

## Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2019, 56 (3):273-279  
DOI: [10.20289/zfdergi.495756](https://doi.org/10.20289/zfdergi.495756)

Aslı Sıla GÜRÜN<sup>1a</sup>

Hakan GEREN<sup>1b\*</sup>

<sup>1</sup> Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri  
Bölümü, 35100, İzmir / Türkiye

<sup>1a</sup> Orcid No: 0000-0002-5470-0817

<sup>1b</sup> Orcid No: 0000-0003-0426-1120

\*sorumlu yazar: [hakan.geren@ege.edu.tr](mailto:hakan.geren@ege.edu.tr)

### Anahtar Sözcükler:

*Eragrostis tef*, tef bitkisi, fosfor seviyesi, tane verimi

### Keywords:

*Eragrostis tef*, teff grass, phosphorus level, grain yields.

### Farklı Fosfor Seviyelerinin Tef (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) Bitkisinde Tane Verimi ve Bazı Verim Özelliklerine Etkisi Üzerine Bir Ön Araştırma\*

A Preliminary Study on the Effect of Different Phosphorus Levels on the Grain Yield and Some Yield Characteristics of Teff (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter)

\* Bu makale, ilk yazarın yüksek lisans tezinden özetlenmiştir.

**Alınış** (Received): 12.11.2018

**Kabul Tarihi** (Accepted): 03.01.2019

### ÖZ

**Amaç:** Bu çalışma, farklı fosfor seviyelerinin tef (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) bitkisinde tane verimi ve bazı verim özellikleri üzerine etkilerini saptamak amacıyla yürütülmüştür.

**Materyal ve Yöntem:** Araştırma, 2017 yılının yaz yetiştirme döneminde, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Bornova deneme alanlarında dış ortam koşullarında saksı denemesi olarak gerçekleştirilmiştir. Denemede, tef bitkisinin Dessie genotipi kullanılmış ve beş farklı fosfor (0, 5, 10, 15, 20 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) dozu uygulanmıştır. Çalışmada bitki boyu, sap sayısı, tane verimi, hasat indeksi gibi özellikler ölçülmüştür.

**Bulgular ve Sonuç:** Fosfor seviyelerinin incelenen tüm özellikler üzerinde önemli etkilerinin olduğunu saptanmıştır. Yüksek fosfor dozu uygulamaları, kontrole göre tane verimini yükseltmiştir. Dekara 10 kg fosfor uygulamasının, Akdeniz iklim koşullarındaki İzmir'de, tef bitkisi tane verimini yükselten en iyi gübre seviyesi olduğunu ortaya koymuştur.

### ABSTRACT

**Objective:** This study was conducted to determine the effect of phosphorus levels on the grain yield and some yield parameters of teff grass (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter).

**Material and Methods:** The experiment was carried out on the experimental area of Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Izmir/Turkey, during the summer growth seasons of 2017 as a pot experiment grown under outdoor. In the experiment, Dessie genotype of teff grass was used as crop material and five levels of phosphorus (0, 50, 100, 150, 200 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) were tested. Some traits were evaluated in the experiment such as plant height, number of tiller, grain yield and harvest index.

**Results and Conclusion:** The effects of phosphorus treatments were significant on all characteristics tested in the experiment. Application of the higher rates of P treatments increased the grain yields compared to the control. Based on these results, 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> was proved the best fertilizer levels for teff grass grain yield under Mediterranean ecological conditions of Izmir.

## GİRİŞ

Yaz otu veya daha yaygın olarak tef (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) ismiyle bilinen bitki, 40 kromozumlu tetraploid ( $2n=4x=40$ ), tek yıllık bir C4 buğdaygili (*Graminea*)'dir (Miller, 2008; Gebreslassie ve Demoz, 2016). Gluten içermeyen taneleri insan gıdası, samanı da yem bitkisi olarak (Kaplan ve ark., 2016) kullanılan tef bitkisinin bir üstünlüğü de, diğer tahılların dayanmadığı uzun süreli su göllenmelerine dayanıklı olmasıdır. İnce saplı ve çok yoğun kardeşlenen tef bitkisi yumak şeklinde bir görünüme sahip olup, çeşit özelliğine göre değişmekle birlikte 25 cm ile 125 cm kadar boylanabilmektedir. Gövde çoğunlukla dik gelişmekte ancak zayıf bir gövde yapısına sahip olan bitkide boylanmaya bağlı olarak yatma durumu gözlenmektedir (Adam, 2004). Çok sayıda yaprak oluşturan bitkinin yaprak ayaları dar, tüsüz ve pürüzsüz bir yapıda olduğu için kuru otu yumuşak doku özelliği kazanmakta ve özellikle atlar tarafından istihla tüketilmektedir (Mirutse ve ark., 2009). Saçak kök sistemine sahip tef bitkisinin kökleri daha fazla derine gitmemekte (yüzeysel), fakat geniş bir yayılım göstermektedir. Kendine döllen bir bitki türü olan tefin tohumları çok küçüktür (bin tane ağırlığı ~0,4 g) (Zucca, 2016). Çeşit özelliğine göre değişkenlik göstermek ile birlikte tohum kabuğu beyaz, kırmızı, kahverengi ve siyahımsı renklerde. Taneler, açık salkımdan kapalı salkıma kadar değişen başak yapısı üzerinde gelişmektedir (Shiferaw ve ark., 2012). Akdeniz iklim koşullarının egemen olduğu Bornova-İzmir koşullarında yürütülen çalışmanın amacı, tef bitkisinde farklı fosfor seviyelerinin tane verimi ve bazı verim özellikleri üzerine etkisini ortaya çıkarmaktır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma 2017 yılının Nisan-Aralık ayları arasında, EÜZF Tarla Bitkileri Bölümü'nde dış ortam koşullarında saksı denemesi şeklinde yürütülmüştür. Araştırma yerinin iklim özellikleri, İzmir Meteoroloji Bölge İstasyonu'ndan (MGM, 2017) sağlanmış ve Çizelge 1'de özetlenmiştir.

**Çizelge 1.** Deneme yerine ait bazı iklim verileri

**Table 1.** Some meteorological characteristics of experimental area

Aylar	Sıcaklık (°C)		Yağış (mm)	
	2017	UYO	2017	UYO
Nisan	16.6	16.1	15.7	46.4
Mayıs	21.7	21.0	27.0	25.4
Haziran	26.5	26.0	1.8	7.5
Temmuz	28.4	28.3	1.4	2.1
Ağustos	29.5	27.9	0.3	1.7
Eylül	24.6	23.9	0.9	19.9
Ekim	18.8	19.1	45.7	43.2
Kasım	13.4	13.8	62.1	109.7
Aralık	11.7	10.5	81.4	137.9
X - Σ	21.2	20.7	236.3	393.8

UYO: Uzun Yıllar Ortalaması

Denemede kullanılan toprak, Bayındır/İzmir'den temin edilmiş olup, fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2'de sunulmuştur. Analiz sonuçları, suda eriyebilir tuz değerlerinin bitki yetiştirilmede bir problem teşkil etmeyeceğini, ayrıca deneme toprağının organik madde bakımından fakir, toplam azot yönünden orta düzeyde, alınabilir P, K ve Ca miktarı bakımından sırasıyla fakir, noksan ve normal olduğunu belirtmektedir (Kacar ve Katkat, 1999).

**Çizelge 2.** Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

**Table 2.** Some physical and chemical characteristics of experimental soil

Özellikler	
Kum (%)	80.2
Kil (%)	1.8
Mil (%)	18.0
Bünye	Tınlı kum
pH	5.83
Eriyebilir Toplam Tuz (%)	0.03
Kireç (%)	0.82
Organik Madde (%)	1.27
Toplam Azot (%)	0.092
Alınabilir Fosfor (ppm)	1.14
Alınabilir Potasyum (ppm)	40
Alınabilir Kalsiyum (ppm)	1450

Bu çalışmada, Güney Idaho/ABD'den temin edilen "Dessie" isimli tef genotipi kullanılmış olup, beş farklı fosfor seviyesinin (P0:0, P5:5, P10:10, P15:15 ve P20:20 kg/da P2O5) etkisi incelenmiştir. Deneme, basit faktöriyel tesadüf parselleri deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak düzenlenmiş ve 17 kg toprak içeren (2 mm'lik elekten geçirilmiş toprak) plastik saksılar kullanılmıştır. Tef tohumları, araştırma toprağı içeren multipodlar içine 1 Mart 2017 tarihinde ekilmiş, sera koşullarında çimlenme ve çıkışları sağlanmıştır. Fide haline gelen tef bitkisi 12 Nisan 2017 tarihinde gerçek deneme yeri olan saksılara şaşırtılmıştır. Saksı başına 10 bitki içeren iki adet fide grubu, saksının merkezine dikilmiştir (Balcha, 2014; Abebe ve Abebe, 2016). Saksılara uygulanacak fosfor miktarları %43'lük triplesüperfosfat (TSP,  $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ )'tan hesaplandıktan sonra tüm gübre, tek seferde fide dikim yerinin 5 cm kadar altına verilmiştir. Bu esnada her saksıya saf 10 kg/da azot (üre formunda) ve 10 kg/da K<sub>2</sub>O (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) yine tek seferde uygulanmıştır (Giday ve ark., 2014). 2-3 günde bir saksılardaki nem içeriği taşınabilir nemölçerle ölçülmüş ve topraktaki su, tarla kapasitesinin %50'nin altına düştüğünde çeşme suyu ile sulama işlemi yapılmıştır. Saksı içinde çıkan yabancı bitkiler elle temizlenmiş, kültür bitkisinin su ve besin maddesine ortak edilmemiştir. Büyüyen bitkilerin yatmalarına engel olmak için saksı merkezine demir çubuk konularak bitkiler bağlanmıştır. Denemenin üzeri yağmurlu günlerde yağıştan korunma amacıyla şeffaf naylonla örtülmüştür. Çalışma süresince herhangi bir hastalık veya zararlı kaydedilmemiştir.

Bitkiler başak oluşturduktan sonra oluşan tohumların dökülmesini ve olası kuş zararını engellemek için tüm başaklar, tohumların geçemeyeceği fakat havalanmanın engellenmeyeceği kadar küçük gözenek aralığına sahip tülbent

ile izole edilmiştir. Tane olgunluğuna ulaşan saksıdaki bitkiler 10 Ağustos 2017 tarihinde bağ bıçağı yardımıyla, toprak seviyesinin 5 cm yüksekliğinden elle biçilmiştir. Gölge bir ortamda 3 gün kurutulan bitki başaklarındaki tohumlar (~13 nem oranı) elle harmanlanarak temizlenmiştir.

Araştırma kapsamında şu özellikler (Tesfahunegn, 2014; Jabesa ve Abraham, 2016) incelenmiştir: Başaklanma süresi: Tohumların çıkış tarihi ile her saksıya dikilen bitkilerin %50'si başaklanıncaya kadar geçen süre kaydedilmiştir. Sap (kardeş) sayısı: Hasattan önce saksıdaki tüm bitki sapları sayılmış ve yirmiyeye (dikilen bitki sayısı) bölünmüştür. Bitki boyu: Hasattan önce saksıdaki 10 bitkinin, toprak yüzeyinden başak ucuna kadar olan uzunlukları cetvel yardımıyla ölçülmüştür. Biyolojik verim: Her saksıdan biçilen bitki öbeği, gölge bir ortamda birkaç gün kurutulduktan sonra tüm toprak üstü ağırlığı (taneler dâhil) hassas terazi ile tartılmıştır. Tane verimi: Biyolojik verimi saptanan bitkilerdeki taneler elle ayıklandıktan sonra temizlenmiş ve tartılmıştır. Hasat indeksi: Tane veriminin biyolojik verime oranlanmasıyla hesaplanmıştır. Bin tane ağırlığı: Bin adet tohumun ağırlığı hassas teraziyile tartılmıştır. Çalışmadan elde edilen veriler, tek faktörlü tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak varyans analizi yapılmış (Yurtsever, 1984) ve ortaya çıkan farklılıklar en küçük önemli fark (EKÖF) testi (%1) ile gruplara ayrılarak değerlendirilmiştir.

### ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

**Başaklanma Süresi:** Yapılan istatistiki analiz sonuçları, tef bitkisinin başaklanma süresi üzerinde P seviyelerinin önemli etkilerinin olduğunu göstermiştir (Çizelge 3). En uzun başaklanma süresi 71 gün ile P0 ve P5, en kısa başaklanma süresi ise 60 gün ile P15 ve P20 uygulamalarında kaydedilmiştir. Çalışmada P seviyesi yükseldikçe, bir başka ifadeyle P0'dan P20'a doğru gidildikçe başaklanma gün sayısının kısaldığı (11 gün) saptanmıştır. Birçok araştırmacının (Ayelew ve ark., 2011; Gebreslassie ve Demoz, 2016; Zucca, 2016) artan P seviyeleri karşısında genel olarak bitkilerin daha kısa sürede generatif döneme geçtiklerini veya tersi ifadeyle, fosfor noksanlığında bitkilerin daha geç generatif döneme geçtiklerini bildirmeleri, bulgularımızı doğrulamaktadır. Ancak, Mirutse ve ark. (2009) tef bitkisine uygulanan P seviyesi yükseldikçe (0, 23, 46 ve 69 kg/

ha) %75 olgunlaşma gün süresi üzerinde önemli bir etkisinin bulunmadığını (ort: 95 gün) fakat artan N seviyelerinin (0, 23, 46 ve 69 kg/ha) olgunlaşma gün süresini 2 gün daha uzattığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Kebede (2012) artan P seviyeleri (0, 50, 100 kg/ha) karşısında %50 başaklanma süresinin etkilenmediğini, ancak artan N seviyelerinin (0, 46, 92 kg/ha) %50 başaklanma süresini 43 günden 41 güne düşürdüğünü ifade etmişlerdir. Buna karşılık Assefa ve ark. (2016) tef bitkisine uyguladıkları N/P kombinasyonu seviyesi arttıkça (F1:0/0, F2:16/11.5, F3:32/23 ve F4:64/46), F1 uygulamasında 135 gün olan olgunlaşma gün süresinin F2 ve F3 uygulamasında 144 güne yükseldiğini ancak F4 uygulamasında 138 güne düştüğünü bildirmişlerdir. Çalışmamızda tef bitkisine uygulanan P seviyesi arttıkça %50 başaklanma sürelerinin 11 gün kısaldığı saptanmış olup yukarıdaki araştırmacıların sonuçları ile çok örtüşmediği belirlenmiştir.

**Bitki Boyu:** İstatistiki analiz sonuçları, bitki boyu üzerinde P seviyelerinin önemli etkilerinin olduğunu göstermiştir. En uzun bitki boyu 128.3 cm ile P20 uygulamasından elde edilirken, onu istatistiki olarak aynı grupta yer alan P15 (126.8 cm) uygulaması izlemiştir. En kısa bitki boyu ise 116.5 cm ile P0 (kontrol) uygulamasında kaydedilmiştir. Bitki boyuna ilişkin sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, kontrol uygulamasından itibaren artan P dozlarının tef bitki boylarını yükselttiği belirlenmiştir. Çalışmamızda kontrol dâhil tüm saksılara eşit miktarlarda N ve K verildiğinden, artan P seviyeleriyle yükselen bitki boyu, azotun klorofil yapısında kritik rol oynaması ve aynı zamanda fosforun hücre metabolizmasındaki enerji transferinde görev alan ana besin maddesi olarak görev üstlenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Assefa ve ark., 2016). Pek çok araştırmacı tef bitkisine verilen P seviyesi yükseldikçe bitki boyunun arttığını bildirmiştir. Balcha (2014) değişik tef genotiplerini dört farklı fosfor (0, 3, 6 ve 9 g/m<sup>2</sup> P) seviyesi altında yetiştirmiş ve kontrol (0 g/m<sup>2</sup> P) seviyesinden 9 g/m<sup>2</sup> P'ye kadar artan fosfor seviyesinin bitki boyunu 73 cm'den 90 cm'ye çıkardığını belirtmiştir. Assefa ve ark. (2016) tef bitkisine uyguladıkları N/P kombinasyonu seviyesi arttıkça (F1:0/0, F2:16/11.5, F3:32/23 ve F4:64/46 kg/ha) boyların olumlu yönde etkilendiğini ve F1 uygulamasında 55.6 cm olan bitki boyunun F4'te 88.1 cm'ye yükseldiğini ifade etmişlerdir. Jabesa ve Abraham (2016) tef bitkisine verdikleri N/P (K1:50/50, K2:60/60, K3:70/70, K4: 80/80 kg/ha) seviyesi arttıkça,

**Çizelge 3.** Farklı fosfor seviyelerinin tef bitkisinde verim ve bazı verim unsurlarına etkisi

**Table 3.** Effect of different phosphorus levels on the yield and some yield components of teff

P seviyesi	Başaklanma süresi (gün)	Bitki boyu (cm)	Kardeş sayısı (adet/bitki)	Başak boyu (cm)	Biyolojik verim (g/saksı)	Tane verimi (g/saksı)	Hasat indeksi (%)	Bin tane ağırlığı (mg)
P0	71 a	116.5 d	5.5 c	22.5 c	126.3 c	18.5 c	14.7 b	242 b
P5	71 a	122.5 c	6.8 ab	25.8 bc	130.9 bc	25.8 b	19.7 a	243 b
P10	63 b	122.8 bc	7.5a	29.3 ab	161.4 a	32.5 a	20.2 a	247 b
P15	60 c	126.8 ab	6.4 b	30.3 ab	151.4 a	30.8 a	20.3 a	276 a
P20	60 c	128.3 a	6.3 bc	35.0 a	145.4 ab	29.1 ab	20.0 a	273 a
Ortalama	65	123.4	6.5	28.6	143.0	27.3	19.0	256
EKÖF	1.7 **	4.1 **	0.7 **	5.7 **	16.2 **	3.9 **	3.3 **	24.3 **
CV (%)	1.26	1.61	5.71	9.71	5.44	6.92	8.23	4.56

Aynı sütun içerisinde ve aynı harfler arasında istatistiki fark bulunmamaktadır. \*\*:P<0.01

K1 uygulamasında 97.3 cm olan bitki boyunun K2, K3 ve K4 uygulamasında sırasıyla 97.2, 101.1 ve 106.1 cm'ye yükseldiğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda tef bitkisine uygulanan P seviyesi arttıkça bitki boylarının da yükseldiği (0 kg/da P:116.5 cm'den 20 kg/da P:128.3 cm'ye) belirlenmiş olup bu artışın kontrol uygulamasına göre 11.8 cm daha yüksek olduğu saptanmıştır. Çalışmamızda kontrol uygulamasına hiç P uygulanmadığı halde, kontrol dâhil tüm saksılara eşit miktarlarda verilen N ve K sayesinde, tef bitki boylarının arttığı kaydedilmiş fakat P15 ile P20 uygulaması arasında fark belirlenmemiştir. Bu nedenle bulgularımız yukarıdaki araştırıcının sonuçları ile uyum içinde olduğu söylenebilir.

**Kardeş Sayısı:** Analiz sonuçları, tef kardeş sayısı üzerinde P seviyelerinin önemli etkilerinin olduğunu göstermiştir. En yüksek kardeş sayısı 7.5 adet/bitki ile P10, en düşük kardeş sayısı ise 5.5 adet/bitki ile kontrol (P0) uygulamasında belirlenmiştir. Araştırmamızda, kontrol uygulamasından itibaren P10 uygulamasına kadar artan P dozlarının tef bitkisinde kardeş sayısını yükselttiği, ancak bu dozdan sonra artan P seviyelerinin kardeş sayısını biraz düşürdüğü belirlenmiştir. Bilindiği gibi, bitkiler ihtiyaç duydukları fosforun önemli bölümünü gelişmelerinin ilk dönemlerinde almakta ve bünyelerinde depo etmektedirler (Gebreslassie ve Demoz, 2016; Zucca, 2016). Bitki içinde hareketli olan fosfor, gelişmenin ileri dönemlerine doğru ihtiyaç duyulan diğer dokulara, meyve ve tohumlara taşınmaktadır. Özellikle metabolik aktivitenin yoğun olduğu hücre ve dokulara fosfor taşınım oranı da daha fazladır. Çalışmamızda kardeş sayısı belirleme işlemlerinin tohum olgunlaşma döneminden sonra yapılması P10 uygulamasında sonra bitkilerin adeta fosfora doyduğunu göstermektedir. Benzer durum başak boyu özelliğinde de karşımıza çıkmaktadır. Kebede (2012) tef bitkisini üç P (0, 50, 100 kg/ha) ile üç N (0, 46, 92 kg/ha) dozu altında yetiştirmiş ve kardeş sayısı üzerinde P seviyelerinin önemli bir etkisinin bulunmadığını fakat N seviyelerinin önemli etkisinin bulunduğunu ifade etmiştir. Buna karşılık Jabesa ve Abraham (2016), tef bitkisindeki kardeş sayısının P seviyesinden önemli derecede etkilendiğini bildirmiştir. Zira araştırmacılar Ambo-Etiyopya koşullarında tef bitkisine dört farklı N/P (K1: 50/50, K2: 60/60, K3:70/70, K4: 80/80 kg/ha) kombinasyonu uygulamışlar ve K1 uygulamasında bitki başına 3.4 adet olan kardeş sayısının, K2, K3 ve K4 uygulamasında sırasıyla 6.4, 7.9 ve 8.4 adede yükseldiğini belirtmişlerdir.

**Başak boyu:** İstatistiksel analizler, başak boyu üzerine fosfor seviyelerinin önemli etkilerinin olduğunu göstermiştir. En uzun başak 35.0 cm ile P20, en kısa başak ise 22.5 cm ile P0 (kontrol) uygulamasında ölçülmüştür. Araştırmada, kontrol uygulamasına göre artan P seviyelerinin başak boylarını da arttırdığı saptanmıştır. Tef bitkisine farklı N/P (0/0, 16/11.5, 32/23 ve 64/46 kg/ha) kombinasyonu uygulayan Assefa ve ark. (2016), N/P kombinasyonu seviyesi yükseldikçe başak uzunluğunun arttığını, kontrol uygulamasında 23.5 cm olan başak boyunun, 64/46 N/P kombinasyonunda 34.3 cm'ye yükseldiğini belirtmişlerdir. Kuzey Etiyopya koşullarında tef bitkisine uygulanan beş farklı gübre kombinasyonunu (F1:kontrol, F2:23 kg/ha N, F3:23 kg/ha N +10 kg/ha P, F4:23 kg/ha N+2.5 t/ha hayvan gübresi, F5:2.5 t/ha hayvan gübresi) inceleyen Tesfahunegn (2014), F1 seviyesinde 13 cm olan

başak boyunun, F3 seviyesinde 22 cm'ye yükseldiğini ve farkın önemli olduğunu ifade etmiştir. Fakat Kebede (2012) tef bitkisine uygulanan P seviyesi (0, 50, 100 kg/ha) yükseldikçe başak uzunluğunun etkilenmediğini (22.3 cm), ancak artan N seviyelerinden (0, 46, 92 kg/ha) etkilendiğini (18 cm'den 26 cm'ye) belirtmiştir. Çalışmamızda tüm saksılara aynı seviyede N ve K uygulandıktan sonra, artan P seviyelerinin başak boyunu uzatması, uygulanan fosforun, diğer besin elementleriyle birlikte daha etkin iş gördüğünü de ortaya çıkarmıştır. Nitekim yukarıda ifade edilen araştırma sonuçlarıyla da bulgularımızın paralel olduğu izlenmektedir.

**Biyolojik verim:** Analiz sonuçları, tef biyolojik verim üzerine P seviyelerinin önemli etkilerinin olduğunu göstermiştir (Çizelge 3). En yüksek biyolojik verim 161.4 g/saksı ile P10 dozunda kaydedilirken, P15 uygulamasının da (151.4 g/saksı) istatistiki olarak aynı grupta yer aldığı izlenmiştir. Rakamsal olarak en düşük verim ise 126.3 g/saksı ile kontrol (P0) uygulamasında belirlenmiştir. Araştırmada, kontrol uygulamasına göre artan P seviyelerinin P10 uygulamasına kadar verimi yükselttiği ancak sonraki artan dozların (P15 ve P20) verimi düşürdüğü saptanmıştır. Ancak bu azalışa rağmen söz konusu bu üç seviye (P10,P15 ve P20) arasında istatistiki bir fark bulunmamıştır. Bunun temel nedeninin, bitki başına yaprak sayısının değişmemesine karşılık, kardeş sayısındaki azalmadan kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim P10 uygulamasında en üst noktaya ulaşan kardeş sayısı, P15 ve P20 uygulamaları karşısında bitki fosfora doyduğu için artış kaydedilmemiş, bünyedeki fosfor, fitat şeklinde tohum depolanmaya başlamıştır. Bu durum Mengistu ve Mekonnen (2012) ile Zucca (2016) tarafından da dile getirilmiştir. Kuzey Etiyopya koşullarında tef bitkisine uygulanan 5 farklı gübre kombinasyonunu (F1:kontrol, F2:23 kg/ha N, F3:23 kg/ha N +10 kg/ha P, F4:23 kg/ha N+2.5 t/ha hayvan gübresi, F5:2.5 t/ha hayvan gübresi) inceleyen Tesfahunegn (2014), F1 seviyesinde 3.9 t/ha olan biyolojik verimin F3 seviyesinde en yüksek değerlere ulaştığını (7.2 t/ha) saptamış ve bu farkın istatistiki anlamda önemli olduğunu bildirmiştir. Bulgularımızın, yukarıdaki araştırıcının sonuçlarıyla uyumlu olduğu izlenmektedir. Bu bulgumuza ek olarak, tef bitkisinin biyolojik verim, bir başka ifadeyle toprak üstü aksamıyla ilgili oldukça kolay bir şekilde kurduğu, yaprak kaybının fazla olmadığı ve yumuşak bir yapıya sahip olduğu da gözlemlenmiştir. Kurutulmuş tef otunun bu özellikleri hayvan besleme açısından olumlu bir gözlem sonucu olarak değerlendirilmiş olup, bitkinin bu yönüyle de araştırılması gerektiğini (otun ham protein oranı, hücre duvarı bileşimi, sindirilebilirliği, vb.) akla getirmektedir.

**Tane verimi:** Analiz sonuçları, tef tane verimi üzerine fosfor seviyelerinin önemli etkilerinin olduğunu göstermiştir. En yüksek tane verimi 32.5 g/saksı ile P10 uygulamasında elde edilirken, P15 (30.8 g/saksı) ve P20 (29.1 g/saksı) uygulamalarının da istatistiki olarak aynı grupta yer aldığı görülmüştür. En düşük tane verimi ise 18.5 g/saksı ile kontrol uygulamasından sağlanmıştır. Tane verime ilişkin bulgularımız genel olarak değerlendirildiğinde, kontrol (P0) uygulamasına göre artan P seviyelerinin, P10 seviyesine kadar tane verimi yükselttiği ancak bu seviyeden sonra artan P dozların (P15 ve P20) tane verimi düşürdüğü, fakat bu düşüşün istatistiki anlamda önemli olmadığı saptanmıştır. Her ne kadar çalışmamızda ekonomik

analiz yapılmısa da, açıkça görüldüğü gibi, P10 uygulamasının tane verimini kontrol uygulamasına göre ~1.8 kat arttırdığı da kaydedilmiş, dolayısıyla bu uygulamanın en başarılı P seviyesini temsil ettiği anlaşılmıştır. Bilindiği gibi bitki bünyesindeki fosfor, besin elementleri ile diğer bileşiklerin taşınmasında görev almaktadır. Özellikle depo organlarına ve tohumlara organik bileşiklerin taşınması enerji gerektirmektedir (Kacar ve Katkat, 1999). Fitin, bitkilerde bulunan önemli bir fosforlu organik bileşik olup, tohumlarda fosfor, fitat şeklinde depo edilmektedir. Bu nedenle ortamdaki alınabilir fosfor miktarı arttıkça, fitat deposu da güçlenmekte, sonuçta tane verimi yükselmektedir. Hiç şüphe yok ki, bu artış üzerinde diğer besin elementi miktarı ve bitki genotipi de etkili önemlidir. Çalışmamızda tef bitkisine dekara 10 kg P uygulamasından sonra önemli bir tane artışı kaydedilmemiştir. Çalışma kaydedilen ilginç bulgulardan birisi de, kontrol yani hiç P uygulanmayan bitkilerden 18.5 g tane verimi alınmasıdır. Bunun nedeni deneme toprağındaki faydalı P miktarından kaynaklanmaktadır. Zira fakir konumda bulunan P miktarı (Çizelge 2), söz konusu saksıya uygulanan N ve K seviyesi yardımıyla az da olsa tane verimi sağlayabilmiştir. Bu sonuç tef bitkisinin fosforu iyi bir şekilde kullanabildiğini ortaya koymaktadır (Assefa ve ark., 2016; Hadis, 2016). Nitekim Sari ve Tiriyaki (2018) tef yetiştiriciliği için genelde dekara 4-6 kg azot ile 2-3 kg fosforun yeterli olduğunu ifade etmişlerdir. Tef bitkisinin tane verimi üzerine P seviyelerinin etkisi inceleyen pek çok araştırmacı, kontrole göre artan P dozlarının tane verimini yükselttiğini bildirmişlerdir. Örneğin Ayelew ve ark. (2011), tef bitkisine farklı N (0, 23, 46 ve 69 kg/ha) ve P (0, 10, 20, 30 ve 40 kg/ha) uyguladıkları çalışmalarında, P dozlarının tane verimi üzerinde önemli etkisinin olduğunu, 0 kg/ha P uygulamasında 999 kg/ha olan tane veriminin 10, 20, 30 ve 40 kg/ha P uygulaması karşısında sırasıyla 1329, 1461, 1571 ve 1557 kg/ha yükseldiğini saptamışlardır. Gebretsadkan (2016) tef bitkisine üç farklı N/P (K1:0/0, K2:32/23 ve K3:64/46 kg/ha) kombinasyonu uygulamış ve fosforun tane verimine önemli etkisinin olduğunu bildirmiştir. K1'de 2108 kg/ha olan tane veriminin K2 uygulamasında 2261, K3 uygulamasında ise 2334 kg/ha'a yükseldiğini de eklemiştir. Jabesa ve Abraham (2016) ise tef bitkisini dört farklı N/P (K1:50/50, K2:60/60, K3:70/70, K4:80/80 kg/ha) kombinasyonu altında yetiştirerek, K1'de 1961 kg/ha olan tane veriminin, K2, K3 ve K4 uygulamalarında sırasıyla 2589, 3056 ve 3150 kg/ha'a yükseldiğini bildirmişler ve P seviyesindeki artışların tane veriminde önemli etkisi olduğunu da vurgulamışlardır.

**Hasat indeksi:** İstatistiki analiz sonuçları, hasat indeksi üzerine P seviyelerinin önemli etkilerinin olduğunu göstermiştir. En yüksek hasat indeksi %20.3 ile P15 uygulamasında belirlenirken, onu istatistiki olarak aynı grupta yer alan P10 (%20.2), P20 (%20.0) ve P5 (%19.7) uygulamaları takip etmiştir. En düşük hasat indeksi ise %14.7 ile kontrol uygulamasında kaydedilmiştir. Çalışmada kontrol uygulamasına göre artan P seviyelerinin hasat indeksini yükselttiği saptanmıştır. Ancak P0 hariç, tef bitkisine verilen P seviyeleri arasında istatistiki anlamda önemli bir fark olmadığı da belirlenmiştir. Bilindiği gibi hasat indeksi, tarımsal çalışmalarda önemli bir seçim ölçütüdür. Pek çok araştırmacı (Balcha, 2014; Assefa ve ark., 2016; Jabesa ve Abraham, 2016), tef tane veriminin toplam biyolojik verime oranı olarak elde edilmesi nedeniyle, indeksin değişik

çevre şartlarından tane verimine göre daha az etkilendiğini, bu nedenle hasat indeksinin önemli bir seçim unsuru olarak değerlendirilebileceğini belirtmişlerdir. Bu nedenle çalışmamızda, hasat indeksi üzerine kontrol hariç, saksılara uygulanan P seviyeleri arasında önemli bir fark bulunmaması, tef bitkisine yöre koşullarında en yüksek tane verimi alınmasını sağlayan 10 kg/da P uygulanması gerektiğine işaret etmektedir. Balcha (2014) tarafından tef bitkisine dört farklı fosfor (0, 3, 6 ve 9 g/m<sup>2</sup> P) seviyesinin etkisinin incelendiği bir çalışmada, 0'dan 3 g/m<sup>2</sup> P'ye artan P dozlarının hasat indeksini %14'ten %23'e yükselttiği, ancak 6 ile 9 g/m<sup>2</sup> P uygulaması arasında istatistiki fark bulunmamakla birlikte %22'ye düşürdüğü ifade edilmiştir. Jabesa ve Abraham (2016) ise tef bitkisine farklı N/P (K1:50/50, K2:60/60, K3:70/70, K4:80/80 kg/ha) birleşimleri uygulamışlar ve K1'de %26 olan hasat indeksinin, K2, K3 ve K4 uygulamasında sırasıyla %31, %32 ve %32.3'e yükseldiğini vurgulamışlardır. Araştırmacılar K3 uygulamasının en ekonomik seviye olduğunu da bildirmişlerdir. Buna karşılık Gebretsadkan (2016) ise P seviyesi arttıkça hasat indeksinin düştüğünü belirtmiş ve üç farklı N/P (K1:0/0, K2:32/23 ve K3:64/46 kg/ha) birleşimi altında yetiştirilen tef bitkisinde, K1'de %24.5 olan hasat indeksinin, K2'de %21.5, K3 uygulamasında ise %18.5'e düştüğünü ifade etmiştir. Bulgularımızın, yukarıdaki araştırmacıların sonuçlarıyla kısmen uyumlu olduğu anlaşılmaktadır. Zira araştırmaların yürütüldüğü ekolojik koşulların, kullanılan bitkisel materyalin ve uygulanan tarımsal işlemlerin farklılığı, bu sonuçların alınmasına neden olmuştur.

**Bin tane ağırlığı:** Analiz sonuçları, bin tane ağırlığı üzerinde P seviyelerinin önemli etkilerinin olduğunu göstermiştir. En yüksek bin tane ağırlığı 276 mg ile P15 uygulamasında belirlenirken, onu istatistiki olarak aynı grupta yer alan P20 (273 mg) uygulaması izlemiştir. En düşük bin tane ağırlığı ise 242 mg ile P0 uygulamasında saptanırken, onu istatistiki olarak aynı grupta yer alan P5 (242 mg) ile P10 (247 mg) uygulamaları takip etmiştir. Bulgular, P0 uygulamasından sonra artan P seviyelerinin tane ağırlığını yükselttiği göstermektedir. Ancak P0 ile P5 ve P10 uygulamaları arasında istatistiki bir fark bulunmamasına karşılık, çalışmada tef bitkisine verilen 15 ve 20 kg/da fosfor seviyeleri arasında da istatistiki anlamda önemli bir fark bulunmamıştır. Assefa ve ark. (2016) tef bitkisine farklı N/P (F1:0/0, F2:16/11.5, F3:32/23 ve F4:64/46 kg/ha) kombinasyonları uygulamışlar ve P dozlarının tane ağırlığı üzerine önemli etkisinin bulunduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, F1 yani kontrolde 293 mg olan bin tane ağırlığının F2 ve F3 uygulamalarında 306 mg'a yükseldiğini, fakat F4 uygulamasında 296 mg'a düştüğünü de ifade etmişlerdir. Asefa ve ark. (2014) tarafından yürütülen bir çalışmada, tef bitkisine farklı gübre kombinasyonları uygulanmış ve bin tane ağırlığı üzerinde bu kombinasyonların önemli etkisi olduğu belirtilmiştir. T14 (kontrol) uygulamasında bin tane ağırlığının 0.25 g olduğunu ifade eden araştırmacılar, T3'te (20 kg/ha Zn + B karışımı (14N 21P 15K 6.5S 1.3Zn 0.5B) + 23 kg/ha N) 0.34 g'a, T13'te ise (92 kg/ha N+55 kg/ha P+75 kg/ha K) 0.32 g'a yükseldiğini vurgulamışlardır. Bulgularımız tef tanelerinin çok minik olduğu ortaya koymuştur. Tanelerin bu özelliği doğrudan tarlaya ekim işlemlerini (tohum yatağı hazırlığı, ekim derinliğinin ayarlanması, vb.) güçleştireceğini, ekim zamanının ayarlanması, ekimden sonra toprağın üst tabakasındaki var olan nemin; rüzgâr, güneş, vb. etmenlerle uzaklaşabileceğini

ve çıkış sorunları yaşanabileceğini hatırlatmaktadır (Geren ve ark., 2014). Bu nedenle tef tarımında bu teknik hususlara dikkat edilmesi gerektiği söylenebilir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Bornova ekolojik şartlarında, kontrollü koşullarda yazlık olarak yetiştirilen tef bitkisinin Dessie isimli genotipinin söz konusu koşullara oldukça iyi bir şekilde uyum sağladığı ve en yüksek tane veriminin dekara 10 kg fosfor uygulamasından

edildiği saptanmıştır. Tane hasadından sonra bitkiyle ilgili bakım işlemlerinin sürdürülmesiyle bir tane hasadı daha yapılabileceği belirlenmiş, ancak nispeten düşük tane verimi yerine, yem üretimi adına bitkinin otlatılarak değerlendirilebileceği de ortaya çıkmıştır. Kontrollü koşullarda ve bir ön çalışma niteliğinde elde ettiğimiz bu sonuçların, en az iki yıllık tarla çalışmalarıyla desteklenmesi, farklı tef genotiplerinin, ara gübre seviyelerinin (5, 7.5, 10, 12.5 kg/da P, vb.) incelenmesi ve ekonomik analizleri içerecek şekilde kapsamlı çalışmalarla araştırılması gerektiği kanaatine de varılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Abebe B, Abebe A. 2016, Effect of seed rate on yield and yield components of tef (*Eragrostis tef* Trotter) at Shebedino, Southern Ethiopia, *Journal of Natural Sciences Research*, 6(21):6-11.
- Adam MY. 2004. Effect of seed rate and nitrogen on growth and yield of teff grass (*Eragrostis teff* (Zucc.) Trotter), University of Khartoum, M.Sc. Thesis, 74p.
- Asefa F, Debela A, Mohammed M. 2014. Evaluation of teff [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter] responses to different rates of NPK along with Zn and B in Didessa District, Southwestern Ethiopia, *World Applied Sciences Journal*, 32(11): 2245-2249.
- Assefa A, Tana T, Abdulahi J. 2016. Effects of compost and inorganic NP rates on growth, yield and yield components of teff (*Eragrostis teff* (Zucc.) Trotter) in Girar Jarso District, Central Highland of Ethiopia Central Highland of Ethiopia. *J. Fertil Pestic*, 7:174.
- Ayelew A, Kena K, Dejena K. 2011. Application of NP fertilizers for better production of teff (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) on different types of soil in Southern Ethiopia. *Journal of Natural Science Research*, 1(1).
- Balcha A. 2014. Effect of phosphorus rates and varieties on grain yield, nutrient uptake and phosphorus efficiency of Tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter], *American Journal of Plant Sciences*, 5:262-267.
- Gebretsadkan K. 2016. Tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter] under different water levels and N-P fertilizer rates in Tigray region, Northern Ethiopia Meles, *Int. J. of Life Sciences*, 4(3):321-335.
- Gebreslassie HB, Demoz HA. 2016. A Review on: Effect of phosphorus fertilizer on crop production in Ethiopia, *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 6(7):117-120.
- Geren H, Kavut YT, Topçu GD, Ekren S, İstipliler D. 2014. Akdeniz iklimi koşullarında yetiştirilen kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'da farklı ekim zamanlarının tane verimi ve bazı verim unsurlarına etkileri, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51(3):297-305.
- Giday O, Gibrekidan H, Berhe T. 2014. Response of teff (*Eragrostis tef*) to different rates of slow release and conventional urea fertilizers in Vertisols of Southern Tigray, Ethiopia, *Advances in Plants & Agriculture Research*, 1(5):1-8.
- Hadis M. 2016. Evaluation of yaramila (23-10-5 NPS) fertilizer on teff grown at vertisols of Northwestern Tigray, *International Journal of Research and Innovations in Earth Science* 3(6):2394-1375.
- Jabesa KB, Abraham T. 2016. Performance of yield attributes, yield and economics of teff (*Eragrostis tef*) influenced by various row spacing, nitrogen and phosphorus fertilizers, *African Journal of Plant Science*, 10(10): 234-237.
- Kacar B, Katkat V. 1999. Gübreler ve Gübreleme Tekniği. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 144, Bursa. Vıpaş Yayın No:20, 531s.
- Kaplan M, Üke Ö, Kale H, Yavuz S, Kurt Ö, Atalay Aİ. 2016. Olgunlaşma döneminin teff otunun potansiyel besleme değeri, gaz ve metan üretimine etkisi, *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Derg.*, 6(4):181-186.
- Kebede T. 2012. Response of tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter] cultivars to nitrogen and phosphorus fertilizer rates at Menzkeya district, North Shewa, Ethiopia, Haramaya University, School of Graduate Studies, M.Sc. Thesis, 53p.
- Mengistu DK, Mekonnen LS. 2012. Integrated agronomic crop managements to improve tef productivity under terminal drought, water stress, Prof. Ismail Md. Mofizur Rahman (Ed.), *InTech*, DOI: 10.5772/30662.
- Miller D. 2008. Tef as alternative summer crop. PhD Thesis, The University of Queensland, School of Agriculture and Food Sciences, Gatton Campus QLD, 4343, Australia
- Mirutse F, Haile M, Kebede F, Tsegay A, Yamoah C. 2009. Response of teff [*Eragrostis teff* Trotter] to phosphorus and nitrogen on Vertisol at North Ethiopia, *Journal of the Drylands*, 2(1):8-14.
- MGM. 2017. İzmir Meteoroloji İstasyonu Aylık Rasat Verileri. Meteoroloji Gen. Müd., Ankara
- Sarı U, Tiryaki İ. 2018. Alternatif tahıl: Eskinin unutulmuş yeni bitkisi tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter), *KSÜ Tarm ve Doğa Dergisi*, 21(3):447-456.

- Shiferaw W, Balcha A, Mohammed H. 2012. Genetic variation for grain yield and yield related traits in tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter] under moisture stress and non-stress environments, *American Journal of Plant Sciences*, 3:1041-1046.
- Tesfahunegn GB. 2014. Response of yield and yield components of tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter] to tillage, nutrient and weed management practices in Dura Area, Ethiopia Hindawi Publishing Corporation International Scholarly Research Notices, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/439718>.
- Yurtsever N. 1984. Deneysel İstatistik Metotlar, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları No:121, Ankara.
- Zucca C. 2016. Rate determination of nitrogen and phosphorous fertilizer for better production of teff, ICARDA, CGIAR Research Program on Dryland Systems, Ref. No:2012/04, Morocco.