



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

## BURSA İLİ TARIM TOPRAKLARININ KÜKÜRT DURUMU

Murat Ali TURAN

DOKTORA TEZİ  
TOPRAK ANABİLİM DALI

BURSA-2007



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

## BURSA İLİ TARIM TOPRAKLARININ KÜKÜRT DURUMU

Murat Ali TURAN

Prof.Dr. A. Vahap KATKAT  
(Danışman)

DOKTORA TEZİ  
TOPRAK ANABİLİM DALI

BURSA 2007

T.C.  
ULUDAĞ UNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BURSA İLİ TARIM TOPRAKLARININ KÜKÜRT DURUMU

Murat Ali TURAN

DOKTORA TEZİ  
TOPRAK ANABİLİM DALI

Bu tez 16 / 11 / 2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. A. Vahap KATKAT  
(Danışman)

Prof. Dr. Hüseyin Savaş BAŞKAYA

Prof. Dr. Süleyman TABAN

Doç. Dr. Ertuğrul AKSOY

Doç. Dr. Cumhuriyet AYDINALP

## ÖZET

### BURSA İLİ TARIM TOPRAKLARININ KÜKÜRT DURUMU

Bu çalışma Bursa İlinde yoğun olarak tarım yapılan ve yaygın olarak dağılım gösteren büyük toprak gruplarının kükürt durumlarının belirlenmesi, toprağa kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat (AS), jips (J) ve elementel kükürt (ES)'den uygulanan kükürdün kimi toprak özellikleri ve yarayışlı besin elementlerinin konsantrasyonları üzerine etkileri ile farklı kaynaklardan artan dozlarda uygulanan kükürdün sera koşullarında yetiştirilen mısır bitkisinin gelişimi ve kimi besin elementi içeriği üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

Bu amaçla Bursa ilinde yoğun olarak tarımsal faaliyette bulunan aluviyal, kolluviyal ve vertisol büyük toprak grupları seçilmiştir. Aluviyal büyük toprak grubundan 30, koluviyal büyük toprak grubundan 10 ve vertisol büyük toprak grubundan 10 olmak üzere toplam 50 adet toprak örneği alınmış ve bu toprak örneklerinde yapılan analizler sonucunda; Aluviyal ve koluviyal toprakların % 20'sinde ve vertisol toprakların % 40'ında kükürt noksanlığı belirlenmiştir.

Araştırma kapsamında yürütülen inkübasyon denemesi sonucunda toprağa uygulanan kükürt kaynakları arasında elementel kükürt toprak reaksiyonun azaltıcı etki yönünden en etkili kükürt kaynağı olarak belirlenmiştir. Ayrıca elementel kükürdün toprakların bitkiye yarayışlı Mn konsantrasyonlarını da artırdığı belirlenmiştir.

Sera koşullarında kükürt uygulaması mısır bitkisinin kurumadde miktarları olumlu yönde etkilenmiş ve mısır bitkisinin kurumadde miktarı her üç büyük toprak grubunda da genelde artırmıştır. Bitkilerin kükürt içerikleri büyük toprak gruplarına bağlı olarak farklılık gösterirken uygulanan kükürt kaynaklarının bitkilerin kurumadde miktarları ve kükürt içerikleri üzerine olan etkileri  $ES > J > AS$  şeklinde sıralanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kükürt, Mısır, Büyük Toprak Grubu

**ABSTRACT****THE SULPHUR CONTENT OF AGRICULTURAL SOILS FROM BURSA REGION**

The aim of the present study was to determine the sulphur content of intensively cultivated and widely distributed great soil groups in Bursa. The experiment was conducted to determine the effects of sulphur applications from different sources [i.e. ammonium sulphate (AS), gypsum (J), elemental sulphur (ES)] on some soil properties and available nutritional elements' concentrations as well as to observe the growth of corn plants under greenhouse conditions and their mineral contents with increasing consecutive sulphur concentrations.

Intensively used great soil groups, namely alluvial, colluvial and vertisol, were examined. Fifty soil samples were taken and analyzed. A total of 50 great soil samples were analyzed, being 30 from alluvial, 10 from colluvial and 10 from vertisol soil groups. Twenty percent of the alluvial and colluvial, 40 % of the vertisol great soil groups showed sulphur deficiency.

In incubation experiments, the most effective source to reduce soil reaction was determined as elemental sulphur. In addition, available Mn concentration in the soils was increased by application of elemental sulphur.

Under greenhouse conditions dry matter contents of corn plants were affected positively by application of sulphur and showed an increase in all three great soil groups. Sulphur contents varied depending on the great soil groups and the effect of sulphur sources were found to be as  $ES > J > AS$ .

Key Words: Sulphur, Maize, Great Soil Group

<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>Sayfa No</b>
TEZ ONAY SAYFASI	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
GİRİŞ	1
<b>1. KAYNAK ÖZETLERİ</b>	<b>4</b>
1.1 Toprakta Kükürt ve Kükürt Formları	4
1.2 Kükürt Döngüsü	6
1.3 Bitkide Kükürt	7
1.3.1 Kükürdün alınımı ve taşınması	7
1.3.2 Bitkilerin kükürt içerikleri	8
1.3.3 Kükürt asimilasyonu ve indirgenmesi	9
1.3.4 Kükürdün metabolik işlevleri, bitki gelişimi ve kükürt ilişkisi	11
1.3.5 Kükürt noksanlığı ve belirtileri	16
1.3.6 Bitkide kükürt toksisitesi	17
<b>2. MATERYAL VE YÖNTEM</b>	<b>18</b>
2.1 Toprak Örneklerinin Alındıkları Yerler ve Büyük Toprak Grupları Hakkında Kısa Bilgiler	18
2.2 Toprak Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması	21
2.3 Toprak Örneklerinde Yapılan Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analizler	21
2.3.1 Mekanik analiz	21
2.3.2 Tarla kapasitesi	22
2.3.3 Toprak reaksiyonu (pH)	22
2.3.4 Elektriksel iletkenlik (EC)	22
2.3.5 Kireç miktarı (CaCO <sub>3</sub> )	22
2.3.6 Organik madde	22
2.3.7 Toplam azot	22
2.3.8 Bitkiye yararlı fosfor	23
2.3.9 Bitkiye yararlı kükürt (SO <sub>4</sub> -S)	23
2.3.10 Değişebilir sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum	23
2.3.11 Bitkiye yararlı çinko, demir, bakır, mangan	23
2.4 Toprak Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	23
2.5 İnkübasyon Denemesi	24
2.5.1 İnkübasyon sürecinde alınan toprak örneklerinde yapılan analizler	25
2.6 Sera Denemesi	25
2.7 Bitki Örneklerinin Analize Hazırlanması ve Bitki Örneklerinde Yapılan Analizler	27
2.7.1 Toplam azot	27

2.7.2	Toplam fosfor, kükürt, potasyum, kalsiyum, magnezyum, çinko, demir, bakır ve mangan	28
2.8	İstatistiki analiz	28
<b>3.</b>	<b>ARAŞTIRMA SONUÇLARI</b>	29
3.1	Araştırma Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	29
3.1.1	Aluviyal topraklar	29
3.1.2	Koluviyal topraklar	34
3.1.3	Vertisol topraklar	38
3.2	Araştırma Topraklarının Kükürt İçerikleri	42
3.2.1	Aluviyal topraklar	42
3.2.2	Koluviyal topraklar	43
3.2.3	Vertisol topraklar	43
3.3	İnkübasyon Denemesi	45
3.3.1	Aluviyal topraklar	45
3.3.2	Koluviyal topraklar	57
3.3.3	Vertisol topraklar	67
3.4	Araştırma Topraklarına Farklı Kaynaklardan Uygulanan Kükürdün Mısır Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkileri	77
3.4.1	Mısır Bitkisinin Kurumadde Miktarı Üzerine Etkisi	77
3.4.1.1	Aluviyal Topraklar	77
3.4.1.2	Koluviyal Topraklar	80
3.4.1.3	Vertisol Topraklar	82
3.4.2	Mısır Bitkisinin Kükürt İçeriği Üzerine Etkisi	85
3.4.2.1	Aluviyal Topraklar	85
3.4.2.2	Koluviyal Topraklar	86
3.4.2.3	Vertisol Topraklar	88
3.4.3	Mısır Bitkisinin Makro Element İçerikleri Üzerine Etkisi	89
3.4.3.1	Aluviyal Topraklar	89
3.4.3.2	Koluviyal Topraklar	93
3.4.3.3	Vertisol topraklar	96
3.4.4	Mısır Bitkisinin Mikro Element İçerikleri Üzerine Etkisi	100
3.4.4.1	Aluviyal Topraklar	100
3.4.4.2	Koluviyal Topraklar	104
3.4.4.3	Vertisol topraklar	106
<b>4.</b>	<b>TARTIŞMA</b>	110
4.1	Bursa İlinde Yoğun Olarak Tarım Yapılan Aluviyal, Koluviyal ve Vertisol Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyal Özellikleri	110
4.2	İnkübasyon Denemesi	113
4.3	Sera Denemesi	115
	SONUÇ	119
	KAYNAKLAR	121
	ÖZGEÇMİŞ	127

**ÇİZELGELER DİZİNİ****Sayfa  
No**

Çizelge 2.1	Toprak örneklerinin alındıkları yerler, koordinatları ve ait oldukları büyük toprak grupları	20
Çizelge 2.2	Topraklarda belirlenen bitki besin elementlerinin değerlendirilmesinde kullanılan sınır değerleri	24
Çizelge 3.1	Bursa ili alüvyal tarım topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	30
Çizelge 3.2	Bursa ili aluviyal tarım topraklarının toplam N, yarayışlı P ve değişebilir kation içerikleri	32
Çizelge 3.3	Bursa ili aluviyal tarım topraklarının bitkiye yarayışlı mikro element içerikleri	33
Çizelge 3.4	Bursa ili koluviyal tarım topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	34
Çizelge 3.5	Bursa ili koluviyal tarım topraklarının toplam N, yarayışlı P ve değişebilir kation içerikleri	36
Çizelge 3.6	Bursa ili koluviyal tarım topraklarının bitkiye yarayışlı mikro element içerikleri	37
Çizelge 3.7	Bursa ili vertisol tarım topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	39
Çizelge 3.8	Bursa ili Bursa ili vertisol tarım topraklarının toplam N, yarayışlı P ve değişebilir kation değerleri	40
Çizelge 3.9	Bursa ili vertisol tarım topraklarının bitkiye yarayışlı mikro element içerikleri	41
Çizelge 3.10	Bursa ili aluviyal tarım topraklarının kükürt içerikleri	42
Çizelge 3.11	Bursa ili koluviyal tarım topraklarının kükürt içerikleri	43
Çizelge 3.12	Bursa ili vertisol tarım topraklarının kükürt içerikleri	44
Çizelge 3.13	Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların reaksiyonu (pH) üzerine etkileri	46
Çizelge 3.14	Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri üzerine etkileri	47
Çizelge 3.15	Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı kükürt içerikleri üzerine etkileri	49
Çizelge 3.16	Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı fosfor içerikleri üzerine etkileri	51
Çizelge 3.17	Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı demir içerikleri üzerine etkileri	53
Çizelge 3.18	Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı bakır içerikleri üzerine etkileri	54



Çizelge 3.19	Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı çinko içerikleri üzerine etkileri	55
Çizelge 3.20	Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı mangan içerikleri üzerine etkileri	56
Çizelge 3.21	Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların reaksiyonu (pH) üzerine etkileri	58
Çizelge 3.22	Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri üzerine etkileri	59
Çizelge 3.23	Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı kükürt içerikleri üzerine etkileri	61
Çizelge 3.24	Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı fosfor içerikleri üzerine etkileri	62
Çizelge 3.25	Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı demir içerikleri üzerine etkileri	63
Çizelge 3.26	Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı bakır içerikleri üzerine etkileri	64
Çizelge 3.27	Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı çinko içerikleri üzerine etkileri	65
Çizelge 3.28	Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı mangan içerikleri üzerine etkileri	66
Çizelge 3.29	Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların reaksiyonu (pH) üzerine etkileri	68
Çizelge 3.30	Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri üzerine etkileri	69
Çizelge 3.31	Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı kükürt içerikleri üzerine etkileri	70
Çizelge 3.32	Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı fosfor içerikleri üzerine etkileri	71
Çizelge 3.33	Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı demir içerikleri üzerine etkileri	73

Çizelge 3.34	Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı bakır içerikleri üzerine etkileri	74
Çizelge 3.35	Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı çinko içerikleri üzerine etkileri	75
Çizelge 3.36	Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı mangan içerikleri üzerine etkileri	76
Çizelge 3.37	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kurumadde miktarı (g saksı <sup>-1</sup> ) üzerine etkisi	78
Çizelge 3.38	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kurumadde miktarı (g saksı <sup>-1</sup> ) üzerine etkisi	80
Çizelge 3.39	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kurumadde miktarı (g saksı <sup>-1</sup> ) üzerine etkisi	83
Çizelge 3.40	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kükürt içeriği (mg kg <sup>-1</sup> ) üzerine etkisi	85
Çizelge 3.41	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kükürt içerikleri (mg kg <sup>-1</sup> ) üzerine etkisi	87
Çizelge 3.42	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kükürt içerikleri (mg kg <sup>-1</sup> ) üzerine etkisi	88
Çizelge 3.43	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin azot içerikleri (%) üzerine etkisi	90
Çizelge 3.44	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin fosfor içerikleri (mg kg <sup>-1</sup> ) üzerine etkisi	90
Çizelge 3.45	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin potasyum içerikleri (%) üzerine etkisi	91
Çizelge 3.46	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kalsiyum içerikleri (%) üzerine etkisi	92
Çizelge 3.47	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin magnezyum içerikleri (%) üzerine etkisi	93
Çizelge 3.48	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin azot içerikleri (%) üzerine etkisi	94
Çizelge 3.49	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin fosfor içerikleri (mg kg <sup>-1</sup> ) üzerine etkisi	94
Çizelge 3.50	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin potasyum içerikleri (%) üzerine etkisi	95
Çizelge 3.51	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kalsiyum içerikleri (%) üzerine etkisi	95
Çizelge 3.52	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin magnezyum içerikleri (%) üzerine etkisi	96
Çizelge 3.53	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin azot içerikleri (%) üzerine etkisi	97
Çizelge 3.54	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin fosfor içerikleri (mg kg <sup>-1</sup> ) üzerine etkisi	97

Çizelge 3.55	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin potasyum içerikleri (%) üzerine etkisi	98
Çizelge 3.56	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kalsiyum içerikleri (%) üzerine etkisi	98
Çizelge 3.57	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin magnezyum içerikleri (%) üzerine etkisi	99
Çizelge 3.58	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin demir içerikleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) üzerine etkisi	101
Çizelge 3.59	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin bakır içerikleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) üzerine etkisi	102
Çizelge 3.60	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin çinko içerikleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) üzerine etkisi	102
Çizelge 3.61	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin mangan içerikleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) üzerine etkisi	103
Çizelge 3.62	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün koluvial topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin demir içerikleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) üzerine etkisi	104
Çizelge 3.63	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün koluvial topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin bakır içerikleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) üzerine etkisi	105
Çizelge 3.64	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün koluvial topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin çinko içerikleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) üzerine etkisi	105
Çizelge 3.65	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün koluvial topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin mangan içerikleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) üzerine etkisi	106
Çizelge 3.66	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin demir içerikleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) üzerine etkisi	107
Çizelge 3.67	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin bakır içerikleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) üzerine etkisi	107
Çizelge 3.68	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin çinko içerikleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) üzerine etkisi	108
Çizelge 3.69	Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin mangan içerikleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) üzerine etkisi	109

<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b>		<b>Sayfa No</b>
Şekil 1.1	Toprakta kükürt döngüsü	6
Şekil 1.2	Yüksek bitkilerde sülfat özümlemesinde oluşan tepkimeler zinciri	10
Şekil 1.3	Sistein aminoasitinden disülfid bağı ile bir dipeptit olan sistin'in oluşması	11
Şekil 2.1	Toprak örneklerinin alındığı noktalar	19
Şekil 2.2	Sera denemesinin genel görünümü	27
Şekil 3.1	Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların reaksiyonu (pH) üzerine etkileri	46
Şekil 3.2	Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri üzerine etkileri	48
Şekil 3.3	Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı kükürt içerikleri üzerine etkileri	49
Şekil 3.4	Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı fosfor içerikleri üzerine etkileri	51
Şekil 3.5	Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı demir içerikleri üzerine etkileri	53
Şekil 3.6	Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı bakır içerikleri üzerine etkileri	54
Şekil 3.7	Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı çinko içerikleri üzerine etkileri	55
Şekil 3.8	Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı mangan içerikleri üzerine etkileri	57
Şekil 3.9	Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların reaksiyonu (pH) üzerine etkileri	58
Şekil 3.10	Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri üzerine etkileri	60
Şekil 3.11	Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı kükürt içerikleri üzerine etkileri	61
Şekil 3.12	Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı fosfor içerikleri üzerine etkileri	62

Şekil 3.13	Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı demir içerikleri üzerine etkileri	64
Şekil 3.14	Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı bakır içerikleri üzerine etkileri	65
Şekil 3.15	Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı çinko içerikleri üzerine etkileri	66
Şekil 3.16	Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı mangan içerikleri üzerine etkileri	67
Şekil 3.17	Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların reaksiyonu (pH) üzerine etkileri	68
Şekil 3.18	Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri üzerine etkileri	69
Şekil 3.19	Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı kükürt içerikleri üzerine etkileri	71
Şekil 3.20	Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı fosfor içerikleri üzerine etkileri	72
Şekil 3.21	Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı demir içerikleri üzerine etkileri	73
Şekil 3.22	Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı bakır içerikleri üzerine etkileri	74
Şekil 3.23	Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı çinko içerikleri üzerine etkileri	75
Şekil 3.24	Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı mangan içerikleri üzerine etkileri	76
Şekil 3.25	Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün mısır bitkisinin gelişimi üzerine etkisi	79
Şekil 3.26	Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün mısır bitkisinin gelişimi üzerine etkisi	81
Şekil 3.27	Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün mısır bitkisinin gelişimi üzerine etkisi	84

## GİRİŞ

Kükürt tüm canlı organizmalarda olduğu gibi bitkiler içinde temel bir besin elementidir. Kükürdün bitkiler için mutlak gerekli bir besin elementi olduğu 1800'lü yıllardan beri bilinmesine karşın, toprak verimliliği açısından gereken önem verilememiştir. Bunun temel nedeni olarak tarımsal faaliyetlerde girdi olarak kullanılan pek çok gübrenin yapısında kükürdün bulunması yanında, toprak organik maddesinin, topraklara uygulanan organik gübrelerin ve tarımsal savaşımında kullanılan ilaçların kükürt içermesi ve ayrıca, özellikle endüstrinin yoğun olduğu bölgelerde ve bu bölgelere yakın alanlarda meydana gelen emisyonun yağışlarla toprağa ulaşması gösterilmektedir.

Kükürt bitkide birçok protein, ko-enzim, tioredoksin ve sülfolipidlerin yapısında bulunmaktadır. Kükürdün peptitlerin sentezinde, redoks reaksiyonlarında, protein yapısının dayanıklılığında ve disülfid bağının (S-S) oluşumunda çok önemli rolü vardır (Zhao ve ark. 1999).

Topraklara çeşitli yollardan kükürt girişi nedeni ile son yıllara kadar noksanlığının diğer elementler kadar sık görülmemesi, ayrıca noksanlık belirtilerinin azot noksanlığı ile karıştırılması kükürde gereken önemin gösterilmemesine yol açmıştır. Önceleri tarımsal üretimde kullanılan amonyum sülfat ve süper fosfat gibi gübrelerin kullanımı toprakların kükürtçe yoksullaşmasını önlemişti. Ancak günümüzde anılan bu gübrelerin kullanımının giderek azalması potansiyel kükürt noksanlığını tetikleyen faktörlerden biri olarak görülmektedir.

Diğer yandan, kükürtlü gübrelerin kullanımındaki bu azalmaya karşın bünyesinde hiç kükürt içermeyen kalsiyum amonyum nitrat (% 26 N), amonyum nitrat (% 33 N) ve üre (% 46 N) gibi gübrelerin tüketimde önemli artışlar gerçekleşmiştir. Amonyum nitrat (% 33 N) gübresi 1989 yılından itibaren ülkemizde yıllık 8700 ton ile tüketilmeye başlanmış ve tüketimi son 4 yılda (1998-2001) 531.000 tona çıkarak % 387 oranında artmıştır. Üre gübresinde de V. Beş Yıllık Plan döneminde yıllık ortalama 487.000 ton olan tüketim 1998-2001 yılları arasında ortalama 864.000 ton yıl<sup>-1</sup>'a çıkarak % 77 oranında artmıştır.

Özellikle endüstri bölgelerinde atmosfer önemli bir kükürt kaynağını oluşturmaktadır (Olson ve Rehm 1986). Orta Avrupa koşullarında her yıl atmosferden toprağa karışan kükürt kimyasal gübre olarak topraklara uygulanan kükürdün yaklaşık % 81'ini oluşturmuştur (Pfaff 1963). Dolayısıyla sanayileşme ile artan SO<sub>2</sub> emisyonu bitkilerin gereksinim duydukları kükürdü karşılamaya yeter düzeylere ulaşmıştır.

Gelişen teknoloji ve çevre bilincinin oluşmasıyla endüstri artık çevreyi daha az kirletmeye başlamıştır. Avrupa ülkelerinde atmosferdeki SO<sub>2</sub> emisyonu 1970'lerden günümüze % 50 oranında azalmış gelecekte de azalmaya devam edecektir (Anonim 1995a). Benzer durum ülkemiz için de geçerlidir.

Ülkemizde 1985 yılında kurulan Çevre Sağlığı Daire Başkanlığı bünyesinde başlatılan hava kirliliğinin önlenmesi çalışmaları sonucunda büyük kentlerde özellikle katı fosil yakıtların kullanımının azaltılması çalışmaları sonucunda atmosferdeki SO<sub>2</sub> konsantrasyonunda dünyada olduğu gibi bir gerileme meydana gelmiştir (Çizelge 2.2). 1989 yılında Türkiye ortalaması 251 µg m<sup>-3</sup> olan SO<sub>2</sub> emisyonu miktarı 2000/01 döneminde 104 µg m<sup>-3</sup>'e düşerek % 59 oranında azalmıştır (Anonim 2001). Hıfzısıhha Araştırma Enstitüsünün ölçümlerine göre 1987 yılına Bursa'da 500 µg m<sup>-3</sup> olan SO<sub>2</sub> emisyonu miktarı 2000/01 yılında 69 µg m<sup>-3</sup> değerine düşmüştür .

Atmosferdeki SO<sub>2</sub> emisyonunun azalması hava kirliliğinin iyileşmesi ve doğal ekosistemin korunması yönünden olumlu bir gelişme olmasına karşın kükürt yönünden zayıflatılmış topraklarda noksanlığa neden olmaktadır. Almanya'nın kuzeyinde azottan sonra bitki gelişimini sınırlayan ikinci elementin kükürt olduğu saptanmıştır (Schung 1991).

Toprağa çeşitli yollarla gelen kükürt; topraktan yıkanma, bitki tarafından kullanım, erozyon kayıpları ve gaz halinde olan kayıplar ile topraktan uzaklaşmaktadır. Topraklarda kükürdün yıkanma ile yitmesi oldukça fazladır. Çünkü toprağın mineral formdaki kükürdü SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> iyonudur. Sülfat iyonu negatif (-) yüklü olduğu için toprak kolloidleri tarafından kolaylıkla adsorbe edilemezler ve toprak çözeltisi ile ortamdan uzaklaşabilirler. Tarımda her geçen gün çok daha yüksek verim veren çeşitler ıslah

edilmektedir. Nitelikli bol ürün almak için bu tür çeşitler yetiştirilirken bitki beslemenin önemi daha da artmaktadır. Bitki verim düzeyi arttıkça topraktan kaldırılan besin maddesi miktarıda artmaktadır. Kükürt topraktan  $H_2S$ ,  $(CH_3)_2S$  ve  $COS$  formlarında gaz halinde kaybolabilir.

Günümüzde hibrit çeşitlerin geliştirilmesi ve kullanımının giderek yaygınlaşması, bitkilerin diğer bitki besin elementlerinde olduğu kadar kükürde de gereksinimleri giderek artmaktadır. Yukarıda açıklanan nedenlerden dolayı topraklara kükürt girdisinin azalması, kükürtlü gübrelemeyi ve kükürt ile ilgili araştırmaların yapılmasını zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışmada, Bursa yöresinde ağırlıklı olarak tarım yapılan önemli büyük toprak gruplarının (aluviyal, koluvial ve vertisol)

- a) bitkiye yarayışlı kükürt durumlarının ortaya konulması, ve
- b) kükürtce noksan topraklarda farklı kükürt kaynaklarından uygulanan kükürdün mısır bitkisinin gelişimi ve mineral madde içerikleri üzerine olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.



## 1. KAYNAK ÖZETLERİ

### 1.1 Toprakta Kükürt ve Kükürt Formları

Kükürt toprakta organik ve inorganik formda bulunur. Toprakların kükürt deposunu çoğunlukla organik olarak bağlanmış kükürt oluşturmaktadır (Reisenauer ve ark. 1973, Scott ve Anderon 1976). Toprakta bulunan kükürdün yaklaşık % 80–90'ını organik bileşiklerde ya hücre öz suyunda  $SO_4$  şeklinde ya da protein bileşiklerinde S-H veya S-S bağları şeklinde bulunan kükürt, % 10-20'sini ise inorganik sülfat formunda bulunan kükürt oluşturmaktadır. Dolayısıyla organik maddece zengin topraklar organik maddece fakir olan topraklara oranla göreceli olarak daha fazla kükürt içermektedir.

Kurak bölge topraklarında kükürt çözünebilir  $CaSO_4$ ,  $MgSO_4$  ve  $Na_2SO_4$  formunda bulunurken, yağışlı bölge topraklarında ise toprak çözeltisinde sülfat iyonu halinde bulunmaktadır. Su altında kalmış alanlarda ise genellikle inorganik S, FeS veya  $H_2S$  formunda indirgenmiş biçimde bulunmaktadır (Aydemir ve İnce 1988).

Organik maddeler parçalandığında hücre suyunda bulunan  $SO_4$ -S kısa süre içerisinde toprak çözeltisine geçer. Bu şekilde toprak çözeltisine geçen  $SO_4$  yıkanarak yitimde ya da bitkiler tarafından alınmaktadır. Diğer yandan proteinlere bağlı bulunan kükürt ise aerobik koşullar altında toprakta bulunan mikroorganizmaların cins ve miktarları ile toprak havalanmasına bağlı olarak  $H_2S$ 'e yükseltgenir. Oluşan  $H_2S$  ise yine aerobik koşullar altında ileri derecede oksidasyona uğrayarak  $SO_4$  şekline dönüşür (Kacar ve Katkat 1998).

Toprak mikroorganizmaları FeS gibi sülfürlü bileşiklerini de yükseltgeyerek elementel kükürdü oluşturmaktadırlar. Oluşan elementel kükürt, kükürt bakterileri yardımıyla yükseltgenerek  $SO_4$  şekline dönüştürülür. Bu olay sonucu toprak tepkimesi asit yöne doğru eğilim gösterir. Kireçli veya alkali topraklarda toprak pH'sının düşürülmesinde elementel kükürt başarılı bir şekilde kullanılabilir. Böyle bir uygulama toprak pH'sını düşürmekle kalmayıp bitki besin elementlerinin yararlılığını da artırmaktadır (Kacar ve Akgül 1967).

Pek çok tarım toprağında toplam kükürdün % 25'inden daha azı inorganik formdadır. Tarım topraklarında sülfid ( $S^{-2}$ ), elementel kükürt ( $S^0$ ), sülfid ( $SO_3^{-2}$ ), tiyosülfat ( $S_2O_3^{-2}$ ), tetratiyonat ( $S_4O_6^{-2}$ ) ve sülfat ( $SO_4^{-2}$ ) başlıca inorganik kükürt formlarını oluşturmaktadır (Marschner 1995). İyi drenajlı topraklarda, sülfidler ( $S^{-2}$ ) toplam kükürdün %1'inden azını oluşturmaktadır. Ölçülebilir düzeydeki tiyosülfat ( $S_2O_3^{-2}$ ) ve tetratiyonat ( $S_4O_6^{-2}$ ) iyonlarının varlığı ise sadece S'lü gübreler ya da kükürt ile kirlenmiş topraklarda belirlenebilmektedir. Toprakların başlıca inorganik kükürdü olan sülfat iyonları çok çeşitli olabilir. Örnek olarak kolay çözünür  $SO_4^{-2}$ , adsorbe edilmiş  $SO_4^{-2}$ , çözünmüş  $SO_4^{-2}$  ve kireçli topraklarda kalsiyum karbonat ile birlikte çökmüş veya kristalize olmuş  $SO_4^{-2}$  verilebilir.

Toprakların organik kükürt formları karbona bağlı (C-S) ve karbona bağlı olmayan olmak üzere ikiye ayrılır. Karbona bağlı olmayan kükürt bileşiklerini sülfat esterleri (C-O-S), sülfomatlar (C-N-S) ve sülfatlanmış tiyoglikozitler (N-O-S) oluşturmaktadır (Aktaş 1995). Karbona bağlı olmayan kükürt bileşikleri topraktaki toplam kükürdün % 30-75'ini meydana getirirler. Karbona bağlı kükürt grupları ise aminoasitler, proteinler, polipeptitler, biyotin ve tiamin gibi heterosiklik bileşikler, sülfinatlar sülfonlar ve sülfoksitler şeklinde bulunur. Toprakta bulunan C-S bağlarının büyük bölümü ise günümüzde bile tam olarak tanımlanamamıştır.

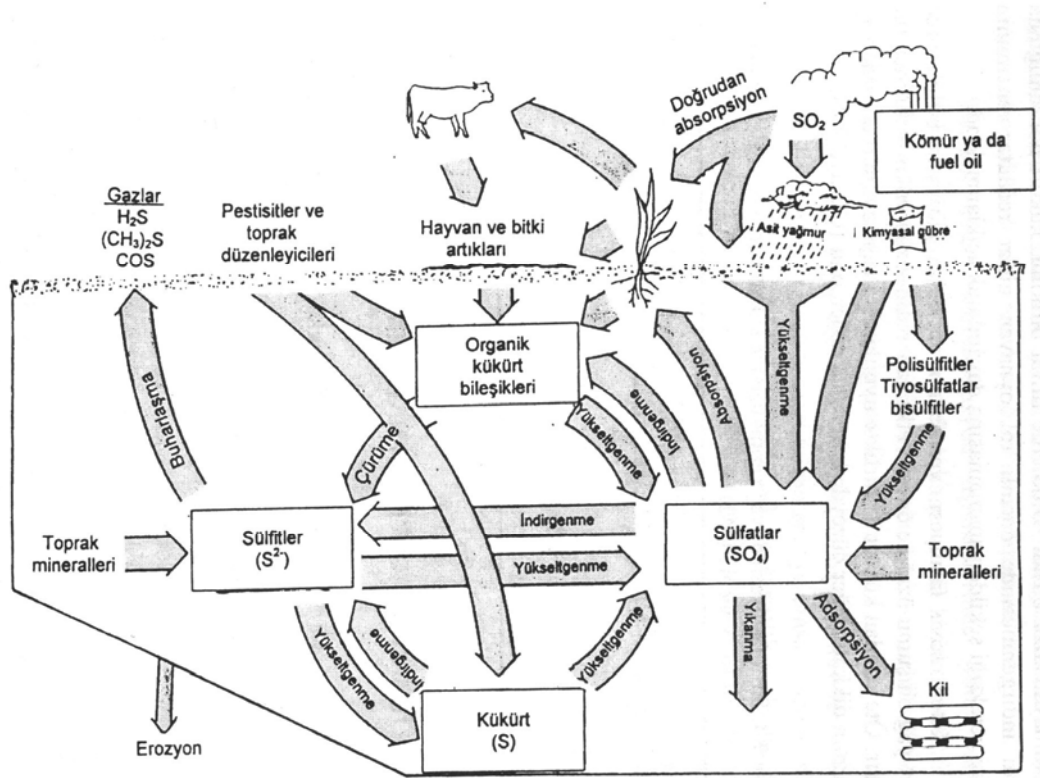
Ülkemizde kükürt ile ilgili çok fazla araştırma olmamakla birlikte yapılan çalışmaların, tarım topraklarımızın kükürt durumu hakkında bilgi vermeye yeter düzeyde olduğu kabul edilebilir. Kacar (1968) tarafından yapılan çalışmada, farklı bölgelerden alınan 89 toprak örneğinde türbidimetrik yöntemle belirlenen  $SO_4$ -S miktarının toprakların % 30'unda kritik sınır olan  $10 \text{ mg kg}^{-1}$ 'den düşük olduğu belirlenmiştir.

Kacar ve Amin (1985), Trakya Bölgesi Meriç Havzası topraklarında bitkiye yarayışlı kükürt miktarını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada,  $KH_2PO_4$  çözeltisi ile ekstakte edilebilen  $SO_4$ -S miktarının  $6.9-35.9 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değiştiğini ve ortalama miktarın  $12.7 \text{ mg kg}^{-1}$  olduğunu belirlemişlerdir.

Ülgen ve ark. (1989) ülkemizin farklı yörelerinden aldıkları 1442 adet toprak örneğinde ekstrakte edilebilir  $\text{SO}_4\text{-S}$  miktarını belirlemişler ve toplam toprakların % 11.5'in de kükürt miktarının kritik sınır olarak kabul ettikleri  $10 \text{ mg kg}^{-1}$ 'in altında olduğunu rapor etmişlerdir.

## 1.2 Kükürt Döngüsü

Topraklardaki kükürt döngüsü ana hatlarıyla Şekil 1.1'de verilmiştir. Kükürt döngüsü azot döngüsüne benzerlik göstermektedir. Döngü atmosferle sürekli bir etkileşim içindedir. Toprak ile atmosfer arasında sürekli bir kükürt alışverişi mevcuttur. Toprağa kimyasal gübrelerden, ahır gübresinden, bitki ve hayvan atıklarından, toprak düzenleyicilerden, pestisitlerden ve yağışlardan kükürt girişi olmaktadır. Toprakta kükürdün yitmesi ise erozyon, yıkanma, bitkiler tarafından kullanılma ve gaz halinde kayıp yolu ile olmaktadır. Çeşitli yollar ile toprağa karışan kükürt bir seri tepkimelerle dönüşüme uğramaktadır.



Şekil 1.1 Toprakta kükürt döngüsü (Kacar ve Katkat 1998)

Yağışlarla toprağa karışan  $\text{SO}_2$  ve kimyasal gübrelerle verilen polisülfidler, tiyosülfatlar ve bisülfidler yükseltgenerek sülfatlara ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) dönüşür. Bitkiler toprak çözeltisinde koloidal yüzeylerle denge içinde bulunan sülfatlardan kökleri ile yararlanırken, yarayışlı kükürt formu olan sülfatlar bir yandan da organik kükürt bileşiklerine indirgenir. Toprak yapısında yer alan kükürt içeren mineraller sülfidlere dönüşürken indirgenme ve yükseltgenme tepkimeleri ile sülfid ve sülfatlar da birbirlerine dönüşürler (Şekil 1.1).

### 1.3 Bitkide Kükürt

#### 1.3.1 Kükürdün alınımı ve taşınması

Bitkiler gereksinim duydukları kükürdün büyük kısmını kökleri ile toprak çözeltisinden  $\text{SO}_4^{-2}$  iyonu halinde ve bir kısmını da stomaları ile atmosferden kükürdioksit ( $\text{SO}_2$ ) şeklinde bünyelerine alırlar.  $\text{SO}_4^{-2}$  iyonları kök yöresine difüzyon ve kitle akımı ile ulaşır. Çözünebilir  $\text{SO}_4^{-2}$  içeriği  $5 \text{ mg kg}^{-1}$  ya da daha fazla olan topraklarda bitkilerin gereksinimlerinin tamamına yakınının karşılanmasında kitle akımı yeterlidir. Bitkilerin  $\text{SO}_4^{-2}$  alımı üzerine ortam pH'sının yanında fosfat ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) ve klor ( $\text{Cl}^-$ ) konsantrasyonlarının önemli etki yapmadıkları Leggett ve Epstein (1956) tarafından bildirilmiştir.  $\text{SO}_4^{-2}$  iyonunun bitki kökünün iç yöresine alınması aktif absorpsiyon ile gerçekleşir. Burada  $\text{SO}_4^{-2}$  iyonuna kimyasal yönden benzeyen selenat ( $\text{SeO}_4^{-2}$ ), molibdat ( $\text{MoO}_4^-$ ) ve kromat ( $\text{CrO}_4^-$ ) anyonları,  $\text{SO}_4^{-2}$  iyonu ile taşıyıcı rekabetine girerler. Bitkilerde  $\text{SO}_4^{-2}$  alınımı üzerine ortam sıcaklığının olumlu etki yaptığı bilinirken,  $\text{SO}_4^{-2}$  alımında köklerdeki ATP-sülfürilaz enziminin etkin olduğu Cacco ve ark. (1977) tarafından bildirilmiştir.

Faller (1968) yaptığı bir denemede, bitkilere değişik konsantrasyonlarda  $\text{SO}_2$  uygulamış ve bitkilerin sadece atmosferdeki  $\text{SO}_2$  den yararlanarak da normal gelişebileceklerini bildirmiştir.

Ancak  $\text{SO}_2$ 'in atmosferdeki konsantrasyonu arttıkça bitkiler bundan olumsuz şekilde etkilenmektedirler. Bitki yapraklarından absorbe edilen  $\text{SO}_2$ , stoma boşluklarında mezofil hücrelerinde çözülür ve sülfüroz asit ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) oluşur. Oluşan sülfüroz asit

iyonlarına ayrılarak (dissosiyasyon olarak)  $H^+$ ,  $HSO_3^-$  ve  $SO_3^{2-}$  iyonları açığa çıkar ve sülfat iyonları asimile edilir. Silvius ve ark.'na (1975) göre aşırı miktarda absorbe edilen  $SO_2$  gazının toksik etki yapmasının ana nedeni absorbe edilen  $SO_2$  gazı ile S anyonlarının ( $HSO_3^-$  ve  $SO_3^{2-}$ ) fazlasının bitki bünyesinde asimile edilmeyip birikmesi ve fotosentezde önemli tepkimelerden biri olan fotofosforilizasyonu bozmasıdır. Ayrıca  $SO_2$  gazının kloroplastların membranlarına zarar verdiği de saptanmıştır.

Bitkilerde  $SO_4^{2-}$  çoğunlukla aşağıdan yukarı doğru taşınmakta (ksilemde) bunun tersi ise genelde az olmaktadır. Kükürt bitki bünyesinde hareketli bir element olmasına karşın taşınımı kolay olmamaktadır. Bunun nedeni kükürdün kolaylıkla metabolize olup hızla organik bileşiklere dönüşmesidir. Biddulph ve ark. (1958) yaptıkları çalışmada radyoaktif kükürt ile çalışmışlar ve etiketlenmiş kükürdün büyük bölümünün genç yapraklarda toplandığını tespit etmişlerdir. Bu durum bize bitkide metabolik olayların ve protein sentezinin, bitkinin yaşlı organlarına oranla genç organlarında çok daha fazla olduğunu göstermektedir.

### 1.3.2 Bitkilerin kükürt içerikleri

Bitkilerde kükürt asal olarak proteinler, uçucu bileşikler ve sülfat bileşikleri halinde bulunur. Bitkilerde kükürdün % 90'ı sistein, sistin ve methionin gibi amino asitlerin yapısında bulunur ve bu amino asitlerden oluşan proteinlerde yer alır. Bitkisel proteinlerde kükürt % 0.003-7.2 arasında değişir. Uçucu kükürt bileşikleri başta hardal, sarımsak ve soğan olmak üzere çeşitli bitkilerde bulunur. Bu bileşikler disülfidler ve polisülfidlerdir. Sarımsağa özgü kokuyu ise uçucu bir yağ asidi olan diallildisülfid ( $CH_2=CH-CH_2-S-S-CH_2-CH=CH_2$ ) vermektedir. İnorganik kükürt bileşikleri ise  $SO_4^{2-}$  lar şeklindedir. Bitkilerde bulunan toplam kükürdün önemli bir bölümü organik formda olmasına karşın bazı bitkilerde inorganik kükürt toplam kükürdün % 65'ini oluşturabilmektedir.

Bitkilerde kükürt miktarı kurumadde ilkesine göre % 0.15-0.50 arasında değişir. Kimi bitkilerin kükürt içerikleri kalsiyum, fosfor ve magnezyum içeriklerinden daha yüksektir. Lahana, şalgam, hardal ve benzeri bitkilerde kükürt çok yüksek miktarlarda olup bu bitkiler kükürt taşıyıcı olarak bilinmektedir.

Bitkilerin kükürt içeriklerini azdan fazlaya doğru tahıllar, baklagiller ve *Cruciferae*'ya dahil bitkiler olarak sıralayabiliriz. *Cruciferae*'ya dahil lahana, şalgam, marul, hardal gibi bitkilerde ortalama % 0.869 kükürt bulunmaktadır. Bitkilerin kükürt içerikleri ile azot içerikleri arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Tarla bitkilerinde protein sentezi için bir kısım S'e karşılık 14 kısım N'a gereksinim duyulmaktadır. Baklagillerde ise bu oran (S:N) 1:17'dir. Bitkilerin toplam kükürt içerikleri onların genetik özelliklerine ve çevre koşullarına bağlı olmaktadır. *Cruciferae*'ya dahil bitkiler fosfora oranla 3 kat daha fazla kükürt içermektedirler. Baklagil bitkilerinde ise S ve P miktarı birbirine eşittir. Tahıllarda bu oran (S:P) 1:3'dür.

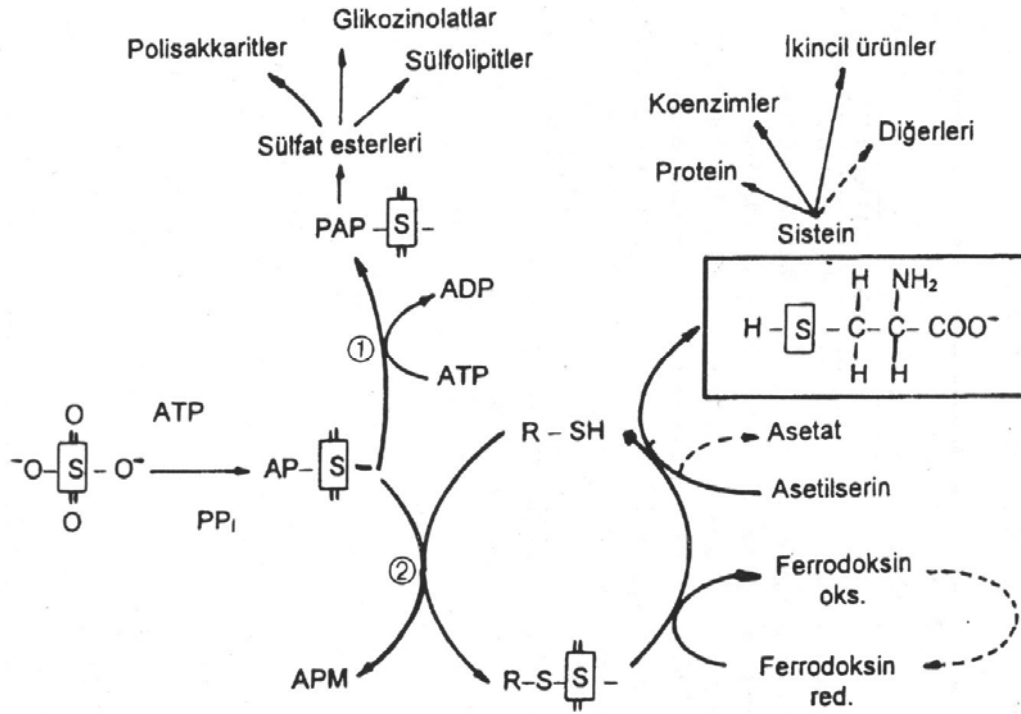
### 1.3.3 Kükürt asimilasyonu ve indirgenmesi

Bitkiler kükürdü kökleri ile  $SO_4^{-2}$  iyonu şeklinde ve yaprakları ile de gaz halinde  $SO_2$  şeklinde alırlar. Gaz halinde alınan  $SO_2$  yapraklarda özümleir. Köklerden alınan  $SO_4^{-2}$  iyonu ATPaz'ın proton pompalaması ile hücre plazma membranından geçer ve kök hücresine girer. Ksilem iletim sistemi aracılığı ile  $SO_4^{-2}$  iyonu yapraklara taşınır ve hücre vakuollerinde depo edilir. Sülfat özümlemesi kök hücre plastidlerinde ve esas olarak yaprak mezofil hücrelerinin kloroplastlarında meydana gelir.

Bitki bünyesinde  $SO_4^{-2} + ATP + 8e^- + 8H^+ \rightarrow S^{-2} + 4H_2O + AMP + PP_i$  şeklinde gerçekleşen bir seri tepkime sonucu  $SO_4^{-2}$  iyonu  $S^{-2}$  iyonuna indirgenir. Oluşan  $S^{-2}$  iyonu sisteine ve yaprak kloroplastlarında da glutationa bağlanır. Kükürdün bağlandığı durağan ilk organik bileşik olan sistein; sistin, methionin gibi önemli amino asitlerin, proteinlerin ve koenzimlerin öncüsüdür.

Sülfatın indirgenmesi kükürdün amino asitlere, koenzimlere ve ferrodoksinlere bağlanması için zorunludur. Ancak bitki bünyesinde  $SO_4^{-2}$  iyonu indirgenmeden de kullanılabilir. Sülfat bitkide hücre membranlarında sülfolipitlere ve benzeri organik bileşiklere ya da agar gibi polisakkaritlere bağlanabilir. Sülfatın diğer bir özelliği de bitki bünyesinde indirgenmiş kükürdün tekrar sülfata dönüşebilmesidir. Sülfatın indirgenmesi ışık koşullarında karanlığa göre ve yapraklarda köklere oranla daha fazla olmaktadır.

Kükürtlü organik bileşiklerin sentezinde ilk ürün sistein amino asitidir. Sülfatın parçalanması oldukça zordur. Bu nedenle sülfat öncelikle ATP ile aktive edilir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2 Yüksek bitkilerde sülfat özümlemesinde oluşan tepkimeler zinciri (Marschner 1995)

Bu tepkime ile sülfürlü grubu (ATP sülfürlaz enzimi etkinliği) ATP' den iki fosfat grubunu uzaklaştırır ve adenosin fosfosülfat (APS) ile pirofosfat (PP<sub>i</sub>) oluşur. Adenosin fosfosülfat (APS) sülfat esterlerinin oluşumunda (1. yol) ya da sülfatın indirgenmesinde (2. yol) ana madde olarak görev yapar.

a) birinci yol izlendiğinde ATP'den bir fosfat grubu alınmak suretiyle (APS kinaz enzimi etkinliği ile) fosfoadenozin fosfosülfat (PAPS) oluşur. Daha sonra PAPS'dan aktive edilmiş sülfat, bir hidroksil grubuna aktarılarak sülfat esterleri ve bundan da sülfolipitler, glikozinolatlar ve polisakkaritler oluşur.

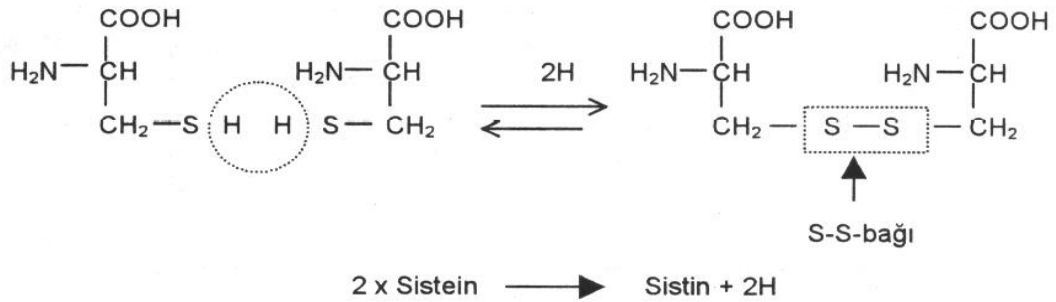
b) ikinci yol izlendiğinde aktive edilmiş sülfat APS ya da PAPS'dan (APS ya da PAPS sülfotransferaz enzimlerinin aktivitesi ile) uygun bir taşıyıcının tiyol (R-SH)

grubuna aktarılır. Bu aktarım sırasında sülfat sülfite ( $\text{SO}_3^{2-}$ ) indirgenir. Triol grubuna bağlanan sülfid daha sonra sülfid redüktaz ya da organik tiyosülfat redüktaz enzimlerinin etkinliği ile sülfüre ( $\text{S}^{2-}$ ) indirgenir. Kloroplastlarda elektron verici olan ferrodoksin ise bu iki enzimin etkinliği ile indirgenmektedir.

Tepkimeler sonucu oluşan  $-\text{SH}$  grubu asetilserine aktarılır. Daha sonra asetilserin sistein amino asidini ve asetatı oluşturur.

### 1.3.4 Kükürdün metabolik işlevleri, bitki gelişimi ve kükürt ilişkisi

Yüksek bitkilerde protein sentezinin temel elemanları kükürt içeren sistein, sistin ve methionin gibi amino asitlerdir. Bitki bünyesindeki kükürdün % 90 kadarı bu amino asitlerin içerisinde bulunur. Proteinlerde ya da polipeptitlerde kükürdün temel işlevi polipeptitler arasında ki disülfid ( $-\text{S}-\text{S}-$ ) bağıdır. Böylece sistein gibi amino asitler birbirlerine disülfid bağı ile bağlanarak sistin gibi dipeptitleri meydana getirir (Şekil 1.3). Bu zincir devam eder ve methionin gibi polipeptitler ve proteinler oluşur.



Şekil 1.3 Sistein aminoasitinden disülfid bağı ile bir dipeptit olan sistin'in oluşması (Marschner 1995).

Unun ekmeklik kalitesi, gluten'in polimerizasyonunda önemli etkisi bulunan disülfid bağı ile yakından ilgilidir. Ayrıca sistein amino asidinin içerdiği sülfidril grubu ( $-\text{SH}$ ) enzimlerin katalitik işlevleri için önemlidir. Bunun yanında sistein amino asidine bağlı kükürdü fazlaca içeren bitkiler soğuğa karşı dayanıklı olurlar.

Yağ asitlerinin sentezinde, yükseltgenmesinde, amino asitlerin sentezinde görev yapan ve bunun yanında trikarboksilik asit ya da sitrik asit döngüsünde ara ürünlerin



yükseltgenmesinde gereksinim duyulan koenzim A'nın sentezlenmesinde kükürt önemli rol oynamaktadır.

Kükürt, yükseltgenme - indirgenme tepkimeleri ile elektron aktarımında önemli rol oynayan ferrodoksinlerinde çok önemli bir parçasıdır. Ferrodoksinler fotosentezin ışık ve karanlık tepkimelerine ek olarak nitrit ve sülfatın indirgenmelerinde önemli rol oynadığı gibi, toprakta bağımsız ve ortak yaşam sürdüren bakterilerin atmosfer azotunu fikse edebilmeleri içinde önemlidir. Klorofilin yapısında yer almamakla beraber, kükürt klorofil sentezinde etkilidir. Tisdale ve ark. (1985), çayır üçgülü bitkisinin klorofil miktarı üzerine kükürlü gübrelemenin etkisini belirlemek amacıyla yürüttükleri denemede, toprağa 0, 5, 10, 20 ve 40 mg kg<sup>-1</sup> kükürt uygulamışlardır. Deneme sonunda kükürt uygulanmayan bitkilerin klorofil içeriği % 0.49 iken 40 mg kg<sup>-1</sup> kükürt uygulandığında üçgül bitkisinin klorofil içeriğinin % 1.18'e ulaştığı belirlenmiştir.

Yağlık bitkilerde yağın oluşumunda kükürt temel bir elementtir. Bu nedenle bitkilerin yağ içerikleri ile kükürt içerikleri arasında doğrusal bir ilişki vardır. Soya fasulyesi, hardal ve yer fıstığı gibi yağ bitkilerinde yağ oluşumu üzerine kükürdün önemli bir etkisinin olduğuda uzun zamandır bilinmektedir (Tandon 1991).

Bitkilerde kükürt noksanlığında görülen ve proteinlere bağlı olmayan azot birikiminin (amid ve nitratlar) nedeni olarak, nitratın indirgenmesinde önemli rol oynayan, nitrat redüktaz enziminin kükürt noksanlığında işlevini gerçekleştirememesi gösterilmektedir (Ergle ve Eaton 1951).

Bitki bünyesinde kükürt içeren tiamin (B<sub>1</sub> vitamini) ve biyotin (H vitamini), metabolizma olaylarında önemli rol oynarlar. Biotin çeşitli karboksilasyon tepkimelerinde görev yaparken, tiamin pirofosfat oksiasitlerin dekarboksilasyonunda kofaktör olarak görev yapar. İndirgeyici bir element olan glutasyon indirgenmiş kükürdün geçici depo havuzu olarak görev yapmaktadır. Glutation aynı zamanda fitoşelatların öncüsüdür. Yüksek bitkilerde bazı ağır metallerin detoksifikasyonunda da etkilidir (Güneş ve ark. 2000).

Bitkilerin beslenmesinde kükürt önemli bir yer tutmaktadır. Kuru ağırlık ilkesine göre bitkilerde kükürt % 0.1 oranında bulunmakta ve azotun yaklaşık 15'te birini oluşturmaktadır.

Kükürt uygulandığında ya da yeterince kükürt ile beslenen bitkilerde kükürt özümленerek metabolik olaylarda görev almak suretiyle bitki gelişiminin artmasına neden olmaktadır.

İnal ve ark. (2003), Ankara yöresinde buğday bitkisinin kükürt ile beslenme durumunu ortaya koyan bir çalışma yapmışlardır. Yapılan araştırma kapsamında alınan toprak ve bitki örneklerinin % 50'sinden fazlasında kükürt noksanlığının olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, kurulan sera ve tarla denemelerinde kükürtlü gübreleme sonucunda denemelerde kullanılan her iki buğday çeşidinin (*Triticum aestivum* L. cv. Bezostaya ve *Triticum durum* L. cv. Kızıltan) kurumadde ağırlıklarının arttığı, sapta ve tanede N/S oranının azaldığı belirlenmiştir.

Eriksen ve Mortensen (2002), kükürt uygulama zamanının arpa bitkisinin verim ve kalitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, her birinde 37.6 kg toprak bulunan saksılara sırasıyla 0.5, 1.0, 2.0 ve 3.5 g azot ve ekimde başaklanma döneminin ortalarına kadar farklı zamanlarda kükürt uygulamışlardır. Sonuç olarak azotun en düşük iki dozunda kükürt uygulamasının tane veriminde etkisinin olmadığı görülürken, azot uygulama dozları arttıkça kükürt uygulamalarının üründe artış sağladığı görülmüştür. Azot uygulamasının en yüksek düzeyinde kardeşlenme döneminin başında noksanlık belirtileri gözlemlenmiş ancak bayrak yaprağının görüldüğü dönemde uygulanan kükürt ile noksanlık belirtileri giderilmiş ve üründe kayıp önlenmiştir. Araştırmacılar özellikle azotun en yüksek dozunda kükürt uygulaması yapılmadığında bitkide kükürt içeren sistein ve methionin gibi amino asitlerin konsantrasyonlarının, kurumadde ve protein içerikleri ile birlikte azaldığını bildirmişlerdir.

Wang ve ark. (2001), Çin'nin Mongolya otlaklarında toprakların ve bitkilerin kükürt konsantrasyonlarını araştırdıkları çalışmalarında 4 toprak tipinde ve toplam 122 bitki örneğinde kükürt analizleri yapmışlardır. Araştırma sonucunda toprakların 0.2-0.4 m

derinliğinde organik kükürt konsantrasyonunun  $17 \text{ mg kg}^{-1}$  -  $397 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değiştiğini ve sülfat kükürdünün ortalama değerinin  $10 \text{ mg kg}^{-1}$ 'den düşük olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmada bitki örneklerinin  $\frac{3}{4}$ 'ünün kükürt içeriğinin  $1.6 \text{ g kg}^{-1}$ 'den düşük olduğunu ve bunların % 80'den fazlasında N:S oranının 14:1'den yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar yapılan çalışmada bitki örneklerinin % 80'inden fazlasında kükürt noksanlığı belirlemişler ve bunun nedeninin toprağın bitkiye yarayışlı kükürt konsantrasyonu ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

Bourainis ve ark. (2003), kükürt noksanlığında demir aktif olmayan genç mısır bitkisinin yaprak tepkilerini inceledikleri araştırmalarında, hidroponik sistemde dışardan kükürt bulaşmasını engelleyerek mısır bitkisinin yapraklarındaki kimi parametreleri 10 gün boyunca gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar 4. günden sonra bitki yapraklarında kükürt noksanlığının etkisini göstermeye başladığını ve Fe ile N konsantrasyonlarının bundan etkilendiğini belirtmişlerdir. 6. günden sonra bitkilerde 5. yaprak oluşmamış ve 4. yaprak ise çok az gelişmiştir. Araştırmacılar bitki bünyesindeki kükürdün azalmasıyla bitkide klorofil ve Fe konsantrasyonunun azaldığını, aynı zamanda N noksanlığının da tetiklendiğini belirtmişlerdir.

Sameni ve ark. (2004) yaptıkları çalışmada İran'da National Petrochemical Company tarafından üretilen % 90 saf kükürt ve % 10 bentonit içeren tarımsal kükürdün tuzlu - kireçli toprakların bazı kimyasal özellikleri üzerindeki etkilerini ve tarımsal kükürdün bu topraklardaki parçalanıp okside olma durumunu incelemişlerdir. Bu amaçla İran'ın güneyinde bulunan Fars'ın kuru tarım alanlarından (Sülfat içeriği  $28.3$ - $1712.3 \text{ mg kg}^{-1}$ ) 6 farklı toprak örneği almışlardır. İnkübasyon denemesinde topraklara 0, 2, 4 ve 6 t ha<sup>-1</sup> tarımsal kükürt uygulamış sekiz hafta süresince oda sıcaklığında ve tarla kapasitesinde denemeyi sürdürmüşlerdir. Deneme sonunda toprakların Fe, Cu, Zn içeriklerinde bir değişiklik olmazken yarayışlı Mn içeriğinin uygulanan tarımsal kükürt içeriğine (0, 2, 4 ve 6 t ha<sup>-1</sup>) bağlı olarak sırasıyla 3.99, 5.62, 5.37 ve 5.50 mg kg<sup>-1</sup> düzeylerinde arttığını belirtmişlerdir.

Prasad (2003) yaptığı çalışmada, değişik kükürt kaynaklarının yerfistığı verimi üzerine direkt ve kalıntı (uzun süreli) etkilerini araştırmıştır. Bu amaçla 1993, 1994 ve

1995 yıllarında kükürt noksanlığı olan tarım alanlarında tarla denemeleri kurmuştur. Araştırmacı, denemelerde dört farklı kükürt kaynağından (S<sub>1</sub>-Jips (% 13 S), S<sub>2</sub>-Amonyum sülfat (% 24 S), S<sub>3</sub>- Mono süper fosfat (% 12 S) ve S<sub>4</sub>- Khadia namak (% 32.08 S)) sırasıyla 0, 20 ve 40 kg S ha<sup>-1</sup> uygulamıştır. Araştırmacı yerfıstığı veriminin 40 kg S ha<sup>-1</sup> dozunda önemli derecede arttığını ve kullanılan kükürt kaynakları arasında en etkilisinin jips (13 % S) olduğunu belirtmiştir.

Riley ve ark. (2000), değişik formda kükürtlü gübrelerin buğday ve kolza bitkilerinde uygulama olanaklarını incelemiştir. Bu amaçla sera denemesinde 3 farklı kükürtlü gübre ile (BS - % 90 S + % 10 bentonit, MS - % 80 öğütülmüş S + % 20 inert materyal, AS - % 24 S amonyum sülfat) 6 farklı toprak örneği kullanılmış ilk yıl buğday ikinci yıl ise kolza yetiştirilmiştir. İlk yıl MS'in AS kadar etkili olduğu, tane veriminde (ort. % 36) ve kükürt alımında (ort. % 164) tanığa oranla benzer sonuçlar alındığı, BS uygulamasında ise en düşük sonuçların alındığı bildirilmiştir. İkinci yıl denemelerinde ise MS ve AS uygulamaları kolzada tohum verimini artırırken (ort. 13.4-12.9 sırasıyla) çoğu toprakta kontrol uygulamalarından tohum verimi sağlanamadığı bildirilmiştir. BS uygulamasının etkisi ise toprak örnekleri arasında farklılık göstermiştir. İki toprak örneğinde MS ve AS uygulamalarına benzer sonuçlar alınırken diğer toprak örneklerinde düşük verim alındığı bildirilmiştir.

Buri ve ark. (2000), Batı Afrika ovalarında çeltik yetiştiriciliği yapılan alanlarda kükürt ve çinko seviyelerini belirlemek için yaptıkları çalışmada taşkın ovalarından 85 noktadan 172 adet ve çukur bataklık alanlardan 78 noktadan 201 adet toprak örneği almışlar bu örneklerde kükürt (Sülfat-S) ve mikro besin elementlerinin (Zn, Fe, Mn, Cu, Ni) analizlerini yapmışlardır. Araştırmacı alınan örneklerde aşırı düzeyde kükürt (0-15 cm toprak derinliğinde taşkın ovalarında ortalama 3.41 mg kg<sup>-1</sup>, çukur bataklık alanlarda ortalama 4.88 mg kg<sup>-1</sup>) ve çinko noksanlığı olduğunu bildirmiştir.

Cui ve ark. (2004), yaptıkları çalışmada toprakta kurşun, çinko ve kadmiyumun çözünürlüğüne ve bu elementlerin mısır bitkisi tarafından alınımı üzerine elementel kükürdün etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda denemede kullanılan kükürt dozunda toprak pH'sının 0.3 birim düştüğü, çinko ve kadmiyumun hem topraktaki

çözünürlüklerinin ( $\text{CaCl}_2$  ekstraktında) hem de bitkide kök ve gövdedeki konsantrasyonlarının arttığı belirlenmiştir. Kükürt uygulaması ile ( $200 \text{ mmol S kg}^{-1}$ ) çinkonun en yüksek dozunda ( $200 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ ) bitki gövdesindeki çinko konsantrasyonunda 2.3 katlık bir artış olduğu bildirilmiştir.

Thomas ve ark. (2003) farklı kükürt içeriklerine sahip topraklarda yetiştirilen şeker pancarı bitkisinin gelişimi ve metabolizması üzerine kükürtlü gübrelemenin etkisini araştırdıkları çalışmalarında, tarla denemelerini kükürt içeriği düşük ve yüksek olan iki farklı parselde yürütmüşlerdir. Kükürt içeriği düşük ve yüksek olan parsellerin her ikisine dekara 25 kg kükürt olacak şekilde amonyum sülfat gübresi uygulamışlardır. Bu uygulama ile toprağa verilen azotun miktarı kadar azot, amonyum nitrat gübresi ile kontrol parsellerine uygulanmıştır. Deneme sonucunda kükürt içeriği düşük deneme parseline kükürtlü gübreleme sonucunda bitki gövdesinde ve kökünde önemli derecede kurumadde artışı sağlanmış ve verim % 25 oranında artmıştır. Ayrıca pancar kalitesi  $\alpha$ -amino N konsantrasyonundaki azalma sayesinde artmıştır. Araştırma sonucunda kükürt içeriği yüksek parselde uygulanan kükürtlü gübrelemenin şekerpancarı bitkisinin gelişimine ve metabolizmasına bir etkisi belirlenememiştir.

Bansal ve ark. (1983) yaptıkları denemelerde, topraklardaki yarayışlı kükürt ( $\text{SO}_4\text{-S}$ ) için kritik değerleri; Morgan ekstraksiyonu için  $9 \text{ mg kg}^{-1}$ , fosfatlı çözeltiler için  $10 \text{ mg kg}^{-1}$ ,  $0.5\text{N NH}_4\text{AOc} + 0.25 \text{ N HOAc}$  için  $8 \text{ mg kg}^{-1}$  ve %0.5'lik  $\text{CaCl}_2$  çözeltisi için  $14 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlemişlerdir. Kükürt miktarları bu değerlerin altında olan topraklarda kükürt gübrelemesine ihtiyaç duyulduğu bildirilmiştir.

### 1.3.5 Kükürt noksanlığı ve belirtileri

Yaprakların klorofil içeriklerinde şiddetli azalma kükürt noksanlığının tipik belirtilerindendir. Kükürt noksanlığında sistein, sistin ve methionin gibi kükürt içeren amino asitlerin yetersizliği sadece protein sentezini ve proteinin kükürt içeriğini azaltmakla kalmaz aynı zamanda bitkinin klorofil içeriğini de azaltmaktadır. Karbonhidrat mekanizmasının yavaşlaması sonucunda bitkide nişasta birikebilir. Ayrıca kükürt klorofil molekülünün yapısında yer almamasına rağmen noksanlığında klorofil

sentezinde kullanılan enzimlerin aktivitelerini tam olarak yerine getirememeleri sonucu bitkinin klorofil içeriği azalır (Tandon 1991 ve Marschner 1995).

Bitkilerde benzerlikleri nedeni ile S ve N noksanlık belirtilerinin birbirlerinden tam olarak ayırt edilebilmeleri çoğu zaman zordur. Kükürt noksanlığı süresince bitkide protein sentezinin engellenmesi tıpkı N noksanlığında olduğu gibi kloroza değin sürer. Ancak kükürt noksanlığında azotun aksine, yaşlı ve genç yapraklarda noksanlık belirtileri daha üniform dağılım gösterir. Oysa azot noksanlığı daha çok yaşlı yapraklarda etkisini gösterir.

Kükürt noksanlığında bitkinin genç yapraklarında sararma, bitkide bodur gelişme, yaprakların küçülmesi, boğum aralarının kısalması, gövde ve dalların incilmesi gibi belirtiler görülmektedir. Yaprak yüzey genişliği azalırken yaprak hücreleri küçülür ve sayıları azalır. Özellikle kök gelişmesine göre toprak üstü aksamın gelişimi daha çok etkilenir. Bitki dokuları elastikiyetlerini kaybederler ve kolay kırılır bir hal alırlar. Kükürt noksanlığı çeken bitkilerde organik-N/organik-S oranı oldukça yüksektir (70/1 - 80/1). Normal koşullarda proteinlerde N/S oranı 30/1, 40/1 civarındadır (Aktaş 1995). Bitki dokularındaki N/S oranı bitkilerin kükürt ile beslenme durumlarının belirlenmesinde bir kriter olarak kullanılabilir.

### 1.3.6 Bitkide kükürt toksisitesi

Bitkiler yetiştirme ortamlarındaki fazla miktarda  $SO_4^{-2}$  dan pek etkilenmemektedir. Ancak toprakların fazla tuzlu olması durumunda olduğu gibi % 0.48 civarında  $SO_4^{-2}$  bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Aktaş 1995). Bu durumda bitkide görülen belirtiler (büyümenin gerilemesi, koyu yeşil renkli yapraklar) aynı zamanda tuz stresinde de görülmektedir.

Su ile doygun koşullarda kükürt  $FeS$ ,  $FeS_2$  (pirit) ve  $H_2S$  gibi indirgenmiş şekilde bulunur. Özellikle çeltik yetiştiriciliğinde sülfat, indirgen koşullar altında sülfite indirgenerek bitkide zehir etkisinde bulunmaktadır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

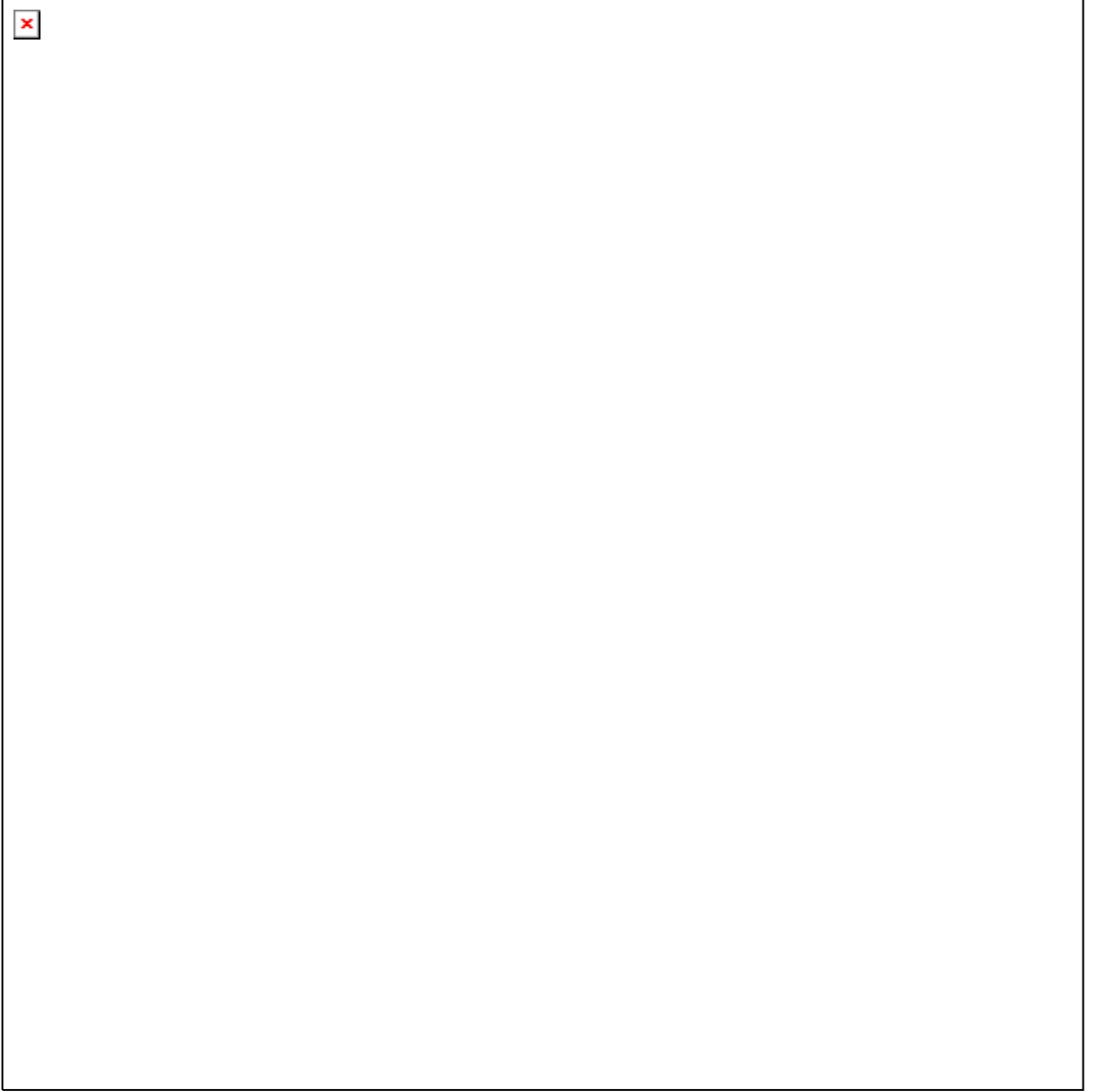
### 2.1 Toprak Örneklerinin Alındıkları Yerler ve Büyük Toprak Grupları Hakkında Kısa Bilgiler

Araştırmada kullanılan toprak örnekleri, bölgenin yoğun tarımsal üretim alanlarını ve ağırlıklı olarak yayılım gösteren aluviyal, koluviyal ve vertisol büyük toprak gruplarını temsil edebilecek şekilde alınmıştır. Aluviyal, koluviyal ve vertisol büyük toprak gruplarının yayılım alanları dikkate alınarak alınan toplam 50 toprak örneğinin 30 adeti aluviyal, 10 adeti kolüviyal ve 10 adeti vertisol büyük toprak grubuna ait olacak şekilde Bursa merkez ve köylerinden (11 örnek), Orhangazi ilçesinden ve köylerinden (5 örnek), İznik ilçesinden ve köylerinden (4 örnek), Yenişehir ilçesinden ve köylerinden (7 örnek), İnegöl ilçesinden ve köylerinden (6 örnek), Karacabey ilçesinden ve köylerinden (11 örnek) ve Mustafakemalpaşa ilçesinden ve köylerinden (6 örnek) olmak üzere 7 farklı yöreden alınmıştır.

Toprak örneklerinin alınacağı yerlerin belirlenmesinde Bursa iline ait topoğrafik haritadan yararlanılmış ve bölgeyi temsil eden toprak örnekleri GPS yardımı ile koordinatları belirlenerek alınmıştır. Toprak örneklerinin alındıkları yerler ve ait oldukları büyük toprak grupları ile koordinatları sırasıyla Şekil 2.1 ve Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Toprak örneklerinin ait olduğu büyük toprak grupları ile ilgili olarak aşağıda kısaca bilgi verilmiştir.

**Aluviyal Topraklar:** Bu topraklar, akarsular tarafından taşınıp depolanan materyallerden oluşması nedeniyle heterojen yapıya sahip genç topraklardır. Bu nedenle profillerinde horizon oluşumu ya hiç yok, ya da az çok belirgindir. Bursa yöresinde Aluviyal topraklar en fazla Karacabey, Mustafakemalpaşa, Bursa, Yenişehir ve İnegöl ovalarında bulunmaktadır. Bursa ili tarım toprakları içerisinde Aluviyal topraklar 118255 ha’lık (toplam tarım alanının % 17’si) bir alanı kaplamaktadır.



- Haritada kırmızı ile işaretlenen noktalar kükürt noksan alanları göstermektedir

Şekil 2.1 Toprak örneklerinin alındığı noktalar (Anonim 1995b)



Çizelge 2.1 Toprak örneklerinin alındıkları yerler, ait oldukları büyük toprak grupları ve koordinatları

Örnek No	İlçesi	Büyük Toprak Grubu	Koordinatı	Örnek No	İlçesi	Büyük Toprak Grubu	Koordinatı
1	Orhangazi	Aluviyal	698765E - 4484590N	26	Merkez	Vertisol	659509E - 4456236N
2	Orhangazi	Aluviyal	694644E - 4481456N	27	Merkez	Aluviyal	696820E - 4454145N
3	Orhangazi	Aluviyal	707917E - 4486540N	28	Merkez	Aluviyal	663196E - 4451996N
4	İzmit	Aluviyal	732023E - 4477801N	29	Merkez	Vertisol	658197E - 4455063N
5	İzmit	Aluviyal	728946E - 4482200N	30	Karacabey	Vertisol	636659E - 4452180N
6	İzmit	Koluviyal	725240E - 4474574N	31	Karacabey	Vertisol	638672E - 4456500N
7	Orhangazi	Koluviyal	704798E - 4475440N	32	Karacabey	Vertisol	631667E - 4453379N
8	İzmit	Koluviyal	732520E - 4476438N	33	Karacabey	Vertisol	624723E - 4455275N
9	Orhangazi	Koluviyal	695080E - 4477728N	34	Karacabey	Aluviyal	618137E - 4448462N
10	Yenişehir	Aluviyal	718123E - 4456357N	35	Karacabey	Aluviyal	607612E - 4448858N
11	Yenişehir	Aluviyal	722708E - 4456229N	36	Karacabey	Vertisol	602561E - 4450259N
12	Yenişehir	Aluviyal	722796E - 4460059N	37	Karacabey	Aluviyal	603568E - 4445421N
13	Yenişehir	Aluviyal	722072E - 4462926N	38	Karacabey	Aluviyal	602151E - 4442960N
14	Yenişehir	Koluviyal	725317E - 4463180N	39	M.K.P.	Aluviyal	626977E - 4445468N
15	Yenişehir	Aluviyal	712972E - 4459596N	40	M.K.P.*	Aluviyal	624801E - 4446933N
16	Yenişehir	Koluviyal	729672E - 4461761N	41	M.K.P.	Aluviyal	627180E - 4447631N
17	İnegöl	Aluviyal	722028E - 4438223N	42	M.K.P.	Aluviyal	629482E - 4440662N
18	İnegöl	Aluviyal	724070E - 4434591N	43	M.K.P.	Aluviyal	614472E - 4432322N
19	İnegöl	Koluviyal	715798E - 4435423N	44	M.K.P.	Aluviyal	620168E - 4436197N
20	İnegöl	Aluviyal	712015E - 4443023N	45	Merkez	Koluviyal	648480E - 4450116N
21	İnegöl	Aluviyal	716315E - 4439438N	46	Merkez	Koluviyal	646040E - 4446500N
22	İnegöl	Aluviyal	709729E - 4438828N	47	Karacabey	Koluviyal	601422E - 4456540N
23	Merkez	Aluviyal	681744E - 4454814N	48	Merkez	Vertisol	651834E - 4455155N
24	Merkez	Aluviyal	692075E - 4454906N	49	Merkez	Vertisol	657337E - 4457877N
25	Merkez	Aluviyal	661209E - 4457979N	50	Karacabey	Vertisol	605265E - 4454551N

\* M.K.P: Mustafakemalpaşa

**Koluviyal Topraklar:** Dik eğimli yamaçların eteklerinde yerçekimi, toprak kayması, yüzey akışı gibi faktörlerin etkisiyle oluşmuş genç topraklardır. Eğim genelde toprağı oluşturan materyalin geldiğı yöne doğru artmaktadır. Eğim ve bünye nedeniyle drenajları iyidir ve bunun sonucu olarak da tuzluluk ve alkalilik sorunu bulunmamaktadır. Bursa ili tarım toprakları içerisinde Koluviyal topraklar 34088 ha'lık (toplam tarım alanının % 5'i) bir alanı kaplamaktadır.

**Vertisol Topraklar:** Koyu renkli, ağır bünyeli ve genellikle kurak mevsimde büzülebilen, yağışlı mevsimlerde genişleyebilen özelliğe sahip killi topraklardır. İl içerisindeki toplam alanları 23436 ha olup (toplam tarım alanının % 3'ü) tamamı Karacabey, Bursa merkez, Mudanya ve Mustafakemalpaşa ilçelerinde yer almaktadır.

## **2.2 Toprak Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması**

Araştırmada, yöredeki büyük toprak gruplarının dağılımı ve alansal büyüklükleri dikkate alınarak seçilen aluviyal (30 örnek), koluviyal (10 örnek) ve vertisol (10 örnek) büyük toprak gruplarından Jackson (1962) tarafından bildirildiğı şekilde verimlilik ilkesine göre 0-20 cm derinlikten alınmıştır. Toprak örnekleri polietilen torbalar içerisinde Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Laboratuvarına getirilmiştir. Gölge, kuru ve temiz bir yerde hava kuru duruma gelene dek kurutulan toprak örnekleri içerisinde bulunan iri kesekler ezilmiş, taş ve bitki artıkları temizlenmiş ve 4 mm'lik elekten geçirilen bölüm sera ve inkübasyon denemelerinde, 2 mm'lik elekten geçirilen toprak örnekleri ise laboratuvar analizlerinde kullanılmak üzere ayrılmıştır. Analizler için ayrılan toprak örnekleri ağzı kapaklı cam kavanozlarda saklanmıştır.

## **2.3 Toprak Örneklerinde Yapılan Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analizler**

### **2.3.1 Mekanik analiz**

Toprak örneklerinin kum, silt ve kil fraksiyonları Bouyoucos (1951) tarafından bildirildiğı şekilde hidrometre yöntemine göre belirlenmiş, tekstür sınıfları Anonim'e (1951) göre saptanmıştır.

### **2.3.2 Tarla kapasitesi**

100 g kuru toprak örneği 100 ml'lik ölçü silindiri içerisine konulmuş ve toprağın kapladığı hacim ölçülmüştür. 10 ml saf su ilave edildikten sonra, buharlaşmayı önlemek için ölçü silindirinin ağzı kapatılmıştır. 24 saat sonra ölçü silindiri içerisinde ıslanan toprağın hacmi ölçülmüş ve toprağın tarla kapasitesinde tuttuğu su miktarı hesaplanmıştır.

### **2.3.3 Toprak reaksiyonu (pH)**

Saf su ile 1:2.5 oranında sulandırılmış toprak örneğinde pH Orion 720A model pH/iyonmetresi ile belirlenmiştir (Grewelling and Peech 1960).

### **2.3.4 Elektriksel iletkenlik (EC)**

Saf su ile 1:2.5 oranında sulandırılmış toprak örneğinde elektriksel iletkenlik WTW LF 92 model kondaktivitemetre ile belirlenmiştir (Richards 1954).

### **2.3.5 Kireç miktarı (CaCO<sub>3</sub>)**

Çağlar (1949) tarafından bildirildiği şekilde Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir.

### **2.3.6 Organik madde**

Jackson (1962) tarafından bildirildiği şekilde değiştirilmiş Walkley-Black yaş yakma yöntemine göre belirlenmiştir.

### **2.3.7 Toplam azot**

Toprak örneklerinin toplam azot içerikleri Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir (Kacar 1994).

### **2.3.8 Bitkiye yararılı fosfor**

Olsen ve ark. (1954) tarafından bildirildiği şekilde toprak örnekleri 0.5 M sodyum bikarbonat (pH 8.5) ile ekstrakte edilmiş ve elde edilen süzükte fosfor spektrofotometrik yöntem ile belirlenmiştir.

### **2.3.9 Bitkiye yararılı kükürt (SO<sub>4</sub>-S)**

Toprak örneğinin 0.5 N NH<sub>4</sub>OAc + 0.25 N HOAc çözeltisi ile ekstrakte edilmesi sonucunda elde edilen süzükte BaCl<sub>2</sub> ile oluşturulan türbidite spektrofotometrik yöntem ile belirlenmiştir (Bardsley 1965).

### **2.3.10 Değişebilir sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum**

Toprak örneğinin 1 N amonyum asetat (pH 7.0) çözeltisi ile ekstrakte edilmesi sonucunda elde edilen süzükte Na, K ve Ca Eppendorf Elex 6361 fleymfotometresi ile Mg ise Philips 9200X model atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile belirlenmiştir (Pratt 1965).

### **2.3.11 Bitkiye yararılı çinko, demir, bakır, mangan**

Toprak örneğinin 0.005 M DTPA + 0.01 M CaCl<sub>2</sub> + 0.1 M TEA (pH 7.3) çözeltisi ile ekstrakte edilmesi sonucunda elde edilen süzükte Zn, Fe, Cu ve Mn Philips 9200X model Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi ile belirlenmiştir (Lindsay and Norvell 1978).

## **2.4. Toprak Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi**

Araştırma topraklarında yapılan analizler sonucu elde edilen veriler Çizelge 2.2'de gösterilen sınır değerleri ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 2.2 Topraklarda belirlenen bitki besin elementlerinin değerlendirilmesinde kullanılan sınır değerleri

Özellik	Yeterlik Sınıfı						Kaynak
	Kuvvetli asit	Orta asit	Hafif asit	Nötr	Hafif alkali	Kuvvetli alkali	
pH (1:2.5)	<4.5	4.5-5.5	5.5-6.5	6.5-7.5	7.5-8.5	>8.5	Richards 1954
EC, mS cm <sup>-1</sup>	Tuzsuz	Hafif tuzlu	Orta tuzlu	Çok fazla tuzlu			Anonim 1988
	0-4	4-8	8-15	>15			
Kireç, %	Kireçsiz	Az kireçli	Orta kireçli	Kireçli	Çok kireçli		Anonim 1988
	< 1	1-5	5-15	15-25	> 25		
O.M., %	Çok az	Az	Orta	İyi	Yüksek		Anonim 1988
	< 1	1-2	2-3	3-4	> 4		
N, %	Çok az	Az	Yeter	Fazla	Çok Fazla		Anonim 1990
	<0.045	0.045-0.09	0.09-0.17	0.17-0.32	>0.32		
P, mg kg <sup>-1</sup>	<2.5	2.5-8.0	8.0-25	25-80	>80		Anonim 1990
K, me 100g <sup>-1</sup>	<0.13	0.13-0.28	0.28-0.74	0.74-2.56	>2.56		Anonim 1990
Ca, me 100g <sup>-1</sup>	<1.19	1.19-5.75	5.75-17.5	17.5-50	>50		Anonim 1990
Mg, me 100g <sup>-1</sup>	<0.42	0.42-1.33	1.33-4.0	4.0-12.5	>12.5		Anonim 1990
Na, me 100g <sup>-1</sup>	-	-	0.2	-	-		Jackson 1962
Zn, mg kg <sup>-1</sup>	<0.2	0.2-0.7	0.7-2.4	2.4-8	>8		Anonim 1990
Mn, mg kg <sup>-1</sup>	<4.0	4-14	14-50	50-170	>170		Anonim 1990
Fe, mg kg <sup>-1</sup>	Az		Orta		Yüksek		Lindsay and Norvell 1969
	<2.5		2.5-4.5		>4.5		
Cu, mg kg <sup>-1</sup>	Yetersiz		Yeterli				Follet 1969
	<0.2		>0.2				
S, mg kg <sup>-1</sup>	<8.0		>8.0				Bansal 1983

## 2.5 İnkübasyon Denemesi

Bursa yöresinde ağırlıklı olarak yayılım gösteren alüviyal, kolüviyal ve vertisol büyük toprak gruplarından alınan toprak örneklerinde pH ve EC değerleri ile bitkiye yarayışlı kükürt, fosfor, çinko, demir, bakır ve mangan içeriklerindeki değişimlerin zamana bağlı olarak hangi yönde değiştiğini ortaya koyabilmek amacıyla toplam 6 hafta süren bir inkübasyon denemesi yürütülmüştür.

İnkübasyon denemesinde;

- Alüviyal büyük toprak grubuna ait 3 toprak örneği (3, 13 ve 28' nolu topraklar),
- Kolüviyal büyük toprak grubuna ait 2 toprak örneği (7 ve 9' nolu topraklar), ve
- Vertisol büyük toprak grubuna ait 2 toprak örneği (29 ve 33' nolu topraklar) kullanılmıştır.

İnkübasyon denemesinde 4 mm'lik elekten elenmiş toprak örnekleri 500 g'lık plastik saksılara fırın kuru toprak esasına göre 400 g olacak şekilde konulmuştur.

İnkübasyon denemesine başlamadan önce toprak örnekleri alınmış ve bu topraklarda yapılan analizler 0. hafta değerleri olarak kullanılmıştır. Toprak örnekleri alındıktan sonra bu topraklara kükürt;

a) amonyum sülfat (AS)  $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ ,

b) jips (J)  $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$  ve

c) elementel kükürt (ES)

olmak üzere 3 farklı kaynaktan  $10 \text{ mg S kg}^{-1}$  uygulanmıştır.

Toprak örnekleri deneme süresince saf su ile tarla kapasitesinde sulanmıştır.

İnkübasyon sürecinde

a) başlangıçta (0. hafta),

b) 3. hafta sonunda ve

c) 6. hafta sonunda

her bir saksıdan alınan toprak örnekleri gölge bir yerde kurutulmuş ve 2 mm'lik elekten geçirilerek analizlere hazır hale getirilmiştir.

### 2.5.1. İnkübasyon sürecinde alınan toprak örneklerinde yapılan analizler

İnkübasyon sürecinde her bir saksıdan alınan toprak örneklerinde pH, EC, bitkiye yarayışlı kükürt, fosfor, demir, bakır, çinko ve mangan analizleri **2.3 Toprak Örneklerinde Yapılan Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analizler** başlığı altında verilen yöntemlere göre yapılmıştır.

### 2.6 Sera Denemesi

Bursa İli tarım topraklarını temsilen alüviyal, kolüviyal ve vertisol büyük toprak gruplarından alınan toplam 50 adet toprak örneğinde yapılan bitkiye yarayışlı kükürt analizi sonucu, toprakta yarayışlı kükürt için belirtilen sınır değerinin ( $<8.0 \text{ mg kg}^{-1}$ ) altında olduğu belirlenen toprak örneklerinden 3 adet alüviyal (3, 13 ve 28'nolu

örnekler), 2 adet koluviyal (7 ve 9'nolu örnekler) ve 2 adet vertisol (29 ve 33'nolu örnekler) olmak üzere toplam 7 adet toprak örneği sera denemesinde kullanılmak üzere seçilmiştir.

Sera denemesi Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde bulunan cam serada yürütülmüştür. Tesadüf parselleri deneme desenine göre üç yinelemeli olarak planlanan denemede, içerisine 2 kg toprak konulan plastik saksılar kullanılmış ve uygulama konuları saksılara rasgele dağıtılmıştır.

Denemede kükürt:

- a) Amonyum sülfat (AS)  $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$
- b) Jips (J)  $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$
- c) Elementel kükürt (S)

olmak üzere üç ayrı kaynaktan aşağıda gösterilen konsantrasyonlarda uygulanmıştır.

- a)  $S_0$  : 0 mg S  $\text{kg}^{-1}$  (Kontrol)
- b)  $S_5$  : 5 mg S  $\text{kg}^{-1}$
- c)  $S_{10}$ : 10 mg S  $\text{kg}^{-1}$
- d)  $S_{20}$ : 20 mg S  $\text{kg}^{-1}$
- e)  $S_{40}$ : 40 mg S  $\text{kg}^{-1}$

Ayrıca tüm saksılara ekimden önce temel gübreleme amacıyla 100 mg N  $\text{kg}^{-1}$  ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  şeklinde), 60 mg P  $\text{kg}^{-1}$  ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$  şeklinde) ve 75 mg K  $\text{kg}^{-1}$  ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$  şeklinde) verilmiş ve topraklarla iyice karıştırılmıştır. Denemede kükürt taşıyıcısı olarak amonyum sülfat  $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$  uygulanan saksılara, bu kaynaktan gelen azot miktarı hesaplanmış eksik olan kısım amonyum nitrattan tamamlanmıştır.

Denemede RX947 melez mısır (*Zea mays* L.) tohumu kullanılmıştır. Başlangıçta her bir saksıya 4 adet mısır tohumu ekilmiş ve çimlenmeden sonra her bir saksıda 2 adet bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Seyreltme sonrası saksıdaki toprak nemi tarla kapasitesine getirilmiş ve saksılardan eksilen su her gün tartılarak eklenmiştir (Şekil 2.2).

Deneme süresince belirli aralıklarla fenolojik gözlemler yapılarak deneme bitkisinin gelişme seyri ve farklı kaynaklardan uygulanan kükürde olan tepkileri gözlemlenmiştir. Altı haftalık gelişme sonunda bitkiler toprak yüzeyinden kesilmek suretiyle hasat edilmiştir.



Şekil 2.2 Sera denemesinin genel görünümü

## **2.7 Bitki Örneklerinin Analize Hazırlanması ve Bitki Örneklerinde Yapılan Analizler**

Hasat edilen bitki örnekleri saf su ile yıkandıktan sonra sıcak hava sirkülasyonlu kurutma dolabında 65 °C sıcaklıkta sabit ağırlığa gelinceye kadar kurulmuş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Ağırlıkları belirlenen bitki örnekleri cam hazneli blender ile öğütülmüş ve nitrik asit ile Bergof MW1 model mikrodalga örnek parçalayıcıda konsantre HNO<sub>3</sub> ile yaş yakılarak analize hazır hale getirilmiştir.

### **2.7.1 Toplam azot**

Bremner (1965) tarafından bildirildiği şekilde kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir.



### **2.7.2 Toplam fosfor, kükürt, potasyum, kalsiyum, magnezyum, çinko, demir, bakır ve mangan**

Mikrodalga örnek parçalayıcısı ile yaş yakılarak elde edilen bitki ekstraktında toplam fosfor, kükürt, potasyum, kalsiyum, magnezyum, çinko, demir, bakır ve mangan Perkin Elmer Optima DV 2100 Model ICP-OES cihazı ile belirlenmiştir (Kalra 1998).

### **2.8 İstatistikî analiz**

Araştırma sonunda elde edilen tüm verilerin istatistikî analizleri Düzgüneş'e (1963) göre yapılmıştır.

### 3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

#### 3.1 Araştırma Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Bursa yöresinden alınan ve araştırmada kullanılan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ait oldukları büyük toprak grupları dikkate alınarak irdelenmiştir.

##### 3.1.1 Aluviyal topraklar

Bursa ili aluviyal büyük toprak grubuna ait tarım topraklarından alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.1, 3.2 ve 3.3’de toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 3.1’in incelenmesinden de anlaşılacağı gibi, aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin kum miktarları % 12.55 (17 numaralı örnek) ile % 82.60 (22 numaralı örnek) arasında, silt miktarları % 7.06 (22 numaralı örnek) ile % 40.73 (44 numaralı örnek) arasında ve kil miktarı ise % 10.33 (22 numaralı örnek) ile % 63.90 (25 numaralı örnek) arasında değiştiği görülmektedir. Araştırmada Bursa ili aluviyal tarım topraklarından alınan örneklerde saptanan ortalama kum, silt ve kil miktarları sırasıyla % 39.24, % 27.32 ve % 33.44 olarak belirlenmiştir.

Araştırmada kullanılan aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin % 46.66’sının killi tın, % 20.00’sinin kil, % 16.66’sının kumlu tın, % 6.66’sının tın, % 6.66’sının kumlu killi tın ve % 3.32’sinin de kumlu kil tekstür sınıfına sahip olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada kullanılan aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin pH değerleri 6.68 (28 numaralı örnek) ile 8.32 (13 numaralı örnek) arasında değişmektedir. Araştırmada kullanılan aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin tepkimeleri pH sınıflamasına göre (Çizelge 2.2) değerlendirildiğinde, toprakların % 13.33’ü nötr ve % 86.67’si hafif alkali reaksiyonlu olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 3.1 Bursa ili aluviyal tarım topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek No	Tekstür Sınıfı	Kum, %	Silt, %	Kil, %	pH, 1:2.5su	EC, $\mu\text{S cm}^{-1}$	CaCO <sub>3</sub> , %	O.M., %
1	kil	16.47	25.18	58.34	7.91	336.7	9.18	2.09
2	tın	35.89	40.32	23.79	7.23	217.5	1.80	1.98
3	killi tın	30.67	34.87	34.46	7.40	168.6	0.60	1.99
4	kumlu tın	68.11	12.11	19.78	7.85	239.4	3.19	1.22
5	killi tın	32.23	34.09	33.68	7.69	257.7	0.60	2.73
10	killi tın	43.03	28.69	28.28	7.85	233.7	4.39	1.45
11	kil	17.71	29.69	52.60	7.86	256.8	17.76	2.84
12	killi tın	33.68	27.72	38.60	7.77	348.8	6.79	2.36
13	killi tın	38.81	24.64	36.55	8.32	147.5	1.60	1.80
15	killi tın	35.10	30.61	34.29	7.70	262.8	2.59	1.62
17	kil	12.55	37.66	49.79	7.73	326.1	5.39	2.90
18	kil	30.04	19.96	50.00	7.76	213.4	2.20	3.12
20	killi tın	37.08	30.64	32.28	7.84	312.8	7.78	2.18
21	kumlu kil	47.02	16.43	36.55	7.80	460.1	1.00	1.86
22	kumlu tın	82.60	7.06	10.33	7.74	216.7	5.19	1.18
23	kumlu tın	59.35	22.22	18.42	7.07	126.6	0.40	1.61
24	kil	21.16	34.13	44.72	7.66	267.6	3.99	3.05
25	kil	12.80	23.31	63.90	7.58	212.7	1.00	2.05
27	kumlu killi tın	53.20	22.27	24.53	7.69	198.4	2.40	2.13
28	killi tın	39.67	28.51	31.81	6.68	304.7	0.40	2.28
34	killi tın	31.97	39.84	28.19	7.94	355.1	0.80	1.49
35	kumlu tın	55.87	24.29	19.84	7.73	266.8	3.79	1.62
37	killi tın	35.93	29.68	34.39	7.93	325.1	1.40	1.84
38	killi tın	36.76	30.80	32.44	7.64	393.4	0.80	2.03
39	killi tın	45.25	22.47	32.28	7.87	370.2	7.38	1.89
40	tın	41.93	35.46	22.61	7.82	336.8	8.78	1.37
41	kumlu killi tın	54.08	21.28	24.64	7.76	341.9	6.99	1.60
42	kumlu tın	69.47	17.12	13.41	7.82	490.5	6.19	2.48
43	killi tın	32.38	27.95	39.67	7.76	394.9	2.00	2.32
44	killi tın	26.35	40.73	32.91	7.83	377.5	9.38	1.83
En az		12.55	7.06	10.33	6.68	126.6	0.40	1.18
En çok		82.60	40.73	63.90	8.32	490.5	17.76	3.12
Ortalama		39.24	27.32	33.44	7.71	292.0	4.19	2.03

Araştırmada kullanılan aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin elektriksel iletkenlik değerlerinin  $126.6 \mu\text{S cm}^{-1}$  (23 numaralı örnek) ile  $490.5 \mu\text{S cm}^{-1}$  (42 numaralı örnek) arasında değiştiği ve elektriksel iletkenlik sınır değerleri (Çizelge 2.2) ile karşılaştırıldığında toprakların tamamının tuzsuz sınıfında olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada kullanılan aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin kireç içerikleri % 0.40 (23. 28 numaralı örnekler) ile % 17.76 (11 numaralı örnek) arasında değişirken, organik madde içerikleri % 1.22 (4 numaralı örnek) ile % 3.12 (18 numaralı örnek) arasında değişmektedir (Çizelge 3.1). Aluviyal toprak örneklerinin kireç ve organik madde içerikleri, sınır değerleri (Çizelge 2.2) ile karşılaştırıldığında bu toprakların % 26.67'sinin az kireçli, % 36.67'sinin kireçli % 33.33'ünün orta kireçli ve % 3.33'ünün de fazla kireçli olduğu ve organik madde içeriklerinin ise % 53.33'ünün az, % 40.00'inin orta ve % 6.67'sinin de iyi olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada kullanılan aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin toplam azot içerikleri % 0.039 (4 numaralı örnek) ile % 0.188 (24 numaralı örnek) arasında değişirken, bitkiye yararılı fosfor içerikleri 5.27 mg kg<sup>-1</sup> (13 numaralı örnek) ile 101.88 mg kg<sup>-1</sup> (4 numaralı örnek) arasında değişmektedir (Çizelge 3.2). Aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin toplam azot ve bitkiye yararılı fosfor içerikleri sınır değerleri (Çizelge 2.2) ile karşılaştırıldığında bu toprakların % 3.33'ünün çok az, % 43.33'ünün az, % 46.67'sinin yeterli ve % 6.67'sinin de fazla miktarda azot içerdiği ve % 6.67'sinde az, % 43.33'ünde yeterli, % 46.67'sinin fazla ve % 3.33'ünde çok fazla miktarda bitkiye yararılı fosfor içerdiği belirlenmiştir.

Araştırmada kullanılan aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin değişebilir katyon içerikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir. Çizelgenin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin değişebilir sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içerikleri sırasıyla 0.08 me Na 100 g<sup>-1</sup> (2, 27 numaralı örnekler) ile 1.74 me Na 100 g<sup>-1</sup> (24 numaralı örnek), 0.20 me K 100 g<sup>-1</sup> (23 numaralı örnek) ile 1.25 me K 100 g<sup>-1</sup> (35 numaralı örnek), 8.66 me Ca 100 g<sup>-1</sup> (23 numaralı örnek) ile 40.59 me Ca 100 g<sup>-1</sup> (25 numaralı örnek) ve 1.32 me Mg 100 g<sup>-1</sup> (2 numaralı örnek) ile 13.12 me Mg 100 g<sup>-1</sup> (5 numaralı örnek) arasında değiştiği anlaşılmaktadır.

Aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin değişebilir katyon içerikleri, sınır değerleri (Çizelge 2.2) ile karşılaştırıldığında bu toprakların % 36.67'sinde Na'un, % 6.67'sinde K'un ve % 3.33'ünde Mg'un az düzeyde olduğu, % 63.33'ünde Na'un,

Çizelge 3.2 Bursa ili aluviyal tarım topraklarının toplam N, yarıyışlı P ve değişebilir katyon içerikleri

Örnek No	Toplam N, %	Bitkiye yarıyışlı P, mg kg <sup>-1</sup>	Değişebilir Katyonlar, me 100 g <sup>-1</sup>			
			Na	K	Ca	Mg
1	0.164	36.74	0.57	0.36	36.13	8.88
2	0.104	66.77	0.08	0.48	9.69	1.32
3	0.112	48.48	0.60	0.45	9.90	8.22
4	0.039	101.88	0.36	0.42	10.75	4.39
5	0.156	38.32	0.86	0.50	10.9	13.12
10	0.069	14.71	0.31	0.63	17.88	3.81
11	0.126	6.11	0.28	0.74	38.00	4.89
12	0.128	22.58	0.36	0.64	20.66	7.05
13	0.077	9.96	0.16	0.94	16.13	2.32
15	0.098	24.03	0.20	1.19	16.04	2.73
17	0.186	26.82	0.17	0.94	31.68	6.64
18	0.128	26.82	0.14	1.11	21.02	4.39
20	0.128	21.37	0.17	0.95	18.78	4.48
21	0.073	12.29	0.35	0.62	21.13	5.64
22	0.047	18.95	0.10	0.24	12.17	1.73
23	0.061	10.47	0.12	0.20	8.66	1.57
24	0.188	41.34	0.19	0.70	19.16	5.23
25	0.094	28.03	0.33	0.57	40.59	7.22
27	0.086	9.26	0.08	0.41	12.51	2.98
28	0.100	56.52	0.10	0.59	12.22	4.48
34	0.069	26.82	1.74	0.43	13.35	7.64
35	0.071	29.84	0.17	1.25	15.76	2.90
37	0.090	21.97	0.61	0.69	15.84	9.80
38	0.100	32.26	0.44	0.79	16.42	4.98
39	0.091	23.18	0.25	0.71	18.51	6.80
40	0.048	8.66	0.32	0.54	17.17	5.14
41	0.046	45.58	0.44	0.57	17.92	6.06
42	0.052	56.48	0.26	0.73	13.44	6.22
43	0.103	76.45	0.40	1.05	20.32	8.22
44	0.062	12.89	0.23	0.53	20.47	6.14
En az	0.039	5.27	0.08	0.20	8.66	1.32
En çok	0.188	101.88	1.74	1.25	40.59	13.12
Ortalama	0.097	31.85	0.35	0.67	18.44	5.50

% 66.66'sında K'un, % 53.33'ünde Ca'un, % 23.34'ünde Mg'un yeterli düzeyde olduğu; % 26.67'sinde K'un, % 46.67'sinde Ca'un ve % 70.00'inde Mg'un fazla düzeyde olduğu belirlenirken, % 3.33'ünde ise Mg'un çok fazla düzeyde bulunduğu belirlenmiştir.

Araştırmada kullanılan aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin bitkiye yarıyışlı mikro element içerikleri Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3 Bursa ili aluviyal tarım topraklarının bitkiye yararılı mikro element içerikleri

Örnek No	Fe mg kg <sup>-1</sup>	Cu mg kg <sup>-1</sup>	Zn mg kg <sup>-1</sup>	Mn mg kg <sup>-1</sup>	Örnek No	Fe mg kg <sup>-1</sup>	Cu mg kg <sup>-1</sup>	Zn mg kg <sup>-1</sup>	Mn mg kg <sup>-1</sup>
1	23.76	5.72	0.78	3.46	23	20.02	8.36	0.56	12.24
2	17.82	6.82	2.00	15.54	24	12.10	19.58	1.24	8.94
3	19.10	26.45	1.54	19.01	25	12.76	6.60	0.50	2.44
4	8.58	21.78	0.92	5.86	27	15.40	10.12	0.56	7.62
5	13.20	43.56	1.36	9.16	28	31.03	1.33	1.03	48.40
10	7.26	7.48	0.90	7.40	34	5.28	1.32	1.04	8.06
11	5.50	3.52	0.38	2.66	35	2.86	3.08	0.66	7.18
12	9.68	12.54	1.08	6.52	37	5.50	1.98	1.08	6.30
13	5.18	2.08	1.39	7.47	38	6.60	2.86	0.50	7.18
15	3.52	4.40	0.60	9.82	39	8.80	2.20	0.52	6.08
17	26.40	9.68	3.42	13.12	40	6.60	1.98	1.14	6.96
18	7.70	7.70	1.36	6.96	41	9.46	2.42	1.24	2.66
20	7.70	4.84	0.76	8.06	42	8.14	1.54	0.76	7.62
21	10.78	4.84	0.26	3.32	43	5.50	3.08	0.62	7.18
22	8.58	5.72	0.64	3.26	44	6.82	2.20	0.92	6.30
	Fe mg kg <sup>-1</sup>	Cu mg kg <sup>-1</sup>	Zn mg kg <sup>-1</sup>	Mn mg kg <sup>-1</sup>					
En az	2.86	1.32	0.26	2.44					
En çok	26.40	43.56	3.42	48.40					
Ortalama	11.05	7.86	0.99	8.89					

Çizelgenin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi aluviyal büyük toprak grubuna ait toprakların bitkiye yararılı demir, bakır, çinko ve mangan içerikleri sırasıyla 2.86 mg Fe kg<sup>-1</sup> (35 numaralı örnek) ile 26.40 mg Fe kg<sup>-1</sup> (17 numaralı örnek), 1.32 mg Cu kg<sup>-1</sup> (34 numaralı örnek) ile 43.56 mg Cu kg<sup>-1</sup> (5 numaralı örnek), 0.26 mg Zn kg<sup>-1</sup> (21 numaralı örnek) ile 3.42 mg Zn kg<sup>-1</sup> (17 numaralı örnek) ve 2.44 mg Mn kg<sup>-1</sup> (25 numaralı örnek) ile 48.40 mg Mn kg<sup>-1</sup> (28 numaralı örnek) arasında değiştiği anlaşılmaktadır.

Aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin bitkiye yararılı mikro element içerikleri, sınır değerleri (Çizelge 2.2) ile karşılaştırıldığında bu toprakların % 20.00'sinde Mn'nin çok az, % 43.33'ünde Zn'nun, % 70.00'inde Mn'nin az ve % 10.00'unda Fe'in orta düzeyde olduğu; % 10.00'unda Mn'nin, % 53.33'ünde Zn'nun

ve % 100'ünde Cu'nun yeterli düzeyde olduğu belirlenirken, % 3.33'ünde Zn'nun ve % 90.00'nında Fe'in fazla olduğu belirlenmiştir.

### 3.1.2. Koluviyal topraklar

Bursa ili koluviyal büyük toprak grubuna ait tarım topraklarından alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.4, 3.5 ve 3.6'da toplu olarak verilmiştir.

Koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin tekstür sınıfları Çizelge 3.4'de verilmiştir. Çizelgenin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin kum miktarları % 26.58 (14 numaralı örnek) ile % 51.72 (6 numaralı örnek) arasında değişmektedir. Toprakların silt miktarları % 13.54 (19 numaralı örnek) ile % 33.50 (8 numaralı örnek) arasında değişirken toprakların kil miktarı ise % 25.96 (6 numaralı örnek) ile % 56.08 (45 numaralı örnek) arasında değişmektedir. Araştırmada koluviyal tarım topraklarından alınan örneklerde saptanan ortalama kum % 38.69, ortalama silt % 22.48 ve ortalama kil ise % 38.84 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.4 Bursa ili koluviyal tarım topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek No	Tekstür Sınıfı	Kum, %	Silt, %	Kil, %	pH, 1:2.5su	EC, $\mu\text{S cm}^{-1}$	CaCO <sub>3</sub> , (%)	O.M. (%)
6	kumlu killi tın	51.72	22.31	25.96	6.92	202.50	0.60	2.26
7	kumlu killi tın	45.47	22.38	32.15	6.57	317.90	0.40	1.74
8	killi tın	39.49	33.50	27.01	7.77	274.50	1.20	2.42
9	killi tın	37.78	30.30	31.92	6.48	196.60	0.40	1.60
14	kil	26.58	21.10	52.32	7.61	250.50	0.60	1.82
16	killi tın	44.69	20.64	34.67	7.82	223.70	5.59	1.80
19	kumlu kil	47.29	13.54	39.17	7.76	327.10	5.19	1.88
45	kil	29.99	13.93	56.08	7.90	234.40	2.99	2.21
46	killi tın	32.87	28.34	38.79	6.91	119.50	0.20	1.61
47	kil	30.99	18.73	50.28	7.85	271.40	6.79	0.77
En az		26.58	13.54	25.96	6.48	119.50	0.20	0.77
En çok		51.72	33.50	56.08	7.90	327.10	6.79	2.42
Ortalama		38.69	22.48	38.84	7.36	241.81	2.40	1.81

Araştırmada kullanılan koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin % 40.00'inin killi tın, % 30.00'unun kil, % 10.00'unun kumlu kil, ve % 20.00'sinin de kumlu killi tın tekstür sınıfına sahip olduğu belirlenmiştir.

Koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin tepkimeleri (pH) ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri Çizelge 3.4'de verilmiştir. Çizelgenin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin pH değerleri 6.48 (9 numaralı örnek) ile 7.90 (45 numaralı örnek) arasında değişmektedir. Araştırmada kullanılan koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin tepkimeleri pH sınıflamasına göre (Çizelge 2.2) değerlendirildiğinde, toprakların % 40'ının nötr ve % 60'ının da hafif alkali reaksiyonlu olduğu anlaşılmaktadır.

Koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin elektriksel iletkenlik değerleri ise  $119.50 \mu\text{S cm}^{-1}$  (46 numaralı örnek) ile  $327.10 \mu\text{S cm}^{-1}$  (19 numaralı örnek) arasında değişmektedir. Toprakların elektriksel iletkenlik değerleri sınır değerleri (Çizelge 2.2) ile karşılaştırıldığında toprakların tamamının tuzsuz sınıfında olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada kullanılan koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin kireç değerleri % 0.20 (46 numaralı örnek) ile % 6.79 (47 numaralı örnek) arasında değişirken, organik madde içerikleri % 0.77 (47 numaralı örnek) ile % 2.42 (8 numaralı örnek) arasında değişmektedir (Çizelge 3.4). Koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin kireç ve organik madde içerikleri, sınır değerleri ile (Çizelge 2.2) karşılaştırıldığında bu toprakların % 50.00'sinin az kireçli, % 20.00'sinin kireçli ve % 30.00'unun orta kireçli olduğu ve organik madde içeriklerinin ise % 10.00'unun çok az, % 60.00'inin az ve % 30.00'unun da orta olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada kullanılan koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin toplam azot içerikleri % 0.054 (47 numaralı örnek) ile % 0.363 (6 numaralı örnek) arasında değişirken, bitkiye yarayışlı fosfor içerikleri  $10.47 \text{ mg kg}^{-1}$  (45 numaralı örnek) ile  $64.35 \text{ mg kg}^{-1}$  (6 numaralı örnek) arasında değişmektedir (Çizelge 3.5). Koluviyal



büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin toplam azot ve bitkiye yararlı fosfor içerikleri, sınır değerleri ile (Çizelge 2.2) karşılaştırıldığında bu toprakların % 60.00'min az, % 30.00'unun yeterli ve % 10.00'unun da çok fazla miktarda azot içerdiği ve % 60.00'ında yeterli ve % 40.00'ında fazla miktarda bitkiye yararlı fosfor içerdiği belirlenmiştir.

Araştırmada kullanılan koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin değişebilir katyon içerikleri Çizelge 3.5'de verilmiştir. Çizelge 3.5'in incelenmesinden de anlaşılacağı gibi koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin değişebilir sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içerikleri sırasıyla 0.14 me Na 100 g<sup>-1</sup> (9 numaralı örnek) ile 0.64 me Na 100 g<sup>-1</sup> (14 numaralı örnek), 0.29 me K 100 g<sup>-1</sup> (46 numaralı örnek) ile 1.05 me K 100 g<sup>-1</sup> (14 numaralı örnek), 7.33 me Ca 100 g<sup>-1</sup> (9 numaralı örnek) ile 48.51 me Ca 100 g<sup>-1</sup> (45 numaralı örnek) ve 2.07 me Mg 100 g<sup>-1</sup> (9 numaralı örnek) ile 6.39 me Mg 100 g<sup>-1</sup> (47 numaralı örnek) arasında değiştiği belirlenmiştir.

Çizelge 3.5 Bursa ili koluviyal tarım topraklarının toplam N, yararlı P ve değişebilir katyon içerikleri

Örnek No	Toplam N, %	Bitkiye yararlı P, mg kg <sup>-1</sup>	Değişebilir Katyonlar, me 100 g <sup>-1</sup>			
			Na	K	Ca	Mg
6	0.363	64.35	0.22	0.58	8.35	3.81
7	0.092	45.96	0.15	0.51	9.38	2.48
8	0.146	28.03	0.51	0.74	12.44	4.31
9	0.088	21.84	0.14	0.31	7.33	2.07
14	0.077	42.55	0.64	1.05	19.79	4.39
16	0.069	12.89	0.43	0.72	21.54	3.31
19	0.094	26.82	0.21	0.94	21.60	3.81
45	0.070	10.47	0.32	1.01	48.51	5.89
46	0.060	12.29	0.18	0.29	7.73	4.23
47	0.054	20.16	0.39	0.84	38.88	6.39
En az	0.054	10.47	0.14	0.29	7.33	2.07
En çok	0.363	64.35	0.64	1.05	48.51	6.39
Ortalama	0.111	28.59	0.32	0.70	19.56	4.07

Koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin değişebilir katyon içerikleri, sınır değerleri ile (Çizelge 2.2) karşılaştırıldığında bu toprakların % 30.00'unda Na'un az düzeyde olduğu; % 70.00'inde Na'un, % 60.00'ında K'un, % 50.00'sinde Ca'un,

% 50.00'sinde Mg'un yeterli düzeyde olduğu; % 40.0'ında K'un, % 50.00'sinde Ca'un ve % 50.00'sinde Mg'un fazla düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada kullanılan koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin bitkiye yararışlı mikro element içerikleri Çizelge 3.6'da verilmiştir. Çizelge 3.6'nın incelenmesinden de anlaşılacağı gibi, koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin bitkiye yararışlı demir, bakır, çinko ve mangan içerikleri sırasıyla 3.52 mg Fe kg<sup>-1</sup> (16 numaralı örnek) ile 45.01 mg Fe kg<sup>-1</sup> (9 numaralı örnek), 1.76 mg Cu kg<sup>-1</sup> (45 numaralı örnek) ile 22.00 mg Cu kg<sup>-1</sup> (8 numaralı örnek), 0.28 mg Zn kg<sup>-1</sup> (45 numaralı örnek) ile 4.98 mg Zn kg<sup>-1</sup> (6 numaralı örnek) ve 3.18 mg Mn kg<sup>-1</sup> (45 numaralı örnek) ile 41.48 mg Mn kg<sup>-1</sup> (7 numaralı örnek) arasında değiştiği belirlenmiştir.

Koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin bitkiye yararışlı mikro element içerikleri, sınır değerleri (Çizelge 2.2) ile karşılaştırıldığında bu toprakların % 10.00'unda Mn'nin çok az, % 40.00'ında Zn'nun, % 50.00'inde Mn'nin az ve % 40.00'unda Fe'in orta düzeyde olduğu; % 40.00'ında Mn'in, % 50.00'sinde Zn'nun ve % 100'ünde Cu'm yeterli düzeyde olduğu belirlenirken, % 10.00'unda Zn'nun ve % 60.00'nında Fe'in fazla olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.6 Bursa ili koluviyal tarım topraklarının bitkiye yararışlı mikro element içerikleri

Örnek No	Fe, mg kg <sup>-1</sup>	Cu, mg kg <sup>-1</sup>	Zn, mg kg <sup>-1</sup>	Mn, mg kg <sup>-1</sup>
6	22.00	19.36	4.98	20.16
7	39.55	8.36	2.92	41.48
8	10.12	22.00	1.04	13.12
9	45.01	4.84	2.26	40.78
14	3.74	3.08	0.38	6.52
16	3.52	1.98	0.36	6.74
19	4.40	18.48	1.00	6.52
45	3.74	1.76	0.28	3.18
46	31.90	3.74	0.98	24.56
47	4.84	2.42	0.50	5.64
En az	3.52	1.76	0.28	3.18
En çok	45.01	22.00	4.98	41.48
Ortalama	16.88	8.60	1.47	16.87

### 3.1.3. Vertisol topraklar

Bursa ili vertisol büyük toprak grubuna ait tarım topraklarından alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.7, 3.8 ve 3.9'da toplu olarak verilmiştir.

Vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin tekstür sınıfları Çizelge 3.7'de verilmiştir. Çizelgenin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin kum miktarları % 18.17 (36 numaralı örnek) ile % 44.48 (29 numaralı örnek) arasında değişmektedir. Toprakların silt miktarları % 13.80 (48 numaralı örnek) ile % 26.21 (30 numaralı örnek) arasında değişirken toprakların kil miktarı ise % 40.92 (29 numaralı örnek) ile % 62.02 (26 numaralı örnek) arasında değişmektedir.

Araştırmada Bursa ili vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinde saptanan ortalama kum % 27.38, ortalama silt % 17.41 ve ortalama kil ise % 55.22 olarak belirlenmiştir. Çizelge 3.7'den de anlaşılacağı gibi araştırmada kullanılan Bursa ili vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin tamamının kil tekstür sınıfına sahip olduğu belirlenmiştir.

Vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin tepkimeleri (pH) ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri Çizelge 3.7'de verilmiştir. Çizelgenin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin pH değerleri 6.83 (29 numaralı örnek) ile 8.05 (31 numaralı örnek) arasında değişmektedir. Araştırmada kullanılan vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin tepkimeleri pH sınıflamasına göre (Çizelge 2.2) değerlendirildiğinde, toprakların % 20'sinin nötr ve % 80'inin de hafif alkali reaksiyonlu olduğu anlaşılmaktadır.

Toprak örneklerinin elektriksel iletkenlik değerleri ise 145.8  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (29 numaralı örnek) ile 318.0  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (31 numaralı örnek) arasında değişmektedir. Toprakların

elektriksel iletkenlik değerleri sınır değerleri (Çizelge 2.2) ile karşılaştırıldığında toprakların tamamının tuzsuz sınıfında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.7 Bursa ili vertisol tarım topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek No	Tekstür Sınıfı	Kum, %	Silt, %	Kil, %	pH, 1:2.5su	EC, $\mu\text{Scm}^{-1}$	CaCO <sub>3</sub> , (%)	O.M. (%)
26	kil	23.90	14.08	62.02	7.33	195.6	0.60	2.30
29	kil	44.48	14.60	40.92	6.83	145.8	0.40	1.57
30	kil	23.23	26.21	50.57	7.88	234.6	8.78	2.17
31	kil	21.70	17.02	61.28	8.05	318.0	11.58	1.53
32	kil	31.93	14.75	53.32	7.73	316.1	2.00	1.69
33	kil	19.44	19.44	61.12	7.57	202.1	0.60	1.96
36	kil	18.17	22.34	59.49	7.58	286.8	0.40	2.26
48	kil	27.47	13.80	58.73	7.77	236.4	8.58	2.27
49	kil	30.36	15.99	53.65	7.72	265.9	1.00	1.13
50	kil	33.07	15.86	51.08	7.78	243.6	14.37	1.08
En az		18.17	13.80	40.92	6.83	145.80	0.40	1.08
En çok		44.48	26.21	62.02	8.05	318.00	14.37	2.30
Ortalama		27.38	17.41	55.22	7.62	244.49	4.83	1.80

Vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin kireç değerleri % 0.40 (29, 36 numaralı örnekler) ile % 14.37 (50 numaralı örnek) arasında değişirken, organik madde içerikleri % 1.08 (50 numaralı örnek) ile % 2.26 (36 numaralı örnek) arasında değişmektedir (Çizelge 3.7). Vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin kireç ve organik madde içerikleri, sınır değerleri (Çizelge 2.2) ile karşılaştırıldığında bu toprakların % 50.00'sinin az kireçli, % 10.00'unun kireçli ve % 40.00'min orta kireçli olduğu ve organik madde içeriklerinin ise % 60.00'min az ve % 40.00'min da orta olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada kullanılan vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin toplam azot içerikleri % 0.038 (49 numaralı örnek) ile % 0.204 (36 numaralı örnek) arasında değişirken, bitkiye yararılı fosfor içerikleri  $6.84 \text{ mg kg}^{-1}$  (48 numaralı örnek) ile  $35.29 \text{ mg kg}^{-1}$  (29 numaralı örnek) arasında değişmektedir (Çizelge 3.8). Vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin toplam azot ve bitkiye yararılı fosfor içerikleri, sınır değerleri (Çizelge 2.2) ile karşılaştırıldığında bu toprakların % 10.00'unun çok az, % 60.00'min az, % 20.00'sinin yeter ve % 10.00'unun da fazla miktarda azot içerdiği ve

% 10.00'unda az, % 80.00'inde yeterli ve % 10.00'unda fazla miktarda bitkiye yararılı fosfor içerdği belirlenmiştir.

Çizelge 3.8 Bursa ili vertisol tarım topraklarının toplam N, yararılı P ve değışebilir katyon içerikleri

Örnek No	Toplam N, %	Bitkiye yararılı P, mg kg <sup>-1</sup>	Değişebilir Katyonlar, me 100 g <sup>-1</sup>			
			Na	K	Ca	Mg
26	0.067	13.50	0.20	0.83	34.81	13.46
29	0.067	35.29	0.14	0.45	19.20	5.23
30	0.092	8.66	0.26	0.60	37.84	5.89
31	0.067	12.89	0.48	1.03	21.69	20.50
32	0.071	11.08	0.27	1.01	41.96	4.31
33	0.096	12.86	0.36	0.60	49.66	6.89
36	0.204	15.92	1.42	0.74	23.33	10.13
48	0.060	6.84	0.24	1.47	37.95	6.72
49	0.038	13.50	0.20	0.62	39.05	7.80
50	0.082	13.50	0.26	0.63	36.41	2.40
En az	0.038	6.84	0.14	0.45	19.20	2.40
En çok	0.204	35.29	1.42	1.47	49.66	20.50
Ortalama	0.084	14.40	0.38	0.80	34.19	8.33

Araştırmada kullanılan vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin değışebilir katyon içerikleri Çizelge 3.8'de verilmiştir. Çizelgenin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içerikleri sırasıyla 0.14 me Na 100 g<sup>-1</sup> (29 numaralı örnek) ile 1.42 me Na 100 g<sup>-1</sup> (36 numaralı örnek), 0.45 me K 100 g<sup>-1</sup> (29 numaralı örnek) ile 1.47 me K 100 g<sup>-1</sup> (48 numaralı örnek), 19.20 me Ca 100 g<sup>-1</sup> (29 numaralı örnek) ile 49.66 me Ca 100 g<sup>-1</sup> (33 numaralı örnek) ve 2.40 me Mg 100 g<sup>-1</sup> (50 numaralı örnek) ile 20.50 me Mg 100 g<sup>-1</sup> (31 numaralı örnek) arasında değıştiği belirlenmiştir.

Vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin değışebilir katyon içerikleri, sınır değerleri (Çizelge 2.2) ile karşılaştırıldığında bu toprakların % 30.00'unda Na'un az düzeyde olduğu; % 70.00'inde Na'un, % 60.00'inde K'un, % 10.00'unda Mg'un yeterli düzeyde olduğu; % 40.0'ında K'un, % 100.00'ünde Ca'un ve % 70.00'inde Mg'un fazla düzeyde olduğu ve % 20.00'sinde de Mg'un çok fazla olduğu saptanmıştır.

Araştırmada kullanılan vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin bitkiye yarayışlı mikro element içerikleri Çizelge 3.9'da verilmiştir. Çizelgenin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin bitkiye yarayışlı demir, bakır, çinko ve mangan içeriklerinin sırasıyla 2.40 mg Fe kg<sup>-1</sup> (48 numaralı örnek) ile 20.02 mg Fe kg<sup>-1</sup> (29 numaralı örnek), 0.88 mg Cu kg<sup>-1</sup> (49, 50 numaralı örnekler) ile 3.30 mg Cu kg<sup>-1</sup> (31 numaralı örnek), 0.18 mg Zn kg<sup>-1</sup> (50 numaralı örnek) ile 1.06 mg Zn kg<sup>-1</sup> (49 numaralı örnek) ve 2.56 mg Mn kg<sup>-1</sup> (48 numaralı örnek) ile 33.36 mg Mn kg<sup>-1</sup> (29 numaralı örnek) arasında değiştigi saptanmıştır.

Vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin bitkiye yarayışlı mikro element içerikleri sınır değerleri (Çizelge 2.2) ile karşılaştırıldığında bu toprakların % 10.00'unda Zn'nun, % 60.00'ında Mn'nin çok az, % 70.00'inde Zn'nun, % 30.00'unda Mn'nin az ve % 30.00'unda Fe'in orta düzeyde olduğu; % 10.00'unda Mn'nin, % 20.00'sinde Zn'nun ve % 100'ünde Cu'm yeterli düzeyde olduğu belirlenirken, % 70.00'inde Fe'in fazla olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.9 Bursa ili vertisol tarım topraklarının bitkiye yarayışlı mikro element içerikleri

Örnek No	Fe, mg kg <sup>-1</sup>	Cu, mg kg <sup>-1</sup>	Zn, mg kg <sup>-1</sup>	Mn, mg kg <sup>-1</sup>
26	11.00	2.42	0.32	13.78
29	16.81	1.87	1.05	33.36
30	7.92	2.20	0.36	6.08
31	6.60	3.30	0.34	3.46
32	5.94	1.54	0.24	7.62
33	7.60	1.30	0.42	6.55
36	6.82	2.86	0.52	3.50
48	3.52	2.20	0.34	2.56
49	3.96	0.88	1.06	2.92
50	3.96	0.88	0.18	3.38
En az	3.52	0.88	0.18	2.56
En çok	20.02	3.30	1.06	33.36
Ortalama	7.41	1.94	0.48	8.32

### 3.2 Araştırma Topraklarının Kükürt İçerikleri

Bursa yöresinden alınan ve araştırmada kullanılan toprak örneklerinin kükürt içerikleri ait oldukları büyük toprak grupları dikkate alınarak irdelenmiştir.

#### 3.2.1 Aluviyal topraklar

Aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin bitkiye yararışlı kükürt içerikleri  $0.47 \text{ mg kg}^{-1}$  (44 numaralı örnek) ile  $84.34 \text{ mg kg}^{-1}$  (12 numaralı örnek) arasında değişmekte olup ortalama  $30.71 \text{ mg kg}^{-1}$  düzeyinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.10).

Aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin bitkiye yararışlı kükürt içerikleri sınır değerleri (Çizelge 2.2) ile karşılaştırıldığında bu toprakların % 20.00'sinde kükürt düzeyinin yetersiz % 80.00'inde ise yeterli düzeyde olduğu saptanmıştır.

Çizelge 3.10 Bursa ili aluviyal tarım topraklarının kükürt içerikleri

Örnek No	SO <sub>4</sub> -S, mg kg <sup>-1</sup>	Örnek No	SO <sub>4</sub> -S, mg kg <sup>-1</sup>
1	51.11	23	72.59
2	7.74	24	36.26
3	6.35	25	7.63
4	19.06	27	8.48
5	13.29	28	5.28
10	33.06	34	21.30
11	26.65	35	30.38
12	84.34	37	22.37
13	4.50	38	23.44
15	18.63	39	54.42
17	13.82	40	62.97
18	16.18	41	52.29
20	39.47	42	65.11
21	62.44	43	38.40
22	22.37	44	0.47

En az	0.47
En çok	84.34
Ortalama	30.71

### 3.2.2 Koluviyal topraklar

Koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin bitkiye yarayırlı kükürt içerikleri 2.07 mg kg<sup>-1</sup> (7 numaralı örnek) ile 29.85 mg kg<sup>-1</sup> (19 numaralı örnek) arasında değişmekte olup ortalama 17.14 mg kg<sup>-1</sup> düzeyinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.11).

Koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin bitkiye yarayırlı kükürt içerikleri sınır değerleri (Çizelge 2.2) ile karşılaştırıldığında bu toprakların % 20.00'sinde kükürt düzeyinin yetersiz, % 80.00'ninde ise yeterli düzeyde olduğu saptanmıştır.

Çizelge 3.11 Bursa ili koluviyal tarım topraklarının kükürt içerikleri

Örnek No	SO <sub>4</sub> -S, mg kg <sup>-1</sup>
6	23.44
7	2.07
8	10.62
9	2.61
14	13.50
16	27.50
19	29.85
45	20.24
46	14.89
47	26.65
En az	2.07
En çok	29.85
Ortalama	17.14

### 3.2.3 Vertisol topraklar

Vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin bitkiye yarayırlı kükürt içerikleri 0.00 mg kg<sup>-1</sup> (50 numaralı örnek) ile 26.65 mg kg<sup>-1</sup> (32 numaralı örnek) arasında değişmekte olup ortalama 10.79 mg kg<sup>-1</sup> düzeyinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.12).



Vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin bitkiye yararlılık kükürt içerikleri sınır değerleri (Çizelge 2.2) ile karşılaştırıldığında bu toprakların % 40.00’ında kükürt düzeyinin yetersiz, % 60.00’ında ise yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.12 Bursa ili vertisol tarım topraklarının kükürt içerikleri

Örnek No	SO <sub>4</sub> -S, mg kg <sup>-1</sup>
26	3.14
29	7.11
30	18.63
31	17.03
32	26.65
33	5.28
36	9.55
48	12.22
49	12.22
50	0.00*
En az	0.00
En çok	26.65
Ortalama	10.79

\* Ölçülebilir sınır değerinin altında

Araştırmada kullanılan tüm topraklar birlikte değerlendirildiğinde, Bursa ili tarım topraklarının bitkiye yararlılık kükürt içerikleri 0.00 mg kg<sup>-1</sup> (50 numaralı örnek) ile 84.34 mg kg<sup>-1</sup> (12 numaralı örnek) arasında değiştiği ve ortalama 24.01 mg kg<sup>-1</sup> olduğu belirlenmiştir. Bu sonuca göre Bursa ili tarım topraklarının % 24.00’ünün bitkiye yararlılık kükürt yönünden noksan (< 8 mg kg<sup>-1</sup>, Bansal 1983) olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada kullanılan toprakların bitkiye yararlılık kükürt içerikleri ile yine aynı toprakların pH, EC ve kum içerikleri arasında sırasıyla % 5 (r=0.303), % 0.1 (r=0.534) ve % 0.5 (r=0.316) pozitif ilişki belirlenirken, kil içeriği arasında % 5 (r=-0.314) negatif bir ilişki belirlenmiştir. Diğer toprak özellikleri arasında belirlenen ilişkiler ise istatistiki bakımdan yeterince önemli bulunmamıştır.

### 3.3 İnkübasyon Denemesi

Bursa yöresinden aluviyal (3 toprak örneği), koluviyal (2 toprak örneği) ve vertisol (2 toprak örneği) büyük toprak gruplarından alınan toplam 7 toprak örnekleriyle farklı kükürt kaynaklarından kükürt uygulanarak yürütülen inkübasyon denemesi, sera denemesi ile aynı tarihte kurulmuş ve sera denemesinin sonuçlanmasıyla da bitirilmiştir. İnkübasyon sürecinde başlangıçta (0. hafta), 3. ve 6. haftalarda alınan toprak örneklerinde belirlenen pH, EC, bitkiye yararlı S, P, Fe, Cu, Zn ve Mn içerikleri ait oldukları büyük toprak grupları dikkate alınarak irdelenmiştir.

#### 3.3.1 Aluviyal topraklar

Aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerine amonyum sülfat (AS), jips (J) ve elementel kükürt (ES) olmak üzere üç farklı kükürt kaynağından  $10 \text{ mg S kg}^{-1}$  uygulanarak yürütülen inkübasyon denemesinde, inkübasyon süresinin, kükürt kaynaklarının ve kükürt kaynakları-inkübasyon süresi interaksyonunun deneme topraklarının toprak reaksiyonu (pH) ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri üzerine etkili olduğu ve bu etkinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.13 ve 3.14 ile Şekil 3.1 ve 3.2).

Aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinde inkübasyon süresince belirlenen pH değişimleri incelendiğinde, kontrol uygulaması hariç, her üç toprakta da pH değerinin tüm kükürt kaynaklarında inkübasyon süresine bağlı olarak düştüğü belirlenmiştir (Çizelge 3.13 ve 3.14 ile Şekil 3.1 ve 3.2).

Aluviyal-3' nolu toprakta inkübasyon başlangıcında 7.40 olarak belirlenen pH değeri inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında 7.30'a, jips uygulamasında 7.27'ye ve elementel kükürt uygulamasında ise 7.24'e düşmüştür. Aluviyal-13 nolu toprakta inkübasyon başlangıcında 8.32 olarak belirlenen pH değeri inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında 8.21'e, jips uygulamasında 8.22'ye ve elementel kükürt uygulamasında ise 8.18'e; aluviyal-28 nolu toprakta ise inkübasyon başlangıcında 6.68 olarak belirlenen pH değeri inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak, amonyum sülfat uygulamasında 6.27'ye,

jips uygulamasında 6.24'e ve elementel kükürt uygulamasında ise 6.22'ye düşmüştür (Çizelge 3.13 ve Şekil 3.1).

Toprak örneklerinde inkübasyon süresine bağlı olarak pH düşüşünün en fazla elementel kükürt uygulamasında, en az ise amonyun sülfat uygulamasında olduğu saptanmıştır (Çizelge 3.13, Şekil 3.1).

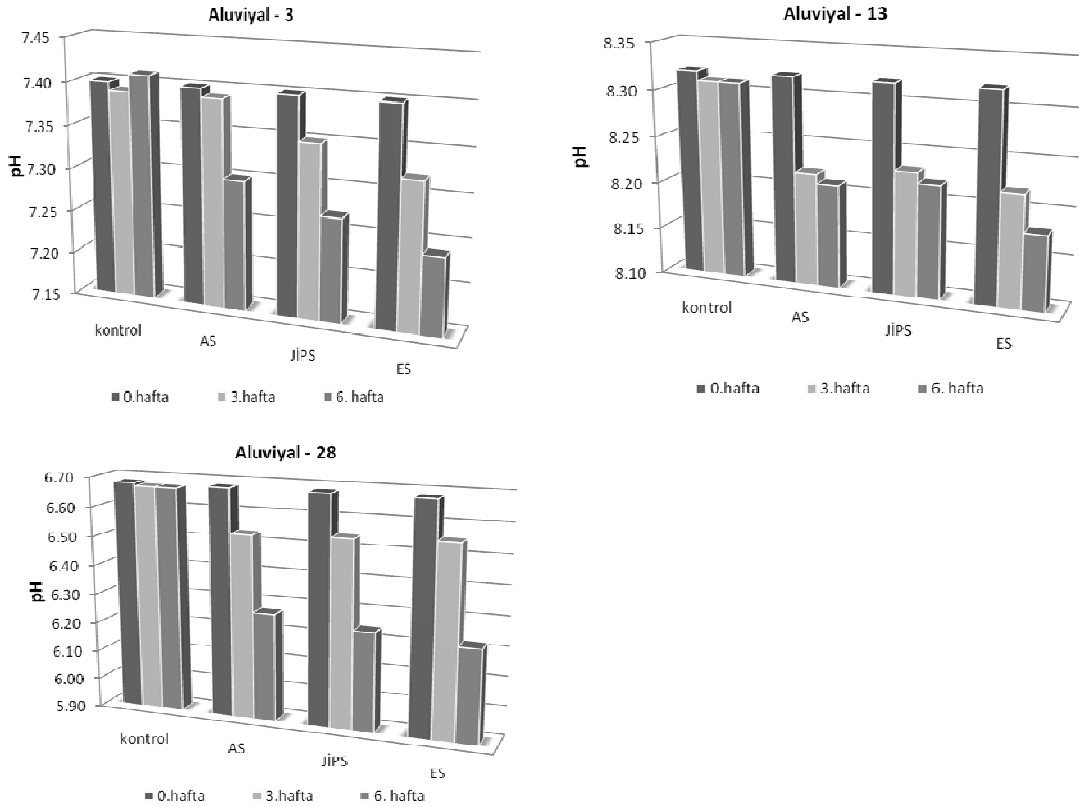
Çizelge 3.13 Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların reaksiyonu (pH) üzerine etkileri

Uygulama	Büyük Toprak Grubu								
	Aluviyal -3			Aluviyal -13			Aluviyal -28		
	pH 1:2.5 (toprak:su)								
	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta
Kontrol	7.40aA	7.39aA	7.41aA	8.32aA	8.31aA	8.31aA	6.68aA	6.67aA	6.67aA
AS	7.40aA	7.39aA	7.30bB	8.32aA	8.22bB	8.21bB	6.68aA	6.53bB	6.27cB
J	7.40aA	7.35aB	7.27bBC	8.32aA	8.23bAB	8.22bB	6.68aA	6.54bB	6.24cB
ES	7.40aA	7.32bB	7.24cC	8.32aA	8.22bB	8.18bB	6.68aA	6.55bB	6.22cB
Kaynak (K)	***			***			***		
Zaman (Z)	***			***			***		
K x Z int.	***			**			***		

\*\* P< 0.01, \*\*\*P< 0.001

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



Şekil 3.1 Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların reaksiyonu (pH) üzerine etkileri

Aluviyal-3'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında  $168.6 \mu\text{S cm}^{-1}$  olarak belirlenen EC değeri inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında  $265.3 \mu\text{S cm}^{-1}$ 'e, jips uygulamasında  $280.6 \mu\text{S cm}^{-1}$ 'e ve elementel kükürt uygulamasında ise  $272.7 \mu\text{S cm}^{-1}$ 'e yükselmiştir. Aluviyal-13'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında  $147.5 \mu\text{S cm}^{-1}$  olarak belirlenen EC değeri inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında  $265.3 \mu\text{S cm}^{-1}$ 'e, jips uygulamasında  $215.0 \mu\text{S cm}^{-1}$ 'e ve elementel kükürt uygulamasında ise  $205.0 \mu\text{S cm}^{-1}$ 'e yükselmiştir. Aluviyal-28'nolu toprakta ise inkübasyon başlangıcında  $304.7 \mu\text{S cm}^{-1}$  olarak belirlenen EC değeri inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında  $500.5 \mu\text{S cm}^{-1}$ 'e, jips uygulamasında  $505.1 \mu\text{S cm}^{-1}$ 'e ve elementel kükürt uygulamasında ise  $489.7 \mu\text{S cm}^{-1}$ 'e yükselmiştir.

Çizelge 3.14 Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri üzerine etkileri

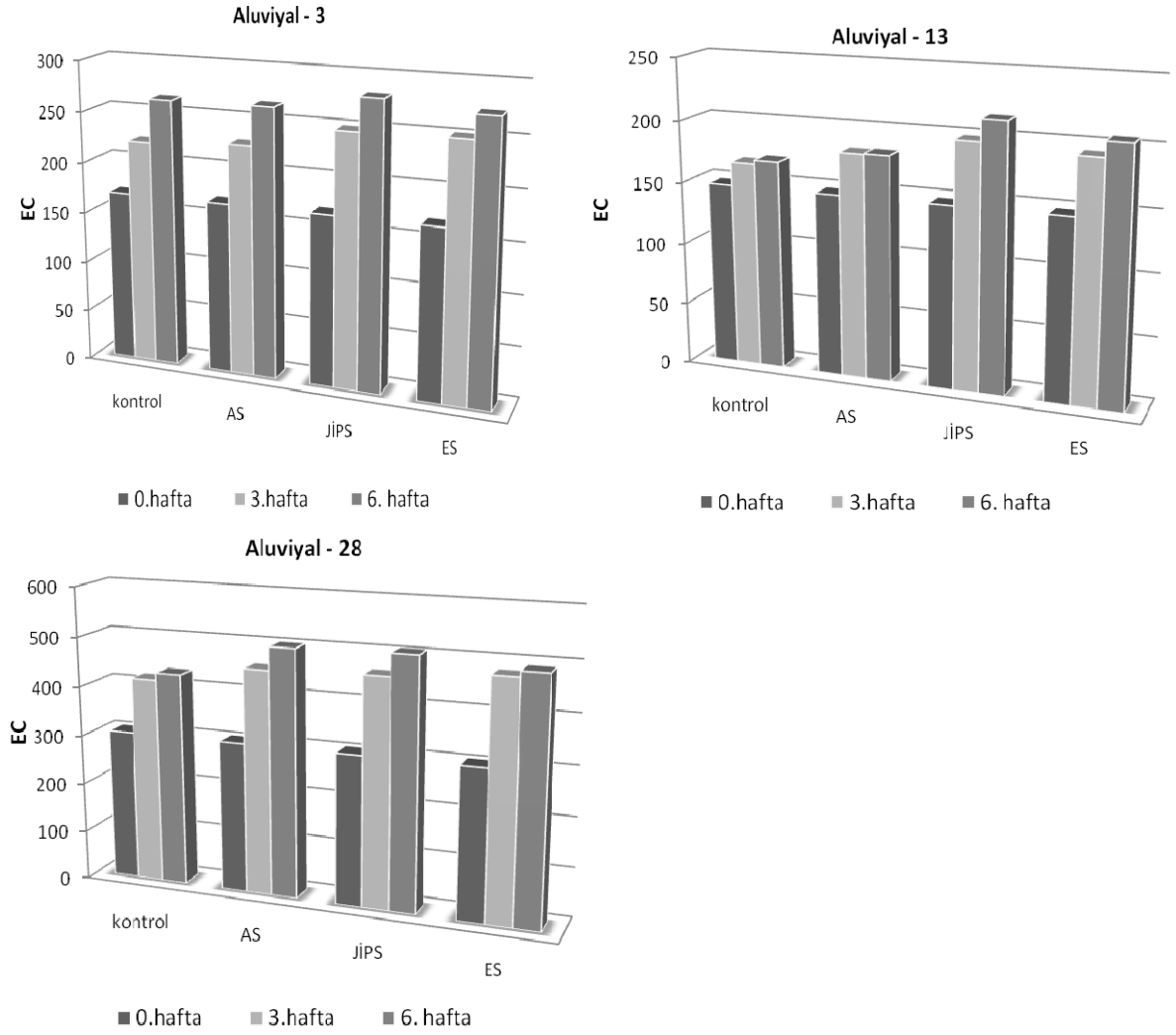
Uygulama	Büyük Toprak Grubu								
	Aluviyal -3			Aluviyal -13			Aluviyal -28		
	EC $\mu\text{S cm}^{-1}$ (1:2.5 toprak:su)								
	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta
Kontrol	168.6cA	221.7bB	264.1aB	147.5bA	166.4aC	169.4aC	304.7bA	416.2aC	431.2aC
AS	168.6cA	227.2bB	265.3aB	147.5bA	181.0aB	181.5aB	304.7cA	454.2bB	500.5aAB
J	168.6cA	248.8bA	280.6aA	147.5bA	197.7aAB	215.0aA	304.7cA	460.5bAB	505.1aA
ES	168.6cA	250.5bA	272.7aAB	147.5bA	192.7aA	205.0aA	304.7bA	478.2aA	489.7aB
Kaynak (K)	***			***			***		
Zaman (Z)	***			***			***		
K x Z int.	**			***			***		

\*\*  $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test,  $P < 0.05$ )

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun

Aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinde inkübasyon süresince belirlenen EC değerlerindeki değişimler incelendiğinde, her üç toprakta kontrol dahil tüm kükürt uygulamalarında, EC değerinin inkübasyon süresine bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Toprak örneklerinde belirlenen EC değerlerindeki en fazla artışın jips uygulamasında ve en az artışın ise amonyum sülfat uygulamasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.14, Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri üzerine etkileri ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )

Aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerine farklı kükürt kaynaklarından  $10 \text{ mg S kg}^{-1}$  uygulanarak yürütülen inkübasyon denemesinde, inkübasyon süresinin, kükürt kaynaklarının ve kükürt kaynakları-inkübasyon süresi interaksyonunun deneme topraklarının bitkiye yararışlı kükürt içerikleri üzerine etkili olduğu, toprakların bitkiye yararışlı fosfor içerikleri üzerine ise sadece inkübasyon süresinin etkili olduğu ve bu etkilerin istatistiki olarak önemli bulunduğu saptanmıştır (Çizelge 3.15 ve 3.16 ile Şekil 3.3 ve 3.4).

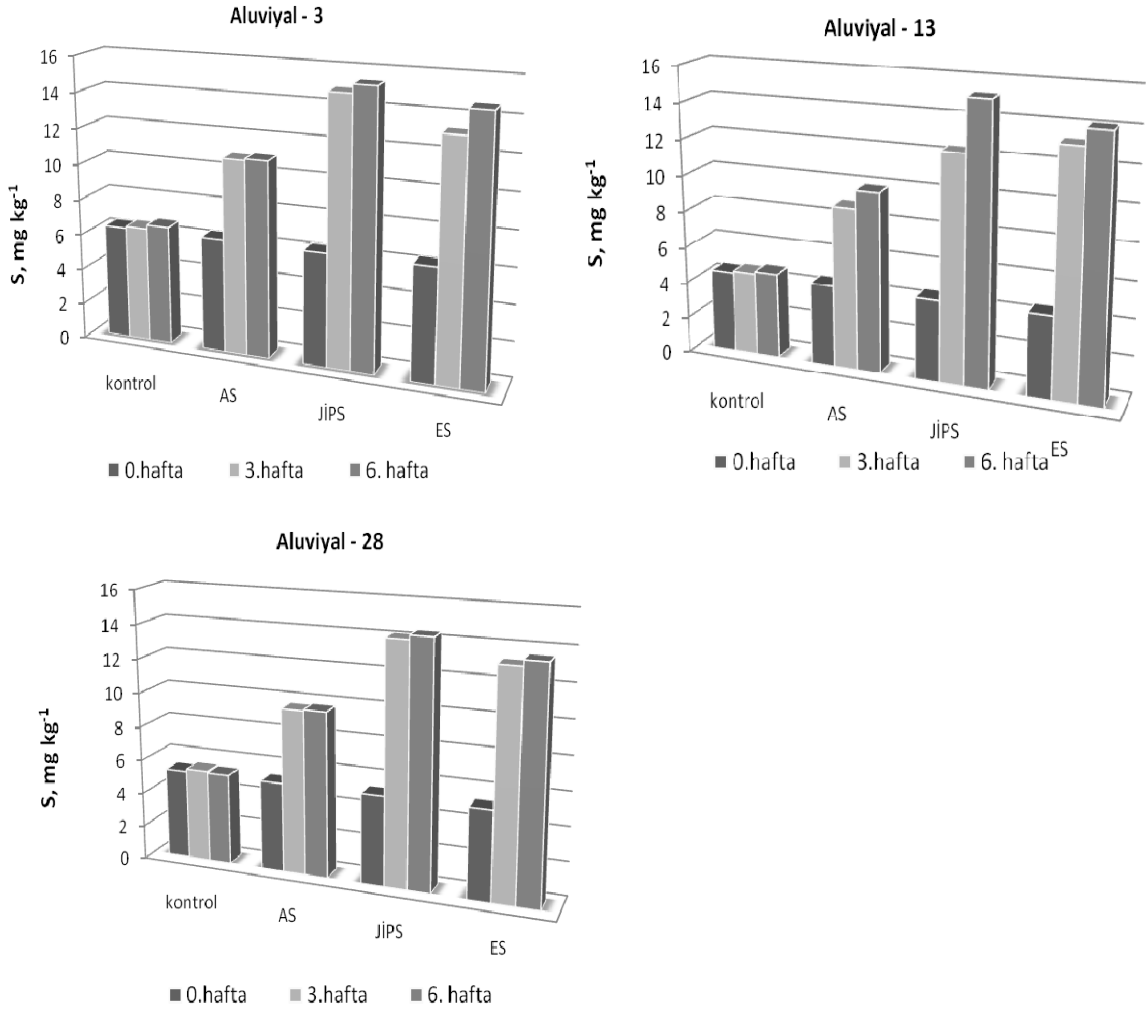
Çizelge 3.15 Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı kükürt içerikleri üzerine etkileri

Uygulama	Büyük Toprak Grubu								
	Aluviyal -3			Aluviyal -13			Aluviyal -28		
	Kükürt (S) mg kg <sup>-1</sup>								
	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta
Kontrol	6.35aA	6.45aC	6.68aC	4.50aA	4.60aC	4.73aC	5.28aA	5.44aC	5.36aC
AS	6.35bA	10.89aB	10.98aB	4.50bA	8.86abB	9.90aB	5.28bA	9.65aB	9.72aB
J	6.35bA	14.88aA	15.36aA	4.50cA	12.36bA	15.19aA	5.28bA	14.12aA	14.36aA
ES	6.35cA	13.23bA	14.58aA	4.50bA	13.23aA	14.10aA	5.28bA	13.18aA	13.52aA
Kaynak (K)	***			***			***		
Zaman (Z)	***			***			***		
K x Z int.	***			***			***		

\*\*\*P < 0.001

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



Şekil 3.3 Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı kükürt içerikleri üzerine etkileri

Aluviyal-3'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında  $6.35 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenen bitkiye yarayışlı kükürt içerikleri inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında  $6.98 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e, jips uygulamasında  $15.36 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e ve elementel kükürt uygulamasında ise  $14.58 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e yükselmiştir. Aluviyal-13'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında  $4.50 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenen bitkiye yarayışlı kükürt içerikleri inkübasyon sonunda kükürt kaynağı olarak, amonyum sülfat uygulamasında  $5.90 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e, jips uygulamasında  $15.19 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e ve elementel kükürt uygulamasında ise  $14.10 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e yükselmiştir. Aluviyal-28'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında  $5.28 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenen bitkiye yarayışlı kükürt içerikleri inkübasyon sonunda kükürt kaynağı olarak, amonyum sülfat uygulamasında  $5.72 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e, jips uygulamasında  $14.36 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e ve elementel kükürt uygulamasında ise  $13.52 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e yükselmiştir (Çizelge 3.15 ve Şekil 3.3).

Aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinde, inkübasyon süresince bitkiye yarayışlı kükürt içerikleri uygulanan kükürt kaynaklarına ve inkübasyon süresine bağı olarak sürekli artmış ve bu artışlar istatistiki olarak önemli olmuştur (Çizelge 3.15 ve Şekil 3.3).

Aluviyal-3'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında  $48.48 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenen bitkiye yarayışlı fosfor içerikleri inkübasyon sonunda kükürt kaynağı olarak, amonyum sülfat uygulamasında  $47.68 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e, jips uygulamasında  $46.72 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e ve elementel kükürt uygulamasında ise  $47.56 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e düşmüştür. Aluviyal-13'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında  $9.96 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenen bitkiye yarayışlı fosfor içerikleri inkübasyon sonunda kükürt kaynağı olarak, amonyum sülfat uygulamasında  $9.82 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e, jips uygulamasında  $9.87 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e ve elementel kükürt uygulamasında ise  $9.83 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e düşmüştür. Aluviyal-28'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında  $56.52 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenen bitkiye yarayışlı fosfor içerikleri inkübasyon sonunda kükürt kaynağı olarak, amonyum sülfat uygulamasında  $54.36 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e, jips uygulamasında  $54.76 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e ve elementel kükürt uygulamasında ise  $53.96 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e düşmüştür (Çizelge 3.16 ve Şekil 3.4).

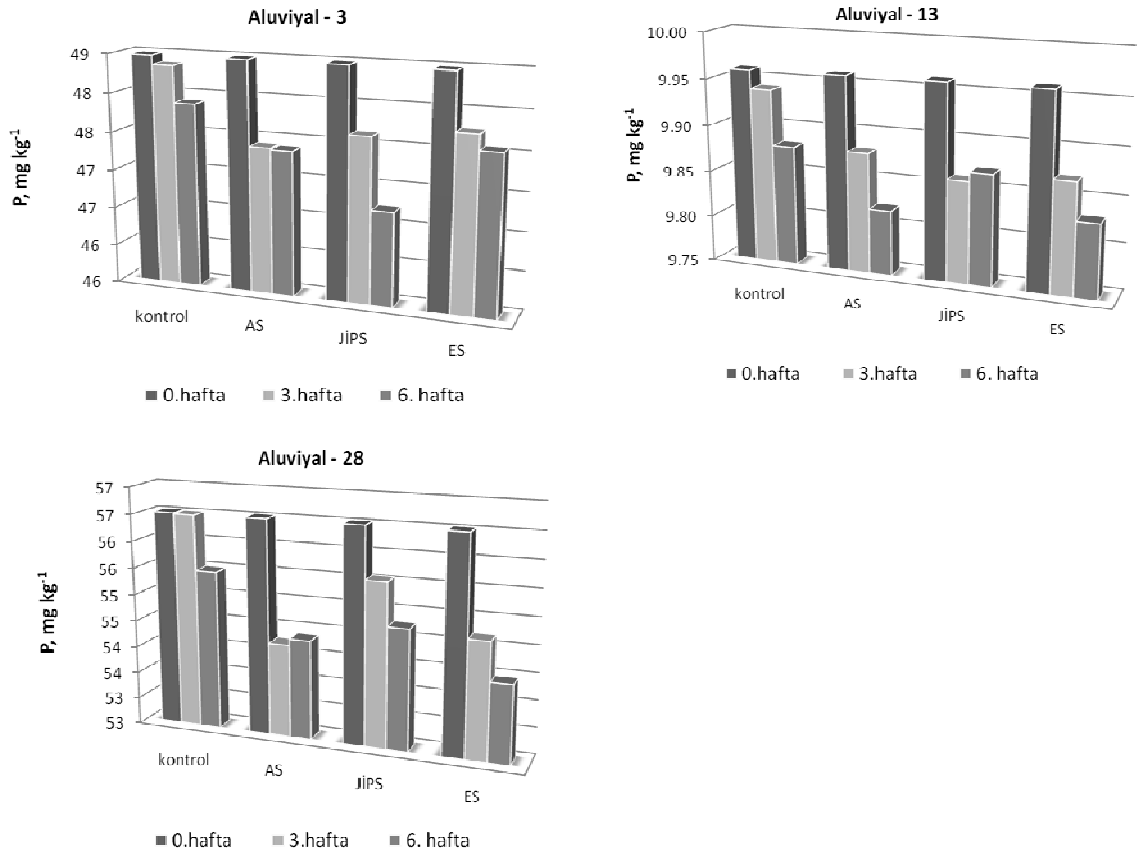
Çizelge 3.16 Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararılı fosfor içerikleri üzerine etkileri

Uygulama	Büyük Toprak Grubu								
	Aluviyal -3			Aluviyal -13			Aluviyal -28		
	Fosfor (P) mg kg <sup>-1</sup>								
	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta
Kontrol	48.48	48.36	47.89	9.96	9.94	9.88	56.52	57.00	56.48
AS	48.48	47.40	47.68	9.96	9.88	9.82	56.52	54.24	54.36
J	48.48	47.64	46.72	9.96	9.86	9.87	56.52	55.56	54.76
ES	48.48	47.76	47.56	9.96	9.87	9.83	56.52	54.68	53.96
Ortalama	48.48a	47.79b	47.46b	9.96a	9.89ab	9.85b	56.52a	55.24ab	54.64b
Kaynak (K)	öd			öd			öd		
Zaman (Z)	*			**			*		
K x Z int.	öd			öd			öd		

\*P < 0.5, \*\* P < 0.01, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



Şekil 3.4 Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararılı fosfor içerikleri üzerine etkileri



Aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinde, inkübasyon süresince bitkiye yarayışlı fosfor içerikleri inkübasyon süresine bağılı olarak istatistiki olarak önemli derecede azalmıştır (Çizelge 3.16 ve Şekil 3.4).

Aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerine farklı kükürt kaynaklarından 10 mg S kg<sup>-1</sup> uygulanarak yürütölen inkübasyon denemesinde, aluviyal-3'nolu toprak örneğine uygulanan kükürt kaynakları, toprakların bitkiye yarayışlı demir, çinko ve mangan içerikleri üzerine, inkübasyon süresi ve kükürt kaynakları-inkübasyon süresi interaksyonu ise toprakların bitkiye yarayışlı çinko ve mangan içerikleri üzerine istatistiksel olarak önemli etkide bulunmuştur. Aluviyal-13'nolu toprak örneğine uygulanan kükürt kaynakları, toprakların bitkiye yarayışlı demir, bakır ve mangan içerikleri üzerine, inkübasyon süresi ve kükürt kaynakları-inkübasyon süresi interaksyonu ise toprakların bitkiye yarayışlı demir, bakır, çinko ve mangan içerikleri üzerine istatistiksel olarak önemli etkide bulunmuştur. Aluviyal-28'nolu toprak örneğinde inkübasyon süresi, toprakların bitkiye yarayışlı çinko ve mangan içerikleri üzerine, kükürt kaynakları ve kükürt kaynakları-inkübasyon süresi interaksyonu ise toprakların bitkiye yarayışlı mangan içerikleri üzerine istatistiksel olarak önemli etkide bulunmuştur (Çizelge 3.17, 3.18, 3.19, 3.20 ve Şekil 3.5, 3.6, 3.7, 3.8).

Aluviyal-3'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında 19.10 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenen bitkiye yarayışlı demir içerikleri inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında 18.82 mg kg<sup>-1</sup>'e, jips uygulamasında 19.05 mg kg<sup>-1</sup>'e düşerken elementel kükürt uygulamasında ise 19.84 mg kg<sup>-1</sup>'e yükselmiştir. Aluviyal-13'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında 5.18 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenen bitkiye yarayışlı demir içerikleri inkübasyon sonunda; kükürt kaynağı olarak, amonyum sülfat ve jips uygulamalarında 4.75 mg kg<sup>-1</sup>'e, elementel kükürt uygulamasında da 4.85 mg kg<sup>-1</sup>'e düşmüştür. Aluviyal-28'nolu toprakta ise inkübasyon başlangıcında 31.03 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenen bitkiye yarayışlı demir içerikleri inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında 30.45 mg kg<sup>-1</sup>'e, elementel kükürt uygulamasında 30.89 mg kg<sup>-1</sup>'e düşerken jips uygulamasında ise 31.25 mg kg<sup>-1</sup>'e yükselmiştir (Çizelge 3.17 ve Şekil 3.5).

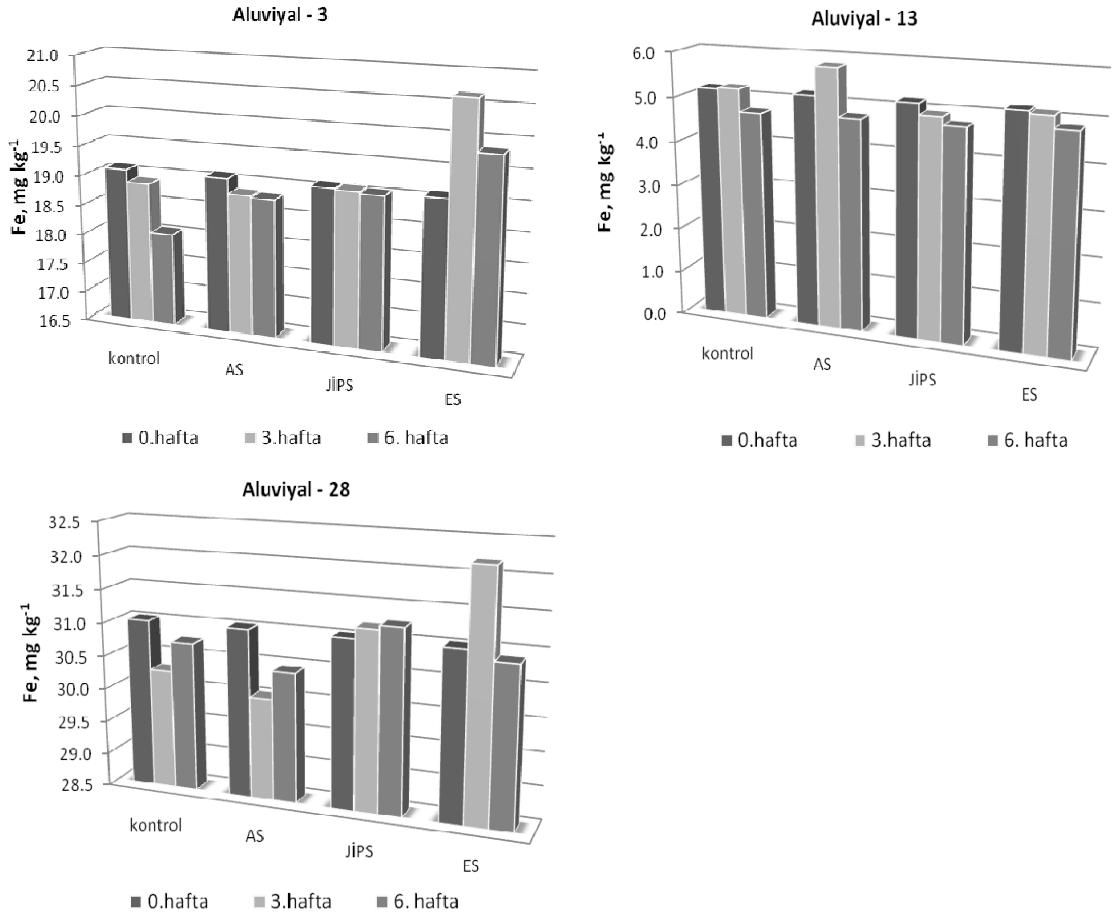
Çizelge 3.17 Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararılı demir içerikleri üzerine etkileri

Uygulama	Büyük Toprak Grubu									
	Aluviyal - 3				Aluviyal - 13			Aluviyal - 28		
	Demir (Fe) mg kg <sup>-1</sup>									
	0. hafta	3. hafta	6. hafta	Ortalama	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta
Kontrol	19.10	18.89	18.06	18.68B	5.18aA	5.21aB	4.70bB	31.03	30.29	30.74
AS	19.10	18.85	18.82	18.92AB	5.18aA	5.82aA	4.75bAB	31.03	30.03	30.45
J	19.10	19.08	19.05	19.08AB	5.18aA	4.93bC	4.75cAB	31.03	31.19	31.25
ES	19.10	20.66	19.84	19.87A	5.18aA	5.12aB	4.85bA	31.03	32.19	30.89
Kaynak (K)	**				***			öd		
Zaman (Z)	öd				***			öd		
K x Z int.	öd				***			öd		

\*P < 0.5, \*\* P < 0.01, \*\*\*P < 0.001, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



Şekil 3.5 Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararılı demir içerikleri üzerine etkileri

Aluviyal-3' nolu toprakta inkübasyon başlangıcında 2.08 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenen bitkiye yararılı bakır içeriği inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum

sülfat uygulamasında  $1.97 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e, jips uygulamasında  $2.05 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e, elementel kükürt uygulamasında ise  $1.96 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e düşmüştür (Çizelge 3.18 ve Şekil 3.6).

Çizelge 3.18 Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı bakır içerikleri üzerine etkileri

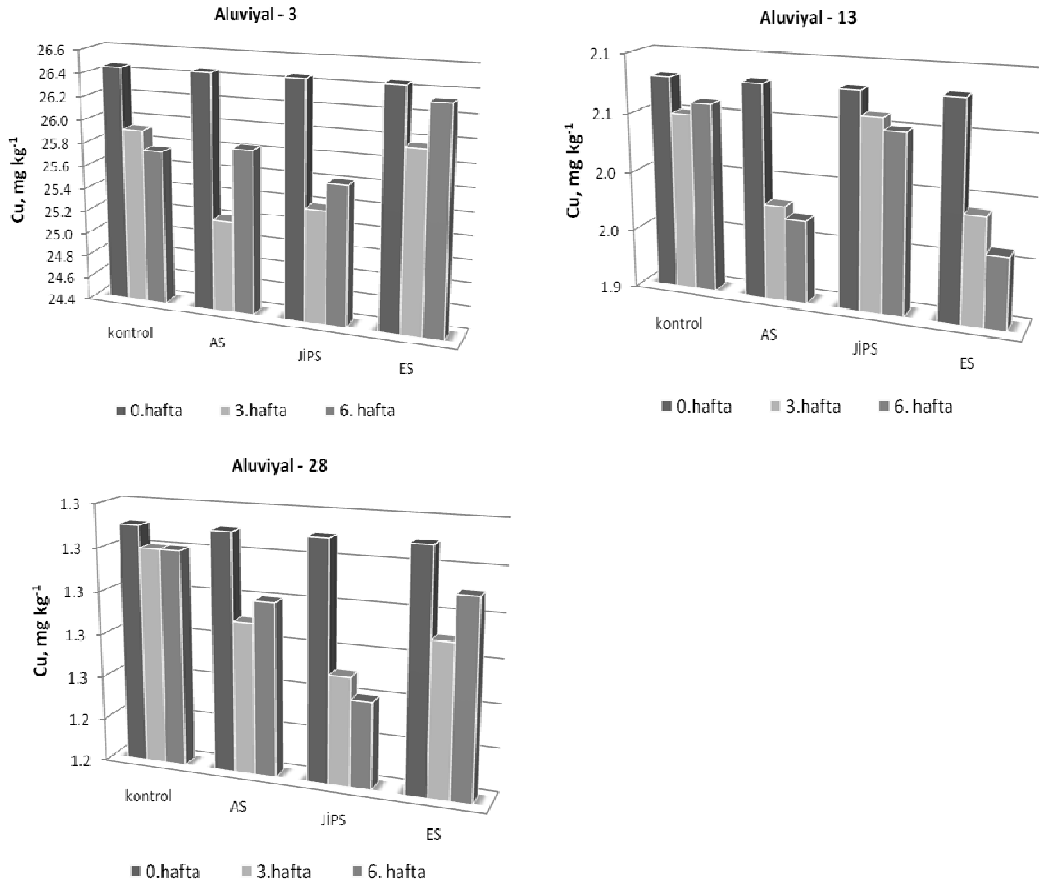
Uygulama	Büyük Toprak Grubu								
	Aluviyal - 3			Aluviyal - 13			Aluviyal - 28		
	Bakır (Cu) $\text{mg kg}^{-1}$								
	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta
Kontrol	26.45	25.92	25.75	2.08aA	2.05aAB	2.06aA	1.33	1.32	1.32
AS	26.45	25.20	25.83	2.08aA	1.98bC	1.97bB	1.33	1.29	1.30
J	26.45	25.38	25.61	2.08aA	2.06aA	2.05aA	1.33	1.27	1.26
ES	26.45	25.96	26.33	2.08aA	1.99abBC	1.96bB	1.33	1.29	1.31
Kaynak (K)	öd			**			öd		
Zaman (Z)	öd			**			öd		
K x Z int.	öd			*			öd		

\* $P < 0.5$ ,

\*\*  $P < 0.01$ , öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test,  $P < 0.05$ )

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



Şekil 3.6 Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı bakır içerikleri üzerine etkileri

Aluviyal-3'ünlü toprakta inkübasyon başlangıcında  $1.54 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenen bitkiye yararılı çinko içeriği inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat ve jips uygulamasında  $1.50 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e düşmüş, elementel kükürt uygulamasında ise  $1.62 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e yükselmiştir.

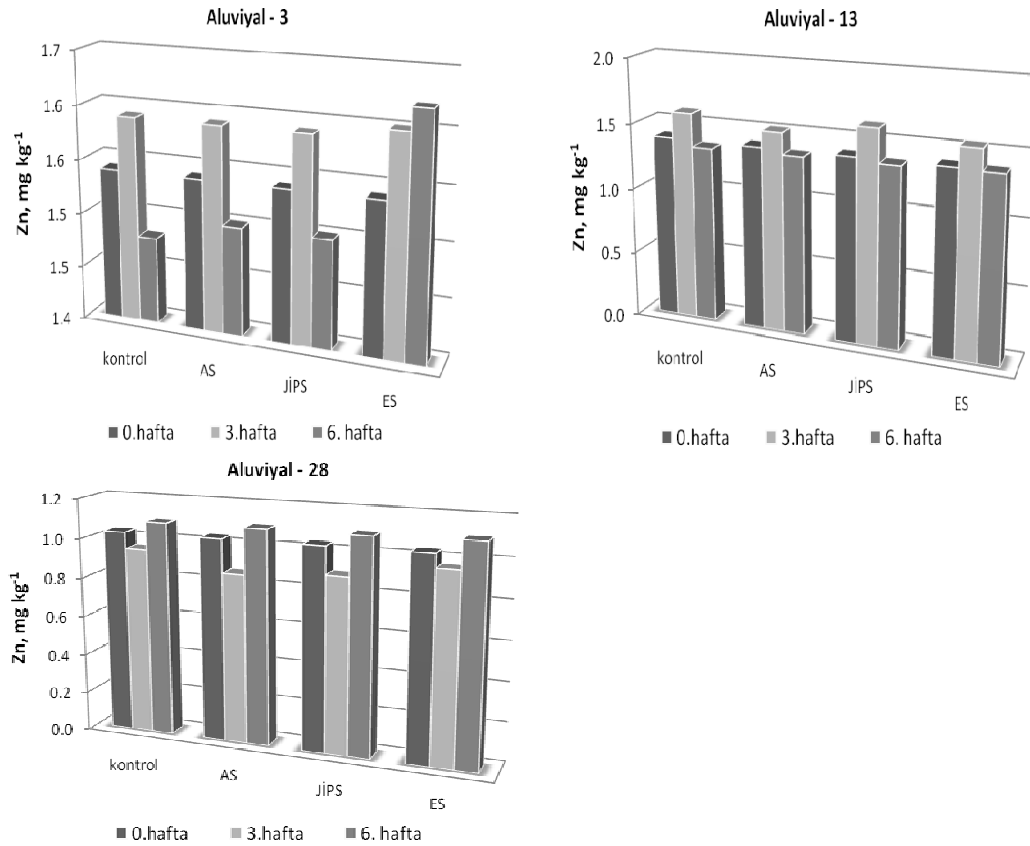
Çizelge 3.19 Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağı olarak toprakların bitkiye yararılı çinko içerikleri üzerine etkileri

Uygulama	Büyük Toprak Grubu								
	Aluviyal - 3			Aluviyal - 13			Aluviyal - 28		
	Çinko (Zn) $\text{mg kg}^{-1}$								
	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta
Kontrol	1.54abA	1.59aA	1.48bB	1.39bA	1.59aA	1.34bA	1.03	0.95	1.09
AS	1.54abA	1.59aA	1.50bB	1.39bA	1.51aB	1.35bA	1.03	0.86	1.09
J	1.54abA	1.59aA	1.50bB	1.39bA	1.61aA	1.36bA	1.03	0.89	1.09
ES	1.54bA	1.60abA	1.62aA	1.39bA	1.54aAB	1.38bA	1.03	0.96	1.10
Ortalama							1.03a	0.92b	1.09a
Kaynak (K)		**			öd			öd	
Zaman (Z)		***			***			***	
K x Z int.		**			*			öd	

\*P < 0.5, \*\* P < 0.01, \*\*\*P < 0.001, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



Şekil 3.7 Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağı olarak toprakların bitkiye yararılı çinko içerikleri üzerine etkileri

Aluviyal-13'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında 1.39 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenen bitkiye yarayışlı çinko içeriği inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında 1.35 mg kg<sup>-1</sup>'e, jips uygulamasında 1.36 mg kg<sup>-1</sup>'e, elementel kükürt uygulamasında ise 1.38 mg kg<sup>-1</sup>'e düşmüştür. Aluviyal-28'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında 1.03 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenen bitkiye yarayışlı çinko içeriği inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat ve jips uygulamasında 1.09 mg kg<sup>-1</sup>'e yükselirken, elementel kükürt uygulamasında da 1.10 mg kg<sup>-1</sup>'e yükselmiştir. (Çizelge 3.19 ve Şekil 3.7).

Aluviyal-3'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında 19.01 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenen bitkiye yarayışlı mangan içeriği inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında 16.46 mg kg<sup>-1</sup>'e, jips uygulamasında 15.45 mg kg<sup>-1</sup>'e düşmüş, elementel kükürt uygulamasında ise 23.39 mg kg<sup>-1</sup>'e yükselmiştir. Aluviyal-13'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında 7.47 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenen bitkiye yarayışlı mangan içeriği inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında 6.84 mg kg<sup>-1</sup>'e, jips uygulamasında 6.72 mg kg<sup>-1</sup>'e düşmüş, elementel kükürt uygulamasında ise 7.54 mg kg<sup>-1</sup>'e yükselmiştir. Aluviyal-28'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında 48.40 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenen bitkiye yarayışlı mangan içeriği inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında 46.80 mg kg<sup>-1</sup>'e, jips uygulamasında 46.90 mg kg<sup>-1</sup>'e düşmüş, elementel kükürt uygulamasında ise 52.17 mg kg<sup>-1</sup>'e yükselmiştir (Çizelge 3.20 ve Şekil 3.8).

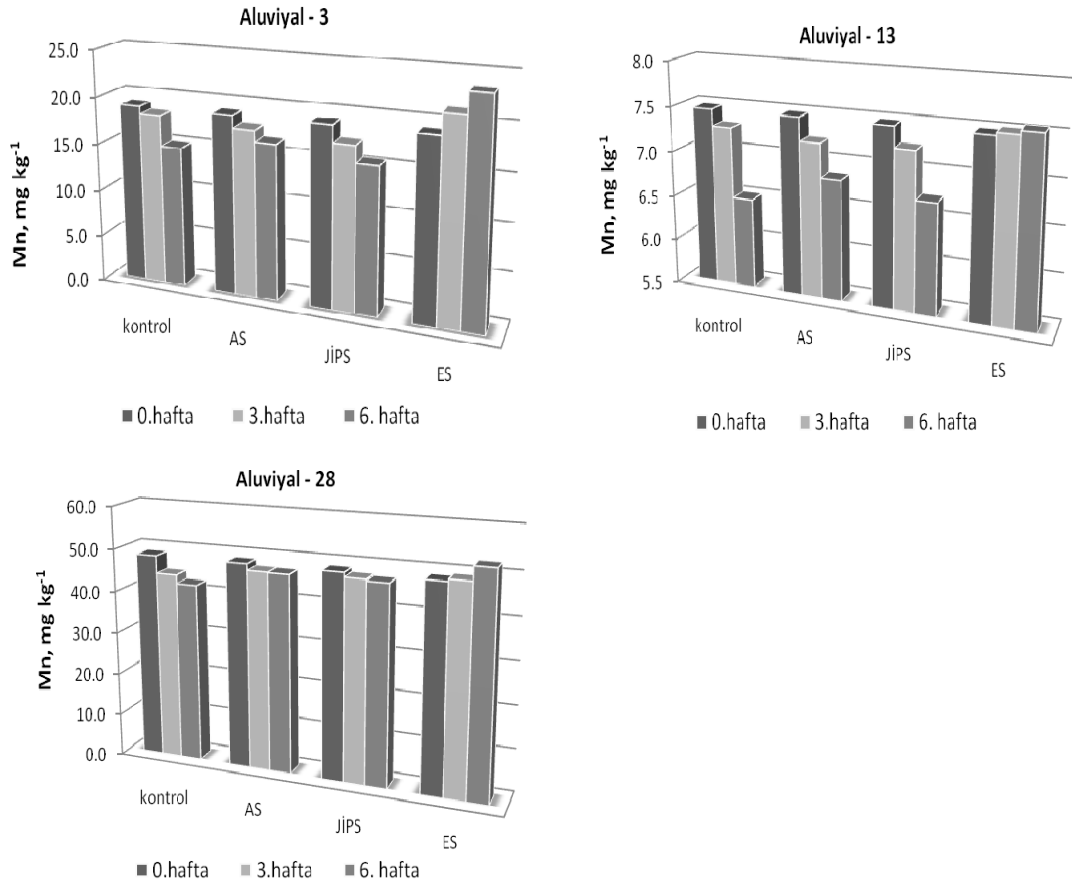
Çizelge 3.20 Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı mangan içerikleri üzerine etkileri

Uygulama	Büyük Toprak Grubu								
	Aluviyal - 3			Aluviyal - 13			Aluviyal - 28		
	Mangan (Mn) mg kg <sup>-1</sup>								
	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta
Kontrol	19.01aA	18.23aB	14.96bB	7.47aA	7.28aA	6.50bB	48.40aA	44.28bB	42.22bC
AS	19.01aA	17.68abB	16.46bB	7.47aA	7.21abA	6.84bB	48.40aA	46.89aAB	46.80aB
J	19.01aA	17.21aB	15.45bB	7.47aA	7.24aA	6.72bB	48.40aA	47.34aA	46.90aB
ES	19.01bA	21.23aA	23.39aA	7.47aA	7.50aA	7.54aA	48.40bA	48.92abA	52.17aA
Kaynak (K)		***			***			***	
Zaman (Z)		***			***			**	
K x Z int.		***			***			***	

\*\* P< 0.01, \*\*\*P< 0.001

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



Şekil 3.8 Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararlı mangan içerikleri üzerine etkileri

### 3.3.2 Koluviyal topraklar

Koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerine farklı kükürt kaynaklarından  $10 \text{ mg S kg}^{-1}$  uygulanarak yürütülen inkübasyon denemesinde, inkübasyon süresinin, kükürt kaynaklarının ve kükürt kaynakları-inkübasyon süresi interaksyonunun deneme topraklarının toprak reaksiyonu (pH) ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri üzerine etkili olduğu ve bu etkinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.21 ve 3.22 ile Şekil 3.9 ve 3.10).

Koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinde inkübasyon süresince belirlenen pH değişimleri incelendiğinde, kontrol uygulaması hariç, her iki toprakta da

pH değerinin tüm kükürt kaynaklarında inkübasyon süresine bağlı olarak düştüğü belirlenmiştir (Çizelge 3.21 ve 3.22 ile Şekil 3.9 ve 3.10).

Koluviyal-7'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında 6.57 olarak belirlenen pH değeri inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında 6.51'a, jips uygulamasında 6.49'a ve elementel kükürt uygulamasında ise 6.37'ye düşmüştür. Koluviyal-9'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında 6.48 olarak belirlenen pH değeri inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında 6.41'e, jips ve elementel kükürt uygulamasında ise 6.36'ya düşmüştür (Çizelge 3.21 ve Şekil 3.9).

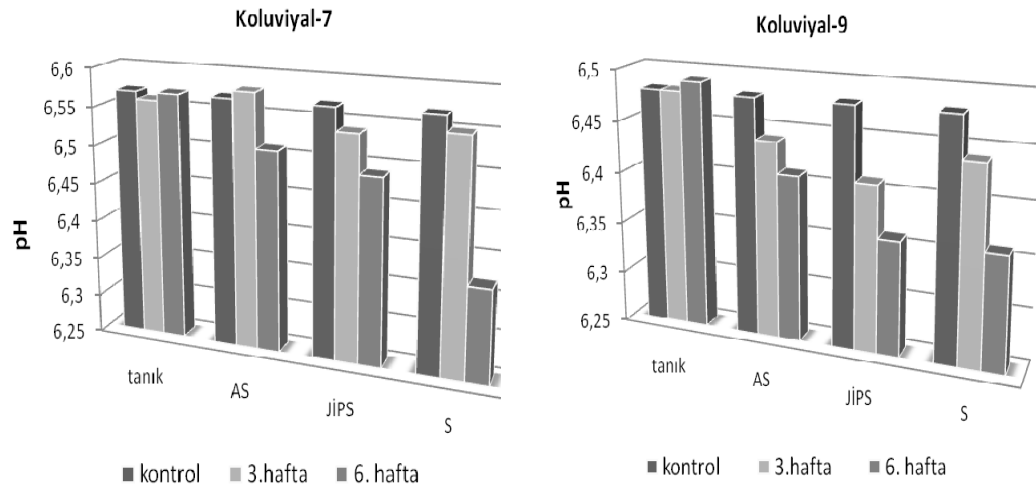
Çizelge 3.21 Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların reaksiyonu (pH) üzerine etkileri

Uygulama	Büyük Toprak Grubu					
	Koluviyal-7			Koluviyal-9		
	pH 1:2.5 (toprak:su)					
	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta
Kontrol	6.57aA	6.56aA	6.57aA	6.48aA	6.48aA	6.49aA
AS	6.57aA	6.58aA	6.51bAB	6.48aA	6.44abAB	6.41bB
J	6.57aA	6.54abA	6.49bB	6.48aA	6.41bB	6.36cC
ES	6.57aA	6.55aA	6.37bC	6.48aA	6.44aAB	6.36bC
Kaynak (K)		***			***	
Zaman (Z)		***			***	
K x Z int.		***			***	

\*P < 0.5, \*\* P < 0.01, \*\*\*P < 0.001, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



Şekil 3.9 Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların reaksiyonu (pH) üzerine etkileri

Toprak örneklerinde inkübasyon süresine bağlı olarak pH düşüşünün en fazla elementel kükürt uygulamasında, en az ise amonyum sülfat uygulamasında olduğu saptanmıştır (Çizelge 3.21, Şekil 3.9).

Koluviyal-7'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında  $317.9 \mu\text{S cm}^{-1}$  olarak belirlenen EC değeri inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında  $392.1 \mu\text{S cm}^{-1}$ 'e, jips uygulamasında  $436.3 \mu\text{S cm}^{-1}$ 'e ve elementel kükürt uygulamasında ise  $414.0 \mu\text{S cm}^{-1}$ 'e yükselmiştir. Koluviyal-9'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında  $196.6 \mu\text{S cm}^{-1}$  olarak belirlenen EC değeri inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında  $269.4 \mu\text{S cm}^{-1}$ 'e, jips uygulamasında  $283.6 \mu\text{S cm}^{-1}$ 'e ve elementel kükürt uygulamasında ise  $270.4 \mu\text{S cm}^{-1}$ 'e yükselmiştir (Çizelge 3.22 ve Şekil 3.10).

Çizelge 3.22 Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri üzerine etkileri

Uygulama	Büyük Toprak Grubu					
	Koluviyal-7			Koluviyal-9		
	EC $\mu\text{S cm}^{-1}$ 1:2.5 (toprak:su)					
	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta
Kontrol	317.9bA	317.5bC	388.9aB	196.6bA	212.8bC	263.2aB
AS	317.9bA	380.0aB	392.1aB	196.6bA	262.5aAB	269.4aAB
J	317.9cA	407.4bA	436.3aA	196.6bA	276.2aA	283.6aA
ES	317.9bA	406.8aA	414.0aA	196.6bA	251.2aB	270.4aAB
Kaynak (K)	***			***		
Zaman (Z)	***			***		
K x Z int.	***			***		

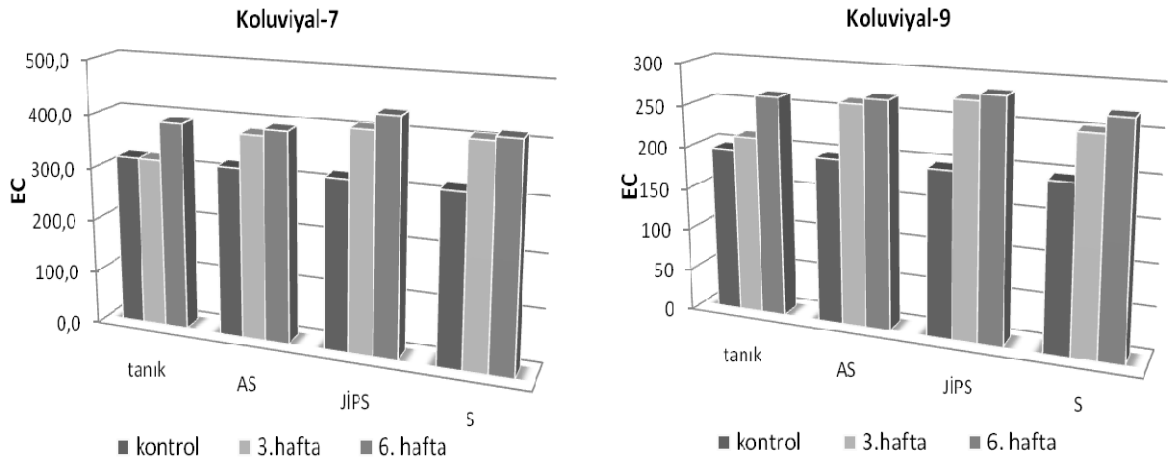
\*\*\*P < 0.001

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun

Koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinde inkübasyon süresince belirlenen EC değerlerindeki değişimler incelendiğinde, her iki toprakta kontrol dahil tüm kükürt uygulamalarında, EC değerinin inkübasyon süresine bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Toprak örneklerinde belirlenen EC değerlerindeki en fazla artışın jips uygulamasında ve en az artışın ise amonyum sülfat uygulamasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.22, Şekil 3.10).





Şekil 3.10 Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri üzerine etkileri ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )

Koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerine farklı kükürt kaynaklarından  $10 \text{ mg S kg}^{-1}$  uygulanarak yürütülen inkübasyon denemesinde, inkübasyon süresinin, kükürt kaynaklarının ve kükürt kaynakları-inkübasyon süresi interaksyonunun deneme topraklarının bitkiye yararışlı kükürt içerikleri üzerine etkili olduğu, toprakların bitkiye yararışlı fosfor içerikleri üzerine ise sadece inkübasyon süresinin etkili olduğu ve bu etkilerin istatistiki olarak önemli bulunduğu saptanmıştır (Çizelge 3.23 ve 3.24 ile Şekil 3.11 ve 3.12).

Koluviyal-7'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında  $7.32 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenen bitkiye yararışlı kükürt içerikleri inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında  $7.45 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e, jips ve elementel kükürt uygulamasında ise  $14.36 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e yükselmiştir. Koluviyal-9'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında  $6.75 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenen bitkiye yararışlı kükürt içerikleri inkübasyon sonunda kükürt kaynağı olarak, amonyum sülfat uygulamasında  $7.03 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e, jips uygulamasında  $13.59 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e ve elementel kükürt uygulamasında ise  $13.60 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e yükselmiştir (Çizelge 3.23 ve Şekil 3.11).

Koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinde, inkübasyon süresince bitkiye yararışlı kükürt içerikleri uygulanan kükürt kaynaklarına ve inkübasyon süresine bağlı olarak sürekli artmış ve bu artışlar kükürt kaynağı olarak kullanılan amonyum sülfat hariç diğer kükürt kaynaklarında istatistiki olarak önemli olmuştur (Çizelge 3.23 ve Şekil 3.11).

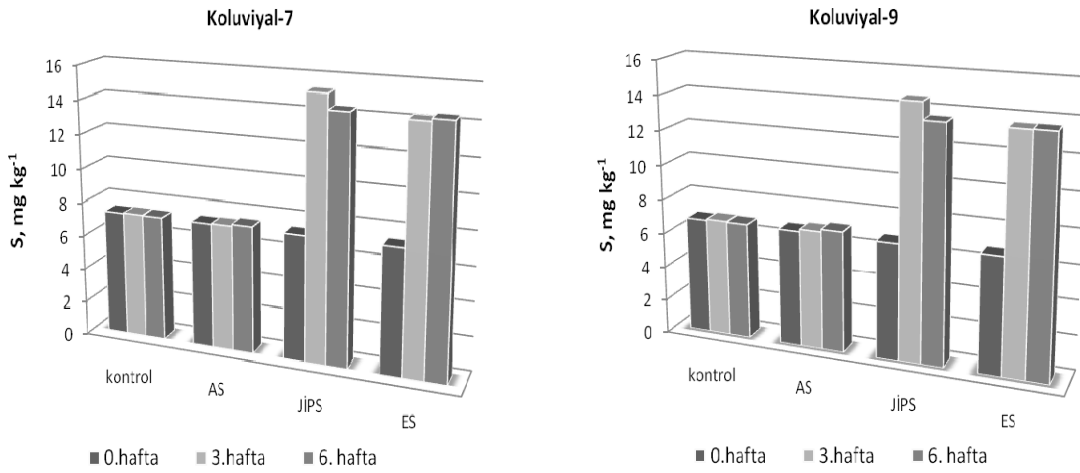
Çizelge 3.23 Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı kükürt içerikleri üzerine etkileri

Uygulama	Büyük Toprak Grubu					
	Koluviyal-7			Koluviyal-9		
	Kükürt (S) mg kg <sup>-1</sup>					
	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta
Kontrol	7.32aA	7.35aC	7.33aB	6.75aA	6.82aC	6.78aB
AS	7.32aA	7.35aC	7.45aB	6.75aA	6.89aC	7.03aB
J	7.32bA	15.26aA	14.36aA	6.75cA	14.56aA	13.59bA
ES	7.32bA	14.21aB	14.36aA	6.75bA	13.58aB	13.60aA
Kaynak (K)		***			***	
Zaman (Z)		***			***	
K x Z int.		***			***	

\*\*\*P < 0.001

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



Şekil 3.11 Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı kükürt içerikleri üzerine etkileri

Koluviyal-7' nolu toprakta inkübasyon başlangıcında 45.96 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenen bitkiye yararışlı fosfor içerikleri inkübasyon sonunda kükürt kaynağı olarak, amonyum sülfat uygulamasında 43.04 mg kg<sup>-1</sup>'e, jips uygulamasında 44.92 mg kg<sup>-1</sup>'e ve elementel

kükürt uygulamasında ise 43.76 mg kg<sup>-1</sup>'e düşmüştür. Koluviyal-9'olu toprakta inkübasyon başlangıcında 21.84 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenen bitkiye yararılı fosfor içerikleri inkübasyon sonunda kükürt kaynağı olarak, amonyum sülfat uygulamasında 20.16 mg kg<sup>-1</sup>'e, jips uygulamasında 20.08 mg kg<sup>-1</sup>'e ve elementel kükürt uygulamasında ise 20.68 mg kg<sup>-1</sup>'e düşmüştür. (Çizelge 3.24 ve Şekil 3.12).

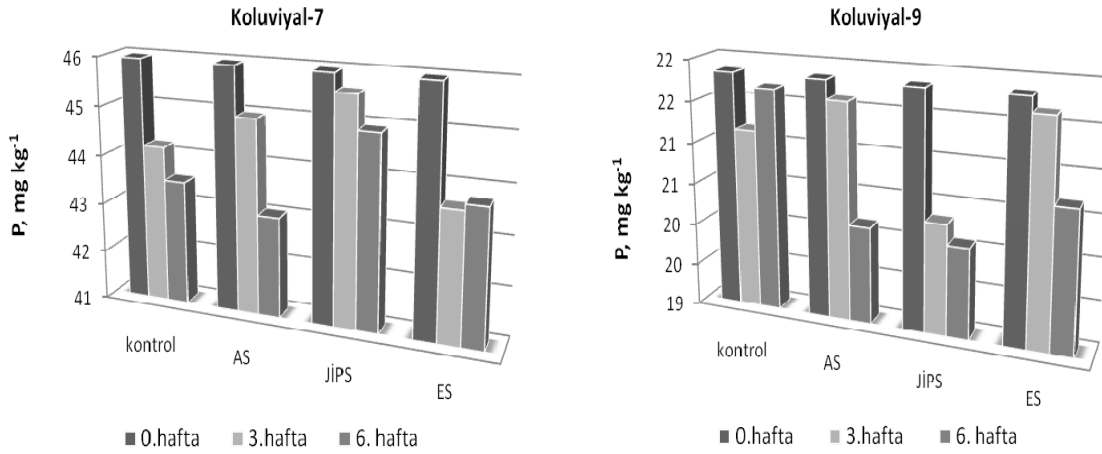
Çizelge 3.24 Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararılı fosfor içerikleri üzerine etkileri

Uygulama	Büyük Toprak Grubu					
	Koluviyal-7			Koluviyal-9		
	Fosfor (P) mg kg <sup>-1</sup>					
	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta
Kontrol	45.96	44.20	43.52	21.84	21.16	21.68
AS	45.96	44.96	43.04	21.84	21.61	20.16
J	45.96	45.60	44.92	21.84	20.32	20.08
ES	45.96	43.64	43.76	21.84	21.66	20.68
Ortalama	45.96a	44.60ab	43.81b	21.84a	21.19ab	20.65b
Kaynak (K)	öd			öd		
Zaman (Z)	**			**		
K x Z int.	öd			öd		

\*\* P < 0.01, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



Şekil 3.12 Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararılı fosfor içerikleri üzerine etkileri

Koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerine farklı kükürt kaynaklarından 10 mg S kg<sup>-1</sup> uygulanarak yürütülen inkübasyon denemesinde, koluviyal-7'nolu toprak örneğine uygulanan kükürt kaynakları ve kükürt kaynakları-inkübasyon süresi interaksyonunu toprakların bitkiye yarayışlı çinko ve mangan içerikleri üzerine, inkübasyon süresi ise toprakların bitkiye yarayışlı demir, bakır, çinko ve mangan içerikleri üzerine istatistiksel olarak önemli etkide bulunmuştur. Koluviyal-9'nolu toprak örneğine uygulanan kükürt kaynakları, toprakların bitkiye yarayışlı mangan içerikleri üzerine, inkübasyon süresi demir, bakır, çinko ve mangan içerikleri üzerine, kükürt kaynakları-inkübasyon süresi interaksyonunu ise toprakların bitkiye yarayışlı çinko ve mangan içerikleri üzerine istatistiksel olarak önemli etkide bulunmuştur. (Çizelge 3.25, 3.26, 3.27, 3.28 ve Şekil 3.13, 3.14, 3.15, 3.16).

Koluviyal-7'nolu toprak örneğinde inkübasyon başlangıcında 39.55 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenen bitkiye yarayışlı demir içerikleri inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında 37.84 mg kg<sup>-1</sup>'e, jips uygulamasında 37.78 mg kg<sup>-1</sup>'e, elementel kükürt uygulamasında 38.86 mg kg<sup>-1</sup>'e düşmüştür. Koluviyal-9'nolu toprak örneğinde inkübasyon başlangıcında 45.01 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenen bitkiye yarayışlı demir içerikleri inkübasyon sonunda; kükürt kaynağı olarak, amonyum sülfat uygulamasında 44.34 mg kg<sup>-1</sup>'e, jips uygulamasında 43.86 mg kg<sup>-1</sup>'e, elementel kükürt uygulamasında da 43.14 mg kg<sup>-1</sup>'e düşmüştür (Çizelge 3.25 ve Şekil 3.13).

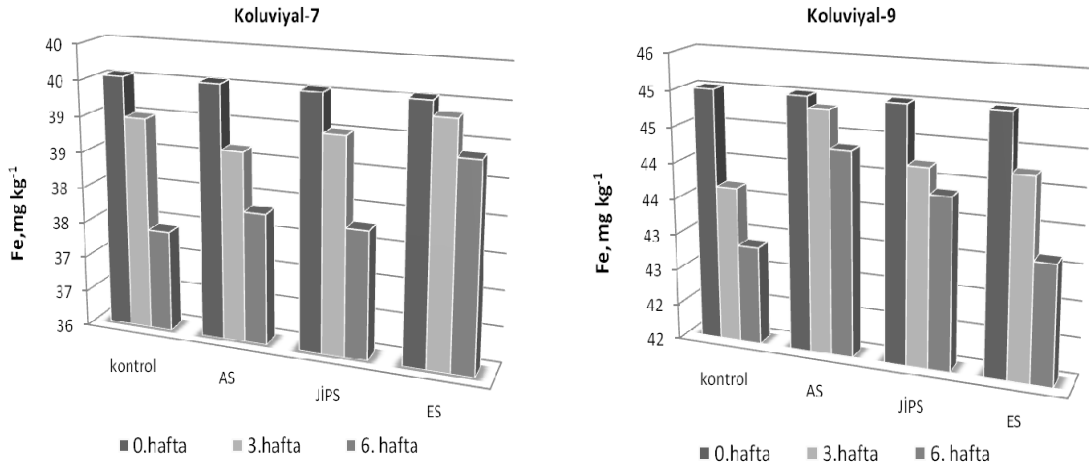
Çizelge 3.25 Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı demir içerikleri üzerine etkileri

Uygulama	Büyük Toprak Grubu					
	Koluviyal-7			Koluviyal-9		
	Demir (Fe) mg kg <sup>-1</sup>					
	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta
Kontrol	39.55	38.99	37.42	45.01	43.67	42.87
AS	39.55	38.66	37.84	45.01	44.85	44.34
J	39.55	39.01	37.78	45.01	44.21	43.86
ES	39.55	39.35	38.86	45.01	44.23	43.14
Ortalama	39.55a	39.03ab	37.97b	45.01a	44.24a	43.55a
Kaynak (K)	öd			öd		
Zaman (Z)	**			*		
K x Z int.	öd			öd		

\*P < 0.5, \*\* P < 0.01, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



Şekil 3.13 Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı demir içerikleri üzerine etkileri

Koluviyal-7'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında  $8.36 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenen bitkiye yararışlı bakır içeriği inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında  $8.35 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e, jips uygulamasında  $8.25 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e, elementel kükürt uygulamasında ise  $8.23 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e düşmüştür. Koluviyal-9'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında  $4.84 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenen bitkiye yararışlı bakır içeriği inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında  $4.76 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e ve elementel kükürt uygulamasında  $4.67 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e düşmüş, jips uygulamasında ise  $4.85 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e yükselmiştir (Çizelge 3.26 ve Şekil 3.14).

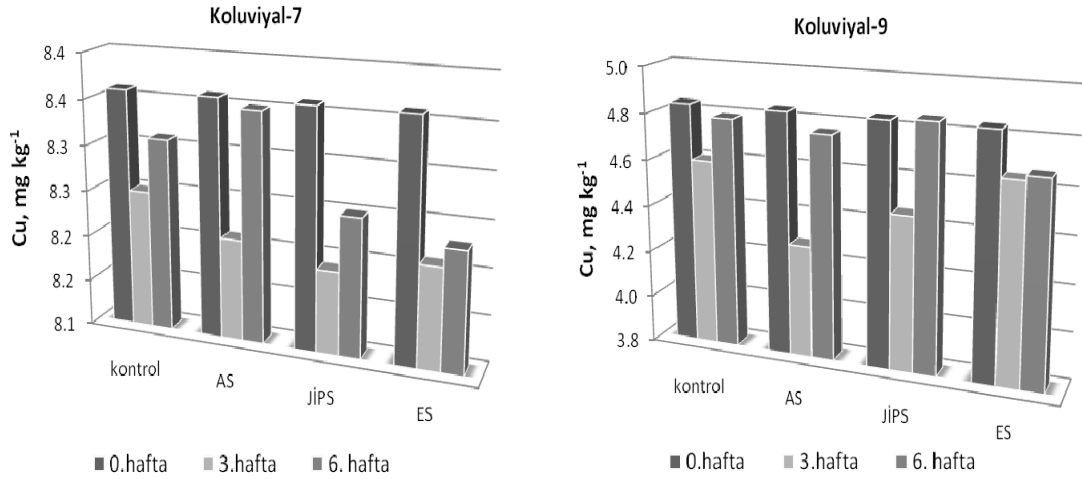
Çizelge 3.26 Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı bakır içerikleri üzerine etkileri

Uygulama	Büyük Toprak Grubu					
	Koluviyal-7			Koluviyal-9		
	Bakır (Cu) $\text{mg kg}^{-1}$					
	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta
Kontrol	8.36	8.25	8.31	4.84	4.60	4.79
AS	8.36	8.21	8.35	4.84	4.28	4.76
J	8.36	8.19	8.25	4.84	4.46	4.85
ES	8.36	8.21	8.23	4.84	4.65	4.67
Ortalama	8.36a	8.22b	8.28ab	4.84a	4.49b	4.76a
Kaynak (K)	öd			öd		
Zaman (Z)	***			***		
K x Z int.	öd			öd		

\*\*\* $P < 0.001$ , öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test,  $*P < 0.5$ )

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



Şekil 3.14 Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı bakır içerikleri üzerine etkileri

Koluviyal-7' nolu toprakta inkübasyon başlangıcında  $2.92 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenen bitkiye yararışlı çinko içeriği inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında  $2.70 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e, jips uygulamasında  $2.80 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e düşerken, elementel kükürt uygulamasında ise  $2.92 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Koluviyal-9' nolu toprak örneğinde inkübasyon başlangıcında  $2.26 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenen bitkiye yararışlı çinko içeriği inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat ve jips uygulamasında  $2.26 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenirken, elementel kükürt uygulamasında  $2.17 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e düşmüştür (Çizelge 3.27 ve Şekil 3.15).

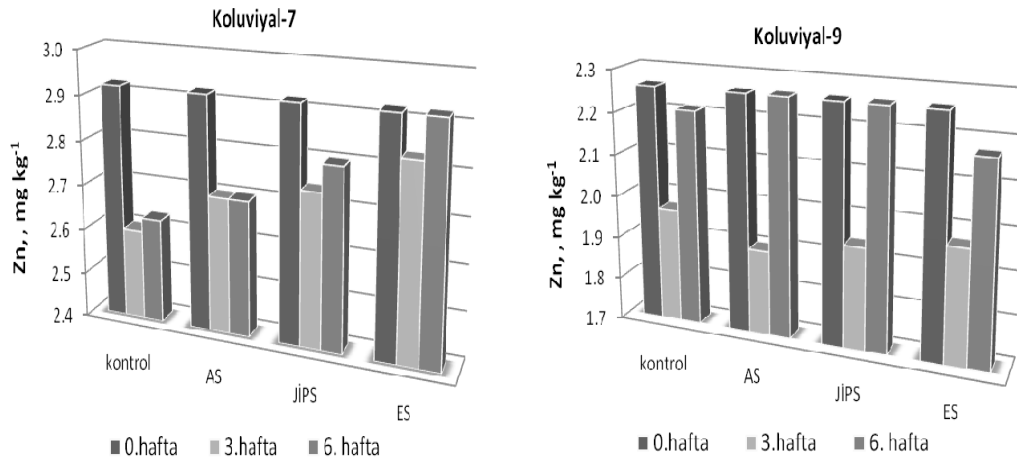
Çizelge 3.27 Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı çinko içerikleri üzerine etkileri

Uygulama	Büyük Toprak Grubu					
	Koluviyal-7			Koluviyal-9		
	Çinko (Zn) $\text{mg kg}^{-1}$					
	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta
Kontrol	2.92aA	2.60bB	2.63bC	2.26aA	1.97bA	2.21aAB
AS	2.92aA	2.70bAB	2.70bBC	2.26aA	1.90bB	2.26aA
J	2.92aA	2.74abAB	2.80bAB	2.26aA	1.94bAB	2.26aA
ES	2.92aA	2.83aA	2.92aA	2.26aA	1.97bA	2.17aB
Kaynak (K)	***			öd		
Zaman (Z)	***			***		
K x Z int.	*			**		

\*P < 0.5, \*\* P < 0.01, \*\*\*P < 0.001, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, \*P < 0.5)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



Şekil 3.15 Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı çinko içerikleri üzerine etkileri

Koluviyal-7' nolu toprakta inkübasyon başlangıcında  $41.48 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenen bitkiye yararışlı mangan içeriği inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında  $34.55 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e, jips uygulamasında  $37.69 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e düşmüş, elementel kükürt uygulamasında ise  $46.56 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e yükselmiştir. Koluviyal-9' nolu toprakta inkübasyon başlangıcında  $40.78 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenen bitkiye yararışlı mangan içeriği inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında  $35.78 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e, jips uygulamasında  $37.67 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e düşerken, elementel kükürt uygulamasında ise  $42.21 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e yükselmiştir (Çizelge 3.28 ve Şekil 3.16).

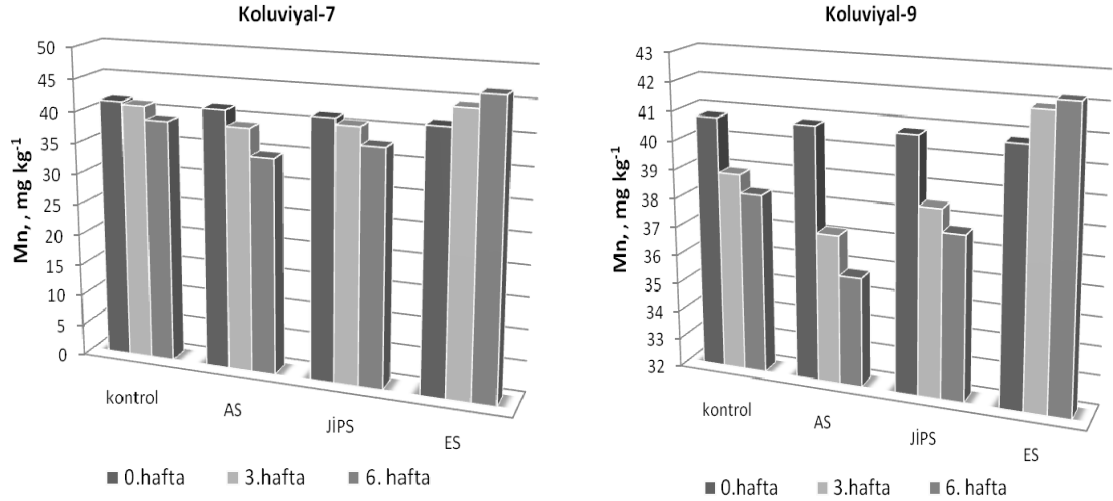
Çizelge 3.28 Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı mangan içerikleri üzerine etkileri

Uygulama	Büyük Toprak Grubu					
	Koluviyal-7			Koluviyal-9		
	Mangan (Mn) $\text{mg kg}^{-1}$					
	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta
Kontrol	41.48aA	41.06aAB	38.89aB	40.78aA	36.89bB	38.25abAB
AS	41.48aA	38.89aB	34.55bC	40.78aA	37.16abB	35.78bB
J	41.48aA	40.48abB	37.69bB	40.78aA	38.45abAB	37.67bB
ES	41.48bA	44.46aA	46.56aA	40.78aA	41.89aA	42.21aA
Kaynak (K)	***			***		
Zaman (Z)	***			***		
K x Z int.	***			**		

\*\*  $P < 0.01$ , \*\*\*  $P < 0.001$

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, \* $P < 0.5$ )

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



Şekil 3.16 Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararlı mangan içerikleri üzerine etkileri

### 3.3.3 Vertisol topraklar

Vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerine farklı kükürt kaynaklarından  $10 \text{ mg S kg}^{-1}$  uygulanarak yürütülen inkübasyon denemesinde, inkübasyon süresinin, kükürt kaynaklarının ve kükürt kaynakları-inkübasyon süresi interaksiyonunun deneme topraklarının toprak reaksiyonu (pH) ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri üzerine etkili olduğu ve bu etkinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.29 ve 3.30 ile Şekil 3.17 ve 3.18).

Vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinde inkübasyon süresince belirlenen pH değişimleri incelendiğinde, kontrol uygulaması hariç, her iki toprakta da pH değerinin tüm kükürt kaynaklarında inkübasyon süresine bağlı olarak düştüğü belirlenmiştir (Çizelge 3.29 ve 3.30 ile Şekil 3.17 ve 3.18).

Vertisol-29' nolu toprakta inkübasyon başlangıcında 6.97 olarak belirlenen pH değeri inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında 6.76'ya, jips uygulamasında 6.66'ya ve elementel kükürt uygulamasında ise 6.64'e



düşmüştür. Vertisol-33'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında 8.20 olarak belirlenen pH değeri inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında 8.16'ya, jips uygulamasında 8.15'e ve elementel kükürt uygulamasında ise 8.11'e düşmüştür (Çizelge 3.29 ve Şekil 3.17).

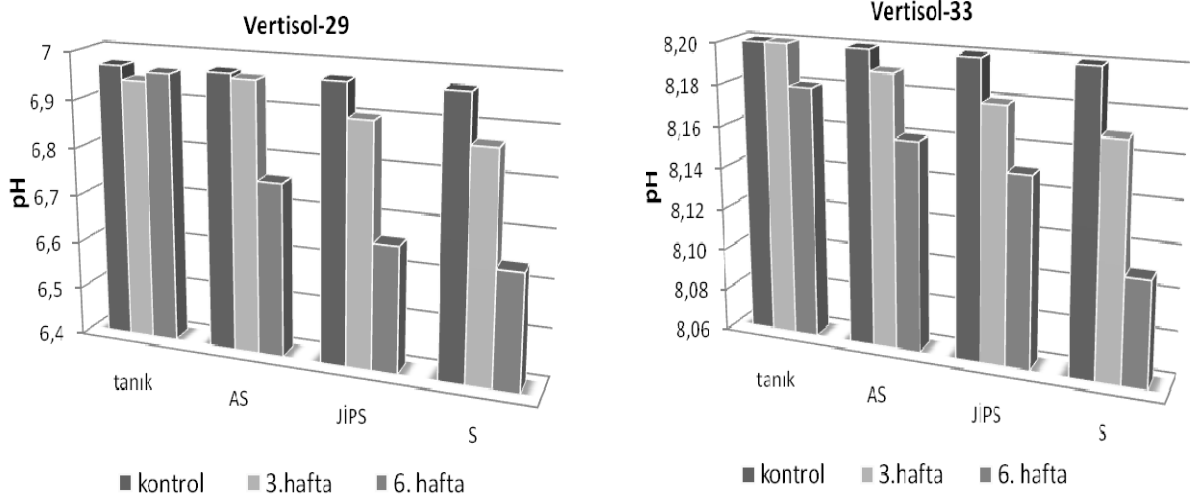
Çizelge 3.29 Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların reaksiyonu (pH) üzerine etkileri

Uygulama	Büyük Toprak Grubu					
	Vertisol-29			Vertisol-33		
	pH 1:2.5 (toprak:su)					
	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta
Kontrol	6.97aA	6.94aAB	6.96aA	8.20aA	8.20aA	8.18aA
AS	6.97aA	6.96aA	6.76bB	8.20aA	8.19abAB	8.16bA
J	6.97aA	6.90aBC	6.66bC	8.20aA	8.18abAB	8.15bA
ES	6.97aA	6.87bC	6.64cC	8.20aA	8.17aB	8.11bB
Kaynak (K)		***			***	
Zaman (Z)		***			***	
K x Z int.		***			**	

\*P < 0.5, \*\* P < 0.01, \*\*\*P < 0.001, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



Şekil 3.17 Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların reaksiyonu (pH) üzerine etkileri

Toprak örneklerinde inkübasyon süresine bağlı olarak pH düşüşünün en fazla elementel kükürt uygulamasında, en az ise amonyum sülfat uygulamasında olduğu saptanmıştır (Çizelge 3.29 ve Şekil 3.17).

Vertisol-29'nolu toprak örneğinde inkübasyon başlangıcında  $162.6 \mu\text{S cm}^{-1}$  olarak belirlenen EC değeri inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında  $232.0 \mu\text{S cm}^{-1}$ 'e, jips uygulamasında  $246.7 \mu\text{S cm}^{-1}$ 'e ve elementel kükürt uygulamasında ise  $243.3 \mu\text{S cm}^{-1}$ 'e yükselmiştir. Vertisol-33'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında  $188.2 \mu\text{S cm}^{-1}$  olarak belirlenen EC değeri inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında  $299.4 \mu\text{S cm}^{-1}$ 'e, jips uygulamasında  $326.3 \mu\text{S cm}^{-1}$ 'e ve elementel kükürt uygulamasında ise  $315.7 \mu\text{S cm}^{-1}$ 'e yükselmiştir (Çizelge 3.30 ve Şekil 3.18).

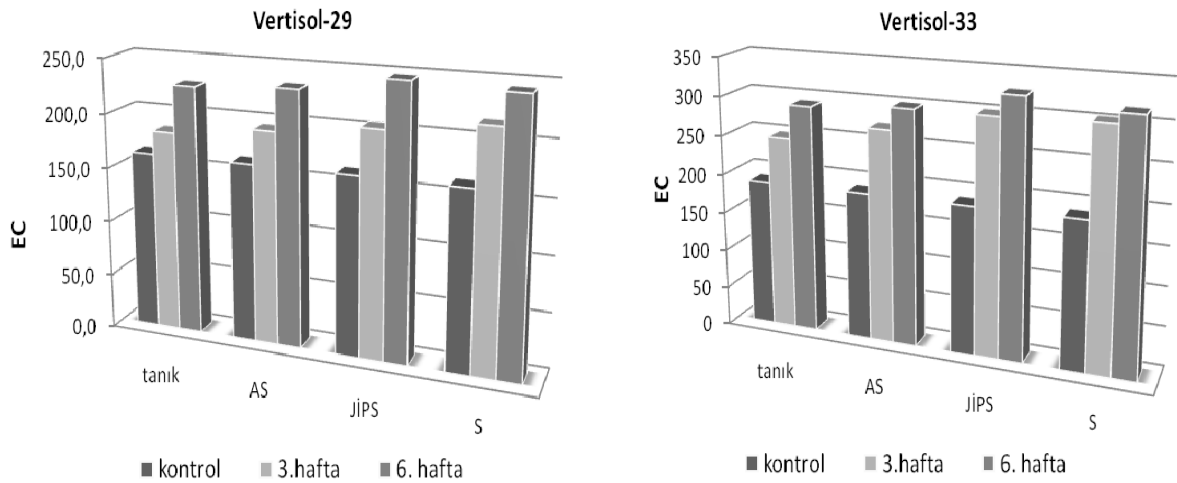
Çizelge 3.30 Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri üzerine etkileri

Uygulama	Büyük Toprak Grubu					
	Vertisol-29			Vertisol-33		
	EC $\mu\text{S cm}^{-1}$ 1:2.5 (toprak:su)					
	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta
Kontrol	162.6cA	183.7bC	227.0aC	188.2cA	248.2bC	291.2aB
AS	162.6cA	193.7bBC	232.0aBC	188.2cA	271.2bB	299.4aB
J	162.6cA	204.1bAB	246.7aA	188.2cA	299.5bA	326.3aA
ES	162.6cA	215.3bA	243.3aAB	188.2bA	302.8aA	315.7aA
Kaynak (K)		***			***	
Zaman (Z)		***			***	
K x Z int.		***			***	

\*P < 0.5, \*\* P < 0.01, \*\*\*P < 0.001, 6d: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



Şekil 3.18 Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri üzerine etkileri

Vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerine farklı kükürt kaynaklarından 10 mg S kg<sup>-1</sup> uygulanarak yürütülen inkübasyon denemesinde, inkübasyon süresinin, kükürt kaynaklarının ve kükürt kaynakları-inkübasyon süresi interaksyonunun deneme topraklarının bitkiye yarayışlı kükürt içerikleri üzerine etkili olduğu, toprakların bitkiye yarayışlı fosfor içerikleri üzerine ise sadece inkübasyon süresinin etkili olduğu ve bu etkilerin istatistiki olarak önemli bulunduğu saptanmıştır (Çizelge 3.31 ve 3.32 ile Şekil 3.20 ve 3.21).

Vertisol-29'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında 7.11 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenen bitkiye yarayışlı kükürt içerikleri inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında 8.31 mg kg<sup>-1</sup>'e, jips uygulamasında 13.40 mg kg<sup>-1</sup>'e ve elementel kükürt uygulamasında ise 13.76 mg kg<sup>-1</sup>'e yükselmiştir. Vertisol-33'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında 5.28 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenen bitkiye yarayışlı kükürt içerikleri inkübasyon sonunda kükürt kaynağı olarak, amonyum sülfat uygulamasında 5.69 mg kg<sup>-1</sup>'e, jips uygulamasında 12.65 mg kg<sup>-1</sup>'e ve elementel kükürt uygulamasında ise 10.66 mg kg<sup>-1</sup>'e yükselmiştir (Çizelge 3.31 ve Şekil 3.20).

Vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinde, inkübasyon süresince bitkiye yarayışlı kükürt içerikleri uygulanan kükürt kaynaklarına ve inkübasyon süresine bağlı olarak sürekli artmış ve bu artışlar istatistiki olarak önemli olmuştur (Çizelge 3.31 ve Şekil 3.20).

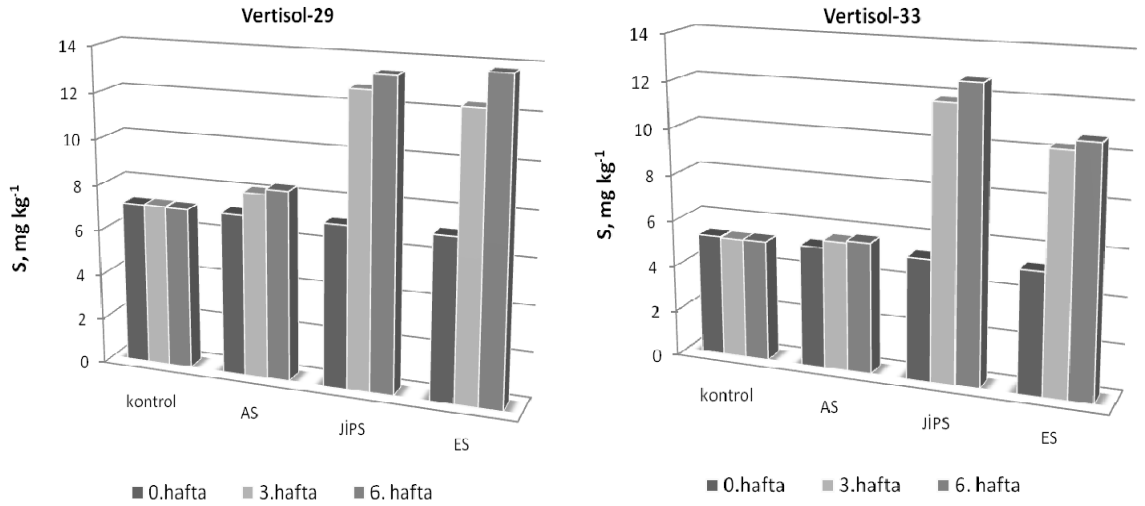
Çizelge 3.31 Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı kükürt içerikleri üzerine etkileri

Uygulama	Büyük Toprak Grubu					
	Vertisol-29			Vertisol-33		
	Kükürt (S) mg kg <sup>-1</sup>					
	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta
Kontrol	7.11aA	7.13aC	7.10aC	5.28aA	5.24aC	5.26aC
AS	7.11bA	8.09aB	8.31aB	5.28aA	5.60aC	5.69aC
J	7.11bA	12.77aA	13.40aA	5.28bA	11.79aA	12.65aA
ES	7.11cA	12.36bA	13.76aA	5.28bA	10.26aB	10.66aB
Kaynak (K)	***			***		
Zaman (Z)	***			***		
K x Z int.	***			***		

\*\*\*P < 0.001

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



Şekil 3.19 Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı kükürt içerikleri üzerine etkileri

Vertisol-29'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında 35.29 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenen bitkiye yarayışlı fosfor içerikleri inkübasyon sonunda kükürt kaynağı olarak, amonyum sülfat uygulamasında 34.28 mg kg<sup>-1</sup>'e, jips uygulamasında 34.88 mg kg<sup>-1</sup>'e ve elementel kükürt uygulamasında ise 34.00 mg kg<sup>-1</sup>'e düşmüştür. Vertisol-33'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında 12.86 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenen bitkiye yarayışlı fosfor içerikleri inkübasyon sonunda kükürt kaynağı olarak, amonyum sülfat uygulamasında 11.08 mg kg<sup>-1</sup>'e, jips uygulamasında 11.52 mg kg<sup>-1</sup>'e ve elementel kükürt uygulamasında ise 10.88 mg kg<sup>-1</sup>'e düşmüştür. (Çizelge 3.32 ve Şekil 3.20).

Çizelge 3.32 Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yarayışlı fosfor içerikleri üzerine etkileri

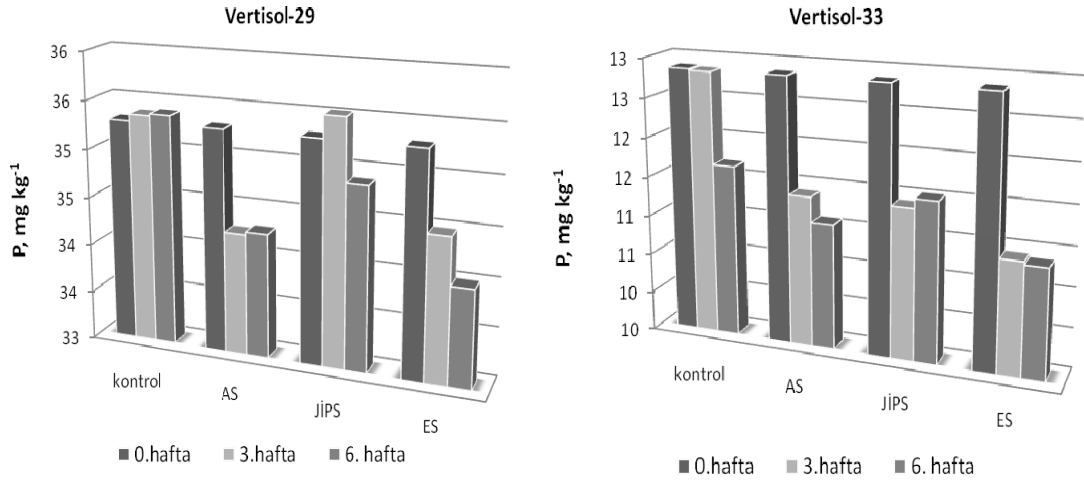
Uygulama	Büyük Toprak Grubu					
	Vertisol-29			Vertisol-33		
	Fosfor (P) mg kg <sup>-1</sup>					
	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta
Kontrol	35.29	35.36	35.38	12.86	12.84	11.68
AS	35.29	34.25	34.28	12.86	11.40	11.08
Jips	35.29	35.52	34.88	12.86	11.40	11.52
Elementel S	35.29	34.48	34.00	12.86	10.92	10.88
Ortalama				12.86a	11.64ab	11.29b
Kaynak (K)	öd			öd		
Zaman (Z)	öd			**		
K x Z int.	öd			öd		

\*\* P < 0.01,

öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



Şekil 3.20 Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararlı fosfor içerikleri üzerine etkileri

Vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerine farklı kükürt kaynaklarından  $10 \text{ mg S kg}^{-1}$  uygulanarak yürütülen inkübasyon denemesinde, vertisol-29'olu toprak örneğine uygulanan kükürt kaynakları ve kükürt kaynakları-inkübasyon süresi etkileşimi toprakların bitkiye yararlı bakır ve mangan içerikleri üzerine, inkübasyon süresi ise toprakların bitkiye yararlı demir, bakır ve çinko içerikleri üzerine istatistiksel olarak önemli etkide bulunmuştur. Vertisol-33'olu toprak örneğine uygulanan kükürt kaynakları ve kükürt kaynakları-inkübasyon süresi etkileşimi toprakların bitkiye yararlı mangan içerikleri üzerine, inkübasyon süresi toprakların bitkiye yararlı bakır, çinko ve mangan içerikleri üzerine istatistiksel olarak önemli etkide bulunmuştur. (Çizelge 3.33, 3.34, 3.35, 3.36 ve Şekil 3.21, 3.22, 3.23, 3.24).

Vertisol-29'olu toprak örneğinde inkübasyon başlangıcında  $16.81 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenen bitkiye yararlı demir içeriği inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında  $16.25 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e, jips uygulamasında  $16.06 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e, elementel kükürt uygulamasında  $16.78 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e düşmüştür. Vertisol-33'olu toprak örneğinde inkübasyon başlangıcında  $7.60 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenen bitkiye yararlı demir içerikleri inkübasyon sonunda; kükürt kaynağı olarak, amonyum sülfat

uygulamasında 7.41 mg kg<sup>-1</sup>'e, jips uygulamasında 7.28 mg kg<sup>-1</sup>'e, elementel kükürt uygulamasında da 7.40 mg kg<sup>-1</sup>'e düşmüştür (Çizelge 3.33 ve Şekil 3.21).

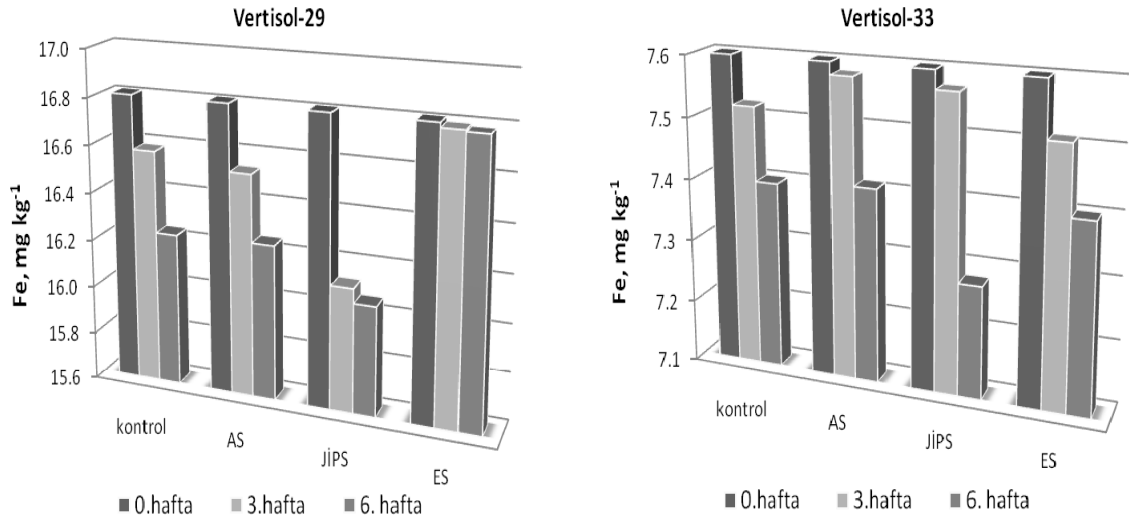
Çizelge 3.33 Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı demir içerikleri üzerine etkileri

Uygulama	Büyük Toprak Grubu					
	Vertisol-29			Vertisol-33		
	Demir (Fe) mg kg <sup>-1</sup>					
	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta
Kontrol	16.81	16.58	16.24	7.60	7.52	7.40
AS	16.81	16.53	16.25	7.60	7.58	7.41
J	16.81	16.12	16.06	7.60	7.57	7.28
ES	16.81	16.79	16.78	7.60	7.51	7.40
Ortalama	16.81a	16.51a	16.32a			
Kaynak (K)	öd			öd		
Zaman (Z)	*			öd		
K x Z int.	öd			öd		

\*P < 0.5, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



Şekil 3.21 Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı demir içerikleri üzerine etkileri

Vertisol-29'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında  $1.87 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenen bitkiye yararılı bakır içeriği inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında  $1.64 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e, jips uygulamasında  $1.74 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e, elementel kükürt uygulamasında ise  $1.76 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e düşmüştür. Vertisol-33'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında  $1.30 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenen bitkiye yararılı bakır içeriği inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında  $1.22 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e, jips uygulamasında  $1.23 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e ve elementel kükürt uygulamasında  $1.25 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e düşmüştür (Çizelge 3.34 ve Şekil 3.22).

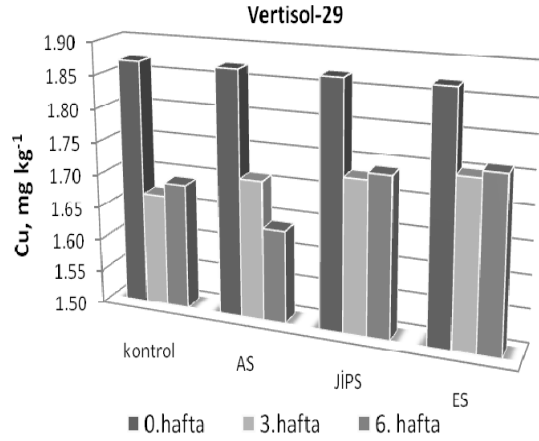
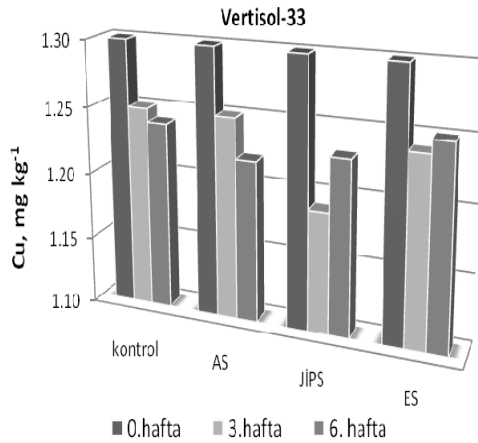
Çizelge 3.34 Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararılı bakır içerikleri üzerine etkileri

Uygulama	Büyük Toprak Grubu					
	Vertisol-29			Vertisol-33		
	Bakır (Cu) $\text{mg kg}^{-1}$					
	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta
Kontrol	1.87aA	1.67bB	1.69bBC	1.30	1.25	1.24
AS	1.87aA	1.71bAB	1.64bC	1.30	1.25	1.22
J	1.87aA	1.73bA	1.74bAB	1.30	1.19	1.23
ES	1.87aA	1.75bA	1.76bA	1.30	1.24	1.25
Ortalama				1.30a	1.23b	1.23b
Kaynak (K)		***			öd	
Zaman (Z)		***			**	
K x Z int.		**			öd	

\*\*  $P < 0.01$ , \*\*\*  $P < 0.001$ , öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test,  $P < 0.05$ )

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



Şekil 3.22 Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararılı bakır içerikleri üzerine etkileri

Vertisol-29'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında  $1.05 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenen bitkiye yararılı çinko içeriği inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında  $0.94 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e, jips uygulamasında  $0.97 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e, elementel kükürt uygulamasında ise  $0.98 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e düşmüştür. Vertisol-33'nolu toprak örneğinde inkübasyon başlangıcında  $0.42 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenen bitkiye yararılı çinko içeriği inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat ve elementel kükürt uygulamalarında  $0.41 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e, jips uygulamasında  $0.40 \text{ mg kg}^{-1}$ 'e düşmüştür (Çizelge 3.35 ve Şekil 3.23).

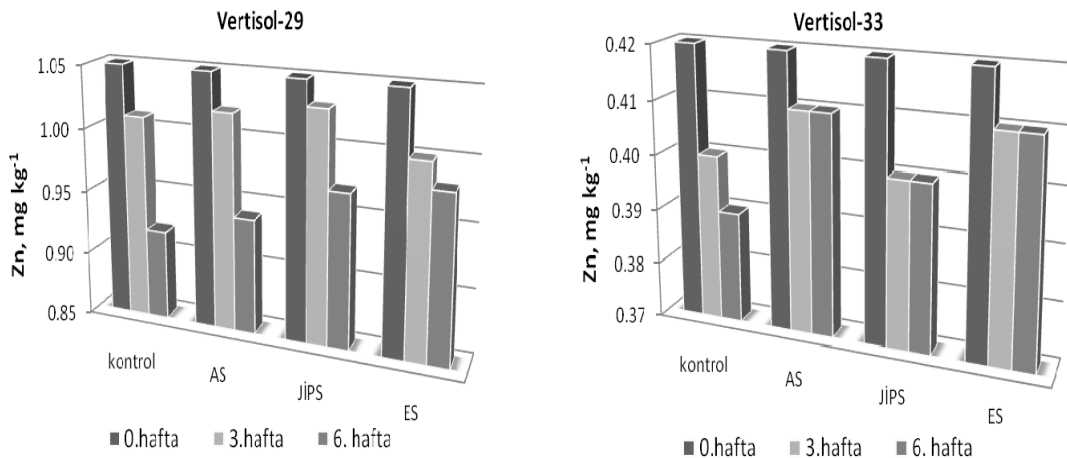
Çizelge 3.35 Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararılı çinko içerikleri üzerine etkileri

Uygulama	Büyük Toprak Grubu					
	Vertisol-29			Vertisol-33		
	Çinko (Zn) $\text{mg kg}^{-1}$					
	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta
Kontrol	1.05	1.01	0.92	0.42	0.40	0.39
AS	1.05	1.02	0.94	0.42	0.41	0.41
J	1.05	1.03	0.97	0.42	0.40	0.40
ES	1.05	1.00	0.98	0.42	0.41	0.41
Ortalama	1.05a	1.02a	0.95b	0.42a	0.41a	0.40a
Kaynak (K)	öd			öd		
Zaman (Z)	***			*		
K x Z int.	öd			öd		

\*P < 0.5, \*\* P < 0.01, \*\*\*P < 0.001, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, \*P < 0.5)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



Şekil 3.23 Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararılı çinko içerikleri üzerine etkileri



Vertisol-29'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında 33.66 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenen bitkiye yararışlı mangan içeriği inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında 32.59 mg kg<sup>-1</sup>'e, jips uygulamasında 32.45 mg kg<sup>-1</sup>'e düşmüş, elementel kükürt uygulamasında ise 37.98 mg kg<sup>-1</sup>'e yükselmiştir. Vertisol-33'nolu toprakta inkübasyon başlangıcında 6.55 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenen bitkiye yararışlı mangan içeriği inkübasyon sonunda, kükürt kaynağı olarak amonyum sülfat uygulamasında 5.67 mg kg<sup>-1</sup>'e, jips uygulamasında 5.83 mg kg<sup>-1</sup>'e düşerken, elementel kükürt uygulamasında ise 6.68 mg kg<sup>-1</sup>'e yükselmiştir (Çizelge 3.36 ve Şekil 3.24).

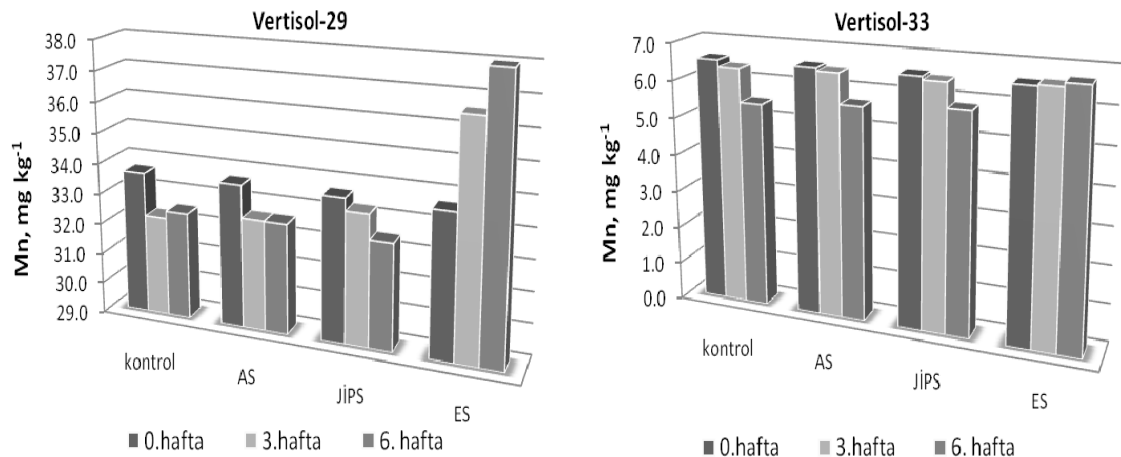
Çizelge 3.36 Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı mangan içerikleri üzerine etkileri

Uygulama	Büyük Toprak Grubu					
	Vertisol-29			Vertisol-33		
	Mangan (Mn) mg kg <sup>-1</sup>					
	0. hafta	3. hafta	6. hafta	0. hafta	3. hafta	6. hafta
Kontrol	33.66aA	32.25aB	32.49aB	6.55aA	6.36aA	5.47bB
AS	33.66aA	32.60aB	32.59aB	6.55aA	6.46aA	5.67bB
J	33.66aA	33.26aB	32.45aB	6.55aA	6.46aA	5.83bB
ES	33.66bA	36.56aA	37.98aA	6.55aA	6.58aA	6.68aA
Kaynak (K)		***			***	
Zaman (Z)		öd			***	
K x Z int.		***			***	

\*P < 0.5, \*\* P < 0.01, \*\*\*P < 0.001, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



Şekil 3.24 Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün inkübasyon süresine bağlı olarak toprakların bitkiye yararışlı mangan içerikleri üzerine etkileri

### **3.4 Araştırma Topraklarına Farklı Kaynaklardan Uygulanan Kükürdün Mısır Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkileri**

#### **3.4.1 Mısır Bitkisinin Kurumadde Miktarı Üzerine Etkisi**

Bursa yöresinden alınan ve araştırmada kullanılan toprak örnekleri ile sera koşullarında yürütülen denemede; farklı kaynaklardan artan miktarlarda uygulanan kükürdün mısır bitkisinin kurumadde miktarı üzerine etkileri denemede kullanılan toprak örneklerinin ait oldukları büyük toprak grupları dikkate alınarak irdelenmiştir.

##### **3.4.1.1 Aluviyal Topraklar**

Aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinde yetiştirilen mısır bitkisinin kurumadde miktarı üzerine toprağa uygulanan kükürt kaynakları ve uygulama dozları etkili olmuş ve bu etkiler istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 3.37).

Denemede kullanılan aluviyal büyük toprak grubuna ait 3, 13 ve 28 nolu topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kurumadde miktarı uygulanan kükürt dozlarına bağlı olarak sürekli artmış ve bu artışlar istatistiki olarak önemli ( $P < 0.001$ ) bulunmuştur (Çizelge 3.37).

Kükürt kaynakları birlikte değerlendirildiğinde, uygulanan kükürt dozlarına bağlı olarak mısır bitkisinin kurumadde miktarı aluviyal-3'nolu toprakta  $3.19 \text{ g saksı}^{-1}$  ( $0 \text{ mg S kg}^{-1}$ )'dan % 25.71 artarak  $4.01 \text{ g saksı}^{-1}$  ( $40 \text{ mg S kg}^{-1}$ )'e, aluviyal-13'nolu toprakta  $2.01 \text{ g saksı}^{-1}$  ( $0 \text{ mg S kg}^{-1}$ )'den % 30.85 artarak  $2.63 \text{ g saksı}^{-1}$  ( $40 \text{ mg S kg}^{-1}$ )'e ve aluviyal-28'nolu toprakta ise  $3.47 \text{ g saksı}^{-1}$  ( $0 \text{ mg S kg}^{-1}$ )'den % 21.61 artarak  $4.22 \text{ g saksı}^{-1}$  ( $20 \text{ mg S kg}^{-1}$ )'ye ulaşmıştır. Uygulanan kükürt dozlarının mısır bitkisinin kurumadde miktarı üzerinde oluşturduğu olumlu etki en fazla aluviyal-13'nolu toprakta belirlenmiş ve bunu aluviyal-3 ve aluviyal-28'nolu topraklar izlemiştir.

Kükürt dozları birlikte değerlendirildiğinde, mısır bitkisinin gelişimi ve kurumadde miktarı üzerine kükürt kaynakları etkili olmuş ve bu etki (aluviyal-28'nolu toprak hariç) istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur (Çizelge 3.37).

Kükürt kaynaklarının mısır bitkisinin gelişimi üzerine olan etkileri incelendiğinde, aluviyal-3'nolu toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin kurumadde miktarı üzerine en fazla etkiyi kükürt kaynağı olarak uygulanan elementel kükürt yapmış ve bunu sırasıyla jips ve amonyum sülfat uygulamaları takip etmiştir. Aluviyal-13'nolu toprakta ise, mısır bitkisinin kurumadde miktarı üzerine kükürt kaynaklarının etkileri  $J > ES > AS$  sıralaması şeklinde gerçekleşmiştir (Çizelge 3.37).

Kükürt kaynakları ve uygulanan kükürt dozları birlikte değerlendirildiğinde, 3 ayrı aluviyal toprakta yetiştirilen mısır bitkisinde elde edilen ortalama kurumadde miktarı en fazla 3.93 g saksı<sup>-1</sup> ile aluviyal-28'nolu toprakta elde edilirken bunu sırasıyla 3.63 g saksı<sup>-1</sup> ile aluviyal-3 ve 2.37 g saksı<sup>-1</sup> ile aluviyal-13'nolu topraklar izlemiştir. Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün mısır bitkisinin gelişimi üzerine etkisi Şekil 3.25'de görülmektedir.

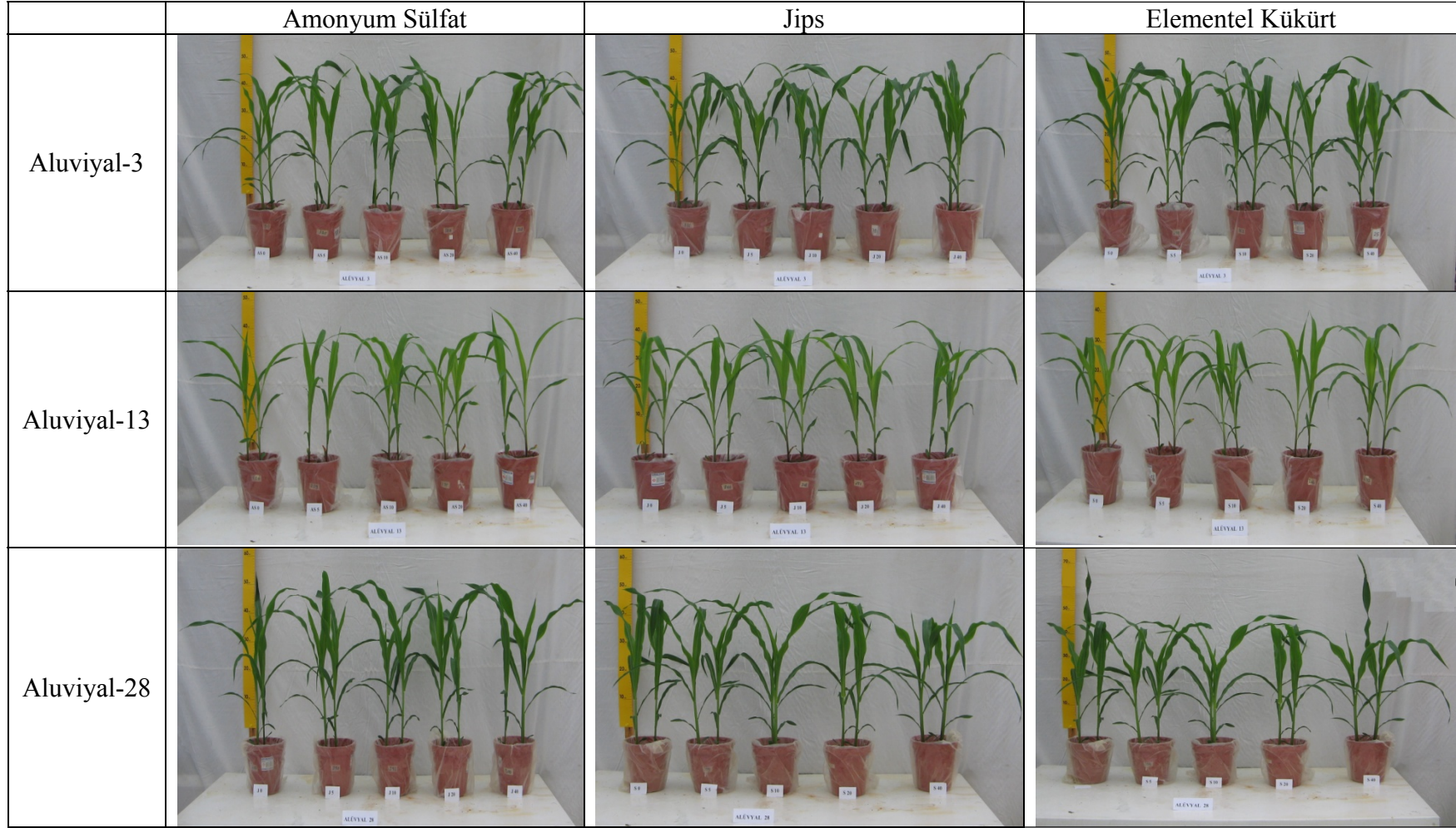
Çizelge 3.37 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kurumadde miktarı (g saksı<sup>-1</sup>) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, mg S kg <sup>-1</sup>					Ortalama
	0	5	10	20	40	
Aluviyal-3						
Amonyum Sülfat	2.79	3.22	3.44	3.59	3.71	3.35 B
Jips	3.30	3.56	3.77	3.90	3.92	3.69 AB
Elementel kükürt	3.49	3.73	3.77	3.92	4.40	3.86 A
Ortalama	3.19 c	3.50 bc	3.66 ab	3.80 ab	4.01 a	
Aluviyal-13						
Amonyum Sülfat	1.83	2.00	2.11	2.24	2.52	2.14 B
Jips	2.06	2.42	2.68	2.81	2.62	2.52 A
Elementel kükürt	2.14	2.36	2.42	2.63	2.75	2.46 A
Ortalama	2.01 b	2.26 ab	2.40 a	2.56 a	2.63 a	
Aluviyal-28						
Amonyum Sülfat	3.43	3.76	3.80	4.02	4.18	3.84
Jips	3.60	3.84	3.90	4.22	4.17	3.95
Elementel kükürt	3.39	3.89	4.09	4.41	4.26	4.01
Ortalama	3.47 b	3.83 ab	3.93 a	4.22 a	4.20 a	
	Aluviyal-3		Aluviyal-13		Aluviyal-28	
Kaynak (K)	***		**		öd	
Doz (D)	***		***		***	
K x D int.	öd		öd		öd	

\*\* P< 0.01, \*\*\*P< 0.001, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



\* Kükürt kaynaklarının uygulama dozları 0, 5, 10, 20 ve 40 mg S kg<sup>-1</sup> sırasıyla verilmiştir

Şekil 3.25 Aluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün mısır bitkisinin gelişimi üzerine etkisi (6. hafta)

### 3.4.1.2 Koluviyal Topraklar

Koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinde yetiştirilen mısır bitkisinin kurumadde miktarı üzerine toprağa uygulanan kükürt kaynakları ve uygulama dozları etkili olmuş ve bu etkiler istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 3.38).

Denemede kullanılan koluviyal büyük toprak grubuna ait 7 ve 9'nolu topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kurumadde miktarı uygulanan kükürt dozlarına bağlı olarak sürekli artmış ve bu artışlar istatistiki olarak önemli ( $P < 0.001$ ) bulunmuştur (Çizelge 3.38). Kükürt kaynakları birlikte değerlendirildiğinde, uygulanan kükürt dozlarına bağlı olarak mısır bitkisinin kurumadde miktarı koluviyal-7'nolu toprakta  $5.03 \text{ g saksı}^{-1}$  ( $0 \text{ mg S kg}^{-1}$ )'dan % 24.65 artarak  $6.27 \text{ g saksı}^{-1}$  ( $20 \text{ mg S kg}^{-1}$ )'ye, koluviyal-9'nolu toprakta  $2.59 \text{ g saksı}^{-1}$  ( $0 \text{ mg S kg}^{-1}$ )'dan % 35.14 artarak  $3.50 \text{ g saksı}^{-1}$  ( $40 \text{ mg S kg}^{-1}$ )'ye ulaşmıştır.

Uygulanan kükürt dozlarının mısır bitkisinin kurumadde miktarı üzerinde oluşturduğu olumlu etki en fazla koluviyal-9'nolu toprakta belirlenmiştir. Kükürt dozları birlikte değerlendirildiğinde, mısır bitkisinin gelişimi ve kurumadde miktarı üzerine kükürt kaynakları etkili olmuş ve bu etki istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur (Çizelge 3.38). Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün mısır bitkisinin gelişimi üzerine etkisi Şekil 3.26'da görülmektedir.

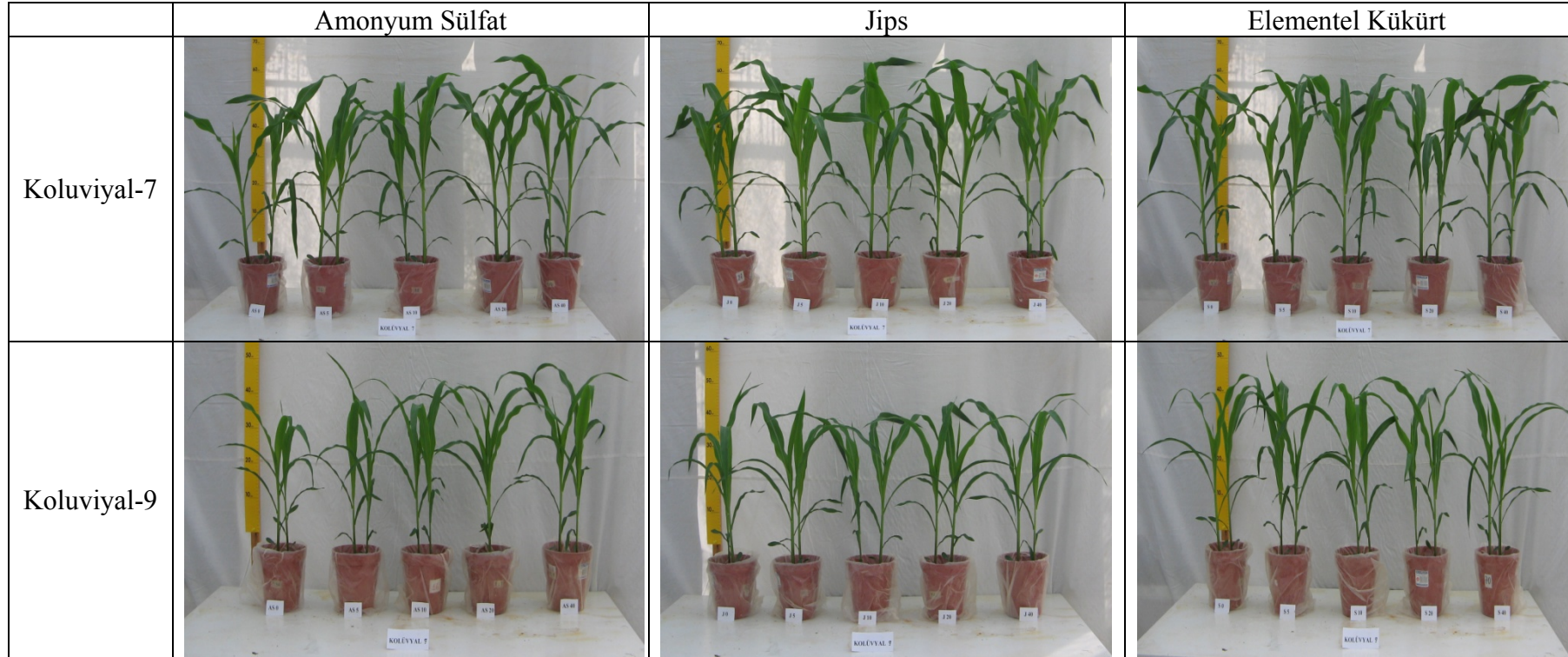
Çizelge 3.38 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kurumadde miktarı ( $\text{g saksı}^{-1}$ ) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, $\text{mg S kg}^{-1}$					Ortalama
	0	5	10	20	40	
Koluviyal-7						
Amonyum Sülfat	4.63	4.93	5.43	5.72	5.14	5.17 B
Jips	5.52	5.74	5.81	6.16	6.43	5.93 A
Elementel kükürt	4.95	6.26	6.80	6.94	6.62	6.32 A
Ortalama	5.03 c	5.64 b	6.01 ab	6.27 a	6.06 ab	
Koluviyal-9						
Amonyum Sülfat	2.33	2.85	2.91	3.17	3.31	2.92 B
Jips	2.75	2.96	3.08	3.17	3.34	3.06 AB
Elementel kükürt	2.68	3.14	3.46	3.60	3.84	3.34 A
Ortalama	2.59 c	2.98 bc	3.15 ab	3.31 ab	3.50 a	
Koluviyal-7			Koluviyal-9			
Kaynak (K)	***			**		
Doz (D)	***			***		
K x D int.	öd			öd		

\*\*  $P < 0.01$ , \*\*\* $P < 0.001$ , öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test,  $P < 0.05$ )

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



\* Kükürt kaynaklarının uygulama dozları 0, 5, 10, 20 ve 40 mg S kg<sup>-1</sup> sırasıyla verilmiştir

Şekil 3.26 Koluviyal topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün mısır bitkisinin gelişimi üzerine etkisi (6. hafta)



Kükürt kaynaklarının mısır bitkisinin gelişimi üzerine olan etkileri incelendiğinde, koluviyal-7 ve 9'nolu toprakta yetiştirilen mısır bitkilerinin kurumadde miktarı üzerine en fazla etkiyi kükürt kaynağı olarak uygulanan elementel kükürt yapmış ve bunu sırasıyla jips ve amonyum sülfat uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 3.38).

Kükürt kaynakları ve uygulanan kükürt dozları birlikte değerlendirildiğinde, koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinde elde edilen ortalama kurumadde miktarı en fazla 5.81 g saksı<sup>-1</sup> ile koluviyal-7'nolu toprakta ve 3.11 g saksı<sup>-1</sup> ile de koluviyal-9'nolu toprakta elde edilmiştir.

### 3.4.1.3 Vertisol Topraklar

Vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinde yetiştirilen mısır bitkisinin kurumadde miktarı üzerine toprağa uygulanan kükürt kaynakları ve uygulama dozları etkili olmuş ve bu etkiler istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 3.39).

Denemede kullanılan vertisol büyük toprak grubuna ait 29 ve 33'nolu topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kurumadde miktarı, uygulanan kükürt dozlarına bağlı olarak sürekli artmış ve bu artışlar istatistiki olarak önemli ( $P < 0.001$ ) bulunmuştur (Çizelge 3.39). Kükürt kaynakları birlikte değerlendirildiğinde, uygulanan kükürt dozlarına bağlı olarak mısır bitkisinin kurumadde miktarı vertisol-29'nolu toprakta 3.81g saksı<sup>-1</sup> (0 mg S kg<sup>-1</sup>)'den % 36.75 artarak 5.21g saksı<sup>-1</sup> (20 mg S kg<sup>-1</sup>)'e, vertisol-33'nolu toprakta 2.17 g saksı<sup>-1</sup> (0 mg S kg<sup>-1</sup>)'den % 44.24 artarak 3.13 g saksı<sup>-1</sup> (40 mg S kg<sup>-1</sup>)'e ulaşmıştır. Uygulanan kükürt dozlarının mısır bitkisinin kurumadde miktarı üzerinde oluşturduğu olumlu etki en fazla vertisol-33'nolu toprakta belirlenmiştir.

Kükürt dozları birlikte değerlendirildiğinde, mısır bitkisinin gelişimi ve kurumadde miktarı üzerine kükürt kaynakları etkili olmuş ve bu etki istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur (Çizelge 3.39).

Kükürt kaynaklarının mısır bitkisinin gelişimi üzerine olan etkileri incelendiğinde, vertisol-29 ve 33'nolu toprakta yetiştirilen mısır bitkilerinin kurumadde miktarı üzerine

en fazla etkiyi kükürt kaynağı olarak uygulanan elementel kükürt yapmış ve bunu sırasıyla jips ve amonyum sülfat uygulamaları takip etmiştir.

Kükürt kaynakları ve uygulanan kükürt dozları birlikte değerlendirildiğinde, vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinde elde edilen ortalama kurumadde miktarı en fazla 4.63 g saksı<sup>-1</sup> ile vertisol-29'nolu toprakta ve 2.75 g saksı<sup>-1</sup> ile de vertisol-33'nolu toprakta elde edilmiştir. Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün mısır bitkisinin gelişimi üzerine etkisi Şekil 3.27'de görülmektedir.

Çizelge 3.39 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kurumadde miktarı (g saksı<sup>-1</sup>) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, mg kg <sup>-1</sup>					Ortalama
	0	5	10	20	40	
Vertisol-29						
Amonyum Sülfat	3.27	3.66	4.22	4.25	3.81	3.84 C
Jips	3.59	4.50	4.81	5.15	4.77	4.57 B
Elementel kükürt	4.57	5.28	5.52	6.24	5.77	5.48 A
Ortalama	3.81 c	4.48 b	4.85 ab	5.21 a	4.78 ab	
Vertisol-33						
Amonyum Sülfat	2.10	2.32	2.46	2.60	2.73	2.44 B
Jips	2.27	2.78	2.80	3.40	3.32	2.91 A
Elementel kükürt	2.15	2.68	3.08	3.22	3.35	2.90 A
Ortalama	2.17 d	2.59 c	2.78 bc	3.07 ab	3.13 a	
Vertisol-29			Vertisol-33			
Kaynak (K)	***			***		
Doz (D)	***			***		
K x D int.	öd			öd		

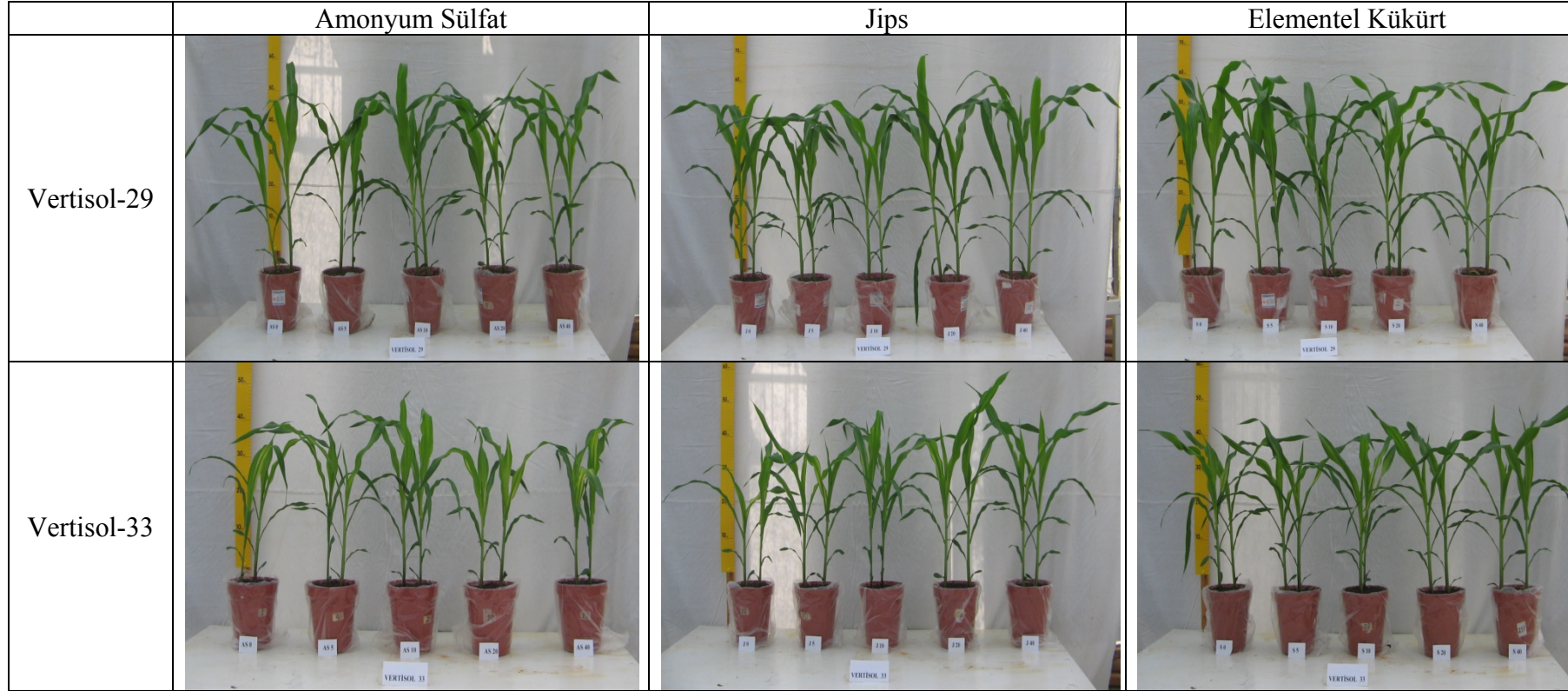
\*\*\*P<0.001, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P<0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun

Kükürt kaynakları ve uygulama dozları birlikte değerlendirildiğinde, mısır bitkisinin oluşturduğu ortalama kurumadde miktarı en fazla koluviyal topraklarda (4.46 g saksı<sup>-1</sup>) belirlenmiş olup bunu vertisol topraklar (3.69 g saksı<sup>-1</sup>) ve aluviyal topraklar (3.31 g saksı<sup>-1</sup>) izlemiştir.





\* Kükürt kaynaklarının uygulama dozları 0, 5, 10, 20 ve 40 mg S kg<sup>-1</sup> sırasıyla verilmiştir

Şekil 3.27 Vertisol topraklarda farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün mısır bitkisinin gelişimi üzerine etkisi (6. hafta)

### 3.4.2 Mısır Bitkisinin Kükürt İçeriği Üzerine Etkisi

Bursa yöresinden alınan ve araştırmada kullanılan toprak örnekleri ile sera koşullarında yürütülen denemede, farklı kaynaklardan artan miktarlarda uygulanan kükürdün mısır bitkisinin kükürt içeriği üzerine olan etkileri denemede kullanılan toprak örneklerinin ait oldukları büyük toprak grupları dikkate alınarak irdelenmiştir.

#### 3.4.2.1 Aluviyal Topraklar

Aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinde yetiştirilen mısır bitkisinin kükürt içerikleri üzerine toprağa uygulanan kükürt kaynakları ve uygulama dozları etkili olmuş ve bu etkiler istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 3.40).

Çizelge 3.40 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kükürt içeriği ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, $\text{mg S kg}^{-1}$					Ortalama
	0	5	10	20	40	
Aluviyal-3						
Amonyum Sülfat	470.32	509.27	515.22	528.47	532.06	511.07 B
Jips	457.12	499.92	510.44	554.59	543.77	513.17 B
Elementel kükürt	460.77	511.68	550.61	595.74	603.10	544.38 A
Ortalama	462.74 c	506.96 b	525.42 b	559.60 a	559.64 a	
Aluviyal-13						
Amonyum Sülfat	367.08	445.12	467.49	519.75	539.82	467.85 C
Jips	432.53	535.74	529.89	590.19	626.70	543.01 B
Elementel kükürt	498.34	553.61	583.59	645.45	676.44	591.49 A
Ortalama	432.65 c	511.49 b	526.99 b	585.13 a	614.32 a	
Aluviyal-28						
Amonyum Sülfat	444.93	444.71	457.54	514.59	536.53	479.66 C
Jips	499.33	519.29	526.08	585.00	598.27	545.59 B
Elementel kükürt	531.18	551.99	594.51	613.70	648.04	587.88 A
Ortalama	491.81 c	505.33 bc	526.04 b	571.10 a	594.28 a	
		Aluviyal-3		Aluviyal-13		Aluviyal-28
Kaynak (K)	***		***		***	
Doz (D)	***		***		***	
K x D int.	öd		öd		öd	

\*\*\* $P < 0.001$ , öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test,  $P < 0.05$ )

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun

Denemede kullanılan aluviyal büyük toprak grubuna ait 3, 13 ve 28 nolu topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kükürt içerikleri uygulanan kükürt dozlarına bağlı olarak sürekli artmış ve bu artışlar önemli ( $P < 0.001$ ) olmuştur (Çizelge 3.40).

Kükürt kaynakları birlikte değerlendirildiğinde, uygulanan kükürt dozlarına bağlı olarak mısır bitkisinin kükürt içerikleri aluviyal-3'nolu toprakta  $462.74 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $0 \text{ mg S kg}^{-1}$ )'den % 20.94 artarak  $559.64 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $40 \text{ mg S kg}^{-1}$ )'e, aluviyal-13'nolu toprakta  $432.65 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $0 \text{ mg S kg}^{-1}$ )'den % 41.99 artarak  $614.32 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $40 \text{ mg S kg}^{-1}$ )'ye ve aluviyal-28'nolu toprakta ise  $491.81 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $0 \text{ mg S kg}^{-1}$ )'den % 20.84 artarak  $594.28 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $40 \text{ mg S kg}^{-1}$ )'e ulaşmıştır. Uygulanan kükürt dozlarının mısır bitkisinin kükürt içeriği üzerinde oluşturduğu olumlu etki en fazla aluviyal-13'nolu toprakta belirlenmiş ve bunu aluviyal-3 ve aluviyal-28'nolu topraklar izlemiştir.

Kükürt dozları birlikte değerlendirildiğinde, mısır bitkisinin gelişimi ve kükürt içeriği üzerine kükürt kaynakları etkili olmuş ve bu etki önemli ( $P < 0.001$ ) bulunmuştur (Çizelge 3.40). Kükürt kaynaklarının mısır bitkisinin gelişimi üzerine olan etkileri incelendiğinde, aluviyal-3, 13 ve 28'nolu topraklarda yetiştirilen mısır bitkilerinin kükürt içerikleri üzerine en fazla etkiyi, kükürt kaynağı olarak uygulanan elementel kükürt yapmış ve bunu sırasıyla jips ve amonyum sülfat uygulamaları takip etmiştir.

Kükürt kaynakları ve uygulanan kükürt dozları birlikte değerlendirildiğinde, aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinde ortalama en fazla kükürt içeriği  $537.71 \text{ mg kg}^{-1}$  ile aluviyal-28'nolu toprakta belirlenmiş ve bunu sırasıyla aluviyal-13 ( $534.12 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve aluviyal-3 ( $522.87 \text{ mg kg}^{-1}$ ) nolu topraklar izlemiştir.

#### **3.4.2.2 Koluviyal Topraklar**

Koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinde yetiştirilen mısır bitkisinin kükürt içerikleri üzerine toprağa uygulanan kükürt kaynakları ve uygulama dozları etkili olmuş ve bu etkiler istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 3.41).

Denemede kullanılan koluviyal büyük toprak grubuna ait 7 ve 9'nolu topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kükürt içerikleri uygulanan kükürt dozlarına bağlı olarak sürekli artmış ve bu artışlar istatistiki olarak önemli ( $P < 0.001$ ) bulunmuştur (Çizelge 3.41).

Kükürt kaynakları birlikte değerlendirildiğinde, uygulanan kükürt dozlarına bağlı olarak mısır bitkisinin kükürt içeriği koluviyal-7'nolu toprakta  $682.35 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $0 \text{ mg S kg}^{-1}$ )'den % 16.73 artarak  $796.53 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $40 \text{ mg S kg}^{-1}$ )'e, koluviyal-9'nolu toprakta ise  $528.14 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $0 \text{ mg S kg}^{-1}$ )'den % 13.05 artarak  $597.04 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $40 \text{ mg S kg}^{-1}$ )'e ulaşmıştır. Uygulanan kükürt dozlarının mısır bitkisinin kükürt içeriği üzerinde oluşturduğu olumlu etki en fazla koluviyal-7'nolu toprakta belirlenmiştir.

Çizelge 3.41 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kükürt içerikleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, $\text{mg kg}^{-1}$				Ortalama
	0	5	10	20	
Koluviyal-7					
Amonyum Sülfat	609.10	672.54	683.41	699.14	674.34 C
Jips	682.83	739.72	732.24	754.97	743.68 B
Elementel kükürt	755.12	773.55	755.32	776.90	786.87 A
Ortalama	682.35 c	728.60 b	723.66 b	743.67 b	796.53 a
Koluviyal-9					
Amonyum Sülfat	480.99	494.44	523.23	591.38	529.28 B
Jips	551.39	535.97	551.72	565.38	565.95 A
Elementel kükürt	552.03	561.88	575.40	588.55	577.47 A
Ortalama	528.14 c	530.76 c	550.12 bc	581.77 ab	597.04 a
Koluviyal-7			Koluviyal-9		
Kaynak (K)	***			***	
Doz (D)	***			***	
K x D int.	öd			öd	

\*\*\*P < 0.001, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, \*P < 0.5)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun

Kükürt dozları birlikte değerlendirildiğinde, mısır bitkisinin gelişimi ve kükürt içeriği üzerine kükürt kaynakları etkili olmuş ve bu etki istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur (Çizelge 3.41). Kükürt kaynaklarının mısır bitkisinin gelişimi üzerine olan etkileri incelendiğinde, koluviyal-7 ve 9'nolu topraklarda yetiştirilen mısır bitkilerinin kükürt içerikleri üzerine en fazla etkiyi kükürt kaynağı olarak uygulanan elementel kükürt yapmış ve bunu sırasıyla jips ve amonyum sülfat uygulamaları takip etmiştir.

Kükürt kaynakları ve uygulanan kükürt dozları birlikte değerlendirildiğinde, koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinde ortalama en fazla kükürt içeriği  $734.96 \text{ mg kg}^{-1}$  ile koluviyal-7'nolu toprakta belirlenmiştir. Koluviyal-9'nolu toprakta ise ortalama kükürt içeriği  $557.57 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak tespit edilmiştir.

### 3.4.2.3 Vertisol Topraklar

Vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinde yetiştirilen mısır bitkisinin kükürt içerikleri üzerine toprağa uygulanan kükürt kaynakları ve uygulama dozları etkili olmuş ve bu etkiler istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 3.42).

Denemede kullanılan vertisol büyük toprak grubuna ait 29 ve 33'nolu topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kükürt içerikleri uygulanan kükürt dozlarına bağlı olarak sürekli artmış ve bu artışlar istatistiki olarak önemli ( $P < 0.001$ ) bulunmuştur (Çizelge 3.42).

Kükürt kaynakları birlikte değerlendirildiğinde, uygulanan kükürt dozlarına bağlı olarak mısır bitkisinin kükürt içerikleri vertisol-29'nolu toprakta  $818.28 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $0 \text{ mg S kg}^{-1}$ )'den % 43.31 artarak  $1172.70 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $40 \text{ mg S kg}^{-1}$ )'e, vertisol-33'nolu toprakta ise  $559.77 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $0 \text{ mg S kg}^{-1}$ )'den % 25.00 artarak  $699.70 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $40 \text{ mg S kg}^{-1}$ )'e ulaşmıştır. Uygulanan kükürt dozlarının mısır bitkisinin kükürt içeriği üzerinde oluşturduğu olumlu etki en fazla vertisol-29'nolu toprakta belirlenmiştir.

Çizelge 3.42 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kükürt içerikleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, $\text{mg S kg}^{-1}$					Ortalama
	0	5	10	20	40	
Vertisol-29						
Amonyum Sülfat	619.07	679.22	727.52	825.52	879.91	746.25 C
Jips	786.64	928.38	999.64	983.46	1221.33	983.89 B
Elementel kükürt	1049.12	1183.08	1205.48	1198.29	1416.85	1210.56 A
Ortalama	818.28 c	930.23 b	977.55 b	1002.42 b	1172.70 a	
Vertisol-33						
Amonyum Sülfat	491.46	544.13	551.23	644.22	657.98	577.80 C
Jips	565.32	691.62	655.85	635.99	673.12	644.38 B
Elementel kükürt	622.53	684.22	724.13	724.14	768.01	704.61 A
Ortalama	559.77 c	639.99 b	643.74 b	668.12 ab	699.70 a	
Vertisol-29			Vertisol-33			
Kaynak (K)	***			***		
Doz (D)	***			***		
K x D int.	öd			öd		

\*\*\* $P < 0.001$ , öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, \* $P < 0.5$ )

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun

Kükürt dozları birlikte değerlendirildiğinde, mısır bitkisinin gelişimi ve kükürt içeriği üzerine kükürt kaynakları etkili olmuş ve bu etki istatistiki bakımdan önemli

bulunmuştur (Çizelge 3.42). Kükürt kaynaklarının mısır bitkisinin gelişimi üzerine olan etkileri incelendiğinde, vertisol-29 ve 33'nolu topraklarda yetiştirilen mısır bitkilerinin kükürt içerikleri üzerine en fazla etkiyi kükürt kaynağı olarak uygulanan elementel kükürt yapmış ve bunu sırasıyla jips ve amonyum sülfat uygulamaları takip etmiştir.

Kükürt kaynakları ve uygulanan kükürt dozları birlikte değerlendirildiğinde, vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinde ortalama en fazla kükürt içeriği  $980.23 \text{ mg kg}^{-1}$  ile vertisol-29'nolu toprakta belirlenmiştir. Vertisol-33'nolu toprakta ise ortalama kükürt içeriği  $642.26 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak tesbit edilmiştir.

### **3.4.3 Mısır Bitkisinin Makro Element İçerikleri Üzerine Etkisi**

Bursa yöresinden alınan ve araştırmada kullanılan toprak örnekleri ile sera koşullarında yürütülen denemede, farklı kaynaklardan artan miktarlarda uygulanan kükürdün mısır bitkisinin azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içerikleri üzerine olan etkileri denemede kullanılan toprak örneklerinin ait oldukları büyük toprak grupları dikkate alınarak irdelenmiştir.

#### **3.4.3.1 Aluviyal Topraklar**

Aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinde yetiştirilen mısır bitkisinin makro element içerikleri incelendiğinde; toprağa uygulanan kükürt kaynakları fosfor, potasyum (aluviyal-3 hariç), kalsiyum (aluviyal-13 hariç) ve magnezyum (aluviyal-3 hariç) içerikleri üzerine etkili olurken, uygulanan kükürt dozları magnezyum (sadece aluviyal-3) ile kalsiyum içerikleri üzerine etkili olmuş ve bu etkiler istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 3.43, 3.44, 3.45, 3.46 ve 3.47).

Denemede aluviyal büyük toprak grubuna ait topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin azot içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları ile kükürt dozları ve bunların interaksiyonları istatistiki olarak etkili olmamıştır (Çizelge 3.43).

Çizelge 3.43 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin azot içerikleri (%) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, mg S kg <sup>-1</sup>				
	0	5	10	20	40
Aluviyal-3					
Amonyum Sülfat	3.07	3.31	3.22	3.21	3.14
Jips	3.15	3.22	3.10	3.17	3.11
Elementel kükürt	3.04	3.21	3.18	3.16	2.99
Aluviyal-13					
Amonyum Sülfat	2.60	2.71	2.73	2.72	2.71
Jips	2.65	2.74	2.57	2.68	2.69
Elementel kükürt	2.65	2.63	2.60	2.72	2.50
Aluviyal-28					
Amonyum Sülfat	3.16	2.99	3.24	3.25	3.17
Jips	3.11	3.24	3.15	3.20	3.19
Elementel kükürt	3.17	3.13	3.19	3.22	3.23
	Aluviyal-3		Aluviyal-13		Aluviyal-28
Kaynak (K)	öd		öd		öd
Doz (D)	öd		öd		öd
K x D int.	öd		öd		öd

öd: önemli değil

Aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin fosfor içeriği üzerine uygulanan kükürt dozları önemli olmazken, kükürt kaynakları etkili olmuş ve en fazla etki aluviyal-3' nolu toprakta amonyum sülfat, aluviyal-13 ve 28' nolu topraklarda ise jips uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 3.44). Tüm topraklar birlikte değerlendirildiğinde mısır bitkisinin fosfor içeriği üzerine etkileri bakımından kükürt kaynakları J > ES > AS şeklinde sıralanmıştır.

Çizelge 3.44 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin fosfor içerikleri (mg kg<sup>-1</sup>) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, mg S kg <sup>-1</sup>					Ortalama
	0	5	10	20	40	
Aluviyal-3						
Amonyum Sülfat	788.11	915.81	805.06	875.33	792.43	835.35 A
Jips	805.15	786.98	789.64	788.04	758.91	785.74 B
Elementel kükürt	777.69	864.31	800.76	815.57	776.96	807.06 AB
Aluviyal-13						
Amonyum Sülfat	413.11	412.03	403.24	435.30	430.74	418.88 AB
Jips	454.52	447.22	420.79	446.34	463.46	446.47 A
Elementel kükürt	448.34	418.19	419.49	389.36	364.39	407.95 B
Aluviyal-28						
Amonyum Sülfat	980.39	943.67	944.68	1003.2	991.20	972.63 B
Jips	984.41	1022.71	1010.39	1060.11	1044.21	1024.37 A
Elementel kükürt	982.34	1046.99	1000.06	1028.01	1012.17	1013.91 AB
	Aluviyal-3		Aluviyal-13		Aluviyal-28	
Kaynak (K)	*		***		**	
Doz (D)	öd		öd		öd	
K x D int.	öd		öd		öd	

\*P < 0.5, \*\*P < 0.01, P < 0.001, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Büyük harfler sütun

Denemede aluviyal büyük toprak grubuna ait topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin potasyum içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları ile kükürt dozları ve bunların interaksiyonları istatistiki olarak etkili olmamıştır (Çizelge 3.45).

Çizelge 3.45 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin potasyum içerikleri (%) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, mg S kg <sup>-1</sup>				
	0	5	10	20	40
Aluviyal-3					
Amonyum Sülfat	1.41	1.32	1.39	1.40	1.32
Jips	1.35	1.41	1.38	1.36	1.36
Elementel kükürt	1.33	1.30	1.35	1.31	1.40
Aluviyal-13					
Amonyum Sülfat	1.31	1.30	1.31	1.30	1.29
Jips	1.29	1.28	1.32	1.30	1.33
Elementel kükürt	1.32	1.29	1.28	1.28	1.25
Aluviyal-28					
Amonyum Sülfat	1.40	1.40	1.41	1.50	1.50
Jips	1.47	1.49	1.45	1.50	1.49
Elementel kükürt	1.47	1.63	1.50	1.39	1.47
	Aluviyal-3		Aluviyal-13		Aluviyal-28
Kaynak (K)	öd		öd		öd
Doz (D)	öd		öd		öd
K x D int.	öd		öd		öd

öd: önemli değil

Aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kalsiyum içeriği üzerine uygulanan kükürt dozları aluviyal-3'ünlü toprakta etkili olmuştur. Kükürt kaynakları ve kükürt kaynakları - uygulama dozları interaksiyonu bitkilerin kalsiyum içerikleri üzerine istatistiki açıdan her hangi bir etkisi olmamıştır (Çizelge 3.46).

Aluviyal-3'ünlü toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin kalsiyum içeriği üzerine uygulanan kükürt dozları etkili olmuştur. Tüm uygulama dozlarında bitkinin kalsiyum içeriği tanıktan fazla olmuş ve en yüksek kalsiyum içeriği 20 mg S kg<sup>-1</sup> uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 3.46).



Çizelge 3.46 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kalsiyum içerikleri (%) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, mg S kg <sup>-1</sup>				
	0	5	10	20	40
Aluviyal-3					
Amonyum Sülfat	0.38	0.43	0.37	0.43	0.38
Jips	0.36	0.38	0.38	0.40	0.38
Elementel kükürt	0.35	0.38	0.38	0.38	0.37
Ortalama	0.36b	0.40a	0.38ab	0.41a	0.38ab
Aluviyal-13					
Amonyum Sülfat	0.81	0.81	0.79	0.91	0.85
Jips	0.82	0.84	0.82	0.90	0.83
Elementel kükürt	0.86	0.83	0.80	0.82	0.80
Aluviyal-28					
Amonyum Sülfat	0.60	0.57	0.42	0.63	0.65
Jips	0.58	0.62	0.61	0.66	0.64
Elementel kükürt	0.66	0.68	0.64	0.67	0.67
	Aluviyal-3		Aluviyal-13		Aluviyal-28
Kaynak (K)	öd		öd		öd
Doz (D)	*		öd		öd
K x D int.	öd		öd		öd

\*P < 0.5, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır

Aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin magnezyum içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları aluviyal-3'nolu toprak hariç etkili olmuş ve en fazla etki aluviyal-13'nolu toprakta jips, aluviyal-28'nolu toprakta ise elementel kükürt uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 3.47). Aluviyal-13 ve 28'nolu topraklar birlikte değerlendirildiğinde mısır bitkisinin magnezyum içeriği üzerine etkileri bakımından kükürt kaynakları ES > J > AS şeklinde sıralanmıştır.

Aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin magnezyum içeriği üzerine uygulanan kükürt dozları sadece aluviyal-3'nolu toprakta etkili olmuş ve mısır bitkisinin magnezyum içeriği genelde 20 mg S kg<sup>-1</sup> uygulamasına kadar artmış ve bu uygulamadan sonra azalmış, ancak bu azalış kontrol uygulamasının üstünde olmuştur (Çizelge 3.47).

Çizelge 3.47 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin magnezyum içerikleri (%) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, mg S kg <sup>-1</sup>					Ortalama	
	0	5	10	20	40		
Aluviyal-3							
Amonyum Sülfat	0.39	0.46	0.41	0.47	0.40	0.43	
Jips	0.40	0.40	0.39	0.43	0.40	0.41	
Elementel kükürt	0.39	0.41	0.41	0.41	0.40	0.41	
Ortalama	0.39c	0.43ab	0.40bc	0.44a	0.40bc		
Aluviyal-13							
Amonyum Sülfat	0.14	0.13	0.13	0.15	0.14	0.14B	
Jips	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15A	
Elementel kükürt	0.15	0.13	0.13	0.14	0.13	0.14B	
Aluviyal-28							
Amonyum Sülfat	0.23	0.24	0.22	0.26	0.25	0.24B	
Jips	0.25	0.25	0.25	0.27	0.27	0.26AB	
Elementel kükürt	0.29	0.29	0.27	0.28	0.26	0.28A	
		Aluviyal-3		Aluviyal-13		Aluviyal-28	
Kaynak (K)	öd		**		**		
Doz (D)	**		öd		öd		
K x D int.	öd		öd		öd		

\*\* P < 0.01, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun

### 3.4.3.2 Koluviyal Topraklar

Koluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinde yetiştirilen mısır bitkisinin makro element içerikleri incelendiğinde; toprağa uygulanan kükürt kaynakları azot, fosfor, potasyum ve magnezyum (koluviyal-7), kalsiyum (koluviyal-9) içerikleri üzerine etkili olurken, uygulanan kükürt dozları azot, fosfor (koluviyal-7), içerikleri üzerine etkili olmuş ve bu etkiler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 3.48, 3.49, 3.50, 3.51 ve 3.52).

Koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin azot içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları koluviyal-7'nolu toprakta etkili olmuş ve en fazla etki amonyum sülfat, uygulamasından elde edilmiş bunu jips ve elementel kükürt uygulamaları izlemiştir (Çizelge 3.48).

Koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin azot içeriği üzerine uygulanan kükürt dozları istatistiksel olarak etkili olmuş ve mısır bitkisinin azot içeriği 5 mg S kg<sup>-1</sup> uygulamasından sonra düşmüştür (Çizelge 3.46).

Çizelge 3.48 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin azot içerikleri (%) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, mg S kg <sup>-1</sup>					Ortalama
	0	5	10	20	40	
Koluviyal-7						
Amonyum Sülfat	3.53	3.72	3.52	3.39	3.52	3.54 A
Jips	3.50	3.38	3.42	3.32	3.59	3.44 A
Elementel kükürt	3.44	3.40	3.17	3.21	3.18	3.28 B
Ortalama	3.49 a	3.50 a	3.37 ab	3.31 b	3.43 ab	
Koluviyal-9						
Amonyum Sülfat	3.37	3.05	3.18	3.12	3.03	3.15
Jips	2.99	3.06	3.11	2.99	3.09	3.05
Elementel kükürt	3.11	3.04	3.13	3.04	3.13	3.09
Koluviyal-7			Koluviyal-9			
Kaynak (K)	***			öd		
Doz (D)	**			öd		
K x D int.	öd			öd		

\*\* P<0.01, \*\*\*P<0.001, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun

Koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin fosfor içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları koluviyal-7'nolu toprakta etkili olmuştur. En fazla etki amonyum sülfat uygulamasından elde edilmiş bunu jips ve elementel kükürt uygulamaları izlemiştir (Çizelge 3.49).

Çizelge 3.49 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin fosfor içerikleri (mg kg<sup>-1</sup>) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, mg S kg <sup>-1</sup>					Ortalama
	0	5	10	20	40	
Koluviyal-7						
Amonyum Sülfat	1028.49	1026.16	1059.97	944.06	994.56	1010.65 A
Jips	940.29	1001.83	986.87	938.89	954.53	964.48 A
Elementel kükürt	959.92	946.13	894.49	822.92	845.55	893.80 B
Ortalama	976.23 ab	991.37 a	980.44 ab	901.96 b	931.55 ab	
Koluviyal-9						
Amonyum Sülfat	571.69	544.80	569.19	601.15	591.47	575.66
Jips	569.51	575.84	579.12	552.91	614.99	578.47
Elementel kükürt	584.30	590.10	567.99	555.03	536.96	566.88
Koluviyal-7			Koluviyal-9			
Kaynak (K)	***			öd		
Doz (D)	**			öd		
K x D int.	öd			öd		

\*\* P<0.01, \*\*\*P<0.001, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun

Koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin fosfor içeriği üzerine uygulanan kükürt dozları istatistiksel olarak etkili olmuş ve mısır bitkisinin fosfor içeriği 10 mg S kg<sup>-1</sup> uygulamasından sonra düşmüştür (Çizelge 3.49).

Koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin potasyum içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları koluviyal-7'nolu toprakta etkili olmuş ve en fazla etki amonyum sülfat, uygulamasından elde edilmiş bunu jips ve elementel kükürt uygulamaları izlemiştir (Çizelge 3.50).

Çizelge 3.50 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin potasyum içerikleri (%) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, mg S kg <sup>-1</sup>					Ortalama
	0	5	10	20	40	
Koluviyal-7						
Amonyum Sülfat	1.44	1.51	1.51	1.48	1.43	1.48A
Jips	1.45	1.47	1.43	1.44	1.46	1.45AB
Elementel kükürt	1.46	1.40	1.41	1.41	1.40	1.42B
Koluviyal-9						
Amonyum Sülfat	1.33	1.36	1.34	1.42	1.37	1.36
Jips	1.36	1.38	1.37	1.37	1.48	1.39
Elementel kükürt	1.35	1.42	1.40	1.41	1.38	1.39
Koluviyal-7			Koluviyal-9			
Kaynak (K)	*			öd		
Doz (D)	öd			öd		
K x D int.	öd			öd		

\*P < 0.5, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Büyük harfler sütun

Koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kalsiyum içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları koluviyal-9'nolu toprakta etkili olmuş ve en fazla etki amonyum sülfat, uygulamasından elde edilmiş bunu jips ve elementel kükürt uygulamaları izlemiştir (Çizelge 3.51).

Çizelge 3.51 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kalsiyum içerikleri (%) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, mg S kg <sup>-1</sup>					Ortalama
	0	5	10	20	40	
Koluviyal-7						
Amonyum Sülfat	0.59	0.65	0.62	0.63	0.65	0.63
Jips	0.67	0.62	0.66	0.63	0.65	0.65
Elementel kükürt	0.65	0.63	0.61	0.63	0.61	0.63
Koluviyal-9						
Amonyum Sülfat	0.58	0.51	0.56	0.57	0.49	0.54A
Jips	0.55	0.49	0.55	0.48	0.56	0.53A
Elementel kükürt	0.49	0.44	0.45	0.45	0.48	0.46B
Koluviyal-7			Koluviyal-9			
Kaynak (K)	öd			**		
Doz (D)	öd			öd		
K x D int.	öd			öd		

\*\*P < 0.01, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Büyük harfler sütun

Koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin magnezyum içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları, uygulama dozları ve kükürt kaynakları - uygulama dozları interaksiyonunun istatistiki açıdan etkisi bulunamamıştır (Çizelge 3.50).

Çizelge 3.52 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin magnezyum içerikleri (%) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, mg S kg <sup>-1</sup>				
	0	5	10	20	40
Koluviyal-7					
Amonyum Sülfat	0.24	0.25	0.26	0.24	0.23
Jips	0.25	0.24	0.24	0.23	0.25
Elementel kükürt	0.24	0.23	0.22	0.22	0.22
Koluviyal-9					
Amonyum Sülfat	0.19	0.18	0.19	0.20	0.19
Jips	0.19	0.19	0.19	0.20	0.20
Elementel kükürt	0.19	0.20	0.19	0.19	0.18
Koluviyal-7			Koluviyal-9		
Kaynak (K)	öd		öd		
Doz (D)	öd		öd		
K x D int.	öd		öd		

öd: önemli değil

### 3.4.3.3 Vertisol Topraklar

Vertisol büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinde yetiştirilen mısır bitkisinin makro element içerikleri incelendiğinde; toprağa uygulanan kükürt kaynakları azot (vertisol-29), fosfor, potasyum (vertisol-29), kalsiyum ve magnezyum içerikleri üzerine etkili olurken, uygulanan kükürt dozları azot ve kalsiyum (vertisol-29), magnezyum içerikleri üzerine etkili olmuş ve bu etkiler istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 3.53, 3.54, 3.55, 3.56 ve 3.57).

Vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin azot içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları vertisol-29' nolu toprakta etkili olmuş ve en fazla etki amonyum sülfat, uygulamasından elde edilmiş bunu jips ve elementel kükürt uygulamaları izlemiştir (Çizelge 3.53).

Vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin azot içeriği üzerine uygulanan kükürt dozları istatistiksel olarak etkili olmuş ve mısır bitkisinin azot içeriği 10 mg S kg<sup>-1</sup> uygulamasından sonra düşmüştür (Çizelge 3.53).

Çizelge 3.53 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin azot içerikleri (%) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, mg S kg <sup>-1</sup>					Ortalama
	0	5	10	20	40	
Vertisol-29						
Amonyum Sülfat	3.46	3.46	3.25	3.28	3.38	3.37 A
Jips	2.99	3.34	3.20	2.79	3.01	3.06 B
Elementel kükürt	2.90	2.97	2.90	2.45	2.61	2.77 C
Ortalama	3.12 ab	3.26 a	3.12 ab	2.84 b	3.00 ab	
Vertisol-33						
Amonyum Sülfat	3.47	3.59	3.61	3.52	3.65	3.57
Jips	3.63	3.47	3.53	3.44	3.50	3.51
Elementel kükürt	3.58	3.65	3.77	3.56	3.50	3.61
Vertisol-29			Vertisol-33			
Kaynak (K)	***			öd		
Doz (D)	**			öd		
K x D int.	öd			öd		

\*\* P<0.01, \*\*\*P<0.001, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun

Vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin fosfor içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları etkili olmuş ve en fazla etki vertisol-29' nolu toprakta amonyum sülfat, vertisol-33' nolu topraklarda ise elementel kükürt uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 3.54). Vertisol-29 ve 33' nolu topraklar birlikte değerlendirildiğinde mısır bitkisinin fosfor içeriği üzerine etkileri bakımından kükürt kaynakları AS > J > ES şeklinde sıralanmıştır.

Çizelge 3.54 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin fosfor içerikleri (mg kg<sup>-1</sup>) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, mg S kg <sup>-1</sup>					Ortalama
	0	5	10	20	40	
Vertisol-29						
Amonyum Sülfat	998.51	1001.80	908.80	852.50	913.23	934.97 A
Jips	829.78	920.94	877.82	750.08	806.26	836.98 AB
Elementel kükürt	753.83	780.80	739.47	659.79	697.23	726.22 B
Vertisol-33						
Amonyum Sülfat	1023.48	1057.63	1064.21	1211.32	1171.51	1105.63B
Jips	1210.77	1262.12	1164.12	1137.67	1190.76	1193.09AB
Elementel kükürt	1275.23	1313.67	1328.86	1209.50	1259.62	1277.38A
Vertisol-29			Vertisol-33			
Kaynak (K)	***			***		
Doz (D)	öd			öd		
K x D int.	öd			öd		

\*\* P<0.01, \*\*\*P<0.001, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Büyük harfler sütun

Vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin potasyum içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları vertisol-29' nolu toprakta etkili olmuş ve en fazla etki elementel

kükürt uygulamasından elde edilmiş bunu amonyum sülfat ve jips uygulamaları izlemiştir (Çizelge 3.55).

Çizelge 3.55 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin potasyum içerikleri (%) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, mg kg <sup>-1</sup>					Ortalama
	0	5	10	20	40	
Vertisol-29						
Amonyum Sülfat	1.46	1.47	1.45	1.51	1.43	1.46AB
Jips	1.50	1.42	1.47	1.42	1.46	1.45B
Elementel kükürt	1.52	1.51	1.51	1.56	1.56	1.53A
Vertisol-33						
Amonyum Sülfat	1.58	1.55	1.52	1.60	1.56	1.56
Jips	1.57	1.60	1.56	1.51	1.50	1.55
Elementel kükürt	1.51	1.61	1.58	1.52	1.53	1.55
Vertisol-29			Vertisol-33			
Kaynak (K)	**			öd		
Doz (D)	öd			öd		
K x D int.	öd			öd		

\*\* P< 0.01, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Büyük harfler sütun

Vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kalsiyum içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları etkili olmuş ve en fazla etki vertisol-29 ve 33'ünlü toprakta amonyum sülfat uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 3.56). Vertisol-29 ve 33'ünlü topraklar birlikte değerlendirildiğinde mısır bitkisinin kalsiyum içeriği üzerine etkileri bakımından kükürt kaynakları AS > J > ES şeklinde sıralanmıştır.

Çizelge 3.56 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kalsiyum içerikleri (%) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, mg S kg <sup>-1</sup>					Ortalama
	0	5	10	20	40	
Vertisol-29						
Amonyum Sülfat	0.85	0.88	0.81	0.80	0.88	0.85A
Jips	0.77	0.87	0.83	0.59	0.73	0.76A
Elementel kükürt	0.63	0.69	0.72	0.61	0.65	0.66B
Ortalama	0.75ab	0.82a	0.79a	0.67b	0.75ab	
Vertisol-33						
Amonyum Sülfat	0.83	0.84	0.88	0.96	0.94	0.89A
Jips	0.95	0.88	0.76	0.66	0.72	0.79AB
Elementel kükürt	0.77	0.76	0.78	0.67	0.72	0.74B
Vertisol-29			Vertisol-33			
Kaynak (K)	***			**		
Doz (D)	**			öd		
K x D int.	öd			öd		

\*\* P< 0.01, \*\*\*P< 0.001, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun

Vertisol-29'nolu topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin kalsiyum içeriği üzerine uygulanan dozlar istatistiksel olarak etkili olmuş ve mısır bitkisinin kalsiyum içeriği 10 mg S kg<sup>-1</sup> uygulamasından sonra düşmüştür (Çizelge 3.56).

Vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin magnezyum içeriği üzerine, uygulanan kükürt kaynakları etkili olmuş ve en fazla etki vertisol-29 ve 33'nolu toprakta amonyum sülfat uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 3.57). Vertisol-29 ve 33'nolu topraklar birlikte değerlendirildiğinde mısır bitkisinin magnezyum içeriği üzerine etkileri bakımından kükürt kaynakları AS > J > ES şeklinde sıralanmıştır.

Vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin magnezyum içeriği üzerine uygulanan kükürt dozları etkili olmuş ve her iki toprakta da en yüksek magnezyum içeriği 5 mg S kg<sup>-1</sup> uygulama dozunda elde edilmiştir (Çizelge 3.57).

Çizelge 3.57 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin magnezyum içerikleri (%) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, mg S kg <sup>-1</sup>				Ortalama	
	0	5	10	20		
Vertisol-29						
Amonyum Sülfat	0.26	0.27	0.24	0.23	0.26	0.25A
Jips	0.22	0.26	0.24	0.18	0.22	0.22AB
Elementel kükürt	0.21	0.22	0.21	0.17	0.19	0.20B
Ortalama	0.23ab	0.25a	0.23ab	0.19b	0.22ab	
Vertisol-33						
Amonyum Sülfat	0.32	0.36	0.35	0.34	0.34	0.34A
Jips	0.36	0.35	0.33	0.30	0.33	0.33AB
Elementel kükürt	0.34	0.34	0.31	0.30	0.30	0.32B
Ortalama	0.34ab	0.35a	0.33abc	0.31d	0.32cd	
Vertisol-29			Vertisol-33			
Kaynak (K)	***			**		
Doz (D)	*			**		
K x D int.	öd			öd		

\*P < 0.5, \*\* P < 0.01, \*\*\*P < 0.001, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



### 3.4.4 Mısır Bitkisinin Mikro Element İçerikleri Üzerine Etkisi

Bursa yöresinden alınan ve araştırmada kullanılan toprak örnekleri ile sera koşullarında yürütülen denemede, farklı kaynaklardan artan miktarlarda uygulanan kükürdün mısır bitkisinin demir, bakır, çinko ve mangan içerikleri üzerine olan etkileri denemede kullanılan toprak örneklerinin ait oldukları büyük toprak grupları dikkate alınarak irdelenmiştir.

#### 3.4.4.1 Aluviyal Topraklar

Aluviyal büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinde yetiştirilen mısır bitkisinin mikro element içerikleri incelendiğinde; toprağa uygulanan kükürt kaynakları demir (aluviyal-28 hariç), bakır (aluviyal-3 hariç), çinko (aluviyal-13 hariç) ve mangan içerikleri üzerine etkili olurken, uygulanan kükürt dozları demir (aluviyal-28 hariç), çinko ile mangan (sadece aluviyal-3) içerikleri üzerine etkili olmuş ve bu etki istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur (Çizelge 3.58, 3.59, 3.60 ve 3.61). Denemede kullanılan kükürt kaynakları-uygulama dozları interaksiyonu ise demir (sadece aluviyal-28) ve çinko (aluviyal-13 hariç) içerikleri üzerine istatistiki bakımdan önemli etkide bulunmuştur (Çizelge 3.58, 3.59, 3.60 ve 3.61).

Aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin demir içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları etkili olmuş ve en fazla etki aluviyal-3'nolu toprakta jips, aluviyal-13'nolu toprakta ise amonyum sülfat uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 3.58). Aluviyal-3 ve 13'nolu topraklar birlikte değerlendirildiğinde mısır bitkisinin demir içeriği üzerine etkileri bakımından kükürt kaynakları  $J > ES > AS$  şeklinde sıralanmıştır.

Aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin demir içeriği üzerine uygulanan kükürt dozları aluviyal-3 ve 13'nolu toprakta etkili olmuş ve mısır bitkisinin demir içeriği genelde  $20 \text{ mg S kg}^{-1}$  uygulamasına kadar artmış ve bu uygulamadan sonra azalmış, ancak bu azalış kontrol uygulamasının üstünde olmuştur (Çizelge 3.58).

Çizelge 3.58 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin demir içerikleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, $\text{mg S kg}^{-1}$					Ortalama
	0	5	10	20	40	
Aluviyal-3						
Amonyum Sülfat	109.21	114.72	129.65	118.89	114.64	117.42 B
Jips	118.91	130.34	127.94	158.34	129.86	133.08 A
Elementel kükürt	117.85	132.97	129.17	139.83	122.40	128.44 A
Ortalama	115.32 b	126.01 ab	128.92 ab	139.02 a	122.30 b	
Aluviyal-13						
Amonyum Sülfat	48.69	48.79	50.28	51.82	53.45	50.61 A
Jips	41.75	44.55	46.66	50.48	57.93	48.27 AB
Elementel kükürt	43.56	44.02	43.70	54.14	41.83	45.45 B
Ortalama	44.67 c	45.79 bc	46.88 bc	52.15 a	51.07 ab	
Aluviyal-28						
Amonyum Sülfat	44.77 aA	52.54 aA	44.67 aA	49.49 aA	52.82 aA	48.86
Jips	48.76 aA	50.87 aA	47.04 aA	50.97 aA	51.95 aA	49.92
Elementel kükürt	53.00 aA	46.43 abA	47.08 abA	52.96 aA	40.64 bB	48.02
	Aluviyal-3		Aluviyal-13		Aluviyal-28	
Kaynak (K)	***		*		öd	
Doz (D)	***		*		öd	
K x D int.	öd		öd		**	

\* $P < 0.5$ , \*\* $P < 0.01$ , \*\*\* $P < 0.001$ , öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test,  $P < 0.05$ )

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun

Aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin demir içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları-uygulama dozları interaksyonu aluviyal-28'nolu toprakta etkili olmuş ve mısır bitkisinin demir içeriği üzerine etki bakımından amonyum sülfat ve jips uygulama dozları arasında önemli bir fark olmazken, elementel kükürt uygulamalarında mısır bitkisinin demir içeriği  $20 \text{ mg S kg}^{-1}$  uygulamasına kadar artmış ve bu uygulama dozundan sonra azalmıştır (Çizelge 3.58).

Denemede aluviyal büyük toprak grubuna ait topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin bakır içeriği üzerine, uygulanan kükürt kaynakları ile kükürt dozları ve bunların interaksyonlarının etkileri istatitiki olarak önemli olmamıştır (Çizelge 3.59).

Çizelge 3.59 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin bakır içerikleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, $\text{mg S kg}^{-1}$				
	0	5	10	20	40
Aluviyal-3					
Amonyum Sülfat	28.00	33.80	33.41	32.00	29.71
Jips	31.37	32.23	31.60	33.62	28.89
Elementel kükürt	27.57	33.02	33.18	32.44	31.58
Aluviyal-13					
Amonyum Sülfat	2.20	2.66	2.63	2.52	2.34
Jips	2.47	2.53	2.48	2.64	2.27
Elementel kükürt	2.17	2.60	2.61	2.55	2.48
Aluviyal-28					
Amonyum Sülfat	1.41	1.70	1.68	1.61	1.49
Jips	1.58	1.62	1.59	1.69	1.45
Elementel kükürt	1.39	1.66	1.67	1.63	1.59
	Aluviyal-3		Aluviyal-13		Aluviyal-28
Kaynak (K)	öd		öd		öd
Doz (D)	öd		öd		öd
K x D int.	öd		öd		öd

öd: önemli değil

Aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin çinko içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları etkili olmuş ve en fazla etki aluviyal-3' nolu toprakta amonyum sülfat uygulamasından elde edilmiştir. Aluviyal-3' nolu toprakta kükürt uygulama dozları da etkili olmuş ve tüm dozlar kontrole göre mısır bitkisinin çinko içeriğini statistiki olarak önemli derecede artırmışlardır (Çizelge 3.60).

Çizelge 3.60 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin çinko içerikleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, $\text{mg S kg}^{-1}$					Ortalama
	0	5	10	20	40	
Aluviyal-3						
Amonyum Sülfat	8.86	10.32	9.71	8.41	9.24	9.31 A
Jips	7.96	8.11	8.36	8.68	8.23	8.27 B
Elementel kükürt	7.93	9.47	9.65	8.97	10.04	9.21 A
Ortalama	8.25 b	9.30 a	9.24 a	8.69 ab	9.17 a	
Aluviyal-13						
Amonyum Sülfat	16.38 aA	13.04 bA	14.54 abA	14.64 abA	15.36 abAB	14.79
Jips	14.78 aA	15.21 aA	15.83 aA	15.02 aA	16.20 aA	15.41
Elementel kükürt	16.90 aA	14.63 abA	13.61 bA	14.34 abA	12.49 bB	14.39
Aluviyal-28						
Amonyum Sülfat	11.14 bA	11.35 bA	11.99 bA	15.84 aA	16.74 aA	13.41
Jips	13.07 aA	14.31 aA	12.56 aA	14.63 aAB	13.24 aA	13.56
Elementel kükürt	12.79 aA	13.34 aA	10.57 aA	11.18 aB	12.48 aA	12.07
	Aluviyal-3		Aluviyal-13		Aluviyal-28	
Kaynak (K)	***		öd		öd	
Doz (D)	*		*		*	
K x D int.	öd		**		*	

\*P < 0.5, \*\* P < 0.01, \*\*\*P < 0.001, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun

Aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin çinko içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları-uygulama dozları interaksyonu aluviyal-13 ve 28'nolu topraklarda istatistiki olarak etkili olmuştur. Aluviyal-13'nolu toprakta artan dozlarda uygulanan amonyum sülfat ve elementel kükürt mısır bitkisinin çinko içeriği üzerine azaltıcı yönde etkide bulunmuşlardır. Uygulanan jips dozlarının mısır bitkisinin çinko içeriği üzerine olan etkileri istatistiksel açıdan birbirlerinden farklı olmamıştır (Çizelge 3.60). Aluviyal-28'nolu toprakta amonyum sülfat uygulamasında bitkilerin çinko içerikleri 20 mg S kg<sup>-1</sup> dozundan sonra artmıştır. Mısır bitkisinin çinko içerikleri üzerine uygulanan jips ve elementel kükürt dozlarının etkileri istatistiksel açıdan birbirlerinden farklı olmamıştır (Çizelge 3.60).

Aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin mangan içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları etkili olmuş ve en fazla etki aluviyal-3'nolu toprakta elementel kükürt, aluviyal-13'nolu toprakta jips ve aluviyal-28'nolu toprakta ise yine elementel kükürt uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 3.61). Aluviyal topraklar birlikte değerlendirildiğinde mısır bitkisinin mangan içeriği üzerine etkileri bakımından kükürt kaynakları ES > J > AS şeklinde sıralanmıştır.

Çizelge 3.61 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin mangan içerikleri (mg kg<sup>-1</sup>) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, mg S kg <sup>-1</sup>					Ortalama
	0	5	10	20	40	
Aluviyal-3						
Amonyum Sülfat	142.99	159.60	165.10	157.28	147.54	154.50 B
Jips	155.63	159.34	154.54	171.52	157.24	159.65 AB
Elementel kükürt	154.21	167.07	169.53	175.34	153.29	163.89 A
Ortalama	150.94 b	162.00 ab	163.06 ab	168.05 a	152.69 b	
Aluviyal-13						
Amonyum Sülfat	42.26	45.00	42.12	44.45	46.49	44.06 A
Jips	47.56	47.07	45.81	44.52	45.69	46.13 A
Elementel kükürt	42.65	38.99	39.58	39.45	37.03	39.54 B
Aluviyal-28						
Amonyum Sülfat	41.40	45.72	42.51	48.89	46.66	45.04 B
Jips	48.71	45.79	47.14	49.71	52.12	48.69 A
Elementel kükürt	53.72	49.95	51.94	52.53	50.04	51.64 A
		Aluviyal-3		Aluviyal-13		Aluviyal-28
Kaynak (K)	*		***		***	
Doz (D)	**		öd		öd	
K x D int.	öd		öd		öd	

\*P < 0.5, \*\* P < 0.01, \*\*\*P < 0.001, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun

Aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin mangan içeriği üzerine uygulanan kükürt dozları aluviyal-3'nolu toprakta etkili olmuş ve mısır bitkisinin mangan içeriği genelde 20 mg S kg<sup>-1</sup> uygulamasına kadar artmış ve bu uygulamadan sonra azalmış, ancak bu azalış kontrol uygulamasının üstünde olmuştur (Çizelge 3.61).

### 3.4.4.2 Koluviyal Topraklar

Koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin demir içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları-uygulama dozları interaksyonu koluviyal-7'nolu toprakta etkili olmuş ve en fazla etki amonyum sülfat uygulamasında belirlenmiştir. Amonyum sülfatın 40 mg S kg<sup>-1</sup> dozuna kadar mısır bitkisinin demir içeriği sürekli bir artış göstermiştir. Jips uygulamasında ise bitkinin demir içeriği 5 mg S kg<sup>-1</sup> dozundan sonra düşmüştür. Elementel kükürt uygulama dozları arasında mısır bitkisinin demir içeriği üzerine etki bakımından önemli bir fark belirlenememiştir (Çizelge 3.62).

Çizelge 3.62 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin demir içerikleri üzerine (mg kg<sup>-1</sup>) etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, mg S kg <sup>-1</sup>				
	0	5	10	20	40
Koluviyal-7					
Amonyum Sülfat	58.24 bA	63.52 abA	62.86 abA	67.24 abA	75.31 aA
Jips	60.04 aA	60.35 aAB	45.98 bAB	45.30 bAB	51.38 abB
Elementel kükürt	48.61 aA	44.84 aB	41.02 aB	41.04 aB	40.86 aB
Koluviyal-9					
Amonyum Sülfat	60.93	44.00	42.88	54.37	46.53
Jips	50.45	45.54	47.64	46.54	58.82
Elementel kükürt	45.66	46.11	48.55	45.42	49.99
Koluviyal-7			Koluviyal-9		
Kaynak (K)	***		öd		
Doz (D)	öd		öd		
K x D int.	*		öd		

\*P < 0.5, \*\*\*P < 0.001, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun

Koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin bakır içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları-uygulama dozları interaksyonu koluviyal-7'nolu toprakta etkili olmuştur. Amonyum sülfat uygulama dozları mısır bitkisinin bakır içeriklerini kontrole göre istatistiksel olarak önemli derecede artırmıştır. Jips ve elementel kükürt uygulama dozlarının bitkilerin bakır içerikleri üzerine olan etkileri birbirlerinden farklı olmamıştır (Çizelge 3.63).

Çizelge 3.63 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin bakır içerikleri üzerine ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, $\text{mg S kg}^{-1}$				
	0	5	10	20	40
Koluviyal-7					
Amonyum Sülfat	2.65 bA	3.82 aA	3.75 aA	3.95 aA	3.59 aA
Jips	2.75 aA	2.85 aA	2.93 aA	2.88 aA	2.53 aAB
Elementel kükürt	1.26 aA	0.96 aB	0.76 aB	0.66 aB	0.86 aB
Koluviyal-9					
Amonyum Sülfat	0.64	0.41	0.46	0.78	0.86
Jips	0.62	0.73	0.72	0.51	0.82
Elementel kükürt	0.69	0.87	0.74	0.78	0.82
Koluviyal-7			Koluviyal-9		
Kaynak (K)	***			öd	
Doz (D)	öd			öd	
K x D int.	**			öd	

\*\*  $P < 0.01$ , \*\*\* $P < 0.001$ , öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test,  $P < 0.05$ )

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun

Koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin çinko içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları etkili olmuş ve en fazla etki koluviyal-9' nolu toprakta elementel kükürt uygulamasından elde edilmiş, bunu jips ve amonyum sülfat uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 3.64).

Koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin çinko içeriği üzerine uygulanan kükürt dozları koluviyal-9' nolu toprakta etkili olmuş ve mısır bitkisinin çinko içeriği 40  $\text{mg S kg}^{-1}$  uygulamasına kadar artmıştır (Çizelge 3.64).

Çizelge 3.64 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin çinko içerikleri üzerine ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, $\text{mg S kg}^{-1}$					Ortalama
	0	5	10	20	40	
Koluviyal-7						
Amonyum Sülfat	25.35	30.65	26.98	29.67	33.75	29.28
Jips	29.81	31.28	31.06	28.10	32.60	30.57
Elementel kükürt	32.56	31.88	27.70	28.54	29.18	29.97
Koluviyal-9						
Amonyum Sülfat	35.58	32.02	36.93	42.06	44.29	38.18 B
Jips	40.33	36.99	37.94	43.20	47.25	41.14 AB
Elementel kükürt	38.76	39.34	46.19	45.97	45.92	43.24 A
Ortalama	38.22 c	36.12 c	40.35 bc	43.74 ab	45.82 a	
Koluviyal-7			Koluviyal-9			
Kaynak (K)	öd			**		
Doz (D)	öd			***		
K x D int.	öd			öd		

\*\*  $P < 0.01$ , \*\*\* $P < 0.001$ , öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test,  $P < 0.05$ )

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun

Koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin mangan içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları-uygulama dozları interaksiyonu koluviyal-7'nolu toprakta ve kükürt kaynakları ile uygulama dozları ise koluviyal-9'nolu toprakta etkili olmuştur. Koluviyal-7'nolu toprakta amonyum sülfat uygulama dozları mısır bitkisinin mangan içeriklerini kontrole göre istatistiksel olarak önemli derecede artırmıştır. Jips uygulama dozları mısır bitkisinin mangan içeriğini 5 mg S kg<sup>-1</sup> dozundan sonra düşürürken elementel kükürt uygulama dozlarının bitkinin mangan içerikleri üzerine olan etkileri birbirlerinden farklı olmamıştır. (Çizelge 3.65). Koluviyal-9'nolu toprakta uygulanan kükürt kaynakları bitkinin mangan içeriğine etkileri bakımından ES > J > AS sıralamasını izlemişler ve uygulama dozlarından 40 mg S kg<sup>-1</sup> dozu en etkili doz olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.65).

Çizelge 3.65 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün koluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin mangan içerikleri (mg kg<sup>-1</sup>) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, mg S kg <sup>-1</sup>					Ortalama
	0	5	10	20	40	
Koluviyal-7						
Amonyum Sülfat	52.85 bA	65.02 aA	62.17 abA	67.50 aA	64.40 aA	62.39
Jips	61.68 aA	59.16 aAB	45.33 bA	40.14 bAB	45.55 bA	50.37
Elementel kükürt	43.09 aA	40.60 aB	40.61 aA	41.55 aB	42.33 aA	41.64
Koluviyal-9						
Amonyum Sülfat	42.49	37.14	38.44	40.94	43.57	40.52B
Jips	40.11	41.60	39.56	45.43	44.03	42.14AB
Elementel kükürt	42.39	42.59	44.28	45.17	56.28	46.14A
Ortalama	41.66b	40.44b	40.76b	43.85ab	47.96a	
Koluviyal-7			Koluviyal-9			
Kaynak (K)	***			**		
Doz (D)	öd			**		
K x D int.	***			öd		

\*\*P < 0.01,

\*\*\*P < 0.001

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun

### 3.4.4.3 Vertisol Topraklar

Vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin demir içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları etkili olmuş ve en fazla etki vertisol-29 ve 33'nolu topraklarda amonyum sülfat uygulamasından elde edilmiştir. Vertisol topraklar birlikte değerlendirildiğinde mısır bitkisinin demir içeriği üzerine etkileri bakımından kükürt kaynakları AS > J > ES şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 3.66).

Çizelge 3.66 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin demir içerikleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, $\text{mg S kg}^{-1}$					Ortalama
	0	5	10	20	40	
Vertisol-29						
Amonyum Sülfat	116.52	100.22	117.82	104.11	100.14	107.76 A
Jips	101.91	99.25	94.44	81.89	92.34	93.97 B
Elementel kükürt	100.26	89.04	94.43	89.38	91.79	92.98 B
Vertisol-33						
Amonyum Sülfat	147.50	125.31	109.53	117.45	103.67	120.69 A
Jips	119.77	121.82	124.12	98.92	116.92	116.31 A
Elementel kükürt	101.70	109.16	113.96	100.62	102.57	105.60 B
Kaynak (K)			*		*	
Doz (D)			öd		öd	
K x D int.			öd		öd	

\* $P < 0.5$ , öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test,  $P < 0.05$ )

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun

Vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin bakır içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları etkili olmuş ve en fazla etki vertisol-29'olu toprakta elementel kükürt uygulamasından elde edilmiş, bunu amonyum sülfat ve jips uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 3.67).

Vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin bakır içeriği üzerine uygulanan kükürt dozları vertisol-29'olu toprakta etkili olmuş ve mısır bitkisinin bakır içeriği kontrol uygulamasından itibaren giderek azalmıştır (Çizelge 3.67).

Çizelge 3.67 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin bakır içerikleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, $\text{mg S kg}^{-1}$					Ortalama
	0	5	10	20	40	
Vertisol-29						
Amonyum Sülfat	2.71	2.20	1.57	1.73	1.94	2.03 A
Jips	1.57	1.55	1.80	1.13	1.75	1.56 B
Elementel kükürt	2.56	2.29	2.45	1.86	1.49	2.13 A
Ortalama	2.28 a	2.01 ab	1.94 ab	1.57 b	1.73 b	
Vertisol-33						
Amonyum Sülfat	5.48	6.38	6.41	6.69	6.55	6.30
Jips	6.60	7.47	7.61	5.99	6.69	6.87
Elementel kükürt	6.87	7.28	6.85	6.50	6.16	6.73
Kaynak (K)			**		öd	
Doz (D)			*		öd	
K x D int.			öd		öd	

\* $P < 0.5$ , \*\* $P < 0.01$ , öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, \* $P < 0.5$ )

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun



Vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin çinko içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları-uygulama dozları interaksyonu vertisol-33'nolu toprakta etkili olmuştur. Amonyum sülfat uygulama dozları mısır bitkisinin çinko içeriklerini 5 mg S kg<sup>-1</sup> dozundan sonra düşürmüştür. Mısır bitkisinin çinko içerikleri elementel kükürt uygulamasında 10 mg S kg<sup>-1</sup> dozuna kadar artmış bu dozdan sonra azalmış ancak belirtilen azalma kontrolün üzerinde gerçekleşmiştir. Uygulanan jips dozlarının mısır bitkisinin çinko içeriklerinde olan etkileri istatistiki bakımdan birbirlerinden farklı olmamıştır (Çizelge 3.68).

Çizelge 3.68 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin çinko içerikleri (mg kg<sup>-1</sup>) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, mg S kg <sup>-1</sup>				
	0	5	10	20	40
Vertisol-29					
Amonyum Sülfat	19.82	17.64	17.24	17.70	19.36
Jips	16.50	21.76	19.88	17.57	17.83
Elementel kükürt	18.54	19.10	19.49	18.75	19.68
Vertisol-33					
Amonyum Sülfat	24.34 abA	27.91 aA	22.14 bA	20.83 bA	20.37 bA
Jips	21.18 aA	22.84 aA	23.14 aA	22.50 aA	24.83 aA
Elementel kükürt	23.27 bA	26.09 abA	29.89 aA	27.93 abA	27.34 abA
Vertisol-29			Vertisol-33		
Kaynak (K)	öd			***	
Doz (D)	öd			öd	
K x D int.	öd			*	

\*P < 0.5, \*\*\*P < 0.001, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, P < 0.05)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun

Vertisol-29'nolu toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin mangan içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları etkili olmuş ve en fazla etki elementel kükürt uygulamasında belirlenmiş bunu amonyum sülfat ve jips uygulamaları takip etmiştir. Vertisol-29'nolu toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin mangan içeriği üzerine uygulama dozları da istatistiki bakımdan önemli etkide bulunmuşlardır. Bitkinin mangan içeriği üzerine en fazla etkiyi 40 mg S kg<sup>-1</sup> uygulama dozu göstermiştir (Çizelge 3.69).

Çizelge 3.69 Farklı kaynaklarından uygulanan kükürdün vertisol topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin mangan içerikleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) üzerine etkisi

Kükürt Kaynakları	Kükürt Uygulamaları, $\text{mg S kg}^{-1}$					Ortalama
	0	5	10	20	40	
Vertisol-29						
Amonyum Sülfat	56.82	56.35	60.45	65.48	68.29	61.48 B
Jips	60.43	60.63	62.12	61.15	62.71	61.41 B
Elementel kükürt	65.96	64.49	66.91	70.38	70.37	67.62 A
Ortalama	61.07 bc	60.49 c	63.16 abc	65.67 ab	67.12 a	
Vertisol-33						
Amonyum Sülfat	94.41 bB	98.62 bB	106.14 abA	112.65 aA	105.69 abA	103.50
Jips	111.65 aA	112.85 aA	109.40 aA	105.25 aA	103.66 aA	108.56
Elementel kükürt	106.52 aAB	106.41 aA	104.78 aA	100.92 aA	102.38 aA	104.20
			Vertisol-29		Vertisol-33	
Kaynak (K)	***			*		
Doz (D)	***			öd		
K x D int.	öd			**		

\*P < 0.5, \*\* P < 0.01, \*\*\*P < 0.001, öd: önemli değil

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan Multiple Test, \*P < 0.5)

Küçük harfler satır, büyük harfler sütun

Kükürt kaynakları-uygulama dozları interaksyonu ise vertisol-33'ünlü toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin mangan içeriği üzerine istatistiksel olarak önemli derecede etki etmiştir. Amonyum sülfat uygulama dozları bitkinin mangan içeriğini kontrole göre istatistiki bakımdan önemli derecede artırmış ve en yüksek mangan içeriği  $20 \text{ mg S kg}^{-1}$  dozunda belirlenmiştir. Jips ve elementel kükürt uygulama dozlarının mısır bitkisinin mangan içeriği üzerine olan etkileri istatistiki açıdan birbirlerinden farklı olmamıştır (Çizelge 3.69).

## 4. TARTIŞMA

### 4.1. Bursa İlinde Yoğun Olarak Tarım Yapılan Aluviyal, Koluviyal ve Vertisol Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Bursa ilinde ağırlıklı olarak tarım yapılan ve yaygın olarak yayılım gösteren aluviyal, koluviyal ve vertisol büyük toprak gruplarından alınan toplam 50 adet toprak örneğinde, aluviyal ve koluviyal topraklarda tekstür sınıfları ağırlıklı olarak killi tın, vertisol topraklarda ise örneklerin tamamı kil olarak belirlenmiştir. Aluviyal toprakların reaksiyonları (pH) 6.68 - 8.32, koluviyal toprakların 6.48 - 7.90 ve vertisol toprakların 6.83 - 8.05 arasında değiştiği ve toprakların büyük çoğunluğunun hafif alkali tepkimeli olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada kullanılan toprakların elektriksel iletkenlik değerleri aluviyal topraklarda  $126.6 \mu\text{s cm}^{-1}$  ile  $490.5 \mu\text{s cm}^{-1}$ , koluviyal topraklarda  $119.5 \mu\text{s cm}^{-1}$  ile  $327.1 \mu\text{s cm}^{-1}$  ve vertisol topraklarda  $145.8 \mu\text{s cm}^{-1}$  ile  $318.0 \mu\text{s cm}^{-1}$  arasında değişmekte olup toprakların tamamının tuzsuz sınıfta yer aldığı saptanmıştır (Çizelge 2.2, Anonim 1988). Elde edilen bu bulgular Eyüpoğlu (1999), Özgüven (2000) ve Turan (2001) tarafından yapılan araştırma bulguları ile uyum içindedir.

Toprak örneklerinin organik madde içerikleri birbirlerinden ayrımlı bulunmuştur. Aluviyal toprak örneklerinde organik madde miktarı ortalama olarak % 2.30, koluviyal topraklarda % 1.81 ve vertisol topraklarda da % 1.80 olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu bulgulara göre aluviyal toprakların % 53.33'ü, koluviyal toprakların % 70.00'i ve versisol toprakların % 60.00'ini az düzeyde organik madde içermektedir. Bu durum yörede tarım yapılırken ağırlıklı olarak kimyasal gübrelerin kullanıldığını ve organik gübre kullanımına gereken önemin verilmediğini göstermektedir.

Toprak örneklerinin kireç içerikleri % 0.20 ile % 17.76 arasında değişirken toprakların çoğunluğu kireçsiz ve az kireçli sınıfa girmektedir (Çizelge 2.2, Anonim 1988).

Araştırmada kullanılan aluviyal büyük toprak grubuna ait tarım topraklarının toplam azot içerikleri % 3.33'ünde çok az, % 43.33'ünde az, % 46.67'sinde yeter ve % 6.67'sinde fazla, koluviyal topraklarda % 60.00'ında az, % 30.00'unda yeter ve % 10.00'unda çok fazla, vertisol topraklarda ise % 10.00'unda çok az, % 60.00'ında az, % 20.00'sinde yeter ve % 10.00'unda da fazla olarak belirlenmiştir (Çizelge 2.2, Anonim 1990).

Bitkiye yararışlı fosfor içerikleri bakımından aluviyal toprakların % 6.67'si noksan, % 50.00'si fazla ve % 43.33'ü yeterli düzeyde bitkiye yararışlı fosfor içerirken, koluviyal toprakların % 60.00'mın yeter ve % 40.00'mın fazla düzeyde bitkiye yararışlı fosfor içerdikleri belirlenmiştir. Vertisol toprakların ise % 10.00'unun az, % 80.00'inin yeter ve % 10.00'ununda fazla miktarda bitkiye yararışlı fosfor içerdikleri belirlenmiştir (Çizelge 2.2, Anonim 1990). Bu durum Bursa yöresinde bilinçli bir gübreleme programının uygulanmadığını, fosforlu gübre kullanım alışkanlığının hatalı olduğunu göstermektedir. Diğer bir ifadeyle çiftçilerin bir bölümü aşırı miktarda fosforlu gübre kullanırken bir bölümü ise çok az ya da hiç fosforlu gübre kullanmamaktadır.

Araştırmada kullanılan toprak örneklerinin değişebilir katyon içerikleri birbirlerinden farklılık göstermektedir. Aluviyal toprakların % 30.00'unda Na, % 6.67'sinde K ve % 3.33'ünde Mg noksanlığı, % 26.67'sinde K, % 46.67'sinde Ca ve % 73.33'ünde Mg fazlalığı belirlenmiştir. Koluviyal toprakların % 30.00'unda Na noksanlığı belirlenirken toprakların % 40.00'ında K, % 50.00'sinde Ca ve Mg fazlalığı olduğu tespit edilmiştir. Vertisol toprakların % 10.00'unda Na noksanlığı belirlenirken, % 40.00'ında K, % 70.00'inde Mg ve toprakların tamamında Ca'un fazla olduğu tespit edilmiştir.

Araştırma toprakların mikro element içeriklerinin de birbirlerinden ayrımlı olduğu araştırma sonunda belirlenmiştir. Aluviyal toprakların % 20.00'sinde Mn çok az, % 43.33'ünde Zn ve % 56.67'sinde Mn az olarak tespit edilirken aluviyal toprak örneklerinin % 90.00'nında Fe fazla olarak belirlenmiştir. Koluviyal toprakların % 40.00'ında Zn, % 60.00'ında Mn az olarak tespit edilirken % 10.00'unda Zn ve %

60.00'ında Fe fazla olarak belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan vertisol toprakların mikro element içerikleri ise; % 80.00'inde Zn ve % 90.00'nında Mn noksan olarak, % 70.00'inde ise Fe fazla olarak belirlenmiştir.

Bursa yöresinde tarım yapılan aluviyal, koluviyal ve vertisol büyük toprak gruplarından alınan toprak örneklerinde belirlenen çinko ve mangan noksanlık düzeyleri Türkiye tarım topraklarının genel özelliklerini yansıtmaktadır. Bilindiği gibi tarım topraklarımızın yaklaşık % 50'sinde çinko noksan (Eyüpoğlu ve ark. 1998) düzeydedir.

Toprak örneklerinde belirlenen en önemli mikro element noksanlığı Mn ve Zn olarak belirlenmiştir. Bunun temel nedenlerinin başında toprakların genelde hafif alkali reaksiyonda olmaları ve kontrolsüz yapılan gübreleme gelmektedir. Toprakların fosforu aşırı miktarda barındırmaları bitkilerde fosfor fazlalığının yanında başta çinko olmak üzere mikro element yarayışlılığını olumsuz yönde etkilemektedir (Kacar ve Katkat 1998).

Araştırmada kullanılan tarım topraklarından özellikle İznik ve Orhangazi yörelerinden alınan örneklerde Cu içeriklerinin her ne kadar sınır değer olan 0.2 mg Cu kg<sup>-1</sup>'in üzerinde olduğu ve toprakların Cu içeriklerinin yeter düzeyde olduğu belirlenmişse de, özellikle zeytin yetiştiriciliği yapılan alanlarda toprakların sınır değerinin 200 katına kadar daha yüksek Cu içerdikleri tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar Turan (2001) tarafından da bildirilmiştir. Unutulmamalıdır ki bitki besin elementlerinin yetersizliği kadar fazlalığı da bitki gelişimi üzerine olumsuz etki yapmaktadır.

Araştırma kapsamında alınan toprak örneklerinin kükürt içerikleri büyük toprak gruplarına bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Aluviyal ve koluviyal toprakların % 20.00'sinde ve vertisol toprakların % 40.00'ında kükürt noksanlığı belirlenmiştir. Aluviyal toprak örneklerinde ortalama 30.71 mg S kg<sup>-1</sup>, koluviyal 17.14 mg S kg<sup>-1</sup> ve vertisol 10.79 mg S kg<sup>-1</sup> belirlenmiştir. Araştırma topraklarının büyük toprak grupları açısından kükürt içeriklerinin farklı çıkması toprakların organik madde kapsamı ile ilişkilidir. Topraklardaki bitkiye yarayışlı mineral kükürdün temel kaynağı toprak organik maddesi olduğu düşünüldüğünde, araştırmada kullanılan toprakların bir

bölümünde organik maddenin yeter düzeyin altında olması, organik maddeye bağlı kükürdün ve dolayısıyla toprakların bitkiye yarayışlı kükürt içeriklerinin yetersiz olmasına yol açmaktadır.

#### 4.2. İnkübasyon Denemesi

İnkübasyon denemesinde aluviyal, koluviyal ve vertisol büyük toprak gruplarına ait topraklara farklı kaynaklardan uygulanan kükürdün toprakların tepkimelerine azaltıcı yönde etki ettiği belirlenmiştir. İnkübasyon denemesinin sona erdiği 6. hafta göz önüne alındığında toprak tepkimesini azaltıcı etkileri bakımından kükürt kaynakları  $ES > J > AS$  sıralamasını izlemişlerdir (aluviyal-13 hariç).

Kükürt kaynaklarının deneme topraklarının elektriksel iletkenlik değerlerini arttırdıkları belirlenirken bu artışa etkileri bakımından kükürt kaynakları her üç büyük toprak grubunda da  $J > ES > AS$  sıralamasını izlemişlerdir. Cui ve ark. (2003) ve Sameni ve Kasraian (2004) yapmış oldukları çalışmalarda elementel kükürt uygulamasının toprak reaksiyonunu düşürücü ve elektriksel iletkenliği artırıcı yönde etkide bulunduğunu bildirmişlerdir.

Denemede kullanılan kükürt kaynaklarının her üçüde toprak reaksiyonunu belirli oranlarda azalmış ve bunun bir sonucu olarak topraklardaki çözünmüş katyonların konsantrasyonları artmıştır. Bununla beraber elektriksel iletkenliği artırması bakımından jips uygulamasının daha etkili olmasının, kimyasal yapısından kaynaklandığı ve içerdiği  $Ca^{2+}$  iyonunun toprak tuzluluğunu artırıcı yönde etki yaptığı söylenebilir.

Denemede kullanılan farklı kükürt kaynakları uygulandıkları üç büyük toprak grubunun tamamında toprakların bitkiye yarayışlı kükürt içeriklerini artırmışlardır. Aluviyal topraklarda bitkiye yarayışlı kükürt içeriklerini artırıcı etki  $J > ES > AS$  şeklinde belirlenirken koluviyal topraklarda  $J = ES > AS$  şeklinde gerçekleşmiştir. Vertisol topraklarda ise 29' numaralı örnekte elementel kükürt en fazla etkide bulunmuş bunu jips ve amonyum sülfat izlemiştir. Vertisol-33' nolu toprakta ise en fazla etki jipste görülmüş bunu elementel kükürt ve amonyum sülfat takip etmiştir.

Denemede toprakların bitkiye yarayışlı kükürt içeriklerinin artmasında jips uygulamasının elementel kükürde ve amonyum sülfata oranla genelde daha etkili olduğu görülmektedir. Bu durum jipsin elementel kükürte oranla toprak çözeltisinde çok daha hızlı şekilde çözünerek iyonlarına ayrılması ve ortama SO<sub>4</sub> vermesi ile açıklanabilir. Elementel kükürtün oksidasyonu için ise toprak mikroorganizmalarının aktivitelerine gereksinim duyulmaktadır (Tabatabai ve ark. 1986).

İnkübasyon denemesinde kullanılan toprak örneklerinde, uygulanan kükürt kaynakları toprakların bitkiye yarayışlı fosfor içerikleri üzerine etkide bulunmamışlardır. Toprakların bitkiye yarayışlı fosfor içerikleri zamana bağlı olarak azalmıştır. Bu durum inkübasyon süresince topraklarda tuzların çözünmesinin artmasıyla fosforun yarayışsız hale geçmesi ve inkübasyon süresince topraklardaki artan mikroorganizma populasyonu sonucu artan fosfor immobilizasyonu ile açıklanabilir (Kacar ve Katkat 1998, Tabatabai ve ark. 1986).

Toprakların mikro element içerikleri ise uygulanan kükürt kaynaklarına bağlı olarak önemli (mangan hariç) değişimler göstermemişlerdir. Üç büyük toprak grubuna ait toprak örneklerinin Fe, Cu ve Zn içeriklerinde inkübasyon süresince kükürt kaynakları bakımından önemli değişimler belirlenememekle beraber zamana bağlı olarak az miktarda düşüşler tespit edilmiştir. Araştırmadan elde ettiğimiz bu sonuçlar Cui ve ark. (2003) ve Sameni ve Kasraian (2004) ile uyumludur.

Toprakların Mn içeriklerinde ise uygulanan kükürt kaynakları farklı etkiler göstermiştir. Aluviyal, koluviyal ve vertisol toprakların her üçünde de inkübasyon denemesinin 6. haftasında elementel kükürt uygulamasında en yüksek Mn içerikleri saptanmıştır. Diğer kükürt kaynaklarının uygulandığı toprakların Mn içerikleri genelde zamana bağlı olarak azalmıştır. Elementel kükürt ile yapılan benzer bir çalışmada da toprakların Mn içeriklerinin inkübasyon süresi olan 8 hafta sonunda arttığı belirtilmiştir (Sameni ve Kasraian, 2004).

### 4.3. Sera Denemesi

Araştırma kapsamında aluviyal, koluviyal ve vertisol büyük toprak gruplarının kullanıldığı, farklı kükürt kaynaklarının ve dozlarının yer aldığı sera denemesinde mısır bitkisinin kurumadde miktarı üzerine uygulanan kükürt kaynakları ve dozları artırıcı yönde etki yapmışlardır. Her üç büyük toprak grubunda da kükürt kaynakları bitkinin kurumadde miktarına etkileri yönünden  $ES > J > AS$  şeklinde sıralanmıştır. Cui ve ark. (2003) mısır bitkisi ile ve Hussain ve Leitch (2007) buğday bitkisi ile yaptıkları çalışmada elementel kükürt uygulamasının, Eraslan (2006) buğday bitkisi ile yaptığı çalışmada kükürt uygulamasının bitkilerin kurumadde miktarlarını artırdığını bildirmişlerdir.

Bitkilerin kurumadde miktarlarına benzer şekilde, bitkilerin kükürt içerikleri de kükürt kaynaklarına ve uygulama dozlarına bağlı olarak artmış ve her üç büyük toprak grubunda bu artışta  $ES > J > AS$  sıralaması belirlenmiştir.

Bitkilerin kükürt içerikleri ile oluşturdukları kurumadde miktarları arasındaki bu ilişki kükürdün bitkideki metabolik işleviden kaynaklanmaktadır. Kükürt bitki bünyesinde azot ile beraber protein'in yapısında yer almaktadır (Kacar ve ark. 2002). DeBoer and Duke (1982), Mertz ve ark. (1952) ve Eppendorfer (1968) yaptıkları çalışmalarda kükürt noksanlığının arpa ve yonca bitkilerinde kükürt içeren amino asitler olan methionin ve sistein'in toplam çözünebilir yaprak proteinindeki oranlarının azaldığını bildirmişlerdir.

Mısır bitkisinin azot içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynaklarının aluviyal topraklarda herhangi bir önemli etkisi bulunmazken koluviyal-7 ve vertisol-29'nolu topraklarda bitkilerin azot içerikleri üzerine amonyum sülfat gübresinin  $10 \text{ mg S kg}^{-1}$  dozu etkili olmuştur.

Mısır bitkilerinin fosfor içerikleri üzerine uygulanan kükürt kaynaklarının etkileri büyük toprak grupları arasında farklıklar göstermiştir. Aluviyal topraklarda bitkilerin fosfor içerikleri bakımından uygulanan kükürtlü gübreler için  $J > ES > AS$ , koluviyal ve



vertisol topraklarda ise  $AS > J > ES$  sıralaması meydana gelmiştir. Tüm topraklarda genel olarak özellikle jips ve elementel kükürt uygulamalarının istatistiksel olarak önemli olmamakla beraber bitkilerin fosfor içeriklerini artan uygulama dozlarına bağlı olarak azaltıcı yönde etki etikleri söylenebilir. Eraslan (2006) yapmış olduğu çalışmada artan miktarlarda uygulanan kükürdün buğday bitkisinin ve tanesinin fosfor içeriğini artırmadığını bildirmiştir. Bu durum toprakta biyolojik fosfor fiksasyonu ile açıklanabilir (Tabatabai ve ark. 1986).

Bitkilerin potasyum içerikleri üzerine etkileri bakımından kükürt kaynakları aluviyal topraklarda  $J > ES > AS$ , koluviyal topraklarda  $AS > J > ES$  ve vertisol topraklarda  $ES > AS > J$  şeklinde sıralanmışlardır. Bu sonuçlardan kükürt kaynaklarının bitkilerin potasyum içerikleri üzerine belirgin bir etkilerinin olmadığı anlaşılmaktadır. Eraslan (2006) buğday bitkisi ile yaptığı çalışmada benzer sonuçlar elde etmiştir.

Mısır bitkilerinin kalsiyum içerikleri üzerine kükürt kaynaklarının etkileri büyük toprak gruplarında değişiklik göstermiş, aluviyal topraklarda  $ES > AS > J$ , koluviyal topraklarda  $AS > J > ES$  ve vertisol topraklarda ise  $AS > J > ES$  sıralaması belirlenmiştir. Aluviyal topraklarda tüm kükürt kaynakları bitkilerin kalsiyum içeriklerini artırırken en etkili uygulama dozu  $20 \text{ mg S kg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Vertisol ve koluviyal topraklarda genelde elementel kükürt bitkinin kalsiyum içeriğini azaltıcı yönde bir etki yapmıştır. Bu durum toprakların tamponlama kapasitelerinin yüksek olmasıyla açıklanabilir. Benzer şekilde kükürt kaynaklarının aluviyal topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin magnezyum içeriğine etkisi  $ES > J > AS$ , koluviyal topraklarda  $AS > J > ES$  ve vertisol topraklarda ise  $J > AS > ES$  şeklinde sıralanmıştır.

Mısır bitkilerinin demir içerikleri üzerine kükürt kaynaklarının etkileri büyük toprak gruplarında değişiklik göstermiş, aluviyal topraklarda tüm kükürt kaynakları bitkinin demir içeriğini artırmış ve en yüksek demir içeriği  $20 \text{ mg S kg}^{-1}$  dozunda belirlenmiştir. Aluviyal 3, 13 ve 28' nolu topraklarda yetiştirilen mısır bitkilerinde elde edilen en yüksek demir içerikleri sırasıyla  $158.34 \text{ mg Fe kg}^{-1}$  ( $J 20 \text{ mg S kg}^{-1}$ ),  $57.93 \text{ mg Fe kg}^{-1}$  ( $J 40 \text{ mg S kg}^{-1}$ ) ve  $52.96 \text{ mg Fe kg}^{-1}$  ( $ES 20 \text{ mg S kg}^{-1}$ ) olarak belirlenmiştir. Koluviyal

topraklarda kükürt kaynaklarından AS tüm uygulama dozlarında bitkinin demir içeriği artırırken J ve ES ise mısır bitkisinin demir içeriğini azaltmışlardır. Benzer şekilde vertisol topraklarda kükürt kaynakları bitkilerin demir içerikleri üzerine etkileri bakımından  $AS > J > ES$  sıralamasını oluşturmuşlardır.

Aluviyal topraklarda mısır bitkisinin bakır içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları her hangi bir etkide bulunmazken koluviyal-7'nolu toprakta  $AS > J > ES$  ve vertisol-33'nolu toprakta  $ES > AS > J$  sıralaması belirlenmiştir. Koluviyal-7'nolu toprakta AS uygulama dozları bitkilerin bakır içerikleri yükseltirken J ve ES uygulamalarının etkileri önemli olmamıştır.

Mısır bitkisinin çinko içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları büyük toprak gruplarında farklı etkiler göstermiştir. Aluviyal-3 ve koluviyal-9'nolu topraklarda uygulanan kükürt kaynaklarının hepsi bitkilerin çinko içeriklerini artırmıştır. Mısır bitkisinin çinko içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynaklarının aluviyal-3'nolu toprakta  $AS > ES > J$  şeklinde ve koluviyal-9'nolu toprakta  $ES > J > AS$  şeklinde sıralandıkları belirlenmiştir. Aluviyal-13'nolu toprakta bitkilerin çinko içerikleri üzerine jips ve aluviyal-28'nolu toprakta da jips ve elementel kükürt uygulama dozlarının etkileri birbirlerinden farklı olmamıştır. Aluviyal -13'nolu toprakta uygulanan amonyum sülfat ve elementel kükürt uygulamaları bitkilerin çinko içerikleri üzerine azaltıcı yönde etkide bulunurken aluviyal-28'nolu toprakta amonyum sülfatın yüksek uygulama dozlarında mısır bitkisinin çinko içeriği artmıştır. Vertisol-33'nolu toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin çinko içeriği üzerine jips uygulama dozlarının etkileri birbirlerinden farklı olmazken, amonyum sülfat uygulamasında  $5 \text{ mg S kg}^{-1}$  ve elementel kükürt uygulamasında da  $10 \text{ mg S kg}^{-1}$  dozları en etkili dozlar olmuştur.

Mısır bitkisinin mangan içeriği üzerine uygulanan kükürt kaynakları büyük toprak gruplarında farklı etkiler göstermiştir. Kükürt kaynaklarının bitkinin mangan içeriğine etkileri bakımından aluviyal-3 ve 28'nolu topraklarda  $ES > J > AS$  ve aluviyal-13'nolu toprakta ise  $J > AS > ES$  sıralaması belirlenmiştir. Koluviyal-7'nolu toprakta elementel kükürt ve koluviyal-9'nolu toprakta ise jips uygulama dozlarının mısır bitkisinin mangan içeriği üzerine etkileri birbirlerinden farklı olmamıştır. Koluviyal-7'nolu

toprakta bitkide en yüksek mangan içeriği AS 20 mg S kg<sup>-1</sup> dozunda belirlenirken koluvial-9'nolu toprakta yetişen mısır bitkisinde ise ES 40 mg S kg<sup>-1</sup> dozunda belirlenmiştir. Vertisol-33'nolu topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin mangan içeriği üzerine jips ve elementel kükürt uygulama dozlarının etkileri birbirlerinden farklı olmazken bitkideki en yüksek mangan içeriği AS 20 mg S kg<sup>-1</sup> dozunda belirlenmiştir. Vertisol-29'nolu toprakta ise uygulanan kükürt kaynaklarının bitkilerin mangan içerikleri üzerine etkileri ES > AS > J sırası ile olmuştur. Mısır bitkisindeki en yüksek mangan içeriği ES 20 mg S kg<sup>-1</sup> uygulama dozunda belirlenmiştir.

## SONUÇ

Bursa ili tarım topraklarının genel olarak verimlilik durumları incelendiğinde topraklardaki bitki besin elementleri arasındaki dengenin bozulduğu görülmektedir. Araştırma topraklarında belirlenen fosfor açlığı ve fazlalığı toprak analizleri yapılmadan gübreleme yapıldığının açık bir kanıtıdır. Benzer durum bitkiye yararışlı çinko içinde geçerlidir. Fosfordaki fazlalık yanında tarım topraklarında belirlenen çinko noksanlığı da düşünüldüğünde bu durum daha fazla önem kazanmaktadır.

Taban gübresi olarak kullanılan fosforlu gübre uygulamalarından önce mutlaka toprak analizleri yapılmalı ve eğer fosforlu gübreleme gerekli ise gübre kullanılmalı ve topraklarda fosfor fazlalığı bulunan alanlarda çinko “şelat” formunda uygulanmalıdır.

Bursa ilinde özellikle zeytinliklerin bulunduğu topraklardaki aşırı bakır birikimi kendini yapraklarda nekrozlar ve bitkide potasyum noksanlığı belirtileri ile gösterebilir. Özellikle bakırlı tarımsal ilaçların aşırı kullanımından kaçınılmalıdır.

Bursa ili tarım topraklarının tamamına yakın bir kısmının hafif alkali reaksiyon gösterdiği belirlenmiştir. Bilindiği gibi toprak mikroorganizmalarının faaliyetleri ve bitki besin elementlerinin büyük çoğunluğunun yararışlılığı hafif asit toprak reaksiyonunda daha fazladır. Toprak örneklerinin analizi sonucunda belirlenen aluviyal ve koluviyal topraklarda ki % 20 ve vertisol topraklarda ki % 40 kükürt noksanlığı, kükürt noksanlığının yanında toprak organik maddesinin düşük ve toprak reaksiyonunun da bazik değerlere yöneldiğinin de bir göstergesidir. Bu nedenle hem bitkilerde görülebilecek kükürt noksanlığının önlenmesi hem de toprak reaksiyonunu düşürmek amacıyla elementel kükürt uygulamaları yapılmalı ve azotlu gübre olarak da amonyum sülfat tercih edilmelidir.

Kükürdün noksan olduğu alanlarda kükürtlü gübre olarak elementel kükürt ve jips kullanılabilir. Toprak tuzluluğunun sorun olmadığı ve kısa sürede etki görülmesi istendiğinde jips tercih edilebilir. Ancak toprak reaksiyonu üzerine olan düşürücü etkisi,

toprakta oksidasyonun zaman alması ve toprakta mikrobiyolojik faaliyeti artırması elementel kükürdün amonyum sülfat ve jipse göre daha avantajlı bir kükürtlü gübre olduğunu göstermektedir.

Bursa yöresinde yaygın olarak yayılım gösteren aluviyal, koluviyal ve vertisol büyük toprak gruplarından alınan toprak örneklerinde yapılan analizler sonucunda toprakların önemli bir bölümünde kükürt noksanlığının belirlenmiş olması ve yürütülen sera denemesinde de 3 farklı kaynaktan uygulanan kükürtdün mısır bitkisinin gelişimini olumlu yönde etkilemesi ve kurumadde miktarını artırması üzerinde önemle durulması gereken bir bulgu olmuştur.

Kükürt uygulamalarının mısırın yanı sıra diğer bitkilerde de uygulanmasının kükürtlü gübre - verim ilişkilerinin sağlıklı bir şekilde ortaya konulmasının, gübre - verim - fiyat yönünden maliyet ve ekonomik analizlerin yapılması ve bu konudaki çalışmalara hız verilmesinin son derece yararlı olacağı kanaatine varılmıştır.

**KAYNAKLAR**

AKTAŞ, M. 1995. Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 1429, Ankara. 416 s.

ANONİM 1951. Soil Survey Manual U.S. dept. of Agric. Handbook No: 18 U.S. Gout Print Office Washington D.C. 209 p.

ANONİM 1988. Türkiye Gübreler ve Gübreleme Rehberi. T.C.T.O.K.B. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Genel Yayın no: 151, Teknik Yayın no: T-50, Ankara. 182 s.

ANONİM 1990. Micronutrient, Assessment at the Country Level: An International Study. FAO Soil Bulletin by Mikko Sillanpaa, Rome. 65 p.

ANONİM 1995a. Digest of Environment Statistics. Department of Environment No: 17, London. 96 p.

ANONİM 1995b. Bursa Arazi Varlığı. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, İl Raporu No:16, Ankara. 130 s.

ANONİM 2001. Çevre İstatistikleri, 2001 yılı aralık ayı hava kirliliği. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü. Ankara. "Alınmıştır" Eraslan, F. 2002. Bitkilerde Kükürtle Beslenme Sorunları: Türkiye'deki Durum. Seminer, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. 35 s.

AYDEMİR, O. ve F. İNCE. 1988. Bitki Besleme. Dicle Üniversitesi Eğitim Fakültesi Yayınları No:2. Diyarbakır.653 s.

BANSAL, K.N., D.P. MONTIRAMANI, and A.R. PAL. 1983. Studies on Sulphur in Vertisol. Plant and Soil, 70:133-140.

BARDSLEY, C.E. and J.D. LANCASTER. 1965. Methots of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Ed. C. A. Black. Amer. Soc. Agr. Inc. Publicsher Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA. p. 1102-1116.

BIDDULPH, O., S.F. BIDDULPH, R. CORY and H. KOONTZ. 1958. Circulation pattern for P, S and Ca in the bean plant. Plant Physiol, 33: 293-297.

BOURAINIS, D.L., S.N. CHORIANOPOULOU, V.E. PROTONOTARIOS, V.F. SIVIANNIS, L. HOPKINS, and M.J. HAWKESFORD. 2003. Leaf Responses of Young Iron-Inefficient Maize Plants to Sulfur Deprivation. Journal of Plant Nutrition, 26 (6): 1189-1202.

BOUYOUCOS, G. J. 1951. A Recalibration of Hidrometer for Making Mechanical Analysis of Soil. Agronomy Journal, 43: 434-437.

BREMNER, J.M. 1965. Total Nitrogen. Methods of Soil Analysis, Part 2. Ed.C.A. Black. American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA. p. 1149-1178.

BURI, M.M., T. MASUNAGA, and T. WAKATSUKİ. 2000. Sulfur and Zinc Levels as Limiting Factors to Rice Production in West Africa Lowlands. *Geoderma*, 94: 23-42.

CACCO, G., M. SACCOMANİ and G. FERRARİ. 1977. Development of sulfate uptake capacity and ATP-sulfurylase activity during root elongation in maize. *Plant Physiol*, 60: 582-584.

CUI, Y., Y. DONG, H. LI and Q. WANG, 2004. Effect of Elementel Sulphur on Solubility of Soil Heavy Methals and Their Uptake by Maize. *Environment International*, 30 (3): 323-328.

ÇAĞLAR, K.Ö. 1949. Toprak Bilgisi. Ankara Üniversitesi Yayınları, No: 10, Ankara. 230 s.

DEBOER, D.L. and S.H. DUKE. 1982. Effects of sulphur nutrition on nitrogen and carbon metabolism in lucerne (*Medicago sativa* L.). *Physiol. Plant*. 54: 343-350.

DÜZGÜNEŞ, O. 1963. İstatistik Prensipleri ve Metotları. Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir. 378 s.

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

ERASLAN F. 2006. Küresel SO<sub>2</sub> Emisyonundaki ve Kükürt İçeren Gübrelerin Tüketimindeki Azalmaya Bağlı Olarak Buğdayda Olası Kükürt Noksanlığının Belirlenmesi. Ankara Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi, Ankara. 165 s.

ERGLE, D.R. and F.M. EATON. 1951. Sulphur nutrition of cotton. *Plant Pyhsiol*, 26 (4): 639-654.

ERİKSEN, J. and MORTENSEN, J.V. 2002. Effects of Timing of Sulpur Application on Yield, S-Uptake and Quality os Barley. *Plant and Soil*, 242: 283-289.

EYÜBOĞLU, F. 1999. Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumu. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın no: 220, Teknik Yayın no:T-67, Ankara. 122 s.

EYÜBOĞLU, F., N. KURUCU ve S. TALAZ. 1998. Türkiye Topraklarının Bitkiye Yararışlı Bazı Mikro elementler (Fe, Cu, Zn, Mn) Bakımından Genel Durumu. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara. 72 s.

FALLER, N.N. 1968. The sulphur dioxide content of the air as a factor of the sulphur supply of plants. Diss. Landw. Fakultat d. Justus Liebig Universitat, Giessen. "Alınmıştır" AYDEMİR, O. ve F. İNCE. 1988. Bitki Besleme. Dicle Üniversitesi Eğitim Fakültesi Yayınları No:2. Diyarbakır. s. 405-423.

FOLLET, R.H. 1969. Zn, Fe, Mn and Cu in Colorado Soils. Ph.D. Dissertation. State Univ. 133 p.

GREWELLING, T and PEECH, M. 1960. Chemical Soil Tests. Cornell Univ. Agr. Expt. Sta. Bull. 960 p.

GÜNEŞ, A., M. ALPASLAN ve A. İNAL. 2000. Bitki Besleme ve Gübreleme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1514, Ankara. 579 s.

HUSSAİN, Z. and LEITCH, M. H. 2007. The Effect of Sulphur and Growth Regulators on Growth Characteristics and Grain Yield of Spring Sown Wheat. Journal of Plant Nutrition, 30: 67-77.

İNAL, A., A. GÜNEŞ, M. ALPASLAN, M. ADAK, S. TABAN ve F. ERASLAN. 2003. Diagnosis of sulphur deficiency and effects of sulfur on yield and yield components of wheat grown in central Anatolia, Turkey. Journal of Plant Nutrition, 26 (7): 1483-1498.

JACKSON, M.L. 1962. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc. Eng. Cliffs. Inc. 183, New York. p. 84-86.

KACAR, B. 1968. Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden alınan topraklarda bitki tarafından faydalanılabilir haldeki kükürt durumu. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yıllığı, 18: s. 77-78.

KACAR, B. 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. Toprak Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No: 3, Ankara. 705 s.

KACAR, B. ve M.E. AKGÜL 1967. Evaluation of various methods for the estimation of plant available phosphorus in the soil of Shiraz (İRAN). University of Ankara, Yearbook of the Faculty of Agriculture 1966, 6: 3-14.

KACAR, B. ve S.M. AMIN 1985. Trakya Bölgesi Meriç Havzası topraklarının kükürt durumu ve bu topraklarda bitkiye yarayışlı kükürt miktarının belirlenmesinde uygulanacak yöntemler üzerine bir araştırma. Doğa, 1: 62-71.

KACAR, B. ve A.V. KATKAT. 1998. Bitki Besleme. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı, Yayın No: 127, Vipaş Yayınları: 3, Bursa. 595 s.

KACAR, B., A.V. KATKAT ve Ş. ÖZTÜRT. 2002. Bitki Fizyolojisi. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı, Yayın No: 198, Vipaş Yayın No: 74, Bursa. 563 s.



KALRA, Y. P. 1998. Handbook of Reference Methods for Plant Analysis. Soil and Plant Analysis Council, Inc. CRC Press. New York. 300 p.

LINDSAY, W.L. and W.A. NORVELL. 1969. Development of a DTPA Micronutrient Soil Test. Soil Sci. Am. Proc., 35: 600-602.

LINDSAY, W.L. and W.A. NORVELL. 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zn, Fe, Mn and Cd. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 42: 421-428.

LEGGETT, J.E. and E. EPSTEIN 1956. Kinetics of sulphate absorption by barley roots. Plant Physiol, 31: 222-226.

MARSCHNER, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Second Edition. Academic Press. New York. 446 p.

MENGEL, K. and E.A. KIRKBY. 1987. Principles of plant nutrition. International Potash Institute Bern, Switzerland. 685 p.

MERTZ, E.T., V.L. SINGLETON and C.L. CAREY. 1952. The effect of sulfur deficiency on the amino acids of alfalfa. Arch. Biochem. Biophys. 38: 139-145.

OLSEN, S.R., C.U. COLE., F.S. WATANABE and H.C. DEAN. 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soil by Extraction with Sodium Bicarbonate. U.S. Dept. Of Agr. Cir. 939, Washington D.C. "Alınmıştır" Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Ed.C.A.Black. Amer. Soc. Agr. Inc. Publisher Agronomy Series, 9: 1035-1048.

OLSON, R.A. and G.W. REHM, 1986. Sulfur in precipitation and irrigation waters and its effects on soils and plants. In: Tabatabai, M. A. (Ed.). Sulfur in Agriculture. Monograph No.27. Am. Soc. Agron. , Madison, Wis. p. 279-293.

ÖZGÜVEN, Ç.N. 2000. Bursa İli Topraklarının Yarayışlı Çinko Durumu ve Bu Topraklarda Çinko Miktarlarının Belirlenmesinde Kullanılacak Yöntemler. U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi, Bursa. 100 s.

PFAFF, C. 1963. The leaching of calcium, magnesium, chloride and sulphate out of the soil profile (Lysimeter experiment). Z. Acker. U. Pflanzbau, 117: 117-128.

PRASAD, B. 2003. Effect of Direct and Residual Effects of Different Sulfur Fertilizers on Groundnut and Wheat Cropping System on Typic Haplupent Soils. Journal of Plant Nutrition, 26 (5): 997-1008.

PRATT, P.F. 1965. Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Ed.C.A.Black. Amer. Soc. Agr. Inc. Publisher Agronomy Series, 9: 999-1034.

REISENAUER, H.M., L.M. WALSH and R.G. HOEFT, 1973. Testing soil for sulphur, boron, molybdenum and chlorine. In L.M. Walsh and J.D. Beaton ed. of Soil Testing and Plant Analysis, Soil Sci. Soc. Amer. Inc., Madison, Wisconsin. 173 p.

RICHARDS, L.A. 1954. Diagnosis and improvements of saline and alkali soils. Agriculture Handbook. No:60, 160 p.

RILEY, N.G., F.J. ZHAO and S.P. McGRATH. 2000. Availability of Different Forms of Sulphur Fertilisers to Wheat and Oilseed Rape. Plant and Soil, 222: 139-147.

SAMENI, A.M. and A. KASRAIAN. 2004. Effect of Agricultural Sulfur on Characteristics of Different Calcareous Soils from Dry Regions of Iran. I. Disintegration Rate of Agricultural Sulfur and Its Effects on Chemical Properties of The Soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 35 (9):1219-1234.

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

SCOTT, N.M., and G. ANDERSON. 1976. Organic sulphur fractions in Scottish soils. J. Sci. Fd. Agric., 27: 358-366.

SILVIUS, J.E., M. INGLE and C.H. BAER. 1975. Sulphur dioxide inhibition of photosynthesis in isolated spinach chloroplasts. Plant Physiol, 56: 434-437.

TABATABAI, M.A., J.D. BEATON and R.L. FOX. 1986. Sulfur in Agriculture. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin USA. 668 p.

TANDON, H.L.S. 1991. Sulphur research and agricultural production in india. The Sulphur Institute, Washington. 88 p.

THOMAS, S.G., T.J. HOCKING, and P.E. BILSBORROW. 2003. Effect of Sulphur Fertilisation on The Growth and Metabolism of Sugar Beet Grown on Soils of Differing Sulphur Status. Field Crops Research, 83: 223-235.

TISDALE, S.L., W.L. NELSON and J.D. BEATON. 1985. Soil fertility and fertilizers. 4<sup>th</sup> Ed. Macmillan Publishing Company, New York. 745 p.

TURAN, M.A. 2001. İznik Yöresinde Değişik Su Kaynakları İle Sulanan Toprakların Verimlilik Durumlarının İncelenmesi. U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, Bursa 103 s.

ÜLGEN, N., F. EYÜPOĞLU, N. KURUCU ve S. TALAZ. 1989. Türkiye Topraklarının Bitkilere Yararışlı Kükürt Durumu. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Genel Yayın No:162, Teknik Yayın No: 60 Ankara. 100 s.

WANG, S.P., Y.F. WANG, Z.Z. CHEN, E. SCHNUGT and S. HANEKLAUST. 2001. Sulphur Concentration of Soils and Plants and Its Requirement for Ruminants in The Inner Mongolia Stepe of China. Blackwell Science Ltd. Grass and Forage Science, 56: 418-422.

ZHAO, F.J., M.T. HAWKESFORD and S.P. MCGRATH. 1999. Sulphur assimilation and effect on yield and quality of wheat. J. Cereal Sci.,30: 1-17.

## ÖZGEÇMİŞ

1973 yılında Ankara'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimi Ankara'da tamamladı. 1996 yılında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünden iyi derece ile mezun oldu. Aynı yıl A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. Bu süre içerisinde bölümde yürütülen projelere yardımcı araştırmacı olarak katkıda bulundu.

1998 yılında Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümüne Araştırma Görevlisi olarak atandı. 2001 yılında aynı bölümde yüksek lisans eğitimini tamamladı ve aynı yıl doktora çalışmalarına başladı.

Halen Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmalarını sürdürmektedir.

**TEŐEKKÜR**

Çalıőmalarımın her aőamasında yardımlarını gördüğüm, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım danışman hocam sayın Prof. Dr. A. Vahap KATKAT'a, tez çalışmam süresince yardımlarını gördüğüm sayın Prof. Dr. Süleyman TABAN (Ankara Üni. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü) ve sayın Doç. Dr. Ertuğrul AKSOY'a, çalışmalarımlarım boyunca beni yalnız bırakmayan Araő. Gör. Gökhan ÖZSOY, Araő. Gör. Serhat GÜREL, mesai arkadaşlarımlarım ve manevi katkılarımlarını hiç bir zaman esirgemeyen eşim Fatma TURAN'a teşekkürlerimi sunarım.