

# Uzun Süreli Farklı Dozlarda Fosfor Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Fosfor Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi

Mehmet IŞIK<sup>1,\*</sup> Feyzullah ÖZTÜRK<sup>1</sup> Şeyma KARADERE<sup>1</sup> İbrahim ORTAŞ<sup>1</sup>

\*Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 01330, Adana

\*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): isikm@cu.edu.tr

Geliş tarihi (Received) : 24.02.2020

Kabul tarihi (Accepted): 02.10.2020

DOI: 10.21657/topraksu.693254

## Öz

Mısır (*Zea Mays L.*) bitkisi dünyada en çok üretilen tahıllardan birisidir. Mısır üretiminde en çok kullanılan gübrelerden biri olan fosfor (P) önümüzdeki 50-100 yıl içerisinde tükeneyeceği varsayılmakta ve bu da bitkisel üretimi kısıtlayacaktır. Bu sebeple çalışmanın amacı; artan dozlarda P uygulamasının bitkinin P alımı ve P kullanım etkinliğini belirlemektir. Deneme 1998 yılında Çukurova Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde Arık toprak serisi üzerinde kurulmuş olup halen devam etmektedir. Söz konusu çakılı deneme düzenli olarak her ekim dönemi öncesi kontrol (0 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), P5 (5 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), P10 (10 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ve P20 (20 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) olacak şekilde uygulanmış olup, bitkinin ihtiyaç duyduğu temel azot ve potasyum gübre gereksinimleri toprak analiz sonuçlarına göre belirlenmiştir. Deneme P2088 mısır çeşidi kullanılarak Mayıs 2017'de kurulmuş ve Eylül 2017'de de hasat edilmiştir. Hasat zamanı bitki farklı aksamaları (kök, kök üstü aksam ve dane) kuru ağırlık verimleri alınmıştır. Kuru yakma metodu kullanılarak ICP-OES aleti ile bitki farklı aksamaları P konsantrasyonları analiz edilmiştir. Elde edilen veriler ile Agronomik Etkinlik (AE), Fizyolojik Etkinlik (FE), Agro-Fizyolojik Etkinlik (AFE), Geri Kazanım Etkinliği (GKE) ve Gübre Kullanım Etkinliği (KE) hesaplanmıştır.

Araştırma bulgularına göre; artan dozlarda P uygulamalarının farklı bitki aksamaları kuru madde verimini ve P konsantrasyonunu arttırmaktadır. Ancak artan dozlarda P uygulamalarının AE, FE, GKE ve KE hesaplamalarına etkisine bakıldığında P10 uygulamasının istatistiksel olarak en iyi uygulama olduğu görülmektedir. Sonuç olarak araştırma bulguları P10 yani 10 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dozu uygulamasının Mısır bitkisinin gübrelemesinde optimum doz olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Agronomik etkinlik, çakılı deneme, fosfor kullanım etkinliği, mısır

## Under Long Term Field Condition to Evaluate the Effects of Different Phosphorus Doses on Agronomic Efficiency of Maize Plant

### Abstract

Maize (*Zea Mays L.*) plant is one of the most produced cereals around the world. Phosphorus (P), which is one of the most used fertilizers in maize production. P is not a renewable resource and in next 50-100 years, it may be finish. Moreover, less P fertilization may limit crop yield and production capacity. The purpose of study is to investigate the effects of different P doses on P uptake and its usage efficiency upon maize plant under long term P fertilizer field experiment. Long-term field experiment was established in 1998, since then regularly each year control (without fertilization), 5, 10 and 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> P (as triple superphosphate) doses are applied as a basic fertilizers. P2088 maize genotype

Mehmet IŞIK: 0000-0003-2619-3317

Feyzullah ÖZTÜRK: 0000-0002-2468-9098

Şeyma KARADERE: 0000-0001-7869-8320

İbrahim ORTAŞ: 0000-0003-4496-3960

was used as plant material. Maize seeds were sown in June 2017 and were harvested in October 2017. After harvest, yield, shoot and root dry weight were determined. P concentrations of each parts were determined by ICP-OES. Agronomic Efficiency (AE), Physiological Efficiency (PE), Agrophysiological Efficiency (APE), Apparent Recovery Efficiency (ARE) and Utilization Efficiency (EU) were calculated. According to the research findings; increasing doses of P applications increase different plant parts dry matter yield and P concentration. However, it is seen that P10 application is statistically the best application on AE, FE, GKE and KE calculations. It was determined that under field condition application of P10 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dose was the optimum dose for maize production.

**Keywords:** Agronomic efficiency, long term field experiments, phosphorus utilization efficiency, maize

## GİRİŞ

Mısır (*Zea mays L.*) dünyada ve ülkemizde en çok üretilen bitkilerden biridir. Mısır karbonhidrat, protein, yağ, vitamin (A, E ve C vitaminleri) ve mineral içeriği ile insan sağlığı açısından önemli bir bitkisel üründür (Orhun, 2013). Mısır üretiminde en çok tüketilen gübrelere biri de fosfor gübresidir.

Fosfor (P) yaşayan canlılar (bitkiler ve hayvanlar) için gerekli bir besin elementtir. Dünyada ekilebilir alanların %40'ında bitkisel üretimi sınırlandıran faktör fosfor noksanlığıdır (Bailemi ve Negisho, 2012). Fosfor bitkilerde fotosentez, enerji, fosfolipit ve nükleik asit gibi pek çok metabolizmada görev almaktadır (Vance vd., 2003). Bitkiler fosforu suda çözünebilir fosfat iyonları olarak (özellikle H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> formunda) kökleri yardımı ile almaktadırlar (Roberts ve Johnston, 2015). Suda çözünmeyen fosfor formlarından bitkiler yararlanamaz (Rathinasabapathi vd., 2018). Yetersiz P gübrelemesinde bitkisel üretim gerçekleşmeyeceği gibi aşırı P gübrelemesi durumunda ise ötrofikasyona neden olmaktadır (Frossard vd., 2016).

Yüksek CaCO<sub>3</sub> ve pH içeriğine sahip topraklar Ca-P gibi bileşikler oluşturarak P'un alınımı olumsuz etkilediği gibi (Marschner ve Rengel, 2007; Ortaş ve Akpınar, 2011) düşük pH ya sahip topraklarda ise Fe-P gibi bileşikler oluşturarak P'un alınımı olumsuz etkilenir (Yli-Halla, 2016). Dolayısıyla ülke ve bölge topraklarımızın çoğu yüksek CaCO<sub>3</sub> ve pH içeriğine sahip olduğu için P tarım alanlarına çok uygulansa da ancak küçük bir kısmından bitki yararlanabilmektedir. Yenilenebilir bir kaynak olmayan P'un rezervi apatit kayasıdır. Apatit kayası önümüzdeki 50-100 yıl içerisinde tükeneyeceği varsayılmaktadır (Schnug ve Haneklaus, 2016).

Apatit kayasının tükenebilir bir kaynak olması P kullanım etkinliğinin önemini her geçen gün arttırmaktadır (Veneklaas vd., 2012). P

kullanım etkinliği optimum koşullarda %25'e kadar arttırılabilir (Shenoy ve Kalagudi, 2005). P kullanım etkinliği pek çok yolla tanımlanmaktadır (Fageria, 1992). Ancak en yaygın tanımlama ise; biyokütle veya verim miktarına karşılık kaldırılan besin elementi miktarıdır (Veneklaas vd., 2012). Kullanım etkinlikleri hesaplamalarında genel olarak en büyük hedef minimum gübre uygulamasına maksimum verim elde edilmesidir. P kullanım etkinliği yeni bir konu değildir. Ancak henüz tam olarak anlaşılmalı bir konu olmamakla birlikte mısırdaki kullanım etkinliği hesaplamaları ile ilgili çalışmalarda sınırlıdır.

Bu sebeple ülkemiz ve bölgemizde en çok üretilen bitkisel ürünlerden biri olan mısırın fosfor kullanım etkinliğini hesaplamak ve en uygun P dozunu uzun süreli deneme koşullarında belirlemek büyük öneme sahiptir. Bu sebeple çalışmanın amacı; artan dozlarda P uygulamasının bitkinin P alımı ve P kullanım etkinliğini belirlemektir. Çalışmada test edilecek hipotez ise; artan dozlarda P uygulaması fosforlu gübre kullanım etkinliğini artırır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Deneme 1998 yılında Çukurova Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde Arık (Vertisol Ordosundan, Haploxerert büyük grubu ve Typic Haploxerert alt grubunda yer alan) serisi toprak (USA, 1975) üzerinde kurulmuş olup halen devam etmektedir. Arık toprak serisi %0-1 eğime sahip oldukça derin profilli yaşlı alüvyal taban arazilerde yer alan A-C horizonlarından oluşmaktadır. Profil rengi koyu kahverengi ve kahverengidir. Tüm profil kireçli ve killi olup kireç yıkanması çok az görülmektedir (Güleç ve Şenol, 2002). Arık serisi toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de gösterilmiştir. Söz konusu çakılı deneme düzenli olarak her ekim dönemi öncesi kontrol (0 kg.da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), P5 (5 kg.da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), P10 (10 kg.da<sup>-1</sup>

**Çizelge 1.** Arık serisi toprakları bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (Cenkseven vd., 2019)

**Table 1.** Some physical and chemical properties of Arık series soils (Cenkseven et al., 2019)

pH (1:2.5)	Toplam N (%)	C Org. (%)	P (mg kg <sup>-1</sup> )	Tekstür dağılımı (%)			Tekstür sınıfı
				Kum	Silt	Kil	
8.09	0.12	1.4	11.43	19.6	30.8	49.6	C

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ve P20 (20 kg.da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) olacak şekilde uygulanmış olup, bitkinin ihtiyaç duyduğu temel azot ve potasyum gübre gereksinimleri toprak analiz sonuçlarına göre belirlenmiştir. Deneme P2088 çeşidi mısır kullanılarak Mayıs 2017'de kurulmuş ve Eylül 2017'de de hasat edilmiştir.

Hasat zamanı bitki farklı aksamaları (kök, kök üstü aksam ve dane) kuru ağırlık verimleri alınmıştır. Ayrıca kuru yakma metodu kullanılarak ICP-OES aleti ile bitki farklı aksamaları P konsantrasyonları analiz edilmiştir (Kacar ve İnal, 2008). Elde edilen veriler ile Fageria ve Filho (2007) ya göre Agronomik Etkinlik (AE), Fizyolojik Etkinlik (FE), Agro-Fizyolojik Etkinlik (AFE), Geri Kazanım Etkinliği (GKE) ve Gübre Kullanım Etkinliği (KE) hesaplanmıştır (Çizelge 2).

Araştırma bulgularına JMP 8 istatistik programı kullanılarak ANOVA analizi ve LSD testi gerçekleştirilmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Farklı bitki aksamaları kuru madde verimi

Artan dozlarda P uygulamalarının mısır aksamaları (kök, kök üstü ve dane) kuru madde verimi incelendiğinde (Çizelge 3) istatistiksel olarak dikkate değer bir fark vardır. Tüm aksamalarda, istatistiksel olarak P20 uygulaması kontrol uygulamasına göre en iyi uygulama olurken onu sırası ile P10 ve P5 uygulamaları izlemektedir. Artan dozlarda P uygulaması bitki gelişimini arttırdığına dair pek çok çalışma yapılmıştır.

**Çizelge 2.** P kullanım etkinliklerinin formülleri (Fageria ve Filho, 2007)

**Table 2.** Formula of P use efficiency (Fageria and Filho, 2007)

Besin Elementi Etkinliği	Formüller ve Tanımları
Agronomik Etkinlik (AE)	Agronomik etkinlik element alımına karşılık ekonomik üretim olarak tanımlanır. Hesaplanmasında AE (kg dane kg <sup>-1</sup> P)= GF-GU/NA formülü kullanılır ve GF gübre uygulanmış parsellerin dane verimi (kg), GU gübre uygulanmamış parsellerin dane verimi ve NA uygulanan P miktarı (kg) olarak tanımlanır.
Fizyolojik Etkinlik (FE)	Fizyolojik etkinlik alınan elemente karşılık biyolojik verim olarak tanımlanır. Hesaplanmasında FE (kg biyokütle kg <sup>-1</sup> P)= BYF-BYU/NF-NU formülü kullanılır BYF gübre uygulanan parsellerin biyolojik (tane ve anız ağırlığı) verimliliği (kg), BYU gübre uygulanan parsellerin biyolojik verimliliği (kg), NF gübre uygulanan parsellerdeki bitkilerin ( tane ve anız ) kaldırdığı P miktarı (kg) ve NU ise gübre uygulanmayan parsellerdeki bitkilerin (tane ve anız) kaldırdığı P miktarı (kg) olarak tanımlanır.
Agro-Fizyolojik Etkinlik (AFE)	Agro-fizyolojik etkinlik element alımına karşılık ekonomik üretim olarak tanımlanmaktadır. Hesaplanmasında AFE (kg dane kg <sup>-1</sup> P) = GF-GU/NUF-NUU formülü kullanılır ve GF gübre uygulanan parsellerde tane verimi, GU gübre uygulanmayan parsellerde tane verimi (kg), NUF gübre uygulanan parsellerdeki bitkinin (tane ve anız) kaldırdığı P miktarı (kg) ve NUU gübre uygulanmayan parsellerdeki bitkinin (tane ve anız) kaldırdığı P miktarı (kg) olarak tanımlanır.
Geri Kazanım Etkinliği (GKE)	Geri kazanım etkinliği uygulanan gübreye karşılık kaldırılan besin elementi miktarı olarak tanımlanır. Hesaplanması ARE (%)= (NF-NU/NA)* 100, NF gübre uygulanan parsellerdeki bitkilerin (tane ve anız) kaldırdığı P miktarı (kg), NU gübre uygulanmayan parsellerdeki bitkilerin (tane ve anız) kaldırdığı P miktarı (kg) ve NA parsellere uygulanan P gübrelemesi (kg) olarak tanımlanır.
Gübre Kullanım Etkinliği (KE)	Gübre Kullanım Etkinliği ürün fizyolojik kazanım etkinliği olarak tanımlanmaktadır. Hesaplanması EU (kg kg <sup>-1</sup> )= FE*GKE şeklindedir.

Aydın vd. (2005)'nin yapmış olduğu çalışmada artan dozlarda P uygulamasına bağlı olarak bitki kuru madde veriminde arttığı görülmektedir. Ayub vd. (2002) yapmış olduğu çalışmada mısır bitkisine artan dozlarda N ve P uygulamaları gerçekleştirmiştir. Söz konusu çalışmanın araştırma bulguları genel olarak artan dozlarda NP uygulamasına bağlı olarak bitki veriminde arttığını göstermekte olup çalışmamızı destekler niteliktedir.

### Farklı bitki aksamalarının P içerikleri ve kaldırılan P miktarları

Artan dozlarda P uygulamalarının farklı bitki aksamaları P içeriğine etkisi incelendiğinde (Çizelge 4) kök üstü aksam hariç istatistiksel olarak uygulamalar arasında önemli fark olmadığı görülmektedir. Kök üstü aksam olarak ise en iyi uygulamalar P20 ve P10 uygulamalarıdır. Ayrıca artan dozlarda P uygulamasına bağlı olarak farklı

bitki aksamalarının ortalama P içerikleri genel olarak arttığı görülmektedir.

Artan besin elementi uygulamasına bağlı olarak bitki dokularında besin elementi birikimi beklenen bir durumdur. Sanginga (1992) nın yapmış olduğu çalışma araştırma bulgularımızı destekler niteliktedir. Bitki kuru madde verimi ve dokulardaki P konsantrasyonuna bağlı olarak bitki dokuları kaldırdığı P miktarında artması beklenmektedir. Artan dozlarda P uygulamasının bitki aksamalarınca kaldırılan P miktarına etkisine bakıldığında istatistiksel olarak önemli farklar vardır (Çizelge 5). Kök üstü aksam, kök, dane ve toplam biyomas kaldırılan P miktarı incelendiğinde P20 uygulaması istatistiksel olarak en iyi uygulamadır. Mohammad vd. (1998) yapmış olduğu çalışmada artan dozlarda P uygulaması bağlı olarak bitkinin kaldırdığı P miktarında artış gösterdiğini rapor etmişlerdir.

**Çizelge 3.** Artan dozlarda P uygulamalarının kök, kök üstü aksam, dane ve toplam biyomas kuru madde verimlerine etkisi  
**Table 3.** The effect of increasing doses P applications on root, shoot, grain and total biomass dry matter yields

Uygulamalar	Kök Kuru Ağırlığı	Kök Üstü Kuru Ağırlığı	Dane Kuru Ağırlığı	Toplam Biyomas Kuru Ağırlığı
	(kg da <sup>-1</sup> )			
P0	158 ±20c	621 ±42c	635 ±56b	1414 ±35c
P5	186 ±22bc	666 ±97bc	765 ±100b	1617 ±28c
P10	207 ±19ab	782 ±61ab	952 ±88a	1941 ±102b
P20	229 ±5a	893 ±108a	1090 ±95a	2211 ±209a
	p<0.05	p<0.01	p<0.01	p<0.01

**Çizelge 4.** Farklı bitki aksamaları (%) P konsantrasyonları  
**Table 4.** Different plant parts (%) P concentrations

Uygulamalar	Kök	Kök Üstü	Dane
	P (%)		
P0	0.03 ±0.01	0.04 ±0.01b	0.22 ±0.02
P5	0.04 ±0.01	0.04 ±0.01ab	0.24 ±0.01
P10	0.04 ±0.01	0.07 ±0.02a	0.21 ±0.04
P20	0.05 ±0.01	0.07 ±0.02a	0.22 ±0.02
	p>0.05	p< 0.05	p>0.05

**Çizelge 5.** Farklı bitki aksamaları tarafından kaldırılan P miktarları  
**Table 5.** P uptake of different plant parts

Uygulamalar	Kök	Kök Üstü	Dane	Toplam Biyomas
	(P kg da <sup>-1</sup> )			
P0	0.05 ±0.02	0.27 ±0.11b	1.4 ±0.1b	1.7 ±0.1c
P5	0.06 ±0.01	0.24 ±0.30b	1.9 ±0.2ab	2.2 ±0.2bc
P10	0.09 ±0.03	0.57 ±0.23a	2.0 ±0.5ab	2.7 ±0.3ab
P20	0.11 ±0.03	0.67 ±0.26a	2.4 ±0.3a	3.2 ±0.6a
	p>0.05	p<0.01	p<0.05	p<0.01

### Farklı dozlarda P uygulamalarının P kullanım etkinlikleri üzerine etkisi

Fosfor kullanım etkinlikleri hesaplandığında (AE, FE, KE ve GKE) farklı dozlarda P uygulamaları arasında istatistiksel olarak önemli farklar vardır (Çizelge 6). AE hesaplaması incelendiğinde (Çizelge 6) bir kg P gübrelemesine 34 kg verim ile P10 uygulaması en iyi uygulamadır. P20 uygulamasında ise AE'nin düştüğü görülmektedir. Benzer şekilde García ve Salvagiotti (2010) yapmış olduğu çalışmada soya fasülyesine artan dozlarda P (0, 10, 20 ve 40 kg ha<sup>-1</sup>) uygulamış olup AE hesaplanmıştır. Söz konusu çalışmada AE bir noktaya kadar (10 kg ha<sup>-1</sup>) artarken sonrasında azalışa geçmiştir.

FE ve GKE hesaplamaları incelendiğinde ise istatistiksel olarak uygulamalar arasında önemli farkların olduğu görülürken AFE hesaplamasında istatistiksel olarak bir fark yoktur. İstatistiksel olarak P5 ve P20 dozlarına kıyasla en iyi FE ve GKE P10 dozudur. Ortalama AFE hesaplaması olarak ise P5 ve P20 uygulamalarına kıyasla en iyi uygulama P10 uygulamasıdır. Araştırma bulgularımızın aksine Hussein (2009) mısır da gerçekleştirmiş olduğu denemede tek üretim sezonu boyunca farklı dozlarda (0, 30, 60 ve 90 kg P ha<sup>-1</sup>) P uygulanmış olup artan dozlarda P uygulamasına bağlı olarak GKE etkinliği azalma eğilimi göstermiştir.

FE kaldırılan P miktarına bağlı olarak elde edilen biyolojik verimdir (Snyder, 2009). FE olarak P10 (744 kg kg<sup>-1</sup>) uygulaması P5 ve P20 uygulamasına göre en iyi uygulamadır. Düşük FE düşük verime neden olmaktadır (Dobermann, 2007). AFE, KE ve GKE hesaplamalarında yine benzer şekilde P10 uygulaması P5 ve P20 uygulamasına göre en iyi uygulamadır (Çizelge 6). Uzun yıllar uygulanan P gübreleme koşulları altında dekara 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uygulamasının bitki gelişimi en yüksek gübre dönüşüm etkisine sahip olduğu görülmektedir. Araştırma bulgularımıza benzer şekilde Fageria ve

Filho (2007) de yaptıkları çalışmada farklı dozlarda P uygulaması altında pirinç P kullanım etkinliklerinin (AFE, GKE ve KE) bir noktaya kadar artarken sonrasında düşüş gösterdiğini belirlemişlerdir.

### SONUÇLAR

Sonuç olarak, araştırma bulgularımız gösteriyor ki topraklara artan dozlarda P uygulaması mısır bitkisinin büyümesini arttırmıştır. Aynı zamanda Agronomik Etkinlik, Fizyolojik Etkinlik, Agro-Fizyolojik Etkinlik, Geri Kazanım Etkinliği ve Gübre Kullanım Etkinliği hesaplanmış ve Çukurova bölgesi koşullarında mısır yetiştiriciliği için en iyi P dozu uygulaması 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> olduğu belirlenmiştir.

### KAYNAKLAR

Aydın A, Kant C, Ataoğlu N (2005). Erzurum ve Rize yöresi toprak örneklerine uygulanan farklı dozlardaki bor ve fosforun mısır (Zea mays)'ın kuru madde miktarı ve mineral içeriğine etkisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 36: 125-129.

Ayub M, Nadeem M, Sharar M, Mahmood N (2002). Response of maize (Zea mays L.) fodder to different levels of nitrogen and phosphorus. Asian Journal of Plant Sciences 1: 352-354.

Balemi T, Negisho K (2012). Management of soil phosphorus and plant adaptation mechanisms to phosphorus stress for sustainable crop production: a review. Journal of soil science and plant nutrition 12: 547-562.

Cenkseven Ş., Koçak B., Kizıladağ N., Aka Sağlıker H., Darici C., (2019). Negative priming effects of emamectin benzoate on soil microbial activity", Journal of environmental protection and ecology, vol.20, pp.1140-1148.

Dobermann A, (2007). Nutrient use efficiency-measurement and management. Fertilizer best management practices 1.

Fageria N, Filho M B 2007. Dry-matter and grain yield, nutrient uptake, and phosphorus use-efficiency of lowland rice as influenced by phosphorus fertilization. Communications in soil science and plant analysis 38: 1289-1297.

Fageria N K (1992). Maximizing crop yieldsCRC Press. 2005. Fertilización azufrada en maíz en la pampa ondulada. Congreso Nacional de Maíz. 8. 2005 11 16-18, 16 al 18 Noviembre 2005. Rosario, Santa Fe. AR.

**Çizelge 6.** P kullanım etkinlikleri hesaplamaları  
**Table 6.** Calculation of P use efficiency

Uygulamalar	AE	FE	AFE	KE	GKE
	(kg dane kg <sup>-1</sup> P)	(kg biokütle kg <sup>-1</sup> P)	(kg dane kg <sup>-1</sup> P)	(kg biokütle kg <sup>-1</sup> P)	(%)
P5	18 ±8b	421 ±35b	264 ±31	39 ±3b	8 ±1b
P10	32 ±3a	744 ±111a	377 ±76	59 ±9a	12 ±1a
P20	19 ±2b	674 ±74a	303 ±56	50 ±0a	6 ±0c
	p<0.05	p<0.05	p>0.05	p<0.05	p<0.05

- Frossard E E, Bünemann K, Gunst L, Oberson A, Schärer M, Tamburini F (2016). Fate of Fertilizer P in Soils—The Organic Pathway. *Phosphorus in Agriculture: 100% Zero*. Springer. p. 41-61.
- García F, Salvaggiotti F, (2010). Fertilizer best management practices in Argentina with emphasis on cropping systems. *Boas practicas para uso eficiente de fertilizantes 1*: 111-142.
- Güleç, M. and S. Şenol. 2002. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Deneme Alanının Detaylı Toprak Etüd ve Haritalaması. *ÇÜ ZF Dergisi 17*: 103-110.
- Hussein A, (2009). Phosphorus use efficiency by two varieties of corn at different phosphorus fertilizer application rates. *Res. J. Appl. Sci 4*: 85-93.
- Kacar B, İnal A, (2008). Plant analysis (In Turkish). Nobel Yayın No: 1241
- Marschner P, Rengel Z, (2007). *Nutrient cycling in terrestrial ecosystems* Springer Science & Business Media.
- Mohammad M, Shibli R, Ajlouni M, Nimri L, (1998). Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *Journal of plant nutrition 21*: 1667-1680.
- Orhun G E, (2013). Maize for life. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering 3*: 13-16.
- Ortas I, Akpınar Ç, (2011). Response of maize genotypes to several mycorrhizal inoculums in terms of plant growth, nutrient uptake and spore production. *Journal of plant nutrition 34*: 970-987.
- Rathinasabapathi B, Liu X, Cao Y, Ma L Q, (2018). "Phosphate-solubilizing Pseudomonads for improving crop plant nutrition and agricultural productivity." *Crop Improvement Through Microbial Biotechnology*. Elsevier, 363-372.
- Roberts T L, Johnston A E, (2015). Phosphorus use efficiency and management in agriculture. *Resources, Conservation and Recycling 105*: 275-281. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.09.013>.
- Sanginga N, (1992). Early growth and N<sub>2</sub>-fixation of leucaena and gliricidia at different levels of phosphorus application. *Fertilizer Research 31*: 165-173.
- Schnug E, Haneklaus S H, (2016). The enigma of fertilizer phosphorus utilization. *Phosphorus in Agriculture: 100% Zero*. Springer. p. 7-26.
- Shenoy V V, Kalagudi G M, (2005). Enhancing plant phosphorus use efficiency for sustainable cropping. *Biotechnology Advances 23*: 501-513. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2005.01.004>.
- Snyder C S, (2009). Nutrient Use Efficiency: Global Challenges, Trends, and the future. Proceedings of the Symposium "Nutrient Use Efficiency" presented by the International Plant Nutrition Institute (IPNI) at the XVIII Latin American Congress of Soil Science. San Jose, Costa Rica, November.
- USA, 1975. Soil Survey Staff. *Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. Agriculture Handbook no. U. S. Government Printing Office Washington DC.
- Vance C P, Uhde-Stone C, Allan D L, (2003). Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. *New phytologist 157*: 423-447.
- Veneklaas E J, H. Lambers J, Bragg P M, Finnegan C E, Lovelock W C., Plaxton, ... Raven J A, (2012). Opportunities for improving phosphorus-use efficiency in crop plants. *New Phytologist 195*: 306-320.
- Yli-Halla M, (2016). Fate of fertilizer P in soils: inorganic pathway. *Phosphorus in Agriculture: 100% Zero*. Springer. p. 27-40.