

Fosfor Eksikliğine Dayanıklı Mısır (*Zea mays* L.) Genotiplerinin Belirlenmesi

Aydın GÜNEŞ¹

Geliş Tarihi: 16.05.2000

Özet: Yarayışlı fosforun düşük olduğu topraklarda yetişen çeşitlerin geliştirilmesi için önemli strateji düşük fosfor stresi koşullarında fosfor eksikliğine toleranslı çeşitlerin seçilmesidir. Bu çalışmada Furio, Riogrande, Sele, DK 743, Helix, Missouri, Betor ve Poker mısır çeşitlerinin fosfora etkinlikleri araştırılmıştır. Deneme sera koşullarında yürütülmüştür. Fosfor toprağa 0, 50 ve 100 mg kg⁻¹ seviyelerinde KH₂PO₄ den uygulanmıştır. Deneme sonunda bitkilerin yaş ve kuru ağırlıkları ile bitkilerin P konsantrasyonları ve içerikleri belirlenmiştir. Bitkilerin yaş ve kuru ağırlıkları ile bitkilerin fosfor konsantrasyonları ve P içerikleri arasındaki ilişkilerden yararlanılarak mısır çeşitlerinin fosfor etkinlikleri ortaya konulmuştur. Deneme sonuçlarına göre Furio, Sele, DK 743, Helix ve Missouri çeşitleri düşük fosfora toleranslı olarak seçilmişlerdir.

Anahtar Kelimeler: Mısır genotipleri, P noksanlığı, P kullanım etkinliği

Determination of Phosphorus Deficiency Resistant Maize (*Zea mays* L.) Genotypes

Abstract: Genotype screening and selection for tolerance to low-phosphorus stress conditions is an important strategy for the development of cultivars growing on soils low in available P. In this study, phosphorus efficiency of maize cultivars, Furio, Riogrande, Sele, DK 743, Helix, Missouri, Betor, and Poker was investigated. The experiment was carried out under greenhouse conditions. Phosphorus was applied to the soil 0, 50, and 100 mg kg⁻¹ levels as KH₂PO₄. Fresh and dry weights and P concentration and P uptake of plants were determined at the end of experiment. P-efficiency was determined from the relationship between fresh and dry weights and P concentration and P uptake rate parameters of the cultivars. According to experiment results the genotypes Furio, Sele, DK 743, Helix and Missouri were selected as tolerant to low-P.

Key Words: Maize genotypes, P deficiency, P use efficiency

Giriş

Türkiye topraklarının kireç, pH ve organik madde yönünden sahip olduğu özellikler, topraklarımızda fosfor yarayışlılığını ciddi şekilde sınırlayabilecek durumdadır. Türkiye'nin de içinde bulunduğu Akdeniz ve Batı Asya ülkeleri topraklarında bitkisel üretimi sınırlayan temel beslenme sorunlarının başında, topraklardaki P'un bitkilere yarayışlılığının düşüklüğü gösterilmektedir (Cooper ve ark. 1987; Matar ve ark. 1992). Ülkemiz topraklarının %82' sinde pH 7 ve üzerinde, %65' inde organik madde az ve çok az seviyesinde, bitkilerce alınabilir P miktarı ise topraklarımızın %58' inde yetersiz seviyede (6 kg P₂O₅/dekar) bulunmuştur. Ülkemiz toprakları kireç kapsamları yönünden incelendiğinde yaklaşık %77' si kireçli topraklar sınıfına girmektedir (Eyüboğlu, 1999). Bu sonuçlar, Türkiye'de toprakların büyük bir bölümünde P gübrelemesinin kaçınılmaz olduğunu göstermektedir. Yaklaşık son 30 yıl içerisinde P'lu gübre tüketimimizin %1500' lük bir artış göstererek 600 000 tona yaklaştığı bildirilmiştir (Kacar ve Samet, 1996). Ancak burada dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta aşırı fosforlu gübreleme sonucu topraklarda fosfor birikiminin olabileceği ve bunun da ciddi sorunlar doğurabileceğidir. Fosfor noksanlığını gidermek için toprağa uygulanan P'un büyük bir bölümü fiksasyon yoluyla toprakta kalmaktadır. Uygulanan fosforun ancak %5-10'undan bitkilerin yararlandığı, P'un geri kalan kısmı ise toprakta fiksasyona/transformasyona uğrayarak

bitkilerin kolaylıkla yararlanamayacağı formlara dönüşmektedir (Hibberd ve ark. 1991; George 1993). Bitkilerin toprakta alınabilirliği zor olan P kaynaklarından çeşitli mekanizmalar geliştirerek yararlandıkları bilinmektedir. Bu tür genotiplerin P eksikliği koşullarında üretime sokulması sürdürülebilir tarımsal stratejilerin belirlenmesinde önemli yer tutacaktır.

Fosfor eksikliği koşullarında bitkilerin rizosfer pH'sını düşürmesi ve rizosfere organik asitler salgılaması, P eksikliği koşullarında adaptasyonda büyük bir önem taşımaktadır. Kök bölgesinde pH'nın düşmesi fosforun yarayışlılığını önemli ölçüde artırmaktadır. Fosfor noksanlığı koşullarında ak acı bakla, kolza, yonca ve turp gibi birçok bitki türünde rizosfer pH'sında düşmenin olduğu ve ortama organik asitlerin fazla miktarlarda salgılandığı belirlenmiştir (Gardner ve ark. 1983; Dinkelaker, ve ark. 1989; Moorby ve ark. 1985; Hoffland ve ark. 1992). Literatürlerde sınırlı P varlığına ya da gübrelemesine karşın diğer genotiplere göre daha yüksek oranlarda biyokütle veya verim oluşturabilen genotipler P'ca etkin (P eksikliğine dayanıklı) genotipler olarak tanımlanmaktadır (Gabelman ve Gerloff, 1983; Graham, 1984). Fosfor eksikliğine dayanıklılıkta P alımını belirleyen bitki faktörlerinin yanısıra bitkide mevcut fosforun etkin kullanımını belirleyen bitki faktörleri de önem taşımaktadır. Bitki dokusunda bulunan birim P başına oluşturulan bitki kuru madde miktarının büyüklüğü, P'un dokularda

¹ Ankara Üniv, Ziraat Fak. Toprak Bölümü-Ankara

ne denli etkin kullandığının bir göstergesi olmaktadır. Fosforun bitkide fizyolojik anlamda kullanılabilirliği bakımından hem türler arasında hem de aynı türün genotipleri arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir (Fageria ve ark. 1988; Pugnair ve Chapin, 1992).

Bu çalışmada Türkiye'de yaygın olarak üretimi yapılan 8 adet mısır çeşidinin fosfor eksikliğine ve fosfor gübrelemesine karşı tepkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla farklı seviyelerde P içeren ortamlarda yetiştirilen mısır çeşitlerinin oluşturduğu yaş ve kuru ağırlıkları, topraktan sömürdüğü fosfor miktarları ve bitkilerin fosfor içerikleri ile uygulanan fosfor seviyeleri arasında çeşit bazında ilişkiler aranmış ve çeşitlerin tepkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma sera koşullarında değişik fosfor seviyelerinin kökenleri aşağıda verilen 8 farklı mısır çeşidinin (Furio, Riogrande, Sele, DK 743, Helix, Missouri, Betor ve Poker) gelişimi ve fosfor içeriklerindeki değişimleri belirlemek amacıyla 400 g toprak alan saksılarda yürütülmüştür.

Çeşitler	Kökene
Furio	AUT, PRT, 172
Riogrande	ITA, USA, 74, 75
Sele	ITA, USA, 74, 75, 182
DK 743	TUR, USA, 228, 243
Helix	BEL, DEU, FRA, GBR, 567, 935
Missouri	B, ITA, 75
Betor	ITA, 889
Poker	USA, 140, 889

Mısır tohumları ekimden önce 2 saat süreyle %5' lik sodyumhipoklorit ile yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuş ve her saksıya 3 adet tohum ekilmiş ve tohumlar çimlendikten sonra her saksıda bir bitki olacak şekilde seyreltilmiştir. Denemede; bünyesi tınlı kill, pH'sı 7.61, kireç kapsamı %5.75, EC' si 0.56 dS m⁻¹, organik maddesi %1.07, toplam N' ü %0.15, ve bitkiye yararlı K ve P kapsamı sırasıyla 450 ve 10.70 mg kg⁻¹ olan bir toprak kullanılmıştır.

Saksılara deneme planına göre 0, 50 ve 100 mg kg⁻¹ P (KH₂PO₄) uygulanmıştır. Temel gübreleme olarak bütün saksılara başlangıçta 200 mg kg⁻¹ N ve gelişmenin 15. gününde 100 mg kg⁻¹ N olmak üzere toplam 300 mg kg⁻¹ N, fosfor uygulamasından gelen K'ü dengelemek için (0 ve 50 mg kg⁻¹ P uygulamalarında) K₂SO₄ ek gübrelemesi yapılmıştır. Bitkiler 24 günlük bir gelişme süresinden sonra toprak yüzeyinden kesilmek suretiyle hasat edilerek yaş bitki ağırlıkları belirlenmiştir. Saf su ile yıkanan örnekler 65 °C' de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Kuru yakma yöntemine göre yakılan bitki örneklerinde P spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Kitson ve Mellon, 1944).

Araştırma sonuçlarının güvenilirliği MINITAB paket programı kullanılarak varyans analizi ile belirlenmiş ve uygulamalar arasındaki farklılıkların önemliliği MSTAT paket programı kullanılarak Duncan (p<0.01) değişim

genişliği testi ile belirlenmiştir. Ayrıca ele alınan değişkenler arasındaki korelasyon ilişkileri ve regresyon eğrileri belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Mısır çeşitlerinin yaş ve kuru ağırlıkları: Fosfor uygulamalarına bağlı olarak mısır çeşitlerinin yaş ve kuru ağırlıkları ile bunların kontrol uygulamalarına göre oransal değişimleri Çizelge 1' de toplu olarak verilmiştir. Tüm çeşitlerin yaş ve kuru ağırlıkları (kuru ağırlıkta Betor hariç) P uygulamasına bağlı olarak artmıştır (p<0.01). Bununla birlikte mısır çeşitlerinin P uygulamalarına bağlı olarak göstermiş oldukları tepkiler genotiplere göre farklı olmuştur (kuru ağırlıkta P100 seviyesi dışında). Kontrol koşullarında (P0) yetiştirilen mısır çeşitlerinde en yüksek yaş ve kuru ağırlık benzer olarak Furio, Helix, Missouri, DK 743, Sele şeklinde sıralanmıştır. P50 uygulamasında DK 743, Missouri, Furio, Riogrande ve Poker çeşitlerinin yaş ve kuru ağırlıkları diğer mısır çeşitlerine göre daha yüksek olmuştur. En yüksek fosfor seviyesinde (P100) ise çeşitler arasındaki farklar yaş ve kuru ağırlıklarda önemli olmamıştır (yaş ağırlıkta Betor hariç). Fosfor uygulamalarının dışında diğer toprak ve çevresel faktörlerin de etkileşiminin olacağı düşüncesiyle P uygulamalarına bağlı olarak mısır çeşitlerinin tepkilerini ortaya koyabilmek için P50 ve P100 uygulamalarının kontrole göre oransal değişimleri incelenmiştir. Buna göre en az artış P50/P0' da yaş ağırlıkta Helix, Furio, Sele, Betor, DK 743, kuru ağırlıkta Furio, Helix, Sele, Betor, Missouri şeklinde sıralanmış, P100/P0 oransal değişiminde ise yaş ağırlıkta Betor, Furio, Missouri, DK 743, Helix, kuru ağırlıkta Betor, Furio, Missouri, DK 743, Sele çeşitlerinin fosfor uygulamalarına bağlı olarak yaş ve kuru ağırlıklarındaki değişim diğer çeşitlere göre daha az olmuştur (Çizelge 1).

Mısır çeşitlerinin P konsantrasyonları: Fosfor uygulamalarına bağlı olarak tüm çeşitlerin P içerikleri önemli oranda artmıştır (p<0.01) (Çizelge 2). Mısır çeşitlerinin fosfor gübrelemesine göstermiş oldukları tepkiler farklı olmuştur. Kontrol (P0) uygulamasında fosfor içerikleri bakımından çeşitler arasında istatistiksel anlamda önemli farklar görülmüştür. Fosfor konsantrasyonları bakımından mısır çeşitlerinin kontrole göre göstermiş oldukları değişim oranları incelendiğinde (Çizelge 2) P50/P0' da Furio, Poker, Helix, Riogrande, Betor çeşitlerinin, P100/P0' da Poker, Furio, Sele, Betor, DK 743 çeşitlerinin tepkileri diğer çeşitlere göre daha fazla olmuştur. Mısır çeşitlerinin fosfor konsantrasyonları ile oluşturdukları yaş ve kuru ağırlıklar arasında önemli (p<0.001) korelasyonlar belirlenmiştir (r= 0.657 ve r= 0.538), (Şekil 1).

Mısır çeşitlerinin P kapsamı: Mısır çeşitlerinin fosfor kapsamı arasında kontrol uygulamasında (P0) bir farklılık görülmüştür. Ancak P50 ve P100 seviyelerinde çeşitler arasında sömürülen P miktarları bakımından önemli farklar ortaya çıkmıştır (Çizelge 2). Bir başka ifadeyle fosfor uygulaması ile mısır çeşitlerinin P kapsamı arasındaki interaksyon istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.01). Çeşitleri P alımları ile yaş ve

kuru ağırlıkları arasında yüksek seviyede önemli korelasyonlar belirlenmiştir (sırasıyla $r = 0.938$, $r = 0.883$) (Şekil 1). Bitkilerin fosfor kapsamlarında kontrol uygulamalarına göre meydana gelen artışlar çeşit bazında farklılıklar göstermiş, P50/P0' da en fazla artış Riogrande, Poker, DK 743, Furio, Betor çeşitlerinde görülürken, P100/P0' da Poker, Riogrande, Sele, Helix, DK 743 çeşitlerinde olmuştur (Çizelge 2).

Fosforun bitkide etkin kullanımı: Fosfor eksikliğine dayanıklılıkta P alımını etkileyen faktörlerin yanında bitkide mevcut fosforun etkin kullanımı da önemlidir. Bitki dokusunda bulunan birim P başına oluşturulan kuru madde miktarının büyüklüğü, fosforun bitki dokularında ne denli etkin kullanıldığına bir göstergesi olmaktadır. Bu noktadan hareketle mısır çeşitlerinde birim P'un oluşturduğu kuru madde miktarları hesaplanarak Çizelge 3' de verilmiştir. Ortamda yeterli seviyede fosforun olmadığı kontrol uygulamasında (P0) mısır çeşitlerinin birim fosfor başına oluşturdukları kuru madde miktarları en

fazla Furio, Helix, DK 743, Sele, Missouri çeşitlerinde olmuştur. Furio, Sele, Helix ve Betor çeşitlerinin artan fosfor seviyelerinde birim fosfor başına oluşturdukları kuru madde miktarları kontrol uygulamasına göre düşmüştür, başka bir deyişle anılan çeşitlerin düşük P seviyesinde dokularında fosforu daha etkin kullanmışlardır. Türkiye' de yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan Furio, Riogrande, Sele, DK 743, Helix, Missouri, Betor ve Poker mısır çeşitlerinin fosfor eksikliğine ve fosfor gübrelemesine tepkileri irdelenmeye çalışılmıştır. Deneme toprağının bitkilere yarayışlı P içeriği 10.7 mg kg^{-1} olup, bu değer noksanlık sınırına çok yakındır ($8-25 \text{ mg kg}^{-1}$) (Alpaslan ve ark. 1998). Kontrol uygulamasında (P0) bitkiler tarafından meydana getirilen yaş ve kuru ağırlıklar çeşitlere göre istatistiksel olarak farklılıklar göstermiştir. En fazla yaş ve kuru ağırlık sırasıyla Furio, Helix, Missouri, DK 743, Sele çeşitlerinde elde edilmiştir. Anılan çeşitlerin yine kontrol uygulamasındaki fosfor kapsamları da diğer çeşitlere göre yüksek bulunmuştur (Çizelge 2).

Çizelge 1. Mısır çeşitlerinin uygulanan P seviyelerine bağlı olarak yaş ve kuru ağırlıklarındaki değişimler

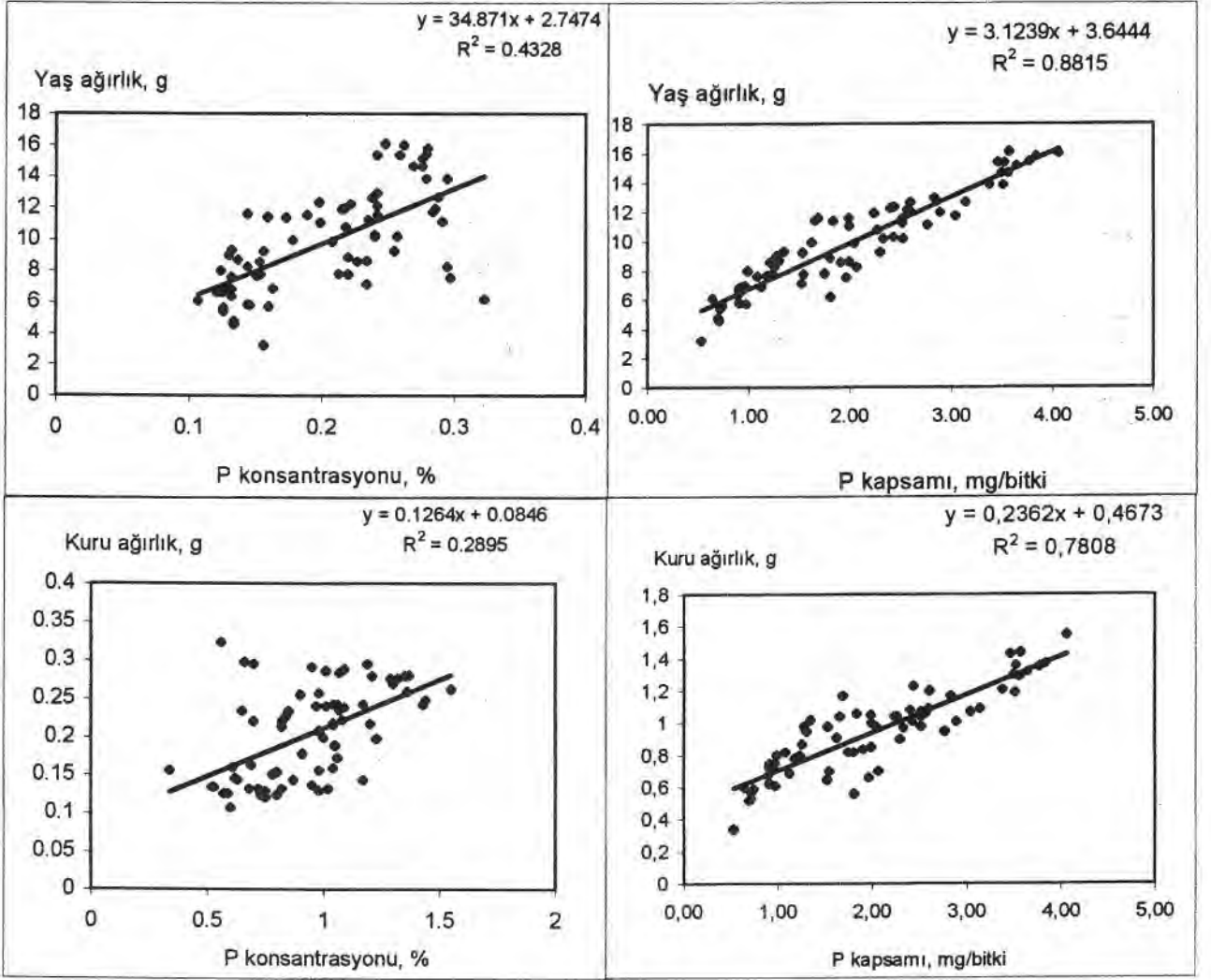
Çeşitler	Yaş ağırlık, g \pm SD			% Artış	
	P0	P50	P100	P50	P100
Furio	9.00 \pm 0.30 A b	10.78 \pm 0.48 A ab	12.23 \pm 1.45 BC a	19.8	35.9
Riogrande	4.59 \pm 1.30 C c	10.09 \pm 0.20 AB b	13.88 \pm 1.94 ABC a	119.8	202.4
Sele	6.53 \pm 0.14 BC c	8.50 \pm 0.79 BC b	14.26 \pm 1.45 AB a	30.2	118.4
DK 743	6.91 \pm 0.09 B b	11.96 \pm 0.38 A a	12.20 \pm 0.69 BC a	73.1	76.6
Helix	7.80 \pm 1.20 AB b	8.57 \pm 0.73 BC b	15.53 \pm 0.43 A a	9.9	99.1
Missouri	6.97 \pm 1.22 B b	11.44 \pm 0.09 A a	12.25 \pm 0.37 C a	64.1	75.8
Betor	5.73 \pm 1.14 BC b	7.85 \pm 0.73 C a	7.34 \pm 1.05 D ab	35.3	28.1
Poker	5.72 \pm 0.35 BC c	9.95 \pm 1.10 AB b	15.39 \pm 0.73 A a	74.0	169.1
LSD p-0.01	1.91				
Çeşitler	Kuru ağırlık, g \pm SD			% Artış	
	P0	P50	P100	P50	P100
Furio	0.98 \pm 0.04 A a	1.04 \pm 0.03 AB a	1.08 \pm 0.13 C a	6.1	10.2
Riogrande	0.49 \pm 0.14 D c	0.98 \pm 0.01 B b	1.19 \pm 0.18 BC a	100.0	142.9
Sele	0.72 \pm 0.04 BC b	0.85 \pm 0.11 BC b	1.24 \pm 0.14 ABC a	18.1	72.2
DK 743	0.74 \pm 0.01 BC b	1.20 \pm 0.03 A a	1.09 \pm 0.07 C a	62.2	47.3
Helix	0.81 \pm 0.01 AB b	0.86 \pm 0.04 BC b	1.43 \pm 0.11 A a	6.2	76.5
Missouri	0.74 \pm 0.12 BC b	1.05 \pm 0.01 AB a	1.07 \pm 0.03 C a	41.9	45.0
Betor	0.61 \pm 0.08 BCD a	0.73 \pm 0.10 C a	0.64 \pm 0.07 D a	19.7	4.9
Poker	0.59 \pm 0.02 CD c	0.91 \pm 0.09 BC b	1.36 \pm 0.08 AB a	54.2	130.5
LSD p-0.01	0.18				

Küçük harfler P seviyelerini karşılaştırmak için, büyük harfler çeşitleri karşılaştırmak için verilmiştir.

Çizelge 2. Mısır çeşitlerinin uygulanan P seviyelerine bağlı olarak P konsantrasyonları ve kapsamlarındaki değişimler

Çeşitler	Fosfor konsantrasyonu, % \pm SD			% Artış	
	P0	P50	P100	P50	P100
Furio	0.13 \pm 0.00 A c	0.23 \pm 0.01 AB b	0.28 \pm 0.01 AB a	76.9	115.4
Riogrande	0.15 \pm 0.01 A c	0.24 \pm 0.02 A b	0.29 \pm 0.01 AB a	60.0	93.3
Sele	0.13 \pm 0.01 A b	0.15 \pm 0.00 D b	0.28 \pm 0.01 AB a	15.4	115.4
DK 743	0.13 \pm 0.00 A c	0.19 \pm 0.04 C b	0.24 \pm 0.00 C a	46.2	86.6
Helix	0.14 \pm 0.02 A b	0.23 \pm 0.02 AB a	0.26 \pm 0.02 BC a	64.3	85.7
Missouri	0.14 \pm 0.01 A b	0.17 \pm 0.02 CD b	0.23 \pm 0.01 C a	21.4	64.3
Betor	0.15 \pm 0.02 A c	0.23 \pm 0.01 AB b	0.31 \pm 0.02 A a	53.3	106.7
Poker	0.12 \pm 0.01 A c	0.20 \pm 0.02 BC b	0.26 \pm 0.01 BC a	66.7	116.7
LSD p-0.01	3.234				
Çeşitler	Fosfor kapsamı, Mg bitki $^{-1}$ \pm SD			% Artış	
	P0	P50	P100	P50	P100
Furio	1.27 \pm 0.04 A c	2.39 \pm 0.12 A b	3.02 \pm 0.31 BC a	88.2	137.8
Riogrande	0.71 \pm 0.19 A c	2.35 \pm 0.24 AB b	3.45 \pm 0.48 AB a	231.0	385.9
Sele	0.94 \pm 0.01 A b	1.28 \pm 0.19 E b	3.47 \pm 0.32 AB a	36.2	269.1
DK 743	0.96 \pm 0.03 A b	2.28 \pm 0.49 ABC a	2.62 \pm 0.17 CD a	137.5	172.9
Helix	1.10 \pm 0.12 A c	1.98 \pm 0.28 ABCD b	3.72 \pm 0.31 A a	80.0	238.2
Missouri	1.04 \pm 0.19 A c	1.79 \pm 0.17 CDE b	2.46 \pm 0.18 DE a	72.1	136.5
Betor	0.92 \pm 0.21 A b	1.68 \pm 0.22 DE a	1.98 \pm 0.13 E a	82.6	115.2
Poker	0.71 \pm 0.05 A c	1.82 \pm 0.19 BCDE b	3.54 \pm 0.03 AB a	156.3	398.6
LSD p-0.01	0.504				

Küçük harfler P seviyelerini karşılaştırmak için, büyük harfler çeşitleri karşılaştırmak için verilmiştir.



Şekil 1. Mısır çeşitlerinin yaş ve kuru ağırlıkları ile P konsantrasyonları ve kapsamları arasındaki regresyon ilişkileri

Fosfor eksikliğine dayanıklılıkta önemli bir gösterge olan dokulardaki fosforu etken kullanmada çeşitler arasında farklılıklar görülmüştür (Çizelge 3). Birim fosforun oluşturduğu kuru madde miktarı, kontrol uygulamasında bitkilerin yaş ve kuru ağırlıkları ile fosfor kapsamlarına benzer şekilde en fazla Furio, Sele, DK 743, Helix ve Missouri çeşitlerinde elde edilmiştir. Fosfor etkinliği ile ilgili çalışmalarda tohumun P içeriğinin genotiplerin P etkinliğinde önemli olabileceği ileri sürülmektedir (Narayanan ve ark. 1981; Allsopp ve Stock, 1992). Bu noktadan hareketle denemede ele alınan mısır tohumlarının fosfor içerikleri belirlenmiştir. Düşük fosforu daha etken kullandığı düşünülen çeşitlerin tohumlarında (Furio, Sele, DK 743, Helix ve Missouri) fosfor 2750-3811 mg kg⁻¹ arasında değişirken, diğer çeşitlerin tohumlarının P içeriği ise 2340-2605 mg kg⁻¹ arasında değişim göstermiştir.

Sonuç olarak ülkemiz topraklarının 20 milyon hektarlık bölümünde bitkiler tarafından alınabilir fosforun

yetersiz olduğu düşünülürse, P-etken bitki çeşitlerine tarımsal üretimde yer verilmesi hem ekonomik açıdan hem de mevcut toprakların verimliliklerinin korunması açısından son derece önemlidir.

Çizelge 3. Mısır çeşitlerinde P seviyelerine bağlı olarak birim fosforun oluşturduğu kuru madde miktarları

Çeşitler	Birim fosforun oluşturduğu kuru madde, g		
	P0	P50	P100
Furio	7.54	4.52	3.86
Riogrande	3.27	4.08	4.10
Sele	5.54	5.67	4.43
DK 743	5.69	6.32	4.54
Helix	5.79	3.74	5.50
Missouri	5.29	6.18	4.65
Betor	4.07	3.17	2.06
Poker	4.92	4.55	5.23

Kaynaklar

- Allsopp, N., W. D. Stock, 1992. Mycorrhizas, seed size and seedlings establishment in a low nutrient environment. In: Mycorrhizas in Ecosystems (D.J. Read, D.H. Lewis, A.H. Fitter and I.J. Alexander, eds.), CAB Int, Wallingford, UK. pp. 59-61.
- Alpaslan, M., A. Güneş, A. İnal, 1998. Deneme Tekniği. A. Ü. Ziraat Fakültesi yayınları. Yayın no: 1501. Ders Kitabı: 455. Ankara.
- Cooper, P. J. M., P. J. Gregory, D. Tully, H. C. Harris, 1987. Improving water use efficiency of annual crops in the rainfed farming systems of west Asia and north Africa. *Experimental Agriculture* 23: 113-158.1987.
- Dinkelaker, B., V. Römheld, H. Marschner, 1989. Citric acid excretion and precipitation of calcium citrate in the rhizosphere of white lupin (*Lupinus albus* L.). *Plant Cell Environ.* 12: 285-292.
- Eyüpoğlu, F. 1999. Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumu. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları (Baskıda).
- Fageria, N. K., R. J. Wright, V. C. Baligar, 1988. Rice cultivar evaluation for phosphorus efficiency. *Plant Soil* 111: 105-109.
- Gabelman, W. H., G. C. Gerloff, 1983. The search for and interpretation of genetic controls that enhance plant growth under deficiency levels of a macro-nutrient. *Plant Soil* 72: 335-350.
- Gardner, W. K., D. A. Barber, D. G. Parbery, 1983. The acquisition of phosphorus by *Lupinus albus* L. III. The probable mechanism by which phosphorus movement in the soil-root interface is enhanced. *Plant Soil* 70: 107-124.
- George, E. 1993. Growth and phosphate efficiency of grain legumes and barley under dryland conditions in northwest Syria. Verlag Ulrich E. Grauer Wendlingen.
- Graham, R. D. 1984. Breeding for nutritional characteristics in cereals. *Adv. Plant Nutr.* 1: 57-102.
- Hibberd, D. E., J. Standley, P. S. Want, D. G. Mayer, 1991. Responses to nitrogen, phosphorus and irrigation by grain sorghum on cracking clay soil in central Queensland. *Journal of Experimental Agriculture* 31: 525-534.
- Hoffland, E., R. van de Boogaard, J. A. Nelemans, G. R. Findenegg, 1992. Biosynthesis and root exudation of citric and malic acid in phosphate-starved rape plants. *New Phytol.* 122: 675-680.
- Kacar, B., H. Samet, 1996. Türkiye'de planlı dönemde kimyasal gübre üretimi ve tüketimi. *Tr. J. Agr. Forestry* 20: 41-47.
- Kitson, R. E., M. G. Mellon, 1944. Colorimetric determination of phosphorus as molybdo-vanadophosphoric acid. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* 16: 379-383.
- Matar, A., J. Torrent, J. Ryan, 1992. Soil and fertilizer phosphorus and crop responses in the dryland Mediterranean zone. *Advances in Soil Science* 18: 81-146.
- Moorby, H., P. H. Nye, R. E. White, 1985. The influence of phosphate nutrition on H ion efflux by young rape root. *Plant Soil* 84: 403-413.
- Narayanan, A., N. P. Saxena, A. R. Sheldrake, 1981. Cultivar differences in seed size and seedling growth of pigeonpea and chickpea. *Indian J. Agric. Sci.* 51: 389-393.
- Pugnaire, F. I., F. S. Chapin, 1992. Environmental and physiological factors governing nutrient resorption efficiency in barley. *Oecologia* 90: 120-126.