

58502

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK ANABİLİM DALI

**KÜKÜRT GÜBRELEMESİNİN SU KÜLTÜRÜ ORTAMINDA
DOMATES VE BİBER'İN GELİŞİMİ VE MİNERAL BİLEŞİMİ
ÜZERİNE ETKİSİ**

Nalan Zeynep GÜLTEPE

Erzurum - 1997

ÖZET

Tarımsal üretimi artırmanın yollarından biride gübrelemedir. Bitki beslemede kükürt gerekli besin elementlerinden birisi olmasına rağmen kükürtle gübrelemeye gereken önem verilmemiştir.

Kükürdün, domates ve biber bitkilerinin vejetatif gelişimi, kuru madde miktarı ve mineral madde içeriğine etkilerinin araştırıldığı bu çalışma su kültürü ortamında yürütülmüştür.

Araştırmada, Arnon ve Hoagland'ın domates bitkisi için önermiş olduğu besin çözeltisi, farklı kükürt dozlarına göre modifiye edilerek kullanılmıştır. "Sandoz 182" çeşidi domates ve "Çetinel 150" çeşidi biber bitkileri iki ay süre ile (yaklaşık çiçeklenme dönemine kadar) besin çözeltisinde yetiştirilmiştir.

Araştırma sonuçları uygulanan kükürdün bitki türlerine göre etkilerinin farklı olduğunu göstermiştir. Domates bitkisinin kuru madde miktarı 400 ppm SO_4^{-2} uygulamasında, biber bitkisinin kuru madde miktarı ise 800 ppm SO_4^{-2} uygulamasında maksimum olmuştur. Artan dozlardaki kükürt uygulaması, domates ve biber bitkilerinin kükürt içeriklerini artırmıştır.

Kükürt uygulaması bitkilerin N, protein-N'u, NO_3^{-} -N'u, Ca, Mg, Na, Mn, Cu, Zn içerikleri üzerinde etkisiz kalırken P, K, Fe içerikleri üzerindeki etkisi istatistiki olarak çok önemli bulunmuştur.

SUMMARY

Fertilization is one of the means for improving agricultural production. Although, Sulphur is an essential plant nutrition, there has not been enough interest on S-fertilization.

This study was undertaken to determine the effect of S- application on vegetative growth, dry-matter yield and mineral composition of tomatoes and pepper in water culture.

Nutrition solution offered by Arnon and Hoagland for tomatoes was used by modifying based on S- doses.

A tomatoes cultivar "Sandoz " and a pepper cultivar "Çetinel 150" were growth for 2 month in the nutritional solution.

Results showed that the effects of S application on yield and dry-matter were different among plant types. The maximum dry-matter yield was obtained by 400 ppm SO_4 application in tomatoes and by 800 ppm SO_4 application in pepper. S content of plants increased by increasing of S, application.

There was no significant effect of S- application on N, protein-N, $\text{NO}_3\text{-N}$, Ca, Mg, Mn, Cu and Zn contents of plants, but there was statistically significant effect of S application on P, K, and Fe contents of plants.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın planlanıp yürütülmesinde destek ve katkılarından dolayı Sayın Hocam Prof.Dr. Yıldırım SEZEN'e, çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen Yrd.Doç.Dr.Adil AYDIN'a, Yrd.Doç.Dr.Taşkın ÖZTAŞ'a, Toprak Anabilim Dalı Öğretim üyelerine, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü Yönetim Kurulunca tarafıma tahsis edilen araştırma görevliliği kadrosunun çalışmamda resmi açıdan ve maddi yönden büyük desteğini gördüğüm için ilgili kuruma, her zaman çalışma azmimi desteklerinden aldığım aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Nalan Zeynep GÜLTEPE

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
SUMMARY.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
1. GİRİŞ.....	1
2. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	9
2.1. Materyal.....	9
2.1.1. Deneme Bitkisi.....	9
2.1.2. Kültür Kapları ve Su Kültürü Düzenegi.....	9
2.1.3. Denemede Kullanılan Kükürt Dozları.....	10
2.1.4. Denemede Kullanılan Besin Çözeltileri.....	11
2.1.4.1. Ana Besin Çözeltileri.....	11
2.1.4.2. Modifiye Edilmiş Kükürtsüz Besin Çözeltileri.....	12
2.1.4.3. Denemede Kullanılan Kükürt Dozlarına Göre Besin Çözeltileri.....	13
2.2. Yöntem.....	15
2.2.1. Deneme Planı.....	15
2.2.2. Denemenin Yürütülmesi.....	15
2.2.3. Besin Çözeltilerinde pH Değişimleri.....	15
2.2.4. Kuru Ağırlık (g).....	15
2.2.5. Elektriksel İletkenlik.....	16
2.2.5. Denemede Elde Edilen Bitki Materyalinin Analize Hazırlanması.....	16
2.2.6. Bitki Analizleri.....	16
2.2.6.1. Bitkinin Toplam Azot İçeriği.....	16
2.2.6.2. Bitkilerin Protein Azot İçeriği.....	16
2.2.6.3. Bitkilerin Nitrat N İçeriği.....	16
2.2.6.4. Bitkilerin Toplam Fosfor İçeriği.....	16
2.2.6.5. Bitkilerin Toplam Potasyum ve Sodyum İçeriği.....	16
2.2.6.6. Bitkilerin Toplam Kükürt İçeriği.....	17
2.2.6.7. Bitkilerin Kalsiyum ve Magnezyum İçerikleri.....	17
2.2.6.8. Bitkilerin İz Element İçerikleri.....	17
2.2.7. İstatistiksel Değerlendirmeler.....	17

3. BULGULAR VE TARTIŞMA	18
3.1. Besin Çözeltilerindeki pH Değişimleri.....	18
3.2. Bitkilerin Gelişmesindeki Gözlemler.....	19
3.2.1. Domates Bitkisinin Gelişmesindeki Gözlemler.....	19
3.2.2. Biber Bitkisinin Gelişmesindeki Gözlemler.....	21
3.3. Elde Edilen Bitki Ağırlıkları.....	25
3.3.1. Domates Bitkisi.....	25
3.3.2. Biber Bitkisi.....	26
3.4. Bitki Analizleri.....	29
3.5. Domates ve Biber Bitkilerinin Besin Elementi Alımına Kükürdün Etkisi.....	33
3.5.1. Kükürt Uygulamasının Bitkilerde Kükürt Alımına Etkisi.....	33
3.5.2. Kükürt Uygulamasının Bitkilerde N, P, K Alımına Etkisi.....	36
3.5.3. Kükürdün Bitkilerde Diğer Besin Elementlerinin Alımına Etkisi.....	36
3.5.4. Bitki Mineral Kapsamındaki Besin Elementleri ile Kükürt İlişkileri.....	42
4. SONUÇ	46
KAYNAKLAR	47

1. GİRİŞ

Bitki beslemede makrobesin elementlerinden birisi olan kükürt, bitki büyüme ve metabolizmasında çok önemli işlevlere sahiptir. Kükürt sistin, sistein ve methionin gibi aminoasitlerin dolayısıyla proteinlerin sentezi için gereklidir. Koenzim A ve glutation gibi bazı vitaminlerin bileşeni olup, hardal ve soğan ailesi yağlarında bulunması yanında, soya ve keten bitkilerinin yağ oranını artırmaktadır. Bu element baklagil bitkilerine azot fiksasyonunda nitrogenaz enziminin bir bileşeni olması nedeniyle gereklidir (Beaton, 1965; Coleman, 1965; Martin ve Walker 1965; Aydeniz ve Brohi, 1984; Aydemir, 1992 ve 1993). Ayrıca, fotosentezin Fotosistem 2 safhasında elektron alıcısı olan Ferrodoksin, bir Fe-S proteindir (Kacar, 1996).

Kükürt noksanlığı, bitkilerde protein türünden olmayan organik azot birikimine yol açmaktadır. Kükürt noksanlığında bitkilerde genç yapraklarda normal yeşil renk kaybolur, daha sonra yapraklar sararmaya başlar ve noksanlık artınca kırmızı kahverengi bir renk olur. Yapraklar kıvrılmaya başlar. Bodurlaşma, zayıf gövde ve cılız gelişme ile karakterize edilir. Bu belirtiler birçok bitkide azot noksanlık belirtilerine benzer ve sorunun tanısında karışıklıklar ortaya çıkar. Ancak azottan farklı olarak kükürt noksanlık durumunda yaşlı kısımlardan genç kısımlara taşınmaz. Dolayısıyla noksanlık belirtileri yaşlı yapraklar yanında bitkinin tamamında kendini gösterir (Jordan ve Ensminger, 1958; Stanford ve Jordan, 1966; Hue ve ark., 1991; Pasricha ve Fox, 1993).

Çoğu bitkilerin normal şekilde gelişebilmeleri için yaklaşık fosfor kadar kükürde ihtiyaçları vardır. Fakat gübreleme açısından kükürde gereken önem verilmemiştir. Bunun önemli nedenlerinden biri farkında olmadan çeşitli yollarla örneğin N, P, K'lı ve diğer bazı gübrelere birlikte toprağa sürekli şekilde kükürdün verilmiş olmasıdır. Bunlardan yaygın şekilde kullanılanlar $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4$, K_2SO_4 gibi gübrelerdir. Ayrıca yağışlarla da atmosferden toprağa kükürt geçmektedir. Tarımsal mücadele ilaçları ve sulama suları ile de toprağa program dışı kükürt verilmektedir. Geçmiş yıllarda N ve P kaynağı olarak çoğunlukla $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ve $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4$ gübreleri kullanılmaktaydı. Bunlar, yüksek düzeyde kükürt içermektedirler. Son yıllarda kükürt içermeyen ya da çok az içeren NPK değerleri yüksek $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ve $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ gibi gübrelere kullanımını gübrelere toprağa kükürt ilave etme olanağını önemli ölçüde ortadan kaldırmıştır. Diğer taraftan kükürtlü bileşiklerin insektisit ve fungusit olarak kullanılmalarının azalması, ayrıca tarımsal mücadele ilaçlarının çok az veya hiç kükürt içermemeleri toprağa ilaçlama yoluyla uygulanan kükürt miktarını azaltmaktadır. Kaba

tekstürlü yağışlı bölge topraklarında SO_4^{2-} yıkanması, toprak kükürdünün erozyonla ve bitkiler tarafından alınarak uzaklaştırılması gibi durumlar topraklarda kükürt kaybını artırır (Jordan ve Ensminger, 1958; Coleman, 1965; Tisdale ve Nelson, 1974; Reneau, 1983; Sezen, 1991; Pasricha ve Fox, 1993; Kacar, 1970 ve 1994).

Türkiye topraklarının % 1.66'sında kükürt değeri 5 ppm'in % 9.84'ünde 10 ppm'in, % 23.43 'ünde ise 15 ppm'in altındadır. 10 ppm'in altında kalan yerler kükürtle gübrelemeye ihtiyaç gösteren yerler olarak belirlenirken, 10-15 ppm kükürt değerinin arasında kalan yerlerin, ekilen bitki cinsine bağlı olarak muhtemel kükürt eksikliğinin görülebileceği yerler olarak değerlendirilmiştir. Bu verilere bakıldığı zaman Türkiye topraklarının % 34.1'inde kükürt noksanlığı görülmektedir (Ülgen ve ark., 1989).

Hassan ve Olson (1966), asit, nötr ve kireçli üç tip toprakta 0, 50, 500 ve 5000 ppm düzeyinde kükürt uygulayarak kükürdün, mısır bitkisinin gelişimine etkisini araştırmışlardır. Kükürt dozlarının kuru madde miktarına önemli bir etki yapmamakla birlikte 5000 ppm düzeyindeki kükürdün bitkinin ürün miktarında azalmaya, bitkinin kükürt kapsamı ve kükürt alımında dozlara bağlı olarak artmaya, P, Ca, Mg, Cu ve Zn kapsamında azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir. Mn kapsamının ise kükürt miktarına bağlı olarak asit ve nötr topraklarda toksik dereceye ulaştığını, Fe kapsamının ise kireçli toprakta kükürt dozlarına bağlı olarak arttığını saptamışlardır.

Kacar (1970) değişik kükürt formları ile kükürt miktarlarının iki ve altı haftalık mısır bitkilerinin gelişmesi üzerine etkisini araştırmıştır. Araştırmacı serada yaptığı çalışmada 2.4 mm'lik elekten geçmiş kükürdü 10, 20, 40, 80 ppm ve 0.05 ve 0.10 mm'lik elekten geçmiş kükürdü de 10, 20 ppm olarak uygulamıştır. İki ve altı hafta sonunda hasat edilen mısır bitkilerinin uygulanan kükürt miktarındaki artışa bağlı olarak kuru madde içeriği, % S ve total S miktarlarının arttığını saptamıştır.

Freeman ve Mossadeghi (1972), sülfat beslenmesinin su teresinin gelişmesi üzerine etkisini ve noksanlık belirtilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar sera koşullarında kum kültürü ve besin kültürü denemeleri yapmışlar ve 0-0.05-0.10-0.25-0.75-3.0 meq/lt sülfat içeren besin çözeltileri uygulamışlardır. Kükürt kaynağı olarak K_2SO_4 kullanmışlardır. Besin çözeltileri denemesinde kükürdün bulunmadığı S_0 dozunda bitkilerdeki gelişmenin hemen başlangıçta durduğunu ve dokularda ölmenin başladığını, hayatta kalan yapraklarda yanıklık ve belirgin kloroz görüldüğünü saptamışlardır. Kükürt dozları arttıkça gelişmenin düzeldiğini ve yeşil yaprak gelişmesinin daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Bitkilerin

azot içerikleri sabit kalmasına karşın, kükürt noksanlığı gösteren bitkilerde fosfor, kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonlarının kükürt içermeyenlerden daha yüksek olduğunu, potasyum konsantrasyonunun artan kükürde bağlı olarak arttığını, sodyumun ise azaldığını bildirmişlerdir. N/S oranı sülfatın bulunmadığı ortamda 27.7 iken, sülfatın artışıyla 6'ya kadar düştüğünü saptamışlardır. Kum kültüründe ise benzer sonuçlar aldıklarını belirtmişlerdir.

Haque ve Walmsley (1973), kükürdün çin lahanasının gelişmesi üzerine etkisini araştırmak amacıyla bir sera denemesi yapmışlardır. Kükürdün 0, 32, 64, 128 ppm konsantrasyonlarda uygulandığı bu çalışmada $K_2^{35}SO_4$ veya $Na_2^{25}SO_4$ 'ı kükürt kaynağı olarak kullanmışlardır. Araştırmacılar ayrıca bütün muamelelere N, P, K ve Mg ile diğer iz elementleri uygulamışlardır. Diğer besin elementleri tam uygulanmasına rağmen, kükürt noksanlığı gösteren bitkilerde büyümede yavaşlama, zayıf dallar ve kıvrık yapraklar oluştuğunu, genç yapraklarda sararma ve normal bitkilere göre zayıf bir kök gelişimi gözlendiğini bildirmişlerdir.

Gupta ve Veinot (1974), sera şartlarında bitkilerin kükürt gübrelemesine tepkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, 0, 50, 100 ve 150 ppm düzeyindeki kükürdü jipsten sağlayıp, optimum düzeyde de N, P, K, B, Cu ve Mo gübrelemesi yapmışlardır. Deneme bitkileri olarak kullandıkları sarı şalgam, arpa, buğday, yonca ve karnabaharın kükürtle gübrelemeye tepkilerinin farklı olduğunu, kükürt uygulamasının sarı şalgamda 2-4 kat verimi artırdığını, buğdayda 50 ppm uygulamasının en etkili olduğunu bundan sonraki uygulamaların verimi değiştirmedığını, arpada 100 ppm uygulamasının etkili olduğunu saptamışlardır. Kükürt noksanlığında yoncada ve karnabarda sararma, şalgamda zayıf yapraklar gösterdiğini bildirmişlerdir.

Rendig et al. (1976), değişik SO_4 -S düzeylerinde besin çözeltisinde hibrit tarla mısırı ve şeker mısırı yetiştirip N:S oranı ve farklı N fraksiyonları üzerine kükürdün etkisini araştırmışlardır. 0.1 - 0.2 - 0.4 - 0.8 -1.6 -8.0 ve 80 ppm kükürt içeren besin çözeltilerine kükürt kaynağı olarak Na_2SO_4 kullanmışlardır. Maksimum bitki gelişimi için gerekenden az kükürt sağlandığında, bitkilerde normalden fazla amid-N'u biriktiğini ve kükürt noksanlığının bitkilerin protein sentez kapasitesini sınırladığını bildirmişlerdir. Besin ortamında kükürt konsantrasyonunun artışıyla N/S oranının düştüğünü saptamışlardır.

Aulakh et al. (1976), serada kükürt gübrelemesinin yoncada N: S oranı ve farklı azot ve kükürt fraksiyonlarının dağılımına etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla suda çözünebilir

kükürt miktarı 7.5 ppm olan toprağa 0, 5, 10 ve 20 ppm kükürdü süperfosfattan sağlamışlardır. Ekimden 20 ve 40 gün sonra yaptıkları kesimlerden, birinci kesimde uygulamalara bağlı olarak toplam N:S oranının 20:1, 16:1, 14:1, 11:1 olduğunu, ikinci kesimde ise 21:1, 17:1, 15:1, 12:1 olduğunu saptamışlardır. Araştırmacılar artan oranlarda kükürt uygulamasıyla, bitki dokusunda (yoncada) toplam - N, protein- N'u, toplam-S ve protein-S'ünün arttığını belirlemişlerdir. Protein yapısında olmayan azot fraksiyonlarında ise (toplam çözünebilir-N, amino asit-N, amid-N, nitrat-N) azalma olduğunu kaydetmişlerdir. Sonuç olarak kükürt uygulamasının toplam N:S oranında daralmaya protein N:S oranında ise genişlemeye sebep olduğunu tespit etmişlerdir.

Aulakh ve Pasricha (1977), kükürt ve fosfor noksanlığı olan bir toprakta fasülye bitkisi yetiştirerek yaptıkları bir çalışmada fosfor-kükürt interaksiyonunu incelemişlerdir. Araştırmacılar beş farklı dozda kükürt ve fosforu (0, 5, 10, 20 ve 40 ppm) jips ve normal süper fosfat kullanarak uygulamışlardır. Üniform şekilde N ve K gübrelmesi de yapmışlardır. Sonuç olarak S ve P uygulamalarıyla fasülye bitkisinin vejetatif doku ve dane veriminin arttığını belirtmişlerdir. Kükürt uygulamasıyla danede ve samanda kükürt içeriğinin arttığını, P içeriğinin azaldığını, danede protein içeriğinin arttığını bildirmişlerdir. Fasülye bitkisinde S ve P arasında verim, dane, kalite, toplam P ve toplam S bakımından negatif bir interaksiyon bulmuşlardır.

Aulakh et al. (1977), patatesteki kükürt gübrelmesinin verim ve kaliteye etkisini araştırmak amacıyla bir tarla denemesi kurmuşlardır. Kükürdü üç farklı dozda (0, 25, 50 kgS/ha) jips olarak vermişler, ayrıca temel gübrelleme olarak N, P, K uygulamışlardır. Kükürt gübrelmesiyle patates bitkisinde önemli derecede verim artışının olduğunu, N:S oranının 21:1'den 13:1'e düştüğünü belirtmişlerdir. Kükürt uygulamasıyla patatesin fosfor içeriğinin azaldığını K ve Zn içeriğinin arttığını Fe, Cu, Mn içeriğinin ise değişmediğini saptamışlardır.

Aulakh ve Dev (1978), sera koşullarında yaptıkları bir çalışmada yoncanın gelişimi ve mineral içeriğine kalsiyum ve kükürdün etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar ekstrakte edilebilir kükürt miktarı 6 ppm ve değişebilir Ca + Mg miktarı 4 meq/100 g olan toprağa 0-12.5-25 ve 50 ppm dozlarında CaCO₃ ve 5-10-20 ppm dozlarında da H₂³⁵SO₄ uygulamışlardır. Araştırma sonuçlarına göre kalsiyum uygulamadan kükürt uygulamasının yoncada kuru madde de önemli artış sağladığı, maksimum kuru maddenin 20 ppm S ve 25 ppm Ca uygulamasından elde edildiği, bu artışın kontrole göre % 164 dolayında olduğu

belirlenmiştir. Ayrıca artan kükürt dozlarına bağlı olarak, bitkideki kükürt içeriğinin arttığı tespit edilmiştir.

Pavanasasivam ve Axley (1982), arpayı toprak çözeltisine benzer bir çözeltide yetiştirip, 0-0.006, 0.025, 0.10, 0.40, 1.60 ve 6.40 ppm kükürt uygulamışlardır. Araştırmacılar, kükürt uygulanmayan muamelelerde Zn absorpsiyonunun düştüğünü, uygulamaya bağlı olarak arttığını bildirmişlerdir. Bitkilerde maksimum kuru madde üretiminin 0.40 ppm S düzeyinde olduğunu, kükürt içeriğinin ise kükürt konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak arttığını, kükürt noksanlık belirtilerinin ise beslenme ortamındaki kükürt konsantrasyonundaki azalmaya bağlı olarak daha da belirginleştiğini bildirmişlerdir.

Gaines ve Phatak (1982), su kültüründe yaptıkları bir çalışmada, mısır, soya fasülyesi ve bezelye gibi düşük, domates, pamuk ve banya gibi yüksek kükürt biriktiren bitkilere farklı dozlarda uygulanan kükürdün bitkilerin kuru madde ve N:S oranına etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar yarım güçteki Hoagland besin çözeltisinde çimlendirilen bitkileri üç hafta süreyle 0, 16, 32 ppm S içeren besin çözeltilerinde yetiştirmişler ve kükürt uygulanmayan bitkilerin orta şiddetli kükürt noksanlığı gösterdiğini mısır, soya fasülyesi, bezelye ve domates bitkilerinin 32 ppm kükürt uygulandığında kuru maddede önemli artışlar sağladığını pamuk ve bamyanın kükürt uygulamasından fazla etkilenmediğini fakat bitkilerin azot kükürt oranının kükürt uygulamasındaki artışa bağlı olarak düştüğünü saptamışlardır.

Aydeniz ve Brohi (1984), kireci çok düşük bir toprağa (% 0, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0, 25.0) kireç ve ³⁵S ile belirlenmiş 0, 1, 5, 20, 50, 100, 200, 1000, 5000 ppm S katarak pamuğun gelişmesinde kireç-kükürt ilişkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılara göre kireç uygulaması bitkinin kükürt alımını etkilememekte fakat kükürt uygulaması bitkide verimi ve bitkinin kükürt kapsamını artırmaktadır. Araştırma sonuçlarına göre kükürt uygulaması arttıkça pamuk bitkisinin fosfor ve magnezyum içeriğinin değişmediği, potasyum içeriğinin düzenli olarak arttığı, Ca ve Mn içeriğinin düzenli olarak azaldığı, demir içeriğinin önce arttığı daha sonra azaldığı saptanmıştır.

Tıwarı et al. (1985), kükürt kaynağı olarak % 30 S içeren demir pritleri uygulayarak kükürdün bazı baklagillerde (bezelye, mercimek, nohut) sap ve dane verimine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar tarla şartlarında yürüttükleri çalışmada N, P, K ve Zn'yu optimum düzeyde, kükürdü ise 0, 60, 120 kg/ha olarak uygulamışlardır. Kükürt uygulamasıyla mercimek, nohut ve bezelyede saman ve dane veriminin arttığını, en fazla

artışın 120 kgS/ha prit uygulamasından sağlandığını, kontrole göre bu artışların nohutta % 30.3, bezelyede % 13 ve mercimekte % 35.8 olduğunu tespit etmişlerdir.

Chien et al. (1987), yaptıkları bir sera denemesinde son yıllarda kükürtsüz yüksek analizli N ve P'lu gübrelerin kullanımıyla çeltikte problem olan kükürt noksanlığını araştırmışlardır. Araştırmacılar 0, 10, 20, 30 ve 40 mg S/kg elementel kükürt ve jipsi ayrı ayrı uygulamışlardır. Araştırma sonuçlarına göre jips uygulamasının, elementel kükürde göre daha etkili olduğu, artan oranlarda kükürt uygulamasının çeltikte hem dane hem de saman verimi yanında kükürt alımını da artırdığı ortaya çıkmıştır.

Mikkelsen ve Wan (1990), arpa ve çeltiğin gelişmesi üzerine SO_4 ve Se^{+6} 'un etkisini besin kültürü tekniği ile serada araştırmışlar. Bu amaçla arpa için 0, 0.1, 0.5, 1.0 ppm Se^{+6} ve 3, 33, 167, 333 ve 1000 ppm SO_4^{-2} içeren, çeltik için 0, 0.05, 0.5 ppm Se^{+6} ve 16, 32, 64, 96 ppm SO_4^{-2} içeren besin çözeltileri kullanmışlardır. Araştırmacılar arpada 333 ppm'e kadar SO_4^{-2} -S'ünün sürgün ve kök gelişmesini artırdığını, 1000 ppm SO_4^{-2} -S uygulamasında ise sürgün ve kök gelişmesinde azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir ve bu azalmayı SO_4^{-2} 'in aşırı tuzluluk etkisine bağlamışlardır. Çeltikte ise kök gelişmesinin kükürt uygulaması arttıkça arttığını ileri sürmüşlerdir.

Hue et al. (1991), cevizin besin elementi konsantrasyonu ve vegetatif gelişimi üzerine kükürt noksanlığının etkilerini belirlemek amacıyla yaptıkları araştırmada, sera şartlarında ceviz tohumlarını kükürt içermeyen Hoagland çözeltilisinde çimlendirmişlerdir. Fidelere 0, 0.2, 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0, 4.0 mM dozlarındaki kükürdü $(NH_4)_2SO_4$ 'dan uygulamışlardır. Dozlar arasındaki N konsantrasyonunu NH_4NO_3 'la dengelemişlerdir. Uygulanan kükürt dozlarına bağlı olarak başlangıç dozlarındaki S noksanlık belirtilerinin daha fazla, doz arttıkça bu belirtilerin azaldığını ortaya koymuşlardır.

Hue ve Sparks (1992), yaptıkları başka bir denemede cevizin gelişmesi üzerine azot ve kükürdün etkisini araştırmışlardır. Beş farklı dozda N (0, 3.5, 7.0, 14 ve 28 mM) ve beş farklı dozda S (0, 0.2, 0.8, 3.2 ve 10 mM) besin çözeltilisini perlite uygulamışlardır. Artan S dozlarına bağlı olarak, sıfır ve düşük dozlarda görülen kükürt noksanlıklarının artan dozlarda görülmediği, azotun kükürt noksanlığına pek etkisinin olmadığını, S noksanlığı görülen dozlarda N uygulamasının N:S oranını yükselttiğini belirtmişlerdir. Ceviz bitkisinde azot dozlarına göre düşük dozlarda azot noksanlık belirtilerinin görüldüğünü kaydetmişlerdir.

Randle et al. (1993), kükürt gübrelemesinin soğan yapraklarının kükürt içeriğine etkisini, yüksek (4.0 meq S/lt) ve düşük (0.1 meq S/lt) kükürt içeren çözeltilerde soğan yetiştirerek araştırmışlardır. Gelişme periyodu boyunca 8 kez örnek almış ve bitkilerin kükürt içeriğini belirlemişlerdir. Örneklemenin olduğu aylar boyunca 4 meq S/lt uygulamasında 0.1 meq S/lt uygulamasından bitkiler daha fazla kükürt içerdiğini, uygulama dozu arttıkça bitkilerin kükürt içeriğinin arttığını saptamışlardır. Ayrıca 0.1 meq S/lt uygulamasında gelişme sınırlı olduğundan ilk üç ay boyunca örnekleme yapamadıklarını belirtmişlerdir.

Randle ve Bussard (1993), soğanın koku, tad ve şeker içeriğine kükürt gübrelemesinin etkisini araştırmak amacıyla yüksek (4.0 meq S/lt) ve düşük (0.1 meq S/lt) kükürt uygulamışlardır. Araştırmacılar 14 çeşit üzerinde yaptıkları denemede kükürt uygulamasına bağlı olarak kuru maddedeki kükürt miktarının arttığını, kuru madde miktarında 7 çeşitte kükürt uygulaması arttıkça arttığını saptamışlardır.

Voogt (1993) domates bitkisinin besin maddesi alımını belirlemek amacıyla yaptığı araştırmada beş farklı domates çeşidini rockwoolda yetiştirip besin çözeltisi uygulamıştır. Araştırmacı kükürdün bitki yaprak ayasında en fazla olduğunu, bunu dal ve sürgünlerin takip ettiğini ve kükürt alımının çeşitlere göre değiştiğini saptamıştır.

Aydeniz ve Brohi (1995), Güneydoğu Anadolu ve Çukurova topraklarında mısır ve pamuğun kükürt kullanımı ve kuru madde verimine radyoaktif kükürt kullanarak kükürt gübrelemesinin etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar 0, 1, 5, 20, 50, 100, 200, 500 ve 1000 ppm kükürdü K_2SO_4 'le uygulamışlardır. 1, 5, 20, 50 ve 1000 ppm kükürdü radyoaktif kükürtle etiketlemişlerdir. Bu çalışma sonunda mısır ve pamuğun kükürt kullanımı ve içeriğinin kükürt uygulamasına bağlı olarak önemli derecede arttığını bildirmişlerdir.

Massoni et al. (1996), yaptıkları sera denemesinde ayçiçeği, mısır, arpa ve buğdayın gelişmeleri üzerine demir, kükürt magnezyum ve mangan noksanlıklarının etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla bitkileri, temel besin çözeltisi yanında ayrı ayrı kükürtsüz, magnezyumsuz, mangansız, demirsiz besin çözeltileri olmak üzere beş farklı besin çözeltisinde yetiştirmişlerdir. Araştırmacılar, mısırın besin elementi noksanlıklarına en hassas bitki olduğunu ve bitkide noksanlık belirtilerinin 4-5 yapraklı durumda başladığını belirtmişlerdir. Demir ve kükürt noksanlık belirtilerinin bitkilerin erken gelişim devresinde, magnezyum ve manganın daha sonraki devrelerde olduğunu ve mangan, kükürt noksanlık belirtilerinin en az arpa, buğday ve ayçiçeğinde, orta şiddette ise mısırdaki görüldüğünü ifade etmişlerdir.

Padem ve Alan (1994a,b), sera şartlarında yetiştirdikleri biberin kimyasal bileşimi ve verimine farklı ortamlar ile yaprak gübrelerinin etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar biber çeşitlerine bağlı olarak değişmekle birlikte biberin azot içeriğinin % 4.20-5.40, fosfor içeriğinin % 0.31-0.45, potasyum içeriğinin % 5.20-5.70, kalsiyum içeriğinin % 0.65-0.78, magnezyum içeriğinin % 1.30-1.73, Fe içeriğinin ise 161-248 ppm arasında değiştiğini saptamışlardır.

Adams (1994), serada domatesin gelişimine çevrenin etkisini araştırmıştır. pH'ya bağlı olarak domatesin Cu içeriğinin 3 ile 12 ppm arasında, Fe içeriğinin ise 59 ile 86 ppm arasında değiştiğini bildirmiştir. Araştırmacı ortamın elektriki iletkenlik değerine bağlı olarak kalsiyum içeriğinin % 1.48-1.67, magnezyum içeriğinin % 0.41-0.47, potasyum içeriğinin ise % 3.05-3.81 arasında değiştiğini bildirmiştir.

Alan ve Padem (1994), serada domatesin gelişimine ve kimyasal bileşimine yaprak gübrelerinin etkisini araştırmışlardır. Domatesin azot içeriğinin çeşitlere bağlı olarak değişmekle birlikte % 4.1-4.57, fosfor içeriğinin % 0.4-0.79, potasyum içeriğinin % 3.94-4.67, kalsiyum içeriğinin % 1.6-2.02, Magnezyum içeriğinin % 0.63-0.85, Fe içeriğinin ise 252-361 ppm arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Bu araştırma, su kültürü ortamında farklı dozlarda uygulanan kükürdün domates ve biber bitkilerinin kuru madde miktarına ve mineral kapsamlarına etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEMLER

2.1. Materyal

2.1.1. Deneme Bitkisi

Erzurum Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi seralarında yürütülen bu çalışmada, deneme bitkisi olarak, "Sandoz 182" çeşidi Domates ve "Çetinel 150" çeşidi biber bitkileri kullanılmıştır. Tohumların çimlendirilmesi tavalara yerleştirilen kum + toprak karışımında gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.1). Fideler 4 yaprak aşamasında iken su kültürüne aktarılmışlardır.



Şekil 2.1. Besin Çözeltilisine Aktarılabilecek Olan Dört Yapraklı Fideler.

2.1.2. Kültür Kapları ve Su Kültürü Düzeneği

Su kültüründe, kültür kabı olarak 2 litre kapasiteli plastik saksılardan 24 adet kullanılmıştır. Denemede kullanılan saksılar besin çözeltisinin güneşin etkisiyle yosunlaşmasını önlemek amacıyla, dışarıdan siyah boya ile boyanmışlardır. Bitki gövdesine destek olmak amacıyla 2 cm kalınlığında, kare şeklinde kesilmiş köpükler saksıların üzerine kapatılmıştır. Fideler köpükler üzerinde açılmış deliklere sünger parçaları ile yerleştirilmiştir. Besin çözeltisine

oksijen sağlamak amacıyla havalandırma düzeneği kurulmuştur. Bu amaçla, saksılar üzerindeki köpüklere ikinci bir delik açılarak bu deliklere kılcal borular geçirilmiştir. T borular kullanılarak cam borular birbirine bağlanmıştır. T borusu ile birbirine bağlı hortumlardan bir tanesi 620 lt/H kapasiteli hava kompresörüne bağlanmıştır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Su Kültürü Düzeninin Toplu Görüntüsü.

2.1.3. Denemede Kullanılan Kükürt Dozları

Denemede 0, 200, 400, 800 ppm SO_4^{2-} olmak üzere dört farklı kükürt dozu uygulanmıştır. Bu dozlar 0, 67, 134, 267 ppm S değerlerine denk gelmektedir. Denemede uyarlanarak kullanılan Arnon ve Hoagland'ın domates bitkisi için önermiş oldukları temel besin çözeltisi 64 ppm kükürt içermektedir (Hewitt, 1966). Smith (1987), topraksız kültürde SO_4^{2-} -S'ü konsantrasyonunun 60-100 mg/lt veya 75 mg/lt olmasını önermiştir. Varış (1997), hidroponik kültürde sebze yetiştirilmesi için kükürt konsantrasyonunun 50-160 mg/lt arasında değiştiğini belirtmektedir. Mikkelsen ve Wan (1990), arpa için 3, 33, 167, 333 ve 1000 ppm SO_4^{2-} içeren çözeltileri kullanmıştır. Grodan (1988), besin çözeltilerinde tuzluluk arttıkça, S- seviyesinin artması gerektiğinden, tuzluluğunda seyreltik besin çözeltisi tuzluluğu olduğundan bahsetmiştir. Araştırmacıya göre mücade edilen SO_4^{2-} -S'ü mg S/lt olarak, EC değerlerine göre 2000 μ hos/cm'de 80, 2500 μ hos/cm'de 100, 3000 μ hos/cm'de 120 olmalıdır. Bizim kullandığımız Arnon ve Hoagland besin

çözeltisinden (Hewitt, 1966) kükürt dozlarına göre uyarlanarak hazırlanan besin çözeltilerinin EC değerleri sırasıyla 2754, 2842, 3077 ve 3297 $\mu\text{mhos/cm}^2$ 'dir.

2.1.4. Denemede Kullanılan Besin Çözeltisi

Denemede Arnon ve Hoagland'ın domates bitkisi için önermiş oldukları besin çözeltisi (Hewitt, 1966) kükürt dozlarına göre uyarlanarak kullanılmıştır.

2.1.4.1. Ana Besin Çözeltisi

Arnon ve Hoagland'ın domates bitkisi için önermiş olduğu besin çözeltisine ait makro elementleri içeren kimyasal bileşikler Tablo 2.1'de, demir ve iz elementleri içerenerde liste halinde gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Arnon ve Hoagland Çözeltisinde Kullanılan Makro Elementleri İçeren Kimyasal Maddeler.

	g/l	Molar
KNO_3	1.02	0.01
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0.492	0.003
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	0.230	0.002
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.49	0.002

Demir ve mikro elementler.

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	% 0.5
Tartarik asit	% 0.4
H_3BO_3	2.86 mg
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1.81 mg
$\text{Cu SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.08 mg
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	0.22 mg
$\text{H}_2\text{MoO}_4 (\text{MoO}_3 + \text{H}_2\text{O})$	0.09 mg bileşimindedir.

Arnon ve Hoagland'ın Besin Çözeltisinin besin elementleri içerikleri Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2. Arnon ve Hoagland Çözeltisinin Besin Elementi İçeriği.

Element	İçerik, ppm
Ca	6-120
Mg	4-48
K	10-390
NH ₄ ⁺ - N	2-28
NO ₃ ⁻ - N	16-224
PO ₄ ⁻ - P	6-62
SO ₄ - S	4-64
Fe	6 (Fe kaynağı Ferric tartarate)
Mn	0.5
B	0.5
Cu	Gerektiği kadar
Mo	Gerektiği kadar
Cl ⁻	-
Na	-

2.1.4.2. Modifiye Edilmiş Kükürtsüz Besin Çözeltisi

Uyarlanmış Besin Çözeltisi İçeriği Tablo 2.3'de verilmiştir.

Tablo 2.3. Uyarlanmış Besin Çözeltisi İçeriği.

Element	İçerik, ppm
Ca	120
Mg	48
K	390
N	353
P	62
Fe	1.1 (Fe kanağı Fe-EDTA)
Mn	0.5
Cu	0.02
Zn	0.02
B	0.5
Mo	0.1
Cl	355

Kükürt farklı dozlara göre uyarlandığından Arnon ve Hoagland besin çözeltisindeki sülfat tuzları yerine bu besin elementlerinin hidroksit ve nitrat tuzları kullanılmıştır.

2.1.4.3. Denemede Kullanılan Kükürt Dozlarına Göre Besin Çözeltisi

Kükürt S_0 (0), S_1 (200 ppm SO_4^{2-}), S_2 (400 ppm SO_4^{2-}), S_3 (800 ppm SO_4^{2-}) şeklinde uygulanmıştır. Kükürt kaynağı olarak $(NH_4)_2SO_4$ kullanılmıştır. Kükürt dozlarına bağlı olarak besin çözeltilerindeki azot dengesi NH_4NO_3 'la sağlanmıştır. Denemede kullanılan çözelti Tablo 2.4'de verilmiştir.

Tablo 2.4. Denemede Kullanılan Kükürt Dozlarına Bağlı Olarak Armon ve Hoşgülden Çözeltilisine Uyarılanmış Besin Çözeltilisinin Terkibi (ppm).

SO ₄ ²⁻ - S ppm	S0	S1	S2	S3
N (NH ₄ + NO ₃)	0	200-67	400 - 134	800-267
	84 ppm Ca (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O 28 ppm NH ₄ H ₂ PO ₄ 8ppm (NH ₄) ₆ . Mo ₇ O ₂₇ .4H ₂ O 233 ppm NH ₄ NO ₃	84 ppm Ca (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O 28 ppm NH ₄ H ₂ PO ₄ 8 ppm (NH ₄) ₆ . Mo ₇ O ₂₇ .4H ₂ O 174 ppm NH ₄ NO ₃ 59 ppm (NH ₄) ₂ SO ₄	84 ppm Ca (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O 28 ppm NH ₄ H ₂ PO ₄ 8 ppm (NH ₄) ₆ . Mo ₇ O ₂₇ .4H ₂ O 117 ppm NH ₄ NO ₃ 117 ppm (NH ₄) ₂ SO ₄	84 ppm Ca (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O 28 ppm NH ₄ H ₂ PO ₄ 8 ppm (NH ₄) ₆ . Mo ₇ O ₂₇ .4H ₂ O 233 ppm (NH ₄) ₂ SO ₄
N	353 ppm	353 ppm	353 ppm	353 ppm
P	62 ppm NH ₄ H ₂ PO ₄	62 ppm NH ₄ H ₂ PO ₄	62 ppm NH ₄ H ₂ PO ₄	62 ppm NH ₄ H ₂ PO ₄
Ca	120 ppm Ca (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	120 ppm Ca (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	120 ppm Ca (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	120 ppm Ca (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O
K	390 ppm KCl	390 ppm KCl	390 ppm KCl	390 ppm KCl
Mg	48 ppm Mg (OH) ₂	48 ppm Mg (OH) ₂	48 ppm Mg (OH) ₂	48 ppm Mg (OH) ₂
Fe	1.1 ppm Fe-EDTA	1.1 ppm Fe-EDTA	1.1 ppm Fe-EDTA	1.1 ppm Fe-EDTA
Cu	0.02 ppm Cu (NO ₃) ₂ . 3H ₂ O	0.02 ppm Cu (NO ₃) ₂ . 3H ₂ O	0.02 ppm Cu (NO ₃) ₂ . 3H ₂ O	0.02 ppm Cu (NO ₃) ₂ . 3H ₂ O
Mn	0.5 ppm Mn (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	0.5 ppm Mn (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	0.5 ppm Mn (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	0.5 ppm Mn (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O
Zn	0.02 ppm n (NO ₃) ₂	0.02 ppm Zn (NO ₃) ₂	0.02 ppm Zn (NO ₃) ₂	0.02 ppm Zn (NO ₃) ₂
B	0.5 ppm H ₃ BO ₃	0.5 ppm H ₃ BO ₃	0.5 ppm H ₃ BO ₃	0.5 ppm H ₃ BO ₃
Mo	0.1 ppm (NH ₄) ₆ . Mo ₇ O ₂₇ .4H ₂ O	0.1 ppm (NH ₄) ₆ . Mo ₇ O ₂₇ .4H ₂ O	0.1 ppm (NH ₄) ₆ . Mo ₇ O ₂₇ .4H ₂ O	0.1 ppm (NH ₄) ₆ . Mo ₇ O ₂₇ .4H ₂ O
Cl	355 ppm KCl	355 ppm KCl	355 ppm KCl	355 ppm KCl

2.2. Yöntem

2.2.1. Deneme Planı

Saksılar, serada şansa bağlı olarak dağıtılmıştır. Deneme 2x4 faktöriyel düzenlemede ve 3 tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Denemede biber ve domates olmak üzere iki bitki kullanılmış, 4 farklı dozda (0, 200, 400, 800 ppm SO_4^{2-}) kükürt uygulanmıştır.

2.2.2. Denemenin Yürütülmesi

Bu çalışmada S_0 (0), S_1 (200 ppm SO_4^{2-}), S_2 (400 ppm SO_4^{2-}) ve S_3 (800 ppm SO_4^{2-}) içeren besin çözeltileri kullanılmıştır. Bu amaçla makro, mikro besin elementleri içerikleri Tablo 2.4'de verilen ve kükürt içeren stok çözeltiler hazırlanmıştır. Her hafta uygulama anında makro ve mikro besin çözeltilerinden belirlenen miktarda 12 litre kapasiteli bir kaba konmuş kükürt dozunda kükürt içeren stok çözeltiden belirlenen miktarda alınarak çözeltiler hazırlanmıştır. Hazırlanan çözeltiler dozlara bağlı olarak 2 litrelik saksılara aktarılmıştır. Fideler besin çözeltisine aktarıldıktan hemen sonra çözeltilerin pH'ları ölçülerek, çözelti pH'sı CH_3COOH (asetik asit) kullanılarak 7'ye ayarlanmıştır. Her hafta besin çözeltileri değiştirilmeden hemen önce pH değişimleri belirlenmiştir. Daha sonra kültür kaplarındaki besin çözeltileri yenilenmiştir. Deneme süresince besin çözeltileri hergün en az 2 saat süre ile hava kompresörü yardımıyla havalandırılmıştır. Deneme süresince sera sıcaklığı 30-35 °C arasında değişmiştir.

2.2.3. Besin Çözeltilerinde pH Değişimleri

Deneme bitkilerinin yetiştirildiği besin çözeltilerinin 8 haftalık büyüme döneminde her hafta sonunda, değiştirilmeden önce ve değiştirildikten sonraki pH değerleri cam elektrodlu pH metre ile potansiyometrik yolla ölçülmüştür (Peech, 1982).

2.2.4. Kuru Ağırlık (g)

Bitkiler hasat edildikten sonra yıkanıp, kök ve sap + yaprak olarak ayrılmış, bitkilerin yaş ağırlıkları belirlendikten sonra, havada kurutulmuş daha sonra kese kağıtlarına konarak 70 °C'ye ayarlanan, kurutma dolabında 72 saat süre ile kurutma işlemine tabii tutulmuş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir (Kacar, 1972).

2.2.5. Elektriksel İletkenlik

Besin çözeltilerinin elektriksel iletkenlik değerleri Elektrik İyon köprüsü yöntemiyle belirlenmiştir (Rhoades, 1986).

2.2.5. Denemede Elde Edilen Bitki Materyalinin Analize Hazırlanması

Kurutma işlemine tabi tutulan bitkiler, porselen bir havanda döğölmüş ve P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn ve Cu analizleri için nitrik perklorik asit karışımı ile yaş yakma yöntemine göre yaş yakılmıştır (Kacar 1972).

2.2.6. Bitki Analizleri

2.2.6.1. Bitkinin Toplam Azot İçeriği

Bitkide toplam N, mikrokjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (Kacar, 1972).

2.2.6.2. Bitkilerin Protein Azot İçeriği

Bitkilerin toplam azot değerinin 6.25 katsayısı ile çarpılmasıyla belirlenmiştir (Lee, 1975).

2.2.6.3. Bitkilerin Nitrat N İçeriği

Bitkilerde nitrat N'u, fenoldisulfonik asit yöntemi ile belirlenmiştir (Kacar, 1972).

2.2.6.4. Bitkilerin Toplam Fosfor İçeriği

Bitkilerde fosfor, vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemine göre belirlenmiştir. Bunun için yaş yakmaya tabi tutulan bitki örnekleri kullanılmıştır (Kacar, 1972).

2.2.6.5. Bitkilerin Toplam Potasyum ve Sodyum İçeriği

Yaş yakmaya tabi tutulan bitkilerde alev fotometrede okunarak bitkilerin potasyum ve sodyum içeriği belirlenmiştir (Bayraklı, 1987).

2.2.6.6. Bitkilerin Toplam Kükürt İçeriği

Bitkilerin toplam kükürt içeriği yaş yakmaya tabii tutulduktan sonra, türbidimetrik yöntemle belirlenmiştir (Kacar, 1972).

2.2.6.7. Bitkilerin Kalsiyum ve Magnezyum İçerikleri

Kalsiyum ve magnezyum içerikleri yaş yakma yapılan bitki eriyiklerinde Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresinde okuma yapmak suretiyle belirlenmiştir (Bayraklı, 1987).

2.2.6.8. Bitkilerin İz Element İçerikleri

Bitki örneklerinde Fe, Cu, Zn ve Mn yaş yakılan bitkilerde Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresinde okunarak belirlenmiştir (Bayraklı, 1987).

2.2.7. İstatistiksel Değerlendirmeler

Araştırma sonucunda elde edilen bulgular üzerinde varyans analizi (ANOVA) ve ortalamaların çoklu karşılaştırma testi analizleri yapılmıştır (Dowdy ve Wearden, 1983).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Besin Çözeltilerindeki pH Değişimleri

Domates bitkisinin toprakta optimum pH isteği 5.5-7.0 iken, biber bitkisinin optimum pH isteği 6.0-6.5 arasındadır (Günay, 1992). Deneme süresince domates bitkisinin bulunduğu besin çözeltilerinin pH ortalaması 7.14 biber bitkilerinin bulunduğu besin çözeltilerinin pH ortalaması 7.15 olmuştur. Tablo 3.1'den görüldüğü gibi bazı haftalar dozlara bağlı olarak çözelti pH'sında bir yükselme, bazı haftalar düşme meydana gelmiştir. Varış (1997), topraksız kültürde bitki yetiştirilirken, köklerin çözeltiden NO_3^- iyonu aldıklarında, bir negatif yük kazandığından bunu kaybetmek için dışarı HCO_3^- iyonu verdiklerini, HCO_3^- 'nda neticede CO_2 ve OH^- iyonuna dönüştüğünden çözelti pH'sının yükseldiğini, NH_4^+ iyonu aldıklarında ise pozitif yük kazandığından bunu kaybetmek için dışarı H^+ iyonu verdiklerini, dolayısıyla çözelti pH'sının düştüğünü belirtmiştir. Çözelti pH'sındaki bu küçük değişimler muhtemelen NH_4^+ ve NO_3^- iyonlarının alımındaki farklılıktan kaynaklanmış olabilir. Ayrıca bitkilerin özellikle bitki köklerinin oksijen veya karbondioksit özümlemeleri esnasında ortaya çıkan değiş tokuşlarda çözelti pH'sının değişimine neden olmaktadır.

Tablo 3.1. Deneme Esnasında Besin Çözeltilerinde Ortaya Çıkan pH Değişimleri.

Bitki Türü	pH	S ₀ -O	S ₁ - 200 ppm	S ₂ - 400 ppm	S ₃ - 800 ppm	Ort.
Domates	1. hafta	7.68	7.75	7.81	7.47	7.67
	2. hafta	7.44	7.16	6.87	6.55	7.00
	3. hafta	6.82	7.22	6.35	6.73	6.78
	4. hafta	6.98	6.91	6.79	7.04	6.93
	5. hafta	7.42	7.17	6.90	7.07	7.14
	6. hafta	7.57	7.57	6.57	5.82	6.88
	7. hafta	7.01	7.35	7.91	6.45	7.18
	8. hafta	7.07	7.62	7.46	8.26	7.60
Biber	1. hafta	8.00	8.13	7.97	7.77	7.96
	2. hafta	7.27	7.20	7.16	6.91	7.13
	3. hafta	6.64	7.28	7.26	7.20	7.09
	4. hafta	6.82	6.68	7.02	7.05	6.89
	5. hafta	7.11	7.27	6.98	6.73	7.05
	6. hafta	7.50	7.61	6.84	6.83	7.19
	7. hafta	6.84	7.55	7.55	6.76	7.17
	8. hafta	6.91	6.69	6.94	6.66	6.80

Tablo 3.1'den görüldüğü gibi çiçeklenme dönemine kadar yetiştirilen (8 haftalık dönem) domates ve biber bitkilerinin bulunduğu çözeltilerin pH'ları, uygulanan kükürt dozlarına bağlı olarak değişken bir hal almıştır.

3.2. Bitkilerin Gelişmesindeki Gözlemler

Domates ve biber bitkileri kükürt içermeyen besin çözeltilerinde yetiştirildiğinde noksanlık belirtileri göstermiş olup, artan dozlarda kükürt bitkilerin gelişmesinde farklılıklar oluşturmuştur.

3.2.1. Domates Bitkisinin Gelişmesindeki Gözlemler

Domates bitkisi, 0 ppm SO_4^{2-} uygulamasında noksanlık belirtileri gösterirken, 200 ve 400 ppm SO_4^{2-} uygulamaları kontrole göre çok fazla bir gelişme göstermiş, 800 ppm SO_4^{2-} uygulamasında ise 400 ppm'e göre gelişmede gerileme olmuştur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Domates Bitkisinin Uygulanan Kükürt Dozlarına Bağlı Olarak Çiçeklenme Dönemine Kadar Gösterdiği Farklılıklar (Dozlar sırasıyla 0 ppm SO_4^{2-} , 200 ppm SO_4^{2-} , 400 ppm SO_4^{2-} , 800 ppm SO_4^{2-}).

Domates fideleri su kültürüne aktarıldıkları ilk hafta morfolojik bir değişme göstermemiş, ikinci haftadan sonra farklılaşma başlamıştır. İkinci hafta sonundan itibaren 0 ppm SO_4^{2-} uygulamasında yapraklarda sararma ile başlayan noksanlık belirtisi, ilerleyen haftalar boyunca daha da belirginleşmiştir. Yedinci hafta sonunda bu uygulamada (S_0) bitkilerin rengindeki sararmayla birlikte, yapraklar sertleşmiş ve tekrerrülde yer alan bitkilerden birisi de ölmüştür. Gelişme periyodu boyunca kükürt noksanlığı iyice şiddetlenmiştir. Bitkinin tamamı sararmış, yaprak damarları mor, damar araları ise açık sarı renk almıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Domates Bitkisinin 0 ppm SO_4^{2-} Uygulamasında Gösterdiği Gelişme.

Kükürt dozları 200 ppm SO_4^{2-} uygulamasında, kükürtsüz uygulamadan daha iyi bir gelişme gözlenmiş, yapraklar açık yeşil renkte, fakat artan uygulamalara göre bitki boyları kısa ve yapraklar küçük olmuştur. 400 ppm SO_4^{2-} uygulamasında en iyi gelişme gözlenmiş olup, boy, yaprak büyüklüğü ve yaprak sayısı maksimum olmuştur. 800 ppm SO_4^{2-} uygulamasında ise yapraklar koyu renkte ve bitki boyu 400 ppm SO_4^{2-} uygulamasından kısa, yapraklar daha küçük olup, gelişmede gerileme gözlenmiştir (Şekil 3.3). Bu durum bitkinin besin ortamındaki aşırı SO_4^{2-} dozundan etkilenmiş olmasına bağlanabilir. Bu da 800 ppm SO_4^{2-} dozunda yapraklardaki tuz birikiminin yükseldiği anlamına gelmektedir. Aydemir (1992)'de, besin ortamında yüksek tuz konsantrasyonunun, bitkinin besin elementi alımını artırdığını, bunun sonucunda bitki

köklerinin su potansiyelinin düştüğünü ve bitki su alımının arttığını, bu nedenle tuzdan etkilenmiş bitkilerde solmanın görülmediği, donuk maviye çalan küçük yapraklı bodur bitki görünümünü olduğundan bahsetmiştir.

Kök gelişimi de artan sülfat uygulamasına bağlı olarak 400 ppm SO_4^{2-} uygulamasına kadar artmış, 800 ppm SO_4^{2-} uygulamasında ise azalmıştır.



Şekil 3.3. Domates Bitkisinin Dozlara Bağlı Olarak Yaprak Büyüklüğündeki Değişim. S_0 -0 ppm SO_4^{2-} , S_1 - 200 SO_4^{2-} , S_2 400 ppm SO_4^{2-} , S_3 - 800 ppm SO_4^{2-} . A. Alt yaprak örneği B. Üst yaprak örneği.

3.2.2. Biber Bitkisinin Gelişmesindeki Gözlemler

Biber bitkisi artan dozlarda kültür uygulamasına bağlı olarak gelişme periyodu boyunca, hem kökte hem de üst kısmında farklılık göstermiştir. Kültür dozlarının etkisi renk değişimi açısından biberde domatese oranla daha belirgin bir görünüm kazanmıştır.

Biberlerde; domatesler gibi su kültürüne aktarıldıktan 2 hafta sonra 0 ppm SO_4^{2-} uygulamasında noksanlık belirtisi gözlenmiş olup, ilerleyen haftalar boyunca noksanlık şiddetlenmiştir. Dördüncü haftadan sonra noksanlık gösteren bitkiler iyice sararıp sertleşmiş ve yapraklar dışı doğru kıvrılmaya başlamıştır. Yedinci haftadan sonra yapraklar



Şekil 3.4. Biber Bitkisinin Kükürt Uygulanmayan Saksılarda Gösterdiği Gelişme

kahverengi-sarı bir renk almış ve yaprak ayası kıvrılma nedeniyle hemen hemen tamamen örtülmüştür (Şekil 3.4).

Deneme süresince biber bitkileri uygulanan farklı dozlardaki kükürt uygulamasına bağlı olarak daha iyi bir gelişme göstermişlerdir. Ancak S_2 (400 ppm) dozunda bir fiziki hasar gözlenmiştir. Özellikle S_1 ve S_3 dozlarındaki gelişme farkı S_2 'deki bu hasarı doğrular niteliktedir. Bitki boyunda artışlar meydana geldiği gibi yaprak büyüklüğü de uygulanan dozlara bağlı olarak artmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Biber Bitkilerinin Uygulanan Kükürt Dozlarına Bağlı Olarak Yaprak Büyüklüklerinde Gösterdiği Değişim. S₀ -0 ppm SO₄⁻², S₁ -200 ppm SO₄⁻², S₂ - SO₄⁻², S₃-800 ppm SO₄⁻². A. Alt yaprak örneği, B. Üst yaprak örneği.

200 ppm SO₄⁻² uygulamasında yapraklar açık yeşil renkte olmasına rağmen 0 ppm uygulamasındaki kıvrılmalar düzelmiş ve bitki normal bir görünüm almıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Biber Bitkisinin 200 ppm SO₄⁻² Uygulamasında Gösterdiği Gelişme.

200 ppm SO_4^{2-} uygulamasında biber bitkisinin yaprak büyüklüğü artan dozlara göre daha küçük ve bitki boyu da daha kısa olmuştur. 800 ppm SO_4^{2-} uygulamasında bitki boyu, yaprak sayısı, yaprak büyüklüğü maksimum ve bu dozda yapraklar koyu yeşil bir renktedir (Şekil 3.7). 400 ppm'lik doz ise nedeni anlaşılmayan fiziki zarardan dolayı değerlendirilmeye alınmamıştır.



Şekil 3.7. Biber Bitkisinin 800 ppm SO_4^{2-} Uygulamasında Gösterdiği Gelişme.

Kök gelişimi de artan SO_4^{2-} uygulamasına bağlı olarak artmıştır. Biber bitkilerinin 0 ppm SO_4^{2-} uygulamasında kökler turuncu-sarı renk alırken, artan dozlardaki SO_4^{2-} uygulamasına bağlı olarak kök rengi beyaza dönüşmüştür.

3.3. Elde Edilen Bitki Ağırlıkları

3.3.1. Domates Bitkisi

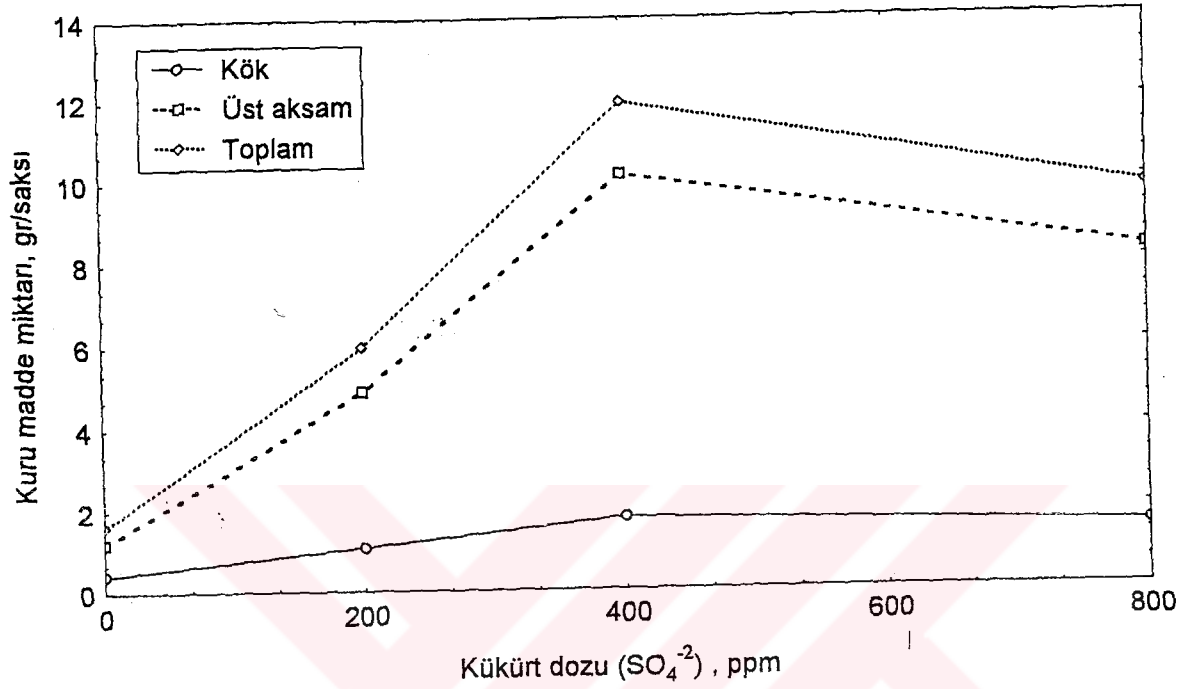
Kükürt uygulamasının domates bitkisinde kök ve bitki üst aksamdaki gelişmeye olan etkileri Tablo 3.2'de görülmektedir.

Tablo 3.2. Domates Bitkisinin Kükürt Uygulamalarına Bağlı Olarak Kuru Madde (g) İçeriğine Ait Bulgular.

Kükürt Konsantrasyonu, ppm	Kök (g)	Bitki Üst Aksamı (g)	Toplam (g)
0 ppm - S	0.42	1.21	1.63
67 ppm - S 200 ppm - SO ₄ ⁻²	1.08	4.90	5.98
134 ppm - S 400 ppm - SO ₄ ⁻²	1.78	10.14	11.92
267 ppm - S 800 ppm - SO ₄ ⁻²	1.53	8.26	9.79

Tablo 3.2'den görüleceği gibi domates bitkisine kükürt uygulamasında kök ve yeşil aksamda 400 ppm SO₄⁻² uygulamasına kadar artış, sonraki 800 ppm uygulamasında ise azalma görülmüştür. 400 ppm SO₄⁻² uygulamasında domates bitkilerinin en fazla kuru madde verdikleri görülmektedir. 800 ppm'de bitki kuru ağırlığındaki azalma çözeltideki SO₄⁻² tuzlarının artışına bağlanabilir. Mikkelsen ve Wan (1990) yaptıkları araştırmada artan sülfat uygulamasına bağlı olarak kuru madde veriminin azalmasını aşırı tuzluluk etkisine bağlamışlardır. Besin filmi tekniğinde domates bitkisi için optimum tuzluluk 3000-4000 µmhos/cm olarak belirtilmesine rağmen, yazın terlemenin atmasıyla tuzluluğun 3000 µmhos/cm'e düşürülmesi gerektiği belirlenmiştir (Varış, 1997). 800 ppm SO₄⁻² uygulamasında tuzluluk 3000 µmhos/cm'den daha yüksek olmuştur. Araştırmanın Mayıs, Haziran aylarında yürütüldüğü ve sera sıcaklığının öğle saatlerinde 36 °C'ye kadar yükseldiği ve bu esnada higroskopik nemin % 36 civarında olduğu düşünülürse 800 ppm'deki bitki kuru madde miktarı azalması terlemenin artması ve tuzluluk etkisine bağlanabilir. Ayrıca 800 ppm SO₄⁻² düzeyinde yaprak renklerinin daha koyu olması tuz birikiminin varlığına işaret olmaktadır.

Bitkilere ait kuru madde miktarları Şekil 3.1'de gösterdiği değişimde en etkili dozun 400 ppm SO₄⁻² olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.1. Uygulanan Farklı Dozlardaki Kükürdün Domates Bitkisi Kuru Madde Miktarına Etkisi.

Domateste kuru madde miktarındaki artış kökte, kontrole göre (S₀) S₁ dozunda % 157, S₂ dozunda % 323, S₃ dozunda % 276 olmuştur. Bitki üst aksamındaki artış kontrole (S₀) göre S₁ dozunda % 304, S₂ dozunda % 738 ve S₃ dozunda % 582 olmuştur. Domates bitkisinde toplam kuru madde artışı kontrol dozuna (S₀) göre S₁ dozunda % 266 S₂ dozunda % 631, S₃ dozunda % 500 olmuştur.

3.3.2. Biber Bitkisi

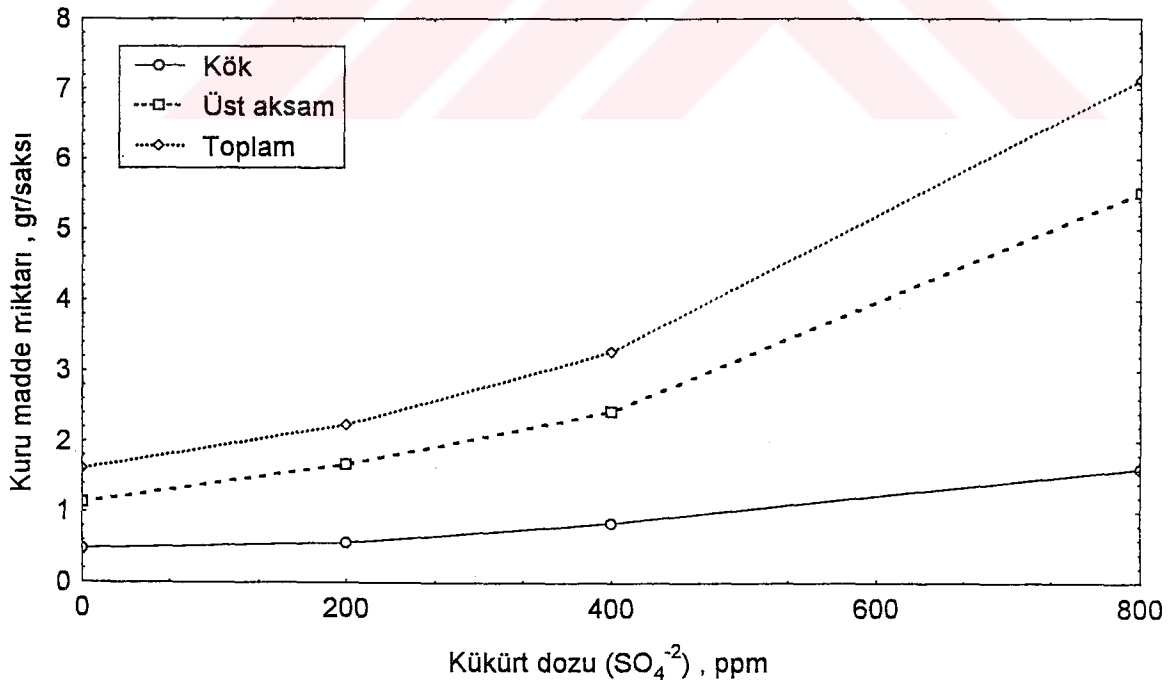
Kükürt uygulamasının biber bitkisinde kök ve bitki üst aksamındaki kuru madde miktarına olan etkileri Tablo 3.3 ve Şekil 3.2'de görülmektedir.

Tablo 3.3. Biber Bitkisinin Kükürt Uygulamalarına Bağlı Olarak Kuru Madde (g) İçeriğine Ait Bulgular.

Kükürt Konsantrasyonu, ppm	Kök (g)	Bitki Üst Aksamı (g)	Toplam (g)
0 ppm - S	0.48	1.13	1.61
67 ppm - S 200 ppm - SO_4^{-2}	0.56	1.68	2.24
134 ppm - S 400 ppm - SO_4^{-2}	0.84	2.43	3.27
267 ppm - S 800 ppm - SO_4^{-2}	1.61	5.52	7.13

Tablo 3.3'den görüleceği gibi biber bitkisinin hem kök hem de üst aksam kuru ağırlığı kükürt uygulamalarına bağlı olarak artmıştır. Benzer sonuçlar Kacar (1970), Aulakh ve Pasricha (1977), Tıvari et al. (1985), Chien et al. (1987), Randle ve Bussard (1993) tarafından da bulunmuştur. Ancak fiziki hasara uğradığı kabul edilen S_2 dozuna ait ürün değerleri Regrasyon analizi ile hesaplanarak verilmiştir.

Biber bitkisinde kükürt dozlarına bağlı olarak ortaya çıkan ağırlık artışları Şekil 3.2'de verilmiştir. En yüksek gelişmenin 800 ppm SO_4^{-2} dozunda elde edildiği görülmektedir.



Şekil 3.2. Uygulanan Farklı Dozlardaki Kükürdün Biber Bitkisi Kuru Madde Miktarına Etkisi

Domatesin aksine kükürdün 800 ppm dozundaki tuz tesiri biberde daha düşük olmuştur. Biber bu dozda tuzdan etkilenerek gelişmesinde bir yavaşlama göstermemiştir. Belki daha yüksek dozlar uygulansaydı domatese benzer bir değişim ortaya çıkabilirdi.

Biberde kuru madde miktarındaki artış kökte, kontrole (S_0) göre S_1 dozunda % 16, S_2 dozunda % 75, S_3 dozunda % 235 olmuştur. Bitki üst aksamındaki artış kontrole (S_0) göre S_1 dozunda % 48, S_2 dozunda % 115, S_3 dozunda % 388 olmuştur. Biber bitkisinde toplam kuru madde artışı kontrol dozuna (S_0) göre S_1 dozunda % 39, S_2 dozunda % 103, S_3 dozunda % 343 olmuştur.

Farklı konsantrasyonlardaki kükürt uygulamaları karşısında biber ve domates bitkilerinin kök ve üst aksamlarına ait kuru madde içerikleri istatistiki olarak değerlendirilmiştir (Dowdy ve Wearden, 1983). Deneme bulgularına ait varyans analizleri tam şansa bağlı deneme planına göre yapılmıştır. Bitkilerin kök kuru madde içeriğinde uygulanan kükürt miktarı çok önemli ($P < 0.01$), bitki ve bitki x kükürt interaksyonu önemli ($P < 0.05$) bulmuştur. Bitki üst aksamında kuru madde içeriği üzerine uygulanan kükürt miktarı ve bitki çok önemli, bitki x kükürt interaksyonu ise önemsiz bulunmuştur (Tablo 3.4).

Tablo 3.4. Domates ve Biber Bitkilerine Uygulanan S Dozlarının Bitkilerin Kök ve Topraküstü Aksam Kuru Madde İçeriğine Etkisinin Varyans Analizi Sonuçları.

Varyasyon	SD	Kök Kuru Madde Miktarı		Bitki Üst Aksam Kuru Madde Miktarı	
		K.O	F	K.O	F
Kaynağı					
Kükürt	3	1.50	17.34**	42.84	8.24**
Bitki	1	0.65	7.54*	70.93	13.64**
Kükürt x Bitki	3	0.36	4.22*	15.03	2.89
Hata	14	0.086		5.19	

** , % 1 düzeyinde önemli

* , % 5 düzeyinde önemli

Varyans analizi sonucunda uygulamalar arasında önemli farklar olduğu belirlendiğinden, hangi muamele ortalamalarının birbirinden farklı olduğunu belirlemek için Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi yapılmıştır (Tablo 3.5).

Tablo 3.5. Domates ve Biber Bitkilerine Uygulanan S Dozlarının Bitkilerin Kök ve Üst Aksam Kuru Madde İçerikleri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları.

Kükürt Dozları	Kök Kuru Madde İçeriği (g)	Üst Aksam Kuru Madde İçeriği (g)
S ₀ - 0 ppm - SO ₄ ⁻²	0.45 c	1.17 b
S ₁ - 200 ppm - SO ₄ ⁻²	0.82 bc	3.29 ab
S ₂ - 400 ppm - SO ₄ ⁻²	1.31 ab	6.28 a
S ₃ - 800 ppm - SO ₄ ⁻²	1.57 a	6.89 a

Farklı harfler ortalamaların P < 0.001'de önemli ölçüde farklı olduğunu aynı harfler ise ortalamaların farksız olduğunu gösterir.

3.4. Bitki Analizleri

Biber ve domates bitkilerinin mineral içeriklerine ait analiz sonuçları Tablo 3.6 ve 3.7'de verilmiştir. Biber bitkisinin 400 ppm SO₄⁻² dozuna ilişkin analiz değerleri daha önce belirtilen sebepten dolayı Regresyon Analizi ile hesaplanmıştır.

Tablo 3.6. Domates Bitkisinin Kükürt Uygulamalarına Bağlı Olarak Mineral İçeriğindeki Değişim.

Dozlar	P, %	K, %	S, %	Na, %	Ca, %	Mg, %	Fe, ppm	Cu, ppm	Zn, ppm	Mn, ppm
Üst Aksam	S ₀	0.74	1.52	0.23	0.30	0.95	207.8	15.0	63.0	27.2
	S ₁	1.35	1.81	0.67	0.32	1.08	254.1	15.0	46.2	39.1
	S ₂	0.99	2.53	0.72	0.33	0.97	223.3	9.0	41.3	17.0
	S ₃	0.90	2.28	1.20	0.35	0.87	269.5	9.0	38.0	28.9
Kök	S ₀	0.34	0.36	0.11	0.80	1.07	924.0	75.0	350.0	102.0
	S ₁	0.53	1.60	0.67	0.32	0.75	577.4	60.0	141.0	115.0
	S ₂	0.48	0.85	0.87	0.32	0.57	631.4	70.0	100.1	91.8
	S ₃	0.45	0.60	1.01	0.32	0.49	693.0	123.0	70.0	79.8

S₀ - 0 ppm SO₄⁻², S₁ - 200 ppm SO₄⁻², S₂ - 400 ppm SO₄⁻², S₃ - 800 ppm SO₄⁻²

Tablo 3.7. Biber Bitkisinin Kükürt Uygulamalarına Bağlı Olarak Mineral İçeriğindeki Değişim.

Tuzlar	P, %	K, %	S, %	Na, %	Ca, %	Mg, %	Fe, ppm	Cu, ppm	Zn, ppm	Mn, ppm	
Üst Aksam	S ₀	0.64	1.72	0.15	0.28	0.85	0.24	154	21.0	70.0	82.4
	S ₁	1.53	3.79	0.41	0.34	0.86	0.25	354.2	27.5	47.6	94.3
	S ₂	1.84	4.80	0.44	0.31	0.82	0.24	484.2	23.1	49.7	52.21
	S ₃	0.85	3.79	0.48	0.28	0.74	0.23	246.4	14.0	56.0	40.8
Kök	S ₀	1.84	0.45	0.08	0.66	0.57	0.34	1116.5	35.0	105.0	327.5
	S ₁	0.47	3.01	0.18	0.62	0.90	0.47	1540.0	55.0	126.0	686.5
	S ₂	0.35	1.54	0.21	0.76	0.75	0.49	1478.1	47.3	67.0	575.0
	S ₃	0.34	1.33	0.25	0.23	0.33	0.17	404.3	8.0	54.6	136.0

S₀ - 0 ppm SO₄⁻², S₁ - 200 ppm SO₄⁻², S₂ - 400 ppm SO₄⁻², S₃ - 800 ppm SO₄⁻²

Bitki doku fosfor içeriği, domates bitkisinde üst aksamda % 0.74 - 1.35, kökte % 0.34 - 0.53 arasında değişmiştir. Alan ve Padem (1994) domatesin yaprak fosfor içeriğinin çeşitlere bağlı olarak % 0.61-0.79 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Biber bitkisinde fosfor içeriği üst aksamda % 0.64 - 1.84, kökte % 0.34 - 1.84 arasında değer almıştır. Bitkilerin yeşil aksamlarının fosfor içeriği köklerden daha yüksek olmuştur. Bu da yapraklarda fizyolojik fonksiyonlarının köklerden daha yüksek olmasından ileri gelmiş olabilir. Padem ve Alan (1994) yaptıkları iki farklı araştırmada biber bitkisinin yaprak fosfor içeriğinin % 0.31-0.42 ve % 0.36-0.45 arasında değer aldığını saptamışlardır. Her iki bitkide artan kükürt dozlarına bağlı olarak bitkilerin fosfor alımı önce artış sonra azalış göstermiştir. Bitkilerin kükürt alımında ise sürekli bir artış gözlenmektedir. Fosforun başlangıçtaki alımındaki hızlı artış fosfor ve kükürdün ortak etkisiyle bitki miktarındaki artışa bağlanmaktadır. Yüksek kükürt dozlarındaki fosfor azalması kükürdün oluşturduğu yeni oluşumların karşı koyma etkisinden kaynaklanmış olabilir.

Bitki dokularında potasyum birikimi, domates bitkisinin üst aksamında % 1.52-2.53, kökte % 0.36-1.60 arasında değişmiştir. Domates bitkisinin yaprak potasyum içeriğinin % 1.90-4.67 arasında değiştiğini bildiren araştırmalar mevcuttur (Adams, 1994; Alan ve Padem, 1994a ve b; Yıldız ve Aydemir, 1995). Biber bitkisinin üst aksamında potasyum içeriği % 1.72-4.80, kökte % 0.45-3.01 arasında değişmiştir. Biber bitkisinin yaprak potasyum içeriğinin % 5.2-5.7 arasında değiştiğini bildiren araştırmalar mevcuttur (Padem ve Alan, 1994 a ve b). Bitkiler potasyum alımı fosfor alımına benzer bir seyir takip etmektedir.

Domates ve biber bitki dokularında kükürt içeriği artan kükürt dozlarına bağılı olarak artmaktadır. Sıfır kükürt dozundaki bitkilerin kükürt içerikleri bitkilerin yapraklarıyla atmosferden aldıkları SO₂ kükürdüne bağlanmaktadır. Domates bitkisinin üst aksamında % 0.23-1.2, kökte % 0.1-1.01 arasında değişmiştir. Gaines ve Phatak (1982), domates bitkisinin yapraklarında kükürt içeriğinin % 0.19-0.90 arasında değiştiiğini saptamışlardır. Biber bitkisinin kükürt içeriği üst aksamda % 0.15-0.48, kökte % 0.08-0.25 arasında değişmiştir.

Bitkilerde sodyum birikimi, diğer besin elementlerine oranla daha az değişim göstermiştir. Fakat biber bitkisi köklerinde sodyum düzeyleri genelde daha yüksektir. Bu durum bitki yapısından kaynaklanabilir. En yüksek sodyum domatesin sıfır kükürt dozunda olmuştur. Domates bitkisinin üst aksamında % 0.30-0.35, kökte % 0.32-0.80 arasında değişmiştir. Biber bitkisinin sodyum içeriği üst aksamında % 0.28-0.34, kökte % 0.23-0.76 arasında değer almıştır.

Bitki dokularında kalsiyum birikiminin kükürt dozlarına bağılı olarak önce arttığı sonra azaldığı gözlenmektedir. Domates bitkisinin üst aksamında % 0.87-1.08, kökte % 0.49-1.07 olmuştur. Biber bitkisinde kalsiyum birikimi, üst aksamda % 0.74-0.86, kökte % 0.33-0.90 arasında olmuştur. Benzer sonuçlar veren araştırmalarda mevcuttur (Padem ve Alan, 1994 a ve b).

Magnezyum birikimi genelde biber bitkisinde, domates bitkisinden daha yüksek bulunmuştur. Biber bitkisinde daha yüksek olan magnezyum uygulanan kükürt dozlarına bağılı olarak önce artmış sonra azalmıştır. Domates bitkisinin üst aksamında % 0.25 iken, kökte % 0.21-0.32 arasında değişmiştir. Biber bitkisinde magnezyum içeriği üst aksamda % 0.23-0.25, kökte % 0.17-0.49 arasında değişmiştir.

Bitki dokularının demir içeriği domates bitkisinin üst aksamında 207.8-269.5 ppm, kökte 577.4-924 ppm arasında değer almıştır. Benzer sonuçlar Yıldız ve Aydemir (1995) tarafından da kaydedilmiştir. Biber bitkisinin demir içeriği, üst aksamda 154-484 ppm, kökte 404-1540 ppm arasında bulunmuştur. Demir içeriği bakımından domates bitkisi biberden daha yüksek değere sahip bulunmuştur.

Bitki dokularında bakır içeriği domates bitkisinin üst aksamında 9-15 ppm arasında, kökte 60-123 ppm arasında değer almıştır. Biber bitkisinde ise üst aksamda 14-27.5 ppm, kökte 8-35 ppm arasında değişmiştir.

Çinko içeriği, domates bitkisinin üst aksamında 38-63 ppm, kökte 70-350 ppm arasında değişmiştir. Biber bitkisinin çinko içeriği bitki üst aksamında 47.6-70 ppm, kökte 54.6-126 ppm arasında değer almıştır.

Mangan içeriği, domates bitkisinde üst aksamda 17-39.1 ppm, kökte 79.8-115 ppm arasında değer almıştır. Biber bitkisinin üst aksamında mangan içeriği 40.8-94.3 ppm, kökte 136-686.5 arasında değişmiştir. Biber bitkisinin mangan bakımından daha zengin bir içeriğe sahip olduğu gözlenmiştir.

Domates ve biber bitkilerinin kükürt uygulamasına bağlı olarak azot formlarında gösterdiği değişim Tablo 3.8'de verilmiştir.

Tablo 3.8. Domates ve Biber Bitkilerinin Kükürt Uygulamalarına Bağlı Olarak Azot Formlarında Gösterdiği Değişim.

Dozlar		Domates bitkisinde gösterdiği değişim			Biber bitkisinde gösterdiği değişim		
		Toplam N, %	Protein N, %	NO ₃ ⁻ -N, %	Toplam N, %	Protein N, %	NO ₃ ⁻ -N, %
Domates	S ₀	4.59	28.68	1.15	7.37	46.06	3.51
	S ₁	4.74	29.62	0.71	7.63	47.68	3.47
	S ₂	4.84	30.25	0.84	7.46	46.63	3.38
	S ₃	4.72	29.50	0.53	7.44	46.50	3.25
Biber	S ₀	6.39	39.93	0.59	6.83	42.68	1.68
	S ₁	4.76	29.75	0.95	6.38	39.87	1.64
	S ₂	5.42	33.87	0.43	6.29	39.31	1.60
	S ₃	6.33	39.56	0.16	7.25	45.31	1.55

S₀ - 0 ppm SO₄⁻², S₁ - 200 ppm SO₄⁻², S₂ - 400 ppm SO₄⁻², S₃ - 800 ppm SO₄⁻²

Domates bitkisinde toplam azot içeriği kökte % 4.76-6.39, üst aksamda % 4.59-4.84 arasında değişmiştir.

Biber bitkisinin toplam azot içeriği kökte 6.29-7.25 arasında, üst aksamda 7.37-7.63 arasında değişmiştir. Biber bitkisinin toplam azot içeriğinin domates bitkisinden yüksek olması öncelikle bitki çeşit farkından kaynaklanabilir. Bitkilerde azotun genelde yüksek olması ise besin çözeltilisinin azot konsantrasyonunun yüksek olmasına bağlanabilir. Benzer sonuçlar Alan ve Padem (1994) tarafından da elde edilmiştir.

Bitkilerin NO_3^- - N'u içeriği, domateslerde üst aksamda % 0.53-1.15, kökte % 0.16-0.59 arasında değişmiştir. Biberde NO_3^- - N'u içeriği, üst aksamda % 3.25-3.51, kökte % 1.55-1.68 arasında değişmiştir. Biber bitkisinde kükürt uygulamalarına bağlı olarak NO_3^- - N'u azalmıştır. Aulakh et. al. (1976) yoncada yaptıkları araştırmada kükürt uygulamasının NO_3^- - N'u nda azalmaya sebep olduğunu bildirmişlerdir. Domateste NO_3^- - N'u kükürt uygulamalarına bağlı olarak değişken değer almıştır. Bu konuda benzer araştırma mevcuttur (Goh ve Kee, 1978).

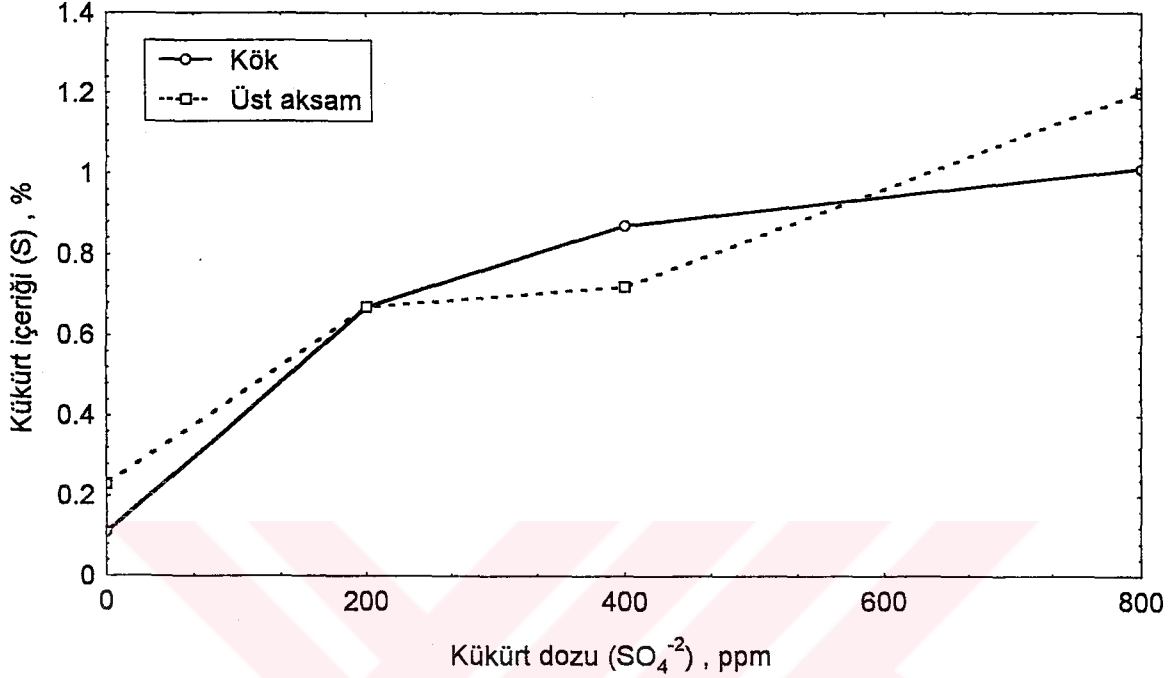
3.5. Domates ve Biber Bitkilerinin Besin Elementi Alımına Kükürdün Etkisi

3.5.1. Kükürt Uygulamasının Bitkilerde Kükürt Alımına Etkisi

Kükürt uygulamasıyla domates ve biber bitkilerinin kükürt içeriği hem kökte, hem de yaprakta artmıştır. Bu konuda benzer araştırmalar mevcuttur (Hassan ve Olson, 1966; Kacar, 1970; Freeman ve Massadeghe, 1972; Gupta ve Veinot, 1974; Rendig et al., 1976; Aulakh et al., 1976; Aulakh ve Dev, 1978; Aulakh ve Pasricha, 1977; Gaines ve Phatak, 1982; Randle ve Bussard, 1993).

Domates bitkisinde kükürt uygulanmayan (S_0) dozda, üst aksamda kükürt içeriği 2300 ppm iken 800 ppm SO_4^{-2} (S_3) dozunda 12000 ppm'e yükselmiştir. Bu artış oransal olarak % 421'dir. Kökte kükürt uygulanmayan (S_0) dozda kükürt içeriği 1100 ppm iken, 800 ppm SO_4^{-2} (S_3) dozunda 10100 ppm'e yükselmiştir. Bu artış oransal olarak % 818'dir.

Domates bitkisinin uygulanan kükürt dozlarına bağlı olarak kükürt kapsamında gösterdiği değişim Şekil 3.3'de verilmiştir. Şekil incelendiğinde artan kükürt dozlarına bağlı olarak domates bitkisinde de kükürt oranı artmıştır. En hızlı artış 200 ppm SO_4^{-2} dozuna kadar olmuştur. Ondan sonraki dozlardaki artışlar oransal olarak azalarak artan bir seyir takip etmiştir.

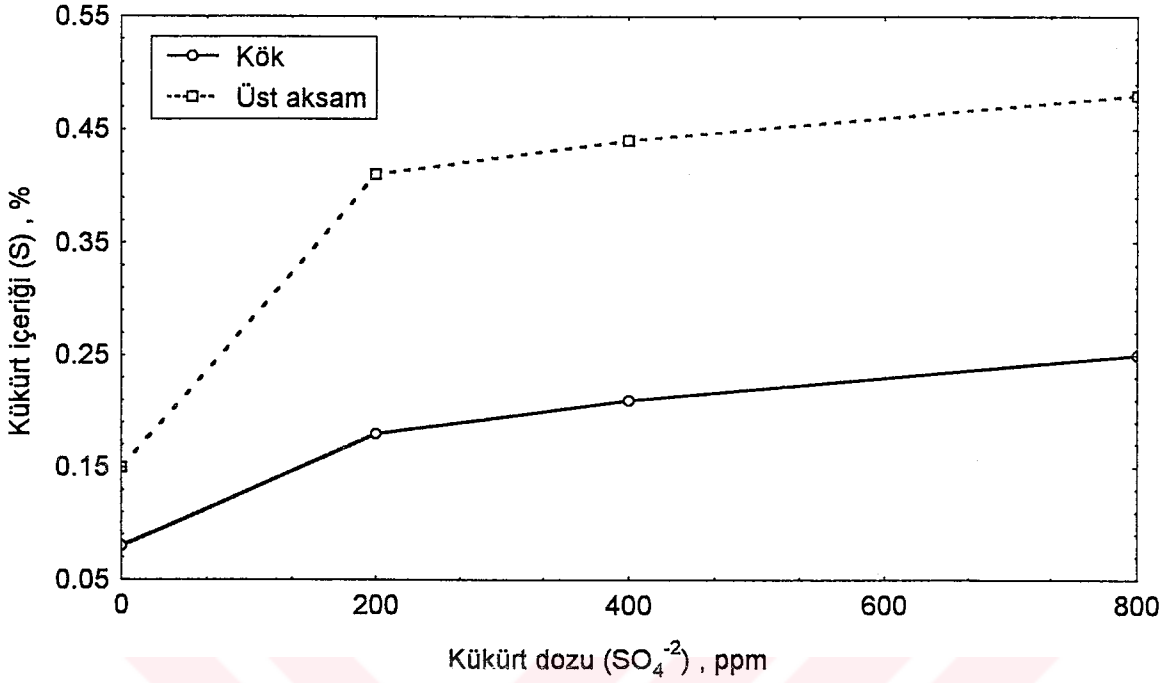


Şekil 3.3. Su Kültüründe Uygulanan Farklı Dozlardaki Kükürdün Domates Bitkisinin Kükürt İçeriğine Etkisi.

Biber bitkisinde kükürt uygulanmayan (S_0) dozda, üst aksamda kükürt içeriği 1500 ppm iken, 800 ppm SO_4^{-2} (S_3) dozunda 4800 ppm'e yükselmiştir. Bu artış oransal olarak % 220'dir. Kökte kükürt uygulanmayan (S_0) dozda kükürt içeriği 800 ppm iken, 800 ppm SO_4^{-2} (S_3) dozunda 2500 ppm'e yükselmiştir. Bu artış oransal olarak % 213'dür.

Biber bitkisinin uygulanan kükürt dozlarına bağlı olarak kükürt kapsamında gösterdiği değişik Şekil 3.4'de verilmiştir. Domateste olduğu gibi artan kükürt dozlarına bağlı olarak bitkilerin kükürt içeriği artmıştır. En fazla artan domateste olduğu gibi 0-200 ppm sülfat dozunda olmuştur.

Domates bitkisinde kükürt uygulanmayan bitkide kükürt kökte 1100 ppm iken, üst aksamda 2300 ppm olmuştur. 800 ppm SO_4^{-2} uygulamasında kükürt kökte 10100 ppm iken, üst aksamda 12000 ppm olmuştur. Biber bitkisinde kükürt uygulanmayan bitkide kükürt kökte 800 ppm iken, üst aksamda 1500 ppm olmuştur. 800 ppm SO_4^{-2} uygulamasında kökte kükürt miktarı 2500 ppm iken, üst aksamda 4800 ppm olmuştur.



Şekil 3.4. Su Kültüründe Uygulanan Farklı Dozlardaki Kükürdün Biber Bitkisinin Kükürt İçeriğine Etkisi.

Domates ve biber bitkilerinde kükürt kapsamı üst aksamda, kökten daha fazla olmuştur. Bu konuda benzer sonuçlar elde edilmiştir (Voogt, 1993). Gaines ve Phatak (1982) farklı bitkilerin kükürt gübrelemesine tepkisini belirlemek amacıyla yaptıkları besin kültürü araştırmasında, bitki türlerine bağlı olarak değişmekle birlikte kükürt uygulanmayan dozlardaki bitkilerin 900-2300 ppm arasında kükürt içerdiklerini saptamışlardır. Kükürt uygulanmayan dozda (S_0), domateste 2300 ppm kükürt bulunmuştur. Bu dozda kükürt noksanlık belirtileri gözlenmiştir. Gaines ve Phatak (1982), domateste kükürt uygulanmayan dozda 1300 ppm kükürt bulunduğunu ve bu dozda noksanlık belirtileri olduğunu belirtmişlerdir. Biberde ise kükürt uygulanmayan dozda bitki üst aksamında 1500 ppm kükürt bulunmuş ve bitkide domateste olduğu gibi noksanlık belirtileri gözlenmiştir.

Kükürt uygulanmayan dozlarda bitkilerin içerdikleri kükürt, bitkinin yapraklarıyla atmosferden aldığı SO_2 'den kaynaklanmış olabilir. Kültür bitkileri atmosferden stomatları aracılığı ile SO_2 gazı alabilir ve kükürt kaynağı olarak atmosferdeki SO_2 'den yararlanabilirler (Aydemir, 1992; Brohi ve ark. 1994).

3.5.2. Kükürt Uygulamasının Bitkilerde N, P, K Alımına Etkisi

Domates bitkisinin azot kapsamı Tablo 3.6'dan görüldüğü gibi kükürt uygulamalarına bağlı olarak değişmiştir. Üst aksamda 400 ppm SO_4^{2-} uygulamasına kadar bitkide azot içeriği artmış, 800 ppm SO_4^{2-} uygulamasında azot içeriğinde azalma meydana gelmiştir. Kökte azot içeriği kükürt uygulamasına bağlı olarak düzenli olmamış, değişken olmuştur. Biber bitkisinde hem üst aksamda hem de kökte azot içeriği kükürt uygulamalarına bağlı olarak değişken olmuştur. Gaines ve Phatok (1982) domates ve pamukta artan dozlarda kükürt uygulamasına bağlı olarak bitkilerin azot içeriğinin değişken olduğunu saptamışlardır. Ayrıca Goh ve Kee (1978) benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

Fosfor içeriği Tablo 3.6'dan görüldüğü gibi domates bitkisinde hem üst aksamda hem de kökte biber bitkisinde ise sadece üst aksamda değişken olmuştur. Aydeniz ve Brohi (1984), kükürt ilavesinin bitki fosfor kapsamına etkisinin düzenli olmadığını bildirmişlerdir. Biber bitkisinin kök fosfor içeriği, kükürt ilavesine bağlı olarak azalmıştır. Bu konuda benzer sonuçlar elde edilmiştir (Hassan ve Olson, 1966; Aulakh, et al., 1977; Aulakh ve Pasricha, 1977). Biber bitkisinin fosfor içeriği, kükürt uygulanmayan S_0 dozunda % 1.84 olup, kükürt uygulanan dozlara göre en yüksek değer almıştır. Freeman ve Mossadeghe (1972) kükürt noksanlığı gösteren bitkilerin fosfor içeriğinin, kükürt uygulanan bitkilerden daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Bitki dokularında potasyum içeriği domateste üst aksamda 400 ppm SO_4^{2-} uygulamasına kadar artmış, 800 ppm SO_4^{2-} uygulamasında azalmıştır. Kökte ise bitki potasyum içeriği düzenli değişmemiştir, değişken olmuştur. Biber bitkisinde domates bitkisine benzer sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 3.6).

3.5.3. Kükürdün Bitkilerde Diğer Besin Elementlerinin Alımına Etkisi

Tablo 3.6'dan ve Tablo 3.7'den görüldüğü gibi kükürt uygulamasının domates ve biber bitkilerinin kalsiyum içeriğini etkisi değişken olmuştur. Domates bitkisinin üst aksamında kalsiyum içeriği % 0.87-1.08 arasında değişirken, kökte uygulanan kükürt konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak kükürt uygulanmayan (S_0) dozunda % 1.07 iken, 800 ppm SO_4^{2-} uygulanan (S_3) dozda % 0.49'a düşmüştür. Artan dozlarda kükürt uygulamasının bitkilerin kalsiyum içeriğinde azalmaya sebep olduğunu bildiren araştırmalar mevcuttur (Hassan ve Olson, 1966; Aydeniz ve Brohi, 1984). Biber bitkisinin kalsiyum içeriği üst aksamında % 0.74-0.86, kökte % 0.33-0.90 arasında değişmiştir.

Kükürt uygulaması, genel olarak bitkilerin magnezyum içeriğini pek etkilememiştir (Tablo 3.6 ve Tablo 3.7). Domates bitkisinin üst aksamında magnezyum içeriği % 0.25 sabit bir değer alıp, kökte artan kükürt dozlarına bağlı olarak % 0.32'den % 0.21'e düşmüştür. Hassan ve Olson (1966) kükürt uygulamasının bitkinin magnezyum kapsamında azalmaya sebep olduğunu bildirmişlerdir. Biber bitkisinde kükürt uygulamasının bitki magnezyum kapsamına düzenli bir etkisi olmamıştır. Biber bitkisinde hem üst aksamda hem de kökte magnezyum içeriği kükürt uygulamalarına bağlı olarak değişken değerler almıştır. Aydeniz ve Brohi (1984) benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

Sodyum birikimi, bitkilere bağlı olarak domates ve biber bitkilerinde farklı değişim göstermiştir (Tablo 3.6 ve Tablo 3.7). Domates bitkisinin üst aksamında kükürt uygulanmayan (S_0) dozda sodyum birikimi % 0.30 iken, 800 ppm SO_4^{2-} uygulamasında (S_3) % 0.35'e yükselmiştir. Uygulanan kükürt dozlarına bağlı olarak sodyum birikimi düzenli bir artış göstermiştir. Kökte kükürt uygulanmayan dozda (S_0) sodyum birikimi % 0.80 olurken, kükürt uygulanan tüm diğer dozlarda sabit kalıp % 0.32'ye düşmüştür. Biber bitkisinin sodyum birikimi üst aksamda % 0.28-0.34, kökte % 0.23-0.76 arasında değişmekte olup, kükürt uygulamasının sodyum birikimi üzerine düzenli bir etkisi görülmemiştir.

Kükürt uygulaması bitkinin demir içeriğini önemli ölçüde değiştirmesine karşılık söz konusu değişim düzenli değildir. Domates ve biber bitkilerinin hem üst aksamlarında hem de köklerinde uygulanan kükürt dozlarına bağlı olarak demir içerikleri değişken değerler almışlardır. Aulakh, et al. (1977), kükürt uygulamasının bitkinin demir içeriğini değiştirmedini bildirmişlerdir. Bu da kükürdün bitkinin demir alımını düzenleyici bir özelliğe sahip olmadığını göstermektedir.

Bitkilerde bakır içeriği, uygulanan kükürt miktarına bağlı olarak değişmiştir (Tablo 3.6 ve Tablo 3.7). Fakat bu değişim düzenli olmamıştır. Domates bitkisinin üst aksamında bakır içeriği, kükürt uygulanmayan (S_0) ve 200 ppm SO_4^{2-} uygulanan muamelelerde 15 ppm değerini almıştır. 400 ppm SO_4^{2-} (S_2) ve 800 ppm SO_4^{2-} (S_3) uygulanan muamelelerde 9 ppm değerini almıştır. Domates bitkisinin bakır içeriği kökte, düzenli olmamıştır. Biber bitkisinde ise, hem bitki üst aksamında, hem de kökte bakır içeriği düzenli olmayan bir değişim göstermiştir.

Uygulanan kükürt dozlarına bağlı olarak bitkilerin çinko içerikleri farklı olmuştur (Tablo 3.6 ve Tablo 3.7). Domates bitkisinde uygulanan kükürt dozundaki artışa bağlı olarak bitki çinko içeriği hem üst aksamda hem de kökte azalmıştır. Aydın ve ark. (1997), uygulanan kükürt miktarına bağlı olarak bitkinin çinko içeriğinin azaldığını bildirmişlerdir. Biber bitkisinde ise çinko içeriği, bitki üst aksamında ve kökte düzenli bir değişim göstermemiştir.

Bitkilerin mangan içeriği, uygulanan kükürt dozlarına bağlı olarak değişmiştir (Tablo 3.6 ve Tablo 3.7). Ancak domates ve biber bitkilerinin mangan içerikleri üzerine kükürdün bitki üst aksamında ve kökte düzenli bir etkiye sahip olup olmadığı tespit edilememiştir.

Domates ve biber bitkilerine farklı dozlarda kükürt uygulamanın bitkilerin kök ve üst aksamında mineral madde içeriğine etkisinin varyans analizi değerleri aşağıda verilmiştir (Tablo 3.9 ve Tablo 3.10).

Tablo 3.9. Domates ve Biber Bitkilerine Uygulanan Kükürt Dozlarının Bitki Üst Aksam Mineral Madde İçeriğine Etkisinin Varyans Analizi Sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	SD	Protein N		N		NO ₃		P		K	
		K.O	F	K.O	F	K.O	F	K.O	F	K.O	F
Sülfür	3	18.38	2.79	0.46	2.77	161.48	1.02	0.58	65.41**	2.54	18.50**
Bitki	1	475.73	72.73**	12.21	72.19**	109.25	0.69	0.23	25.93**	2.13	15.47**
Sülfür x Bitki	3	30.34	4.61*	0.77	4.60*	159.32	1.00	0.48	53.52**	0.28	2.09
Hata	7	6.57		0.169		158.19		0.008		0.13	

Tablo 3.9'un devamı

Varyasyon Kaynağı	SD	S		Na		Ca		Mg	
		K.O	F	K.O	F	K.O	F	K.O	F
Sülfür	3	0.22	33.25**	0.16	13.53**	0.16	9.07**	0.02	3.43
Bitki	1	0.97	144.94**	0.04	3.67	0.05	3.08	0.06	8.95*
Sülfür x Bitki	3	0.10	15.99**	0.09	8.16*	0.08	4.45*	0.02	3.48
Hata	7	0.006		0.01		0.01		0.007	

Tablo 3.9'un devamı

Varyasyon Kaynağı	SD	Fe		Cu		Zn		Mn	
		K.O	F	K.O	F	K.O	F	K.O	F
Sülfür	3	247142.19	31.31**	80.68	0.43	21625.20	20.23**	7192.96	447.41**
Bitki	1	733592.25	92.96**	8344	45.47**	23854.80	22.32**	268220.41	1683.26**
Sülfür x Bitki	3	343418.51	43.51**	2340	12.75**	12580.04	11.77**	63633.43	399.34**
Hata	7	7891.39		183.52		1068.70		159.34	

* : % 5 seviyesinde önemli, **: % 1 seviyesinde önemli.

Bitkilerin kök protein azotu ve azot içeriğine kükürt uygulamanın etkisi önemsiz, bitki ($P<0.01$) ve bitki x kükürt interaksyonu ($P<0.05$) düzeyinde önemli bulunmuştur.

Domates ve biber bitkilerinin kök $\text{NO}_3\text{-N}$ 'u içeriğine kükürt uygulamanın etkisi, bitki ve bitki x kükürt interaksyonu önemsiz bulunmuştur.

Bitkilerde kök fosfor içeriği üzerine kükürt uygulamanın etkisi, bitki türü ve bitki x kükürt interaksyonu çok önemli bulunmuştur ($P<0.01$).

Bitkilerin kök potasyum içeriğine kükürdün etkisi ve bitki türü çok önemli ($P<0.01$), bitki x kükürt interaksyonu önemsiz bulunmuştur.

Domates ve biber bitkilerinde kök kükürt içeriğine kükürt uygulamanın etkisi, bitki türü ve bitki x kükürt interaksyonu çok önemli olmuştur ($P<0.01$).

Kök Na ve Ca içerikleri üzerine kükürdün etkisi çok önemli, bitki türünün etkisi önemsiz, bitki x kükürt interaksyonu önemli olmuştur ($P<0.05$).

Mg içeriği üzerine bitki türünün etkisi önemli ($P<0.05$) iken kükürdün etkisi ve bitki x kükürt interaksyonun etkileri önemsiz bulunmuştur.

Domates ve biber bitkilerinin kök Fe, Mn, Zn içeriklerine kükürdün bitki türünün ve bitki x kükürt interaksyonu çok önemli olmuştur ($P<0.01$).

Kök Cu içeriğine kükürdün etkisi önemsiz, bitki türünün etkisi ve bitki x kükürt interaksyonu çok önemli bulunmuştur ($P<0.01$).

Domates ve biber bitkilerine uygulanan kükürt dozlarının bitkilerin üst aksam mineral madde içeriklerine etkisini belirlemek için üst aksam varyans analizi de yapılmıştır (Tablo 3.10).

Domates ve biber bitkilerinin bitki üst aksamında protein N ve azot içeriğine kükürdün etkisi ve bitki x kükürt interaksyonu önemsiz, bitki türünün etkisi çok önemli bulunmuştur ($P<0.01$).

Bitkilerin üst aksamı P, K, S, Fe içeriklerine kükürdün etkisi, bitki türünün etkisi ve bitki x kükürt interaksyonları çok önemli bulunmuştur ($P<0.01$).

Domates ve biberin üst aksam Na ve Zn içeriklerine kükürdün etkisi, bitki türünün etkisi ve bitki x kükürt interaksiyonunun etkisi önemsiz bulunmuştur.

Tablo 3.10. Domates ve Biber Bitkilerine Uygulanan Kükürt Dozlarının Bitkilerin Kök Mineral Madde İçeriğine Etkisinin Varyans Analizi Sonuçları.

Varyasyon	SD	Protein N		N		NO ₃		P		K	
		K.O	F	K.O	F	K.O	F	K.O	F	K.O	F
Sülfür	3	6.14	0.37	0.15	0.37	0.13	7.16*	0.43	27.50**	2.92	121.47**
Bitki	1	602.33	36.42**	15.45	36.40**	26.91	1395.31**	0.28	17.94**	8.86	367.87**
Sülfür x Bitki	3	10.01	0.60	0.25	0.60	0.02	1.37	0.21	13.89**	0.84	34.97**
Hata	7	16.53		0.42		1.01		0.01		0.02	

Tablo 3.10'un devamı

Varyasyon	SD	S		Na		Ca		Mg	
		K.O	F	K.O	F	K.O	F	K.O	F
Sülfür	3	0.26	97.00**	9.70.10 ⁻⁴	2.34	0.01	1.04	585.10 ⁻⁵	1.22
Bitki	1	0.41	153.47**	0.001	3.95	0.09	7.49*	3.3310 ⁻⁴	6.94*
Sülfür x Bitki	3	0.06	22.56**	0.001	3.25	0.008	0.67	2.70.10 ⁻⁵	0.56
Hata	7	0.002		4.14.10 ⁻⁴		0.01	4.79.10 ⁻⁵		664.68

Tablo 3.10'un devamı

Varyasyon	SD	Fe		Cu		Zn		Mn	
		K.O	F	K.O	F	K.O	F	K.O	F
Sülfür	3	21582.00	32.46**	66.80	1.93	476.84	1.34	998.21	4.86*
Bitki	1	20162.58	30.33**	346.99	10.03*	1.18	0.003	6214.16	30.28**
Sülfür x Bitki	3	20433.37	30.74**	19.82	0.57	112.12	0.31	424.50	2.06
Hata	7	664.68		34.58		355.18		205.20	

* : % 5 seviyesinde önemli, ** : % 1 seviyesinde önemli.

Bitkilerin üst aksamlarında Ca, Mg, Cu içeriklerine kükürdün etkisi ve bitki kükürt interaksiyonu önemsiz, bitki türünün etkisi önemli olmuştur (P < 0.05).

Varyans analizi sonucunda farklı konsantrasyonlarda kükürt uygulamanın bitkilerin kök ve üst aksam mineral içeriklerine etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir. Hangi muamele ortalamalarının birbirinden farklı olduğunu belirlemek için Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır (Tablo 3.11 ve Tablo 3.12).

Tablo 3.11. Domates ve Biber Bitkilerine Uygulanan Kükürt Dozlarının Bitkilerin Kök Mineral Madde İçerikleri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları.

Kükürt Dozları	Protein N- %	N, %	NO ₃ , %	P, %	K, %	S, %	Na, %	Ca, %	Mg, %	Fe, ppm	Cu, ppm	Zn, ppm	Mn, ppm
S ₀ - 0 ppm SO ₄ ⁻²	43.01 a	6.88a	13.750a	1.20a	0.40b	0.09c	0.76a	0.82a	0.32a	1020.25a	55.00	227.50a	114.75b
S ₁ - 200 ppm SO ₄ ⁻²	38.72a	6.195a	1.295a	0.50b	0.96b	0.42b	0.46b	0.83a	0.34a	1058.70a	57.50a	133.70b	351.00a
S ₂ - 400 ppm SO ₄ ⁻²	40.25a	6.44a	1.015a	0.42b	0.54ab	0.54ab	0.54ab	0.58ab	0.34a	1054.70a	58.65a	83.55b	333.40a
S ₃ - 800 ppm SO ₄ ⁻²	43.07a	6.89a	0.855a	0.39b	0.64a	0.64a	0.27b	0.40b	0.18a	548.62b	65.50a	62.30b	107.90b

Tablo 3.12. Domates ve Biber Bitkilerine Uygulanan Kükürt Dozlarının Bitkilerin Üst Aksam Mineral Madde İçerikleri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları.

Kükürt Dozları	Protein N- %	N, %	NO ₃ , %	P, %	K, %	S, %	Na, %	Ca, %	Mg, %	Fe, ppm	Cu, ppm	Zn, ppm	Mn, ppm
S ₀ - 0 ppm SO ₄ ⁻²	35.73a	5.71a	2.33a	0.78b	1.61c	0.19c	0.29a	0.90a	0.24a	180.90c	18.00a	66.50a	54.82a
S ₁ - 200 ppm SO ₄ ⁻²	34.81a	5.56a	2.15ab	1.44a	2.79b	0.53b	0.31a	0.97a	0.24a	304.15ab	21.25a	46.85a	66.72a
S ₂ - 400 ppm SO ₄ ⁻²	34.79a	5.56a	2.04ab	1.37a	3.03b	0.57b	0.31a	0.84a	0.24a	353.70a	15.87a	45.49a	34.60a
S ₃ - 800 ppm SO ₄ ⁻²	37.43a	5.98a	1.89b	0.92b	3.66a	0.81a	0.32a	0.85a	0.23a	304.15ab	11.50a	63.35a	34.87a

Farklı harfler ortalamaların P<0.01'de önemli ölçüde farklı olduğunu aynı harfler ise ortalamaların farksız olduğunu gösterir.

3.5.4. Bitki Mineral Kapsamındaki Besin Elementleri ile Kükürt İlişkileri

Uygulanan kükürt dozlarına bağlı olarak domates ve biber bitkilerinde N:S, K:S, Ca:S, Mg: S, S: Fe, Si:Cu, S: Zn ve Si : Mn oranları incelenmiştir. Makro besin elementlerinin kükürde göre değişimi incelenirken mikro besin elementlerinde anlamlı rakamlar elde edebilmek için kükürdün mikro besin elementlerine göre değişimi incelenmiştir. Domates bitkisinde bu oranların farklı konsantrasyonlardaki kükürde bağlı olarak değişimleri Tablo 3.13'de verilmiştir.

Tablo 3.13. Domates Bitkisinde Uygulanan Kükürt Dozlarına Bağlı Olarak Kükürdün Bitki Mineral Kapsamındaki Diğer Besin Elementlerine Oranı.

Bitki kısımları	Kükürt dozu	N:S	P:S	K:S	Ca:S	Na:S	Mg:S	S:Fe	S:Cu	S:Zn	S:Mn
Üst Aksam	S ₀	19.95	3.21	6.60	4.13	1.30	1.08	11.06	153.34	36.5	84.55
	S ₁	7.07	2.01	2.70	1.61	0.47	0.37	26.36	446.67	145.02	171.35
	S ₂	6.72	1.37	3.51	1.34	0.45	0.34	32.24	800.00	174.33	423.52
	S ₃	3.93	0.75	1.90	0.72	0.29	0.20	44.52	1333.40	315.78	415.22
Kök	S ₀	58.09	3.09	3.27	9.72	7.27	2.90	1.19	14.66	3.14	10.78
	S ₁	7.10	0.79	2.38	1.11	0.47	0.34	11.60	111.6	47.51	58.26
	S ₂	6.22	0.55	0.97	0.65	0.36	0.25	13.77	124.28	86.91	94.77
	S ₃	6.26	0.44	0.59	0.48	0.31	0.20	14.57	82.11	144.28	126.56

S₀ - 0 ppm SO₄⁻², S₁ - 200 ppm SO₄⁻², S₂ - 400 ppm SO₄⁻², S₃ - 800 ppm SO₄⁻²

Bitkilerde N:S oranı kükürt değişimini gösteren bir orandır (Cowling ve Jones, 1970). Domates bitkisinde bitki üst aksamında kükürt uygulamasındaki artışa bağlı olarak N:S oranı düşmüştür.

Uygulanan kükürt miktarındaki artışa bağlı olarak bitkide N:S oranının daraldığını bildiren araştırmalar mevcuttur (Freeman ve Mossadeghi, 1972; Rendig et al., 1976; Aulakh et al. 1976; Aulakh, et al., 1977; Aulakh ve Dev, 1978; Gaines ve Phatak, 1982). N:S oranı domateste kükürt uygulanmayan (S₀) dozunda 19.95, 200 ppm SO₄⁻² (S₁) uygulamasında 7.07, 400 ppm SO₄⁻² (S₂) uygulamasında 6.72 ve 800 ppm SO₄⁻² uygulamasında 3.93 olmuştur. Domates bitkisinde kökte kükürt uygulamasındaki artışa bağlı olarak 400 ppm SO₄⁻², (S₂) dozuna kadar N:S oranı daralmış, 800 ppm SO₄⁻², (S₃) uygulamasında

artmıştır. Domates bitkisinin kökünde N:S oranı, kükürt uygulanmayan (S_0) dozda 58.09 iken, 400 ppm SO_4^{-2} (S_2) uygulamasında 6.22 ile en küçük değerini almıştır.

P:S oranı, domates bitkisinin üst aksamında uygulanan kükürt dozlarındaki artışa bağlı olarak azalmış, kökte de aynı değişimi göstermiştir. Domates bitkisinin üst aksamında uygulanan dozlara bağlı olarak P:S oranı 3.21-0.75 arasında, kökte ise P:S oranı 3.09-0.44 arasında değişmiştir.

Domates bitkisinde K:S oranı uygulanan kükürt dozlarına bağlı olarak bitki üst aksamında düzenli bir değişim göstermemiş kök kısımlarında ise artan kükürt uygulaması ile azalmıştır. Bitki üst aksamında K:S oranı 1.90-6.60 arasında değer alırken, kökte 0.59-3.27 arasında değer almıştır.

Ca:S oranı, domates bitkisinde uygulanan kükürt dozundaki artışa bağlı olarak hem bitki üst aksamında hem de kökte azalmıştır. Bitki üst aksamında Ca:S oranı 4.13-0.72 arasında, kökte ise 9.72-0.48 arasında değişmiştir.

Na:S oranı, domates bitkisinde uygulanan kükürt dozlarındaki artışa bağlı olarak bitki üst aksamında daralmıştır. Bitki üst aksamında Na:S oranı kükürt uygulanmayan (S_0) dozda 1.30 iken, 800 ppm SO_4^{-2} (S_3) uygulamasında 0.29'a düşmüştür. Kökte de Na:S oranı benzer değişimi göstermiş olup, kükürt dozlarındaki artışa bağlı olarak daralmıştır.

Mg:S oranı, domates bitkisinde kükürt konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak bitki üst aksamında daralmış, kökte de aynı değişimi göstermiştir. Mg:S oranı bitki üst aksamında kükürt uygulanmayan (S_0) dozda 1.08 iken, 800 ppm SO_4^{-2} (S_3) uygulamasında 0.20'ye düşmüştür. Kökte Mg:S oranı kükürt uygulanmayan (S_0) dozda 2.90 olup, 800 ppm SO_4^{-2} (S_3) uygulamasında 0.20'ye düşmüştür.

S:Fe oranı, domates bitkisinin üst aksamında bitkilere uygulanan kükürt konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak artmıştır. Kökte de S:Fe oranı aynı değişimi göstermiştir. Domates bitkisinin üst aksamında S:Fe oranı 11.06-44.52 arasında, kökte ise 1.19-14.57 arasında değişmiştir.

S:Cu oranı, domates bitkisinde üst aksamda uygulamalara bağlı olarak artmış, kökte kükürdün S:Cu oranına etkisi düzenli olmamıştır. Bu oran, bitki üst aksamında 153.34-1333.40 arasında, kökte ise 14.66-124.28 arasında değişmiştir.

S:Zn oranı, bitki üst aksamında kükürt uygulamasındaki artışa bağlı olarak, kükürt uygulanmayan (S₀) dozda 36.5, 800 ppm SO₄⁻² (S₃) uygulamasında 315.78'e yükselmiştir. Aydın ve ark. (1997) bitkide S:Zn oranının kükürt uygulamasına bağlı olarak arttığını bildirmişlerdir. Yani kükürt ilavesi çinko alımını azaltmaktadır. Domates bitkisinin kök dokularında da benzer sonuçlar elde edilmiştir.

S:Mn oranı, bitki üst aksamında değişken değerler alırken, kökte uygulanan kükürt miktarındaki artışa bağlı olarak S:Mn oranı artmıştır. Bu oran, bitki üst aksamında 84.55-423.52 arasında, kökte ise 10.78-126.56 arasında değişmiştir.

Biber bitkisinde uygulanan kükürt dozlarına bağlı olarak kükürdün bitki mineral kapsamındaki diğer besin elementleri ile değişimi Tablo 3.14'de verilmiştir. Domates bitkisinde olduğu gibi makro besin elementlerinin kükürde göre değişimi incelenirken mikro besin elementlerinde anlamlı rakamlar elde edebilmek amacıyla kükürdün mikro besin elementlerine göre değişimi incelenmiştir.

Tablo 3.14. Biber Bitkisinde Uygulanan Kükürt Dozlarına Bağlı Olarak Kükürdün Bitki Mineral Kapsamındaki Diğer Besin Elementlerine Oranı.

Bitki kısımları	Kükürt dozu	N:S	P:S	K:S	Ca:S	Na:S	Mg:S	S:Fe	S:Cu	S:Zn	S:Mn
Üst Aksam	S ₀	49.00	4.26	11.46	5.67	1.86	1.6	9.74	71.42	21.40	18.20
	S ₁	18.60	3.73	9.24	2.09	0.82	0.60	11.57	149.00	86.13	43.47
	S ₂	16.95	4.18	10.90	1.86	0.70	0.54	9.08	190.64	88.56	84.27
	S ₃	15.50	1.77	7.89	1.54	0.58	0.48	19.48	342.85	85.71	117.64
Kök	S ₀	85.37	23	5.62	7.12	8.25	4.25	0.71	22.80	7.61	6.27
	S ₁	35.40	2.61	16.72	5.00	3.45	2.61	1.16	32.72	14.28	2.62
	S ₂	30.00	1.67	7.33	3.57	3.61	2.33	1.42	44.39	31.34	3.65
	S ₃	29.00	1.36	5.32	1.32	0.92	0.68	6.18	138.88	45.78	18.38

S₀ - 0 ppm SO₄⁻², S₁ - 200 ppm SO₄⁻², S₂ - 400 ppm SO₄⁻², S₃ - 800 ppm SO₄⁻²

Biber bitkisinde uygulanan kükürt konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak, domates bitkisinin üst aksamında olduğu gibi N:S oranı daralmıştır. Buna göre kökte N:S oranı 85.37-29.00 arasında, üst aksamda ise 49.00-15.50 arasında değişim gözlenmiştir.

P:S oranı, kökte domatesdeki gibi uygulamalara bağlı olarak daralırken, üst aksamda kükürt uygulamanın P:S oranına belirgin bir etkisi görülmemiştir. Biber bitkisinin üst aksamında P:S oranı 1.77-4.26 arasında değişirken, kökte 23-1.36 arasında değişmiştir.

K:S oranı biber bitkisinde domates bitkisinde olduğu gibi hem kökte hem de üst aksamda uygulanan kükürt dozlarına bağlı olarak düzenli bir değişim göstermemiştir. Bitki üst aksamında 7.89-11.46, kökte 5.32-16.72 arasında değişen değerler almıştır.

Ca:S oranı, biber bitkisinde domates bitkisinde olduğu gibi uygulanan kükürt konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak azalmış olup, bitki üst aksamında 5.67-1.54, kökte ise 7.12-1.32 arasında değişen değerler aldığı tespit edilmiştir.

Na:S oranı, biber bitkisinde üst aksama artan kükürt uygulamasına bağlı olarak daralmış, kökte düzenli bir değişim göstermemiştir. Bitki üst aksamında Na:S oranı, 1.86-0.58 arasında, kökte ise 0.92-8.25 arasında değişen değerler almıştır.

Mg:S oranı, biber bitkisinde domates bitkisinde olduğu gibi artan dozdaki kükürt uygulamasına bağlı olarak daralmıştır. Biber bitkisinin üst aksamında Mg:S oranı 1.60-0.48 arasında, kökte ise 4.25-0.68 arasında değişmiştir.

S:Fe oranı, biber bitkisinde kükürt konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak artmış, bitki üst aksamında düzenli bir değişim göstermemiştir. Bu oran, bitki üst aksamında 9.08-19.48 arasında, kökte ise 0.71-6.18 arasında değişmiştir.

S:Cu oranı, bitkide uygulanan kükürt dozundaki artışa bağlı olarak hem kökte hem de bitki üst aksamında artmıştır. Biber bitkisinde bitki üst aksamında S:Cu oranı 22.80-138.88 arasında, kökte ise 71.42-342.85 arasında değişmiştir.

S:Zn oranı, biber bitkisinde artan dozda kükürt uygulamasına bağlı olarak kökte artarken bitki üst aksamında düzenli değişim göstermemiştir. Bu oran, bitki üst aksamında 21.40-88.56 arasında değişen değerler alırken, kökte ise 7.61-45.78 arasında değişmiştir.

S:Mn oranı bitki üst aksamında kükürt uygulamasına bağlı olarak artarken, kökte değişken değerler almıştır. Biber bitkisinde S:Mn oranı bitki üst aksamında 18.20-117.64 arasında, kökte ise 2.62-18.38 arasında değişmiştir.

4. SONUÇ

Su kültüründe kükürt gübrelenmesinin domates ve biber bitkilerinde kuru madde ve mineral madde içeriklerine etkisini araştırmak amacıyla yapılan bu çalışmada :

1. Kükürt uygulanmayan dozlarda, domates ve biber bitkilerinde kükürt noksanlık belirtileri görülmüş olup, artan dozlardaki kükürt uygulamasında bitkilerin gelişimleri farklı olmuştur.
2. Domates ve biber bitkilerinde kükürt gübrelenmesinin kuru madde içeriğine etkisi farklı olup, domates bitkisinde kuru madde içeriği 400 ppm SO_4^{-2} uygulamasında biber bitkisinde kuru madde içeriği 800 ppm SO_4^{-2} uygulamasında en yüksek değeri almıştır. Domates bitkisinde kuru madde miktarı kontrole göre 400 ppm SO_4^{-2} uygulamasında % 631, biber bitkisinde kontrole göre 800 ppm SO_4^{-2} uygulamasında % 342 olmuştur.
3. Uygulanan kükürt miktarındaki artışa bağlı olarak her iki bitkide de bitkilerin kükürt içeriği artmıştır. Domates bitkisinin kükürt içeriği kontrole göre 800 ppm SO_4^{-2} uygulamasında oransal olarak üst bitki aksamında % 421, kökte % 818 olmuştur. Biber bitkisinde kükürt içeriği kontrole göre 800 ppm SO_4^{-2} uygulamasında bitki üst aksamında % 220, kökte % 213 olmuştur.
4. Kükürt uygulamasının diğer besin elementlerine etkisi farklı olmakla birlikte, P, K, Fe üzerindeki etkisi domates ve biber bitkilerinde istatistiki olarak çok önemli bulunmuştur.
5. N:S oranları kükürt uygulamasındaki artışa bağlı olarak domates ve biber bitkisinde daralmıştır.

KAYNAKLAR

- Adams, P., 1994. Some effects of the environment on the nutrition of green house tomatoes. *Acta Hort.* 366 : 405-416.
- Alan, R. and Padem, H., 1994. The influence of some foliar fertilizers on growth and chemical composition of tomatoes under greenhouse conditions. *Acta Hort.* 366 : 394-404.
- Aulakh, M.S, G. Dev and Arora, B.R., 1976. Effect of sulphur fertlization on nitrogen-sulphur relationships in alfalfa (*Medicago sativa* L. Pers.) *Plant and Soil* 45 : 75-80.
- Aulakh, M.S., Bhajan Singh and Arora, B.R., 1977. Effect of sulphur fertilization on the yield and quality of potatoes. *J. Indian Soil Soc. Sci.* 25 (2) : 182-185.
- Aulakh, M.S. and G. Dev. 1978. Interaction effect of calcium and sulphur on the growth and nutrient composition of alfalfa (*Medicago sativa* L. Pers), using ³⁵S. *Plant and Soil.* 50 : 125-134.
- Aulakh, M.S. and N.S. Pasricha, 1977. Interaction effect of sulphur and phoshorus on growth and nutrient content of moong (*Phaseolus aureus* L.). *Plant and Soil.* 47 : 341-350.
- Aydemir, O., 1992. Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği. Atatürk Üni. Yay.No : 734. Ziraat Fak. No : 315, Ders Kitapları Seri No : 67.
- Aydemir, O., 1993. Toprak Verimliliği. Atatürk Üni. Ziraat Fak. Ders Kitabı Yay. No : 155.
- Aydeniz, A. and A. Brohi, 1995. Effect of sulphur fertlization on the dry matter yield and S-content of cotton and maize crop grown on south Anatólian and Çukurova Soil. *Soil Fertility and Fertilizer Management 9th International Syposium of CIEC - 197-201.* 25-30 Eylül Kuşadası - Söke, Türkiye.
- Aydeniz, A. ve A. Brohi, 1984. Pamukta kireç-kükürt ilişkileri. *Ç.Ü. Ziraat Derg.* 1 (1) : 111-129.
- Aydın, A., Y.Sezen ve Z. Gültepe, 1997. Farklı pH'ya sahip topraklara uygulanan Zn ve S'ün çeltik bitkisinin gelişmesine etkisi. I. Ulusal Çinko Kongresi Özetler Kitapçığı. 12-16 Mayıs 1997 Eskişehir.
- Bayraklı, F., 1987. Toprak ve Bitki Analizleri. 19 Mayıs Üniv. Yayın No : 17, Samsun (Çeviri) Yazarlar :Ir.J. Ch. Van Schonwenburg, Dr. Ir. V. J. G. Houba, Dr. Ir. I. Novozanisky ve I. Walinga.
- Beaton, J.D., 1965. Sulfur requirements of cereals, tree fruits, vegetables and other crops. *Soil Sci.* 101 (4) : 267-282.

- Brohi, A., A. Aydeniz, M.R. Karaman ve S. Erşahin, 1994. Bitki Besleme. Gazi Osman Paşa Üni. Ziraat Fak. Yay. No : 4, Kitap Ser. No : 4, Tokat.
- Chien, S. H., D.T. Hellums and J. Henao., 1987. Greenhouse evaluation of elemental sulfur and gypsum for flooded rice. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51 : 120-123.
- Coleman, R., 1965. The importance of sulfur as a plant nutrient in world crop production. *Soil Sci.* 101 (4) : 230-239.
- Cowling D.W. and L.H.P., Jones, 1970. A deficiency in soil sulphur supplies for perennial ryegrass in England. *Soil Sci.* 110, 346-354.
- Dowdy, S. and S. Wearden, 1983. *Statistics for Reseach.* John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Freman G.G., Mossadeghi, 1972. Studies on sulphur nutrition and flavour production in watercress (*Rorippa nasturtion - aquaticum* (L) Hayek). *The of Hort Sci.* 47 (3): 375-387.
- Gaines, T.P. and S.C. Phatak, 1982. Sulfur fertlitzation effects on the constancy of the protein N:S ration in low and high sulfur accumulating crops. *Agronomy Journal* 74 : 415-418.
- Goh, K.M. and K.K. Kee, 1978. Effects of nitrogen and sulphur fertilization on the digestibility and chemical composition of perennial ryegrass (*Lolium Perenne* L.) *Plant and Soil.* 50 : 161-177.
- Grodan, E., 1988. *Growing plants in rockwool.* Grodania A/S, London.
- Gupta, U. C., R.L. Veinot, 1974. Response of crops to sulfur under greenhouse conditions. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 38 : 785-788.
- Günay, A., 1992. Özel Sebze Yetiştiriciliği. Cilt IV. Çağ Matbaası, Ankara.
- Haque, I. and D. Walmsley, 1973. Response of pak, Chai (*Brassica chinensis* L.) to added sulphur in some West Indian Soils. *Crop. Agric.* 50 (1) : 55-61.
- Hassan, N. and R.A. Olson, 1966. Influence of applied sulphur on the availability of soil nutrients for corn (*Zea Mays*) nutrition. *Soil Sci. Amer. Proc.* 30 : 284-286.
- Hewitt, E.W.J., 1966. *Sand and water culture methods used in study of plant nutrition.* Eastern, Press. London.
- Hu H. and D. Sparks, 1992. Nitrogen and sulfur interaction influences net photosynthesis and vegetative growth of pecan. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117 (1) : 59-64.
- Hue, H. D. Spark and J.J. Evans, 1991. Sulfur deficiency influences vegetative growth, chlorophyll and element concentration and aminoacids of pecan. *J. Amer, Soc. Hort, Sci,* 116 (6) : 974-990.
- Jordan, H.V. and L. E. Ensminger, 1958. The role of sulfur in soil fertility. *Advances in Agronomy.* 10 : 408-432.

- Kacar, B., 1970. Effect of various forms of sulfur applied in different rates and times on the growth of corn. University of Ankara Yearbook of the Faculty. Agriculture. 20-40.
- Kacar, B., 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri II. Bitki Analizleri. Ankara Üni. Yayın No : 453, Ziraat Fak. Uygulama Klavuzu, 155.
- Kacar, B., 1994. Gübre Bilgisi. Ankara Üni. Yayın No : 1383, Ziraat Fak. Ders Kitabı: 397.
- Kacar, B., 1996. Bitki Fizyolojisi, Ankara Üni. Yayın No : 1447 Ziraat Fak. Ders Kitabı, 427.
- Lee, F.A., 1975. Basic Food Chemistry. The Avi Publishing Company Inc. Westport, Connecticut.
- Martin, W. and E. T.W. Walker, 1965. Sulfur requirements and fertilization of pasture and forage crops. Soil Sci. 101 (4) : 248-257.
- Masoni, A., L. Erocli and Marco Mariotti, 1996. Spectral properties of leaves deficient in iron, Sulfur, Magnesium and manganese. Agronomy J. 88 : 937-943.
- Mikkelsen, R.L. and H.F. Wan, 1990. The effect of selenium on sulfur uptake by barley and rice. Plant and Soil. 121 : 151-153.
- Padem, H. and R. Alan, 1994a. The effect of some substrates on yield and chemical composition of pepper under greenhouse conditions. Acta Horticulture. 366 : 445-452.
- Padem, H. and R. Alan, 1994b. The effect of some substrates and foliar fertilizers on growth and chemical composition of peppers under greenhouse conditions. Acta Horticulture, 366 : 453-460.
- Pasricha, N.S. and R.L. Fox, 1993. Plant nutrient sulfur. Advances in Agronomy. 50 : 209-269.
- Pavanasivam, V. and J.H. Axley, 1982. Effect of sulfur and potassium on zinc absorption by barley. Plant and Soil. 64 : 393-401.
- Peech, M., 1982. Hydrogen-ion activity. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 914-924. Amer. Soc. Agron. Madison Wisconsin.
- Randle, W.M and M.L. Bussard, 1993. Pungency and sugars of short - day onions effected by sulfur nutrition. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118 (6) : 766-770.
- Randle, W.M., M.L. Bussard and D.F. Warnock, 1993. Ontogeny and sulfur fertility affect leaf sulfur in short-day onions. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118 (6) : 762-765.

- Rendig, V.V., C. Oputa and E.A. McComb, 1976. Effects of sulfur deficiency on non-protein nitrogen, soluble sugars and N-S ratios in young corn (*Zea Mays L.*) plants. *Plant and Soil*. 44 : 423-437.
- Reneau, R.B., 1983. Corn response to sulfur application in coastal plain soils. *Agronomy Journal*. 75 : 1036-1040.
- Rhoades, J.D. and J.D.Oster, 1986. Solute Content. In *methods of Soil Analysis*. A. Klute (ed.) Part I. Physical and Mineralogical Methods. p.985-1006, ASA-SSSA Agronomy, No : 9, Madison WI.
- Sezen, Y., 1991. Gübreler ve Gübreleme. Atatürk Üni. Ziraat Fak. Ders Kitabı Yayın No : 155.
- Smith, L.D., 1987. *Bockwool in horticulture* London.
- Stanford, G., H.V.Jordan, 1966. Sulfur requirements of sugar, fiber and oil crops. *Soil Sci*. 101 (4) : 258-266.
- Tıwari, K.N. and B.S. Dwivedi and N. Pathak, 1985. Iron pyrites an sulphur fertilizer for legumes. *Plant and Soil*. 86 : 295-298.
- Tisdale, S.L. and W. Nelson, 1974. *Soil Fertility and Fertilizers*. Third Edition Macmillan Publishing. Co., Inc. NewYork.
- Ülgen, N.F. Eyüpoğlu, N. Kurucu ve S. Talaz, 1989. Türkiye topraklarının bitkilere yarayışlı kükürt durumu. TOK. Köy Hiz. Gen. Müd. Toprak ve Gübre Araş. Enst. Müd. Genel Yayın No : 162, Teknik Yayın No : 60, Ankara.
- Varış, S., 1997. Sera sebzelerinin perlit doldurulmuş torbalarda topraksız yetiştirilmeleri (2. Baskı). Trakya Üniv. Tekirdağ Ziraat Fak. Yayın No : 128.
- Voogt, W., 1993. Nutrient uptake of year round tomato crops. *Acta Horticulturae*. 339 : 99-112.
- Yıldız, N. ve O. Aydemir, 1995. NH_4 ve NO_3 beslenmesinin su kültüründe yetiştirilen domates bitkisinin gelişme ve mineral içeriğine etkisi. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 26 (4) : 526-536.