



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEF (*ERAGROSTIS TEF* [ZUCC.] TROTTER)
BİTKİSİNİN TOHUM VERİMİ VE VERİM
UNSURLARI ÜZERİNE EKİM ZAMANI VE
EKİM ORANLARININ ETKİSİ

Mustafa ŞAHİN

YÜKSEK LİSANS

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Haziran-2025
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Mustafa ŞAHİN tarafından hazırlanan “**Tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter)** Bitkisinin Tohum Verimi ve Verim Unsurları Üzerine Ekim Zamanı ve Ekim Oranlarının Etkisi” adlı tez çalışması 20/06/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Cengiz SANCAK

Danışman

Prof. Dr. Abdullah ÖZKÖSE

Üye

Prof. Dr. Mehmet Ali AVCI

İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Hasan AYDOĞAN
FBE Müdürü

Bu tez çalışması tarafından nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Mustafa ŞAHİN

Tarih: 03.06.2025

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

TEF (*ERAGROSTIS TEF* [ZUCC.] TROTTER) BİTKİSİNİN TOHUM VERİMİ VE VERİM UNSURLARI ÜZERİNE EKİM ZAMANI VE EKİM ORANLARININ ETKİSİ

Mustafa ŞAHİN

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Abdullah ÖZKÖSE

2025, 80 Sayfa

Jüri

**Prof. Dr. Abdullah ÖZKÖSE
Prof. Dr. Cengiz SANCAK
Prof. Dr. Mehmet Ali AVCI**

Bu çalışma, 2024 yılında Konya ili ekolojik koşullarında, farklı ekim zamanları ve tohumluk miktarlarının tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisinin tohum verimi ve verim unsurları üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada iki tef çeşidi (Roiberg, Nile) üç ekim zamanı (1 Mayıs, 1 Haziran, 1 Temmuz) ve beş farklı tohumluk miktarı (0.5, 1.0, 1.5, 2.0 ve 2.5 kg/da) kullanılmıştır. Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak, toplam 90 parselde kurulmuştur. Hasada kadar geçen sayısı, bitki boyu, sap çapı, boğum sayısı, salkım boyu, biyolojik verim, tane verimi, hasat indeksi ve bin tane ağırlığı gibi bazı morfolojik, fenolojik ve verimle ilişkili özellikler incelenmiştir.

Araştırma sonucunda; hasada kadar geçen gün sayısı 92 – 122 gün, bitki boyu 95.1 - 115.6 cm, sap çapı 1.26 - 1.92 mm, boğum sayısı 3.6 - 4.5 adet/sap, salkım boyu 32.7 - 43.5, biyolojik verim 677.8 - 1483 kg/da, tohum verimi 88.8 - 314.7 kg/da, hasat indeksi %10.0 – 23.7 ve bin tane ağırlığı 0.222 – 0.259 g arasında değişmiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen veriler ışığında, tef tarımında tohum verimini maksimize etmek amacıyla erken ekim (1 Mayıs) ve yüksek tohumluk miktarı (2.0–2.5 kg/da) tercih edilmelidir. Çeşitler arasında tohum verimi açısından önemli bir fark görülmediği için bu iki çeşitten hangisi temin edilebiliyorsa o kullanılabilir. Ekim zamanı açısından ön bitki nedeni ile Mayıs ve Haziran aylarında ekim şansı yoksa Temmuz başında ekildiğinde bile tef bitkisinden makul verim alma potansiyeli bulunmaktadır. Tef bitkisi, Türkiye tarımında alternatif bir glutensiz tahıl türü olarak değerlendirilme potansiyeline sahiptir; ancak bu bulguların doğrulanması için farklı lokasyonlarda ve yıllarda ek çalışmaları yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyolojik verim, ekim zamanı, glutensiz tahıllar, tane verimi, tef bitkisi, tohumluk miktarı

ABSTRACT

MS THESIS

THE EFFECT OF SOWING TIMES AND SEED RATES ON SEED YIELD AND YIELD COMPONENTS OF TEFF (*ERAGROSTIS TEF* [ZUCC.] TROTTER)

Mustafa ŞAHİN

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN FIELD CROPS

Advisor: Prof. Dr. Abdullah ÖZKÖSE

2025, 80 Pages

Jury

Prof. Dr. Abdullah ÖZKÖSE

Prof. Dr. Cengiz SANCAK

Prof. Dr. Mehmet Ali AVCI

This study was conducted in 2024 under the ecological conditions of Konya province to determine the effects of different sowing dates and seed rates on the grain yield and yield components of teff (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter). Two teff varieties (Roiberg and Nile), three sowing dates (May 1, June 1, and July 1), and five different seed rates (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, and 2.5 kg/da) were used in the experiment. The trial was established with a randomized complete block design with three replications, totaling 90 plots. Some morphological, phenological and yield-related traits such as number of days until harvest, plant height, stem diameter, number of nodes, panicle length, biological yield, grain yield, harvest index, and thousand seed weight were examined.

According to the results of the study, number of days until harvest ranged from 92 to 122 days; plant height from 95.1 to 115.6 cm; stem diameter from 1.26 to 1.92 mm; number of nodes from 3.6 to 4.5 per main stem; panicle length from 32.7 to 43.5 cm; biological yield from 677.8 to 1483.0 kg/da; grain yield from 88.8 to 314.7 kg/da; harvest index from 10.0% to 23.7%; and thousand seed weight ranged from 0.222 to 0.259 g.

Based on the data obtained from the study, to maximize grain yield in teff cultivation, early sowing (May 1) and high seed rates (2.0–2.5 kg/da) are recommended. Since no significant difference was observed between the varieties in terms of grain yield, either variety can be used depending on availability. If sowing cannot be done in May or June due to the preceding crop, it is still possible to achieve a reasonable yield when sowing is done at the beginning of July. Teff has the potential to be evaluated as an alternative gluten-free cereal type in Turkish agriculture; however, these findings need to be validated by further studies in different locations and over multiple years.

Keywords: Biological yield, sowing time, gluten-free cereals, grain yield, teff, seed rate,

ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans tez çalışması, eğitim hayatımın önemli bir dönüm noktası olmasının yanı sıra, kişisel olarak da derin anlamlar taşımaktadır. Çalışmam boyunca bana rehberlik eden, bilgi ve tecrübeleriyle yolumu aydınlatan değerli danışmanım **Prof. Dr. Abdullah Özköse**'ye en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu süreçte manevi desteğiyle daima yanımda olan kıymetli eşim **Nazmiye Şahin**'e ve henüz 6 yaşında olmasına rağmen şirinliği, neşesi ve masumiyetiyle hayatıma renk katan canım kızım **Zeyneb**'e duyduğum sevgiyi kelimelerle ifade etmek güçtür. Zeyneb'in varlığı, bu yolculuğu benim için daha anlamlı kılmış; bana ilham ve moral kaynağı olmuştur.

Çalışma sürecinde her türlü kolaylığı sağlayan, bilgi ve birikimlerini benimle paylaşmaktan çekinmeyen, birlikte çalışmaktan onur duyduğum **Toprak Mahsulleri Ofisi Ilgın Ajans Amirliği**'ndeki tüm mesai arkadaşlarıma da teşekkür ederim. Onların desteği, bu çalışmanın başarısında önemli bir paya sahiptir.

Ayrıca, büyük bir özveri ve fedakârlık gerektiren koşullarda görev yapan, ülkemiz tarımının ve stratejik ürün arzının sürekliliğinde önemli rol üstlenen Toprak Mahsulleri Ofisi camiasındaki tüm çalışma arkadaşlarıma da katkılarından dolayı gönülden teşekkür eder, selam ve muhabbetlerimi iletirim. Böylesine meşakkatli şartlarda, sorumluluk bilinciyle hizmet eden bu büyük aileyle çalışmaktan her zaman onur duydum

Bilim uğruna emek veren, düşünce üreten ve insanlık adına katkı sunan tüm bilim insanlarını hürmetle selamlamak istiyorum. Onların özverili çalışmaları, gelecek nesiller için yol gösterici bir ışık olmaya devam edecektir.

Son olarak, bu çalışmanın gerçekleşmesine vesile olan her türlü nimeti bahşeden **Yüce Allah'a hamd eder**, imanla ve samimiyetle çalışan, ülkemizin kalkınmasına katkı sağlayan tüm emekçilere saygılarımı sunarım.

Bu çalışmanın, ülkemiz tarım sektörü ile bilim dünyasına mütevazı da olsa bir katkı sunması en büyük temennimdir.

Mustafa ŞAHİN
KONYA-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Tarımsal Sürdürülebilirlik ve Gıda Güvenliği Bağlamında Tahıl Üretimi.....	1
1.2. Küçük Taneli Tahılların Önemi ve Glutensiz Ürün Talebi	2
1.3. Tef (<i>Eragrostis tef</i>) Bitkisinin Tanıtımı, Yayılışı ve Tarımsal Özellikleri	2
1.4. Türkiye’de Alternatif Tahıl Arayışları ve Tef’in Potansiyeli	3
1.5. Ekim Zamanı ve Tohumluk Miktarı: Verim Üzerindeki Kritik Roller	3
1.6. Bu Araştırmanın Önemi ve Hedefleri	4
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	24
3.1. Araştırma Yerinin Genel Özellikleri.....	24
3.1.1. İklim Özellikleri.....	24
3.1.2. Toprak Özellikleri.....	25
3.2. Materyal	25
3.3. Yöntem.....	26
3.4. Araştırmada Yapılan Gözlem ve Ölçümler	27
3.4.1. Hasada Kadar Gün Sayısı (gün).....	27
3.4.2. Bitki Boyu (cm)	27
3.4.3. Salkım Boyu (cm).....	27
3.4.4. Sap Çapı (mm)	28
3.4.5. Boğum Sayısı (adet).....	28
3.4.6. Biyolojik Verim (kg/da).....	28
3.4.7. Tane Verimi (kg/da).....	28
3.4.8. Hasat İndeksi (%).....	28
3.4.9. 1000 Tane Ağırlığı (g)	28
3.5. Verilerin Değerlendirilmesi	28
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	29
4.1. Hasada Kadar Geçen Gün Sayısı (gün)	29
4.2. Bitki Boyu (cm)	30
4.3. Sap Çapı.....	32
4.4. Boğum Sayısı (adet/sap)	35
4.5. Salkım Boyu	38

4.6. Biyolojik Verim	40
4.7. Tohum Verimi.....	44
4.8. Hasat İndeksi (%).....	47
4.9. Bin Dane Ağırlığı.....	49
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	52
5.1 Sonuçlar	52
5.2 Öneriler	53
EKLER	59



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

% : Yüzde

< : Küçüktür

> : Büyüktür

°C : Santigrat derece

μS/cm : Mikrosiemens/santimetre

cm : Santimetre

da : Dekar

g : Gram

ha : Hektar

kg : Kilogram

m : Metre

m² : Metrekare

mm : Milimetre

p : Olasılık değeri

pH : Asitlik veya bazlık derecesi

Kısaltmalar

ADF : Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif

AÖF : Asgari Önemli Fark

Ç1 : Tef Çeşit 1 (Rooiberg)

Ç2 : Tef Çeşit 2 (Nile)

DAP : Diamonyum Fosfat

HP : Ham Protein

NDF : Nötr Deterjanda Çözünmeyen Lif

TMO : Toprak Mahsulleri Ofisi

TTSM : Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

UYO : Uzun Yıllar Ortalaması

VK : Varyasyon Katsayısı

1. GİRİŞ

Günümüzde küresel tarım sektörü, artan nüfus, iklim değişikliği, su ve toprak kaynaklarının azalması, gıda güvenliği endişeleri ve yükselen üretim maliyetleri gibi birçok zorlukla karşı karşıyadır. Bu durum, hem bilim insanlarını hem de politika yapıcıları, mevcut tarım sistemlerinin daha dirençli ve sürdürülebilir hale getirilmesi konusunda yeni arayışlara yönlendirmiştir. Özellikle alternatif tahıl türlerinin araştırılması ve üretim sistemlerine entegre edilmesi, bu zorluklara karşı geliştirilen stratejilerden biri olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmada, son yıllarda hem insan beslenmesinde hem de hayvan yemlemesinde giderek daha fazla ilgi gören tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisi, farklı ekim zamanları ve tohumluk miktarları açısından değerlendirilerek, Türkiye tarımı için potansiyel bir çözüm alternatifi olarak ele alınmaktadır. Bu kapsamda bu tezde, tef bitkisinin Türkiye ekolojik koşullarında üretim potansiyelinin değerlendirilmesine yönelik kapsamlı bir inceleme sunulmaktadır.

1.1. Tarımsal Sürdürülebilirlik ve Gıda Güvenliği Bağlamında Tahıl Üretimi

Dünya genelinde artan nüfus, iklim değişikliğinin etkileri, sınırlı doğal kaynaklar ve tarım arazilerinin daralması gibi sorunlar, tarımsal sürdürülebilirliği tehdit eden başlıca faktörler arasında yer almaktadır. Özellikle gıda güvencesi kavramı, bu küresel dinamiklerin etkisiyle daha da önem kazanmış ve ülkeler mevcut üretim sistemlerini yeniden değerlendirme gereği duymuştur. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), 2050 yılına kadar küresel gıda talebinin %60 oranında artacağını öngörmektedir. Bu artışın önemli bir bölümü tahıl grubu ürünlerde gerçekleşecektir. Tahıllar, dünya genelinde temel karbonhidrat ve protein kaynağı olmalarının yanı sıra ekonomik ve stratejik öneme de sahiptir. Ancak, konvansiyonel tahılların üretimi, özellikle kuraklık, tuzluluk, hastalık ve zararlılara karşı sınırlı direnç nedeniyle sürdürülebilirlik açısından risk taşımaktadır (Cheng ve ark., 2017).

Türkiye özelinde değerlendirildiğinde, tarım sektörü hâlâ ekonomik kalkınmanın temel direklerinden biri olarak önemini korumaktadır. Ancak artan girdi maliyetleri, kuraklık tehdidi, tarım alanlarının daralması ve çiftçilerin gelir düzeyindeki dalgalanmalar, sektörü kırılgan hale getirmiştir. Özellikle Orta Anadolu ve Güneydoğu Anadolu gibi kuraklık riski yüksek bölgelerde, mevcut tahıl türleri istenen verim düzeyini sürdürülebilir biçimde sağlayamamaktadır. Bu bağlamda, alternatif tahıl

türlerinin değerlendirilmesi, sadece üretim kapasitesinin artırılması değil aynı zamanda iklim değişikliğine adaptasyonun sağlanması açısından da stratejik bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır.

1.2. Küçük Taneli Tahılların Önemi ve Glutensiz Ürün Talebi

Küçük taneli tahıllar, geçmişte yerel tarım sistemlerinde önemli bir yere sahip olsalar da, modern tarımın yerel çeşitleri dışlayıcı etkisiyle üretimden büyük oranda çekilmişlerdir. Ancak son yıllarda artan tüketici bilinci, fonksiyonel gıdalara yönelim, gıda alerjileri ve özellikle çölyak hastalığının yaygınlığı gibi nedenlerle bu tahıllar yeniden gündeme gelmiştir. Küçük taneli tahıllar arasında yer alan darı, sorgum ve tef gibi türler; düşük glisemik indeks, yüksek lif ve mineral içeriği ile ön plana çıkmakta, aynı zamanda gluten içermemeleri nedeniyle çölyak hastaları ve gluten intoleransı olan bireyler için güvenli bir seçenek oluşturmaktadır (Zhu, 2018).

Tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter), bu grubun öne çıkan üyelerinden biri olup, son yıllarda sadece Afrika'da değil, Avrupa ve Kuzey Amerika pazarlarında da ilgi görmeye başlamıştır. Glutensiz beslenmeye yönelik artan talep doğrultusunda, tef ununun ekmek, makarna, bisküvi gibi ürünlerde kullanımı yaygınlaşmaktadır. Türkiye'de de glutensiz ürün talebi artmakta, ithalata dayalı ürün çeşitliliği göz önüne alındığında, yerli üretimle bu açığın kapatılması stratejik önem taşımaktadır. Ayrıca, bu ürün grubunun ihracat potansiyeli, küçük taneli tahılların ekonomik değerini artırmaktadır.

1.3. Tef (*Eragrostis tef*) Bitkisinin Tanıtımı, Yayılışı ve Tarımsal Özellikleri

Tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter), Poaceae (buğdaygiller) familyasına ait, kökeni Etiyopya'ya dayanan ve bu bölgede yaklaşık 5000 yıldır yetiştirilen bir tahıl türüdür. Tef bitkisi, özellikle yüksek rakımlı bölgelerde başarılı bir şekilde yetiştirilebilmesi, düşük girdi gereksinimi ve değişken agroekolojik koşullarda gösterdiği üretim başarısı sayesinde dikkat çekmektedir (Ketema, 1997). Bitki morfolojik olarak ince yapılı, kısa boylu ve ince saplı olup, sık salkım yapısıyla tipik bir görünüm sunar.

Tef, C4 fotosentez mekanizmasına sahip olması sayesinde yarı kurak ve kurak iklim koşullarında fotosentez kapasitesi bakımından avantaj sağlar. Bu özellik, onu diğer geleneksel buğday, arpa ve pirinç gibi C3 tahıllarına göre daha az su ve azot gereksinimiyle yetiştirilebilir hale getirir. Tef bitkisi, yüksek oranda protein, kalsiyum,

demir, magnezyum ve çinko gibi mikro besin elementlerini içermekte; ayrıca diyet lifi açısından da zengin olmasıyla beslenme bilimi açısından değer taşımaktadır (Gebru ve ark., 2020).

Etiyopya başta olmak üzere Doğu Afrika ülkelerinde temel gıda maddesi olan "injera" adlı ekmeğin ana bileşeni olan tef, farklı iklimlerde denenmeye başlanmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Bitkinin ıslah çalışmaları, genetik çeşitliliği ve adaptasyon kabiliyeti ile gelecekte daha geniş alanlarda üretim potansiyeline sahiptir (Assefa ve ark., 2011; Woldeyohannes ve ark., 2022).

1.4. Türkiye’de Alternatif Tahıl Arayışları ve Tef’in Potansiyeli

Türkiye’nin iklim kuşakları, mikroklima bölgeleri ve çeşitli ekolojik alanları, birçok tarımsal ürün için geniş yetiştirme olanakları sunmaktadır. Ancak kuraklık, tuzluluk, toprak organik madde yetersizliği gibi problemler özellikle tahıl üretimini sınırlamaktadır. Bu kapsamda, klasik tahıllara alternatif oluşturabilecek, düşük girdi ile üretilen, yüksek adaptasyon yeteneğine sahip türlerin araştırılması büyük önem arz etmektedir. Tef bitkisi, çeşit ve çevre koşullarına bağlı olarak 55–120 gün arasında değişen kısa bir vejetasyon süresine ve genellikle 0.5–1.5 kg/da aralığında değişen düşük tohumluk ihtiyacına sahiptir (Ketema, 1997; Assefa ve ark., 2011; Geren ve ark., 2019; Wato ve Negash, 2020).”

Akdeniz iklimine sahip Ege ve Güney Anadolu bölgeleri başta olmak üzere, İç Anadolu gibi kuraklık tehdidinin yüksek olduğu alanlarda tef üretiminin yaygınlaştırılması, hem gıda hem de hayvansal üretim zincirine katkı sağlayacaktır. Nitekim Türkiye’de yapılan ön çalışmalar, tef bitkisinin ot verimi, tane verimi ve yem kalitesi bakımından umut vaat ettiğini göstermiştir (Özköse ve ark., 2022; Kaplan ve ark., 2016).

1.5. Ekim Zamanı ve Tohumluk Miktarı: Verim Üzerindeki Kritik Roller

Tef bitkisinin tarımsal performansı, genetik özelliklerinin yanı sıra çevresel koşullar ve tarımsal uygulamalardan da büyük ölçüde etkilenmektedir. Bu bağlamda özellikle ekim zamanı ve tohumluk miktarı, bitkinin gelişim süreçleri ile verim potansiyelini doğrudan şekillendiren temel etmenlerdir. Ekim zamanının doğru belirlenmesi, bitkinin çevresel stres faktörlerinden en az düzeyde etkilenerek optimal büyüme ve gelişim göstermesini mümkün kılar. Nitekim, ekim zamanının tef bitkisinin

gelişimi üzerinde belirleyici etkileri olduğu; özellikle geç ekimlerin verimde azalmaya ve çevresel stresin artmasına neden olabildiği belirtilmektedir (Assefa ve ark., 2011).

Tohumluk miktarı, birim alandaki bitki yoğunluğunu doğrudan etkileyerek, bitkiler arası rekabetin seviyesini belirlemektedir. Aşırı yoğun ekimlerde, bireyler arası rekabet artmakta, özellikle alt yaprakların yeterli ışık alması engellenmekte ve bu durum fotosentetik aktivitenin azalmasına neden olmaktadır. Optimal sıklığın altında yapılan ekimlerde ise ışık, su ve besin elementlerinden etkin yararlanma sağlanmakta ve bu da fotosentez verimliliğini artırarak olumlu bir gelişim ortamı sunmaktadır. Bu bağlamda, tef bitkisi gibi küçük taneli türlerde, fotosentetik verimliliği maksimize edebilmek için hem ekim zamanı hem de tohumluk miktarının uyumlu şekilde belirlenmesi büyük önem taşımaktadır (Wato ve Negash, 2020).

1.6. Bu Araştırmanın Önemi ve Hedefleri

Bu tez çalışması, Türkiye'nin kuraklık riski yüksek bölgelerinden biri olan Konya ekolojik koşullarında, farklı ekim zamanları ve tohumluk miktarlarının tef bitkisinin gelişim ve verim unsurlarına etkilerini ortaya koymak amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada, iki farklı tef çeşidi kullanarak, üç farklı ekim zamanı (1 Mayıs, 1 Haziran, 1 Temmuz) ve beş farklı tohumluk miktarı (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 kg/da) kullanılmıştır.

Deneme, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme alanında yürütülmüş olup, bitki boyu, sap çapı, boğum sayısı, salkım boyu, biyolojik verim, tane verimi, bin dane ağırlığı ve hasat indeksi gibi temel verim unsurları değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarının, hem akademik literatüre katkı sağlaması hem de tef bitkisinin Türkiye tarımına entegrasyonu açısından uygulamalı öneriler sunması hedeflenmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Ketema (1997) tarafından hazırlanan bu kapsamlı monografi, tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisini çok yönlü biçimde ele alarak literatüre önemli katkılar sunmuştur. Çalışmada, tef bitkisinin sistematigi ve taksonomik sınıflandırması detaylandırılmış, bitkinin kökeninin Etiyopya olduğu ve bu ülkede yaygın biçimde tarımının yapıldığı belirtilmiştir. Tef'in, Etiyopya'da yaklaşık 1.4 milyon hektar alanda yetiştirildiği ve bu yönüyle en önemli yerli tahıl türlerinden biri olduğu vurgulanmıştır. Bitkinin küçük taneli olması, değişken agro-ekolojik koşullara yüksek adaptasyon kabiliyeti, glutensiz olması, yüksek demir ve kalsiyum içeriği ile esansiyel aminoasit zenginliği nedeniyle hem gıda hem de hayvan yemi olarak değer taşıdığı ifade edilmiştir. Çalışmanın genetik çeşitlilik bölümünde, Etiyopya Ulusal Gen Bankası'nda kayıtlı 3842 yerel tef çeşidi tanıtılmış, bu çeşitlerin morfolojik ve tarımsal özelliklerine ilişkin geniş veri setleri sunulmuştur. Ayrıca bitki ıslahı açısından önemli olan genetik varyasyonun korunması ve değerlendirilmesi üzerinde durulmuştur. Islah programlarında kullanılan klasik seleksiyon ve melezleme yöntemlerinin yanı sıra, moleküler marker temelli çalışmalara da atıfta bulunulmuştur. Çalışmada ayrıca, tef'in tarımı, ekim zamanı, gübreleme, toprak hazırlığı, hastalık ve zararlılara karşı direnci gibi yetiştiricilik teknikleri de detaylı biçimde ele alınmıştır. Sonuç olarak bu monografi, tef üzerine yapılacak ileri araştırmalar için temel bir kaynak niteliği taşımakta; bitkinin potansiyel kullanım alanlarının geliştirilmesi ve sürdürülebilir tarım sistemlerinde değerlendirilmesi açısından önemli bilgiler sunmaktadır.

D'Andrea (2008), Etiyopya'nın kuzey yüksek bölgelerindeki antik tarım sistemleri içerisinde tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisinin tarihsel önemini incelemiştir. Arkeobotanik veriler, Pre-Aksumit (M.Ö. 800–400) dönemden başlayarak Proto-Aksumit, Klasik Aksumit ve Post-Aksumit (M.S. 700–900) dönemlere kadar tef bitkisinin kullanıldığını göstermektedir. Özellikle Ona Nagast arkeolojik alanında bulunan yanmış tef kalıntıları sayesinde, tef'in diğer tahıllardan farklı olarak daha az ıslah edilmiş, küçük taneli bir tür olduğu ve yüksek verim yerine zorlu çevre koşullarında güvenilir üretim sağladığı anlaşılmıştır. Yazar, ayrıca tef'in kültüre alma sürecinde, büyük tohum veya güçlü sap yapısı gibi özelliklerden ziyade, çok dallı yapı ve yüksek çiçeklenme oranına sahip bitkilerin seçildiğini belirtmiştir. Çalışma, ayrıca tef'in büyük tahıllara kıyasla karbonlaşma sıcaklığına daha duyarlı olduğunu ortaya

koyarak, arkeolojik örneklerde düşük bulunma nedenlerinden birinin bu olabileceğini vurgulamaktadır.

Miller (2009) çalışmasında, tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisinin yemlik olarak kullanımına dair en iyi tarımsal uygulamalar rehber niteliğinde sunulmuştur. Çalışma, hem üreticiler hem de araştırmacılar için pratik bilgiler içermekte olup, tef'in ABD'de alternatif bir yazlık yem bitkisi olarak hızla yaygınlaştığını belirtmektedir. Tef'in C4 fotosentez mekanizması sayesinde sıcak iklimlere uyum sağladığı, hızlı gelişim gösterdiği, 45–55 gün gibi kısa sürede hasat edilebildiği, çoklu biçime uygun olduğu ve yüksek kaliteli yem sağladığı vurgulanmıştır. Ayrıca prussik asit ve nitrat toksisitesi taşımaması da önemli avantajları arasında yer almaktadır. Çalışmada, tarımsal uygulama kriterleri detaylı olarak sunulmuştur. Buna göre, tef dona hassastır ve tohumlar, don riski tamamen geçtikten sonra, toprak sıcaklığı en az 18.5 °C olduğunda ekilmelidir. Ekim derinliği 3–6 mm olup, 6 mm'yi aşmamalıdır. Çimlenmenin başarılı olabilmesi için çok sıkıştırılmış (sert) bir tohum yatağı gereklidir. Tef'in tohumu oldukça küçüktür (yaklaşık 1 gramda 2860 adet tohum) ve bu nedenle düzgün ekim için özel ekipman (örneğin Brillion tipi ekim makineleri) önerilmektedir. Verim açısından, tek biçimde dekara 370–620 kg, çoklu biçimde ise 990–1730 kg arasında değişen değerlerde kuru ot elde edilebilmektedir. Besin içeriği bakımından ham protein oranı (hp) %12–17, NDF %53–65, ADF %32–38, Toplam Sindirilebilir Besin Maddeleri (TDN) %55–64 aralığındadır. Nispi Yem Değeri (RFV) değeri ise 80–120 arasında bildirilmiştir. Ayrıca yüksek düzeyde kalsiyum, fosfor, demir, bakır ve B vitamini (tiamin) bulunduğu, bazı örneklerde ise potasyum içeriğinin %2.5–3.0 aralığına ulaştığı bildirilmiştir. Çalışmada ayrıca, tef'in acil yem kaynağı, yeşil gübre, erozyon kontrolü ve yonca tarlalarında ara ürün olarak da değerlendirilebileceği ifade edilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri genelinde (örneğin California, Wisconsin, Texas, New York) yürütülen uygulamalarda başarıyla yetiştirilebildiği belirtilmiştir.

Davison ve ark. (2011), tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisinin ABD'nin batısında, sulama imkânı olan bölgelerde alternatif bir yazlık yem bitkisi olarak kullanım potansiyelini değerlendirdikleri çalışmada, bu türün artan ticari değeri ve üretici ilgisi doğrultusunda yürütülen deneysel ve pratik bulguları bir araya getirmiştir. Bildiride tef'in sıcak mevsimlerde yüksek ot verimi sağlayabilen, besin değeri açısından kaliteli ve özellikle at yetiştiriciliğinde tercih edilen bir yem bitkisi olduğu vurgulanmıştır. Tef bitkisi dona hassastır ve –2.2 °C altındaki sıcaklıklarda zarar görerek ölür. Ekim için toprak sıcaklığının en az 15.5 °C olması gerekmektedir.

Vejetasyon süresi, ilk biçim için 40–60 gün olup, iklim koşullarına bağlı olarak sezon içinde birden fazla biçim yapılabilir. Tef bitkisinin başarılı bir şekilde yetiştirilebilmesi için günlük sıcaklık toplamı – GDD değerinin yıllık 3000 GDD ve üzerinde olması ideal kabul edilmektedir. 2300 GDD'nin altındaki bölgelerde ise gelişimi sınırlı kalabilmekte ve verim düşebilmektedir. Çalışmada ayrıca, tef'in sulama, gübreleme ve biçim yönetimi gibi üretim faktörlerine oldukça duyarlı olduğu; ancak uygun koşullarda yaklaşık 1240–1480 kg/da kuru ot verimi sağlayabildiği ifade edilmiştir. Tef'in 40–60 gün gibi kısa bir sürede biçime geldiği, mevsim uzunluğuna göre bir sezonda iki hatta üç biçim alınabildiği belirtilmiştir. Ancak yaklaşık 7,5–8 cm altına biçim yapılması durumunda yeniden sürmenin ciddi şekilde azaldığı ve bitki kayıplarının yaşandığı vurgulanmıştır. Tef'in ot verimi kadar kalitesi de dikkat çekmektedir. Çalışmada yapılan analizlerde tef otlarının %12–17 arasında ham protein içerdiği, ADF ve NDF oranlarının sırasıyla %36–40 ve %58–65 aralığında bulunduğu; bu değerlerin serin iklim otları ile karşılaştırıldığında benzer ya da daha üstün olduğu ifade edilmiştir. At sahiplerinin, düşük yapısal olmayan karbonhidrat içeriği nedeniyle tef otuna olan ilgisi artmış ve bu durum hayvan beslemede yeni bir pazar oluşturmuştur. Bu talep artışı, ticari üretim alanlarının genişlemesine ve fiyatların yükselmesine neden olmuştur. Araştırmacılar, tef'in yonca gibi çok yıllık baklagillerle dönüşümlü olarak yetiştirilebileceğini ve yonca tarlalarının yenilenme dönemlerinde ara ürün olarak başarıyla kullanılabileceğini savunmuşlardır. Tef'in kısa vejetasyon süresi sayesinde, düşük su yılı gibi iklim risklerinin yüksek olduğu senelerde bile başarıyla değerlendirilebildiği ve sulama ihtiyacının yoncaya kıyasla daha düşük olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak, Davison ve arkadaşları, tef'in özellikle Batı ABD'deki sulanan alanlarda, yüksek kaliteli, kısa sürede yetiştirilebilen ve pazarlanabilir bir yem alternatifi olarak büyük potansiyele sahip olduğunu ortaya koymuş; üretim yönetiminin dikkatli planlandığı koşullarda, hem verim hem de yem kalitesi açısından önemli avantajlar sunduğunu vurgulamışlardır.

Assefa ve ark. (2011), Etiyopya'da tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisi üzerinde yürütülen geleneksel ve moleküler ıslah çalışmaları üzerine kapsamlı bir derleme sunmuşlardır. Araştırmada, tef'in tarımsal önemi vurgulanmış; özellikle düşük verim potansiyeli, yatmaya karşı duyarlılığı ve agronomik özelliklerin genetik kontrolüne ilişkin eksiklikler temel sorunlar olarak tanımlanmıştır. Islah çalışmaları 1950'li yıllardan itibaren başlatılmış olup, bu süreçte hem saf hat seleksiyonu hem de melezleme yöntemleri uygulanarak yeni çeşitler geliştirilmiştir. Çalışma, yatmaya karşı

toleransın verim üzerindeki sınırlayıcı etkisine dikkat çekmiş, özellikle artan azot gübrelemesinin yatma riskini artırması nedeniyle, yüksek verim potansiyelinin bu durumdan olumsuz etkilendiğini vurgulamıştır. Çalışmada ayrıca, tohum verimi, kardeş sayısı, bitki boyu ve hasat indeksi gibi morfolojik ve verim karakterleri arasında genetik ilerlemelerin sağlandığı, ancak özellikle yatma indeksi açısından halen sınırlı bir varyasyon olduğu belirtilmiştir. Bu bağlamda, verim unsurlarının iyileştirilmesi için hem genetik çeşitliliğin artırılmasına hem de çevresel faktörlerin (ekim zamanı, tohum miktarı vb.) optimize edilmesine yönelik çalışmaların önemi vurgulanmaktadır. Araştırmacılar tef bitkisinin önemli özelliklerini; salkım çıkış süresi (25-81 gün), olgunlaşma süresi (60-140 gün), bitki boyu (20-156 cm), sap uzunluğu (11-82 cm) ve çapı (1.2-4.5 mm), salkım boyu (10-45 cm), birincil salkım dalı sayısı (10-40 adet), salkım başına başakcık sayısı (30-1070 adet), başakcık başına çiçek sayısı (3-17 adet), tane verimi (0.11-2.5 g/salkım; 1058-4599 kg/ha), kardeş sayısı (4-22 toplam, 1-17 verimli), bitki başına biyokütle (4-105 g), 100 tane ağırlığı (18.97-33.88 mg), hasat indeksi (%5-%39) ve yatma indeksi (20-100) arasında değiştiğini bildirmektedir.

Lee ve ark. (2015), Kore koşullarında yetiştirilen iki tef (*Eragrostis tef*) çeşidi olan Tiffany ve Emerald'ın yem verimi, yem kalitesi ve doku kültürü etkinliğini karşılaştırmışlardır. 2013 yılında Cheonan'da yürütülen çalışmada Tiffany çeşidi, bitki boyu (106.7 cm) ve kuru madde verimi (12,082 kg/ha) açısından Emerald'a (89.3 cm; 10,017 kg/ha) göre üstün bulunmuştur. Yem kalitesi açısından Emerald çeşidinin ham protein oranı (%9.52) daha yüksek iken, Tiffany çeşidi ise sindirilebilirlik ve toplam sindirilebilir besin madde oranlarında (%62.23 (Kuru Madde Sindirilebilirliği) IVDMD; %62.4 TDN) daha iyi performans göstermiştir.

Kaplan ve ark. (2016), tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisinin farklı fenolojik dönemlerde (çiçeklenme öncesi, çiçeklenme ve tohum bağlama) hasat edilmesinin yem değeri, in vitro gaz ve metan üretimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Erciyes Üniversitesi deneme alanında yürütülen çalışmada; yeşil ot ve kuru ot verimi, kimyasal bileşenler ham protein (HP), ham yağ (HY), ham kül (HK), nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF) ve asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF), 24 saatlik inkübasyonda toplam gaz ve metan üretimi, metabolik enerji (ME) ve organik madde sindirilebilirliği (OMS) parametreleri değerlendirilmiştir. Olgunlaşma ilerledikçe verim artışı gözlemlenirken, HP, HY ve HK oranlarında düşüş; NDF ve ADF oranlarında ise artış saptanmıştır. En yüksek ME ve OMS değerleri çiçeklenme öncesi dönemde elde edilmiş; aynı dönemde gaz ve metan üretimi de en yüksek seviyede gerçekleşmiştir.

Ancak, metan oranı (%) bakımından dönemler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Sonuç olarak, çiçeklenme öncesi ve çiçeklenme dönemleri, tef otunun besleme değeri ve sindirilebilirliği açısından daha uygun bulunmuş ve bu dönemlerde hasat edilmesi önerilmiştir.

Abebe ve Abebe (2016), Etiyopya'nın güneyinde bulunan Shebedino bölgesinde yürüttükleri tarla çalışmasında, farklı tohumluk miktarlarının tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisinin fenolojik özellikleri ve verim unsurları üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çiftçilerin yaygın olarak uyguladığı 25–30 kg/ha gibi yüksek tohumluk oranlarının, çapalama zorluğu, yatma ve verim düşüklüğü gibi olumsuzluklara neden olması üzerine, araştırmada 5, 10, 15, 20 ve 25 kg/ha olmak üzere beş farklı tohumluk oranı tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, en düşük tohum oranı olan 5 kg/ha uygulaması, bitki boyu, kardeş sayısı, toplam biyokütle üretimi ve tane verimi bakımından en yüksek değerleri vermiştir. Bu uygulamayla elde edilen bitkiler, yüksek tohumluk miktarlarına göre 8.1 cm daha uzun, %60 daha fazla kardeş oluşturmuş; tane verimi %45.15, biyokütle üretimi %23.8 oranında artmıştır. Ayrıca bin tane ağırlığı da düşük tohum oranlarında daha yüksek bulunmuştur. Hasat indeksi bakımından ise gruplar arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir.

Ekonomik değerlendirme kapsamında yapılan kısmi bütçe analizine göre, 5 kg/ha tohum oranıyla yapılan ekimde net kar daha yüksek olarak hesaplanmış ve bu oran en avantajlı uygulama olarak belirlenmiştir. Çalışma, düşük tohumluk oranlarının daha az rekabet ortamı sağlayarak bitkilerin besin maddelerinden daha etkin faydalanmasına ve sonuç olarak verimin artmasına katkı sağladığını göstermiştir. Bu nedenle 5 kg/ha tohumluk oranı, Etiyopya'daki tef üreticilerine tavsiye edilmektedir.

Üke (2016), kinoa ve tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkilerinde farklı hasat zamanlarının ot verimi ve yem kalitesi üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yürüttüğü çalışmasında, her iki türün Türkiye koşullarında alternatif kaba yem bitkileri olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymuştur. 2015 yılında Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Alanı'nda yürütülen çalışmada, tef ve kinoa bitkileri tesadüf blokları deneme desenine göre beş tekerrürlü olarak ekilmiş; hasatlar ise çiçeklenme öncesi, çiçeklenme ve tohum bağlama olmak üzere üç fenolojik dönemde gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda, hasat zamanının ilerlemesiyle birlikte yeşil ve kuru ot veriminde artış gözlemlenirken, ham protein (HP), ham kül (HK), ham yağ (HY), toplam fenolik madde ve antiradikal kapasite gibi yem kalitesi

parametrelerinde azalma tespit edilmiştir. Tef bitkisinde yeşil ot verimi 576.91–1061.78 kg/da, kuru ot verimi 198.54–637.03 kg/da, HP oranı %6.57–13.35, ADF oranı %30.79–38.09, NDF oranı %60.36–69.49, HK %6.79–8.70, HY %1.33–2.73, toplam fenolik madde 2.28–3.80 mg GAE/g, ve antiradikal kapasite %28.48–58.30 arasında bulunmuştur. Yem kalitesi bakımından çiçeklenme öncesi ve çiçeklenme dönemleri, daha yüksek besin değerleri sunarken, en yüksek ot verimi tohum bağlama döneminde elde edilmiştir. Bu nedenle çalışma, yüksek kaliteli kaba yem elde etmek amacıyla tef bitkisinin erken fenolojik dönemlerde hasat edilmesinin daha uygun olabileceğini vurgulamaktadır. Ayrıca, düşük girdi ihtiyacı, yüksek adaptasyon yeteneği ve besin değeri sayesinde tef'in, kurak ve sınır verimlilikteki alanlar için ekonomik ve sürdürülebilir bir yem kaynağı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Assefa ve ark. (2017), tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisinin biyolojisi, genetik kaynakları, kalıtsal özellikleri ve ıslah stratejileri üzerine kapsamlı bir derleme sunmuştur. Etiyopya'da 6 milyondan fazla küçük çiftçi tarafından ekilen tef, yaklaşık 50 milyon insanın temel besin kaynağını oluşturmaktadır. Tef'in düşük verim potansiyeline rağmen geniş agro-ekolojik adaptasyon kabiliyeti hem kuraklığa hem de su baskınlarına toleransı, hastalıklara dayanıklılığı ve uzun süreli depolanabilirliği gibi tarımsal avantajları bulunmaktadır. Ayrıca yüksek kalsiyum, demir ve esansiyel amino asit içeriği ile besin değeri açısından öne çıkmakta ve glutensiz yapısı sayesinde çölyak hastaları ile diyabetik bireyler için uygun bir gıda olarak değerlendirilmektedir. Genetik olarak allotetraploid ($2n=4x=40$) olan tef, verim ve morfolojik özelliklerin kalıtımında katkılı ve epistatik gen etkileri göstermektedir. Bu nedenle, erken seleksiyon yerine daha geç kuşaklarda seçim yapılmasının uygun olduğu belirtilmiştir. Ayrıca tef'in genetik kaynaklarında, başta *Eragrostis pilosa* olmak üzere yabani akrabalarıyla yakın ilişkiler tespit edilmiş ve interspesifik melezlemelerin başarılı sonuçlar verdiği gösterilmiştir. Yerel çeşitlerin taşıdığı geniş genetik varyasyonun, farklı ekolojilere uyum sağlayabilen, yüksek verimli ve dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesinde önemli bir kaynak oluşturduğu vurgulanmıştır. Çalışma, özellikle moleküler genetik ve sitogenetik yaklaşımlarla desteklenen ıslah stratejilerinin, tef tarımının verimliliğini artırmada kritik rol oynayacağını ifade etmektedir.

Cheng ve ark. (2017), tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisini küresel düzeyde besin ve gıda güvenliği açısından değerlendirmiş ve bu türün daha yaygın kullanılması gerektiğini vurgulamışlardır. Çalışmada, dünya genelinde 50.000'den fazla yenilebilir bitki bulunmasına rağmen, gıda üretiminin büyük ölçüde sadece üç ana tahıla

(buğday, mısır, pirinç) dayandığı ve bunun iklim değişikliği ve beslenme yetersizlikleri karşısında kırılabilirlik yarattığı ifade edilmiştir. Tef'in hem kurak hem de suya doymuş koşullarda yetişebilmesi, C4 fotosentez yoluna sahip olması, glutensiz yapısı, yüksek demir, kalsiyum ve esansiyel amino asit içeriği gibi özellikleriyle dikkat çektiği belirtilmiştir. Ayrıca tef, düşük glisemik indeksi sayesinde çölyak hastaları ve tip 2 diyabetliler için uygun bir tahıl alternatifi olarak gösterilmiştir. Makale kapsamında, tef üzerinde yürütülen geçmiş ve güncel genetik araştırmalar detaylandırılmış; moleküler markör teknolojileri, genom haritalama, mutasyon ıslahı, kantitatif özellik lokusu (QTL) analizleri ve genom dizileme projeleri gibi biyoteknolojik yaklaşımlar açıklanmıştır. Özellikle Etiyopya'da geliştirilen ve yaygın olarak kullanılan yüksek verimli "Quncho" çeşidine dikkat çekilmiştir. Araştırmacılar, tef'in düşük verimine rağmen hastalıklara ve çevresel streslere toleranslı olması, geniş agroekolojik adaptasyon kapasitesi ve besin değeri yüksek özellikleri nedeniyle, küresel gıda sisteminde daha fazla yer bulması gerektiğini ifade etmişlerdir. Bu kapsamda, sürdürülebilir araştırma yatırımları, moleküler ıslah programları ve uluslararası iş birliklerinin, tef'in potansiyelinin değerlendirilmesinde kritik rol oynayacağı vurgulanmıştır.

Zhu (2018), tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisinin genetik çeşitliliği, kimyasal bileşimi ve gıda ürünlerindeki kullanım potansiyelini değerlendiren kapsamlı bir derleme sunmuştur. Tef'in Etiyopya ve Eritre gibi Doğu Afrika ülkelerinde temel besin kaynağı olduğu; son yıllarda ise besleyici özellikleri ve glutensiz yapısı nedeniyle ABD, Hindistan ve Avustralya gibi ülkelerde de ilgi görmeye başladığı belirtilmiştir. Kimyasal bileşim açısından, tef tanesinin büyük bir kısmını nişasta (yaklaşık %70) oluşturmaktadır. Diyet lifi oranı %9.8 düzeyinde olup, bu oran buğday, pirinç ve mısır gibi yaygın tahıllara kıyasla daha yüksektir. Tef proteince zengin bir tahıl olup, %13.3 düzeyinde protein içermektedir. Glutensiz olması nedeniyle çölyak hastaları için uygun bir gıdadır. Ayrıca protein fraksiyonları bağlayıcı gluten proteinleri olan gliadin ve gluteninleri içermemektedir. Tef ayrıca ferulik ve gallik asit gibi fenolik asitler, flavonoidler, polifenoller ve fitosteroller açısından da zengin bir bileşime sahiptir. Makale, tef ununun ekmek, makarna, kek, bisküvi, bebek maması, enerji barı gibi glutensiz ürünlerin üretiminde kullanımına dair örnekler sunmuştur. Bu ürünlerde lif, protein, demir ve kalsiyum gibi besin maddelerinin miktarı artarken, hacim ve kabarma gibi bazı fiziksel özelliklerde düşüş gözlenmiştir. Bu nedenle enzim katkısı veya diğer tahıllarla karışımlar önerilmektedir. Ayrıca fermantasyon gibi işlemlerle fitik asit miktarının azaltılarak mineral biyoyararlılığının artırılacağı belirtilmiştir. Tef

bitkisinin sadece tahıl olarak değil, sapının hayvan yemi, biyogaz üretimi ve ağır metal adsorpsiyonunda kullanılabilirliği de ele alınmış; bu yönüyle çok amaçlı ve sürdürülebilir üretim için uygun bir tür olduğu vurgulanmıştır. Makale genel olarak tef'in hem insan beslenmesine katkı sağlayacak hem de sürdürülebilir tarıma uyum gösterecek stratejik bir ürün olduğunu ortaya koymaktadır.

Sarı ve Tiryaki (2018), tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisinin tarımsal, beslenme ve yem amaçlı kullanım potansiyelini ayrıntılı olarak inceledikleri derleme çalışmalarında, bu türün hem insan beslenmesi hem de hayvancılık açısından önemli bir alternatif oluşturabileceğini belirtmişlerdir. Çalışmada, tef'in taksonomik sınıflandırması, botanik ve morfolojik özellikleri, ekolojik istekleri, yetiştirme teknikleri, gübreleme ve yabancı ot kontrolü gibi yetiştiricilik yönleri ile kimyasal bileşimi, besin değeri ve yem kalitesi gibi içerikler kapsamlı biçimde ele alınmıştır. Tef gluten içermemesi, yüksek lif oranı, dengeli amino asit profili, demir ve kalsiyum gibi minerallerce zenginliği sayesinde hem çölyak hastaları hem de sağlıklı beslenme tercih eden bireyler için uygun bir tahıl alternatifi olarak tanımlanmıştır. Ayrıca tohumlarının tam tahıl olarak doğrudan tüketilebilmesi, buğday ve diğer tahıllara kıyasla daha yüksek mineral, lif ve protein içeriğine sahip olması gibi özellikleri sayesinde modern diyetlerde değerlendirilebileceği ifade edilmiştir. Tef'in amino asit profili yumurta ile kıyaslanabilecek düzeyde dengeli bulunmuştur. Yem bitkisi olarak ise tef otunun yüksek yaprak/sap oranı (%73/27), %65'e kadar çıkan sindirilebilirlik düzeyi ve çiçeklenme öncesi dönemde %13–16 arasında değişen ham protein içeriği ile dikkat çektiği belirtilmiştir. Samanının da mısır ve yulaf samanına göre daha yüksek protein ve selüloz içerdiği rapor edilmiştir. Bitkinin hastalıklara, zararlılara, kuraklık ve su baskınlarına karşı toleranslı olması, farklı iklim koşullarında (Amerika'dan Kuzey İrlanda'ya kadar) yetiştirilebilmesi gibi adaptif özelliklerine de değinilmiştir. Tüm bu yönleriyle tef bitkisi, sürdürülebilir tarım sistemlerine katkı sunabilecek, düşük girdili sistemlere uyum sağlayabilecek ve iklim değişikliğine karşı dayanıklı bir tür olarak öne çıkmaktadır.

Davidson ve ark. (2018), Kansas koşullarında tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisinin yazlık yem kaynağı olarak kuru madde verimi, besin değeri ve su kullanım etkinliğini belirlemek amacıyla, farklı çeşitleri sorgum-sudan melezi ve inci darısı (pearl millet) ile karşılaştırmalı olarak değerlendirmişlerdir. Araştırma, 2016 ve 2017 yıllarında iki farklı toprak tipinde, tesadüf blokları deneme desenine göre yürütülmüştür. Denemelerde dört tef çeşidi kullanılmış, bitki gelişimi, başaklanma

zamanı, verim, su tüketimi ve yaprak alan indeksi gibi parametreler izlenmiştir. Tef çeşitleri başaklanma evresine 41–48 gün içinde ulaşmış; özellikle ‘Excalibur’ çeşidi her iki yılda da hızlı gelişim göstermiştir. 2016 yılında Excalibur, sorgum-sudan melezine benzer kuru madde verimi ve su kullanım etkinliği göstermiştir. 2017 yılında ise inci darısı ile benzer verim düzeylerine ulaşmıştır. Protein oranı ve NDF içerikleri bakımından tef çeşitleri arasında farklılıklar saptanmıştır. Özellikle Moxie ve Corvallis çeşitleri bazı dönemlerde en yüksek ham protein içeriğine sahip olmuştur. ADF içeriği çeşitler arasında daha az değişkenlik göstermiştir. Tef’in besin değeri, bazı zamanlarda karşılaştırmalı türlerle benzer veya daha iyi bulunmuştur. Araştırmanın sonuçlarına göre, tef otu Kansas gibi yarı kurak bölgelerde yaz aylarında kısa sürede gelişen, yeterli verim ve yem kalitesi sunabilen alternatif bir yem kaynağı olarak değerlendirilebilir. Makalede ayrıca Excalibur gibi çeşitlerin performansının daha fazla araştırılması gerektiği ifade edilmiştir.

Gürün, (2018). Bu çalışmada, tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisine uygulanan farklı fosfor dozlarının, bitkinin gelişim özellikleri ve verim unsurları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırma kontrollü koşullarda yürütülmüş olup, bitki morfolojisi ve gelişim süreçleri detaylı şekilde değerlendirilmiştir. Deneme boyunca özellikle başaklanma süresi ve olgunlaşma evreleri dikkatle izlenmiş, ekim ile hasat arasındaki toplam gelişim süresi gözlemlenmiştir. Araştırmada, fosfor uygulamalarının başaklanma süresi üzerinde anlamlı etkiler oluşturduğu, vejetatif ve generatif dönemlerin bu uygulamalara bağlı olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, çalışmada ilk hasattan sonra gözlenen ikinci büyüme evresine de yer verilmiş; bu durumun bitkinin toplam biyokütle üretimi üzerinde etkili olduğu vurgulanmıştır. Tef bitkisine ait bitki boyu, salkım boyu, sap çapı ve bin dane ağırlığı gibi verimle doğrudan ilişkili morfolojik özelliklerin, uygulanan fosfor dozlarına bağlı olarak değişim gösterdiği ifade edilmiştir. Özellikle kök gelişimi ve sap yapısının, bitkinin fotosentetik etkinliği ve dane tutma kapasitesi üzerinde etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmanın bulguları, tef bitkisinin verim potansiyelinin yalnızca genetik yapıdan değil, aynı zamanda uygun yetiştirme koşullarından ve besin maddesi yönetiminden de önemli ölçüde etkilendiğini ortaya koymaktadır. Bu yönüyle çalışma, uygun toprak besleme stratejilerinin belirlenmesinin, tef üretiminde başarıyı artırabileceğine işaret etmektedir. Ayrıca, bitkinin ikinci gelişim dönemine yatkınlığı, ot üretimi amacıyla yapılacak değerlendirmeler açısından da dikkat çekici bulunmuştur. Bu sonuçlar, farklı çevresel koşullarda ve değişen yetiştirme teknikleri altında yapılacak ekim zamanı ve

tohumluk oranı denemelerine ışık tutacak niteliktedir. Dolayısıyla söz konusu çalışma, planlanan araştırma konusunun alt yapısını destekleyici ve tamamlayıcı bir referans niteliği taşımaktadır.

McIntosh ve Bates (2018), tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisinin yem amacıyla değerlendirilmesine yönelik hazırladıkları teknik yayında, bu türün ABD'nin Güneydoğusunda sıcak mevsimlik tek yıllık bir yem bitkisi olarak kullanım potansiyelini ele almışlardır. Çalışmada tef bitkisinin Mayıs ortasından Haziran sonuna kadar toprak sıcaklığı 13–18 °C aralığına ulaştığında ekilmesinin uygun olduğu ifade edilmiştir. Tohumların oldukça küçük olması nedeniyle 0.3 cm derinliğe ekilmesi gerektiği; başarılı bir çıkış için tohum yatağının bastırılması ve tohumların taşıyıcı bir madde ile karıştırılarak uygulanmasının önerildiği belirtilmiştir. Tohumluk miktarı, 7–9 kg/ha olarak bildirilmiştir. Gübreleme açısından, başlangıçta 33–67 kg/ha azot uygulanması tavsiye edilmekte; birinci biçim sonrası aynı dozda ikinci bir azot uygulamasının yapılabileceği ifade edilmektedir. Optimum toprak reaksiyonu için pH 6.0–6.5 aralığı önerilmiştir. Hasat zamanı, bitki boyu yaklaşık 40 cm düzeyine ulaştığında olmalı; bitkiyi yeniden sürmeye teşvik etmek amacıyla biçimi 10–13 cm yüksekten yapmak gerekmektedir. Geç hasat ve aşırı azot uygulamaları yatma riskini artırabileceğinden dikkatli bir yönetim tavsiye edilmektedir. Uygun çevre koşullarında yılda 2–3 biçim alınabildiği belirtilmiştir. Besin değeri bakımından, başaklanma öncesi dönemde biçilen otun ortalama olarak: 12–14 ham protein, %35 ADF, %60 NDF ve %60–65 toplam sindirilebilir besin maddesi oranına sahip olduğu bildirilmiştir. Geç hasat uygulamalarının yem kalitesi üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceği vurgulanmıştır. Ayrıca tef bitkisinin prusik asit içermediği, ancak yüksek azot uygulamaları ve kuraklık koşullarında nitrat birikimi riski taşıyabileceği, bu nedenle hasat öncesi kimyasal analizlerin yapılmasının önerildiği belirtilmiştir.

Geren ve ark (2019), Aydın–Söke ekolojik koşullarında yürüttükleri iki yıllık tarla denemesinde, farklı sıra arası mesafelerin tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisinin ot ve tane verimi ile bazı kalite parametreleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. 2014 ve 2015 yıllarında yürütülen çalışmada, “Dessie” genotipi fideleme yöntemiyle 17.5 cm, 35.0 cm, 52.5 cm ve 70.0 cm sıra aralıklarında yetiştirilmiş; denemeler sulanabilir koşullarda, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Araştırma bulgularına göre: en yüksek biyolojik verim: 756 kg/da, tane verimi: 213 kg/da ve toplam kuru madde verimi: 812 kg/da ile 17.5 cm sıra aralığında tespit edilmiştir. Geniş sıra aralıklarında başak uzunluğu ve bin

tane ağırlığı gibi bireysel verim unsurları daha yüksek olsa da bu artış toplam verime yansımamıştır. En yüksek hasat indeksi (%25.3) yine 17.5 cm sıra aralığında elde edilmiştir. Sıra aralığının, ham protein ve doğal kuru madde oranı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisi olmamıştır. Yem kalite özellikleri bakımından, NDF ve ADF oranları geniş sıra aralıklarında daha yüksek bulunmuş, bu da dar sıra aralıklarının yem kalitesi açısından avantajlı olduğunu göstermiştir. Ayrıca, toplam kuru ot veriminin yaklaşık %85'inin ilk iki biçimden elde edilmesi, tef'in erken gelişen ve biçime uygun bir yem bitkisi olduğunu ortaya koymuştur. Çalışma, 17.5 cm sıra aralığında fideleme yöntemi ile yapılan üretimin, Akdeniz koşullarında tef bitkisi için en yüksek verim ve kaliteyi sağladığını göstermiştir. Ayrıca glütensiz bir tahıl olan tef'in Türkiye koşullarına adaptasyon potansiyelinin yüksek olduğu vurgulanmıştır.

Geren ve ark. (2020), Akdeniz iklim koşullarında yürüttükleri iki yıllık tarla denemesiyle, farklı ekim tarihlerinin tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisinin tane verimi ve bazı verim unsurları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırma, 2015 ve 2016 yıllarında Aydın-Söke'de, "Dessie" genotipi ile 15 Nisan, 15 Mayıs, 15 Haziran ve 15 Temmuz olmak üzere dört farklı ekim tarihinde, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Uygulamalarda 17.5 cm sıra aralığı, 20 kg/ha tohumluk miktarı ve 100 kg/ha azot (yarısı tabana üre, yarısı üst gübreleme olarak $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ formunda) kullanılmıştır. Araştırma bulgularına göre, tüm verim unsurları [bitki boyu, başak uzunluğu, bin tane ağırlığı, biyolojik verim, tane verimi ve hasat indeksi], ekim tarihinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etkilenmiştir. İki yıllık ortalamalara göre: en yüksek tane verimi, 15 Nisan ekiminde 2.780 kg/ha olarak belirlenmiş, en düşük tane verimi ise 15 Temmuz ekiminde 1.520 kg/ha olmuştur. Hasat indeksi, 15 Nisan ekiminde %30.8; 15 Temmuz ekiminde %14.7 düzeyinde gerçekleşmiştir. Biyolojik verim, erken ekimlerde 9.110 kg/ha düzeyinde iken, geç ekimlerde 6.500 kg/ha'ye kadar gerilemiştir. Bitki boyu, erken ekimlerde ortalama 107.6 cm; geç ekimlerde 91.5 cm olmuştur. Salkım boyu, 15 Nisan'da 28.8 cm, 15 Temmuz'da 21.5 cm olarak ölçülmüştür. Bin tane ağırlığı, 15 Haziran ekiminde 277 mg ile en yüksek değeri göstermiş; 15 Temmuz'da ise 154 mg'a düşmüştür. Temmuz ayında yapılan ekimlerde ikinci biçimde tane alınamamış; bu uygulamaların yalnızca ot üretimi veya otlatma amacıyla değerlendirilebileceği belirtilmiştir. Ayrıca, geç ekimlerin vejetasyon süresini kısaltarak fotosentez etkinliğini ve başak gelişimini sınırladığı ifade edilmiştir. Sonuç olarak, 15 Nisan tarihinin Akdeniz iklim koşullarında

tef tarımı için en uygun ekim zamanı olduğu vurgulanmış; optimum ekim zamanının belirlenmesinin, verim unsurları üzerinde doğrudan etkili olduğu belirtilmiştir.

Gebru ve ark. (2020), tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) tahılının besin bileşimi ve sağlık üzerine etkilerini değerlendirdikleri derleme çalışmalarında, bu türün hem besleyici özellikleri hem de fonksiyonel potansiyeli açısından önemli bir gıda ürünü olduğunu ortaya koymuşlardır. Tef'in gluten içermeyen yapısı, yüksek düzeyde esansiyel amino asitler, zengin mineral içeriği [özellikle demir (Fe), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), çinko (Zn)], düşük glisemik indeksi (GI) ve yüksek diyet lifi içeriği ile dikkat çektiği belirtilmiştir. Tef tanesinin antioksidan özellik gösteren fenolik bileşikler ve flavonoidler bakımından da zengin olduğu, bu bileşiklerin kahverengi tef çeşitlerinde daha yoğun bulunduğu vurgulanmıştır. Biyoaktif içeriklerin özellikle flavon glikozitleri şeklinde bulunduğu; bunların bağışıklık sistemini destekleyici, antiinflamatuvar ve antianemik etkilere sahip olabileceği ifade edilmiştir. Tef'in yüksek demir içeriği, hamile kadınlar ve çocuklar gibi risk grupları için önemli bir doğal kaynak olarak değerlendirilmiştir. Glutensiz yapısı sayesinde çölyak hastaları için uygun bir alternatif olduğu, düşük GI değeri ve yüksek lif içeriği ile diyabet hastaları için de yararlı olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca, tef'in protein kalitesi ve mineral emilimini artırmaya yönelik fermentasyon gibi işleme teknikleriyle fonksiyonel özelliklerinin geliştirilebileceği belirtilmiştir. Makale, tef bazlı ürünlerin (ekmek, makarna, atıştırmalıklar, bebek mamaları vb.) sağlık gıdaları endüstrisinde artan ilgi gördüğünü ve gelecekte hem beslenme hem de halk sağlığı açısından önemli katkılar sağlayabileceğini vurgulamaktadır. Araştırmacılar, tef'in henüz yeterince çalışılmamış bir tür olduğunu ve özellikle gıda işleme, biyoaktif bileşenlerin stabilitesi ve sağlık üzerindeki etkileri gibi konularda daha fazla araştırma yapılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Wato ve Negash (2020), tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisinin tane verimi ve verim bileşenlerinin azot gübrelemesi ve sıra arası mesafeye verdiği tepkiyi değerlendirdikleri derleme çalışmalarında, düşük verimin temel nedenleri arasında düşük toprak verimliliği, geleneksel ekim yöntemleri, dengesiz gübre uygulamaları ve çevresel stres faktörlerini sıralamışlardır. Yazarlar, azot gübresinin uygulanması ile birlikte uygun sıra arası mesafelerin tef veriminde belirgin artışlar sağladığını belirtmişlerdir. Araştırmalardan elde edilen bulgulara göre, 15–20 cm sıra arası mesafesi ile uygulanan 97.5 kg/ha azot dozu, bitki boyu, başak uzunluğu, kardeşlenme sayısı ve tane verimini olumlu yönde etkilemiştir. Sıra arası mesafenin daraltılması,

daha fazla bitki popülasyonuna olanak sağlamak ve bu durum azot uygulamasıyla birleştğinde sinerjik bir etki yaratmaktadır. Geniş sıra aralıklarının ise bitkiler arasında besin ve ışık rekabetini azalttığı, ancak çok geniş aralıkların toplam verimi sınırlayabileceği ifade edilmiştir. Çalışmada ayrıca, aşırı azot kullanımının bitkilerde yatma, geç olgunlaşma ve düşük ürün kalitesi gibi olumsuzluklara neden olabileceği; azotun dikkatli ve bölünmüş dozlarda uygulanması gerektiği vurgulanmıştır. Azotun ayrıca yaprak alanını artırarak fotosentezi teşvik ettiği, bu durumun da verime katkı sağladığı belirtilmiştir. Yazarlar, optimum azot gübreleme düzeyleri ile birlikte dikkatli sıra arası ayarlamasının, tef bitkisinin biyolojik ve tane verimini artırmada etkili bir strateji olduğunu belirtmiş; özellikle Etiyopya gibi tef üretiminin yoğun olduğu bölgelerde bu tür uygulamaların yaygınlaştırılması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Kakabouki ve ark. (2020), Akdeniz iklim koşullarında tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisinin yem verimi ve kalitesine farklı biçim sıklıklarının etkisini belirlemek amacıyla Yunanistan'ın Atina ve Agrinio bölgelerinde tarla denemeleri gerçekleştirmişlerdir. Denemeler 2017 yılı Mayıs–Ekim döneminde yürütülmüş ve 10 (F10), 20 (F20) ve 30 (F30) günlük biçim aralıkları uygulanmıştır. Tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulan çalışmada, toplam kuru madde verimi ve yem kalite parametreleri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, en yüksek toplam kuru madde verimi her iki lokasyonda da F10 uygulamasında elde edilmiştir (Atina: 6.778 kg/ha; Agrinio: 6.322 kg/ha). En yüksek ham protein oranı da F10 uygulamasında kaydedilmiş (Atina: %18.93; Agrinio: %17.25); bu değerler F30 uygulamasında sırasıyla %16.63 ve %14.21'e düşmüştür. Lif içerikleri açısından, NDF ve ADF oranlarının en yüksek olduğu uygulama F20 olmuştur. Bitki boyu en uzun F30 (30 gün) uygulamasında (Atina: 73.06 cm; Agrinio: 69.45 cm), en kısa ise F10 (10 gün) uygulamasında ölçülmüştür. Ayrıca, toplam protein verimi hem Atina hem de Agrinio'da F10 uygulamasında en yüksek düzeyde gerçekleşmiştir (sırasıyla 1.283 ve 1.090 kg/ha). Araştırmada ayrıca, sık biçim uygulamalarının (özellikle 10 günlük aralıklarla) daha yüksek protein verimi sağladığı ve kaliteli yem üretimini teşvik ettiği belirtilmiştir. Sonuç olarak, tef bitkisi sık biçim uygulamaları ile Akdeniz çayır sistemlerine entegre edilebilir ve hayvancılıkta kaliteli kaba yem kaynağı olarak kullanılabilir. Çalışma, tefin yem kalitesini artırma ve protein verimini yükseltme potansiyelini ortaya koymaktadır.

Barretto ve ark. (2020), tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisinin işlenmesi, kullanımı ve gelecekteki fırsatlarını değerlendirdikleri kapsamlı derleme çalışmalarında,

bu türün besin değeri yüksek, glütensiz yapıya sahip ve fonksiyonel gıda uygulamaları açısından önemli bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Tef; protein, lif, demir, kalsiyum ve çinko açısından buğday, pirinç ve mısır gibi yaygın tahıllara göre üstün özellikler göstermektedir. Çalışmada, küçük tane boyutu nedeniyle öğütme ve sınıflandırma işlemlerinde yaşanan zorluklar, geleneksel ve modern işleme yöntemleri, fermantasyon teknikleri ve glütensiz gıda üretimindeki yeri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Tef'in bira ve fermente içecek üretiminde kullanılabilirliği, samanının yem olarak değerlendirilebilmesi, biyogaz üretimi ve atık su arıtımında kullanımı gibi çok yönlü endüstriyel uygulamaları da ele alınmıştır. Tef üretimiyle ilgili sorunlar arasında mekanizasyon eksikliği, küçük ölçekli üreticilerin karşılaştığı zorluklar ve ihracat kısıtlamaları yer almaktadır. Araştırmacılar, ürün kayıplarının azaltılması, verim artırıcı teknolojilerin geliştirilmesi ve işleme tekniklerinin iyileştirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Ayrıca, tef'in iklim değişikliğine dayanıklı, sürdürülebilir bir ürün olması nedeniyle gelecekte küresel gıda güvenliği açısından büyük önem taşıdığı ifade edilmiştir.

Seyhan (2020), Türkiye koşullarında yetiştirilen kırmızı ve beyaz tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) çeşitlerinin kimyasal kompozisyonu ve teknolojik özelliklerini belirlemeye yönelik yürüttüğü yüksek lisans tezinde, tef tahılının fonksiyonel gıda potansiyelini ve glutensiz ürünlerde kullanımını incelemiştir. Eskişehir'de üretilen yerel tef çeşitleri ile İran orijinli bir tef örneği karşılaştırılmış; örneklerin kimyasal bileşimi, mineral içeriği, diyet lifi miktarı ve gluten düzeyleri analiz edilmiştir. Tef unlarının buğday ununa kıyasla daha yüksek protein (%2,7–13,8), yağ (%2,4–28,8), kül (%1,9–3,7), lif (%5,7–8,7) ve mineral (özellikle demir ve kalsiyum) içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Gluten düzeyi 0–57 ppm arasında bulunmuş ve özellikle çölyak hastaları için uygun bir tahıl olduğu ifade edilmiştir. Ürün geliştirme çalışmalarında tef unu ile üretilen bisküvi, ekmek ve kek örneklerinin yayılma oranı, hacim, sertlik ve renk değerleri değerlendirilmiş; bisküvide %100 oranına kadar tef kullanımının uygun olduğu, ekmek ve keklerde ise en iyi sonuçların %25 oranında tef katkısı ile elde edildiği gösterilmiştir. Ürünlerdeki tef oranı arttıkça hacim azalmış, sertlik ve koyulaşma artmıştır. Sonuç olarak, Türkiye'de yetiştirilen tef çeşitlerinin hem fonksiyonel gıdalarda hem de glutensiz ürünlerde kullanılabilirliği açısından önemli bir potansiyele sahip olduğu, ayrıca ekonomik ve besleyici bir alternatif sunduğu vurgulanmıştır.

Tanık ve Kökten (2021), Bingöl ekolojik koşullarında tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisinde farklı sıra arası mesafelerinin ot verimi ve yem kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada, 10, 20, 30, 40 ve 50 cm sıra aralıklarını dört tekerrürlü tesadüf blokları deneme desenine göre karşılaştırmışlardır. Araştırma sonucunda, en yüksek yeşil ot verimi 2766.50 kg/da ile 10 cm, en yüksek kuru ot verimi 974.65 kg/da ile 30 cm sıra aralığında elde edilmiştir. Ortalama kuru ot verimi 906.73 kg/da, ham protein verimi 152.70 kg/da olarak hesaplanmıştır. En yüksek ham protein oranı %18.82, en yüksek ham kül oranı ise %10.70 ile sırasıyla 10 cm ve 30 cm sıra aralığında elde edilmiştir. Kalite parametrelerinden ADF oranı ortalama %35.16, NDF oranı %62.83, sindirilebilir kuru madde oranı %61.50, kuru madde tüketimi %1.91 ve nispi yem değeri 91.25 olarak belirlenmiştir. Çalışmada istatistiki olarak sıra aralığının ham protein oranı, verimi, kül içeriği, NDF oranı ve nispi yem değeri üzerinde anlamlı etkiler gösterdiği tespit edilmiştir. Verim ve kalite birlikte değerlendirildiğinde, 30 cm sıra aralığı, ot amaçlı tef yetiştiriciliği için Bingöl ve benzeri ekolojik koşullar açısından en uygun mesafe olarak önerilmiştir.

Özköse ve ark. (2022), tropik kökenli tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisinin Türkiye'deki tanıtımı amacıyla hazırladıkları bildiri kapsamında, bitkinin morfolojik, fizyolojik, tarımsal ve besinsel özelliklerini değerlendirmiştir. Tef'in C4 fotosentez mekanizmasına sahip olması, kuraklık ve su baskınlarına toleransı, hızlı büyüme yeteneği ve çok yönlü kullanımı sayesinde Türkiye tarımı için önemli bir alternatif oluşturabileceği vurgulanmıştır. Çalışmada, Konya koşullarında yapılan denemelerde tef bitkisinin hem ana ürün hem de ikinci ürün olarak başarıyla yetiştirilebildiği, bir sezonda 1 ila 3 biçim alınabildiği ve özellikle sulamalı koşullarda ikinci ürün olarak değerlendirilebildiği belirtilmiştir. Kuru madde veriminin 4–8 ton/ha aralığında gerçekleştiği, bitkinin hızlı gelişimi sayesinde ilk biçime 50–60 gün içerisinde geldiği, sonraki biçimlerin 30–40 günlük aralıklarla alınabildiği ifade edilmiştir. Tef otunun hayvanlarca tercih edilirliliği yüksek, sindirilebilirliği güçlü ve toksik bileşik (prusik asit, nitrat vb.) içermemesi nedeniyle güvenli bir yem alternatifi olduğu aktarılmıştır. Ayrıca, iyi hazırlanmış, bastırılmış ve düz tohum yatağı, dar sıra arası mesafe, az ama sık sulama, azot ve fosfor gübrelemesi gibi uygulamaların verim ve kalite üzerinde olumlu etkileri olduğu belirtilmiştir. Besinsel açıdan, tef tahılının yüksek protein (%10.4), kalsiyum (180 mg/100 g), demir (7.63 mg/100 g), magnezyum (184 mg/100 g), potasyum (427 mg/100 g) ve diyet lifi (%3.3) içeriğine sahip olduğu aktarılmıştır. Glütensiz yapısı sayesinde çölyak hastaları ve diyabetikler için uygun bir

tahıl kaynağı olduğu, içerdiği 8 temel amino asit ile yüksek biyolojik protein kalitesi sunduğu, ayrıca fermantasyonla fonksiyonel gıdalarda kullanılabileceği ifade edilmiştir. Sonuç olarak tef, hem insan beslenmesinde hem de hayvancılıkta kullanılabilecek yüksek potansiyelli, düşük girdi gereksinimli ve çevresel streslere toleranslı bir tür olarak tanımlanmış, özellikle Konya ve benzeri ekolojik bölgelerde yapılacak araştırmalarla yaygınlaştırılabileceği vurgulanmıştır.

Woldeyohannes ve ark. (2022), tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisinin genetik kaynaklarının konvansiyonel ve küçük ölçekli çiftçilik sistemlerine yönelik ıslah çalışmaları açısından taşıdığı potansiyeli değerlendirdikleri derleme çalışmalarında, mevcut genetik varyasyonun daha etkin kullanımıyla tef üretiminde önemli iyileşmeler sağlanabileceğini vurgulamışlardır. Etiyopya Ulusal Gen Bankası'nda ex situ olarak korunan yaklaşık 7.000 tef genotipi temelinde yapılan incelemeler, bu türün sahip olduğu geniş genetik çeşitliliğe rağmen modern ıslah programlarında bu çeşitliliğin sınırlı biçimde değerlendirildiğini ortaya koymuştur. Makale, tef üretiminin önündeki temel kısıtları; düşük verim düzeyi, yatmaya karşı hassasiyet, kuraklık ve hastalıklara duyarlılık olarak özetlemekte; bu sorunlara çözüm getirecek ıslah stratejilerine odaklanmaktadır. Özellikle moleküler marker tabanlı seleksiyon, genomik seleksiyon, mutant tarama, yarı cüce genlerin kullanımı ve genetik varyasyonu artırmaya yönelik interspesifik melezleme gibi modern yaklaşımların, yüksek verimli ve stres toleranslı çeşitlerin geliştirilmesine olanak sağlayabileceği belirtilmiştir. Araştırmacılar, Etiyopya'daki küçük ölçekli çiftçilerin bilgi birikiminin, yerel adaptasyona sahip hatların belirlenmesi ve katılımcı ıslah yaklaşımlarının etkin şekilde uygulanmasında büyük önem taşıdığını vurgulamışlardır. Geleneksel bilgi sistemlerinin modern bilimsel tekniklerle entegre edilmesinin, tef'in üretkenliğini artırmada kritik bir rol oynayacağı ifade edilmiştir. Ayrıca, tef'in hem gıda hem yem olarak kullanılabilirliği, yüksek besin değeri (özellikle demir, kalsiyum, protein ve lif içeriği) ve glütensiz yapısı sayesinde sadece Etiyopya'da değil, küresel ölçekte de alternatif bir ürün olarak öne çıkabileceği belirtilmiştir. Makale, tef'in uluslararası pazarda değer kazanabilmesi için genetik kaynaklarının daha etkin kullanımı, yerel ıslah programlarının desteklenmesi ve sürdürülebilir üretim sistemlerinin yaygınlaştırılması gerektiği sonucuna varmıştır.

Köten ve ark. (2022), antik tahılların genel özelliklerini ve çağdaş kullanım alanlarını ele aldıkları derleme çalışmalarında, tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisini minör tahıllar grubunda değerlendirmiştir. Tef'in zayıf topraklarda yetişebilme

yeteneği ve kuraklığa dayanıklılığı sayesinde marjinal alanlarda üretim imkânı sunduğu vurgulanmıştır. Çalışmada, tef'in glütensiz yapısı sayesinde son yıllarda ABD ve Avrupa gibi ülkelerde fonksiyonel gıda sektöründe artan ilgi gördüğü ifade edilmiştir. Yavaş sindirilen nişasta yapısı ve yüksek lif içeriği ile düşük glisemik indeksli ürünler için uygun bir bileşen olduğu, ayrıca yüksek demir, kalsiyum ve esansiyel amino asit içeriğiyle besleyici bir alternatif oluşturduğu belirtilmiştir. Çalışma genel hatlarıyla, tef bitkisinin besleyici değeri ve fonksiyonel özellikleri açısından gıda endüstrisinde önem kazandığını ortaya koymakta ve bu özellikleriyle özellikle glütensiz ürün formülasyonlarında değerlendirilebileceğine işaret etmektedir.

Karaçoban (2022), teff (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) ununun bisküvi üretiminde kullanılabilirliğini ve bu süreçte uygulanan çeşitli defitinizasyon (fitik asit giderimi) yöntemlerinin ürün kalitesi üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Bu yüksek lisans tezinde, fermantasyon, otoklavlama ve fitaz enzimi ilavesi yöntemleriyle işlem görmüş ve işlem görmemiş teff unları, buğday ununa %0, 10, 20, 30 ve 40 oranlarında ikame edilerek bisküvi üretiminde kullanılmıştır. İşlem görmemiş teff ununun fitik asit içeriği 1350 mg/100 g olarak belirlenmiş; uygulanan yöntemlerle bu miktar %68.96–%86.59 arasında azaltılmıştır. Otoklavlama işlemi bisküvi sertliğini azaltırken; fermantasyon ve fitaz uygulamaları sertliği artırmıştır. Defitinize edilmiş teff unlarıyla hazırlanan bisküvilerde nem, kül, toplam fenolik madde ve fitik asit miktarları azalmış, buna karşılık protein, yağ ve antioksidan aktivite değerleri sabit kalmıştır. %40 teff unu katkısı, bisküvilerin Ca, Fe, K, Mg, P ve Zn içeriğini sırasıyla %36.40, %83.08, %35.24, %56.38, %25.1 ve %97.67 oranında artırmıştır. Duyusal analizlerde, işlem görmemiş, otoklavlanmış ve fitaz uygulanan teff unlarının %20'ye kadar kullanımı tüketici kabulünü olumsuz etkilememiştir. Karaçoban, teff ununun yüksek lif, mineral ve fonksiyonel bileşik içeriği nedeniyle besin değerini artıran bir bileşen olduğunu ve gluten içermemesi dolayısıyla çölyak hastaları için uygun bir alternatif sunduğunu belirtmiştir. Ayrıca defitinizasyon uygulamaları sayesinde bu tahılın anti-besinsel etkilerinin azaltılarak gıda sanayisinde daha yaygın kullanılabileceği vurgulanmıştır. Çalışma, teff ununun özellikle fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde kullanımı için önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Cholakova ve ark. (2023), tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisinin dünya genelindeki yayılışı, biyolojik ve morfolojik özellikleri, verim potansiyeli ile hem tahıl hem de yem bitkisi olarak üretim teknolojilerine ilişkin bilgileri derledikleri çalışmada, bu türün kuraklığa yüksek toleransı ve ekolojik plastisitesi sayesinde iklim değişikliğine

karşı alternatif bir tarım ürünü olabileceğini vurgulamışlardır. Tef'in kısa vejetasyon süresi (50–90 gün), C4 fotosentez yolu, düşük su gereksinimi ve yüksek adaptasyon yeteneği ile farklı ekosistemlerde başarıyla yetiştirilebildiği ifade edilmiştir. Glutensiz olması, zengin omega yağ asitleri, vitamin ve mineral içeriği ile insan beslenmesinde değerli bir tahıl alternatifi sunduğu belirtilmiştir. Aynı zamanda yüksek sindirilebilirliği sayesinde ruminantlar ve atlar için uygun bir yem bitkisi olarak öne çıkmaktadır. Çalışmada, Bulgaristan'ın Güney Dobruca bölgesindeki denemelerde, tef'in kurak koşullarda başarılı bir şekilde yetiştirilebildiği gözlemlenmiş; yerel iklim koşullarının verim üzerine etkisinin araştırılması gerektiği ve tohum oranı, gübreleme, toprak işleme gibi üretim tekniklerinin optimize edilmesinin önemli olduğu vurgulanmıştır. Tef'in hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığı, yabancı otlara karşı baskın gelişim göstermesi, çiftlik hayvanlarında verim düşürmeden beslenmede kullanılması gibi özellikleri nedeniyle ekolojik ve ekonomik açıdan avantajlı bir tür olduğu sonucuna varılmıştır.

Yimam (2023), Etiyopya'da tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) üretiminin su ayak izi ve ekonomik su verimliliğini değerlendirmek amacıyla çalışmasında, CROPWAT 8.0 ve CLIMWAT 2.0 modelleme araçlarını kullanarak yeşil ve mavi su ayak izlerini hesaplamıştır. Araştırma, 2019–2020 üretim sezonuna ait meteorolojik ve tarımsal verilerle, ülkenin en yoğun tef üretimi yapılan dört bölgesinde (Oromia, Amhara, Tigray ve SNNPR) gerçekleştirilmiştir. Tef bitkisinin büyüme sürecindeki ortalama su ihtiyacı 309 mm, etkili yağış miktarı ise 330 mm olarak tespit edilmiştir. Bu veriler, üretimin büyük ölçüde doğal yağışlara (yeşil su) dayalı olduğunu ve sulama (mavi su) gereksiniminin sınırlı kaldığını göstermektedir. Ortalama toplam su ayak izi hektar başına 3.089 m³/ha, ton başına ise 1.772 m³/ton olarak hesaplanmıştır. Ulusal düzeyde 2019/2020 sezonunda Etiyopya'da tef üretiminin toplam su ayak izi yaklaşık 9 milyar m³ olup bunun %78'i yeşil su, %22'si mavi su bileşeninden oluşmuştur. Ekonomik su verimliliği ise 0.68 USD/m³ olarak belirlenmiştir. Yani bir Amerikan doları değerinde tef üretimi için ortalama 1.47 m³ su kullanımı söz konusudur. Yimam, su kullanımının büyük ölçüde doğal yağışlardan karşılanmasının tef üretimini özellikle kuraklık riski taşıyan bölgelerde sürdürülebilir kıldığını belirtmiştir. Ayrıca bu çalışma, karar vericilere su kaynaklarının tarımsal etkinliği açısından planlama ve politika geliştirme süreçlerinde katkı sağlayabilecek özgün ampirik veriler sunmaktadır.

Yıldız (2024) tarafından hazırlanan bu derlemede, tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisinin hayvan beslemede alternatif kaba yem kaynağı olarak kullanım potansiyeli detaylı biçimde ele alınmıştır. Tef'in kuraklığa dayanıklı, düşük girdilerle

üretilebilen, hızlı gelişen bir yazlık yem bitkisi olduğu; yeşil ot, kuru ot, silaj, saman ve tane formlarında değerlendirilebildiği vurgulanmıştır. Özellikle yaprak/sap oranı (%73/27), sindirilebilirlik düzeyi (%65'e kadar), ham protein oranı (%6.7–20.7) ve diğer yem kalitesi parametreleri karşılaştırmalı biçimde sunulmuştur. Çalışmada, Tef samanı; yonca, mısır, yulaf ve buğday samanlarıyla kimyasal bileşim açısından karşılaştırılmış ve ham protein, NDF, ADF, lignin, selüloz ve metabolik enerji gibi değerleri üzerinden değerlendirilmiştir. Ayrıca, süt sığırtı, etçi sığırtı, koyun, keçi ve atlar üzerinde yapılan araştırmalara yer verilmiş; tef samanının ve otunun bu türlerce tercih edildiği ve performans üzerinde olumlu etkiler sağladığı belirtilmiştir. Yem verimini etkileyen faktörler arasında vejetasyon dönemi, sıra aralığı, biçim yüksekliği, biçim sayısı, olgunluk dönemi ve toprak iklim koşulları öne çıkarılmıştır. Tef'in silaj potansiyeli, otlatma özellikleri ve tanesinin broyler, süt inekleri ve ruminant hayvanlarda kullanımı da geniş biçimde işlenmiş; ABD, Güney Afrika ve Etiyopya'daki uygulama örnekleri üzerinden yem bitkisi olarak artan önemi vurgulanmıştır. Sonuç olarak Tef, az maliyetli üretim, yüksek besin değeri, kuraklığa tolerans ve çok yönlü kullanım alanlarıyla, özellikle yaz aylarında alternatif kaba yem kaynağı olarak önerilmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Araştırma Yerinin Genel Özellikleri

Bu tez çalışması, 2024 yılının Mayıs–Ekim ayları arasında Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Prof. Dr. Abdulkadir AKÇİN Uygulama ve Araştırma arazisinde yürütülmüştür. Araştırmanın gerçekleştirildiği deneme alanı, Konya ili sınırları içerisinde yer almakta olup, bölge karasal iklim özellikleri göstermektedir. Yaz aylarında sıcak ve kurak, kış aylarında ise soğuk ve kar yağışlı bir iklim yapısına sahiptir. Gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkları yaz aylarında 16–22 °C'ye kadar çıkmakta, kış aylarında ise yüksek nemin etkisiyle bu fark 9–12 °C seviyelerine kadar düşmektedir. Konya ili, İç Anadolu Bölgesi'nin güney kesiminde yer almakla birlikte, bölgedeki diğer illere kıyasla daha düşük sıcaklıklara sahiptir. Yıllık yağış dağılımı göz önüne alındığında, en fazla yağış nisan ve mayıs aylarında gerçekleşmektedir. Bölgede yaz mevsimi geç başlamakta, kış mevsimi ise uzun sürerek daha geç sona ermektedir.



Şekil 3.1. Araştırma Alanının Konumu

3.1.1. İklim Özellikleri

Çalışmanın yürütüldüğü 2024 yılına ait Mayıs–Ekim dönemi ile uzun yıllar ortalamasına ait iklim verileri Çizelge 3.1'de sunulmuştur. 2024 yılı deneme süresince söz konusu aylarda toplam yağış miktarı 136.8 mm, ortalama sıcaklık 20.9 °C ve nispi nem %45.9 olarak kaydedilmiştir. Uzun yıllar ortalamasına göre ise aynı dönemde

toplam yağış miktarı 125.09 mm, ortalama sıcaklık 19 °C ve nispi nem %48.8 düzeyindedir. Bu bulgular, denemenin gerçekleştirildiği yılın uzun yıllar ortalamasına kıyasla daha yüksek yağış aldığı, daha sıcak geçtiği ve nispi nemin daha düşük seviyede seyrettiğini göstermektedir.

Çizelge 3.1. Konya iline ait 2024 yılı ve uzun yıllar (1930–2021) ortalamasına göre iklim verileri (Anonim, 2024).

Aylar	Yağış (mm)		Sıcaklık °C		Nispi Nem (%)	
	2024	U.Y.O. (1930-2021)	2024	U.Y.O. (1930-2021)	2024	U.Y.O. (1930-2021)
Mayıs	63.0	42.51	15.5	15.85	60.9	55.88
Haziran	4.0	25.90	25.1	20.14	35.8	49.11
Temmuz	17.6	7.50	25.3	23.56	41.5	41.21
Ağustos	7.8	6.48	25.2	23.29	36.9	40.84
Eylül	40.0	12.90	20.8	18.81	49.3	46.77
Ekim	4.4	29.78	13.9	12.84	51.1	59.29
Toplam	136.8	125.09	----	---	---	---
Ortalama	---	---	20.9	19.0	45.9	48.8

3.1.2. Toprak Özellikleri

Araştırmanın yürütüldüğü deneme alanına ait toprak örnekleri laboratuvar ortamında analiz ettirilmiş ve elde edilen analiz sonuçları Çizelge 3.2’de sunulmuştur. Analiz bulgularına göre, deneme alanının toprağı killi-tınlı bünyeye sahip olup, alkalın karakter göstermektedir. Toprağın organik madde içeriğı %1.12, elektriksel iletkenlik (EC) değeri 190 μ S/cm, fosfor (P_2O_5) içeriğı 10.58 ppm, potasyum (K_2O) içeriğı 242.36 ppm, sodyum (Na) içeriğı 67.02 ppm, kalsiyum (Ca) içeriğı 5600 ppm, çinko (Zn) içeriğı 2.13 ppm, mangan (Mn) içeriğı 4.80 ppm, bakır (Cu) içeriğı 0.81 ppm ve demir (Fe) içeriğı 1.30 ppm olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 3.2. Deneme Arazisine Ait Toprak Analiz Sonuçları (2024)

Toprak Derinliğı (cm)	Organik Madde (%)	pH	EC (μ S/cm)	P_2O_5 (ppm)	K_2O (ppm)	Na (ppm)
0-30	1.12	7.5	190	10.58	242.36	67.02
Toprak Derinliğı (cm)	Ca (ppm)	Zn (ppm)	Mn (mg/kg)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Bünye Sınıfı
0-30	5600	2.13	4.80	0.81	1.30	Killi-Tınlı

3.2. Materyal

Bu çalışmada materyal olarak Rooiberg ve Nile olmak üzere iki farklı tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) çeşidi kullanılmıştır. Bu çeşitler Yonca Tarım’dan temin edilmiştir. Rooiberg çeşidi, Güney Afrika kökenli olup, ince saplı, yüksek kardeşlenme

kapasitesine sahip, 100-120 cm boylanabilen bir yapıya sahiptir. Sahil bölgelerinde Nisan ayında, İç Anadolu koşullarında ise Mayıs ayında ekilebilmektedir. Ekim derinliği 1-1.5 cm, tohumluk miktarı ise dekara 1-1.5 kg'dır. Bu çeşitte yeşil ot verimi dekarda 2500 kg'ın üzerinde, kuru ot verimi ise 850-1000 kg arasında değişmektedir. Rooiberg çeşidi yılda 3-4 kez biçilebilmekte; sap ve yaprakları ince yapılı olduğundan dolayı inek, koyun ve at gibi hayvanlara yem olarak kullanılabilir. Bu çeşidin ekiminde dekara 15 kg DAP, bitkiler 10 cm'ye ulaştığında ise dekara 10 kg üre uygulanmaktadır. Su ihtiyacı düşük olup, biçim yüksekliği 60-80 cm olduğunda yapılmaktadır. Geç biçimlerde protein oranı düşmektedir. Rooiberg çeşidi ekimden 30-40 gün sonra biçim olgunluğuna ulaşmakta olup saman halindeki protein oranı %12 ile %20 arasında değişmektedir.

Nile çeşidi ise 105 cm'ye kadar boylanabilmekte olup, yapılan denemelerde dekara 3906 kg yeşil ot ve 1259 kg kuru ot verimi elde edilmiştir. Kuru ot numuneleri üzerinde yapılan analiz sonuçlarına göre; ham protein oranı %9.48, kuru madde oranı %92.89, ADF oranı %43.26, NDF oranı %68.68, (Nötrde Çözünemeyen Lif) NYD oranı %75 ve ADL oranı %5.28 olarak tespit edilmiştir.

3.3. Yöntem

Araştırma, 2024 yılı Mayıs–Ekim ayları arasında Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme tarlasında yürütülmüştür. Deneme, “Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışmada üç farklı ekim zamanı (1 Mayıs, 1 Haziran ve 1 Temmuz), beş farklı ekim oranı (0.5, 1.0, 1.5, 2.0 ve 2.5 kg/da) ve iki farklı çeşit (Rooiberg, Nile) uygulanmıştır. Ekimler, elle ve sıraya ekim yöntemiyle, 20 cm sıra aralığı bırakılarak her parselde 10 sıra olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Her uygulama üç tekerrürlü olup, toplamda 90 parselden oluşmuştur. Çalışma ile ilgili resimler EK-1’de verilmiştir.

Ekim yapılan parsellerin boyutları aşağıda özetlenmiştir.

Sıra arası : 20 cm

Parsel sıra sayısı: 10 sıra (hasatta birer sıra kenar tesiri bırakılacak)

Parsel sıra uzunluğu: 3 m (hasatta parselin alt ve üst kısmından 0.5 m kenar tesiri bırakılmıştır)

Ekimde parsel alanı: $0.20 \times 10 \times 3 = 6 \text{ m}^2$

Hasatta parsel alanı: $0.20 \times 8 \times 2 = 3.2 \text{ m}^2$

Ekim öncesinde toprak, derin sürüm ile işlenmiş; ardından diskaro ve tırmık kullanılarak ikilenmiştir. Toprak hazırlığı aşamasında dekara 20 kg DAP gübresi uygulanmıştır. Ekim elle gerçekleştirilmiş, çıkış sonrası ise iş gücüyle çapalama yapılmıştır. Sıra aralarında çıkan yabancı otlar el çapası ile temizlenmiştir.

Sulama işlemleri, ekimden hemen sonra yağmurlama yöntemiyle gerçekleştirilmiş; bu süreçte sık fakat az su verilerek toprağın nemli kalması sağlanmıştır. Devam eden dönemde ise yağış durumuna bağlı olarak ihtiyaç duyuldukça sulama yapılmıştır. Deneme sulu koşullarda yürütülmüştür.

Bitki gelişimi süresince herhangi bir hastalık gözlenmemiştir. Zararlı organizmalardan sadece fare sorunu ile karşılaşmış olup, bu duruma karşı gerekli ilaçlama yapılmıştır. Ayrıca, kardeşlenme döneminin sona erdiği ve sapa kalkma öncesi dönemde, yabancı ot mücadelesi amacıyla herbisit uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Biçim; dane olumundan sonra iş gücü ile orakla yapılmış, dane dökmenin önüne geçmek için kurutma çuval üzerinde yapılmıştır.

Araştırmada incelenen tarımsal özellikler; hasada kadar geçen gün sayısı, bitki boyu, salkım boyu, sap çapı, boğum sayısı, tohum verimi, biyolojik verim, bin tane ağırlığı ve hasat indeksidir.

3.4. Araştırmada Yapılan Gözlem ve Ölçümler

Denemede gözlem ve ölçümler, her parselde kenar tesiri dikkate alınarak aşağıdaki özellikler üzerinden yapılmıştır.

3.4.1. Hasada Kadar Gün Sayısı (gün)

Ekim tarihi ve hasat tarihi kaydedilmiş ve hasada kadar geçen (fizyolojik olum dönemi = %13 tane nemi) gün sayısı belirlenmiştir (Geren ve ark. 2020)

3.4.2. Bitki Boyu (cm)

Toprak yüzeyinden başlayarak salkımın en uçtaki başakcığı dâhil olacak şekilde bitkinin toplam yüksekliği ölçülmüştür (Anonim, 2019).

3.4.3. Salkım Boyu (cm)

Salkımın çıktığı boğumdan itibaren en uçtaki başakcık dâhil olmak üzere salkımın toplam uzunluğu ölçülmüştür (Anonim, 2019).

3.4.4. Sap apı (mm)

Bitkinin ana sapı, toprak yüzeyinden 5 cm yukarıdan 0.1 mm hassasiyetindeki dijital kumpasla ölçülerek belirlenmiştir. (Özköse ve ark., 2015).

3.4.5. Boğum Sayısı (adet)

Bitki üzerinde toprak seviyesinden itibaren tepe noktasına kadar olan boğum sayısı tespit edilir ve her parselde ortalama değeri alınmıştır. (Eripek, 1995).

3.4.6. Biyolojik Verim (kg/da)

Her parselde biçilen tüm bitkilerin (tane + sap + yaprak) kurutulup tartılmasıyla elde edilen toplam toprak üstü kuru ağırlık tartılmış biyolojik verim olarak kaydedilmiştir (Anonim, 2019).

3.4.7. Tane Verimi (kg/da)

Biyolojik verimi belirlenen bitkiler harmanlanarak elde edilen temizlenmiş tane ağırlığı ölçülmüştür (Anonim, 2019).

3.4.8. Hasat İndeksi (%)

Tane veriminin biyolojik verime oranlanması ve 100 ile çarpılması şeklinde hesaplama yapılarak % olarak ifade edilmiştir (Gürün, 2018).

3.4.9. 1000 Tane Ağırlığı (g)

Her parselden 4 kez 100'er tohum sayılmış tartılmış, ortalaması alınmış ve 10 ile çarpılmış bin tane ağırlığı hesaplanmıştır. (Gürün, 2018; Geren ve ark, 2019).

3.5. Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırma sonucunda elde edilen veriler, Tesadüf Blokları Deneme Deseni'ne uygun olarak varyans analizine tabi tutulmuş. Varyans analizi sonucunda istatistiksel olarak anlamlı fark bulunan özelliklerde, aynı önem seviyesinde, ortalamaların karşılaştırılması amacıyla AÖF (Asgari Önemli Fark) testi uygulanmıştır (Yurtsever, 2011). Ortalamalarda aynı harf gruplarıyla gösterilerek istatistiksel yorumlar yapılmıştır. İstatistiksel analizler MSTAT-C bilgisayar programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

İki tef çeşidi ile 2024 yılında yapılan araştırmada, farklı ekim zamanı ve tohum miktarlarına ait araştırma sonuçları ve tartışma incelenen özelliklere göre ayrı ayrı aşağıda verilmiştir.

4.1. Hasada Kadar Geçen Gün Sayısı (gün)

Yapılan araştırmada farklı ekim zamanlarına ve tohum miktarlarına göre ekilmiş olan Tef çeşitlerinin hasada kadar geçen gün sayısı gözlem olarak alınmıştır. Tohumluk miktarları ve çeşitlere göre hasat tarihleri değişmediği için ekim zamanlarına göre ortalamalar verilmiştir. 1 Mayıs'ta yapılan ekimler 31 Ağustos'ta biçilmiş hasada kadar geçen gün sayısı 122 gün geçmiştir. 1 Haziran'da yapılan ekimler 6 Eylül'de biçilmiş hasada kadar geçen gün sayısı 97 gün geçmiştir. 1 Temmuz'da yapılan ekimler 1 Ekim'de biçilmiş hasada kadar geçen gün sayısı 92 gün olmuştur. Özellikle Temmuz ve 1 Haziran ekimlerinde hasada kadar geçen gün sayısı kısalmıştır. Tropik kökenli bir bitki olan tef sıcak koşullarda hızla gelişmekte ve tohum olgunlaştırmaktadır. Bu sonuçlar bize geç ekim veya ikinci ürün yazlık ekimler için tef bitkisinin oldukça uygun bir bitkidir.

Yapılan bu araştırmada, farklı ekim zamanlarına göre tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisinin hasada kadar geçen süreleri gözlemlenmiştir. Tohumluk miktarları ve çeşitler arasında hasat tarihleri önemli düzeyde değişiklik göstermemiştir. Bu nedenle değerlendirme, yalnızca ekim zamanlarına göre yapılmıştır. Buna göre;

- 1 Mayıs'ta yapılan ekimler 31 Ağustos'ta hasat edilmiş ve vejetasyon süresi 122 gün,
- 1 Haziran ekimleri 6 Eylül'de hasat edilerek 97 gün,
- 1 Temmuz ekimleri ise 1 Ekim'de hasat edilerek 92 gün sürmüştür.

Özellikle haziran ve temmuz ekimlerinde bitkinin gelişim süresinin kısaldığı görülmektedir. Tropik kökenli bir tür olan tef, yüksek sıcaklık koşullarında hızlı gelişmekte ve daha kısa sürede tohum olgunlaştırmaktadır. Bu durum, geç ekim veya ikinci ürün olarak yazlık ekim sistemlerinde tef bitkisinin kullanımını uygun hale getirmektedir (Ketema, 1997; Mebratu ve ark., 2016; Özköse ve ark., 2022).

Çizelge 4.1. Tef çeşitlerinin farklı ekim zamanına göre hasada kadar geçen gün sayısına ilişkin ortalama değerler

Çeşit	Ekim Zamanı	Biçim Zamanı	Hasada Kadar Geçen Süre (gün)
Ç1	1 Mayıs 2024	31 Ağustos 2024	122
Ç2			
Ç1	1 Haziran 2024	6 Eylül 2024	97
Ç2			
Ç1	1 Temmuz 2024	1 Ekim 2024	92
Ç2			

4.2. Bitki Boyu (cm)

Yapılan araştırmada farklı ekim zamanlarına ve tohum miktarlarına göre ekilmiş olan Tef çeşitlerinden elde edilen bitki boyu ile ilgili verilerle yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Tef çeşitlerinin farklı ekim zamanı ve tohum miktarlarında bitki boyları değerlerine ait varyans analizi

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Bloklar	2	6.617	3.308	0.0250
Ekim Zamanı	2	731.299	365.649	2.7620
Çeşit	1	36.864	36.864	0.2785
Ekim Zamanı x Çeşit	2	453.368	226.684	1.7123
Tohumluk Miktarı	4	248.463	62.116	0.4692
Ekim Zamanı x Tohum Miktarı	8	233.516	29.189	0.2205
Çeşit x Tohum Miktarı	4	308.404	77.101	0.5824
Ekim Zamanı x Çeşit x Tohum Miktarı	8	397.418	49.677	0.3752
Hata	58	7678.437	132.387	
VK (%)	10.89			

Çizelge 4.2 incelendiğinde ekim zamanlarının, çeşitlerin, tohumluk miktarlarının ve interaksiyonlarının bitki boyuna etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Çalışmadan elde edilen bitki boyuna ilişkin ortalama değerler Çizelge 4.3’te verilmiştir. Ekim zamanı ortalamalarına göre en yüksek bitki boyu 109.7 cm ile 1 Temmuz tarihinde yapılan ekimlerden elde edilmiş bunu 1 Haziran (103.8 cm) takip etmiştir. En düşük bitki boyu ise 1 Mayıs ekim zamanında 103.5 cm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Çeşitlerin bitki boyu ortalamaları ise Ç1’de 106.3 cm ve Ç2’de 105 cm olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.3). Tohum miktarlarına göre bitki boyu en yüksek 108.3 cm ile dekara 1 kg tohum kullanılan parsellerde ölçülmüş bunu sırası ile 1.5 kg/da (106.8 cm), 2.5 kg/da (105.1 cm), 0.5 kg/da (104.5 cm) tohum miktarı takip etmiş ve en düşük bitki boyu 103.8 cm ile 2.0 kg/da tohum ekilen parsellerden elde edilmiştir (Çizelge 4.3).

Ekim zamanı x çeşit interaksionunda en yüksek bitki boyu 112.0 cm ile 1 Temmuz'da ekilen Ç1 parsellerinden ölçülürken, en düşük bitki boyu ise 101.0 cm ile 1 Mayıs'ta ekilen Ç1 parsellerden ölçülmüştür (Çizelge 4.3). Ekim zamanı x tohum miktarı interaksionunda en yüksek bitki boyu 112.4 cm ile 1 Temmuz'da dekara 1.0 ve 1.5 kg/da tohum ekilen parsellerde belirlenmişken, en düşük bitki boyu ise 101.1 cm ile 1 Haziran'da dekara 2 kg tohum ekilen parsellerde belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Çeşit x tohum miktarı interaksionunda en yüksek bitki boyu dekara 1.0 kg ekilen Ç2'den elde edilirken en düşük bitki boyu 101.5 cm ile 0.5 kg/da ekilen Ç2'den elde edilmiştir (Çizelge 4.3). Ekim zamanı x tohum miktarı x çeşit interaksionunda en düşük bitki boyu 95.1 cm ile 1 Haziran'da dekara 1.5 kg ekilen Ç2'den elde edilirken en yüksek bitki boyu ise 115.6 cm ile 1 Temmuz'da dekara 1.0 kg ekilen Ç1'den elde edilmiştir.

Çizelge 4.3. Tef çeşitlerinin farklı ekim zamanı ve tohum miktarlarında bitki boyuna ilişkin ortalama değerler

Ekim Zamanları	Tohumluk Miktarları (kg/da)	Çeşitler		Ortalama
		Ç1	Ç2	
1 Mayıs	0.5	106.9	99.4	103.2
	1.0	99.3	108.2	103.8
	1.5	105.7	106.9	106.3
	2.0	96.3	109.9	103.1
	2.5	96.7	105.8	101.2
Ortalama		101.0	106.0	103.5
1 Haziran	0.5	105.6	98.9	102.3
	1.0	106.3	111.4	108.9
	1.5	108.2	95.1	101.7
	2.0	103.7	98.6	101.1
	2.5	106.2	104.3	105.3
Ortalama		106.0	101.7	103.8
1 Temmuz	0.5	109.8	106.1	108.0
	1.0	115.6	109.1	112.4
	1.5	114.6	110.2	112.4
	2.0	107.9	106.2	107.1
	2.5	112.0	105.5	108.8
Ortalama		112.0	107.4	109.7
Tohum Mik. x Çeşit İnt.	0.5	107.5	101.5	104.5
	1.0	107.1	109.6	108.3
	1.5	109.5	104.1	106.8
	2.0	102.6	104.9	103.8
	2.5	105.0	105.2	105.1
Ortalama		106.3	105.0	106.0

Bu bulgular literatürde yer alan bazı çalışmalarla benzerlik göstermekte, bazılarıyla ise kısmen farklılık arz etmektedir. Üke (2016) tarafından yürütülen çalışmada tef bitkisinde ortalama bitki boyunun 109.15 cm olduğu bildirilmiştir. Bu

değer, çalışmamızda 1 Temmuz ekim zamanında elde edilen maksimum bitki boyu ortalaması olan 109.7 cm ile oldukça yakın düzeydedir. Ancak Üke (2016)'nın çalışmasında ekim zamanı ve tohumluk miktarı gibi faktörler detaylı bir varyasyon yapısında değerlendirilmemiştir. Bu yönüyle çalışmamız, bitki boyunu etkileyen agronomik faktörlerin detaylı analizine olanak sunmaktadır.

Assefa ve ark. (2017) tarafından bildirilen çalışmada, Etiyopya'daki yerel çeşitlerin bitki boyları 75 cm ile 140 cm arasında değişmiş; buna göre çalışmamızda elde edilen 95.1–115.6 cm aralığındaki bitki boyları, bu değer aralığında kalmış ve özellikle 1 Temmuz'da ekilen Ç1 çeşidinde ölçülen 115.6 cm bitki boyu ile üst sınır değerlerine yaklaşmıştır. Bu durum, hem kullanılan genotipin hem de ekolojik koşulların tef bitkisinin boy gelişimine olan etkisini ortaya koymaktadır.

Ketema (1997) ise, tef bitkisi için ortalama bitki boyunu 100–120 cm arasında bildirmiştir. Çalışmamızdaki ortalama değerler bu aralığa büyük ölçüde uygunluk göstermektedir. En düşük bitki boyu değeri olan 95.1 cm (1 Haziran'da 1.5 kg/da ekilen Ç2 çeşidi) bu alt sınırın bir miktar altında kalsa da, bu durumun muhtemel nedeni çeşit, tohum yoğunluğu ve mevsim koşullarının interaktif etkisi olabilir.

Ayrıca, Lee ve ark. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada tef bitkisinde ortalama bitki boyunun 96 cm olduğu bildirilmiş ve çevresel koşulların bitki morfolojisine etkisine dikkat çekilmiştir. Bu bulgu, özellikle 1 Mayıs ve 1 Haziran gibi daha erken ekim tarihlerinde gözlenen görece düşük bitki boyu ortalamalarını destekler niteliktedir.

Bitki boyu, tef bitkisinin hem ot verimi hem de dane verimi ile doğrudan ilişkili önemli bir morfolojik özelliği olup, genetik yapı kadar çevresel faktörlerin ve tarımsal uygulamaların da etkisinde şekillenmektedir. Ancak, elde edilen sonuçlar, tef bitkisinin ekim zamanına ve tohumluk miktarına duyarlılığı ortaya çıkmamışken; çeşit ve çevre etkileşiminin ortaya konması için daha uzun yıllar denenmesinde fayda vardır.

4.3. Sap Çapı

Yapılan araştırmada farklı ekim zamanlarına ve tohum miktarlarına göre ekilmiş olan Tef çeşitlerinden elde edilen sap çapı ile ilgili verilerle yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. incelendiğinde sap çapına sadece ekim zamanının etkisi istatistiki olarak $p < 0.01$ seviyesinde önemli iken çeşit, ekim zamanı x çeşit interaksyonu, tohumluk miktarı, ekim zamanı x tohumluk miktarı interaksyonu, çeşit x tohum miktarı

interaksiyonu ve ekim zamanı x çeşit x tohumluk miktarı interaksiyonu etkisi ise istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. İstatistiki olarak önemli çıkan uygulamaların ortalamaları arasında görülen farkların önem düzeylerinin belirlenebilmesi için AÖF testi yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen sap çapına ilişkin ortalama değerler ve AÖF grupları Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Tef çeşitlerinin farklı ekim zamanı ve tohum miktarlarında sap çapı değerlerine ait varyans analizi

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Bloklar	2	0.123	0.061	1.2801
Ekim Zamanı	2	1.744	0.872	18.1826**
Çeşit	1	0.006	0.006	0.1234
Ekim Zamanı x Çeşit	2	0.019	0.010	0.2030
Tohumluk Miktarı	4	0.109	0.027	0.5660
Ekim Zamanı x Tohum Miktarı	8	0.366	0.046	0.9531
Çeşit x Tohum Miktarı	4	0.067	0.017	0.3471
Ekim Zamanı x Çeşit x Tohum Miktarı	8	0.164	0.021	0.4282
Hata	58	2.782	0.048	
VK (%)	12.98			

**p<0.01

Ekim zamanı ortalamalarına göre en yüksek sap çapı 1.80 mm ile 1 Mayıs tarihinde yapılan ekimlerinden elde edilirken 1 Temmuz ile aynı önemlilik grubunda yer almış, en düşük sap çapı ise 1 Haziran (1.49 mm) ekiminden elde edilmiştir (Çizelge 4.5). Çeşitlerin sap çapı ortalamaları ise Ç1'de 1.70 mm ve Ç2'de 1.68 cm olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.5). Çeşit sap çapları birbirine oldukça yakın bulunmuştur. Tohum miktarlarına göre sap çapı en yüksek 1.64 mm ile dekara 0.5 kg tohum kullanılan parsellerde ölçülmüş bunu sırası ile 2.0 kg/da (1.71 mm), 2.5 ve 1.5 kg/da (1.67 mm) ve en düşük sap çapı 1.64 mm ile 1.0 kg/da tohum ekilen parsellerden elde edilmiştir (Çizelge 4.5). Ekim zamanı x çeşit interaksiyonunda en yüksek sap çapı 1.81 mm ile 1 Mayıs'ta ekilen Ç1 parsellerinden ölçülürken, en düşük sap çapı ise 1.48 mm ile 1 Haziran'da ekilen Ç1 parsellerinden ölçülmüştür (Çizelge 4.5). Ekim zamanı x tohum miktarı interaksiyonunda en yüksek sap çapı 1.85 mm ile 1 Mayıs'ta dekara 2.5 kg tohum ekilen parsellerde belirlenmişken, en düşük sap çapı ise 1.33 mm ile 1 Haziran'da dekara 2.5 kg tohum ekilen parsellerde belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Çeşit x tohum miktarı interaksiyonunda en yüksek sap çapı 1.77 mm ile dekara 0.5 kg ekilen Ç1'den elde edilirken en düşük sap çapı 1.60 mm ile 1.0 kg/da ekilen Ç1'den elde edilmiştir (Çizelge 4.5). Ekim zamanı x tohum miktarı x çeşit interaksiyonunda en düşük sap çapı 1.26 mm ile 1 Haziran'da dekara 2.5 kg ekilen Ç1'den elde edilirken en

yüksek sap çapı ise 1.92 mm ile 1 Temmuz'da dekara 2.5 kg ekilen Ç1'den elde edilmiştir.

Çizelge 4.5. Tef çeşitlerinin farklı ekim zamanı ve tohum miktarlarında sap çapına ilişkin ortalama değerler (mm) ve AÖF grupları

Ekim Zamanları	Tohumluk Miktarları (kg/da)	Çeşitler		Ortalama
		Ç1	Ç2	
1 Mayıs	0.5	1.83	1.80	1.82
	1.0	1.68	1.77	1.72
	1.5	1.81	1.74	1.78
	2.0	1.87	1.78	1.83
	2.5	1.85	1.84	1.85
Ortalama		1.81	1.79	1.80A
1 Haziran	0.5	1.68	1.61	1.65
	1.0	1.36	1.57	1.47
	1.5	1.62	1.47	1.54
	2.0	1.48	1.45	1.47
	2.5	1.26	1.41	1.33
Ortalama		1.48	1.50	1.49B
1 Temmuz	0.5	1.81	1.72	1.77
	1.0	1.76	1.72	1.74
	1.5	1.64	1.74	1.69
	2.0	1.87	1.81	1.84
	2.5	1.92	1.75	1.83
Ortalama		1.80	1.75	1.77A
Tohum Mik. x Çeşit İnt.	0.5	1.77	1.71	1.74
	1.0	1.60	1.69	1.64
	1.5	1.69	1.65	1.67
	2.0	1.74	1.68	1.71
	2.5	1.67	1.67	1.67
Ortalama		1.70	1.68	1.70

Bu bulgular literatürde yer alan bazı çalışmalarla paralellik göstermektedir. Örneğin, Üke (2016) tarafından yürütülen çalışmada, hasat zamanı etkisinin ot verim ve kalitesi üzerine etkileri incelenmiş; sap çapı doğrudan ölçülmemekle birlikte, biçimsel özelliklerdeki farkların bitkisel yapıyı ve iletim dokularını etkilediği belirtilmiştir. Bu kapsamda, çalışmamızda sap çapının yalnızca ekim zamanından etkilenmiş olması, çevresel koşulların ve fenolojik gelişim evrelerinin sap morfolojisi üzerindeki belirleyici etkisine işaret etmektedir.

Assefa ve ark. (2017) tarafından bildirilen çalışmalarda, sap çapı gibi morfolojik özelliklerin özellikle çeşit ve ekim zamanı etkileşimi ile değişkenlik gösterebildiği belirtilmiştir. Ancak mevcut çalışmamızda çeşit etkisi önemsiz bulunmuş, bu da genotipler arasındaki farkın sınırlı olmasından kaynaklanmış olabilir. Bununla birlikte, Temmuz ayı ekimlerinin yüksek sıcaklık ve ışık koşullarına maruz kalması nedeniyle

sap gelişiminin olumlu etkilendiği ve buna bağlı olarak 1 Temmuz tarihli ekimlerde 1.77 mm ortalama ile 1 Mayıs ekimlerine yakın değerlere ulaşıldığı görülmektedir.

Literatürde sap çapı ile ilgili detaylı sayısal veriler sınırlı olmakla birlikte, Davison ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada, tef bitkisinin yapısal dayanıklılığı ve sap çapına dair ölçümlerin genellikle çevresel faktörlere ve yetiştirme sistemlerine bağlı olarak değiştiği ifade edilmiştir. Bu ifade, çalışmamızda yalnızca ekim zamanının etkili olmasının altında yatan temel unsurlardan biri olabilir.

Ayrıca, Lee ve ark. (2015) tarafından yürütülen ve tef bitkisinin yapısal ve besin özelliklerinin değerlendirildiği çalışmada, sapın anatomik özelliklerinin, stres koşullarına adaptasyonun önemli bir göstergesi olduğu ifade edilmiştir. Buna göre 1 Haziran gibi dönemlerdeki sap çapı düşüklüğü (1.49 mm), olasılıkla bu dönemlerde yaşanan iklimsel stresin bitki gövdesinin kalınlaşmasını olumsuz etkilemesinden kaynaklanabilir.

Bu bulgular, literatürde yer alan bazı çalışmalarla da uyum göstermektedir. Örneğin, Acar ve Özköse (2023) tarafından Konya koşullarında yürütülen bir çalışmada, tef bitkilerinde sap çapı 1.70–2.15 mm arasında belirlenmiştir. Tef bitkisinde farklı genotiplerin çevresel koşullara verdiği tepkilerin çeşitlilik gösterebildiğini ifade etmişlerdir. Çalışmamızda ise tef genotiplerinin sap çapı 1.48–1.92 mm aralığında bulunmuş, yalnızca ekim zamanı faktörü istatistiki olarak anlamlı çıkmıştır. Bu durum, Acar ve Özköse (2023) tarafından da ifade edildiği üzere, sıcaklık ve ışık koşulları gibi çevresel etmenlerin sap çapı üzerinde belirleyici bir etkisi olduğunu desteklemektedir.

Sonuç olarak, sap çapının yalnızca ekim zamanından etkilenmiş olması, çevresel faktörlerin bu özelliğin gelişiminde daha belirleyici olduğunu ortaya koymakta; genetik ve tohumluk miktarı gibi unsurların ise ikinci planda kaldığını göstermektedir. Bu sonuç, bölgeye özgü optimum ekim zamanının belirlenmesinde önemli bir kriter olabilecektir.

4.4. Boğum Sayısı (adet/sap)

Yapılan araştırmada farklı ekim zamanlarına ve tohum miktarlarına göre ekilmiş olan Tef çeşitlerinden elde edilen boğum sayısı ile ilgili verilerle yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Tef çeşitlerinin farklı ekim zamanı ve tohum miktarlarında boğum sayısı değerlerine ait varyans analizi

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Bloklar	2	0.278	0.139	1.0342
Ekim Zamanı	2	0.422	0.211	1.5694
Çeşit	1	0.000	0.000	0.0033
Ekim Zamanı x Çeşit	2	0.108	0.054	0.3998
Tohumluk Miktarı	4	0.283	0.071	0.5254
Ekim Zamanı x Tohum Miktarı	8	1.067	0.133	0.9912
Çeşit x Tohum Miktarı	4	0.482	0.120	0.8954
Ekim Zamanı x Çeşit x Tohum Miktarı	8	0.644	0.080	0.5980
Hata	58	7.802	0.135	
VK (%)		9.10		

Çizelge 4.6’da boğum sayısının tamamında incelenen faktörlerde etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Ortalamalar arasında görülen farkların önem düzeylerinin belirlenebilmesi için alınan ortalama değerler Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Tef çeşitlerinin farklı ekim zamanı ve tohum miktarlarında boğum sayısına ilişkin ortalama değerler (adet/sap)

Ekim Zamanları	Tohumluk Miktarları (kg/da)	Çeşitler		Ortalama
		Ç1	Ç2	
1 Mayıs	0.5	4.5	4.1	4.3
	1.0	4.3	4.1	4.2
	1.5	4.0	3.9	4.0
	2.0	3.9	4.2	4.0
	2.5	3.9	4.1	4.0
Ortalama		4.1	4.1	4.1
1 Haziran	0.5	3.9	3.9	3.9
	1.0	4.1	4.0	4.1
	1.5	3.9	4.1	4.0
	2.0	4.3	4.0	4.1
	2.5	4.1	4.1	4.1
Ortalama		4.1	4.0	4.0
1 Temmuz	0.5	3.7	3.6	3.7
	1.0	4.0	4.1	4.0
	1.5	3.8	4.1	4.0
	2.0	3.8	4.1	4.0
	2.5	4.1	4.0	4.1
Ortalama		3.9	4.0	3.9
Çeşit x Tohum Mik. İnt.	0.5	4.1	3.8	4.0
	1.0	4.2	4.1	4.1
	1.5	3.9	4.1	4.0
	2.0	4.0	4.1	4.0
	2.5	4.1	4.0	4.1
Ortalama		4.0	4.0	4.0

Çizelge 4.7 incelendiğinde ekim zamanlarının, çeşitlerin, tohumluk miktarlarının ve interaksiyonlarının boğum sayısına etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Çalışmadan elde edilen boğum sayısına ilişkin ortalama değerler Çizelge 4.7’de verilmiştir. Ekim zamanı ortalamalarına göre en fazla boğum sayısı 4.1 adet ile 1 Mayıs tarihinde yapılan ekimlerden elde edilmiş bunu 1 Haziran (4.0 adet) takip etmiştir. En az boğum sayısı ise 1. Temmuz’da (3.9 adet) belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Her iki çeşidin ortalama boğum sayısı 4.0 olarak tespit edilmiştir. Tohum miktarlarına göre boğum sayısı 4.0 – 4.1 adet arasında (sırasıyla 0.5, 1.5 ve 2.0 ile 1.0 ve 2.5 kg/da) arasında değişmiştir (Çizelge 4.7). Ekim zamanı x çeşit interaksiyonunda en düşük boğum sayısı 3.9 adet ile 1 Temmuz’da ekilen Ç1 parsellerinden ölçülürken, en yüksek boğum sayısı ise 4.1 adet ile 1 Mayıs ekilen Ç1 ve Ç2 parsellerinde ve 1 Haziran’da ekilen Ç2 parsellerinde ölçülmüştür (Çizelge 4.7). Ekim zamanı x tohum miktarı interaksiyonunda en yüksek boğum sayısı 4.3 adet ile 1 Mayıs’ta dekara 0.5 kg tohum ekilen parsellerde belirlenmişken, en düşük boğum sayısı ise 3.7 mm ile 1 Temmuz’da dekara 0.5 kg tohum ekilen parsellerde belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Çeşit x tohum miktarı interaksiyonunda en yüksek boğum sayısı 4.2 adet ile dekara 1.0 kg ekilen Ç1’den elde edilirken en düşük boğum sayısı 3.8 adet ile 0.5 kg/da ekilen Ç2’den elde edilmiştir (Çizelge 4.7). Ekim zamanı x çeşit x tohum miktarı interaksiyonunda en düşük boğum sayısı 3.6 ile 1 Temmuz’da dekara 0.5 kg ekilen Ç2’den elde edilirken en yüksek boğum sayısı ise 4.5 adet ile 1 Mayıs’ta dekara 0.5 kg ekilen Ç1’den elde edilmiştir.

Boğum sayısı, bitkinin boğum arası uzunluğu ve gövde gelişimi ile doğrudan ilişkili morfolojik bir özelliktir. Literatürde bu parametreye ilişkin sınırlı sayıda nicel çalışma olmakla birlikte, genel eğilim çevresel koşulların ve özellikle ekim zamanının bu özellik üzerinde belirleyici olduğu yönündedir. Assefa ve ark. (2017), tef bitkisinin fenolojik gelişiminin, sıcaklık ve gün uzunluğu gibi çevresel faktörlere duyarlı olduğunu; vejetatif evrelerin uzunluğunun gövde üzerinde oluşan boğum sayısını etkileyebileceğini ifade etmiştir.

Üke (2016) tarafından yürütülen çalışmada ise, doğrudan boğum sayısı ölçülmemekle birlikte, gelişme süresi ve sap morfolojisine bağlı parametrelerin hasat zamanı ve çevresel koşullara bağlı olarak değişim gösterdiği belirtilmiştir. Bu bağlamda, çalışmamızda boğum sayısının 1 Mayıs ve 1 Haziran gibi daha serin vejetatif dönemlerde daha yüksek çıkması, bitkinin bu süreçte daha fazla boğum arası geliştirmesiyle açıklanabilir.

Ayrıca, Miller (2009) tef bitkisinin sıcaklığa oldukça duyarlı olduğunu ve geç ekimlerde (örneğin Temmuz) gelişim süresinin kısalacağını ifade etmiş, bu durumun bitki boyu ve boğum oluşumu gibi morfolojik özellikleri olumsuz etkileyebileceğini belirtmiştir. Bu bilgi, 1 Temmuz ekiminde gözlenen düşük boğum sayısının nedeni olarak değerlendirilebilir.

Davison ve ark. (2011) ise tef bitkisinin ekolojik koşullara adaptasyon kabiliyeti yüksek olmasına rağmen, verimli gelişme için optimal sıcaklık aralığına ihtiyaç duyduğunu ve geç ekimlerin morfolojik sınırlamalara neden olabileceğini vurgulamıştır.

Sonuç olarak, bu çalışmada farklı ekim zamanı, çeşit ve tohumluk miktarlarının boğum sayısı üzerine istatistiksel olarak anlamlı etkisi gözlenmemekle birlikte, ekim zamanı kaynaklı çevresel farklılıkların boğum sayısını dolaylı yoldan etkilediği söylenebilir. Boğum sayısında gözlenen sınırlı varyasyon, tef bitkisinin bu morfolojik özelliğinin genetik olarak sabit kalma eğiliminde olduğunu da göstermektedir. Ancak daha geniş varyasyon aralığında yapılacak çok yıllık çalışmalar, bu parametrenin çevresel duyarlılığını daha net ortaya koyabilir.

4.5. Salkım Boyu

Yapılan araştırmada farklı ekim zamanlarına ve tohum miktarlarına göre ekilmiş olan Tef çeşitlerinden elde edilen salkım boyu ile ilgili verilerle yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Tef çeşitlerinin farklı ekim zamanı ve tohum miktarlarında salkım boyu değerlerine ait varyans analizi

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Bloklar	2	0.911	0.455	0.0227
Ekim Zamanı	2	437.410	218.705	10.8844**
Çeşit	1	0.300	0.300	0.0150
Ekim Zamanı x Çeşit	2	112.524	56.262	2.8000
Tohumluk Miktarı	4	59.315	14.829	0.7380
Ekim Zamanı x Tohum Miktarı	8	88.330	11.041	0.5495
Çeşit x Tohum Miktarı	4	32.130	8.032	0.6998
Ekim Zamanı x Çeşit x Tohum Miktarı	8	85.496	10.687	0.5319
Hata	58	1165.422	20.093	
VK (%)		11.92		

**p<0.01

Çizelge 4.8. incelendiğinde sap çapına sadece ekim zamanının etkisi istatistiki olarak p<0.01 seviyesinde önemli çıkmıştır. Çeşit, ekim zamanı x çeşit interaksyonu,

tohumluk miktarı, ekim zamanı x tohumluk miktarı interaksyonu, çeşit x tohum miktarı interaksyonu ve ekim zamanı x çeşit x tohumluk miktarı interaksyonunun etkisi ise istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. İstatistiki olarak önemli çıkan uygulamaların ortalamaları arasında görülen farkların önem düzeylerinin belirlenebilmesi için AÖF testi yapılmıştır. Ortalamalar arasında görülen farkların önem düzeylerinin belirlenebilmesi için alınan ortalama değerler Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Ekim zamanı ortalamalarına göre en yüksek salkım boyu 40.7 cm ile 1 Mayıs tarihinde yapılan ekimlerinden elde edilirken en düşük salkım boyu ise 35.6 cm ile 1 Mayıs ekiminden elde edilmiştir ve 1 Haziran ile aynı önemlilik grubunda yer almıştır (Çizelge 4.9). Çeşitlerin salkım boyu ortalamaları ise Ç1’de 37.7 cm ve Ç2’de 37.6 cm olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.9). Çeşit salkım uzunlukları birbirine oldukça yakın bulunmuştur. Tohum miktarlarına göre salkım uzunlukları en yüksek 38.5 cm ile dekara 1.5 kg tohum kullanılan parsellerde ölçülmüş bunu sırası ile 1.0 kg/da (38.3 cm), 0.5 kg/da (37.8 cm) ve 2.0 kg/da (37.2 cm) ve en düşük salkım boyu 36.3 cm ile 2.5 kg/da tohum ekilen parsellerden elde edilmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Tef çeşitlerinin farklı ekim zamanı ve tohum miktarlarında salkım boyuna ilişkin ortalama değerler (cm) ve AÖF grupları

Ekim Zamanları	Tohumluk Miktarları (kg/da)	Çeşitler		Ortalama
		Ç1	Ç2	
1 Mayıs	0.5	38.6	40.8	39.7
	1.0	36.7	43.2	40.0
	1.5	42.5	41.7	42.1
	2.0	39.2	43.5	41.4
	2.5	38.8	41.9	40.3
Ortalama		39.2	42.2	40.7A
1 Haziran	0.5	40.4	35.0	37.7
	1.0	35.8	36.7	36.3
	1.5	35.8	35.4	35.6
	2.0	36.3	34.1	35.2
	2.5	34.1	32.7	33.4
Ortalama		36.5	34.8	35.6B
1 Temmuz	0.5	36.8	35.5	36.2
	1.0	40.8	36.6	38.7
	1.5	38.8	36.6	37.7
	2.0	33.8	36.3	35.1
	2.5	36.6	33.5	35.0
Ortalama		37.4	35.7	36.5B
Çeşit x Tohum Mik. İnt.	0.5	38.6	37.1	37.8
	1.0	37.8	38.8	38.3
	1.5	39.1	37.9	38.5
	2.0	36.4	38.0	37.2
	2.5	36.5	36.0	36.3
Ortalama		37.7	37.6	38.0

Ekim zamanı x çeşit interaksionunda en yüksek salkım boyu 42.2 cm ile 1 Mayıs'ta ekilen Ç2 parsellerinden ölçülürken, en düşük salkım boyu ise 34.8 cm ile 1 Haziran'da ekilen Ç2 parsellerinden ölçülmüştür (Çizelge 4.9). Ekim zamanı x tohum miktarı interaksionunda en yüksek salkım boyu 42.1 cm ile 1 Mayıs'ta dekara 1.5 kg tohum ekilen parsellerde belirlenmişken, en düşük salkım boyu ise 33.4 cm ile 1 Haziran'da dekara 2.5 kg tohum ekilen parsellerde belirlenmiştir (Çizelge 4.9). Tohum miktarı x Çeşit interaksionunda en yüksek salkım boyu 39.1 cm ile dekara 1.5 kg ekilen Ç1'den elde edilirken en düşük salkım boyu 36.0 cm ile 2.5 kg/da ekilen Ç2'den elde edilmiştir (Çizelge 4.9). Ekim zamanı x tohum miktarı x çeşit interaksionunda en düşük salkım boyu 32.7 cm ile 1 Haziran'da dekara 2.5 kg ekilen Ç2'den elde edilirken en yüksek salkım boyu ise 43.5 cm ile 1 Mayıs'ta dekara 2.0 kg ekilen Ç2'den elde edilmiştir.

Literatürde, Geren ve ark. (2019) Ege Bölgesi'nde yürüttükleri bir çalışmada salkım boyunu 36.5–42.3 cm aralığında rapor etmiş, en uzun salkımların erken ekimlerde ve orta yoğunluklu tohumluk miktarlarında elde edildiğini belirtmiştir. Tanık ve Kökten (2021) ise Bingöl ekolojik koşullarında salkım boyunun 34–40 cm arasında değiştiğini ve bu özelliğin daha çok ekolojik koşullara bağlı olarak şekillendiğini vurgulamıştır. Bu bulgular, çalışmanızdan elde edilen sonuçlarla paralellik göstermekte ve erken ekimin salkım oluşumunu teşvik ettiğini desteklemektedir.

Sonuç olarak; salkım boyu tef bitkisinde önemli bir generatif özellik olup, özellikle ekim zamanına duyarlıdır. Erken ekimlerin (özellikle 1 Mayıs) salkım gelişimini olumlu yönde etkilediği, buna karşılık geç ekimlerin sınırlayıcı rol oynadığı gözlenmiştir. Çeşit farkının bu özellik üzerinde sınırlı etkisi olduğu, tohumluk miktarının ise yalnızca belirli düzeylerde (örneğin 1.5 kg/da) gelişimi desteklediği görülmektedir. Bu nedenle, yüksek salkım boyu hedeflenen üretimlerde erken ekim ve optimum tohumluk oranı tercih edilmelidir.

4.6. Biyolojik Verim

Yapılan araştırmada farklı ekim zamanlarına ve tohum miktarlarına göre ekilmiş olan Tef çeşitlerinden elde edilen biyolojik verimi ile ilgili verilerle yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10 incelendiğinde biyolojik verimde ekim zamanının, tohum miktarının, ekim zamanı x tohumluk miktarı interaksionun, tohum miktarı x çeşit

interaksiyonun ve ekim zamanı x çeşit x tohumluk miktarı interaksiyonun etkisi istatistiki olarak $p < 0.01$ seviyesinde önemli çıkmıştır. Buna karşın çeşit ve ekim zamanı x çeşit interaksiyonu etkisi ise istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. İstatistiki olarak önemli çıkan uygulamaların ortalamaları arasında görülen farkların önem düzeylerinin belirlenebilmesi için AÖF testi yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen biyolojik verime ilişkin ortalama değerler ve AÖF grupları Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Tef çeşitlerinin farklı ekim zamanı ve tohum miktarlarında biyolojik verim değerlerine ait varyans analizi

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Bloklar	2	46009.237	23004.618	1.2853
Ekim Zamanı	2	1279263.169	639631.585	35.7364**
Çeşit	1	10634.114	10634.114	0.5941
Ekim Zamanı x Çeşit	2	38572.935	19286.467	1.0775
Tohumluk Miktarı	4	770208.970	192552.242	10.7580**
Ekim Zamanı x Tohum Miktarı	8	755811.055	94476.382	5.2784**
Çeşit x Tohum Miktarı	4	287614.024	71903.506	4.0173**
Ekim Zamanı x Çeşit x Tohum Miktarı	8	578843.280	72355.410	4.0425**
Hata	58	1038118.377	17898.593	
VK (%)		11.49		

** : $p < 0.01$

Çalışmadan elde edilen ortalama biyolojik verim değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.11), ekim zamanı ortalamalarına göre en yüksek biyolojik verim 1 Haziran tarihinde yapılan ekimlerde 1326.1 kg/da olarak elde edilmiştir. En düşük biyolojik verim ise aynı önemlilik grubunda yer alan 1 Temmuz (1042.8 kg/da) ve 1 Mayıs (1123.2 kg/da) tarihli ekimlerden elde edilmiştir (Çizelge 4.11). Bu bulgular, tef bitkisinde tohum üretimi için optimum sıcaklık ve gün uzunluğunun 1 Haziran tarihli ekimlerde bitki gelişimi açısından daha elverişli olduğunu göstermektedir.

Çeşitlere göre ortalamalar değerlendirildiğinde, Ç2 çeşidi (1174.9 kg/da) Ç1 çeşidine (1153.2 kg/da) göre daha yüksek biyolojik verim vermiştir. Ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu durum, iki çeşit arasında verim potansiyeli bakımından büyük bir farklılık olmadığını ortaya koymaktadır.

Tohum miktarı ortalamalarına göre en yüksek biyolojik verim dekara 2.5 kg tohum kullanılan parsellerden elde edilmiştir (1266.9 kg/da), 1.5 kg/da (1226.9 kg/da) ve 2.0 kg/da (1195.4 kg/da) tohumluk seviyeleri takip etmiş ve aynı önemlilik grubunda yer almıştır. En düşük biyolojik verim ise 1042.8 kg/da ile 0.5 kg/da ekilen parsellerden elde edilmiştir (Çizelge 4.11). Bu durum, tohum miktarındaki artışın belli bir seviyeye

kadar biyolojik verimde artışına katkı sağladığını, ancak optimumun üzerinde bir tohum kullanımı ile rekabetin artması sonucu bu katkının sınırlanabileceğini düşündürmektedir.

Çizelge 4.11. Tef çeşitlerinin farklı ekim zamanı ve tohum miktarlarında biyolojik verime ilişkin ortalama değerler

Ekim Zamanları	Tohumluk Miktarları (kg/da)	Çeşitler		Ortalama
		Ç1	Ç2	
1 Mayıs	0.5	677.8 K	886.1 I - K	782.0 D
	1.0	973.4 HU	966.7 H - K	970.0 CD
	1.5	1347.2 ABCD	1144.5 C - I	1245.9 AB
	2.0	1102.8 D - I	1483.3 A	1293.0 AB
	2.5	1333.3 ABCD	1316.7 A - E	1325.0 A
Ortalama		1086.9	1159.4	1123.2 B
1 Haziran	0.5	1294.4 A - F	1316.7 A - E	1305.6 A
	1.0	1212.8 A - H	1427.8 A - C	1320.3 A
	1.5	1350.0 A - D	1322.2 A - E	1336.1 A
	2.0	1275.0 A - G	1297.2 A - F	1286.1 AB
	2.5	1444.5 AB	1320.6 A - E	1382.5 A
Ortalama		1315.3	1336.9	1326.1 A
1 Temmuz	0.5	1133.3 D - I	708.3 JK	920.8 CD
	1.0	1011.1 F - I	1177.8 B - H	1094.4 BC
	1.5	1200.0 A - H	997.2 G - J	1098.6 BC
	2.0	975.0 H - J	1038.9 E - I	1007.0 C
	2.5	966.7 H - K	1219.5 A - H	1093.1 BC
Ortalama		1057.2	1028.3	1042.8 B
Çeşit x Tohum Mik. İnt.	0.5	1035.2 CD	970.4 D	1002.8 C
	1.0	1065.7 CD	1190.7 ABC	1128.2 B
	1.5	1299.1 A	1154.6 ABC	1226.9 AB
	2.0	1117.6 BCD	1273.1 AB	1195.4 AB
	2.5	1248.2 AB	1285.6 A	1266.9 A
Ortalama		1153.2	1174.9	1164.0

Ekim zamanı x çeşit etkileşimi ortalamaları arasında en yüksek biyolojik verim 1336.9 kg/da ile 1 Haziran x Ç2 etkileşiminde ölçülürken, en düşük 1028.3 kg/da ile 1 Temmuz x Ç2 etkileşiminde ölçülmüş, diğer ortalamalar bu iki değer arasında yer almış ve ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.11).

Ekim zamanı x tohum miktarı etkileşiminde en yüksek biyolojik verim değeri, 1 Haziran x 2.5 kg/da (1382.5 kg/da) etkileşiminden, en düşük 1 Mayıs x 0.5 kg/da etkileşiminden elde edilmiştir. Yapılan AÖF testi sonuçlarına göre en yüksek biyolojik verim grubunda (a) 8 ortalama ve en düşük biyolojik verim grubunda (d) ise 3 ortalama yer almıştır. Bu etkileşim, uygun tohum miktarının doğru ekim zamanı ile

birlikte kullanıldığında biyolojik verim üzerinde olumlu bir etki oluşturabileceğini göstermektedir.

Çeşit x tohum miktarı interaksyonunda en yüksek biyolojik verim dekara 1.5 tohum ekilen Ç1'den (1299.1 kg/da) elde edilirken en düşük biyolojik verim dekara 0.5 kg ekilen Ç2'den (970.4) elde edilmiştir (Çizelge 4.11). Yapılan AÖF testi sonuçlarına göre en yüksek biyolojik verim grubunda (A) 5 ortalama ve en düşük biyolojik verim grubunda (D) ise 4 ortalama yer almıştır. Bu etkileşim, kullanılan çeşitler için uygun tohumluk miktarının biyolojik verim açısından değiştiğini göstermektedir.

Ekim zamanı x tohum miktarı x çeşit üçlü interaksyonunda en yüksek biyolojik verim 1483 kg/da ile 1 Mayıs'ta dekara 2.0 kg ekilen Ç2'den elde edilirken en düşük biyolojik verim 677.8 kg/da ile 1 Mayıs'ta dekara 0.5 kg ekilen Ç1'den elde edilmiştir. Yapılan AÖF testi sonuçlarına göre en yüksek biyolojik verim grubunda (A) 16 ortalama ve en düşük biyolojik verim grubunda (K) ise 5 ortalama yer almıştır. Bu etkileşim, tef bitkisinde biyolojik verim için çeşitlerin ekim zamanlarına göre dekara atılacak tohum miktarlarının değiştiğini göstermektedir.

Çalışmada elde edilen veriler, biyolojik verim üzerinde en etkili faktörün ekim zamanı ve tohumluk miktarı olduğunu, ekim zamanı x tohumluk miktarı x çeşit etkileşimlerinin de dikkate değer düzeyde olduğunu göstermektedir. Temin edilecek çeşide göre uygun ekim zamanının ve tohumluk miktarının belirlenmesi gerektiğini söyleyebiliriz.

Literatürle kıyaslandığında, Geren ve ark. (2019) tarafından Ege Bölgesi koşullarında yürütülen çalışmada tef bitkisi biyolojik veriminin 950–1420 kg/da arasında değiştiği bildirilmiş ve optimum verimin orta düzey tohumluk oranı ile erken dönem ekimlerde elde edildiği ifade edilmiştir. Benzer şekilde, Yıldız (2024) da yem bitkisi amaçlı yapılan bir çalışmada biyolojik verimin yüksekliğini genotip, toprak ve iklim etkileşimlerinin belirlediğini belirtmiştir. Bu veriler, mevcut çalışmanın sonuçları ile uyum göstermektedir.

Sonuç olarak; tef bitkisinde biyolojik verimi artırmak için en uygun ekim zamanının 1 Haziran, optimum tohumluk miktarının ise 2.0–2.5 kg/da olduğu, ayrıca çeşit-tabanlı tohumluk ayarlamalarının üçlü etkileşimler bağlamında dikkate alınması gerektiği söylenebilir. Bu bağlamda, üretim hedeflerine göre çeşit, ekim zamanı ve tohumluk miktarının birlikte planlanması, biyokütle verimini maksimize etmek açısından önem arz etmektedir.

4.7. Tohum Verimi

Yapılan araştırmada farklı ekim zamanlarına ve tohum miktarlarına göre ekilmiş olan Tef çeşitlerinden elde edilen tohum verimi ile ilgili verilerle yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Tef çeşitlerinin farklı ekim zamanı ve tohum miktarlarında tohum verimi değerlerine ait varyans analizi

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Bloklar	2	1176.505	588.252	0.5375
Ekim Zamanı	2	29912.890	14956.445	13.6651**
Çeşit	1	3781.728	3781.728	3.4552
Ekim Zamanı x Çeşit	2	11781.733	5890.866	5.3822**
Tohumluk Miktarı	4	55670.181	13917.545	12.7159**
Ekim Zamanı x Tohum Miktarı	8	59198.168	7399.771	6.7609**
Çeşit x Tohum Miktarı	4	5612.540	1403.135	1.2820
Ekim Zamanı x Çeşit x Tohum Miktarı	8	15801.907	1975.238	1.8047
Hata	58	63481.047	1094.501	
VK (%)		29.78		

**:p<0.01

Çizelge 4.12 incelendiğinde tohum verimine ekim zamanının, ekim zamanı x çeşit interaksyonun, tohumluk miktarının ve ekim zamanı x tohumluk miktarı interaksyonun, etkisi istatistiki olarak $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Çeşit, çeşit x tohum miktarı interaksyonun ve ekim zamanı x çeşit x tohum miktarı interaksyonun etkisi ise istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. İstatistiki olarak önemli çıkan uygulamaların ortalamaları arasında görülen farkların önem düzeylerinin belirlenebilmesi için AÖF testi yapılmıştır. Tohum verimi ortalamaları ve AÖF önem grupları ise Çizelge 4.13’te sunulmuştur.

Çalışmada elde edilen ortalama biyolojik verim değerleri incelendiğinde, ekim zamanı ortalamalarına göre en yüksek tohum verimi 185.9 kg/da ile 1 Mayıs tarihinde yapılan ekimden elde edilmiştir (Çizelge 4.13). En düşük tohum verimi ise aynı önemlilik grubunda yer alan 1 Haziran (152.6 kg/da) ve 1 Temmuz Mayıs (143.6 kg/da) tarihli ekimlerden elde edilmiştir. Bu bulgular, erken ekimin tohum verimini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Ayrıca, 1 Haziran ile 1 Temmuz tarihleri arasında farkın önemli çıkmaması nedeniyle, eğer ön bitki, tarla hazırlığı vb. koşullar uygun değilse ekim zamanının 1 Haziran’dan Temmuz’a kadar geciktirilmesi tohum veriminde önemli bir kayba neden olmamaktadır.

Çeşit ortalamalarına göre ise Ç2 (167.2 kg/da), Ç1'e (154.2 kg/da) kıyasla daha yüksek verim vermesine rağmen bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Yani her iki çeşidin de genel olarak benzer verim potansiyeline sahip olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Tef çeşitlerinin farklı ekim zamanı ve tohum miktarlarında tohum verimine ilişkin ortalama değerler (kg/da) ve AÖF grupları

Ekim Zamanları	Tohumluk Miktarları (kg/da)	Çeşitler		Ortalama
		Ç1	Ç2	
1 Mayıs	0.5	88.8	127.7	108.3 E
	1.0	136.3	156.1	146.2 C – E
	1.5	160.9	196.6	178.8 BC
	2.0	183.9	247.9	215.9 B
	2.5	246.6	314.7	280.6 A
Ortalama		163.3 B	208.6 A	185.9 A
1 Haziran	0.5	129.9	142.1	136.0 C – E
	1.0	143.9	166.7	155.3 C – E
	1.5	157.1	147.8	152.5 C – E
	2.0	148.6	150.4	149.5 C – E
	2.5	189.0	150.2	169.6 B – D
Ortalama		153.7 B	151.4 B	152.6 B
1 Temmuz	0.5	166.4	99.7	133.1 C – E
	1.0	147.7	160.4	154.1 C – E
	1.5	173.9	128.3	151.1 C – E
	2.0	110.4	131.2	120.8 DE
	2.5	129.9	187.8	158.8 C - E
Ortalama		145.7 B	141.5 B	143.6 B
Çeşit x Tohum Mik. İnt.	0.5	128.4	123.2	125.8 C
	1.0	142.6	161.1	151.8 BC
	1.5	164.0	157.6	160.8 B
	2.0	147.6	176.5	162.1 B
	2.5	188.5	217.6	203.0 A
Ortalama		154.2	167.2	161.0

Tohumluk miktarı ortalamaları incelendiğinde, en yüksek tohum verimi dekara 2.5 kg tohum ekilen parsellerden (203.0 kg/da) elde edilmiştir (Çizelge 4.13). En düşük verim 125.8 kg/da ile 0.5 kg/da tohum ekilen parsellerden elde edilmiş ve 1.0 kg/da tohum ekilen parsellerin verimi (151.8 kg/da) ile arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Bu durum, artan tohumluk miktarının belirli bir seviyeye kadar tohum verimi artırdığını göstermektedir.

Ekim zamanı x çeşit interaksyonları incelendiğinde en yüksek tohum verimi 208.6 kg/da ile 1 Mayıs x Ç2 interaksyonunda alınmıştır. En düşük 141.5 kg/da ile 1 Temmuz x Ç2 interaksyonunda ölçülmüş, diğer ortalamalar ile arasındaki farklar istatistiki olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.13).

Ekim zamanı $\times$ tohumluk miktarı interaksionları incelendiğinde; en yüksek tohum verimi 1 Mayıs'ta dekara 2.5 kg tohum ekimiyle 280.6 kg/da olarak belirlenmiştir. Buna karşılık en düşük verim ise 1 Mayıs'ta 0.5 kg/da ekim yapılan parsellerde 108.3 kg/da olarak tespit edilmiştir.

Çeşit $\times$ tohumluk miktarı interaksionunda en yüksek tohum verimi dekara 2.5 tohum ekilen Ç2'den (217.6 kg/da) elde edilirken en düşük tohum verimi dekara 0.5 kg ekilen Ç2'den (123.2) elde edilmiştir (Çizelge 4.13). Ancak ortalamalar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur.

Ekim zamanı $\times$ tohum miktarı $\times$ çeşit üçlü interaksionunda en yüksek tohum verimi 314.7 kg/da ile 1 Mayıs'ta dekara 2.5 kg ekilen Ç2'den elde edilirken en düşük tohum verimi 88 kg/da ile 1 Mayıs'ta dekara 0.5 kg ekilen Ç1'den elde edilmiştir (Çizelge 4.13).

Çalışmada elde edilen veriler, biyolojik verim üzerinde en etkili faktörün ekim zamanı ve tohumluk miktarı olduğunu, ekim zamanı $\times$ tohumluk miktarı $\times$ çeşit etkileşimlerinin de dikkate değer düzeyde olduğunu göstermektedir. Temin edilecek çeşide göre uygun ekim zamanının ve tohumluk miktarının belirlenmesi gerektiğini söyleyebiliriz.

Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, erken ekim ve yüksek tohum miktarının birlikte uygulandığında tohum verimini olumlu etkilediğini göstermektedir.

Bu bulgular literatürdeki çalışmalarla da paralellik göstermektedir. Geren ve ark. (2019), Ege Bölgesi koşullarında yürüttükleri çalışmada tef bitkisinde erken ekim ve orta düzey tohumluk miktarlarının tane verimini önemli ölçüde artırdığını bildirmiştir. Tanık ve Kökten (2021) ise, sıra arası mesafenin ve tohum yoğunluğunun tane verimi üzerinde belirgin etkiler oluşturduğunu, optimum verimin çevresel koşullara göre değişebileceğini vurgulamıştır. Ayrıca Karaçoban (2022), tef ununun endüstriyel kullanımıyla ilgili yaptığı çalışmada, yüksek tohum veriminin ürün kalitesi ve ekonomik getiriyi doğrudan etkilediğini belirtmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen veriler tohum verimi üzerinde en etkili faktörlerin ekim zamanı ve tohumluk miktarı olduğunu göstermektedir. Özellikle erken ekimle birlikte kullanılan yüksek tohumluk miktarları, tef bitkisinde tane veriminin artırılmasında önemli rol oynamaktadır. Ancak çeşitlerin bu etkiye tepkisi birbirine yakın olup, optimum üretim için ekim zamanı ve tohumluk miktarı kombinasyonlarının dikkatle seçilmesi gerekmektedir.

4.8. Hasat İndeksi (%)

Yapılan araştırmada farklı ekim zamanlarına ve tohum miktarlarına göre ekilmiş olan Tef çeşitlerinden elde edilen hasat indeksi ile ilgili verilerle yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Çizelge 4.14. Tef çeşitlerinin farklı ekim zamanı ve tohum miktarlarında hasat indeksi değerlerine ait varyans analizi

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Bloklar	2	0.218	0.109	0.0309
Ekim Zamanı	2	341.059	170.529	48.3774**
Çeşit	1	14.400	14.400	4.0851*
Ekim Zamanı x Çeşit	2	41.192	20.596	5.8429**
Tohum Miktarı	4	108.055	27.014	7.6635**
Ekim Zamanı x Tohum Miktarı	8	132.410	16.551	4.6954**
Çeşit x Tohum Miktarı	4	7.291	1.823	0.5171
Ekim Zamanı x Çeşit x Tohum Miktarı	8	45.190	5.649	1.6025
Hata	58	204.449	3.525	
VK (%)		13.62		

**: $p < 0.01$; *: $p < 0.05$

Çizelge 4.14 incelendiğinde tohum verimine ekim zamanı, ekim zamanı x çeşit interaksyonu, tohum miktarı ve ekim zamanı x tohum miktarı interaksyonuna etkisi istatistiki olarak $p < 0.01$ seviyesinde önemli iken çeşidin etkisi $p < 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Ancak çeşit × tohum miktarı ile üçlü interaksiyon (ekim zamanı × çeşit × tohum miktarı) etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bu sonuçlar, hasat indeksinin bazı tarımsal uygulamalara duyarlı bir özellik olduğunu ortaya koymaktadır. İstatistiki olarak önemli çıkan uygulamaların ortalamaları arasında görülen farkların önem düzeylerinin belirlenmesi için AÖF testi yapılmıştır. Ortalama değerler ve AÖF grupları Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çalışmada elde edilen ortalama hasat indeksi değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.15), ekim zamanı ortalamalarına göre en yüksek hasat indeksi 1 Mayıs tarihinde yapılan ekimlerde %16.2 olarak elde edilmiş, bunu 1 Temmuz (%13.7) takip etmiştir. En düşük biyolojik verim ise 1 Haziran (%11.4) tarihli ekimlerden elde edilmiştir (Çizelge 4.15). Bu bulgular, tef bitkisinde tohum üretimi için optimum sıcaklık ve gün uzunluğunun 1 Haziran tarihli ekimlerde bitki gelişimi açısından daha elverişli olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, erken ekimin, tohum verimi ile biyolojik verim arasındaki oranı olumlu yönde etkilediğini göstermektedir.

Tohum miktarları incelendiğinde ise en yüksek hasat indeksi ortalaması 2.5 kg/da'da (%15.9) elde edilmiştir. Diğer tohum miktarlarında ise %12.9–13.6 arasında değişmiş ve aynı önem grubunda (B) yer alan değerler gözlenmiştir. Bu bulgu, belirli bir seviyeye kadar dekara atılan tohum miktarının hasat indeksini etkilemediğini göstermektedir.

Çizelge 4.15. Tef çeşitlerinin farklı ekim zamanı ve tohum miktarlarında hasat indeksine ilişkin ortalama değerler (%) ve AÖF grupları

Ekim Zamanları	Tohumluk Miktarları (kg/da)	Çeşitler		Ortalama
		Ç1	Ç2	
1 Mayıs	0.5	13.1	14.4	13.8 B – F
	1.0	14.1	16.0	15.0 BC
	1.5	11.9	17.1	14.5 B – D
	2.0	16.6	16.6	16.6 B
	2.5	18.5	23.7	21.1 A
Ortalama		14.8 B	17.6 A	16.2 A
1 Haziran	0.5	10.0	10.7	10.4 G
	1.0	11.7	11.6	11.7 D – G
	1.5	11.5	11.1	11.3 F – C
	2.0	11.6	11.6	11.6 E – G
	2.5	13.0	11.4	12.2 C – G
Ortalama		11.6 C	11.3 C	11.4 C
1 Temmuz	0.5	14.7	14.2	14.4 B – E
	1.0	14.6	13.5	14.0 B – F
	1.5	14.5	12.7	13.6 C – F
	2.0	11.4	12.7	12.0 D – G
	2.5	13.4	15.5	14.5 B – D
Ortalama		13.7 B	13.7 B	13.7 B
Çeşit x Tohum Mik. İnt.	0.5	12.6	13.1	12.9 B
	1.0	13.4	13.7	13.6 B
	1.5	12.6	13.6	13.1 B
	2.0	13.2	13.6	13.4 B
	2.5	15.0	16.8	15.9 A
Ortalama		13.4 B	14.2 A	14.0

Çeşitlere göre ortalamalar değerlendirildiğinde, Ç2 çeşidi (%14.2) Ç1 çeşidine (%13.4) göre daha yüksek hasat indeksine sahip olmuştur. Bu fark istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur.

Ekim zamanı x Çeşit interaksyonunda ortalama değerlere göre en yüksek hasat indeksi değeri 1 Mayıs ekim tarihinde ekilen Ç2'de hesaplanmıştır. En düşük hasat indeksi ise 1 Haziran'da ekilen Ç2'de hesap edilmiş ve aynı tarihte ekilen Ç1 ile aynı önemlilik grubunda (C) yer almıştır.

Ekim zamanı x Tohum miktarı interaksyonu ortalama değerlerine göre en yüksek hasat indeksi değeri %21.1 ile 1 Mayıs ekim tarihinde, 2.5 kg/da tohumluk

miktarında hesap edilmişken en düşük %10.4 ile 1 Haziran ekim tarihinde 0.5 kg tohumluk miktarında hesap edilmiştir.

Üçlü interaksyonda ortalama değerlere göre en yüksek hasat indeksi değeri 1 Mayıs ekim tarihinde, 2.5 kg/da tohumluk miktarında, Ç2 çeşidinde (2%/3.7) elde edilmiştir. En düşük hasat indeksi ise 1 Haziran'da 0.5 kg/da ile ekilen Ç1 çeşidinden (10.0) elde edilmiştir.

Benzer şekilde, Tanık ve Kökten (2021) tef bitkisinde farklı sıra aralıklarının verim bileşenleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, hasat indeksinin çevresel faktörlere ve uygulama kombinasyonlarına duyarlı olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, Yıldız (2024) çalışmasında, yem amaçlı kullanılan tef çeşitlerinde hasat indeksinin, ekim yoğunluğu ve su yönetimi gibi tarımsal girdilerle değişkenlik gösterdiğini ifade etmiştir.

Sonuç olarak, çalışmada elde edilen veriler, hasat indeksinin artırılmasında en etkili faktörlerin ekim zamanı ve tohumluk miktarı olduğunu, özellikle erken ekimle birlikte yüksek tohumluk oranlarının bu parametre üzerinde pozitif etki yarattığını ortaya koymaktadır. Uygun çeşit, ekim zamanı ve tohum miktarının bir araya gelmesiyle tef bitkisinden maksimum verim ve verim etkinliği sağlanabileceği sonucuna varılmıştır.

4.9. Bin Dane Ağırlığı

Yapılan araştırmada farklı ekim zamanlarına ve tohum miktarlarına göre ekilmiş olan Tef çeşitlerinden elde edilen bin dane ağırlığı ile ilgili verilerle yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Tef çeşitlerinin farklı ekim zamanı ve tohum miktarlarında bin dane ağırlığı değerlerine ait varyans analizi

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Bloklar	2	0.000	0.000	0.0937
Ekim Zamanı	2	0.002	0.001	4.0247*
Çeşit	1	0.000	0.000	0.0018
Ekim Zamanı x Çeşit	2	0.000	0.00	0.1316
Tohumluk Miktarı	4	0.001	0.000	1.0100
Ekim Zamanı x Tohum Miktarı	8	0.002	0.000	0.8870
Çeşit x Tohum Miktarı	4	0.001	0.000	1.1186
Ekim Zamanı x Çeşit x Tohum Miktarı	8	0.001	0.000	0.3076
Hata	58	0.015	0.000	
VK (%)		6.83		

*:p<0.05

Çizelge 4.16 incelendiğinde, bin tane ağırlığına yalnızca ekim zamanı etkisi $p<0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Diğer tüm faktörlerin — çeşit, ekim zamanı x çeşit interaksyonu, tohum miktarı, ekim zamanı x tohum miktarı interaksyonu, çeşit x tohum miktarı interaksyonu ve ekim zamanı x çeşit x tohum miktarı interaksyon — etkisi ise istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. İstatistiki olarak önemli çıkan faktörün ortalamaları arasında görülen farkların önem düzeylerinin belirlenebilmesi için AÖF testi yapılmıştır. Ortalama değerler ve AÖF grupları Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Tef çeşitlerinin farklı ekim zamanı ve tohum miktarlarında bin dane ağırlığı ilişkin ortalama değerler (g) ve AÖF grupları

Ekim Zamanları	Tohumluk Miktarları (kg/da)	Çeşitler		Ortalama
		Ç1	Ç2	
1 Mayıs	0.5	0.249	0.259	0.254
	1.0	0.236	0.239	0.237
	1.5	0.242	0.253	0.247
	2.0	0.240	0.223	0.231
	2.5	0.245	0.249	0.247
Ortalama		0.242	0.244	0.243 A
1 Haziran	0.5	0.242	0.247	0.245
	1.0	0.238	0.243	0.240
	1.5	0.237	0.230	0.233
	2.0	0.252	0.242	0.247
	2.5	0.243	0.240	0.242
Ortalama		0.243	0.240	0.242 B
1 Temmuz	0.5	0.232	0.241	0.237
	1.0	0.224	0.233	0.228
	1.5	0.230	0.240	0.235
	2.0	0.234	0.227	0.231
	2.5	0.238	0.222	0.230
Ortalama		0.232	0.233	0.232 C
Tohum Mik. x Çeşit İnt.	0.5	0.241	0.249	0.245
	1.0	0.233	0.238	0.235
	1.5	0.237	0.241	0.239
	2.0	0.242	0.231	0.236
	2.5	0.242	0.237	0.240
Ortalama		0.239	0.239	0.239

Ekim zamanı x çeşit interaksyonunda bin tane ağırlığı 0.232 – 0.244 g (1 Temmuz x Ç1 – 1 Mayıs x Ç2), ekim zamanı x tohum miktarı interaksyonunda 0.228 – 0.254 g (1 Temmuz x 1.0 kg/da – 1 Mayıs x 0.5 kg/da), çeşit x tohum miktarı interaksyonunda 0.231 – 0.249 g (2 kg/da x Ç2 – 0.5 kg/da x Ç2) ve ekim zamanı x tohum miktarı x çeşit interaksyonunda 0.222 – 0.259 g (1 Temmuz x 2.5 kg/da x Ç2 – 1 Mayıs x 0.5 kg/da x Ç2) arasında değişmiştir (Çizelge 4.17). Bu sonuçlar bin tane

ağırlığının çalışma kapsamında araştırılan faktörlerden çok fazla etkilenmediğini göstermektedir.

Yapılan benzer çalışmalarda da bu bulgular desteklenmektedir. Örneğin, Geren ve ark. (2019), İzmir koşullarında yürütülen bir tef çalışmasında bin dane ağırlığının çevresel koşullardan sınırlı düzeyde etkilendiğini ve erken ekimlerde daha yüksek değerlere ulaşıldığını bildirmiştir. Aynı şekilde, Seyhan (2020) Türkiye koşullarında yetiştirilen tef çeşitlerinde bin dane ağırlığının genotipler arasında belirgin fark göstermediğini, ancak çevresel stres koşullarının dane dolgunluğunu olumsuz etkileyebileceğini belirtmiştir.

Sonuç olarak, bin dane ağırlığı üzerinde yalnızca ekim zamanı faktörü istatistiksel olarak anlamlı bir etki göstermiştir. Özellikle erken ekim zamanlarında daha yüksek değerler elde edilmesi, dane gelişimi için daha uzun ve elverişli bir dönem sağlanmasının bu parametreyi olumlu yönde etkilediğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, bu parametredeki mutlak farkların oldukça düşük olması nedeniyle, verim artışı açısından bin dane ağırlığının tek başına belirleyici bir kriter olmadığı dikkate alınmalıdır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu araştırma, 2024 yılında iki farklı tef (*Eragrostis tef*) genotipi ile farklı ekim zamanları (1 Mayıs, 1 Haziran, 1 Temmuz) ve farklı tohum miktarları (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 kg/da) kullanılarak yürütülmüştür. Araştırma, Konya ili ekolojik koşullarında yürütülmüş olup, bitki boyu, sap çapı, boğum sayısı, salkım boyu, biyolojik verim, tohum verimi, hasat indeksi ve bin dane ağırlığı gibi morfolojik ve verimle ilgili özellikler değerlendirilmiştir.

5.1 Sonuçlar

Hasada kadar geçen gün sayısı (gün): araştırmada hasada kadar geçen gün sayısı 1 Mayıs ekiminde 122 gün, 1 Haziran ekiminde 97 gün ve 1 Temmuz ekiminde 92 olmuştur. Sıcak iklim bitkisi olan tef gelişimi sıcak koşullarda hızlı olmaktadır. Dolayısıyla tef bitkisi Konya koşullarında geç ekim veya ikinci ürün olarak tane üretimi için uygun bir türdür.

Bitki boyu (cm): Araştırmada bitki boyu üzerinde uygulanan faktörlerin hiçbirisi istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmamıştır. Genel bitki boyu ortalaması 106 cm olmuştur. Yani makineli tarım için oldukça uygun bir bitkidir. Kullanılan çeşitler bitki boyları yönünden birbirine oldukça yakındır. Tef bitkileri sıcak iklim koşullarında hızlı gelişmeleri nedeniyle Temmuz ayında ekilse bile normal bitki boyuna erişecek ekolojik koşulları bulmuştur. Ekim sıklıklarının bitki boyunu etkileyecek kadar çevre koşullarını (bitki başına düşen ışık, besin maddesi vb.) değiştirmedeği düşünülmektedir. Bitki boyunun en azından denemenin yürütüldüğü yer ve yılda oluşan çevresel koşullardan büyük ölçüde etkilenmediği ve kullanılan çeşitlerin birbirine yakın olduğu söylenebilir.

Sap çapı (mm): Sap çapı yönünden sadece ekim zamanı faktörü istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Genel sap çapı ortalaması 1.70 mm olmuştur. Sap çapının kalın olması otunun hayvanlar tarafından daha az tercih edilmesine neden olabilir. Ancak özellikle tane üretiminde sapın zayıf olması ve yatması ise istenmeyen bir durumdur. Çalışma kapsamında tüm parsellerde yatma görülmüştür.

Boğum sayısı (adet): Boğum sayısı bakımından tüm faktörler ve interaksyonlar istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır. Ortalama boğum sayısı 4.0 adet/sap olarak belirlenmiştir. Bu bulgu, boğum sayısının çevre koşullarından çok etkilenmeyen genetik olarak sabit bir özellik olabileceğini düşündürmektedir.

Salkım boyu (cm): Salkım boyu bakımından sadece ekim zamanı faktörü istatistiksel olarak önemli çıkmıştır. Salkım uzunlu genel ortalamalı 38.0 cm olmuştur

Biyolojik verim (kg/da): Ekim zamanı, tohumluk miktarı ve ekim zamanı x tohumluk miktarı, tohum miktarı x çeşit, ekim zamanı x çeşit x tohumluk miktarı interaksiyonlarının biyolojik verim üzerinde istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Biyolojik verim açısından, temin edilecek çeşide göre uygun ekim zamanının ve tohumluk miktarının belirlenmesi gerektiğini söyleyebiliriz.

Tohum verimi (kg/da): Tohum verimi, ekim zamanı, ekim zamanı x çeşit, tohumluk miktarı ve ekim zamanı x tohumluk miktarı interaksiyonlarından istatistiksel olarak etkilenmiştir. Tohum verimi genel ortalaması 161 kg/da olmuştur. Erken ekim tohum veriminde önemli artışa neden olmuştur. Benzer şekilde tohumluk miktarındaki artışlarda tohum veriminde artırıcı etkiye sahip olmuştur.

Hasat İndeksi (%): Hasat indeksi yönünden ekim zamanı, tohum miktarı, ekim zamanı x çeşit ve ekim zamanı x tohumluk miktarı interaksiyonları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Hasat indeksi genel ortalaması Hasat indeksinin yüksek olması tohum verimi açısından istenilen bir durumdur. Erken ekimlerde ve yüksek tohum kullanımında hasat indeksi yüksek olmuştur.

Bin dane ağırlığı (g): Yalnızca ekim zamanı faktörü bu özelliği önemli ölçüde etkilemiştir. Küçük taneli bir bitki olan tef bitkisinde bin tane ağırlığı genel ortalaması 0.239 gram olmuştur.

5.2 Öneriler

Çalışma kapsamında elde edilen veriler ışığında, tef tarımında tohum verimini maksimize etmek amacıyla erken ekim (1 Mayıs) ve yüksek tohumluk miktarı (2.0–2.5 kg/da) tercih edilmelidir. Çeşitler arasında tohum verimi açısından önemli bir fark görülmediği için bu iki çeşitten hangisi temin edilebiliyorsa o kullanılabilir.

Hasat indeksi ve bin dane ağırlığı gibi bazı özelliklerin sınırlı varyasyon göstermesi, bu karakterlerin genetik olarak daha az çevresel etkiye maruz kaldığını düşündürmekte olup, bu veriler ıslah programlarında kullanılabilecek sabit özellikler olarak değerlendirilebilir.

Yapılan bu çalışma tek yıllık olup incelenen bitki boyu, sap çapı ve boğum sayısı gibi morfolojik karakterler, verim ve verim ile ilgili özellikler çevresel koşullardan yoğun şekilde etkilenebileceğinden, bu özelliklerin değerlendirilmesinde çok yıl ve farklı lokasyonlarda denemeler yapılmalı ve sonuçlar karşılaştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- ABEBE, B. ve WORKAYEHU, T., 2015. Effect of method of sowing on yield and yield components of tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) at Shebedino, Southern Ethiopia. *Global Journal of Chemistry*, 2(1): 37–44.
- Abebe, B. ve Abebe, A., 2016, Effect of seed rate on yield and yield components of tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) at Shebedino, Southern Ethiopia, *Journal of Natural Sciences Research*, 6 (21), 6–11.
- Abebe, B. ve Abebe, A., 2016. Effect of seed rates on yield and yield components of tef (*Eragrostis tef*) in Shebedino, Southern Ethiopia. *International Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 3(1), s. 68–74.
- Acar, B., Özköse, A., 2023. Farklı zamanlarda ekilen İtalyan çimi (*Lolium multiflorum* Lam.) ve tef (*Eragrostis tef* (Zucc) Trotter) bitkilerinin ot verimi ve kalitesinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(3): 698–711.
- Anonim, 2024, Konya Havalimanı 2020 Yılı İklim Verileri, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji 8. Bölge Müdürlüğü, Konya.
- Anonim. 2019. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, Buğdaygil Yem Bitkileri Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatı. Ankara.
- Asargew F, Bitew Y, Asfaw M, Liben M, Getahun W. 2014. Row spacing and fertilizer rate on yield and yield components of tef (*Eragrostis teff* (Zucc.) Trotter) under transplanting planting method, *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 4(15):133-137.
- Assefa, K., Chanyalew, S. ve Tadele, Z., 2017, Tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter): Biology and genetic improvement, In: J.V. Patil (Ed.), *Millet and Sorghum: Biology and Genetic Improvement*, John Wiley & Sons Ltd., Chichester, UK, 226–266
- Assefa, K., Yu, J.-K., Zeid, M., Belay, G., Tefera, H. ve Sorrells, M.E., 2011, Breeding tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter]: conventional and molecular approaches, *Plant Breeding*, 130 (1), 1-9.
- Barretto, R., Buenavista, R.M., Rivera, J.L., Wang, S., Prasad, P.V.V. ve Siliveru, K., 2020, Teff (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) processing, utilization and future opportunities: a review, *International Journal of Food Science and Technology*, 56, 3125–3137. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14872>
- Buxton DR. 1996. Quality related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Anim. Feed Sci Technol.*, 59(1-3):37–49.
- Cheng, A., Mayes, S., Dalle, G., Demissew, S. ve Massawe, F., 2017. Diversifying crops for food and nutrition security – a case of teff. *Biological Reviews*, 92(1), s. 188–198.

- Cholakova, A., Zhelyazkova, Ts. ve Gerdzhikova, M., 2023, Significance of teff (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) as a new fodder crop for Bulgaria, *Agricultural Science and Technology*, 15(4): 3–11. <https://doi.org/10.15547/ast.2023.04.032>
- D'Andrea, A. C., 2008, T'ef (*Eragrostis tef*) in Ancient Agricultural Systems of Highland Ethiopia, *Economic Botany*, 62(4): 547–566. <https://doi.org/10.1007/s12231-008-9037-4>
- Davidson, J.M., Min, D., Aiken, R.M. ve Kluitenberg, G.J., 2018, Evaluating teff grass as a summer forage, *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*, 4 (7), Article 18. <https://doi.org/10.4148/2378-5977.7619>
- Davison, J., Laca, M. ve Creech, E., 2011, The potential for teff as an alternative forage crop for irrigated regions, *Proceedings of the Western Alfalfa & Forage Conference*, 11-13 December 2011, Las Vegas, NV, University of California Cooperative Extension, Plant Sciences Department, 1-10.
- Eckhoff JLA, Wichman DM, Scheetz J, Majerus M, Welty LE, Stallknecht GF, Ditterline RL, Dunn RL, Sands DC. 1993. Teff: a potential forage and grain crop for Montana. *Montana AgResearch* 10:38–41.
- Eripek, S., 1995, Tarla Bitkileri, Anadolu Üniversitesi, Açık Öğretim Fakültesi, Ön lisans Programı. 107-120.
- Gebremariam MM, Zarnkow M, Becker T. 2014. Teff (*Eragrostis tef*) as a raw material for malting, brewing and manufacturing of gluten-free foods and beverages: a review, *Journal of Food Sci. Technol.*, 51(11):2881–2895.
- Gebbru, Y.A., Sbhatu, D.B. ve Kim, K.P., 2020. Nutritional composition and health benefits of teff (*Eragrostis tef*). *Journal of Food Quality*, 2020: Article ID 9595086, 6 s.
- Geren, H., Kavut, Y.T. ve Kır, B., 2019, Söke ekolojik koşullarında yetiştirilen tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisinde farklı sıra arası uzaklıklarının verim ve bazı verim özellikleri üzerine etkisi, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56 (2), 231–239. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.451362>
- Geren, H., Kavut, Y.T. ve Kır, B., 2019. The effect of different row spacings on teff (*Eragrostis tef*) under Mediterranean conditions. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(3), s. 352–359.
- Geren, H., Özdoğan Çavdar, T., Simic, A. ve Dzeletovic, Z.S., 2020. The effect of sowing dates on grain yield and yield components of teff (*Eragrostis tef*) under Mediterranean climate conditions. *Southwest Journal of Horticulture, Biology and Environment*, 11(1), s. 1–11.
- Geren, H., Özdoğan Çavdar, T., Simic, A. ve Dzeletovic, Z.S., 2020, Effect of different sowing dates on the grain yield and some yield characteristics of teff (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter), *Turkish Journal of Field Crops*, 25 (2), 107–113. <https://doi.org/10.17557/tjfc.831853>

- Gürün, A.S., 2018. Farklı Fosfor Dozlarının Tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) Bitkisinde Gelişim ve Verim Unsurlarına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- Hickman AL, Abaye OA, McCann MA, McCann JS. 2013. Acceptability and nutritional value of the teff grass for grazing horses, Journal of Equine Veterinary Science 33:321-399.
- 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.
- Kakabouki, I., Tzanidaki, A., Folina, A., Roussis, I., Tsiplakou, E., Papastylianou, P., Kanatas, P. ve Bilalis, D.J., 2020, Teff (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) fodder yield and quality as affected by cutting frequency, Agronomy Research, 18 (2), 422–431. <https://doi.org/10.15159/AR.20.156>
- 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.
- Karaçoban, İ., 2022, Defitinize teff ununun bisküvi üretiminde kullanım olanakları, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 128 s.
- Ketema, S., 1997. Tef (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter.) Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. No:12, Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben / International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Köten, M., Karahan, A.M. ve Satouf, M., 2022. Antik Tahıllar ve Günümüzdeki Kullanım Alanları. Suriye'de Tüketilen Besleyici Özel Bir Yemek: Falafel, Bölüm: Antik Tahıllar, s. 231–242. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/361208718>
- Lee, S.H., Lee, D.G. ve Lee, K.W., 2015, Evaluation of forage production and tissue culture efficiency of two teff grass (*Eragrostis tef*) cultivars, Research Journal of Biotechnology, 10 (4), 43–47.
- McIntosh, D. ve Bates, G., 2018, Teff Grass (*Eragrostis tef*): Warm-season annual forage for hay and grazing, University of Tennessee Extension Publication, SP 800, Knoxville, TN, USA, s. 2.
- Mebratu Y, Raghavaiah CV, Ashagre H. 2016. Production potential of tef (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) genotypes in relation to integrated nutrient management on vertisols of mid high lands of Oromia Region of Ethiopia, East Africa. Adv. Crop Sci. Tech. 4:249.
- Miller, D. R., 2009, Teff Grass: A New Alternative. Proceedings, 2009 California Alfalfa & Forage Symposium and Western Seed Conference, Reno, NV, 2-4

December 2009. UC Cooperative Extension, Plant Sciences Department, University of California, Davis, CA, USA. S.1-6

- Özköse, A., Acar, B. ve Kamacı, M., 2022. Türkiye’de yeni tanınan bir bitki: tef (*Eragrostis tef*). 1. Uluslararası Sürdürülebilir Ekolojik Tarım Kongresi, 8–10 Mart 2022, Konya, Bildiriler Kitabı, s. 161–170.
- Özköse, A., Acar, R., İnal, F., Alataş, M.S. Kahraman, O. ve Özbilgin. 2015. Farklı Dönemlerde Biçilen İtalyan Çimi (*Lolium multiflorum*) Çeşitlerinin Verim ve Besleyici Değerlerinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri, Proje No: 15401104. Konya s.53
- Sarı, U. ve Tiryaki, İ., 2018, Alternatif tahıl: eskinin unutulmuş yeni bitkisi tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter), KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi, 21 (3), 447–456
- Seyhan, E.G., 2020, Türkiye koşullarında yetiştirilen teff (*Eragrostis tef*) tahılının kompozisyonunun ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 110 s., Ankara.
- 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.
- Tanık, Y. ve Kökten, K., 2021, Bingöl ekolojik koşullarında tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) bitkisinde farklı sıra arası mesafelerinin ot verimi ve kalitesi üzerine etkisi, Ziraat Fakültesi Dergisi (Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi), 16 (1), 74–78.
- Üke, Ö., 2016, Kinoa ve Teff Bitkilerinde Hasat Zamanının Ot Verim ve Kalitesi Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Kayseri, s.75-82.
- Wato, T. ve Negash, T., 2020, The response of teff (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) to nitrogen fertilizer application and row spacing: a review, Advances in Life Science and Technology, 78, 7–13. <https://doi.org/10.7176/ALST/78-02>
- Wato, T. ve Negash, T., 2020. Review on tef (*Eragrostis tef*) responses to nitrogen fertilizer and row spacing. International Journal of Agricultural Research and Review, 8(2), s. 469–475.
- Woldeyohannes, A.B., Desta, E.A., Fadda, C., Pè, M.E. ve Dell’Acqua, M., 2022, Value of teff (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) genetic resources to support breeding for conventional and smallholder farming: a review, CABI Agriculture and Bioscience, 3:27. <https://doi.org/10.1186/s43170-022-00076-9>
- Yıldız, S., 2024. Tef (*Eragrostis tef*) bitkisinin hayvan beslemede kullanımı. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 29(1), s. 403–412.

- Yimam, M. T., 2023. Etiyopya’da Teff Üretiminin Su Ayak İzi Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Entegre Su Yönetimi Anabilim Dalı, Ankara, 85 s.
- Yurtsever, N., 1984, Deneysel istatistik metodları, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No:121, Ankara.
- Zhu, F., 2018, Chemical composition and food uses of teff (*Eragrostis tef*), Food Chemistry, 239, 402–415.
- Zucca C. 2016. Response of tef row planting to sowing dates on the highland heavy clay soils, Technical Report of Experimental Activities, Project Agreement No 100202.



EKLER**EK-1 Çalışma ile ilgili resimler**

Şekil 3.2 Tef Bitkisi Genel Görünüm



Şekil 3.3 Ekim Çalışması



Şekil 3.4 Çıkış İçin Sulama



Şekil 3.5 Kaymak Tabakası



Şekil 3.6 İlk Çıkışlar



Şekil 3.7 Fare ve Köstebek zararı



Şekil 3.8 Deneme Bahçesi 1 Mayıs ve 1 Haziran Ekimi



Şekil 3.9. 1 Temmuz Ekimi



Şekil 3.10 Yabancı Ot İlaçlaması



Şekil 3.11 Çapalama Zamanı



Şekil 3.12.1 Gelişim Dönemleri



Şekil 3.12.2 Gelişim Dönemleri



Şekil 3.12.3 Gelişim Dönemleri



Şekil 3.13.1 Fare İlaçlaması



Şekil 3.13.2 Fare İlaçlaması



Şekil 3.13.3 Fare İlaçlaması



Şekil 3.14 Hasat Zamanına Doğru



Şekil 3.15 Sap çapı Ölçümü



Şekil 3.16 Bitki Boyu Ölçümü



Şekil 3.17. Dallanma Gözlemi



Şekil 3.18. Kardeşlenme



Şekil 3.19. Biçim Yapılan Orak



Şekil 3.20. Kök Yapısı



Şekil 3.21. Toprağa Değen Boğumdan Köklenme



Şekil 3.22. Biçim



Şekil 3.23. Sık Bitkide Biçim Zorluğu



Şekil 3.24. Kurutma Alanına Taşıma



Şekil 3.25. Açık Alanda Kurutma



Şekil 3.26 Yağmurlu Günde Serada Kurutma



Şekil 3.27 Harman İçin Haşhaş Kırma Makinası Kullanılmıştır



Şekil 3.28 Harmandan Sonra Elde Edilen Tohumlar



Şekil 3.29. Bin dane Sayımı



Şekil 3.30. Tohum Tartımı