

**MİKORİZA VE ELEMENTER KÜKÜRTÜN BİTKİ TARAFINDAN
TOPRAKTAN FOSFOR ALIMINA ETKİSİ***

The Effect of Mycorrhizae and Elemental Sulphur to The Uptake of
Phosphorus by The Plants*

Hüseyin KARACA
Toprak Anabilim Dalı

Zülküf KAYA
Toprak Anabilim Dalı

ÖZET

Bu çalışma mikoriza olarak adlandırılan kök mantarı aşılması ve 100 mg/kg elementer kükürt ilavesinin soya ve mısır bitkilerinin biokütle üretimine, fosfor içeriğine etkilerini belirleme amacıyla yürütülmüştür. Denemelerde kullanılan fosforca fakir steril edilmiş Karaburun ve Menekşe serisi topraklarında yetiştirilen soya ve mısır bitkilerinden elde edilen biokütle kuru madde verimi ve fosfor içeriği değerlendirilmiştir. Kontrol uygulamasına oranla 100 mg/kg elementer kükürt ilavesiyle toprak üstü aksam ve kök verimi ile fosfor içeriği değişmemiştir. Mikoriza ilavesiyle toprak üstü aksam ve kök verimi ile fosfor içeriği artış göstermiştir. Mikoriza ilavesiyle elde edilen söz konusu artış mikoriza ve 100 mg/kg elementer kükürt ilavesiyle değişmemiştir.

Sonuçlar 100 mg/kg elementer kükürt ilavesinin verimde ve fosfor içeriğinde etkili olmadığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler : Soya, Mısır, Fosfor, Elementer Kükürt, Mikoriza

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the inoculation of the root fungi called mycorrhizae, 100 mg/kg elemental sulphur addition for the effects on the biomass production and phosphorus content of soybean and corn. The values of dry matter production and phosphorus content obtained from the soybean and corn grown in the sterilized soils of Karaburun and Menekşe deficient in phosphorus used in the experiments were investigated. The shoot and root yield and phosphorus content did not change by the addition of 100 mg/kg elemental sulfur compared to the control treatment. By the addition of mycorrhizae the shoot, root yield and phosphorus content increased. The increase obtained by the addition of mycorrhizae in question did not change by the addition of mycorrhizae and 100 mg/kg elemental sulfur.

The results indicated that 100 mg/kg elemental sulfur addition was not efficient in the yield and phosphorus content.

Key Words: Soybean, Corn, Phosphorus, Elemental Sulphur, Mycorrhizae

*Doktora Tezi-Ph.D. Thesis

GİRİŞ

Her geçen gün artan nüfus artışına karşılık insanoğlu bitkisel üretimi arttırma yoluyla gerekli olan gıda miktarını karşılamak için yeni metotlar ve teknikler geliştirmenin yanı sıra yeni bilimsel yaklaşımlar geliştirme yoluna gitmiştir. Yapılan araştırmaların en önemlilerinden birisi kuşkusuz Bitki Besleme ve Gübreleme bilimi ile ilgili çalışmalardır. Bu bilim dalı bitki için ideal beslenme şartlarını ve ideal gübreleme dozlarını ve yöntemlerini en ekonomik ve en kazançlı yoldan en fazla tarım ürünlerinin topraktan elde edilmesini ve en ideal düzeyde toprağın verimliliğinin kalıcı biçimde hayata geçirilmesine olanak sağlamaktadır. Böylece birim alandan daha çok insanı beslemek mümkün olmaktadır. Toprak bilimi ve bitki besleme yönünde amaç, insanın beslenme ve lif için gereksinim duyduğu bitkinin tarım topraklarında yetiştirilmesinde toprakların bitkinin gereksinim duyduğu besin elementlerini sağlamaktır. Son yıllarda bitki ıslahı ile bitkinin verim gücü yanında sulama ve gübreleme ile birim alanda alınan yüksek ürün miktarı, doğal olarak, toprağa besin elementlerinin ilavesini veya, toprakların ve bitkinin doğal ekolojik mekanizmalarının yönetilmesini önemli kılmaktadır. Bu bağlamda topraktaki mikroorganizmalardan mikoriza mantarları bitkinin dengeli beslenmesi için son yılların önemli bir biyogübresi olarak kullanılmaktadır. Bu bağlamda mikoriza mantarının faydalı etkilerini toprağa ve elde edilecek bitkisel ürüne yansıtma göze çarpan akılcı bir çözüm olarak kendini göstermektedir.

Mikoriza bitki köklerini infekte ettiği zaman bitki daha fazla besin ve su almaktadır (Ortaş., 1997). Mikoriza oluşturduğu uzun ve ince hifleri sayesinde bitki köklerinin bir uzantısı gibi davranmaktadır. Böylece daha derinlere ulaşma ve daha çok yüzey alanı oluşturma suretiyle toprakta daha çok bitki kökü için temas yüzeyi oluşturmaktadır. Böylece bitkinin topraktan daha çok su ve mineral maddeyi etkin bir şekilde kullanmasını sağlamaktadır. Bu bağlamda, mikoriza uygulaması bitki kuru madde verimini arttırmaktadır (Mohammed ve ark., 2004).

Kükürdün toprakta asitliği arttırıcı karakteriyle mineral ayrışmasını arttırması ile özellikle kireçli topraklarda bitki köklerinin bitki mineral besin elementlerini daha kolay ve büyük oranda almasına olumlu yönde etki etmesi ayrıca son yıllarda ilgi alanı haline gelmiştir. Cui ve ark (2004) tarafından yapılan araştırmada 200 mmol S kg⁻¹ oranında kükürt uygulamasıyla toprak pH'sının yaklaşık 0.3 ünite azaldığı ve besin elementlerinin çözünürlüğü önemli ölçüde arttığı rapor edilmiştir. Dolayısıyla da kükürt uygulaması bitki kuru madde verimini arttırmaktadır (Nuttall ve ark., 1993; McLaughlin ve Holford, 1982; Yibirin ve ark., 1996; Oates ve Kamprath, 1985).

Mikoriza ve elementer kükürdün birlikte verim üzerinde etkisi çok az çalışılmıştır. Mikoriza ve elementer kükürdün kombine etkilerinin besin elementleri alımı ve verim üzerine etkisi bilimsel olarak araştırılmaya değer niteliktedir. Bu çalışmanın amacı kireççe zengin iki farklı toprak serisinde değişik familyalara ait bitki türlerinde (soya, mısır) elementer kükürt, fosfor ve mikorizanın steril edilen toprak koşullarında bitkilerin biyokütle verimine ve fosfor içeriğine etkilerini belirlemektir.

Materyal ve Metot

Materyal

Deneme 2008 yılı yetiştirme sezonunda Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü seralarında yürütülmüştür. Denemede kireççe zengin Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Araştırma Uygulama Çiftliği arazisinde yer alan Karaburun serisi toprağı ve Adana'nın kuzeyinde yer alan Menekşe köyü yakınlarından alınan Menekşe toprak serisi (anamateryali marn) toprağı kullanılmıştır. Mikoriza olarak *G. mossea* türü kullanılmıştır. Bitki olarak Soya (Arısoy) ve Mısır (31P41 PIONEER) kullanılmıştır.

Metot

Deneme sera koşullarında 5 kg toprak kapasiteli plastik saksılarda üçlü tekerrür halinde yürütülmüştür. Kullanılan hava kurusu topraklar 2mm'lik elekten geçirilmiştir. Daha sonra steril etme amacıyla özel naylon poşetler içersine konularak 121 °C' de iki saat süreyle otoklavda steril edilmiştir. Steril topraklar mikrobiyal dengenin sağlanması için iki hafta bekletilmiştir. Her saksıya steril edilen topraktan 4 kg konulmuştur. Denemede temel gübreleme olarak her saksıya mısır için 500 mg/kg N, soya için 125 mg/kg N (üre formunda), 250 mg/kg K (KNO₃ formunda), 5 mg/kg Zn(ZnSO₄ formunda) ve 20 mg/kg Fe (Fe-EDDHA formunda) uygulanmıştır. Buna ek olarak fosfor ve elementer kükürt uygulanan saksılarda 100 mg/kg P(Triple süper fosfat formunda) ve 100 mg/kg S(elementer S formunda) de saksıdaki toprağa uygulanmıştır. Mikoriza uygulaması deneme topraklarının yarısına (*Glomus mosseae*) yapılmış, diğer yarısına aynı oranda mikorizadan arındırılmış yetiştirme ortamı ilave edilmiştir. Mikoriza uygulaması mikorizalı kurumuş asma bitkisi kökleri civarından alınan 145 g toprağın gübre karışımlarının yapıldığı saksı toprağının üzerine konularak yüzeyden 5 cm kadar olan toprak profiliyle karıştırılarak yapılmıştır. Daha sonra saksılar saf su ile tarla kapasitesine kadar sulanmıştır. Toprak tavına geldiği zaman diğer bir ifade ile tohum ekimi için toprak elverişli hale geldiğinde ekim yapılmıştır.

Deneme Deseni: ((-M)-(SOP0)): Kontrol, ((-M)-(SOP1)): 100 mg/kg fosfor, ((-M)-(S1P0)): 100 mg/kg elementer kükürt, ((-M)-(S1+P1)): 100 mg/kg elementer kükürt + 100 mg/kg fosfor, ((+M)-(SOP0)): Mikoriza, ((+M)-(SOP1)): Mikoriza + 100 mg/kg fosfor, ((+M)-(S1P0)): Mikoriza + 100 mg/kg elementer kükürt, ((+M)-(S1P1)): Mikoriza + 100 mg/kg elementer kükürt + 100 mg/kg fosfor. Her saksıya 10'ar tohum ekilmiş, çimlenme tamamlanınca bitkiler 5 adete seyreltilmiştir. Bitki gelişme süresince saf su ile tarla kapasitesine kadar sulanmıştır.

Steril edilen topraklarda soya bitkisi 24 Haziran 2008 tarihinde ekilip 8 Ağustos 2008 tarihinde hasat edilmiştir. Mısır bitkisi 19 Temmuz 2008'de ekilip 2 Eylül 2008'de hasat edilmiştir. Toprak üstü aksam toprak yüzeyinden 0.5 cm düzeyinden hasat edilmiştir. Kökler topraktan itinayla ayıklanarak hasat edilmek suretiyle bitki saf su ile yıkanıp analize hazırlanmıştır. Temizlenen toprak üstü aksam ve kökler 65 °C'de etüvde üç gün süreyle kurutulup kuru madde verimleri belirlenmiştir. Kurutulmuş toprak üstü aksamından bir kısmı öğütülerek P içeriklerini belirlemek için küçük plastik poşetler içersinde muhafaza edilmiştir.

Bitki örneklerinde element tayinleri için önce örnekler 550 °C'de yakılıp elde edilen kül 1/3'lük HCl içerisinde filtre edildikten sonra fosfor kolorimetrik olarak spektrofotometre ile belirlenmiştir (Barton, 1948).

Elde edilen verilerin istatistiksel analizleri MSTATC programı kullanılarak Bölünen Bölünmüş Parseller Deneme Desenine göre yapılmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Mısır bitkisinin toprak üstü aksam verimi (g/saksı) : Steril edilen Karaburun toprağında yetiştirilen mısır bitkisinin toprak üstü aksam verim değerleri istatistiksel açıdan ($P<0.05$) önemsiz bulunmuştur (Çizelge 1).

Steril edilen Menekşe toprağında yetiştirilen mısır bitkisinin toprak üstü aksam verimi kontrol (S0P0) uygulamasına 100 mg/kg elementer kükürt (S1P0) ilavesiyle istatistiksel açıdan değişmemiştir. Kontrol uygulamasına mikoriza ilavesiyle verim 3.27 g/saksı değerinden 14.63 g/saksı değerine kadar artış göstermiştir. Bu artış buğdayda mikoriza aşılmasının önemli ölçüde daha fazla verim artışına neden olduğunu ifade eden Mohammed ve ark. (2004)'nin bulgularıyla aynı doğrultudadır. Mikoriza ilavesiyle elde edilen verim değeri mikoriza ve 100 mg/kg elementer kükürt (S1P0) uygulamasıyla değişmemiştir. Verimdeki bu aynı düzeyde kalış buğday bitkisiyle çalışan ve hektara 36 kg elementer kükürt ilavesiyle 0.46 ton verim artışı elde eden Nuttall ve ark. (1993)'nin bulgularına paralellik göstermemektedir. Elementer kükürt toprakta biyolojik ve abiyolojik olarak oksitlenmek suretiyle H_2SO_4 'e dönüşür. $S + 3/2 O_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$. Böylece kök bölgesinde kalsiyum fosfatların çözünlülüğünün artarak bitki tarafından daha kolay alınabileceği düşünülür. Ancak bu denemede topraklar steril edildiğinden kükürt oksitleyen bakteriler toprakta bulunmamaktadır. Bu nedenle elementer S ancak abiyolojik yolla (havanın oksijeni) oksitlenebilir. Bu da uzun zaman gerektirebilir. Bu denemede uygulanan elementer kükürtün verime olumlu etkisinin görülmemesinin bir nedeni de bu olabilir. Mikorizalı (+M) uygulamalarda 100 mg/kg fosfor (S0P1) ilavesiyle elde edilen 66.33 g/saksı toprak üstü aksam verim değeri 100 mg/kg fosfor ve 100 mg/kg elementer kükürt (S1P1) ilavesiyle istatistiksel açıdan önemli düzeyde 56 g/saksı değerine düşmüştür. Bu verim azalışı elementer kükürt, fosfor ve mikorizanın olumsuz etkileşimlerinin sonucu olabilir. En yüksek toprak üstü aksam verimi mikorizasız (-M) uygulamalarda 75 g/saksı değeri ile 100 mg/kg fosfor (S0P1) ilaveli uygulamadan elde edilmiştir (Çizelge 1).

Mısır bitkisinin kök verimi (g/saksı) : Steril edilen Karaburun toprağında yetiştirilen mısır bitkisinin kök verim değerleri istatistiksel açıdan ($P<0.05$) önemsiz bulunmuştur (Çizelge 1).

Steril edilen Menekşe toprağında yetiştirilen mısır bitkisinin kök verimi mikorizasız (-M) ve mikorizalı (+M) uygulamalarda 100 mg/kg elementer kükürt (S1) ilavesi verimde az da olsa azalmaya neden olmuştur. Bu azalış elementer kükürt, fosfor ve mikorizanın olumsuz etkileşimlerinin sonucu olabilir. Kontrol (S0P0) uygulamasından elde edilen 0.69 g/saksı kök verim değeri mikoriza

ilavesiyle istatistiksel açıdan ($P<0.05$) önemli bir şekilde 5.29 g/saksı değerine yükselmiştir. Buğdayda mikorizalı uygulamaların mikorizasız uygulamalara göre kök verimini daha fazla arttırdığını kaydeden Al Karaki ve Al Raddad (1997)'ın bulguları ile bu araştırmadan elde edilen bulgular paralellik göstermektedir. En yüksek kök verimi 21.97 g/saksı değeri ile mikorizasız (-M) uygulamalarda 100 mg/kg fosfor (S0P1) uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Mikorizalı (+M) ve mikorizasız (-M) ortamda elementer kükürt ve fosfor uygulamasının Karaburun ve Menekşe serisi toprağında yetiştirilen mısır bitkisinin toprak üstü aksam ve kök aksamı kuru madde verimi ile toprak üstü aksam/kök aksamı oranına etkisi

Mikoriza Uygulaması	S (mg/kg)	P (mg/kg)	Toprak Üstü Aksam (g/saksı)	Kök Aksamı (g/saksı)	Toprak Üstü Aksam/Kök Oranı
Karaburun					
- M	S0	P0	3.68 ± 0.16	0.67 ± 0.03	5.49
	S0	P1	58.67 ± 2.08	15.11 ± 0.15	3.88
	S1	P0	3.92 ± 0.13	0.67 ± 0.03	5.85
	S1	P1	58.33 ± 1.53	14.34 ± 0.20	4.06
+ M	S0	P0	11.42 ± 0.07	3.28 ± 0.13	3.48
	S0	P1	43 ± 2.00	24.58 ± 1.28	1.74
	S1	P0	9.23 ± 0.09	2.58 ± 0.12	3.57
	S1	P1	42.33 ± 2.08	21.74 ± 0.76	1.94
Menekşe					
- M	S0	P0	3.27 ± 0.10E	0.69 ± 0.02D	4.73
	S0	P1	75 ± 0.00A	21.97 ± 0.31A	3.41
	S1	P0	2.99 ± 0.10E	0.54 ± 0.04D	5.53
	S1	P1	73 ± 2.00A	17.87 ± 0.35AB	4.08
+ M	S0	P0	14.63 ± 0.23D	5.29 ± 0.19C	2.76
	S0	P1	66.33 ± 2.52B	18.67 ± 0.32AB	3.55
	S1	P0	11.49 ± 0.04D	4.33 ± 0.12CD	2.65
	S1	P1	56 ± 1.00C	17.68 ± 0.20B	3.16

Mısır bitkisinin toprak üstü aksam/kök oranı : Steril edilen Karaburun ve Menekşe toprağında yetiştirilen mısır bitkisinin toprak üstü aksam/kök oranı 100 mg/kg fosfor (P1) ilavesiyle azalmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 2. Mikorizalı (+M) ve mikorizasız (-M) ortamda elementer kükürt ve fosfor uygulamasının Karaburun ve Menekşe serisi toprağında yetiştirilen soya bitkisinin kuru madde verimi ile toprak üstü aksam/kök aksamı oranına etkisi.

Mikoriza Uygulaması	S (mg/kg)	P (mg/kg)	Toprak Üstü Aksam (g/saksı)	Kök Aksamı (g/saksı)	Toprak Üstü Aksam/ Kök Oranı
Karaburun					
- M	S0	P0	2.49 ± 0.07D	1.15 ± 0.02D	2.16
	S0	P1	25.83 ± 0.91A	7.69 ± 0.10B	3.35
	S1	P0	2.92 ± 0.16D	0.97 ± 0.08D	3.01
	S1	P1	23.83 ± 0.55AB	8.27 ± 0.19B	2.88
+ M	S0	P0	11.01 ± 0.61C	4.40 ± 0.15C	2.50
	S0	P1	20.99 ± 0.81B	7.68 ± 0.13B	2.73
	S1	P0	11.21 ± 0.25C	4.34 ± 0.05C	2.58
	S1	P1	22.01 ± 1.07B	9.75 ± 0.28A	2.25
Menekşe					
- M	S0	P0	1.75 ± 0.05C	0.34 ± 0.01C	5.14
	S0	P1	27.91 ± 0.25A	7.33 ± 0.11B	3.80
	S1	P0	2.78 ± 0.10C	0.58 ± 0.03C	4.79
	S1	P1	18.50 ± 0.56AB	5.51 ± 0.22B	3.35
+ M	S0	P0	11.33 ± 0.47BC	4.01 ± 0.12BC	2.82
	S0	P1	24.42 ± 0.64AB	12.46 ± 0.33A	1.95
	S1	P0	10.69 ± 0.24BC	3.51 ± 0.18BC	3.04
	S1	P1	26.69 ± 0.51A	13.57 ± 0.21A	1.96

Soya bitkisinin toprak üstü aksam verimi (g/saksı) : Steril edilen Karaburun ve Menekşe toprağında yetiştirilen soya bitkisinin toprak üstü aksam verimi mikorizasız (-M) ve mikorizalı (+M) uygulamalarda 100 mg/kg elementer kükürt (S1) ilavesiyle istatistiksel açıdan ($P < 0.05$) önemli bir değişikliğe neden olmamıştır. Bu aynı düzeyde kalış buğdayda 100 mg/kg elementer kükürt ilavesiyle verim artışı elde eden Oates ve Kamprath (1985)'in bulgularıyla örtüşmemektedir. Kontrol (S0P0) uygulamasına mikoriza ilavesi her iki toprak serisinin toprak üstü aksam veriminde istatistiksel açıdan ($P < 0.05$) önemli artışa neden olmuştur. Bu artış mikoriza uygulamasıyla saman nezle otu bitkilerinin aşılınmamış bitkilere göre

daha yüksek sürgün kütlesine sahip olduğunu kaydeden Crowell ve Boerner (1988)'in bulgularıyla örtüşmektedir. En yüksek toprak üstü aksam verim değeri Karaburun ve Menekşe serisi topraklarında mikorizasız (-M) uygulamalarda 100 mg/kg fosfor (S0P1) ilavesiyle sırasıyla 25.83 g/saksı ve 27.91 g/saksı olarak bulunmuştur (Çizelge 2).

Soya bitkisinin kök verimi (g/saksı) : Steril edilen Karaburun ve Menekşe toprağında yetiştirilen soya bitkisinin mikorizasız (-M) uygulamalarında 100 mg/kg elementer kükürt (S1P0) ilavesi kök veriminde istatistiksel açıdan ($P<0.05$) bir değişikliğe neden olmamıştır. Bu bulgular üçgül bitkisiyle yapılan bir çalışmada kükürt uygulamasına karşı verimde bir artış olmadığını belirten Jones ve ark., (1977)'nin bulgularına paralellik göstermektedir. Steril edilen Karaburun ve Menekşe toprağında yetiştirilen soya bitkisinin mikorizalı (+M) uygulamalarında 100 mg/kg fosfor (S0P1) ilavesiyle elde edilen kök verimi 100 mg/kg fosfor ve 100 mg/kg elementer kükürt (S1P1) ilavesiyle istatistiksel açıdan ($P<0.05$) önemli ölçüde artarak her iki toprak serisinde en yüksek kök verimine neden olan uygulama olmuştur. Elde edilen bu artış mikoriza, elementer kükürt ve fosforun olumlu etkileşiminin bir sonucu olabilir. Her iki toprak serisinde kontrol uygulamasına mikoriza ilavesi kök verimini istatistiksel açıdan önemli ölçüde arttırmıştır. Bu bulgular buğdayda mikoriza aşılansız bitkilerin aşılansız bitkilere göre daha fazla verime sahip olduğunu ifade eden Mohammed ve ark., (2004)'nin bulgularına benzerlik göstermektedir (Çizelge 2).

Soya bitkisinin toprak üstü aksam/kök oranı : Steril edilen Karaburun toprağında yetiştirilen soya bitkisinin toprak üstü aksam/kök oranı 100 mg/kg fosfor (P1) ilavesiyle artmıştır. Steril edilen Menekşe toprağında yetiştirilen soya bitkisinin toprak üstü aksam/kök oranı 100 mg/kg fosfor (P1) ilavesiyle azalmıştır (Çizelge 2).

Mısır ve soya bitkisinin fosfor içeriği (%) : Steril edilen Karaburun ve Menekşe serisi toprağında yetiştirilen mısır bitkisinin fosfor içeriğinde (%) 100 mg/kg elementer kükürt uygulamasıyla kontrol uygulamasına göre istatistiksel açıdan ($P<0.05$) bir değişiklik kaydedilmemiştir. Mikoriza uygulamasıyla fosfor içeriği az da olsa artmıştır (Çizelge 3). Steril edilen Karaburun ve Menekşe serisi toprağında yetiştirilen soya bitkisinin fosfor içeriği (%) değerleri istatistiksel açıdan ($P<0.05$) önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 3 ve Çizelge 4'deki değerler bütün olarak değerlendirildiğinde bitkilerin fosfor içeriklerinin oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bu değerler Bergmann (1993) tarafından mısır için verilen değerlerle karşılaştırıldığında bu durum belirgin olarak görülmektedir. Bunun nedeni olasılıkla denemede kullanılan toprakların kireç içeriklerinin yüksek olması ve bunun önemli bir bölümünün aktif kireç olması nedeniyle uygulanan fosforun büyük bölümünün fiksasyona uğramış olması (Kaya, 1982, Mengel, 1991) olabilir. Bu nedenle uygulanan fosfor dozu yetersiz kalmış olabilir.

Çizelge 3. Mikorizalı (M+) ve mikorizasız (M-) ortamda elementer kükürt ve fosfor uygulamasının Karaburun ve Menekşe serisi toprağında yetiştirilen mısır bitkisinin fosfor içeriğine etkisi

Karaburun				Menekşe
Mikoriza Uygulaması	S (mg/kg)	P (mg/kg)	Fosfor %	Fosfor %
- M	S0	P0	0.07 ± 0.00B	0.07 ± 0.00
	S0	P1	0.09 ± 0.00AB	0.13 ± 0.00
	S1	P0	0.07 ± 0.00B	0.07 ± 0.00
	S1	P1	0.12 ± 0.00AB	0.12 ± 0.01
+ M	S0	P0	0.10 ± 0.00AB	0.11 ± 0.00
	S0	P1	0.13 ± 0.00A	0.13 ± 0.01
	S1	P0	0.10 ± 0.00AB	0.11 ± 0.00
	S1	P1	0.14 ± 0.00A	0.12 ± 0.00

Çizelge 4. Mikorizalı (+M) ve mikorizasız (-M) ortamda elementer kükürt ve fosfor uygulamasının Karaburun ve Menekşe serisi toprağında yetiştirilen soya bitkisinin fosfor içeriğine etkisi

Karaburun				Menekşe
Mikoriza Uygulaması	S (mg/kg)	P (mg/kg)	Fosfor %	Fosfor %
- M	S0	P0	0.09 ± 0.00	0.10 ± 0.00
	S0	P1	0.13 ± 0.00	0.22 ± 0.00
	S1	P0	0.10 ± 0.00	0.10 ± 0.00
	S1	P1	0.13 ± 0.00	0.20 ± 0.00
+ M	S0	P0	0.13 ± 0.01	0.16 ± 0.00
	S0	P1	0.17 ± 0.01	0.20 ± 0.01
	S1	P0	0.14 ± 0.01	0.16 ± 0.00
	S1	P1	0.16 ± 0.01	0.19 ± 0.00

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sera koşullarında Çukurova bölgesinin kireççe zengin ancak besin elementlerince fakir (Karaburun ve Menekşe) iki toprak serisinde steril edilmiş ortamda elementer kükürt, fosfor ve mikoriza uygulamasının mısır ve soya bitkilerinde toprak üstü ve kök aksamı kuru madde verimi, fosfor içeriğine etkisi

yürütülen saksı denemesinde incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kükürt uygulamasının mikorizalı ve mikorizasız ortamda hem Karaburun, hem de Menekşe serisinde mısırın toprak üstü kuru madde verimine etkisi olmamıştır. Olasılıkla deneme süresi kükürdün abiyolojik oksidasyonu için yeterli olmamıştır.

Fosfor uygulamaları her iki toprak serisinde de hem mikorizalı, hem de mikorizasız ortamda bitkinin toprak üstü aksamı kuru madde veriminde belirgin artışlar sağlamıştır. Aynı durum kök aksamı için de geçerlidir. Mikoriza uygulaması mikorizasız ortama göre her iki toprak serisinde kontrol variantında hem toprak üstü kuru madde, hem de kök aksamı kuru madde verimini belirgin şekilde arttırmıştır. Bu fark Menekşe serisinde daha belirgindir. Her iki toprak serisinde fosfor uygulaması mikorizanın etkinliğini azaltmıştır. Toprak üstü aksam/kök oranı dikkate alındığında her iki seride de genelde mikoriza uygulaması bu oranda azalmaya yol açmıştır. Bitkinin mikoriza ile iyi gelişmesinin bir göstergesi olarak gövde/kök oranı iyi bir parametredir.

Soya bitkisiyle yürütülen saksı denemesinden elde edilen sonuçlara göre her iki toprak serisinde hem mikorizalı hem de mikorizasız ortamda kükürdün toprak üstü aksam ve kök aksamı kuru madde verimine etkisi olmamıştır. Ancak Karaburun ve Menekşe serisinde mikorizasız ortamda kükürt fosforla birlikte uygulandığında toprak üstü kuru madde veriminde azalmaya, Menekşe serisinde mikorizalı ortamda aynı parametre yönünden artışa yol açmıştır. Fosfor uygulaması her iki seride de hem mikorizalı, hem de mikorizasız ortamda toprak üstü ve kök aksamı kuru madde veriminde belirgin artış sağlamıştır. Genelde mısır bitkisinde olduğu gibi, fosfor uygulaması mikorizanın etkinliğini azaltmıştır. Toprak üstü aksam/kök oranı dikkate alındığında, genelde mikoriza uygulaması az da olsa bu oranın düşmesine yol açmıştır.

Bitkilerin fosfor içerikleri incelendiğinde mısır bitkisi için Karaburun serisinde mikorizasız ve mikorizalı ortamda kükürdün etkisi görülmezken fosfor uygulamasının belirgin bir etkisi görülmüştür. Bu durum Menekşe serisi için de geçerlidir. Ancak burada dikkati çeken bir husus, genelde bitkilerin fosfor içeriklerinin son derece düşük olmasıdır. Bu durum deneme topraklarının aşırı kireçli olmaları nedeniyle uygulamanın 100 mg P/kg toprak dozunun yetersiz kalmasından kaynaklanmış olabilir. Menekşe serisinde mikorizalı ve mikorizasız ortamda uygulanan kükürt ve fosfor soyanın fosfor içeriğini belirgin şekilde arttırmıştır. Genelde mikoriza uygulanan bitkilerin fosfor içeriği, mikoriza uygulanmayanlara göre daha yüksektir. Ancak burada da mısır bitkisinde olduğu gibi, genelde bitkilerin fosfor içerikleri oldukça düşüktür.

Bu çalışmada mikoriza, elementer kükürt ve fosforun bitkinin fosfor alımı ve biyokütle üretimine etkisini belirlemek için fosforca son derece fakir, kil ve kireç içerikleri yüksek iki toprak serisi ve kükürt ihtiyaçları farklı iki bitki türü deneme materyali olarak seçilmiştir. Kükürt ve fosfor için uygulama dozu olarak da 100 mg/kg toprak seçilmiştir. Kükürdün beklenen etkisi görülmemiştir. Bu nedenle bundan sonra benzer konuda yapılacak çalışmalarda kireç içeriği daha düşük topraklarda deneme yapılması, kükürt dozunun artırılması, kükürdün oksidasyonu

için gerekli süreyi sağlamak amacıyla denemenin başlangıcından 2 ay öncesinden kükürdün toprağa karıştırılıp inkübasyona alınması önerilir.

Her iki toprak serisinde hem mikorizasız, hem de mikorizalı ortamda yetiştirilen her iki bitki türünün de fosfor içerikleri beklenenin altında gerçekleşmiştir. Bu nedenle bundan sonraki benzer çalışmalarda kil ve kireç içerikleri daha düşük topraklarda daha yüksek fosfor dozlarının denenmesinde yarar görülmektedir.

Kaynaklar

- AL KARAKI, G.N., A. AL RADDAD. 1997. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress on growth and nutrient uptake of two wheat differing in genotypes drought resistance. *Mycorrhizae*. 7:83-88.
- BARTON, C.J. 1948. Photometric analysis on phosphate rock. *İnd. Anal. Eng. Chem.* 20:1068-1073.
- BERGMANN, W. 1993. *Ernaehrungsstörungen bei Kultur pflanzen*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, s. 384.
- CROWELL, H.F., R.E.J. BOERNER. 1988. Influences of mycorrhizae and phosphorous on below-ground competition between two old-field annuals. *Environmental and Experimental Botany*, v.28(4) p.381-392.
- CUI, Y., Y. DONG, H. LI, Q. WANG. 2004. Effect of elemental sulphur on solubility of soil heavy metals and their uptake by maize. *Environment Int.* 30(3):323.
- JONES, M.B., W.A. WILLIAMS, J.E. RUCKMAN². 1977. Fertilization of trifolium subterraneum L. growing on serpentine soils¹. *Soil Sci. Soc. Am.J.*, vol.41.
- KAYA, Z. 1982. Çukurova bölgesinde yaygın bazı toprak serilerinde fosforun statüsü ve toprak-bitki sistemindeki dinamiği. Doçentlik tezi, Adana, 102 s.
- MCLAUGHLIN, B.D., I.C.R. HOLFORD. 1982. Initial and medium-term responses of white clover to three sulfur fertilizers on a basaltic soil. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 22(115):95-99.
- MENGEL, K. 1991. *Ernaehrung und stoffwechsel der pflanze*. Gustav Fischer Verlag, Jena, s.318.
- MOHAMMED, A., B. MITRA, A.G. KHAN. 2004. Effects of sheared-root inoculum of *Glomus intraradices* on wheat grown at different phosphorous levels in the field. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.103(1) p.245-249.
- NUTTALL, W.F., C.C. BOSWELL, A.G. SINCLAIR, A.P. MOULIN, L.J. TOWNLEY-SMITH, G.L. GALLOWAY. 1993. The effect of time of application and placement of sulphur fertilizers sources on yield of wheat, canola, and barley. *Commun. Soil. Sci. Plant. Anal.*, 24(17&18), 2193-2202.
- OATES, K.M., E.J. KAMPRATH². 1985. Sulfur fertilization of winter wheat grown on deep sandy soils¹. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 49:925-927.
- ORTAŞ, İ. 1997. Mikoriza nedir? TÜBİTAK dergisi. Ankara. Şubat 1997 sayı 351.
- YIBİRİN, H., J.W. JOHNSON, D. ECKERT. 1996. Corn production as affected by daily fertilization with ammonium, nitrate, and phosphorous. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 60:512-518.

