

**DÜŞÜK FOSFOR KOŞULLARINDA YETİŞEN MISIR GENOTİPLERİNİN
FOSFOR BESLENME STATÜLERİ ÜZERİNE KÜKÜRT VE ÇİNKO
ELEMENTLERİNİN ETKİSİ***

*Effects of Sulfur and Zinc on Phosphorus Nutrition Status of Corn Genotypes
Growing Under Low Phosphorus Conditions*

Senem GÖK
Toprak Anabilim Dalı

Hayriye İBRİKÇİ
Toprak Anabilim Dalı

ÖZET

Bu çalışmada amaç, fosfor içeriği düşük olan topraklarda ya da çeşitli toprak koşullarında yarıyışsız halde bulunan fosforun yarıyışlılığını artırmak ve uygulanan gübreden bitkinin fazlası ile yararlanmasını sağlamaktır. Yaygın olarak kullanılan mısır genotiplerinin (Sele, Brasco ve Tiater) düşük fosfor içeriği koşullarında fosfor etkinlikleri, kükürt ve çinkonun uygulandığı sera koşullarında test edilmiştir.

Fosfor içeriği düşük olan topraklarda topraktan artan düzeyde uygulanan fosfor ve çinkonun kuru madde verimini arttırmıştır. Artan dozlarda uygulanan fosfor ve çinko ile birlikte kuru madde verimi Brasco çeşidinde % 443, Sele çeşidinde % 312 ve Tiater çeşidinde ise % 390'lık bir artış göstermiştir. Ancak artan düzeyde uygulanan kükürdün kuru madde verimine etkisi önemli görülmemiştir.

Anahtar Kelimeler: fosfor, çinko, kükürt, mısır.

ABSTRACT

The goal of this study is to increase the availability of low or unavailable soil phosphorus and fertilizers for plant growth under various soil conditions. The efficiency of corn genotypes (Brasco, Sele, Tiater) were tested with phosphorus, zinc and sulfur applications in low-phosphorus containing soil under greenhouse conditions. The increased phosphorus and zinc applications increased dry matter yields such as; 443 % increase in Brasco, 312 % increase in Sele, 390 % increase in Tiater.

However, sulfur application has no effect on dry matter yield.

Key Words: phosphorus, zinc, sulfur, maize

Giriş

Bitkilerin verimliliklerinin artırılmasında Türkiye toprakları için azottan sonra en çok noksanlığı görülen elementlerden birisi fosfordur. Bitki kuru maddesinin % 0.3-0.5 'ini oluşturan fosfor; bitkilerin yapısında anahtar enzimlerin, nükleik asitlerin, fosfolipidlerin yapısında ve ATP ile ilgili reaksiyonlarda bitki gelişimi için mutlak gerekli olan besin elementlerinden birisidir.

* Yüksek Lisans Tezi-MSc.Thesis

Bitkisel üretimde verimliliğinin artırılmasında ülkemizde fosfor kadar noksanlığı görülen elementlerden birisi de çinkodur. Çinko bitki, hayvan ve insanların çok düşük miktarlarda gereksinim duyduğu ve mutlaka alınması gereken bir mikro elementtir. Çinko noksanlığı genelde yüksek pH, kireç ve metal oksitlerle düşük organik maddeden kaynaklanmaktadır. Çinko noksanlığında bitkilerde protein sentezinin gerilediği ve buna bağlı olarak amino asit ve amin birikiminin arttığı bilinmektedir.

Fosfor ve çinko kadar bitkisel üretimde verimliliği etkileyen bir diğer element' de kükürttür. Kükürdün bitki beslenmesinde özel bir önemi bulunmaktadır. Bitkisel üretimde ürün verimi üzerine olan etkisinin yanı sıra kükürt, sistein, methionin, birçok koenzimin, thioedoksinlerin, sülfolipidlerin ve proteinlerin yapısında yer almaktadır. Yetersiz kükürt, bitkisel verimde azalmalara neden olmaktadır.

Söz konusu olan bu elementlerin birbirleri ile etkileşimleri ve toprakta bulunma miktarları son derece önemlidir. Bu nedenle farklı fosfor dozları altında çinko ve kükürt uygulaması yapılarak, mısır genotiplerinin sera koşullarında büyümeleri test edilmiştir.

Materyal ve Metot

Materyal

Araştırma, 2005 yılı bahar döneminde Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü araştırma seralarında ve laboratuvarlarında yürütülmüştür.

Denemede kullanılan toprak, GAP bölgesinde yaygın olarak bulunan Harran I serisinin yüzey horizonundan alınmış olup, 2 mm'lik elekten geçirilerek her saksıya 2.750 kg toprak olacak şekilde hazırlanmıştır.

Denemede kullanılan toprak serisi, yüksek oranda kil içermekte ve bunun yanı sıra pH 7.7 ve düşük organik madde içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Yüzde tuz içeriği 0.12 ile tuzsuz, kireç oranı %30 ile çok fazladır.

Denemede kullanılan toprak yarayıklı fosfor (Olsen-P) açısından değerlendirildiğinde, 6.7 mg kg⁻¹'in yetersiz bulunduğu saptanmıştır.

Denemede kullanılan toprak mikro elementler açısından değerlendirildiğinde, yüksek oranda Cu 0.87 mg kg⁻¹, düşük miktarda Fe 1.45 mg kg⁻¹, yüksek miktarda Mn 4.26 mg kg⁻¹ ve düşük miktarda Zn 0.19 mg kg⁻¹ içermektedir (Lindsay and Norvell, 1978). Ayrıca toprakta alınabilir SO₄-S konsantrasyonunun belirlenmesinde Blair ve ark. (1991) tarafından geliştirilen metodun Bloem ve ark. (2002)'larınca modifiye edilmiş yöntemiyle belirlenmiştir. Deneme toprağı yeterli miktarda SO₄-S'i 22.5 mg kg⁻¹ içermektedir.

Denemede, bölgede yaygın olarak kullanılan ve yüksek verim gücüne sahip ve farklı genotipik özelliklerde olan Sele, Brasco ve Tiater çeşitleri kullanılmıştır.

Metot

Deneme, 2005 yılı Mart ayında kurulmuş olup, 8 hafta sonra toprak yüzeyinden hasat edilmiştir. Deneme, bölünen bölünmüş parseller deneme

desenine göre 3 yinelemeli olarak kurulmuştur. Üç farklı genotipin (Sele, Brasco ve Tiater) ekildiği denemede, 5 farklı dozda P, ($\text{CaH}_4\text{O}_8\text{P}_2$ formunda 0, 25, 50, 100 ve 200 mg kg^{-1}), 2 farklı dozda S, ($(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ formunda 0, 100 mg kg^{-1}), 2 farklı dozda Zn (ZnSO_4 formunda 0, 5 mg kg^{-1}) uygulanmıştır. Her saksıya 8 adet tohum ekilmiş olup, daha sonra çimlenmeyi takiben 3 adede seyreltme yapılmıştır.

Ekim öncesi temel gübreleme olarak 400 mg N kg^{-1} (NH_4NO_3), 100 mg K kg^{-1} (KNO_3), saf suda çözülerek her saksıya azot dozu ayarlanarak eşit miktarda verilmiştir. Bitkinin ihtiyacına göre sulama yapılmıştır.

Bitkiler, hasat edildikten sonra yıkanıp, kese kağıtlarına konularak 65°C 'de kurutulup, agat değirmende öğütülerek, analize hazırlanmıştır. Kök örnekleri de yıkanarak sayım için alt örnek alınmış ve geri kalan örnekler 65°C ' de kurutulmuştur.

Toprak Analizleri

Toprakların bünye analizleri, hidrometre yöntemi ile (Bouyocous, 1951), toprak reaksiyonu (pH), cam elektrotlu Beckman pH metresi ile doyumluk çamurunda ölçülmüştür (U. S. Salinity Laboratory Staff, 1954).

Total tuz, örneklerin doyumluk çamuru hazırlanarak kondaktivite aleti ile elektriksel geçirgenliğin ölçülmesi suretiyle belirlenmiştir (U.S. Soil Survey Staff, 1951). Kireç, Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir (Schlichting ve Blume, 1966). Organik madde Lichtfelder yaş yakma yöntemine (Schlichting ve Blume, 1966) göre yapılmıştır.

Yarayışlı fosfor analizinde kullanılan sodyum bikarbonat çözeltisi ilk defa Olsen ve ark., (1954) tarafından geliştirilmiş ve bu yöntemin değiştirilmiş şeklinde, askorbik asit ve çok düşük konsantrasyonda antimonil içeren asitlendirilmiş tek bir amonyum molibdat çözeltisi kullanılması ile yapılmıştır (Watanabe ve Olsen, 1965; Murphy ve Riley, 1962).

Toprak örneklerinde alınabilir Fe, Zn, Mn ve Cu analizi kireçli topraklar için geliştirilen DTPA-TEA ekstraksiyon çözeltisi kullanılarak yapılmıştır (Lindsay and Norvell, 1978).

Toprakta alınabilir $\text{SO}_4\text{-S}$ konsantrasyonunun belirlenmesinde Blair ve ark. (1991) tarafından geliştirilen metodun Bloem ve ark. (2002)'larınca modifiye edilmiş yöntemiyle belirlenmiştir.

Bitki Analizleri

Deneme sonucunda hasat edilen bitki örnekleri 65°C 'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş (Walsh ve Beaton, 1973) ve öğütülerek kimyasal analize hazırlanmıştır.

550°C 'de kuru yakmaya tabi tutulan bitki örneklerinde Murphy ve Riley (1962) yöntemine göre P analizi yapılmıştır.

Bitkideki çinko içeriği, daha önce kuru yakma yöntemine göre yakılan örneklerden elde edilen ekstraktların Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre Aletinde okunmasıyla ölçülmüştür.

Bitkide protein içeriğinin hesaplanabilmesi açısından gerekli olan total N (Bremner, 1965) analizleri yapılmıştır.

Bitkide kükürt içeriği, öğütülmüş bitki örneklerinin yaş yakma metoduna göre MİLESTONE marka mikrodalga fırınında yakılıp, elde edilen süzüğün ICP cihazında okunmasıyla ölçülmüştür.

Bitki kök uzunluk değeri Tennant (1975) yöntemi ile belirlenmiştir.

Denemeye ait bitki analiz verileri SPSS 10.0 bilgisayar paket programı kullanılarak değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Araştırmada üç farklı dozda fosfor (0, 50 ve 100 mg kg⁻¹) uygulaması, iki farklı dozda kükürt (0, 100 mg kg⁻¹) ve iki farklı dozda çinko (0, 5 mg kg⁻¹) uygulamalarının üç farklı mısır çeşidinde bitki kuru madde verileri üzerine etkilerini gösteren ortalamalar çeşitler genelinde Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Artan Fosfor, Çinko ve Kükürt Uygulamalarının Brasco, Sele ve Tiater Mısır Çeşitlerinde Bitki Kuru Ağırlığı Üzerine Etkisi

Uygulamalar (mg/kg)			Çeşitler (bitki kuru ağırlığı g/saksı)		
P	S	Zn	Brasco	Sele	Tiater
0,0	0,0	0,0	4,5	4,9	5,3
0,0	0,0	5,0	3,8	5,4	4,5
0,0	100,0	0,0	4,7	6,8	5,3
0,0	100,0	5,0	3,5	5,1	5,0
			4,1	5,6	5,0
50,0	0,0	0,0	11,3	10,4	14,8
50,0	0,0	5,0	26,2	30,7	30,0
50,0	100,0	0,0	13,3	9,9	23,2
50,0	100,0	5,0	23,8	32,1	24,3
			18,7	20,8	23,1
100,0	0,0	0,0	13,7	13,6	14,6
100,0	0,0	5,0	30,6	35,3	26,5
100,0	100,0	0,0	9,5	12,5	20,7
100,0	100,0	5,0	31,5	32,6	28,4
			21,3	23,5	22,6
F Testi					
		P	***	***	***
		S	ÖD	ÖD	ÖD
		Zn	***	***	***
		P*S	ÖD	ÖD	ÖD
		P*Zn	***	***	***
		S*Zn	ÖD	ÖD	*
		P*S*Zn	ÖD	ÖD	ÖD

*, **, ***, ÖD, Sırası ile istatistiksel olarak 0.05, 0.01, 0.001 önem değerlerini ve önemli değil göstermektedir.

Her üç çeşitte de artan dozlarda uygulanan fosforun ve çinkonun bitki kuru ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak 0.001 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ancak artan dozda kükürt uygulamaları önemli bulunmamıştır.

Brosco mısır çeşidinde artan dozlarda uygulanan fosforda, kontrol dozunda bitki kuru ağırlık değeri ortalama olarak 4,1 g/saksı, 100 mg kg⁻¹ dozunda ise bu değer 21,3 g/saksıya yükseldiği belirlenmiştir.

Sele mısır çeşidi için artan dozlarda uygulanan fosforda, kontrol dozunda bitki kuru ağırlık değeri ortalama olarak 5,6 g/saksı, 100 mg kg⁻¹ dozunda ise bu değer 23,5 g/saksıya yükseldiği belirlenmiştir.

Tiater mısır çeşidinde de artan dozlarda uygulanan fosforda, kontrol dozunda bitki kuru ağırlık değeri ortalama olarak 5,0 g/saksı, 100 mg kg⁻¹ dozunda ise bu değer 22,6 g/saksıya yükseldiği belirlenmiştir.

Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda özellikle fosforun ürün gelişimi için mutlak gerekli bir element olduğu (Ragothama, 1999; Dodor ve ark., 2003) fosfor noksanlığının genel olarak bitki kuru madde miktarında, ürün veriminde, fotosentez aktivitesinde, yaprak alan indeksi gibi bitki parametrelerinde düşüşe neden olduğu belirtilmiştir (Colomb ve ark., 2000; Plenet, 2000).

Mısır ile ilgili yapılan sera denemesi sonuçlarına göre çeşitler arasında kuru madde verimleri ve fosfor kullanımları arasında önemli farklılıkların olması bu çeşitler arasında fosfor kullanım etkinliklerinin farklı olduğunu göstermektedir. Mısır bitkisinin fosfor noksanlığı altında genotipik farklılıklarından dolayı fosfor kullanım etkinliklerinin farklı olduğu literatürlerde bildirilmiştir (Öktem ve Ülger, 1998; Dodor ve ark., 2003; Li ve ark., 2004).

Bukvic ve ark. (2003)'lerinin mısır bitkisi üzerinde yaptıkları bir çalışmada, fosfor ve çinko gübrelere bitkinin kuru madde verimine etkileri araştırmışlar ve toprağa uygulanan gübre dozunun artışı ile bitki yapraklarındaki element konsantrasyonunun arttığını gözlemlemişlerdir. Bu doğru orantı hem fosfor hem de çinko için ayrı ayrı ölçülmüştür.

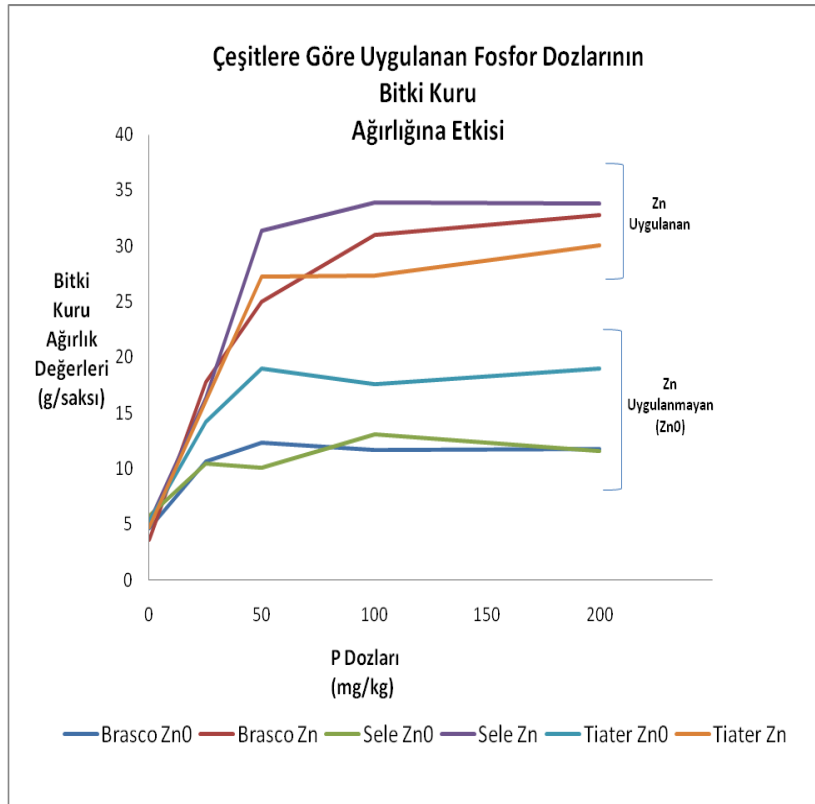
Konu ile ilgili yapılan bir çalışmada Fageria ve Baligar (1997) düşük ve yüksek fosfor koşullarında yetiştirilen mısır genotiplerinin bitki ağırlıkları gövde ve kök ağırlıkları, besin elementi alımı ve kullanımı açısından önemli farklılıklar gösterdiklerini rapor etmişlerdir. Bu nedenle gübreleme programında yetiştirilecek olan bitki çeşitlerinin de genotipik farklılıklardan dolayı fosfora karşı olan duyarlılıklarının farklı olacağı dikkate alınmalıdır (Horst ve ark., 2002; Hammond ve ark., 2004).

Yine aynı şekilde artan dozda Zn uygulamalarının her üç mısır çeşidinde de bitki kuru ağırlığını önemli ölçüde etkilediği ve artan dozda uygulanan çinko ile bitki kuru ağırlık miktarının da arttığı belirlenmiştir. Daha önce bu konuda yapılan çalışmalarında Alloway (2004)'de çinkonun toprakta konsantrasyonunun artması ile bitkinin kaldırdığı çinko miktarının arttığını rapor etmiştir.

Deneme sonuçları incelendiğinde, çeşitler arasında fosforun kullanımı açısından farklılıklar belirlenirken yapılan uygulamalar sonucunda özellikle fosfor ve çinko uygulamalarının mısır bitkisinin gelişimi açısından önemli olduğu ve kuru madde verimini önemli oranda arttırdığı görülmektedir (Güzel ve ark., 2002). Konu

ile ilgili yapılan birçok çalışmada araştırmacılar fosforun ve çinkonun bitki gelişimi açısından mutlak gerekli elementler olduğunu, fosfor ve çinko noksanlığı koşullarında bitki gelişiminin olumsuz yönde etkilendiğini belirtmişlerdir (Bukvic ve ark., 2003).

Brasco, Sele ve Tiater mısır çeşitlerinde artan dozda kükürt uygulamalarının bitki kuru ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. 100 mg kg^{-1} S uygulamasıyla kuru madde de önemli bir artış olmamıştır (Tablo 1). Çünkü deneme toprağında 22.5 mg kg^{-1} S yeterli düzeyde bulunmaktadır. Kuru madde miktarı P ve Zn uygulamalarından etkilenmiştir. Şekil 1: Çeşitler Geneline Artan Fosfor Dozlarının Bitki Kuru Ağırlığına Etkisi



Şekil 1'den de anlaşılacağı gibi artan dozda fosfor uygulaması ile birlikte bitki kuru ağırlığı oranında da paralel yönde bir artış gözlemlenmiştir. Her üç çeşitte de fosfor dozu artıkça bitki kuru ağırlığı da artmaktadır. Fakat bu artış 100 mg/kg dozundan sonra değişmemektedir.

Topraklarda fosforun hareketliliğinin ve yarıyışlılığının düşük olmasından dolayı, bitkiler yarıyışsız durumdaki fosfordan yararlanmak için birçok adaptasyon mekanizması geliştirmişlerdir (Abel ve ark., 2002; Palxton, 2004). Bitki türleri

arasında ve hatta aynı türün genotipleri arasında fosforun etkinliği ve kullanımı açısından farklılıklar görülebilmektedir (Brohi ve ark., 1994; Dechassa ve ark., 2003).

Sonuç ve Öneriler

Her üç çeşidin P, Zn ve S uygulamalarına karşı tepkimeleri farklı olmuştur. Daha önce aynı toprak serisinde yapılan çalışmalarda da genotip farklılıkları gözlenmiştir. Dolayısıyla, çiftçi üretiminde ve ıslah çalışmalarında uygun genotipin seçilmesi hem ürün miktarı ve kalitesi hem de gübre optimizasyonu açısından son derece önemlidir. Öte yandan, genotip etkinliği ve uygulanan gübreye karşı duyarlılık topraktan toprağa değişkenlik gösterecektir.

Artan fosfor dozları bitkinin kuru madde miktarında artış sağlarken, yine artan çinko dozları da benzer bir etki ile kuru madde de artış sağlamıştır. Uygulanan fosfor miktarı artınca bitkinin fosfor beslenmesi de olumlu etkilenmiş, çinkonun artması ile de bitkinin çinko ile beslenmesi de olumlu etkilenmiştir. Bitkinin çinko içeriği üzerine fosfor uygulaması ve çinko uygulaması etkili çıkarken, çeşitlerinde bu olayda önemli bir role sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak, uygulanan doza karşı verim artışı, sürekli olmayacağı için, gübre uygulamasını uygun bir düzeyde tutmak gereklidir.

Bu çalışmada, kükürt uygulaması bitkinin kuru madde miktarında önemli bir artış sağlamamıştır. Çünkü kullanılan deneme toprağı kükürt içeriği bakımından yeterli düzeye sahiptir. Ancak daha uzun süreli tarla çalışmalarında kükürdün kaliteye etkisi de muhtemelen gözlenebilecektir.

Bu çalışmada, gübre olarak toprağa uygulanan fosfor ve çinkonun bitki gelişimi ve birbirleri üzerine olan etkileri araştırılmış; artan fosfor dozlarının belli bir noktaya kadar kuru madde miktarını artırdığı, fazla uygulanması ile zaten topraklarda az olan çinkodan bitkinin yararlanamamasını sağladığı görülmüştür. Aynı zamanda uygulanan çinkonun artırılması ile kuru madde miktarında artış sağlanmış ancak fazla miktarlarda uygulanan çinkonun bitkinin fosfor beslenmesini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Ayrıca bu çalışmada kullanılan üç farklı mısır çeşidinin genotipik farklılıklardan dolayı aynı beslenme koşullarında farklı kuru madde miktarlarına ulaştıkları görülmüştür.

Bu sonuçlara göre gübreleme programı yaparken sadece topraklarımızın element konsantrasyonları değil, yetiştirilecek ürünün de genotipik özellikleri de göz önüne alınmalıdır. Çünkü bazı çeşitler düşük element konsantrasyonlarında dahi geliştirdikleri kök yapıları ve çeşitli salgılar ile optimum beslenebilmektedirler.

Ayrıca sera koşullarında yapılan bu çalışma S'ün etkinliği bakımından sınırlı kalmış, benzer çalışmanın tarla koşullarında gerçekleştirilmesi yararlı olacaktır.

Genel olarak, bu çalışma ile ilgili daha detaylı tarla denemelerinin, bölgenin iklim ve toprak koşulları ile kullanılan çeşitlere uygun olarak yapılması uygulanabilirlik açısından mutlaka gerekmektedir.

Kaynaklar

- ABEL, S., TICCONI, A. C. And DELATORRE, A., C. 2002. Phosphate Sensing in Higher Plants. *Physiologia Plantarum* 115:1-8.
- ALLOWAY, B. J., 2004. Zinc in soils and crop nutrition.
- BROHI, A. R., AYDENİZ, A., KARAMAN, M. R., ERŞAHİN, S., 1994. Bitki besleme. Gaziosmanpaşa Ünv. Ziraat Fak. Yay.: 4 s: 105-106 Tokat.
- BUKVIC, G., ANTUNOVIC, M., POPOVIC, S., RASTIJA, M., 2003. Effect of P and Zn fertilisation on biomass yield and its uptake by maize lines (*Zea mays L.*), *Plant Soil and Environment* 49 (11):505-510.
- BLAIR, G.J. CHINOİM, N., LEFROY, R.D.B., ANDERSON, G.C. and CROCKER, G.J. 1991. A Soil sulphur test for pastures and crops. *Australian Journal of Soil research* 29, 619-626.
- BLOEM, E., HANEKLAUS., SCHNUG, E., 2002. Optimization of a method for soil sulphur extraction. *Comm. in Soil Sci. and Plant Anal.* 33 (1-2) 41-51.
- BOUYOCOUS, G. L., 1951. A Recalibration of Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. *Agron. J.* 43:434-438.
- BREMNER, J.M., 1965. Method of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological methods. American Society of Agronomy inc. Madison, wise s-1149-1178, USA.
- COLOMB, B., KINIRY, R. J., DEBAEKE, P., 2000. Effect of Soil Phosphorus on Leaf Development and Senescence Dynamics of Field-Grown Maize. *Argon J.* 2:428-435.
- DECHASSA, N., SCHENK, M. K., CLAASSEN, N., and STEINGROBE, B., 2003. Phosphorus Efficiency of Cabbage (*Brassica Oleraceae L. Var. Capitata*) Carrot (*Daucus Carota L.*), and Potato (*Solanum Tubetosum L.*). *Plant and Soil* 250: 215-224.
- DODOR, D. E. and TABATABAI, M. A., 2003. Effect of Cropping Systems on Phosphatases in Soils. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 166:7-13.
- FAGERIA, N. K. and BALIGAR, V. C., 1997. Phosphorus-Efficiency in Corn Genotypes. *J. Plant Nutr.* 20: 1267-1277.
- GÜZEL, N., GÜLÜT, Y. K., BÜYÜK, G., 2002. Toprak Verimliliği ve Gübreler Ç.Ü. Ziraat Fak. Genel Yayınları No:246 Ders Kitapları Yayın No: A-80 s: 654 Adana.
- HAMMOND, J. P., BROADLEY, M. R., and WHITE, P. W., 2004. Genetic Responses to Phosphorus Deficiency. *Annals of Botany* 94: 323-332.

- HORST, W. J., KAMH, M., JIBRIN, J. M., CHUDE, V. O., 2002. Agronomic Measures for Increasing P Availability to Crops. *Plant and Soil* 237: 211-223.
- LEFROY, R. D. B., and GRAEME, B., 1997. Influence of sulfur and phosphorus placement, and sulfur particle size, on elemental sulfur oxidation and the growth response of maize. *Aust. J. Agric. Res.*,
- LINDSAY, W.L., and NORWELL, W.A., 1978. Development of DTPA Soil Test Zinc, Iron, Manganese and Copper, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42:421-428.
- LI, M. S., ZHANG, S. F. and TANG, C., 2004. Acid Phosphatase Role in Chickpea/Maize Intercropping. *Annals of Botany* 94: 297-303.
- MURPHY, J. and J.P. RILEY, 1962. A Modified Single Solution Method for The Determination of Phosphate in Natural Waters. *Anal. Chem. Acta* 27:31-36.
- OLSEN, S. R., WATANABE, F. S., 1957. A Method to Determine A Phosphorus Adsorption Maximum for Soils As Measured by The Langmuir Isotherm. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 21: 144-149.
- OLSEN, S.R., COLE, C.V. WATANABE, F.S., and DEAN, L.A., 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate, USDA Cir. No. 939.
- OKTEM, A., ULGER, A. C. 1998. Harran Ovası Koşullarında 10 Mısır (Zea Mays L.) Genotipinin Fosfor Kullanımının Belirlenmesi. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 2 (4): 71-80.
- PLAXTON, W. C., 2004. Plant responses to Stres: Biochemical Adaptations to Phosphate Deficiency. *Encyclopedia of Plant and Crop Science* p: 976-980.
- RAGOTHAMA, K. G., 1999. Phosphate Acquisition. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 50:665-693.
- PLENET, D., ETCHEBEST, A., MOLLIER, A. and PELLERIN, S. 2000. Growth Analysis of Maize Field Crops Under Phosphorus Deficiency. *Plant and Soil* 223: 117-130.
- SCHLICHTING, E., BLUME, H., 1966. *Bodenkundliches Praktikum*. Parey Verlag, Hamburg, Berlin.
- TENNANT, D. 1975. A test a Modified Line Intersect Method of Estimating Root Length. *J. Ecol.* 63: 995-1001.
- U.S. SALINITY LABORATORY STAFF, 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils*, USDA No: 6.

- U.S. SOIL SURVEY STAFF, 1951. Bureau of Plant Industri, Soil and Agricultural Engineering. "Soil Survey" U.S. Department of Agriculture, U.S. Government Printing Office.
- WALSH, L.M., and BEATON, J.D., 1973. Soil Testing and Plant Analysis. Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- WATANABE, F.S. and OLSEN S.R., 1965. Test of an Ascorbic Acid Method for Determining Phosphorus in Water and NaHCO₃ Extracts from Soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 29:677-678.