yüksek pH'sı nedeniyle bitki yetiştirme ortamı olarak sorunu olan Bolu-Yeniçağa pitine (peat) toz kükürt ilave ederek, bu pitin pH'sını düşürmek için gerekli olacak kükürt miktarı ve inkübasyon süresini belirlemek ve bu esnada bitki yetiştirme ortamı olarak pitte meydana gelebilecek bazı kimyasal değişiklikleri belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, Bolu-Yeniçağa pitine değişik dozlarda (0, 0.5, 1.0 ve 2.0 kg/m³) kükürt ilave edilmiş ve dört farklı inkübasyon periyodu süresince (1, 2, 4 ve 8 hafta) pitte meydana gelen bazı kimyasal değişimler saptanmıştır. Araştırma sonunda, bitki yetiştirme ortamı olarak yüksek pH'ya sahip olan Bolu-Yeniçağa pitinin değişik dozlardaki kükürt ilavesi ve inkübasyon süreleri sonucunda arzu edilen pH derecelerine getirilebileceği belirtilmiştir. İlave edilen kükürt miktarına bağlı olarak pH'nın düşmesi sonucunda genel olarak, bağımsız NH₄-N'u miktarında azalma, NO₃-N'u, P, Fe, Mn ve Cu miktarında bir artış olduğu, bunun yanında inkübasyon esnasında toplam azot içeriğinde dikkate değer bir

azalma olduğu saptanmıştır.

Mahmoud ve ark. (1989), yaptıkları çalışmada kireçli bir toprağa 0 - 200 - 400 kg S/ha kükürt uygulayarak tarla denemesi yürütmüşlerdir. Deneme bitkisi olarak mısır, sorghum ve soya fasulyesi yetiştirmişlerdir. Kükürt uygulaması, toprak pH'sı ve HCO_3^- iyonları konsantrasyonunu azaltmış, toprakta DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe, Mn ve Zn konsantrasyonunu artırmıştır. Kükürt düzeyinin artışı ile bitkinin Fe ve Zn alımı artmış ve Mn alımı azalmıştır. Hektara 200 kg kükürt uygulaması ile Fe klorozu azalmış ve üç bitkide maksimum ürün vermiştir. Hektara 400 kg kükürt uygulamasıyla sorghum ve mısırdaki kurumadde verimi, soya fasulyesinde tohum verimi maksimum düzeye ulaşmıştır.

Chirtensen ve Lyrely (1964), yaptıkları denemede pH'sı 8.3 olan sulama suyuna asit ilave ederek pH'sını 6.2 - 6.3'e kadar düşürüp serada kireçli toprak üzerinde pamuk, yonca ve sesbania bitkilerini yetiştirmişlerdir. Deneme sonuçlarına göre her üç bitkinin ürün miktarında bir artış olduğunu saptamışlardır. Araştırıcılar pH'sı düşürölen sulama suyunun toprağın da pH'sını düşürdüğünü ve aynı zamanda topraktaki değışebilir Na ile CO_3 konsantrasyonunun da azaldığını tespit etmişlerdir. Bitkilerde yapılan analiz sonucu pamukta Mg, S ve P alımının arttığını, sesbania da ise Fe ve Na alımının düştüğünü tespit etmişlerdir.

Brohi ve Aydeniz (1980), toprağa değışik düzeylerde kükürt uygulamışlar ve deneme bitkisi olarak pamuk yetiştirmişlerdir. Kükürt uygulamalarına bağılı olarak pamuk bitkisinin hasadından sonra alınan toprak örneğinin alınabilir P kapsamının 28.82 ppm'den 45.82 ppm'e kadar yükseldiğini, toprağın pH'sının 8.05'den 7.70'e düştüğünü bildirmişlerdir.

Zabunoglu ve Brohi (1981), kükürt ve azotun mısır ile yonca bitkisinde bazı besin maddeleri kapsamı üzerine etkisini saptamak amacıyla sera denemesi kurmuşlardır. Kükürdü elementel kükürt olarak 0, 50, 500 ve 4000 ppm S düzeylerinde, azot ise 0, 5, 20, 50 ve 150 ppm N düzeylerinde NH_4NO_3 halinde uygulamışlardır. Saksılara önce mısır bitkisi sonra yonca bitkisi ekmişler ve 3 defa hasat etmişlerdir. Denemeden elde ettikleri sonuçları aşğıdaki gibi özetlemişlerdir.

1. Elementel kükürdün düzeyleri arttıkça mısır bitkisinin Ca, Mg, K, Na ve Cu kapsamları azalmış, buna karşın Fe, Mn, ve Zn kapsamları

yükselmiştir.

2. Azot uygulamasında mısır bitkisinin N, Ca, Mg kapsamı artmış, K kapsamı ise düşmüştür. Na, Fe, Mn, Zn ve Cu kapsamı değişmemiştir.

3. Yoncada üç hasad sonucunda da elementel kükürt N, Ca, Mg kapsamını düşürmüş buna karşın K kapsamını yükseltmiştir.

4. Azot, elementel kükürt ile birlikte uygulandığında yonca bitkisinin N, Ca ve Mg kapsamını arttırmıştır.

Zabunoglu ve Brohi (1980), tarafından kurulan sera denemesinde kumlu killi tın bünyeli, kireçli, pH'sı 8.10 olan bir toprakta değişik seviyelerdeki elementel kükürdün mısır bitkisinin kurumadde, kükürt kapsamı ve alımı üzerine olan etkisi değişik azot seviyelerinde saptanmıştır. Denemeden elde edilen sonuçlara göre; elementel kükürt 500 ppm'e kadar mısır bitkisinin kurumadde miktarını arttırmıştır. Fakat 4000 ppm kükürt uygulamasında kontrole nazaran bir düşüş olmuştur. Kurumadde miktarında en yüksek artış % 11.80 ile 50 ppm'lik kükürt düzeyinde sağlanmıştır. Azot seviyeleri arttıkça mısır bitkisinin kurumadde miktarı önemli derecede artmıştır. Kurumadde miktarında en yüksek artış 50 ppm N uygulaması ile elde edilmiştir. Azot ve kükürdün (N+S) birlikte uygulandığı zaman kurumaddeye olumlu veya olumsuz bir etkisi olmamıştır. Uygulanan kükürt miktarı arttıkça, mısır bitkisinin kükürt kapsamı artmıştır. Genel olarak artan azot seviyeleri de bitkinin kükürt kapsamını arttırmıştır. Böylece azot ile kükürt arasında olumlu ve karşılıklı bir ilişki meydana gelmiştir.

Aydeniz ve Brohi (1980), kireç ve kükürt ilişkilerini saptamak amacıyla saksı denemesi kurarak pH'sı 7.45 olan bir toprağa % 0, 0.5, 1, 2, 5, 10 ve 25 düzeylerinde CaCO_3 ve 1, 5, 20, 50 ve 100 ppm düzeylerinde kükürt uygulamışlardır. Deneme bitkisi olarak büyütme odasında börülce bitkisi yetiştirmişlerdir. Yaptıkları araştırma sonucunda; uygulanan kükürt 5 ppm'e kadar saksıdan alınan kurumadde miktarını arttırmıştır. Kireç ise % 5 düzeyine kadar olumlu etki yaparak kurumadde miktarını yükseltmiştir. Kükürt bitkinin P kapsamı ve alımını yükseltmiş, buna karşın Ca, Mg, Mn kapsamı ve alımını düşürmüştür. Kireç ise bitkinin P kapsamı ve alımı ile Fe kapsamı ve alımını azaltmış, Mn kapsamı ve alımını % 25 kireç düzeyi dışında yükseltmiş, Ca kapsamı ve alımını ise % 2 kireç düzeyine kadar yükseltmiştir.

2. MATERİYAL VE METOD

2.1. Materyal

Araştırmada, Akdeniz Üniversitesi Kampüs alanı içerisinde toprak reaksiyonu ve kireç içeriği bakımından amaca uygun olarak, farklı iki arazi belirlenmiştir. Ayrıca bu arazilerden aşırı kireçli olanından alınan toprak kullanılarak saksı denemesi kurulmuştur.

2.1.1. Araştırma alanının tanıtılması

Tarla denemeleri, Akdeniz Üniversitesi Kampüs alanı içerisinde belirlenen hafif alkali reaksiyonlu ve farklı kireç içeriklerine sahip iki arazide yürütülmüştür. Aşırı kireçli (% 37.3 CaCO_3) arazi I. deneme alanı, yüksek kireçli (% 9 CaCO_3) arazi II. deneme alanı olarak adlandırılmıştır.

2.1.2 Toprak özellikleri

Tarla deneme alanlarının toprak özellikleri Akdeniz Üniversitesi Kampüs alanında yapılmış olan detaylı temel toprak etüdü ve ideal arazi kullanım planlaması çalışmalarından özetlenmiştir (Sarı ve ark. 1993).

I. deneme alanı; Gölbaşı serisi toprakları içerisinde yer almaktadır. Eski karstik araziler üzerinde oluşmuş bulunan küçük bir Dolin'in oluşturduğu çok sığ gölsel ortamlarda kireçli materyallerin depolanması sonucu oluşan ve masif traverten özellikleri taşıyan bu araziler kampüs alanının batı ve kuzey batısında lokal bir alanda yayılım göstermektedir. Depolanan jeolojik materyallerin özelliğine bağlı olarak kireç içeriği çok yüksek olan bu araziler üzerinde, sığ ve çok sığ profilli topraklar gelişebilmiştir. İyi korunabilmiş erozyona uğramamış alanlarda dahi toprak derinliği 30-40 cm'yi geçmemektedir. AC horizonlu ve çok genç olan bu seri topraklarının bütün profilleri killi tın tekstüre sahiptir. Eğimler % 1-2 arasında değişmekte olup alan içerisinde yüzey topografyası en fazla dalgalanma gösteren topraklardır. Renk, solumda kırmızımsı kahverengi, ana materyalde ise portakal ve sarımsı portakal renklidir. Gölbaşı serisi topraklarında kil miktarı % 10-35 arasında, organik madde % 0.24-2.8 arasında ve kireç miktarı da % 17-79 arasında değişmektedir. Etkili toprak derinliğinde kireç miktarı ortalama % 25 olan bu seri toprakları, alanın en yüksek kireç içeriğine sahip topraklarıdır. Katyon değişim kapasitesi ise

kil ve organik madde miktarına bağılı olarak ortalama 28 me/100g'dır. Buna karşılık değişim komplekslerindeki kalsiyum ve magnezyum çok yüksek miktardadır. Ve yine bu seri topraklarının pH değerleri de çok yüksektir. Seri topraklarının kil fraksiyonundaki kil mineralleri kaolinit, smektit ve paligorskittir. Potansiyel üretkenlik ve verimlilik açısından Gölbaşı serisinin tarımsal kullanıma açılmamış alanlarında bitkiye yarayışlı fosfor çok düşük düzeyde, yarayışlı potasyum miktarı çok yüksek düzeyde ve organik madde seviyesi iyi durumdadır.

II. deneme alanı; Pınarbaşı serisi toprakları içerisinde yer almaktadır. Bu seri toprakları karasal ortamlardaki kalsiyum karbonatça zengin sığ yüzey sularının etkisi ile oluşmuştur. Bu arazilerin büyük bir kısmı bitki dokulu traverten ve kısmen de zayıf kristalize olmuş kireç taşları ile marn benzeri kireçli depozitlerden ibarettir. Pınarbaşı serisi topraklarının yayılım gösterdiği alanlarda, ana materyalin özelliklerine bağılı olarak (traverten, zayıf kristalize olmuş kireçtaşı ve çeşitli kireçli depozitler) karstik oluşum yok denecek kadar azdır. Topografya düz ve düze yakın (% 0-3) olmakla birlikte bu toprakların yayılım gösterdiği alanlarda önemli rölyef dalgalanmaları dikkati çekmektedir. Toprakların yüzeyinde kısmen ayrılmış bitki dokulu travertenler ile kireçtaşı parçacıkları yoğun olarak yayılım göstermektedir. Bu seri topraklarında bütün profil kil tekstürlüdür. Profil içerisinde derinlemesine bir kireç hareketi olup, derinlikle birlikte kirecin miktarı da artmaktadır. Ancak kireç hareketi, serbest karbonatların profilden tamamen yıkanmasına yetecek düzeyde değildir. Bu seri topraklarının bütün horizonlarında toprak rengi koyu kırmızımsı kahverengidir. Pınarbaşı serisi topraklarında organik madde % 1.0-2.5, kireç içeriği % 8-49 ve pH değerleri de 7.5-7.9 arasında değişmektedir. Katyon değişim kapasitesi solumda 28-37 me/100g arasındadır. Profildeki kil miktarı % 34-57 arasında değişmektedir. Değişim komplekslerinde yer alan baskın elementler kalsiyum ve magnezyumdur. Profildeki baskın kil tipi önce kaolinit sonra smektit olarak dağılım göstermektedir. Ayrıca paligorskit kil minerali de profilde önemli bir yer işgal etmektedir. Potansiyel üretkenlik ve verimlilik açısından Pınarbaşı serisi topraklarında bitkiye yarayışlı fosfor miktarı yetersiz, yarayışlı potasyum miktarı yüksek ve organik madde düzeyi genellikle orta ve yer yer de iyi durumdadır.

Araştırmanın yapıldığı deneme alanlarının 0-20 cm derinliğinden alınan toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge

2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. I. ve II. Deneme Alanının Fiziksel ve Kimyasal Toprak Analiz Sonuçları

Deneme Alanları	Tekstür	CaCO ₃ (%)	pH	O.M. (%)	Tot.N (%)	P (ppm)	K (me/100g)	Ca (me/100g)	Mg (me/100g)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)
I	Killi	37.3	7.88	2.58	0.146	2.45	0.65	27.30	2.32	3.20	0.43	12.12	0.99
II	Killi	9.00	7.82	2.10	0.136	2.87	0.94	25.82	1.41	2.04	0.50	15.46	1.24

Çizelge 2.1'den görüldüğü üzere tarla denemelerinin kurulduğu topraklardan I. deneme alanı aşırı ve II. deneme alanı yüksek kireçli, killi, hafif alkali reaksiyonlu, az humuslu, toplam azot kapsamı çok iyi, alınabilir fosfor kapsamı düşük, değişebilir potasyum kapsamı I. deneme alanında yüksek, II. deneme alanında çok yüksek, değişebilir kalsiyum ve magnezyum kapsamı iyi, alınabilir demir ve çinko kapsamı noksan, alınabilir mangan ve bakır kapsamı ise yeterli düzeydedir.

Saksı denemesi için kullanılan toprak ise yukarıdaki Çizelge 2.1'de fiziksel ve kimyasal özellikleri verilen I. deneme alanına ait topraktır.

2.1.3 İklim Özellikleri

Tarla denemelerinin yürütüldüğü aylara ait bazı iklim verileri Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2'den görüldüğü üzere 1994 yılında denemenin yürütüldüğü aylardaki ortalama sıcaklık 28.8 °C ile en yüksek ve maximum sıcaklık 43.3 °C ile Ağustos ayında, minimum sıcaklık 0.1 °C ile Aralık ayında, en yüksek aylık toplam yağış 298.2 kg/m² ile Ekim ayında ve toprağın 20 cm derinliğindeki en yüksek ortalama toprak sıcaklığı 33.4 °C ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir.

Çizelge 2.2'den görüldüğü üzere 1995 yılında denemenin yürütüldüğü aylardaki ortalama sıcaklık 28.5 °C ile en yüksek ve maximum sıcaklık 41.2

°C ile Temmuz ayında, minimum sıcaklık 1.9 °C ile Ocak ayında, en yüksek aylık toplam yağış 275.0 kg/m² ile Mart ayında ve toprağın 20 cm derinliğindeki en yüksek ortalama toprak sıcaklığı 33.8 °C ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir.

Çizelge 2.2. Tarla Denemelerinin Yürütüldüğü Aylara Ait Bazı İklim Verileri (Anonim 1995)

GOZLEMLER	1994							1995						
	Tem.	Ağu.	Eyl.	Eki.	Kas.	Ara.	Oca.	Şub.	Mar.	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağu.
Aylık Ortalama Sıcaklık C°	27.5	28.8	26.2	21.3	13.5	9.7	10.2	11.0	12.2	14.6	19.8	25.5	28.5	27.9
Ex. Maximum Sıcaklık C°	40.6	43.3	41.2	36.2	30.0	18.2	18.7	21.9	22.0	27.8	33.4	39.0	41.2	39.4
Ex. Minimum Sıcaklık C°	19.7	19.3	18.0	11.9	3.1	0.1	1.9	2.7	2.8	5.2	8.4	16.4	19.1	20.8
Ortalama Nispi Nem (%)	62.0	52.0	61.0	68.0	59.0	65.0	75.0	69.0	69.0	64.0	67.0	64.0	50.0	63.0
Ort. Sıc. 20 C° Üst Gün Say.	31	31	13	16	2	--	--	--	--	--	14	30	31	31
Ort. Sıc. 20 C° Alt Gün Say.	--	--	17	15	28	31	31	28	31	30	17	--	--	--
Aylık Top. Yağış kg/mt ²	--	10.1	0.3	298.2	260.5	209.2	109.8	36.3	275	31.6	34.1	6.1	2.5	--
Yağışlı Gün Sayısı	--	2.0	1.0	11.0	12.0	9.0	20	6	13	5	4	2	2	--
Ort. Toprak Sıcak. C° (20cm)	33.4	33.3	31.1	23.3	14.0	9.2	9.8	10.7	12.4	15.6	23.2	30.4	33.5	33.8

2.1.4. Denemelerde kullanılan kükürt materyallerinin özellikleri

Flotasyon atığının özellikleri: Kükürt Fabrikası flotasyon atığı gri-siyah renkli ve mat görünümlüdür. pH değeri 1-2 olup %1.70 tuz kapsamaktadır (Sönmez, 1988).

Flotaston atığının Etibank Maden Arama Kimya Laboratuvarında yapılan analiz sonuçları Çizelge 2.3'de verilmiştir (Sönmez, 1988).

Çizelge 2.3. Flotasyon Atığının Analiz Sonuçları (Etibank Maden Arama Kim. Lab.)

Flot. Atığı	Serb. %S	Bağlı %S	Demir %Fe	Silis %SiO ₂	CaSO ₄ %	CaO %	Diger	Toplam
Eski	8.12	11.44	10.00	54.09	4.64	2.38	9.63	100.00
Yeni	5.82	11.62	12.86	47.22	2.89	2.00	17.59	100.00
	% Ni	% Cu	% Cr	% Zn	% Mn	% Co	% Cd	% Ti
Eski	0.05	Yok	0.082	0.019	Yok	Yok	Yok	0.075
Yeni	0.05	Yok	0.100	0.030	Yok	Yok	Yok	0.085

Çizelge 2.3'den görüldüğü üzere atığın, serbest kükürt içeriği % 5-8, bağlı kükürt içeriği ise % 11 civarında değişmektedir.

Elementel kükürdün özellikleri: Denemelerde kullanılan elementel kükürt piyasada donatım kükürdü adıyla satılmakta olan sarı renkli, ince toz şeklinde, % 80 S içeren bir materyaldir.

2.1.5. Denemelerde yetiştirilen bitkinin özellikleri

Denemelerde bitkisel materyal olarak Amerikan orjinli tek yıllık yazlık ve orta tahıl varyetesi olan Rox çeşidi kullanılmıştır. Kullanılan çeşit Sorghum bicolor L. taksonomik sınıflandırmasında yer almaktadır.

Sorghum bitkisi bütün topraklarda başarıyla gelişmesine karşın, killi tınlı, orta tekstürlü, organik maddesi orta derecede, pH'sı 6-6.5 olan hafif asidik topraklar bu bitki için en uygun topraklardır (Gençkan (1983) ve Kün (1985)).

2.2. METOD

2.2.1. Tarla denemelerinde uygulanan metodlar

Tarla deneme metodu ve konular: Tarla denemeleri 1994 Temmuz ayında Akdeniz Üniversitesi Kampüs alanında belirlenen hafif alkali

reaksiyonlu ve farklı kireç içeriklerine sahip iki arazide tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak kurulmuştur. 1994 Temmuz ayından, 1995 Nisan ayına kadar bitkisiz periyod, bu tarihten itibaren de bitkili periyoda geçilmiş ve 1995 Ağustos ayında hasat işlemi gerçekleştirilmiştir. 2 deneme alanının her birinde 40'ar parsel vardır. Parsel ölçüleri $2m \times 3m = 6m^2$ dir. Denemelerde flotasyon atığı ve elementel kükürt uygulama materyali olarak kullanılmış ve 10 konu uygulanmıştır. Bitkili periyoda geçilince deneme alanlarında bulunan parsellere Sorghum tohumları ekilmiştir.

Deneme Konuları

K : Kontrol

A1: Flotasyon atığı	2 ton/da
A2: Flotasyon atığı	4 ton/da
A3: Flotasyon atığı	6 ton/da
A4: Flotasyon atığı	10 ton/da
S1: Elementel kükürt	50 kg/da
S2: Elementel kükürt	100 kg/da
S3: Elementel kükürt	150 kg/da
S4: Elementel kükürt	200 kg/da
A1+S1: F.Atığı+E.Kükürt	2 ton/da+50 kg/da

Deneme yerlerinin hazırlanması: Deneme yerleri pullukla sürüldükten sonra tesviye edilmiş ve parselasyon yapılmıştır. Parsellerin çevresinde yaklaşık 30 cm yüksekliğinde seddeler oluşturulmuştur.

Flotasyon atığı ve elementel kükürt uygulanması: Flotasyon atığı ve elementel kükürt, deneme konularındaki miktarlarına uygun olarak (tesadüf blokları deneme desenine göre) parsellere homojen olarak dağıtılmış ve yaklaşık 20 cm toprak derinliğine bel yardımıyla karıştırılmıştır. Deneme sonuna kadar parseller eşit su vermek suretiyle sulanmıştır.

Yetiştirme teknikleri: 1995 Nisan ayında bitkili periyoda geçilmiş ve sorghum bitkisi yetiştirilmiştir. Ekimden önce I. ve II. deneme alanlarının 0-20 cm derinliğine bel yardımı ile karıştırılarak dekara 6 kg N üzerinden amonyum nitrat (%33'lük) gübresi verilmiştir. Antalya bölgesi için en uygun ekim zamanı da dikkate alınarak I. deneme alanına 18 Nisan 1995'de II.deneme alanına 24 Nisan 1995 tarihinde her parselde 3 sıra ve her

sırada ortalama olarak 15 bitki yetiştirilecek şekilde sıra arası 66 cm ve sıra üzeri 20 cm olacak düzende ekim yapılmıştır. Vejetasyon devresi boyunca seyreltme, sulama ve yabancı ot kontrolü gibi bakım işlemleri düzenli olarak yapılmıştır. Ayrıca hastalık ve zararlı etmeni olan **Aphididae:Homoptera** (yaprak biti) ile karşılaşmış bunun için kimyasal mücadele yapılmıştır. 21 Haziran 1995 tarihinde I. deneme alanına, 22 Haziran 1995 tarihinde II. deneme alanına dekara 6 kg azot üzerinden amonyum nitrat (%33'lük) gübresi verilerek ikinci bir gübreleme yapılmıştır. Vejetasyon devresi boyunca her parselde eşit miktarda su verilecek şekilde denemeler 10 defa sulanmıştır. 22 Ağustos 1995'de I. deneme alanı, 31 Ağustos 1995'de ikinci deneme alanında bulunan parsellerin orta sıralarında 2.70 cm uzunluğunda bulunan bütün bitkiler hasat edilerek, laboratuvara taşınmıştır. Laboratuvarda her parselden hasat edilen bitkilerin yaş ağırlığının tam yarısı kurutma dolabında 70 °C'de kurutulmuş ve bu değerlerden yararlanarak kurumadde verimi (kg/da) hesaplanmıştır.

Toprak örneklerinin alınması: Deneme parselleri hazırlanmadan önce arazileri temsil edecek şekilde her iki arazinin 0-20 cm derinliğinden toprak örnekleri alınmış ve arazilerin uygulamalardan önceki genel durumlarını belirlemek amacıyla fiziksel ve kimyasal toprak analizleri yapılmıştır (Çizelge 2.1). Daha sonra hazırlanan parsellere flotasyon atığı ve elementel kükürt uygulanmıştır. Toprak pH'ındaki değişimleri belirlemek amacıyla uygulamalardan 5 hafta, 10 hafta, 38 hafta (ekimden önce) ve 58 hafta (hasat sonu) sonra parsellerin 0-20 cm derinliğinden toprak örnekleri alınmıştır.

2.2.2. Saksı denemesinde uygulanan metodlar

Denemenin kurulması ve konular: Aşırı kireçli (% 37.3 CaCO₃) olan II. deneme alanından alınan toprak, 4 mm'lik elekten geçirilerek, her saksıda 5 kg toprak olacak şekilde polietilen torbalara konulmuş ve saksılara yerleştirilmiştir. Üç tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulan denemede flotasyon atığı ve elementel kükürt kullanılmış ve 8 konu uygulanmıştır.

Deneme Konuları

K : Kontrol

A1: Flotasyon atığı	2 ton/da
A2: Flotasyon atığı	4 ton/da
A3: Flotasyon atığı	6 ton/da
S1: Elementel kükürt	50 kg/da
S2: Elementel kükürt	100 kg/da
S3: Elementel kükürt	150 kg/da
A1+S1: F.Atığı+E.Kükürt	2 ton/da+50 kg/da

Saksı denemesi süresince ve deneme sonunda uygulanan işlemler:

1994 Ekim ayında, atık ve kükürt deneme konularındaki miktarlarına uygun olarak saksılara uygulanmıştır. Deneme süresince toprakların havalandırılması, sulama ve gübreleme gibi işlemler yapılmıştır. Denemenin kurulmasından 5 hafta sonra toprak örnekleri alınmıştır. 10. haftada tekrar toprak örnekleri alınarak topraklar havalandırılmış ve her saksıya 7-8 tane sorghum tohumu ekilmiştir. İlk çıkıştan bir süre sonra her saksıda 2 bitki bırakılacak şekilde seyreltme işlemi gerçekleştirilmiştir. Vejetasyon dönemi boyunca her saksıya dekara 13 kg azot üzerinden amonyum nitrat (%33'lük) gübresi 30 Ocak 1995'de ve 8 Şubat 1995 tarihinde olmak üzere çözelti halinde iki seferde uygulanmıştır. 30. haftada bitkiler hasat edilerek, tekrar toprak örnekleri alınmıştır.

Saksı denemesinde belirli haftalarda alınan toprak örneklerinde toprak pH'ındaki değişim, yarayışlı fosfor ve mikroelement miktarları belirlenmiştir. Deneme sonunda her saksıda bulunan iki bitki hasat edilerek, kurumadde verimi (g/saksı) bulunmuştur. Ayrıca yıkanmış, 70 °C'de kurutulmuş ve öğütülmüş bitki örneklerinde, makro ve mikro element analizleri yapılarak bitkinin besin elementi kapsamı belirlenmiş ve bitkinin besin elementi alımı hesaplanmıştır.

2.2.3. Analiz yöntemleri

2.2.3.1. Toprak analiz yöntemleri

Tarla denemeleri kurulmadan önce arazilerin genel durumlarını belirlemek amacıyla alınan toprak örneklerinde bazı fiziksel ve kimyasal analizler, denemeler kurulduktan sonra her parselden belirli zamanlarda alınan toprak örneklerinde toprak reaksiyonu analizi yapılmıştır. Saksı

denemesinden belirli zamanlarda alınan toprak örneklerinde ise toprak reaksiyonu ile yarayışlı fosfor ve mikroelement analizleri yapılmıştır.

Toprak bünyesi: Bouyoucos (1955) tarafından belirtilen esaslara göre hidrometre yöntemiyle yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre bünye sınıfının belirlenmesinde toprak bünyesi sınıflandırma üçgeninden yararlanılmıştır (Black 1957).

Toprak reaksiyonu (pH): Analize hazırlanmış olan toprak örneklerinin pH'ları 1:2.5 oranında toprak-su karışımında ölçülmüş (Jakson 1967) ve Kellog'a (1952) göre sınıflandırılmıştır.

Kireç (%CaCO₃): Toprak örneklerinin CaCO₃ içerikleri Scheibler kalsimetresi ile ölçülerek, sonuçlar % CaCO₃ olarak hesaplanmış (Çağlar 1949) ve toprakların CaCO₃ içerikleri Aereboe ve Falke'ye göre sınıflandırılmıştır (Evliya 1964).

Organik madde: Modifiye Walkley-Black metoduna göre tayin edilmiş (Black 1965), sonuçlar % olarak hesaplanmış; Thun vd.'ne (1955) göre sınıflandırılmıştır.

Toplam azot: Modifiye Kjeldahl metoduna göre tayin edilerek (Kaçar 1995); sonuçlar % olarak verilmiş ve Loué'ya (1968) göre sınıflandırılmıştır.

Alnabilir fosfor: Toprakların alnabilir fosfor miktarları Olsen metoduna göre belirlenerek sonuçlar ppm olarak verilmiş ve sınıflandırılmıştır (Olsen ve Sommers 1982).

Değişebilir K, Ca, Mg: Toprakların ekstraksiyonunda 1 N amonyum asetat (pH=7) metodu Kacar (1995) tarafından bildirildiği şekilde uygulanmıştır. Ekstraksiyondaki K⁺, Ca²⁺, ve Mg²⁺ atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile belirlenmiş, sonuçlar me/100gr toprak olarak verilmiştir. Potasyum sonuçları Pizer (1967)'e göre, kalsiyum ve magnezyum sonuçları Loué (1968)'ya göre sınıflandırılmıştır.

Alnabilir Fe, Zn, Mn, Cu: DTPA ekstraksiyon yolu ile elde edilen ekstrakta Fe, Zn, Mn ve Cu atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile okunup, ppm olarak verilmiş ve sonuçlar Lindsay ve Norwell (1978)'e göre sınıflandırılmıştır.

2.2.3.2. Bitki analiz yöntemleri

Tarla denemelerinden alınan bitki örneklerinde kurumadde (kg/da) verimi bulunmuş, saksı denemesinden alınan bitki örneklerinde ise kuru madde (g/saksı) veriminin yanı sıra makro ve mikro element analizleri yapılmıştır.

Kurumadde verimi: Tarla denemelerinde her parselden hasat edilen bitkilerin yarısının 70 °C'de kurutulması sonucunda elde edilen ağırlığın iki ile çarpılması ve bir dekar alana göre hesaplanması ile bulunan değerdir. Saksı denemesinde ise her saksıdan hasat edilen iki bitkinin 70 °C'de kurutulması sonucu belirlenen ağırlığıdır.

Azot: Kurutulup öğütülen bitki örneklerinde azot tayini modifiye Kjeldahl metoduna göre yapılmıştır (Kacar 1972).

Fosfor: Kacar (1972)'ın bildirdiği şekilde nitrik-perklorik asit karışımı ile yaş yakma metodu sonucunda elde edilen filtratta fosfor vanadomolibdofosforik sarı renk metoduna göre tayin edilmiştir (Kacar ve Kovancı 1982).

K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn ve Cu: Yaş yakma metodu ile elde edilen filtratta K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn ve Cu miktarları atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile saptanmıştır (Kacar 1972). Sonuçlar K, Ca, Mg için kuru maddede %; Fe, Zn, Mn ve Cu için ise kuru maddede ppm olarak verilmiştir.

2.2.3.3. İstatistiksel analiz yöntemleri

Tarla ve saksı denemelerinde uygulama konularının incelenen özellikler üzerine etkisini belirlemek için, herbir özelliğe ait ortalama değerler bilgisayar ortamında MSTAT-C istatistik analiz programı (Freed ve ark. 1989) kullanılarak değerlendirilmiştir. Veriler bilgisayara girildikten sonra varyans analizi ve Duncan testine tabi tutulmuştur.

3. BULGULAR

Bu bölümde aşırı kireçli (%37.3 CaCO_3) ve yüksek kireçli (%9 CaCO_3), hafif alkali reaksiyonlu iki değişik alanda yürütülen tarla denemeleri ile aşırı kireçli araziden alınan toprakta yürütülen saksı denemesinden elde edilen toprak ve bitki örneklerine ait bazı analiz sonuçları verilmiştir.

3.1. Tarla Denemeleri

Yürütülen tarla denemelerinde; I. deneme (%37.3 CaCO_3) alanı ile II. deneme alanına (%9 CaCO_3) flotasyon atığı ve elementel kükürt uygulamalarından sonra değişik zamanlarda parsellerin 0-20 cm derinliğinden alınan toprak örneklerinde pH değişimi ve bitki yetiştirme döneminin sonunda her parselden elde edilen kurumadde verimi (kg/da) incelenmiştir.

3.1.1. I. Tarla denemesinde toprak pH 'sı analiz sonuçları

I. tarla (% 37.3 CaCO_3) denemesinde uygulanan farklı konuların değişik örnekleme zamanlarında toprak pH'sı üzerine olan etkilerine ait sonuçlar Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1'den görüldüğü gibi 5. hafta toprak örnekleme zamanında deneme toprağının pH'sı üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulanan farklı konuların tümü kontrole göre toprak pH'sını düşürmüştür. Toprak pH'sındaki düşüş, artan düzeylerde uygulanan atık ve kükürt miktarına bağlı olarak gerçekleşmiştir. Nitekim kontrol parsellerine ait toprak örneklerinin ortalama pH değeri 7.88 iken; bu değer atık uygulamalarına ait A₁ konusunda 7.33'e, A₂ konusunda 7.26'ya, A₃ konusunda 7.11'e ve A₄ konusunda 7.09'a; elementel kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 7.57'ye, S₂ konusunda 7.47'ye, S₃ konusunda 7.46'ya ve S₄ konusunda ise 7.44'e düşmüştür. Atık ve kükürdün en düşük dozlarının birlikte uygulandığı A₁+S₁ konusunda da toprak pH'sı kontrole göre daha düşük düzeyde olup 7.35 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.1. I. Tarla Denemesinde Değişik Örnekleme Zamanlarında Uygulamalara Bağlı Olarak Toprak pH'sı Analiz Sonuçları¹

UYGULAMALAR	ÖRNEKLEME ZAMANLARI				ORT.
	5. Hafta	10. Hafta	38. Hafta	58. Hafta	
K	7.88 a ²	7.85 a	7.78 a	7.82 a	7.83
A ₁	7.33 e	7.32 de	7.62 c	7.71 b	7.49
A ₂	7.26 e	7.25 f	7.58 c	7.65 b	7.44
A ₃	7.11 f	7.17 g	7.40 d	7.48 d	7.29
A ₄	7.09 f	7.19 g	7.25 e	7.37 e	7.23
S ₁	7.57 b	7.58 b	7.72 ab	7.79 a	7.67
S ₂	7.47 c	7.42 c	7.75 a	7.71 b	7.59
S ₃	7.46 c	7.34 d	7.71 ab	7.70 b	7.55
S ₄	7.44 cd	7.35 d	7.64 bc	7.64 b	7.52
A ₁ +S ₁	7.35 de	7.28 ef	7.61 c	7.55 c	7.45
Önemlilik Derecesi	**	**	**	**	

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar % 5 düzeyinde önemlidir.

** % 1 düzeyinde Önemli

Çizelge 3.1'den görüldüğü gibi 10. hafta toprak örnekleme zamanında deneme toprağının pH'sı üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan düzeylerdeki atık ve kükürt miktarına bağlı olarak uygulamaların tümü yine bu örnekleme zamanında da kontrole göre toprak pH'sını düşürmüştür. Kontrol parsellerine ait toprak örneklerinin ortalama pH değeri 7.85 iken; bu değer atık uygulamalarının A₁ konusunda 7.32'ye A₂ konusunda 7.25'e, A₃ konusunda 7.17'ye ve A₄ konusunda 7.19'a; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 7.58'e, S₂ konusunda 7.42'ye, S₃ konusunda 7.34'e ve S₄ konusunda ise 7.35'e düşmüştür. Atık ve kükürdün en düşük dozlarının birlikte uygulandığı A₁+S₁ konusunda ise toprak pH'sı, kontrole göre daha düşük düzeyde olup 7.28 olarak belirlenmiştir.

Bu deneme tarlasına sorghum tohumları ekilmenden önce uygulamalara

bağlı olarak toprak pH'sının ekimden önceki durumunu belirlemek amacıyla 38.haftada alınan toprak örneklerinin pH değerleri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Çizelge 3.1'den görüldüğü üzere 38. haftada deneme toprağının pH'sı üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kontrol parsellerine ait toprak örneklerinin ortalama pH değeri 7.78 iken; atık uygulamalarının A₁ konusunda 7.62, A₂ konusunda 7.58, A₃ konusunda 7.40, A₄ konusunda 7.25; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 7.72, S₂ konusunda 7.75, S₃ konusunda 7.71 olarak, S₄ konusunda 7.64 olarak belirlenmiştir. Atık ve kükürdün en düşük dozlarının birlikte uygulandığı A₁+S₁ konusunda ise 7.61 olarak bulunmuştur.

Çizelge 3.1'den görüldüğü üzere sorghum bitkisinin hasadından sonra alınan 58. hafta toprak örneklerinde uygulamaların toprak pH'sı üzerine etkisi incelenmiş ve bu örnekleme zamanında deneme toprağının pH'sı üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kontrol parsellerine ait toprak örneklerinin ortalama pH değeri 7.82 iken; artan düzeylerde uygulanan atık ve kükürt miktarına bağlı olarak, atık uygulamalarının A₁ konusunda 7.71, A₂ konusunda 7.65, A₃ konusunda 7.48, A₄ konusunda 7.37; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 7.79, S₂ konusunda 7.71, S₃ konusunda 7.70, S₄ konusunda 7.64 olarak belirlenmiştir. A₁+S₁ konusunda ise 7.55 olarak bulunmuştur.

3.1.2. II. Tarla denemesinde toprak pH'sı analiz sonuçları

II. tarla (% 9 CaCO₃) denemesinde uygulanan farklı konuların değişik örnekleme zamanlarında toprak pH'sı üzerine olan etkilerine ait sonuçlar Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2'den görüldüğü gibi 5. hafta toprak örnekleme zamanında deneme toprağının pH'sı üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulanan farklı düzeydeki konuların tümü kontrole göre toprak pH'sını düşürmüştür. Toprak pH'sındaki düşüş artan düzeylerde uygulanan atık ve kükürt miktarına bağlı olarak gerçekleşmiştir. Nitekim kontrol parsellerine ait toprak örneklerinin ortalama pH değeri 7.78 iken; bu değer atık uygulamalarının A₁ konusunda 7.23'e, A₂ konusunda 6.72'ye, A₃ konusunda 6.88'e, A₄ konusunda 6.10'a; kükürt uygulamalarında ise S₁ konusunda 7.51'e, S₂ konusunda 7.44'e, S₃ konusunda 7.38'e, S₄ konusunda 7.39'a düşmüştür. Atık ve kükürdün en

düşük dozlarının birlikte uygulandığı A₁+S₁ konusunda ise toprak pH'sı kontrole göre daha düşük düzeyde olup 7.04 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.2. II. Tarla Denemesinde Değişik Örnekleme Zamanlarında Uygulamalara Bağlı Olarak Toprak pH'sı Analiz Sonuçları¹

UYGULAMALAR	ÖRNEKLEME ZAMANLARI				ORT.
	5. Hafta	10. Hafta	38. Hafta	58. Hafta	
K	7.78 a ²	7.87 a	7.75 a	7.77 a	7.79
A ₁	7.23 cd	7.24 d	7.45 cd	7.59 bc	7.38
A ₂	6.72 f	6.98 f	7.33 de	7.43 de	7.12
A ₃	6.88 ef	7.06 ef	7.19 e	7.38 e	7.13
A ₄	6.10 g	6.56 g	7.01 f	7.12 f	6.70
S ₁	7.51 b	7.54 b	7.72 a	7.73 a	7.63
S ₂	7.44 bc	7.39 c	7.66 ab	7.68 ab	7.54
S ₃	7.38 bc	7.17 de	7.61 abc	7.57 bc	7.43
S ₄	7.39 bc	7.19 de	7.66 ab	7.53 cd	7.44
A ₁ +S ₁	7.04 de	7.17 de	7.50 bcd	7.62 bc	7.33
Önemlilik Derecesi	**	**	**	**	

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar % 5 düzeyinde önemlidir.

** % 1 düzeyinde önemli

10. hafta toprak örnekleme zamanında deneme toprağının pH'sı üzerine uygulamaların etkisi Çizelge 3.2'den görüldüğü gibi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan düzeylerdeki atık ve kükürt miktarına bağlı olarak uygulamaların tümü kontrole göre toprak pH'sını düşürmüştür. Nitekim kontrol parsellerine ait toprak örneklerinin ortalama pH değeri 7.87 iken; bu değer atık uygulamalarının A₁ konusunda 7.24'e, A₂ konusunda 6.98'e, A₃ konusunda 7.06'ya, A₄ konusunda ise 6.56'ya; kükürt uygulamalarında ise S₁ konusunda 7.54'e, S₂ konusunda 7.39'a, S₃ konusunda 7.17'ye, S₄ konusunda 7.19'a düşmüştür. Atık ve kükürdün en düşük dozlarının birlikte uygulandığı A₁+S₁ konusunda ise toprak pH'sı kontrole göre daha düşük düzeyde olup 7.17 olarak

belirlenmiştir.

Sorghum ekiminden önce yapılan, 38. hafta toprak örnekleme zamanında deneme toprağının pH'sı üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.2). Kontrol parsellerine ait toprak örneklerinin ortalama pH değeri 7.75 olarak belirlenmiş ve artan düzeylerde uygulanan atık ve kükürt miktarına bağlı olarak atık uygulamalarının, A₁ konusunda 7.45, A₂ konusunda 7.33, A₃ konusunda 7.19, A₄ konusunda ise 7.01; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 7.72, S₂ konusunda 7.66, S₃ konusunda 7.61, S₄ konusunda 7.66 olarak belirlenmiştir. A₁+S₁ konusunda ise 7.50 olarak bulunmuştur.

Çizelge 3.2'den görüldüğü üzere sorghum bitkisinin hasadından sonra yapılan, 58. hafta toprak örnekleme zamanında deneme toprağının pH'sı üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli olmuştur. Kontrol parsellerine ait toprak örneklerinin ortalama pH değeri 7.77 olarak bulunmuştur. Artan düzeylerde uygulanan atık ve kükürt miktarına bağlı olarak atık uygulamalarının A₁ konusunda 7.59, A₂ konusunda 7.43, A₃ konusunda 7.38, A₄ konusunda 7.12; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 7.73, S₂ konusunda 7.68, S₃ konusunda 7.57, S₄ konusunda 7.53; A₁+S₁ konusunda ise 7.62 olarak belirlenmiştir.

3.1.3. I. Tarla denemesinde bitkinin kurumadde verimi

I. tarla (% 37.3 CaCO₃) denemesinde atık ve kükürt uygulamalarının sorghum bitkisinde kurumadde verimi (kg/da) üzerine olan etkilerine ait sonuçlar Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3'den görüldüğü üzere, I. tarla denemesinde sorghum bitkisinin kurumadde verimi üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 3.3. I. Tarla Denemesinde Uygulamalara Bağlı Olarak Sorghum Bitkisinin Kurumadde Verimi (kg/da)

UYGULAMALAR	I. Blok	II. Blok	III. Blok	IV. Blok	Ort.
K	888.7	1081.1	509.5	561.2	760.1
A ₁	936.0	646.3	626.2	541.1	687.4
A ₂	873.2	754.3	810.3	510.4	737.1
A ₃	832.8	828.4	628.5	561.2	712.7
A ₄	570.3	718.3	768.4	516.2	643.3
S ₁	769.1	850.6	709.3	352.4	670.4
S ₂	722.9	897.7	702.5	451.2	693.6
S ₃	529.7	695.9	505.1	471.5	550.6
S ₄	848.6	601.5	668.9	354.7	618.4
A ₁ +S ₁	841.8	599.4	774.5	736.1	737.9
Önemlilik Derecesi					Ö.D.

Ö.D. Önemli Değil

3.1.4. II. Tarla denemesinde bitkinin kurumadde verimi

II. tarla (% 9 CaCO₃) denemesinde uygulamaların sorghum bitkisinin kurumadde (kg/da) verimi üzerine olan etkilerine ait sonuçlar Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Kurumadde verimi üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.4). Fakat artan düzeylerde uygulanan flotasyon atığı ve elementel kükürdün kurumadde verimi üzerine etkisi düzenli olmamıştır. Kontrol parsellerinden elde edilen kurumadde verimi ortalama 463.5 kg/da iken, atık uygulamalarının A₁ konusunda 511.8 kg/da, A₂ konusunda 457.4 kg/da, A₃ konusunda 508.9 kg/da, A₄ konusunda 566.2 kg/da; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 471.1 kg/da, S₂ konusunda 567.4 kg/da, S₃ konusunda 445.6 kg/da, S₄ konusunda 411.4 kg/da; A₁+S₁ konusunda ise 516.3 kg/da olarak bulunmuştur.

Çizelge 3.4. II. Tarla Denemesinde Uygulamalara Bağlı Olarak Sorghum Bitkisinin Kurumadde Verimi (kg/da)

UYGULAMALAR	I. Blok	II. Blok	III. Blok	IV. Blok	Ort.
K	563.3	462.3	388.3	440.0	463.5 ab ¹
A ₁	585.8	525.2	487.1	448.9	511.8 ab
A ₂	516.2	493.8	406.3	413.1	457.4 b
A ₃	502.8	502.9	531.9	498.3	508.9 ab
A ₄	554.4	624.0	549.9	536.4	566.2 a
S ₁	471.3	511.8	400.9	500.5	471.1 ab
S ₂	621.9	552.2	502.8	592.6	567.4 a
S ₃	451.2	430.9	475.9	424.2	445.6 b
S ₄	543.2	249.1	341.2	511.9	411.4 b
A ₁ + S ₁	502.9	509.6	603.8	448.9	516.3 ab
Önemlilik Derecesi					*

1. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar % 5 düzeyinde önemlidir.

* % 5 düzeyinde önemli

3.2. Saksı Denemesi

Saksı denemesinde, I. deneme alanına ait %37.3 CaCO₃ içeren toprak kullanılmıştır. Bu denemeden değişik örnekleme zamanlarında alınan toprak örneklerinde uygulamalara bağlı olarak pH değişimi, alınabilir fosfor ve mikro element kapsamı; bitki örneklerinde ise bitkinin makro ve mikro element kapsamı ile besin elementi alımı ve kurumadde verimi incelenmiştir.

3.2.1. Toprağın pH analiz sonuçları

Saksı denemesinde uygulamaların değişik örnekleme zamanlarında toprak pH'sı üzerine olan etkilerine ait sonuçlar Çizelge 3.5'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Saksı Denemesinde Değişik Örnekleme Zamanlarında Uygulamalara Bağlı Olarak Toprak pH'sı Analiz Sonuçları¹

UYGULAMALAR	ÖRNEKLEME ZAMANLARI			ORT.
	5. Hafta	10. Hafta	30. Hafta	
K	7.85 a ²	7.82 a	7.85 a	7.84
A ₁	7.52 d	7.50 d	7.57 c	7.53
A ₂	7.43 e	7.39 e	7.49 d	7.44
A ₃	7.41 e	7.38 e	7.49 d	7.43
S ₁	7.62 b	7.63 b	7.78 a	7.67
S ₂	7.57 c	7.59 bc	7.69 b	7.62
S ₃	7.50 d	7.53 cd	7.63 d	7.55
A ₁ +S ₁	7.48 d	7.43 e	7.59 de	7.50
Önemlilik Derecesi	**	**	**	

1. Değerler 3 paralel ortamasıdır.
 2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar % 5 düzeyinde önemlidir.
- ** % 1 düzeyinde önemli

Çizelge 3.5'den görüldüğü gibi 5. hafta toprak örnekleme zamanında deneme toprağının pH'sı üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan düzeylerde uygulanan atık ve kükürt konularının tümü kontrole göre toprak pH'sını düşürmüştür. Nitekim kontrol saksılarına ait toprak örneklerinin ortalama pH değeri 7.85 iken; bu değer atık uygulamalarının A₁ konusunda 7.52'ye, A₂ konusunda 7.43'e, A₃ konusunda 7.41'e; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 7.62'ye, S₂ konusunda 7.57'ye, S₃ konusunda 7.50'ye düşmüştür. Atık ve kükürdün en düşük dozlarının birlikte uygulandığı A₁+S₁ konusunda da toprak pH'sı kontrole göre daha düşük düzeyde olup 7.48 olarak belirlenmiştir.

Saksılara sorghum tohumları ekilmeden önce yapılan, 10. hafta toprak örnekleme deneme toprağının pH'sı üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.5).

Artan düzeylerdeki atık ve kükürt miktarına bağlı olarak uygulamaların tümü kontrole göre toprak pH'sını düşürmüştür. Kontrol saksılarına ait toprak örneklerinin ortalama pH değeri 7.82 iken; bu değer atık uygulamalarının A₁ konusunda 7.50'ye, A₂ konusunda 7.39'a ve A₃ konusunda 7.38'e; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 7.63'e, S₂ konusunda 7.59'a ve S₃ konusunda 7.53'e düşmüştür. A₁+S₁ konusunda ise toprak pH'sı kontrole göre daha düşük düzeyde olup 7.43 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.5'den görüldüğü gibi sorghum bitkisinin hasadından sonra alınan, 30. hafta toprak örnekleme zamanında deneme toprağının pH'sı üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan düzeylerdeki atık ve kükürt miktarına bağlı olarak uygulamaların tümü bu örnekleme zamanında da kontrole göre toprak pH'sını düşürmüştür. Kontrol saksılarına ait toprak örneklerinin ortalama pH değeri 7.85 iken; bu değer atık uygulamalarının A₁ konusunda 7.57'ye, A₂ konusunda 7.49'a ve A₃ konusunda 7.49'a; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 7.78'e, S₂ konusunda 7.69'a ve S₃ konusunda 7.63'e düşmüştür. A₁+S₁ konusunda ise toprak pH'sı değeri kontrol'e göre daha düşük düzeyde olup 7.59 olarak belirlenmiştir.

3.2.2. Toprağın alınabilir fosfor kapsamı analiz sonuçları

Çizelge 3.6'dan görüldüğü üzere saksı denemesinde bütün örnekleme zamanlarında uygulamaların deneme toprağının alınabilir fosfor kapsamı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

3.2.3. Toprağın alınabilir demir kapsamı analiz sonuçları

Çizelge 3.6'dan görüldüğü üzere 5. hafta toprak örnekleme zamanında deneme toprağının alınabilir demir kapsamı üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan miktarlarda uygulanan atık konuları, kontrol saksılarına göre deneme toprağının alınabilir demir kapsamını artırmıştır. Kontrol saksılarına ait toprak örneklerinin alınabilir demir kapsamı ortalama değeri 3.01 ppm iken, bu değer atık uygulamalarının A₁ konusunda 4.69 ppm'e, A₂ konusunda 6.57 ppm'e ve A₃ konusunda 7.25 ppm'e yükselmiştir. Artan miktarlardaki kükürt uygulamalarında ise deneme toprağının alınabilir demir kapsamı düzenli olarak etkilenmemiş ve kontrol saksılarına ait

Çizelge 3.6. Sakı Denemesinde Değişik Örneklerle Zamanlarında Uygulamalarına Bağlı Olarak Toprakta Alınabilir P, Fe, Zn, Mn ve Cu Analiz Sonuçları¹

UYGULAMA-	P (ppm)			Fe (ppm)			Zn (ppm)			Mn (ppm)			Cu (ppm)		
	5. Hafta	10. Hafta	30. Hafta	5. Hafta	10. Hafta	30. Hafta	5. Hafta	10. Hafta	30. Hafta	5. Hafta	10. Hafta	30. Hafta	5. Hafta	10. Hafta	30. Hafta
LAR															
K	2.10	3.29	2.46	3.01 c ²	2.69 bcd	1.79 e	2.07 a	2.85 a	5.34 a	16.48 d	12.19	3.55 b	1.11 d	1.07	0.78 b
A1	3.21	3.92	3.98	4.69 b	3.42 abc	2.20 cde	1.44 b	2.73 a	4.22 b	19.38 a	14.37	3.21 b	1.17 c	1.06	0.75 b
A2	2.78	3.93	2.94	6.57 a	3.95 a	2.51 bc	1.19 bc	1.93 b	2.99 c	19.95 a	12.71	3.51 b	1.22 ab	1.08	0.80 b
A3	3.48	3.60	3.63	7.25 a	4.36 a	3.02 a	1.27 bc	1.45 b	3.54 bc	17.47bcd	10.01	6.15 ab	1.24 a	1.11	0.93 a
S1	3.38	4.34	3.51	2.86 c	2.29 d	1.99 de	0.92 c	1.57 b	2.69 c	17.33bcd	7.65	3.47 b	1.11 d	0.97	0.79 b
S2	3.45	3.39	4.05	3.01 c	2.41 cd	2.28 bcd	0.90 c	1.42 b	3.35 bc	18.54abc	7.97	6.38 ab	1.14 cd	1.00	0.93 a
S3	2.72	3.65	3.43	2.65 c	2.38 cd	2.21 cde	0.94 c	1.35 b	3.49 bc	16.91 cd	8.47	7.45 a	1.12 d	1.00	0.93 a
A1+S1	3.05	4.15	3.33	4.39 b	3.65 ab	2.70 ab	1.32 bc	1.43 b	3.09 bc	19.09 ab	11.81	7.75 a	1.18 bc	1.03	0.95 a
Önemlilik Derecesi	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	**	**	**	**	**	**	**	Ö.D.	*	**	Ö.D.	**

1. Değerler 3 paralel ortalamasıdır.
 2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar % 5 düzeyinde önemlidir.
- ** % 1 düzeyinde önemli
 * % 5 düzeyinde önemli
 Ö.D. Önemli Değil

toprakların alınabilir demir kapsamı ile karşılaştırıldığı zaman; S₁ konusunda 2.86 ppm, S₂ konusunda kontrol toprakları ile aynı miktarda olup 3.01 ppm ve S₃ konusunda 2.65 ppm olarak belirlenmiştir. A₁+S₁ konusunda ise toprağın alınabilir demir kapsamı kontrole göre daha yüksek düzeyde olup 4.39 ppm olarak bulunmuştur.

10. hafta toprak örnekleme zamanında deneme toprağının alınabilir demir kapsamı üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.6). Artan miktarlarda uygulanan atık konuları deneme toprağının alınabilir demir kapsamını kontrol toprağına göre arttırmıştır. Kontrol saksılarına ait toprak örneklerinin alınabilir demir kapsamı ortalama değeri 2.69 ppm iken; bu değer atık uygulamalarının A₁ konusunda 3.42 ppm'e, A₂ konusunda 3.95 ppm'e ve A₃ konusunda 4.36 ppm'e yükselmiştir. Artan miktarlardaki kükürt uygulamalarında, deneme toprağının alınabilir demir kapsamı S₁ konusunda 2.29 ppm, S₂ konusunda 2.41 ppm ve S₃ konusunda 2.38 ppm olarak belirlenmiştir. A₁+S₁ konusunda ise deneme toprağının alınabilir demir kapsamı 3.65 ppm olarak bulunmuştur.

30. hafta toprak örnekleme zamanında deneme toprağının alınabilir demir kapsamı üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.6). Artan miktarlarda uygulanan atık konuları deneme toprağının alınabilir demir kapsamını kontrol toprağına göre arttırmıştır. Kontrol saksılarına ait toprak örneklerinin alınabilir demir kapsamı ortalama değeri 1.79 ppm iken; bu değer atık uygulamalarının A₁ konusunda 2.20 ppm'e, A₂ konusunda 2.51 ppm'e ve A₃ konusunda 3.02 ppm'e yükselmiştir. Artan miktarlardaki kükürt uygulamalarında deneme toprağının alınabilir demir kapsamı S₁ konusunda 1.99 ppm, S₂ konusunda 2.28 ppm ve S₃ konusunda 2.21 ppm olarak belirlenmiştir. A₁+S₁ konusunda ise deneme toprağının alınabilir demir kapsamı ortalama değeri 2.70 ppm olarak bulunmuştur.

3.2.4. Toprağın alınabilir çinko kapsamı analiz sonuçları

Çizelge 3.6'dan görüldüğü gibi 5. hafta toprak örnekleme zamanında deneme toprağının alınabilir çinko kapsamı üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan düzeylerde uygulanan atık ve kükürt miktarlarına bağlı olarak toprak örneklerinin alınabilir çinko kapsamı, kontrol saksılarına ait toprak örneklerinin

alnabilir çinko kapsamı degerine göre düşmüştür. Kontrol saksılarına ait toprakların alınabilir çinko kapsamı ortalama degeri 2.07 ppm iken, atık uygulamalarının A₁ konusunda 1.44 ppm, A₂ konusunda 1.19 ppm ve A₃ konusunda 1.27 ppm; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 0.92 ppm, S₂ konusunda 0.90 ppm ve S₃ konusunda 0.94 ppm olarak belirlenmiştir. A₁+S₁ uygulama konusunda ise deneme toprağının alınabilir çinko kapsamı ortalama degeri 1.32 ppm olarak bulunmuştur.

Çizelge 3.6'dan görüldüğü gibi 10. hafta toprak örnekleme zamanında deneme toprağının alınabilir çinko kapsamı üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan düzeylerde uygulanan atık ve kükürt miktarlarına bağlı olarak toprak örneklerinin alınabilir çinko kapsamı, kontrole göre düşmüştür. Kontrol saksılarına ait toprak örneklerinin alınabilir çinko kapsamı ortalama degeri 2.85 ppm iken, atık uygulamalarının A₁ konusunda 2.73 ppm, A₂ konusunda 1.93 ppm ve A₃ konusunda 1.45 ppm; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 1.57 ppm, S₂ konusunda 1.42 ppm ve S₃ konusunda 1.35 ppm olarak belirlenmiştir. A₁+S₁ uygulama konusunda ise deneme toprağının alınabilir çinko kapsamı 1.43 ppm olarak belirlenmiştir.

Sorghum bitkisinin hasadından sonra yapılan 30. hafta toprak örneklemesinde deneme toprağının alınabilir çinko kapsamı üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.6). Artan düzeylerde uygulanan atık ve kükürt miktarlarına bağlı olarak toprak örneklerinin alınabilir çinko kapsamı kontrole göre düşmüştür. Kontrol saksılarına ait toprak örneklerinin alınabilir çinko kapsamı ortalama degeri 5.34 ppm iken, atık uygulamalarının A₁ konusunda 4.22 ppm, A₂ konusunda 2.99 ppm ve A₃ konusunda 3.54 ppm; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 2.69 ppm, S₂ konusunda 3.35 ppm ve S₃ konusunda 3.49 ppm olarak belirlenmiştir. A₁+S₁ uygulama konusunda ise deneme toprağının alınabilir çinko kapsamı ortalama degeri 3.09 ppm olarak bulunmuştur.

3.2.5. Toprağın alınabilir mangan kapsamı analiz sonuçları

Çizelge 3.6'da görüldüğü gibi 5. hafta toprak örnekleme zamanında deneme toprağının alınabilir mangan kapsamı üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan düzeylerde uygulanan atık ve kükürt miktarlarına bağlı olarak deneme toprağının

alnabilir mangan kapsamı artmış fakat bu artış düzenli olmamıştır. Kontrol saksılarına ait toprak örneklerinin alınabilir mangan kapsamı ortalama değeri 16.48 ppm iken, atık uygulamalarının A₁ konusunda 19.38 ppm, A₂ konusunda 19.95 ppm ve A₃ konusunda 17.47 ppm; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 17.33 ppm, S₂ konusunda 18.54 ppm ve S₃ konusunda 16.91 ppm olarak belirlenmiştir. A₁+S₁ uygulama konusunda ise deneme toprağının alınabilir mangan kapsamı 19.09 ppm olarak bulunmuştur.

10. hafta toprak örnekleme zamanında deneme toprağının alınabilir mangan kapsamı üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6'dan görüldüğü gibi sorghum bitkisinin hasadından sonra yapılan 30. hafta toprak örneklemede deneme toprağının alınabilir mangan kapsamı üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Atık ve kükürdün artan miktarlardaki uygulama konularına bağlı olarak deneme toprağının alınabilir mangan kapsamı artmıştır. Kontrol saksılarına ait toprak örneklerinin alınabilir mangan kapsamı ortalama değeri 3.55 ppm iken, atık uygulamalarının A₁ konusunda 3.21 ppm, A₂ konusunda 3.51 ppm ve A₃ konusunda 6.15 ppm; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 3.47 ppm, S₂ konusunda 6.38 ppm ve S₃ konusunda 7.45 ppm olarak belirlenmiştir. A₁+S₁ uygulama konusunda ise deneme toprağının alınabilir mangan kapsamı ortalama değeri 7.75 ppm olarak bulunmuştur.

3.2.6. Toprağın alınabilir bakır kapsamı analiz sonuçları

Çizelge 3.6'dan görüldüğü gibi 5. hafta toprak örnekleme zamanında deneme toprağının alınabilir bakır kapsamı üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kontrol saksılarına ait toprak örneklerinin alınabilir bakır kapsamı ortalama değeri 1.11 ppm iken, atık uygulamalarının A₁ konusunda 1.17 ppm, A₂ konusunda 1.22 ppm ve A₃ konusunda 1.24 ppm; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 1.11 ppm, S₂ konusunda 1.14 ppm ve S₃ konusunda 1.12 ppm olarak belirlenmiştir. A₁+S₁ uygulama konusunda ise toprak örneklerinin alınabilir bakır kapsamı 1.18 ppm olarak bulunmuştur.

10. hafta toprak örnekleme zamanında deneme toprağının alınabilir bakır kapsamı üzerine uygulama konularının etkisi istatistiksel olarak

önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6'dan görüldüğü gibi 30. hafta toprak örnekleme zamanında deneme toprağının alınabilir bakır kapsamı üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan miktarlarda uygulanan atık ve kükürdün uygulama konularına bağlı olarak deneme toprağının alınabilir bakır kapsamı artmıştır. Kontrol saksılarına ait toprak örneklerinin alınabilir bakır kapsamı ortalama değeri 0.78 ppm iken, atık uygulamalarının A₁ konusunda 0.75 ppm, A₂ konusunda 0.80 ppm ve A₃ konusunda 0.93 ppm; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 0.79 ppm, S₂ konusunda 0.93 ppm ve S₃ konusunda da 0.93 ppm olarak belirlenmiştir. A₁+S₁ uygulama konusunda ise toprak örneklerinin alınabilir bakır kapsamı 0.95 ppm olarak bulunmuştur.

3.2.7. Bitkinin kurumadde verimi

Saksı denemesinde uygulamaların sorghum bitkisinin kurumadde verimi üzerine etkisi Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Saksı Denemesinde Uygulamalara Bağlı Olarak Sorghum Bitkisinin Kurumadde Verimi (g/saksı)

UYGULAMALAR	I. Paralel	II. Paralel	III. Paralel	Ort.
K	5.06	6.26	5.05	5.46 b ¹
A ₁	8.76	7.23	6.29	7.43 b
A ₂	7.57	7.77	4.95	6.76 b
A ₃	6.11	8.35	5.64	6.70 b
S ₁	9.58	11.24	9.40	10.07a
S ₂	8.95	9.20	13.17	10.44a
S ₃	9.53	7.47	7.04	8.01 ab
A ₁ + S ₁	7.62	8.45	6.25	7.44 b
Önemlilik Derecesi				**

1. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasında % 5 düzeyinde önemli fark vardır.

** % 1 düzeyinde önemli

Çizelge 3.7'den görüldüğü gibi uygulamaların bitkinin kurumadde miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan miktarlardaki atık ve kükürt uygulamalarının tümü kontrole göre kurumadde verimini artırmıştır. Nitekim kontrol saksılarında bulunan bitkilerden elde edilen ortalama kurumadde verimi 5.46 g/saksı iken, atık uygulamalarının A₁ konusunda 7.43 g/saksı, A₂ konusunda 6.76 g/saksı ve A₃ konusunda 6.70 g/saksı; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 10.07 g/saksı, S₂ konusunda 10.44 g/saksı ve S₃ konusunda 8.01 g/saksı olarak belirlenmiştir. Atık ve kükürdün en düşük düzeylerinin birlikte uygulandığı A₁+S₁ uygulama konusunda ise kurumadde verimi 7.44 g/saksı olarak bulunmuştur.

3.2.8. Bitkinin azot kapsamı ve alımı

Çizelge 3.8'den görüldüğü gibi uygulamaların bitkinin azot kapsamı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Ancak bitkinin azot alımı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Bitkinin azot alımı kontrol saksılarında ortalama 118.4 mg/saksı iken, atık uygulamalarının A₁ konusunda 143.2 mg/saksı, A₂ konusunda 128.0 mg/saksı ve A₃ konusunda 140.7 mg/saksı; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 197.5 mg/saksı, S₂ konusunda 191.2 mg/saksı ve S₃ konusunda 159.0 mg/saksı; A₁+S₁ konusunda da 149.5 mg/saksı olarak belirlenmiştir.

3.2.9. Bitkinin fosfor kapsamı ve alımı

Çizelge 3.8'den görüldüğü gibi uygulamaların bitkinin fosfor kapsamı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bitkinin fosfor kapsamı kontrol saksılarında ortalama % 0.157 iken, atık uygulamalarının A₁ konusunda % 0.133, A₂ konusunda % 0.150 ve A₃ konusunda % 0.173; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda % 0.137, S₂ konusunda % 0.133 ve S₃ konusunda % 0.143; A₁+S₁ konusunda da % 0.160 olarak belirlenmiştir.

Saksılara uygulanan konuların bitkinin fosfor alımı üzerine etkisi de % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bitkinin fosfor alımı kontrol saksılarında ortalama 8.35 mg/saksı iken atık uygulamalarının A₁ konusunda 9.99 mg/saksı, A₂ konusunda 9.73 mg/saksı ve A₃ konusunda 11.48

Çizelge 3.8. Saksı Denemesinde Uygulamalara Bağlı Olarak Sorghum Bitkisinin Makro Besin Elementi Kapsamı
Ve Alımı¹

UYGULAMALAR	Azot		Fosfor		Potasyum		Kalsiyum		Magnezyum	
	% N	N mg/saksı	% P	P mg/saksı	% K	K mg/saksı	% Ca	Ca mg/saksı	% Mg	Mg mg/saksı
K	2.19	118.4 b ²	0.157 ab	8.35 c	1.91 a	103.3 c	0.72	39.43 d	0.35	19.08
A ₁	1.93	143.2 b	0.133 b	9.99 bc	1.66 b	112.8 c	0.71	52.76 bcd	0.37	27.39
A ₂	1.88	128.0 b	0.150 ab	9.73 bc	1.57 b	106.5 c	0.65	44.98 cd	0.35	24.24
A ₃	2.12	140.7 b	0.173 a	11.48 abc	1.55 b	103.2 c	0.70	46.26 cd	0.37	24.34
S ₁	1.96	197.5 a	0.137 b	13.84 a	1.63 b	163.9 ab	0.69	69.28 ab	0.30	30.36
S ₂	1.84	191.2 a	0.133 b	13.57 a	1.69 b	177.1 a	0.70	72.99 a	0.31	31.87
S ₃	1.99	159.0 ab	0.143 b	11.13 abc	1.72 ab	136.8 abc	0.74	59.25 abc	0.33	26.20
A ₁ +S ₁	2.03	149.5 ab	0.160 ab	11.94 ab	1.70 b	125.3 bc	0.75	55.28 abcd	0.34	25.51
Önemlilik Derecesi	Ö.D.	*	*	*	*	**	Ö.D.	**	Ö.D.	Ö.D.

1. Degerler 3 paralel ortalamasıdır.
 2. Aynı harfle gösterilmeyen degerler arasındaki farklar % 5 düzeyinde önemlidir.
- ** % 1 düzeyinde önemli
* % 5 düzeyinde önemli
Ö.D. Önemli Değil

mg/saksı; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 13.84 mg/saksı, S₂ konusunda 13.57 mg/saksı ve S₃ konusunda 11.13 mg/saksı; A₁+S₁ konusunda ise 11.94 mg/saksı olarak belirlenmiştir.

3.2.10. Bitkinin potasyum kapsamı ve alımı

Çizelge 3.8'den görüldüğü gibi uygulamaların bitkinin potasyum kapsamı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bitkinin potasyum kapsamı kontrol saksılarında ortalama % 1.91 iken, atık uygulamalarının A₁ konusunda % 1.66, A₂ konusunda % 1.57 ve A₃ konusunda % 1.55; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda % 1.63, S₂ konusunda % 1.69 ve S₃ konusunda % 1.72; A₁+S₁ konusunda ise % 1.70 olarak belirlenmiştir.

Saksılara uygulanan konuların bitkinin potasyum alımı üzerine olan etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bitkinin potasyum alımı kontrol saksılarında ortalama 103.3 mg/saksı iken, atık uygulamalarının A₁ konusunda 112.8 mg/saksı, A₂ konusunda 106.5 mg/saksı ve A₃ konusunda 103.2 mg/saksı; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 163.9 mg/saksı, S₂ konusunda 177.1 mg/saksı ve S₃ konusunda 136.8 mg/saksı; A₁+S₁ konusunda ise 125.3 mg/saksı olarak belirlenmiştir.

3.2.11. Bitkinin kalsiyum kapsamı ve alımı

Çizelge 3.8'den görüldüğü gibi uygulamaların bitkinin kalsiyum kapsamı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Ancak bitkinin kalsiyum alımı üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Bitkinin kalsiyum alımı kontrol saksılarında ortalama 39.43 mg/saksı iken, atık uygulamalarının A₁ konusunda 52.76 mg/saksı, A₂ konusunda 44.98 mg/saksı ve A₃ konusunda 46.26 mg/saksı; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 69.28 mg/saksı, S₂ konusunda 72.99 mg/saksı ve S₃ konusunda 59.25 mg/saksı; A₁+S₁ konusunda ise 55.28 mg/saksı olarak belirlenmiştir.

3.2.12. Bitkinin magnezyum kapsamı ve alımı

Uygulamaların bitkinin magnezyum kapsamı ve alımı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 3.8).

3.2.13. Bitkinin demir kapsamı ve alımı

Çizelge 3.9'dan görüldüğü gibi uygulamaların bitkinin demir kapsamı ve alımı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

3.2.14. Bitkinin çinko kapsamı ve alımı

Çizelge 3.9'dan görüldüğü gibi uygulamaların bitkinin çinko kapsamı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kontrol saksılarında bulunan bitkinin çinko kapsamı ortalama 113.3 ppm iken, atık uygulamalarının A₁ konusunda 100 ppm, A₂ konusunda 80 ppm ve A₃ konusunda 73.33 ppm; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 80 ppm, S₂ konusunda 86.66 ppm ve S₃ konusunda 93.33 ppm; A₁+S₁ konusunda ise 86.66 ppm olarak belirlenmiştir.

Ayrıca saksılara uygulanan konuların bitkinin çinko alımı üzerine etkisi de istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bitkinin çinko alımı kontrol saksılarında ortalama 0.62 mg/saksı iken, atık uygulamalarının A₁ konusunda 0.74 mg/saksı, A₂ konusunda 0.54 mg/saksı ve A₃ konusunda 0.48 mg/saksı; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 0.81 mg/saksı, S₂ konusunda 0.89 mg/saksı ve S₃ konusunda 0.74 mg/saksı; A₁+S₁ konusunda ise 0.65 mg/saksı olarak belirlenmiştir.

3.2.15. Bitkinin mangan kapsamı ve alımı

Çizelge 3.9'dan görüldüğü gibi uygulamaların bitkinin mangan kapsamı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Ancak uygulamaların bitkinin mangan alımı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Bitkinin mangan alımı kontrol saksılarında ortalama 0.37 mg/saksı iken, atık uygulamalarının A₁ konusunda 0.42 mg/saksı, A₂ konusunda 0.38 mg/saksı ve A₃ konusunda 0.39 mg/saksı; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 0.64 mg/saksı, S₂ konusunda 0.69 mg/saksı ve S₃ konusunda 0.55 mg/saksı; A₁+S₁ konusunda ise 0.46 mg/saksı olarak belirlenmiştir.

Cizelge 3.9. Saksı Denemesinde Uygulamalara Bağlı Olarak Sorghum Bitkisinin Mikro Besin Elementi Kapsamı Ve Alımı¹

	Demir		Çinko		Mangan		Bakır	
	Fe ppm	Fe mg/saksı	Zn ppm	Zn mg/saksı	Mn ppm	Mn mg/saksı	Cu ppm	Cu mg/saksı
UYGULAMALAR								
K	73.06	0.39	113.33 a ²	0.62 b	68.86	0.37 c	16.26 bc	0.09 e
A ₁	79.93	0.58	100.00 ab	0.74 ab	56.00	0.42 c	15.13 c	0.11 cde
A ₂	65.53	0.44	80.00 cd	0.54 c	55.20	0.38 c	14.86 c	0.10 de
A ₃	68.33	0.45	73.33 d	0.48 c	57.93	0.39 c	19.93 a	0.13 bcd
S ₁	62.27	0.63	80.00 cd	0.81 ab	63.80	0.64 ab	19.46 a	0.20 a
S ₂	109.0	1.07	86.66 bcd	0.89 a	66.06	0.69 a	19.73 a	0.20 a
S ₃	78.67	0.61	93.33 bc	0.74 ab	69.40	0.55 abc	20.33 a	0.16 b
A ₁ +S ₁	84.47	0.64	86.66 bcd	0.65 bc	60.90	0.46 bc	18.66 ab	0.14 bc
Önemlilik Derecesi	Ö.D	Ö.D.	**	**	Ö.D.	**	**	**

1. Değerler 3 paralel ortalamasıdır.
 2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar % 5 düzeyinde önemlidir.
- ** % 1 düzeyinde önemli
Ö.D. Önemli Değil

3.2.16. Bitkinin bakır kapsamı ve alımı

Çizelge 3.9'dan görüldüğü gibi uygulamaların bitkinin bakır kapsamı üzerine olan etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bitkinin bakır kapsamı kontrol saksılarında ortalama 16.26 ppm iken, atık uygulamalarının A₁ konusunda 15.13 ppm, A₂ konusunda 14.86 ppm ve A₃ konusunda 19.93 ppm; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 19.46 ppm, S₂ konusunda 19.73 ppm ve S₃ konusunda 20.33 ppm; A₁+S₁ konusunda ise 18.66 ppm olarak belirlenmiştir.

Ayrıca uygulamaların bitkinin bakır alımı üzerine etkisi de istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bitkinin bakır alımı kontrol saksılarında ortalama 0.09 mg/saksı iken, atık uygulamalarının A₁ konusunda 0.11 mg/saksı, A₂ konusunda 0.10 mg/saksı ve A₃ konusunda 0.13 mg/saksı; kükürt uygulamalarının S₁ konusunda 0.20 mg/saksı, S₂ konusunda 0.20 mg/saksı ve S₃ konusunda 0.16 mg/saksı; A₁+S₁ konusunda ise 0.14 mg/saksı olarak belirlenmiştir.

4. TARTIşMA

4.1. Tarla Denemeleri

Aşır kireçli (% 37.3 CaCO₃) I. deneme alanında deneme toprağının pH'sı üzerine uygulamaların etkisi, dört değişik toprak örnekleme zamanında da istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulama konularına bağlı olarak herbir örnekleme zamanına ait toprak örneklerinin ortalama toprak pH'ları bütün uygulamalarda kontrole göre daha düşük olarak belirlenmiştir. Kükürt ve kükürt içeren materyallerin toprak pH'sını düşürmesi ile ilgili benzer bulgular Beverly ve Anderson, (1987) tarafından da rapor edilmiştir. Araştırıcılar kireçli topraklarda toprak pH'sı üzerine asit kaynakların etkisini inceledikleri çalışmalarında toprağa elementel kükürt, ferro sülfat, amonyum sülfat uygulamışlar ve her üç materyalin de toprak pH'sını değişen düzeylerde düşürdüğünü belirlemişlerdir.

Dört farklı düzeydeki atık ve kükürt uygulamaları sonucunda değişik örnekleme zamanlarındaki ortalama toprak pH'sı değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

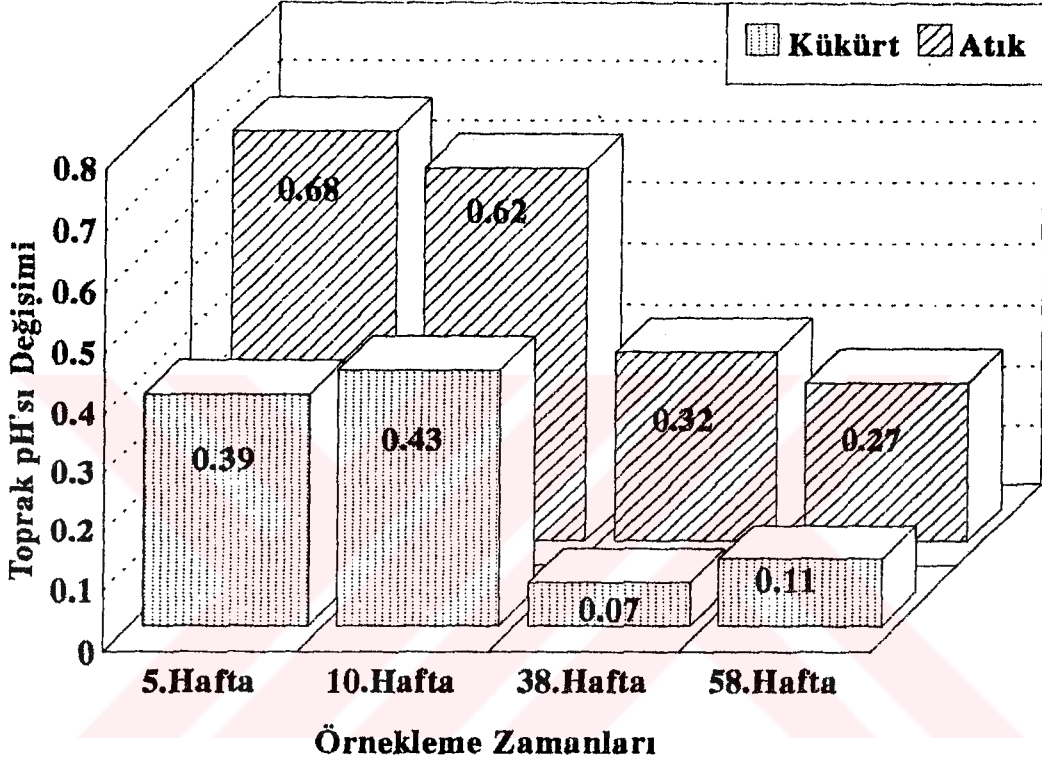
Çizelge 4.1. I. Tarla Denemesinde Değişik Örnekleme Zamanlarında Uygulama Konularının Ortalamalarına Göre Toprak pH'sı Değerleri

UYGULAMALAR	ÖRNEKLEME ZAMANLARI				Ort.
	5. hafta	10. hafta	38. hafta	58. hafta	
Kontrol	7.88	7.85	7.78	7.82	7.83
F. Atığı	7.20	7.23	7.46	7.55	7.36
E. Kükürt	7.49	7.42	7.71	7.71	7.58

Çizelge 4.1'den görüldüğü gibi atık uygulamalarına ait ortalama toprak pH'ları, kükürt uygulamalarına ait ortalama toprak pH'larına göre dört örnekleme zamanında da daha düşük olarak belirlenmiştir. Ayrıca hem

atık, hem de kükürt uygulamalarında 5. ve 10. haftalardaki ortalama toprak pH'larının, 38. ve 58. haftalardaki ortalama toprak pH'larına göre daha düşük olduğu görülmektedir.

Dört farklı düzeydeki atık ve kükürt uygulamalarına bağlı olarak değişik örnekleme zamanlarında alınan toprak örneklerinin ortalama pH değerlerinin, kontrole göre farkları hesaplanarak Şekil 4.1 hazırlanmıştır.



Şekil 4.1. I. Tarla Denemesinde Değişik Örnekleme Zamanlarında Uygulamalara Bağlı Olarak Ortalama Toprak pH'sı Değerlerinin Kontrole Göre Farklarının Değişimi

Şekil 4.1'den görüldüğü gibi dört farklı düzeydeki atık uygulamalarının ortalamaları sonucunda kontrole göre toprak pH'sında meydana gelen düşme zamana bağlı olarak 5. hafta örneklemesinden 58. hafta örneklemesine doğru azalmış ve 5. haftada 0.68, 10. haftada 0.62, 38. haftada 0.32 ve 58. haftada 0.27 birim olarak gerçekleşmiştir. Kükürt uygulamalarının ortalamaları sonucunda kontrole göre toprak pH'ında meydana gelen düşme 5. hafta örneklemesine göre 10. hafta örneklemesinde artmış, 38. hafta ve 58. hafta toprak örneklerinde ise azalmış ve 5. haftada 0.39, 10. haftada 0.43, 38.haftada 0.07 ve 58. haftada 0.11 birim olarak gerçekleşmiştir. Nitekim bu bulgular Tisdale ve Nelson'ın

(1958) bulguları ile benzerlik göstermektedir. Araştırmacılar iyi havalandırılan, uygun nem ve sıcaklığa sahip koşullarda kireçli bir toprağa uygulanan kükürdün pH üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında ilk 6 haftalık zamanı içerisinde toprakta pH değişmesinin hızla ilerlediğini ve sonra pH'nın çok yavaş bir değişim gösterdiğini, bu arada 8 ile 16 haftalık zaman içerisinde toprak pH'sının hemen hemen hiç değişiklik göstermediğini, 16. haftadan sonra ise toprak pH'sının tekrar yükselmeye başladığını bildirmişlerdir.

Yüksek kireçli (% 9 CaCO_3) II. deneme alanının toprak pH'sı üzerine uygulamaların etkisi dört değişik toprak örnekleme zamanında da istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulama konularına bağlı olarak her bir örnekleme zamanına ait toprakların ortalama pH değeri, bütün uygulamalarda kontrole göre daha düşük olarak belirlenmiştir. Yüksek kireçli deneme alanındaki bu bulgular da aşırı kireçli deneme alanındaki bulgular ile benzerlik göstermektedir. Daha önce de belirtildiği gibi kükürt ve kükürt içeren materyallerin toprak pH'sını düşürmesi ile ilgili benzer bulgular Beverly ve Anderson (1987), tarafından da rapor edilmiştir. Yalnız bu toprakta atık ve kükürt uygulamaları sonucunda toprak pH'sı aşırı kireçli deneme alanına göre biraz daha fazla düşmüştür. Nitekim, Neilsen ve ark. (1993), kükürt uygulamasıyla toprak pH'sındaki azalmayı toprağın CaCO_3 içeriğinin etkilediğini belirtmişlerdir. Ayrıca Modaihsh ve ark. (1989), CaCO_3 içeriği düşük olan toprağa kükürt ilavesinin, kireç içeriği yüksek olan toprağa göre toprak pH'sındaki azalma üzerine daha etkili olduğunu bildirmişlerdir.

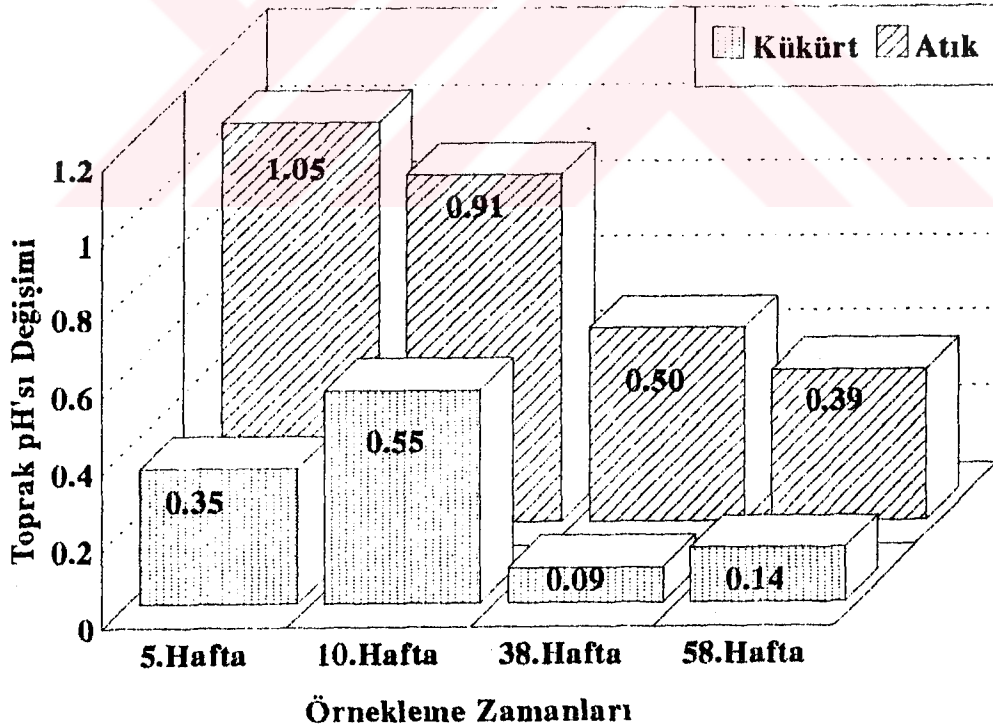
Dört farklı düzeydeki atık ve kükürt uygulamaları sonucunda değişik örnekleme zamanlarındaki ortalama toprak pH'ı değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2'den görüldüğü gibi atık uygulamalarına ait ortalama toprak pH'ları, kükürt uygulamalarına ait ortalama toprak pH'larına göre dört örnekleme zamanında da daha düşük olarak belirlenmiştir. Ayrıca hem atık, hem de kükürt uygulamaları sonucunda, 5. ve 10. haftalarda alınan toprak örneklerinin ortalama toprak pH'larının, 38. ve 58. haftalarda alınan toprak örneklerinin ortalama toprak pH'larına göre daha düşük olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.2. II. Tarla Denemesinde Değişik Örnekleme Zamanlarında Uygulama Konularının Ortalamalarına Göre Toprak pH'ı Değerleri

UYGULAMALAR	ÖRNEKLEME ZAMANLARI				Ort.
	5. hafta	10. hafta	38. hafta	58. hafta	
Kontrol	7.78	7.87	7.75	7.77	7.79
F. Atığı	6.73	6.96	7.25	7.38	7.08
E. Kükürt	7.43	7.32	7.66	7.63	7.51

Dört farklı düzeydeki atık ve elementel kükürt uygulamalarına bağlı olarak değişik örnekleme zamanlarında alınan toprak örneklerinin ortalama pH değerlerinin, kontrole göre farkları hesaplanarak Şekil 4.2 hazırlanmıştır.



Şekil 4.2. II. Tarla Denemesinde Değişik Örnekleme Zamanlarında Uygulamalara Bağlı Olarak Ortalama Toprak pH'ı Değerlerinin Kontrole Göre Farklarının Değişimi

Şekil 4.2'den görüldüğü gibi dört farklı düzeydeki atık uygulamalarının ortalamaları sonucunda kontrole göre toprak pH'ında meydana gelen düşme, zamana bağlı olarak 5. hafta örneklemesinden 58. hafta örneklemesine doğru azalmış ve 5. haftada 1.05, 10. haftada 0.91, 38. haftada 0.50 ve 58. haftada 0.39 birim olarak gerçekleşmiştir. Kükürt uygulamalarının ortalamaları sonucunda kontrole göre toprak pH'ında meydana gelen düşme, 5. hafta örneklemesine göre 10. hafta örneklemesinde artmış, 38. hafta ve 58. hafta örneklemelelerinde ise azalmış ve 5. haftada 0.35, 10. haftada 0.55, 38. haftada 0.09 ve 58. haftada 0.14 birim olarak gerçekleşmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi bu bulgular da Tisdale ve Nelson (1958)'in bulguları ile benzerlik taşımaktadır.

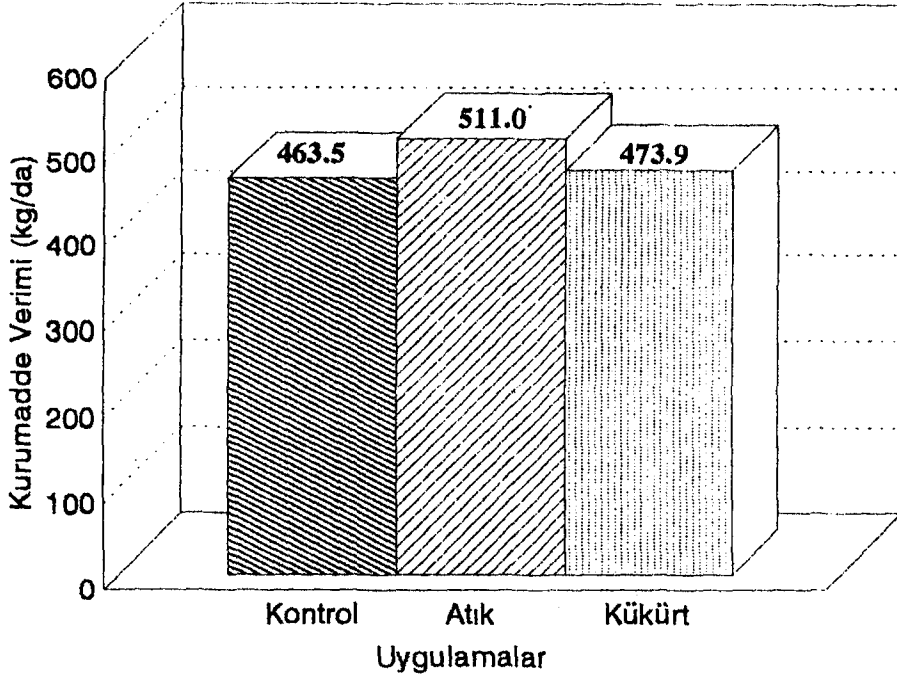
Her iki deneme alanında da uygulamalara bağlı olarak toprak pH'sında azalma meydana gelmiştir. Hundson (1976), kükürdün toprakta kükürt oksidasyon bakterileri tarafından oksitlendiğini ve sülfürik asite dönüştüğünü, bu işlemin çok aşamalı ve bazı durumlarda miktarının çok düşük olabileceğini, oluşan asidin toprak tepkimesini asitleştirme yönünde etkili olduğunu belirtmiştir. Artan miktarlarda uygulanan flotasyon atığı (2, 4, 6, 10 ton/da), artan miktarlarda uygulanan elementel kükürde (50, 100, 150, 200 kg/da) göre toprak pH'sını daha çok düşürmüştür. Bu duruma neden olarak, flotasyon atığının içerdiği kükürdün oksidasyonu sonucu oluşan asit etkisinin yanı sıra, pH değerinin 1-2 dolayında olmasından da kaynaklanabileceği düşünülebilir.

Bir çok araştırmacıya göre toprağa uygulanan kükürt materyallerinin sülfürik asite dönüşüp pH'yı düşürebilmesi için toprakta en başta kükürt oksidasyon bakterilerinin bulunması ve bunların da oksidasyonu gerçekleştirebilmeleri için toprakta havalanma, nem, sıcaklık gibi faktörlerin optimum düzeyde bulunması gerekmektedir. Bu düşünceye paralel olarak Richards (1954), kükürdün toprakta etkili olabilmesi için, toprağa uygulandıktan sonra oksidasyon dönemine ihtiyaç olduğunu belirtmiş ve oksidasyon hızının toprak sıcaklığına, rutubetine, havalanmasına ve uygulanan kükürt materyalinin incelik derecesine bağlı olduğunu ve ince parçalanmış kükürdün uygun sıcaklık, nem ve iyi havalanma koşullarında 3-4 haftalık süre içerisinde okside olabileceğini bildirmiştir. Nitekim yürütülen tarla denemelerinde, aşırı kireçli ve yüksek kireçli deneme alanlarına elementel kükürt uygulamaları sonucunda elde edilen ortalama toprak pH'sı değeri 5. ve 10. haftalarda, 38. ve 58.

haftalara göre daha düşük olarak belirlenmiştir. Buna göre bu çalışmada geçen ilk 5 ve 10 haftalık süre içerisinde toprağa uygulanan kükürt oksidasyona uğrayarak pH'yı düşürmüştür. Fakat daha sonra 38. ve 58. haftalarda pH tekrar 5. ve 10. haftalara göre yükselmiştir. Nitekim Janzen ve Bettany (1987c), kireçli topraklara kükürt uygulanması sonucunda ilerleyen zaman içerisinde pH'nın tekrar yükselmeye başlamasına neden olarak bu topraklarda bulunan kirecin tamponlama etkisinden kaynaklanabileceği fikrini ortaya koymuşlardır.

Aşırı kireçli (%37.3 CaCO_3) I. tarla deneme alanında sorghum bitkisinden elde edilen kurumadde verimi üzerine uygulama konularının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Artan miktarlarda uygulanan flotasyon atığı ve elementel kükürt, alandan elde edilen kurumadde verimini kontrole göre etkilememiştir. Buna neden olarak konuların parsellere uygulanmasından 38 hafta sonra sorghum tohumlarının ekilmesi ve geçen bu süre içerisinde toprağın da aşırı kireçli olması nedeniyle pH'nın tekrar yükselmeye başlamış olması gösterilebilir. Bu bulgulara benzer olarak Thorne (1944), çok yüksek kireçli topraklara kükürt ve diğer asitlik yaratan materyallerin uygulanmasıyla ürün veriminde az veya hiçbir artış meydana gelmediğini belirtmiş ve hatta sera şartlarında yonca bitkisiyle yaptığı denemede fosforik asit ve sülfürik asitle asitlendirilen sulama suyu uygulamasının verimi azalttığını bildirmiştir.

Yüksek kireçli (% 9 CaCO_3) olan II. tarla deneme alanından elde edilen sorghum bitkisi kurumadde verimi üzerine uygulama konularının etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli olmasına rağmen, artan düzeylerde uygulanan atık ve elementel kükürdün etkisi düzenli olarak gerçekleşmemiştir. Özellikle atık uygulamalarının ortalaması sonucunda bitkinin kurumadde verimi (511.0 kg/da) kontrole göre (463.5 kg/da) daha yüksek olmuş ancak kükürt uygulamaları sonucunda elde edilen ortalama kurumadde verimi ise (473.9 kg/da) kontrole yakın olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4.3). Bu verilere bakılarak deneme konularının bitkinin kurumadde verimi üzerine etkilerini açıkça ortaya koyabilmek mümkün görülmemektedir.



Şekil 4.3. II. Tarla Denemesinde Uygulamalar Sonucunda Elde Edilen Ortalama Kurumadde Verimi (kg/da)

Ancak aşırı kireçli deneme alanına göre, yüksek kireçli deneme alanında, özellikle atık uygulamalarının toprak pH'sını önemli düzeyde düşürdüğü bunun da sorghum bitkisi kurumadde verimi üzerine çok açık olmamakla birlikte etkili olabildiği gözükmemektedir (Şekil 4.3). Bu noktada uygulamalardan 38 hafta sonra deneme alanlarına tohum atıldığı gözden uzak tutulmamalıdır. Bitkilerin yetişmesi uygulamaların yapılmasından sonra ki 38. ve 58. haftalar arasında gerçekleşmiştir. Bu dönemde ise uygulamaların ortalamasına ait toprak pH'sı değerleri ile kontrole ait ortalama toprak pH'sı değerleri arasındaki farklar azalmıştır. Bu azalmanın, uygulamaların kurumadde verimi üzerine olan etkilerinin, özellikle yüksek kireçli deneme alanında belirgin olarak ortaya çıkmamasında önemli bir etken olabileceği düşünülebilir. Nitekim Nicholas ve ark. (1960), kireçli bir toprağa kükürt uyguladıkları ve deneme bitkisi olarak yonca yetiştirdikleri bir denemenin sonucunda toprak pH'sının artan süreler içerisinde tekrar yükselmeye başlaması ile yoncanın kurumadde veriminde önemli bir artış olmadığını belirlemişlerdir.

4.2. Saksı Denemesi

Aşırı kireçli (%37.3 CaCO_3) deneme alanından alınan toprağı kullanarak yürütülen saksı denemesinde, toprak pH'sı üzerine

uygulamaların etkisi üç değişik örnekleme zamanında da istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bütün örnekleme zamanlarında uygulamalara bağlı olarak belirlenen ortalama toprak pH'ı kontrole göre daha düşük düzeylerde belirlenmiştir. Kükürt uygulamaları ve kükürt içeren materyallerin toprak pH'sını düşürmesi ile ilgili benzer bulgular birçok araştırmacı tarafından da rapor edilmiştir. Nitekim Trzcinski ve Ferange (1964), kireçli bir toprağa 90-450 kg/da arasında kükürt uygulamışlar ve deneme sonuçlarına göre 100 kg/da kükürt uygulamasının toprağın 0-20 cm'lik derinliğinde pH'da az fakat önemli bir azalmaya neden olduğunu tesbit etmişlerdir.

Üç farklı düzeydeki atık ve kükürt uygulamaları sonucunda değişik örnekleme zamanlarındaki ortalama toprak pH'sı değerleri Çizelge 4.3'de verilmiştir.

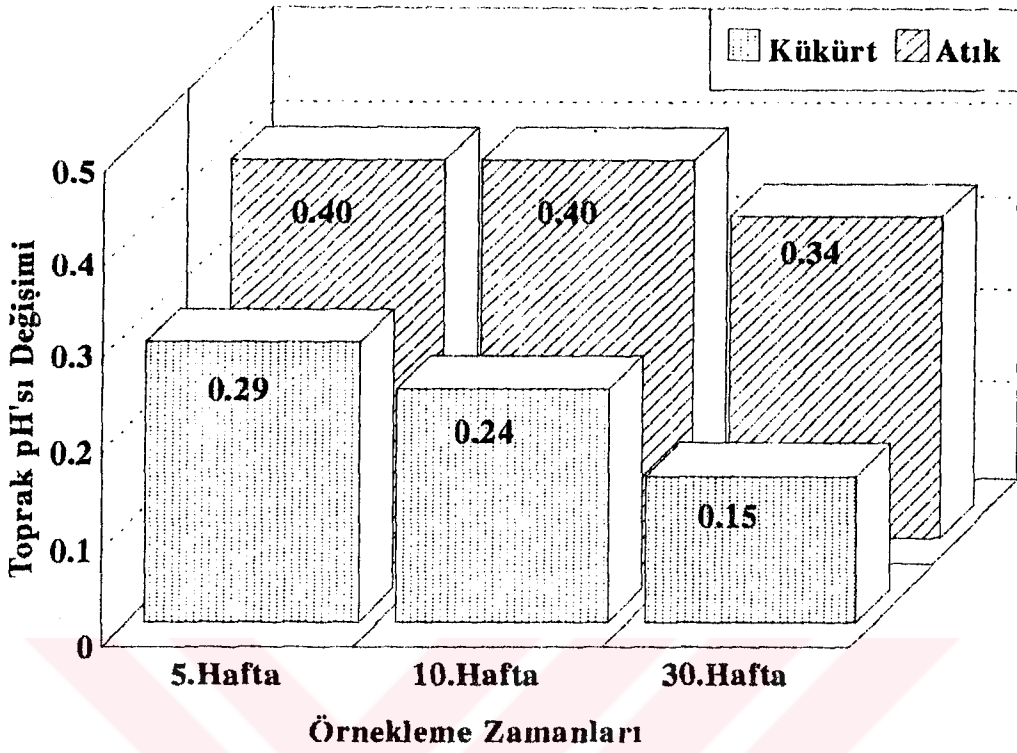
Çizelge 4.3. Saksı Denemesinde Değişik Örnekleme Zamanlarında Uygulama Konularının Ortalamalarına Göre Toprak pH'sı Değerleri

UYGULAMALAR	ÖRNEKLEME ZAMANLARI			Ortalama
	5. hafta	10. hafta	30. hafta	
Kontrol	7.85	7.82	7.85	7.84
F. Atığı	7.45	7.42	7.51	7.46
E. Kükürt	7.56	7.58	7.70	7.61

Çizelge 4.3'den görüldüğü gibi atık uygulamaları sonucunda toprak pH'sında meydana gelen düşme, kükürt uygulamaları sonucunda meydana gelen düşmeye göre, üç örnekleme zamanında da daha fazla olarak belirlenmiştir. Hem atık, hem de kükürt uygulamaları sonucunda 5. ve 10. haftalarda ortalama toprak pH'ları birbirlerine çok yakın iken, bitki yetiştirme döneminin sonunda (30. hafta) deneme toprağının pH'sı yükselme göstermiştir.

Üç farklı düzeydeki atık ve kükürt uygulamalarına bağlı olarak değişik örnekleme zamanlarında alınan toprak örneklerinin ortalama pH

değerlerinin kontrole göre farkları hesaplanarak Şekil 4.4 hazırlanmıştır.



Şekil 4.4. Saksı Denemesinde Değişik Örnekleme Zamanlarında Uygulamalara Bağlı Olarak Ortalama Toprak pH'ı Değerlerinin Kontrole Göre Farklarının Değişimi

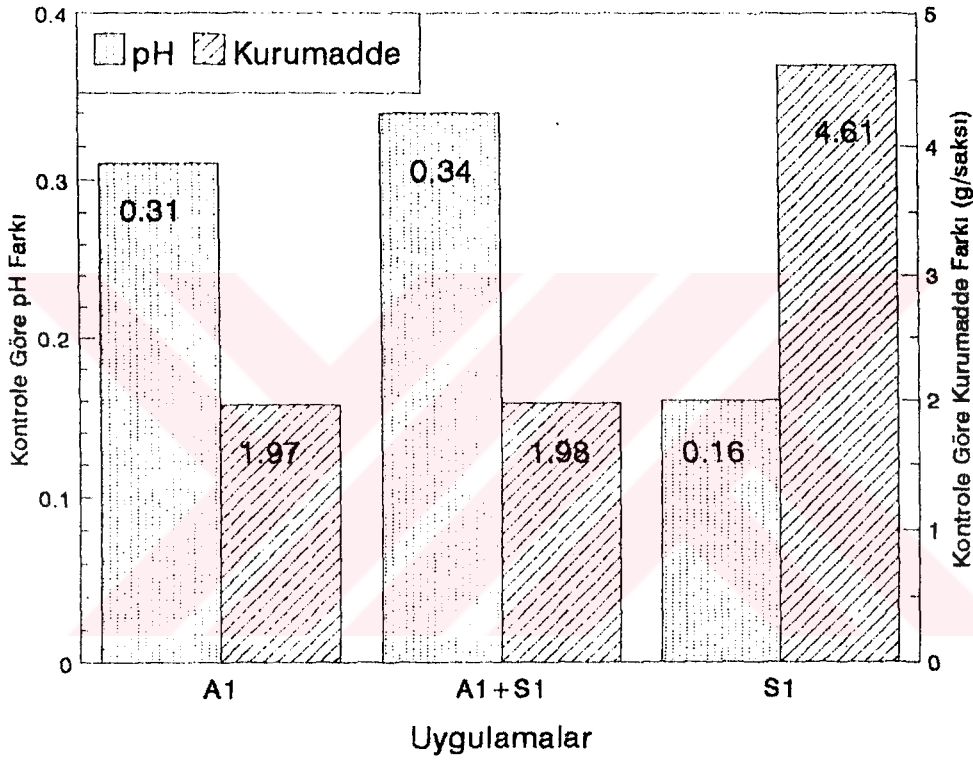
Şekil 4.4'den görüldüğü gibi üç farklı düzeydeki atık uygulamalarının ortalamaları sonucunda kontrole göre toprak pH'sında meydana gelen düşme zamana bağlı olarak 5., 10. ve 30. haftada birbirine yakın düzeylerde olmuş ve 5. haftada 0.40, 10. haftada 0.40 ve 30. haftada 0.34 birim olarak gerçekleşmiştir. Kükürt uygulamalarının ortalamaları sonucunda kontrole göre toprak pH'ında meydana gelen düşme 5. haftadan haftadan 30. haftaya doğru çok hafif bir şekilde azalmış ve 5. haftada 0.29, 10. haftada 0.24 ve 30. haftada 0.15 birim olarak gerçekleşmiştir. Bu bulgular Neilsen ve ark. (1993)'nın bulguları ile benzerlik göstermektedir. Nitekim araştırmacılar kireçli bir topraga iki değişik kükürt dozu uygulayarak gerçekleştirdikleri laboratuvar çalışmasında 0-16 haftalık periyod süresince pH'nın değişimini gözlemişlerdir. İlk 4 haftalık periyod içerisinde uygulanan kükürdün her iki dozunun da pH'yı hızlı bir şekilde düşürdüğünü, 8. haftadan itibaren düşük kükürt dozu, 16. haftadan itibaren de yüksek kükürt dozu uygulamasında toprak pH'sının tekrar yükselmeye başladığını bildirmişlerdir.

Saksı denemesinde, sorghum bitkisi kurumadde verimi üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ancak özellikle atık uygulamalarının her üç düzeyinde de elde edilen kurumadde miktarları, yapılan Duncan testi sonuçlarına göre kontrolle aynı gruba girmektedir. Diğer bir ifade ile atık uygulamalarının yapıldığı saksılardan elde edilen ortalama kurumadde miktarları ile, kontrol saksılarından elde edilen ortalama kurumadde miktarları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamaktadır. Kükürdün S₁ (50 kg S/da) ve S₂ (100 kg S/da) düzeylerindeki uygulamalarının yapıldığı saksılardan elde edilen ortalama kurumadde miktarları ile kontrol saksılarından elde edilen kurumadde miktarları istatistiksel olarak farklı olmuş fakat S₃ (150 kg S/da) düzeyindeki kükürt uygulaması ve kükürt ile atığın en düşük miktarlarının karıştırılarak uygulandığı A₁+S₁ (2 ton F.A/da+ 50 kg S/da) uygulamasından elde edilen ortalama kurumadde miktarları kontrolle aynı grubu oluşturmuştur.

Atığın A₁ (2 ton F.A/da), kükürdün S₁ (50 kg S/da) düzeyi ve bunların her ikisinin karıştırılarak uygulandığı A₁+S₁ uygulamalarının yapıldığı saksıların, ortalama toprak pH'larının kontrole göre farkları ile kurumadde verim farkları Şekilde 4.5'de verilmiştir.

Şekil 4.5'den görüldüğü gibi, A₁ (2 ton F.A/da) düzeyindeki atık uygulaması toprak pH'sını kontrole göre, S₁ düzeyindeki (50 kg S/da) kükürt uygulamasından daha fazla düşürmüş olmasına rağmen, kurumadde veriminde kontrole göre daha düşük düzeyde bir farka neden olmuştur. A₁+S₁ düzeyindeki uygulamada ise toprak pH'sının kontrole göre farkı, S₁ düzeyindeki kükürt uygulamasından daha fazla olmasına rağmen kurumadde veriminin kontrole göre farkı daha az olmuştur. Bu sonuçlar atık materyalin uygulanan dozlarının toprak pH'sını düşürmede daha başarılı olduğunu ancak yüksek tuz ve ağır metal içeriği gibi bazı olumsuz yan etkilerinin olabileceğini düşündürmektedir. Nitekim S₁ düzeyindeki kurumadde verimine göre A₁+S₁ uygulaması sonucunda elde edilen kurumadde verimi daha düşük olarak bulunmuştur. Atık materyalin başta nikel ve krom olmak üzere bazı ağır metalleri yüksek miktarda içerdiği Çizelge 2.3 'den görülmektedir. Yüksek ağır metal içeriğinin bitki gelişmesini olumsuz yönde etkileyebileceği sonucunu ortaya koyan çeşitli araştırma bulguları da mevcuttur. Nitekim Schachtschabel ve ark. (1993), toprakta daha önceden bulunan veya toprağa çeşitli yollarla karışan

(arıtma çamuru gibi uygulamaların yapılması) ağır metallerden özellikle nikelin toprak reaksiyonu düştükçe alınabilirliğinin arttığını, bitkide verim düşüşüne neden olduğunu ve toprakta mikroorganizma aktivitesini kısa süreli olarak engellediğini bildirmişlerdir. Ancak Sönmez (1988), sodyumlu topraklarda ıslah materyali olarak kullandığı kükürt fabrikası flotasyon atığının, bitki gelişmesi açısından herhangi bir zararlı etkiye sahip olmadığını belirtmiştir. Burada araştırmacının vurguladığı konu kontrole göre olumsuz bir etkisinin görülmediği noktasıdır. Sönmez'in (1988) bu bulgusu, bu çalışmada elde edilen bulgularla uyumluluk göstermektedir.



Şekil 4.5. Bazı Uygulamalara ait Ortalama Toprak pH'sı ve Kurumadde Verimlerinin Kontrole Göre Farklarının Değişimi

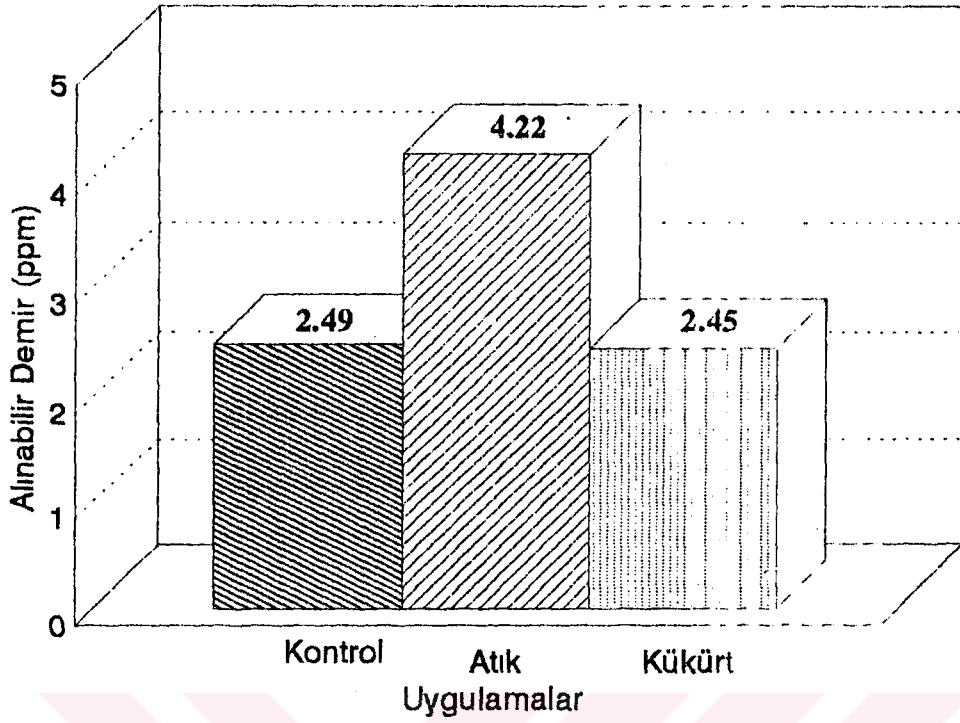
Saksı denemesinde uygulamaların topraktaki bitkiye yarayışlı fosfor kapsamı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamasına rağmen 5., 10. ve 30. haftalarda alınan toprak örneklerinin alınabilir fosfor kapsamı, hemen her uygulamada kontrole göre daha yüksek olarak bulunmuştur. Kireçli topraklara uygulanan kükürdün topraklardaki bitkiye yarayışlı fosfor kapsamını artırdığını rapor eden araştırmacılar (Garcia ve Carloni, 1977; Clement, 1978) bulunduğu gibi, artırmadığını bildiren bazı araştırmacılar da (Gupta ve Mehla, 1980) mevcuttur. Araştırma bulgularımıza benzer sonuçlar bildiren Gupta ve Mehla (1980), kireçli bir

toprağa yalnızca gübrelerle fosfor ilave edildiği zaman yarayışlı fosfor miktarının arttığını, toprakta doğal halde bulunan fosforun kükürt uygulamalarından etkilenmediğini belirtmişlerdir. Nitekim saksı denemesi de ilk defa kültüre açılmış, diğer bir ifade ile hiç fosforlu gübreleme yapılmamış bir araziden alınan toprakta, yine fosforlu gübreleme yapılmaksızın yürütülmüştür. Bu bilgiler ışığı altında atık ve kükürt uygulamaları sonucu toprak pH'sı düşmesine rağmen topraktaki bitkiye yarayışlı fosfor konsantrasyonunun istatistiksel olarak önemli düzeyde artmamış olması, toprak fosforunun doğal halde bulunuyor olması ile açıklanabilir.

Uygulamaların topraktaki alınabilir demir kapsamı üzerine etkisi 5., 10. ve 30. haftada alınan toprak örneklerinde istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bu önemli etkiye neden olan faktör olarak da atık uygulamaları gözükmemektedir.

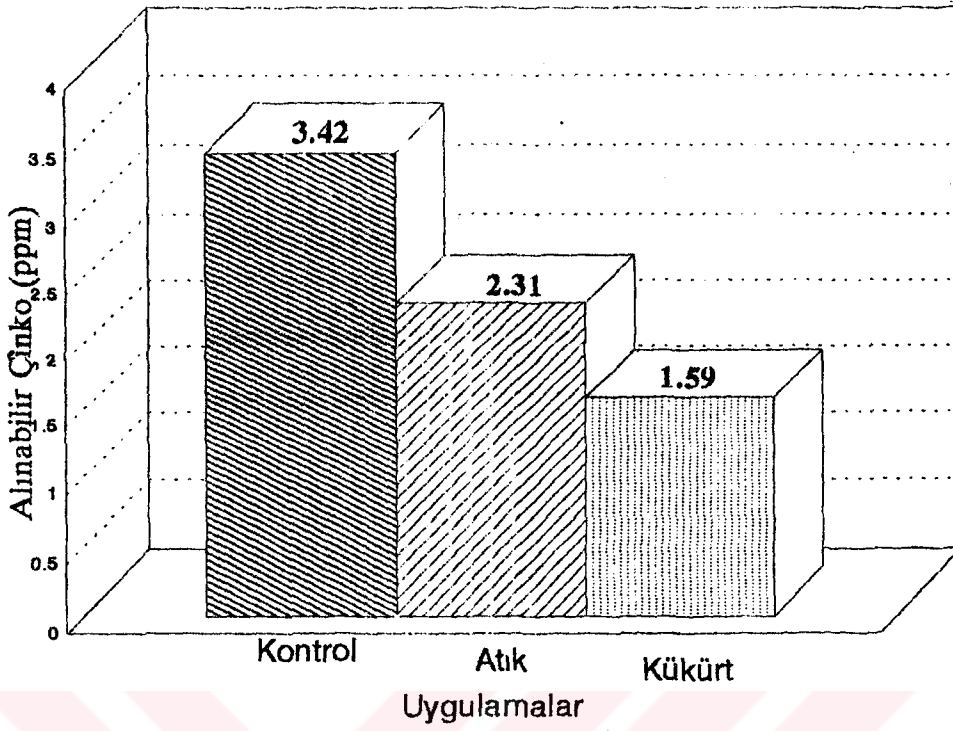
Deneme toprağının uygulamaların ortalamalarına bağlı olarak alınabilir demir kapsamının kontrole göre değişimi Şekil 4.6 'da gösterilmiştir.

Şekil 4.6'dan görüldüğü üzere deneme toprağının alınabilir demir içeriği üzerine atık uygulamaları etkili olmuş ancak kükürt uygulamaları etkili olmamıştır. Buna neden olarak flotasyon atığının bileşiminde yaklaşık olarak % 10-13 kadar demir içermesi gösterilebilir. Modaish ve ark. (1989) özellikle düşük kireç içeriğine sahip topraklarda kükürt uygulamalarının alınabilir demir içeriğini artırdığını ancak yüksek kireç içeriği durumunda bu etkinin yüksek düzeyde kükürt uygulamalarında bile (% 3) çok az olduğunu bildirmektedirler. Deneme toprağımızın aşırı kireçli ve kükürt uygulama düzeylerimizin de (% 0.025, % 0.05 ve % 0.075) çok daha düşük olduğu dikkate alınırsa kükürt uygulamalarının topraktaki alınabilir demir üzerine etkili olmaması aşırı kireç etkisiyle açıklanabilir. Ayrıca Lindemann ve ark.'da (1991) tarla koşullarında killi, pH'sı 7.8, CaCO_3 içeriği 50 g/kg olan bir toprağa elementel kükürt (25 g S/kg) uygulamışlar ve toprak pH'sı 0.5 birim azalmıştır. Kükürt uygulamasında toprakta alınabilir Fe, Zn ve P artmamıştır. Araştırmacılar, bunu da toprağa uygulanan kükürt miktarının yetersiz olması, kükürt oksidasyon düzeyinin düşük olması ve toprağın tamponlama kapasitesinin yüksek olması ile açıklamışlardır.



Şekil 4.6. Deneme Toprağının Uygulamaların Ortalamalarına Bağlı Olarak Alınabilir Demir Kapsamının Kontrole Göre Değişimi

Uygulamaların toprağın alınabilir çinko kapsamı üzerine etkisi 5., 10. ve 30. haftalarda alınan toprak örneklerinde istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ancak uygulamalara bağlı olarak toprakların alınabilir çinko kapsamı kontrole göre düşmüştür (Şekil 4.7). Bazı araştırmacılar kükürt uygulamalarının topraktaki alınabilir mikroelement içeriklerini genelde artırdığını bildirmişler ise de, özellikle fazla kireçli topraklarda bu etkinin ortaya çıkmadığı ile ilgili bulgular Bono ve Haffner tarafından bildirilmiştir (Lindeman ve ark. 1991). Modaihsh ve ark.'da (1989) kireç içeriği fazla olan topraklara kükürt uygulamasının topraktaki alınabilir Zn üzerine önemli bir etkisinin olmadığını fakat 18 haftalık inkübasyon periyodu sonucunda toprağın alınabilir Zn içeriğinin kontrole göre çok az da olsa düştüğünü belirtmişlerdir. Ayrıca saksı denemesinde uygulamaların etkisi sonucu kontrole göre düşen toprak pH'sının topraktaki bazı elementlerin (örneğin fosfor) çözünmüş miktarlarını artırmasının bir sonucu olarak, elementlerin çinko ile çözünemez kompleksler oluşturmalarının böyle bir etkiye neden olabileceği de düşünülebilir.



Şekil 4.7. Deneme Toprağının Uygulamaların Ortalamalarına Bağlı Olarak Alınabilir Çinko Kapsamının Kontrole Göre Değişimi

Uygulamaların topraktaki alınabilir mangan kapsamı üzerine etkisi istatistiksel olarak 5. haftada alınan toprak örneklerinde % 1 ve 30. haftada alınan toprak örneklerinde ise % 5 düzeyinde önemli olmasına rağmen 10. haftada alınan toprak örneklerinde istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Özellikle 5. haftada deneme toprağının alınabilir mangan kapsamı üzerine uygulamaların bazı düzeylerinin etkili olduğu görülmektedir. Ayrıca 10. ve 30. hafta toprak örneklerinin alınabilir mangan kapsamlarının 5. hafta toprak örneklerine göre önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Genel olarak bakıldığı zaman uygulamaların toprağın alınabilir mangan kapsamı üzerine etkisi çok düzenli bir şekilde olmamıştır. Garey ve Barber (1952), mangan noksanlığı görülen kireçli topraklara kükürt uygulanmasından sonra manganın yarayışlı hale geçmesinde kükürt oksidasyonunun varlığını sürdürmesi ve kükürdün oksidasyonu sonucunda toprakta asitliğin meydana gelebilmesi içinde ortamın çok uygun olması gerektiğini bildirmişler ve ancak böyle uygun koşullar altında mangan yarayışlılığının arttığını belirtmişlerdir. Reuther ve ark. (1973) ise kireçli topraklarda mangan noksanlığının önlenmesinde kükürdün faydalı olmadığını ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar, kükürt kullanımıyla kireçli topraklarda mangan yarayışlılığı ve deneme bitkisi

olarak yetiştirdikleri arpanın veriminin artacağı tahminlerinin doğru çıkmadığını bildirmişlerdir.

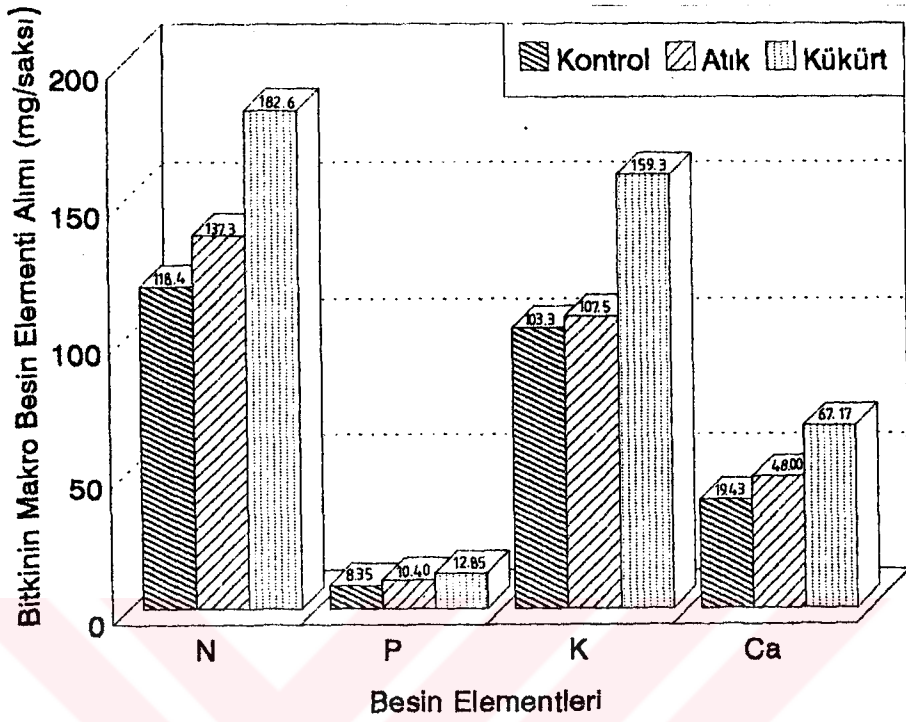
Uygulamaların toprağın alınabilir bakır kapsamı üzerine etkisi 5. ve 30. haftada alınan toprak örneklerinde istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmasına rağmen 10. haftada alınan toprak örneklerinde istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Özellikle yüksek miktarlardaki atık uygulamalarının kontrole göre alınabilir bakır içeriğini artırdığı görülmektedir. Kükürt uygulamaları sonucunda ise kontrole göre daha düşük düzeylerde olmakla beraber toprağın alınabilir bakır kapsamı artmıştır. Nitekim Modaihsh ve ark. (1989) kireçli topraklara kükürt uygulamasıyla toprakta DTPA'da ekstrakte edilebilir bakır konsantrasyonunun çok az artığını bildirmişlerdir.

Saksı denemesinde uygulamaların bitkinin azot, kalsiyum, magnezyum, demir ve mangan kapsamı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Ancak uygulamalar bitkinin fosfor ve potasyum kapsamı üzerine % 5, çinko ve bakır kapsamı üzerine % 1 önemlilik düzeyinde etkili olmuştur. Ancak bu önemli etkiler kontrole karşılaştırıldığında bakır (atığın uygulanan ilk iki dozu dışında) hariç her zaman azalma şeklinde görülmüştür. Nitekim Hassan ve Olson (1966) kireçli topraklara kükürt uygulamasından 35 gün sonra hasat edilen mısır bitkisinin kurumadde veriminin kontrole göre azaldığını bitkinin besin maddeleri kapsamının ise arttığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise bitkinin besin maddeleri kapsamı kontrole göre genellikle daha düşük olarak belirlenmiş fakat kurumadde verimi artmıştır. Kurumadde veriminin artması da bitki bünyesinde besin maddelerinin konsantrasyonlarının seyrelmesine neden olmuş olabilir.

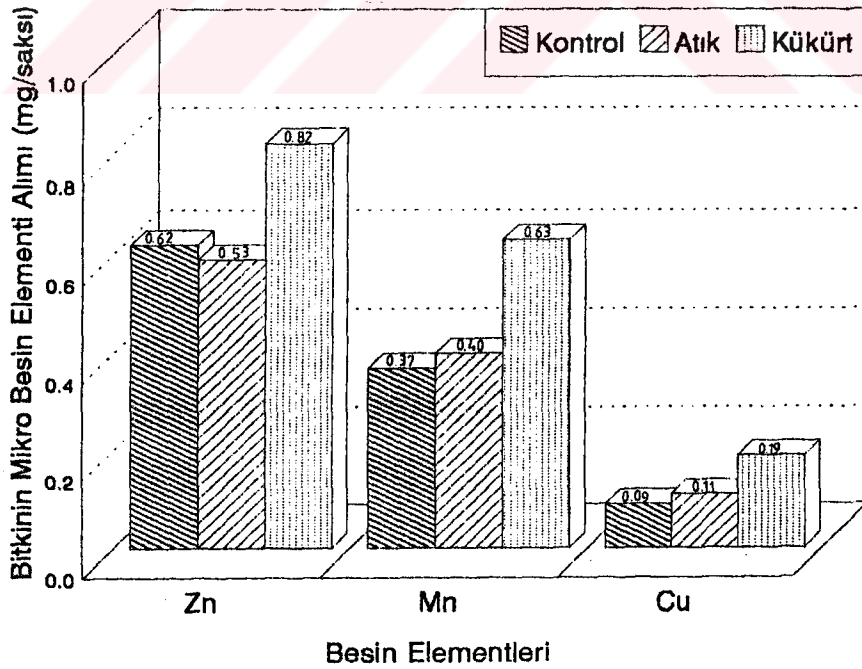
Saksı denemesinde uygulamaların bitkinin besin alımı üzerine etkisi demir ve magnezyumda istatistiksel olarak önemsiz iken, azot ve fosforda istatistiksel olarak % 5 düzeyinde; potasyum, kalsiyum, çinko, mangan ve bakır da ise istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli olmuştur. Bu etkiler, bitki kurumaddeinde besin elementi konsantrasyonları genelde artmamasına rağmen kontrole göre önemli miktarda artan kurumadde verimi sonucunda meydana gelmiştir.

Saksı denemesinde kontrol, atık ve kükürt uygulamalarının etkisi sonucunda istatistiksel olarak önemlilik göstermiş olan bitkinin makro ve

mikro besin elementleri alımına ait ortalamalar kullanılarak Şekil 4.8 ve Şekil 4.9 hazırlanmıştır.



Şekil 4.8. Uygulamaların Ortalamalarına Bağlı Olarak Bitkinin Makro Besin Elementi Alımı



Şekil 4.9. Uygulamaların Ortalamalarına Bağlı Olarak Bitkinin Mikro Besin Elementi Alımı

Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'dan görüldüğü üzere atık uygulamaları sonucu kontrole göre daha yüksek miktarlarda azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, mangan ve bakır alımı; kükürt uygulamaları sonucu ise hem kontrole göre hem de atık uygulamalarına göre daha yüksek azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, çinko, mangan ve bakır alımı gerçekleşmiştir. Kükürt uygulamaları sonucu börülce bitkisinde daha yüksek fosfor alımı olduğunu bildiren Aydeniz ve Brohi'nin (1980) bulguları fosfora ait verilerimizle benzerlik göstermektedir. Ayrıca Hassan ve Olson (1966) kireçli topraklara kükürt uygulanmasından 75 gün sonra hasat edilen mısır bitkisinin kurumadde veriminin kontrole göre arttığını ve bunun sonucunda bitkinin fosfor, kalsiyum, mangan, çinko ve bakır alımının arttığını bildirmişlerdir.



5. SONUÇ

Tarla denemelerinin yürütüldüğü her iki alanda da atık ve kükürt uygulamaları sonucunda toprak pH'ında kontrole göre önemli azalmalar görülmüştür. Atık uygulamaları sonucunda toprak pH'ında meydana gelen azalmalar, kükürt uygulamalarına göre daha fazla olmuştur. Uygulamalara bağlı olarak toprak pH'ında kontrole göre meydana gelen düşme, atık uygulamalarında en fazla olarak 5. hafta toprak örneklerinde görülürken, kükürt uygulamalarında ise 10. hafta toprak örneklerinde görülmüştür. Atık ve kükürt uygulamaları sonucu düşen toprak pH'ı zamanla yeniden artmaya başlamış, özellikle düşük düzeydeki kükürt uygulamalarında 38. ve 58. haftalarda toprak pH'ı kontrolden istatistiksel olarak farklı olmamıştır. Ancak atık uygulamaları sonucunda hernekadar 5. haftaya göre ilerleyen zaman içerisinde yükselme olsa da toprak pH'ında meydana gelen düşme 58. haftada bile kontrolden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur.

Farklı kireç içeriklerine sahip iki deneme alanına aynı düzeylerde uygulanan atık ve kükürt uygulamalarının toprak pH'ı üzerine etkisi aynı olmamıştır. Uygulamalar sonucu toprak pH'ında kontrole göre meydana gelen düşme yüksek kireçli deneme alanında, aşırı kireçli deneme alanına göre daha fazla olmuştur. Bu durum artan kireç içeriğinin toprak pH'ı üzerine uygulamaların etkisinin azalmasında (tamponlanmasında) rol oynadığının bir göstergesidir.

Aşırı kireçli deneme alanından elde edilen kurumadde verimi üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Yüksek kireçli deneme alanında ise istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuş olmasına rağmen kurumadde verimi üzerine uygulamaların etkisi düzenli olmamıştır. Sonuç olarak her iki deneme alanında da atık ve kükürt uygulamaları toprak pH'ını düşürmüş olmasına rağmen bunun kurumadde verimi üzerine etkisi açık bir şekilde yansımamıştır. Buna neden olarak sorghum tohumlarının pH'nın tekrar yükseldiği bir zaman diliminde ekilmesi gösterilebilir. Bu nedenle kükürt ve atığın toprak pH'ı ve dolayısıyla bitki verimine etkilerinin inceleneceği bundan sonraki araştırmalarda bu materyallerin toprağa uygulanmasından yaklaşık 5 hafta sonra ekim veya dikim işlemlerinin gerçekleştirilmesinin uygun olacağı görülmektedir.

Aşırı kireçli (% 37.3 CaCO_3) toprakta yürütülen saksı denemesinde deneme toprağına artan düzeylerde uygulanan flotasyon atığı ve elementel kükürt miktarlarına bağılı olarak toprak pH'ı kontrole göre düşmüştür. Atık uygulamaları deneme toprağıının pH'ını kükürt uygulamalarına göre daha fazla düşürmüş olmasına rağmen yetiştirilen sorghum bitkisinin kuru madde verimini istatistiksel olarak önemli düzeyde artırmamıştır. Halbuki kükürt uygulamaları toprak pH'ını atık uygulamalarına göre daha az düşürmüş olmasına rağmen, 50 ve 100 kg S/da düzeylerindeki kükürt uygulamaları yetiştirilen bitkinin kurumadde verimini kontrole göre istatistiksel olarak önemli düzeyde artırmıştır. Bu artışlar kontrole göre sırasıyla % 84.4 ve 91.2 oranında gerçekleşmiştir. Toprak pH'ını daha fazla düşürmüş olmasına rağmen kurumadde verimi üzerine atığın istatistiksel olarak önemli düzeyde etkili olmamasına neden olarak atığın ağır metal ve yüksek tuz içeriğinin etkili olmuş olması da muhtemel sonuçlar arasındadır.

Saksı topraklarına artan miktarlarda uygulanan atık ve kükürt uygulamaları, toprakların alınabilir fosfor kapsamını istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilememiştir. Uygulamaların topraktaki alınabilir demir ve çinko kapsamı üzerine etkisi üç örnekleme zamanında da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Atık uygulamaları, atığın yüksek miktarda demir içermesinin bir sonucu olarak toprağıın alınabilir demir içeriğini kontrole göre artırırken, atık ve kükürt uygulamaları sonucu topraktaki alınabilir çinko kapsamı kontrole göre düşmüştür. Toprağıın alınabilir mangan ve bakır kapsamı üzerine uygulamaların etkisi 5. ve 30. haftalarda istatistiksel olarak önemli olmuş ve 10. haftada alınan toprak örneklerinde önemli bulunmamıştır.

Saksı denemesinde uygulamaların bitkinin azot, kalsiyum, magnezyum, demir ve mangan kapsamı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Ancak uygulamaların bitkinin fosfor, potasyum, çinko ve bakır kapsamı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli olmuştur. Fakat bu önemli etkiler kontrolle karşılaştırıldığında bakır hariç azalma şeklinde görülmüştür. Bu durum uygulamalara bağılı olarak artan kurumadde verimi sonucu bitkide besin maddelerinin konsantrasyonlarının seyrelmesi ile açıklanabilir.

Saksı denemesinde uygulamaların bitkinin besin alımı üzerine etkisi demir ve magnezyumda istatistiksel olarak önemsiz iken; azot, fosfor,

potasyum, kalsiyum, çinko, mangan ve bakır da ise istatistiksel olarak önemli olmuş ve kontrole göre bitkinin bu besin elementlerini alımı artmıştır. Bu etkiler bitki kurumaddeindeki artışların bir sonucu olarak gerçekleşmiştir.

Buraya kadar özetlenen bu sonuçlar uygulamaların toprak pH'ını düşürmede etkili olmasına ragmen, toprakta özellikle fosfor, demir, çinko, mangan ve bakır yarayışlılığının artmasında yeterli olamadığını, tarla koşullarında olmasa da saksı denemesi koşullarında kurumadde veriminde artışlara neden olduğunu ortaya koymaktadır. Saksı denemesi aşırı kireçli bir toprakta yürütülmüş olmasına ragmen kurumadde veriminde olumlu sonuçların alınması; tarla koşullarında da toprak pH'larının uygulamalardan sonraki 5. ve 10. haftalarda kontrole göre önemli düzeyde düşmesi, kükürt ve kükürt içeren materyallerin etkileri konusunda mit verici olmakta ve bu etkilerin uygulamaya aktarılabilirlik duruma getirilebilmesi için, özellikle halihazırda tarımı yapılmakta olan bitkiler yetiştirilerek değişik tarla ve sera koşullarında araştırmaların devamının gerekli olduğu gözükmektedir. Ayrıca özellikle kireç içeriği yüksek olan topraklarda, yüksek toprak reaksiyonunun olumsuz etkilerinin azaltılabilmesi amacıyla ilk defa bu çalışmada kullanılan ve kükürtlü bir materyal olan kükürt fabrikası flotasyon atığı yüksek dozlarda uygulanmasına ragmen kontrole göre daha iyi veriler sağlamış olsa da, olumlu etkisinin açık olmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle, bundan sonraki yapılacak olan çalışmalarda elementel kükürt yanında bu materyalinde çalışmalara alınması, ağır metal ve yüksek tuz içeriğinden kaynaklanabilecek etkilerinin ise ayrıntılı olarak incelenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

6. ÖZET

Bu çalışma, aşırı ve yüksek düzeyde kireç içeren, hafif alkali reksiyonlu iki toprakta özellikle toprak pH'ı ve daha sonra toprakta bitkilere yarayıssız formlarda bulunan (özellikle fosfor ve mikroelementler) bitki besin maddeleri üzerine kükürt içeren bir atık olan Keçiborlu Kükürt Fabrikası flotasyon atığı ve elementel kükürdün etkisinin olup olmayacağını incelemek ve eğer etkisi varsa bunun bitkiye yansıyıp yansımayacağını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla, Akdeniz Üniversitesi Kampüs alanı içerisinde belirlenen aşırı kireçli (% 37.3 CaCO_3 pH 7.88) ve yüksek kireçli (% 9 CaCO_3 pH 7.82) olan iki toprakta tarla denemeleri; bu topraklardan aşırı kireçli olanında ise ayrıca bir saksı denemesi kurulmuştur. Denemeler sonucunda elde edilen verilerde varyans analizi ve Duncan testi yapılmıştır.

Tarla denemeleri tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak kurulmuş ve kontrolde dahil olmak üzere 10 konu uygulanmıştır. Atık 2-4-6-10 ton/da; kükürt 50-100-150-200 kg/da dozlarında ve ayrıca 2 ton/da atık ile 50 kg/da kükürt karıştırılarak uygulanmıştır. 1994 Temmuz ayında deneme konularına göre materyaller parsellerin 0-20 cm derinliğine karıştırılmıştır. 1994 Temmuz ayından, 1995 Nisan (38 hafta sonra) ayına kadar bitkisiz periyod, bu tarihten itibaren bitkili periyoda geçilmiştir. Deneme bitkisi olarak sorghum (*Sorghum bicolor* L.) yetiştirilmiştir. 1995 Ağustos ayında (58. hafta) ise bitkiler hasat edilmiştir. Uygulama konuları parsellere karıştırıldıktan sonra denemeler süresince 5., 10., 38. ve 58. haftalarda toprak örnekleri alınarak pH analizi yapılmış ve deneme sonunda bitkinin kurumadde verimi (kg/da) belirlenmiştir.

Tarla denemeleri sonucunda uygulanan materyallerin % 9 CaCO_3 içerigine sahip toprakta daha fazla olmakla beraber her iki deneme alanı toprağında da pH'yı düşürdüğü ve ilerleyen zaman içerisinde pH düşmesinin giderek azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca atık uygulamalarının, kükürt uygulamalarına göre bütün örnekleme zamanlarında toprak pH'sını daha fazla düşürdüğü görülmüştür.

Aşırı kireçli deneme alanından elde edilen kurumadde verimi üzerine uygulamaların etkisi önemli olmamıştır. Yüksek kireçli deneme alanında ise kurumadde verimi üzerine uygulamaların etkisi önemli bulunmuştur. Fakat

artan düzeylerde atık ve kükürt uygulamaları sonucunda kuru madde verimi düzenli bir şekilde artmamıştır. Buna neden olarak da uygulamalardan 38 hafta sonra sorghum tohumlarının ekilmesi ve toprak pH'nın tekrar yükselmeye başlamış olması gösterilebilir.

Saksı denemesi tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak aşırı kireçli (% 37.3 CaCO_3) ve pH'sı 7.88 olan toprakta kurulmuştur. Deneme bitkisi olarak sorghum (*Sorghum bicolor* L.) yetiştirilmiştir. Kontrol de dahil olmak üzere 8 konu uygulanmıştır. Atık 2-4-6 ton/da; kükürt 50-100-150 kg/da dozlarında ve ayrıca 2 ton/da atık ile 50 kg/da kükürt karıştırılarak uygulanmıştır. 1994 Ekim ayında uygulama materyalleri deneme konularındaki miktarlarına göre saksılara karıştırılmıştır. Deneme kurulduktan sonra 5., 10. ve 30. haftalarda toprak örnekleri alınarak pH analizi ile fosfor ve mikro element analizleri yapılmıştır. 10. haftada saksılara sorghum tohumları ekilmiş ve 30. haftada bitkiler hasat edilerek kurumadde verimi (g/saksı), bitkinin makro ve mikro element kapsamı ve alımı (mg/saksı) belirlenmiştir.

Denemede toprak pH'sı üzerine uygulamaların etkisi bütün örnekleme zamanlarında önemli bulunmuştur. Atık uygulamaları, toprak pH'nı kükürt uygulamalarına göre daha fazla düşürmüştür. İlerleyen zaman içerisinde ise toprak pH'sı yeniden yükselmeye başlamıştır.

Toprağın alınabilir P kapsamı üzerine uygulamaların etkisi önemsiz bulunmuştur. Uygulamaların topraktaki alınabilir Fe ve Zn kapsamı üzerine etkisi ise bütün örnekleme zamanlarında önemli olmuştur. Atık uygulamaları, atığın yüksek miktarda Fe içermesinden dolayı toprağın alınabilir Fe kapsamını kontrole göre arttırmıştır. Atık ve kükürt uygulamaları sonucunda toprağın alınabilir Zn kapsamı kontrole göre düşme göstermiştir. Toprağın alınabilir Mn ve Cu kapsamı üzerine uygulamaların etkisi 5. ve 30. haftada önemli olmasına rağmen 10. haftada önemli olmamıştır. Genel olarak bakıldığı zaman ise uygulamalar kontrole göre çok az da olsa deneme toprağının alınabilir Mn ve Cu kapsamını artırmıştır.

Saksı denemesinde sorghum bitkisinin kurumadde verimi üzerine kükürt uygulamaları daha etkili olmuş ve özellikle 50 kg S/da ve 100 kg S/da uygulaması bitkinin kurumadde verimini kontrole göre sırasıyla % 84.4 ve 91.2 oranında artırmıştır. Atık uygulamaları da kontrole göre

kurumadde verimini artırmasına rağmen, atığa ait bütün uygulamalarla kontrolden elde edilen kurumadde verimi arasındaki farklar önemli bulunmamıştır.

Saksı denemesinde uygulamaların bitkinin N, Ca, Mg, Fe ve Mn kapsamı üzerine etkileri önemli olmamıştır. Ancak uygulamalar bitkinin P, K, Zn ve Cu kapsamı üzerine etkili olmuştur. Fakat bu önemli etkiler kontrolle karşılaştırıldığında Cu hariç azalma şeklinde görülmüştür. Bitkinin besin alımı üzerine uygulamaların etkisi ise Fe ve Mg'da önemsiz iken; N, P, K, Ca, Zn, Mn ve Cu'da ise önemli bulunmuş ve bitkinin besin alımı artmıştır. Bitkinin besin almındaki artış da, kurumadde verimindeki artışların bir sonucu olarak meydana gelmiştir.



7. SUMMARY

POSSIBILITIES OF THE USE OF THE FLOATATION WASTES FROM KEÇİBORLU SULPHUR FACTORY AND ELEMENTAL SULPHUR IN THE ALKALINE AGRICULTURAL SOILS

This study was carried out to investigate the effect of the floatation waste from Keçiborlu Sulphur Factory and elemental sulphur on the pH and unavailable plant nutrient in two soils one of which was extremely calcareous and the other highly calcareous with slightly alkaline reaction, and also to determine the degree of this effect on the plants (if any). For this purpose, field experiments on two calcareous soils, one extremely calcareous (37.3 % CaCO_3 , pH 7.88) and the other highly calcareous (9 % CaCO_3 , pH 7.82) and a plot experiment with the extremely calcareous soil were carried out. Variance analysis and Duncan's Multiple Range test on the final data were carried out.

Field experiments were designed according to randomised block design with 4 replicates, and included control 10 different treatment applied. In the field, 2, 4, 6 and 10 tonnes /da of the floatation waste; 50, 100, 150 and 200 kg/da of elemental sulphur and a mixture of 2 tonnes/da waste and 50 kg/da elemental sulphur were applied to soil. In July 1994, these materials were applied to 0-20 cm soils depth, of and the plots in the field were kept empty from July 1994 to April 1995 but after this date sorghum seeds (*Sorghum bicolor* L.) were planted. In August 1995 plants were harvested. During the experiment soil samples were taken at 5, 10, 38 and 58 weeks to measure pH of the soils. At the end of the experiment dry matter of the plants were determined.

The application of the materials has reduced the pH of the two soils and this reduction continued progressively during the field experiment being more obvious for the soil with 9 % CaCO_3 . The application of the waste materials was more effective than the application of elemental sulphur in terms of reduction of pH of soil all the sampling times.

The effects of applications on the dry matter in the plots with extremely calcareous soil were found to be not significantly important. Although this effect were found to be significantly important in the plots with highly calcareous soil, but this was not constant. It is thought that

after the plantation which was 38 weeks after the first application, the pH of the soil started to increase and thus the effects of the applications on the dry matter could not be seen.

The pot experiment with sorghum (*Sorghum bicolor* L.) carried out according to the completely randomized design with 3 replicates on the extremely calcareous soil (37.3 % CaCO_3) with pH 7.88. Included the control 8 different treatments were applied. In October 1994 2, 4 and 6 tonnes/da of waste; 50, 100 and 150 kg/da of elemental sulphur and a mixture of 2 tonnes/da waste and 50 kg/da elemental sulphur were applied to the pot soils according to the amounts determined in the experiment. After the experiment was carried out at 5, 10 and 30 weeks soil samples were taken and than pH, phosphorus and micro nutrients analyses were performed. At the 10th week sorghum seed were planted in the plots and at the 30th week they were harvested. Then dry matter (g/pot), micro and macro nutrients content of the plants and the uptake of these nutrients (mg/pot) were determined.

The effects of application on the pH of the soil were found to be significantly important for all the sampling periods. The application of the waste reduced the soil pH more than the sulphur applications, and in time the pH of soil started to decrease.

The effects of applications on the available P in the soil were found to be not significantly imported, whereas these applications were effective on the available Fe and Zn during all the sampling times. The application of the waste product increased the available Fe in the soil due to its high Fe content but waste product and elemental sulphur applications decreased available Zn in the soil. The effect of applications on the available Mn and Cu content were significantly important at the 5th and 30th weeks but it was not the same at the 10th week.

In the plot experiment sulphur applications were more effective on the dry matter content of the plant and especially 50 kg S/da and 100 kg S/da applications increased the dry matter of the plant by 84.4 % and 91.2 % respectively. Although the applications of the waste product increased the dry matter content of the plant, there were no significant differences between the control and applications.

The effect of applications in the pot experiment were not significantly important for N, Ca, Mg, Fe and Mn content of the plant, whereas they had a significant negative effect on P, K and Zn except for Cu. The Effect of applications on the uptake of Fe and Mg were not significantly important, whereas this was important for N, P, K, Ca, Zn, Mn and Cu. All the applications increased the uptake of nutrients. It is assumed that the increase of uptake of nutrients was an increase of the dry matter content of the plants.

8. KAYNAKLAR

- AGAR, A. 1992. Topraktaki Değişebilir Magnezyum Kapsamına Jips ve Kükürt Flotasyon Atığının Etkileri. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 177 Rapor Seri No: 97, Ankara.
- ANDERSON, D.L. 1985. Crop Soil Fertility Recommendations of the Everglades. Soil Testing Laboratory. EREC Mimeo Report EV-1985-10. Univ. Florida, Belle Glade.
- ANONİM, 1984. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Topraksu Gn. Müd. Araş. Dairesi Bşk., Yayın No: 47, Rehber No: 8, Ankara.
- ANONİM, 1995. Antalya İli Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Antalya.
- AKTAŞ, M. 1994. Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği, İkinci Baskı, Ank. Üniv. Zir. Fak. Yayınları, Yayın No:1361, Ders Kitabı: 395, Ankara.
- AYDENİZ, A., BROHI, A.R. 1980. Kireç ve Kükürt İlişkileri III. Börülce Bitkisinde. Ank. Üniv. Zir. Fak. Yıllığı, Cilt :30, No: 1-2, Ankara.
- BAHÇECİ, İ. 1989. Burdur-Yarıköy Tuzlu Sodyumlu Borlu Topraklarının Islahı İçin Gerekli Kükürt Fabrikası Flotasyon Atığı, Yıkama Suyu Miktarı ve Islah Süresi. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Konya Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No: 132 Rapor Seri No: 106. Konya.
- BEVERLY, R.B., ANDERSON, D.L. 1987. Effects of Acid Source on Soil pH, Soil Science Vol. 143, No. 4, 301-303
- BLACK, C.A. 1957. Soil- Plant Relationships. John Wiley and Sons, Inc., Newyork.

- BLACK, C.A. 1965. Methods of Soil Analysis. Part 2, Amer. Society of Agronomy Inc., Publisher Madisson, Wilconsin, U.S.A., 1372-1376.
- BOUYOUCOS, G.J. 1955. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of the Soils, Agronomy Journal 4 (9): 434
- BROWN, J.C. 1961. Iron Chlorosis in Plants. Agron. J. 13:329-366
- BROHI, A.R., AYDENİZ, A. 1980. Tarsus Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Toprağının Verimliliğine Kükürdün Etkisi, Ank. Üniv. Zir. Fak. Doktora Tez Özetleri, Ayrı Basım, Ank. Üniv. Basımevi, Ankara.
- ÇAĞLAR, K.Ö. 1949. Toprak Bilgisi. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları Sayı: 10.
- ÇAYCI, G., INAL, A., BARAN, A., ARCAK S. 1995. Bitki Yetiştirme Ortamı Olarak Peatin Özellikleri Üzerine Kükürt İlavesi ve İnkübasyon Süresinin Etkileri. Tarım Bilimleri Dergisi Cilt.1 Sayı:1 Syf:35-40. Ankara.
- ÇENGEL, M. 1983. Menemen Ovası Tuzlu-Alkali Topraklarında Biyolojik Kükürt Oksidasyonu, Kükürt Bakterilerinin Aktiviteleri ve Etkili Thiobacillus Türleri Üzerine Araştırmalar. Ege Üniv. Zir. Fak. Dergisi Cilt: 28 S. 3; 63-76
- ÇENGEL, M. 1992. Toprak Biyolojisi. Ege Üniv. Zir. Fak. Yayınları Ders Notları No: 5, İzmir.
- CHAPMAN, S.J. 1989. Oxidation of Micronized Elemental Sulphur in Soil, Plant and Soil, 116, 69-76.
- CHRISTENSEN, P.D., LYRELY, P.J., 1964. Yield of Cotton and Other Crops as Affected by Applications Sulphuric Acid in Irrigation Water. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 18, 433-436.

- CLEMENT, L.O. 1978. Sulfur Increases Availability of Phosphorus in Calcareous Soil. *Sulphur in Agric.*, 2: 9-12
- DE LUCA, T.H., SKOPLEY, E.O., ENGEL, R.E. 1989. Band-Applied Elemental Sulphur to Enhance the Phytoavailability of Phosphorus in Alkaline Calcareous Soils. *Biol. Fertil. Soils*. 7: 346-350.
- ESSINGTON, M.E., O'CONNOR, G.A. 1980. Soil and Plant Response to Application of Phosphorus Fertilizers and Sulfuric Acid. New Mexico State University Agriculture Experiment Station Research Report. 417.
- ETİBANK BÜLTENİ, 1983. Keçiborlu Kükürt İşletmesi Özel Sayı-47.
- EVLIYA, H. 1964. Kültür Bitkilerin, Beslenmesi Ank. Üniv. Zir. Fak. Yayınları, Sayı: 10.
- FREED, R., EINENSMITH, S.P., GUETZ, S., REICOSKY, D., SMAIL, V.W., WOLBERG, P. 1989. User's Guide to Mstat-C, A Analysis of Agronomic Research Experiments. Michigan State University, U.S.A.
- GARCIA, M.E., CARLONI, L. 1977. The Effect of Sulphur on The Solubility and Forms of Phosphorus in Soil. *Agrochemical* 21, 163-169.
- GAREY, C.L., BARBER, S.A. 1952. Evaluation of Certain Factors Involved in Increasing Manganese Availability with Sulphur. *Soil Science Soc. Amer. Proc.*, 16: 173.
- GENÇKAN, M.S. 1983. Yem Bitkileri Tarımı. Ege Üniversitesi Matbaası 427-428, Bornova-İzmir.
- GUPTA, V.R., MEHLA, I.S. 1980. Influence of Sulphur on the Yield and Concentration of Cu, Mn, Fe, and Mo in Berseem (*Trifolium alexandrium*) Grown in Two Different Soils. *Plant and Soil*. 56, 229-234
- HANGSTROM, G.R., STROEHLIN, J.L., RYAN, J. 1976. Sulphuric Acid+mining residue=promising Iron Fertilizer Material. *Sulphur Institute Journal*, Vol:12, N:2.

- HASSAN, N., OLSON, R.A. 1966. Influence of Applied Sulfur on Availability of Soil Nutrients for Corn (*Zea mays* L.) Nutrition. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Vol.30, 284-286
- HILAL, M.H., ABD- ELFATTAH, A.A. 1987. Effect of CaCO_3 and Clay Content of Alkali Soils on Their Response to Added Sulphur. Sulphur Agric. 11, 15-17.
- HUNDSON, A.W. 1976. Sulphur and Its Effect on Soil Acidity. Shell Agricultural Chemicals. p.283-285.
- JACKSON, M.C. 1967. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall of India Private' Limited, New Delhi.
- JANZEN, H.H., BETTANY, J.R. 1986. Release of Available Sulfur From Fertilizers. Can. J. Soil. Sci. 66: 91-103
- JANZEN, H.H., BETTANY, J.R. 1987a. The Effect of Temperature and Water Potential on Sulfur Oxidation in Soils. Soil Sci. 144: 81-89.
- JANZEN, H.H., BETTANY, J.R. 1987b. Oxidation of Elemental Sulfur Under Field Conditions in Central Saskatchewan. Can. J. Soil Sci. 67: 609-618.
- JANZEN, H.H. BETTANY, J.R. 1987c. Measurement of Sulfur Oxidation in Soils. Soil Sci. 143: 444-452.
- KACAR, B., AKGÜL, M.E. 1966. Influence of Heavy Dressing of Sulfur on the Availability of Soil Phosphorus in an Alkaline Calcareous Soil. Yb. Agric. Univ. Ankara, p. 33-41.
- KACAR, B. 1966. Değişik Zaman ve Miktarlarda Toprağa Verilen Çeşitli Formlardaki Kükürdün: II. Mısır Bitkisinin Azot ve Fosfordan Faydalanmaları Üzerine Tesirleri Ank. Üniv. Zir. Fak. Yayınları, 762, Çalışmalar 164. A. Ü. Basımevi, Ankara.
- KACAR, B. 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. II. Bitki Analizleri. Ank. Üniv. Zir. Fak. Yayın No: 453.

- KACAR, B., AMİN, S.M.R. 1972. Yonca Bitkisinin Fosfor Alımı Üzerine Toprağa Artan Miktarlarda Verilen Kükürdün Etkisi. Ank. Üniv. Zir. Fak. Yıllığı, Fas. No: 22, 3-4'den ayrıbasım 580-605.
- KACAR, B., KOVANCI, İ. 1982. Bitki, Toprak ve Gübrelerde Kimyasal Fosfor Analizleri ve Sonuçlarının Değerlendirilmesi. Ege Üniv. Zir. Fak. Yayınları, No: 354.
- KACAR, B. 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri, III. Toprak Analizleri, Ank. Üniv. Zir. Fak. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3.
- KASHİRAD, A., BAZARGANİ, J. 1972. Effect of Sulfur on pH and Availability Phosphorus in Calcareous Soils, Influence of Sulfur and Nitrogen on Yield and Chemical Composition, of Corn. Ztsch.f. Pflanzenernährung. Bodenkunde, 131, 6-13.
- KAYAEL, N., MUNSUZ, N. 1986. Keçiborlu Kükürt İşletmesi Flotasyon Atıklarının Bölge Tarım Topraklarında Kullanılma Olanakları. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yıllığı Cilt: 36 Fasikül 1'den Ayrı Basım, 138-147
- KELLEY, W.P. 1951. Alkali Soils. Their Formation Properties and Reclamation. Reinhold Publishing Corporation New York. U.S.A.
- KELLOG, C.E. 1952. Our Garden Soils. The Macmillan Company, New York.
- KHORSANDİ, F. 1994a. Phosphorus Fractions in Two Calcareous Soils as Affected by Sulfuric Acid Application. Journal of Plant Nutrition, 17(9), 1599-1609.
- KHORSANDİ, F. 1994b. Sulfuric Acid Effects on Iron and Phosphorus Availability in Two Calcareous Soils. Journal of Plant Nutrition, 17(9), 1611-1623.
- KÜN, E. 1985. Sıcak İklim Tahılları. Ank. Üniv. Zir. Fak. Yayınları 1089 Ders Kitabı: 314 Ankara.

- LINDEMANN, W.C., ABURTO, J.J., HAFFNER, W.M., BONO, A.A. 1991. Effect of Sulfur Source on Sulfur Oxidation. Soil. Sci. Soc. Am. J., Vol. 55, January-February, 85-90.
- LINDSAY, W.L., NORWELL, W.A. 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper. Soil Sci. Amer. Jour., 42(3):421-28.
- LOUE, A. 1968. Diagnostis Petiolaire de Prospection Etudes Sur la Nutrition et al Fertilisation Potassiques de la Vigne. Societe Commerciale des Potasses d'Alsace Services Agronomiques, 31-41.
- LUCAS, R.E. 1982. Organic Soils (Histosols): Formation Distribution, Physical and Chemical Properties and Management For Crop Production. Michigan State Univ., Res., Rep., 435.
- LUDWICK, A.E., SHARPEE, K.W., ATTOE, D.J. 1968. Manganese Sulphur Fusions as a Source of Manganese for Crops. Agronomy Journal 60:232.
- MAHMOUD, K., FILSOOF, F., REZAI- NEJAD, Y. 1989. Efect of Sulphur Treatments on Yield and Uptake of Fe, Zn, and by Corn, Sorghum and Soybeans. Field Crop. Abs. May Vol. 42 No.5.
- MATHERS, C.A. 1970. Effects of Ferrus Sulfate and Sulfuric Acid on Grain Sorghum Yields. Agron. J. Vol:62, No: 5, 555-556
- MC GEORGE, W.T. 1945. Acidulated Fertilizers for Arizona Soils. Ariz. Agr. Expt. Sta. Tech. Bul. 201.
- MIYAMOTO, S., RYAN, J., STROHLEIN, J.L. 1974. Effects of SO₂ on Calcareous Soils. Sulphur Institute Journal, Vol: 10, No: 2
- MODAIHSH, A.S., AL-MUSTAFA, W.A., METWALLY, A.I. 1989. Effect of Elemental Sulphur on Chemical Changes and Nutrient Availability in Calcareous Soils. Plant and Soil, 116, 95-101

- NEILSEN, D., HOUGE, E.J., HOYT, B.B., DROUGH, B.G. 1993. Oxidation of Elemental Sulphur and Acidulation of Calcareous Orchard Soils in Southern British Columbia. Canadian Journal of Soil Science, February, 73:103-114.
- NICHOLAS, J.D., PHILBS, G.M., REED, L.M. 1960. Effect of Nitrojen, Sulfur and Lime, on Utilization of Rock Phosphate by Alfalfa. Agron. Journal. 52:264-267.
- NOR, Y.M., TABATABAI, M.A. 1977. Oxidation of Elemental Sulfur in Soils. Soil Sci. Soc. Amer. J., Vol.41, 736-741.
- OLSEN, S.R., SOMMERS, E.L. 1982. Phosphorus Soluble in Sodium Bicarbonate, Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties. Edit: A.L. Page, P.H. Miller, D.R. Keeney, 404-430.
- OVERSTREET, R., MARTIN, J.C., 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 I. Toprak Verimliliği. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları:525, Ders Kitabı:170
- ÖZBEK, N., DANIŞMAN, S. 1979. Elementel Kükürt ve Sülfürik Asit Uygulamalarının Kireçli Topraklarda Fe Alımına Etkileri. Ank. Ü. Zir. Fak. Yıllığı Cilt: 29, Fasikül 2-3-4'den Ayrı Basım. 949-966.
- PIZER, N.H. 1967. Some Advisory Aspect. Soil Potassium and Magnesium, Tech. Bull. No.14:184.
- PRATT, P.F. 1961. Phosphorus and Aluminum Interactions in the Acidification of Soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 25: 467-469.
- PAULINA, L.I., CALDWELL, A.C. 1966. The Oxidation of Elemental Sulfur in Soil. Soil Sci. Amer. Proc., Vol.30, 370-372.

- REUTHER, D.J., ALSTON, A.M., HEARD, T.G. 1973. Correction of Manganese Deficiency in Barley Crops on Calcareous Soils III. Application of Elementel Sulphur. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. Vol:13, August, 446-451
- RICHARDS, L.A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U.S. Dept. Agricultural Handbook No: 60, 110:8.
- RUPELA, O.P., TAURO, P. 1973. Isolation and Characterization of Thiobacillus from Alkali Soils. Soil Biol. Biochemistry. Vol. 5, 891-897.
- RYAN, J., STROEHLEIN, J.L. 1973. Use of Sulfuric Acid on Phosphorus Deficient Arizona Soils. Progressive Agriculture in Arizona. Vol. 25, No. 6, 11-13.
- RYAN, J., MIYAMOTO, S., STROEHLEIN, J.L. 1974. Solubility of Manganese, Iron and Zinc as Affected by Application of Sulfuric Acid to Calcareous Soils. Plant and Soil. 40, 421-427
- RYAN, J., STROEHLEIN, J.L., MIYAMOTO, S. 1975. Sulphuric acid Applications to Calcareous Soils: Effects on Growth and Chlorophyll Content of Common Bermudagrass in the Greenhouse Agron. J. Vol:67, Nr:5, 633-637
- RYAN, J., STROEHLEIN, J.L. 1979. Sulfuric Acid Treatment of Calcareous Soils: Effects on Phosphorus Solubility, Inorganic Phosphorus Forms and Plant Growth. Soil Sci. Soc. Amer. J., Vol. 42.731-735.
- SARI, M., AKSOY, T., KÖSEOĞLU, T., KAPLAN, M., KILIÇ, Ş., PİLANALI, N. 1993. Akdeniz Üniversitesi Kampüs Alanının Detaylı Temel Toprak Etüdü ve İdeal Arazi Kullanım Planlaması. Akd. Üniv. Zir. Fak. Toprak Böl. Antalya.
- TISDALE, S.L., BERTRAMSON, B.R. 1949. Elemental Sulfur and Its Relationship to Manganese Availability. Soil Sci. Soc. Proceeding Vol.14, 131-137

- SCHACHTSCHABEL, P., BLUME, H. P., BRÜMMER, G., HARTGE, K. H., SCHWERTMANN, U. 1993. Toprak Bilimi. Ç.Ü. Zir. Fak. Gn. Yayın No. 73, Ders Kitapları Yayın No.16.
- SEN GUPTA, M.B., CORNFIELD, A.H. 1964. Effect of Four Acidifying Materials Added to a Calcareous Soil on the Availability of Phosphorus to Rye grass. Plant and Soil, 21, No:3, December, 389-390
- SHADFAN, H., HUSSEN, A.A. 1985. Effect of Sulphur Application on the Availability of P, Fe, Mn, Zn and Cu in Selected Saudi Soils. In Proc. See. Reg. Conf. on Sulphur and Its Usage in Arab Countries. Riyadh 2-5 March. Saudi Arabia, Vol.1, 3-24.
- SÖNMEZ, B. 1988. Kükürt Fabrikası Flotasyon Atıklarının Sodyumlu Topraklarda Islah Maddesi Olarak Kullanılma Olanaklarının Belirlenmesi. Tarım ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No: 158 Rapor Seri No: R-81.
- STARKEY, R.L. 1950. Relations of Microorganisms to Transformations of Sulfur In Soils. Soil Sci. Vol.70; No: 1; 55-67.
- THUN, R., HERMANN, R., KNICKMAN, E. 1955. Die Untersuchung Von Boden. Neuman Verlag, Radelbeul and Berlin, s: 48-48.
- THORNE, D.W. 1944. The Use of Acidifying Materials on Calcareous Soils. Jour. Amer. Soc. Agron., 36, 815.
- TISDALE, S.L., NELSON, W.L. 1958. Soil Fertility and Fertilizers 2nd. pp.100. The McMillan Company. U.S.A.
- TISDALE, S.L., NELSON, W.L., BEATON, J.D. 1985. Soil Fertility and Fertilizers. 4th ed. McMillan, New York, N.Y. 754.
- TOBIA, S.K., POLLARD, A.G. 1959. Some Effects of Acidification of Alkaline and Calcareous Soils. II. Effect on Composition of Soil Solution Under Field Conditions. Journal Sci. Food Agric., 10, October. 529-531.

TRZCINSKI, T., FERANGE, M.T. 1964. The Acidifying Effect of Sulphur on the pH of Calcareous Soil. Bull. Inst. Gembl. 32, 256-269.

VAVRA, J.P., LLOYD, R.F. 1952. The Effect of Sulfur Oxidation on the Availability of Manganese. Soil Sci. Soc. Proc., 16, 141-144.

ZABUNOĞLU, S., BROHI, A.R. 1980. Mısır Bitkisinin Kükürt ve Azot ile Gübrenilmesi I. Elementel Kükürdün Mısır Bitkisinin Kurumadde Miktarı, Kükürt Kapsamı ve Ahmı Üzerine Etkisi. A.Ü. Zir. Fak. Yıllığı Cilt: 30, Fasikül No: 1-2, Ankara.

ZABUNOĞLU, S., BROHI, A.R. 1981. Kükürt ve Azotun Mısır ve Yonca Bitkisinde Bazı Besin Maddesi Kapsamları Üzerine Etkisi. Ank. Üniv. Zir. Fak. Yıllığı Cilt: 31, Fasikül No: 1-2-3-4.

ÖZGEÇMİŞ

Şule Ş. Orman (Elge) 1970 yılında Antalya'da doğdu. İlk, orta, lise öğrenimini Antalya'da tamamladı. 1989 yılında girdiği Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü'nden 1993 yılında Ziraat Mühendisi olarak mezun oldu.

1993 yılında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü'nde Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Halen aynı üniversitede araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.

